



Fraunhofer
ILT

FRAUNHOFER-INSTITUT FÜR LASERTECHNIK ILT

JAHRESBERICHT
2016



JAHRESBERICHT 2016

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



Sehr geehrte Leser, liebe Partner des Fraunhofer ILT,

das Jahr 2016 stand für das Fraunhofer ILT ganz im Zeichen von Digital Photonic Production. Am 29. April 2016 fiel mit der Eröffnung des Industry Building Digital Photonic Production der Startschuss für ein neues Kapitel der Kooperation zwischen Industrie und Wissenschaft am Standort Aachen. In dem durch Privatinvestoren finanzierten Gebäude können nun Technologielieferanten und -abnehmer Tür an Tür in Form eines Open Innovation-Ansatzes neue technologische Konzepte und Geschäftsmodelle entwickeln und kommerziell ausrollen. Bereits 90 Prozent der Nutzflächen sind belegt. FuE-Teams großer industrieller Player wie Siemens und MTU, Business-Teams wie die Technologieentwickler von Philips Photonics oder auch regional verankerte KMUs haben sich im attraktiven Umfeld des RWTH Aachen Campus in unmittelbarer Nähe zum Fraunhofer ILT und den kooperierenden RWTH-Lehrstühlen niedergelassen.

Grundlegende Fragestellungen, die für die Öffnung eines neuen Technologiefelds oder eines Geschäftsmodells in einer technologieintensiven Branche von Relevanz sind, können nun auch mit langem Atem effizient und mit überkritischen Ressourcen bearbeitet werden. Da leisten natürlich große öffentlich geförderte Initiativen wie der über 15 Jahre vom Bundesministerium für Bildung und Forschung geförderte Forschungscampus Digital Photonic Production DPP ideale Rahmenbedingungen.

Bei aller Industrierelevanz verlieren die Akteure vor Ort nicht den Blick für die unterstützende Grundlagenforschung. Bereits im Jahr 2018 werden Wissenschaftler aus 16 Instituten und Lehrstühlen der RWTH Aachen University mit einem interdisziplinären Ansatz das derzeit im Bau befindliche neue, durch Bund und Land NRW geförderte Research Center Digital Photonic Production beziehen. Dort werden Ingenieure und Naturwissenschaftler verschiedener Disziplinen ganzheitlich neue Materialien, Verfahren und Prozesse erforschen und entwickeln. Eine Besonderheit wird hier das tägliche Arbeiten in gemischten Forschungsgruppen sein, wodurch ein gemeinsames Verständnis und somit eine Verkürzung der Innovationszyklen erreicht werden soll. Im Fokus stehen neue disruptive Ansätze zur digitalen additiven Produktion, Ultrakurzpulsbearbeitung, »Silicon Photonics«, Medizintechnik und Strahlquellenentwicklung.

Der Dreiklang von Wirtschaft, angewandter Wissenschaft und Universität findet in Aachen eine große Resonanz. Über die weiteren Entwicklungen werden wir Sie auf dem Laufenden halten. Was wir in diesem Jahr realisiert haben, finden Sie ausschnittsweise in diesem Jahresbericht. Auf unseren Internetseiten finden Sie weitere interessante Themen, die wir mit unseren FuE-Partnern vorantreiben. Wenn es auch in Ihrem Hause Aufgabenstellungen gibt, die Sie gerne mit uns zusammen angehen wollen, zögern Sie nicht und kontaktieren Sie uns. Wir lieben kurze Wege und den unmittelbaren Dialog. Ich wünsche Ihnen eine inspirierende Lektüre.

Ihr

Prof. Dr. rer. nat. Reinhart Poprawe

INHALT

6 Das Institut im Profil

7 Leitbild

8 Institutsstruktur

9 Kuratorium und Gremien

10 Das Institut in Zahlen

13 Kundenreferenzen

14 Kooperationsformen

16 Alumni-Netzwerk

17 Arbeitskreis Lasertechnik AKL e.V.

18 Fraunhofer ILT im Ausland

19 European Laser Institute ELI

20 Fraunhofer-Verbundprojekt
»Systemforschung Elektromobilität II«

22 Fraunhofer-Verbund »Light & Surfaces«

24 Die Fraunhofer-Gesellschaft auf einen Blick

26 Lasertechnik an der RWTH Aachen University

29 Exzellenzcluster »Integrative Produktionstechnik
für Hochlohnländer«

30 Digital Photonic Production

32 RWTH Aachen Campus

34 Cluster Photonik

36 BMBF-Forschungscampus DPP

38 Aus den Technologiefeldern

Ausgewählte Forschungsergebnisse

40 Laser und Optik

54 Lasermaterialbearbeitung

92 Medizintechnik und Biophotonik

98 Lasermesstechnik und EUV-Technologie

107 Patente

110 Dissertationen

111 Veranstaltungen

116 Messen

119 Auszeichnungen und Preise

120 Zuwendungsgeber

121 Impressum

DAS INSTITUT IM PROFIL

KURZPORTRAIT

ILT – dieses Kürzel steht seit über 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 400 Mitarbeitern und 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*



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 und bieten Lösungen aus einer Hand. Wir liefern innovative und wirtschaftliche Lösungen und bieten FuE, Beratung und Integration. Die Aufgaben unserer Kunden lösen wir in fachübergreifenden Teams mit vielfältiger und innovativer Ausstattung.

Führungsstil

Kooperativ, fordernd und fördernd. Die Wertschätzung unserer Mitarbeiter als Person, ihres Know-hows und ihres Engagements ist 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.

INSTITUTSSTRUKTUR

INSTITUTSLEITUNG



Prof. Dr. Reinhart Poprawe
Institutsleiter



Prof. Dr. 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



Dr. Konrad Wissenbach
(ab November 2016:
Prof. Johannes Henrich
Schleifenbaum)
Generative Verfahren
und funktionale Schichten



Priv.-Doz. Dr. 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:

- Dr. R. Achatz, ThyssenKrupp Stahl AG
- Dr. Norbert Arndt, Rolls-Royce plc
- C. Baasel (Vorsitzender), Carl Baasel Lasertechnik GmbH
- 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.
- Prof. R. Salathé, Ecole Polytechnique Fédéral de Lausanne
- Dr. Dieter Steegmüller, Daimler AG
- Dr. Ulrich Steegmüller, Osram Opto Semiconductors GmbH & Co. OHG
- Dr. Klaus Wallmeroth, TRUMPF Laser GmbH & Co. KG

Die 31. Zusammenkunft des Kuratoriums fand am 28. September 2016 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 (ab Februar 2016), Dr. A. Gillner, Dipl.-Ing. H.-D. Hoffmann, Dr. I. Kelbassa (bis Januar 2016), Prof. P. Loosen, V. Nazery Goneghany (ab Mitte Mai 2016), Priv.-Doz. Dr. R. Noll, Dr. D. Petring, Prof. R. Poprawe, Prof. J. H. Schleifenbaum (ab Dezember 2016), Prof. W. Schulz, B. Theisen (bis Mitte Mai 2016), Dr. B. Weikl, Dr. K. Wissenbach (bis November 2016).

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, K. Bongard (bis Mitte 2016), M. Brankers, M.Sc. F. Eibl, R. Frömbgen, A. Hilgers, Dipl.-Ing. (FH) S. Jung, M.Eng. F. Käfer (ab Mitte 2016), A. Lekpek (ab Mitte Mai 2016), Prof. P. Loosen, V. Nazery Goneghany (ab Mitte Mai 2016), E. Neuroth, Prof. R. Poprawe, B. Theisen (bis Mitte Mai 2016), F. Voigt, Dipl.-Ing. N. Wolf, Dr. R. Keul (Berufsgenossenschaftlicher Arbeitsmedizinischer Dienst BAD), S. Schoenen (Berufsgenossenschaftlicher Arbeitsmedizinischer Dienst BAD, ab Mitte 2016).

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

Am Fraunhofer ILT gibt es seit März 2003 einen von den Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern gewählten Betriebsrat.

DAS INSTITUT IN ZAHLEN

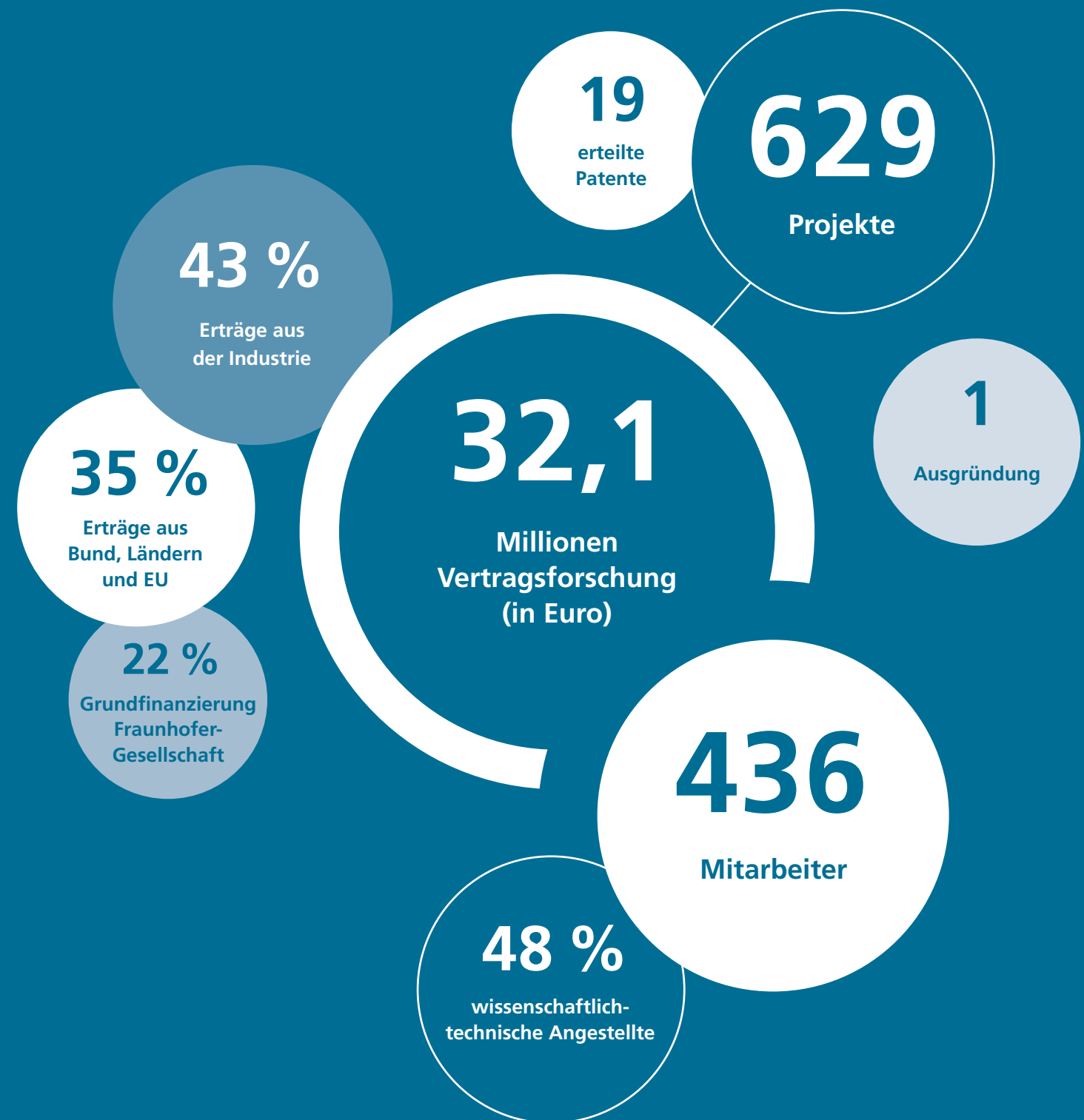
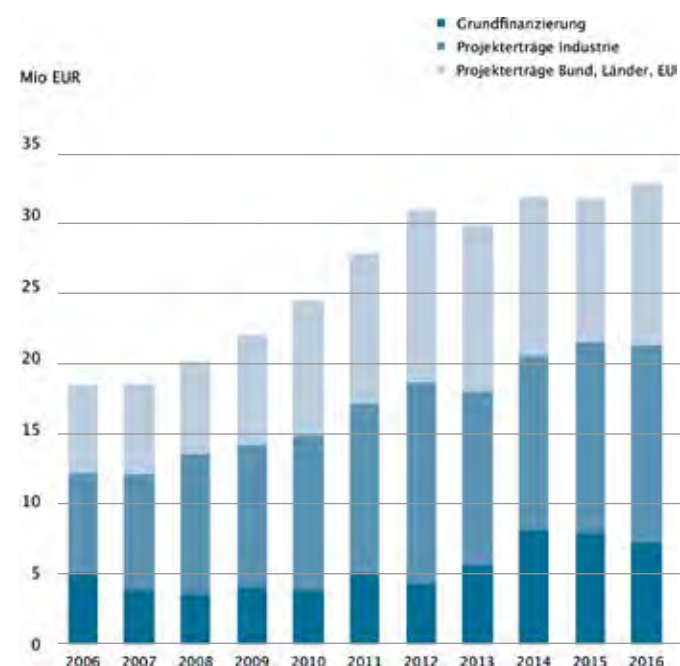
2016

AUFWENDUNGEN UND ERTRÄGE

AUFWENDUNGEN 2016	Mio €	ERTRÄGE 2016	Mio €
- Personalaufwendungen	18,5	- Erträge aus der Industrie	13,7
- Sachaufwendungen	13,6	- Erträge aus Bund, Ländern und EU	11,3
Aufwendungen Betriebshaushalt	32,1	- Grundfinanzierung durch die Fraunhofer-Gesellschaft	7,1
		Erträge Betriebshaushalt	32,1
Investitionen	4,0		
		Investitionserträge aus der Industrie	0,3
		Fraunhofer Industrie ρ_{ind}	43,7 %

BETRIEBSHAUSHALT

Die Grafik verdeutlicht die Entwicklung des Betriebshaushalts in den letzten 10 Jahren.

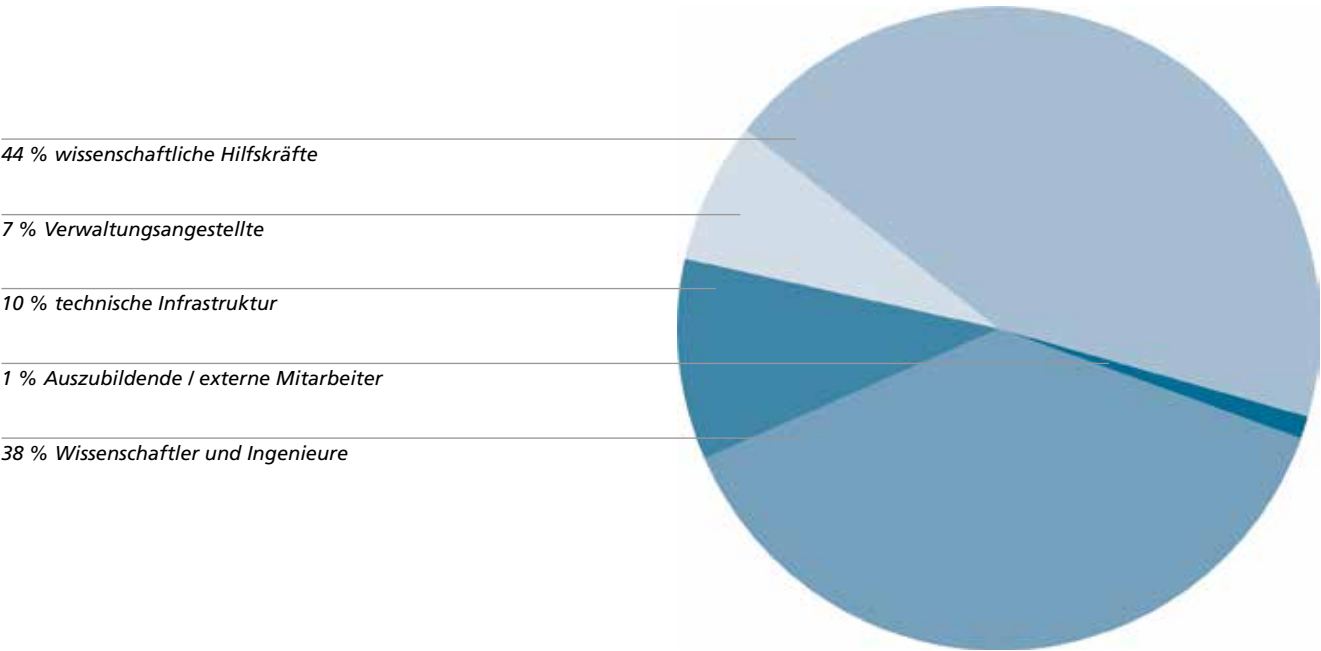


DAS INSTITUT IN ZAHLEN

MITARBEITER

Mitarbeiter am Fraunhofer ILT 2016	Anzahl
(Stand: 31.12.2016)	
Stammpersonal	240
- Wissenschaftler und Ingenieure	165
- Mitarbeiter der technischen Infrastruktur	44
- Verwaltungsangestellte	31
Weitere Mitarbeiter	196
- wissenschaftliche Hilfskräfte	191
- externe Mitarbeiter	3
- Auszubildende	2
Mitarbeiter am Fraunhofer ILT gesamt	436

- 9 Mitarbeiter haben ihre Promotion abgeschlossen.
- 111 Studenten haben ihre Bachelor- oder Masterarbeit am Fraunhofer ILT durchgeführt.



KUNDENREFERENZENZEN



Stand Dezember 2016. Mit freundlicher Genehmigung der Kooperationspartner.
Die aufgelisteten Firmen sind ein repräsentativer Ausschnitt aus der umfangreichen Kundenliste des Fraunhofer ILT.

KOOPERATIONSFORMEN

LEISTUNGSSPEKTRUM

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
- Entwicklung von Röntgen-, EUV- und Plasmasystemen

KOOPERATIONEN

Die Kooperation des Fraunhofer-Instituts für Lasertechnik ILT mit FuE-Partnern kann 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 Kooperation mit dem Fraunhofer ILT über den Forschungscampus »Digital Photonic Production DPP«

Durch Zusammenarbeit mit anderen Forschungseinrichtungen und spezialisierten Unternehmen bietet das Fraunhofer-Institut für Lasertechnik 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.

AUSLANDSAKTIVITÄTEN

Das Fraunhofer ILT pflegt seit seiner Gründung zahlreiche internationale Kooperationen. Ziel der Zusammenarbeit ist es, Trends und Entwicklungen rechtzeitig zu erkennen und weiteres Know-how zu erwerben. Dieses kommt den Auftraggebern des Fraunhofer ILT direkt zugute. Mit ausländischen Firmen und Niederlassungen deutscher Firmen im Ausland führt das Fraunhofer ILT sowohl bilaterale Projekte als auch internationale Verbundprojekte durch. Die Kontaktaufnahme kann auch mittelbar erfolgen über:

- Ausländische Kooperationspartner des Fraunhofer ILT
- Verbindungsbüros der Fraunhofer-Gesellschaft im Ausland

AUSSTATTUNG

Die Nettogrundfläche des Fraunhofer-Instituts für Lasertechnik ILT beträgt 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
- Lampengepumpte Festkörperlaser bis 3 kW
- Scheibenlaser von 1 bis 10 kW
- Multimode-Faserlaser bis 4 kW
- Singlemode-Faserlaser bis 5 kW
- Diodenlaser von 1 bis 12 kW
- Ultrakurzpuls laser bis 1 kW mit Pulsdauern im Nano-, Pico- und Femtosekundenbereich
- Excimerlaser
- Breitbandig abstimmbare Laser

Anlagen und Bearbeitungssysteme

- Selective Laser Melting (SLM)-Anlagen mit Laserleistungen bis zu 2 kW
- Fünfachsig Portalanlagen
- Dreiachsige Bearbeitungsstationen
- Strahlführungssysteme
- Robotersysteme
- Direct-writing und Laser-PVD-Stationen

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 Strahlendiagnose 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

ALUMNI-NETZWERK

»AIX-LASER-PEOPLE«

Das Fraunhofer-Institut für Lasertechnik ILT und die assoziierten Lehrstühle und Lehrgebiete LLT, TOS, DAP, NLD und EUV der RWTH Aachen University tragen wesentlich zu einer qualifizierten Aus- und Fortbildung des wissenschaftlich-technologischen Nachwuchses im Bereich der Lasertechnik bei. So haben in 2016 111 Studenten ihre Bachelor- oder Masterarbeit am Fraunhofer ILT durchgeführt. 9 Mitarbeiter des Fraunhofer ILT haben ihre Promotion abgeschlossen. Durch die Praxiserfahrungen am Fraunhofer ILT und die tiefgehenden Einblicke in innovative Entwicklungen warten diese Mitarbeiter mit besten Voraussetzungen auf, um nach ihrer Zeit am Institut eine Tätigkeit in Wissenschaft und Industrie aufzunehmen. Diese Alumni bringen sowohl Fachkompetenz in der Lasertechnik als auch Methodenkompetenz wie beispielsweise Projektmanagement mit. Sie sind daher gefragtes Nachwuchspersonal.

