



Fraunhofer
ILT

FRAUNHOFER-INSTITUT FÜR LASERTECHNIK ILT

JAHRESBERICHT
2017



JAHRESBERICHT 2017

Fraunhofer-Institut für Lasertechnik ILT

Steinbachstraße 15
52074 Aachen
Telefon +49 241 8906-0
Fax +49 241 8906-121

info@ilt.fraunhofer.de
www.ilt.fraunhofer.de

*»Der Drang nach
grundlegend Neuem und
das Ziel, der Gesellschaft
mit Innovationen ein besseres
Leben zu ermöglichen,
sind kein Widerspruch.«*

Prof. Reinhart Poprawe

Liebe Leserinnen und Leser,

»Was die Zukunft betrifft, so ist es nicht unsere Aufgabe, sie vorauszusehen, sondern sie zu ermöglichen«. Mit diesem Gedanken des französischen Schriftstellers Antoine de Saint-Exupéry lade ich Sie dazu ein, mit uns in einen längerfristigen Gestaltungsprozess einzusteigen! Es geht um unsere Zukunft und die Frage: Wie können wir mit unserer technologischen Kompetenz und individuellen Kreativität Lösungen für anstehende gesellschaftliche und industrielle Herausforderungen erarbeiten? Welche Bedeutung haben dabei die grundlegenden physikalisch-technischen Elemente der jeweiligen Innovation? Genau diesen Fragen haben wir uns 2017 in einem ausführlichen Strategieprozess gestellt, an dem alle Kompetenzfelder des Fraunhofer ILT beteiligt waren.

Um es gleich vorwegzunehmen: Wir sehen viele Anknüpfungspunkte und Herausforderungen in den großen Themen, die unsere Gesellschaft beschäftigen – von der Mobilität und der Gesundheit über Umwelt- und Energiefragen bis hin zur Produktion und Digitalisierung. Im Schulterschluss mit unseren Industriekunden und FuE-Partnern werden wir leistungsstarke LIDAR-Systeme entwickeln, die die satellitengestützte Klimaforschung deutlich verbessern – eine Voraussetzung, um Quellen umweltschädlicher Gase wie Methan zu detektieren. Das Recycling elektronischer Geräte wird bei zunehmenden Engpässen im Bereich seltener Erden an Bedeutung gewinnen. Neue lasergestützte LIBS-Systeme werden integrale Bestandteile komplett automatisierter Sortieranlagen. In der produzierenden

Industrie werden sich die additiven Fertigungsverfahren systematisch ausbreiten und Entwicklungen wie das virtuelle Ersatzteillager, individualisierte Bauteile und Co-Creation Prozesse vorantreiben. Auch die E-Mobilität – ob in der Fahrzeugtechnik oder im Flugzeugbau – zieht Nutzen aus den lasertechnischen Entwicklungen. Dazu zählen zuverlässige Fügeverfahren in der Leistungselektronik, Laserauftragsschweiß- und Beschichtungsprozesse zur Optimierung von Verschleißbauteilen oder additive Fertigungsverfahren für bionisch strukturierte Leichtbauteile.

Das Fraunhofer ILT ist sowohl hinsichtlich seiner Ressourcen als auch seiner Infrastruktur sehr gut aufgestellt, um die anstehenden technologischen Herausforderungen anzunehmen. Ergänzend zu den industriellen Fragestellungen kooperieren wir eng mit den Lehrstühlen der RWTH Aachen University, beispielsweise im Forschungscampus Digital Photonic Production, um neue grundlegende Erkenntnisse zu erarbeiten und innovative Impulse in unserer Laser-Community zu generieren.

Überzeugen Sie sich selbst von der Qualität unserer FuE-Arbeiten anhand der zahlreichen Projektberichte dieses Jahresberichts und zögern Sie nicht, uns bei Interesse zu kontaktieren. Wir lieben kurze Wege und den unmittelbaren Dialog. Lassen Sie uns gemeinsam die Zukunft gestalten!

Ihr



Prof. Dr. rer. nat. Reinhart Poprawe



10

FuE-HIGHLIGHTS



20

THEMENSCHWERPUNKTE



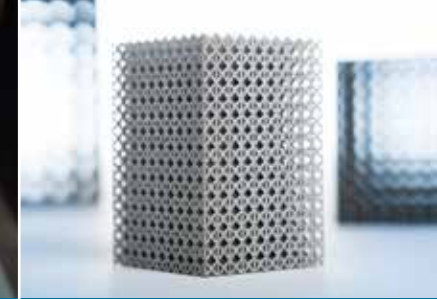
28

FORSCHUNGSERGEBNISSE



108

NETZWERKE UND CLUSTER



119

DPP – DIGITAL PHOTONIC
PRODUCTION



132

VERANSTALTUNGEN
UND PUBLIKATIONEN

INHALT

DATEN UND FAKTEN

- 6 Leitbild
- 8 Kurzportrait
- 10 FuE-Highlights
- 12 Institutsstruktur
- 13 Kuratorium und Gremien
- 14 Das Institut in Zahlen
- 15 Ausstattung
- 16 Auszeichnungen und Preise
- 18 Nachwuchsförderung
- 19 Alumni-Netzwerk

THEMENSCHWERPUNKTE

- 20 Mobilität
- 22 Produktion
- 24 Gesundheit
- 26 Umwelt

FORSCHUNGSERGEBNISSE

- 28 Aus den Technologiefeldern
- 30 Laser und Optik
- 48 Lasermaterialbearbeitung
- 94 Medizintechnik und Biophotonik
- 100 Lasermesstechnik und EUV-Technologie

NETZWERKE UND CLUSTER

- 109 Die Fraunhofer-Gesellschaft auf einen Blick
- 110 Fraunhofer-Verbund »Light & Surfaces«
- 112 Fraunhofer-Fokusprojekt »futureAM«
- 113 Fraunhofer-Leitprojekt »QUILT«
- 114 Fraunhofer-Allianzen und Leistungszentren
- 115 ICTM Aachen
- 115 Exzellenzcluster
- 116 Lasertechnik an der RWTH Aachen University
- 126 Ausgründungen
- 128 ACAM
- 129 Aachener Zentrum für 3D-Druck
- 129 MedLife e.V.
- 131 Arbeitskreis Lasertechnik AKL e.V.

DPP – DIGITAL PHOTONIC PRODUCTION

- 119 Digital Photonic Production
- 120 RWTH Aachen Campus
- 121 Cluster Photonik
- 122 Research Center DPP
- 123 Industry Building DPP
- 124 BMBF-Forschungscampus DPP

VERANSTALTUNGEN UND PUBLIKATIONEN

- 133 Patente
- 136 Dissertationen
- 137 Veranstaltungen
- 140 Kolloquium Lasertechnik
- 141 Aix-Laser-People
- 142 Messen
- 145 Referenzen
- 146 Zuwendungsgeber
- 147 Impressum

DATEN UND FAKTEN

2017

LEITBILD

MISSION

Wir nehmen beim Transfer der Lasertechnik für die Nutzung in der Wirtschaft eine internationale Spitzenposition ein. Wir erweitern Wissen und Know-how unserer Branche, initiieren Zukunftstrends und tragen so maßgeblich zur Weiterentwicklung von Wissenschaft und Technik bei.

KUNDEN

Wir arbeiten kundenorientiert. Diskretion, Fairness und Partnerschaftlichkeit haben für uns im Umgang mit unseren Kunden oberste Priorität. Entsprechend der Anforderung und Erwartung unserer Kunden erarbeiten wir Lösungen und deren wirtschaftliche Umsetzung. Wir wollen, dass unsere Kunden zufrieden sind und gerne wiederkommen.

CHANCEN

Konzentriert auf Kernkompetenzen erweitern wir systematisch unser Wissen. Wir bauen unser Netzwerk bestehend aus industriellen und institutionellen Partnern mit sich ergänzenden Leistungen aus und realisieren strategische Kooperationen. Wir agieren verstärkt auf internationalen Märkten.

FASZINATION LASER

Wir sind fasziniert von den einzigartigen Eigenschaften des Laserlichts und der daraus resultierenden Vielseitigkeit der Anwendungen. Uns begeistert die Möglichkeit, durch technologische Spitzenleistungen und erstmalige industrielle Umsetzung internationale Maßstäbe zu setzen.

MITARBEITER

Das Zusammenwirken von Individuum und Team ist Basis unseres Erfolgs. Jeder von uns arbeitet eigenverantwortlich, kreativ und zielorientiert. Dabei gehen wir sorgfältig, zuverlässig und ressourcenbewusst vor. Wir bringen unsere individuellen Stärken in das Team ein und gehen respektvoll und fair miteinander um. Wir arbeiten interdisziplinär zusammen.

STÄRKEN

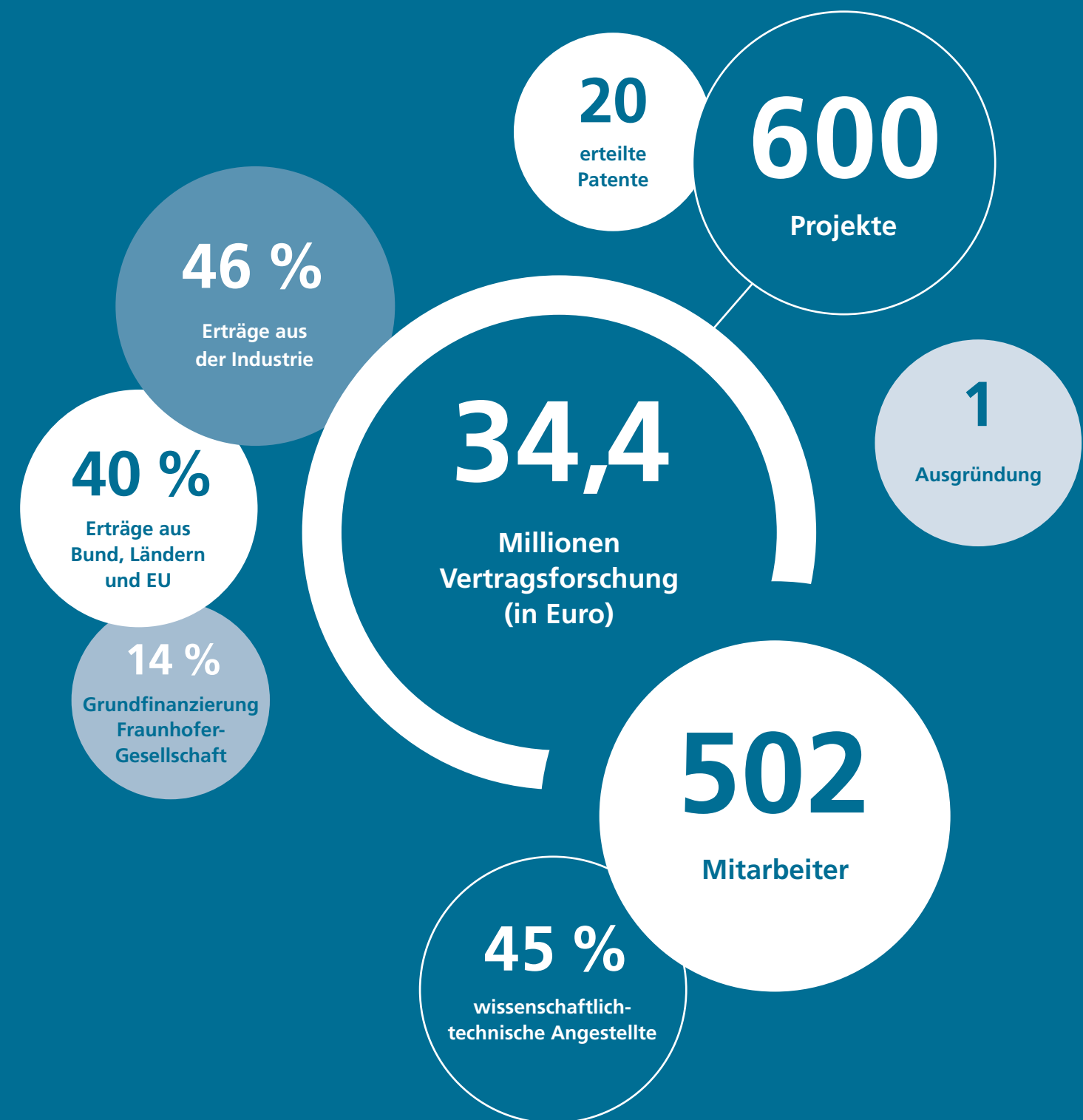
Wir haben ein breites Spektrum an Ressourcen. Wir liefern innovative und wirtschaftliche Lösungen und bieten FuE, Beratung und Integration aus einer Hand. Wir arbeiten auf der Basis eines zertifizierten Qualitätsmanagementsystems.

FÜHRUNGSTIL

Kooperativ, fordernd und fördernd. Die Wertschätzung unserer Mitarbeiter als Person, ihres Know-hows und ihres Engagements ist die Basis unserer Führung. Wir binden unsere Mitarbeiter in die Erarbeitung von Zielen und in Entscheidungsprozesse ein. Wir legen Wert auf effektive Kommunikation, zielgerichtete und effiziente Arbeit und klare Entscheidungen.

POSITION

Unsere Kompetenzen erstrecken sich entlang der Kette Strahlquelle, Bearbeitungs- und Messverfahren über die Anwendung bis hin zur Integration einer Anlage in die Produktionslinie des Kunden. Wir arbeiten in einem dynamischen Gleichgewicht zwischen anwendungsorientierter Grundlagenforschung und Entwicklung. Wir wirken aktiv an der Formulierung und Gestaltung forschungspolitischer Ziele mit.



DAS INSTITUT IM PROFIL



KURZPORTRAIT

ILT – dieses Kürzel steht seit mehr als 30 Jahren für gebündeltes Know-how im Bereich Lasertechnik. Innovative Lösungen von Fertigungs- und Produktionsaufgaben, Entwicklung neuer technischer Komponenten, kompetente Beratung und Ausbildung, hochspezialisiertes Personal, neuester Stand der Technik sowie internationale Referenzen: dies sind die Garanten für langfristige Partnerschaften. Die zahlreichen Kunden des Fraunhofer-Instituts für Lasertechnik ILT stammen aus Branchen wie dem Automobil- und Maschinenbau, der Chemie und der Elektrotechnik, dem Flugzeugbau, der Feinmechanik, der Medizintechnik und der Optik. Mit über 500 Mitarbeitern und mehr als 19.500 m² Nettogrundfläche zählt das Fraunhofer-Institut für Lasertechnik ILT weltweit zu den bedeutendsten Auftragsforschungs- und Entwicklungsinstituten seines Fachgebiets.

Die vier Technologiefelder des Fraunhofer ILT decken ein weites Themenspektrum in der Lasertechnik ab. Im Technologiefeld »Laser und Optik« entwickeln wir maßgeschneiderte Strahlquellen sowie optische Komponenten und Systeme. Das Spektrum reicht von Freiformoptiken über Dioden- und Festkörperlaser bis hin zu Faser- und Ultrakurzpulslasern. Neben der Entwicklung, Fertigung und Integration von Komponenten und Systemen befassen wir uns auch mit Optikdesign, Modellierung und Packaging. Aufgabenstellungen zum Schneiden, Abtragen, Bohren, Reinigen, Schweißen, Löten, Beschriften sowie zur Oberflächenbearbeitung und Mikrofertigung lösen wir im Technologiefeld »Lasermaterialbearbeitung«. Im Vordergrund stehen Verfahrensentwicklung und Systemtechnik. Dies schließt Maschinen- und Steuerungstechnik genauso ein wie Prozess- und Strahlüberwachung sowie Modellierung und Simulation. Experten des Technologiefelds »Medizintechnik und Biophotonik« erschließen gemeinsam mit Partnern aus den Lebenswissenschaften neue Anwendungen des Lasers

in der Bioanalytik, der Lasermikroskopie, der klinischen Diagnostik, der Lasertherapie, der Biofunktionalisierung und der Biofabrication. Auch die Entwicklung und Fertigung von Implantaten, mikrochirurgischen und mikrofluidischen Systemen und Komponenten zählen zu den Kernaktivitäten. Im Technologiefeld »Lasermesstechnik und EUV-Technologie« entwickeln wir für unsere Kunden Verfahren und Systeme zur Inline-Messung physikalischer und chemischer Größen in einer Prozesslinie. Neben der Fertigungsmesstechnik und der Materialanalytik liegen Umwelt und Sicherheit sowie Recycling und Rohstoffe im Fokus der Auftragsforschung. Mit der EUV-Technologie stoßen wir in die Submikrometerwelt der Halbleitertechnik und Biologie vor.

Unter einem Dach bietet das Fraunhofer ILT Forschung und Entwicklung, Systemaufbau und Qualitätssicherung, Beratung und Ausbildung. Zur Bearbeitung der Forschungs- und Entwicklungsaufträge stehen zahlreiche industrielle Lasersysteme verschiedener Hersteller sowie eine umfangreiche Infrastruktur zur Verfügung. Im angrenzenden Forschungscampus »Digital Photonic Production DPP« arbeiten mit dem Fraunhofer ILT kooperierende Unternehmen in eigenen Labors und Büroräumen. Grundlage für diese spezielle Form des Technologietransfers ist ein langfristiger Kooperationsvertrag mit dem Institut im Bereich der Forschung und Entwicklung. Der Mehrwert liegt in der Nutzung der technischen Infrastruktur und dem Informationsaustausch mit Experten des Fraunhofer ILT. Rund 20 Unternehmen nutzen diese Vorteile bereits. Neben etablierten Laserherstellern und innovativen Laseranwendern finden hier Neugründer aus dem Bereich des Sonderanlagenbaus, der Laserfertigungstechnik und der Lasermesstechnik ein geeignetes Umfeld zur industriellen Umsetzung ihrer Ideen.



DQS zertifiziert nach
DIN EN ISO 9001
Reg.-Nr.: DE-69572-01

UNSER ANGEBOT

Das Leistungsspektrum des Fraunhofer-Instituts für Lasertechnik ILT wird ständig den Erfordernissen der industriellen Praxis angepasst und reicht von der Lösung fertigungstechnischer Problemstellungen bis hin zur Durchführung von Testserien. Im Einzelnen umfasst das Angebot:

- Laserstrahlquellenentwicklung
- Komponenten und Systeme zur Strahlführung und -formung
- Packaging optischer Hochleistungskomponenten
- Modellierung und Simulation von optischen Komponenten sowie lasertechnischen Verfahren
- Verfahrensentwicklung für die Lasermaterialbearbeitung, die Lasermesstechnik, die Medizintechnik und die Biophotonik
- Prozessüberwachung und -regelung
- Muster- und Testserien
- Entwicklung, Aufbau und Test von Pilotanlagen
- Integration von Lasertechnik in bestehende Produktionsanlagen oder Messsysteme
- Entwicklung von Röntgen-, EUV- und Plasmasystemen

KOOPERATIONSFORMEN

Kooperationen des Fraunhofer-Instituts für Lasertechnik ILT mit FuE-Partnern können verschiedene Formen annehmen:

- Durchführung von bilateralen, firmenspezifischen FuE-Projekten mit und ohne öffentliche Unterstützung (Werkvertrag)
- Beteiligung von Firmen an öffentlich geförderten Verbundprojekten (Mitfinanzierungsvertrag)
- Übernahme von Test-, Null- und Vorserienproduktion durch das Fraunhofer ILT zur Ermittlung der Verfahrenssicherheit und zur Minimierung des Anlauftrisikos (Werkvertrag)
- Firmen mit Niederlassungen auf dem Campusgelände der RWTH Aachen University und Kooperationen über den Forschungscampus »Digital Photonic Production DPP«

Durch die Zusammenarbeit mit anderen Forschungseinrichtungen und spezialisierten Unternehmen bietet das Fraunhofer ILT auch bei fachübergreifenden Aufgabenstellungen Problemlösungen aus einer Hand. Ein besonderer Vorteil ist in diesem Zusammenhang der direkte Zugriff auf die umfangreichen Ressourcen der Fraunhofer-Gesellschaft.

HIGHLIGHTS



Laser-Based Tape-Automated Bonding (LaserTAB) zum Schweißen von Batteriezellen.



Funktionale Oberflächen: präzise und effizient hergestellt mit einem Kombiverfahren aus Nano- und Pikosekundenpulsen.



Ultrapräzisionsbearbeitung von Diamantlinsen für Laseroptiken.

FuE-HIGHLIGHTS 2017

Schnelle individualisierte Therapiewahl durch Sortierung von Molekülen und Zellen mit Licht

Im Blut zirkulierende Biomoleküle und Zellen sind Träger diagnostischer Informationen, deren Analyse hochwirksame, individuelle Therapien ermöglichen. Um diese Informationen zu erschließen, haben Wissenschaftler des Fraunhofer ILT ein mikrochipbasiertes Diagnosegerät entwickelt: Der »AnaLighter« analysiert und sortiert klinisch relevante Biomoleküle und Zellen in einer Blutprobe mit Licht. Eine entsprechende Multiplexdiagnostik weist bis zu sechzehn verschiedene Krankheitsmarker mit nur einem Messdurchlauf nach. Dadurch können Frühdiagnosen beispielsweise von Tumor- sowie Herz-Kreislauf-Erkrankungen gestellt und patienten-individuelle Therapien hoher Wirksamkeit eingeleitet werden.

Gewichtseinsparung dank Diamantoptiken

Zusammen mit dem Fraunhofer-Institut für Angewandte Festkörperphysik IAF in Freiburg und dem Fraunhofer-Institut für Produktionstechnologie IPT in Aachen haben die Forscher des Fraunhofer ILT eine neue Laseroptik mit Diamantlinsen entwickelt. Am Fraunhofer IAF wurde dabei die Herstellung von monokristallinen Diamanten optimiert. Das Fraunhofer IPT befasste sich mit der Ultrapräzisionsbearbeitung der Diamantoberflächen. Inzwischen lassen sich so Diamantsubstrate mit bis zu 10 mm Durchmesser herstellen. Dank der hohen Brechzahl von 2,4 und einer exzellenten Wärmeleitfähigkeit erlaubt Diamant als Material eine drastische Reduktion

der Abmessungen einer Laseroptik. Der am Fraunhofer ILT entwickelte Laser-Schneidkopf ist 90 Prozent leichter als konventionelle Bauteile mit Glasoptiken. Eine erste Reihe von Applikationsversuchen mit der Diamantoptik und einem 1 kW Faserlaser wurde 2017 erfolgreich abgeschlossen. 1,5 mm starker Edelstahl konnte damit problemlos geschnitten werden. Zukünftig wird ein Upgrade zu höheren Leistungen vorbereitet.

Supportfreier, harzbasierter 3D-Druck

Das Fraunhofer ILT und die Rapid Shape GmbH entwickeln in einem vom BMWi-geförderten ZIM-Projekt gemeinsam den harzbasierten 3D-Druck weiter. Das neue »T(w)oCURE«-Verfahren kommt dabei ohne stützende Strukturen aus und ist deutlich effizienter und produktiver als herkömmliche 3D-Drucktechniken für Kunststoffbauteile. Die Gemeinschaftsentwicklung nutzt beim Aufbau der Bauteile ein Zusammenspiel von Licht und Kälte. Für den neuartigen 3D-Druck wurden das Material und der photochemische Prozess vom Fraunhofer ILT entwickelt und das Verfahren sowie die Anlagentechnik erfolgreich von der Rapid Shape GmbH umgesetzt. Der erste Prototyp ist bereits aufgebaut und soll demnächst bis zur Serienreife weiterentwickelt werden. Erfolgreich erprobt wurde die neue Form des Kunststoff-3D-Drucks mit Modellen für die Schmuckindustrie.

Grünes Licht für neuen 3D-Kupfer-Druck

Wissenschaftler des Fraunhofer ILT erforschen das Selective Laser Melting (SLM), auch bekannt als Laserstrahlschmelzen oder Laser-Powder Bed Fusion (L-PBF), von Kupferwerkstoffen. Das SLM hat sich als Fertigungsverfahren bereits in unterschiedlichen Branchen wie Medizintechnik, Turbomaschinenbau, Luft- und Raumfahrt oder dem Automobilbau bewährt. Aktuell lassen sich damit in erster Linie Stähle, Titan- und Aluminiumlegierungen sowie Nickel- und Kobaltlegierungen verarbeiten. Im Rahmen eines Forschungsprojekts wird das

SLM weiterentwickelt, damit es sich besser für die wirtschaftliche Additive Fertigung von Bauteilen aus reinem Kupfer und Kupferlegierungen eignet. Reinkupfer ist für Endanwender interessant, weil keine Kupferlegierung eine vergleichbar hohe elektrische und thermische Leitfähigkeit besitzt. Die neu entwickelten Laserstrahlquellen arbeiten nicht mehr mit infrarotem, sondern mit grünem Licht.

Laser bergen wertvolle Rohstoffe

Nicht mehr verwendete Elektronikgeräte automatisiert zerlegen und wertvolle Rohstoffe zurückgewinnen ist ein wesentlicher Aspekt des Zukunftsthemas Urban Mining. Mit dem EU-Projekt »ADIR« nimmt die Fraunhofer-Gesellschaft hierbei international eine Vorreiterrolle ein. Neun Projektpartner aus vier Ländern erforschen in diesem Vorhaben bis 2019, wie strategisch bedeutende Wertstoffe aus alten Mobiltelefonen und Leiterplatten zurückgewonnen und weiterverwendet werden können. Spezielle Maschinen für die automatisierte Zerlegung und Entstückung sollen dabei in verschiedenen Bearbeitungsstufen Lasertechnik, Robotik, moderne Bildverarbeitung und Informationstechnologie miteinander verknüpfen. Das Fraunhofer ILT in Aachen koordiniert das Projekt, das im Rahmen des Horizon-2020-Programms durch die Europäische Union gefördert wird.



Bauteil aus Reinkupfer: Additiv gefertigt mit grünem Laser.

Hauchdünne, biegsame Keramiken und Gläser

Gerade mal doppelt so dick wie ein typisches Haar, rund 100 µm, fallen die transparenten, kratzfesten und zugleich formbaren Keramiksichten der Zukunft aus, die als Schutz für tragbare Elektronik dienen sollen. Die zu ihrer Herstellung nötigen Verfahren und Prozessketten entstehen seit März 2017 im dreijährigen Forschungsprojekt »CeGlaFlex«. Die Fraunhofer-Institute IKTS, IPT, IMWS und FEP bündeln in diesem MaVo-Projekt, das vom Fraunhofer ILT koordiniert wird, Expertise im Bereich zukunftsorientierter mobiler Elektronik.

Cleveres Kombiverfahren zur Mikrostrukturierung

Definierte Oberflächenstrukturen für Funktionalität oder Optik und Haptik sind in verschiedenen Anwendungen gefragt, zum Beispiel im Automobilbereich für Oberflächen auf dem Armaturenbrett oder für Prägewalzen in der Druckindustrie. Werkzeuge für die Mikrostrukturierung werden häufig mit photochemischen Ätzverfahren hergestellt und erreichen die gewünschte Präzision nicht mehr. Laser mit ultrakurzen Pulsen bieten eine wirkungsvolle Alternative und strukturieren Oberflächen hochpräzise – für industrielle Anwendungen jedoch oft nicht schnell genug. Ziel des durch das BMBF-geförderten Projekts »eVerest« ist die Entwicklung eines einfach zu bedienenden Systems zur effizienten Herstellung großformatiger 3D-Formwerkzeuge für Designoberflächen. Gemeinsam mit Laserherstellern, Systemintegratoren und Industriepartnern entwickeln Wissenschaftler des Fraunhofer ILT ein Maschinenkonzept, entsprechende Software und ein Laserverfahren. Die grobe Bearbeitung übernimmt dabei ein produktiver Nanosekundenlaser, der für die Feinstrukturierung im Mikrometerbereich mit einem Pikosekundenlaser kombiniert wird.

INSTITUTSSTRUKTUR



Kuratorium des Fraunhofer ILT bei der 32. Zusammenkunft in Aachen.

INSTITUTSLEITUNG



Prof. Reinhart Poprawe
Institutsleiter



Prof. Peter Loosen
stellvertretender Institutsleiter



Dr. Vasvija Alagic-Keller MBA
kaufmännische Leitung

VERWALTUNG UND STABSSTELLEN



Dr. Vasvija Alagic-Keller MBA
Verwaltung und Infrastruktur



Dipl.-Phys. Axel Bauer
Marketing und Kommunikation



Dr. Alexander Drenker
Qualitätsmanagement



Dr. Bruno Weikl
IT-Management

KOMPETENZFELDER



Dipl.-Ing. Hans-Dieter Hoffmann
Laser und Laseroptik



Dr. Arnold Gillner
Abtragen und Fügen



Prof. Johannes Henrich Schleifenbaum
Generative Verfahren
und funktionale Schichten



apl. Prof. Reinhard Noll
Messtechnik und EUV-Strahlquellen

KURATORIUM UND GREMIEN

KURATORIUM

Das Kuratorium berät die Organe der Fraunhofer-Gesellschaft sowie die Institutsleitung und fördert die Verbindung zu den an Forschungsarbeiten des Instituts interessierten Kreisen. Mitglieder des Kuratoriums waren im Berichtszeitraum:

VORSITZENDER

C. Baasel, Carl Baasel Lasertechnik GmbH

MITGLIEDER

- Dr. R. Achatz, ThyssenKrupp Stahl AG (stellvertretend)
- Dr. Norbert Arndt, Rolls-Royce plc
- Dr. Hans Eggers, BMBF
- Dr. Ulrich Hefter, Rofin-Sinar Laser GmbH
- Dipl.-Ing. Volker Krause, Laserline GmbH
- Prof. G. Marowsky, Laserlaboratorium Göttingen e.V.
- Manfred Nettekoven, Kanzler der RWTH Aachen
- Dr. Joseph Pankert, Philips Lighting B.V.
- Dr. Silke Pflueger, Direct Photonics Inc.
- Prof. R. Salathé, Ecole Polytechnique Fédéral de Lausanne
- RBe Susanne Schneider-Salomon, Ministerium für Innovation, Wissenschaft und Forschung
- Dr. Ulrich Steegmüller, Osram Opto Semiconductors GmbH & Co. OHG
- Dr. Klaus Wallmeroth, TRUMPF Laser GmbH & Co. KG

Die 32. Zusammenkunft des Kuratoriums fand am 27. September 2017 im Fraunhofer ILT in Aachen statt.

INSTITUTSLEITUNGSAUSSCHUSS ILA

Der Institutsleitungsausschuss ILA berät die Institutsleitung und wirkt bei der Entscheidungsfindung über die Grundzüge der Forschungs- und Geschäftspolitik des Instituts mit. Mitglieder des ILA sind:

Dr. V. Alagic-Keller MBA, Dipl.-Phys. A. Bauer, Dipl.-Ing. T. Biermann, Dr. A. Gillner, Dipl.-Ing. H.-D. Hoffmann, Prof. P. Loosen, V. Nazery Goneghany, apl. Prof. R. Noll, Dr. D. Petring, Prof. R. Poprawe, Prof. J. H. Schleifenbaum, Prof. W. Schulz, Dr. B. Weikl, Dr. J. Stollenwerk.

ARBEITSSCHUTZAUSSCHUSS ASA

Der Arbeitsschutzausschuss ASA ist für die Lasersicherheit und alle anderen sicherheitstechnischen Fragen im Fraunhofer ILT zuständig. Mitglieder des Ausschusses sind: Dr. V. Alagic-Keller MBA, M. Brankers, F. Eibl M.Sc., R. Frömbgen, A. Hilgers, Dipl.-Ing. (FH) S. Jung, F. Käfer M.Eng., A. Hajdarovice, Prof. P. Loosen, V. Nazery Goneghany, E. Neuroth, Prof. R. Poprawe, F. Voigt, Dipl.-Ing. N. Wolf, Dr. R. Keul (Betriebsarzt ILT), T. Yildirim M.Sc., S. Schoenen M.Eng. (B.A.D Gesundheitsvorsorge und Sicherheitstechnik GmbH).

WISSENSCHAFTLICH-TECHNISCHER RAT WTR

Der Wissenschaftlich-Technische Rat WTR der Fraunhofer-Gesellschaft unterstützt und berät die Organe der Gesellschaft in wissenschaftlich-technischen Fragen von grundsätzlicher Bedeutung. Ihm gehören die Mitglieder der Institutsleitungen und je Institut ein gewählter Vertreter der wissenschaftlich-technischen Mitarbeiter an.

Mitglieder im Wissenschaftlich-Technischen Rat sind: Prof. R. Poprawe, Dipl.-Phys. Dipl.-Volksw. D. Esser.

BETRIEBSRAT

Seit März 2003 gibt es am Fraunhofer ILT einen Betriebsrat.

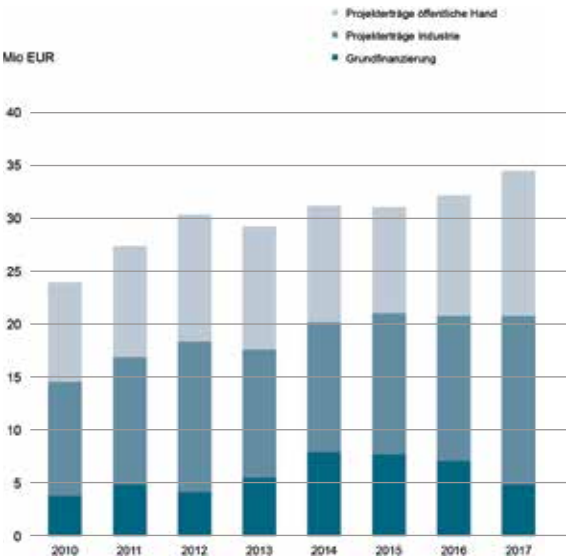
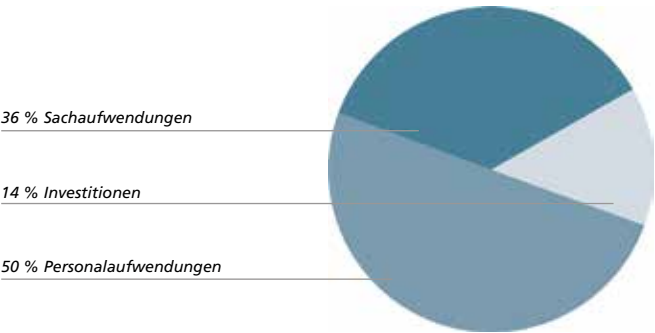
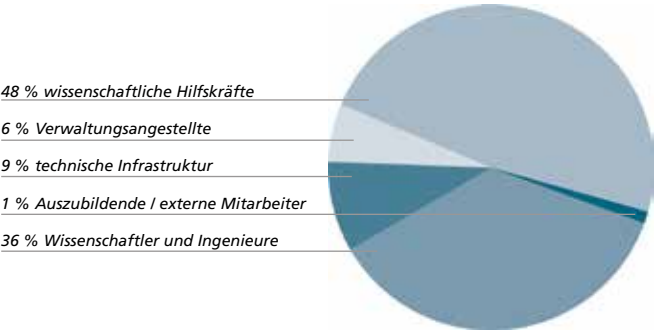
DAS INSTITUT IN ZAHLEN



PERSONAL 2017	Anzahl
Stammpersonal	255
- Wissenschaftler und Ingenieure	181
- Mitarbeiter der technischen Infrastruktur	45
- Verwaltungsangestellte	29
Weitere Mitarbeiter	247
- wissenschaftliche Hilfskräfte	241
- externe Mitarbeiter	3
- Auszubildende	3
Mitarbeiter am Fraunhofer ILT, gesamt	502

AUFWENDUNGEN 2017	Mio €
- Personalaufwendungen	20,0
- Sachaufwendungen	14,4
Aufwendungen Betriebshaushalt	34,4
Investitionen	5,5

ERTRÄGE 2017	Mio €
- Erträge aus der Industrie	15,8
- Zusatzfinanzierung durch Bund, Länder und EU	13,7
- Grundfinanzierung durch die Fraunhofer-Gesellschaft	4,9
Erträge Betriebshaushalt	34,4
Investitionerträge aus der Industrie	0,7
Fraunhofer Industrie ρ_{Ind}	48,2 %



AUSSTATTUNG

Die Nettogrundfläche des Fraunhofer-Instituts für Lasertechnik ILT beträgt über 19.500 m².

TECHNISCHE INFRASTRUKTUR

Zur technischen Infrastruktur des Instituts gehören eine mechanische und eine elektronische Werkstatt, ein Metallgraphielabor, ein Fotolabor, ein Labor für optische Messtechnik sowie eine Konstruktionsabteilung.

WISSENSCHAFTLICHE INFRASTRUKTUR

Zur wissenschaftlichen Infrastruktur zählen u. a. Literatur- und Patentdatenbanken, Programme zur Berechnung wissenschaftlicher Fragestellungen und Datenbanken zur Prozessdokumentation sowie eine umfangreiche Bibliothek.

GERÄTEAUSSTATTUNG

Die Geräteausstattung des Fraunhofer-Instituts für Lasertechnik ILT wird ständig auf dem neuesten Stand der Technik gehalten. Sie umfasst derzeit als wesentliche Komponenten:

STRAHLQUELLEN

- CO₂-Laser bis 12 kW
- Scheibenlaser bis 12 kW
- Multimode-Faserlaser bis 6 kW
- Singlemode-Faserlaser bis 5 kW
- Diodenlaser bis 12 kW
- Kurz- und Ultrakurzpuls laser bis 1 kW mit Pulsdauern im Nano-, Piko- und Femtosekundenbereich
- Frequenzvervielfachte Laser im sichtbaren Spektralbereich
- Excimerlaser
- Breitbandig abstimmbare Laser

ANLAGEN UND BEARBEITUNGSSYSTEME

- Dreiachsige Bearbeitungsstationen
- Fünfachsig Portalanlagen inkl. Dreh-/Kipptisch
- Robotersysteme
- Kommerzielle Anlagentechnik und Laborsysteme für das Laser Powder Bed Fusion (L-PBF)
- Direct-writing und Laser-PVD-Stationen
- Strahlführungssysteme

SPEZIALLABORE

- Reinräume zur Montage von Dioden- und Festkörperlaser sowie Laseroptiken
- Life Science Labor mit S1-Klassifizierung

MESSTECHNIK UND SENSORIK

- Sensoren zur Prozessüberwachung für die Lasermaterialbearbeitung
- Geräte zur Verfahrens- und Prozessdiagnostik sowie zur Hochgeschwindigkeits-Prozessanalyse
- Laser-Spektroskopie-Systeme zur chemischen Analyse fester, flüssiger und gasförmiger Stoffe
- Lasertriangulationssensoren zur Abstands- und Konturvermessung
- Laser-Koordinatenmessmaschine
- Konfokales Laser-Scanning-Mikroskop
- Raster-Elektronen-Mikroskop
- Umfangreiches Equipment zur Strahldiagnose von Hochleistungslasern
- Shack Hartmann-Sensor zur Charakterisierung von Laserstrahlen und Optiken
- Equipment zur Fertigung integrierter Faserlaser
- Messinterferometer und Autokollimator zur Analyse von Laseroptiken
- Messequipment zur Charakterisierung von Ultrakurzpuls Lasern: Autokorrelatoren, Multi-GHz-Oszilloskope und Spektralanalysatoren
- Klimakammern
- Equipment für Vibrationstests

AUSZEICHNUNGEN UND PREISE



Verleihung des Joseph-von-Fraunhofer-Preises. V.l.n.r.: Prof. Hartmut Hoffmann, Gerhard Backes, Dr. Andres Gasser, Prof. Reimund Neugebauer, Thomas Schopphoven.

FRAUNHOFER-PREIS 2017

Wirtschaftlicher, effektiver Korrosions- und Verschleißschutz mit EHLA – Extremes Hochgeschwindigkeits-Laserauftragschweißen

Das extreme Hochgeschwindigkeits-Laserauftragschweißen EHLA des Fraunhofer-Instituts für Lasertechnik ILT hat ein großes Potenzial: Es ermöglicht erstmals, Bauteile effektiv, ressourceneffizient und wirtschaftlich vor Korrosion und Verschleiß zu schützen.

Für zahlreiche Anwendungen ist es notwendig, die Bauteile mit einer Schutzschicht vor Korrosion und Verschleiß zu bewahren – etwa bei Offshore-Anwendungen, bei denen der ständige Kontakt mit dem Salzwasser die Materialien stark angreift. Was die Methoden dazu angeht, sahen sich Hersteller bislang jedoch vor einer schwierigen Wahl: Das vielfach verwendete Chrom(VI) darf seit September 2017 nur noch nach Autorisierung/Zulassung eingesetzt werden. Und beim thermischen Spritzen bedeckt nur etwa die Hälfte des eingesetzten Materials später die Bauteiloberfläche, das Verfahren ist also alles andere als ressourceneffizient.

ELHA – patentgeschütztes Verfahren

Forscher des Fraunhofer ILT in Aachen haben mit dem extremen Hochgeschwindigkeits-Laserauftragschweißen EHLA nun ein alternatives, patentgeschütztes Verfahren entwickelt, das die Defizite der herkömmlichen Verfahren in den Bereichen der Beschichtungstechnik und Reparatur beseitigt. Denn mit EHLA lassen sich erstmalig dünne Schichten im Bereich Zehntel Millimeter auf große Flächen in kurzer Zeit auftragen – und zwar ressourceneffizient und wirtschaftlich. Zudem lassen sich

auch temperaturempfindliche, bisher nicht oder nur schwer beschichtbare Substrate schützen oder reparieren. Für Schichten auf Basis von Chrom(VI) bietet das EHLA-Verfahren einen adäquaten, wirtschaftlichen und nachhaltigen Ersatz.

100- bis 250-mal schneller als Laserauftragschweißen

Das neuartige Verfahren basiert auf dem Laserauftragschweißen. Bisher war das Verfahren für große Bauteile jedoch zu langsam, im Verschleiß- und Korrosionsschutz konnte es sich daher nur vereinzelt durchsetzen. Auch der hohe Wärmeeintrag ins Bauteil sprach bei vielen Anwendungen gegen das Verfahren. Mit EHLA lässt sich das Bauteil 100- bis 250-mal so schnell beschichten wie beim konventionellen Laserauftragschweißen, zudem heizt es sich kaum auf. EHLA ermöglicht es somit, hitzeempfindliche Komponenten zu beschichten, bei denen dies bislang aufgrund des zu hohen Wärmeeintrags nicht möglich war. Weiterhin werden gänzlich neue Materialkombinationen möglich, etwa Beschichtungen auf Aluminium- oder Gusseisenlegierungen.

Preisverleihung auf der Fraunhofer-Jahrestagung in Dresden

Wie wichtig diese Entwicklung ist, zeigte sich auf der Fraunhofer-Jahrestagung am 30. Mai 2017 in Dresden, mit der die Fraunhofer-Gesellschaft ihr 25-jähriges Jubiläum als Forschungspartner in den neuen Bundesländern beging: Fraunhofer-Präsident Prof. Reimund Neugebauer ehrte Dr. Andres Gasser, Dipl.-Ing. Thomas Schopphoven und Dipl.-Ing. Gerhard Maria Backes für die EHLA-Technologie mit dem Joseph-von-Fraunhofer-Preis, der mit 50.000 Euro dotiert ist.

Carl Zeiss Student Paper Award

Während der »SPIE Photomask and EUV Lithography 2017« im kalifornischen Monterey vom 11. bis 14. September 2017 erhielt Sascha Brose den 2. Platz des Carl Zeiss Student Paper Award. Er stellte auf der Industriekonferenz mit über 600 Teilnehmern die Nanostrukturierungsanlage EUV-LET (Extreme Ultraviolet Laboratory Exposure Tool) vor. Diese Anlage wurde von Forschern des Lehrstuhls für Technologie Optischer Systeme TOS der RWTH Aachen University und des Fraunhofer ILT entwickelt. Sie dient zur Charakterisierung von Photoresists, die zur industriellen Herstellung von Halbleiterbauelementen benötigt werden.

Borchers-Plakette

Dr. Oliver Pütsch erhielt am 16. September 2017 im Rahmen des RWTH-Graduiertenfestes die Borchers-Plakette. Geehrt wurde der Mitarbeiter des Lehrstuhls für Technologie Optischer Systeme TOS der RWTH Aachen University für seine mit Auszeichnung bestandene Doktor-Prüfung zum Thema »Aktive und adaptive Strahlformungssysteme für die Werkstoffbearbeitung mit Laserstrahlung« an der Fakultät für Maschinenwesen.

Peter M. Baker Leadership Award 2017 an Prof. Reinhart Poprawe

Ausgezeichnete Führungsqualität, maßgebliche Bereicherung der Laser Community sowie entscheidende Beteiligung am technologischen Fortschritt der Photonik weltweit – dafür steht der »Peter M. Baker Leadership Award« des Laser Institute of America LIA. Im Rahmen des 36. International Congress on Applications of Lasers & Electro-Optics ICALEO vom 22. bis 26. Oktober 2017 in Atlanta, USA, wurde Prof. Reinhart Poprawe mit diesem Preis ausgezeichnet. Verliehen wurde er durch den ehemaligen Präsidenten des Laser Institute of America LIA, Lin Li, am 25. Oktober 2017 vor mehr als 320 Kongressteilnehmern.

Damit würdigte das LIA Prof. Poprawes außerordentlichen Einsatz in der internationalen Laserbranche: 1996 übernahm Prof. Poprawe die Leitung des Fraunhofer ILT und baute es zur größten Einrichtung für angewandte Forschung auf dem Gebiet der Lasertechnik in Europa aus. Als Prorektor für Forschung, Struktur und wissenschaftlichen Nachwuchs der RWTH Aachen University ist er zudem Mit-Initiator des RWTH Aachen Campus, der mittlerweile zu einer der international bedeutendsten Technologielandschaften heranwächst. Unter seiner Leitung beschäftigt sich das »Cluster Photonik« seit 2010 mit der Erzeugung, Formung und Nutzung von Licht, insbesondere als Werkzeug für die industrielle Produktion.

Prof. Poprawe wird zum wiederholten Male mit dem Lehrpreis geehrt

Am 7. November 2017 wurde Professor Reinhart Poprawe von den Studierenden der Fakultät für Maschinenwesen der RWTH Aachen University mit dem fakultätsinternen Lehrpreis ausgezeichnet. Für die im Fakultätsvergleich besten didaktischen Leistungen im Hinblick auf die geleisteten Lehrveranstaltungen des Jahres 2017 erhielten Professor Poprawe und sein Team seitens der Studierenden sehr gute Benotungen. Bereits in den Jahren 2013, 2015 und 2016 wurde Professor Poprawe für sein besonderes Engagement in der Lehre mit diesem Lehrpreis geehrt.



Verleihung des Peter M. Baker Leadership Awards.

NACHWUCHSFÖRDERUNG

Photonik-Akademie vom 26.–31.3.2017

In 2017 war der Forschungscampus Digital Photonic Production (DPP) in Aachen Gastgeber der Photonik-Akademie des Bundesforschungsministeriums und der deutschen Photonik-Branche. Unter dem Motto »Wir suchen die Hellsten für die Produktion von morgen« lernten 30 ausgewählte MINT-Studierende aus Deutschland, Österreich und der Schweiz die Grundlagen von laserbasierten Fertigungsverfahren – insbesondere den 3D-Druck mit Lasertechnologien – kennen. Zudem erhielten sie einen umfassenden Überblick über die Interaktionskette Mensch-Maschine-Produktion und Industrie 4.0. Prof. Reinhart Poprawe (Sprecher des Forschungscampus DPP, Leiter des Fraunhofer ILT und des Lehrstuhls LLT der RWTH Aachen University) und Dr. Frank Schlie (Leiter des Referats Quantentechnologie/Photonik im BMBF) überreichten den Studierenden zum Abschluss neben den Teilnahmeurkunden kleine bewegliche Planetengetriebe aus Metall. Diese waren über Nacht mit einem 3D-Laserdrucker am Fraunhofer ILT hergestellt worden.



Teilnehmer der Photonik-Akademie 2017.

Girls' Day – Mädchenzukunftstag am 27.4.2017

Wie in den vergangenen Jahren hat das Fraunhofer ILT zusammen mit dem Fraunhofer IPT und IME an diesem bundesweiten Berufsorientierungstag für Mädchen zwischen 10 und 15 Jahren teilgenommen.

Schüleruni Maschinenbau vom 24.–28.7.2017

2017 fand erneut die Schüleruni Maschinenbau mit Beteiligung des »Exzellenzcluster Integrative Produktionstechnik für Hochlohnländer« an der RWTH Aachen University statt. 21 Schülerinnen und Schüler aus Deutschland, England, Portugal und der Türkei verbrachten hier eine Woche, um einen ersten Eindruck von dem Studiengang Maschinenbau und seinen vielfältigen Möglichkeiten sowohl während als auch nach dem Studium zu erhalten. Am 28.7.2017 konnten die Schülerinnen und Schüler einen Einblick in die Bereiche Laser und Optik am Fraunhofer ILT gewinnen und die Welt der Photonik entdecken. Mit Hilfe von Makrolinsen für das Smartphone-Objektiv untersuchten sie kleine Strukturen auf der 10 Mikrometerskala. Außerdem ließen einige von ihnen rhythmische Töne auf der Laserharfe erklingen.

10. Nacht der Unternehmen am 7.11.2017

Unter dem Motto »DOCH« präsentierte sich das Fraunhofer ILT bei der 10. »Nacht der Unternehmen«, der Karriere- und Jobmesse in Aachen. 2000 Hochschulabsolventen, Studierende und Fachkräfte informierten sich bei den rund 100 ausstellenden Unternehmen und Instituten über Gestaltungsmöglichkeiten ihrer beruflichen Laufbahn.



Laserharfe – ein Highlight bei der Schüleruni Maschinenbau.



Interaktives Event »Fraunhofer Aachen Escape-Game«.



Prof. Poprawe mit Mini-Planetengetriebe für die Teilnehmer der Photonik-Akademie.

»5 vor 12« – RWTH-Wissenschaftsnacht am 10.11.2017

Die RWTH-Wissenschaftsnacht »5 vor 12« präsentiert Wissenschaft in ungewöhnlicher Form zu ungewöhnlicher Zeit. Wissenschaft wird für alle Generationen auf unterhaltsame Art mit einem breiten Angebot an spannenden Vorträgen, Filmvorführungen und kabarettistischen sowie musikalischen Beiträgen verständlich und greifbar gemacht. Dr. Nadine Nottrodt vom Fraunhofer ILT hielt 2017 einen Vortrag zum Thema »3D-Druck – Können bald Organe gedruckt werden?« und Georg König vom Lehrstuhl TOS präsentierte die Laserharfe »Licht zum Anfassen – Musizieren mit Licht«.

30. bonding am 6.12.2017

Auch in 2017 präsentierte sich das Fraunhofer ILT in Aachen auf der größten studentisch organisierten Jobmesse – der bonding. Neben 350 weiteren Ausstellern informierte das ILT in persönlichen Gesprächen insbesondere Absolventen aus den Ingenieur-, Wirtschafts- und Naturwissenschaften über Einstiegs- und Karrieremöglichkeiten.

»Fraunhofer Aachen Escape-Game« am 12./13.12.2017

Mit einem außergewöhnlichen und interaktiven Karriere-Event – dem Fraunhofer Aachen Escape-Game – machten die Institute am Standort Aachen die Fraunhofer-Arbeitswelt für ausgewählte Studierende und Absolventen der Ingenieur- und Naturwissenschaften erlebbar. An der zweitägigen Veranstaltung mit Institutsführungen und Networking nahmen insgesamt 50 Personen mit großer Begeisterung teil.

ALUMNI-NETZWERK

Das Fraunhofer ILT und die assoziierten Lehrstühle und -gebiete der RWTH Aachen University tragen wesentlich zu einer qualifizierten Aus- und Fortbildung des wissenschaftlich-technologischen Nachwuchses im Bereich der Lasertechnik bei. Allein in 2017 haben 85 Studenten ihre Bachelor- oder Masterarbeit am Fraunhofer ILT durchgeführt und 13 Mitarbeiter ihre Promotion abgeschlossen. Durch ihre Praxiserfahrungen und tiefgehenden Einblicke in innovative Entwicklungen warten diese Mitarbeiter mit besten Voraussetzungen auf, um eine Tätigkeit in Wissenschaft und Industrie aufzunehmen. Sie sind daher gefragtes Nachwuchspersonal.

Um den Kontakt der Ehemaligen sowohl zu ILT-Mitarbeitern als auch untereinander zu fördern, betreibt das Fraunhofer ILT seit 2000 das Alumni-Netzwerk »Aix-Laser-People« mit mittlerweile über 450 Ehemaligen. Über 80 Prozent der Alumni arbeiten in der produzierenden Industrie, viele davon in laser-relevanten Branchen. 20 Prozent der Alumni wirken weiterhin in der Wissenschaft und rund 10 Prozent sind Unternehmensgründer. Durch den Transfer von »innovativen Köpfen« in die Industrie und Wissenschaft leistet das Institut einen direkten gesellschaftlichen Nutzen.

Neben dem Alumni-Netzwerk »Aix-Laser-People« bündelt der Verein »Arbeitskreis Lasertechnik AKL e.V.« die thematischen Interessen derjenigen, die weiterhin im Bereich der Lasertechnik tätig sind. Rund 150 Alumni, also gut ein Drittel, sind Mitglieder des AKL e.V..

Ansprechpartner im Fraunhofer ILT

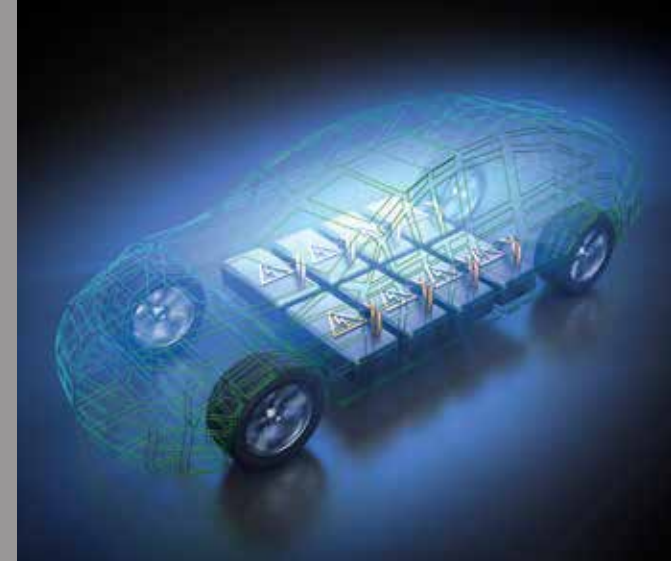
Dipl.-Phys. Axel Bauer (Alumni-Manager)
Telefon +49 241 8906-194
axel.bauer@ilt.fraunhofer.de

MOBILITÄT

LASERTECHNISCHE LÖSUNGEN FÜR INDUSTRIE UND GESELLSCHAFT



© shantihesse – stock.adobe.com



© Patrick P. Palej – stock.adobe.com

LASERVERFAHREN FÜR DIE ELEKTROMOBILITÄT

Der zunehmende Trend zur Elektromobilität bewirkt einen signifikanten Wandel in Design und Herstellung von Komponenten der Automobiltechnik. Zum einen sind neue Leichtbaukonzepte in Karosserietechnik und Fahrwerk auf dem Vormarsch und zum anderen ändern sich Antriebstechnik und Energiespeicherung grundlegend. Beides erfordert neue Werkstoffe und angepasste Fertigungsverfahren mit einem Höchstmaß an Zuverlässigkeit, Qualität und Produktivität. Das Fraunhofer ILT entwickelt Fertigungs- und Systemlösungen für Leichtbaukonzepte in der Automobiltechnik und zur Herstellung leistungsfähiger Batterien.

Laserverfahren im Leichtbau

Für den automobilen Leichtbau kommen neben hochfesten Blechen zunehmend Faserverbundwerkstoffe (FVK) zum Einsatz. Für die großserientaugliche Anwendung dieser Werkstoffe sind geringe Herstellungskosten und kurze Zykluszeiten ein vorrangiges Ziel. Die Bearbeitung dieser inhomogenen Materialien erfordert Prozesse, die an die Anisotropie des Werkstoffs angepasst sind. Aufgrund seiner Flexibilität, der Verschleißfreiheit und der hohen Bearbeitungsgeschwindigkeit ist der Laser hier das ideale Werkzeug. Das Fraunhofer ILT entwickelt im Zentrum für Laser-Leichtbau Laserprozesse für FVK-Komponenten, welche die spezifischen Eigenschaften der Werkstoffe nicht verändern und deren Vorteile optimal erhalten.

Durch die hervorragende zeitliche und örtliche Steuerbarkeit reduziert das Laserschneiden die Bearbeitungszeiten und ermöglicht die automatisierte Herstellung von FVK-Bauteilen. Dies gilt für verschiedenste Schritte innerhalb der Prozesskette – vom Schneiden von Prepregs, Tapes und Organoblechen bis zum Besäumen und Schneiden von FVK-Komponenten. Hochgeschwindigkeitsprozesse oder der Einsatz kurzgepulster Laserstrahlung sorgen dafür, dass trotz unterschiedlicher Absorption, Wärmeleitung, Schmelz- und Zersetzungstemperaturen von Faser und Matrix Schäden an der Schnittkante auf ein Minimum reduziert werden.

Auch für Kunststoff-Metall-Verbindungen mit hohem Leichtbaupotenzial stellt das Fraunhofer ILT Fügeverfahren bereit. Durch eine Hochgeschwindigkeits-Lasermikrostrukturierung werden Hinterschnitte und schwammartige, poröse Oberflächen erzeugt. Im nachfolgenden Prozess verkrallt sich der Kunststoff mit diesen Oberflächen. Durch eine belastungsgerechte Auslegung von Ausrichtung, Form und Anzahl der Strukturen ergibt sich eine große Bandbreite an möglichen Hybridstrukturen für eine Vielzahl von Werkstoffkombinationen.

Laserverfahren für die Batterietechnik

Zur Einführung wettbewerbsfähiger Batterien für die Elektromobilität müssen deren Produktionskosten signifikant reduziert und die Robustheit und Zuverlässigkeit gesteigert werden. Dabei sind alle Schritte von der Zellfertigung bis zum Batteriepackaging und der Modulfertigung gleichermaßen zu betrachten. Das Fraunhofer ILT entwickelt hierfür laserbasierte Technologien für die Herstellung und Optimierung einzelner Prozesse in der Zellfertigung wie auch effiziente Montage- und Fügeprozesse zur Herstellung leistungsfähiger Batteriemodule. In der Herstellung von Lithium-Ionen-Zellen sind Beschichtungsprozesse und nachfolgende Trocknungs- und Konditionierungsschritte ausschlaggebend für die Leistungsfähigkeit einer Zelle. Durch die Substitution bisheriger konventioneller Ofenprozesse durch innovative Laserverfahren wird sowohl ein erheblicher Beitrag zur Effizienzverbesserung der Fertigung geleistet als auch die Leistungsfähigkeit der Elektrode und des Schichtstapels erhöht. Die Trocknung und Sinterung von Batterieelektrodenschichten mittels Laserverfahren bietet neue Möglichkeiten der Elektrodenherstellung, insbesondere bei der Herstellung von Feststoffbatterien.

Für die nach der Beschichtung notwendigen Konfektionierungsschritte einer Lithium-Ionen-Zelle bietet das Fraunhofer ILT Hochgeschwindigkeitsverfahren zum Schneiden und Strukturieren an. Mit dem präzisen Abtrag aktiver Schichten aus der Elektrode ohne Beeinflussung des aktiven Schichtmaterials können bisherige Maskierungsschritte ersetzt und gleichzeitig eine hohe Designflexibilität erzielt werden. Durch die Entwicklung von Laserschneidprozessen, welche die beschichteten Batteriefolien kurzschlussfrei vereinzeln, wird eine maximale Ausbeute an Batteriezellen erreicht.

Die Herstellung von Batteriemodulen und ganzen Batteriesystemen erfordert schließlich leistungsfähige Montage- und Fügeverfahren, die einerseits ein Höchstmaß an Prozesssicherheit bieten und andererseits für die hohen übertragbaren Leistungen geeignet sind. Das Fraunhofer ILT bietet hierfür Lösungen. So wird beim Fügen von Batteriezellen vor allem das Laserstrahlmikroschweißen mit örtlicher Leistungsmodulation eingesetzt. Die Überlagerung der Vorschubbewegung mit einer kreisförmigen Oszillationsbewegung ermöglicht die Einstellung unterschiedlicher Anbindungsgeometrien, Stromtragfähigkeiten und Durchmischungsverhältnisse. So können unterschiedliche Materialien, von Aluminium-Kupfer bis hin zu Kupfer-Stahlverbindungen, bei verschiedenen Zelltypen gefügt werden. Der Schweißprozess wird durch die Reduktion der Einschweißtiefe bei gleichbleibender Anbindungsbreite so ausgelegt, dass es zu keiner Schädigung des Aktivmaterials in der Batteriezelle kommt. Das Verfahren eignet sich sowohl zur Herstellung von elektrisch und mechanisch sicheren Verbindungen von Zelle zu Zelle als auch zur Fertigung von Modulen aus Zellverbünden und großen Batteriepacks aus einzelnen Modulen.

Ausgewählte Forschungsergebnisse

Thema Leichtbau und Batterietechnik: Seite 53–54, 56–57, 77–78, 85–88 und 92.

Thema Mobilität: Seite 40, 65–67, 69, 76, 79 und 89–90.

Weitere Informationen im Internet unter:

www.ilt.fraunhofer.de

PRODUKTION

LASERTECHNISCHE LÖSUNGEN FÜR INDUSTRIE UND GESELLSCHAFT



ADDITIVE FERTIGUNG IN- DIVIDUALISierter BAUTEILE

Die Produktionstechnik steht vor einem systematischen Wandel. Während bisher Fertigungstechnologien für standardisierte Großserienbauteile und die Produktion individualisierter und meist kostenintensiver Einzelbauteile jeweils gesondert betrachtet wurden, werden in Zukunft diese beiden Welten zunehmend miteinander verschmelzen. Der Bedarf nach individualisierten oder komplexen Bauteilen zu vertretbaren Kosten in kleinen oder mittelgroßen Stückzahlen wächst systematisch in allen Branchen der produzierenden Industrie. Ob individualisierte Implantate, komplexe Spritzgusswerkzeuge mit konturnahen Kühlkanälen oder bionisch konstruierte Leichtbauteile für den Flugzeugbau, die additiven Fertigungsverfahren bieten neue Möglichkeiten, die Stückkosten auch komplexer Bauteile aus unterschiedlichen Materialien wie Metall, Keramik oder Kunststoff bei kleinen Stückzahlen deutlich gegenüber konventionellen Verfahren zu reduzieren. Bereits seit Mitte der 90er Jahre treibt das Fraunhofer ILT konsequent die Additive Fertigung – insbesondere metallischer Bauteile – voran und hat mit dem werkzeuglosen Selective Laser Melting (SLM), auch bekannt als Laserstrahlschmelzen oder Laser-Powder Bed Fusion (L-PBF), einen Benchmark in der Produktionstechnik gesetzt.