Um den Kontakt der Ehemaligen sowohl mit den Mitarbeitern des Fraunhofer ILT als auch untereinander zu fördern, betreibt das Institut systematisch seit 2000 ein Alumni-Netzwerk. Es trägt den Namen »Aix-Laser-People«. Über 450 Alumni stehen über das Netzwerk in regelmäßigem Kontakt zum Fraunhofer ILT. Der weitaus größte Teil der Alumni – rund 80 Prozent – arbeitet in der produzierenden Industrie. Viele der für die Lasertechnik interessanten Branchen sind dabei vertreten.

20 Prozent der Alumni wirken weiterhin in der Wissenschaft. Rund 10 Prozent der Alumni sind Unternehmensgründer. Die Gründerkultur am Fraunhofer ILT ist mit über 30 Spin-offs in 25 Jahren sehr ausgeprägt. Durch den Transfer »innovativer Köpfe« in Industrie und Wissenschaft leistet das Institut einen direkten gesellschaftlichen Nutzen.

Neben dem Alumni-Netzwerk »Aix-Laser-People«, das die faktische und emotionale Klammer bildet, bündelt der Verein Arbeitskreis Lasertechnik AKL e.V. die thematischen Interessen derjenigen, die weiterhin im Bereich der Lasertechnik tätig sind oder zumindest ein großes Interesse an der Technologie haben. Rund 150 Alumni – also gut ein Drittel – sind Mitglieder im Arbeitskreis Lasertechnik e.V.

Ansprechpartner

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

ARBEITSKREIS LASERTECHNIK E.V.



Arbeitskreis Lasertechnik AKL 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 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 1.1.2017 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 Pruijboom, Philips GmbH Photonics
Thema: VCSEL-Arrays: Eine neue Hochleistungs-Lasertechnologie zur »digitalen Wärmebehandlung«
- 2. Platz: Dr.-Ing. Jan-Philipp Weberpals, AUDI AG
Thema: Laserstrahl-Remoteschweißen von Aluminium für den automobilen Leichtbau
- 3. Platz: Dr. rer. nat. Ralph Delmdahl, Coherent Laser Systems
Thema: UVblade – Serienfertigung von flexiblen Displays

Ansprechpartner

Dr. Hartmut Frerichs (Geschäftsführer ab 1.1.2017)
Dipl.-Phys. Axel Bauer (Geschäftsführer bis 31.12.2016)
Telefon +49 241 8906-420
hartmut.frerichs@akl-ev.de
www.akl-ev.de

FRAUNHOFER ILT IM AUSLAND

FRANKREICH – COOPÉRATION LASER FRANCO-ALLEMANDE CLFA

Kurzportrait

In der Coopération Laser Franco-Allemande (CLFA) kooperiert das Fraunhofer ILT seit 1997 mit führenden französischen Forschungseinrichtungen wie z. B. CEA, CNRS, DGA und MINES ParisTech. Die wichtigsten Kooperationspartner sind derzeit das Institut de Recherche Technologique (IRT) Jules Verne und die Universität Nantes, die Hochschule für Mechanik und Mikrotechnik (ENSMM) in Besançon sowie die Ingenieurhochschule ECAM in Rennes. Interdisziplinäre Expertenteams aus Deutschland und Frankreich arbeiten gemeinsam am Transfer lasergestützter Fertigungsverfahren in die europäische Industrie.

Ziele der CLFA

Die CLFA beteiligt sich aktiv an der Realisierung des europäischen Forschungsraums. Die Kooperation des Fraunhofer ILT mit den französischen Partnern ist ein Beitrag zum Ausbau der europaweiten Präsenz der Fraunhofer-Gesellschaft mit Vorteilen für beide Seiten:

- Einbindung in wissenschaftliche und industrielle Entwicklungen in Frankreich
- Know-how-Zuwachs durch schnelleres Erkennen von Trends im Bereich der europäischen Laser- und Produktionstechnik
- Stärkung der Position im europäischen FuE-Markt
- Steigerung der Mobilität und Qualifikation der Mitarbeiter

- Nutzung von Kompetenzen der Fraunhofer-Institute für französische Unternehmen
- Nutzung der Erfahrung des Fraunhofer ILT bei der Einführung neuer Technologien
- Verbindung zwischen Industrie und Hochschulen mit praxisnaher Ausbildung von Studenten

Dienstleistungen

Die CLFA bietet Dienstleistungen im Bereich der Lasermaterialbearbeitung an. Diese umfassen das gesamte Spektrum von anwendungsorientierter Grundlagenforschung und Ausbildung über Machbarkeitsstudien und Prozessentwicklung bis hin zur Vorserienentwicklung und Systemintegration. Hier haben vor allem auch kleine und mittelständische Unternehmen die Möglichkeit, die Vorteile der Lasertechnik in einer unabhängigen Einrichtung kennenzulernen und zu erproben.

Standort und Ausstattung

Seit Juli 2014 befindet sich die CLFA im Technocampus Composites des IRT Jules Verne in Nantes. Neben der am Fraunhofer ILT zur Verfügung stehenden Ausstattung verfügt die CLFA über eine eigene Infrastruktur am IRT Jules Verne mit Zugriff auf die Labore zur Materialanalyse der Universität Nantes. Kunden- und projektorientiert kann auch die Infrastruktur der französischen Partner genutzt werden.

Ansprechpartner

Prof. Wolfgang Knapp (Direktor)
Telefon +33 2 2844 3711
wolfgang.knapp@ilt.fraunhofer.de

CLFA c/o IRT Jules Verne, Technocampus OCEAN
5 Rue de L'Halbrane
44340 Bouguenais, Frankreich

EUROPEAN LASER INSTITUTE



Kurzportrait

Das European Laser Institute wurde 2003 auf Initiative und mit Förderung der Europäischen Union gegründet. Ziel von ELI ist es, die Position Europas in der Lasertechnik zu stärken und weiter auszubauen. Darüber hinaus will ELI den Stellenwert und die Perspektiven der europäischen Lasertechnik für eine breitere Öffentlichkeit sichtbar machen. Gemeinsam mit knapp 30 führenden Forschungseinrichtungen sowie kleinen und mittelständischen Unternehmen hat sich das Fraunhofer ILT zu einem europäischen Netzwerk zusammengeschlossen. Neben der Integration in regionale und nationale Netzwerke ist das Fraunhofer ILT damit auch auf europäischer Ebene in ein schlagkräftiges Netzwerk im Bereich der Lasertechnik eingebunden. Des Weiteren wird die internationale Kooperation von Industrie und Forschung, insbesondere im Bereich der EU-Forschungsförderung, durch ELI forciert. Durch die Organisation von Konferenzen, Workshops, Summerschools etc. schafft ELI unter anderem entsprechende Plattformen. Nicht zuletzt wird dies auch durch die Zusammenarbeit mit den jeweiligen Interessensvertretungen (z. B. EPIC, AILU, WLT) gefördert. Eine enge Kooperation mit dem Laser Institute of America (LIA) besteht unter anderem bei der Ausrichtung von internationalen Konferenzen (ICALEO, PICALO, ALAW) sowie dem Journal of Laser Applications (JLA).

Executive Committee

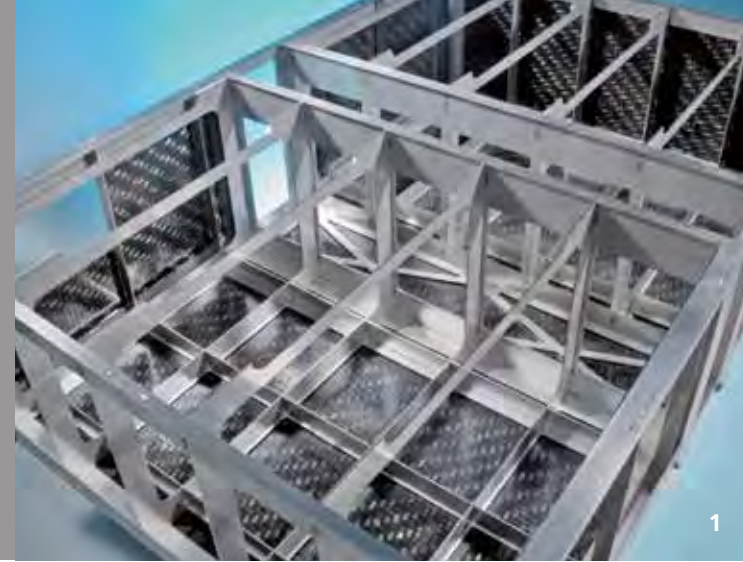
Das European Laser Institute wird durch das Executive Committee vertreten. Mitglieder im Executive Committee sind:

- Dr. Paul Hilton – The Welding Institute TWI Ltd, Großbritannien (Vorsitzender)
- Prof. Dr. Wolfgang Knapp – CLFA / Université de Nantes, Frankreich
- Dr. Markus Kogel-Hollacher, Precitec GmbH + Co. KG, Deutschland
- Prof. Dr. Veli Kujanpää – VTT Technical Research Centre of Finland Ltd., Finnland
- Prof. Dr. José Luis Ocaña – Centro Láser, Universidad Politécnica de Madrid, Spanien
- Dr. Alexander Olowinsky – Fraunhofer ILT, Deutschland
- Prof. Dr. Andreas Ostendorf – Ruhr-Universität Bochum, Lehrstuhl für Laseranwendungstechnik, Deutschland
- Dr. Pablo Romero, AIMEN, Spanien

Ansprechpartner im Fraunhofer ILT

Dr. Alexander Olowinsky
Telefon +49 241 8906-491
Fax +49 241 8906-121
contact@europeanlaserinstitute.org
www.europeanlaserinstitute.org

FRAUNHOFER SYSTEMFORSCHUNG ELEKTROMOBILITÄT II



Kurzportrait

Seit Beginn des Jahres 2013 arbeiten 16 Fraunhofer-Institute in der »Fraunhofer Systemforschung Elektromobilität II – FSEM II« zu innovativen Forschungsthemen der Elektromobilität eng zusammen. Damit sollen die u. a. im Rahmen der »FSEM I« aufgebauten Kompetenzen und Netzwerke der Fraunhofer-Institute auf dem Gebiet der Elektromobilität weiter ausgebaut werden.

Mit der »Fraunhofer Systemforschung Elektromobilität II« baut die Fraunhofer-Gesellschaft ihre erfolgreichen Arbeiten auf dem Gebiet der Elektromobilität weiter aus. Dabei konzentrieren sich die beteiligten Institute nicht nur auf die Beiträge zur Lösung der wichtigsten technologischen Herausforderungen zur Elektromobilität sondern versuchen, durch direkte Einbeziehung von industriell relevanten Fragestellungen auch bei der Industrialisierung dieser Technologien mitzuwirken. Gerade der verstärkte Fokus auf die Produktion von Komponenten für Elektrofahrzeuge innerhalb des Projekts trägt dem Rechnung.

Ein Ziel liegt in der Entwicklung innovativer Technologien und Komponenten für Hybrid- und Elektrofahrzeuge. Diese sollen dann gemeinsam mit Forschungspartnern aus der Industrie in die Anwendung überführt werden. Gleichzeitig wird damit ein Beitrag zur Fortführung und weiteren inhaltlichen Ausgestaltung des Systemforschungsgedankens durch Kooperation der Fraunhofer-Institute untereinander geleistet.

Innovative Technologien

Die Komplexität der Fahrzeug- und Komponentenentwicklung wird durch die Aufteilung in drei Cluster abgebildet:

- Antriebsstrang / Fahrwerk
- Batterie / Range Extender
- Bauweisen / Infrastruktur

Hohe Energiedichte, niedrige Produktionskosten und große Eigensicherheit im Crashfall sind die zentralen Herausforderungen für Batteriesysteme in Hybrid- und Elektrofahrzeugen.

Die Entwicklung von Batteriesystemen und Gehäusetechnologien sowie die dazu notwendige Produktionstechnik sind daher essentiell für die sichere und kosteneffiziente Nutzung in elektromobilen Anwendungen.

Das Cluster »Batterie / Range Extender« fokussiert sich auf den Aufbau eines Batteriesystems sowie auf die Realisierung eines Range Extender-Moduls. Acht Fraunhofer-Institute arbeiten in diesem Rahmen an neun Teilprojekten. Im Vordergrund der Arbeiten zum Batteriesystem steht die Weiterentwicklung einzelner Komponenten und Fertigungstechniken in Richtung Leichtbau und Effizienz. Beispiele hierfür sind die Entwicklung eines leichten, aber dennoch crashsicheren Batteriegehäuses, die Kühlung der Batterie mittels PCM oder ein serienfähiges Kontaktierungsverfahren für Batteriepole mittels Laserstrahlschweißen.

Ein weiteres Modul bildet der »Li-Booster«, eine kompakte Hochleistungsbatterie, die kurzzeitige hohe Leistungsbedarfe im Bordnetz sowohl beim Antrieb als auch bei der Rekuperation decken kann. Dies ermöglicht ein zweiteiliges Hybrid-Batteriesystem mit deutlich verbesserter Lebensdauer, welches aus je einem für den jeweiligen Einsatzzweck optimierten Leistungs- und Energiespeicherteil besteht.

Für die Komponente »Range Extender« werden verschiedene Lösungsansätze verfolgt. Ein kompaktes Brennstoffzellenmodul ergänzt das »Leichtbau-Energiepack« um ein auf den Einsatz im Elektrofahrzeug hin optimiertes System zur lokal emissionsfreien Energiewandlung. Ein weiteres Range Extender-Modul wird für den Einsatz in einem leichten Nutz- bzw. Kommunalfahrzeug hin entwickelt und optimiert. Dieses wird von einem emissionsarmen und zuverlässigen Verbrennungsmotor angetrieben, um sowohl elektrische Energie als auch die in diesem Einsatzfall notwendige hydraulische Energie bereitstellen zu können.

Gleichzeitig werden auch die Fertigungs- und Produktionstechnologien weiterentwickelt, um eine kostengünstige Herstellung zu ermöglichen.

Die Zusammenarbeit der verschiedenen Institute eröffnet gerade in dem innovativen Marktumfeld der Elektromobilität der Fraunhofer-Gesellschaft neue Kooperationsmodelle und vereinfacht für die mittelständisch geprägte Automobilzulieferindustrie in Deutschland den Zugang zu Forschungsleistungen aus dem Portfolio der beteiligten Institute.

An FSEM II beteiligte Institute

- Fraunhofer ICT, Pfinztal
- Fraunhofer IDMT, Ilmenau
- Fraunhofer IFAM, Bremen
- Fraunhofer IIS, Erlangen / Nürnberg
- Fraunhofer IISB, Erlangen
- Fraunhofer ILT, Aachen
- Fraunhofer IPA, Stuttgart
- Fraunhofer IPT, Aachen
- Fraunhofer ISE, Freiburg
- Fraunhofer ISIT, Itzehoe
- Fraunhofer IVI, Dresden
- Fraunhofer IWES, Kassel
- Fraunhofer IWM, Freiburg
- Fraunhofer IWU, Chemnitz
- Fraunhofer LBF, Darmstadt
- Fraunhofer UMSICHT, Oberhausen

Ansprechpartner

Dr. Alexander Olowinsky
Telefon +49 241 8906-491
Clustersprecher »Batterie / Range Extender«
alexander.olowsky@ilt.fraunhofer.de

Dr. Arnold Gillner
Telefon +49 241 8906-148
arnold.gillner@ilt.fraunhofer.de

- 1 Leichtbau-Energiepack aus einer Kombination von hochfestem Stahl und FVK.
- 2 Technologiedemonstrator »Leichtbau-Energiepack« mit Gehäuse, Batteriemodulen und Elektronik.



FRAUNHOFER-VERBUND LIGHT & SURFACES

Kompetenz durch Vernetzung

Sechs Fraunhofer-Institute kooperieren im Verbund Light & Surfaces. Aufeinander abgestimmte Kompetenzen gewährleisten eine schnelle und flexible Anpassung der Forschungsarbeiten im Bereich Optik, Laser- und Dünnschichttechnik sowie Werkstoffe an die Erfordernisse in den verschiedensten Anwendungsfeldern. Durch koordinierte Aktivitäten werden Lösungen zu aktuellen und zukünftigen Herausforderungen, insbesondere in den Bereichen Energie, Umwelt, Produktion, Information und Sicherheit, angeboten.

Kernkompetenzen des Verbunds

- Beschichtung und Oberflächenfunktionalisierung
- Laserbasierte Fertigungsverfahren
- Laserentwicklung und Nichtlineare Optik
- Materialien der Optik und Photonik
- Mikromontage und Systemintegration
- Mikro- und Nanotechnologien
- Kohlenstofftechnologie
- Messverfahren und Charakterisierung
- Ultrapräzisionsbearbeitung
- Werkstofftechnologien
- Plasma- und Elektronenstrahlquellen

1 *Fraunhofer IWS*

2 *Fraunhofer IOF*

3 *Fraunhofer FEP*

4 *Fraunhofer ILT*

5 *Fraunhofer IST*

6 *Fraunhofer IPM*

Geschäftsfelder

- Abtragen und Trennen
- Bildgebung und Beleuchtung
- Fügen und Generieren
- Lichtquellen und Lasersysteme
- Lithographie
- Materialprüfung und Analytik
- Medizintechnik und Biophotonik
- Mikrosysteme und Sensoren
- Optische Systeme und Instrumentierung
- Werkzeuge und Formenbau

Kontakt

Prof. Dr. Reinhart Poprawe (Verbundvorsitzender)
Telefon +49 241-8906-110

Dr. Arnold Gillner (Verbundgeschäftsführer)
Telefon +49 241-8906-148
arnold.gillner@ilt.fraunhofer.de

www.light-and-surfaces.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 optoelektronischen 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 Organische Elektronik, Elektronenstrahl- und Plasmatechnik FEP

Das Fraunhofer FEP arbeitet an innovativen Lösungen im Bereich der Vakuumbeschichtung, der Oberflächenbehandlung und der organischen Halbleiter. Grundlage dieser Arbeiten sind die Kernkompetenzen Elektronenstrahltechnologie, Sputtern, plasmaaktivierte Hochratebedampfung und Hochrate-PECVD sowie Technologien für organische Elektronik und IC-/Systemdesign. Unsere Technologien und Prozesse finden Anwendung im Maschinenbau, im Transportwesen, der Biomedizintechnik, 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

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 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: »Maschinenbau, Werkzeuge und Fahrzeugtechnik«; »Luft- und Raumfahrt«; »Energie und Elektronik«; »Optik« und »Life Science und Umwelt«. Die Kompetenzen des Fraunhofer IST in der Schichtherstellung und Schichtanwendung werden unterstützt durch eine entsprechende Schicht- und Oberflächenanalytik sowie durch die Simulation der vakuumbasierten Beschichtungsprozesse. www.ist.fraunhofer.de

Fraunhofer-Institut für Physikalische Messtechnik IPM

Das Fraunhofer IPM entwickelt maßgeschneiderte Messtechniken, Systeme und Materialien für die Industrie. Dadurch ermöglichen wir unseren Kunden, den Energie- und Ressourceneinsatz zu minimieren und gleichzeitig Qualität und Zuverlässigkeit zu maximieren. Fraunhofer IPM macht Prozesse ökologischer und gleichzeitig ökonomischer. Langjährige Erfahrungen mit optischen Technologien und funktionalen Materialien bilden die Basis für Hightech-Lösungen in der Produktionskontrolle, der Materialcharakterisierung und -prüfung, der Objekt- und Formerfassung, der Gas- und Prozesstechnologie sowie im Bereich Funktionelle Materialien und Systeme. www.ipm.fraunhofer.de

Fraunhofer-Institut für Werkstoff- und Strahltechnik IWS

Das IWS steht für Innovationen in den Geschäftsfeldern Fügen, Trennen sowie Oberflächentechnik und Beschichtung. Geschäftsfeldübergreifende Querschnittsthemen sind Energiespeicher, Energieeffizienz, Additive Fertigung, Leichtbau und Big Data. 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

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 69 Institute und Forschungseinrichtungen. 24 500 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter, überwiegend mit natur- oder ingenieurwissenschaftlicher Ausbildung, erarbeiten das jährliche Forschungsvolumen von 2,1 Milliarden Euro. Davon fallen 1,9 Milliarden Euro auf den Leistungsbereich Vertragsforschung. Mehr als 70 Prozent dieses Leistungsbereichs erwirtschaftet die Fraunhofer-Gesellschaft mit Aufträgen aus der Industrie und mit öffentlich finanzierten Forschungsprojekten. Knapp 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

Die Zielgruppen

Die Fraunhofer-Gesellschaft ist sowohl der Wirtschaft und dem einzelnen Unternehmen als auch der Gesellschaft verpflichtet. Zielgruppen und damit Nutznießer der Forschung der Fraunhofer-Gesellschaft sind:

- Die Wirtschaft: Kleine, mittlere und große Unternehmen in der Industrie und im Dienstleistungssektor profitieren durch Auftragsforschung. Die Fraunhofer-Gesellschaft entwickelt konkret umsetzbare, innovative Lösungen und trägt zur breiten Anwendung neuer Technologien bei. Für kleine und mittlere Unternehmen ohne eigene FuE-Abteilung ist die Fraunhofer-Gesellschaft wichtiger Lieferant für innovatives Know-how.
- Staat und Gesellschaft: Im Auftrag von Bund und Ländern werden strategische Forschungsprojekte durchgeführt. Sie dienen der Förderung von Spitzen- und Schlüsseltechnologien oder Innovationen auf Gebieten, die von besonderem öffentlichen Interesse sind, wie Umweltschutz, Energietechniken und Gesundheitsvorsorge. Im Rahmen der Europäischen Union beteiligt sich die Fraunhofer-Gesellschaft an den entsprechenden Technologieprogrammen.

Das Leistungsangebot

Die Fraunhofer-Gesellschaft entwickelt Produkte und Verfahren bis zur Anwendungsreife. Dabei werden in direktem Kontakt mit dem Auftraggeber individuelle Lösungen erarbeitet. Je nach Bedarf arbeiten mehrere Fraunhofer-Institute zusammen, um auch komplexe Systemlösungen zu realisieren. Es werden folgende Leistungen angeboten:

- Optimierung und Entwicklung von Produkten bis hin zur Herstellung von Prototypen
- Optimierung und Entwicklung von Technologien und Produktionsverfahren

- Unterstützung bei der Einführung neuer Technologien durch:
 - Erprobung in Demonstrationszentren mit modernster Geräteausstattung
 - Schulung der beteiligten Mitarbeiter vor Ort
 - Serviceleistungen auch nach Einführung neuer Verfahren und Produkte
- Hilfe zur Einschätzung von Technologien durch:
 - Machbarkeitsstudien
 - Marktbeobachtungen
 - Trendanalysen
 - Ökobilanzen
 - Wirtschaftlichkeitsberechnungen
- Ergänzende Dienstleistungen, z. B.:
 - Förderberatung, insbesondere für den Mittelstand
 - Prüfdienste und Erteilung von Prüfsiegeln

Die Standorte der Forschungseinrichtungen



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 anwendungsorientierten Forschung und Entwicklung in den Bereichen Ultrakurzpulsbearbeitung, 3D-Volumenstrukturierung, Bohren, generative Verfahren und integrative Produktion tätig.

Die Integration von optischen Technologien in die Fertigung sowie die Herstellung von optischen Systemen sind wesentlicher Bestandteil des Exzellenzclusters »Integrative Produktionstechnik für Hochlohnländer« innerhalb des Bereichs »Digital Photonic Production«. Mit Ultrakurzpuls-Laserstrahlung werden sowohl Grundlagenexperimente durchgeführt als auch praxisrelevante Nano- und Mikrobauteile durch Abtragen, Modifizieren oder Schmelzen bearbeitet. Beim Bohren werden Metalle sowie Mehrschichtsysteme aus zumeist Metallen und Keramiken mittels Einzelpuls-, Perkussions- und Wendelbohren sowie dem Trepanieren bearbeitet. Anwendungen finden sich beispielsweise bei Bohrungen in Turbinenschaufeln für die Luft- und Raumfahrt. Arbeitsthemen im Bereich generative Verfahren sind u. a. neue Werkstoffe, kleinere Strukturgrößen, größere Aufbauraten, das Mikrobeschichten, die Prozesskontrolle und -regelung sowie die Neu- und Weiterentwicklung der eigenen Anlagen- und Systemtechnik. Diese Themen werden zukünftig im neu gegründeten Lehrstuhl für Digital Additive Production DAP bearbeitet.

Kontakt

Prof. Reinhart Poprawe (Leiter des Lehrstuhls)
Telefon +49 241 8906-109
reinhart.poprawe@ilt.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.

Kontakt

Prof. Peter Loosen (Leiter des Lehrstuhls)
Telefon +49 241 8906-162
peter.loosen@tos.rwth-aachen.de

Lehrstuhl für Digital Additive Production DAP

Der Lehrstuhl für Digital Additive Production DAP der RWTH Aachen University 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 im Bereich der additiven Fertigung und der unterstützenden Prozesse, sowohl software- als auch hardwareseitig.

Neben der Weiterentwicklung bestehender AM-Prozesse sowie vorhandener Maschinen- und Systemtechnik ist insbesondere die Fokussierung auf softwaregetriebene end-to-end-Prozesse ein wesentlicher Arbeitspunkt des DAP. Angefangen vom bionischen Leichtbau über die Funktionsoptimierung für AM und dem Design »digitaler Materialien« bis hin zur Validierung im realen Prozess und der Ableitung statischer und dynamischer Kennwerte können die Vorteile additiver Verfahren unter Einsatz digitaler Technologien nutzbar gemacht werden.

Kontakt

Prof. Johannes Henrich Schleifenbaum (Leiter des Lehrstuhls)
Telefon +49 241 8906-398
johannes.henrich.schleifenbaum@ilt.fraunhofer.de



EXZELLENZCLUSTER

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

Das 2005 gegründete Lehr- und Forschungsgebiet für Nichtlineare 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. Mit den Hinweisen aus der Diagnose und der numerischen Berechnung wird eine mathematisch begründete Reduktion der Modellgleichungen durchgeführt. Die Lösungseigenschaften der reduzierten Gleichungen sind vollständig in den Lösungen der Ausgangsgleichungen enthalten und weisen keine unnötige Komplexität auf.

Kontakt

Prof. Wolfgang Schulz
(Leiter des Lehr- und Forschungsgebiets)
Telefon +49 241 8906-204
wolfgang.schulz@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« der RWTH Aachen 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 Arbeiten erfolgen in Kooperation mit dem Peter Grünberg Institut PGI des Forschungszentrums Jülich, speziell dem PGI-9 Halbleiter-Nanoelektronik (Prof. Detlev Grützmacher), dem Fraunhofer-Institut für Lasertechnik ILT in Aachen und dem im Maschinenbau angesiedelten Lehrstuhl für Technologie Optischer Systeme TOS der RWTH Aachen (Prof. Peter Loosen) und sind eingebettet in die Sektion JARA-FIT der Jülich-Aachen-Research Alliance.

Kontakt

Prof. Larissa Juschkin
Experimentalphysik des Extrem-Ultraviolett EUV
Telefon +49 241 8906-313
larissa.juschkin@rwth-aachen.de

Exzellenzcluster

»Integrative Produktionstechnik für Hochlohnländer«

Im Exzellenzcluster »Integrative Produktionstechnik für Hochlohnländer« entwickeln Aachener Produktions- und Materialwissenschaftler Konzepte und Technologien für eine nachhaltige wirtschaftliche Produktion.

Insgesamt sind 18 Lehrstühle bzw. Institute der RWTH Aachen sowie das Fraunhofer-Institut für Lasertechnik ILT und das Fraunhofer-Institut für Produktionstechnologie IPT an dem bis Ende 2017 angelegten Projekt beteiligt.

Das mit ca. 40 Mio Euro dotierte Exzellenzcluster ist somit die umfassendste Forschungsinitiative in Europa mit dem Ziel, die Produktion in Hochlohnländern zu halten.

Produktion in Hochlohnländern

Der Wettbewerb zwischen Produzenten in Hochlohn- und Niedriglohnländern spielt sich typischerweise in zwei Dimensionen ab: in der Produktionswirtschaftlichkeit und in der Planungswirtschaftlichkeit.

Produktionswirtschaftlich fokussieren Niedriglohnländer rein auf die Erschließung von Volumeneffekten in der Produktion (Economies of Scale); in Hochlohnländern erfolgt notwendigerweise eine Positionierung zwischen Scale und Scope, also der Befriedigung kundenspezifischer Produkthanforderungen bei gleichzeitiger Sicherung von Mindeststückzahlen in der Produktion.

In der zweiten Dimension, der Planungswirtschaftlichkeit, bemühen sich die Hersteller in Hochlohnländern um eine immer weitergehende Optimierung der Prozesse mit entsprechend anspruchsvollen, kapitalintensiven Planungsmethoden und -instrumenten sowie technologisch überlegenen Produktionssystemen, während in Niedriglohnländern einfache, robuste wertstromorientierte Prozessketten die Lösung sind.

Um einen nachhaltigen Wettbewerbsvorteil für Produktionsstandorte in Hochlohnländern zu erzielen, reicht eine bessere Positionierung innerhalb der beiden gegensätzlichen Alternativen Scale-Scope sowie planungsorientiert-wertorientiert nicht mehr aus. Die Forschungsfragen müssen vielmehr auf eine weitgehende Auflösung dieser Gegensätze abzielen. Es müssen Wege gefunden werden, gleichzeitig die Variabilität in den Produkten zu steigern und trotzdem zu Kosten einer Massenproduktion produzieren zu können. 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 Selbstoptimierende Produktion erarbeitet werden.

Im Bereich der Produktionswirtschaftlichkeit wurde am Fraunhofer ILT z. B. die Prozesseffizienz des Selective Laser Melting (SLM) um den Faktor 10 gesteigert und damit ein wesentlicher Beitrag zur Aufhebung des Scale-Scope Dilemmas geleistet. Mit der Erforschung von Methoden zur Selbstoptimierung beim Laserstrahlschneiden und in der automatisierten Montage von Festkörperlaser liefert das Fraunhofer ILT wesentliche Beiträge zur Überwindung des Gegensatzes zwischen planungsorientierten und wertorientierten Konzepten.

Ansprechpartner

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

DIGITAL PHOTONIC PRODUCTION



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 9 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.

Maßgeschneiderte Produkte in Serie

Die Produktionsbedingungen für Wirtschaftsunternehmen unterliegen wie die Produkte selbst einem ständigen Wandel. Kunden fordern immer komplexere und oft sogar maßgeschneiderte Produkte. Die bestellten Stückzahlen schwanken in einigen Branchen zwischen mehreren Tausend und der Losgröße Eins. Unter dem Druck wirtschaftlicher Optimierung von Geschäftsprozessen sind Konstrukteure und Produktionsverantwortliche heute angehalten, Bauteile so individuell und gleichzeitig so kostengünstig wie möglich auszulegen und zu fertigen. Dies gilt etwa in der Luftfahrt- oder dem Werkzeugbau, wo Gewichtsersparnisse zur Reduzierung des Treibstoffverbrauchs sowie die Variantenvielfalt zur Erfüllung der Kundenwünsche immer wichtiger werden. Um Skaleneffekte zu realisieren, werden heute viele Bauteile überdimensioniert. Die Herausforderung besteht in der Auslegung dieser Bauteile auf die tatsächlichen Beanspruchungen, was klassischerweise meist mit einer Erhöhung der Komplexität einhergeht. Digital Photonic Production bietet die Möglichkeit, Bauteile funktionsgerecht zu gestalten, ohne dabei die Produktionskosten zu erhöhen.

So werden beispielsweise in der Medizintechnik auf den jeweiligen Patienten angepasste Implantate benötigt. Dies erfordert komplexere Teile, die darüber hinaus zu vertretbaren Kosten individuell gefertigt werden müssen. Neue Materialien, wie im Körper resorbierbare Werkstoffe, erfordern darüber hinaus eine erhöhte Flexibilität in den Fertigungsverfahren. Ob in der Medizintechnik oder im Flugzeugbau: Teure Bauteile werden überwiegend noch durch konventionelle Verfahren hergestellt. Teilweise erzeugt dies bis zu 90 Prozent Abfall. Neben den vermeidbaren Kosten führt auch der Ruf nach einem nachhaltigen Umgang mit den verfügbaren Ressourcen zu einem Umdenken in der produzierenden Industrie.

Individualität und Co-Creation

Auch der Endkunde ist heute anspruchsvoller und fordert individuelle Produkte, mit denen er sich von der breiten Masse abhebt. Im Idealfall würde er gerne vor der Bestellung sein Bauteil selbst entwerfen. Auf Herstellerseite führt dies zwangsläufig zu einer Steigerung der Komplexität der Produkte und zu einer höheren Flexibilität in der Fertigung. Die herkömmlichen, meist mechanischen Bearbeitungsverfahren und die standardisierten Produktionsabläufe stoßen hier an ihre Grenzen – sowohl technologisch als auch wirtschaftlich. Auf dem Weg zur vierten industriellen Revolution wachsen Individualisierung und Serienproduktion sowie die gestaltungs-offene virtuelle und die produzierende reale Welt zunehmend zusammen. Das Werkzeug Licht stellt dabei das Bindeglied zwischen diesen beiden Welten dar. Digital Photonic Production bietet dem Kunden die Möglichkeit, aktiv am Gestaltungs- und Produktionsprozess teilzunehmen. Mit Hilfe des Lasers werden am Computer entworfene und optimierte Produkte zu vertretbaren Kosten in Serie produziert.

From Bits to Photons to Atoms

In der industriellen Praxis steigen die Produktionskosten eines Werkstücks mit seiner Komplexität und seiner Einzigartigkeit. Dieser Scale-Scope-Problematik begegnen die verschiedenen Prozesse der Digital Photonic Production, indem sie zu konstanten Kosten jedes Bauteil als Unikat erstellen – unabhängig von Komplexität und Losgröße. Nur noch das Gewicht des Bauteils und damit der Materialverbrauch bestimmen die Kosten. So werden bei den generativen lasergestützten Fertigungsverfahren Werkstücke unmittelbar aus den vorhandenen CAD-Daten produziert. Das Werkzeug Licht wird flexibel, berührungslos und bauteilspezifisch durch den Computer gesteuert. Die CAD-Information wird mittels Licht auf die Materie übertragen: From bits to photons to atoms.

RWTH AACHEN CAMPUS

RWTH Aachen Campus

Nach dem Vorbild der Stanford University und des Silicon Valleys wird die RWTH Aachen University mittelfristig auf einem Gesamtareal von ca. 2,5 km² einen der größten technologieorientierten Campusbereiche Europas und damit eine der national und international bedeutendsten Wissens- und Forschungslandschaften schaffen. Als Standorte sind in unmittelbarer Nähe zu einigen Großforschungsinstituten und -einrichtungen das ehemalige Hochschulerweiterungsgelände in Aachen Melaten sowie ein Teilareal des Aachener Westbahnhofs vorgesehen. 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 an Schwerpunktthemen der Kompetenz-Cluster sowie an Forschung, Entwicklung und Lehre – mit eigenen Fragestellungen und Ressourcen. 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 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 wird zudem durch Gastronomie, Wohnen, Einkaufsmöglichkeiten, Kinderbetreuung und vielfältige Serviceeinrichtungen ein hohes Maß an Lebensqualität bieten.

Stand und Entwicklung

Der RWTH Aachen Campus entsteht in drei Etappen. Die erste Etappe wurde 2010 mit der Erschließung und Bebauung von Campus Melaten mit 6 thematischen Clustern gestartet – darunter auch das vom Fraunhofer ILT koordinierte Cluster Photonik. Im einzelnen handelt es sich um:

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

In der zweiten Etappe findet die Erschließung und Bebauung des Campus Westbahnhof mit 4 Clustern statt. Die dritte Etappe konzentriert sich auf das Wachsen und Verdichten auf 16 Cluster in Melaten und am Westbahnhof sowie die Erweiterung der Infrastruktur beispielsweise durch den Bau von Kongresshalle, Bibliothek und Hotels. In allen 16 Clustern werden relevante Zukunftsthemen der Industrie bearbeitet. Über 280 Unternehmen engagieren sich bereits auf dem RWTH Aachen Campus.

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. 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. Ende 2016 haben bereits über 20 Unternehmen sowie FuE-Teams des Fraunhofer ILT und des Lehrstuhls für Lasertechnik der RWTH Aachen das Gebäude zu 90 Prozent belegt.

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 4300 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).

CLUSTER PHOTONIK

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 DPP«. Bau, Ersteinrichtung und Großgeräte im Gesamtvolumen von ca. 55 Mio Euro werden nun von Bund und Land NRW je zur Hälfte finanziert.

Das Gebäude des Research Center DPP soll im Jahr 2018 in Betrieb genommen werden. Bis zu 96 Personen werden auf ca. 4300 qm Nutzfläche – davon rund 2800 qm Labor-, Reinraum und Hallenflächen – grundlagenorientierte Forschung im Bereich 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. Materialwissenschaftler können zusammen mit Experten für Laserprozesse, Strahlquellen oder Anlagentechnik die entsprechenden Bausteine in gemeinsamen Experimenten aufeinander abstimmen und die Innovationszyklen verkürzen.

Weitere Schwerpunkte sind u. a.: adaptive Fertigung komplexer optischer Systeme, direkte photonische Ablation mit hohen Abtragsraten, Ultrapräzisionsbearbeitung, EUV-Strahlquellen, Hochleistungs-Ultrakurzpuls laser, 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 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 Digital Photonic Production wurden in 2016 bereits 90 Prozent der rund 7000 qm großen Nutzfläche belegt. Neben einzelnen Unternehmen sind hier 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 smarterer Produkte entwickeln oder Prozessoptimierungen für 3D-Drucktechnologien vornehmen, die sie in Pilotanlagen testen.

Ansprechpartner

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

1 Richtfest des Research Center Digital Photonic Production im Mai 2016.

2 Industry Building Digital Photonic Production im Cluster Photonik auf dem RWTH Aachen Campus.

BMBF-FORSCHUNGSCAMPUS DPP

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

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



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

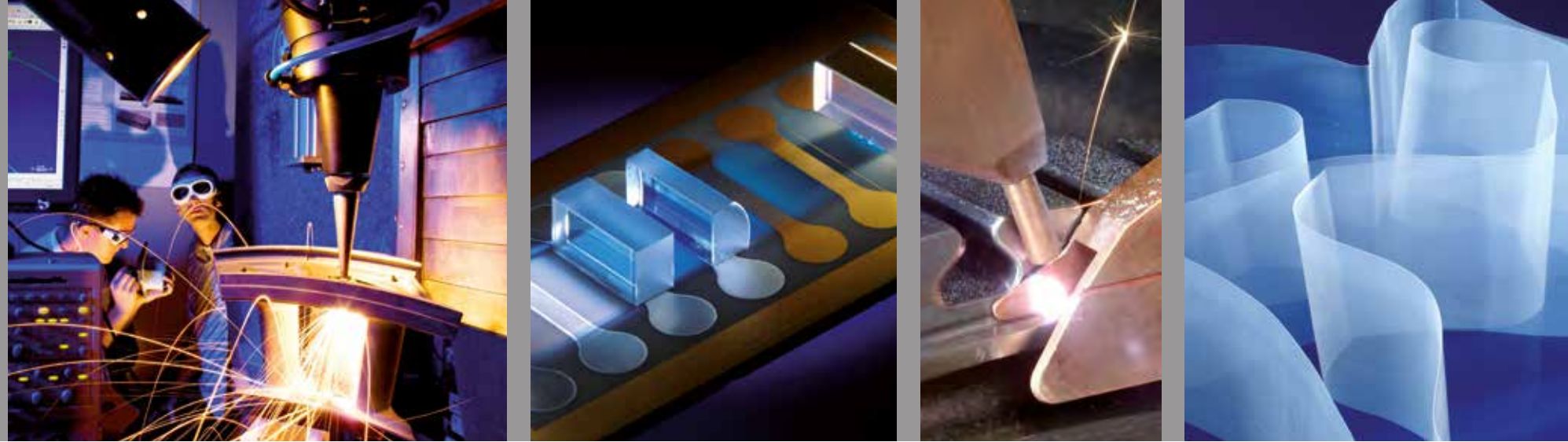
Ziel des Forschungsvorhabens »MaGeoOptik« ist es, die Leistungsfähigkeit aktueller Strahlführungssysteme durch den Einsatz qualitativ hochwertiger Optiken, neuartiger Materialien und komplexerer Geometrien deutlich zu steigern. Hierzu werden neue Pressprozesse von Quarzgläsern konzipiert und qualifiziert, Software und Prozesse mit innovativen Bearbeitungskinematiken 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 *Feierliche Schlüsselübergabe zur Eröffnung des Industry Building Digital Photonic Production im Cluster Potonik.*
- 2 *Begegnungsfläche im lichtdurchfluteten Atrium des Industry Building DPP.*

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 Hochleistungslasern 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 Löten, 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.