Additive Fertigung – vom Rapid Prototyping zum Rapid Manufacturing

Die additiven Fertigungsverfahren haben sich in den letzten Jahren von Verfahren zur Herstellung von Prototypen und Kleinserien zu Produktionsverfahren für die individualisierte Serienfertigung in unterschiedlichsten Branchen weiterentwickelt.

Die Forschungsaktivitäten des Fraunhofer ILT umfassen die gesamte horizontale und vertikale Prozesskette der laserbasierten Additiven Fertigung.

Design und Simulation

Die Geometriefreiheit der additiven Fertigungsverfahren ermöglicht es, Bauteile mit großer Komplexität und neuen integrierten Funktionen zu entwickeln und zu fertigen. Oft können die Funktionen ganzer Baugruppen in einem Bauteil integriert und das Bauteil dadurch monolithisch mit deutlich reduzierten Lebenszykluskosten gefertigt werden.

Zur industriellen Nutzung dieser verfahrensbedingten Vorteile werden am Fraunhofer ILT Programme und Tools zur effizienten Erzeugung, Simulation und Validierung hochkomplexer Additive Manufacturing (AM)-Strukturen entwickelt. Neben dem Bauteildesign optimieren die Ingenieure am Fraunhofer ILT auch die gesamte digitale Kette von der Bahnplanung über den Technologieprozessor bis hin zur integrierten Qualitätssicherung und zum Reverse Engineering. Daran schließen sich Kostenbewertungsmodelle und strategische AM-Roadmaps an.

Additive Prozesskette

Das Fraunhofer ILT optimiert die Wirtschaftlichkeit additiver Fertigungsverfahren durch eine ganzheitliche Betrachtung der gesamten Prozesskette – vom Bauteildesign über die SLM-Prozessführung und Anlagentechnik bis hin zur Endbearbeitung.

Zur Verbesserung der Robustheit und Reproduzierbarkeit wird systematisch der Einfluss von Pulverwerkstoff, Anlagenkomponenten sowie Belichtungsstrategie auf die Prozessstabilität und Bauteilqualität ermittelt. Darüber hinaus werden zur Qualitätssicherung inline Prozessüberwachungsmethoden für das SLM entwickelt.

Durch neue Prozessführungsstrategien werden Oberflächenqualität und Detailauflösung verbessert. Zur Vermeidung von Rissen bei schwer schweißbaren Werkstoffen sowie zur Verringerung von Spannungen und Verzügen werden u. a. werkstoffangepasste Belichtungsstrategien und Temperaturführungen eingesetzt.

Anlagen- und Systemtechnik

Anwender fordern zunehmend eine höhere Produktivität in der Additiven Fertigung und größere sowie flexiblere Bauräume. Das Fraunhofer ILT erweitert daher systematisch u. a. mit verfahrenbaren Bearbeitungsköpfen den verfügbaren Bauraum der SLM-Anlagen. Eine Skalierung der Produktivität wird durch den Einsatz geeigneter Strahlquellen, u. a. Diodenlaser, erreicht. Neuartige Strahlquellen mit grünem Laserlicht ermöglichen darüber hinaus eine gesteigerte Prozesseffizienz sowie die Verarbeitung anspruchsvoller Werkstoffe, wie z. B. Reinkupfer.

Im Bereich Anlagentechnik für Photopolymer-3D-Druck werden am Fraunhofer ILT neue Maschinenkonzepte entwickelt, die es künftig erlauben, vollständig ohne Stützstrukturen zu fertigen. Zudem können Bauteile im gesamten Bauvolumen angeordnet werden.

Werkstoffe

Das verarbeitbare Werkstoffspektrum wird am Fraunhofer ILT kontinuierlich erweitert. So werden bisher nicht verarbeitbare Legierungen, wie Aluminiumknetlegierungen mit hohem Rissrisiko, an die spezifischen Bedingungen der Additiven Fertigung systematisch angepasst. Neben metallischen Werkstoffen ist die Entwicklung neuer (Photo-)Polymere für die Additive Fertigung Gegenstand der Forschung. Neben klassischen Acrylaten und Epoxiden werden auch transparente und hochbrechende Thiol-En-Photopolymere untersucht. Diese eignen sich u. a. zum Aufbau biokompatibler Implantatgerüststrukturen. Schließlich werden am Fraunhofer ILT 3D-Druckverfahren mit lebenden Zellen in einer hydrogelbasierten Tinte zum Aufbau künstlicher organähnlicher Strukturen entwickelt.

Ausgewählte Forschungsergebnisse

Thema Additive Fertigung: Seite 50–58, 62, 65 und 103.

Thema Produktion: Seite 32, 34, 42, 44–47, 58, 60–61, 63–64, 66–93 und 102.

Weitere Informationen im Internet unter:

www.ilt.fraunhofer.de

GESUNDHEIT

LASERTECHNISCHE LÖSUNGEN FÜR INDUSTRIE UND GESELLSCHAFT

INDIVIDUALISIERTE IMPLANTATE MITTELS 3D-DRUCK

Die Verwendung von individuell angepasstem Knochen- und Gelenkersatz oder medizinischen Implantaten mit vergrößerter Funktionalität, beispielsweise durch integrierte und definierte Porenstrukturen, trägt zu einer Verbesserung der medizinischen Versorgung bei. Zur Herstellung solcher komplexen und individualisierten Implantate eignet sich insbesondere das generative Fertigungsverfahren Selective Laser Melting (SLM), auch bekannt als Laserstrahlschmelzen oder Laser Powder Bed Fusion (L-PBF). Das Fraunhofer ILT entwickelt in enger Abstimmung mit Medizinern Fertigungs- und Systemlösungen für die Additive Fertigung individualisierter Implantate.

Herausforderungen in der Medizintechnik

Der demographische Wandel und das Bedürfnis nach einer immer besseren medizinischen Versorgung stellen neue Herausforderungen an die Gesundheitsforschung. Insbesondere die personalisierte Medizintechnik gilt als ein vielversprechendes Zukunftsfeld. Durch Berücksichtigung der individuellen medizinischen Bedürfnisse von Patienten beispielsweise bei der Implantatgestaltung oder der Eingriffsplanung können Operationen weiter verbessert werden. So werden einerseits das Wohlbefinden des Patienten beträchtlich gesteigert und andererseits die Kosten für das Gesundheitswesen und damit die Volkswirtschaft systematisch reduziert.

Auch die Verwendung von resorbierbaren Implantaten als Knochenersatz setzt neue Maßstäbe. Diese Implantate lösen sich im Körper des Patienten auf und werden sukzessive durch körpereigenen Knochen ersetzt. »Mitwachsende« Implantate für Kinder können so realisiert und unnötige Operationen zur Entfernung eines Implantats nach der Knochenheilung oder das permanente Verbleiben eines Implantats im Körper verhindert werden.

Individuelle und funktionale Implantate

Beim SLM werden Bauteile Schicht für Schicht aus einem feinen Pulver durch lokales Aufschmelzen mit Laserstrahlung gemäß einem CAD-Modell aufgebaut. Durch diese werkzeuglose Fertigung und den schichtweisen Aufbau auch komplexer Bauteile ist das SLM hervorragend für die kostengünstige Individualfertigung geeignet. Implantate können direkt aus medizinischen Bilddaten (CT, MRT) am Computer für den Patienten individuell gestaltet und anschließend mit SLM kostengünstig gefertigt werden. Bei Bedarf können diese patientenspezifischen Implantate mit zusätzlichen Funktionalitäten versehen werden, die bei konventioneller Fertigung



gar nicht oder nur sehr kostenintensiv realisierbar wären. Zum Beispiel kann durch definierte Porenstrukturen das Einwachsverhalten und die Versorgung mit neuem Gewebe des Implantats verbessert werden. Außerdem erlaubt das SLM die Einstellung optimaler mechanischer Eigenschaften, die für den jeweiligen Implantationsort erforderlich sind. Insbesondere bei resorbierbaren Implantaten sind definierte Porenstrukturen ein entscheidender Vorteil gegenüber nicht porösen Implantaten. Die Menge an abzubauenem Volumen kann maßgeblich reduziert und ein effektiver Abtransport der Abbauprodukte durch eine vollständige Vaskularisierung des Implantats gewährleistet werden. Gleichzeitig kann der Knochenaufbau im Inneren des Implantats erfolgen.

Materialvielfalt im 3D-Druck mit SLM

Das SLM wird für viele metallische Biomaterialien wie beispielsweise Titanlegierungen, Kobalt-Chrom-Legierungen oder Edelstahl kommerziell eingesetzt. Für Anwendungen in der Medizintechnik hat das Fraunhofer ILT das Verfahren in Kooperation mit Partnern aus Medizin und Industrie bereits mehrfach in die Praxis umgesetzt, beispielsweise für die individualisierte Serienfertigung von Kronen und Käppchen in der Dentalindustrie, für die Fertigung von Gelenkersatz in der Orthopädie und von Knochenersatz in der Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie. Neben Individualimplantaten werden auch hochspezialisierte chirurgische Instrumente und Wirbelfusionskäfige mit erhöhter Funktionalität mit SLM hergestellt.

Dabei erfüllen die SLM-Bauteile alle Anforderungen der entsprechenden Normen an die mechanischen Eigenschaften und die Biokompatibilität. Auch für aktuelle Forschungsfragen der Medizin bietet das Fraunhofer ILT vielversprechende Lösungsansätze. So konnten bereits resorbierbare Knochenersatzimplantate mit interkonnektiver Porenstruktur auf Basis eines Polylaktid-Kalziumphosphat-Kompositwerkstoffs für

den Einsatz im gering belasteten Bereich des Schädels im Kleinterversuch erfolgreich getestet werden. Weiterhin wird die Technologie für die Herstellung von stärker belastbaren resorbierbaren Implantaten auf Basis von Magnesium-, Eisen- oder Zinklegierungen entwickelt.

Von der Idee zum Produkt

Das SLM-Verfahren wurde Mitte der 90er Jahre am Fraunhofer ILT entwickelt und seitdem in enger Kooperation mit führenden Industrieunternehmen und Forschungseinrichtungen unter Berücksichtigung der gesamten Prozesskette stetig weiterentwickelt. Durch die vorhandene Kompetenz und die jahrelange Erfahrung decken die Experten des Fraunhofer ILT das komplette Spektrum von der ersten Idee über Machbarkeitsstudien, Prozess- und Anlagenentwicklung bis hin zur Umsetzung der Ergebnisse in die Produktion ab. Dabei greifen sie auf eine umfangreiche Anlagenausstattung bestehend aus unterschiedlichen kommerziellen Systemen und hochflexiblen Laboranlagen zurück.

Ausgewählte Forschungsergebnisse

Thema Implantate: Seite 99.

Thema Medizintechnik: Seite 33, 69 und 96–97.

Weitere Informationen im Internet unter:

www.ilt.fraunhofer.de

UMWELT

LASERTECHNISCHE LÖSUNGEN FÜR INDUSTRIE UND GESELLSCHAFT

LASERTECHNIK FÜR DIE KLIMAFORSCHUNG

Das Fraunhofer ILT entwickelt Lasertechnik für die satellitengestützte Klimaforschung und befähigt seine Auftraggeber, präzisere Analysen des Treibhauseffekts durchzuführen. Damit leisten wir in Kooperation mit unseren Partnern einen aktiven Beitrag zum Verständnis der Ursachen des Klimawandels.

Klimawandel und Treibhauseffekt

Seit Ende des 19. Jahrhunderts bis zur Gegenwart beträgt die Erderwärmung nach modellgestützten Berechnungen des Hamburger Max-Planck-Instituts für Meteorologie 0,7 °C. Würde die Erderwärmung sich modellmäßig weiterentwickeln, müsste bis 2100 je nach Szenario mit einer globalen Erwärmung von +3 °C gerechnet werden. Das entspräche etwa dem Temperaturunterschied von der letzten Eiszeit bis heute. Die Temperaturerhöhung hat negative Auswirkungen auf Klima und Vegetation. Hier besteht also dringender Handlungsbedarf, der in den Weltklimakonferenzen seitens der agierenden Politiker ausgelotet wird.

Viele Indizien und Simulationen der Klimaforscher deuten darauf hin, dass die Temperaturanstiege der letzten Jahrzehnte ursächlich auf das menschliche Verhalten zurückzuführen sind. Langlebige Treibhausgase wie Kohlendioxid und Methan verstärken den sogenannten Treibhauseffekt. Nach Angaben des Intergovernmental Panel on Climate Change hat sich seit Beginn der Industrialisierung bis heute die Konzentration von Kohlendioxid um etwa 30 Prozent, von Methan um 120 und von Distickstoffoxid um rund 10 Prozent erhöht.

Klimaforschung aus dem Weltraum

Methan wird als klimarelevantes Gas noch nicht so viel diskutiert wie Kohlendioxid. Bei der Erderwärmung ist es aber pro Molekül 25-mal wirksamer. Kohlendioxid kommt jedoch in der Atmosphäre etwa 200-mal häufiger vor und ist damit absolut wirksamer. Seit 2007 steigt die Methankonzentration in der Atmosphäre schnell an, ohne dass die Ursachen für das Phänomen wirklich klar wären.

Vor diesem Hintergrund wurde 2010 das deutsch-französische »MERLIN-Projekt« beschlossen. Der Kleinsatellit MERLIN (Methane Remote Sensing LIDAR-Mission) soll voraussichtlich 2023 starten und das Methan in der Erdatmosphäre kartieren. Die Wissenschaftler wollen so verstehen, in welchen Regionen Methan in die Atmosphäre eingebracht und wo es abgebaut wird. Kernstück des Satelliten ist ein LIDAR-System, das Lichtpulse in die Atmosphäre schickt und aus dem vom Erdboden zurückgestreuten Licht die Methankonzentration bestimmt.



Lasertechnik für Weltraum-Missionen

Die Anforderungen an den Laser für die MERLIN-Mission sind extrem: Das System muss Schocks sowie Vibrationen bis 25 grms genauso aushalten wie thermische Wechsellasten von -30 °C bis +50 °C. Außerdem sollen organische Materialien wie Klebstoffe möglichst vollständig vermieden werden, um nicht die hochreinen Spiegelflächen zu verunreinigen. Und alles muss nach dem Start für die Missionsdauer von 3 Jahren störungsfrei funktionieren.

Das Fraunhofer ILT entwickelt für seine Partner wie Airbus Defence and Space oder TESAT Spacecom seit Jahren Technologien für weltraumtaugliche Laser. Für LIDAR-Strahlquellen wurde im Auftrag der Europäischen Weltraumorganisation ESA eine Technologieplattform konzipiert und aufgebaut: FULAS – Future Laser System. Der 2016 fertig gestellte FULAS-Demonstrator hat Thermalvakuumtests unter realistischen Bedingungen und Langzeittests im Labor des Projektpartners Airbus Defence and Space bestanden.

Für die FULAS-Plattform entwickeln die Experten nicht nur raumfahrttaugliche Komponenten, sondern auch neue Aufbautechnologien. So werden im MERLIN-Projekt bei den optomechanischen Komponenten alle wesentlichen Justierschritte durch Roboter mit Hilfe des sogenannten Pick & Align-Verfahrens durchgeführt. Damit ist das Verfahren grundsätzlich automatisierbar und somit auch für andere Branchen interessant. Die Arbeiten zur Komponentenentwicklung wurden im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie BMWi durchgeführt und durch das DLR Raumfahrtmanagement koordiniert.

Laserstrahlquellen für hohe Anforderungen

Der LIDAR-Laser für das MERLIN-Projekt setzt sich zusammen aus einem Laser-Oszillator mit aktiver Längenregelung, einem INNOSLAB-Verstärker und einem längengeregelten Frequenzkonverter mit zwei KTP-Kristallen. Die gleichzeitige Erfüllung einer Vielzahl von Anforderungen ist eine Herausforderung für jeden Entwickler: in der Wellenlänge schaltbare, bandbreitenlimitierte, gepulste Strahlung, hohe Effizienz bei möglichst geringer Belastung der optischen Komponenten, hohe Pointing-Stabilität, etc.

Für den LIDAR-Betrieb soll das Lasersystem 9 mJ-Doppelpulse bei zwei Wellenlängen um 1645 nm im Einfrequenzbetrieb liefern, wobei einer der Pulse spektral stets exakt auf eine charakteristische Methan-Absorptionslinie eingestellt wird.

Neben den weltraumtauglichen Lasersystemen entwickeln die Wissenschaftler des Fraunhofer ILT auch Strahlquellen für Flugzeug- und Hubschrauber-gestützte LIDAR-Systeme wie sie beispielsweise in der Detektion von Lecks in überregionalen Gasleitungen eingesetzt werden. Mit den innovativen Lasersystemen und den damit verbundenen Aufbautechnologien leistet das Fraunhofer ILT einen aktiven Beitrag zur Umwelt- und Klimaforschung.

Ausgewählte Forschungsergebnisse

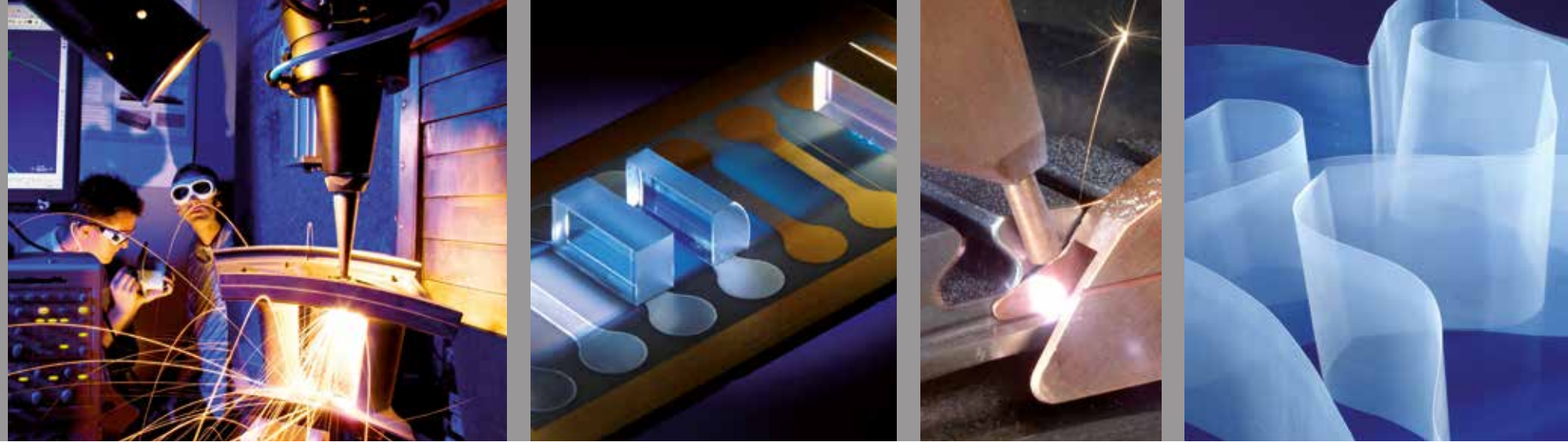
Thema Klimaforschung: Seite 43.

Thema Umwelt: Seite 37–39, 72 und 104.

Weitere Informationen im Internet unter:

www.ilt.fraunhofer.de und www.dlr.de (Projekt »MERLIN«)

AUS DEN TECHNOLOGIEFELDERN



LASER UND OPTIK

Das Technologiefeld Laser und Optik steht für innovative Laserstrahlquellen und hochwertige optische Komponenten und Systeme. Das Team der erfahrenen Laserexperten entwickelt Strahlquellen mit maßgeschneiderten räumlichen, zeitlichen und spektralen Eigenschaften und Ausgangsleistungen im Bereich μW bis GW. Das Spektrum der Laserstrahlquellen reicht von Diodenlasern bis zu Festkörperlasern, von Hochleistungsw-Lasern bis zu Ultrakurzpulslasern und von single-frequency Systemen bis hin zu breitbandig abstimmbaren Lasern.

Bei den Festkörperlasern stehen sowohl Oszillatoren als auch Verstärkersysteme mit herausragenden Leistungsdaten im Zentrum des Interesses. Ob Laserhersteller oder Anwender, die Kunden erhalten nicht nur maßgeschneiderte Prototypen für ihren individuellen Bedarf sondern auch Beratung zur Optimierung bestehender Systeme. Insbesondere im Bereich der Kurzpulslaser und der Breitbandverstärker können zahlreiche Patente und Rekordwerte als Referenz vorgewiesen werden.

Darüber hinaus bietet das Technologiefeld hohe Kompetenz bei Strahlformung und Strahlführung, dem Packaging optischer Hochleistungskomponenten und dem Design optischer Komponenten. Auch die Auslegung hocheffizienter Freiformoptiken zählt zu den Spezialitäten der Experten.

Die Anwendungsgebiete der entwickelten Laser und Optiken reichen von der Lasermaterialbearbeitung und der Messtechnik über Beleuchtungsapplikationen und Medizintechnik bis hin zum Einsatz in Weltraumapplikationen und der Grundlagenforschung.

LASERMATERIAL-BEARBEITUNG

Zu den Fertigungsverfahren des Technologiefelds Lasermaterialbearbeitung zählen die Trenn- und Fügeverfahren in Mikro- und Makrotechnik sowie die Oberflächenverfahren. Ob Laserschneiden oder Laserschweißen, Bohren oder Lötten, Laserauftragschweißen oder Reinigen, Strukturieren oder Polieren, Generieren oder Beschichten, das Angebot reicht von Verfahrensentwicklung und Machbarkeitsstudien über Simulation und Modellierung bis hin zur Integration der Verfahren in Produktionslinien.

Die Stärke des Technologiefelds beruht auf dem umfangreichen Prozess-Know-how, das auf die Kundenanforderungen zugeschnitten wird. So entstehen auch Hybrid- und Kombinationsverfahren. Darüber hinaus werden in Kooperation mit spezialisierten Netzwerkpartnern komplette Systemlösungen angeboten. Sonderanlagen, Anlagenmodifikationen und Zusatzkomponenten sind Bestandteil zahlreicher FuE-Projekte. So werden spezielle Bearbeitungsköpfe für die Lasermaterialbearbeitung nach Kundenbedarf entwickelt und gefertigt. Auch Prozessoptimierungen durch Designänderungen von Komponenten sowie Systeme zur Online-Qualitätsüberwachung zählen zu den Spezialitäten des Technologiefelds.

Der Kunde erhält somit laserspezifische Lösungen, die Werkstoff, Produktdesign, Konstruktion, Produktionsmittel und Qualitätssicherung mit einbeziehen. Das Technologiefeld spricht Laseranwender aus unterschiedlichen Branchen an: vom Maschinen- und Werkzeugbau über Photovoltaik und Feinwerktechnik bis hin zum Flugzeug- und Automobilbau.

MEDIZINTECHNIK UND BIOPHOTONIK

Gemeinsam mit Partnern aus den Life Sciences erschließt das Technologiefeld Medizintechnik und Biophotonik neue Einsatzgebiete des Lasers in Therapie und Diagnostik sowie in Mikroskopie und Analytik. Mit dem Selective Laser Melting Verfahren werden generativ patientenindividuelle Implantate auf der Basis von Computertomographie-Daten gefertigt. Die Materialvielfalt reicht von Titan über Polylactid bis hin zu resorbierbarem Knochenersatz auf Kalzium-Phosphat Basis.

Für Chirurgie, Wundbehandlung und Gewebetherapie werden in enger Kooperation mit klinischen Partnern medizinische Laser mit angepassten Wellenlängen, mikrochirurgische Systeme und neue Lasertherapieverfahren entwickelt. So werden beispielsweise die Koagulation von Gewebe oder der Präzisionsabtrag von Weich- und Hartgewebe untersucht.

Die Nanoanalytik sowie die Point-of-care Diagnostik erfordern kostengünstige Einweg-Mikrofluidikbauteile. Diese werden mit Hilfe von Laserverfahren wie Fügen, Strukturieren und Funktionalisieren mit hoher Genauigkeit bis in den Nanometerbereich gefertigt. Die klinische Diagnostik, die Bioanalytik und die Lasermikroskopie stützen sich auf das profunde Know-how in der Messtechnik. Im Themenbereich Biofabrication werden Verfahren für in vitro Testsysteme oder Tissue Engineering vorangetrieben. Mit der Nanostrukturierung und der photochemischen Oberflächenmodifikation leistet das Technologiefeld einen Beitrag zur Generierung biofunktionaler Oberflächen.

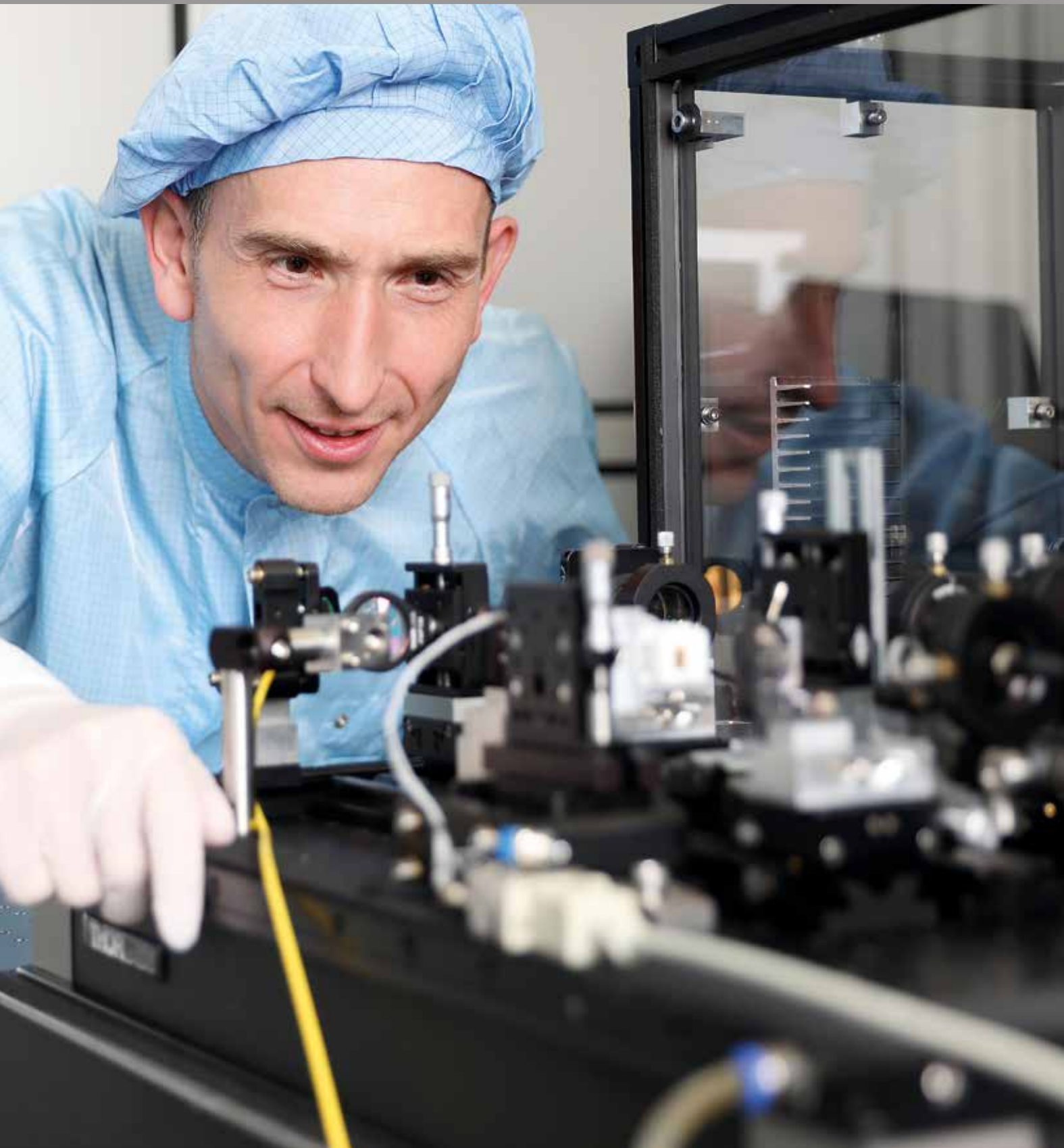
LASERMESSTECHNIK UND EUV-TECHNOLOGIE

Die Schwerpunkte des Technologiefelds Lasermesstechnik und EUV-Technologie liegen in der Fertigungsmesstechnik, der Materialanalytik, der Identifikations- und Analysetechnik im Bereich Recycling und Rohstoffe, der Mess- und Prüftechnik für Umwelt und Sicherheit sowie dem Einsatz von EUV-Technik. In der Fertigungsmesstechnik werden Verfahren und Systeme für die Inline-Messung physikalischer und chemischer Größen in einer Prozesslinie entwickelt. Schnell und präzise werden Abstände, Dicken, Profile oder die chemische Zusammensetzung von Rohstoffen, Halbzeugen oder Produkten gemessen.

Im Bereich Materialanalytik wurde profundes Know-how mit spektroskopischen Messverfahren aufgebaut. Anwendungen sind die automatische Qualitätssicherung und Verwechslungsprüfung, die Überwachung von Prozessparametern oder die Online-Analyse von Abgasen, Stäuben und Abwässern. Je genauer die chemische Charakterisierung von Recyclingprodukten ist, umso höher ist der Wiederverwertungswert. Die Laser-Emissionsspektroskopie hat sich hier als besonders zuverlässige Messtechnik erwiesen. Neben der Verfahrensentwicklung werden komplette Prototypanlagen und mobile Systeme für den industriellen Einsatz gefertigt.

In der EUV-Technik entwickeln die Experten Strahlquellen für die Lithographie, die Mikroskopie, die Nanostrukturierung oder die Röntgenmikroskopie. Auch optische Systeme für Applikationen der EUV-Technik werden berechnet, konstruiert und gefertigt.

LASER UND OPTIK



INHALT

Kostengünstiger, kompakter Laser mit ns-Pulsdauer für den mobilen Einsatz	32
Direkte Erzeugung von Laserstrahlung im MIR	33
Gütegeschalteter Multimode-Hochleistungsfaserlaser	34
Absenkung der Repetitionsrate von modengekoppelten Ultrakurzpuls-Faserlasern	35
Umwelttests an Faserkomponenten für Weltraumanwendungen	36
MERLIN – Laser Optical Bench	37
Neuartiges Montage- und Justagekonzept für opto-mechanische Komponenten	38
Diodengepumpter Alexandritlaser für ein Atmosphären-LIDAR-System	39
LIDAR-System für Anwendungen in der Automobilindustrie	40
Laserbasierter Kraftsensor	41
2 μm Ultrakurzpulslaser mit Subpikosekunden-Pulsdauern	42
OPGaAs-OPO mit 10 μm Wellenlänge	43
Kompakter Laserschneidkopf mit Hochleistungsoptiken aus CVD-Diamanten	44
Optisches System zur variablen Strahlformung	45
Hochdynamische Anpassung von Intensitätsverteilungen für die 3D-Lasermaterialbearbeitung	46
Optik zur flexiblen Multistrahlbearbeitung	47



KOSTENGÜNSTIGER, KOMPAKTER LASER MIT NS-PULSDAUER FÜR DEN MOBILEN EINSATZ

Aufgabenstellung

Für die Verwendung in kabelungebundenen mobilen Messgeräten soll eine gepulste Laserstrahlquelle entwickelt werden. Aus dem Anwendungsprofil ergeben sich Anforderungen bezüglich Baugröße, Stabilität und Herstellungskosten. Ziel ist die Entwicklung eines kompakten, gepulsten Lasers mit hoher Strahlqualität und Repetitionsraten im kHz-Bereich. Weiterhin sollen die erwarteten Fertigungskosten bei < 1000 Euro pro Stück bei einer Losgröße von 1000 Stück pro Jahr liegen.

Vorgehensweise

Für mobile Systeme sind die Baugröße und das Energiemanagement von entscheidender Bedeutung. Üblicherweise werden gepulste Laser mit aktiven Güteschaltern wie z. B. einer Pockelszelle ausgeführt. Diese Güteschalter bedürfen einer aufwendigen Ansteuerungselektronik mit Hochspannungsnetzteil und sind daher nicht für kostengünstige Handgeräte geeignet. Daher soll hier auf einen aktiven Güteschalter verzichtet und ein passiver Güteschalter eingesetzt werden. Passive Güteschalter auf Kristallbasis wie Cr:YAG bestehen aus optischen Kristallen, deren Transparenz intensitätsabhängig ist. Damit entfällt auch der Aufwand für die Versorgungs- und Steuerungselektronik des Güteschalters.

Zur Reduktion der Kosten wird konsequent auf günstige, im Markt verfügbare Standardkomponenten gesetzt. Weiterhin soll die Anzahl der verwendeten optischen Elemente auf ein Minimum reduziert werden, z. B. indem ein Resonatorspiegel direkt auf den Laserkristall aufgebracht wird. Zusätzlich werden als Pumpquelle günstige Singleemitter-Module verwendet.

Ergebnis

Es konnte ein passiv gütegeschalteter Festkörperlaser mit einer Repetitionsrate von 1 kHz und einer Pulsenergie von 0,7 mJ im Grundmodebetrieb realisiert werden. Dabei können sowohl Pulsbursts als auch kontinuierliche Pulsfolgen erzeugt werden. Bei einer Pulsdauer von ca. 5 ns beträgt die Pulsspitzenleistung ungefähr 140 kW.

Anwendungsfelder

Der entwickelte Laser kann als mögliche Anregungsquelle in der mobilen Laser-Emissionsspektroskopie eingesetzt werden. Darüber hinaus ist der Einsatz auch für Markieranwendungen mit hoher Qualität, wie z. B. zur Kennzeichnung von Halbfabrikaten im Produktionsprozess oder für die Dünnschichtbearbeitung, möglich.

Ansprechpartner

Benjamin Erben M.Sc.
Telefon +49 241 8906-657
benjamin.erben@ilt.fraunhofer.de

Dipl.-Phys. Marco Höfer
Telefon +49 241 8906-128
marco.hoefer@ilt.fraunhofer.de



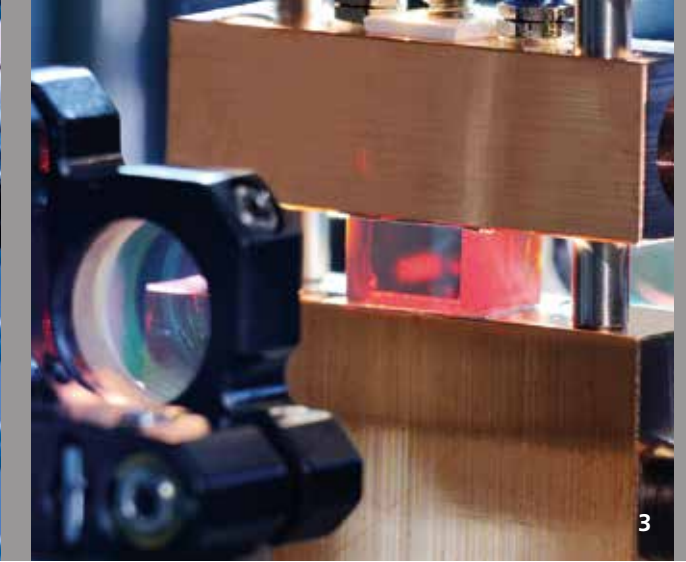
DIREKTE ERZEUGUNG VON LASERSTRAHLUNG IM MIR

Aufgabenstellung

Im Rahmen des Kooperationsprojekts »DIVESPOT« des Fraunhofer ILT mit dem Max-Planck-Institut für Struktur und Dynamik der Materie wird die direkte Erzeugung und Verstärkung von Laserpulsen im MIR-Bereich um 3 µm Ausgangswellenlänge und mit Pulsdauern zwischen 100 ps und 1000 ps untersucht. Es werden Verstärkungsmaterialien untersucht, die diesen Wellenlängenbereich adressieren können. Ziel ist die Entwicklung eines neuen Präzisionswerkzeugs für die Chirurgie.

Vorgehensweise

Zur Erzeugung von Laserlicht mit einer Wellenlänge im Bereich von 3 µm wird das mit Chrom dotierte II-VI-Verbindungshalbleitermaterial Zinkselenid als Verstärkungselement eingesetzt. Als Pumpquelle dient ein Thulium-Festkörperlaser mit einer Wellenlänge von 1,9 µm, der sowohl kontinuierlich wie auch gepulst mit Pulsdauern von einigen hundert Nanosekunden betrieben werden kann. Mit diesem Laser wird ein weiterer Resonator mit einem Cr:ZnSe-Verstärkungselement optisch gepumpt. Dieser Laser emittiert dann Laserstrahlung im Wellenlängenbereich zwischen 2,6 bis 3 µm. Die Ausgangswellenlänge kann durch selektive Elemente im Resonator abgestimmt werden.



Ergebnis

Im kontinuierlichen Betrieb konnte eine Laserstrahlquelle mit knapp 2 W Ausgangsleistung und einem optisch-optischen Wirkungsgrad von 21 Prozent realisiert werden. Die Emissionswellenlänge lag dabei zwischen 2,6 und 2,7 µm. Im gewinn-geschalteten Betrieb wurde bei einer Repetitionsrate von 1 kHz eine Pulsenergie von 0,15 mJ erzielt.

Anwendungsfelder

Laserstrahlquellen im genannten MID-IR-Bereich sind geeignet zur Verwendung im medizinischen Bereich, z. B. als Laserskalpell für Weichgewebeanwendungen. Weiterhin können diese Laserstrahlquellen zur molekularen Spektroskopie verwendet werden. Ein weiteres Anwendungsfeld ist die Bearbeitung von Silizium.

Das Projekt »DIVESPOT« wird im Rahmen des Kooperationsprogramms zwischen der Fraunhofer-Gesellschaft und der Max-Planck-Gesellschaft gefördert.

Ansprechpartner

Benjamin Erben M.Sc.
Telefon +49 241 8906-657
benjamin.erben@ilt.fraunhofer.de

Dipl.-Phys. Marco Höfer
Telefon +49 241 8906-128
marco.hoefer@ilt.fraunhofer.de



GÜTEGESCHALTETER MULTIMODE-HOCH- LEISTUNGSFASERLASER

Aufgabenstellung

Im Rahmen des vom BMBF geförderten Projekts »GEWOL« soll als Alternative zu gepulsten Faserverstärkersystemen ein gütegeschalteter, multimodiger Hochleistungsresonator mit Leistungen über 500 W und Pulsdauern unter 100 ns realisiert werden.

Vorgehensweise

Zur Festlegung der möglichen Arbeitspunkte eines gütegeschalteten Faserlasers wird eine am Fraunhofer ILT entwickelte zeitaufgelöste Simulationssoftware verwendet. Damit werden in Abhängigkeit von der zur Verfügung stehenden Pumpleistung die erreichbaren Spitzenleistungen, Pulsdauern und Repetitionsraten berechnet. Aufgrund der hohen Verstärkung in der aktiven Faser bei den anvisierten Ausgangsleistungen und Repetitionsraten im Bereich von 10 - 100 kHz ist ein Güteschalter mit einem besonders hohen Kontrastverhältnis notwendig.

Der gütegeschaltete Faserresonator besteht aus einer aktiven Yb-dotierten XLMA-Faser mit einer Beugungsmaßzahl von $M^2 \sim 15$ und breitbandigen Aus- und Rückkoppelspiegeln. Die Wellenlänge des Lasers wird über einen Bandpassfilter eingeschränkt. Für den Güteschalter werden am Fraunhofer ILT entwickelte gelötete Pockelszellen mit einem Kontrastverhältnis von > 40 dB verwendet.

1 Gütegeschalteter Multimode-Faserlaser.

Ergebnis

Bei einer Repetitionsrate von 60 kHz konnte bei einer mittleren Leistung von 525 W eine Spitzenleistung von ca. 250 kW bei einer Pulsdauer (FWHM) von ca. 10 ns demonstriert werden. Da der Laser bisher nicht pumpleistungslimitiert ist, besteht die Möglichkeit einer weiteren Leistungsskalierung (z. B. über die Repetitionsrate).

Anwendungsfelder

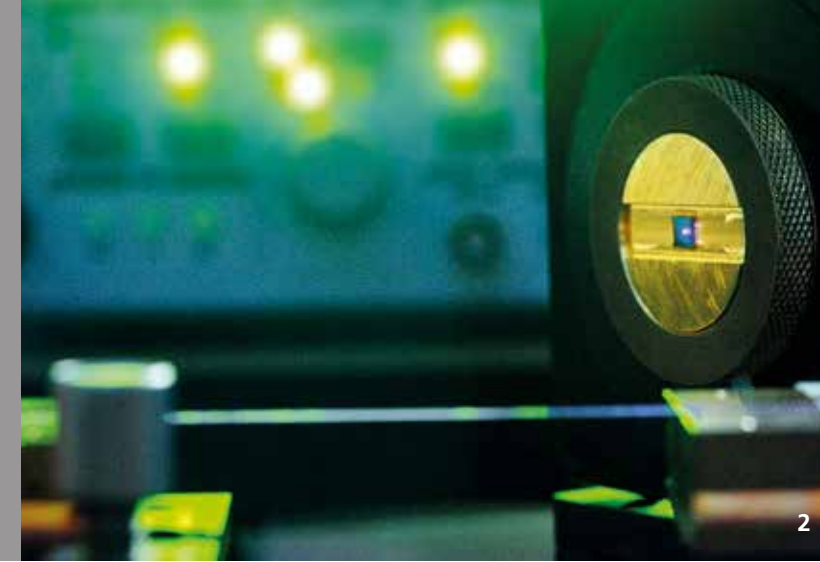
Aufgrund ihrer hohen Effizienz und ihres robusten Aufbaus werden gepulste Faserlasersysteme zunehmend in industriellen Anwendungen wie der Oberflächenentschichtung eingesetzt. Durch die reduzierte Komplexität im Vergleich zu mehrstufigen Faserverstärkerketten bietet sich ein gütegeschalteter Hochleistungsfaserlaser als robuste und kostengünstigere Alternative an.

Das diesem Bericht zugrundeliegende FuE-Vorhaben wurde im Auftrag des Bundesministeriums für Bildung und Forschung BMBF unter dem Förderkennzeichen 13N12930 durchgeführt.

Ansprechpartner

Dipl.-Phys. Martin Giesberts
Telefon +49 241 8906-341
martin.giesberts@ilt.fraunhofer.de

Dipl.-Phys. Oliver Fitzau
Telefon +49 241 8906-442
oliver.fitzau@ilt.fraunhofer.de



ABSENKUNG DER REPETITIONSRATE VON MODENGEKOPPELTEN ULTRA- KURZPULS-FASERLASERN

Aufgabenstellung

Ultrakurzpuls laser finden ein immer größer werdendes Anwendungsfeld in der industriellen Materialbearbeitung. Als Seedquelle für Hochleistungssysteme werden häufig modengekoppelte Faserlaser eingesetzt, deren Repetitionsrate typischerweise im Bereich um ca. 50 MHz liegt und damit für viele Anwendungen in der Materialbearbeitung zu hoch ist. Zur Absenkung der Repetitionsrate können aktiv gesteuerte Pulspicker verwendet werden, wodurch die Komplexität des Systems erhöht wird und die Effizienz sinkt. Um dies zu umgehen, soll ein rein passiver Resonator entwickelt werden, der direkt Repetitionsraten um 10 MHz liefert.

Vorgehensweise

Unter Berücksichtigung der Einflüsse von Dispersion, nichtlinearen Effekten, Verstärkung und Verlusten im Resonator auf die zeitlichen und spektralen Eigenschaften der Pulse wird zunächst eine theoretische Untersuchung mit einer semianalytischen Simulation durchgeführt.

Auf Basis dieser Ergebnisse wird zunächst ein passiv modengekoppelter Faserresonator mit einer Repetitionsrate von ca. 30 MHz, einer Pulsenergie von 0,5 nJ und einer Pulsdauer von 45 ps realisiert. Zur weiteren Verringerung der Repetitionsrate wird die Resonatorlänge vergrößert. Hierzu werden verschiedene Methoden untersucht. Zur Erreichung eines hohen Integrationsgrads wird die Verwendung einer Hohlkernfaser favorisiert.

Ergebnis

Durch eine Verlängerung des Resonators werden Repetitionsraten um 10 MHz erreicht. Dabei werden die weiteren Pulsparameter nicht beeinflusst.

Für einen Einzelpuls existieren in einer Faser Limits in Bezug auf die maximal erreichbare Pulsspitzenleistung. Diese Limits können unter Verwendung einer externen Nachverstärkung nach dem Prinzip der Divided Pulse Amplification (DPA) umgangen werden. Als Konzeptstudie wurde dies für eine einstufige DPA demonstriert.

Anwendungsfelder

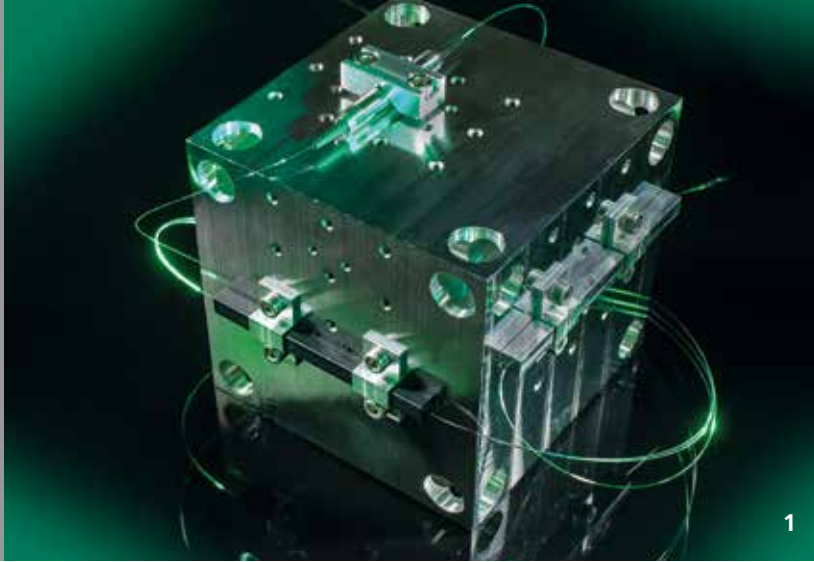
Die demonstrierten Parameter ermöglichen den effizienten Einsatz in der Mikro- und Nanofertigung. Mit dem untersuchten Konzept kann die Repetitionsrate bei effizientem Laserbetrieb an die jeweilige Anwendung angepasst werden.

Ansprechpartner

Patrick Baer M.Sc.
Telefon +49 241 8906-8251
patrick.baer@ilt.fraunhofer.de

Dipl.-Phys. Oliver Fitzau
Telefon +49 241 8906-442
oliver.fitzau@ilt.fraunhofer.de

2 Modengekoppelter Faserlaser
mit sättigbarem Absorber.



UMWELTTESTS AN FASERKOMPONENTEN FÜR WELTRAUMANWENDUNGEN

Aufgabenstellung

Für eine Studie der europäischen Weltraumorganisation ESA wurde am Fraunhofer ILT zur Messung des Erdgravitationsfelds ein schmalbandiger und leistungsstabiler Grundmode-Faserverstärker mit einer Ausgangsleistung von 500 mW entwickelt und aufgebaut.

Der Laserverstärker einschließlich aller Komponenten soll im Hinblick auf den satellitengestützten Betrieb Umwelttests unterzogen werden. Ziel ist die Klärung, ob die eingesetzten Fertigungsverfahren und Komponenten für den Weltraum qualifizierbar sind sowie die Identifikation von Schwachstellen.

Vorgehensweise

Die in der Lager- und Startphase und während der Weltraummission auftretenden Temperaturschwankungen, Erschütterungen und Vibrationen sollen ebenso in den Tests nachgestellt werden wie die kosmische Strahlung während der Missionsdauer. Dazu werden die Faserkomponenten nach den Testspezifikationen der ESA Vibrations-, Schock-, Thermalvakuum- und Bestrahlungstests unterzogen. Vor und nach den Umwelttests werden die Komponenten auf Funktion anhand diverser Parameter, wie Transmission, Polarisierung und spektraler Eigenschaften, untersucht.

1 Testkomponenten auf Montagevorrichtung für Vibrationstests.

Die Belastung der Komponenten bei den Sinus- und Random-Vibrationstests beträgt bis zu 20 g pro Achse. Schocktests können mit einer Beschleunigung bis zu 1400 g in allen drei räumlichen Achsen der Komponente durchgeführt werden. In Thermalvakuumtests wird die Funktionalität der Komponenten in einem Vakuum von $< 1 \times 10^{-5}$ mbar und einem Temperaturbereich von -40°C bis 50°C untersucht. Aufgrund der zu erwartenden Strahlungsbelastung während der dreijährigen Mission im Einsatzgebiet des Verstärkers im Low-Earth-Orbit werden die Komponenten Gamma- und Protonenbestrahlungen unterzogen.

Ergebnis

Die technologischen Reifegrade der Komponenten des Faserverstärkers wurden überprüft und einzelne Defizite identifiziert. Die Testergebnisse liegen als Grundlage für die abschließende Qualifikation des Faserverstärkers vor.

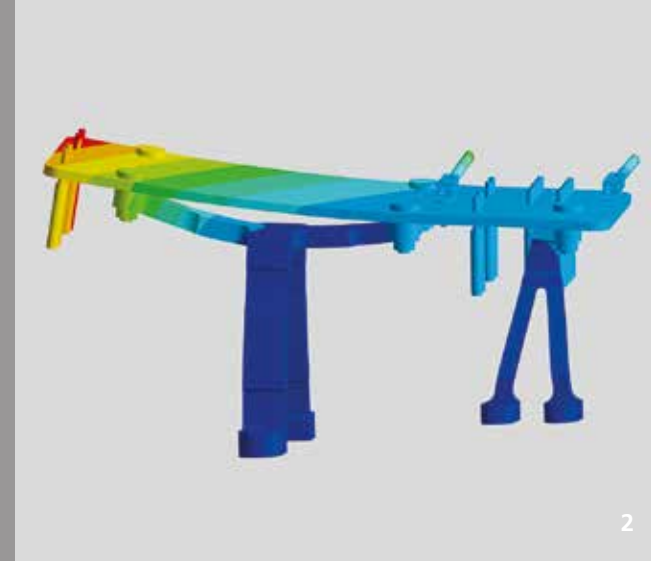
Anwendungsfelder

Der Faserverstärker findet Anwendung in der Messung des statischen Gravitationsfelds, der Messung von Gravitationswellen und der Inter-Satellitenkommunikation. Die hier entwickelte Methodik kann auch auf andere schwierige Einsatzgebiete übertragen werden.

Ansprechpartner

Patricia Betz M.Sc.
Telefon +49 241 8906-623
patricia.betz@ilt.fraunhofer.de

Dipl.-Phys. Oliver Fitzau
Telefon +49 241 8906-442
oliver.fitzau@ilt.fraunhofer.de



MERLIN – LASER OPTICAL BENCH

Aufgabenstellung

Das Fraunhofer ILT entwickelt für die deutsch-französische Klimamission MERLIN (Methane Remote Sensing LIDAR Mission) die Laser Optical Bench, das Kernelement der Laserstrahlquelle. Diese soll im späteren Instrument ab dem Jahr 2022 Laserpulse mit spezifischen Eigenschaften aussenden, die es erlauben, durch eine Messung des zurückgestreuten Lichts auf den Methangehalt der Atmosphäre zwischen Satellit und Erdboden zu schließen. Der Einsatz des komplexen Lasers unter Vibrations- sowie Temperaturwechsellasten verlangt eine dauerstabile und robuste Aufbautechnik. Um die empfindlichen Laseroptiken nicht durch molekulare Verschmutzung zu zerstören, sind ausgasende organische Materialien, wie Kleber und kunststoffbasierte Isolationen, vollständig zu vermeiden.

Vorgehensweise

Umfangreiche Analysen zum optischen, mechanischen, thermischen und elektrischen Verhalten des Systems wurden durchgeführt, um die Eignung in allen Lastfällen sicherzustellen. Neben der systematischen Entwicklung von optomechanischen Komponenten wurden eine passive Kühlstruktur sowie eine Anordnung zur Übertragung von diversen Signalen, gepulsten elektrischen Strömen von bis zu 130 A Stromstärke sowie Hochspannungen von etwa 4 kV entwickelt. Dabei wurde vollständig auf organische Materialien verzichtet.



Ergebnis

An einem Labormodell des Lasers konnten alle wesentlichen Strahleigenschaften des späteren Systems nachgewiesen werden. Die mechanische und thermische Funktionalität aller wesentlichen Bauteile konnte nach Optimierung mittels Finite-Elemente-Methode (FEM) demonstriert werden. Alle Bauteile der Laser Optical Bench wurden definiert und angeordnet. Aktuell werden die Komponenten des Lasers beschafft und das Critical Design Review (CDR) vorbereitet.

Anwendungsfelder

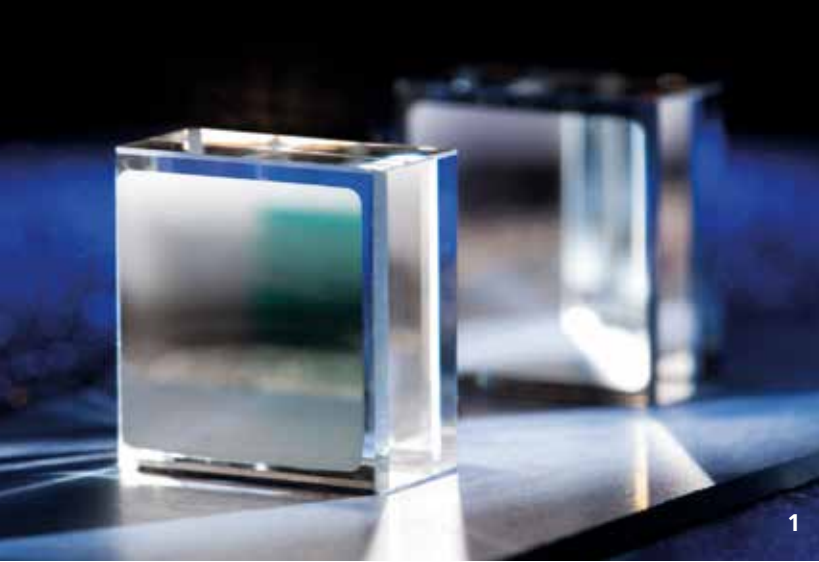
Die Modellphilosophie und das Montagekonzept lassen sich auf andere Laserstrahlquellen übertragen. Dies trifft sowohl für Anwendungsfälle in der Luft- und Raumfahrt als auch in der Industrie zu, wo eine hohe Zuverlässigkeit eine entscheidende Rolle spielt.

Die dem Bericht zugrundeliegenden FuE-Vorhaben wurden im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie BMWi unter den Förderkennzeichen 50EE0904, 50EE1235, 50EP1001 und 50EP1301 durchgeführt. Die Arbeiten in »MERLIN« erfolgen im Auftrag des DLR RFM im Unterauftrag von Airbus DS in den Phasen C/D unter dem Förderkennzeichen 50EP1601.

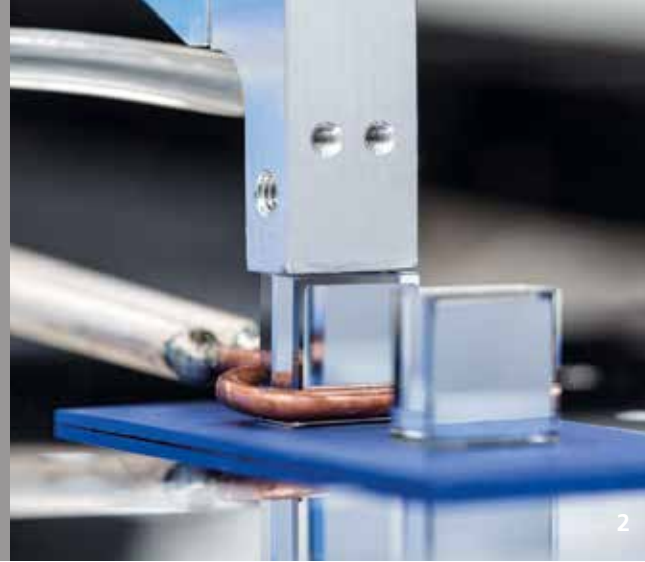
Ansprechpartner

Dipl.-Phys. Jörg Luttmann
Telefon +49 241 8906-673
joerg.luttmann@ilt.fraunhofer.de

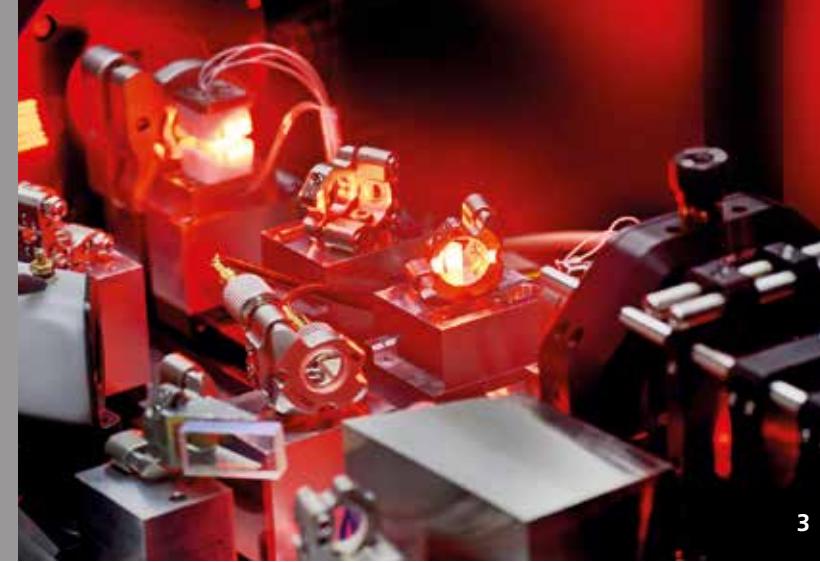
2 Modalanalyse eines Elements des elektrischen Harness.
3 Aus dem 3D-Modell generierte Abbildung des MERLIN-Lasers.



1



2



3

NEUARTIGES MONTAGE- UND JUSTAGEKONZEPT FÜR OPTO-MECHANISCHE KOMPONENTEN

Aufgabenstellung

Neben Weltraumapplikationen gewinnen Löttechnologien für optische Komponenten in industriellen Anwendungen an Bedeutung. Die Fraunhofer ILT Aktivlottechnologie soll für die Verbindung optischer Komponenten mit vom Fraunhofer IKTS entwickelten Mehrlagenkeramiken durch flussmittelfreies Fügen ohne zusätzliche Vermittlerschicht eingesetzt werden. Eine induktive Wärmezufuhr soll die kontaktfreie Erwärmung der Lotschicht und die Justage optischer Komponenten im Lot ermöglichen.

Vorgehensweise

Die Auswahl geeigneter Aktivlote ermöglicht das Fügen metallischer und nicht metallischer Materialpaarungen bei atmosphärischer Umgebung. Zunächst wird ein Verfahren zur schnellen und vollständigen Benetzung der Oberfläche mit dem Lot eingesetzt. Für das Fügen von Komponenten mit sehr unterschiedlichen Wärmeausdehnungskoeffizienten sind Prozesstemperaturen unterhalb von 300 °C und damit der Einsatz von Weichloten vorteilhaft. Die berührungslose, lokale Wärmeeinkopplung mittels Induktion bietet die Möglichkeit, Justagetoleranzen der optischen Komponenten unter 10 µrad zu erzielen.

1 Mehrlagenkeramik-Glasverbindung.

2 Montageprozess mittels induktiver Wärmezufuhr.

Ergebnis

Mittels Aktivlötverfahren wurden am Fraunhofer ILT Baugruppen aus optischen, keramischen und metallischen Komponenten hergestellt. Diese zeichnen sich durch eine hohe Verkippsstabilität von < 10 µrad im Temperaturbereich von -40 °C bis +60 °C aus. Die Qualität der Lötverbindungen wurde durch Schertestuntersuchungen nachgewiesen.

Anwendungsfelder

Durch das neue Montage- und Justagekonzept mittels Aktivlötverfahren mit induktiver Wärmezufuhr kann der Aufbau optischer Baugruppen wirtschaftlicher und effizienter gestaltet werden. Präzises Justieren optischer Komponenten ermöglicht neben robusten, temperaturbeständigen und organisch freien Lötverbindungen den Aufbau von langzeitstabilen, komplexen Lasersystemen für den Einsatz in Industrie und Forschung.

Ansprechpartner

Witalij Wirz M.Eng.
Telefon +49 241 8906-8312
witalij.wirz@ilt.fraunhofer.de

Dr. Heinrich Faidel
Telefon +49 241 8906-592
heinrich.faidel@ilt.fraunhofer.de

DIODENGEPUMPTER ALEXANDRITLASER FÜR EIN ATMOSPHÄREN-LIDAR-SYSTEM

Aufgabenstellung

Zur Messung von Temperaturprofilen der Atmosphäre in Höhen zwischen 80 bis 110 km werden am Leibniz-Institut für Atmosphärenphysik (IAP) mobile Resonanz-LIDAR-Systeme eingesetzt. Dabei wird als Maß für die Temperatur die Dopplerbreite einer Metall-Resonanzlinie spektroskopisch ermittelt. Als Laseremitter werden blitzlampengepumpte Alexandrit-Ringlaser im gütegeschalteten Einfrequenzbetrieb eingesetzt. Im Hinblick auf die teilweise unwirtlichen Umgebungsbedingungen und entlegenen Einsatzregionen des Lasers ist eine Steigerung der wartungsfreien Betriebszeiten und des Steckdosenwirkungsgrads wünschenswert. Zu diesem Zweck wurde am Fraunhofer ILT ein Technologiedemonstrator entwickelt, mit dem das IAP nun erstmalig den Einsatz diodengepumpter Alexandritlaser in der Atmosphärenforschung untersucht.

Vorgehensweise

Bei dem Demonstrator handelt es sich um einen gütegeschalteten Alexandrit-Ringlaser. Als Pumpquelle dienen zwei kommerzielle Diodenlasermodule, die im kontinuierlichen Betrieb jeweils bis zu 40 W mittlere Leistung bei 638 nm emittieren. Durch »Seeding« mit einem schmalbandigen Diodenlaser und elektronischer Regelung der Resonatorlänge wird ein stabiler Einfrequenzbetrieb realisiert. Mit der Wellenlänge des Seeders lässt sich auch die Ausgangswellenlänge des Alexandritlasers

im Bereich der Kalium-Resonanz kontinuierlich durchstimmen. Nach der Fertigstellung im Labor wurde der Laser in einen mobilen Versuchsträger des IAP integriert, der neben den Peripheriegeräten des Lasers auch die gesamte LIDAR-Technik enthält.

Ergebnis

Im Grundmodebetrieb ($M^2 < 1,2$) emittiert der Laser bei einer Wellenlänge von 770 nm Pulse mit einer Energie von 1,1 mJ und einer Repetitionsrate von 150 Hz. Die Pulsdauer beträgt 410 ns bei einer spektralen Bandbreite von weniger als 10 MHz. Mit dem Laser konnten bereits Messungen in der Atmosphäre bis in Höhen von über 100 km durchgeführt werden.

Anwendungsfelder

In dem vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie BMWi geförderten Forschungsvorhaben »ALISE« (Förderkennzeichen 50RP1605) untersuchen die Fraunhofer-Institute ILT und IAP aktuell auch das Potenzial solcher Laser für die satellitengestützte Atmosphärenforschung mit globaler Abdeckung.

Ansprechpartner

Dr. Michael Strotkamp
Telefon +49 241 8906-132
michael.strotkamp@ilt.fraunhofer.de

Dr. Bernd Jungbluth
Telefon +49 241 8906-414
bernd.jungbluth@ilt.fraunhofer.de

3 Diodengepumpter Alexandrit-Ringlaser.



LIDAR-SYSTEM FÜR ANWENDUNGEN IN DER AUTOMOBILINDUSTRIE

Aufgabenstellung

In der Fahrzeugtechnik werden zunehmend Fahrerassistenzsysteme eingesetzt, die eine teil- oder vollautomatische Führung des Fahrzeugs ermöglichen. Dazu ist eine zuverlässige und schnelle Erfassung von Objekten und Hindernissen in der Umgebung notwendig. Neben RADAR-Sensoren werden zunehmend LIDAR-Systeme eingesetzt. Dabei werden die Abstände zu umliegenden Objekten durch Laufzeitmessung von reflektierter Laserstrahlung ermittelt. Herkömmliche LIDAR-Systeme enthalten eine mechanische Strahlableinheit (Scanner), deren Funktion und Zuverlässigkeit durch die im Fahrzeug auftretenden Erschütterungen beeinträchtigt werden kann. Zudem wird die Abtastrate durch die Massenträgheit limitiert. Für einen zuverlässigen, wartungsfreien Betrieb mit hoher Abtastrate in einem großen Umgebungstemperaturbereich und mechanischen Belastungen durch Stöße und Vibrationen ist ein LIDAR-System ohne bewegte Teile wünschenswert.

Zu diesem Zweck wurde am Fraunhofer ILT in enger Zusammenarbeit mit dem Fraunhofer IMS in Duisburg ein LIDAR-Demonstrator mit linienförmigem Strahlprofil ohne bewegte Teile entwickelt.

Vorgehensweise

Im LIDAR-Demonstrator wird die Strahlung eines gepulsten Diodenlasers durch ein mikrooptisches System horizontal auf ca. 40 Grad aufgeweitet. Die an Objekten reflektierte Laserstrahlung wird auf einen Zeilensensor mit 80 Pixeln abgebildet. Der Sensor wurde am Fraunhofer IMS entwickelt und basiert auf der SPAD-Technologie, die eine hohe optische Empfindlichkeit mit einer Abtastrate im kHz-Bereich ermöglicht.

Ergebnis

Mit dem aufgebauten LIDAR-Demonstrator konnten Objekte in einer Entfernung bis zu 30 m in einem Öffnungswinkel von 40 Grad detektiert werden. Die Abtastrate liegt derzeit bei 10 kHz.

Anwendungsfelder

Das LIDAR-System dient als sensorische Komponente für Fahrerassistenzsysteme und kann z. B. im Bereich des autonomen Fahrens eingesetzt werden. Dabei können Objekte im Fahrbahnbereich wie Hindernisse oder vorausfahrende Fahrzeuge auch bei rauen Umgebungsbedingungen zuverlässig detektiert werden.

Ansprechpartner

Dr. Thomas Westphalen
Telefon +49 241 8906-374
thomas.westphalen@ilt.fraunhofer.de

Dipl.-Ing. Dipl.-Wirt.Ing. Martin Traub
Telefon +49 241 8906-342
martin.traub@ilt.fraunhofer.de



LASERBASIERTER KRAFTSENSOR

Aufgabenstellung

Hochpräzise Kraftsensoren spielen eine wichtige Rolle in vielen Bereichen der Fertigung und in der Qualitätssicherung. Die Firma Kistler Instrumente AG ist Weltmarktführer im Bereich piezoelektrischer Sensoren für die Messung von Druck, Kraft, Drehmoment und Beschleunigung. Bei piezoelektrischen Sensoren wird die durch Verformung eines Kristalls erzeugte Spannung analysiert, was hochgenaue relative Messungen erlaubt. Eine direkte absolute Messung der Kraft ist prinzipbedingt nicht möglich. In enger Zusammenarbeit mit Kistler wurde am Fraunhofer ILT ein laserbasiertes Verfahren zur hochgenauen Kraftmessung untersucht, das auch absolute Messungen ermöglicht. Dabei wird die Kraft, die auf den Laserkristall wirkt, über eine Frequenzmessung dieses Lasers bestimmt.

Vorgehensweise

Für die Untersuchung der verschiedenen Einflussfaktoren auf die Messung und zur Identifikation geeigneter Komponenten wurde ein flexibler Laboraufbau entwickelt. Dafür erfolgte eine Auslegung des optischen Designs des Lasers, der Pump- und Analyseoptik, die Auswahl geeigneter Komponenten sowie FEM-Analysen zur Ermittlung der entstehenden Verspannungen im Kristall. An dem Aufbau wurde zudem in umfangreichen Laboruntersuchungen das Potenzial des Verfahrens analysiert. Wesentliche Fragen für eine spätere Produktumsetzung, wie Genauigkeit, Reproduzierbarkeit und Langzeitstabilität, standen dabei im Mittelpunkt der Studien.

Ergebnis

Es konnten wesentliche Einflussfaktoren identifiziert und durch Anpassungen des Aufbaus absolute Genauigkeiten von 0,5 % und Reproduzierbarkeiten von 0,1 % erreicht werden. Auch über einen größeren Temperaturbereich bis zu 70 °C lagen die Abweichungen unter 3 %.

Abschließend wurden zwei Demonstratoren aufgebaut, an denen die weiteren Untersuchungen zum Potenzial der Technologie bei Kistler erfolgen können. Die Demonstratoren wurden auf Basis von kommerziell erhältlichen Komponenten mit einem flexiblen und hochpräzisen Montageverfahren in einem angepassten Gehäuse aufgebaut und besitzen Abmessungen von 150 x 45 x 30 mm³.

Anwendungsfelder

Die Technologie ermöglicht hochpräzise Messungen von Absolutkräften für einen Einsatz in Kalibrations- und Referenzmesssystemen.

Ansprechpartner

Dr. Michael Strotkamp
Telefon +49 241 8906-132
michael.strotkamp@ilt.fraunhofer.de

Dr. Bernd Jungbluth
Telefon +49 241 8906-414
bernd.jungbluth@ilt.fraunhofer.de



2 μm ULTRAKURZPULS- LASER MIT SUBPIKO- SEKUNDEN-PULSDAUERN

Aufgabenstellung

Der Einsatz von Ultrakurzpulslasern mit Pulsdauern < 1 ps ermöglicht die kalte Bearbeitung verschiedenster Materialien, bei der praktisch kein Wärmeeintrag ins Werkstück geschieht. Industrielle Ultrakurzpulslaser sind aktuell hauptsächlich auf den Wellenlängenbereich um $1 \mu\text{m}$ und darunter beschränkt. Mit Hilfe optisch-parametrischer Frequenzkonversion kann die adressierbare Wellenlänge auf den IRB-Bereich ($1,5$ bis $3,0 \mu\text{m}$) erweitert werden.

Vorgehensweise

Auf Basis eines kommerziellen Lasersystems (Trumpf TruMicro 5070 Femto Edition) bei 1030 nm wird in einem zweistufigen Prozess Laserlicht bei einer Wellenlänge von $2,06 \mu\text{m}$ erzeugt. Zunächst wird dazu in einem optisch-parametrischen Generator (OPG) ein Teil der Pumpleistung in das langwelligere Signal- und Idlerfeld ($\lambda_{\text{Signal}} = \lambda_{\text{Idler}} = 2,06 \mu\text{m}$) konvertiert. In einem optisch-parametrischen Verstärker (OPA) wird dieses Feld mit der übrigen Pumpleistung weiter verstärkt. Über ein optionales Seeding mit einem schmalbandigen Diodenlaser kann die Ausgangsbandbreite gezielt beeinflusst werden.

Ergebnis

Maximal wurden Ausgangsleistungen von mehr als 28 W aus etwa 80 W Eingangsleistung erzeugt. Dies entspricht einer Gesamtkonversionseffizienz von mehr als 35 Prozent. Die Pulsdauer bei $2 \mu\text{m}$ beträgt an diesem Arbeitspunkt etwa 600 fs bei einer Pumpimpulsdauer von 900 fs und einer Repetitionsrate von 800 kHz . Die Strahlqualität M^2 beträgt an einem optimierten Arbeitspunkt $1,8$ in horizontaler und $2,0$ in vertikaler Richtung. Hierbei wird eine Ausgangsleistung von etwa $19,5 \text{ W}$ erzeugt.

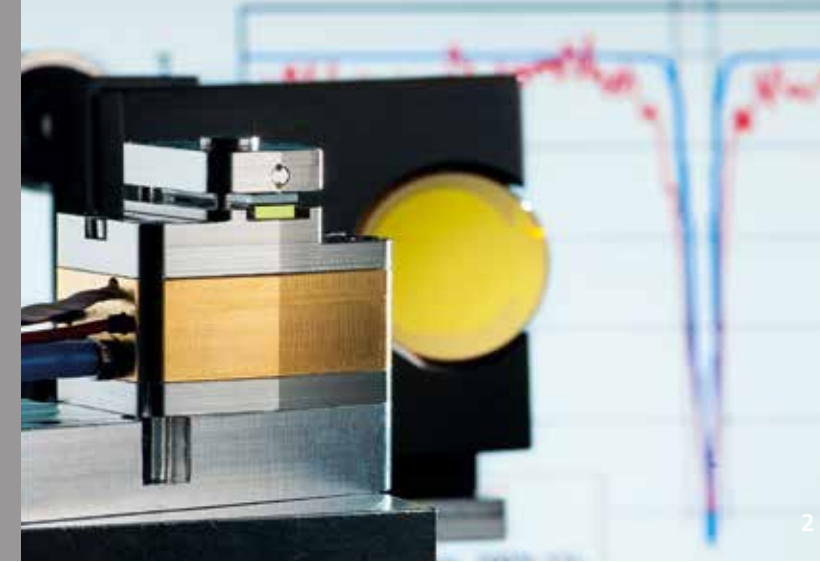
Anwendungsfelder

Das vorgestellte Konzept demonstriert die Möglichkeit der effizienten Hochleistungs-Frequenzkonversion von industriellen UKP-Lasern mit Pulsdauern < 1 ps in den Bereich um $2 \mu\text{m}$. Dieses ist dabei auf den gesamten Spektralbereich von $1,5$ bis $3,0 \mu\text{m}$ übertragbar. Somit können UKP-Strahlquellen realisiert werden, mit denen Materialbearbeitung mit anwendungsspezifisch optimierter Wellenlänge ermöglicht wird.

Ansprechpartner

Florian Elsen M.Sc.
Telefon +49 241 8906-224
florian.elsen@ilt.fraunhofer.de

Dr. Bernd Jungbluth
Telefon +49 241 8906-414
bernd.jungbluth@ilt.fraunhofer.de



OPGaAs-OPO mit $10 \mu\text{m}$ Wellenlänge

Aufgabenstellung

Der Spektralbereich des mittleren Infrarot (MIR) ist aufgrund der hohen und spezifischen Absorption vieler Atome und Moleküle von großer Bedeutung. Wo Anwendungen spezielle Anforderungen an die spektrale und zeitliche Charakteristik der Emission stellen, kommen die heute in diesem Wellenlängenbereich verfügbaren CO_2 - und Quantenkaskaden-Laser aber häufig an ihre Grenze. Optisch parametrische Oszillatoren (OPO) können solche Bedarfe decken.

Vorgehensweise

Wird periodisch orientiertes Galliumarsenid (engl. Orientation-Patterned Gallium Arsenide, kurz »OPGaAs«) als nichtlineares Medium verwendet, können OPOs Strahlung bei Wellenlängen bis über $15 \mu\text{m}$ erzeugen. OPGaAs zeichnet sich durch seine breitbandige Transparenz im MIR, seine hohe effektive Nichtlinearität und Zerstörfestigkeit aus.

Der hier umgesetzte OPO wird mit einem gepulsten Thulium-Faserlaser gepumpt. Am Ort des Kristalls steht eine mittlere Eingangsleistung von bis zu $13,5 \text{ W}$ bei einer Repetitionsrate von 50 kHz und einer Pumpimpulsdauer von 150 ns zur Verfügung. Der OPO konvertiert die Wellenlänge der Laserstrahlung von $1,95 \mu\text{m}$ in den Spektralbereich zwischen $10 \mu\text{m}$ und $11 \mu\text{m}$ (Idlerstrahlung). Die exakte Ausgangswellenlänge wird durch die Temperierung des OPGaAs-Kristalls eingestellt.

Die Bowtie-Kavität des OPOs ist nur für die im Kristall gleichzeitig erzeugte Signalwellenlänge (ca. $2,4 \mu\text{m}$) resonant. Pump- und Idlerwelle werden gemeinsam am ersten Resonatorspiegel hinter dem Kristall ausgekoppelt und dann mit einem dichroitischen Spiegel getrennt.

Ergebnis

Der OPO erreicht eine mittlere Idlerleistung von bis zu $1,07 \text{ W}$. Die Strahlqualität M^2 liegt mit $1,42$ und $1,62$ in horizontaler und vertikaler Richtung leicht über den Werten des Pumpstrahls. Die Dauer der Idlerpulse liegt bei 130 ns . Die gemessenen Werte entsprechen einer Konversionseffizienz von Pump- zu Idlerleistung von ca. 8 Prozent. Die entsprechende Quantenkonversionseffizienz berechnet sich zu 43 Prozent, die zugehörige Leistung der Signalwelle bei $2,4 \mu\text{m}$ zu etwa 5 W .

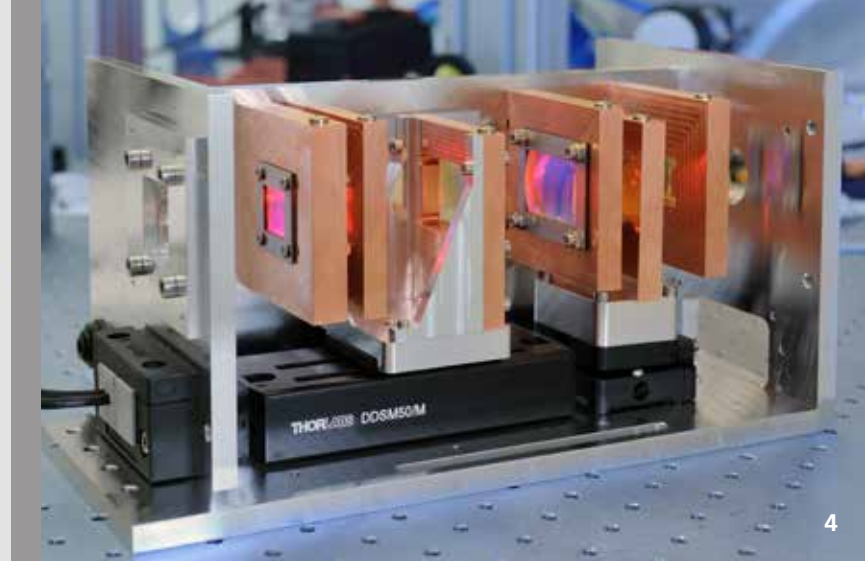
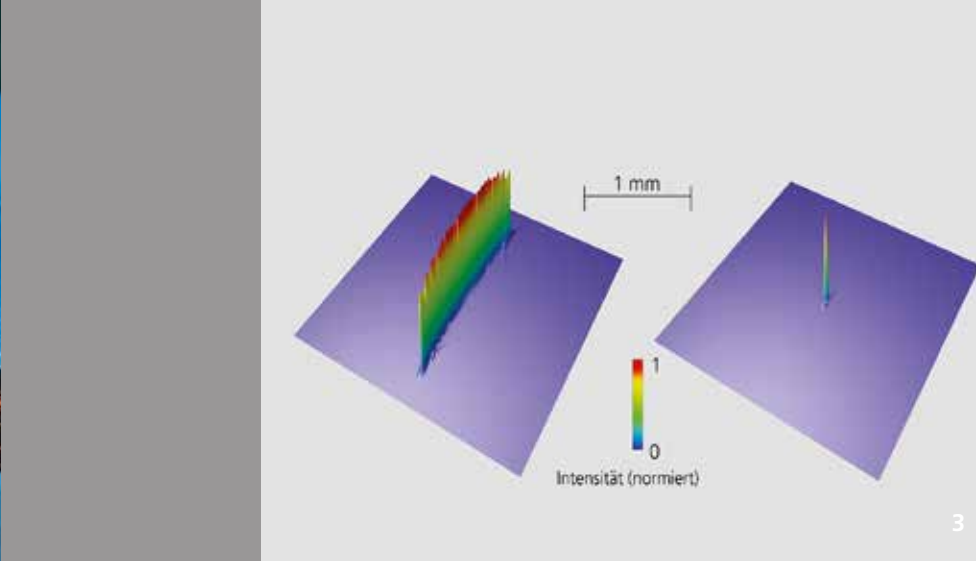
Anwendungsfelder

Bei Verwendung angepasster Komponenten können auf Basis des vorgestellten Designs Ausgangswellenlängen zwischen etwa $2 \mu\text{m}$ und $15 \mu\text{m}$ bereitgestellt werden. Dies ermöglicht eine Reihe von messtechnischen Anwendungen, etwa in der Umweltanalytik oder Atmosphärenforschung, aber auch in der Materialbearbeitung.

Ansprechpartner

Dr. Jochen Wüppen
Telefon +49 241 8906-8020
jochen.wueppen@ilt.fraunhofer.de

Dr. Bernd Jungbluth
Telefon +49 241 8906-414
bernd.jungbluth@ilt.fraunhofer.de



KOMPAKTER LASER-SCHNEIDKOPF MIT HOCHLEISTUNGSOPTIKEN AUS CVD-DIAMANTEN

Aufgabenstellung

Für hochdynamische Schneidanwendungen werden kompakte Bearbeitungsköpfe für mittlere Laserleistungen im kW-Bereich benötigt. Konventionelle optische Werkstoffe wie Quarz oder optische Gläser eignen sich nur eingeschränkt für diese Anwendungen. Im Vergleich zu den etablierten Materialien bietet monokristalliner synthetischer CVD-Diamant eine Vielzahl herausragender Eigenschaften wie große Wärmeleitfähigkeit, Härte und Brechzahl. Dank der vorteilhaften thermischen Eigenschaften von Diamant können die Optiken auch bei sehr großen Leistungsdichten effizient gekühlt werden. Der große Brechungsindex ermöglicht optische Systeme mit deutlich weniger Linsen. Im Vergleich zu polykristallinem Diamant eignet sich monokristalliner synthetischer Diamant besser zur verlustarmen Formung von Laserstrahlung mit einer Wellenlänge um 1 μm .

Vorgehensweise

Bei der optischen Auslegung und der Konstruktion des Schneidkopfs standen Kompaktheit und Gewichtsreduktion im Vordergrund. Um den Bauraum zu minimieren, wird statt einer konventionellen Anordnung, bestehend aus Kollimator und Fokussierung, das Faserende mit einer optischen Gruppe

auf das Werkstück abgebildet. Die Diamantlinsen sind entspiegelt und die Linsenfassung ist wassergekühlt, wodurch ein zuverlässiger Betrieb der Optik auch bei großer Leistung ermöglicht wird.

Ergebnis

Der realisierte Schneidkopf ist mehr als 90 Prozent leichter als konventionelle Kompaktschneidköpfe. Bei ersten Applikationsversuchen mit der Diamantoptik und einem grundmodigen 1 kW-Faserlaser wurde Edelstahlblech mit einer Dicke von 1,5 mm geschnitten.

Anwendungsfelder

Neben der demonstrierten Anwendung der Diamantoptik im Bereich des Laserstrahlschneidens kann das entwickelte Optiksysteem bei allen Anwendungen eingesetzt werden, in denen bei großer Laserleistung im Multi-kW-Bereich kompakte Bearbeitungssysteme vorteilhaft sind. Hierzu zählen auch additive Fertigungsverfahren wie das Laserauftragschweißen.

Ansprechpartner

Dipl.-Ing. Dipl.-Wirt.Ing. Martin Traub
Telefon +49 241 8906-342
martin.traub@ilt.fraunhofer.de

Dipl.-Ing. Hans-Dieter Hoffmann
Telefon +49 241 8906-206
hansdieter.hoffmann@ilt.fraunhofer.de

1 Linse aus synthetischem monokristallinem Diamanten.

2 Laserschneidversuch mit dem Bearbeitungskopf.

OPTISCHES SYSTEM ZUR VARIABLEN STRAHLFORMUNG

Aufgabenstellung

Als wichtiger Prozessparameter beeinflusst das Intensitätsprofil des Laserstrahls signifikant das Bearbeitungsergebnis laserunterstützter Bearbeitungsverfahren. Das von einer Laserstrahlquelle emittierte, oftmals gaußförmige Intensitätsprofil wird bei vielen Anwendungen mit Hilfe von optischen Strahlformungselementen in prozessangepasste Intensitätsprofile transformiert. Die hierbei geformten Intensitätsprofile sind jedoch statisch, eine dynamische Anpassung an den Prozess ist nicht möglich. Daher wird ein optisches System entwickelt, welches wahlweise einen rotationssymmetrischen, gaußförmigen oder einen homogenen, linienförmigen Spot in der Bearbeitungsebene bereitstellt.

Vorgehensweise

Zur Formung des Gaußschen Eingangsstrahls zu einem homogenen, linienförmigen Spot in der Bearbeitungsebene wird ein aus Zylinderlinsen bestehendes optisches System ausgelegt. Durch das vom Fraunhofer ILT zum Patent angemeldete Verfahren wird das System dahingehend angepasst, dass es möglich wird, den Grad der Homogenisierung zu variieren.

Ergebnis

Mit dem entwickelten optischen System kann neben einer rotationssymmetrischen Intensitätsverteilung mit Gauß-Profil eine linienförmige Intensitätsverteilung mit einem Seitenverhältnis von 30:1 erzeugt werden. Die linienförmige Intensitätsverteilung weist dabei in der Längsachse eine hohe Homogenität auf.

Während des Umschaltvorgangs zwischen den Intensitätsprofilen wird der Arbeitsabstand nicht verändert. Für den Wechsel in ein anderes Intensitätsprofil braucht das System < 0,2 s. Die verwendeten Zylinderlinsen aus Quarzglas erlauben darüber hinaus den Einsatz von Laserleistungen bis zu 2 kW.

Anwendungsfelder

Von der neuen Möglichkeit der variablen Strahlformung profitieren prinzipiell alle Lasermaterialbearbeitungsverfahren, bei denen aktuell das Intensitätsprofil in der Bearbeitungsebene homogenisiert wird. Durch den neu gewonnenen Freiheitsgrad können zusätzlich auch gaußförmige Profile eingesetzt werden. Dadurch eröffnen sich bei diesen Prozessen neue Möglichkeiten für Bearbeitungsstrategien, die sich positiv auf die Bearbeitungszeit und -qualität auswirken.

Das diesem Bericht zugrundeliegende FuE-Vorhaben wird unter dem Förderkennzeichen 13N13710 im Rahmen des Forschungscampus »Digital Photonic Production« durchgeführt.

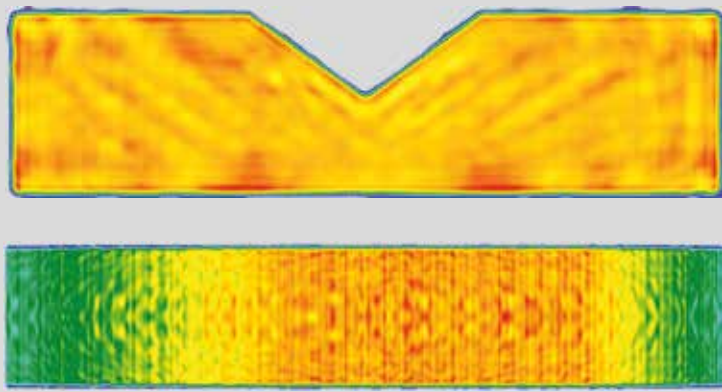
Ansprechpartner

Dipl.-Ing. Georg König
Telefon +49 241 8906-614
georg.koenig@ilt.fraunhofer.de

Dr. Jochen Stollenwerk
Telefon +49 241 8906-411
jochen.stollenwerk@ilt.fraunhofer.de

3 Einstellbare Intensitätsprofile (Simulation).

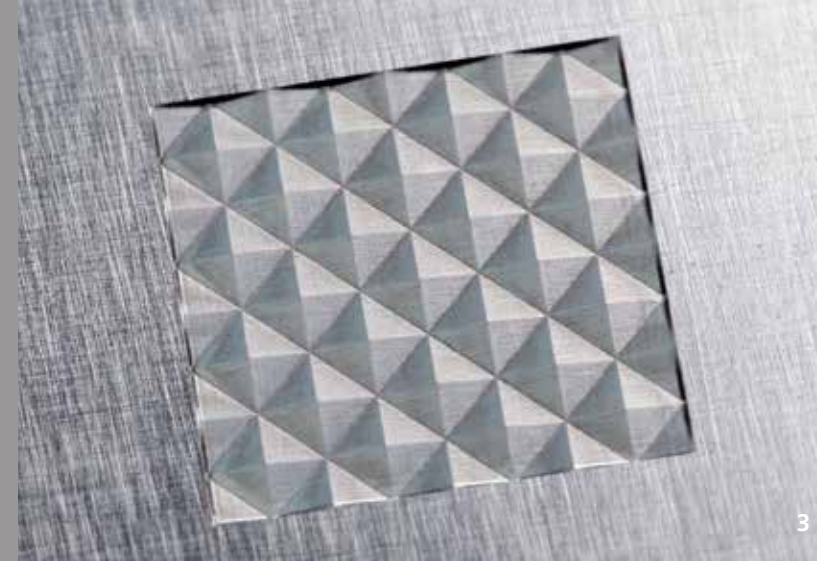
4 Prototyp der Linienoptik.



1



2



3

HOCHDYNAMISCHE ANPASSUNG VON INTENSITÄTSVERTEILUNGEN FÜR DIE 3D-LASER-MATERIALBEARBEITUNG

Aufgabenstellung

Bei laserbasierten Oberflächenbearbeitungsverfahren wie dem Polieren oder der Funktionalisierung dünner Schichten limitieren derzeit zu geringe Bearbeitungsgeschwindigkeiten oder die Beschränkung auf ebene Werkstückoberflächen den breiten industriellen Einsatz. Durch applikationsangepasste Intensitätsverteilungen erfolgt zum einen eine Anpassung des Temperaturprofils an die Prozessführung zur Erhöhung der Bearbeitungsgeschwindigkeit. Darüber hinaus erfordert die Bearbeitung von 3D-Oberflächen eine dynamische Anpassung der Intensitätsverteilung, die mit den bisherigen Ansätzen entweder gar nicht oder nur mit unzureichender Dynamik erfolgen kann.

Vorgehensweise

Zunächst erfolgt die Generierung einer statischen Intensitätsverteilung mittels eines diffraktiven optischen Elements (DOE). Mithilfe eines piezo-elektrisch, kontinuierlich deformierbaren Spiegels wird die Phasenfront des Laserstrahls anschließend

hochdynamisch (Schaltzeiten < 5 ms) moduliert, sodass sich nach der Fokussierung des Laserstrahls die gewünschte Intensitätsverteilung einstellt. Ebenfalls ermöglicht der deformierbare Spiegel eine Kompensation der Auswirkungen der bei der scannerbasierten Strahlablenkung charakteristischen Verzeichnung auf die Intensitätsverteilung. Die Berücksichtigung der Oberflächendaten des zu bearbeitenden Werkstücks erlaubt die ortsabhängige Anpassung der Intensitätsverteilung.

Ergebnis

Das entwickelte optische System ermöglicht die Bearbeitung von 3D-Oberflächen mit bis zu 60 Grad Einstrahlwinkel unter Einhaltung einer verzerrungsfreien Intensitätsverteilung. Alle optischen Komponenten sind für Laserleistungen bis zu 2 kW ausgelegt.

Anwendungsfelder

Mit der Generierung einer konstanten, verzerrungsfreien Intensitätsverteilung bei der Bearbeitung von 3D-Oberflächen wird die Voraussetzung geschaffen, eine Vielzahl von laserbasierten Verfahren auf die Bearbeitung von 3D-Oberflächen zu übertragen.

Die Arbeiten wurden im Rahmen des EU-Projekts »ultra-SURFACE« unter dem Förderkennzeichen 687222 durchgeführt.

Ansprechpartner

Oskar Hofmann M.Sc.
Telefon +49 241 8906-395
oskar.hofmann@ilt.fraunhofer.de

Dr. Jochen Stollenwerk
Telefon +49 241 8906-411
jochen.stollenwerk@ilt.fraunhofer.de

1 Applikationsangepasste Intensitätsverteilungen für das Laserpolieren.
2 3D-Modell des optischen Systems
(Quelle: Pulsar Photonics).

OPTIK ZUR FLEXIBLEN MULTISTRAHLBEARBEITUNG

Aufgabenstellung

Aufgrund der sehr kurzen Licht-Materie-Wechselwirkungszeiten ermöglicht ultrakurz gepulste (UKP) Laserstrahlung hochpräzise Materialbearbeitung bei vernachlässigbarer thermischer Beeinflussung. Während die Bearbeitungsqualität beispielsweise beim Schneiden oder Abtragen sehr hohen Anforderungen genügt, ist die erzielte Produktivität für viele Anwendungen noch zu gering. Zwar sind mittlerweile UKP-Strahlquellen mit Leistungen bis in den kW-Bereich verfügbar, allerdings lassen sich diese Leistungen nicht ohne weiteres in produktive Prozesse umsetzen. Da die Leistung pro Laserfokus aus Gründen der Qualität auf einige Watt mittlere Leistung begrenzt ist, wird die Leistung einer Hochleistungsstrahlquelle durch diffraktive optische Elemente in mehrere Teilstrahlen aufgeteilt und die Produktivität durch parallele Bearbeitung mit mehreren Teilstrahlen hochskaliert. Das große Defizit dieser Ansätze ist die geringe Flexibilität, da die verwendeten Teilstrahlen nur gemeinsam geschaltet werden können und der laterale Abstand im Allgemeinen durch die verwendeten Optiken statisch festgelegt ist. So können ausschließlich periodische Strukturen erzeugt werden.

Vorgehensweise

Am Fraunhofer ILT wird eine Optik entwickelt, bei der eine selektive Steuerung und Leistungsmodulation der einzelnen Teilstrahlen realisiert wird. In Kombination mit einem FPGA-basierten Steuersystem können so beliebige, auch nicht periodische Strukturen effizient hergestellt werden.

Ergebnis

Als Prototyp wurde eine Optik realisiert, die 4 Teilstrahlen erzeugt, welche separat geschaltet werden können. Die Gesamteffizienz beträgt über 80 Prozent und die Leistungsabweichung der Teilstrahlen untereinander beträgt weniger als 1 Prozent. Die einzelnen Teilstrahlen sind linear in einem Abstand von 1 mm angeordnet und die Anordnung der Teilstrahlen kann um beliebige Winkel rotiert werden. Durch eine Erweiterung der bestehenden Optik kann die Anzahl auf 8 Teilstrahlen vergrößert werden.

Anwendungsfelder

Die hier adressierte Anwendung ist die präzise, effiziente Herstellung von nicht periodischen Oberflächenstrukturen für den Werkzeug- und Formenbau. Prinzipiell kann die Optik auch zur Vergrößerung der Produktivität bei anderen UKP-Anwendungen wie Trennen, Bohren oder Dünnschichtabtrag verwendet werden.

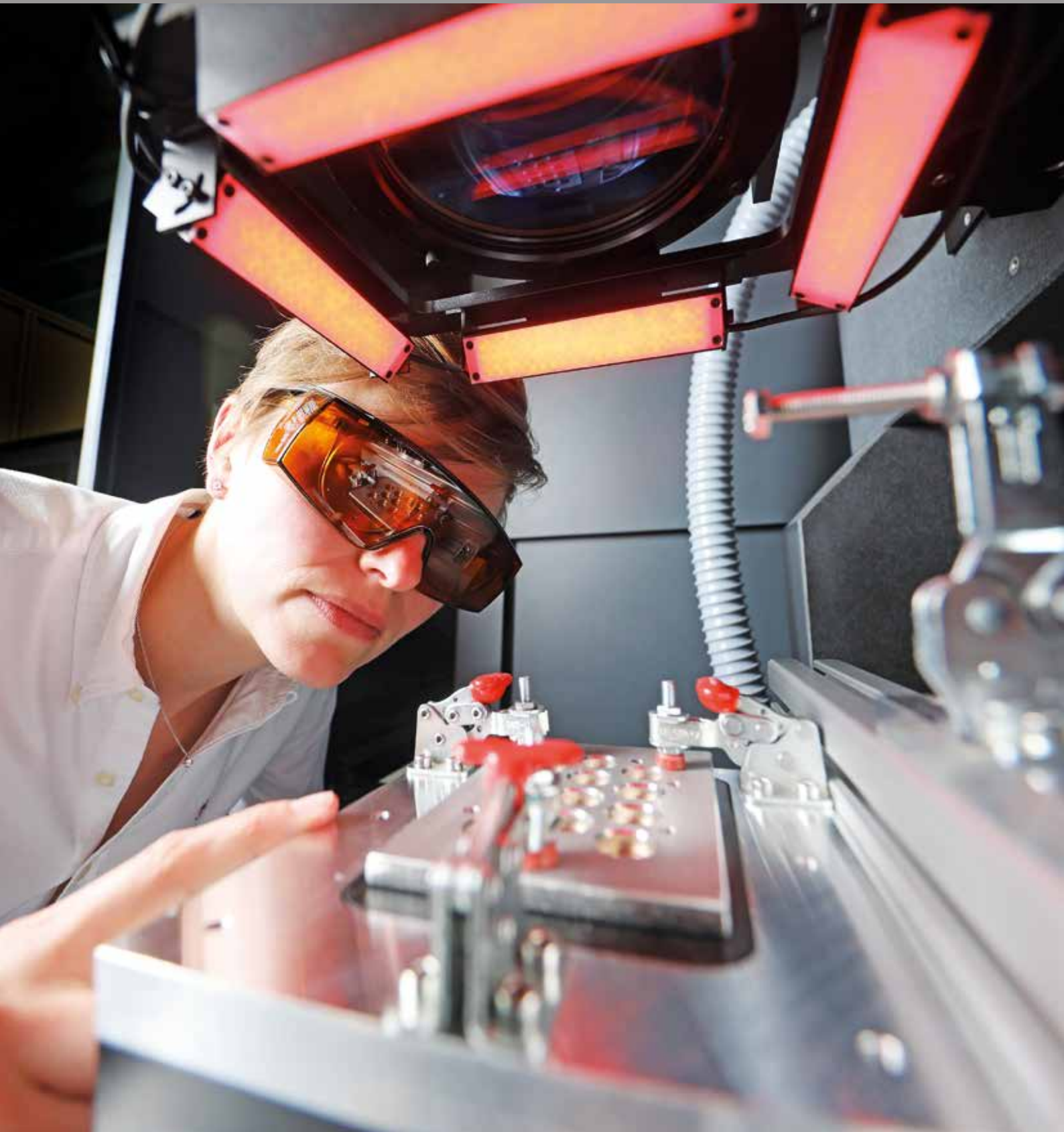
Ansprechpartner

Dr. Johannes Finger
Telefon +49 241 8906-472
johannes.finger@ilt.fraunhofer.de

Dipl.-Phys. Martin Reininghaus
Telefon +49 241 8906-627
martin.reininghaus@ilt.fraunhofer.de

3 Mittels UKP-Laser erzeugte Oberflächenstruktur.

LASERMATERIALBEARBEITUNG



INHALT

»T(w)oCURE« Support-frei im Photopolymer-3D-Druck	50	VCSEL-basierte Lackaushärtung im Inline-Verfahren	71
Additive Fertigung eines Leitschaukelclusters		Laserstrahlbohren von Mikrofiltern	72
mittels SLM bis zur Serienreife	51	Simulationstools für den Einsatz im industriellen Alltag	73
Verarbeitung von hochkohlenstoffhaltigen Stählen		Laserstrukturieren im Rolle-zu-Rolle-Verfahren	74
mittels Selective Laser Melting (SLM)	52	Laserbearbeitung von Hochleistungskeramik	75
Topologieoptimierter Radträger		Präzisionsbearbeitung von transparenten Keramiken	
mit innenliegenden gradierten Gitterstrukturen	53	mit Ultrakurzpuls laserstrahlung	76
Sensorintegration mittels SLM	54	Hochgeschwindigkeits-Lasermikrostrukturierung	
Messung der Absorption beim SLM-Prozess	55	für Kunststoff-Metall-Hybride	77
Verarbeitung alternativ hergestellter Pulverwerkstoffe mittels SLM	56	Voll automatisierte Produktionszelle	
Additive Fertigung einer Turboladerkomponente		zur Fertigung von Hybridbauteilen	78
mit Laserauftragschweißen	57	Segmentales Quasisimultanschweißen	
Laserauftragschweißen mit coaxialer Drahtzufuhr	58	von absorberfreien transparenten Kunststoffen	79
Auftragschweißen mit oszillierendem Laserstrahl	59	Absorberfreies Laserdurchstrahlschweißen	
Verzug und Eigenspannungen beim Laserauftragschweißen	60	mikrofluidischer Bauteile	80
Laserauftragschweißen von Mo-Si-B-Legierungen		Simulation des Laserdurchstrahlschweißens	
für Hochtemperaturanwendungen	61	von absorberfreiem Polycarbonat	81
Hochentropische Werkstoffe für die Additive Fertigung		Globo-Schweißen transparenter Kunststoffe	82
von Umformwerkzeugen	62	Schneiden von Kalknatronglas mittels CO-Laserstrahlung	83
Extremes Hochgeschwindigkeits-Laserauftragschweißen (EHLA)		Laserbasiertes Glaslotbonds zur Herstellung	
für die Massenproduktion in der Öl- und Gasindustrie	63	von Glas-Metall-Verbindungen	84
Additive Fertigung durch Laserauftragschweißen		Automatisiertes Laserbonds von Batteriezellen	85
mit hoher Auftragsrate	64	Schweißen von flexiblen Kupferverbindern	
»AMable«-Services im digitalen Datenraum		für Hochstromanwendungen	86
für die Additive Fertigung	65	Prozessüberwachung für das Laserschweißen	
Laserpolieren von additiv gefertigten Kunststoffbauteilen	66	von Hochstromkontakten	87
Laserbasiertes Entgraten und Polieren		Laser-Impuls-Schmelzbonds	88
von Blechen und Dünngläsern	67	Analyse laserstrahlgeschweißter ultrahochfester Dualphasenstähle	89
Additive laserbasierte Herstellung von Dickschicht-Sensorik		Intelligente Prozesssensorik	90
für die Bauteilüberwachung	68	Prozessüberwachung des laserbasierten Tape-Lege-Prozesses	
Additive Herstellung elektrischer Funktionsschichten		für Faserverbundbauteile	91
auf 2D- und 3D-Bauteilen	69	Schneiden von Faserverbund-Hybridmaterial	92
Additive, laserbasierte Herstellung piezoelektrischer Schichten	70	In-Situ-Visualisierung von Mehrfachreflexionen	
		beim Laserstrahlschneiden	93

Lasermikroschweißen von Batteriezellen
für elektrische Antriebe.



»T(w)oCURE« SUPPORTFREI IM PHOTO- POLYMER-3D-DRUCK

Aufgabenstellung

Viele Additive Fertigungsverfahren besitzen einen erheblichen Nachteil: Sie benötigen Stützstrukturen (supports), die der Anwender in der Konstruktion planen, im Prozess zusätzlich bauen und anschließend am Produkt umständlich entfernen muss. So auch bei Verfahren auf der Basis von Photopolymeren.

Vorgehensweise

Das Fraunhofer ILT hat zusammen mit der Rapid Shape GmbH eine Hybridtechnik entwickelt, bei der das Verfestigen eines flüssigen Photopolymers chemisch per Licht und thermisch per Kälte erfolgt. Das Material wird im warmen Zustand aufgetragen und dann per Licht irreversibel ausgehärtet. Gleichzeitig sorgt der gekühlte Bauraum dafür, dass das schichtweise entstehende Duroplastbauteil mit dem zum wachsartig erstarrten Harz zu einem Block festfriert. Wegen des Einsatzes von zwei Härteverfahren nennt sich das Verfahren im Entwicklungsstadium »T(w)oCure«. Nach dem Druck gelangt der Anwender an die Bauteile, indem er den Block leicht erwärmt, sodass das stützende Material abfließt (Bild 1). Übrig bleiben die 3D-gedruckten Bauteile, die nur noch kurz gereinigt und nachgehärtet werden.

Ergebnis

Das neuartige Verfahren kommt nicht nur ohne Stützen aus, sondern ermöglicht darüber hinaus eine Positionierung der Bauteile ohne Anbindung an eine Bauplattform. Dreidimensionale Objekte können direkt im Bauraum an beliebigen Stellen aufgebaut werden. Aufgrund der effizienteren Nutzung des gesamten Bauraums lassen sich nun deutlich mehr Teile pro 3D-Druckjob herstellen. Darüber hinaus ermöglicht diese Vorgehensweise eine kontinuierliche Additive Fertigung, also ein Schritt in Richtung Additive Produktion.

Anwendungsfelder

Erfolgreich erprobt wurde die neue Form des Kunststoff-3D-Drucks mit Modellen für die Schmuckindustrie. Die Schmuckhersteller stellen die Modelle bisher mit Stützstrukturen her und müssen diese dann sehr aufwendig entfernen und anschließend noch die Oberfläche glätten. Durch das neue Verfahren werden diese letzten beiden teuren Arbeitsschritte zukünftig überflüssig. Zusätzlich zu verlorenen Formen für den Feinguss werden aktuell auch neue Materialien für funktionale Polymerteile entwickelt.

Das diesem Bericht zugrundeliegende FuE-Vorhaben wurde im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie BMWi im Rahmen des »ZIM-Projekts« (Zentrales Innovationsprogramm Mittelstand) unter dem Förderkennzeichen KF2118111WO4 durchgeführt.

Ansprechpartner

Dipl.-Chem. Holger Leonards
Telefon +49 241 8906-601
holger.leonards@ilt.fraunhofer.de

ADDITIVE FERTIGUNG EINES LEITSCHAUFEL- CLUSTERS MITTELS SLM BIS ZUR SERIENREIFE

Aufgabenstellung

Das additive Fertigungsverfahren Selective Laser Melting (SLM), auch bekannt als Laserstrahlschmelzen oder Laser-Powder Bed Fusion (L-PBF), besitzt aufgrund der verfahrenstypischen großen Geometriefreiheit insbesondere für den Turbomaschinenbau großes Potenzial. Gemeinsam mit dem Projektpartner MAN Diesel & Turbo SE wurde im Jahr 2012 mit einem Leitschaufelcluster einer Gasturbine eine Komponente identifiziert, bei der durch Additive Fertigung mittels SLM die Möglichkeit besteht, sowohl eine Erhöhung der Bauteilfunktionalität als auch eine Reduzierung der Fertigungskosten zu erzielen. Daraus ergab sich die Aufgabenstellung, die Komponente unter Design- und Fertigungsaspekten für die additive Serienfertigung zu entwickeln und zu qualifizieren.

Vorgehensweise

Die Entwicklungen erfolgten entlang der Prozesskette. Dabei wurden die zentralen Themen Design, SLM-Prozessführung sowie Nachbearbeitung fortlaufend sowohl im Einzelnen als auch aufeinander angepasst und optimiert. In der ersten Phase der Produktentwicklung stand die Einhaltung der Bauteilanforderungen (mechanische Eigenschaften, Formgenauigkeit sowie Oberflächengüte) im Fokus.

Besonders die Einhaltung der geforderten Oberflächenrauheit sowie der Profiltoleranzen im Strömungskanal stellte eine Herausforderung für die additive Fertigungsroute dar. Aufgrund der eingeschränkten Zugänglichkeit des Schaufelbereichs war nur eine werkzeuggestützte Nachbearbeitung möglich. Mit der Wahl eines strömungsbasierten Verfahrens zur Rauheitsreduzierung der Oberfläche und der richtigen Abstimmung von dem additivem Fertigungsprozess und der Oberflächenbearbeitung konnten die Bauteilanforderungen insgesamt eingehalten werden. In der zweiten Phase der Produktentwicklung wurden die Entwicklungen erfolgreich auf zwei Fertigungsdienstleister als zukünftige Serienlieferanten übertragen.

Ergebnis

Als Ergebnis dieses langjährigen und intensiven Prozesses steht die Freigabe von MAN Diesel & Turbo SE für die Serienproduktion des Leitschaufelclusters durch die Additive Fertigung mittels SLM.

Anwendungsfelder

Die beschriebenen Arbeiten adressieren die Produktion von Turbomaschinenkomponenten mittels SLM. Die erarbeiteten Methoden zur additiven Produktentwicklung lassen sich auf weitere Branchen (z. B. Luftfahrt) übertragen.

Ansprechpartner

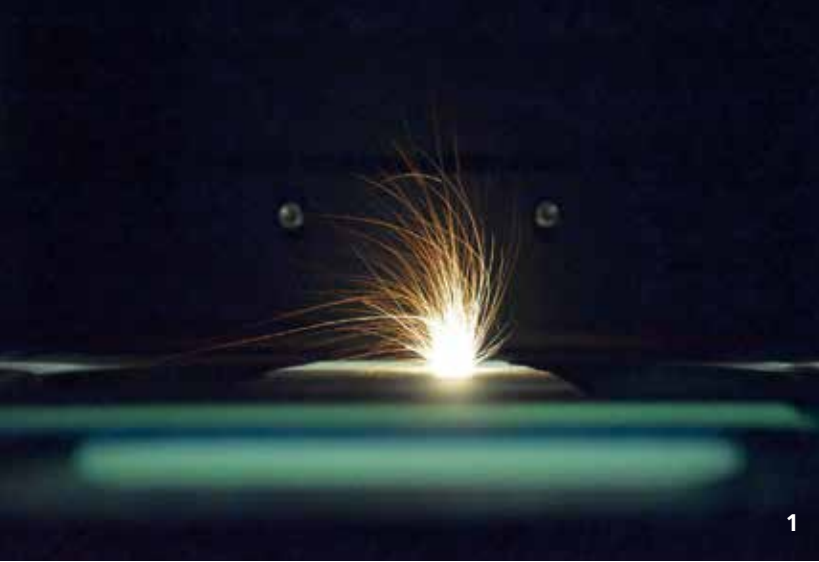
Dipl.-Ing. Anders Such
Telefon +49 241 8906-511
anders.such@ilt.fraunhofer.de

1 Schmelzen der gefrorenen Phasen bei Raumtemperatur und Freigabe der gedruckten Strukturen.

2 Gedruckte Ringe mit »T(w)oCure«.

3 Additiv hergestelltes MAN-Logo.

4 Für die Serienproduktion freigegebenes additiv gefertigtes Leitschaufelcluster.



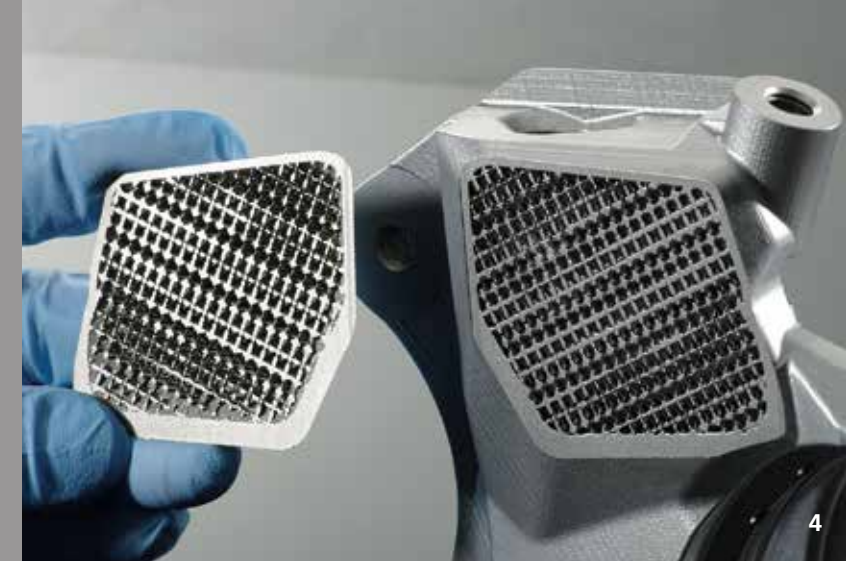
1



2



3



4

VERARBEITUNG VON HOCH-KOHLNSTOFFHALTIGEN STÄHLEN MITTELS SELECTIVE LASER MELTING (SLM)

Aufgabenstellung

Das additive Fertigungsverfahren Selective Laser Melting (SLM), auch bekannt als Laserstrahlschmelzen oder Laser-Powder Bed Fusion (L-PBF), wird bereits in vielen Industriebereichen, wie dem Turbomaschinen- und Automobilbau, für zahlreiche Anwendungen eingesetzt. Im Maschinen- und Anlagenbau sowie dem Werkzeugbau werden oft verschleißfeste Stahlwerkstoffe mit hoher Härte benötigt. Diese Stähle gelten als nur bedingt schweißbar, weswegen die Verarbeitung mittels SLM zur Rissbildung führt. Besonders Wälzlager benötigen jedoch eine höhere Härte des Werkstoffs, um eine hohe Lebensdauer zu erreichen. Das Ziel des Projekts »NeuGenWälz« ist die Entwicklung eines Werkstoffs mit einem höheren Kohlenstoffgehalt (> 1 Gew.-%), welcher die Anforderungen einer hohen Härte erfüllt und mittels SLM verarbeitbar ist.

Vorgehensweise

Durch das lokale Aufschmelzen und Erstarren während des SLM-Prozesses entstehen Risse im Werkstoff. Zur rissfreien Verarbeitung von Stählen mit vergrößertem Kohlenstoffgehalt wird deswegen eine geeignete Prozessführung mit und ohne Vorheizung der Bearbeitungsebene erprobt.

- 1 Belichtung von Probekörpern aus hochkohlenstoffhaltigem Stahl.
2 Geätzter Querschliff eines Bauteils aus hochkohlenstoffhaltigem Stahl.

Hierfür wird ein auf die Anforderungen von Wälzlagern zugeschnittener Werkstoff mit einem Kohlenstoffgehalt von 1,38 Gew.-% mit reproduzierbaren Eigenschaften entwickelt. Die industrielle Anwendung steht hierbei im Fokus, wofür die Verarbeitung mittels SLM-Anlagen ermöglicht werden soll. Dafür werden Laserleistungen von ≤ 400 W und Vorwärmtemperaturen von ≤ 500 °C eingesetzt.

Ergebnis

Durch eine geeignete Prozessführung ist es möglich, die Legierung mit einem Kohlenstoffgehalt von 1,38 Gew.-% rissfrei, mit einer Dichte von über 99,95 Prozent und einer Härte von über 60 HRC bei Vorwärmung mittels SLM herzustellen.

Anwendungsfelder

Die möglichen Anwendungsfelder von SLM-gefertigten Bauteilen aus Stählen mit hoher Härte sind der Maschinen- und Anlagenbau sowie der Werkzeugbau.

Dieses Vorhaben wurde mit Mitteln des Europäischen Fonds für regionale Entwicklung EFRE unter dem Förderkennzeichen EFRE-800665 durchgeführt.

Ansprechpartner

Jasmin Saewe M.Sc.
Telefon +49 241 8906-135
jasmin.saewe@ilt.fraunhofer.de

Dr. Sebastian Bremen
Telefon +49 241 8906-537
sebastian.bremen@ilt.fraunhofer.de

TOPOLOGIEOPTIMIERTER RADTRÄGER MIT INNEN-LIEGENDEN GRADIENTEN GITTERSTRUKTUREN

Aufgabenstellung

Angesichts des Klimawandels sind eine Senkung des Treibstoffverbrauchs und damit die Reduzierung von Emissionen in der Automobilbranche zwingend erforderlich. Potenzial für die Einsparung von Ressourcen bieten hier beispielsweise gewichtsreduzierte Leichtbaukomponenten. Mithilfe des Selective Laser Melting (SLM), auch bekannt als Laserstrahlschmelzen oder Laser-Powder Bed Fusion (L-PBF), ist es erstmals möglich, solche Leichtbaukomponenten durch Ausnutzung einer gesteigerten Designfreiheit umzusetzen. Im Rahmen des Forschungsprojekts »ToPoLight« wurde ein belastungsangepasster Radträger mit reduziertem Volumen für ein Prototypen-Rennfahrzeug aus dem Vergütungsstahl 1.7734 entwickelt, gefertigt und erfolgreich getestet.

Vorgehensweise

Zur Fertigung des Radträgers wurde die gesamte Prozesskette, beginnend von der Pulverentwicklung über die Designanpassung und SLM-Prozessentwicklung bis hin zur Endbearbeitung, weiterentwickelt. Das Fraunhofer ILT hat sowohl eine Prozessführung zur Verarbeitung von 1.7734 als auch verfahrensspezifische Konstruktionsrichtlinien entwickelt und die Radträger gefertigt.

Ergebnis

Mithilfe der belastungsangepassten Auslegung konnte das Volumen des Radträgers um ca. 25 Prozent im Vergleich zum Original-Radträger gesenkt werden. Durch die Anpassung der äußeren Struktur sowie die Integration von belastungsangepassten gradierten Gitterstrukturen konnte zudem eine Steigerung der Steifigkeit erreicht werden. Neben dem Einbau in das Prototypen-Rennfahrzeug wurde der Radträger bereits erfolgreich auf dem Prüfstand getestet.

Anwendungsfelder

Die entwickelte Fertigungskette für den Strukturleichtbau durch Topologieoptimierung und Einsatz von belastungsangepassten gradierten Gitterstrukturen lässt sich auch auf den Automobil-Prototypenbau adaptieren und kann somit zu einer Verkürzung der Entwicklungszeiten beitragen.

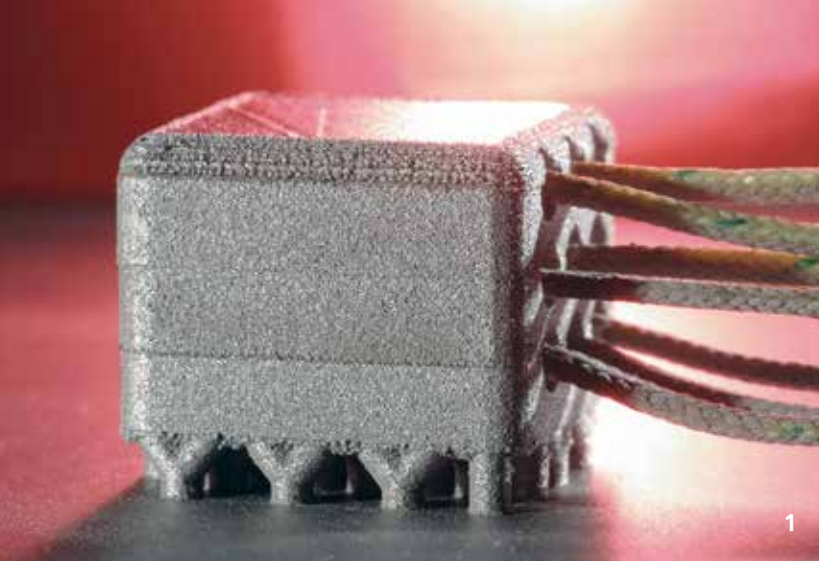
Das diesem Bericht zugrundeliegende FuE-Vorhaben wird im Auftrag des Bundesministerium für Bildung und Forschung BMBF unter dem Förderkennzeichen 033RK020D durchgeführt.

Ansprechpartner

Tobias Schmithüsen M.Eng.
Telefon +49 241 8906-568
tobias.schmithuesen@ilt.fraunhofer.de

Dr. Sebastian Bremen
Telefon +49 241 8906-537
sebastian.bremen@ilt.fraunhofer.de

- 3 Radträger (aufgeschnitten) mit innenliegender Gitterstruktur.
4 Detailansicht von Gitterstruktur.



SENSORINTEGRATION MITTELS SLM

Aufgabenstellung

Intelligente Bauteile, die Daten über ihren Produktionsstatus und ihren Zustand im Einsatzfall liefern, sind ein zentraler Bestandteil aktueller Entwicklungen von Industrie 4.0. Mittels Additiver Fertigung können neue Wege zur Herstellung solcher »Smart Parts« mit integrierter Elektronik und Sensorik beschritten werden. Durch den schichtweisen Fertigungsverfahren lassen sich beispielsweise Sensoren bereits während des Aufbauprozesses stoffschlüssig an nahezu beliebigen Stellen im Bauteilvolumen integrieren.

Vorgehensweise

Das Fraunhofer ILT entwickelt Prozessketten zur Integration von Sensoren zur Messung von Temperaturen und mechanischen Spannungen in metallischen Bauteilen während des Aufbaus mit dem additiven Fertigungsverfahren Selective Laser Melting (SLM), auch bekannt als Laserstrahlschmelzen oder Laser-Powder Bed Fusion (L-PBF). Dazu wird der Prozess bei einer bestimmten Aufbauhöhe unterbrochen und der Sensor manuell in eine vorgefertigte Kavität im Bauteil eingelegt. Die Sensordaten werden kabelgebunden übertragen. Die Kabel werden durch im Bauteil befindliche Kanäle nach außen geführt. Die stoffschlüssige Verbindung des Sensors mit dem Bauteil erfolgt unter Verwendung der Prozesslaserstrahlquelle schmelzmetallurgisch. Anschließend wird der Bauprozess fortgesetzt, wobei die Kavität geschlossen und der Sensor so vollständig in das Bauteil integriert wird.

1 Additiv gefertigter Demonstrator
mit integrierten Thermosensoren.

2 Additiv gefertigter Biegebalken
mit integriertem Drucksensor.

Ergebnis

Das entwickelte Verfahren ermöglicht eine positionsgerechte und prozesssichere Integration von Sensoren in SLM-Bauteile. Dies wurde erfolgreich für Temperatur- und Druckmessungen erprobt. Speziell für die Temperaturmessung konnte eine kürzere Ansprechzeit gegenüber konventionell eingebrachten Temperatursensoren nachgewiesen werden. Darüber hinaus sind die vollständig integrierten Sensoren besser vor äußeren Einflüssen geschützt. Die gewonnenen Erkenntnisse bilden die technische Grundlage zur Integration weiterer Elektronik, z. B. zur Bauteilidentifikation (RFID-Chips).

Anwendungsfelder

Die Kombination aus additiv gefertigten Bauteilen mit komplexen Geometrien in geringer Stückzahl und integrierter Sensorik ist insbesondere für die Fertigung von Prototypen und Versuchsbauteilen, z. B. für den Werkzeugbau sowie für Turbomaschinen und Verbrennungsmotoren, interessant. Hiermit kann die Aufnahme von Zustandsdaten der Bauteile im Prüfstandbetrieb deutlich erweitert werden.

Das diesem Bericht zugrundeliegende FuE-Vorhaben wurde im Auftrag des Bundesministeriums für Bildung und Forschung BMBF unter dem Förderkennzeichen 13N13587 durchgeführt.

Ansprechpartner

Dipl.-Ing. Simon Vervoort
Telefon +49 241 8906-602
simon.vervoort@ilt.fraunhofer.de

Dr. Sebastian Bremen
Telefon +49 241 8906-537
sebastian.bremen@ilt.fraunhofer.de

MESSUNG DER ABSORPTION BEIM SLM-PROZESS

Aufgabenstellung

Das Selective Laser Melting (SLM), auch bekannt als Laserstrahlschmelzen oder Laser-Powder Bed Fusion (L-PBF), ist eine relativ junge Technologie, deren physikalische Teilprozesse noch nicht vollständig erforscht und verstanden sind. Ein bisher unzureichend untersuchter Teilprozess ist die Absorption der Laserstrahlung während des SLM-Prozesses. Dabei müssen sowohl verschiedene Prozessregime (Wärmeleitung- oder Keyhole-Regime) als auch verschiedene Materialzustände (Absorption der Laserstrahlung im Substrat, Bauteil, in der Pulverschicht und Schmelze) betrachtet werden. Damit ergeben sich unterschiedliche Gesamtabsorptionsgrade für den SLM-Prozess.

Vorgehensweise

Das Kernstück des experimentellen Aufbaus ist eine in einer industriellen SLM-Anlage platzierte Ulbrichtkugel, mit der die diffuse und gerichtete Reflexion für die verschiedenen Materialzustände sowie für den Gesamtprozess am Beispiel von TiAl6V4 experimentell gemessen werden kann. Da diese Methode für den SLM-Prozess nicht erprobt ist, wird zunächst die Messgenauigkeit des Systems untersucht. Die experimentell mit der Ulbrichtkugel bestimmten Messwerte für Substrate und Pulverschichten werden mit vorhandenen Literaturwerten verglichen. Nach erfolgter Validierung des Messsystems wird das Absorptionsverhalten während des SLM-Prozesses analysiert.