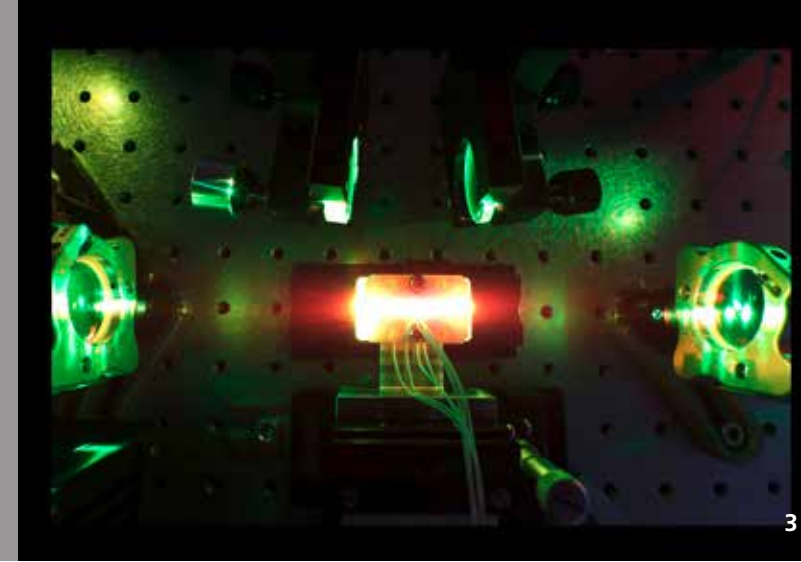
LASER UND OPTIK



INHALT

Direkter Diodenlaser für Schneidapplikationen	42
Gepulster Nanosekundenlaser bei 3 μm Wellenlänge	43
Hochstabiler Ho:YLF-Oszillator	44
Er:YLuAG-INNOSLAB-Verstärker bei 1645 nm	45
FULAS – Laser-Plattform für zukünftige satellitengestützte LIDAR-Systeme	46
Laserdesign für die MERLIN-Mission	47
Leistungsskalierung parametrischer Konverter für LIDT-Messungen bei 1645 nm	48
LIDT-Messplatz für 1645 nm	49
Schmalbandiger Faserverstärker zur Untersuchung stimulierter Brillouin-Streuung	50
Nichtlineare Pulskompression in einer Multi-Pass-Zelle	51
Modellbasierte, selbstoptimierende Montage von optischen Systemen	52
Thermooptische Effekte in Kunststoffoptiken	53

*Direkter Diodenlaser
für Schneidapplikationen.*



DIREKTER DIODENLASER FÜR SCHNEIDAPPLIKATIONEN

Aufgabenstellung

Fasergekoppelte Diodenlaser gehören zu den preisgünstigsten und effizientesten Strahlquellen für cw-Laserapplikationen und werden für Anwendungen mittlerer Strahldichte wie beispielsweise das Härten, Löten und Schweißen von Metallen vielfältig eingesetzt. Ziel des EU-geförderten Forschungsvorhabens »BRIDLE« ist die Entwicklung neuartiger, kosteneffizienter Diodenlaserstrahlquellen zur Erschließung von Anwendungsfeldern mit hohen Anforderungen an die Strahldichte, wie z. B. das Schneiden von Metallen.

Vorgehensweise

Im Rahmen von »BRIDLE« wurden auf maximale Strahldichte optimierte Laserdioden entwickelt und in kommerzielle Pumpmodule, die vom Projektpartner DILAS voll-automatisiert hergestellt werden, integriert. Diese Module werden mittels Volumenbeugungsgittern wellenlängenstabilisiert. Anschließend wird die Strahlung mit Hilfe von kostengünstigen dielektrischen Kantenfiltern mit geringem Abstand der Zentralwellenlänge überlagert und in ein industrielles Lichtleitkabel gekoppelt.

- 1 *Pumpdiodenlaser-Module mit dichter Wellenlängenüberlagerung.*
2 *Schneiden von Edelstahl mit direktem Diodenlaser.*

Ergebnis

Das Diodenlasersystem erreicht eine Ausgangsleistung von 800 W bei einem Strahlparameterprodukt von 8,5 mm mrad. Eine Überlagerungseffizienz der Teilstrahlen von 95 Prozent wurde erzielt. Eine weitere Skalierung der Ausgangsleistung auf bis zu 2 kW bei einem Strahlparameterprodukt von 6 mm mrad ist möglich. Mit dem System wurden Schneidversuche an Edelstahlblechen bis zu einer Stärke von 4,2 mm erfolgreich durchgeführt. Die Schnittqualität entspricht der von Faserlasern vergleichbarer Ausgangsleistung. Der untersuchte Ansatz bietet die Möglichkeit, auf Basis von Standardkomponenten die Strahldichte existierender Quellen kostengünstig um den Faktor 10 zu skalieren.

Anwendungsfelder

Direkte Diodenlaser mit einer optischen Ausgangsleistung im kW-Bereich und einem Strahlparameterprodukt kleiner 10 mm mrad stellen bei Schneidanwendungen eine kostengünstige Alternative zu Faserlasern dar. Alternativ können das stabilisierte Emissionsspektrum und die hohe Strahlqualität des Diodenlasers vorteilhaft in technisch anspruchsvollen Pumpenanwendungen zum Beispiel für Multi-kW-Faserlaser oder Ultrakurzpulslaser eingesetzt werden.

Die Arbeiten wurden im Rahmen des EU-Projekts »BRIDLE« unter dem Förderkennzeichen 314719 durchgeführt.

Ansprechpartner

Dipl.-Phys. Ulrich Witte
Telefon +49 241 8906-8012
ulrich.witte@ilt.fraunhofer.de

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

GEPULSTER NANOSEKUNDENLASER BEI 3 µm WELLENLÄNGE

Aufgabenstellung

Im mittleren Infrarot (MIR) ist die Absorption vieler Materialien im Vergleich zu Laserstrahlung mit 1 µm Wellenlänge deutlich erhöht. Um dies zu nutzen und das Applikationsspektrum eines kommerziellen Reinigungslasers entsprechend zu erweitern, soll dessen Wellenlänge von 1 µm nach 3 µm konvertiert werden. Der Konverter soll als nachgeschaltetes Modul zum bestehenden System gestaltet werden. Der verwendete Festkörperlaser liefert bei der Grundwellenlänge von 1064 nm eine mittlere Leistung von 115 W bei Pulsdauern von 120 ns und einer Pulsfrequenz von 12 kHz. Eine Herausforderung für die effiziente Konversion stellen die unpolarisierte Emission und die limitierte Strahlqualität ($M^2 = 18$) des fasergekoppelten Lasers dar.

Vorgehensweise

Um die gesamte unpolarisierte Strahlung für die Frequenzkonversion nutzen zu können, wird der Rohstrahl in die beiden linearen Polarisationsanteile aufgetrennt. Einer der beiden Strahlen wird in einen Optisch Parametrischen Oszillator (OPO) geleitet. Dieser erzeugt Strahlung bei 1645 nm und 3012 nm. Die erzeugte Strahlung bei 3012 nm wird mit dem zweiten Anteil des Rohstrahls bei 1064 nm in einem Optisch Parametrischen Verstärker (OPA) gemischt und dabei verstärkt. Sowohl im OPO als auch im OPA dient periodisch gepoltes Lithiumniobat (PPLN) als nichtlineares Medium.

Ergebnis

Die Ausgangswellenlängen des frequenzkonvertierten Lasers sind von 2,85 µm bis 3,1 µm und von 1,62 µm bis 1,71 µm abstimmbar. Dabei wird eine Leistung von 16 W bei 3 µm und von 20 W bei 1,6 µm bereitgestellt. Das System ist mit einer Bearbeitungsoptik bestehend aus einem galvanometrischen Scanner und einer F-Theta-Optik ausgestattet und steht für Materialbearbeitungsversuche mit MIR-Strahlung bereit.

Anwendungsfelder

Ein Anwendungsbeispiel mit industrieller Relevanz ist die Klebeflächenvorbehandlung von CFK-Bauteilen in der Automobil- und Luftfahrtindustrie bei einer Wellenlänge von > 3 µm.

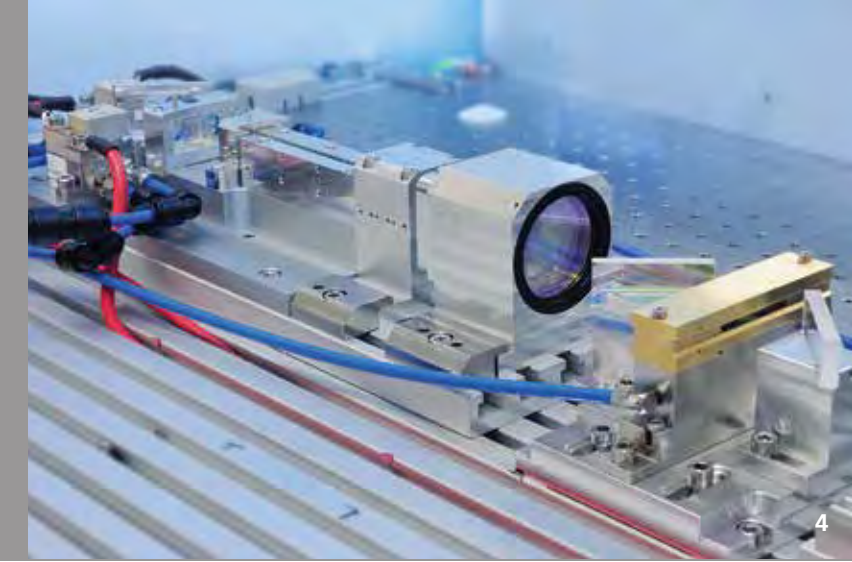
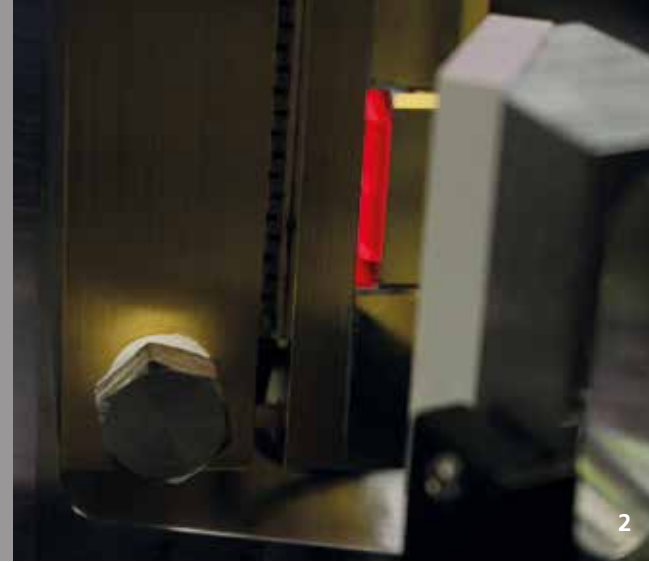
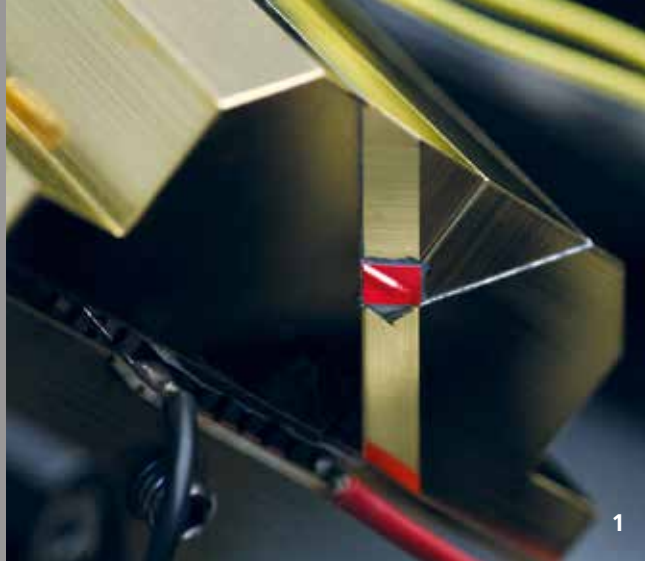
Das diesem Bericht zugrundeliegende FuE-Vorhaben wurde im Auftrag des Bundesministeriums für Bildung und Forschung BMBF unter dem Förderkennzeichen 13N12930 durchgeführt.

Ansprechpartner

Dipl.-Phys. Sebastian Nyga
Telefon +49 241 8906-123
sebastian.nyga@ilt.fraunhofer.de

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

3 *Optisch Parametrischer Oszillator.*



HOCHSTABILER HO:YLF-OSZILLATOR

Aufgabenstellung

Laserstrahlquellen im Wellenlängenbereich um 2 μm und mit Pulslängen im Nanosekundenbereich haben viele Anwendungsfelder: Materialbearbeitung, Fernerkundung, Wissenschaft und Militär machen sich die besonderen Absorptionseigenschaften von 2 μm Strahlung zunutze. Im Rahmen des DLR-Projekts »CHOCLID« und des ESA-Projekts »HOLAS« wird eine gepulste, spektral schmalbandige Strahlquelle mit besonders hoher Wellenlängenstabilität um 2.051 μm zur Detektion des Treibhausgases CO_2 entwickelt.

Vorgehensweise

Zur Erzeugung der geforderten Doppelpulse mit 45 mJ und 15 mJ Pulsenergie und einer Repetitionsrate von 50 Hz wurde mittels numerischer Simulationen ein Ho:YLF-MOPA-System auf INNOSLAB-Basis entworfen, das von diodengepumpten Tm:YLF-Lasern gepumpt wird. Im Oszillator werden Pulse mit einer konstanten Energie von 2 mJ erzeugt. Durch Nutzung einer Kavität mit hoher Finesse für den Oszillator und eines optisch gepumpten Halbleiterscheibenlasers (OPSEL) als Seedquelle wird eine hohe spektrale Stabilität erreicht.

Ergebnis

Als Pumpquelle für den Ho:YLF-Oszillator wurde ein Tm:YLF-Stablaser mit einer cw-Leistung von 15 W aufgebaut, dessen Leistung durch die verwendeten Pumpdioden beschränkt ist.

1 Gepumpter Ho:YLF-Kristall des Oszillators.

2 Gepumpter Laserkristall des
Ho:YLF-INNOSLAB-Verstärkers.

Der damit gepumpte Ho:YLF-Oszillator erzeugt longitudinal einmodige, beugungsbegrenzte Pulse bei 50 Hz Wiederholrate, 2 mJ Pulsenergie mit einer Pulsdauer von 25 ns. Die spektrale Bandbreite beträgt 1 MHz (RMS) und das Zeit-Bandbreite-Produkt ist mit ca. 0,44 bandbreitenbegrenzt. Die spektrale Stabilität ist mit einer Allan-Deviation über 10 Sekunden von unter 40 kHz deutlich besser als die geforderten 200 kHz. Bei Einzelpulsen mit einer Wiederholrate von 100 Hz werden 11 mJ erzielt. Das Testen bei hohen Pulsenergien zeigt, dass beim Arbeitspunkt von 2 mJ ein großer Abstand zur Zerstörschwelle besteht. Im cw-Betrieb wurde eine optisch-optische Effizienz von 53 Prozent gezeigt. Ein Ho:YLF-INNOSLAB-Verstärker ist aufgebaut und wird getestet.

Anwendungsfelder

Außer als Master-Oszillator für die folgenden Verstärker kann der Oszillator in der Materialbearbeitung eingesetzt werden. Die Ausgangswellenlänge von 2 μm ist weiterhin vorteilhaft für die Anwendung als Pumpquelle effizienter optisch-parametrischer Frequenzkonverter für den langwelligen Infrarot-Spektralbereich.

Das diesem Bericht zugrundeliegende FuE-Vorhaben wurde im Auftrag des Bundesministeriums für Bildung und Forschung BMBF unter dem Förderkennzeichen 50EE1222 durchgeführt.

Ansprechpartner

Philipp Kucirek M.Sc.
Telefon +49 241 8906-8108
philipp.kucirek@ilt.fraunhofer.de

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

ER:YLUAG-INNOSLAB- VERSTÄRKER BEI 1645 NM

Aufgabenstellung

Für die deutsch-französische Klimamission »MERLIN« werden zur Methan-Detektion in der Atmosphäre Single-frequency Laserpulse bei einer Wellenlänge von 1645 nm mit einer Pulsenergie von > 9 mJ mit mehreren 10 ns Pulsdauer benötigt. Neben dem in »MERLIN« verfolgten Ansatz, dies durch Frequenzkonversion von Pulsen bei 1064 nm in optisch-parametrischen Stufen zu erzielen, stellen Erbium-dotierte Granatkristalle als Lasermedien eine Alternative dar, diese Pulse direkt zu erzeugen. Angestrebt wird eine Reduktion der Komplexität der Strahlquelle bei vergleichbarer oder höherer Effizienz. Ziel ist zunächst die Untersuchung der Machbarkeit.

Vorgehensweise

Single-frequency Laserpulse aus einem diodenendgepumpten Staboszillator mit einer Pulsenergie von 4 mJ und einer Pulsdauer von 80 ns werden in einem INNOSLAB-Verstärker in der Pulsenergie skaliert. Der Verstärkerkristall ist ein Erbium-dotierter YAG/LuAG-Mischkristall, in dem das Maximum des Emissionswirkungsquerschnitts genau auf die Messwellenlänge von 1645,2 nm (in Luft) durch das Mischungsverhältnis (Crystal Field Tuning) angepasst ist. Dieser Kristall wird mit vier Stapeln aus je vier wellenlängenstabilisierten Diodenlaserbarren mit einer Wellenlänge von 1532 nm gepumpt. Die Überlagerung von je zwei Stapeln erfolgt geometrisch durch sogenanntes Interleaving mittels geschlitzten Koppelspiegeln. Der Füllfaktor wird damit verdoppelt und die Polarisierung erhalten. Das im ersten Kristalldurchgang transmittierte Pumplicht kann so per Polarisationsdrehung nochmals in den Kristall reflektiert werden.

Ergebnis

Die Laserpulse aus dem Oszillator werden in neun Einzeldurchgängen durch den Verstärkerkristall auf bis zu 12 mJ Pulsenergie verstärkt, aktuell begrenzt durch die absorbierte Pumpleistung und die erreichbare Fluenz. In beiden Strahlachsen beträgt die gemessene Beugungsmaßzahl $M^2 < 1,1$. Auch die experimentell erzielten spektralen Eigenschaften der Laserquelle erfüllen die Anforderungen für die satellitengestützte Methandetektion.

Anwendungsfelder

Die Strahlquelle stellt einen Technologiedemonstrator für mögliche zukünftige Weiterentwicklungen von LIDAR-Instrumenten zur Methandetektion dar. Auf Grundlage der bisher durchgeführten Arbeiten wird eine Skalierbarkeit zu größeren Pulsenergien bis zu 30 mJ erwartet.