Ergebnis

Die experimentell ermittelten Absorptionsgrade für das Substrat und die Pulverschicht stimmen mit vergleichbaren Kalorimeter-basierten Ergebnissen aus der Literatur mit einem relativen Fehler von unter 3,2 Prozent überein. Mit der Messmethode konnte nachfolgend sowohl die Absorption der Laserstrahlung in der der flüssigen Phase $A_{liq} \approx 63$ Prozent als auch für den SLM-Gesamtprozess bestimmt werden. Außerdem konnte die Korrelation des Absorptionsgrades mit den Prozessregimen Keyhole $A_{keyhole} \approx 70 - 80$ Prozent und Wärmeleitschweißen $A_{heat} \approx 50$ Prozent nachgewiesen werden. Da durch den Aufbau Limitierungen hinsichtlich der maximal verwendbaren Laserleistung (ca. 30 bis 50 Prozent der üblich verwendeten Leistung) und der prozessrelevanten Schutzgasströmung bestehen, muss die Übertragbarkeit der Ergebnisse auf den SLM-Prozess durch weitere Untersuchungen bestätigt werden.

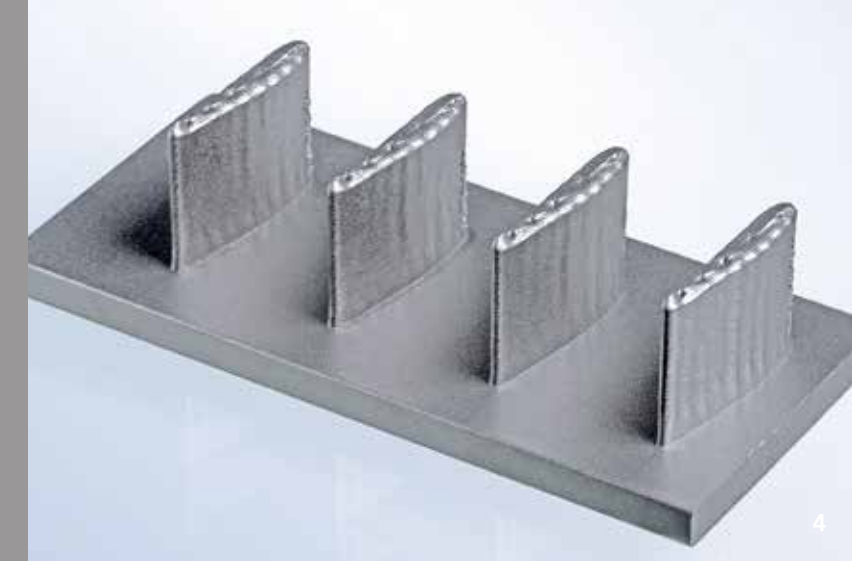
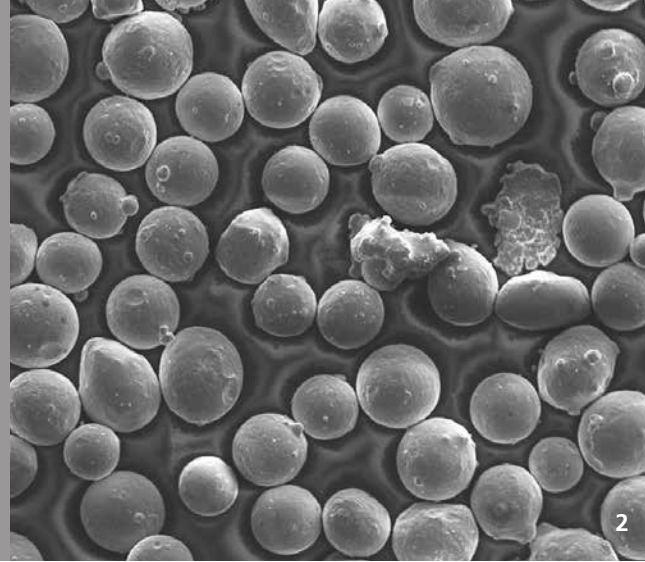
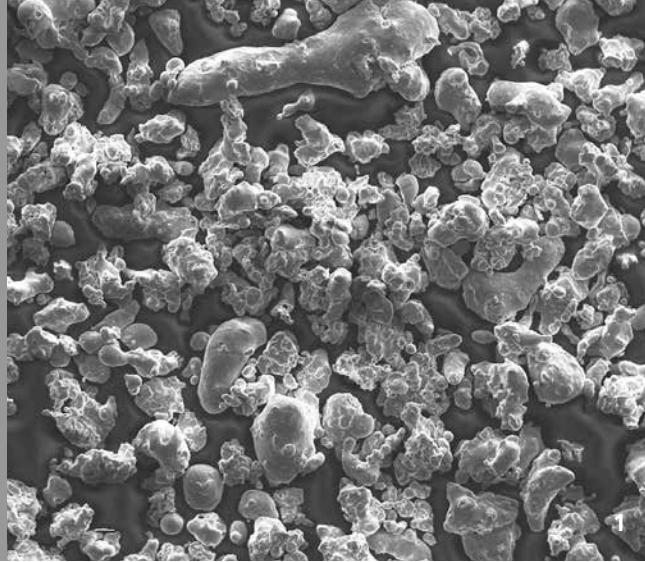
Anwendungsfelder

Die experimentell bestimmten Absorptionsgrade der verschiedenen Prozessregime und Materialzustände sowie des Gesamtprozesses sind relevante Eingangsgrößen für Simulationen des SLM-Prozesses. Außerdem dienen diese Messungen zur Erweiterung des allgemeinen Prozessverständnisses. Dieses Projekt wurde durch das Forschungs- und Innovationsprogramm »Horizon 2020« der Europäischen Union gefördert (Grant Agreement No. 690725 EMUSIC).

Ansprechpartner

Jonas Zielinski M.Sc.
Telefon +49 241 8906-8054
jonas.zielinski@ilt.fraunhofer.de

3 Langzeitbelichtung des SLM-Prozesses.



VERARBEITUNG ALTERNATIV HERGESTELLTER PULVER- WERKSTOFFE MITTELS SLM

Aufgabenstellung

Die im Vergleich zur konventionellen Fertigung derzeit noch relativ hohen Bauteilkosten stellen eine branchenübergreifende Hürde für die weitere Verbreitung des Selective Laser Melting (SLM), auch bekannt als Laserstrahlschmelzen oder Laser-Powder Bed Fusion (L-PBF), für Serienanwendungen dar. Im Zuge der steigenden Produktivität der SLM-Anlagen spielen dabei neben den Maschinenkosten auch die Kosten des Pulvermaterials eine immer bedeutendere Rolle. Als kostentreibend bei der Pulverherstellung gelten dabei unter anderem die Herstellung durch Gasverdüstung sowie die relativ engen Spezifikationsgrenzen der Pulverkorngrößen, die derzeit nur einen sehr geringen Anteil (z. T. weniger als 20 Prozent) des verdüsten Materials im SLM-Prozess nutzbar machen.

Vorgehensweise

Das Fraunhofer ILT untersucht in diesem Zusammenhang einerseits die Erweiterung der zu verarbeitenden Spezifikationsgrenzen der Pulverkorngrößen und andererseits den Einsatz günstigerer Pulverherstellungsmethoden, wie die Wasserverdüstung am Beispiel des Werkstoffs 1.4404. Dazu werden Untersuchungen zur Charakterisierung der Pulver hinsichtlich chemischer Zusammensetzung, Fließfähigkeit

und Partikelmorphologie, Analysen zur Auftragbarkeit und der Beschaffenheit der aufgetragenen Pulverschichten sowie die Ermittlung von SLM-Prozessparametern zur Erzielung relativer Bauteildichten von mindestens 99,5 Prozent durchgeführt.

Ergebnis

Im Rahmen der Untersuchungen konnte die Auftragbarkeit und Verarbeitbarkeit von wasserverdüsteten Pulvern aus 1.4404 im Korngrößenbereich von 0 - 74 µm erfolgreich gezeigt werden. Trotz der reduzierten Aufbaurate bei der Verarbeitung des wasserverdüsteten Pulvers mit spratziger Partikelmorphologie konnte mittels einer Wirtschaftlichkeitsanalyse eine Reduzierung der Bauteilkosten um über 30 Prozent nachgewiesen werden.

Anwendungsfelder

Die untersuchten Pulver können in beliebigen SLM-Anlagen branchenübergreifend eingesetzt werden. Dabei sind sie insbesondere für Anwendungen mit strengen Zielgrößen in Bezug auf die Bauteilkosten wie beispielsweise in der automobilen Serienfertigung interessant.

Das diesem Bericht zugrundeliegende FuE-Vorhaben wurde im Auftrag des Bundesministeriums für Bildung und Forschung BMBF unter dem Förderkennzeichen 13N13710 durchgeführt.

Ansprechpartner

Tobias Pichler M.Sc.
Telefon +49 241 8906-8360
tobias.pichler@ilt.fraunhofer.de

1,2 REM-Aufnahmen von gas- (li) und wasserverdüstetem (re) Pulver aus Edelstahl 1.4404.

ADDITIVE FERTIGUNG EINER TURBOLADER-KOMPONENTE MIT LASER-AUFTRAGSCHWEISSEN

Aufgabenstellung

Im Rahmen des EU-Projekts »HyProCell« wird u. a. die Additive Fertigung per Laserauftragschweißen (LA) als Technologie in Hybridproduktionszellen untersucht. Als Demonstratorbauteil dient ein Turboladerdüsenring, welcher in Turboladern für Schiffsdieselmotoren verbaut wird. Turboladerdüsenringe werden konventionell in einer sehr großen Variantenvielfalt (> 1000 Varianten) gefertigt. Die Hybridproduktionszelle (spanende Bearbeitung und LA-basierte Fertigung) bietet die Möglichkeit zur individuellen Fertigung zahlreicher Varianten auf einer Maschine. Entscheidendes Kriterium für die industrielle Anwendung ist neben technologischen Aspekten die Wirtschaftlichkeit von Hybridproduktionszellen. Beide Aspekte werden im EU-Projekt »HyProCell« untersucht. Dazu wird am Fraunhofer ILT der LA-Prozess zur Additiven Fertigung des Turboladerdüsenrings entwickelt. Zusammen mit den Projektpartnern wird der LA-Prozess auf eine Hybridproduktionszelle übertragen und die Wirtschaftlichkeit dieser Fertigungsroute bewertet.

Vorgehensweise

Der Turboladerdüsenring wird aus einer Edelstahllegierung gefertigt. Ausgangspunkt für die Fertigung des Turboladerdüsenrings sind die CAD-Daten. Für die Auslegung des LA-Prozesses wird eine geeignete Aufbaustrategie für die

Flügel entwickelt. Dabei werden die CAD-Daten genutzt, um eine endkonturnahe Bahnplanung zum Aufbau der Flügel mit der Software »LMDCAM« umzusetzen. Der Aufbau der Flügel erfolgt auf einem vorgefertigten Grundring. Nach dem LA-basierten Aufbau der Flügel erfolgt eine spanende Bearbeitung an der Flügeloberseite. Anschließend wird der obere Ring lasergefügt.

Ergebnis

Der Turboladerdüsenring wird mit den erarbeiteten Parametern und der entwickelten Aufbaustrategie gefertigt und dessen Maßhaltigkeit wird überprüft. Das Aufmaß der Seitenwände der Flügel beträgt maximal ca. 800 µm. Der LA-Prozess wird auf die Hybridproduktionszelle übertragen und die Wirtschaftlichkeit der Fertigungsroute für verschiedene Nachbearbeitungsstrategien bestimmt.

Anwendungsfelder

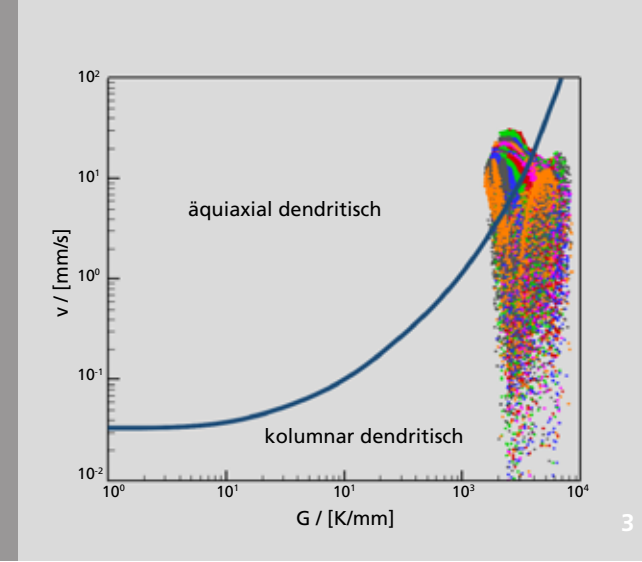
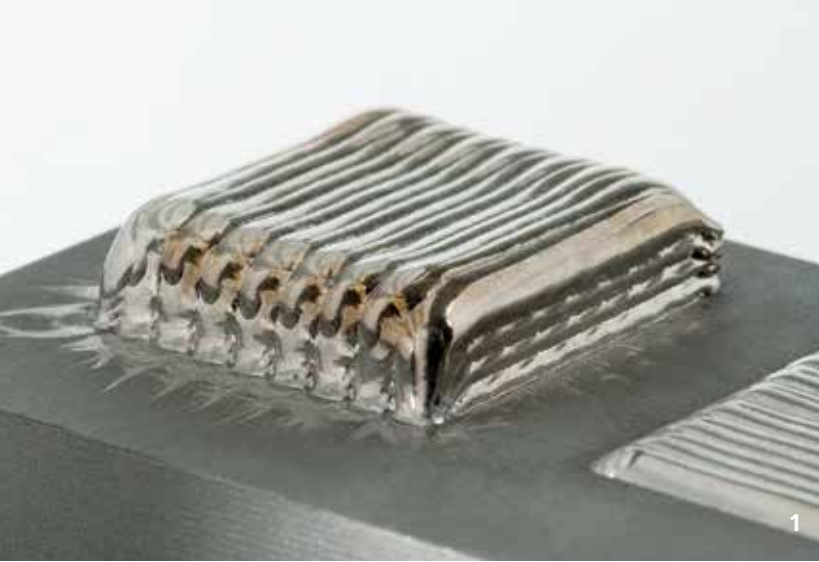
Die Untersuchungen sind primär auf Anwendungen im Turbomaschinenbau ausgerichtet. Die gewonnenen Erkenntnisse können aber auch in anderen Branchen, wie dem Werkzeug- und Automobilbau, genutzt werden.

Die Arbeiten wurden im Rahmen des EU-Projekts »HyProCell« unter dem Förderkennzeichen 723538 durchgeführt.

Ansprechpartner

Dipl.-Ing. Moritz Alkhayat
Telefon +49 241 8906-445
moritz.alkhayat@ilt.fraunhofer.de

3 Mittels LA hergestellter Turboladerdüsenring.
(CAD-Daten: ABB Turbo Systems AG).
4 Einzelne Flügelgeometrien zur Bewertung der Geometrietreue.
(CAD-Daten: ABB Turbo Systems AG).



LASERAUFTRAGSCHWEISSEN MIT KOAXIALER DRAHTZUFUHR

Aufgabenstellung

Am Fraunhofer ILT wurde für das Laserauftragschweißen (LA) ein kompakter Bearbeitungskopf mit einem Gewicht von fünf Kilogramm entwickelt, der mit einer koaxialen Drahtzufuhr eine richtungsunabhängige 3D-Bearbeitung ermöglicht. Dieser Bearbeitungskopf wird in diversen Projekten für das Auftragen von Eisen-, Aluminium-, Nickel- und Titan-Basislegierungen verwendet. Im Rahmen des International Center for Turbomachinery Manufacturing (ICTM Aachen) wird die Prozessentwicklung für die im Turbomaschinenbau relevanten Nickelbasis- und Titanlegierungen, IN718 und TiAl6V4, durchgeführt. Übergeordnetes Ziel ist dabei die Ermittlung der geometrischen, mechanischen und Mikro- bzw. Makrostruktureigenschaften von mittels Draht-LA hergestellten Volumina. In einem ersten Schritt wird die erforderliche Systemtechnik (Drahtzufuhrsysteme und koaxialer Drahtkopf) für Turbomaschinenbauanwendungen qualifiziert.

Vorgehensweise

Zunächst werden diverse Drahtfördersysteme getestet, da die zur Erzeugung kleinerer Strukturen erforderlichen Drahtdurchmesser von unter 0,5 mm besondere Anforderungen an die Drahtzufuhr (Fördergeschwindigkeiten unter 10 mm/s und Förderung und Richten von dünnen Drähten) stellen.

- 1 Quader (20 x 20 x 5 mm³) aus TiAl6V4 hergestellt mit Draht-LA.
- 2 Hochgeschwindigkeitsaufnahme des Draht-LA-Prozesses mit IN718.

Zur Prozessentwicklung werden geeignete Verfahrensparameter identifiziert, Auftragstrategien entwickelt und Proben hergestellt und analysiert. Durch den Einsatz einer Hochgeschwindigkeitskamera (Bild 2) konnten eine Beobachtung des Laserauftragschweißprozesses durchgeführt und z. B. Unregelmäßigkeiten bei der Drahtförderung erkannt werden, die zur Verbesserung des Drahtzufuhrsystems genutzt werden.

Ergebnis

Der koaxiale Drahtbearbeitungskopf wurde eingesetzt, um diverse Volumina additiv herzustellen (Bild 1). Für die Werkstoffe IN718 und TiAl6V4 konnten geeignete Verfahrensparameter ermittelt werden. Die maximal eingesetzte Laserleistung beträgt 1 kW. Durch eine koaxiale Schutzgasführung konnten nahezu oxidfreie Volumina hergestellt werden. Die metallografische Analyse zeigte eine extrem niedrige Porosität und eine gute metallurgische Anbindung der Schichten.

Anwendungsfelder

Der entwickelte Bearbeitungskopf kann zum LA mit drahtförmigen Zusatzwerkstoffen für das Beschichten, Reparieren und die Additive Fertigung eingesetzt werden. Das Systemgewicht und die Baugröße ermöglichen den Einsatz an Anlagen mit geringer Tragkraft und/oder hoher Dynamik.

Ansprechpartner

Jana Kelbassa M.Sc.
Telefon +49 241 8906-8331
jana.kelbassa@ilt.fraunhofer.de

Dr. Andres Gasser
Telefon +49 241 8906-209
andres.gasser@ilt.fraunhofer.de

AUFTRAGSCHWEISSEN MIT OSZILLIERENDEM LASERSTRAHL

Aufgabenstellung

Für Bauteile aus hochwarmfesten Ni- oder Fe-Basislegierungen besteht ein hoher Bedarf an Reparaturschweißungen. Ausgewählte hochwarmfeste Legierungen können bei Raumtemperatur nur mit sehr kleinen Auftraggraten mit technisch rissfreiem Gefüge laserauftragsgeschweißt werden. Eine Vergrößerung der Auftraggraten resultiert in Erstarrungsbedingungen, die zu einer Kornstruktur über mehrere Lagen mit Rissen entlang der Korngrenzen führen. Ziel ist es, eine Prozessstrategie bei erhöhten Auftraggraten zu entwickeln, mit der diese Kornstruktur entlang der Aufbaurichtung und damit die resultierenden Risse vermieden werden können.

Vorgehensweise

Um ein feinkörniges Gefüge zu erzielen, müssen die Erstarrungsbedingungen so eingestellt werden, dass ein äquiaxial dendritisches Wachstum bevorzugt wird. Dazu werden rechnerisch vorab mittels eines Simulationstools die resultierenden lokalen Erstarrungsgeschwindigkeiten und Abkühlraten als Funktion der Verfahrensparameter für einen senkrecht zur Verfahrerrichtung oszillierenden Laserstrahl ermittelt. Die Ergebnisse werden in einem Erstarrungsdiagramm eingetragen (Bild 3) und die Bereiche für ein bevorzugt äquiaxiales dendritisches Wachstum identifiziert. Die experimentelle Umsetzung erfolgt mit einer Scanneroptik, die den Laserstrahl senkrecht zur Verfahrerrichtung ablenkt.

Ergebnis

Der Einsatz einer Scanneroptik zum Laserauftragschweißen führt zu einer oszillierenden Erstarrungsfront mit Erstarrungsbedingungen, die größere Körner in Aufbaurichtung aufgrund einer bevorzugt äquiaxialen dendritischen Erstarrung vermeidet (Bild 4). Die entwickelte Prozessführung führt zu signifikant größeren Auftraggraten bei gleicher Qualität der Auftragschweißungen verglichen mit dem Stand der Technik.

Anwendungsfelder

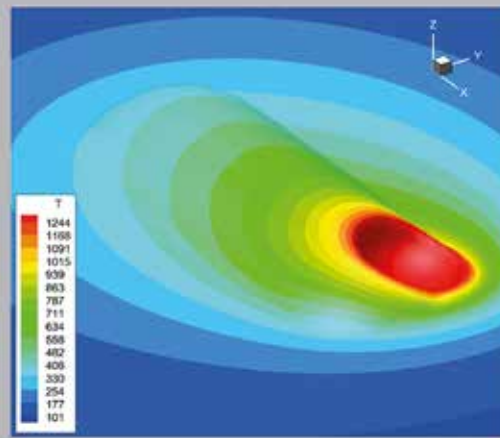
Dieses Verfahren eignet sich für alle Anwendungsbereiche, in denen hochwarmfeste, heißbrissensitive Materialien laserauftragsgeschweißt werden müssen, wie z. B. im Turbomaschinenbau.

Ansprechpartner

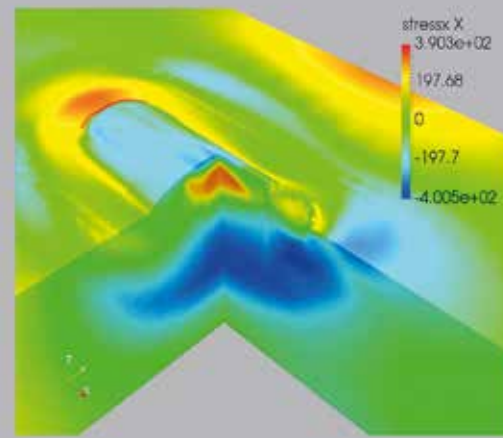
Dipl.-Ing. Stefanie Linnenbrink
Telefon +49 241 8906-575
stefanie.linnenbrink@ilt.fraunhofer.de

Dr. Andres Gasser
Telefon +49 241 8906-209
andres.gasser@ilt.fraunhofer.de

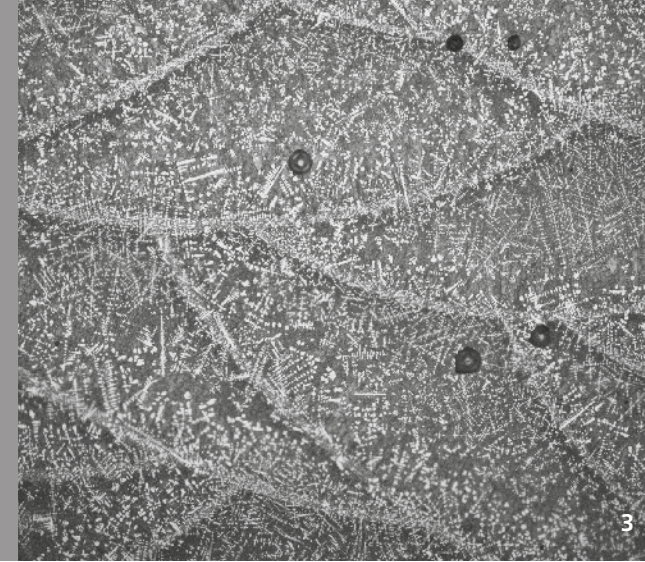
- 3 Berechnete örtliche und zeitliche Erstarrungsgeschwindigkeit und Abkühlrate auf der Erstarrungsfront zu unterschiedlichen Zeitpunkten, sowie das daraus resultierende Gefüge.
- 4 Querschliff eines mit oszillierendem Laserstrahl aufgebauten Volumens aus einer rissanfälligen Nickelbasislegierung.



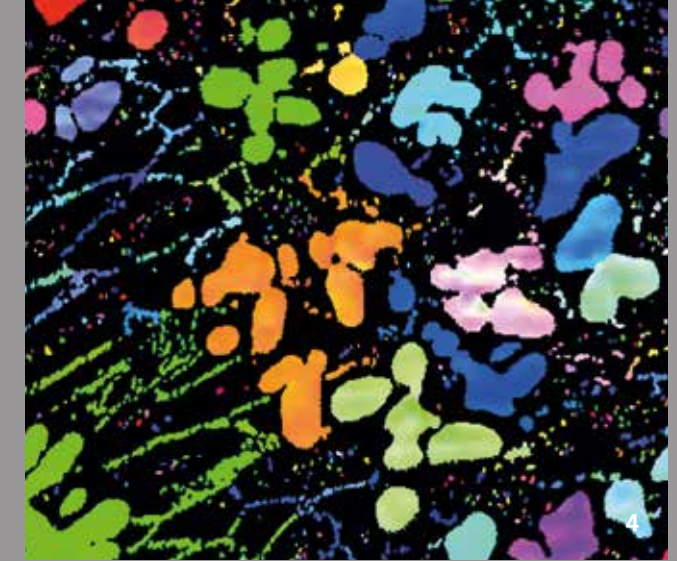
1



2



3



4

VERZUG UND EIGEN- SPANNUNGEN BEIM LASER- AUFTRAGSCHWEISSEN

Aufgabenstellung

Für das Laserauftragschweißen (LA) soll ein Simulationstool erstellt werden, mit dem der Anwender den Prozess für konkrete Aufgabenstellungen, verschiedene Prozessstrategien und Parametereinstellungen simulieren kann. Durch eine angepasste Prozessführung sollen Spannungen und Verzug reduziert und damit die Prozessgrenzen für das LA erweitert werden.

Vorgehensweise

Das LA stellt mathematisch ein freies Randwertproblem dar, dessen Lösung auf einer Integration der transienten Wärmeleitungsgleichung und der Druckbilanzgleichung unter Berücksichtigung einer Massenbilanz bzgl. der in die Schmelze aufgenommenen Pulverpartikel pro Zeiteinheit basiert. Die Simulation wird mit der Finite-Elemente-Methode (FEM) auf beweglichen Netzknoten durchgeführt, um eine konturan-gepasste Vernetzung zu realisieren. Für die Strukturmechanik wird zu jedem Zeitinkrement die Schmelze aus dem Modell extrahiert, sodass die Spannungen nur in der festen Phase berechnet werden. Der Löser für die Strukturmechanik ist massiv parallelisiert und zeichnet sich bei großen Gleichungs-systemen durch einen geringen Speicherbedarf und eine hohe Berechnungsgeschwindigkeit aus.

- 1 Spurgeometrien und
Temperaturverteilung beim LA.
2 Spannungsverteilung beim LA.

Ergebnis

Das Simulationstool wurde auf das pulverbettbasierte Laserschmelzen und das pulverbasierte LA appliziert. Berechnete Spurgeometrien (Bild 1) beim LA konnten durch einen Vergleich mit Experimenten validiert werden. Eine Analyse der zeit- und orts aufgelösten Entwicklung der Eigenspannungen wurde für Einzelspuren, überlappende Spuren und Mehrlagen für verschiedene Prozessstrategien (Bild 2) durchgeführt.

Anwendungsfelder

Das entwickelte Simulationstool wird zur Berechnung der Prozesstemperaturen und des Verzugs beim Laserauftrag-schweißen und beim Selective Laser Melting (SLM), auch bekannt als Laserstrahlschmelzen oder Laser-Powder Bed Fusion (L-PBF), angewendet. Eine Anwendung auf andere Bearbeitungsprozesse wie das Schweißen oder das Bohren ist geplant.

Ansprechpartner

Dr. Norbert Pirch
Telefon +49 241 8906-636
norbert.pirch@ilt.fraunhofer.de

Dr. Markus Nießen
Telefon +49 241 8906-8059
markus.niessen@ilt.fraunhofer.de

LASERAUFTRAGSCHWEISSEN VON MO-SI-B-LEGIERUNGEN FÜR HOCHTEMPERATUR- ANWENDUNGEN

Aufgabenstellung

Molybdän-Silizium-Bor-Legierungen vereinen durch die Ausbildung intermetallischer Phasen hohe Beständigkeit gegen thermozyklische Belastung mit großer Hochtemperatur-festigkeit und Hochtemperaturoxidationsbeständigkeit. Sie stellen daher interessante Werkstoffe für die Erhöhung der Betriebstemperatur von Turbinen auf bis zu 1300 °C (mit Nickelbasis: max. 1100 °C) dar. Die Verarbeitung von Mo-Si-B-Legierungen ist durch sehr hohe Schmelztemperaturen von über 2000 °C und das komplexe Erstarrungsverhalten extrem anspruchsvoll und erfolgt bisher nur in einem mehrstufigen pulvermetallurgischen Prozess. Eine alternative Fertigungsroute existiert bisher nicht. Laserauftragschweißen (LA) als additives Herstellungsverfahren ist bereits für die Konsolidierung komplexer intermetallischer Werkstoffe, z. B. Fe-Al oder TiAl, erfolgreich erprobt worden. Eine besondere Herausforderung bei der Entwicklung für Mo-Si-B-Legierungen stellt die große Sprödigkeit des Materials dar.

Vorgehensweise

Im Rahmen des BMBF-Projekts »LextrA« (03XP0094) wird seit Anfang 2017 die pulver- und laserbasierte additive Herstellung (LA) und das Selective Laser Melting (SLM), auch bekannt als Laserstrahlschmelzen oder Laser-Powder Bed Fusion (L-PBF), von Mo-Si-B-Legierungen gemeinsam mit Partnern aus Industrie (Nanoval, KEG, Siemens) und Forschung (IFKorr, OvGU) entwickelt. Am Fraunhofer ILT wird die Prozessführung des LA erarbeitet, um rissfreie dichte Volumina zu erzeugen.

Hierfür werden im ersten Schritt geeignete Verfahrensparameter ermittelt. Im Folgenden werden Auftragsstrategien für die Herstellung von Prüfkörpern und Demonstratoren angepasst.

Ergebnis

Erstmals wurde eine naheutektische Mo-Si-B-Legierung mit dem additiven Herstellungsverfahren LA zu rissfreien Probekörpern (10 x 1 x 5 mm³) bei Vorwärmtemperaturen von min. 900 °C verarbeitet. Die Mikrostruktur besteht aus einer primär erstarrten Mo-Mischkristallphase (MoSS), sekundärem Mo₃Si-Mo₅SiB₂-Eutektikum sowie ternären MoSS-Mo₃Si-Mo₅SiB₂-Bereichen. Die Ermittlung mechanischer Eigenschaften ist Gegenstand laufender Untersuchungen.

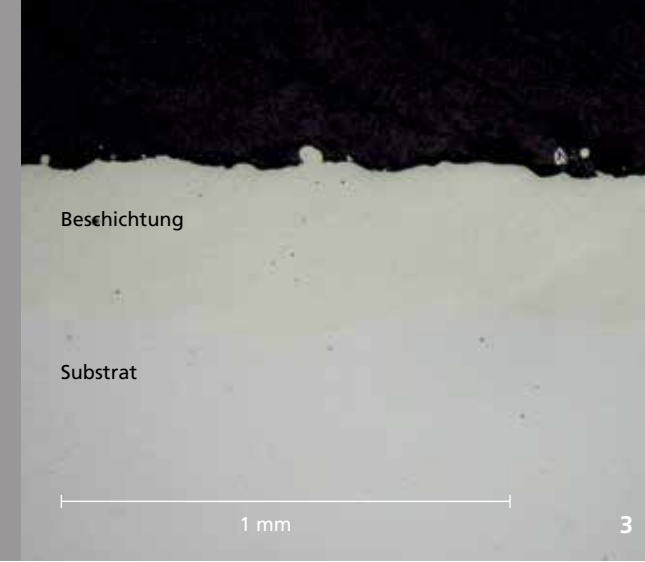
Anwendungsfelder

Im Vordergrund steht die Entwicklung von additiven Verarbeitungstechnologien der Legierungsgruppe der Molybdän-silicide. Zukünftige Anwendungsfelder liegen in der Luft- und Raumfahrt sowie in der Energieerzeugung.

Ansprechpartner

Silja-Katharina Rittinghaus M.Sc.
Telefon +49 241 8906-8138
siljakatharina.rittinghaus@ilt.fraunhofer.de

- 3 Mo-Si-B-Gefüge nach dem
Laserauftragschweißen.
4 Elektronenrückstreuung (EBSD)-
Orientierungsübersicht von Mo, IPF
(Quelle: Dr. Egbert Wessel, Forschungs-
zentrum Jülich i.A. der OVGU Magdeburg).



HOCHENTROPISCHE WERKSTOFFE FÜR DIE ADDITIVE FERTIGUNG VON UMFORMWERKZEUGEN

Aufgabenstellung

Hochentropische Legierungen sind eine neue Legierungsklasse mit hoher Warmfestigkeit in Kombination mit guter Zähigkeit und eignen sich daher insbesondere für mechanisch und thermisch hochbeanspruchte Bauteile. Z. B. Presshärte-zeuge unterliegen diesen Belastungen und erfordern zudem die Integrierung komplexer Kanalstrukturen zur effektiven Kühlung des Werkzeugs. Im Rahmen eines Verbundvorhabens wird eine mit dem Verfahren Selective Laser Melting (SLM), auch bekannt als Laserstrahlschmelzen oder Laser-Powder Bed Fusion (L-PBF), verarbeitbare, hochentropische Legierung entwickelt, welche sowohl die Wärmeleitfähigkeit als auch die Warmfestigkeit konventioneller Warmarbeitsstähle übertrifft.

Vorgehensweise

Auf Basis des Legierungssystems $\text{Al}_x\text{CoCrFeNi}$ werden zunächst vielversprechende Legierungszusammensetzungen identifiziert. Als Verfahren wird dazu das Laserauftragschweißen (LA) eingesetzt, welches im Unterschied zum SLM mit kleinen Mengen an Pulvermischungen ein rasches Screening vieler Legierungszusammensetzungen ermöglicht. Zunächst wird

der Aluminiumgehalt so eingestellt, dass ein bimodales Gefüge entsteht, welches den bestmöglichen Kompromiss zwischen hoher Festigkeit und ausreichender Duktilität darstellt. Durch weitere Zusätze sowie Anpassung der Prozessführung soll durch Kornfeinung und Festigkeitssteigerung die thermische Stabilität des Gefüges verbessert werden.

Ergebnis

Durch das LA einer $\text{Al}_{0,7}\text{CoCrFeNi}$ -Legierung konnten durch Anpassung der Prozessführung extrem feinkörnige Gefügestrukturen erzeugt werden, welche durch legierungstechnische Zusätze eine beachtliche Härte bis zu 800 HV_{0,1} erreichen. Die erzeugten Gefüge weisen jedoch noch eine hohe Rissempfindlichkeit auf, die eine Vorwärmung im Prozess erfordert.

Anwendungsfelder

Die Anwendungsfelder in der Additiven Fertigung liegen insbesondere dort, wo an Design und Werkstoffeigenschaften höchste Ansprüche gestellt werden. Neben dem Werkzeugbau sind dies z. B. der Turbomaschinenbau und die Luft- und Raumfahrttechnik.

Dieses Vorhaben wird durch das Land Nordrhein-Westfalen durch Einsatz von Mitteln aus dem »EFRE-Programm 2014-2020« unter dem Förderkennzeichen EFRE-0800627 durchgeführt.

Ansprechpartner

Markus Benjamin Wilms M.Sc.
Telefon +49 241 8906-567
markus.benjamin.wilms@ilt.fraunhofer.de

Dr. Andreas Weisheit
Telefon +49 241 8906-403
andreas.weisheit@ilt.fraunhofer.de

1 Volumenkörper aus $\text{Al}_{0,7}\text{CrCoFeNi}$, hergestellt mit LA.

2 Nanoskalige Mikrostruktur eines mit LA hergestellten Prüfkörpers (Quelle: ACCESS e.V.).

EXTREMES HOCHGESCHWINDIGKEITS-LASERAUFTRAGSCHWEISSEN (EHLA) FÜR DIE MASSENPRODUKTION IN DER ÖL- UND GASINDUSTRIE

Aufgabenstellung

Bauteile in der Öl- und Gasindustrie werden unter extremen Bedingungen eingesetzt, die sich durch eine hohe Verschleiß- und Korrosionsbelastung auszeichnen. Durch den Einsatz von verschleiß- und/oder korrosionsresistenten Beschichtungen kann die Lebensdauer dieser Bauteile verbessert und somit das Risiko zeit- und kostspieliger Produktionsausfälle verringert werden. Für Stückzahlen von über 100 000 pro Jahr müssen die eingesetzten Beschichtungsprozesse schnell, robust und ressourceneffizient sein.

Vorgehensweise

In Zusammenarbeit mit Tenaris S.A., einem internationalen Unternehmen in der Öl- und Gasindustrie, wurde am Fraunhofer ILT ein maßgeschneiderter Prozess zur Herstellung verschleißresistenter Beschichtungen durch Extremes Hochgeschwindigkeits-Laserauftragschweißen (EHLA) entwickelt. EHLA ist eine neuartige Variante des Laserauftragschweißens (LA), das für Reparaturanwendungen und zur Herstellung von Verschleißschutzschichten mit Schichtdicken im Millimeterbereich weit verbreitet ist. Mit einer 10 bis 100 Mal höheren Prozessgeschwindigkeit können mit EHLA dünne Schichten mit Schichtdicken im Bereich von 25 bis 350 μm hergestellt werden.

Im Vergleich zu anderen Beschichtungsverfahren sind weder der Einsatz von Chemikalien noch aufwändige Oberflächenvorbereitungen notwendig. Darüber hinaus ist das EHLA-Verfahren ressourceneffizient: Ca. 80 bis 90 Prozent des eingesetzten Zusatzmaterials werden für die Schichtbildung genutzt.

Ergebnis

Unterschiedliche Beschichtungen wurden am Fraunhofer ILT hergestellt und durch Tenaris S.A. getestet. Die hergestellten Beschichtungen sind dicht, rissfrei und schmelzmetallurgisch mit dem Substrat verbunden und können den großen Beanspruchungen widerstehen. Gleichzeitig ist der Prozess wirtschaftlich, sodass die o. g. Stückzahlen zur Massenfertigung realisiert werden können.

Anwendungsfelder

Zur Entwicklung maßgeschneiderter EHLA-Prozesse stehen am Fraunhofer ILT unterschiedliche EHLA-Systeme für Bauteillängen von bis zu 1,5 m und einer Drehzahl von bis zu 2000 U/min zur Verfügung. In enger Zusammenarbeit mit verschiedenen Laserstrahlquellen- und Werkzeugmaschinenherstellern bietet das Fraunhofer ILT bei der Einrichtung von Produktionsprozessen Unterstützung in Form von Beratungen, Inbetriebnahmen und Schulungen vor Ort an.

Ansprechpartner

Dipl.-Ing. Thomas Schopphoven
Telefon +49 241 8906-8107
thomas.schopphoven@ilt.fraunhofer.de

3 Querschliff einer ca. 350 μm dicken Verschleißschutzschicht.
4 EHLA-Prozess.



1



2



3



4

ADDITIVE FERTIGUNG DURCH LASERAUFTRAGSCHWEISSEN MIT HOHER AUFTRAGSRATE

Aufgabenstellung

Bedingt durch die geringen Losgrößen und die hohen Zerspanungsvolumen bei zahlreichen Bauteilen aus Inconel® 718 (IN718) in der Luft- und Raumfahrtindustrie besteht ein großer Bedarf, diese additiv zu fertigen. Einer der Nachteile der pulverbettbasierten additiven Verfahren ist die vergleichsweise geringe Produktivität durch die niedrige Auftragsrate. Typische Auftragsraten beim Laserauftragschweißen (LA) von IN718 liegen bis dato bei weniger als 0,5 kg/h. Um die Produktivität des Prozesses zu erhöhen, werden deshalb Untersuchungen zur Steigerung der Auftragsrate beim Einsatz höherer Laserleistungen durchgeführt.

Vorgehensweise

Zunächst werden grundlegende Untersuchungen zum LA mit höheren Laserleistungen (bis zu 4 kW) durchgeführt. Um variable Spurbreiten einstellen zu können, wird eine Zoomoptik eingesetzt. Für die Pulverzufuhr wird eine koaxiale Pulverdüse derart modifiziert, dass hohe Pulvermassenströme (bis zu 3 kg/h) verarbeitet werden können und die Pulverdüse den hohen Laserleistungen standhält. Um große Bauteile bei der Herstellung vor Oxidation zu schützen, ist eine präzise Einstellung der Prozessbedingungen erforderlich. Hierzu wird eine lokale Schutzgasabschirmung realisiert.

- 1 *LA-Demonstrator 1:*
Pylon-Bracket-Segment (496 x 65 x 60 mm³).
- 2 *LA-Demonstrator 2: Rohrgeometrie*
mit Flanschen (150 x 150 x 185 mm³).

Ergebnis

Bei dem entwickelten Prozess können Auftragsraten von bis zu 2 kg/h realisiert werden. Die mechanischen Eigenschaften (Zugfestigkeit, Dehngrenze und Bruchdehnung) des auftragsgeschweißten Probenmaterials entsprechen den Anforderungen nach AMS5596. Mit einer angepassten Systemtechnik und den entwickelten Verfahrensparametern wurden diverse Demonstratoren hergestellt. Demonstrator 1 ist eine reale Komponente aus der Luftfahrt (Triebwerkaufhängung), die mit einer Auftragsrate von 0,6 kg/h und einem Pulverwirkungsgrad von 85 Prozent gefertigt wurde. Das Demonstratorbauteil 2 wurde mit einer Auftragsrate von ca. 1,2 kg/h bei einem Pulverwirkungsgrad von ca. 60 Prozent hergestellt.

Anwendungsfelder

Potenzial für die Additive Fertigung besitzen alle Bauteile, die ein hohes Zerspanungsvolumen aufweisen, z. B. Komponenten aus der Luft- und Raumfahrtindustrie oder Turbinenteile aus Hochleistungswerkstoffen zur Energieerzeugung.

Die Arbeiten wurden im Rahmen des EU-Projekts »AMAZE« unter dem Förderkennzeichen 313781 durchgeführt.

Ansprechpartner

Dr. Chongliang Zhong
Telefon +49 241 8906-8053
chongliang.zhong@ilt.fraunhofer.de

Dipl.-Ing Jochen Kittel
Telefon +49 241 8906-136
jochen.kittel@ilt.fraunhofer.de

»AMable« – SERVICES IM DIGITALEN DATENRAUM FÜR DIE ADDITIVE FERTIGUNG

Aufgabenstellung

Die Vielfalt der Möglichkeiten einer Additiven Fertigung stellt Unternehmen zunehmend vor neue Herausforderungen. Bereits bei der Formulierung erster Ideen soll Vertraulichkeit gewahrt bleiben, während zur Bewertung der Realisierbarkeit mit den unterschiedlichsten Partnern bereits diskutiert werden muss. Die Auflösung dieses Spannungsfelds benötigt interdisziplinäre Kompetenzen und sichere Datenräume.

Vorgehensweise

Das Fraunhofer ILT hat auf europäischer Ebene einen Verbund von Kompetenzzentren initiiert, der interessierten Unternehmen eine Vielzahl von Serviceangeboten bietet. So können Firmen gemeinsam mit Experten ein erstes Design zu ihrer Idee entwickeln und dieses digital dokumentieren. An anderer Stelle kann ein Unternehmen zur Klärung der Tragfähigkeit einer mechanischen Lösung beispielsweise eine Simulation durchführen lassen. Die Angebote in der sogenannten »Services Arena« reichen so von der Idee bis zur Prüfung des gefertigten Produkts, ganz nach dem Bedarf der Unternehmen.

Die Basis für eine durchgängige Dokumentation von Entwurfsdaten und Fertigungsinformationen ist eine neuartige Kombination aus Datenhaltung beim Dateneigner mittels einer AM (Additive Manufacturing)-relevanten Implementation eines »Industrial Dataspace« und der Verknüpfung von Datenblöcken mit kryptographischen Echtheitszertifikaten mittels der ersten AM-Blockchain. Das daraus entstehende System aus Service und Datenhaltung ist in Flexibilität, Variabilität und Individualität an die Bedürfnisse der Anwender angepasst.

Ergebnis

Mit dem Verbund entsteht ein Digitales Innovationszentrum (Digital Innovation Hub – DIH) als Anlaufstelle für Unternehmen, welche die Exploration ihrer additiven Produktionsidee im Hinblick auf wirtschaftliche und technische Tragfähigkeit in einem sicheren Daten- und Lösungsraum realisieren möchten.

Anwendungsfelder

Entworfen für die vielfältigen Herausforderungen der Additiven Fertigung eignet sich das Prinzip der lokalen Datenhaltung und verketteten Echtheitszertifizierung für eine Vielzahl von Vorgängen in der industriellen Fertigung.

Die Arbeiten werden im Rahmen des EU-Projekts »AMable« unter dem Förderkennzeichen 768775 durchgeführt.

Ansprechpartner

Dipl.-Ing. (FH) B. Eng. (hon) Ulrich Thombansen M.Sc.
Telefon +49 241 8906-320
ulrich.thombansen@ilt.fraunhofer.de

- 3 *Additive Fertigung von filigranen Strukturen.*
- 4 *Digitale Datenkette für AM-Daten*
von der Idee bis zum Produkt.



LASERPOLIEREN VON ADDITIV GEFERTIGTEN KUNSTSTOFFBAUTEILEN

Aufgabenstellung

Mit steigenden Anforderungen an individualisierte Produkte erobern neue Fertigungsverfahren, insbesondere die Additive Fertigung, den Markt. Für Kunststoffe sind gängige additive Verfahren das Selektive Lasersintern (SLS) oder das Fused Deposition Modeling (FDM). Trotz ihres großen Potenzials zur Individualisierung weisen sie insbesondere den Nachteil auf, dass die Oberflächenrauheit nach dem Prozess für viele Anwendungen zu hoch ist. Daher ist häufig ein Finishing der Oberfläche notwendig. Aktuelle Finishing-Verfahren sind z. B. das Gleitschleifen oder das manuelle Schleifen. Diese weisen jedoch Defizite wie Kantenverrundung, hohe Kosten oder Einarbeitung von Schleifmitteln in das Bauteil auf. Am Fraunhofer ILT wird daher ein berührungsloses, laserbasiertes Polierverfahren für additiv gefertigte Kunststoffbauteile entwickelt.

Vorgehensweise

Bei Bestrahlung einer Kunststoffoberfläche mit Laserstrahlung kann das Material oberflächennah aufgeschmolzen werden, ohne die Bauteilgeometrie zu beeinflussen. Im aufgeschmolzenen Zustand werden Risse und Poren an der Oberfläche verschlossen. Weiterhin wird die Rauheit der Oberfläche durch wirkende Oberflächenspannungskräfte verringert. Die Oberfläche erstarrt anschließend im geglätteten Zustand.

1 Laserpoliertes, SLS-gefertigtes Kunststoffbauteil aus PA12 (li.) und Ausgangszustand nach SLS-Prozess (re.).

Ergebnis

Untersuchungen an den Materialien PA6 und PA12 zeigen, dass die Oberflächenrauheit nach dem SLS-Prozess durch den Laserpolierprozess signifikant verringert und der Glanzgrad der Oberfläche erhöht werden kann. Bei PA12 kann die Rauheit durch die Laserpolitur mit kontinuierlicher CO₂-Laserstrahlung beispielsweise um einen Faktor 10 von der Ausgangsrauheit (nach SLS) Sa = 10 µm auf Sa = 1 µm verringert werden. Neben der Reduzierung der Rauheit können auch Poren an der Oberfläche weitestgehend verschlossen werden. Weitere mögliche Materialien sind z. B. PMMA, PEEK und PC.

Anwendungsfelder

Das Laserpolieren von additiv gefertigten Kunststoffbauteilen kann überall dort Anwendung finden, wo ein Oberflächenfinish notwendig ist. Beispiele sind die Medizintechnik oder Automobilindustrie.

Ansprechpartner

Karsten Braun M.Sc.
Telefon +49 241 8906-645
karsten.braun@ilt.fraunhofer.de

Dr. Edgar Willenborg
Telefon +49 241 8906-213
edgar.willenborg@ilt.fraunhofer.de



LASERBASIERTES ENTGRATEN UND POLIEREN VON BLECHEN UND DÜNNGLÄSERN

Aufgabenstellung

Beim Schneiden bzw. Trennen sowohl von metallischen Blechteilen als auch von Glasscheiben oder Dünngläsern lassen sich oftmals keine grat- und defektfreien Kanten realisieren. Aufgrund unterschiedlichster Anforderungen bzgl. Optik, Haptik und Festigkeit müssen die Kanten in einem nachfolgenden Prozess entgratet oder verrundet werden.

Vorgehensweise

Das Entgraten und Kantenverrunden von Gläsern und Metallen mit Laserstrahlung beruht auf der Absorption der Laserstrahlung in einer dünnen Randschicht des Werkstücks, sodass oberflächennah Material aufgeschmolzen wird. Im flüssigen Zustand kann die Rauheit aufgrund der Oberflächenspannung ausfließen und wird geglättet. Durch eine geeignete Wahl der Verfahrensparameter kann zudem eine definierte Verrundung der Kante eingestellt werden.

Ergebnis und Anwendungsfelder

Bei der Kantenpolitur von Gläsern mittels CO₂-Laserstrahlung werden durch das Aufschmelzen neben einer Verrundung der Kante auch Mikrorisse und Sub-Surface Damages ausgeheilt. Dabei können derzeit Glasscheiben mit Dicken ab 50 µm bearbeitet werden, um die Festigkeit der Gläser zu erhöhen. Durch die kontaktlose Bearbeitung, welche die Entstehung



neuer Defekte in der Glaskante vermieden, werden Bearbeitungsgeschwindigkeiten von bis zu 100 mm/s erreicht. Neben einigen Covergläsern können auch viele andere Gläser und optische Gläser wie Quarzglas oder N-BK7 bearbeitet werden, z. B. zur Entgratung blankgepresster Bauteile.

Bei der laserbasierten Kantenpolitur von Metallen ist wie bei der Politur von Gläsern neben der Rauheitsreduzierung und dem Ausheilen von Mikro-Defekten auch eine definierte Einstellung des Radius der Kantenverrundung möglich. So wurde durch die Laserpolitur die Dauerfestigkeit von Schubgliederketten in CVT-Getrieben um bis zu 200 Prozent erhöht, wodurch höhere Drehmomente oder alternativ kleinere Getriebe ermöglicht werden. Die bisherigen Untersuchungen wurden an Blechen mit Dicken von 100 µm bis zu 1,5 mm durchgeführt. Je nach Werkstoff sind Bearbeitungsgeschwindigkeiten von einigen 100 mm/s möglich. Industriell wird die laserbasierte Kantenpolitur von Metallen bereits im Automobilbau eingesetzt.

Ein Teil dieses Projekts wird finanziell durch die Fraunhofer-Gesellschaft unterstützt.

Ansprechpartner

Dipl.-Phys. Judith Kumstel
Telefon +49 241 8906-8026
judith.kumstel@ilt.fraunhofer.de

Christian Weingarten M.Sc.
Telefon +49 241 8906-282
christian.weingarten@ilt.fraunhofer.de

2 Teilweise laserverrundete Blechkanten aus Edelstahl (Blechdicke 1,5 mm).
3 Ausgangszustand (li.) und laserverrundetes (re.) Dünnglas (Glasdicke 100 µm).



1



2



3

ADDITIVE LASERBASIERTE HERSTELLUNG VON DICKSCHICHT-SENSORIK FÜR DIE BAUTEILÜBERWACHUNG

Aufgabenstellung

Die Lebensdauer und die Funktion von mechanischen Bauteilen werden insbesondere durch Einflüsse wie Temperaturüberhöhungen oder statische sowie dynamische Überbelastungen negativ beeinflusst. Um größere Schäden an massiven Strukturkomponenten, wie z. B. Windradwälzlager und Turbinenschaufeln, zu vermeiden, entwickelt das Fraunhofer ILT im Fraunhofer-Gemeinschaftsprojekt »INFUROS« in Zusammenarbeit mit den Fraunhofer-Instituten IKTS (Materialentwicklung) und IZM (Elektronikentwicklung) gedruckte und laserfunktionalisierte Sensorsysteme für die bauteilverbundene Überwachung (Structural Health Monitoring (SHM)) von massiven, metallischen Bauteilen in Temperaturbereichen bis 500 °C.

Vorgehensweise

Die metallischen Strukturkomponenten werden in einem ersten Schritt mittels Laservorbehandlung gereinigt und die Oberflächeneigenschaften für das anschließende Beschichtungsverfahren angepasst. Dabei werden die mechanischen (mittels Oberflächenaufrauung) und chemischen Haftungseigenschaften (mittels gezielter Oberflächenoxidation) erhöht. Im nächsten Schritt folgt die nasschemische Applikation der

Dickschichtpaste mit Schichtdicken von 10 bis 40 µm zur Herstellung der ersten elektrischen Isolationsschicht. Diese wird anschließend mittels Laserstrahlung selektiv thermisch nachbehandelt, um eine haftende und elektrisch isolierende Schicht zu erzeugen. Es folgen die Wiederholungen der Schritte Deposition und Lasernachbehandlung weiterer Isolations-, Leiter-, Widerstands- oder piezoelektrischer Schichten bis zur Fertigstellung der Mehrlagensensorstruktur.

Ergebnis

Neben der Senkung von Prozesszeiten gegenüber konventionellen Nachbehandlungsverfahren von mehreren Minuten bis Stunden auf wenige Sekunden pro Durchgang ist es nun möglich, auch auf zuvor nicht prozessierbaren temperaturempfindlichen Stählen (gehärtet, z. B. 100Cr6) mehrlagenbasierte Sensorstrukturen wie bspw. Dehnmessstreifen (DMS) auf Wälzlagern additiv herzustellen.

Anwendungsfelder

Mithilfe des additiven, inline-fähigen Ansatzes wird es möglich, massive Strukturkomponenten mit Dickschichtsensorik zu versehen. Zu den Anwendungsfeldern gehören Temperatur-, Dehnungs- oder Körperschallsensorüberwachungen von temperaturempfindlichen und Hochtemperatur-Strukturkomponenten (z. B. Windradwälzlager und Turbinenschaufeln).

Ansprechpartner

Dr. Christian Vedder
Telefon +49 241 8906-378
christian.vedder@ilt.fraunhofer.de

- 1 Wälzlager mit aufgedruckten und laserfunktionalisierten Dehnmessstreifen (DMS) unterschiedlicher Fertigstellungsstufen.
2 Additiv gefertigter Piezo-Körperschallsensor im Aufbau.

ADDITIVE HERSTELLUNG ELEKTRISCHER FUNKTIONSSCHICHTEN AUF 2D- UND 3D-BAUTEILEN

Aufgabenstellung

Im Zuge des wachsenden Bedarfs an individualisierten Industrieprodukten werden Fertigungsprozesse benötigt, welche individuelle Anforderungen an ein Produkt fertigungstechnisch effizient umsetzen. Bisher wird die elektrische Versorgung von Individualpaketen im Automobilbereich bspw. per Handkonfektionierung von Kabelsträngen sichergestellt und die Überwachung von Bauteilbeanspruchungen (Structural Health Monitoring (SHM)) über manuelle Applikation von Dehnmessstreifen möglich gemacht. Ein- und Ausschleusprozesse sowie manuelle Fertigungsschritte für die Individualisierung von Massenprodukten stellen daher einen großen Kostenfaktor dar. Digitale Druck- und Laserverfahren bieten großes Potenzial, diese Prozesse durch inline-fähige, reproduzierbare Automatisierung zu beschleunigen und kosteneffizient zu realisieren. Weiterhin können hierdurch völlig neuartige Funktionen in ein Produkt integriert werden.

Vorgehensweise

Zur Funktionsintegration in Produkte werden Laserverfahren entwickelt, die in Kombination mit digitalen Druckverfahren (Dispensen, Inkjet & Aerosol Jet etc.) die Herstellung von Sensoren, Aktoren sowie dafür benötigte Versorgungsleitungen auf 2D- und 3D-Bauteilen ermöglichen. Als Substrate werden metallische und optische Werkstoffe sowie Faserverbundwerkstoffe genutzt. Nach einer Laservorbehandlung zur Anpassung der Oberflächeneigenschaften werden mittels digitaler

Druckverfahren mit Funktionspartikeln gefüllte Pasten oder Tinten auf das Bauteil aufgebracht und anschließend selektiv mittels Laserstrahlung thermisch nachbehandelt (gehärtet, geschmolzen, gesintert etc.).

Ergebnis

Durch die Anwendung digitaler Druck- und Laserverfahren können Produkte aus Massenfertigung mittels elektrischer Funktionsschichten wie Isolatoren oder Leiter individualisiert werden. Im Vergleich zu Ofenprozessen weisen die so hergestellten Schichten gleiche oder bessere elektrische Eigenschaften bei geringerer thermischer Belastung des Substratmaterials auf.

Anwendungsfelder

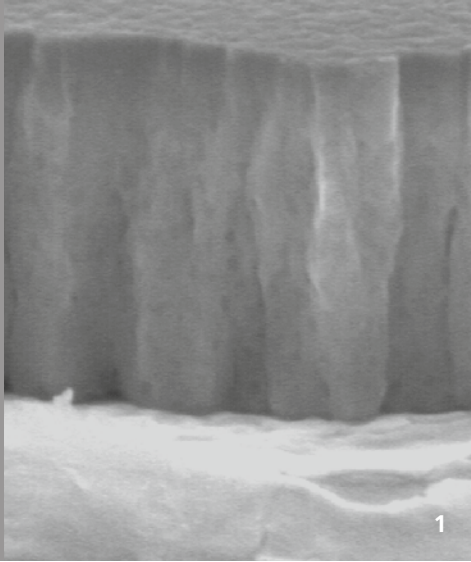
Die mittels digitaler Druck- und Laserverfahren hergestellten Funktionsschichten können in verschiedensten Anwendungsfeldern (z. B. Automobilbau, Luft- und Raumfahrt) eingesetzt werden. Besonders relevant sind die so hergestellten Funktionsschichten für individualisierte smarte Produkte im Bereich »Internet of Things« sowie »Structural Health Monitoring«. Die dargestellten Forschungsarbeiten sind Bestandteil des Fraunhofer-Leitprojekts »Go Beyond 4.0«.

Ansprechpartner

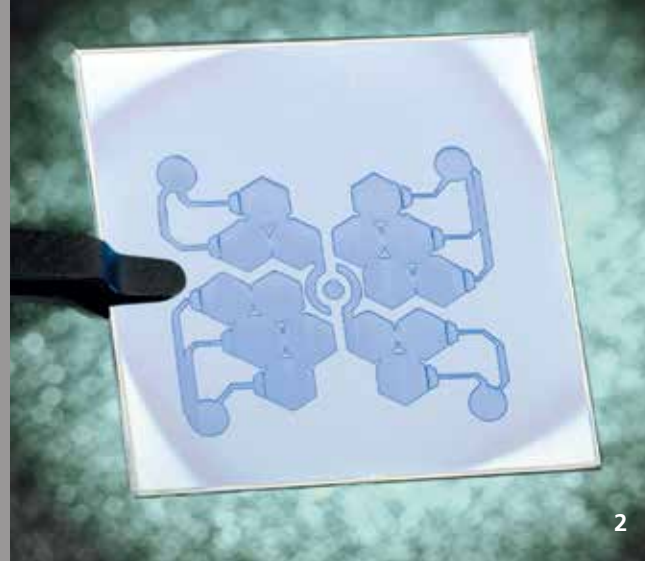
Jonas Mertin M.Sc.
Telefon +49 241 8906-8308
jonas.mertin@ilt.fraunhofer.de

Dr. Christian Vedder
Telefon +49 241 8906-378
christian.vedder@ilt.fraunhofer.de

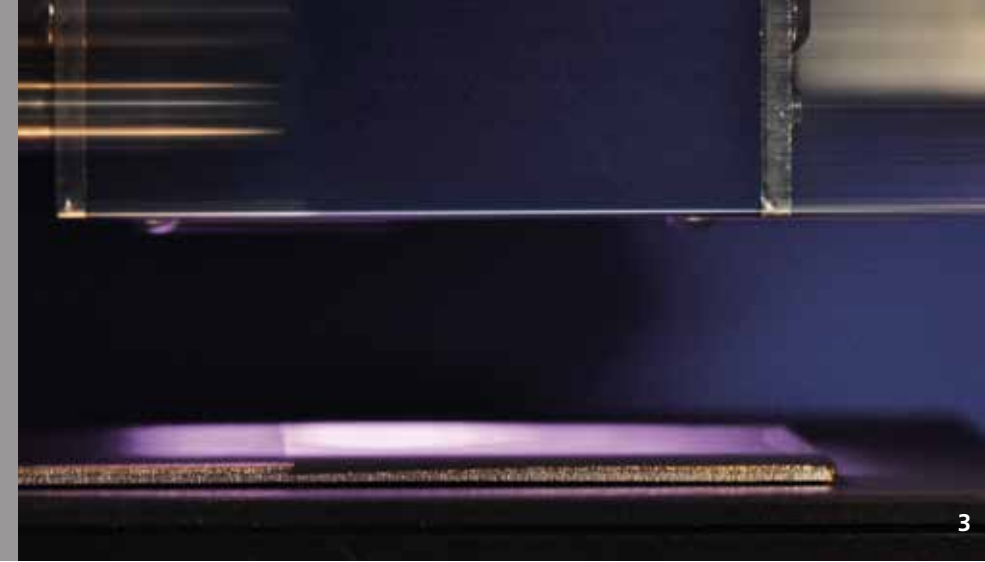
- 3 Mittels Druck- und Laserverfahren hergestellte Funktionsschichten auf einer Metallkugel.



1



2



3

ADDITIVE, LASERBASIERTE HERSTELLUNG PIEZO-ELEKTRISCHER SCHICHTEN

Aufgabenstellung

Im Zuge der Miniaturisierung und der zunehmenden Integration von elektrischen Schaltungen gewinnen mikroelektromechanische Systeme (MEMS) weiter an Bedeutung. Für Mikroaktuatoren werden piezoelektrische Materialien verwendet, die sich bei Anlegen eines elektrischen Feldes mechanisch verformen. Sol-Gel-basierte Systeme aus Blei-Zirkonat-Titanat (PZT) zeichnen sich gegenüber anderen Materialsystemen durch ihre ausgeprägten dielektrischen und piezoelektrischen Eigenschaften bei gleichzeitig dünn applizierbaren Schichtdicken aus, müssen jedoch mittels einer thermischen Nachbehandlung kristallisiert werden. Im Gegensatz zu konventionellen Ofenverfahren sind Laserverfahren in der Lage, ortsselektiv kurzzeitig kleine Volumina zu erhitzen und damit den thermischen Einfluss auf das beschichtete Substrat zu reduzieren.

Vorgehensweise

Sol-Gel-basierte PZT-Precursor-Lösungen werden auf speziell präparierte Siliziumwafer im Spin-Coat-Verfahren aufgeschleudert. Anschließend werden in einem laserbasierten Prozess die organischen Bestandteile entfernt (Pyrolyse) und die Schichten kristallisiert (Funktionalisierung). Eine nasschemische Applikation

und Lasernachbehandlung werden mehrfach durchgeführt, um dickere Schichten zu erhalten. Die Verfahrensentwicklung wird durch Simulationen der laserinduzierten Temperatur-Zeitverläufe unterstützt.

Ergebnis

Mittels Laserstrahlung können sowohl Einzelschichten mit Dicken von ca. 50 nm als auch Mehrfachschichten mit einer Gesamtdicke von bis zu 200 nm kristallisiert werden. Die kolumnare Mikrostruktur kann durch Anpassung der Laserverfahrensparameter gesteuert werden. Die laserkristallisierten Schichten zeigen dem Ofenverfahren nahezu gleiche ferro- und piezoelektrische Eigenschaften ($2P_r \approx 60 \mu\text{C}/\text{cm}^2$, $d_{33} \approx 100 \text{ pm/V}$).

Anwendungsfelder

Die Anwendungsfelder hocheffizienter piezoelektrischer Schichten reichen von der Sensorik, z. B. zur Messung von Körperschall, und der Aktorik in Mikropumpen und -relais über Tintenstrahldrucker bis hin zum Einsatz in der Kommunikationstechnik.

Das diesem Bericht zugrundeliegende FuE-Vorhaben wird im Auftrag des Bundesministeriums für Bildung und Forschung BMBF unter dem Förderkennzeichen 03VPP02223 durchgeführt.

Ansprechpartner

Samuel Fink M.Sc.
Telefon +49 241 8906-624
samuel.fink@ilt.fraunhofer.de

Dr. Christian Vedder
Telefon +49 241 8906-378
christian.vedder@ilt.fraunhofer.de

VCSEL-BASIERTE LACKAUSHÄRTUNG IM INLINE-VERFAHREN

Aufgabenstellung

Steigende Anforderungen hinsichtlich Verschleiß- und Korrosionsbeständigkeit, Reibungskoeffizienten und Härte übersteigen zunehmend die Eigenschaften der derzeitigen Grundmaterialien. Aus diesem Grund werden artfremde Schichten auf den Grundwerkstoff aufgebracht, um die geforderten Eigenschaften zu erzielen. Für die häufig nach dem Beschichten notwendige thermische Nachbehandlung bieten laserbasierte gegenüber konventionellen Verfahren Vorteile, insbesondere im Hinblick auf örtliche und zeitliche Steuerung des Temperaturprofils sowohl im Werkstück als auch in der Beschichtung. Mittels Vertical Cavity Surface Emitting Laser (VCSEL) ist es möglich, die Intensitätsverteilungen dem Anwendungsfall individuell anzupassen.

Vorgehensweise

Derzeit wird ein VCSEL-Modul mit einer maximalen Ausgangsleistung von 2,2 kW, einer Strahlaustrittsfläche von 40 x 55 mm² und insgesamt zwölf individuell ansteuerbaren Emittierreihen zum Trocknen und Härten von warmhärtenden Lacken auf Edelstahlsubstraten verwendet. Das Intensitätsprofil wird dabei vorab berechnet und die Durchlaufgeschwindigkeit des Materials individuell angepasst, sodass das Aushärten des Lacks schnellstmöglich erfolgt, ohne die Beschichtung oder das Substratmaterial zu schädigen.

Ergebnis

Das Warmaushärten von Lacken und das Trocknen von nasschemisch aufgetragenen Pasten mit applikationsangepassten Intensitätsverteilungen von VCSEL-Modulen ist auch in dynamischen Durchlaufprozessen bei gleichmäßiger Bearbeitungsqualität der Schicht möglich und zeigt damit seine Inline-Fähigkeit. Sowohl der Verschleißkoeffizient als auch die Härte der Schichten können gegenüber konventionellen Verfahren verbessert und die Dauer der Nachbehandlung um einen Faktor 100 im Vergleich zu Ofenverfahren gesenkt werden.

Anwendungsfelder

Die VCSEL-basierte Funktionalisierung eignet sich insbesondere für dünne, großflächig aufgetragene Schichten, die durch eine Temperatureinbringung getrocknet oder gehärtet werden sollen. Anwendungsfelder sind u. a. der Verschleiß- und Korrosionsschutz, die Tribologie sowie die Elektronik.

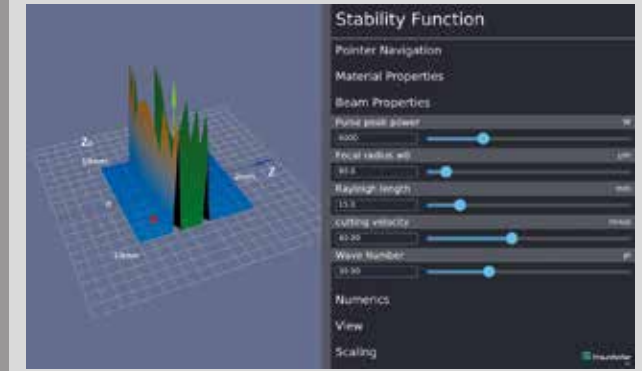
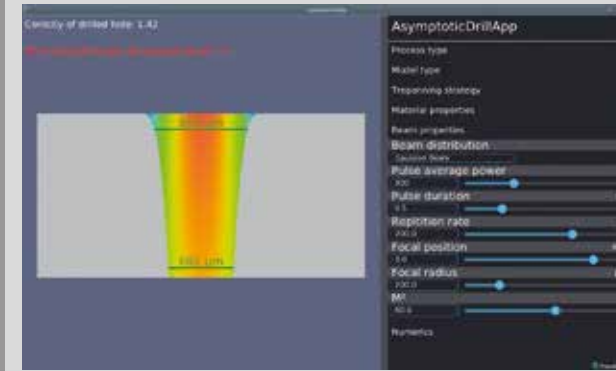
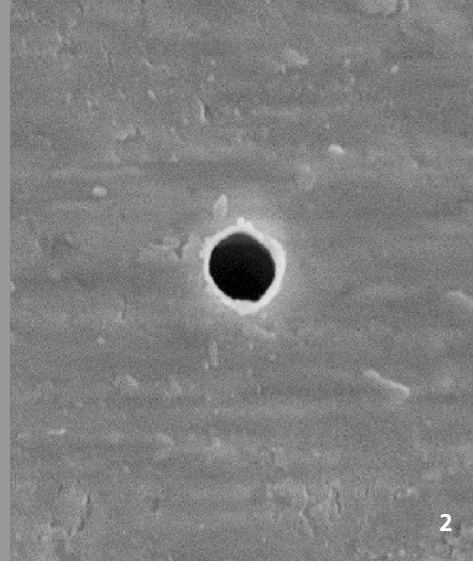
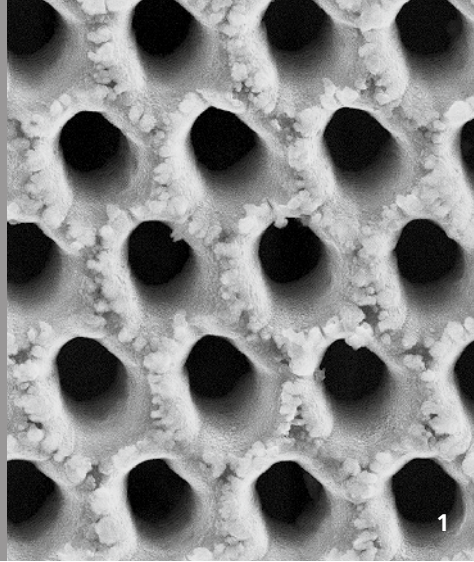
Das diesem Bericht zugrundeliegende FuE-Vorhaben wird im Auftrag des Bundesministeriums für Bildung und Forschung BMBF unter dem Förderkennzeichen 13N13476 durchgeführt.

Ansprechpartner

Susanne Wollgarten M.Sc.
Telefon +49 241 8906-372
susanne.wollgarten@ilt.fraunhofer.de

Dr. Jochen Stollenwerk
Telefon +49 241 8906-411
jochen.stollenwerk@ilt.fraunhofer.de

3 Dynamisch bewegtes VCSEL-Modul während der Lackaushärtung (Seitenansicht).



LASERSTRAHLBOHREN VON MIKROFILTERN

Aufgabenstellung

Mechanisch stabile Oberflächenfilter werden zur Aufbereitung von Abwasser, Treibstoffen oder für Anwendungen in der Lebensmittel- und Kosmetikindustrie verwendet. Diese Filter zeichnen sich durch ihre geringe Materialstärke und große Anzahl bzw. Dichte an Löchern aus. Insbesondere die Fertigung von Filtern mit Porengrößen im einstelligen μm -Bereich und großer geöffneter Fläche ist technisch herausfordernd.

Vorgehensweise

Am Fraunhofer ILT wird ein Perkussionsbohrprozess mittels ultrakurz gepulster (UKP) Laserstrahlung eingesetzt. Dabei kommt kurzwellige Laserstrahlung mit einer Wellenlänge von 532 nm (grün) oder 355 nm (ultraviolett) zum Einsatz, die eine präzise Bearbeitung mit einem Fokusdurchmesser kleiner als 10 μm ermöglicht. Aufgrund der sehr kurzen Licht-Materie-Wechselwirkungszeiten ermöglicht der Einsatz von UKP-Laserstrahlung hochpräzise Materialbearbeitung bei vernachlässigbar geringem thermischen Einfluss im Werkstück. So wird das präzise Bohren von sehr kleinen Löchern in Feldern mit dünnen Stegen möglich. Gleichzeitig erlaubt die hohe Intensität der ultrakurzen Pulse einen nahezu material-unabhängigen Materialabtrag, wodurch dichte Bohrraster in Kunststoffen, Metallen, Keramiken oder Gläsern realisierbar sind.

1 Eintrittsseite eines Lochrasters
mit sub-10 μm Bohrlöchern.

2 Lochaustritt in 50 μm dicker Titanfolie
mit einem Durchmesser von 2 μm .

Ergebnis

Mit dem hier vorgestellten Verfahren lassen sich sowohl einzelne Löcher als auch Lochraster mit maßgeschneiderter Lochgröße, Geometrie und Pitch (Lochmittenabstand) realisieren. Dabei kann die geöffnete Fläche anwendungsspezifisch eingestellt werden. Durch den reduzierten Wärmeeintrag in das Werkstück können Lochgrößen mit einem Durchmesser von bis zu 2 μm im Austritt und einer maximalen geöffneten Fläche von ca. 20 Prozent reproduzierbar hergestellt werden. Das UKP-Laserperkussionsbohren ist nahezu materialunabhängig und für Werkstücke mit einer Dicke von bis zu 500 μm anwendbar.

Anwendungsfelder

Ein dichtes Bohrraster bestehend aus Bohrungen mit einem Durchmesser von unter 10 μm ermöglicht die Herstellung von perforierten Folien oder Filtern zur Abscheidung von Partikeln aus Flüssigkeiten oder Gasen. Mögliche Anwendungsgebiete sind die Filtration von Lebensmitteln, wie Bierfiltration, Molkeabscheidung und Saftherstellung, die Abscheidung von Mikroplastik oder die Aufbereitung von Abwasser und Kraftstoffen. Weiterhin lassen sich mit derartig feinporigen Filtern Emulsionen herstellen.

Ansprechpartner

Dipl.-Ing. Stefan Janssen M.Sc.
Telefon +49 241 8906-8076
stefan.janssen@ilt.fraunhofer.de

Dipl.-Phys. Martin Reininghaus
Telefon +49 241 8906-627
martin.reininghaus@ilt.fraunhofer.de

SIMULATIONSTOOLS FÜR DEN EINSATZ IM INDUSTRIELLEN ALLTAG

Aufgabenstellung

Angesichts der ständig steigenden Marktanforderungen und der damit verbundenen immer komplexeren Prozesse sind Prozesssimulationen zu einem unverzichtbaren Werkzeug für das industrielle Prozessdesign bzw. die Prozessoptimierung geworden. Dies gilt insbesondere für Laserbearbeitungsverfahren. Bedingt durch zu große Berechnungszeiten kann jedoch mit aktuell verfügbaren Simulationswerkzeugen meist nur ein kleiner Teil des Parameterbereichs untersucht werden. Aus diesem Grund ist eine Integration von Prozesssimulationen in den industriellen Alltag, wie beispielsweise eine digitale Unterstützung auf der Fertigungsebene, noch nicht in Sicht. Die Aufgabenstellung bei der Entwicklung zukünftiger Simulationswerkzeuge besteht somit darin, insbesondere dem Nicht-Simulationsexperten eine einfache Nutzung zu ermöglichen und gleichzeitig durch geringe Berechnungszeiten und Ressourcenanforderungen einen nutzbringenden Einsatz im industriellen Alltag zu gewährleisten.

Vorgehensweise

Basierend auf Ansätzen der Modellreduktion hat das Fraunhofer ILT »schnelle« Prozesssimulationen entwickelt, die es ermöglichen, wesentlich größere Bereiche des Parameterraums auf wirtschaftlich vertretbaren Zeitskalen zu untersuchen. Um eine möglichst intuitive Nutzung zu ermöglichen, sind die Simulationswerkzeuge mit einer graphischen Benutzeroberfläche (GUI) ausgestattet. Die Werte einzelner Verfahrensparameter können mithilfe von Schiebern eingestellt werden, während das Simulationsergebnis in einem angrenzenden Fenster »online« angezeigt wird.

Ergebnis

Als erste Anwendungen wurden reduzierte Modelle für das Bohren metallischer Werkstoffe mit langgepulster Laserstrahlung sowie zur Beschreibung der Stabilitätseigenschaften des Schmelzfilms und der damit verbundenen Riefenbildung beim Schmelzschnneiden entwickelt. Die Modelle wurden in den echtzeitfähigen Simulations-Apps »AsymptoticDRILL« (Bild 3) und »StabCUT« (Bild 4) implementiert. Die Apps sind sowohl auf klassischen Endgeräten als auch auf Smart Devices, wie Tablets oder Smartphones, ausführbar und werden vom Fraunhofer ILT als Lizenzsoftware angeboten.

Anwendungsfelder

Die Methodik der reduzierten Modellierung ist auf alle Prozesse anwendbar. Zukünftige Anwendungsgebiete sind beispielsweise das Bohren mit ultrakurz gepulster Laserstrahlung oder die Additive Fertigung.

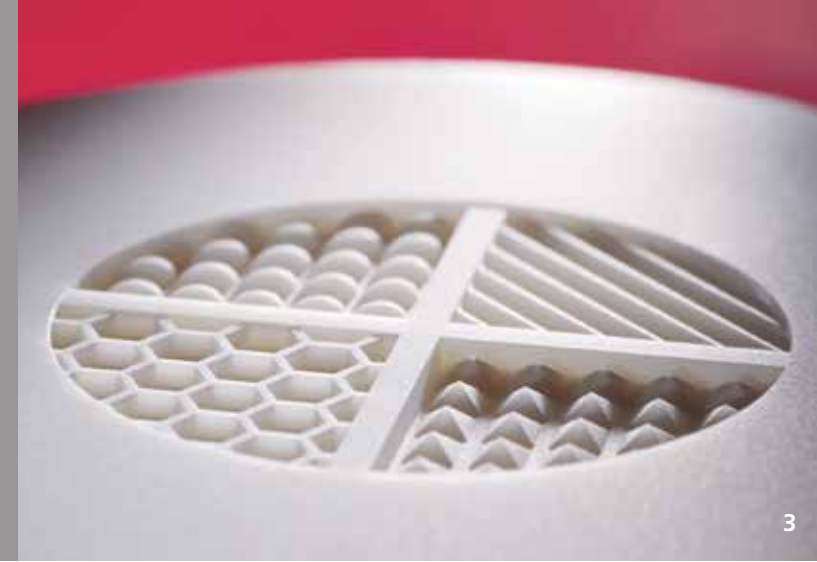
Ansprechpartner

Dr. Torsten Hermanns
Telefon +49 241 8906-8367
torsten.hermanns@ilt.fraunhofer.de

You Wang M.Sc.
Telefon +49 241 8906-163
you.wang@ilt.fraunhofer.de

3 Benutzeroberfläche von »AsymptoticDRILL«.
Schieber zum Einstellen der Parameter (re.),
simulierte Bohrungsform (li.).

4 Benutzeroberfläche von »StabCUT«.
Schieber zum Einstellen der Parameter (re.),
Stabilität des Schmelzfilms über
der Schnitttiefe und der Fokusslage (li.).



LASERSTRUKTURIEREN IM ROLLE-ZU-ROLLE-VER- FAHREN

Aufgabenstellung

Für die effiziente Bearbeitung von dünnen und flexiblen Materialien bietet sich das Rolle-zu-Rolle-Produktionsverfahren an. Hierdurch können kosteneffiziente Produkte für ein breites Anwendungsspektrum gefertigt werden, da sowohl preiswerte Substratmaterialien als auch ein hochproduktiver Prozess zum Einsatz kommen. Insbesondere Produkte aus dem Bereich der Polymerelektronik werden auf diese Art hergestellt. Da konventionelle Strukturierungsverfahren wie Lithographie nur bedingt in die Prozesskette einer Rolle-zu-Rolle-Produktion implementiert werden können, werden laserbasierte Prozesse zur parallelisierten Strukturierung von Oberflächen und zur galvanischen Trennung von funktionalen Dünnschichten eingesetzt. Der Einsatz von ultrakurz gepulster Laserstrahlung (UKP) ermöglicht dabei sowohl eine nahezu materialunabhängige Bearbeitung als auch eine signifikante Steigerung der räumlichen Auflösung.

Vorgehensweise

Durch den Einsatz hochrepetierender UKP-Laserstrahlung in Kombination mit maßgeschneiderten optischen Systemen zur Strahlformung und Parallelisierung werden leistungsfähige Verfahrenskomponenten in ein Rolle-zu-Rolle-Fertigungssystem integriert. Mit angepassten Ablationsstrategien sowie zeitlicher

und räumlicher Energiemodulation lassen sich große Prozessgeschwindigkeiten und ein selektiver Laserabtrag von dünnen Schichten auf metallischen und Polymer-Substraten realisieren.

Ergebnis

Für die kontinuierliche, laserbasierte Strukturierung von halbleitenden Schichten im Bereich der Dünnschichtphotovoltaik wurde eine Rolle-zu-Rolle-Anlage realisiert. Das implementierte optische Gesamtsystem ermöglicht einen parallelisierten, selektiven Materialabtrag bei einem kontinuierlichen Vorschub des Bandmaterials. Neben einer sensorischen Überwachung des zu bearbeitenden Bandmaterials in Verbindung mit dem Einsatz von Galvanometerscannern ist zudem eine geometrisch flexible Bearbeitung und Prozessüberwachung bzw. -regelung möglich. Die Kombination aus Parallelisierung und Prozessregelung ermöglicht eine hochpräzise Materialbearbeitung bei großen Durchsatzraten.

Anwendungsfelder

Die gewonnenen Erkenntnisse aus der Dünnschichtphotovoltaik lassen sich auf die Fertigung von flexiblen OLED-Displays, Solid-State-Batterien, Elektronikschaltungen sowie RFID- und Sensoranwendungen übertragen.

Die Arbeiten werden im Rahmen des »EFRE-Programms 2014-2020« für Nordrhein-Westfalen unter dem Förderkennzeichen EU-1-1-078 durchgeführt.

Ansprechpartner

Dipl.-Ing. Christian Hördemann
Telefon +49 241 8906-8013
christian.hoerdemann@ilt.fraunhofer.de

LASERBEARBEITUNG VON HOCHLEISTUNGSKERAMIK

Aufgabenstellung

Aufgrund herausragender thermischer, mechanischer, elektrischer und chemischer Eigenschaften finden keramische Werkstoffe zunehmend Anwendungen in Bereichen wie der Medizintechnik, dem Lager- und Dichtungsbau, dem Turbomaschinenbau und der Hochleistungselektronik. Durch die hohe Härte und Festigkeit in Verbindung mit einer geringen Bruchzähigkeit sind Keramiken mit konventionellen Fertigungsverfahren nur schwer zu bearbeiten. Herausforderungen liegen in den kurzen Werkzeugstandzeiten und der Erzeugung von unerwünschten Mikrorissen bei der Bearbeitung.

Vorgehensweise

Am Fraunhofer ILT wird der Einsatz von kurz (Nanosekunden) und ultrakurz (Pikosekunden) gepulster Laserstrahlung (UKP) für die Bearbeitung verschiedener technischer Keramiken untersucht. Der entscheidende Vorteil gegenüber konventionellen Verfahren liegt hierbei beim quasi verschleißfreien Werkzeug und der kontaktlosen Bearbeitung.

Ergebnis

Durch den Einsatz von UKP-Laserstrahlung können verschiedene Keramiken, wie Zirkonoxid, Aluminiumoxid oder Siliziumcarbid, ohne Erzeugung von Rissen bearbeitet werden. Bei Verwendung von Hochleistungs-UKP-Laserstrahlquellen werden vergleichsweise hohe Volumenabtragraten von bis zu 250 mm³/min erzielt. So können Keramiken produktiv

und präzise getrennt, gebohrt oder strukturiert werden. Im Vergleich zu Nanosekundenpulsen können mit Pikosekundenpulsen nicht nur bessere Bearbeitungsqualitäten, sondern auch höhere Abtragraten bei gleicher Laserleistung realisiert werden.

Anwendungsfelder

Anwendungsfelder liegen beispielsweise bei der Erzeugung von funktionellen Oberflächenstrukturen für keramische Gleitlager oder Dichtungen, bei der Einbringung von hochpräzisen Durchgangs- oder Sacklockbohrungen für Anwendungen in der Hochleistungselektronik oder der Bearbeitung von keramischen Schneidwerkzeugen.

Ansprechpartner

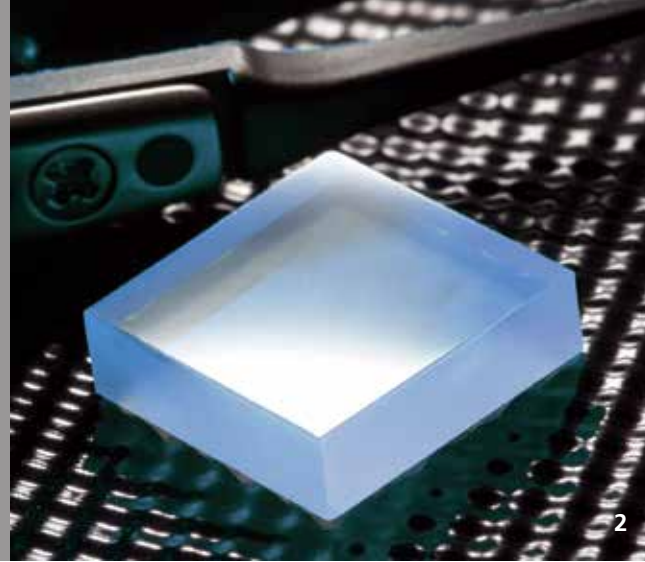
Dr. Johannes Finger
Telefon +49 241 8906-472
johannes.finger@ilt.fraunhofer.de

Dipl.-Phys. Martin Reininghaus
Telefon +49 241 8906-627
martin.reininghaus@ilt.fraunhofer.de

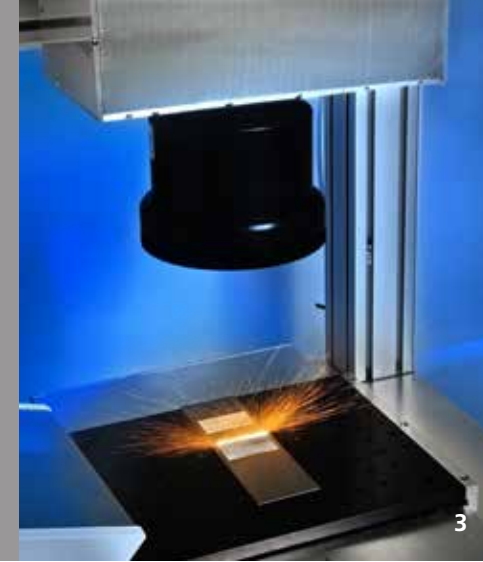
- 3 Mittels UKP-Laserstrahlung erzeugte Oberflächenstruktur auf Oxidkeramik.
4 Mittels UKP-Laserstrahlung erzeugte Bohrraster auf Oxidkeramik.



1



2



3



4

PRÄZISIONSBEARBEITUNG VON TRANSPARENTEN KERAMIKEN MIT ULTRA- KURZPULSLASERSTRAHLUNG

Aufgabenstellung

Neuartige Prozesse ermöglichen die Herstellung von transparenten Keramiken mit einer Transmission von über 85 Prozent. Durch die Verarbeitung geeigneter Pulverrohstoffe können mechanisch hochfeste, transparente Keramiken mit Werkstoffdicken im Bereich weniger 100 µm bis hin zu mehreren Millimetern hergestellt werden. Die einzigartigen mechanischen, optischen und thermischen Eigenschaften dieser Materialklasse erfordern Bearbeitungs- und Konfektionierungstechnologien, mit denen die Materialien mit hoher Qualität und Produktivität für spezifische Anwendungen prozessiert werden können.

Vorgehensweise

Am Fraunhofer ILT werden Verfahren zum Strukturieren und Trennen der neuartigen transparenten Keramiken mithilfe von ultrakurz gepulster Laserstrahlung (UKP) untersucht und entwickelt. Die Verwendung von Pulsdauern kürzer als 10 ps bietet durch selektive Fokussierung der Laserstrahlung die Möglichkeit, präzise und kontaktlos Oberflächen- und Volumenstrukturen mit Genauigkeiten von 1 µm schädigungsarm zu bearbeiten. Darüber hinaus wird für einen produktiven

Trenn- bzw. Bearbeitungsprozess die räumliche und zeitliche Energiedeposition durch geeignete Systemtechnik exakt auf die Absorptionseigenschaften der transparenten Keramiken eingestellt.

Ergebnis

Zur Realisierung eines effektiven Laserbearbeitungsprozesses wird die Absorption der Laserstrahlung von den transparenten Keramiken mithilfe von grundlegenden Pump-Probe-Messungen auf einer Zeitskala im Bereich einiger Pikosekunden analysiert. Durch das generierte Prozessverständnis wird eine Pulsdauer und -form ermittelt, für welche die Keramik effektiv mit einer reduzierten Schädigung in Bereichen an der Schnittfuge bearbeitet werden kann. Durch das Einstellen der Pulsdauer, Fokussierungsbedingungen sowie der Prozessstrategie können gezielt sowohl Größe als auch Morphologie der erzeugten Strukturen angepasst werden.

Anwendungsfelder

Die bearbeiteten transparenten Keramiken können als kratzfeste Schutzcover für eine Vergrößerung der Verschleißfestigkeit von Bauteilen für Schalt- und Displayelemente in der Automobilindustrie verwendet werden. Darüber hinaus können dünne, flexible, transparente Keramiken für biegsame Elektronik im Bereich der Unterhaltungselektronik eingesetzt werden.

Das Projekt »CeGlaFlex« wird im Rahmen des Fraunhofer-internen Programms »MAVO« gefördert.

Ansprechpartner

Christian Kalupka M.Sc.
Telefon +49 241 8906-276
christian.kalupka@ilt.fraunhofer.de

1 Kavitäten hergestellt
durch Ultrakurzpulsabtrag.
2 Transparente Keramik.

HOCHGESCHWINDIGKEITS- LASERMIKROSTRUKTURIE- RUNG FÜR KUNSTSTOFF- METALL-HYBRIDE

Aufgabenstellung

Besonders in der Automobil- und Luftfahrtbranche ist die Einsparung von Gewicht durch innovative Leichtbaukonzepte eine wichtige Herausforderung. Beim Ansatz des Multi-Material-Leichtbaus werden Werkstoffe angepasst an die lokalen Belastungen und Anforderungen ausgewählt. Die Kosten zur Herstellung leichter Komponenten sollten hierbei möglichst konstant bleiben bei vergleichbaren oder sogar verbesserten Bauteileigenschaften. Um dies zu erreichen, sind schnelle, zuverlässige und kostengünstige Fügeverfahren zum Verbinden artungleicher Werkstoffe, wie z. B. Kunststoff und Metall, notwendig.

Vorgehensweise

Das Fraunhofer ILT erforscht seit vielen Jahren das laserbasierte Fügen von Kunststoffen mit Metallen. Hierbei werden mittels Lasermikrostrukturierung hinterschnittige Kavitäten im Metall erzeugt, um diese im anschließenden thermischen Fügeprozess mit Kunststoffschmelze zu füllen. Um die Produktivität dieser Prozesskette zu erhöhen, wurde ein polygonbasiertes Scannersystem zur Lasermikrostrukturierung entwickelt, welches eine kontinuierliche Hochgeschwindigkeitsprozessführung unter Einsatz von Hochleistungsfaserlasern ermöglicht. Die Erzeugung von Kavitäten mit sehr hohen Prozessgeschwindigkeiten wurde für diverse Materialien untersucht.

Ergebnis

Durch den Einsatz des Hochgeschwindigkeitsscanners lassen sich bei der Lasermikrostrukturierung Flächenraten von bis zu 1000 cm²/min erreichen. Dies entspricht einer Produktivitätssteigerung um das 2,5-fache. Die Machbarkeit wurde für diverse metallische Materialien, wie z. B. hochfeste Stähle, Titan und Aluminium, nachgewiesen.

Anwendungsfelder

Das System wurde für die Oberflächenvorbehandlung von Tapelegeprozessen in der Automobilbranche entwickelt. Die Hinterschnittstrukturen ermöglichen darüber hinaus hochfeste Verbindungen mit verschiedensten thermischen Fügeverfahren. Durch die hohe Produktivität des Verfahrens eignet sich der Prozess insbesondere für kontinuierliche Fügeverbindungen, wie z. B. bei Fensterrahmenprofilen.

Die Arbeiten wurden im Rahmen des EU-Projekts »ComMUnion« unter dem Förderkennzeichen 680567 durchgeführt.

Ansprechpartner

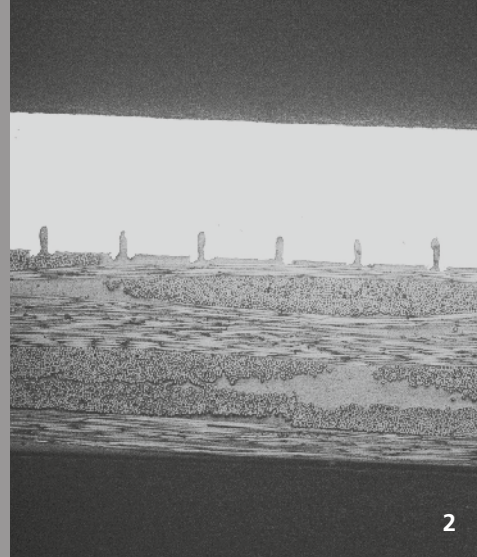
Kira van der Straeten M.Sc.
Telefon +49 241 8906-158
kira.van.der.straeten@ilt.fraunhofer.de

Dipl.-Ing. Oliver Nottrodt
Telefon +49 241 8906-625
oliver.nottrodt@ilt.fraunhofer.de

3 Polygonbasiertes Scannersystem
zur Lasermikrostrukturierung.
4 Kontinuierlicher High-Speed-
Strukturierungsprozess eines Stahlprofils.



1



2



3

VOLL AUTOMATISIERTE PRODUKTIONSZELLE ZUR FERTIGUNG VON HYBRIDBAUTEILEN

Aufgabenstellung

Bei der Reduktion des Fahrzeuggewichts nehmen Hybridbauteile eine entscheidende Rolle ein, da diese eine Ausschöpfung des vollen Potenzials aller verwendeten Materialien ermöglichen. Thermoplastische Faserverbundkunststoffe (TP-FVK) eignen sich besonders für Multimaterialbauweisen mit Metall, da diese hervorragende mechanische Eigenschaften sowie eine gute Korrosionsbeständigkeit bieten. Für diese Hybridverbindung steht allerdings bisher kein geeignetes Fügeverfahren bereit, welches eine hohe Verbindungsgüte ohne zusätzliche Materialien sicherstellt und gleichzeitig für eine Volumenfertigung in ausreichendem Maße automatisiert ist. Um diese Lücke zu schließen, wurde am Fraunhofer ILT eine voll automatisierte Produktionszelle zur Fertigung von Hybridbauteilen entwickelt.

Vorgehensweise

Mittels der laserbasierten Oberflächenstrukturierung kann ein Formschluss und somit eine optimierte Haftung für Hybridbauteile ganz ohne Zusatzmaterialien, wie beispielsweise Klebstoffe, realisiert werden. Durch die Kombination der Oberflächenvorbehandlung mit Induktions- und Laserfügeprozessen sowie die Integration aller Komponenten in eine voll automatisierte Produktionszelle wird eine erhebliche Verkürzung der Zykluszeit erreicht.

1 Dachspriegeldemonstrator in Hybridbauweise.

2 Querschnitt eines Hybridprobekörpers,

Quelle: Institut für Verbundwerkstoffe IVW.

Ergebnis

Für die Produktionszelle ist am Fraunhofer ILT ein effizienter Strukturierungsprozess der Metallkomponenten des Dachspriegel-Demonstrators mit einem kontinuierlich emittierenden single-mode Faserlaser entwickelt worden. Zur Fertigung des hybriden Dachspriegels (Materialkombination: Tepex dynalite 102RG600 [PA6-GF] und DC04) sind zudem alle notwendigen Komponenten für den Strukturierungsprozess innerhalb der Produktionszelle aufgebaut und in die gesamte Zelle integriert worden. Aufgrund der gekrümmten Form der beiden Seitenanschlussbleche wurde ein z-Shifter in den Scankopf integriert. In der Zelle wird der Scankopf über den Metallkomponenten mit einem Roboter positioniert und diese anschließend linienförmig strukturiert.

Anwendungsfelder

Durch die Entwicklung eines vollautomatischen Fügeverfahrens zur schnellen Herstellung von Hybridbauteilen, basierend auf Metallen und thermoplastischen Faserverbundkunststoffen, können leichte und steife Hybridbauteile in kurzen Zykluszeiten hergestellt werden. Mit den Ergebnissen des »FlexHyJoin«-Projekts kann somit der Einsatz von Hybridbauteilen in der automobilen Serienfertigung vorangetrieben werden.

Die Arbeiten wurden im Rahmen des EU-Projekts »FlexHyJoin« unter dem Förderkennzeichen 677625 durchführt.

Ansprechpartner

Dipl.-Wirt.Ing. Christoph Engelmann

Telefon +49 241 8906-217

christoph.engelmann@ilt.fraunhofer.de

SEGMENTALES QUASI-SIMULTANSCHWEISSEN VON ABSORBERFREIEN TRANSPARENTE KUNSTSTOFFEN

Aufgabenstellung

Die Anforderungen an den Laserschweißprozess bei der Entwicklung von Hightech-Produkten, wie z. B. Lab-on-a-Chip-Systeme, nehmen kontinuierlich zu. Hierbei soll auch bei komplexen Nahtgeometrien eine homogene Schweißkontur bei einer gleichzeitig geringen thermischen Belastung des Bauteils realisiert werden. Des Weiteren sollen mögliche Fehlstellen im Bauteil schon während des Schweißprozesses detektiert und ggf. aussortiert werden.

Vorgehensweise

Als Verfahrensansatz wird das Quasisimultanschweißen mit Laserstrahlung verfolgt, welches sich im Vergleich zum Konturschweißen durch einen definierten Energieeintrag im Fügebereich auszeichnet. Durch die Integration eines Pyrometers wird eine orts aufgelöste Aufnahme der Wärmeverteilung gewährleistet. Auf Basis der pyrometrischen Messung erfolgt während des Schweißprozesses eine Aufteilung der gesamten Nahtkontur in einzelne Segmente sowie eine Anpassung der Bestrahlungsreihenfolge und -parameter je Segment. Hierdurch wird eine Wärmeakkumulation und somit ein möglicher Verzug des Bauteils bei eng anliegenden Nahtkonturen verhindert.

Ergebnis

In einer Prototypen-Bediensoftware wurde u. a. die automatische Segmentierung der Nahtkontur implementiert. Anhand von ausgewählten Materialien konnten die Vorteile des Quasisimultanschweißens sowohl experimentell als auch anhand von simulativen Untersuchungen belegt werden.

Anwendungsfelder

Der Fokus dieser Verfahrensentwicklung liegt insbesondere auf Bauteilen aus dem Bereich der Mikrofluidik, da aufgrund der hohen Nahtdichten eine schonende und präzise Aufschmelzung des Kunststoffs gefordert wird. Des Weiteren eröffnen sich durch den allgemeinen Trend zur Miniaturisierung zu immer komplexeren Bauteilen neue Anwendungsgebiete aus dem Automobil-, Elektronik- und Medizintechniksektor.

Dieses Vorhaben wurde aus Mitteln des Europäischen Fonds für regionale Entwicklung EFRE und des Landes Nordrhein-Westfalen gefördert.

Ansprechpartner

Phong Nguyen M.Sc. M.Sc.

Telefon +49 241 8906-222

phong.nguyen@ilt.fraunhofer.de

Dr. Alexander Olowinsky

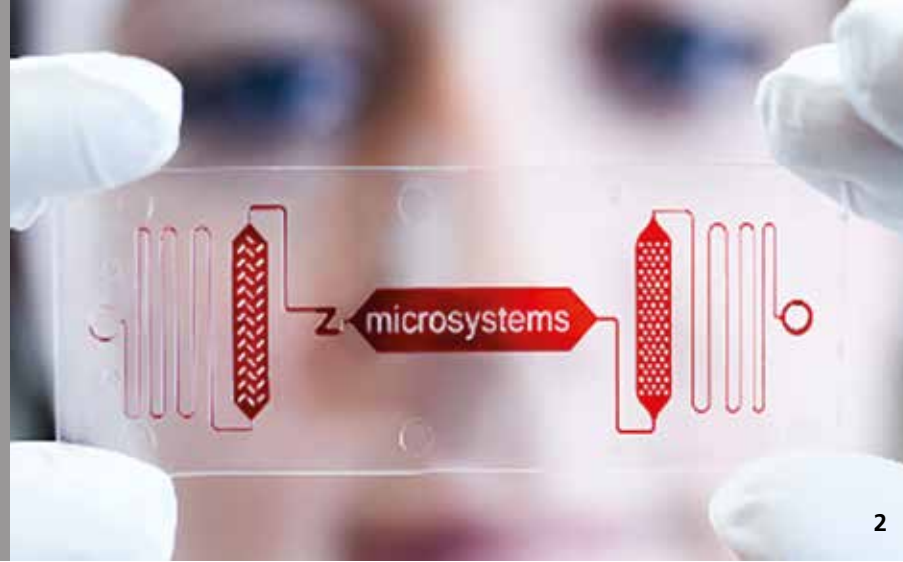
Telefon +49 241 8906-491

alexander.olowinsky@ilt.fraunhofer.de

3 Einzelne Komponenten einer Mikropumpe (Demonstratorbauteil).



1



2

ABSORBERFREIES LASER-DURCHSTRAHLSCHWEISSEN MIKROFLUIDISCHER BAUTEILE

Aufgabenstellung

Wesentliches Element der meisten mikrofluidischen Bauteile ist das Substrat. Darin sind spezielle Fluidikstrukturen eingebettet, die für einen definierten Transport der untersuchten Fluide sorgen. Nach der Herstellung des Substrats, z. B. durch Spritzguss, sind die Fluidikstrukturen zunächst offen und müssen mit einer Deckschicht verschlossen werden (Bild 1). Da die Substrate klein und häufig mit temperatur- und schwingungsempfindlichen Komponenten bestückt sind, sind nur wenige Fügeverfahren in der Lage, Deckschicht und Substrat sicher miteinander zu verbinden, ohne die Integrität einzelner Komponenten zu beeinträchtigen. Das Laserdurchstrahlsschweißen ist für diese Fügeaufgabe prinzipiell gut geeignet, setzte jedoch bislang definierte optische Eigenschaften der Fügeteile voraus. Diese werden durch spezielle Absorber eingestellt, deren Einsatz bei analytischen Anwendungen oftmals kritisch ist.

Vorgehensweise

Um den Einsatz des Laserdurchstrahlsschweißens bei analytischen oder allgemein bei Anwendungen mit hohen Anforderungen an die Hygiene und Transparenz der Fügeteile zu ermöglichen, wird eine Laserquelle eingesetzt, die das intrinsische Absorptionsvermögen der Kunststoffe ausnutzt. Die selektive Deposition der Strahlungsenergie wird durch eine scharfe Fokussierung der Strahlung erreicht.

1 Komponenten eines mikrofluidischen Bauteils vor dem Fügen.
2 Dicht verschweißtes Bauteil mit Testflüssigkeit gefüllt,
Quelle: z-microsystems.

Ergebnis

Mithilfe eines Thulium-Faserlasers ($\lambda = 1,94 \mu\text{m}$) können das Substrat und die Deckschicht, beide aus einem Cycloolefin-Copolymer (Topas®), ohne Zusatzstoffe dicht miteinander verschweißt werden (Bild 2). Der Laserstrahl lässt sich aufgrund der hohen Qualität ($M^2 < 1,1$) sehr klein fokussieren, sodass auch in den Zwischenräumen eng anliegender Kanäle geschweißt werden kann, ohne den Kanalquerschnitt zu beeinträchtigen.

Anwendungsfelder

Das Verfahren ist besonders für mikrofluidische Anwendungen im Bereich der Analytik geeignet. Dort ist der Einsatz von Zusatzstoffen insofern kritisch, als dass diese in Kontakt mit den im Bauteil getesteten Fluiden wechselwirken können. Bei optischen Messverfahren wie der Fluoreszenzmessung kann es ferner zur Überlagerung des eigentlichen Messsignals mit der Eigenfluoreszenz der Zusatzstoffe kommen.

Ansprechpartner

Dipl.-Ing. Viktor Mamuschkin
Telefon +49 241 8906-8198
viktor.mamuschkin@ilt.fraunhofer.de

Dipl.-Wirt.Ing. Christoph Engelmann
Telefon +49 241 8906-217
christoph.engelmann@ilt.fraunhofer.de

SIMULATION DES LASER-DURCHSTRAHLSCHWEISSENS VON ABSORBERFREIEM POLYCARBONAT

Aufgabenstellung

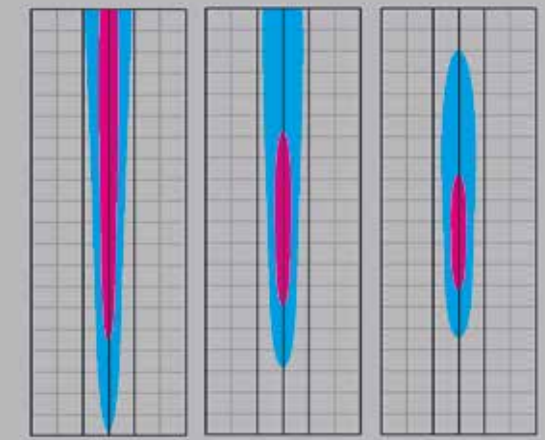
Bauteile aus transparentem Polycarbonat (PC) sollen ohne Zusatz von Absorberpartikeln mittels Laserstrahlung geschweißt werden. Die Laserstrahlung durchstrahlt dabei beide Proben und wird über die gesamte Propagationslänge absorbiert. Der Prozess soll so geführt werden, dass das Material im Bereich der Kontaktfläche der Proben aufgeschmolzen wird. Die Lasereintritts- und -austrittsfläche sollen hingegen nicht aufgeschmolzen bzw. thermisch modifiziert werden.

Vorgehensweise

Für die Untersuchung wird Laserstrahlung mit einer Wellenlänge von 1650 nm gewählt, sodass sie im Spektralbereich der ersten CH-Oberschwingung des Absorptionsspektrums von PC liegt. Über eine Fokussieroptik wird die Energiedichte verteilt im Werkstück eingestellt. Untersucht wird der Einfluss des Divergenzwinkels des fokussierten Laserstrahls auf die Temperaturverteilung, die sich bei Blindschweißung einer 2 mm dicken PC-Probe einstellt. Die Temperatur wird mittels thermischer Simulation bestimmt.

Ergebnis

Die Simulation wurde für folgende Parameter durchgeführt: Laserleistung = 1,1 W, Fokusedurchmesser = 50 μm , Schweißgeschwindigkeit = 240 mm/min. In Bild 3 sind für die Divergenzwinkel 8° (links), 14° (Mitte) und 20° (rechts) die



3

150 und 220 °C-Isothermenflächen senkrecht zur Schweißrichtung dargestellt. Sie entsprechen der Glasübergangs- bzw. Schmelztemperatur von PC. Der Laserstrahlfokus befindet sich jeweils in der Mitte des Bauteils und die Lasereintrittsstelle ist jeweils die obere Kante. Für 8° erstreckt sich das Schmelzvolumen bis zur Lasereintrittsfläche. Für 14° bleibt die Temperatur an der Oberfläche unter 220 °C, die Glasübergangstemperatur wird überschritten. Wird der Divergenzwinkel auf 20° erhöht, bleibt die Temperatur an der Lasereintrittsfläche unterhalb der Glasübergangstemperatur. Die maximale Temperatur ist in allen drei Fällen gleich groß. Die Simulationsergebnisse können genutzt werden, um die Fokussieroptik so auszuliegen, dass eine für die Schweißaufgabe erforderliche Strahlverteilung generiert werden kann.

Anwendungsfelder

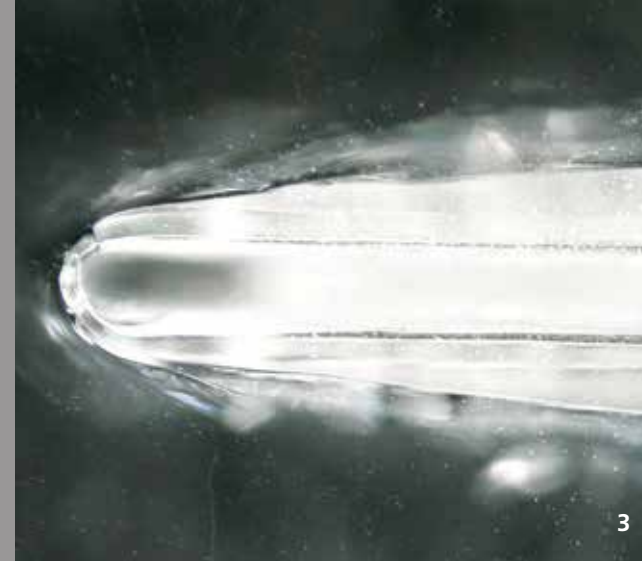
Das Schweißen von absorberfreien Kunststoffen ist vor allem für die Medizintechnik interessant, da hier die sonst notwendigen Zuschlagsstoffe und Absorber eliminiert werden können.

Ansprechpartner

Dr. Mirko Aden
Telefon +49 241 8906-469
mirko.aden@ilt.fraunhofer.de

Dr. Alexander Olowinsky
Telefon +49 241 8906-491
alexander.olowinsky@ilt.fraunhofer.de

3 150 (cyan) und 220 °C-Isothermenflächen (magenta).



GLOBO-SCHWEISSEN TRANSPARENTER KUNSTSTOFFE

Aufgabenstellung

Transparente Polymerfolien und -bauteile lassen sich ohne Modifikation des Werkstoffs direkt in der Überlappanordnung miteinander verbinden. Hierfür sind zum einen eine angepasste Laserstrahlquelle erforderlich, die die spezifischen Absorptionsbanden des jeweiligen Polymers adressiert, und zum anderen eine geeignete Laserstrahlformung. Des Weiteren ist zwingend eine Fügekraft nötig, um die beiden Fügepartner aufeinander zu fixieren und so einen prozessrelevanten technischen Nullspalt zu erzielen. Zur Aufbringung der Fügekraft werden üblicherweise pneumatisch betriebene Spannvorrichtungen eingesetzt, die über eine flächige glasbasierte Anpressung verfügen, die von der eingesetzten Laserstrahlung im Wellenlängenbereich von 1,5 bis 2 μm mit geringen Verlusten transmittiert werden kann. Alternativ können anstelle von Gläsern auch metallische Spannbrillen eingesetzt werden, welche die Bauteilanordnung im äußeren Bereich andrücken, den Bereich der Wechselwirkungszone zwischen Laserstrahlung und Material aber aussparen. Aktuelle Trends in vielen Branchen gehen in Richtung Formatflexibilität und Individualisierung. Die beschriebenen Andrucksysteme können diese Herausforderungen nicht oder nur in geringem Maße erfüllen.

1 *Globo-Schweißoptik während des Schweißprozesses.*

2 *Schweißnaht nach dem Prozess.*

Vorgehensweise

Um den aktuellen Trends gerecht zu werden, wurden verschiedene alternative Spannkonzpte untersucht. Heraus kristallisiert hat sich dabei ein von der Firma Leister Technologies AG patentiertes Spannkonzpt, bei dem der Laserstrahl ähnlich einem Kugelschreiber durch eine rollbare Glaskugel geführt wird. Dabei erfolgen die Strahlführung und die Aufbringung in dem optischen Kugel-Bauelement. Hierdurch ist ein sehr hoher Grad an Formatflexibilität möglich, da die Anordnung über z. B. ein Robotersystem ortsbeliebig bewegt werden kann. Die bisherigen Einsatzbereiche des sogenannten Globo-Prinzips lagen ausschließlich im Bereich des konventionellen Laserkunststoffschweißens mit Absorbermodifikation.

Ergebnis

In Zusammenarbeit mit der Firma Leister Technologies AG konnte das Globo-Schweißprinzip durch Anpassungen auf die Anwendung des absorberfreien Polymerschweißens übertragen und in einer Prototypenoptik realisiert werden.

Anwendungsfelder

Insbesondere die Verpackungstechnik, die Medizintechnik aber auch die OLED-, OPV- und Displayverkapselung stellen vielversprechende Anwendungsfelder dar.

Das Vorhaben wird im Rahmen des Projekts »PhotonFlex« mit Mitteln des Europäischen Fonds für regionale Entwicklung EFRE unter dem Förderkennzeichen EFRE-0800066 durchgeführt.

Ansprechpartner

Maximilian Brosda M.Eng.
Telefon +49 241 8906-208
maximilian.brosda@ilt.fraunhofer.de

SCHNEIDEN VON KALKNATRONGLAS MITTELS CO-LASERSTRAHLUNG

Aufgabenstellung

Der bei 10,6 μm emittierende CO₂-Laser ist unter den Laserstrahlquellen mit Wellenlängen im mittleren Infrarotbereich (3 bis 50 μm) seit den achtziger Jahren als leistungsstarke Komponente für die Materialbearbeitung industriell etabliert, vor allem zum Schneiden und Schweißen von Aluminium und Stahl sowie zur Bearbeitung vieler nichtmetallischer Werkstoffe, die meist ein großes Absorptionsvermögen im Infrarotbereich besitzen. CO-Laser sind abgesehen von der spezifischen Gasmischung ähnlich aufgebaut wie CO₂-Laser, emittieren jedoch im mittleren Infrarotbereich bei 5,5 μm . In der abgeschlossenen (»sealed-off«) Bauform ist das Gerät als Spezialversion kommerziell verfügbar. Am Fraunhofer ILT wird derzeit die Wirkung auf verschiedene nichtmetallische Werkstoffe, u. a. Kalknatronglas, untersucht.

Vorgehensweise

Der CO-Laser ist mit einem Teleskop zur Strahlaufweitung, einer Fokussierlinse mit einer Brennweite von 127 mm sowie zwei xy-Linearachsen zu einer Bearbeitungseinheit kombiniert. Der Strahlweg wird mit trockener Luft oder Stickstoff gespült, weil die Absorption des in gewöhnlicher Luft enthaltenen Wasserdampfs zur Verzerrung bzw. Aufweitung des Laserstrahls führt (»thermal blooming«). Die Schneidgasdüse wird mit N₂ gespeist und hat einen Durchmesser von 2 mm, der Abstand zum Werkstück beträgt 2 mm.

Ergebnis

Auf einer 1 mm dicken Flachprobe aus Kalknatronglas wurden gerade Schnitte bei einer Geschwindigkeit von 10 mm/s, einer mittleren CO-Laserleistung von 95 W und 0,8 bar N₂-Schneidgasdruck erzeugt. Die Schnittkanten sind rau, aber die Glasprobe weist nicht die beim CO₂-Schnitt typischen muschelartigen Risse auf.

Anwendungsfelder

CO-Laser mit einer Wellenlänge von 5,5 μm können zur Bearbeitung vieler nichtmetallischer Werkstoffe alternativ zur CO₂-Laserstrahlung (10,6 μm Wellenlänge) mit ähnlichen Bearbeitungsergebnissen verwendet werden. Auffällige Unterschiede zeigen sich beim Schneiden von Kalknatronglas: Während Glas die CO₂-Laserstrahlung nur in einer sehr dünnen, oberflächennahen Schicht absorbiert und als Folge der entstandenen Spannungen reißt, wird die CO-Strahlung wegen der größeren optischen Eindringtiefe über die gesamte Probendicke eingekoppelt, sodass eine weitgehend rissfreie Schnittfuge entsteht. Das Schneiden dünner Gläser ist somit ein potenzielles Anwendungsfeld für CO-Laser.

Ansprechpartner

Dipl.-Phys. Gerhard Otto
Telefon +49 241 8906-165
gerhard.otto@ilt.fraunhofer.de

Dr. Alexander Olowinsky
Telefon +49 241 8906-491
alexander.olowinsky@ilt.fraunhofer.de

3 *CO-Laserschnitt in 1 mm dickem Kalknatronglas (Aufsicht), v = 10 mm/s, P = 95 W, p = 0,8 bar, Stickstoff.*



LASERBASIERTES GLASLOT- BONDEN ZUR HERSTELLUNG VON GLAS-METALL-VERBIN- DUNGEN

Aufgabenstellung

Die Verbindung aus Glas und Metall stellt für unterschiedliche Anwendungsbereiche eine unumgängliche Materialpaarung dar. Die Anforderungen, die an eine Glas-Metall-Kombination gestellt werden, reichen dabei von einer einfachen Haftverbindung bis hin zur belastbaren, temperaturbeständigen, vakuumdichten Verbindung zwischen den ungleichen Werkstoffen. Geklebte Fügestellen können zwar die von den unterschiedlichen Wärmeausdehnungskoeffizienten (WAK) herrührenden Spannungen ausgleichen, jedoch sind diese nicht für Anwendungen mit hohen Einsatztemperaturen oder Dichtheitsanforderungen geeignet. Diese Anforderungen erfüllen glaslotbasierte Glas-Metall-Verbindungen, sofern die WAKs von Glas, Metall und Glaslot aufeinander abgestimmt sind.

Vorgehensweise

Für die Erzeugung eines belastbaren, hermetisch dichten Glas-Metall-Verbunds mithilfe einer spröde-harten Glaslotzwischen-schicht müssen die WAKs der Fügepartner über einen weiten Temperaturbereich kompatibel sein. Diese Randbedingung erfüllt u. a. die Materialkombination aus Borosilikatglas ($\alpha = 3,3 \text{ ppm/K}$) und Kovar ($\alpha = 5,1 \text{ ppm/K}$). Diese werden mit einem Glaslot miteinander verbunden.

Die zum Schmelzen des Lots notwendige Energie basiert auf Absorption der beaufschlagten Laserstrahlung. Bei dem verwendeten quasi-simultanen Lötprozess wird der Laserstrahl mehrfach mit einer Geschwindigkeit von 1000 mm/s über die Fügestelle mit einer Leistung von 60 W gescannt. Nach etwa zehn Sekunden schmilzt das Lot und benetzt beide Fügepartner. Mit diesem Verfahren konnte eine belastbare Verbindung zwischen dem Glasdeckel (Dicke: 400 μm) und der Metallhülse (Durchmesser: ca. 10 mm) hergestellt werden.

Ergebnis

Mittels laserbasiertem Glaslotbonden konnten Borosilikat-glasdeckel belastbar und dicht mit Metallhülsen aus Kovar verbunden werden. Auch Silizium und Kovar gehen mithilfe eines Glaslots stoffschlüssige Verbindungen ein.

Anwendungsfelder

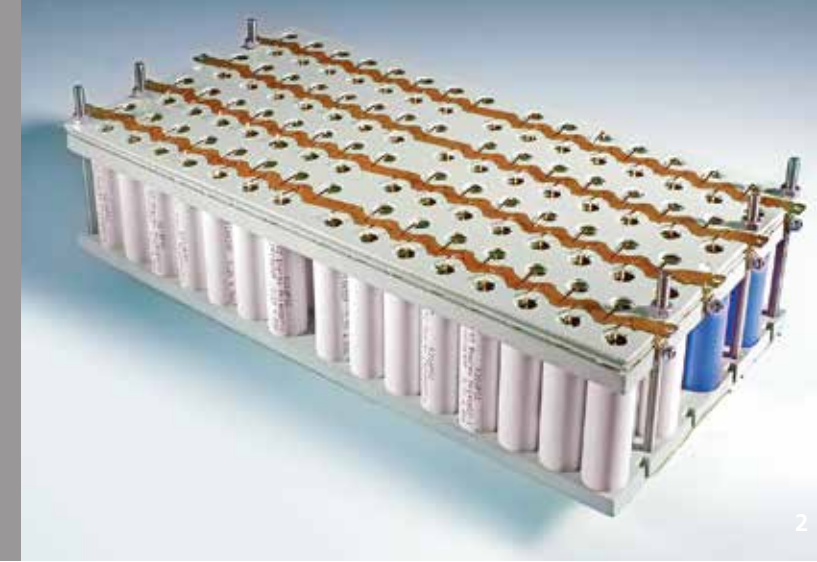
Anwendungen für dieses Verfahren liegen z. B. im Bereich der Optikmontage oder der Verkapselung optischer Sensoren.

Ansprechpartner

Dipl.-Ing. Heidrun Kind
Telefon +49 241 8906-490
heidrun.kind@ilt.fraunhofer.de

Dr. Alexander Olowinsky
Telefon +49 241 8906-491
alexander.olowinsky@ilt.fraunhofer.de

1 Glas-Metall-Verbindungen bestehend aus einem Borosilikatglasdeckel und einer Kovarhülse.



AUTOMATISIERTES LASERBONDEN VON BATTERIEZELLEN

Aufgabenstellung

Für die Elektromobilität werden einzelne Batteriezellen zu leistungsstarken Energiespeichersystemen verbunden. Der steigende Bedarf an entsprechenden Batteriemodulen verlangt eine Reduktion der Fertigungszeit und damit einhergehend einen hohen Automatisierungsgrad. Aufgrund der hohen Verfügbarkeit werden heute häufig Rundzellen (Typ 18650) in der Industrie verwendet. Um die notwendigen Spezifikationen eines Batteriemoduls zu erreichen, wird dabei eine Vielzahl an Zellen verschaltet. Dafür wird ein Fügeprozess mit hohem Automatisierungsgrad und hoher Prozessstabilität benötigt.

Vorgehensweise

Eine mögliche Verbindungstechnik für das stoffschlüssige Kontaktieren von Batteriezellen ist das Laserbonden. Im Rahmen des Forschungsprojekts »RoBE« (Robustheit für Bonds in E-Fahrzeugen) wurde eine entsprechende Maschine entwickelt und aufgebaut. Anstatt des konventionellen Ultraschallbondens werden Metallbändchen (Aluminium oder Kupfer) mit einem neuartigen Laserstrahlschweißverfahren gefügt.

Der Laserbonder vereint die hohe Automatisierbarkeit eines konventionellen Bändchenbonders mit der Fähigkeit des Laserstrahlschweißprozesses beim Fügen von Kupfer- und Aluminiumwerkstoffen. Die Verwendung von größer dimensionierten Bändchengeometrien im Vergleich zum Ultraschallbonden ermöglicht die Bereitstellung notwendiger leitender Querschnitte.

Ergebnis

Der Laserbonder mit dem eingesetzten Laserstrahlschweiß-prozess ist in der Lage, Rundzellen vom Typ 18650 automatisiert und reproduzierbar mit Kupferableitern zu verbinden. Dabei wird lediglich die Zugänglichkeit von einer Seite benötigt, da der Laserbonder auf dem negativ gepolten Bördelrand der Zelle positioniert wird.

Anwendungsfelder

Die entwickelte Prozess- und Maschinenteknik kann neben der Kontaktierung von Rundzellen ebenfalls für andere Arten von Zellen sowie in der Leistungselektronik eingesetzt werden.

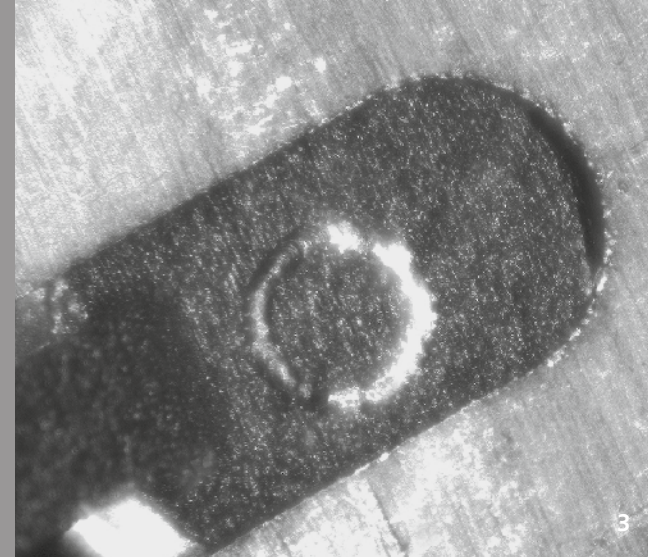
Die dargestellten Arbeiten wurden zum Teil durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung BMBF im Rahmen des Projekts »RoBE« gefördert. Weiterhin stammen Ergebnisse aus dem vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie BMWi geförderten Projekt »evTrailer« in Koope-ration mit dem Fraunhofer-Institut für Betriebsfestigkeit und Systemzuverlässigkeit LBF.