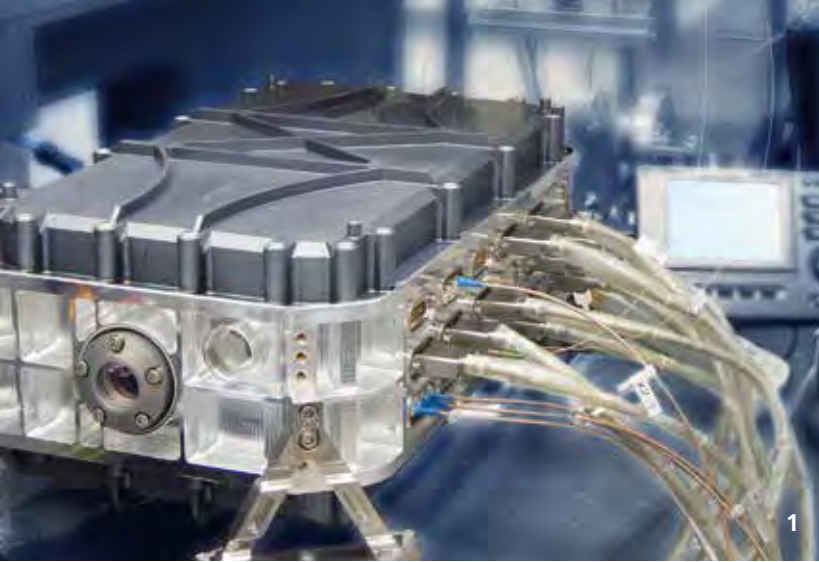
Das diesem Bericht zugrundeliegende FuE-Vorhaben wurde im Auftrag des Bundesministeriums für Bildung und Forschung BMBF unter dem Förderkennzeichen 50EE1222 durchgeführt.

Ansprechpartner

Dipl.-Phys. Ansgar Meissner
Telefon +49 241 8906-8232
ansgar.meissner@ilt.fraunhofer.de

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

3 Geometrische Überlagerung
der Pumpquellen.
4 INNOSLAB-Verstärker
mit Pumpstrahlformung.



FULAS – LASER-PLATTFORM FÜR ZUKÜNFTIGE SATELLITEN-GESTÜTZTE LIDAR-SYSTEME

Aufgabenstellung

Satellitengestützte Instrumente für Atmosphären (LIDAR) ermöglichen die globale Vermessung der klimarelevanten Verteilung von Aerosolen, Wind oder Treibhausgasen wie Kohlendioxid, Methan und Wasser. Diese Instrumente benötigen eine maßgeschneiderte Laserquelle höchster Strahlqualität, die Pulse mit Energien im 10 mJ- oder 100 mJ-Bereich bei einer bestimmten Wellenlänge aussendet. Die Pulse mit einer bandbreitenlimitierten Dauer von wenigen 10 ns werden typischerweise mit 100 Hz wiederholt, es können auch 10 Hz bis zu wenigen kHz gefordert sein. Entscheidend ist generell ein möglichst geringer Energiebedarf. Der Bau dieser komplexen Laserquellen mit der für den Betrieb im All nötigen Zuverlässigkeit und Lebensdauer hat sich in den letzten Jahren als äußerst herausfordernd dargestellt.

Vorgehensweise

Im Rahmen des Projekts »FULAS« wurde in Zusammenarbeit mit Airbus ein Laser entwickelt, der in diesem Zusammenhang neuartige Technologien demonstriert. Löttechniken für das Befestigen und Justieren der Laseroptiken ermöglichen hohe Unempfindlichkeit gegen Umwelteinflüsse. Durch die Vermeidung von kritischen organischen und ausgasenden Materialien wird laserinduzierte Kontamination unterbunden. Die Laserquelle besteht aus einem geregelt geseedeten aktiv gütegeschalteten diodengepumpten Nd:YAG-Oszillator und INNOSLAB-Verstärker.

1 FULAS-Laserkopf im Betrieb.

2 Innenansicht des FULAS-Laserkopfs.

Ergebnis

Der Laser wurde bis zur Ausbaustufe von 90 mJ Pulsenergie bei 1064 nm Wellenlänge integriert und erfüllt alle laseroptischen Anforderungen des ATLID-Instruments auf dem ESA-EarthCARE-Satelliten. Ein mehrwöchiger operationeller und nicht-operationeller (-30 °C bis 50 °C) Test in einer Thermal-Vakuumkammer bei Airbus DS wurde erfolgreich absolviert.

Anwendungsfelder

Die FULAS-Plattform ermöglicht Strahlquellen mit derzeit bis zu 500 mJ bei 1064 nm. Wellenlängen vom UV bis zum MIR werden mit hoher Effizienz und Strahlqualität mittels Frequenzkonvertern bereitgestellt. Auf Basis der FULAS-Plattform wurde ein vorläufiges Design für die Laserstrahlquelle des MERLIN-Instruments entwickelt. Nach derzeitiger Planung ist der Start dieses deutsch-französischen Satelliten im Jahr 2021. Er soll die globale Verteilung des klimarelevanten Gases Methan messen.

Die Arbeiten wurden unter Führung der Airbus DS GmbH im Rahmen des ESA-Projekts »FULAS« (COO-8/09/FF) sowie der BMWi-Projekte »Optomech II/III« (Förderkennzeichen 50EE0904, 50EE1235) durchgeführt.

Ansprechpartner

Dipl.-Phys. Jörg Luttmann
Telefon +49 241 8906-675
joerg.luttmann@ilt.fraunhofer.de

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

LASERDESIGN FÜR DIE MERLIN-MISSION

Aufgabenstellung

Im Rahmen der deutsch-französischen Klimamission »MERLIN« (Methane Remote Sensing LIDAR Mission) soll ab dem Jahr 2021 die globale Verteilung des Treibhausgases Methan mit Hilfe des IPDA- (Integrated Path Differential Absorption) Verfahrens überwacht werden. Bei diesem aktiven Messverfahren sendet eine Laserquelle Lichtpulse mit sehr spezifischen Eigenschaften, die es erlauben, durch einfache Messungen der zurückgestreuten Lichtmenge auf die Methanmenge zwischen Satellit und Erdoberfläche zu schließen. Darüber hinaus wird für den Einsatz auf dem Satelliten eine hohe Robustheit gegenüber Temperatur und Vibrationen bei einer Lebensdauer von über 3 Jahren verlangt. Dies beinhaltet auch, dass alle Komponenten extrem ausgasungsarm aufgebaut werden müssen.

Vorgehensweise

Über die letzten Jahre wurde systematisch eine Technologie entwickelt, die den Aufbau einer entsprechenden Laserquelle erlaubt. Es wurden Anforderungen an optomechanische Befestigungselemente abgeleitet und entsprechende Schlüssel-elemente (wie Halter für Spiegel, Linsen, unterschiedliche Kristall-typen) sowie Prozesse entwickelt und getestet. Kernprozess ist hierbei die Justagelötung, mit der Spiegel präzise justiert und dann kleberfrei sehr robust verbunden werden können. Zudem wurde die gesamte Aufbautechnik anhand des Plattform-Demonstrators »FULAS« und das optische Design des MERLIN-Lasers in Breadboard-Studien validiert.

Ergebnis

Die Laserquelle besteht aus einer Nd:YAG-basierten Anordnung aus Stab-Oszillator und INNOSLAB-Verstärker mit nachgeschaltetem parametrischem Frequenzkonverter für 1645 nm. Es wurde ein vorläufiges Design entwickelt und der PDR- (preliminary design review) Status erreicht. Ausgehend hiervon wird aktuell das detaillierte Design des endgültigen Flugmodells abgeleitet.

Anwendungsfelder

Das Aufbaukonzept des Lasers und auch die hin zum Flugmodell angewendete Modellphilosophie lassen sich grundsätzlich auf andere Anforderungen und Systeme übertragen. Dabei werden die Entwicklungsrisiken bei Verwendung bereits geprüfter Schlüsselkomponenten stark reduziert. Neben Anwendungsfeldern in der Luft- und Raumfahrt kann das Prinzip auf alle Bereiche angewendet werden, wo die Zuverlässigkeit und Langzeitstabilität eine sehr große Rolle spielen.

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

Dr. Jens Löhrling
Telefon +49 241 8906-673
jens.loehrling@ilt.fraunhofer.de

3 Aus dem 3D-Modell generierte Abbildung des MERLIN-Lasers.



LEISTUNGSSKALIERUNG PARAMETRISCHER KONVERTER FÜR LIDT- MESSUNGEN BEI 1645 NM

Aufgabenstellung

Die Konzentration von Spurengasen in der Erdatmosphäre soll zukünftig mittels satellitengetragener LIDAR-Systeme mit globaler Abdeckung detektiert werden. Um ein gutes Signal-zu-Rausch-Verhältnis zu erreichen, werden dazu Laser mit einer Pulsenergie von bis zu einigen Hundert mJ bei einer Puls-wiederholrate von ca. 100 Hz und einer an die Messaufgabe angepassten Wellenlänge benötigt. So wird am Fraunhofer ILT aktuell für die deutsch-französische Klimamission »MERLIN« ein Laser mit einem parametrischen Frequenzkonverter entwickelt, der für die Messung der Methankonzentration eine Pulsenergie von 9 mJ bei einer Wellenlänge von 1645 nm erzeugt. Für weitere LIDAR-Missionen soll die Skalierbarkeit parametrischer Frequenzkonverter in den Bereich > 100 mJ demonstriert werden. Die neu entwickelte Strahlquelle soll weiterhin zur Qualifizierung von Optiken für die MERLIN-Mission in einem LIDT-Messplatz (Laser Induced Damage Threshold) genutzt werden.

Vorgehensweise

Zur Demonstration der Skalierbarkeit steht ein am Fraunhofer ILT entwickeltes, longitudinal-einmodiges MOPA-System mit 500 mJ bei einer Repetitionsrate von 100 Hz und einer Pulsdauer von 30 ns bei 1064 nm zur Verfügung.

Um Pulsenergien > 100 mJ erreichen zu können, wird mit einem Teil der Pump-Pulsenergie ein optisch-parametrischer Oszillator (OPO) betrieben, dessen Ausgangspulse bei 1645 nm in einem optisch-parametrischen Verstärker (OPA) weiter verstärkt werden.

Ergebnis

Mit dem beschriebenen Konzept und auf der Basis von KTP-Kristallen kann die Erzeugung von Pulsenergien > 110 mJ demonstriert werden. Die Pulsdauer beträgt hierbei etwa 20 ns. Der Konverter kann über eine Kavitätslängenregelung longitudinal-einmodig betrieben werden.

Anwendungsfelder

Das Gesamtsystem aus Pumplaser und Konverter wird zukünftig in einem Messplatz für die Qualifikation von optischen Komponenten für die Mission »MERLIN« eingesetzt. Weiterhin eignen sich die Ausgangseigenschaften des Konverters für zukünftige LIDAR-Messungen an Spurengasen wie zum Beispiel Methan. Das optische Konzept kann auch für die Frequenzkonversion in andere Wellenlängenbereiche eingesetzt werden. Dadurch kann eine Vielzahl von klimarelevanten Gasen detektiert werden.

Das diesem Bericht zugrundeliegende FuE-Vorhaben wurde im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie BMWi unter dem Förderkennzeichen 50EE1228 durchgeführt.

Ansprechpartner

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



LIDT-MESSPLATZ FÜR 1645 NM

Aufgabenstellung

Die Kenntnis der laserinduzierten Zerstörschwelle optischer Komponenten (Laser Induced Damage Threshold, LIDT) ist wesentlich für das Design von effizienten und zugleich zuverlässigen Laserstrahlquellen, insbesondere für deren Einsatz in der Luft- und Raumfahrt. Für die deutsch-französische Satellitenmission »MERLIN« zur Detektion von Methan in der Erdatmosphäre wird derzeit eine Laserstrahlquelle bei 1645 nm entwickelt. Für die Qualifikation der optischen Komponenten bei dieser Wellenlänge gibt es bislang weltweit keinen LIDT-Messplatz.

Vorgehensweise

Ein bestehender Aufbau, der mit einer Prüfwellenlänge von 1064 nm für die Qualifikation der Flight Items des Laser Altimeters für die ESA-Mission »BepiColombo« verwendet wurde, wird für die neue Prüfwellenlänge ertüchtigt. Als Prüflaserquelle wird ein gütegeschalteter single-frequency Nd:YAG-MOPA mit zwei INNOSLAB-Verstärkerstufen und bis zu 500 mJ Pulsenergie bei 1064 nm und 100 mJ bei 1645 nm aus einer nachgeschalteten OPO/OPA-Konvertereinheit verwendet. Das Online-Zerstördetektionssystem wird wellenlängenunabhängig konzipiert. Das Optiksystem wird auf die Nutzung der zusätzlichen Wellenlänge von 1645 nm adaptiert. Der Messablauf wird hinsichtlich Handhabbarkeit und Reproduzierbarkeit der Ergebnisse verbessert. Dabei wird die gültige ISO-Vorschrift 21254 für LIDT-Messungen angewendet.

Ergebnis

Der neue Messplatz erlaubt ISO-konforme LIDT-Messungen bei Prüfwellenlängen von 1064 nm und 1645 nm, jeweils bei definierter Atmosphäre. Die Prüflaserquelle stellt dabei Pulse mit 20 ns Pulsdauer und einer Wiederholrate von 100 Hz mit gaußischem Strahlprofil bereit. Die maximale Testfluenz bei 1645 nm beträgt 150 J/cm^2 bei einem Strahldurchmesser von 400 μm .

Anwendungsfelder

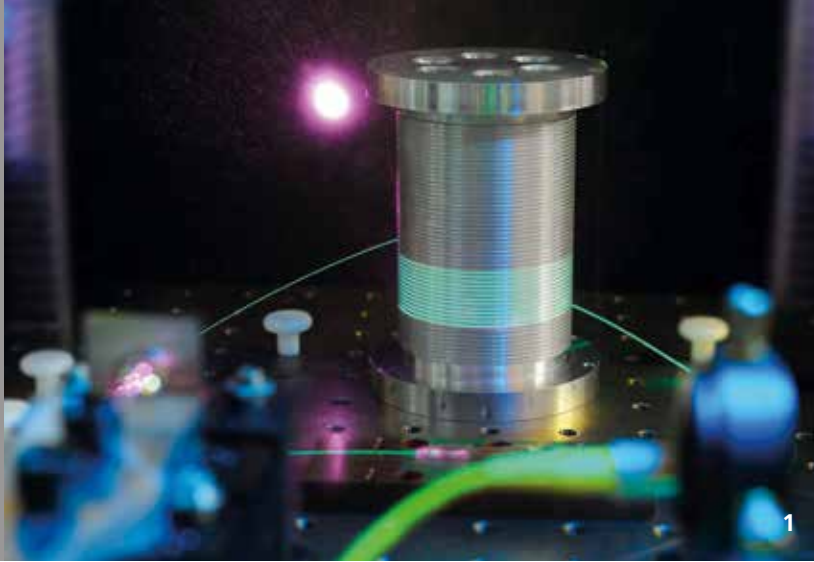
Der Messplatz wird für die Qualifikation von optischen Komponenten für die Mission »MERLIN« eingesetzt. Darüber hinaus ist die Ertüchtigung des Messplatzes für eine Prüfwellenlänge von 2051 nm ebenfalls in Arbeit.

Das diesem Bericht zugrundeliegende FuE-Vorhaben wurde im Auftrag des Bundesministeriums für Bildung und Forschung BMBF unter dem Förderkennzeichen 50EE1228 durchgeführt.

Ansprechpartner

Dipl.-Phys. Ansgar Meissner
Telefon +49 241 8906-8232
ansgar.meissner@ilt.fraunhofer.de

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



SCHMALBANDIGER FASER- VERSTÄRKER ZUR UNTER- SUCHUNG STIMULIERTER BRILLOUIN-STREUUNG

Aufgabenstellung

Für eine Studie der europäischen Weltraumorganisation ESA wird am Fraunhofer ILT zur Messung des Erdgravitationsfelds ein schmalbandiger und leistungsstabilisierter Grundmode-Faserverstärker mit einer Ausgangsleistung von > 500 mW entwickelt und aufgebaut. Aufgrund der Gefahr der Zerstörung von Faserkomponenten sowie der Störung der Leistungsstabilisierung durch das Auftreten von stimulierter Brillouin-Streuung im vorhandenen Lasersystem und vor allem bei der weiteren Leistungsskalierung soll die stimulierte Brillouin-Streuung theoretisch und experimentell untersucht werden.

Vorgehensweise

Für die experimentelle Untersuchung wurde ein schmalbandiger Faserverstärker realisiert, mit dem sowohl das Schwellverhalten als auch eine zeitliche Modulation des Signals durch stimulierte Brillouin-Streuung in aktiven und passiven Testfasern gemessen werden können. Für die theoretischen Untersuchungen wurde eine am Fraunhofer ILT entwickelte numerische Faserlaser-simulation, die die zeit-, orts- und wellenlängenabhängigen Ratengleichungen löst, um Brillouin-Quellterme und Terme der stimulierten Brillouin-Streuung erweitert.

1 Schmalbandiger Faserverstärker
mit aktiver Faser.

Ergebnis

Der faserintegrierte Verstärker für Seedsignale mit einer Bandbreite unterhalb 10 kHz liefert pumpleistungslimitiert eine Ausgangsleistung von 5 W ohne Anzeichen von stimulierter Brillouin-Streuung. Mithilfe des Faserverstärkers wird die stimulierte Brillouin-Streuung bezüglich zeitlicher Fluktuationen des Ausgangssignals der durch die stimulierte Brillouin-Streuung rückgestreuten Leistung und ihrer Frequenzverschiebung untersucht.

Die Auslegung zukünftiger Faserlasersysteme wird durch die Berücksichtigung der stimulierten Brillouin-Streuung in der numerischen Simulation vereinfacht. Durch eine genauere Vorhersage der stimulierten Brillouin-Streuung kann das Design von Verstärkern für schmalbandige Signale im Hinblick auf eine weitere Leistungsskalierung und die Unterdrückung von zeitlichen Leistungsfluktuationen verbessert werden.

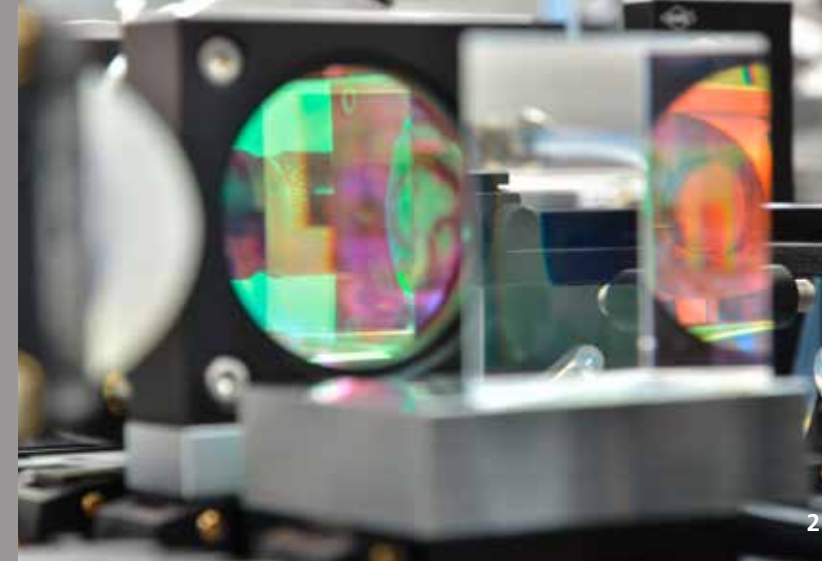
Anwendungsfelder

Neben dem Einsatz in der optischen Messtechnik und Kommunikation könnte ein schmalbandiger Faserverstärker mit einer Ausgangsleistung um ca. 5 W auch zur satellitengestützten Messung von Gravitationswellen genutzt werden.

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



NICHTLINEARE PULSKOMPRESSION IN EINER MULTI-PASS-ZELLE

Aufgabenstellung

Die Pulse von Yb-basierten Hochleistungs-Ultrakurzpulslasern (Pulsdauern ~ 200 fs - 1 ps) sollen mit einer zusätzlichen Kompressionsstufe verkürzt werden. Existierende hochleistungstaugliche Verfahren zur Kompression von sub-ps Laserpulsen basieren auf der nichtlinearen spektralen Verbreiterung in einem Wellenleiter. Diese Verfahren sind in Leistungsskalierbarkeit, Effizienz (typisch < 80 Prozent) und adressierbaren Pulsenergiebereichen (< 5 μ J für Glasfasern, > 200 μ J für gasgefüllte Kapillaren) limitiert. Es soll ein effizientes Verfahren entwickelt werden, das die Pulskompression im mit existierenden Verfahren nicht adressierbaren Pulsenergiebereich von ~ 5 - 200 μ J ermöglicht. Das Verfahren soll für mittlere Leistungen bis in den kW-Bereich geeignet sein.