Ansprechpartner

Sören Hollatz M.Sc.
Telefon +49 241 8906-613
soeren.hollatz@ilt.fraunhofer.de

Dr. Alexander Olowinsky
Telefon +49 241 8906-491
alexander.olowinsky@ilt.fraunhofer.de

2 Laserbonden von Plus- und Minuspol an der Oberseite von Rundzellen.



SCHWEISSEN VON FLEXIBLEN KUPFERVERBINDERN FÜR HOCHSTROMANWENDUNGEN

Aufgabenstellung

Die zunehmende Elektrifizierung von Automobilen bewirkt einen erhöhten Bedarf an leistungsfähigen Energiespeichersystemen. Um eine maximale Form- und Leistungsflexibilität für die Module und Batteriepacks zu gewährleisten und hohe Ströme sicher übertragen zu können, wird eine flexible und verlustarme Verschaltung der Energiespeicher benötigt. Im Rahmen des öffentlich geförderten Projekts »FlexJoin« (Prozesssichere System- und Fügetechnik zur flexiblen Produktion von Batteriemodulen) soll ein laserbasiertes Bond- und Fügeverfahren für Aluminium- und Kupferableiter mit Kontaktquerschnitten mit einer Dicke von $\geq 500 \mu\text{m}$ und Breite bis zu 10 mm realisiert und in ein Maschinensystem integriert werden.

Vorgehensweise

Zum sicheren Fügen dicker und breiter Bändchen auf Batteriezellen und Stanzgittern wird zunächst ein robustes Laserfügeverfahren entwickelt und die benötigte Technik in einen konventionellen Bondautomaten integriert. Der so modifizierte Drahtbonder ist mit einem Faserlaser, einem Z-Shifter zum Einstellen der Fokuslage in vertikaler Richtung,

einem galvanometrischen Scanner für die Strahlablenkung in der X-Y-Ebene und einer Strahlführungs- und eigens entwickelten Fokussiereinheit ausgestattet. Die Anlagentechnik ermöglicht so eine automatische Zuführung, Positionierung und Kontaktierung des flexiblen Verbinders auf der Batterie oder dem Stanzgitter.

Ergebnis

Die beschriebenen optischen Elemente und Systeme für die Prozessüberwachung wurden in die Anlagentechnik integriert. Kupferverbinder bis 10 mm Breite und $500 \mu\text{m}$ Dicke lassen sich führen und sicher und reproduzierbar auf unterschiedlichen Materialien fügen.

Anwendungsfelder

Der Laserbonder ist in breiten Bereichen der Leistungselektronik in Hochstromanwendungen und der Batterietechnik einsetzbar. Besonders dort, wo schnelle und flexible Kontaktierungslösungen gefordert werden, kann das Laserbonden eingesetzt werden.

Das diesem Bericht zugrundeliegende FuE-Vorhaben wurde im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie BMWi unter dem Förderkennzeichen 01MX15010B durchgeführt.

Ansprechpartner

Johanna Helm M.Sc.
Telefon +49 241 8906-8382
johanna.helm@ilt.fraunhofer.de

Dr. Alexander Olowinsky
Telefon +49 241 8906-491
alexander.olowinsky@ilt.fraunhofer.de

1 Verschweißter Kupferverbinder

(0,5 x 10 mm²) auf 18650-Batteriezelle.

2 Positioniereinheit des Prototypen-Laserbonders.

PROZESSÜBERWACHUNG FÜR DAS LASERSCHWEISSEN VON HOCHSTROMKONTAKTEN

Aufgabenstellung

Das Kontaktieren von Batteriezellen zu kompletten Modulen oder Packs sowie die elektrische Verschaltung von Komponenten der Leistungselektronik mittels Laserschweißen findet eine zunehmend breitere Anwendung, auch forciert durch das Thema Elektromobilität. Ein kritisches Problem ist es, wenn einzelne Verbindungen fehlerhaft sind und sich dadurch die Kapazität oder Spitzenleistung der Batteriepacks reduziert. Außerdem wird im Automobilbereich eine durchgängige Dokumentation der Fertigungskette gefordert.

Vorgehensweise

Das Fraunhofer ILT hat ein Prozessüberwachungsmodul für das scannerbasierte Laserschweißen elektrischer Kontakte entwickelt. Bei diesem Prozess wird der Verbinder mittels eines Anpresstools mit einer definierten Kraft auf den unteren Fügepartner gedrückt. Während des Fügeprozesses führt ein Galvanometerscanner den Laserstrahl, um die gewünschte Schweißgeometrie zu erzeugen. Dieser Prozess wird mit einem Pyrometer und einer Kamera, welche coaxial integriert sind, beobachtet und aufgezeichnet. Dieses Sensormodul prüft während des Prozesses, ob die Temperatur des Schweißprozesses im Toleranzbereich liegt und ob gefährliche kurzschluss-erzeugende Spritzer während des Prozesses auftreten. Im Anschluss an den Prozess kann zusätzlich die Schweißnaht mit der Kamera hinsichtlich ihrer Form vermessen und bewertet werden.

Ergebnis

Für die Demonstration des scannerbasierten Laserschweißprozesses mit Prozessüberwachung wurde ein System mit einer bereits für diesen Prozess industriell genutzten Relay-Optik für beengte Fertigungsbereiche aufgebaut. Mithilfe der Prozessüberwachung können Prozessabweichungen sicher detektiert und jede Schweißung dokumentiert werden. Das System wurde im Rahmen einer Demonstration an einem Roboter für eine flexible Fertigungslinie evaluiert.

Anwendungsfelder

Der Bearbeitungskopf mit Prozessüberwachung kann beispielsweise für Mikrolaserschweißprozesse zum Verbinden der Kontakte von Energiespeichern und Komponenten der Leistungselektronik eingesetzt werden. Vor allem der Automobilbereich fordert eine lückenlose Dokumentation der Fertigungskette. Das Prozessüberwachungsmodul kann grundsätzlich auch für andere scannerbasierte Laserprozesse, wie das Strukturieren oder Feinschneiden, eingesetzt werden.

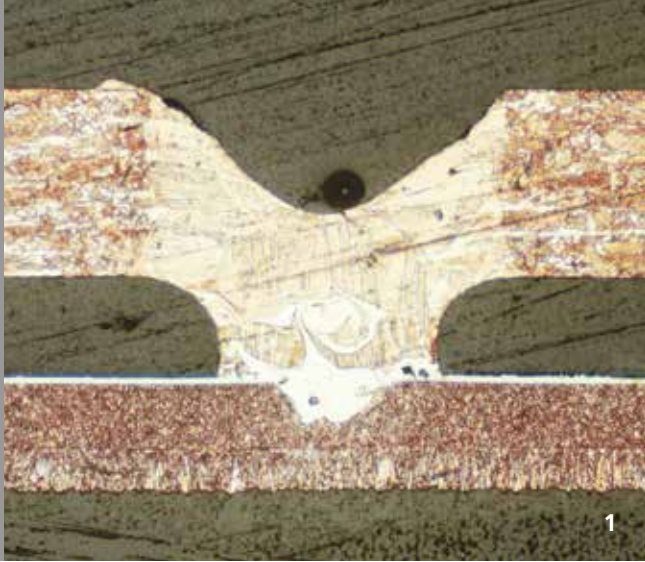
Ansprechpartner

Dipl.-Ing. Oliver Nottrodt
Telefon +49 241 8906-625
oliver.nottrodt@ilt.fraunhofer.de

Dipl.-Ing. Peter Abels
Telefon +49 241 8906-428
peter.abels@ilt.fraunhofer.de

3 Kamerabild der coaxialen Prozessüberwachung.

4 Ansicht der Bearbeitungsoptik mit Prozessüberwachung.



LASER-IMPULS- SCHMELZBONDEN

Aufgabenstellung

Die Erhöhung der Arbeitstemperatur und die zunehmende Leitungsquerschnittsfläche im Bereich der Leistungselektronik stellt für die konventionelle Aufbau- und Verbindungstechnik (AVT) eine besondere Herausforderung dar. Um Stromverbinder mit großem Querschnitt mit thermisch empfindlichen Bauteilen (z. B. Batterien, Leiterplatten, keramische Substrate) zu verbinden, wurde das neuartige Fügeverfahren Laser-Impuls-Schmelzbonden (LIMBO) entwickelt.

Vorgehensweise

Das LIMBO-Verfahren verwendet eine thermische Trennung der Fügepartner mittels eines Spalts, durch den der für das Aufschmelzen des Verbinders benötigte hohe Energieeintrag eingebracht werden kann, ohne dass das untere Bauteil thermisch vorbelastet wird. Um eine stoffschlüssige Verbindung zwischen den beiden Fügepartnern herzustellen, erfolgt eine Auslenkung des Schmelzbads mit Benetzung und Anbindung am unteren Fügepartner. Diese Auslenkung wird über einen Verdampfungsprozess an der Schmelzbadoberfläche mittels zeitlicher Fokusmodulation realisiert.

1 Querschliiff einer Schweißung von Kupfer auf einer Leiterplattenmetallisierung.

Ergebnis

Die mit dem LIMBO-Verfahren erzielte temperaturstabile Verbindung wird innerhalb einer Gesamtprozesszeit von unter 100 ms erreicht und weist ein Aspektverhältnis zwischen Einschweißtiefe und Anbindungsquerschnitt von bis zu 1:45 auf. Die thermische Substratbelastung wird durch eine Energieeintragszeit in der Auslenkungs- und Anbindungsphase von unter 5 ms gering gehalten.

Anwendungsfelder

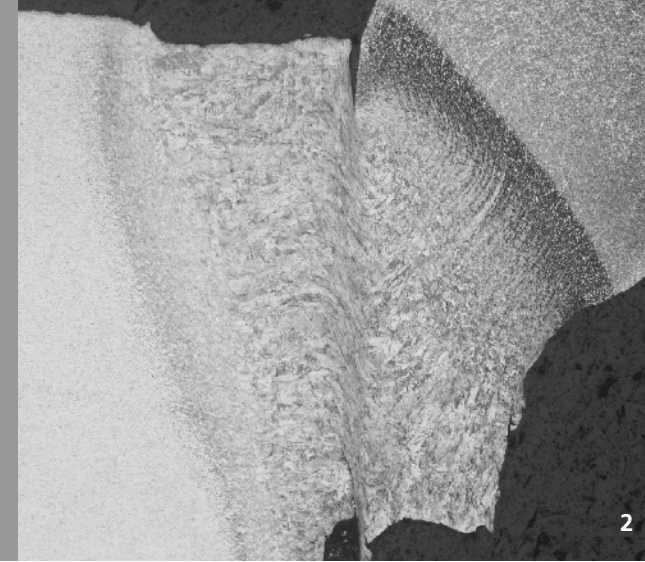
Durch diese Eigenschaften wird eine neue Kontaktierungslösung für u. a. Leiterplatten, keramische Substrate mit Metallisierungen (z. B. DCBs, DABs) und Hybridbauteilen (z. B. MIDs) bereitgestellt. Neben dem Fügen auf thermisch empfindlichen Substraten ist der Prozessansatz anwendbar für das stoffschlüssige Fügen von metallischen Bauteilen mit hohen Spalttoleranzen.

Das Projekt »LIMBO« wird finanziell durch die Fraunhofer-Gesellschaft unterstützt.

Ansprechpartner

Dipl.-Ing. Simon Britten
Telefon +49 241 8906-322
simon.britten@ilt.fraunhofer.de

Dr. Alexander Olowinsky
Telefon +49 241 8906-143
alexander.olowinsky@ilt.fraunhofer.de



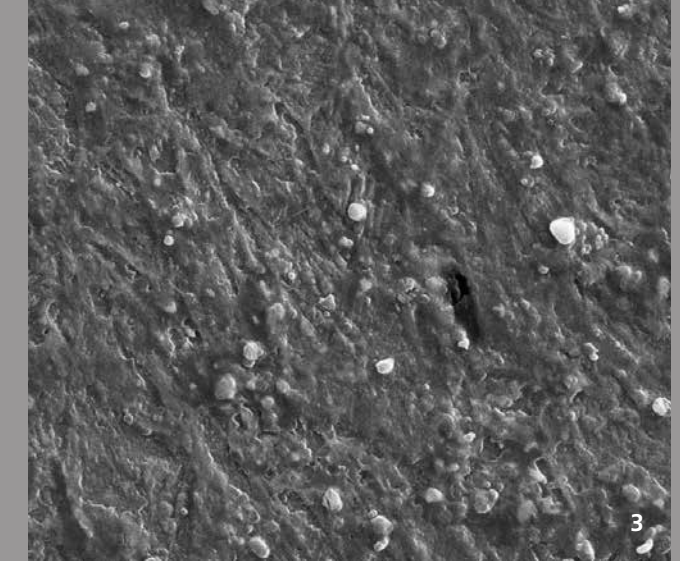
ANALYSE LASERSTRAHL- GESCHWEISSTER ULTRAHOCHFESTER DUALPHASENSTÄHLE

Aufgabenstellung

Unterkritisches Versagen und lokalisierte Verformung in der Wärmeeinflusszone laserstrahlgeschweißter Dualphasenstähle mit Festigkeiten von 980 und 1180 MPa führen zur Einschränkung der Einsatzfähigkeit dieser Sorten. Analysen der thermisch beeinflussten Zonen tragen zur Ursachenforschung sowie zur Bestimmung von Abhilfemaßnahmen bei.

Vorgehensweise

Im Rahmen einer Fehleranalyse wurden Anlasseffekte für die Schwächung des Werkstoffs in der Wärmeeinflusszone als Verursacher ausgemacht. Gleichzeitig führen Karbidausscheidungen bereichsweise zu einer Erhöhung der Festigkeit. Das Ziel der Entwicklung bestand darin, in der Wärmeeinflusszone die minimale Härte anzuheben und die Anlassbeständigkeit zu erhöhen. Darüber hinaus wurde versucht, die Breite der Anlasszone zu minimieren.



Ergebnis

Durch Anpassung der Verfahrensparameter sowie des Legierungsbands im Hinblick auf die Erhöhung der kritischen Temperaturen kann die Größe des geschwächten Bereichs minimiert werden. Die positiven Effekte können durch konstruktive Maßnahmen, durch die die kritischen Stellen in minder belastete Positionen verlagert werden, unterstützt werden.

Anwendungsfelder

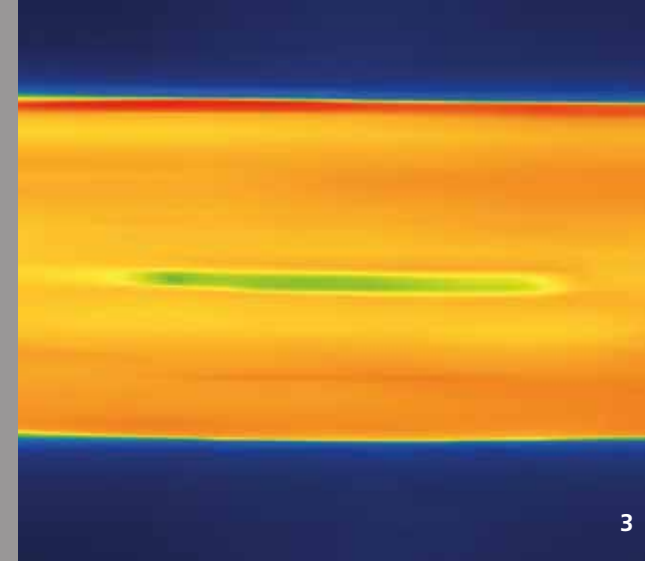
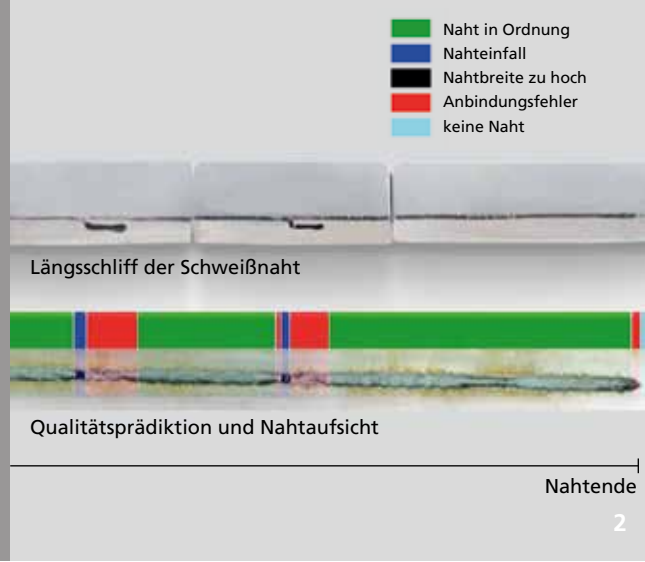
Die erweiterten Erkenntnisse zu den Ursachen des Versagens können bei allen schweißgeeigneten martensitischen Stählen angewendet werden. Damit stehen sie für die schweißtechnische Fertigung in einem breiten Anwendungsgebiet vom Fahrzeugbau für Straße und Schiene bis hin zum konstruktiven Stahlbau zur Verfügung.

Ansprechpartner

Dipl.-Ing. Martin Dahmen
Telefon +49 241 8906-307
martin.dahmen@ilt.fraunhofer.de

Dr. Dirk Petring
Telefon +49 241 8906-210
dirk.petring@ilt.fraunhofer.de

2 Schweißnaht in S500MC/DP980 nach Knick-Biegebelastung im Umformwerkzeug.
3 Bruchkante einer Zugprobe aus DP1180 mit in Fließrichtung verlängerten Mikroporen.



INTELLIGENTE PROZESSENSORIK

Aufgabenstellung

Die Prozessüberwachung beim Schweißen und Auftragschweißen stellt aufgrund der hohen Geschwindigkeiten besondere Anforderungen an die Systemtechnik. Hierfür wurde am Fraunhofer ILT ein multispektrales, bildgebendes Sensorsystem zur Prozessüberwachung entwickelt, das einen eindeutigen Qualitätsfingerabdruck liefert. Eine besondere Herausforderung stellt hierbei die Echtzeitdatenverarbeitung dar. Dazu müssen unterschiedliche Sensordatenströme gleichzeitig während des Prozesses analysiert werden, um so den aktuellen Prozesszustand in eine definierte Qualitätskategorie einordnen zu können.

Vorgehensweise

Der Prozessfingerabdruck setzt sich aus mehreren Merkmalen, wie beispielsweise der Abkühlrate der Bauteiloberfläche oder der Schmelzbadoberflächengeometrie, zusammen. Diese Merkmale werden aus mehreren multispektralen Prozessbilddaten ermittelt. Da die Ermittlung und die Verarbeitung der Merkmale sehr rechenintensiv sind, musste für die Echtzeitanwendung der kognitiven Datenauswertung ein Field Programmable Gate Array (FPGA) appliziert werden. Zur Erzeugung der

Trainingsdaten für die im FPGA realisierte künstliche Intelligenz wurde beispielsweise für das Laserstrahlschweißen ein Bindefehler, der sogenannte »falsche Freund«, künstlich provoziert und aufgezeichnet. Im Anschluss wurde das kognitive System mit diesen und Daten weiterer Prozessimperfektionen trainiert.

Ergebnis

Die Klassifizierung erfolgt mit unterschiedlichen Algorithmen aus der Familie des maschinellen Lernens und ermöglicht eine Einteilung der Schweißnahtqualität in fünf Kategorien (Bild 2). Die Genauigkeit des Klassifizierungsergebnisses erreicht im Labor Werte über 99 Prozent. Während der Entwicklung wurden dabei 150 Merkmale basierend auf Bilddaten verschiedener Spektralbereiche ermittelt. Hierbei hat sich gezeigt, dass die Eindeutigkeit der Qualitätsbewertung auch abhängig ist von dem spektralen Bereich, in dem die Prozessbilder generiert wurden.

Anwendungsfelder

Das Einsatzgebiet des kognitiven Systems im Rahmen des Vorhabens ist das industrielle Laserstrahlschweißen von Automobilbauteilen. Die realisierte Anwendung von künstlicher Intelligenz kann darüber hinaus bei anderen Verfahren insbesondere im Rahmen von »Industrie 4.0« in industriellen Anwendungen zur Prozessüberwachung genutzt werden.

Die Arbeiten wurden im Rahmen des EU-Projekts »MASHES« unter dem Förderkennzeichen 637081 durchgeführt.

Ansprechpartner

Christian Knaak M.Sc.
Telefon +49 241 8906-281
christian.knaak@ilt.fraunhofer.de

PROZESSÜBERWACHUNG DES LASERBASierten TAPE-LEGE-PROZESSES FÜR FASERVERBUNDBAUTEILE

Aufgabenstellung

Der Bedarf an Bauteilen aus Faserverbundwerkstoffen (FKV) wächst derzeit rapide. Allerdings gibt es kein Herstellungsverfahren für Bauteile, das automatisiert und gleichzeitig flexibel, energieeffizient und umweltschonend ist. Das Projekt »ambliFibre« begegnet dieser Herausforderung durch die Entwicklung des ersten laserbasierten Tape-Lege-Prozesses mit leicht handbarer Softwarelösung und Online-Qualitätsüberwachung. Das System ermöglicht die kontrollierte Laserschweißung von FVK-Bändern mit integrierter Prozesskontrolle. Die Qualität der geschweißten Bänder wird online überwacht, um frühzeitig Defekte im Bauteil festzustellen. Die Handhabung der Bediensoftware des Gesamtsystems benötigt keine besondere Expertise der Benutzer.

Vorgehensweise

Die Aufgabe des Fraunhofer ILT besteht darin, die Online-Prozesskontrolle zur Erkennung unzureichender Laminierung der Tapes beim Legen zu entwickeln. Dazu werden in FKV-Bändern künstlich eingebrachte Rechteckprägungen verwendet. Mithilfe von Thermografiebildern, die während des Legeprozesses aufgenommen werden, werden diese Prägungen erkannt und anschließend hinsichtlich der verbleibenden Geometrie nach dem Verschweißen und der daraus abgeleiteten Anbindungsqualität bewertet. Der Algorithmus zur Prozesskontrolle basiert auf einem »Machine Learning-Ansatz«. Im ersten Schritt wird die Existenz von Prägungen auf dem Band erkannt und

anschließend die Anbindung des Tapes durch eine Qualitätsanalyse anhand gelernter Datensätze bewertet. Das Messverfahren ist echtzeitfähig und aufgrund seiner Schnittstellen leicht in bestehende Systeme zu integrieren.

Ergebnis

Das implementierte »Machine Learning-Model« erkennt zuverlässig Prägungen auf der Oberfläche von FVK-Bändern. In der Evaluation, mit einem Umfang von mehr als zehn Proben pro Parameterset, erreichte das Verfahren eine Sicherheit von nahezu 100 Prozent in der Erkennung von Prägungen und der Anbindungsqualität der Tapes beim Schweißen. Die Verzögerung von der Bilderfassung bis zum Abschluss der Bewertung ist geringer als zehn Sekunden.

Anwendungsfelder

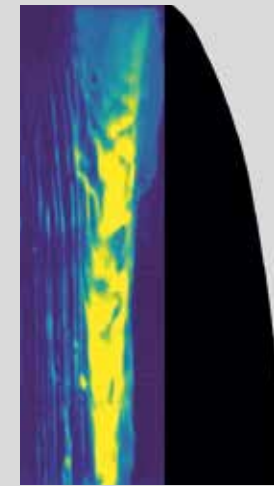
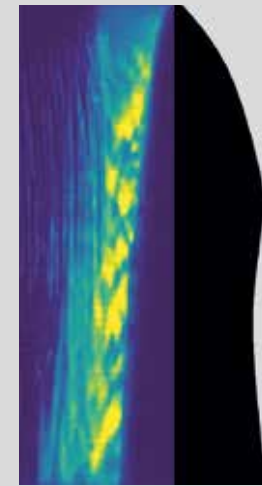
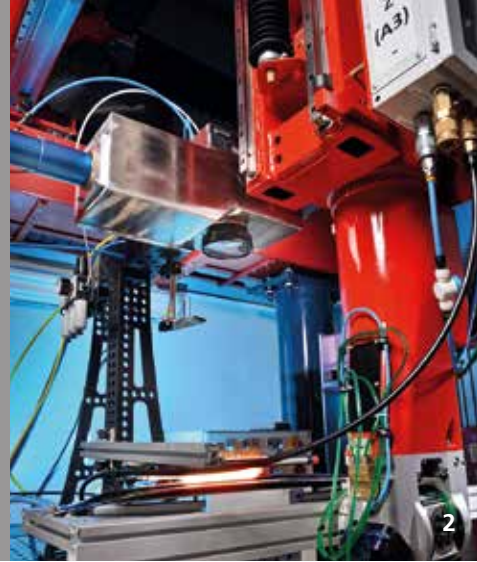
Das »ambliFibre«-Überwachungssystem bietet sich für alle Anwendungen an, deren Ziel die Detektion von Strukturen auf Oberflächen mit unterschiedlich temperierten Arealen ist. Das Verfahren ist durch das »Machine Learning« leicht anpassbar und flexibel erweiterbar. Durch eine dynamische Objektfindung können nicht nur bekannte Imperfektionen, sondern auch neue im Prozess entstandene erkannt werden.

Die Arbeiten werden im Rahmen des EU-Projekts »ambliFibre« unter dem Förderkennzeichen 678875 durchgeführt.

Ansprechpartner

Andrea Lanfermann M.Sc.
Telefon +49 241 8906-366
andrea.lanfermann@ilt.fraunhofer.de

- 3 Infrarotaufnahme eines FKV-Bands mit eingebrachter Prägung.
- 4 Versuchsaufbau zur simulierten Erwärmung von FKV-Bändern.



SCHNEIDEN VON FASER- VERBUND-HYBRIDMATERIAL

Aufgabenstellung

Die Kombination unterschiedlicher Materialien in einem Bauteil und einem Fertigungsprozess ist eine im Leichtbau eingesetzte Möglichkeit, Komponenten gewichtsoptimiert und kostengünstig herzustellen. Beispielsweise können Strukturbauteile aus glasfaserverstärktem Kunststoff (GFK) durch unidirektionale Kohlefaser-Einleger (CFK-Tapes) belastungsgerecht verstärkt werden.

Der Zuschnitt derartiger Mischmaterialien ist aufgrund der Inhomogenität der Materialien mit mechanischen Trennverfahren schwierig. Mit dem Laser als Werkzeug ist eine Anpassung des Schneidprozesses an den lokal vorliegenden Materialaufbau einfach möglich. Im vorliegenden Fall sollen 2 mm dicke Komponenten besäumt werden, die im Trennbereich in der oberen Hälfte aus CFK und der unteren Hälfte aus GFK bestehen.

Vorgehensweise

Um eine Trennung der CFK-Lage mit einer minimalen Wärmeeinflusszone zu erzielen, wird das Material mit einem cw-Singlemode (SM)-Faserlaser im Multi-Pass-Verfahren abgetragen. Zwar kann langfaserverstärktes GFK mit einem schneidgasunterstützten CO₂-Laserschnitt effizient getrennt werden, jedoch wird hier auch für die GFK-Lage der Faserlaser

und das zur Strahleintrittseite abtragende Multi-Pass-Verfahren eingesetzt. Durch die absorptionssteigernde Wirkung des Füllmaterials in der Matrix wird auch bei einer Wellenlänge von 1 µm des Faserlasers ein effizienter Abtrag erreicht.

Ergebnis

Der Schnitt kann mit dem SM-Laser somit in einem Arbeitsgang fertiggestellt werden. Bei einer Laserleistung von 5 kW und einer Scangeschwindigkeit von 4,2 m/s wird die vollständige Trennung nach 13 Überfahrten erreicht. Die Wärmeeinflusszone bzw. geometrische Kantenabweichung beträgt max. 150 µm.

Anwendungsfelder

Besäumen oder Schneiden von Ausbrüchen und Bohrungen an CFK- oder GFK-Bauteilen sind Prozessschritte, die in allen Bereichen des Leichtbaus erforderlich sind, insbesondere in der Luftfahrt und Automobilindustrie. Der zunehmende Einsatz von Multimaterialkomponenten zur Umsetzung der Leichtbauziele steigert den Bedarf an einfachen an der Materialkombination anpassbaren Schneidverfahren, die gut mit dem Laser bedient werden können.

Das diesem Bericht zugrundeliegende FuE-Vorhaben wurde im Auftrag des Bundesministeriums für Bildung und Forschung BMBF im Rahmen des Projekts »HyBriLight« unter dem Förderkennzeichen 13N12718 durchgeführt.

Ansprechpartner

Dr. Frank Schneider
Telefon +49 241 8906-426
frank.schneider@ilt.fraunhofer.de

- 1 Remote-Laserstrahlschneiden.
von CFK-GFK-Hybridmaterial.
2 Kontinuierlicher Multi-Pass-Schnitt
mit Scanner und Roboter.

IN-SITU-VISUALISIERUNG VON MEHRFACH- REFLEXIONEN BEIM LASERSTRAHLSCHNEIDEN

Aufgabenstellung

Instabilitäten der Laserschneidfront verursachen beim Laserstrahlschneiden unerwünschte Qualitätseinbußen in Form von Abtrag- und Erstarrungsriefen und können bis zur Bartbildung führen. Die Auswirkungen von Mehrfachreflexionen der Laserstrahlung in der Schneidfuge und deren Auswirkungen auf das Schneidergebnis sind nach wie vor nicht vollständig geklärt.

Vorgehensweise

Mittels Besäumschnittverfahren wird die In-situ-Diagnose der Schmelz- und Erstarrungsdynamik beim Laserstrahlschmelzschnitten ermöglicht. Die Schneidfuge wird optisch zugänglich. Bei Besäumschnitten wird entlang einer bestehenden geradlinigen Werkstückflanke mit definiertem Laserstrahlüberlapp geschnitten. Zur Beibehaltung eines geführten Überschallgasstrahlverlaufs entlang des Schmelzfilms wird die fehlende Schnittflanke durch eine transparente Ersatzflanke simuliert. Die Variationen von Laserstrahlüberlapp und Abstand zwischen Ersatzflanke und Werkstückflanke ermöglichen die Manipulation von Mehrfachreflexionsanteilen.

Ergebnis

Mittels Besäumschnittverfahren konnte erstmalig der Nachweis für Mehrfachreflexionen in der Schnittfuge erbracht werden. Dabei wurde die Existenz von Mehrfachreflexionen eindeutig demonstriert und folgende Konsequenzen wurden aufgezeigt:

- Der schmelzflüssige Bereich von der Schneid- bis zur Erstarrungsfront auf der Schnittflanke wird deutlich über den Bereich, welcher direkt durch die Laserstrahlung beleuchtet wird, vergrößert.
- Mehrfachreflexionen haben einen signifikanten Einfluss auf das Riefenbild und die horizontale Struktur der sich ausbildenden Schnittflanke.
- Die Abtragrate ist vergrößert und somit steigern Mehrfachreflexionen die Prozesseffizienz.

Anwendungsfelder

Der Nachweis von Mehrfachreflexionen ist ein wichtiger Schritt für die Entwicklung von angepassten Prozessparametern zur Steigerung der Schnittflankenqualität bei gleichzeitiger Vermeidung von Bartbildung.

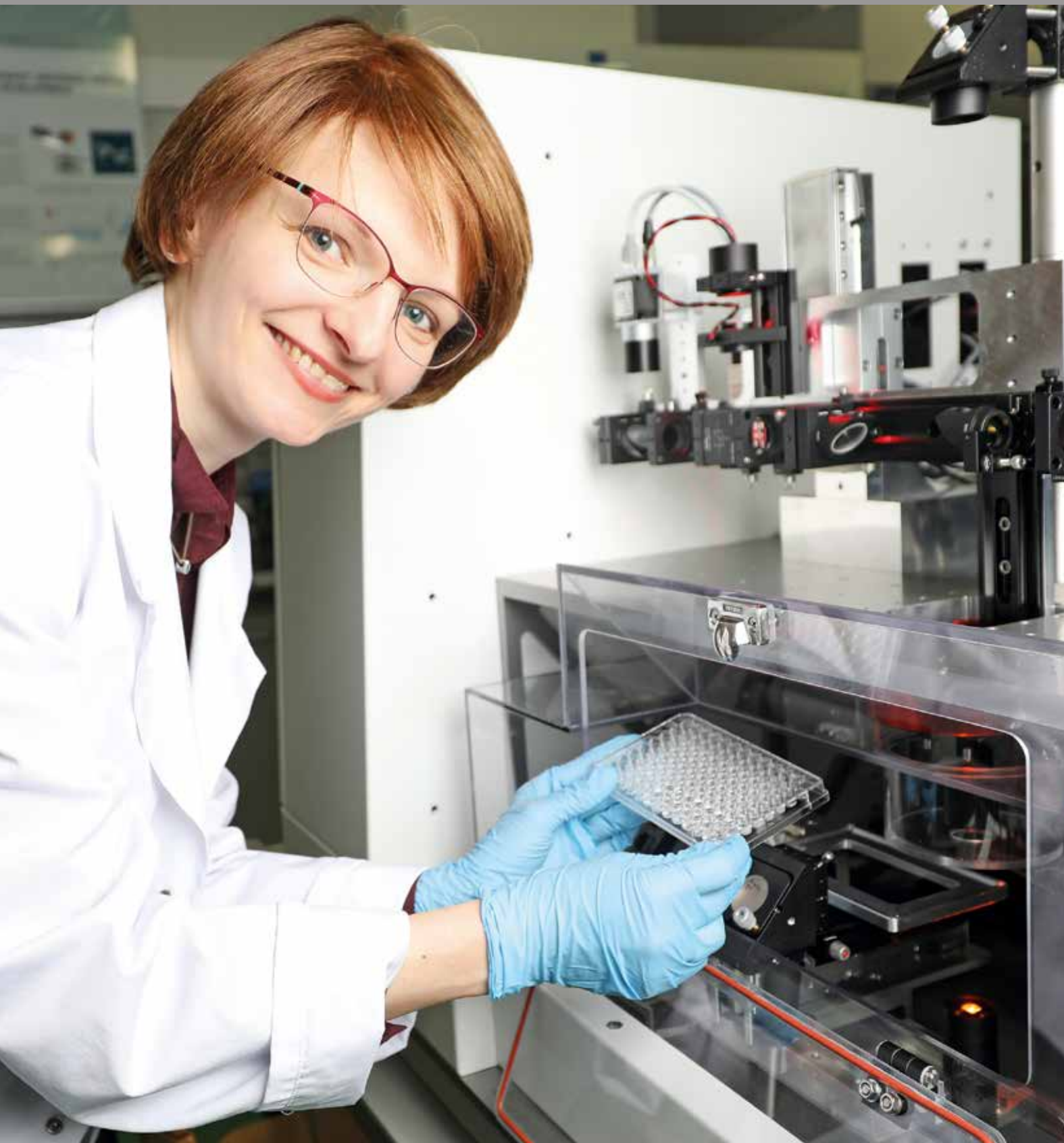
Das Vorhaben wird durch die Deutsche Forschungsgemeinschaft DFG im Rahmen des Sonderforschungsbereichs SFB 1120 (Präzision aus Schmelze) finanziert.

Ansprechpartner

Dennis Arntz M.Sc.
Telefon +49 241 8906-8389
dennis.arntz@ilt.rwth-aachen.de

- 3 Besäumschnittaufnahme, Schnittflankenprofil
und zugehörige Schnittflanke (jeweils v. l. n. r.)
mit Mehrfachreflexionen.
4 ... und ohne Mehrfachreflexionen.

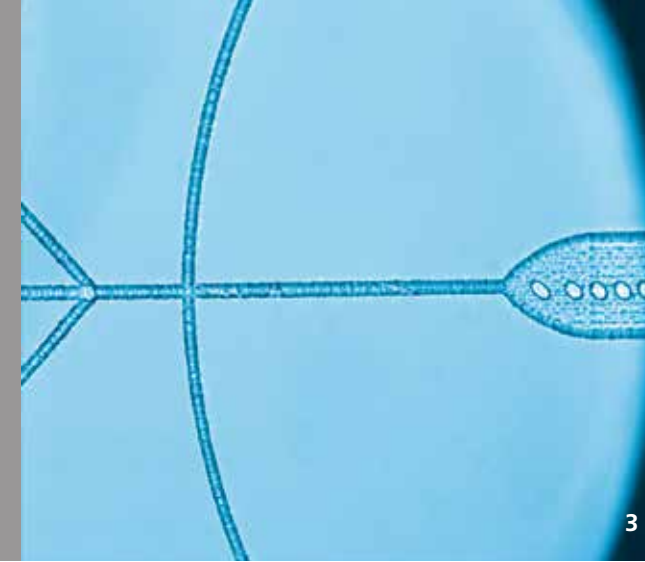
MEDIZINTECHNIK UND BIOPHOTONIK



INHALT

LIFTSYS®+ – Prozesskette zur Analyse und Separation einzelner Zellen	96
Tröpfchenbasiertes Screening für die beschleunigte Evolution optimierter Enzyme	97
Wellenleiter für die winkelaufgelöste Lichtstreuung	98
Design und additive Herstellung lokal lastangepasster Wirbelkörperimplantate	99

Automatisierter LIFT-Prozess zur Einzelzellablage.



LIFTSYS®+ – PROZESSKETTE ZUR ANALYSE UND SEPARATION EINZELNER ZELLEN

Aufgabenstellung

Die Herstellung und Erforschung neuer biotechnologisch hergestellter Medikamente erfordert die Analyse und Selektion von leistungsfähigen, lebenden Zelllinien. Heutzutage werden für die Selektion solcher Zellen meist fluoreszenzmarkierte Antikörper genutzt. Eine markerfreie Analyse solcher Zellen mit anschließender Selektion und Separation ermöglicht hohe Ressourcen- und Zeitersparnisse in der Erzeugung effizienter Produktionszellenlinien.

Vorgehensweise

Das am Fraunhofer ILT etablierte LIFTSYS®-System ermöglicht durch Laser Induced Forward Transfer (LIFT) die präzise Platzierung einzelner Zellen. Für die Entwicklung einer Prozesskette zur Analyse und anschließenden Separation wird ein neues LIFTSYS®-System (LIFTSYS®+) aufgebaut, das über ein integriertes Ramanspektrometer verfügt. Durch die proteinspezifischen Schwingungsspektren der Ramananalyse können die Zellen untersucht werden, ohne die Zellviabilität zu beeinflussen. Das LIFTSYS®+ wird so angepasst, dass der Einbau in eine biologische Werkbank zur Arbeit unter sterilen Bedingungen möglich wird. Zur Einbindung in Standardprozesse der Biotechnologie und zur Erhöhung der Produktivität werden Mikrotiterplatten als Empfängerträger verwendet.

- 1 Ramananalysem modul der LIFTSYS®+-Anlage.
2 Gezielte Zellübertragung in die Kammern mittels LIFT.

Ergebnis

Am Fraunhofer ILT wurde in Kooperation mit dem Fraunhofer IGB das LIFTSYS®+-System mit integriertem Ramananalysem modul realisiert und in eine klimatisierbare Werkbank integriert. Diese Prozesskombination ermöglicht die markerfreie Analyse, Selektion und Separation einzelner Zellen in optimalen Bedingungen für die Zellviabilität. Der automatisierte Prozess von Zellerkennung, Bewertung der Zellproduktivität anhand von Ramanspektren und Übertrag mittels LIFT wird aktuell in Zusammenarbeit mit dem Fraunhofer FIT und dem Fraunhofer IGB untersucht.

Anwendungsfelder

Ein breites Anwendungsgebiet ist die medizinische und pharmazeutische Forschung sowie die Biotechnologie. Besonders für die Herstellung pharmazeutischer Wirkstoffe verspricht dieser Prozess eine signifikant verkürzte Prozesskette zur Herstellung von Biologika. Darüber hinaus lassen sich durch das LIFTSYS®+ grundlegende Untersuchungen der mikroskopischen Interaktion unterschiedlicher Zellen miteinander reproduzierbar durchführen.

Ansprechpartner

Richard Lensing M.Sc.
Telefon +49 241 8906-8336
richard.lensing@ilt.fraunhofer.de

Dr. Nadine Nottrodt
Telefon +49 241 8906-605
nadine.nottrodt@ilt.fraunhofer.de

TRÖPFCHENBASIERTES SCREENING FÜR DIE BESCHLEUNIGTE EVOLUTION OPTIMIERTER ENZYME

Aufgabenstellung

Biotechnologische Prozesse auf der Basis enzymatischer Katalyse ersetzen zunehmend großchemische Verfahren, da sie ökologischer und wirtschaftlicher sind sowie die Herstellung völlig neuartiger Stoffe, wie z. B. Bioplastik, ermöglichen. Die technologische Voraussetzung für die biotechnologische Produktion ist die Verfügbarkeit neuartiger, optimierter technischer Enzyme. Ihre Bereitstellung ist jedoch langwierig und teuer.

Vorgehensweise

Ausgehend von einem vorhandenen Enzymgen sollen daher eine Million verschiedene Enzymvarianten durch genetisches Engineering und anschließende zellfreie Enzymexpression erzeugt werden. Dabei dienen Tröpfchen mit einem Durchmesser von unter 10 µm als Mikroexpressionssysteme, in denen die Gene vereinzelt und aus ihnen mithilfe eines Zellextrakts Enzyme hergestellt werden. Nach Zugabe eines Substrats, das die Enzyme zu einem fluoreszenten Produkt verstoffwechseln, ist die Aktivität der Enzyme über die Fluoreszenzintensität bestimmbar. Besonders aktive und damit für die Produktion vielversprechende Enzymvarianten weisen ein hohes Fluoreszenzsignal auf. Um die besten Enzyme für die Produktion zu selektieren, hat das Fraunhofer ILT ein tröpfchenbasiertes Screeningverfahren entwickelt, bei dem Mikrotröpfchen mit Enzymgenen, Zellextrakt und Substrat in eine ölige Phase injiziert und in einem Sortierchip auf ihre Fluoreszenz untersucht werden. Die besten Enzymkandidaten werden an einer

mikrofluidischen Verzweigung mit stark fokussiertem Laserlicht aussortiert und auf dem Chip abgelegt. Eine Iteration des beschriebenen Vorgehens führt zu optimierten technischen Enzymen.

Ergebnis

Durch Selective Laser-Induced Etching (SLE) wurden mikrofluidische Systeme aus Quarzglas entwickelt, mit denen 5 bis 10 µm große Tröpfchen bei Generationsraten oberhalb von 10 kHz erzeugt werden können. Die entwickelte Screening- und Sortierplattform durchmustert Tröpfchen mit Raten von größer 1 kHz und separiert durch optische Kräfte berührungslos und schonend Tröpfchen mit überschwelligem Fluoreszenzsignal.

Anwendungsfelder

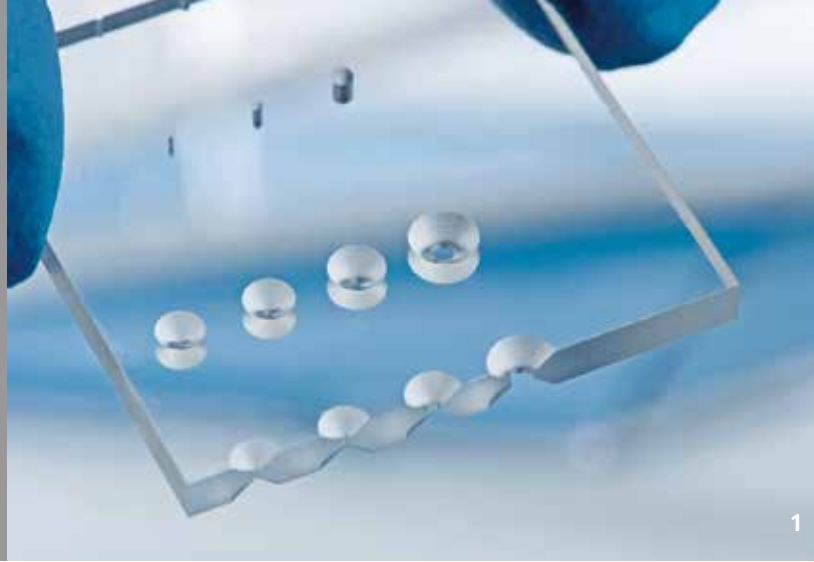
Die Durchmusterungs- und Sortierplattform kann in der Biotechnologie für die beschleunigte, gerichtete Evolution von Enzymen eingesetzt werden. Darüberhinaus ist sie aber auch in der personalisierten Medizin zum Nachweis und zur Ablage im Blut zirkulierender Tumorzellen einsetzbar.

Ansprechpartner

Dipl.-Phys. Georg Meineke
Telefon +49 241 8906-8084
georg.meineke@ilt.fraunhofer.de

Dr. Achim Lenenbach
Telefon +49 241 8906-124
achim.lenenbach@ilt.fraunhofer.de

- 3 Tröpfchengeneration mit Durchmessern von unter 10 µm.
4 Tröpfchengenerator auf Trägerchip.



1

WELLENLEITER FÜR DIE WINKELAUFGELÖSTE LICHTSTREUUNG

Aufgabenstellung

Die winkelaufgelöste Messung des an Partikeln gestreuten Lichts erlaubt eine Bestimmung von Partikelgrößen und rudimentär auch Partikelformen. Dieses Verfahren – statische Laser-Lichtstreuung – wird in Laborgeräten für die Analyse von Partikeldurchmessern zwischen einigen 10 nm und hunderten µm eingesetzt. Für inlinefähige, prozessanalytische Tauchsonden eignet sich das Verfahren aufgrund der komplexen Optik mit vielen Detektionskanälen für jeweils einen kleinen Winkelbereich bisher nicht. In einem Forschungsprojekt mit Partnern aus der Industrie entwickelt das Fraunhofer ILT eine kompakte, inlinefähige Tauchsonde, mit der winkelaufgelöste Streulichtmessungen für die Partikelanalytik ermöglicht werden.

Vorgehensweise

Der von uns verfolgte, neue Ansatz für die optische Partikelanalytik besteht darin, Wellenleiter zur winkelaufgelösten Erfassung des an Partikeln gestreuten Lichts zu verwenden. In einen Glaschip werden mithilfe eines KurzpulsLasers sowohl strukturelle Elemente (z. B. eine Öffnung, die von der Probenflüssigkeit durchspült wird) als auch Wellenleiter zur Führung des Streulichts eingebracht. Eine CCD-Zeile an einer Außenfläche des Glaschips erfasst das durch die Wellenleiter geführte Streulicht.

Ergebnis

Die Wellenleiter werden für den Einsatz in einer Streulichtsonde optimiert. Dafür müssen die Laserparameter zum Schreiben der Wellenleiter variiert und die optischen Eigenschaften der Wellenleiter, wie Transmission, Abstrahlwinkel und minimale Krümmungsradien, analysiert werden. Ein Konzept für den Aufbau eines Analysechips mit Elementen zur Strömungsformung wurde erstellt.

Anwendungsfelder

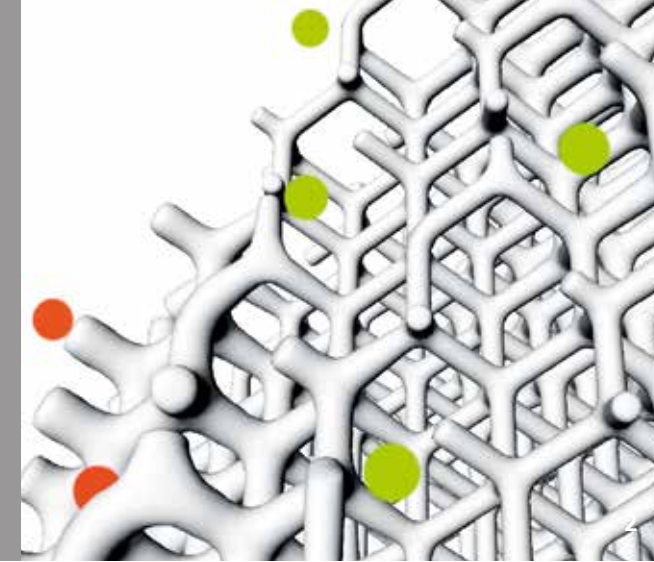
Mit der Streulichtsonde soll die Größe von Partikeln mit einem Durchmesser zwischen wenigen 10 nm und vielen µm gemessen werden. Anwendungsfelder liegen beispielsweise in der Bioprozessanalytik und der chemischen Prozessanalytik. Wachstumsprozesse in Biofermentern oder die Partikelbildung in chemischen Kristallisationen sollen inline während eines laufenden Prozesses erfasst werden.

Das diesem Bericht zugrundeliegende FuE-Vorhaben »WAVESCATTER« wird im Verbund mit Firmen im Auftrag des Bundesministeriums für Bildung und Forschung BMBF unter dem Förderkennzeichen 13N14176 durchgeführt.

Ansprechpartner

Dr. Christoph Janzen
Telefon +49 241 8906-8003
christoph.janzen@ilt.fraunhofer.de

apl. Prof. Reinhard Noll
Telefon +49 241 8906-138
reinhard.noll@ilt.fraunhofer.de



DESIGN UND ADDITIVE HERSTELLUNG LOKAL LASTANGEPASSTER WIRBEL-KÖRPERIMPLANTATE

Aufgabenstellung

Degenerativ bedingte Instabilitäten im Bereich der Wirbelsäule können zu einem operativen Entfernen der Bandscheibe führen. Zur knöchernen Durchbauung (Fusion) werden deshalb Intervertebralcages (Cages) in den entstandenen Zwischenwirbelraum eingesetzt. Die Verwendung aktueller Cages kann implantatbezogene Versagensmuster, wie der Pseudoarthrose oder Migration aufgrund eines nicht optimalen Pressfits zum Wirbelkörper, zur Folge haben. Im Rahmen des BMBF-Projekts »EITPSI« wird ein neuartiges Cage-Design verfolgt mit dem Ziel, die Geometrie sowie deren Steifigkeit und Struktur patientenspezifisch, d. h. individuell, anzupassen, um das Implantatversagen signifikant zu reduzieren.

Vorgehensweise

In Kooperation mit dem Lehrstuhl für Digitale Additive Produktion DAP der RWTH Aachen University wird zur Erzeugung einer formschlüssigen Pressfit-Verankerung das Implantat an die Oberflächentopographie des Knochens anatomisch adaptiert. Die mittige Fusionszone dient zur verbesserten knöchernen Durchbauung und wird durch die Integration einer lokal angepassten Gitterstruktur an die individuelle Steifigkeit der angrenzenden Wirbel und deren individueller Knochendichte angepasst. Gleichzeitig kann das Einwachsverhalten des Knochengewebes und damit die Fusion signifikant verbessert werden.



3

Ergebnis

Für die lokale Anpassung der Gitterstruktursteifigkeit an die Dichte des anliegenden Knochens wurde ein Algorithmus entwickelt. Basierend auf einer mittels CT ermittelten Knochendichte-Punktwolke wurden lokale Skalierungsfaktoren (grün = niedrige, rot = hohe Steifigkeit) abgeleitet (Bild 2). Diese beeinflussen den Anfangs- und Enddurchmesser jeder Strebe des Gitters. Durch einen nachfolgenden Glättungsvorgang wurde ein homogenes Mesh-Volumen generiert sowie die generelle Aufbaubarkeit mittels Selective Laser Melting (SLM), auch bekannt als Laserstrahlschmelzen oder Laser-Powder Bed Fusion (L-PBF), verifiziert (Bild 2 und 3).

Anwendungsfelder

Die Herstellung lokal lastangepasster, additiv hergestellter Wirbelkörperimplantate bietet aufgrund der patientenspezifischen Adaption ein hohes Verbesserungspotenzial und kann die im klinischen Alltag standardisierten Implantate ersetzen. Der Anwendungsbereich kann auf alle im Körper mit Knochen zu fusionierende Implantate ausgeweitet werden.

Teile der Arbeiten werden vom Bundesministerium für Bildung und Forschung BMBF im Rahmen des Projekts »EITPSI« unter dem Förderkennzeichen 13GW0116 durchgeführt.

Ansprechpartner

Martin Kimm M.Sc.
Telefon +49 241 8906-618
martin.kimm@ilt.fraunhofer.de

Dipl.-Phys. Lucas Jauer
Telefon +49 241 8906-360
lucas.jauer@ilt.fraunhofer.de

1 Glaschip mit laserstrukturierten Öffnungen.

2 Skalierungspunkte mit gradierter Gitterstruktur.

3 Additiv hergestellter Cage aus Ti6Al4.

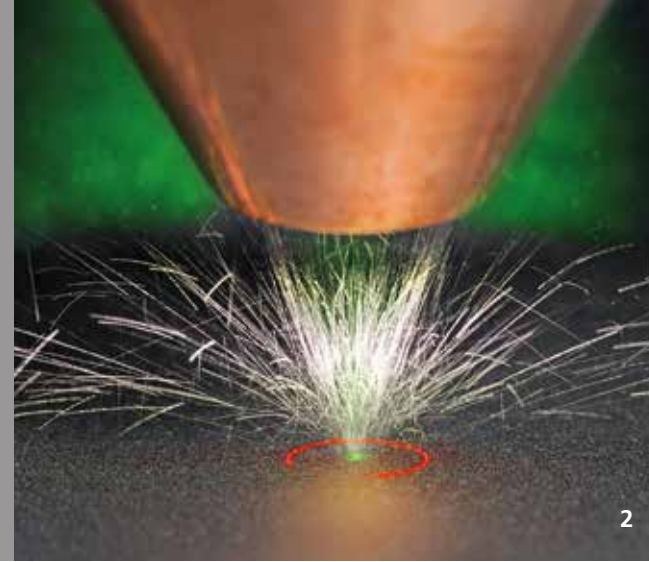
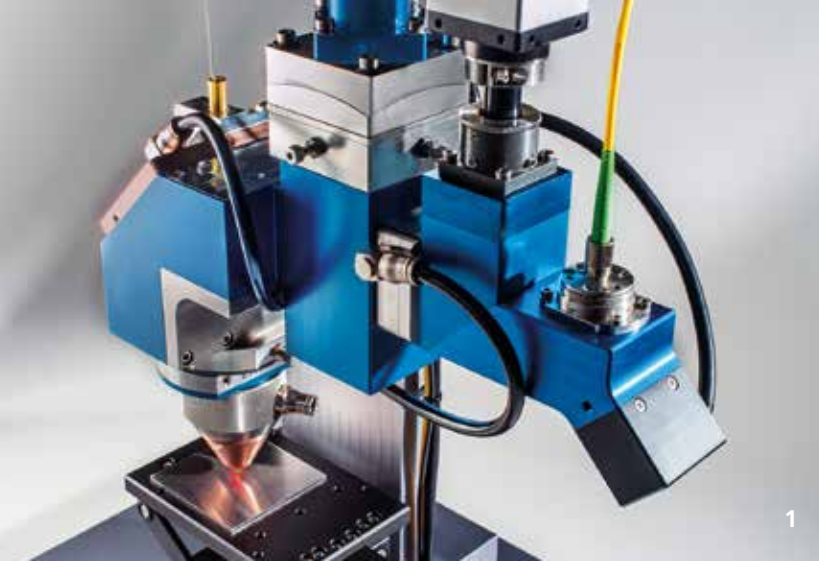
LASERMESSTECHNIK
UND EUV-TECHNOLOGIE



INHALT

»bd-1«-Sensorik für Inline-Messungen beim Laserauftragschweißen	102
Inline-Pulvergasstrahl-Messsystem	103
Laserbasierte Erkennung elektronischer Bauteile	104
Spektroskopische EUV-Reflektometrie zur Charakterisierung von Nanostrukturen	105
Hocheffiziente Transmissionsgitter für EUV-Anwendungen	106
Teststand für Bestrahlungsexperimente im EUV-Spektralbereich	107

Werkstofferkennung für das
Recycling von Feuerfestmaterialien.



»bd-1«-SENSORIK FÜR INLINE-MESSUNGEN BEIM LASERAUFTRAG- SCHWEISSEN

Aufgabenstellung

Beim Laserauftragschweißen (LA) hängt das Fertigungsergebnis, wie beispielsweise die aufgetragene Spurhöhe oder Schichtdicke, von diversen Faktoren ab. Trotz konstanter Verfahrensparameter führen Schwankungen in der Materialzufuhr (Draht oder Pulver) sowie nicht konstante Geschwindigkeiten an Umkehrpunkten zu Schwankungen in den Schichtdicken, die die Formgenauigkeit des Auftrags herabsetzen. Eine schnelle Regelung der Materialzufuhr ist bis dato nicht möglich. Die genaue Kenntnis der aufgetragenen Schichtdicke ist daher essentiell, um Korrekturmaßnahmen für die nächsten Spuren und Lagen einzuleiten und damit eine höhere Präzision der aufgetragenen Schichten zu erreichen. Dies gilt insbesondere, wenn das LA für die additive Fertigung von Volumina eingesetzt wird. Zusätzlich kann eine Inline-Messung der Schichtdicke für die Qualitätssicherung eingesetzt werden.

Vorgehensweise

Zur direkten Messung aufgetragener Spurhöhen beim LA wurden pulverbasierte und koaxialdrahtbasierte LA-Optiken um Anschlüsse für die am Fraunhofer ILT entwickelte absolutmessende interferometrische »bd-1«-Sensorik ergänzt.

- 1 Laserauftragschweißen mit Koaxialdraht und »bd-1« für die Inline-Höhenmessung.
2 Ausrichtung von Pulverfokus, Lage der Bearbeitungslaserstrahlung (grün) und Messstrahlung des »bd-1« (rot).

Durch die kompakte Gestaltung der »bd-1«-Messköpfe lassen sie sich leicht in bestehende Optiken integrieren. Um aufgetragene Spurhöhen richtungsunabhängig messen zu können, wird die Messstrahlung koaxial zur Bearbeitungsstrahlung eingekoppelt und über Spiegel um den Auftragspunkt abgelenkt.

Ergebnis

Mit der entwickelten Anordnung können Geometriemerkmale – wie die Schichtdicke – schon während der Fertigung erfasst werden. LA-Anlagen können die in Echtzeit verfügbaren Messergebnisse zukünftig nutzen, um unmittelbar auf Abweichungen von der Soll-Geometrie zu reagieren und so die Akkumulation von Fertigungsfehlern zu verhindern. Auch schwankende Eigenschaften von Vorprodukten und von zu verarbeitenden Materialien können detektiert und durch autonome Parameteranpassungen kompensiert werden.

Anwendungsfelder

Die »bd-1«-Sensorik kann bei pulver- und koaxialdrahtbasierten LA-Prozessen zunächst zur Qualitätssicherung, später zur Regelung der Fertigungsprozesse eingesetzt werden. Weitere Anwendungsgebiete für die interferometrische Sensorik sind beispielsweise die Überwachung und Regelung des Laserbohrens und der Lasermikrostrukturierung.

Ansprechpartner

Dr. Stefan Hölters
Telefon +49 241 8906-436
stefan.hoelters@ilt.fraunhofer.de

apl. Prof. Reinhard Noll
Telefon +49 241 8906-138
reinhard.noll@ilt.fraunhofer.de

INLINE-PULVERGAS- STRAHL-MESSSYSTEM

Aufgabenstellung

Die Qualität additiv gefertigter Bauteile und Beschichtungen mittels Laserauftragschweißen (LA) hängt in hohem Maße von reproduzierbaren Prozessparametern ab. Anspruchsvolle Bauteile, wie sie in der Luft- und Raumfahrtindustrie zum Einsatz kommen, können nur in einem definierten Prozessfenster fehlerfrei hergestellt werden, in dem schon kleine Abweichungen das Prozessergebnis verändern. Aus diesem Grund besteht die Notwendigkeit, sowohl die Prozesseinrichtung zu standardisieren und zu dokumentieren als auch den Prozess selbst zu überwachen.

Vorgehensweise

Da beim LA die Einstellung der Pulverzufuhrdüse das Prozessergebnis maßgeblich bestimmt, kommt der Vermessung des Pulvergasstrahls eine entscheidende Bedeutung zu. Gemeinsam mit der Trumpf Laser- und Systemtechnik GmbH wurde daher ein vom Fraunhofer ILT entwickeltes Verfahren zur Zertifizierung von Pulverdüsen in einem anlagenintegrierten System umgesetzt. Dieses wurde zusätzlich um Funktionalitäten zur Prozesseinrichtung und Online-Prozessüberwachung erweitert.

Ergebnis

Das System ist an die Kameraschnittstellen von industriellen Bearbeitungsköpfen adaptiert und kann als »Inline-Pulvergasstrahl-Messsystem« in jede TRUMPF-LA-Optik integriert werden. Folgende Funktionsbausteine stehen modular zur Verfügung:

- Unterstützung und Dokumentation der Prozesseinrichtung durch Messen und Markieren der Positionen von Bearbeitungslaser, Düsenaustrittsöffnung, Pulverfokus und Merkmalen des Werkstücks
- Vermessung des Pulvergasstrahls und Charakterisierung von Pulverzufuhrdüsen durch Berechnung von Kennzahlen
- Überwachung der Prozessstabilität anhand geometrischer Merkmale des Schmelzbads

Anwendungsfelder

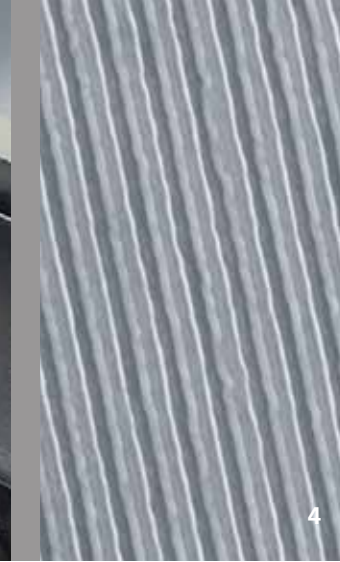
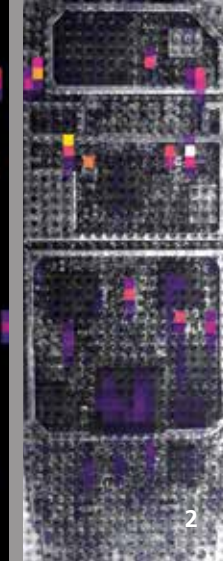
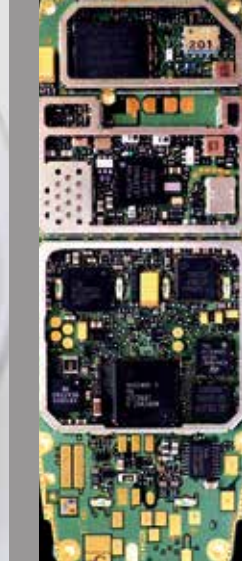
Zu den Anwendungen zählen alle Aktivitäten im Bereich des LA, bei denen die genaue Kenntnis der Prozesseinrichtung und Prozessstabilität erforderlich ist. Dies kann in der Luft- und Raumfahrt mit höchsten Anforderungen an die Bearbeitung und Dokumentation, bei der Fertigung von Bauteilen mittels Hochgeschwindigkeits-Laserauftragschweißen oder mit verlängerten Bearbeitungszeiten Anwendung finden.

Ansprechpartner

Dipl.-Ing. Stefan Mann
Telefon +49 241 8906-321
stefan.mann@ilt.fraunhofer.de

Dipl.-Ing. Peter Abels
Telefon +49 241 8906-428
peter.abels@ilt.fraunhofer.de

- 3 Modul zur Qualitätssicherung beim LA.
4 Pulverdüse für LA.