Vorgehensweise

Statt eines klassischen Wellenleiters wird als nichtlineares Medium eine Multi-Pass-Zelle verwendet, in der die zu komprimierenden Pulse ein dünnes nichtlineares Medium (z. B. Quarzglas) vielfach durchlaufen. Zwischen diesen Durchgängen liegt eine Propagationsstrecke ohne Nichtlinearität. Durch den Verzicht auf einen klassischen Wellenleiter werden die Limitierungen existierender Verfahren bezüglich Effizienz, Leistungsskalierbarkeit und Pulsenergiebereich umgangen.

Ergebnis

Mit dem beschriebenen Verfahren wurden die Pulse eines Yb:YAG-INNOSLAB-Lasersystems von 880 fs Pulsdauer auf < 170 fs komprimiert. Hierbei wurden komprimierte mittlere Ausgangsleistungen von 375 W bei einer Pulsenergie von 37,5 μ J erreicht. Die Effizienz der Anordnung lag bei 91 Prozent.

Anwendungsfelder

Die erreichte Kombination aus Pulsdauer, Pulsenergie und Ausgangsleistung ist sowohl für Anwendungen in der UKP-Materialbearbeitung, die auf nichtlinearen Prozessen beruhen (Multi-Photonen-Absorption, Filamentierung), als auch für die Erzeugung von kohärenter EUV-Strahlung durch Frequenzkonversion in einem Überhöhungsresonator von Interesse.

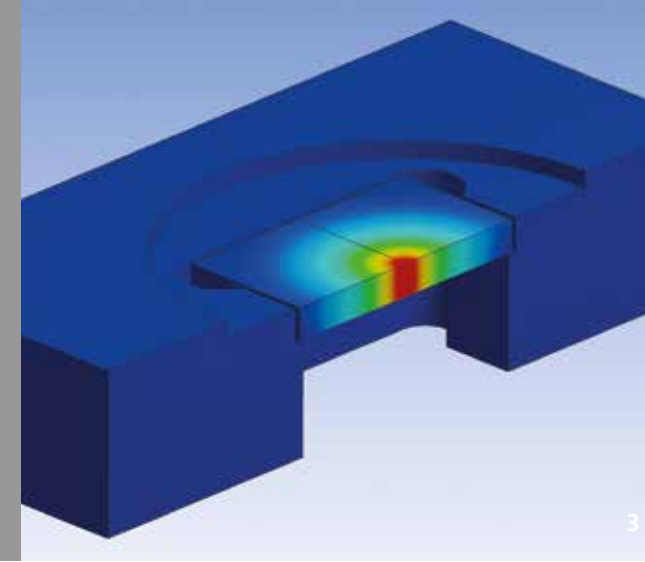
Das diesem Bericht zugrundeliegende FuE-Vorhaben wurde im Auftrag des Bundesministeriums für Bildung und Forschung BMBF unter dem Förderkennzeichen 13N11628 durchgeführt.

Ansprechpartner

Jan Schulte M.Sc.
Telefon +49 241 8906-371
jan.schulte@ilt.fraunhofer.de

Dr. Peter Rußbüldt
Telefon +49 241 8906-303
peter.russbueldt@ilt.fraunhofer.de

2 Aufbau zur nichtlinearen Pulskompression
in einer Multi-Pass-Zelle.



MODELLBASIERTE, SELBSTOPTIMIERENDE MONTAGE VON OPTISCHEN SYSTEMEN

Aufgabenstellung

Die Justage und die Montage von optischen Systemen sind in weiten Bereichen von manuellen Arbeitsschritten geprägt. In einigen Sonderbereichen werden einzelne Linsen zwar in großer Stückzahl vollautomatisiert justiert und montiert (z. B. FAC-Linsen), im Bereich der Kleinserien dominieren jedoch manuelle Prozesse. Angestrebt werden die vollautomatisierte, kostengünstige Justage und Montage von optischen Systemen auch bei kleinen Stückzahlen.

Vorgehensweise

Aufbauend auf dem planaren Design eines optischen Systems wird zunächst die Montagereihenfolge der einzelnen Komponenten mittels eines Optimierungstools berechnet. Wesentliche Zielgröße in diesem Schritt ist die Unempfindlichkeit gegenüber Bauteil- und Montagetoleranzen. Anschließend wird nach jedem Justage- und Montageschritt mit Hilfe eines Messsystems der aktuelle Ist-Zustand des optischen Systems bestimmt. Anhand eines optischen Modells können von diesem Zustand aus die Positionen der verbleibenden noch zu montierenden Komponenten optimiert werden, um die geforderte optische Funktionalität des Gesamtsystems sicherzustellen.

1 Zelle zur Montage von Planaroptiken.
2 Kinematisches System und Messsystem der Montagezelle.

Ergebnis

Eine Methode zur Berechnung einer optimalen Montagereihenfolge wurde entwickelt und an verschiedenen optischen Systemen demonstriert. Des Weiteren wurde die Abbildung von Messdaten in das optische Modell mit einem Fehler von unter 1 Prozent realisiert. Dieses wurde am Beispiel eines optischen Systems bestehend aus drei Linsen erfolgreich erprobt.

Anwendungsfelder

Die erarbeiteten Methoden und Algorithmen ermöglichen es, zwischen Justage- und Montageschritten den Systemzustand zu erfassen und das optische Modell zur Optimierung zu nutzen. Somit wird eine selbstoptimierende und funktionsorientierte Justage und Montage von optischen Systemen ermöglicht.

Ansprechpartner

Martin Holters M.Sc.
Telefon +49 241 8906-351
martin.holders@ilt.fraunhofer.de

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

THERMOOPTISCHE EFFEKTE IN KUNSTSTOFFOPTIKEN

Aufgabenstellung

Kunststoffoptiken zeichnen sich durch eine große Designfreiheit und durch günstige Stückkosten aus, da sie mittels Spritzgießen gefertigt werden können. Im Vergleich zu optischen Gläsern weisen Kunststoffe allerdings einen hohen Absorptionsgrad im Bereich von 1 %/cm auf. Außerdem liegen der thermooptische Koeffizient dn/dT sowie die thermische Deformation etwa zwei Größenordnungen über denen von Glas. Folglich sind signifikante thermooptische Effekte bereits bei geringen thermischen Lasten zu erwarten. Ein Einsatz von Kunststoffoptiken für Laseranwendungen im Leistungsbereich weniger 10 W sowie für Hochleistungs-LED-Anwendungen verlangt nach Methoden zur Modellierung und Kompensation dieser Effekte.

Vorgehensweise

Die thermische Last durch Absorption im Volumen der Optiken wird mittels einer Finite-Elemente-Analyse modelliert. Die resultierende Temperaturverteilung und Oberflächendeformation liegen in Form von diskreten Punkten vor. Mittels einer eigens entwickelten Software werden die diskreten Daten in stetig differenzierbare Funktionen für den Brechungsindexverlauf sowie die Oberflächendeformation überführt und im Raytracing-Programm Zemax OpticStudio nutzbar gemacht. Auf diese Weise können thermooptische Effekte bei der Optikauslegung berücksichtigt werden.

Ergebnis

Das thermooptische Verhalten einer Planplatte aus Polycarbonat bei Verwendung einer IR-Laserstrahlquelle ist untersucht worden. Die Simulation sagt eine thermische Brechkraft von $-0,20 \text{ m}^{-1}$ bei 5 W Laserleistung und einem Strahlradius von 1,7 mm vorher. Experimentelle Messungen bestätigen die thermooptischen Effekte im Bereich von 1 bis 20 W Laserleistung.

Anwendungsfelder

Die Simulationen ermöglichen eine präzise Abschätzung thermooptischer Effekte in Kunststoffoptiken und bilden damit die Basis für die Entwicklung von Kompensationsstrategien. Ein weiterer Schritt ist die Charakterisierung praxisrelevanter Kunststoffoptiken aus verschiedenen Materialien.

Ansprechpartner

Tobias Bonhoff M.Sc.
Telefon +49 241 8906-379
tobias.bonhoff@ilt.fraunhofer.de

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

3 Finite-Elemente-Modell der Polycarbonat-Probe.
4 Freiformoptik aus Kunststoff.

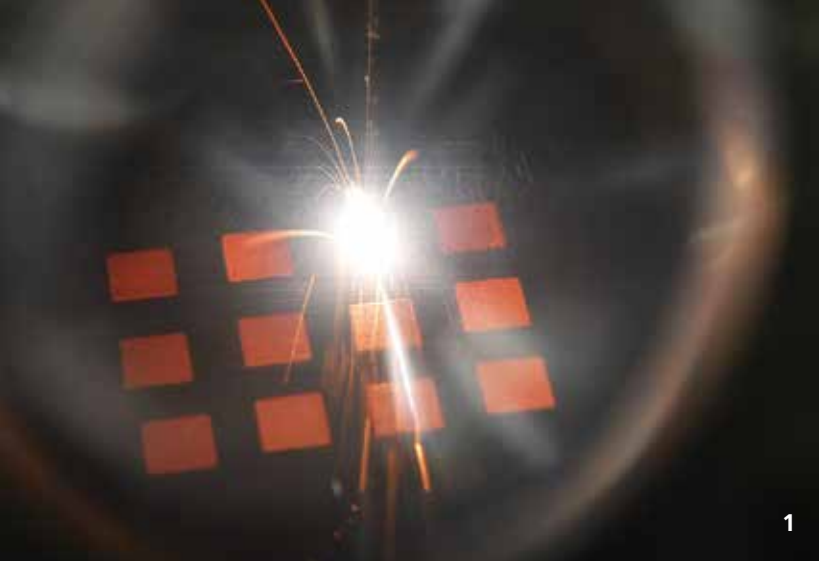
LASERMATERIALBEARBEITUNG



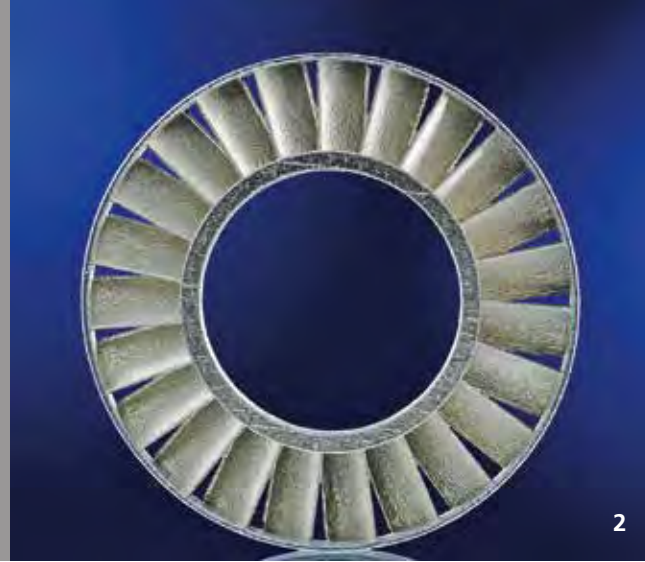
INHALT

Verarbeitung von Titanaluminiden (TiAl) mittels Hochtemperatur-Selective Laser Melting (HT-SLM)	56	Effiziente Bearbeitung von 3D-Werkzeugen durch den kombinierten Einsatz von kurzen und ultrakurzen Laserpulsen	79
Verarbeitung von Kupferlegierungen mittels SLM	57	Laserbasierter Glaslötprozess für den Randverbund von Vakuumisolierglasscheiben	80
Multisensorielle Prozessüberwachung für die additive Fertigung	58	Laserbonden von Aluminiumkontakten für die Batterietechnik	81
Automatisiertes Entstützen von SLM-Bauteilen	59	Laserstrahlmikroschweißen in der Batterietechnik	82
3D-Messung der Schutzgasströmung in SLM-Anlagen	60	Prozessüberwachung für die laserbasierte Herstellung von CFK-Verbundbauteilen	83
Low Cost SLM-System	61	Kognitive Prozessüberwachung	84
Simulation des Verzugs additiver und abtragender Verfahren	62	Texturbasierte Fugenfolge	85
Additive Fertigung einer Demonstrator-Luftfahrtkomponente durch LMD	63	Festigkeit artungleich geschweißter Verbindungen	86
Koaxiale Drahtzufuhr für das Laserauftragschweißen	64	ultrahochfester hoch manganhaltiger Stähle	86
Zertifizierte Beschichtungen mit dem EHLA-Verfahren	65	Fügen von formgeschweißtem Stellite 31 mit gewalztem Nimonic 75	87
Pulverzufuhrdüse für das EHLA-Verfahren	66	High Speed Laser Blanking	88
Dünne Schichten mit guter Oberflächenqualität durch zweistufiges Laserbeschichten	67	Laserschneiden für CFK-Metall-Hybridverbindungen	89
Applikationsangepasste Intensitätsverteilungen für die Laserwärmebehandlung	68	Laserschneiden von Polyester-Gestrick für Tissue Engineering Anwendungen	90
Laserbasierte Herstellung von Carbon-Nanofaservliesen	69	Interaktive Simulationen zum Schneiden und Bohren mit Laserstrahlung	91
Laserpolieren von SLE-gefertigten Glasbauteilen	70		
Schnelle Laserumschmelzstrukturierung (LUST) auf Ti6Al4V	71		
Laserfunktionalisieren von pre-applizierten Tapebeschichtungen	72		
Laserbasierte Inline-Funktionalisierung gedruckter Goldschichten	73		
Anlage zur Nanostrukturierung mittels achromatischer Talbotlithografie	74		
Fertigung von künstlichen SiGe-Quantenpunktkristallen	75		
Präzisionsbearbeitung von Dünnglas mit ultrakurz gepulster Laserstrahlung	76		
Kunststoff-Metall-Hybride durch Mikro- und Nanostrukturierung mit Ultrakurzpulslasern	77		
Verfahren zur Individualisierung von lackierten Bauteilen	78		

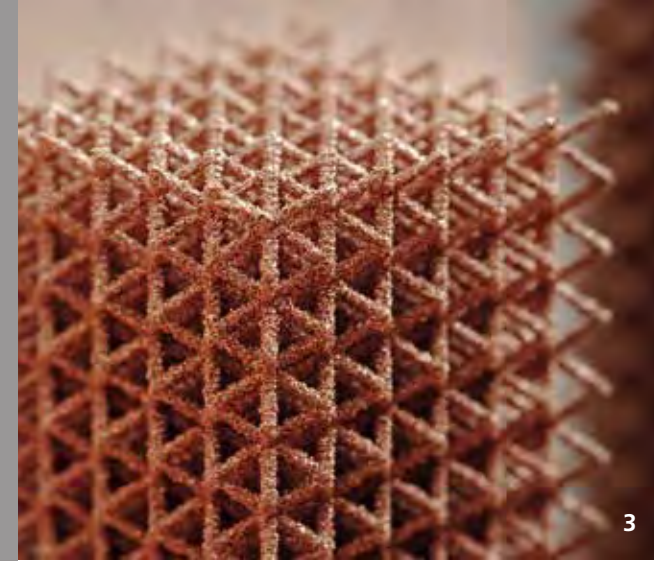
Beschichten einer Welle für den Offshore-Bereich.



1



2



3



4

VERARBEITUNG VON TITAN-ALUMINIDEN (TiAl) MITTELS HOCHTEMPERATUR-SELECTIVE LASER MELTING (HT-SLM)

Aufgabenstellung

Zur Verringerung der Schadstoffemission von Turbomaschinen werden zunehmend Leichtbauwerkstoffe eingesetzt. Titanaluminid (TiAl) bietet hierbei aufgrund der Kombination aus ausreichender Materialfestigkeit, geringem Gewicht und hoher thermischer Beständigkeit großes Potenzial. Aufgrund der Sprödigkeit und der Sauerstoffkonzentrationsabhängigen mechanischen Eigenschaften ist die Verarbeitung von TiAl mittels konventionellen Fertigungsverfahren schwierig. Das Selective Laser Melting (SLM) als pulverbettbasiertes additives Fertigungsverfahren bietet grundsätzlich die Möglichkeit, komplexe metallische Strukturen werkzeugfrei und endkonturnah zu fertigen. Deshalb ist das Ziel, eine SLM-Prozessführung für die Herstellung rissfreier TiAl-Bauteile mit einer Dichte > 99,5 Prozent zu entwickeln. Die mechanischen Eigenschaften der Bauteile sollen dabei im Bereich von gegossenem TiAl liegen.

Vorgehensweise

Das lokale Aufschmelzen während des SLM-Prozesses führt zu großen thermischen Gradienten, die besonders bei spröden Werkstoffen ursächlich für die Rissentstehung sein können. Zur rissfreien Verarbeitung von TiAl mittels SLM wird daher die Bearbeitungsebene über die Spröd-Duktil-Temperatur vorgewärmt.

- 1 Belichtung von SLM-Probekörpern aus TiAl bei Vorheiztemperatur > 800 °C.
2 Mittels HT-SLM gefertigter Leitschaukelring aus TiAl.

Für diesen Zweck wird eine SLM-Laboranlage mit einer Induktionsheizung verwendet, mit der Vorwärmtemperaturen von > 1000 °C erreicht werden. Für die Ermittlung der mechanischen Kennwerte »Bruchdehnung« und »Zugfestigkeit« werden Zugproben aufgebaut und mittels HIP wärmebehandelt, bevor sie im Zugversuch bei Raumtemperatur untersucht werden. Abschließend wird ein Leitschaukelring gefertigt und dessen Maßgenauigkeit mit Hilfe eines 3D-Scanners überprüft.

Ergebnis

Durch das Vorwärmen ist eine rissfreie Verarbeitung von TiAl mit Dichten > 99,95 Prozent und einem Duplex-Mikrogefüge mittels SLM möglich. Die Zugfestigkeit von 917 ± 97 MPa bei Raumtemperatur ist vergleichbar mit der Zugfestigkeit gegossener Zugproben, die Bruchdehnung ist allerdings kleiner. Grund dafür ist eine Zunahme der Sauerstoffkonzentration durch die Prozesskette. Wird eine während des Abkühlens auftretende Schrumpfung des Leitschaukelrings in Form eines Aufmaßes in der CAD-Datei berücksichtigt, kann eine Maßgenauigkeit von < 80 µm erreicht werden.

Anwendungsfelder

Mögliche Anwendungsfelder für mittels SLM gefertigter Bauteile aus TiAl sind der Turbomaschinenbau sowie der Automobil- und Luftfahrtsektor.

Das diesem Bericht zugrundeliegende KMU-Innovativ-Projekt wird im Auftrag des Bundesministeriums für Bildung und Forschung BMBF unter dem Förderkennzeichen 033RK035C durchgeführt.

Ansprechpartner

Andreas Vogelpoth M.Sc.
Telefon +49 241 8906-365
andreas.vogelpoth@ilt.fraunhofer.de

VERARBEITUNG VON KUPFERLEGIERUNGEN MITTELS SLM

Aufgabenstellung

Der Stand der Technik zur Verarbeitung von Kupferlegierungen mittels SLM wird seit mehreren Jahren am Fraunhofer ILT stetig erweitert. Die grundsätzliche Verarbeitbarkeit der Legierungen CuCr1Zr und CuCrNi2Si wurde bereits demonstriert. Das Ziel, eine Dichte > 99,5 Prozent bei der Verarbeitung zu gewährleisten, wird für diese Legierungen erreicht. Eine weitere Prozessentwicklung der beiden Legierungen für eine verbesserte Oberflächenqualität und ein höheres Auflösungsvermögen wurde bisher nicht durchgeführt, dies stellt jedoch einen wichtigen Schritt zur industriellen Anwendung dar. Die hohe thermische Leitfähigkeit und der hohe Reflexionsgrad der Legierungen für die verwendete Laserstrahlung der Wellenlänge $\lambda = \text{ca. } 1 \text{ }\mu\text{m}$ stellen hierbei eine Herausforderung in der Verarbeitbarkeit der Werkstoffe dar.

Vorgehensweise

Für die Verbesserung der Bauteilqualität wird eine systematische Variation der Verfahrensparameter unter Betrachtung der Gefüge- und Oberflächenqualität durchgeführt. Darüber hinaus werden unterschiedliche Bearbeitungsstrategien untersucht.