LASERBASIERTE ERKENNUNG ELEKTRONISCHER BAUTEILE

Aufgabenstellung

Für die Rückgewinnung wertvoller Rohstoffe aus Elektroschrott müssen die Bauteile identifiziert werden, in denen sie in hohen Konzentrationen vorhanden sind. Diese Information ist bei der Vielzahl heutiger elektronischer Geräte nicht verfügbar, so dass eine gezielte Entnahme und Aufbereitung in separaten Fraktionen nicht erfolgen kann.

Vorgehensweise

Das Fraunhofer ILT koordiniert das europäische Verbundvorhaben »ADIR«, in dem technologische Lösungen erarbeitet werden, um die einzelnen Wertstoffe automatisiert wiederzugewinnen. Hierzu werden Verfahren entwickelt, um physikalische und chemische Eigenschaften wertvoller Baugruppen und Elektronikelemente zu identifizieren und diese gezielt zu entnehmen.

Ergebnis

Die berührungslose Erkennung der Inhaltsstoffe eines Bauelements wird mit einem kombinierten Verfahren erreicht. Ein gepulster Laserstrahl durchdringt zunächst lokal die oberen Schichten der Bauteile. Die anschließende Analyse erfolgt mit dem Verfahren der Laser-Emissionsspektroskopie (LIBS). Hierbei regt der Laserstrahl das innenliegende Material zur optischen Emission an, die spektroskopisch analysiert wird.

- 1 Ausgesonderte, vorzerlegte Mobiltelefone.
2 Platine eines Mobiltelefons und Positionen von tantalhaltigen Bauteilen.

Dabei werden die Strahlengänge für die Laseranregung und Detektion schnell und exakt auf einzelne Positionen auf einer Platine ausgerichtet. Hierdurch können sowohl einzelne Bauteile gezielt untersucht als auch Rastermessungen größerer Flächen durchgeführt werden. Ganze Platinen mit einer Kantenlänge von bis zu 50 cm können so zügig erfasst und z. B. in einer Multi-Element-Landkarte wiedergegeben werden.

Anwendungsfelder

Die schnelle und berührungslose Analyse mit der Möglichkeit, räumliche Verteilungen zu erfassen, eröffnet ein breites Anwendungsfeld: von der Charakterisierung natürlicher Rohstoffe über die Qualitätsprüfung metallischer Bauteile und Halbzeuge bis hin zum Auffinden von Wertstoffen im Recycling.

Die Arbeiten werden im Rahmen des EU-Projekts »ADIR« unter dem Förderkennzeichen 680449 durchgeführt.

Ansprechpartner

Dr. Cord Fricke-Begemann
Telefon +49 241 8906-196
cord.fricke-begemann@ilt.fraunhofer.de

apl. Prof. Reinhard Noll
Telefon +49 241 8906-138
reinhard.noll@ilt.fraunhofer.de

SPEKTROSKOPISCHE EUV-REFLEKTOMETRIE ZUR CHARAKTERISIERUNG VON NANOSTRUKTUREN

Aufgabenstellung

Extrem ultraviolette (EUV) Strahlung ist für photonenbasierte messtechnische Anwendungen eine vielversprechende Alternative gegenüber bisher genutzten Spektralbereichen. Im Gegensatz zu den umliegenden Spektralbereichen von Infrarot bis in den Röntgenbereich weist EUV-Strahlung eine sehr viel stärkere Wechselwirkung mit Materie auf. Vorteilhaft sind darüber hinaus die kurzen Wellenlängen, die in der gleichen Größenordnung wie aktuelle Strukturgrößen (~ 10 nm) der Halbleiter- und Nanotechnologie liegen.

Vorgehensweise

In einer realisierten EUV-Spektroskopieanlage für den Spektralbereich von 9 nm bis 17 nm werden Nanostrukturen auf ihren spektroskopischen Reflexionsgrad unter verschiedenen Winkeln im streifenden Einfall vermessen. Bei hinreichend dünnen Proben (< 100 nm) kann zusätzlich der spektroskopische Transmissionsgrad bestimmt werden. Durch ein modellgestütztes Vorgehen wird aus den ermittelten radiometrischen Größen die Probengeometrie rekonstruiert, wie beispielsweise laterale Abstände und Größen periodischer Strukturen sowie vertikale Dicken komplexer Vielschichtsysteme. Darüber hinaus können Proben mit unbekannten Materialeigenschaften hinsichtlich ihrer Stöchiometrie und Dichte charakterisiert werden.

Ergebnis

Ultradünne Membranen mit Dicken von ca. 20 nm, Vielschichtsysteme mit Einzelschichtdicken von unter 1 nm und periodische Gitterstrukturen konnten hinsichtlich ihrer Geometrie bis in den Subnanometer-Bereich charakterisiert werden. Darüber hinaus wurde die Stöchiometrie von Membranproben und Vielschichtsystemen erfolgreich bestimmt.

Anwendungsfelder

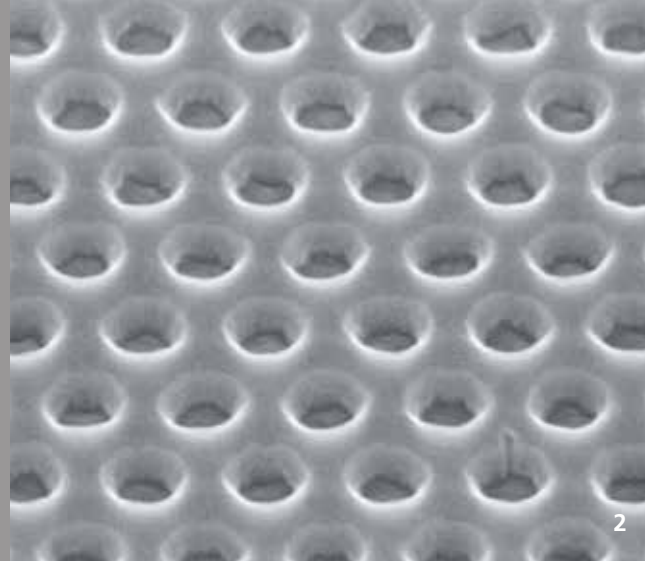
Anwendungen des beschriebenen Messverfahrens liegen im Bereich der Halbleitermesstechnik, da dort Messverfahren mit hoher Sensitivität für kleine Strukturabmessungen gefragt sind. Darüber hinaus können mit dem entwickelten Verfahren Nanostrukturen und Materialien auch aus anderen Technologiebereichen charakterisiert werden.

Ansprechpartner

Lukas Bahrenberg M.Sc.
Telefon +49 241 8906-8326
lukas.bahrenberg@ilt.fraunhofer.de

Dr. Serhiy Danylyuk
Telefon +49 241 8906-525
serhiy.danylyuk@ilt.fraunhofer.de

- 3 Ultradünne Siliziumnitridmembran in Vakuumprobenhalter.
4 Liniengitter (Periode = 150 nm, REM-Aufnahme).
5 EUV-Spektroskopieanlage.



HOCHEFFIZIENTE TRANSMISSIONSGITTER FÜR EUV-ANWENDUNGEN

Aufgabenstellung

Für spektroskopische und lithographische Anwendungen im extrem ultravioletten Strahlungsbereich (EUV-Wellenlängen: 5 nm bis 50 nm) werden hocheffiziente Transmissionsgitter benötigt. Die Herstellung dieser speziellen optischen Elemente bedarf einer passenden Materialauswahl und Gittergeometrie. Unter Berücksichtigung der Phasenverschiebung und Absorption im Gittermaterial ist es möglich, Intensitäten in den einzelnen Beugungsordnungen an die jeweilige Anwendung anzupassen. Die Periodizität der Gitterstrukturen hat direkten Einfluss auf die erzielbare spektrale Auflösung in der Spektroskopie und die minimale Strukturgröße bei lithographischen Verfahren.

Vorgehensweise

Der Herstellungsprozess basiert auf der Strukturierung eines Polymers mittels Elektronenstrahlolithographie. Zur Erzielung des benötigten hohen Aspektverhältnisses für nanoskalige Strukturen wird die Prozessierung auf einer ultradünnen Trägermembran durchgeführt. So ist es möglich, Gitterperioden von 60 nm für Linien- und Lochgitter über Flächen von mehreren Quadratmillimetern zu realisieren. Durch ein angepasstes Gitterdesign werden Beugungseffizienzen von über 50 Prozent erreicht. Zur Charakterisierung der Transmissionsmasken kann

die realisierte EUV-Laborbelichtungsanlage (EUV-LET: EUV Laboratory Exposure Tool) genutzt werden. Die Intensitäten der hergestellten Transmissionsmasken können bis in die zweite Beugungsordnung gemessen und die reale Gittereffizienz und -geometrie berechnet werden. Aufgrund der hohen Beugungseffizienzen eignen sich die hergestellten Transmissionsgitter insbesondere für die Interferenzlithographie. Am EUV-LET konnte mit diesen Transmissionsgittern eine Rekordauflösung von 28 nm mittels achromatischer Talbotlithographie gezeigt werden.

Ergebnis

Die Auslegung, Realisierung und Charakterisierung von kundenspezifischen, hocheffizienten Transmissionsgittern wurde für verschiedene EUV-Anwendungen mit einer Liniendichte von bis zu 16.500 Linien/mm optimiert.

Anwendungsfelder

Die realisierten Transmissionsgitter können für die hochauflösende Spektroskopie und die nanoskalige Lithographie in Forschung und Industrie genutzt werden.

Ansprechpartner

Dipl.-Ing. Sascha Brose
Telefon +49 241 8906-525
sascha.brose@ilt.fraunhofer.de

Dr. Serhiy Danylyuk
Telefon +49 241 8906-525
serhiy.danylyuk@ilt.fraunhofer.de

- 1 EUV-Nanostrukturierungsanlage (EUV-LET).
2 Hexagonales Lochgitter (Periode = 200 nm, REM-Aufnahme).

TESTSTAND FÜR BESTRAHLUNGSEXPERIMENTE IM EUV-SPEKTRALBEREICH

Aufgabenstellung

Für eine Reihe von Fragestellungen ist die Verfügbarkeit von sowohl hoher, mittlerer als auch gepulster Bestrahlungsintensitäten im extremen Ultraviolett von besonderem Interesse. Dabei spielt der Spektralbereich um 13,5 nm aufgrund des Bedarfs in der Halbleiterproduktion und der generellen Verfügbarkeit von optischen Systemen auf Basis von Vielschichtspiegeln eine besondere Rolle.

Vorgehensweise

In Zusammenarbeit mit den Lehrstühlen »Technologie Optischer Systeme TOS« und »Experimentalphysik des Extrem-Ultraviolett EUV« der RWTH Aachen University wurde ein Teststand aufgebaut, mit dem hohe Bestrahlungsintensitäten im extremen Ultraviolett auf einer Probe darstellbar sind. Der Teststand besteht aus einer Xenon-basierten Gasentladungsquelle als Emitter für Strahlung mit einer Wellenlänge von 13 nm, einem 45°-Multilayer-Spiegel zur Monochromatisierung und einem Wolterschalenkollektor, wobei Quelle und Probe jeweils in einem der Brennpunkte platziert sind. Der Kollektor verkleinert das Strahlprofil der Quelle auf die Probe, so dass ein Beleuchtungsfleck mit einem Durchmesser von etwa 50 µm (FWHM) entsteht.

Ergebnis

Für eine 50 Hertz-Entladungsquelle mit einer 13,5 nm-Emission von 0,6 mJ/sr in einer spektralen Bandbreite von zwei Prozent pro Puls werden bei maximaler Fokussierung mittlere Intensitäten bis zu etwa 1 W/cm² auf der Probe erreicht. Durch Defokussierung kann näherungsweise ein Tophead-Profil mit einem Durchmesser von etwa 140 µm und einer Intensität von ca. 200 mW/cm² eingestellt werden. Die Spitzenintensität während des Pulses beträgt bis zu 4 x 10⁷ W/cm² bei maximaler Fokussierung. In Kombination mit den am Fraunhofer ILT entwickelten, leistungsstärkeren EUV-Strahlungsquellen ist eine Steigerung um etwa zwei Größenordnungen für die mittlere Intensität und etwa eine für die Spitzenintensität möglich.

Anwendungsfelder

Mögliche Einsatzgebiete für diesen Teststand sind z. B. grundlegende Untersuchungen zur Degradation von Optikkomponenten unter EUV-Bestrahlung, Tests von Szintillatormaterialien oder die EUV-induzierte Ablation zur Bearbeitung und Strukturierung von Werkstoffen (Biomaterialien) zur gezielten Modifikation von Oberflächen, die durch mechanische oder Lasermaterialbearbeitung nicht möglich wären.

Ansprechpartner

Dr. Klaus Bergmann
Telefon +49 241 8906-302
klaus.bergmann@ilt.fraunhofer.de

Dr. Serhiy Danylyuk
Telefon +49 241 8906-525
serhiy.danylyuk@ilt.fraunhofer.de

- 3 Teststand für hohe Bestrahlungsintensitäten im EUV-Spektralbereich.
4 Wolterschalenkollektor zur Fokussierung der EUV-Strahlung.

NETZWERKE UND CLUSTER

*»Zusammenkommen ist ein Beginn,
Zusammenbleiben ein Fortschritt,
Zusammenarbeiten ein Erfolg.«*

Henry Ford

DIE FRAUNHOFER-GESELLSCHAFT AUF EINEN BLICK

DIE FRAUNHOFER-GESELLSCHAFT

Forschen für die Praxis ist die zentrale Aufgabe der Fraunhofer-Gesellschaft. Die 1949 gegründete Forschungsorganisation betreibt anwendungsorientierte Forschung zum Nutzen der Wirtschaft und zum Vorteil der Gesellschaft. Vertragspartner und Auftraggeber sind Industrie- und Dienstleistungsunternehmen sowie die öffentliche Hand.

Die Fraunhofer-Gesellschaft betreibt in Deutschland derzeit 72 Institute und Forschungseinrichtungen. Mehr als 25 000 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter, überwiegend mit natur- oder ingenieurwissenschaftlicher Ausbildung, erarbeiten das jährliche Forschungsvolumen von 2,3 Milliarden Euro. Davon fallen knapp 2 Milliarden Euro auf den Leistungsbereich Vertragsforschung. Rund 70 Prozent dieses Leistungsbereichs erwirtschaftet die Fraunhofer-Gesellschaft mit Aufträgen aus der Industrie und mit öffentlich finanzierten Forschungsprojekten. Rund 30 Prozent werden von Bund und Ländern als Grundfinanzierung beigesteuert, damit die Institute Problemlösungen entwickeln können, die erst in fünf oder zehn Jahren für Wirtschaft und Gesellschaft aktuell werden.

Internationale Kooperationen mit exzellenten Forschungspartnern und innovativen Unternehmen weltweit sorgen für einen direkten Zugang zu den wichtigsten gegenwärtigen und zukünftigen Wissenschafts- und Wirtschaftsräumen.

Mit ihrer klaren Ausrichtung auf die angewandte Forschung und ihrer Fokussierung auf zukunftsrelevante Schlüsseltechnologien spielt die Fraunhofer-Gesellschaft eine zentrale Rolle im Innovationsprozess Deutschlands und Europas. Die Wirkung der angewandten Forschung geht über den direkten Nutzen für die Kunden hinaus: Mit ihrer Forschungs- und Entwicklungsarbeit tragen die Fraunhofer-Institute zur Wettbewerbsfähigkeit der Region, Deutschlands und Europas bei.

Sie fördern Innovationen, stärken die technologische Leistungsfähigkeit, verbessern die Akzeptanz moderner Technik und sorgen für Aus- und Weiterbildung des dringend benötigten wissenschaftlich-technischen Nachwuchses.

Ihren Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern bietet die Fraunhofer-Gesellschaft die Möglichkeit zur fachlichen und persönlichen Entwicklung für anspruchsvolle Positionen in ihren Instituten, an Hochschulen, in Wirtschaft und Gesellschaft. Studierenden eröffnen sich aufgrund der praxisnahen Ausbildung und Erfahrung an Fraunhofer-Instituten hervorragende Einstiegs- und Entwicklungschancen in Unternehmen.

Namensgeber der als gemeinnützig anerkannten Fraunhofer-Gesellschaft ist der Münchner Gelehrte Joseph von Fraunhofer (1787–1826). Er war als Forscher, Erfinder und Unternehmer gleichermaßen erfolgreich.

DIE FORSCHUNGSGEBIETE

Auf diese Gebiete konzentriert sich die Forschung der Fraunhofer-Gesellschaft:

- Werkstofftechnik, Bauteilverhalten
- Produktionstechnik, Fertigungstechnologie
- Informations- und Kommunikationstechnik
- Mikroelektronik, Mikrosystemtechnik
- Sensorsysteme, Prüftechnik
- Verfahrenstechnik
- Energie- und Bautechnik, Umwelt- und Gesundheitsforschung
- Technisch-Ökonomische Studien, Informationsvermittlung



FRAUNHOFER-VERBUND LIGHT & SURFACES

Kompetenz durch Vernetzung

Basierend auf grundlegenden Arbeiten in verschiedenen Anwendungsfeldern gewährleistet der Verbund eine schnelle und flexible Realisierung kundenspezifischer Systemlösungen im Bereich Schichttechnik und Photonik. Koordinierte, auf die aktuellen Bedürfnisse des Markts ausgerichtete Strategien führen zu Synergieeffekten für den Kunden. In Kooperation mit den jeweils ortsansässigen Universitäten bieten die Institute das gesamte Spektrum der studentischen Ausbildung bis hin zur Promotion. Auf diese Weise sind die Fraunhofer-Institute nicht nur Innovationspartner für technologische Entwicklungen, sondern dienen auch kontinuierlich als Quelle des wissenschaftlich-technischen Nachwuchses.

Kernkompetenzen des Verbunds

Die aufeinander abgestimmten Kompetenzen der sechs Verbundpartner gewährleisten eine schnelle und flexible Anpassung der Forschungsarbeiten an die unterschiedlichen Anforderungen aus den Bereichen:

- Laserfertigungsverfahren
- Strahlquellen
- Messtechnik

- Medizin und Life Science
- Werkstofftechnik
- Optische Systeme und Optikfertigung
- Mikro- und Nanotechnologie
- Dünnschichttechnik
- Plasmatechnik
- Elektronenstrahltechnik
- EUV-Technologie
- Prozess- und Systemsimulation

Kontakt

- Prof. Reinhart Poprawe (Vorsitzender)
reinhart.poprawe@ilt.fraunhofer.de
- Dr. Arnold Gillner (Geschäftsführer)
arnold.gillner@ilt.fraunhofer.de

www.light-and-surfaces.fraunhofer.de

Fraunhofer-Institut für Organische Elektronik, Elektronenstrahl- und Plasmatechnik FEP

Das Fraunhofer FEP arbeitet an innovativen Lösungen im Bereich der Vakuumbeschichtung, der Oberflächenbearbeitung und -behandlung mit Elektronen und Plasmen sowie an Technologien für flexible, organische Elektronik. Grundlage dieser Arbeiten sind die Kernkompetenzen Elektronenstrahl-technologie, Sputtern, plasmaaktivierte Hochratebedampfung und Hochrate-PECVD sowie Technologien für organische Elektronik und IC-/Systemdesign. Unsere Technologien und Prozesse finden Anwendung im Maschinenbau, im Transportwesen, in der Biomedizintechnik, in der Architektur und für den Kulturguterhalt, in der Verpackungsindustrie, im Bereich Umwelt und Energie, der Optik, Sensorik und Elektronik sowie in der Landwirtschaft. www.fep.fraunhofer.de

1 Fraunhofer IWS

2 Fraunhofer IOF

3 Fraunhofer FEP

4 Fraunhofer ILT

5 Fraunhofer IST

6 Fraunhofer IPM

Fraunhofer-Institut für Lasertechnik ILT

Mit über 400 Mitarbeitern ist das Fraunhofer ILT ein gefragter FuE-Partner der Industrie für die Entwicklung innovativer Laserstrahlquellen, Laserverfahren und Lasersysteme. Unsere Technologiefelder umfassen Laser und Optik, Lasermesstechnik, Medizintechnik und Biophotonik sowie Lasermaterialbearbeitung. Hierzu zählen u. a. das Schneiden, Abtragen, Bohren, Schweißen und Löten sowie die Oberflächenbearbeitung, die Mikrofertigung und die Generative Fertigung. Übergreifend befasst sich das Fraunhofer ILT mit Laseranlagentechnik, Prozessüberwachung und -regelung, Modellierung sowie der gesamten Systemtechnik. www.ilt.fraunhofer.de

Fraunhofer-Institut für Angewandte Optik und Feinmechanik IOF

Das Fraunhofer IOF entwickelt innovative optische Systeme zur Kontrolle von Licht – von der Erzeugung und Manipulation bis hin zu dessen Anwendung. Unser Leistungsangebot umfasst die gesamte photonische Prozesskette vom optomechanischen und opto-elektronischen Systemdesign bis zur Herstellung von kundenspezifischen Lösungen und Prototypen. Das Institut ist in den fünf Geschäftsfeldern Optische Komponenten und Systeme, Feinmechanische Komponenten und Systeme, Funktionale Oberflächen und Schichten, Photonische Sensoren und Messsysteme sowie Lasertechnik aktiv. www.iof.fraunhofer.de

Fraunhofer-Institut für Physikalische Messtechnik IPM

Das Fraunhofer IPM entwickelt maßgeschneiderte Messtechniken, Systeme und Materialien für die Industrie. Langjährige Erfahrungen mit optischen Technologien und funktionalen Materialien bilden die Basis für Hightechlösungen in der

Produktionskontrolle, der Objekt- und Formerfassung, der Gas- und Prozesstechnologie sowie im Bereich der thermischen Energiewandler. Dadurch ermöglichen wir unseren Kunden, den Energie- und Ressourceneinsatz zu minimieren und gleichzeitig Qualität und Zuverlässigkeit zu maximieren. Das Fraunhofer IPM macht Prozesse ökologischer und gleichzeitig ökonomischer. www.ipm.fraunhofer.de

Fraunhofer-Institut für Schicht- und Oberflächentechnik IST

Das Fraunhofer IST bietet als innovativer FuE-Partner Lösungen in der Oberflächentechnik, die gemeinsam mit Kunden aus Industrie und Forschung erarbeitet werden. Das »Produkt« ist die Oberfläche, die durch Modifizierung, Strukturierung und/oder Beschichtung für Anwendungen primär in den folgenden Geschäftsfeldern optimiert wird: Maschinenbau, Werkzeuge und Fahrzeugtechnik, Luft- und Raumfahrt, Energie und Elektronik, Optik, Life Science und Umwelt. Die Kompetenzen des Fraunhofer IST in der Schichtherstellung und Schichtenanwendung werden unterstützt durch eine entsprechende Schicht- und Oberflächenanalytik sowie durch die Simulation der vakuumbasierten Beschichtungsprozesse. www.ist.fraunhofer.de

Fraunhofer-Institut für Werkstoff- und Strahltechnik IWS

Das Fraunhofer IWS steht für Innovationen in den Geschäftsfeldern Laserabtragen und -trennen, Mikrotechnik, Fügen, thermische Oberflächentechnik, Generieren und Drucken und chemische Oberflächen- und Reaktionstechnik. Die Besonderheit des Fraunhofer IWS liegt in der Kombination eines umfangreichen werkstofftechnischen Know-hows mit weitreichenden Erfahrungen in der Entwicklung von Technologien und Systemtechnik. Zahlreiche Lösungen im Bereich der Lasermaterialbearbeitung und Schichttechnik finden jedes Jahr Eingang in die industrielle Fertigung. www.iws.fraunhofer.de

FRAUNHOFER-PROJEKTE



Kick-off des Fraunhofer-Fokusprojekts »futureAM« am 14.11.2017 in Aachen.

FRAUNHOFER-FOKUSPROJEKT »futureAM«

Mit »futureAM« treibt die Fraunhofer-Gesellschaft die Weiterentwicklung der Additiven Fertigung metallischer Bauteile systematisch voran. Dazu sind sechs erfahrene Institute im Bereich der Additiven Fertigung eine strategische Projektpartnerschaft eingegangen:

- Fraunhofer-Einrichtung für Additive Produktionstechnologien IAPT, Hamburg
- Fraunhofer-Institut für Fertigungstechnik und Angewandte Materialforschung IFAM, Bremen
- Fraunhofer-Institut für Graphische Datenverarbeitung IGD, Darmstadt
- Fraunhofer-Institut für Lasertechnik ILT, Aachen
- Fraunhofer-Institut für Werkstoff- und Strahltechnik IWS, Dresden
- Fraunhofer-Institut für Werkzeugmaschinen und Umformtechnik IWU, Chemnitz

Strategische Ziele der Projektpartnerschaft

1. Aufbau einer übergreifenden Kooperationsplattform für die hochintegrative Zusammenarbeit und die Nutzung der dezentral verteilten Ressourcen der Fraunhofer-Gesellschaft im Bereich Additive Manufacturing (AM)
2. Schaffung der technologischen Voraussetzungen für eine praxisrelevante Steigerung von Skalierbarkeit, Produktivität und Qualität von AM-Prozessen für die Fertigung individualisierter Metallbauteile

Handlungsfelder

Zur Sicherung der Technologieführerschaft wird die Additive Fertigung systematisch in vier Handlungsfeldern, die von jeweils einem Institut koordiniert werden, weiterentwickelt:

- Industrie 4.0 und digitale Prozesskette
- Skalierbare und robuste AM-Prozesse
- Werkstoffe
- Systemtechnik und Automatisierung

Beispiele für die ambitionierten Projektziele in den vier Handlungsfeldern sind eine neuartige Software zur automatisierten AM-Bauteilidentifikation und -optimierung, ein skalierbares SLM-Anlagenkonzept mit Produktivitätssteigerung (Faktor > 10), ein Verfahren sowie eine Systemtechnik zur Erzeugung orts aufgelöster, maßgeschneiderter Multi-Materialeigenschaften und eine autonome Fertigungszelle für die Nachbehandlung von AM-Bauteilen.

Die intensive Zusammenarbeit in den vier Handlungsfeldern wird durch den Aufbau eines »Virtual Lab«, der die Kompetenzen und Ressourcen der Projektpartner digital abbildet, ergänzt. Hieraus werden unter Beteiligung aller Projektpartner Technologiedemonstratoren entwickelt.

Ansprechpartner und Gesamtkoordinator

Prof. Johannes Henrich Schleifenbaum
Telefon +49 241 8906-398
johannes.henrich.schleifenbaum@ilt.fraunhofer.de

www.futuream.fraunhofer.de

START DES FRAUNHOFER-LEITPROJEKTS »QUILT«

Die zweite Quantenrevolution

Die Entdeckung der Quantenmechanik ist eine der folgenreichsten Errungenschaften der Menschheit. Sie ist gleichermaßen Zugang zur Welt von Molekülen, Atomen und subatomaren Bausteinen wie zur Makrowelt von Sternen und Galaxien. Milliarden elektronischer Transistoren durchdringen Lebens- und Arbeitswelten, ob als Computer, Smartphones aber auch als Steuersysteme moderner Autos und unscheinbarer Küchengeräte. Unzählige Photonen und Optiken vernetzen unsere Welt bis in den letzten Winkel. Die Quantenphysik ist die Basis vieler moderner Technologien. So ist die erste Generation der Quantentechnologien etwa die Grundlage von Halbleiter- und Lasertechnik.

Ein radikal neues Paradigma rückt zunehmend in den Fokus der Quantenphysik: wurden bisher Eigenschaften kollektiver Quantensysteme genutzt, können nun einzelne Quantenzustände präpariert, gesteuert und genutzt werden. Insbesondere im Bereich des Quantenimaging ist die Fraunhofer-Gesellschaft mit ihren Instituten und Partnern aus Wissenschaft und Industrie exzellent aufgestellt.

Quantenoptische Anwendungsforschung

Das Fraunhofer-Leitprojekt »QUILT« (Quantum Methods for Advanced Imaging Solutions) bündelt hervorragende wissenschaftliche Expertise, Technologieplattformen und große Marktkenntnis von sechs Fraunhofer-Instituten, darunter das Fraunhofer ILT, mit der wissenschaftlichen Exzellenz weltweit führender quantentechnologischer Einrichtungen wie dem

Institut für Quantenoptik und Quanteninformation (IQOQI) der österreichischen Akademie der Wissenschaften und dem Max-Planck-Institut für die Physik des Lichts (MPG MPL). In enger Zusammenarbeit mit den weltweit besten Forschungsgruppen aus dem Bereich des Quantenimaging ist es die Mission des QUILT-Konsortiums:

1. Originäre wissenschaftliche Beiträge zu drei Forschungsdomänen des Quantum Imagings zu liefern und fünf exzellente Leitexperimente durchzuführen.
2. Die hervorragenden Technologieplattformen seiner Partner so zu vernetzen und zu adaptieren, dass es Technologieführerschaft in vier Quanten-Schlüsseltechnologien erreicht.
3. Die Quantentechnologien als interdisziplinäres Exzellenzfeld in der Fraunhofer-Gesellschaft zu etablieren und dieses in einem offenen und lebendigen Forscherkolleg zu verankern.
4. Die Fraunhofer-Gesellschaft zum wichtigsten Player in der quantenoptischen Anwendungsforschung zu machen, ihr eine starke Präsenz in allen wichtigen Förderinitiativen zu sichern, neue Anwendungsfelder zu erschließen und innovative Lösungen mit Quanten für globale Industrien zu entwickeln.

Im Oktober 2017 startete das Projekt. Die beteiligten Institute sind das Fraunhofer IOF (Koordinator), Fraunhofer ILT, IMS, IOSB, IPM und das Fraunhofer ITWM.

Ansprechpartner im Fraunhofer ILT

Dipl.-Ing. Hans-Dieter Hoffmann
Telefon +49 241 8906-206
hansdieter.hoffmann@ilt.fraunhofer.de

Quelle und weiterführende Informationen
im Internet unter: www.fraunhofer.de

FRAUNHOFER-ALLIANZEN UND LEISTUNGSZENTREN

FRAUNHOFER-ALLIANZEN

Institute oder Abteilungen von Instituten mit unterschiedlichen Kompetenzen kooperieren in Fraunhofer-Allianzen, um ein industrierelevantes Geschäftsfeld gemeinsam zu bearbeiten und zu vermarkten. Das Fraunhofer ILT engagiert sich in den nachfolgenden sieben Fraunhofer-Allianzen:

- Batterien
- Generative Fertigung
- Leichtbau
- Nanotechnologie
- Numerische Simulation von Produkten, Prozessen
- Space
- SysWasser

LEISTUNGSZENTREN

Leistungszentren organisieren den Schulterschluss der universitären und außeruniversitären Forschung mit der Wirtschaft und zeichnen sich durch verbindliche, durchgängige Roadmaps der beteiligten Partner in den Bereichen Forschung und Lehre, Nachwuchsförderung, Infrastruktur, Innovation und Transfer aus. Sie sind ein Angebot an die Politik, wissenschaftliche Exzellenz mit gesellschaftlichem Nutzen prioritär zu entwickeln. Das Fraunhofer ILT ist an dem Leistungszentrum »Vernetzte Adaptive Produktion«, das vom Aachener Fraunhofer IPT koordiniert wird und eines von bundesweit 15 Leistungszentren der Fraunhofer-Gesellschaft ist, beteiligt.

Fraunhofer-Leistungszentrum »Vernetzte Adaptive Produktion« in Aachen

Der Schwerpunkt dieses Leistungszentrums liegt in der Entwicklung, systematischen Einführung und Nutzung moderner Digitalisierungstechnologien für zukunftsfähige, industrielle Produktionssysteme und Wertschöpfungsketten im Sinne von »Industrie 4.0«. Im Rahmen eines übergreifenden FuE-Moduls »Digitalisierung und Vernetzung« erarbeitet das Leistungszentrum in den Themenfeldern »Smart Manufacturing Plattform«, »Big Data«, »Adaptive Prozesskette« und »Prozesssimulation und Modellierung« das Konzept der vollständig vernetzten, adaptiven Produktion. Alle Entwicklungen werden in sechs Pilotlinien in den Bereichen Energie, Mobilität und Gesundheit anhand repräsentativer Prozessketten validiert und demonstriert. Die Anbindung an das Fraunhofer Cloud System »Virtual Fort Knox« stellt hierbei eine neutrale und sichere Plattform zur Speicherung der Produktionsdaten und Ausführung von Webservices zur Analyse und Optimierung der Prozessketten dar. Die enge Zusammenarbeit mit namhaften Industrieunternehmen stellt die Übertragbarkeit in ein industrielles Umfeld sicher.

Ansprechpartner im Fraunhofer ILT

Dr. Alexander Olowinsky
Telefon +49 241 8906-491
alexander.olowinsky@ilt.fraunhofer.de

Weitere Informationen unter: www.fraunhofer.de



Roboterbasierte Additive Fertigung mit Laser Material Deposition.

ICTM AACHEN

ICTM – International Center for Turbomachinery Manufacturing

Die Fraunhofer-Institute für Produktionstechnologie IPT und Lasertechnik ILT sowie das Werkzeugmaschinenlabor WZL und der Lehrstuhl für Digital Additive Production DAP der RWTH Aachen starteten am 28.10.2015 in Aachen mit 19 renommierten Industriepartnern das »International Center for Turbomachinery Manufacturing – ICTM«.

Zu den zur Zeit 30 Industriepartnern des Netzwerks zählen Turbinenhersteller sowie Konzerne und mittelständische Unternehmen, die zusammen alle Bereiche der Prozesskette abdecken. Im Mittelpunkt des Centers steht die Forschung rund um die Reparatur und Herstellung von Turbomaschinen. Das Forschungszentrum wurde ohne jegliche staatliche Förderung gegründet und gehört damit zu den wenigen selbstständigen Netzwerken, die aus den Fraunhofer-Innovationsclustern »TurPro« und »ADAM« hervorgingen. Der zehnköpfige Lenkungsreis besteht aus Vertretern der beteiligten Industrieunternehmen und Forschungsinstitute.

Ansprechpartner im Fraunhofer ILT

Dr. Andres Gasser
Telefon +49 241 8906-209
andres.gasser@ilt.fraunhofer.de

Weitere Informationen unter: www.ictm-aachen.com

EXZELLENZCLUSTER

Im Exzellenzcluster »Integrative Produktionstechnik für Hochlohnländer« entwickeln Aachener Produktions- und Materialwissenschaftler Konzepte und Technologien für eine nachhaltige wirtschaftliche Produktion. Insgesamt sind 18 Lehrstühle der RWTH Aachen University sowie das Fraunhofer-Institut für Lasertechnik ILT und für Produktionstechnologie IPT an dem bis Ende 2017 angelegten Projekt beteiligt. Der mit rund 40 Mio Euro dotierte Exzellenzcluster ist die umfassendste Forschungsinitiative in Europa mit dem Ziel, die Produktion in Hochlohnländern zu halten.

Dazu müssen Wege gefunden werden, gleichzeitig die Variabilität in den Produkten zu steigern und trotzdem zu Kosten einer Massenproduktion zu produzieren. Dies erfordert produktgerechte, wertoptimierte Prozessketten, deren Wirtschaftlichkeit nicht durch überhöhte planerische Aufwände gefährdet wird. Die Produktionstechnik von morgen benötigt daher ein grundlegend neues Verständnis dieser elementaren Zusammenhänge, die im Rahmen des Exzellenzclusters in den vier Forschungsfeldern »Individualisierte Produktion«, »Virtuelle Produktion«, »Hybride Produktion« und »Selbst-optimierende Produktion« erarbeitet werden.

Ansprechpartner im Fraunhofer ILT

Dipl.-Phys. Christian Hinke
Telefon +49 241 8906-352
christian.hinke@ilt.fraunhofer.de

Weitere Informationen unter: www.rwth-aachen.de

LASERTECHNIK AN DER RWTH AACHEN UNIVERSITY



GEMEINSAM ZUKUNFT GESTALTEN

Die RWTH Aachen University bietet mit den Lehrstühlen für Lasertechnik LLT, für Technologie Optischer Systeme TOS und für Digital Additive Production DAP sowie den Lehr- und Forschungsgebieten Nichtlineare Dynamik der Laser-Fertigungsverfahren NLD und Experimentalphysik des Extrem-Ultraviolett EUV ein herausragendes Kompetenzcluster im Bereich der Optischen Technologien. Dies ermöglicht eine überkritische Bearbeitung grundlegender und anwendungsbezogener Forschungsthemen. Die enge Kooperation mit dem Fraunhofer-Institut für Lasertechnik ILT erlaubt nicht nur industrielle Auftragsforschung auf der Basis solider Grundlagenkenntnisse sondern führt vielmehr zu neuen Impulsen in der Weiterentwicklung von optischen Verfahren, Komponenten und Systemen. Unter einem Dach werden die Synergien von Infrastruktur und Know-how aktiv genutzt.

Dies kommt insbesondere dem wissenschaftlichen und technischen Nachwuchs zugute. Die Kenntniss der aktuellen industriellen und wissenschaftlichen Anforderungen in den Optischen Technologien fließt unmittelbar in die Gestaltung der Lehrinhalte ein. Darüber hinaus können Studenten und Promovierende über die Projektarbeit in den Lehrstühlen und im Fraunhofer ILT ihre theoretischen Kenntnisse in die Praxis umsetzen. Auch die universitäre Weiterbildung wird gemeinsam gestaltet. Lehre, Forschung und Innovation – das sind die Bausteine, mit denen die fünf Lehrstühle und das Fraunhofer ILT Zukunft gestalten.

Lehrstuhl für Lasertechnik LLT

Der Lehrstuhl für Lasertechnik ist seit 1985 an der RWTH Aachen University in der Grundlagen- und anwendungsorientierten Forschung und Entwicklung in den Bereichen Lasermesstechnik, Strahlquellenentwicklung, Füge- und Trennverfahren sowie Digital Photonics tätig.

Ein großer Teil der Forschungsaktivitäten wird im Rahmen einiger Großprojekte bearbeitet, wie z. B. dem Exzellenzcluster »Integrative Produktionstechnik für Hochlohnländer«, dem BMBF-Forschungscampus »Digital Photonic Production« und dem DFG-Sonderforschungsbereich 1120 »Präzision aus Schmelze«. Der Lehrstuhl LLT ist zudem auch Koordinator des aktuell im Bau befindlichen »Research Center for Digital Photonic Production«.

Aktuelle Forschungsthemen:

- Wechselwirkung von Ultrakurzpuls-Laserstrahlung mit dem zu bearbeitenden Material beim Abtragen, Modifizieren, Bohren oder Schmelzen
- Zukünftige Konzepte für Strahlquellen, wie z. B. direkt-diodengepumpte Alexandrit-Laser oder die Erzeugung von EUV-Strahlung mittels ultrakurzer Pulse
- Integration von optischen Messverfahren zur Qualitätskontrolle beim »Additive Manufacturing«.
- Neue Konzepte zu innovativen laserbasierten Bearbeitungsprozessen und -strategien



Prof. Reinhart Poprawe (Lehrstuhlleiter)
www.llt.rwth-aachen.de

Lehrstuhl für Technologie Optischer Systeme TOS

Mit dem Lehrstuhl für Technologie Optischer Systeme trägt die RWTH Aachen University seit 2004 der wachsenden Bedeutung hochentwickelter optischer Systeme in der Fertigung, den IT-Industrien und den Lebenswissenschaften Rechnung. Der Fokus der Forschung liegt in der Entwicklung und Integration optischer Komponenten und Systeme für Laserstrahlquellen und Laseranlagen.

Hochkorrigierte Fokussiersysteme für hohe Laserleistungen, Einrichtungen zur Strahlhomogenisierung oder innovative Systeme zur Strahlumformung spielen bei Laseranlagen in der Fertigungstechnik eine bedeutende Rolle. Die Leistungsfähigkeit von Faserlasern und diodengepumpten Festkörperlaser wird beispielsweise durch Koppeloptiken und Homogenisatoren für das Pumplicht bestimmt. Ein weiteres Forschungsthema sind Freiformoptiken für die innovative Strahformung. Im Bereich Hochleistungsdiodenlaser werden mikro- und makrooptische Komponenten entwickelt und zu Systemen kombiniert. Weiterhin werden Montagetechniken optimiert.



Prof. Peter Loosen (Lehrstuhlleiter)
www.tos.rwth-aachen.de

Lehrstuhl für Digital Additive Production DAP

Der Lehrstuhl für Digital Additive Production DAP erforscht zusammen mit industriellen und wissenschaftlichen Partnern die grundlegenden Zusammenhänge der Additiven Fertigung vom Bauteildesign über die Supply Chain, die Produktion und das Bauteilhandling bis hin zu den Einzeleigenschaften additiv gefertigter Bauteile. Zudem stehen begleitende Prozesse wie Auslegung, Qualitätsmanagement, Abbildung der gesamten digitalen Prozesskette und Fabrikplanung im Fokus der Entwicklungsarbeiten. Im Rahmen von Grundlagen-, Verbund- und Industrieprojekten aus den verschiedensten Branchen, wie beispielsweise Automotive, Luft- und Raumfahrt, Turbomaschinenbau, Life Sciences, Electronics, Werkzeug- und Formenbau, sowie der engen Kooperation mit außeruniversitären Forschungseinrichtungen verfügt der DAP über eine weitreichende Expertise sowohl software- als auch hardwareseitig.

Neben der Weiterentwicklung bestehender Additive Manufacturing-Prozesse sowie vorhandener Maschinen- und Systemtechnik liegt der Fokus des DAP insbesondere auf softwaregetriebenen end-to-end-Prozessen. Angefangen vom bionischen Leichtbau über die Funktionsoptimierung für AM und dem Design »digitaler Materialien« bis hin zur Validierung im realen Prozess können die Vorteile additiver Verfahren nutzbar gemacht werden.



Prof. Johannes Henrich Schleifenbaum (Lehrstuhlleiter)
www.dap.rwth-aachen.de

Lehr- und Forschungsgebiet für Nichtlineare Dynamik der Laser-Fertigungsverfahren NLD

Das 2005 gegründete Lehr- und Forschungsgebiet für Nicht-lineare Dynamik der Laser-Fertigungsverfahren NLD erforscht die Grundlagen der optischen Technologien mit Schwerpunkt auf Modellbildung und Simulation für die Anwendungsbereiche Makroschweißen und -schneiden, Präzisionsbearbeitung mit Ultrakurzpulslasern und PDT in der Zahnmedizin sowie Dermatologie.

Technische Systeme werden durch Anwendung und Erweiterung mathematisch-physikalischer und experimenteller Methoden untersucht. Mit der Analyse mathematischer Modelle werden ein besseres Verständnis dynamischer Zusammenhänge erreicht und neue Konzepte für die Verfahrensführung gewonnen. In Kooperation mit dem Fraunhofer-Institut für Lasertechnik ILT werden die Ergebnisse für Partner aus der Industrie umgesetzt.

Im Vordergrund der Ausbildungsziele steht die Vermittlung einer wissenschaftlichen Methodik zur Modellbildung anhand praxisnaher Beispiele. Die Modellbildung wird durch die experimentelle Diagnose der Laser-Fertigungsverfahren und die numerische Berechnung von ausgewählten Modellaufgaben geleitet.



Prof. Wolfgang Schulz (Leiter des Lehr-/Forschungsgebiets)
www.nld.rwth-aachen.de

Lehr- und Forschungsgebiet Experimentalphysik des Extrem-Ultraviolett EUV

Der Spektralbereich der extrem ultravioletten Strahlung (Extrem-Ultraviolett, EUV oder XUV, 1 - 50 nm) bietet die Vorteile kleiner Wellenlängen und starker Licht-Materie-Wechselwirkungen mit atomaren Resonanzen. Dies ermöglicht sowohl laterale als auch Tiefenaufösungen im Nanometerbereich mit elementspezifischen Kontrasten.

Am 2012 im Fachbereich Physik gegründeten Lehr- und Forschungsgebiet »Experimentalphysik des Extrem-Ultraviolett EUV« werden verschiedene Aspekte der EUV-Strahlung untersucht. Das Spektrum reicht von der Strahlungserzeugung und Charakterisierung über Wellenausbreitung und Wechselwirkungen mit Materie bis hin zu konkreten Anwendungen und deren Methodenentwicklungen. Dabei stehen insbesondere zwei Bereiche im Vordergrund: hochbrillante Quellen und Interferenzlithographie.

Die Forschungsarbeiten sind eingebettet in die Sektion »JARA-FIT« der »Jülich-Aachen Research Alliance« und erfolgen in Kooperation mit dem Peter Grünberg Institut für Halbleiter-Nanoelektronik des Forschungszentrums Jülich, dem Fraunhofer ILT und dem Lehrstuhl TOS.



Prof. Larissa Juschkin (Leiterin des Lehr-/Forschungsgebiets)
www.euv.rwth-aachen.de

DIGITAL PHOTONIC PRODUCTION DPP

Digital Photonic Production – die Zukunft der Produktion

Mit dem Thema Digital Photonic Production hat sich das Fraunhofer ILT eine zentrale Fragestellung der Produktionstechnik von morgen auf die Fahne geschrieben. Digital Photonic Production erlaubt die direkte Herstellung von nahezu beliebigen Bauteilen oder Produkten aus digitalen Daten. Verfahren, die vor über zehn Jahren für das Rapid Prototyping erfunden wurden, entwickeln sich zu Rapid Manufacturing Verfahren zur direkten Produktion von Funktionsbauteilen. Rapid Manufacturing Verfahren werden bereits in einigen Anlagen wie z. B. im Automobilbau und in der Luftfahrtindustrie für die industrielle Fertigung eingesetzt. Das Werkzeug Laser nimmt dabei wegen seiner einzigartigen Eigenschaften eine zentrale Rolle ein. Kein anderes Werkzeug kann annähernd so präzise dosiert und gesteuert werden.

Mass Customization

Digital Photonic Production geht dabei weit über laserbasierte generative Fertigungsverfahren hinaus. Neue Hochleistungs-Ultrakurzpulslaser ermöglichen zum Beispiel einen sehr schnellen und nahezu materialunabhängigen Abtrag. Bis hinein in den Nanometerbereich können so feinste funktionale 3D-Strukturen erzeugt werden. Im Zusammenhang mit diesen neuen Technologien wird teilweise von einer neuen industriellen Revolution gesprochen. Im Wesentlichen beruht dieses revolutionäre technologische Potenzial auf einer fundamentalen Änderung der Kostenfunktion für laserbasierte Fertigungsverfahren.

Im Unterschied zu konventionellen Verfahren können mit dem Werkzeug Laser sowohl kleine Stückzahlen als auch komplexe Produkte in kleinster Dimension, aus verschiedensten Materialien und mit kompliziertesten Geometrien kostengünstig gefertigt werden. Um dieses Potenzial von Digital Photonic Production vollständig zu nutzen, müssen Prozessketten ganzheitlich betrachtet werden. Die Neuauslegung von industriellen Prozessketten reicht dabei von vor- und nachgelagerten Fertigungsschritten über das Bauteildesign bis zu völlig neuen Geschäftsmodellen wie Mass-Customization oder Open-Innovation.

Forschungscampus Digital Photonic Production

Genau diese ganzheitliche Betrachtung ist im BMBF-Forschungscampus Digital Photonic Production in Aachen möglich. Im Rahmen der Förderinitiative »Forschungscampus – öffentlich-private Partnerschaft für Innovationen« des Bundesministeriums für Bildung und Forschung BMBF wird der Aachener Campus über einen Zeitraum von 15 Jahren mit bis zu 2 Millionen Euro pro Jahr nachhaltig gefördert.

Der Lehrstuhl für Lasertechnik LLT der RWTH Aachen University ging als Koordinator eines Antragskonsortiums als einer von neun Gewinnern aus dem nationalen Wettbewerb hervor. Rund 30 Unternehmen und wissenschaftliche Institute arbeiten im Rahmen dieser neuen Initiative gemeinsam unter kontinuierlicher Einbindung neuer Partner unter einem Dach an grundlegenden Forschungsfragen. Mit dem Forschungscampus Digital Photonic Production steht der Industrie und Wissenschaft in Aachen ein schlagfertiges Instrument zur Gestaltung der Zukunft der Produktionstechnik zur Verfügung.

RWTH AACHEN CAMPUS

RWTH AACHEN CAMPUS

Nach dem Vorbild der Stanford University und des Silicon Valleys schafft die RWTH Aachen University mittelfristig auf einem Gesamtareal von ca. 2,5 km² einen der größten technologieorientierten Campus Europas und damit eine der national und international bedeutendsten Wissens- und Forschungslandschaften. Die Cluster-Flächen sind in unmittelbarer Nähe zu einigen Großforschungsinstituten und -einrichtungen auf dem ehemaligen Hochschulerweiterungsgelände in Aachen Melaten sowie auf dem Teilareal des Aachener Westbahnhofs verortet. Damit werden die Kernbereiche der RWTH Aachen in der Innenstadt, auf der Hörn und in Melaten erstmals zu einem zusammenhängenden Campus verbunden.

Forschungskatalysator und Innovationsgenerator

Durch das in Deutschland einzigartige Angebot der «Immatrikulation» von Unternehmen bietet der RWTH Aachen Campus eine völlig neue Form des Austauschs zwischen Industrie und Hochschule. Sie ermöglicht den Unternehmen die aktive Beteiligung in Center, die die operativen Einheiten der Cluster darstellen, um interdisziplinär und konsortial an Schwerpunktthemen zusammenzuarbeiten. Zugleich wird so der Zugang zu qualifiziertem Nachwuchs gesichert. Auch zügige praxisorientierte Promotionsverfahren werden ermöglicht.

Die Ansiedelung der interessierten Unternehmen auf dem RWTH Aachen Campus kann zur Miete in Investorengebäuden oder mit einem eigenen Gebäude erfolgen. So entsteht eine einzigartige, intensivere Form der Zusammenarbeit zwischen Hochschule und Unternehmen. Hinter allem steht das ganzheitliche Konzept: Forschen, Lernen, Entwickeln, Leben.

Der RWTH Aachen Campus schafft nicht nur die ideale Arbeitsumgebung für mehr als 10 000 Mitarbeiter mit Forschungseinrichtungen, Büros und Weiterbildungszentren sondern bietet zudem durch Gastronomie, Wohnen, Einkaufsmöglichkeiten, Kinderbetreuung und vielfältige Serviceeinrichtungen ein hohes Maß an Lebensqualität.

Stand und Entwicklung

Der RWTH Aachen Campus entsteht in mehreren Schritten. Die erste Etappe wurde 2010 mit der Erschließung und Bebauung von Campus Melaten mit sechs thematischen Clustern gestartet – darunter auch das vom Fraunhofer ILT koordinierte Cluster Photonik. Die Themen der ersten sechs Cluster sind:

- Cluster Biomedizintechnik
- Cluster Nachhaltige Energie
- Cluster Photonik
- Cluster Produktionstechnik
- Cluster Schwerlastantriebe
- Cluster Smart Logistik

Derzeit werden die thematischen Cluster weiter verdichtet. Im nächsten Schritt wird der Campus Westbahnhof erschlossen. Die beiden Campus-Gebiete sollen auf 16 Cluster wachsen. Die Infrastruktur wird beispielsweise durch den Bau von Kongresshalle, Bibliothek und Hotels erweitert. In allen 16 Clustern werden relevante Zukunftsthemen für Industrie und Gesellschaft bearbeitet. Über 360 Unternehmen engagieren sich bereits auf dem RWTH Aachen Campus.

Weitere Informationen unter: www.rwth-campus.com

CLUSTER PHOTONIK

Das Cluster Photonik, eines von sechs Startclustern auf dem RWTH Aachen Campus, ist spezialisiert auf die Erforschung und Entwicklung von Verfahren zur Erzeugung, Formung und Nutzung von Licht, insbesondere als Werkzeug für die industrielle Produktion. Der Laserstrahl kann im Vergleich zu anderen Werkzeugen präzise dosiert und gesteuert werden. Das Cluster Photonik wird von Prof. Poprawe, Leiter des Fraunhofer ILT und des RWTH-Lehrstuhls für Lasertechnik LLT, koordiniert. Das große Areal bietet genügend Raum für einerseits die interdisziplinäre Kooperation von wissenschaftlichen Einrichtungen untereinander und andererseits für die enge strategische Zusammenarbeit von Unternehmen mit dem Fraunhofer ILT und den assoziierten Lehrstühlen der RWTH Aachen University. Insofern ist das Cluster Photonik die konsequente Weiterentwicklung des seit 1988 bestehenden Anwenderzentrums des Fraunhofer ILT, in dem ständig rund 10 Unternehmen als Gastfirmen des Instituts in eigenen Büros und Laboren vor Ort in engem Schulterschluss mit dem Fraunhofer ILT tätig waren.

Das erste Gebäude im Cluster Photonik – das Industry Buildig Digital Photonic Production – wurde vor über 500 Fachexperten aus der Lasertechnologie sowie 100 Gästen aus Wissenschaft, Wirtschaft und Politik im Umfeld des International Laser Technology Congress AKL'16 am 28.4.2016 feierlich eröffnet. Die Schlüsselübergabe fand zwischen dem privatwirtschaftlichen Investor Landmarken AG mit dem KPF-Architektenteam und dem Fraunhofer ILT statt. Die Gäste konnten das neue 7000 qm große DPP-Gebäude mit seinen Forschungs- und Büroräumlichkeiten besichtigen. Über 20 Unternehmen sowie FuE-Teams des Fraunhofer ILT und des Lehrstuhls für Lasertechnik der RWTH Aachen University belegen mittlerweile das Gebäude.

Eine weitere durch den Bund und das Land NRW finanzierte Infrastruktur zur interdisziplinären universitären Kooperation im Bereich Digital Photonic Production wird in 2018 eröffnet: das Research Center Digital Photonic Production DPP. Das Richtfest des Neubaus fand am 24.5.2016 in Anwesenheit von BMBF-Staatssekretär Thomas Rachel (MdB) und RWTH-Rektor Prof. Ernst Schmachtenberg statt. Auf einer Nutzfläche von 4 300 qm werden 16 Institute der RWTH Aachen University aus 6 Fakultäten die interdisziplinäre und ganzheitliche Erforschung von digitalen photonischen Fertigungsketten in Angriff nehmen.

Die beiden Gebäude des Cluster Photonik – Research Building DPP und Industry Building DPP – sind der Startpunkt für weitere Investitionen vor Ort und beheimaten neben Initiativen wie den BMBF-Forschungscampus DPP auch thematisch spezialisierte Zentren wie beispielsweise das ACAM – Aachen Center for Additive Manufacturing – oder einzelne Unternehmen, die innovative photonische Technologien vor Ort vorantreiben. Hierzu zählen sowohl große Konzerne wie Philips, MTU oder Siemens als auch mittelständische Unternehmen und Spin-offs des Fraunhofer ILT. Das Cluster Photonik ist somit der ideale Ausgangspunkt für Forschung und Entwicklung, Aus- und Fortbildung, Innovation und Vernetzung im Bereich der optischen Technologien.

Ansprechpartner

Prof. Reinhart Poprawe (Leiter Cluster Photonik)
Telefon +49 241 8906-109
reinhart.poprawe@ilt.fraunhofer.de



1 3D-Skizze des Cluster Photonik
(Quelle: KPF, New York).

DAS CLUSTER PHOTONIK

RESEARCH CENTER DPP

Research Center Digital Photonic Production

Die inter- und transdisziplinäre Vernetzung verschiedener Forschungsgebiete ist ein wesentlicher Faktor für die Verkürzung von Innovationszyklen. Hier konnte bereits durch das Exzellenzcluster »Integrative Produktionstechnik für Hochlohnländer« ein wesentlicher Schritt geleistet werden: Wissenschaftler verschiedener Institute und Lehrstühle am Standort Aachen forschen über einen verhältnismäßig langen Zeitraum gemeinsam an unterschiedlichen Themen für ein gemeinsames Ziel. Die Wissenschaftler und die Infrastruktur sind in den jeweiligen Instituten und Lehrstühlen beheimatet. Der Austausch findet zur Zeit nur in zeitlich begrenzten Intervallen statt. Um jedoch eine noch wirkungsvollere Vernetzung der verschiedenen Forschungsdisziplinen und der beteiligten Wissenschaftler zu ermöglichen, sollten diese an einem gemeinsamen Ort für einen längeren Zeitraum ansässig werden.

Im Jahr 2014 bekamen 15 Institute und Lehrstühle der RWTH Aachen University unter Federführung des Lehrstuhls für Lasertechnik LLT den Förderzuschlag für den Bau eines »Research Center Digital Photonic Production RCDPP«. Bau, Ersteinrichtung und Großgeräte im Gesamtvolumen von ca. 55 Mio Euro werden von Bund und Land NRW je zur Hälfte finanziert.

Im Research Center DPP werden künftig rund 100 Wissenschaftler auf ca. 4300 qm Nutzfläche – davon 2800 qm Labor-, Reinraum und Hallenflächen – grundlagenorientierte Forschung im Bereich der Photonik betreiben.

Die aktuell beteiligten Institute und Lehrstühle stammen aus sechs Fakultäten der RWTH Aachen University: Maschinenwesen, Mathematik, Informatik und Naturwissenschaften, Elektrotechnik und Informationstechnik, Georessourcen und Materialtechnik, Medizin und Wirtschaftswissenschaften. Somit können sich projektbezogene interdisziplinäre Arbeitsgruppen bilden, beispielsweise bei der Erforschung neuer Materialien für den 3D-Druck. Für Materialwissenschaftler ergibt sich die Möglichkeit, gemeinsame Experimente mit Laserexperten durchzuführen und so die Innovationszyklen zu verkürzen.

Weitere Schwerpunkte sind die adaptive Fertigung komplexer optischer Systeme, die direkte photonische Ablation mit hohen Abtragsraten, die Ultrapräzisionsbearbeitung, EUV-Strahlquellen, Hochleistungs-Ultrakurzpulslaser, Medizintechnik, Biotechnologie und Quantentechnologie.

Ansprechpartner

Roman Flaig M.Sc.
Telefon +49 241 8906-646
roman.flraig@ilt.fraunhofer.de

Dipl.-Phys. Christian Hinke
Telefon +49 241 8906-352
christian.hinke@ilt.fraunhofer.de

INDUSTRY BUILDING DPP

Industry Building Digital Photonic Production

In unmittelbarer Nähe zum Fraunhofer-Institut für Lasertechnik ILT und den assoziierten Lehrstühlen LLT, TOS, DAP und NLD der RWTH Aachen University können sich Unternehmen im Industry Building Digital Photonic Production mit der Absicht einer strategischen Partnerschaft niederlassen, um neue Komponenten, Systeme, Verfahren, Prozessketten oder Geschäftsmodelle im Bereich der optischen Technologien – insbesondere für die Produktionstechnik – zu entwickeln. Die gemeinsame Forschung und Entwicklung ist die Basis für diese langfristigen Kooperationen. Dabei spielt es keine Rolle, ob sich ein Unternehmen mit einer juristischen Person, einem gezielt ausgewählten FuE-Team oder mehreren Doktoranden aus den eigenen Reihen vor Ort niederlässt. Räumlichkeiten wie Labore und Büros können je nach Bedarf über den privaten Betreiber angemietet werden. Der Nutzen dieser Kooperation liegt in der räumlichen Nähe zu den Experten des Fraunhofer ILT und der assoziierten RWTH-Lehrstühle, die ebenfalls eigene Räumlichkeiten vor Ort bezogen haben. In Open Space-Strukturen und gemeinsam belegten Laboren können gemischte Teams aus Industrie und Wissenschaft interagieren und sich gegenseitig inspirieren. Auch die Aus- und Fortbildung sowie der Zugang zu wissenschaftlichen Veranstaltungen vor Ort gestaltet sich durch die »Immatrikulation der Unternehmen« an der RWTH Aachen University sehr effizient.

Im Industry Building DPP sind auf rund 7000 qm Nutzfläche neben einzelnen Unternehmen auch große Initiativen wie der BMBF-geförderte Forschungscampus DPP oder Zentren des Cluster Photonik wie ACAM – Aachen Center for Additive Manufacturing – beheimatet. So können Unternehmen beispielsweise im Forschungscampus DPP in enger Abstimmung mit den beteiligten Akteuren neue Verfahren der Additiven

Fertigung oder der Nanostrukturierung zur Herstellung smarter Produkte sowie Prozesse für 3D-Drucktechnologien optimieren und in Pilotanlagen testen.

Partner aus der Industrie

- 4JET Technologies GmbH
- Access e.V.
- AixPath GmbH
- Aixtooling GmbH
- AMPHOS GmbH
- BMW AG
- EdgeWave GmbH
- Exapt Systemtechnik GmbH
- EOS GmbH
- Fionec GmbH
- Innolite GmbH
- LighFab GmbH
- ModuleWorks GmbH
- MTU Aero Engines AG
- PHILIPS
- Pulsar Photonic GmbH
- Siemens AG
- SLM Solutions GmbH
- TRUMPF Laser- und Systemtechnik GmbH

Ansprechpartner

Dipl.-Phys. Christian Hinke
Telefon +49 241 8906-352
christian.hinke@ilt.fraunhofer.de

1 Industry Building DPP im Cluster Photonik auf dem RWTH Aachen Campus.

2 Forschung unter einem Dach: Research Center Digital Photonic Production RCDPP, Entwurf: Carpus+Partner.

BMBF-FORSCHUNGSCAMPUS

BMBF-FORSCHUNGSCAMPUS DIGITAL PHOTONIC PRODUCTION DPP

Ziele und Aufgaben

Der Forschungscampus »Digital Photonic Production DPP« in Aachen erforscht neue Methoden und grundlegende physikalische Effekte für die Nutzung von Licht als Werkzeug in der Produktion der Zukunft. Mit dem Forschungscampus DPP wird eine neue Form der langfristigen und systematischen Kooperation zwischen RWTH Aachen, Fraunhofer-Gesellschaft und Industrie etabliert. Ziel dieser Zusammenarbeit ist die komplementäre Bündelung der verschiedenen Ressourcen unter einem Dach zur gemeinsamen anwendungsorientierten Grundlagenforschung. Dies wird durch ein neues Gebäude auf dem RWTH Aachen Campus ermöglicht: dem Industry Building DPP. Hier können die Partner aus Wirtschaft und Wissenschaft auf ca. 7 000 qm Büro- und Laborfläche gemeinsam unter einem Dach im Rahmen des Forschungscampus DPP forschen.