Ergebnis

Die Oberflächenqualität für die Verarbeitung der Legierungen wurde für senkrecht aufgebaute Wände von ca. $S_A = 45 \text{ }\mu\text{m}$ auf $S_A = \sim 10 \text{ }\mu\text{m}$ reduziert. Die minimale Wandstärke wurde von ca. 1 mm auf 0,3 mm reduziert. Darüber hinaus wird eine Formtoleranz im Bereich $\pm 0,1 \text{ mm}$ mit Hilfe von optischen 3D-Messungen an verschiedenen Komponenten nachgewiesen.

Anwendungsfelder

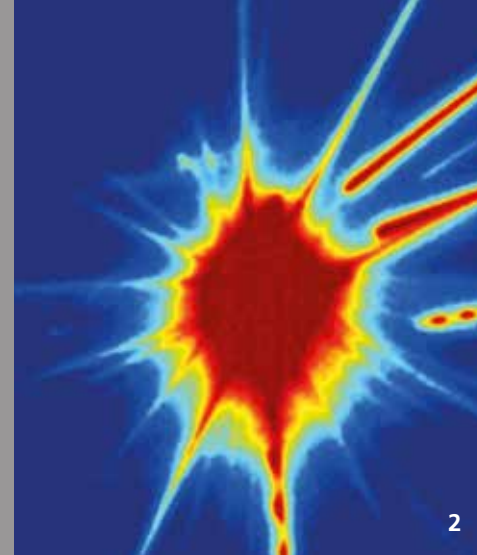
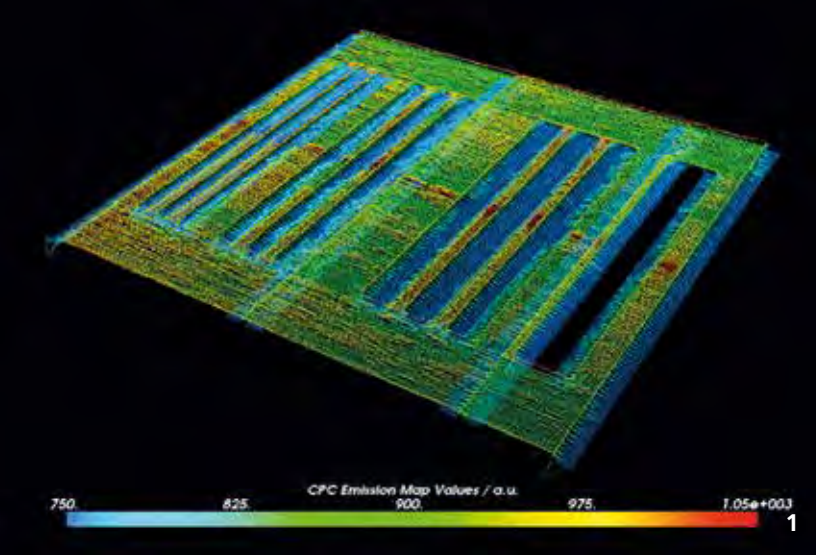
Kupfer und dessen Legierungen finden überwiegend Anwendungen im Bereich des Werkzeugbaus und der Elektrotechnik. Darüber hinaus weisen spezielle Kupferlegierungen besondere Korrosionsfestigkeiten auf. Beispielanwendungen sind die Fertigung wassergekühlter Induktionsspulen, spezieller Kühlstrukturen und Wärmetauscher bis hin zur Prototypenfertigung elektrisch leitfähiger Bauteile.

Ansprechpartner

Daniel Heußen M.Sc.
Telefon +49 241 8906-8362
daniel.heussen@ilt.fraunhofer.de

Dr. Wilhelm Meiners
Telefon +49 241 8906-301
wilhelm.meiners@ilt.fraunhofer.de

- 3 Gitterstruktur, Strebendurchmesser 0,3 mm.
4 Mittels SLM aufgebaute Induktionsspulen.



MULTISENSORIELLE PROZESSÜBERWACHUNG FÜR DIE ADDITIVE FERTIGUNG

Aufgabenstellung

Bei der Herstellung von Bauteilen hoher geometrischer und werkstofflicher Komplexität bieten additive Fertigungsverfahren neue Freiheitsgrade im Entwurf und in der Konstruktion. Die Integration einer Vielzahl von Funktionen in einem einzelnen Bauteil steht dabei an erster Stelle. Fertigungsverfahren zum selektiven Laserschmelzen von Metallen aus dem Pulverbett lassen innovative Bauteile entstehen, die lagenfein in ihren Eigenschaften bestimmbar sind. Die Produktqualität wird dabei letztendlich im Prozessverlauf bestimmt durch die Wechselwirkung des Lasers mit dem Metallpulver.

Vorgehensweise

In einem heute typischen Fertigungssystem mit einem metallischen Pulverbettverfahren wird der Laserstrahl der Bauteilgeometrie entsprechend mit einem Spiegelablenksystem im Bauraum positioniert. Das Aufschmelzen des Pulvers mittels Laserstrahlung führt zu einem Schmelzbad, dessen emittierte Wärmestrahlung in Betrag und Ausdehnung mittels Pyrometern, Fotodioden und schnellen Kameras detektiert wird. Die koaxiale Kopplung geeigneter Sensoren mit dem optischen System erlaubt die in-situ Bestimmung von Eigenschaften der Wechselwirkung. Dabei wird die vom Schmelzbad emittierte Strahlung auf dem gleichen optischen

Pfad wie die Bearbeitungsstrahlung geführt und kann so mit dem exakten Ort auf dem Bauteil verbunden werden. Die Analyse der Ergebnisse kann so mit lokalen Ereignissen im Bauteil korreliert werden.

Ergebnis

Die multisensorielle Prozessbeobachtung erlaubt die Aufnahme von Prozessverlaufslandkarten während der Bearbeitung. Sie stellen mit den Eigenschaften des Schmelzbads das Ergebnis der Wechselwirkung dar, während die Informationen direkt im Bauteil verortet sind. Typisch unterschiedliche Aufnahmezeiten werden durch eine robuste zeitliche Korrelation derart in Bezug gesetzt, dass nach Verdichtung der Daten ein konsistentes und verwertbares Ergebnis zur Verfügung steht.

Anwendungsfelder

Das System findet Anwendung bei der Prozesskontrolle in der generativen Fertigung von Bauteilen, die mittels Laserstrahlung aus dem Pulverbett erzeugt werden. Ziel ist, in Zukunft neben der Überwachung auf dieser Basis regelnd in den Prozess einzugreifen.

Ansprechpartner

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

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

- 1 Emissionslandkarte der thermischen Emission des Schmelzbads.
2 Schmelzbad im infraroten Strahlungsband.

AUTOMATISIERTES ENTSTÜTZEN VON SLM-BAUTEILEN

Aufgabenstellung

Ein wesentliches Hindernis für den heutigen Einsatz des SLM-Verfahrens in der industriellen Serienfertigung ist der hohe manuelle Aufwand bei der Endbearbeitung, insbesondere der Entfernung von Stützstrukturen. Nach heutigem Stand der Technik werden die Bauteile zunächst mittels Säge- oder Drahterodierbearbeitung von der Bauplattform getrennt. Im nächsten Schritt werden die Supportstrukturen mittels einfacher Handgeräte manuell vom Bauteil gelöst und die Oberflächen ggf. nachbehandelt. Dies bewirkt jedoch einen großen Zeit- und Kostenaufwand und ist daher für die Serienfertigung ungeeignet.

Im Rahmen eines derzeitigen Forschungsprojekts am Fraunhofer ILT wurden verschiedene automatisierbare Verfahrensansätze für das Entstützen bewertet und hinsichtlich ihrer Machbarkeit an SLM-gefertigten Geometrien aus AISi10Mg untersucht.

Vorgehensweise

Zur Vorauswahl potenziell geeigneter Verfahrensansätze wurde eine Nutzwertanalyse nach VDI 2221 durchgeführt. Die Konzepte mit dem größten Potenzial wurden daraufhin im Labormaßstab auf ihre Machbarkeit überprüft.

Ergebnis

Insbesondere der Verfahrensansatz »Chemisches Abtragen« bietet großes Potenzial für den Einsatz in der Serienfertigung. Nachweislich lässt sich das Verfahren sowohl für die vollständige Entfernung außen- wie auch innenliegender Supportstrukturen, unabhängig von deren Geometrie, anwenden. Besonders für den Wirkmechanismus geeignet ist jedoch eine baumartige Supportstruktur. Weitere Vorteile sind die stückzahlunabhängige Bearbeitungsdauer, die Parallelisierung mehrerer Bearbeitungsschritte und der Oberflächenglättungseffekt. Derzeit ist das Verfahren an AISi10Mg erprobt.

Anwendungsfelder

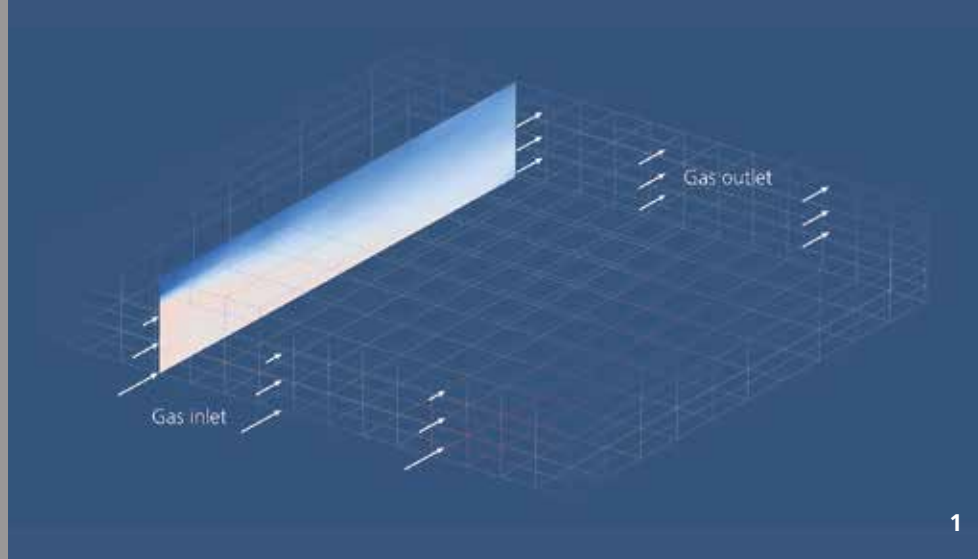
Aufgrund der einfachen Anlagentechnik lässt sich das Verfahren sowohl im kleinen Maßstab als auch für die industrielle Serienfertigung beispielsweise im Automobilbau anwenden. Durch geeignete Ätzmittelwahl kann das Verfahren auch auf andere Werkstoffe übertragen und somit einer breiten industriellen Anwendung zugänglich gemacht werden.

Das diesem Bericht zugrundeliegende FuE-Vorhaben wird im Auftrag des Bundesministeriums für Bildung und Forschung BMBF unter dem Förderkennzeichen 13N13641 durchgeführt.

Ansprechpartner

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

- 3 Innen- und außengestützte SLM-gefertigte Geometrie.
4 Mittels neuem Verfahrensansatz entstützte Geometrie.



3D-MESSUNG DER SCHUTZGASSTRÖMUNG IN SLM-ANLAGEN

Aufgabenstellung

Neben Prozessparametern wie Laserleistung, Scangeschwindigkeit und der Aufbaustrategie beeinflusst vor allem die Schutzgasströmung in SLM-Anlagen die Qualität der Bauteile. Eine allgemeine Charakterisierung der Strömung über den Volumenstrom ist dabei nicht ausreichend, entscheidend ist vielmehr das lokale Strömungsprofil über der Bauplattform. Für ein grundlegendes Verständnis der Korrelation der Schutzgasströmung mit der resultierenden Bauteilqualität soll daher die Strömung in SLM-Anlagen visualisiert und quantifiziert werden. Auf Grundlage dieser Ergebnisse kann anschließend eine optimierte Auslegung der Schutzgasströmung entwickelt werden.

Vorgehensweise

Zur Messung wird ein thermisches Anemometriesystem eingesetzt. Dieses erlaubt eine zeitlich hochaufgelöste Messung mit bis zu 50 kHz von Strömungsgeschwindigkeit und -richtung an einem Punkt. Mit Hilfe eines flexibel anpassbaren Portalsystems kann das Strömungsfeld in der SLM-Anlage so sequentiell Punkt für Punkt vermessen werden.

Ergebnis

Das entwickelte Konzept zur 3D-Visualisierung der Schutzgasströmung ermöglicht erstmals die direkte Vermessung der Schutzgasströmung in SLM-Anlagen ohne bauliche Veränderungen. Das Ergebnis ist eine ortsaufgelöste Messung der Geschwindigkeitsverteilung in einem Raster von etwa 1 mm Kantenlänge. Aufgrund der hohen Messfrequenz des thermischen Anemometers von bis zu 50 kHz kann darüber hinaus auf den Turbulenzgrad der Strömung geschlossen werden. Mit dieser Information kann eine Korrelation zwischen dem Strömungsprofil und der Bauteilqualität ermittelt werden, welche für die Auslegung der Schutzgasströmung aktueller und zukünftiger Maschinengenerationen notwendig ist.

Anwendungsfelder

Die Ergebnisse liefern einen Beitrag zur Prozessrobustheit und -reproduzierbarkeit beim SLM und sind damit sowohl für Hersteller von SLM-Anlagen als auch für deren Anwender relevant.

Ansprechpartner

Dipl.-Ing. Maximilian Schniedenharn
Telefon +49 241 8906-8111
maximilian.schniedenharn@ilt.fraunhofer.de

Dr. Wilhelm Meiners
Telefon +49 241 8906-301
wilhelm.meiners@ilt.fraunhofer.de



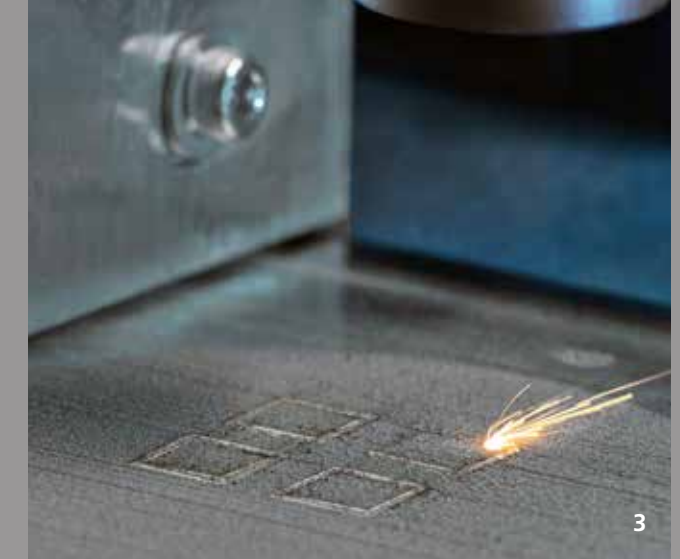
LOW COST SLM-SYSTEM

Aufgabenstellung

Das Selective Laser Melting (SLM) gehört zu den additiven Fertigungstechnologien und hat sich durch die Möglichkeit, hochkomplexe Bauteile aus metallischen Werkstoffen herzustellen, in der Fertigungstechnik etabliert. Auch kleine und mittlere Unternehmen (KMU) sehen zunehmend die ökonomischen und technologischen Chancen des Additive Manufacturing (AM). Während große Unternehmen unmittelbar in die innovative Technologie investieren, um neue Absatzmärkte zu erschließen oder bestehende Produkte und Prozesse zu verbessern, scheuen kleinere Unternehmen oftmals die Investitionsrisiken. Hier setzt das eng kooperierende Expertenteam des Fraunhofer ILT und der FH Aachen mit der Entwicklung eines Low Cost SLM-Systems an. Der praxisorientierte Ansatz und das tiefgehende Prozess- und Anlagenverständnis eröffnen so vor allem kleinen und mittelständischen Betrieben den Zugang zum Additive Manufacturing von Metallen.

Vorgehensweise

Das Konzept des Low Cost SLM-Systems verzichtet auf kostentreibende Komponenten wie beispielsweise klassische Laser-Scanner-Systeme. Durch die Verwendung eines kartesischen Achssystems in Kombination mit einem Diodenlaser als Strahlquelle ergeben sich die größten Einsparmöglichkeiten. Ziel ist es, durch das vergleichbar kostengünstige Anlagenkonzept vor allem KMUs den Einstieg in die additive Fertigung von Metallen zu erleichtern.



In einem ersten Schritt wurde eine Prototypenanlage mit folgenden Hauptkomponenten aufgebaut:

- 2-Achssystem
- Bauraum: Ø 80 mm x 90 mm
- Diodenlaser > 100 W mit 250 µm Fokusdurchmesser

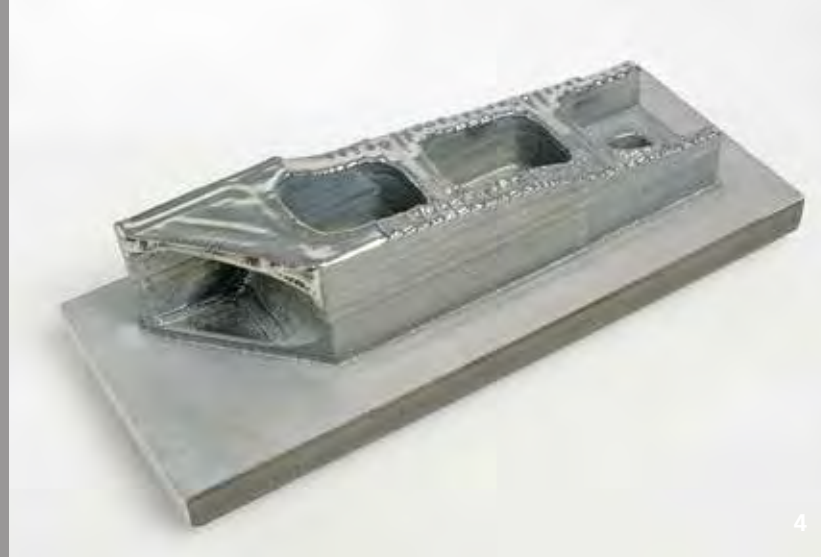
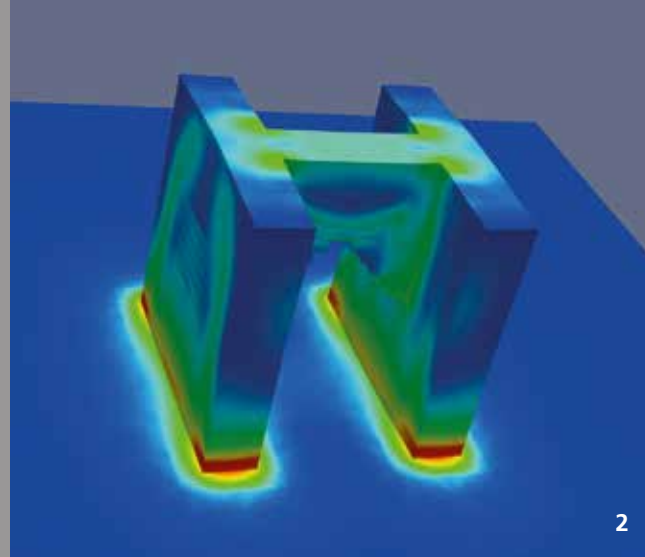
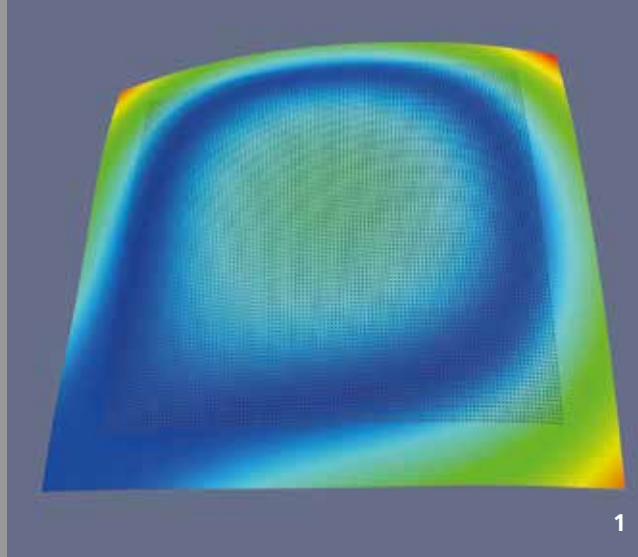
Ergebnis

Mit dem Anlagenkonzept konnte die Eignung eines Diodenlasers zum selektiven Laserstrahlschmelzen von Metallpulver nachgewiesen werden. Bei ersten Versuchen wurden Parameter für den Werkstoff 1.4404 validiert, mit denen eine Dichte von über 99,7 Prozent erreicht wird. Dies resultiert in einer Zugfestigkeit entsprechend eines konventionell hergestellten Werkstoffs. Die Funktionalität der Anlage und die geometrisch erreichbare Bauteilqualität werden anhand von Demonstratoren dargestellt.