Ansprechpartner

Dipl.-Phys. Christian Hinke
Telefon +49 241 8906-352
christian.hinke@ilt.fraunhofer.de

Weitere Informationen unter: forschungscampus-dpp.de

Roadmapping-Prozess

Die Zusammenarbeit der zwei Fraunhofer-Institute ILT und IPT und der rund 20 Industrieunternehmen wird in gemeinsam abgestimmten Technologie-Roadmaps definiert. Entlang der Technologie-Roadmaps erforschen die Partner in abgestimmter Form grundlegende Aspekte der Lichterzeugung (z. B. Modellierung von Ultrakurzpulsresonatoren), neue Möglichkeiten der Lichtführung und -formung (z. B. Modellierung von Freiformoptiken) und physikalische Modelle zur Wechselwirkung von Licht, Material und Funktionalität (z. B. Modellierung von belastungsoptimierten generativ gefertigten Strukturen).

Gemeinsame Arbeitsgruppen

Die Zusammenarbeit im Forschungscampus DPP wird in gemeinsamen Arbeitsgruppen mit Mitarbeitern aus der Wissenschaft und der Wirtschaft entlang der Technologie-Roadmaps organisiert. Folgende fünf Arbeitsgruppen wurden etabliert:

- DPP Direct
- DPP Femto
- DPP Nano
- DPP MaGeoOptik
- DPP Digitale Photonische Prozesskette



1



2

DPP Direct

Das additive Fertigungsverfahren Selective Laser Melting (SLM) erlaubt die direkte, werkzeuglose Fertigung von Funktionsbauteilen mit serienidentischen Eigenschaften. Neben der hohen Ressourceneffizienz sticht vor allem die werkzeuglose Fertigung komplexer Bauteile hervor. Diese können in kleinen Stückzahlen schnell und vergleichsweise kostengünstig gefertigt werden. Ebenso können funktions- und gewichtsoptimierte Bauteile für neue Produkte mit verbesserten Eigenschaften kostengünstig realisiert werden. Das SLM-Verfahren wird zunehmend in Branchen wie Dentaltechnik, Werkzeugbau, Energietechnik, Automobilbau und Flugzeugbau eingesetzt.

DPP Femto

Mit den noch relativ jungen Ultrakurzpulslasern (UKP-Laser) können neue Funktionalitäten auf Bauteilen verschiedener Werkstoffe erzeugt werden. Allerdings sind die fundamentalen Zusammenhänge der Wechselwirkung zwischen dem UKP-Laserlicht und modernen Funktionsmaterialien der digitalen Welt noch nicht ausreichend erforscht. Ziel der Partner im Verbundvorhaben Femto DPP ist es, diese komplexen Zusammenhänge im Detail zu analysieren und somit der Lasertechnologie neue Horizonte in der Bearbeitung elektronischer Bauteile wie in der Displayfertigung oder der Fertigung moderner LEDs zu eröffnen.

DPP Nano

Um eine örtlich begrenzte, zeitlich gesteuerte, exakt dosierte Wärmebehandlung durchzuführen, werden neue Laser-Strahlquellen (wie bsp. VCEL-Laser), optische Systeme und Algorithmen entwickelt und erprobt. Ziel ist die Erzeugung maßgeschneiderter, werkstoffangepasster Lichtverteilungen. Hiermit werden neue Anwendungsgebiete in der Industrie erschlossen (z. B. durch die Funktionalisierung von Oberflächen

auf Basis nanopartikulärer Werkstoffe), die Produktivität von Wärmebehandlungsprozessen gesteigert (z. B. Laserhärten) sowie das Anwendungsspektrum erweitert (z. B. Herstellung von komplexen Bauteilen aus Verbundwerkstoffen).

DPP MaGeoOptik

Ziel des Forschungsvorhabens »MaGeoOptik« ist es, die Leistungsfähigkeit aktueller Strahlführungssysteme durch den Einsatz qualitativ hochwertigerer Optiken, neuartiger Materialien und komplexerer Geometrien deutlich zu steigern. Hierzu werden neue Pressprozesse von Quarzgläsern konzipiert und qualifiziert, Software und Prozesse mit innovativen Bearbeitungskinematen für Diamantoptiken entwickelt und geeignete metrologische Verfahren der berührungslosen Optikprüfung eingesetzt. Dadurch lassen sich u. a. komplexe Geometrien in Quarzglas, wie z. B. Array-Strukturen mit asphärischen Einzelgeometrien, kostengünstig herstellen.

DPP Digitale Photonische Prozesskette

Die hohe Energiedichte im Laserfokus lässt sich nutzen, um entweder gezielt Material abzutragen oder aufzuschmelzen. So können kleinste Strukturen in die Oberfläche von Bauteilen für technische Funktionen oder gestalterische Zwecke eingebracht werden. Die Modellierung der filigranen Strukturen ist mit gängigen CAD/CAM-Systemen sehr aufwendig. Daher wird eine digitale Infrastruktur geschaffen, um prozedural beschriebene Strukturen für photonische Fertigungsverfahren nutzen zu können. Die Ergebnisse werden in CAx-Bibliotheken zur Bahnberechnung implementiert und anschließend in konventionelle CAM-Softwareprodukte integriert.

- 1 Begegnungsfläche im lichtdurchfluteten Atrium des Industry Building DPP.
2 DPP Nano: Selektive Vorwärmung mittels VCEL beim Laser-Powder Bed Fusion (L-PBF).

AUSGRÜNDUNGEN

Netzwerke und Infrastruktur

Das Fraunhofer ILT bietet zusammen mit dem durch das BMBF geförderten Forschungscampus Digital Photonic Production und dem RWTH Aachen Campus ein ideales Umfeld zur Gründung eines Unternehmens im Bereich der photonischen Produktion. Das Fraunhofer ILT wirkt dabei als Know-how-Partner, der mehr oder weniger – je nach Kooperationsvertrag – in die Entwicklung neuer Technologien einbezogen wird. Über entsprechende Lizenzverträge haben die Spin-offs auch Zugriff auf jene Patente, die beispielsweise die Gründer noch am Fraunhofer ILT selbst realisiert haben.

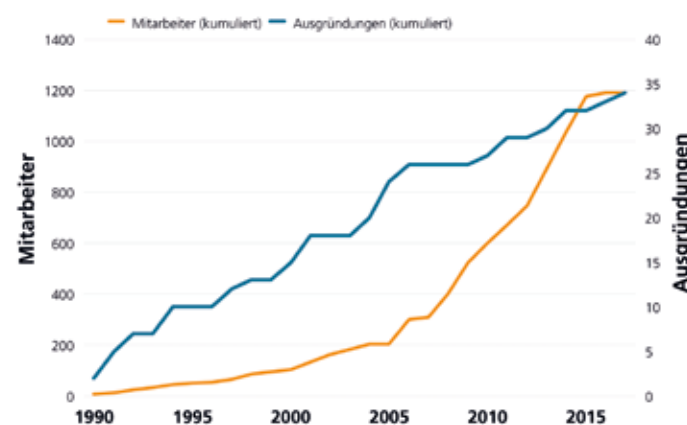
Der Forschungscampus DPP bildet die Plattform zum intensiven Austausch mit Unternehmen, Instituten und Beratern, die sich im Bereich der photonischen Produktion bewegen. Auch Co-Creation Areas und Open Innovation Konzepte werden am Forschungscampus bei Bedarf genutzt. Im Industry Building DPP auf dem RWTH Aachen Campus Gelände können die Ausgründer auf 7000 qm Nutzfläche eigene Büros und Labore anmieten. Hier haben sich bereits 30 Unternehmen niedergelassen, darunter auch Forschergruppen großer Konzerne wie Siemens, TRUMPF, Philips oder MTU. Das gesamte Umfeld des Campus wirkt als Inkubator für erfolgreiche Unternehmensausgründungen.

Unterstützende Angebote

Neben den öffentlich geförderten Ausgründungsprogrammen haben die Spin-offs direkten Zugriff auf regionale Beratungsangebote wie von der AGIT oder der IHK Aachen. Diese koordiniert auch das rund 200 Mitglieder umfassende ehrenamtliche AC²-Beraternetzwerk.

Neben den regionalen Akteuren unterstützt die Fraunhofer Venture, eine Abteilung der Fraunhofer-Gesellschaft, die Wissenschaftler in der Weiterentwicklung und Umsetzung ihrer Ideen bis hin zur Marktreife. Das vielfältige Serviceangebot reicht von der Beratung und Optimierung eines Businessplans über die Unterstützung von Rechts- und Organisationsgestaltung bis hin zur Vermittlung von Investoren und Vorbereitung einer möglichen Beteiligung der Fraunhofer-Gesellschaft.

Ausgründungen seit 1990



SPIN-OFFs DES FRAUNHOFER ILT

Intensive Ausgründungskultur am Fraunhofer ILT

Das Fraunhofer-Institut für Lasertechnik ILT pflegt seit den frühen 90er Jahren eine intensive Ausgründungskultur. Dies ist im Wesentlichen durch die Erkenntnis geprägt, dass eine effiziente Vorgehensweise zur Einführung einer neuen Technologie in den Markt die unternehmerische Tätigkeit der maßgeblichen Promotoren der jeweiligen Technologie ist. Gründer sind zutiefst von ihrer Idee überzeugt und lassen sich von Bedenkenträgern oder administrativen Hürden selten bremsen. Gleichzeitig müssen sie so flexibel sein, dass sie ihr Geschäftsmodell dem Bedarf des Marktes ständig anpassen, ohne dabei ihre Kernidee aufzugeben. Innovative Gründer sind somit sowohl Impulsgeber in der Branche für neue technologische Lösungsansätze und Perspektiven als auch klassische Unternehmer, die eine nachhaltige Geschäftsentwicklung im Blick halten müssen.

Diese Wesenszüge teilen sich die Ausgründer mit dem Namenspatron der Fraunhofer-Gesellschaft: Joseph von Fraunhofer, der Anfang des 19. Jahrhunderts als Forscher, Erfinder und Unternehmer hervortrat. Sein Aktionsspektrum reichte von der Entdeckung der später nach ihm benannten Fraunhofer-Linien im Sonnenspektrum über die Entwicklung neuer Bearbeitungsverfahren für die Linsenfertigung bis hin zur Leitung einer Glashütte. Insofern setzt das Fraunhofer ILT diese unternehmerische Tradition durch die Unterstützung ausgründungswilliger Mitarbeiter fort. Und das seit Bestehen des Instituts.

Spin-offs generieren Mehrwert für die Laserbranche

Rückblickend entstanden in den letzten 25 Jahren ein bis zwei Unternehmen pro Jahr. Damit liegt die Ausgründungsfrequenz des Instituts über dem Durchschnitt der Fraunhofer-Gesellschaft. Rund 40 sogenannte Spin-offs agieren in der Lasertechnik und erzeugen nicht nur neue Umsätze sondern erweitern auch das Marktpotenzial der Branche. Sie tragen unmittelbar zum Wirtschaftswachstum bei.

Neben diesem finanziellen Aspekt sind die ausgegründeten Unternehmen attraktive Arbeitgeber, da sie sich in einer Branche bewegen, die seit Jahren herausragende Wachstumsraten aufweist. Die Lasertechnik wächst selbst im Vergleich zum gesamten Maschinen- und Anlagenbau überproportional. Selbstverständlich sorgen die Spin-offs auch für Mehrwerte bei großen etablierten Konzernen, die bei Bedarf auf die neuen angebotenen Technologien zurückgreifen. Ob es sich um neue Reinigungsverfahren, maßgeschneiderte additiv gefertigte Implantate, neue Hochleistungsdiodenlaser oder leistungsstarke Ultrakurzpulslaser handelt, die rund 40 Ausgründungen des Fraunhofer ILT decken ein weites Spektrum ab.

Auch in 2017 wurde ein Unternehmen gegründet, das sich u. a. mit der Entwicklung von kostengünstigen 3D-Druckanlagen für metallische Bauteile befasst: die Laser Melting Innovations GmbH & Co. KG. Das Unternehmen entstand aus einem Forschungsprojekt zwischen drei regionalen Einrichtungen: der RWTH Aachen University, dem Fraunhofer ILT und der Fachhochschule Aachen.

- 1 Clean-Lasersysteme GmbH in Herzogenrath.
- 2 Laser Melting Innovations GmbH – Einfache Fertigung individualisierter Metallbauteile.

STANDORTINITIATIVEN



ACAM

ACAM Aachen Center for Additive Manufacturing

Die Fraunhofer-Institute für Produktionstechnologie IPT und für Lasertechnik ILT haben im Jahr 2015 gemeinsam mit Partnern aus der Wissenschaft die ACAM Aachen Center for Additive Manufacturing GmbH gegründet. Ziel der ACAM ist die Unterstützung produzierender Unternehmen bei der Umsetzung additiver Fertigungsverfahren in ihren Produktionsprozessen. Das Zentrum für Additive Fertigung wird von Dr. Kristian Arntz, Fraunhofer IPT, und Prof. Johannes Henrich Schleifenbaum, Fraunhofer ILT, geleitet.

Die ACAM GmbH betreibt ein Center auf dem RWTH Aachen Campus Melaten und bündelt die Kompetenzen unterschiedlicher Forschungsinstitute in ihren Dienstleistungen. ACAM führt eine Expertencommunity rund um das Thema Additive Manufacturing zusammen und entwickelt das Know-how in diesem Bereich systematisch weiter. Die bestehende Expertise wird den Anwendern direkt zugänglich gemacht.



ACAM Community-Treffen am 21. März 2018
bei GKN Sinter Metals in Radevormwald.

In Sachen Ausbildung bietet die ACAM GmbH maßgeschneiderte Seminare an. Interessierte Unternehmen können sich kostenpflichtig an der ACAM Community beteiligen. Die Partnerfirmen können sich bei Bedarf auch direkt auf dem Campus mit eigenen Ressourcen ansiedeln. Die Mitarbeiter dieser Firmen können auch an Aus- und Weiterbildungsangeboten der RWTH Aachen University teilnehmen und sind in das universitäre Umfeld eingebunden.

Strategische Partner von ACAM

- Fraunhofer-Institut für Lasertechnik ILT
- Fraunhofer-Institut für Produktionstechnologie IPT
- Access Technology GmbH
- KEX Knowledge Exchange AG
- Institut für werkzeuglose Fertigung IwF, AN-Institut der FH Aachen
- RWTH Aachen University:
- Lehrstuhl für Lasertechnik LLT
- Lehrstuhl für Digital Additive Production DAP
- Lehrstuhl für Production Engineering of E-Mobility Components PEM
- Lehr- und Forschungsgebiet Nichtlineare Dynamik der Laser-Fertigungsverfahren NLD
- Lehrstuhl und Institut für Allgemeine Konstruktionstechnik des Maschinenbaus IKT
- Werkzeugmaschinenlabor WZL
- Institut für Kraftfahrzeuge IKA
- Institut für Kunststoffverarbeitung IKV
- Institut für Werkstoffanwendungen im Maschinenbau IWM

Ansprechpartner

Prof. Johannes Henrich Schleifenbaum
Telefon +49 241 8906-398
johannes.henrich.schleifenbaum@ilt.fraunhofer.de

Weitere Informationen unter: www.acam.rwth-campus.com

AACHENER ZENTRUM FÜR 3D-DRUCK

Das Aachener Zentrum für 3D-Druck ist eine gemeinsame Forschungsgruppe des Fraunhofer ILT und der FH Aachen mit dem Ziel, kleinen und mittelständischen Unternehmen den Zugang zur gesamten Prozesskette im Bereich Additive Manufacturing (AM) zu eröffnen. So sollen die ökonomischen und technologischen Chancen genutzt werden, die diese innovative Technologie bietet.

Kleine und mittlere Unternehmen durchleuchten ihre Anwendungen und sehen zunehmend die ökonomischen und technologischen Chancen des AM in ihren Produktionsumgebungen. Oftmals scheuen sie allerdings die Investitionsrisiken. Vor allem aber verfügen sie nur selten über qualifizierte 3D-Druckspezialisten und ausgebildete Facharbeiter. Hier setzt das eng kooperierende Expertenteam des Fraunhofer ILT und der FH Aachen an.

Ansprechpartner

Dr. Sebastian Bremen (Fraunhofer ILT)
Telefon +49 241 8906-537
sebastian.bremen@ilt.fraunhofer.de

Prof. Andreas Gebhardt (FH Aachen)
Telefon +49 241 6009 52500
gebhardt@fh-aachen.de

Weitere Informationen unter: www.ilt.fraunhofer.de und www.fh-aachen.de

MEDLIFE E.V.

MedLife ist das Netzwerk der Life Sciences in der Technologieregion Aachen. Derzeit engagieren sich mehr als 80 Mitglieder in diesem regionalen Branchenverband. MedLife bietet Veranstaltungen und Dienstleistungen für die Branchen Medizintechnik, Biotechnologie, Pharma und Gesundheitswirtschaft an. Das Netzwerk ist Ansprechpartner für Unternehmer und Wissenschaftler, die den Austausch mit anderen Life Science Akteuren und kompetente Beratung und Unterstützung bei innovativen Vorhaben und Geschäftsideen suchen.

Neben dem MedLife e.V. kümmert sich die angegliederte GmbH um die Bereiche Clustermanagement und Förderprojektmanagement und bietet Dienstleistungen wie Unternehmens- und Innovationsberatung an. Das Fraunhofer ILT engagiert sich aktiv im MedLife e.V. Seit der Mitgliederversammlung am 7. März 2016 ist Dr. Arnold Gillner, Kompetenzfeldleiter Abtragen und Fügen des Fraunhofer ILT, Sprecher des Beirats des MedLife e.V..

Ansprechpartner

Dr. Arnold Gillner
Telefon +49 241 8906-148
arnold.gillner@ilt.fraunhofer.de

Weitere Informationen unter: www.medlife-ev.de

*Einweihung der XLine 2000R am 1. Juni 2017
im Aachener Zentrum für 3D-Druck. V.l.n.r.:
Prof. Doris Samm und Prof. Andreas Gebhardt
(FH Aachen), Prof. Reinhart Poprawe
(Fraunhofer ILT).*

KOOPERATIONEN UND VERBÄNDE

Um seinen Kunden Lösungen aus einer Hand anbieten zu können, pflegt das Fraunhofer-Institut für Lasertechnik ILT Kooperationen mit in- und ausländischen Forschungszentren, Universitäten, Clustern und Unternehmen. Auch zu Verbänden, IHKs, Prüfanstalten und Ministerien hält das Fraunhofer ILT enge Kontakte.

REGIONALE NETZWERKE

Auf lokaler Ebene kooperiert das Fraunhofer ILT mit der RWTH Aachen University, der Fachhochschule Aachen und dem Forschungszentrum Jülich in vielen grundlegenden Fragestellungen. Im Aachener Zentrum für 3D-Druck – einer Kooperation der FH Aachen mit dem Fraunhofer ILT – erhalten beispielsweise mittelständische Unternehmen Unterstützung in allen Fragen der Additiven Fertigung. Auch im Bereich der Life Sciences ist das Fraunhofer ILT über den MedLife e.V. regional gut vernetzt. Der Fachverband IVAM e.V. ermöglicht dem ILT den Zugang zu zahlreichen Experten der Mikrotechnik. Im Landescluster NMWPNRW engagiert sich das Fraunhofer ILT in den Bereichen Nanotechnologie, Photonik und Mikrosystemtechnik.

NATIONALE KOOPERATIONEN

Gemeinsam mit rund 70 Forschungseinrichtungen ist das Fraunhofer ILT in die Fraunhofer-Gesellschaft, die größte Organisation für anwendungsorientierte Forschung in Europa, eingebettet. Unsere Kunden profitieren von der gebündelten Kompetenz der kooperierenden Institute.

Die Vernetzung von Laseranwendern, -herstellern und -forschern auf nationaler Ebene gelingt unter anderem im Arbeitskreis Lasertechnik e.V., in der Wissenschaftlichen Gesellschaft Lasertechnik e.V. und in verschiedenen Industrieverbänden wie DVS, SPECTARIS oder VDMA. Die nationalen Initiativen wie das »go-cluster« des BMWi oder der BMBF-Forschungscampus unterstützen das Fraunhofer ILT aktiv. In allen Gremien setzen ILT-Mitarbeiter Impulse, um sowohl das Fachgebiet der Lasertechnik als auch Formen der Zusammenarbeit von Wissenschaft und Industrie zum Wohle der Gesellschaft weiterzuentwickeln.

INTERNATIONAL VERNETZT

Mit ausländischen Firmen und Niederlassungen deutscher Firmen im Ausland führt das Fraunhofer ILT sowohl bilaterale Projekte als auch Verbundprojekte durch. Darüber hinaus unterhält die Fraunhofer-Gesellschaft Verbindungsbüros in zahlreichen Ländern. Um auch internationale Entwicklungen von Fraunhofer ILT-relevanten Fachgebieten zeitnah begleiten zu können, engagieren sich Mitarbeiter gezielt in ausgewählten Verbänden und Netzwerken wie dem European Photonic Industry Consortium EPIC und der Technologieplattform Photonics21 auf europäischer Ebene oder dem Laser Institute of America LIA auf transatlantischer Ebene. Zahlreiche wissenschaftliche Vorträge auf internationalen Tagungen runden das Bild ab.

Ansprechpartner

Dipl.-Phys. Axel Bauer
Telefon +49 241 8906-194
axel.bauer@ilt.fraunhofer.de

ARBEITSKREIS LASERTECHNIK E.V.



Der Arbeitskreis Lasertechnik e.V. – kurz AKL e.V. – wurde 1990 gegründet, um die faszinierenden Möglichkeiten, die das Werkzeug Laser in Hinblick auf Präzision, Geschwindigkeit und Wirtschaftlichkeit eröffnet, durch Intensivierung des Informations- und Ausbildungsstands für den industriellen Einsatz nutzbar zu machen. Heute sind viele der Anwendungsmöglichkeiten bekannt. Dennoch werden ständig neue Laserstrahlquellen und Laserverfahren entwickelt, die zu innovativen Perspektiven in der industriellen Fertigung führen. In dieser sich schnell wandelnden Disziplin unterstützt ein Netzwerk von Laserexperten die laufenden Innovationsprozesse. Der AKL e.V. dient dabei ausschließlich und unmittelbar der Förderung wissenschaftlicher Ziele.

Aufgaben des AKL e.V.

- Förderung der wissenschaftlichen Arbeit auf dem Gebiet der Lasertechnik durch Anregung und Unterstützung von Forschungsprojekten, die an Forschungsinstitutionen durchgeführt werden sowie die Kooperation mit anderen Forschungsvereinigungen und wissenschaftlichen Institutionen
- Förderung der Verbreitung der Lasertechnik in der Wirtschaft sowie die Unterstützung des wissenschaftlichen Gedankenaustauschs mit Personen, Unternehmen, Gesellschaften, Vereinigungen, Behörden und Ämtern jeder Art, insbesondere durch finanzielle Unterstützung und Organisation von Forschungsvorhaben, Vorträgen, Konferenzen, Besprechungen und Tagungen. In diesem Zusammenhang organisiert der

AKL e.V. unter anderem auch die Seminare und Veranstaltungen des Alumni-Netzwerks »Aix-Laser-People«. Dem AKL e.V. gehören rund 170 Mitglieder an. Die persönliche Kommunikation zwischen den Mitgliedern bildet das Rückgrat des Vereins. Am 1. Januar 2017 übergab Axel Bauer, der den Verein 15 Jahre als Geschäftsführer leitete, den Staffelstab an seinen Nachfolger Dr. Hartmut Frerichs. Im Vorstand des AKL e.V. sind weiterhin der Vorsitzende Ulrich Berners, Prof. Reinhart Poprawe (stellvertretender Vorsitzender) und Dr. Bernd Schmidt (Schatzmeister) vertreten.

Innovation Award Laser Technology

Alle 2 Jahre verleihen der Arbeitskreis Lasertechnik e.V. und das European Laser Institute ELI e.V. den mit 10.000 EUR dotierten Innovation Award Laser Technology. Dieser europäische Preis der angewandten Wissenschaft richtet sich sowohl an Einzelpersonen als auch an Projektgruppen, deren Fähigkeiten und Engagement zu einer herausragenden Innovation auf dem Gebiet der Lasertechnik geführt haben. Die zehnköpfige internationale Jury kürte in 2016 drei herausragende Finalisten:

- 1. Platz: Dr. Ir. Armand Pruijmbom, Philips GmbH Photonics
Thema: VCSEL-Arrays: Eine neue Hochleistungs-Lasertechnologie zur »digitalen Wärmebehandlung«
- 2. Platz: Dr. Jan-Philipp Weberpals, AUDI AG
Thema: Laserstrahl-Remoteschweißen von Aluminium für den automobilen Leichtbau
- 3. Platz: Dr. Ralph Delmdahl, Coherent Laser Systems
Thema: UVblade – Serienfertigung von flexiblen Displays

Ansprechpartner

Dr. Hartmut Frerichs
Telefon +49 241 8906-420
hartmut.frerichs@akl-ev.de

Weitere Informationen unter: www.akl-ev.de

VERANSTALTUNGEN UND PUBLIKATIONEN

PATENTE

PATENTERTEILUNGEN DEUTSCHLAND

DE 10 2013 008 085 B4 Verfahren und Vorrichtung zum Fügen von Werkstücken mit einem Bearbeitungsstrahl

DE 10 2009 038 590 B4 Verfahren zur Bearbeitung von Material/Werkstücken mit Laserstrahlung

DE 10 2010 008 781 B4 Verfahren zur schichtweisen Fertigung von Bauteilen, sowie Verfahren zur schichtweisen Fertigung von Bauteilen

DE 10 2015 224 534 B4 Verfahren zur Erzeugung von extremer Ultraviolett- und/oder weicher Röntgenstrahlung

DE 10 2014 007 159 B4 Verfahren und Anordnung zur spektralen Verbreiterung von Laserpulsen für die nichtlineare Pulskompression

DE 10 2013 011 676 A1 Verfahren und Vorrichtung zur generativen Bauteilfertigung

DE 10 2009 059 894 B4 Optische Anordnung zum optischen Pumpen eines aktiven Mediums

DE 10 2013 014 069 B3 Verfahren zur Laserbearbeitung eines Werkstücks mit polierter Oberfläche und Verwendung dieses Verfahrens

PATENTERTEILUNGEN EUROPA

EP 2 909 007 B1 Verfahren und Vorrichtung zur generativen Bauteilfertigung

EP 3 036 061 B1 Verfahren zur Laserbearbeitung eines Werkstücks mit polierter Oberfläche und Verwendung dieses Verfahrens

EP 2 683 521 B1 Verfahren zur Herstellung optischer Komponenten durch Bearbeitung mit energetischer Strahlung

»Alles, im Kleinen und Großen,
beruht auf Weitersagen.«

Christian Morgenstern

39

Bachelorarbeiten
in 2017

PATENTE

20 Erteilungen,
23 Anmeldungen
in 2017

98

wissenschaftliche
Vorträge
in 2017

46

Masterarbeiten
in 2017

118 Veröffentlichungen

PATENTE

PATENTERTEILUNGEN USA

- 9 827 632 Verfahren und Vorrichtung zur generativen Bauteilfertigung
- 9 847 615 Verfahren und Anordnung zur spektralen Verbreiterung von Laserpulsen für die nichtlineare Pulskompression
- 9 592 570 Laser processing apparatus
- 9 589 783 Verfahren zur Verbesserung der Benetzbarkeit einer rotierenden Elektrode in einer Gasentladungslampe

PATENTERTEILUNGEN CHINA

- CN102112266 B Verfahren und Vorrichtung zum Schweißen von Werkstücken aus hochwarmfesten Superlegierungen
- CN105228790 B Verfahren zum Abtragen von sprödhartem Material mittels Laserstrahlung
- CN106163733 B Laserauftragschweißen von hochwarmfesten Superlegierungen mittels oszillierender Strahlführung
- CN103658978 B Laser processing apparatus

PATENTERTEILUNGEN TAIWAN

- I584696 Method and device for generating optical radiation by means of electrically operated pulsed discharges

PATENTANMELDUNGEN DEUTSCHLAND

- 10 2017 201 679.5 Verfahren zum Fügen von Bauteilen auf eine Trägerstruktur unter Einsatz von elektromagnetischer Strahlung
- 15/487,563 Ferroelectric element and method of manufacturing ferroelectric element
- 10 2017 206 843.4 Veränderung der Leistung beim Wobbeln
- 10 2017 119 697.8 Monitoring of tissue coagulation by optical reflectance signals
- 10 2017 130 241.7 Laserbasiertes Verfahren zur Herstellung funktionaler Beschichtungen aus partikulären Hochleistungspolymeren
- 10 2017 210 241.1 Optische Anordnung zur Umformung des Intensitätsprofils eines optischen Strahls
- 10 2017 116 140.6 Synchronisation von Werkzeug und Werkstück bei der Laserbearbeitung
- 10 2017 208 616.5 Verfahren zur Verringerung der Reibung aneinander gleitender und/oder rollender Flächen
- 10 2017 210 703.0 Vorrichtung zum Laserauftragsschweißen

- 10 2017 007 219.1 Verfahren zur Herstellung einer transmittiven oder reflektiven Optik
- 10 2017 207 262.8 Verfahren und Vorrichtung zur Bereitstellung einer eine gewünschte Zielprotein-Expression aufweisenden Zelllinie
- 10 2017 219 435.9 Verfahren zur Beschichtung einer metallischen Oberfläche mit einem metallischen Material
- 17 198 712.6 Verbesserung der Oberflächenqualität von SLM-Bauteilen durch Pulverentfernung im Prozess
- 17 001 479.9 Vorrichtung und Verfahren zur Materialbearbeitung

PATENTANMELDUNGEN EUROPA

- PCT/EP2017/063360 Verfahren und Vorrichtung zur generativen Fertigung von Bauteilen
- PCT/EP2017/062360 Verfahren und Vorrichtung zur Prozessüberwachung bei der generativen Fertigung von Bauteilen
- PCT/EP2017/076492 Verfahren zur werkzeuglosen Entfernung von Stützstrukturen bei der generativen Fertigung von Bauteilen
- PCT/EP2017/078739 Vorrichtung und Verfahren zur generativen Bauteilfertigung mit mehreren räumlich getrennten Strahlführungen

- PCT/EP2017/070916 Verfahren zur Bearbeitung einer Werkstoffschicht mit energetischer Strahlung variabler Energieverteilung
- PCT/EP2017/070931 Hybrider Werkstoffverbund zwischen einer Metalloberfläche und einer polymeren Materialoberfläche sowie Verfahren zur Herstellung des hybriden Werkstoffverbundes
- PCT/EP2017/078738 Verfahren und Vorrichtung zur Bearbeitung einer Werkstoffschicht mit energetischer Strahlung
- PCT/EP2017/054185 A method of sintering, crystallizing and/or crosslinking of a coating material on a substrate
- PCT/EP2017/064973 Optischer Scanner

DISSERTATIONEN

DISSERTATIONEN

- 26.1.2017 – Girum Beyene (Dr. rer. nat.)**
Studies on laser-triggered discharge plasmas as extreme ultraviolet light sources
- 16.2.2017 – Michal Odstrcil (Dr. rer. nat.)**
Coherent diffractive imaging using table-top sources
- 10.3.2017 – Sebastian Bremen (Dr.-Ing.)**
Korrelation der High Power SLM-Prozessführung mit der Produktivität, Effizienz und den Materialeigenschaften für den Werkstoff Inconel 718
- 26.4.2017 – Johannes Weitenberg (Dr. rer. nat.)**
Transversale Moden in optischen Resonatoren für Anwendungen hoher Laserintensität
- 19.6.2017 – Simon Britten (Dr.-Ing.)**
Bauteilschonende Verbindungstechnik auf Metallisierungen durch moduliertes Laserstrahlschweißen
- 21.6.2017 – Ralf Freiburger (Dr. rer. nat.)**
Realisierung eines hochauflösenden EUV-Mikroskops mit einer optimierten Gasentladungsquelle zum Betrieb mit Wellenlängen um 17 nm zur Mikroskopie an M-Kanten von Elementen

- 14.7.2017 – Johannes-Thomas Finger (Dr.-Ing.)**
Puls-zu-Puls-Wechselwirkungen beim Ultrakurzpuls-Laserabtrag mit hohen Repetitionsraten
- 21.8.2017 – Oliver Nottrodt (Dr.-Ing.)**
Polygonscannerbasierte Hochleistungs-Ultrakurzpuls-Laserstrukturierung
- 8.9.2017 – Ulrich Witte (Dr. rer. nat.)**
Erhöhung der Strahldichte von Hochleistungs-Diodenlaserbarren mittels dielektrischer Kantenfilter
- 13.11.2017 – Christoph Meinhardt (Dr. rer. nat.)**
Elementspezifische Analyse primärverzunderter Stranggussstähle mit Laser-Emissionsspektroskopie
- 18.12.2017 – Christian Weingarten (Dr.-Ing.)**
Laserbasierte Formkorrektur von optischen Gläsern
- 19.12.2017 – Florian Eibl (Dr.-Ing.)**
Laser Powder Bed Fusion of Stainless Steel with Power Multi-Diode-Laser-Array
- 20.12.2017 – Christian Nüsser (Dr.-Ing.)**
Lasermikropolieren von Metallen

VERANSTALTUNGEN

LASER WORLD OF PHOTONICS 2017

Fraunhofer ILT zeigt Lasertechnik für mehr Produktivität sowie Umwelt- und Gesundheitsschutz

Vom 26. bis 29. Juni 2017 traf sich die Laser-Community zur LASER World of PHOTONICS in München. Das Fraunhofer ILT war auch wieder mit über 50 Exponaten aus den verschiedenen Bereichen der angewandten Lasertechnik und Strahlquellenentwicklung vertreten: Von Dioden- und Faserlasern über neue Messtechnik bis hin zu kompletten Maschinen für Additive Verfahren oder gar Lasersysteme für den Weltraum reichte diesmal das Spektrum.

Mit über 32 000 Besuchern und fast 1 300 Ausstellern hat die LASER World of PHOTONICS neue Rekordmarken gesetzt. Entsprechend positiv war die Stimmung in München und auch für das Fraunhofer ILT war die Messe ein voller Erfolg.

Weltraumtaugliche Laser für den Klimaschutz

Hochgenaue lasergestützte Messtechnik gehörte auch zu den Highlights auf dem Stand des Fraunhofer ILT. Mit einem sechs Meter großen Modell der Ariane-5-Rakete wurde der Bezug zur deutsch-französischen Klimamission »MERLIN« hergestellt. Der Kleinsatellit MERLIN (Methane Remote Sensing LIDAR-Mission) soll 2023 von Kourou, Französisch-Guayana, aus in den Weltraum befördert werden, um Methan in der Erdatmosphäre zu kartieren. Das Treibhausgas ist 25-mal klimaschädlicher als Kohlendioxid, in den vergangenen zehn Jahren ist seine Konzentration überraschend stark gestiegen. Es lagert unter anderem im Meeresboden in Form von Methanhydrat als Eis. Erwärmt sich das Wasser und damit



Gut besucht: Fraunhofer ILT-Stand auf der LASER World of PHOTONICS mit einem Modell der Ariane-5-Rakete als Eyecatcher.

der Meeresboden, könnten die Hydrate zerfallen und das Methan freisetzen – mit fatalen Folgen für das Klima. Deswegen ist es von großer Wichtigkeit zu messen, wo und in welcher Menge Methan in die Erdatmosphäre abgegeben wird. Forscher des Fraunhofer ILT entwickeln hierfür ein neues robustes »LIDAR-System« (Light detection and ranging), welches Lichtpulse in die Atmosphäre schickt und aus dem vom Erdboden zurückgestreuten Licht die Methankonzentration mit einer bisher unerreichten Messgenauigkeit bestimmt.

Schon seit Jahren arbeiten die Experten des Fraunhofer ILT mit Partnern wie DLR, Airbus Defence and Space, TESAT Spacecom oder ESA an neuen Lasersystemen für die Luft- und Raumfahrt. Mit dem neuen Future Laser System »FULAS« denkt das Fraunhofer ILT über einzelne Projekte hinaus und hat eine ganze Technologieplattform aufgebaut. Hier werden nicht nur raumfahrttaugliche Komponenten entwickelt und validiert, sondern auch eine ganz eigene Aufbautechnologie: Alle wesentlichen Justierschritte werden mit manuell geführten Robotern im Pick & Align-Verfahren durchgeführt.

Preisgekröntes Beschichtungsverfahren schont Umwelt und Gesundheit

Bauteile wie Papierwalzen, Bremsscheiben am Auto und Hydraulikzylinder müssen mit einer Beschichtung versehen werden, bislang meist durch Hartverchromen oder thermisches Spritzen. Ein Team des Fraunhofer ILT und der RWTH Aachen University hat mit dem extremen Hochgeschwindigkeits-Laser-auftragschweißen (EHLA) nun ein alternatives Beschichtungsverfahren entwickelt, das umwelt- und gesundheitsschonend ist, da es ohne Chrom(VI) auskommt. Kurz vor der LASER-Messe wurde das EHLA-Verfahren mit dem Joseph-von-Fraunhofer-Preis geehrt. Jetzt geht es in die Umsetzung: Eine erste großtechnische Anlage steht bei IHC Vremac Cylinders B.V. in Apeldoorn, Niederlande.

Eine Liste der wissenschaftlichen Veröffentlichungen und Vorträge sowie Bachelor- und Masterarbeiten finden Sie online in unserer Mediathek unter: www.ilt.fraunhofer.de/de/mediathek.html



Reges Interesse am Fraunhofer ILT-Stand auf der LASER World of PHOTONICS in München.

Additive Manufacturing für den Mittelstand

Additive Verfahren wie Laserauftragschweißen oder das 3D-Drucken mit Metallpulver sind heute schon industriereif. Allerdings hat nicht jeder potenzielle Nutzer Aufträge, die eine Investition im hohen sechsstelligen Bereich rechtfertigen. Häufig haben kleine Firmen viele Ideen für den Einsatz von 3D-Druck. Ein Forscherteam des Fraunhofer ILT, der RWTH Aachen University und der FH Aachen arbeitet gemeinsam an einer praktikablen Lösung für kleine und mittlere Unternehmen.

Auf der LASER World of PHOTONICS präsentierte das »Aachener Zentrum für 3D-Druck« ein Low-Cost-System mit wesentlich niedrigeren Herstellungskosten als dies bei üblichen Systemen der Fall ist. Zu dem 4-Achssystem gehören neben einem Diodenlaser mit 140 W Leistung eine Schutzgaseinrichtung und eine Open-Source-Steuersoftware. Das Interesse auf der Messe war groß: Sowohl kleine Maschinen- und Werkzeugbauer informierten sich über die Anlage als auch erfahrene Nutzer, die mit dem Low-Cost-System neue Materialien qualifizieren wollen.

Neben der erschwinglichen Maschine bieten die Experten auch zwei- bis fünftägige Schulungen an, um das nötige Know-how zu erwerben. Anschließend sind die Anwender in der Lage, das Potenzial der Low-Cost-Anlage mit diversen Metallpulvern voll auszuschöpfen.

Prozesstechnik gewinnt an Bedeutung

Mit dem breiten Themenspektrum von der Laserbearbeitung im Leichtbau über Ultrakurzpulsverfahren bis hin zu 3D-Bioprinting konnte das Fraunhofer ILT zahlreiche neue Kontakte gewinnen und bestehende vertiefen. Gespräche mit den Messebesuchern haben zudem die Entwicklung in Richtung Industrie 4.0 bestätigt. Für den Laseranwender gewinnt die volle Nutzung aller Prozessdaten, also die digital vernetzte, lasergestützte Produktion, immer mehr an Bedeutung. Künftig richtet sich die Aufmerksamkeit in der Laserbranche verstärkt auf die Prozesstechnik. Dieser Tendenz tragen die Aachener Wissenschaftler Rechnung, indem sie sich unter anderem verstärkt der Prozesskontrolle widmen.



Miniaturausgabe des Aachener Doms, gefertigt mit der Low-Cost-SLM-Anlage des »GoetheLab for Additive Manufacturing« der FH Aachen in Kooperation mit dem Fraunhofer ILT.



Prof. Johannes Henrich Schleifenbaum auf der ICTM 2017.



Dr. Arnold Gillner, Fraunhofer ILT, (li.) und Prof. Thomas Graf, IFSW Universität Stuttgart, (re.) beim 4. UKP-Workshop im Aachener Tivoli.

VERANSTALTUNGEN

2.2.2017, Aachen

7. IHK-Wirtschaftssprechtag mit dem Aachener Zentrum für 3D-Druck

Additive Fertigung als Chance für die Wirtschaft – Konstruktion, Fertigung, Nachbehandlung, Kosten

- Organisiert von der IHK Aachen in Zusammenarbeit mit dem Aachener Zentrum für 3D-Druck, eine Kooperation des Fraunhofer ILT und der FH Aachen
- Kleine und mittlere Unternehmen konnten sich bei Technologieexperten des Aachener Zentrums für 3D-Druck in individuellen Einzelterminen über die Chancen von Additiven Fertigungsverfahren informieren

15./16.2.2017, Aachen

4th Conference of the ICTM – International Center for Turbomachinery Manufacturing

- Organisiert von Fraunhofer ILT und IPT
- Networking-Plattform für Experten aus zentralen Unternehmen des Turbomaschinenbaus
- Mehr als 250 Experten aus 19 Ländern nahmen an der Konferenz teil
- Referenten aus führenden Unternehmen der Branche berichteten in 20 Vorträgen über aktuelle Entwicklungen und Zukunftstechnologien für Fertigung und Anwendung von Turbomaschinen sowie ihrer Komponenten in Luftfahrt und Energiegewinnung
- 44 Live-Vorfürhungen am Fraunhofer ILT, Fraunhofer IPT und WZL der RWTH Aachen University

26./27.4.2017, Aachen

4. UKP-Workshop: Ultrafast Laser Technology

- Organisiert vom Fraunhofer ILT
- Präsentation von Grundlagen der UKP-Technologie sowie einer Übersicht zu aktuellen Entwicklungen im Bereich der Strahlquellen sowie auch der notwendigen Systemtechnik
- Neueste laserbasierte Anwendungen und Verarbeitungsmethoden, die die Grenzen der bisherigen Technologien in Bezug auf Verarbeitungsgeschwindigkeit, Qualität und Materialbandbreite erweitern, wurden vorgestellt
- 22 internationale Referenten und 17 Aussteller auf der begleitenden Tabletop-Ausstellung
- 150 Experten aus Forschung und Industrie nahmen teil

15./16.5.2017, Aachen

Industriearbeitskreis »Prozesskontrolle in der Lasermaterialbearbeitung – ICPC«

- Erste Informationsveranstaltung des Industriearbeitskreises
- Initiative des Fraunhofer ILT und IPT
- Ziel der beteiligten Unternehmen und Forschungseinrichtungen: Best-Practice-Lösungen für mehr Prozesssicherheit und schnellere Verbreitung und Nutzung von Forschungsergebnissen und intensive Vernetzung zwischen Anwendern und Entwicklern

1.6.2017, Aachen

Einweihung der SLM-Anlage XLine 2000R der FH Aachen auf dem RWTH Aachen Campus

- Das Projekt »SLM XL« bündelt Kräfte aus Wissenschaft und Industrie zur optimierten Fertigung von Funktionsprototypen und bisher nicht realisierbaren Werkzeuggeometrien
- Mit der weltweit größten SLM-Anlage »XLINE 2000R« (Hersteller: Concept Laser GmbH) lassen sich Bauteile mit Abmessungen von bis zu 800 x 400 x 500 mm³ realisieren
- Durch die Inbetriebnahme stärken Fraunhofer ILT und FH Aachen ihre erfolgreiche Zusammenarbeit im Bereich der Additiven Fertigung im Aachener Zentrum für 3D-Druck

19.9.2017, Aachen

Workshop – Neue Beschichtungsverfahren:

Laserbasierte Vergoldung

- Organisiert vom Fraunhofer ILT
- Workshop zur Vorstellung des laserbasierten Verfahrens, der eingesetzten Beschichtungsmaterialien, der Prototypanlage und der damit hergestellten Bauteile aus erster Hand
- Diskussion über die Potenziale des Verfahrens für die jeweiligen Branchen sowie die notwendigen Anforderungen und Entwicklungen für die Hebung dieser
- Anwendungen: Elektrische Kontaktveredelung (z. B. Audio, Video, Data etc.), antikorrosive Kontakt- und Bauteilveredelung, Dekoration von Premium-Consumerprodukten (z. B. Schriftzug auf Metallbügeln, Zifferblättern etc.), Oberflächentechnik, Medizintechnik

27./28.9.2017, Aachen

Fachtagung »3D Valley Conference 2017«

- Organisiert von TEMA Technologie Marketing AG und ACAM Aachen Center for Additive Manufacturing in Kooperation mit Fraunhofer ILT und FH Aachen
- Thema: Industrielle Anwendungen, neue Entwicklungen von Prozessen, integrierte Prozessketten und innovative Geschäftsmodelle im Einsatz von Additive Manufacturing
- Teilnahme Fraunhofer ILT an konferenzbegleitender Ausstellung
- Seminar und Vortrag von Dr. Sebastian Bremen und Moritz Alkhayat, Fraunhofer ILT

KOLLOQUIUM LASERTECHNIK AN DER RWTH AACHEN

13.7.2017 – Lehrstuhl für Lasertechnik LLT

Dr. Eric Jägler, Max-Planck-Institut Institut für Eisenforschung
»Alloys for AM, alloys by AM«

14.8.2017 – Lehrstuhl für Lasertechnik LLT

Dr. Oleg Pronin, Max-Planck-Institut für Quantenoptik
»Femtosecond Ho: YAG thin-disk oscillator enabling two-octave 5-20 µm frequency comb generation«

2.11.2017 – Lehrstuhl für Lasertechnik LLT

Prof. Matthias Wuttig, I. Physikalisches Institut der RWTH Aachen University
»Phasenwechselmaterialien: ultraschnell schaltbare optische und elektronische Eigenschaften«

30.11.2017 – Lehrstuhl für Lasertechnik LLT

Prof. Olexander Byelyayev, Institute of Semiconductor Physics NAS of Ukraine
»Optical sensor and nanomaterials at the Institute of Semiconductor Physics, Kiev Ukraine«

14.12.2017 – Lehrstuhl für Lasertechnik LLT

Prof. Jeremy Witzens, Lehrstuhl für Integrierte Photonik der RWTH Aachen University
»Silicon Photonics in Optical Communications and Life Sciences«



Reger Austausch beim Business Speed Dating auf dem 56. Aix-Laser-People-Treffen in München.



56. Aix-Laser-People-Treffen im Seehaus in München anlässlich der LASER World of PHOTONICS.

AIX-LASER-PEOPLE

28.6.2017, München

56. Aix-Laser-People Treffen anlässlich der LASER World of PHOTONICS

Bereits zum 9. Mal fand das Ehemaligentreffen während der LASER World of Photonics in München statt. Rund 200 Teilnehmer, davon knapp 100 AKL e.V.-Mitglieder und Alumni des Fraunhofer ILT sowie der Lehrstühle, kamen im Seehaus des Englischen Gartens zusammen. Dort begrüßte sie Prof. Poprawe, stellvertretender Vorsitzender des AKL e.V., gemeinsam mit dem neuen Geschäftsführer Dr. Hartmut Frerichs, der die Gelegenheit nutzte, sich vorzustellen.

Beim diesjährigen »Business Speed Dating« tauschten jeweils 20 Laserexperten aus verschiedenen Branchen und Wissenschaftler aus dem Fraunhofer ILT-Umfeld in den Gruppen »Industrie trifft Industrie« und »Industrie trifft Wissenschaft« Informationen und Neuigkeiten aus. Dieses Mal neu für die Alumni war die sogenannte »Make a Match-Initiative«. Neben insgesamt 46 ausgehängten Stellenausschreibungen aus dem Bereich Lasertechnik wurden interessierten Doktoranden oder Masteranden erste Kontakte zu bekannten Firmen aus der Laserbranche, die qualifizierte Mitarbeiter suchen, vermittelt. Die Initiative wurde sehr gut angenommen und wird bei nächster Gelegenheit ihre Fortsetzung finden.

Beim abschließenden Get-Together in lockerer Atmosphäre verabschiedete Ulrich Berners, Vorsitzender des AKL e.V., Stefanie Flock und bedankte sich bei ihr für die langjährige Arbeit in der Geschäftsstelle.

21.12.2017, Herzogenrath

57. Aix-Laser-People Treffen bei den Fraunhofer-Spin-offs Lunovu und AMPHOS

Zum Ende des Jahres lud der Arbeitskreis Lasertechnik e.V. zum Ehemaligentreffen in den Technologiepark Herzogenrath ein. Dort begrüßte Dr. Frerichs, Geschäftsführer des AKL e.V., die gastgebenden Firmen Lunovu und AMPHOS sowie die zahlreich erschienenen Teilnehmer. Im Anschluss stellten Dr. Claus Schnitzler (AMPHOS GmbH) und Dr. Rainer Beccard (LUNOVU GmbH) ihre Unternehmen vor. Beide Firmen sind Spin-offs des Fraunhofer ILT, die sich in den letzten Jahren erfolgreich am Markt etablieren konnten. In zwei Gruppen konnten die Teilnehmer anschließend die Labore und einige Live-Vorführungen besichtigten. Am Abend fand die Veranstaltung ihren Ausklang im Fraunhofer ILT, wo neben dem fachlichen Austausch vor allem das Networking im Vordergrund stand.

Ansprechpartner

Dr. Hartmut Frerichs
Telefon +49 241 8906-420
hartmut.frerichs@akl-ev.de

Weitere Informationen unter: www.akl-ev.de



Prof. Reinhart Poprawe auf der SPIE Photonics West in San Francisco.



Fraunhofer ILT auf der JEC World Composites 2017 in Paris.



productronica 2017: Viel Andrang auf dem Fraunhofer-Gemeinschaftsstand.

MESSEN

28.1.–2.2.2017, San Francisco, USA

SPIE Photonics West

Internationale Fachmesse für Optik und Photonik

Vertreten auf dem Gemeinschaftsstand der Bundesrepublik Deutschland zeigte das Fraunhofer ILT Laser für satellitenbasierte »LIDAR-Systeme« (»FULAS«), einen thermomechanisch robusten »OPO-Demonstrator« für die Klimamission »MERLIN« und ein fasergekoppeltes Diodenlasermodule mit dichter Wellenlängenüberlagerung (EU-Projekt »BRIDLE«). Darüber hinaus wurden acht Vorträge von Fraunhofer ILT-Wissenschaftlern gehalten.

14.–16.3.2017, Paris, Frankreich

JEC World Composites 2017

International Composites Event

Das Fraunhofer ILT präsentierte auf dem Gemeinschaftsstand des Aachener Zentrums für integrativen Leichtbau (AZL) laserbasierte Technologien für die Bearbeitung von Verbundmaterialien aus Kunststoff und Metall:

- Technologie zum Schneiden von CFK-Bauteilen bis 10 mm Dicke (Entwicklung im Rahmen des »HyBriLight«-Förderprojekts)
- Industrietaugliche Lösung zum kraftschlüssigen Fügen von Kunststoff- und Metallteilen
- Präsentation von Ergebnissen des Verbundprojekts »LaserInsert zu laserbasierten Verfahren für metallische Einsätze in textilen Preforms«

14.–16.3.2017, Shanghai, China

LASER World of PHOTONICS China

Internationale Fachmesse für Optik und Photonik

Das Fraunhofer ILT präsentierte auf der LASER World of PHOTONICS China neue Ideen für die industrielle Laseranwendung. Dazu gehörte eine selbst-justierende Wendeloptik für ultrapräzise Bohrungen und Schnitte. Die Aachener Wissenschaftler präsentierten außerdem Lösungen für die laserbasierte Mikro- und Makrobearbeitung verschiedenster Materialien. Dort zu sehen war auch der Laserfact Kombikopf, der das hochpräzise Schneiden und Schweißen ohne Werkzeugwechsel erlaubt. Mitaussteller waren die Laserfact GmbH und die ACunity GmbH. Darüber hinaus haben Prof. Reinhart Poprawe und Franz Zibner Vorträge auf der 12th International Laser Processing and Systems Conference LPC 2017 in Shanghai gehalten.

29./30.3.2017, München

LOPEC 2017

Messe für gedruckte Elektronik

Das Fraunhofer ILT bietet im Bereich Lasermaterialbearbeitung u. a. innovative Lösungen rund um die flexible und hochauflösende Strukturierung von dünnen Schichten, welche mit dem Werkzeug Laser mit hohen Geschwindigkeiten abgetragen werden. Mit angepassten Wellenlängen und Pulsdauern können spezielle optische Eigenschaften von organischen und anorganischen Materialien ausgenutzt und für die Mikrobearbeitung nutzbar gemacht werden. Dies zeigten die Aachener Wissenschaftler auf dem »COPT.NRW«-Stand.

20.–22.6.2017, Erfurt

Rapid.Tech 2017

International Trade Show & Conference for Additive Manufacturing

Das Aachener Zentrum für 3D-Druck präsentierte sich auf dem Stand der FH Aachen. Das Aachener Zentrum für 3D-Druck ist ein Verbundprojekt zwischen dem Fraunhofer ILT und der FH Aachen mit dem Ziel, kleinen und mittelständischen Unternehmen den Zugang zur ganzheitlichen Prozesskette im Bereich Additive Manufacturing zu erschließen.

26.–29.6.2017, München

LASER World of PHOTONICS

Auf der LASER 2017 in München zeigte das Fraunhofer ILT, wie man mit der passenden Prozesstechnik effiziente Laseranwendungen in vielen Bereichen ermöglicht und so den Einstieg in die Digital Photonic Production des 21. Jahrhunderts vorantreibt. Es wurde eine Vielzahl neuer Entwicklungen gezeigt, u. a. ein Lasersystem zur satellitengestützten Vermessung von Methankonzentrationen in der Atmosphäre im Rahmen des Projekts »MERLIN«. Außerdem wurde ein neuer kostengünstiger 3D-Drucker für Metallbauteile mit einem umfangreichen Beratungspaket vorgestellt, der vor allem KMUs ansprechen soll, die unkompliziert Know-how im Bereich der Additiven Fertigung (hier speziell SLM: Selective Laser Melting) aufbauen wollen. Darüber hinaus war das Fraunhofer ILT mit zahlreichen Vorträgen vertreten.

12.–14.9.2017, Novi, USA

The Battery Show North America 2017

Das Fraunhofer ILT war mit diversem Informationsmaterial auf dem Stand der Fraunhofer-Allianz Batterien vertreten. Die Fraunhofer-Allianz Batterien bündelt die Kompetenzen von Forschern und Entwicklern aus 19 Fraunhofer-Instituten, wovon eines das Fraunhofer ILT ist.

10.–12.10.2017, Karlsruhe

Deburring EXPO

Fachmesse für Entgratetechnologien und Präzisionsoberflächen

Das Fraunhofer ILT präsentierte auf dem Fraunhofer-Gemeinschaftsstand das Laserpolieren zur Bearbeitung von Präzisionsbauteilen. Des Weiteren wurden laserpolierte Freiformflächen, komplexe 3D-Bauteile und die Entgratung von Blechkanten gezeigt.

17.–21.10.2017, Friedrichshafen

Fakuma 2017

Internationale Fachmesse für Kunststoffverarbeitung

Auf dem Gemeinschaftsstand »Kunststoffland NRW« zeigte das Fraunhofer ILT in Kooperation mit dem Fraunhofer IPT und dem Institut für Kunststoffverarbeitung IKV der RWTH Aachen University neueste Entwicklungen zum Spritzgießen optischer Komponenten. Highlights waren freiformoptische Elemente und nanostrukturierte Kunststoffoptiken, die mit Multistrahl-Interferenz und Ultrakurzpuls-Laserabtrag hergestellt wurden.

22.–26.10.2017, Atlanta, USA

ICALEO

36th International Congress on Applications of Lasers & Electro-Optics

Das Fraunhofer ILT nahm mit 7 Vorträgen an der ICALEO 2017 teil und war außerdem mit 1 Poster bei der Poster Presentation Gallery sowie als Aussteller auf der Vendor Session vertreten.



KUNDENREFERENZENZEN

Bundesministerin für Wirtschaft und Energie Brigitte Zypries zu Besuch
auf dem Fraunhofer-Gemeinschaftsstand der formnext 2017 in Frankfurt a.M..

13.–16.11.2017, Düsseldorf

COMPAMED

Weltforum der Medizin und Internationale Fachmesse

Das Fraunhofer ILT zeigte auf dem IVAM-Gemeinschaftsstand folgende Themen:

- Laserpolieren
- Laserschneiden, Laserschweißen und Hybride Verbindungen von Metall und Kunststoffen
- Personalisierte Herstellung von Intraokularlinsen durch Laserpolymerisation
- Mikrofluidische Sensoren und Sorter

Darüber hinaus gab es einen Vortrag im COMPAMED HIGH-TECH Forum von Maximilian Brosda.

14.–17.11.2017, München

productronica

Weltleitmesse für Entwicklung und Fertigung von Elektronik

Das Fraunhofer ILT präsentierte auf dem Fraunhofer-Gemeinschaftsstand folgende Themen:

- Effizientes und präziseres Lasermikroschweißen dank Laser Based Tape-Automated-Bonding (LaserTAB)
- Prozessüberwachung und Qualitätskontrolle für die scannerbasierte Lasermaterialbearbeitung
- Elektrische Funktionsschichten für bauteilintegrierte Überwachung
- Verkapselung von Elektronikkomponenten
- Laser-Mikrostrukturierung für Werkzeuge und in der Produktion

14.11.–17.11.2017, Frankfurt a. M.

formnext

International Exhibition and Conference on the Next Generation of Manufacturing Technologies

Das Fraunhofer ILT zeigte auf dem Fraunhofer-Gemeinschaftsstand folgende Themen:

- Selective Laser Melting (SLM), auch bekannt als Laserstrahlschmelzen oder Laser Powder Bed Fusion (L-PBF), mit grüner Laserstrahlung zur Additiven Fertigung von Bauteilen aus reinem Kupfer
- SLM: Postprocessing zur Stützenentfernung, Sensorintegration, industrietaugliche Prozessketten für Turbomaschinenkomponenten, SLM/LMD-Kombiprozess
- Low Cost SLM: überarbeitetes Maschinenkonzept des 3D-Druckers für SLM
- Harzbasierter 3D-Druck: »T(w)oCURE-Verfahren«
- Blaupausen: prozesssichere und schnelle Fertigung von Metallbauteilen

20.–22.11.2017, München

expoAIR

International Aerospace Supply Chain and Technology

Das Fraunhofer ILT in Kooperation mit dem Lehrstuhl für Digital Additive Production DAP der RWTH Aachen University beteiligten sich am Vortragsforum der expoAIR mit Fachvorträgen von Dr. Jens Löhning, Fraunhofer ILT und Tobias Stittgen, Lehrstuhl DAP.

ABB

arnold
RAVENSBURG

Aurubis

Bartels mikrotechnik

BASF
The Chemical Company

BEGO

Berlin Heart



BOMBARDIER

BOSCH

BRAUN

COHERENT

CONCEPTLASER
high power innovation group

DILAS
The diode laser company.

DILLINGER HÜTTE

DOM
SICHERHEITSTECHNIK

EOS
e-Manufacturing Solutions

EVONIK
INDUSTRIES

FEV

HEIDELBERG
INSTRUMENTS

Heraeus

Huf Tools

igm

IMA

INOVAN

JENOPTIK

kargoma
armaturen

KISTLER
measure. analyze. innovate.

laserline

LEYER & KIWUS
ULTRASCHALL • LASERTECHNIK

MAN
ROLAND

MARQUARDT

Mubea

MULTEK

PHILIPS

POSSEHL ELECTRONICS

PRECITEC

PROMETEC
Monitoring Solutions

Radium

Raufoss

REIS
REIS ROBOTICS

rofin

Rolls-Royce

Sempell

SIEMENS

STORK
TECHNICAL SERVICES

Techspace Aero
SAFRAN Group

TESAT
SPACECOM



TRUMPF

Valeo

voestalpine
EINEN SCHRITT VORAN

VYGON

ZWIESEL KRISTALLGLAS

Weitere Informationen zu unseren Messen
und Veranstaltungen finden Sie im Internet unter:
www.ilt.fraunhofer.de/de/messen-und-veranstaltungen.html

Stand Dezember 2017. Mit freundlicher Genehmigung der Kooperationspartner.
Die aufgelisteten Firmen sind ein repräsentativer Ausschnitt aus der umfangreichen Kundenliste des Fraunhofer ILT.

ZUWENDUNGSGEBER

INFORMATIONEN

Einige der in diesem Jahresbericht vorgestellten Verbundprojekte wurden mit öffentlichen Mitteln gefördert. Wir möchten den Zuwendungsgebern an dieser Stelle für Ihre Unterstützung danken.



Aktuelle Informationen des Fraunhofer ILT erhalten Sie auf unserer Webseite oder den unten aufgeführten Social Media-Kanälen.

→ www.ilt.fraunhofer.de

Jahresbericht 2017 online



Weiterführende Online-Rubriken

- Projektergebnisse
- Aus den Technologiefeldern
- Branchen
- Messen und Veranstaltungen
- Wissenschaftliche Vorträge und Veröffentlichungen
- Dissertationen, Master- und Bachelorarbeiten
- Fachaufsätze und Fachbücher
- Patente
- Presse
- Mediathek



Fraunhofer-Institut für Lasertechnik ILT

Steinbachstraße 15, 52074 Aachen

Telefon +49 241 8906-0

Fax +49 241 8906-121

info@ilt.fraunhofer.de

IMPRESSUM

Redaktion

Dipl.-Phys. Axel Bauer (verantw.)
M.A. Petra Nolis
Stefanie Flock

Ansprechpartner

Dipl.-Phys. Axel Bauer
Telefon +49 241 8906-194
axel.bauer@ilt.fraunhofer.de

Gestaltung und Produktion

Dipl.-Des. Andrea Croll
www.andrea-croll.de

Bildnachweis

- Seite 18 + 19 (Bild 3), VDI-TZ / Stephan Rauh
- Seite 27, CNES / Illustration David Ducros
- Seite 117, RWTH Aachen University
- Seite 127 (Bild 1), Clean-Lasersysteme GmbH
- Seite 127 (Bild 2), LMI GmbH & Co. KG
- Seite 128, GKN Sinter Metals
- Seite 129, FH Aachen / Arndt Gottschalk

Druck

Druckspektrum Hirche-Kurth GbR, Aachen
www.druck-spektrum.de

Änderungen bei Spezifikationen und anderen technischen Angaben bleiben vorbehalten.

Alle Rechte vorbehalten.
Nachdruck nur mit schriftlicher Genehmigung der Redaktion.

© Fraunhofer-Institut für Lasertechnik ILT, Aachen 2018.