In einem weiteren Schritt soll die Anlage dem Industriestandard angepasst werden. Dies beinhaltet eine Weiterentwicklung im Bereich der Steuerung und Software sowie die Integration von Sicherheits- und Schutzfunktionen. In Bezug auf den Prozess steht die Parametrisierung weiterer Werkstoffe wie Aluminiumlegierungen und Werkzeugstähle im Vordergrund. Zusätzlich wird der Bauraum vergrößert, um mögliche Einsatzgebiete der Anlage zu erweitern.

Ansprechpartner

Dawid Ziebura M.Eng.
Telefon +49 241 8906-8172
dawid.ziebura@ilt.fraunhofer.de



SIMULATION DES VERZUGS ADDITIVER UND ABTRAGENDER VERFAHREN

Aufgabenstellung

Bei additiven Fertigungsverfahren oder bei der Strukturierung von dünnen Folien führen thermisch induzierte plastische Dehnungen zu Eigenspannungen und Verzug. Eine durch diese plastische Dehnungen veränderte Bauteilform kann zu einer Nachbearbeitung oder zur Unbrauchbarkeit führen. Die Bestimmung einer bauteil- und werkstoffspezifischen Verfahrensführung erfordert einen erheblichen experimentellen Aufwand und kann durch numerische Simulation des thermischen Verzugs vereinfacht werden.

Vorgehensweise

Zur Berechnung der Deformation von Bauteilen in Abhängigkeit von Prozessparametern werden Simulationstools benötigt, mit denen Temperaturen, plastische Dehnungen und Spannungen auf zeitlich veränderlichen Bauteilgeometrien effizient berechnet werden können. Hierzu wurde ein Simulationstool (StrucSol) mit einem iterativen Verfahren zur schnellen Lösung thermo-elastoplastischer Gleichungen entwickelt. Der Löser ist massiv parallelisiert und zeichnet sich bei großen Gleichungssystemen durch einen geringen Speicherbedarf und eine hohe Berechnungsgeschwindigkeit aus.

Ergebnis

StrucSol wurde zur Berechnung der Temperaturverteilung und des Verzugs bei der Strukturierung von dünnen Folien (Bild 1) mit ultrakurzen Laserpulslen und beim Selective Laser Melting SLM (Bild 2) angewendet. Bei der Strukturierung werden die deponierte Laserleistung und die Abtragsgeometrien der Einzelstrukturen mit einem Mikromodell berechnet und bei der Fertigung der metallischen Folie in einem Makromodell berücksichtigt. Beim SLM-Prozess werden einzelne Layer zu einem Verbund zusammengefasst und dann schichtweise beim Aufbau des Bauteils aktiviert und prozessiert.

Anwendungsfelder

Das entwickelte Simulationstool wird zur Berechnung der Temperaturverteilung und des Verzugs beim Strukturieren und beim SLM-Prozess angewendet und bietet die Möglichkeit für eine Übertragung auf andere Bearbeitungsprozesse wie Laser Metal Deposition, das Schweißen oder das Bohren.

Ansprechpartner

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

Dr. Rolf Wester
Telefon +49 241 8906-401
rolf.wester@ilt.fraunhofer.de

ADDITIVE FERTIGUNG EINER DEMONSTRATOR-LUFTFAHRTKOMPONENTE DURCH LMD

Aufgabenstellung

Um große, komplexe und dadurch kostenintensive Bauteile z. B. aus Nickelbasis-Superlegierungen in der Luftfahrtindustrie effizienter fertigen zu können, werden alternativ zur konventionellen Herstellung additive Verfahren wie das Laserauftragsschweißen (LMD) untersucht. Ein entscheidendes Kriterium für die industrielle Verbreitung ist neben technologischen Aspekten die Wirtschaftlichkeit des LMD-Verfahrens. Signifikante Kostenfaktoren sind dabei die Zeiten für den Fertigungsprozess und die anschließende Nachbearbeitung. Beide Punkte werden im Rahmen des EU-Projekts »AMAZE« untersucht und sollen an einer Triebwerksaufhängung als Demonstratorbauteil (Bild 3) mit gesteigerter Aufbaurate umgesetzt werden. Die Fertigung des Demonstrators erfolgt in lokaler Schutzgasatmosphäre ohne Prozesskammer.

Vorgehensweise

Aufgrund der lokalen Schutzgasabschirmung und des dadurch bedingten Oxidationsrisikos sollte die Oberflächentemperatur vor Beginn der nächsten Schicht auf unter 80 °C abgekühlt sein. Die zuvor durchgeführten Parameteruntersuchungen zeigten, dass die bei größeren Spurbreiten nominal höheren Aufbauraten im Gegenzug durch diese Anforderung zu verlängerten Kühlzeiten führen, welche die Gesamtaufbauraten reduzieren. Daher wurde als Kompromiss eine Spurbreite von 2 mm ausgewählt.

Ergebnis

Mit dem ermittelten Parametersatz wurde als Demonstrator eine Hälfte der Triebwerksaufhängung erfolgreich in einer Bauzeit von ca. 11 Stunden aufgebaut (Bild 4), wobei die Schutzgasabschirmung ausschließlich lokal durch die Pulverdüse erfolgte. Auf die zwischen den Schichten eingefügten Kühlzeiten entfielen in Summe etwa 4 Stunden der Bauzeit. Die endkonturnahe Erstellung des Demonstrators wurde mit Hilfe des am Fraunhofer ILT entwickelten CAM-Systems »LMDCAM« zur Offline-Planung der NC-Programme erzielt. Durch den Aufbau einer Stützstruktur durch LMD auf der Rückseite der Substratplatte konnte der Verzug signifikant reduziert werden.

Anwendungsfelder

Die erzielten Erkenntnisse mit dem Werkstoff Inconel® 718 lassen sich auf andere Werkstoffe und Anwendungen übertragen. Potenziale besitzen Bauteile, die ein hohes Zerspansungsvolumen aufweisen, z. B. Integral- und Triebwerksbauteile aus der Luftfahrttechnik oder Turbinen aus Hochleistungswerkstoffen zur Energiegewinnung. Im Werkzeug- und Formenbau bieten sich effektive und flexible Lösungen an, z. B. zur Modifikation von Bauteilen.

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

Ansprechpartner

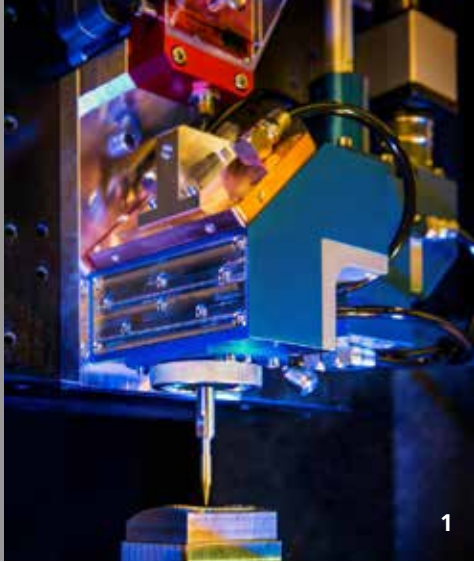
Dipl.-Ing. Jochen Kittel
Telefon +49 241 8906-136
jochen.kittel@ilt.fraunhofer.de

1 Verzug einer dünnen Folie nach der Strukturierung.

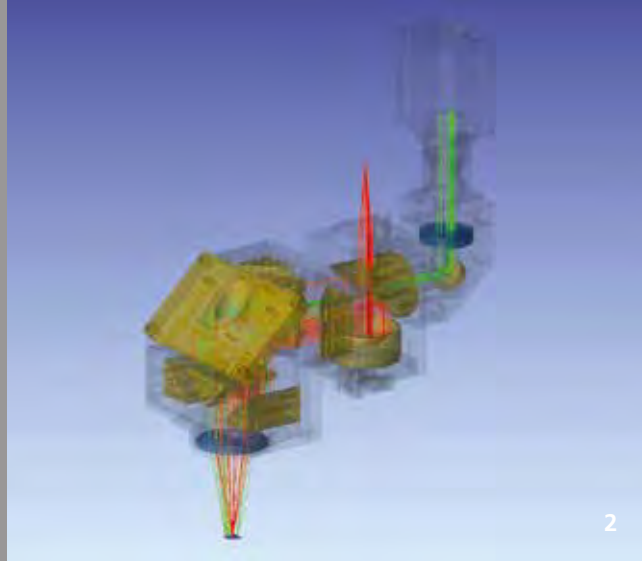
2 Von-Mises-Vergleichsspannung für ein SLM-Bauteil.

3 CAD-Modell Pylon-Bracket (Quelle: Airbus Group).

4 LMD-Demonstrator Pylon-Bracket-Segment (50 Prozent - 248 x 65 x 60 mm³).



1



2



3



4

KOAXIALE DRAHTZUFUHR FÜR DAS LASERAUFTRAGSCHWEISSEN

Aufgabenstellung

Das Laserauftragschweißen (LA) mit drahtförmigen Zusatzwerkstoffen ist eine Alternative zum LA mit pulverförmigen Zusatzwerkstoffen. Für einige Anwendungen sind unter anderem der auftretende Overspray, der Pulverwirkungsgrad, die unzureichende Qualität des Pulvers oder Verschmutzungen von Bauteil und Systemtechnik Ausschlusskriterien für das LA mit pulverförmigem Zusatzwerkstoff. Typischerweise erfolgt die Drahtzufuhr lateral, so dass eine richtungsunabhängige Bearbeitung nicht möglich ist. Ausnahmen bilden die am Fraunhofer IWS und ILT entwickelten koaxialen Konzepte, die eine richtungsunabhängige Bearbeitung erlauben, aber durch ihre Baugrößen für Anwendungen an Robotersystemen nur bedingt geeignet sind. In einer weiteren Entwicklung wird daher ein kleinerer und kompakterer Bearbeitungskopf mit einem Systemgewicht von etwa 5 kg für das LA entwickelt, in dem eine koaxiale Drahtzufuhr eine richtungsunabhängige 3D-Bearbeitung ermöglichen soll.

Vorgehensweise

Die Entwicklung eines kompakten Bearbeitungskopfs erfordert eine Überarbeitung des vom Fraunhofer ILT patentierten Verfahrens zur Erzeugung eines Ringstrahls. Der Einsatz von reflektiven Optiken ermöglicht eine Reduzierung der Baugröße

und erlaubt einen wellenlängenunabhängigen Betrieb des Bearbeitungskopfs. Neben der reinen Strahlführung und -formung wird in den Bearbeitungskopf eine koaxiale Prozessbeobachtung integriert.

Ergebnis

Ein Bearbeitungskopf für das LA mit koaxialer Drahtzufuhr, mit einem Systemgewicht von etwa 5 kg und einer Baugröße von 200 x 100 x 200 mm³ (B x T x H) steht zur Verfügung. Bei der Erprobung des Bearbeitungskopfs konnte ein richtungsunabhängiger Laserauftragschweißprozess nachgewiesen werden. Dies wurde anhand von Auftragschweißungen mit Ti6242 demonstriert. Die integrierte koaxiale Prozessbeobachtung wird zur exakten Positionierung des Bearbeitungskopfs genutzt.

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. Oliver Pütsch
Telefon +49 241 8906-617
oliver.puetsch@ilt.fraunhofer.de

1 Bearbeitungskopf mit koaxialer Drahtzufuhr.

2 Schematische Darstellung der Strahlengänge.

ZERTIFIZIERTE BESCHICHTUNGEN MIT DEM EHLA-VERFAHREN

Aufgabenstellung

Die Oberfläche von Hydraulikzylinderkolbenstangen ist extremen Verschleiß- und Korrosionsbeanspruchungen ausgesetzt. Durch den direkten Kontakt mit Salzwasser gilt das insbesondere für den Einsatz im Offshore-Bereich. Um die Oberfläche gegen die rauen Umgebungsbedingungen zu schützen, werden metallische Beschichtungen im Schichtdickenbereich von 100 - 300 µm eingesetzt. Beim Versagen einer Beschichtung drohen kostspielige Ausfallzeiten und immense Umweltgefahren. Der Austausch oder die Reparatur der Kolbenstangen ist wegen der beschränkten Zugänglichkeit schwierig, zeitaufwendig und teuer. Lange Zeit waren in der Offshore-Industrie für die Beschichtung von Kolbenstangen galvanische Verfahren Stand der Technik. Durch verschärfte Auflagen in den Bereichen des Umweltschutzes, der CO₂-Reduzierung und der Energieeffizienz besteht jedoch nun ein steigender Bedarf an alternativen, ressourcenschonenden und automatisierbaren Beschichtungsverfahren mit großer Schichtqualität.

Vorgehensweise

In Kooperation mit dem niederländischen Anlagenbauer Hornet Laser Cladding B.V. wurde bei einem der weltweit führenden Hersteller von maßgeschneiderten Hydraulikzylindern IHC Vremac B.V. eine Anlage für die Beschichtung von bis zu 10 Meter langen Hydraulikzylinderkolbenstangen mit dem vom Fraunhofer ILT entwickelten extremen Hochgeschwindigkeits-Laserauftragschweißen (EHLA) installiert.

Die Vorteile dieses neuen Verfahrens bestehen darin, dass erstmalig hochqualitative, dünne und schmelzmetallurgisch angebundene Metallschutzschichten wirtschaftlich auf großen Bauteilen aufgetragen werden können.

Ergebnis

Der gesamte Beschichtungsprozess wurde von der MME Group aus Ridderkerk unter der Aufsicht der Lloyds' Register Nederland überprüft. Dabei wurde die Einhaltung sämtlicher Anforderungen nach ISO 15614-7 (Schweißverfahrensprüfung), EN 14732 (Bediener- und Einrichterprüfung) sowie dem Salzprüfetest nach ISO 9227 nachgewiesen und durch die Lloyds' Register EMEA Marine zertifiziert.

Anwendungsfelder

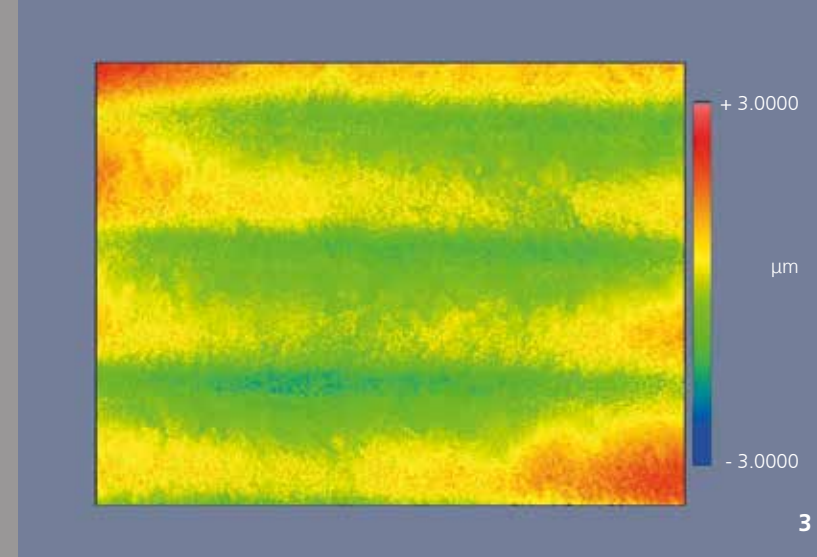
Das EHLA-Verfahren eignet sich grundsätzlich zur Beschichtung aller rotationssymmetrischen Bauteile zum Schutz gegen Korrosion sowie Abrasiv- und Adhäsivverschleiß.

Ansprechpartner

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

3 Hydraulikzylinder im Offshore-Bereich
(Quelle: IHC Vremac B.V.).

4 Mit dem EHLA-Verfahren beschichtete
Hydraulikzylinderkolbenstange.



PULVERZUFUHRDÜSE FÜR DAS EHLA-VERFAHREN

Aufgabenstellung

Konventionell wird beim Laserauftragschweißen ein pulverförmiger Zusatzwerkstoff durch eine Pulverdüse in das vom Laserstrahl auf der Bauteiloberfläche erzeugte Schmelzbad injiziert und dort geschmolzen. Durch Verfahren des Laserstrahls relativ zum Bauteil und Überlappung von Einzelschichten entsteht auf dem Bauteil eine Schicht. Die maximalen Prozessgeschwindigkeiten liegen hier bei ca. 15 bis 20 m/min. Beim extremen Hochgeschwindigkeits-Laserauftragschweißen (EHLA) wird dagegen der pulverförmige Zusatzwerkstoff in den Laserstrahl injiziert und schon im Laserstrahl geschmolzen, bevor das Pulver das Schmelzbad erreicht. Dadurch sind Prozessgeschwindigkeiten von mehreren 100 m/min möglich. Eine besondere Herausforderung stellt dabei die Pulverzufuhr bzw. die Pulverdüse dar.

Vorgehensweise

Um das EHLA-Verfahren für den industriellen Einsatz nutzen zu können, muss die Pulverdüse folgende Anforderungen erfüllen:

- Einstellbare Pulvergasstrahlkaustik zur optimierten Einbringung des Pulvers in den Laserstrahl
- Erzeugung eines dichten Pulvergasstrahls zur Maximierung des Pulverwirkungsgrads

- Gleichbleibende Pulvergasstrahlqualität für große Fördermengen von > 500 kg
- Einfacher Wechsel von Düsenkomponenten nach Störungen verursacht durch Bedienfehler oder Verschleiß

Basierend auf der bereits vorhandenen Fraunhofer ILT-Koaxialdüsenteknologie für das Laserauftragschweißen wurden weitere Entwicklungen und Modifikationen für eine EHLA-Düse vorgenommen.

Ergebnis

Um die Anforderungen an die Pulverdüse (siehe Punkt 1 und 2 unter Vorgehensweise) zu erfüllen, wurde ein frei einstellbarer Pulvergasstrahlkanal entwickelt. In Kombination mit einem Schutzgasstrom konnte der Pulvergasstrahl an die Laserstrahlkaustik angepasst und gleichzeitig der Pulverfokus optimiert werden. Durch eine Oberflächenvergütung der Pulverströmungsflächen und die Möglichkeit, beschädigte Düsen spitzen auszutauschen, wurde eine signifikante Erhöhung der Standzeit erreicht.

Anwendungsfelder

Der Einsatz der EHLA-Düse bzw. des ELHA-Verfahrens ist besonders geeignet zum Auftragen von dünnen verschleiß- und korrosionsbeständigen Schichten auf rotationssymmetrischen Bauteilen, wie z. B. Wellen und Scheiben für die Schwer- und Offshore-Industrie als Alternative zum Verchromen.

Ansprechpartner

Dipl.-Ing. Gerhard Backes
Telefon +49 241 8906-410
gerhard.backes@ilt.fraunhofer.de

1 Koaxiale Pulverdüse mit Wechselspitze.

2 Beschichten einer Welle
für den Offshore-Bereich.

DÜNNE SCHICHTEN MIT GUTER OBERFLÄCHENQUALITÄT DURCH ZWEISTUFIGES LASERBESCHICHTEN

Aufgabenstellung

Aufgabenstellung ist die Entwicklung eines zweistufigen Beschichtungsverfahrens, das im Schichtdickenbereich von 20 - 300 µm die Einstellung einer hohen Oberflächenqualität bei einer schmelzmetallurgischen Anbindung an das Substrat ermöglicht. Darüber hinaus sollen im Hinblick auf eine industrielle Umsetzung große Flächenraten ($A \geq 0,5 \text{ cm}^2/\text{s}$) erzielt werden.

Vorgehensweise

In der ersten Stufe wird die Beschichtung mittels eines »Air-Spray-Verfahrens« aufgebracht. Der pulverförmige Beschichtungswerkstoff (Anteil ca. 70 Prozent) befindet sich hierbei in einer wässrigen Lösung mit Anteilen (< 3 Prozent) von chemischen Zusätzen, u. a. Bindemittel und Antioxidationsmittel. Anschließend wird die Beschichtung bei ca. 80 °C getrocknet und mittels Laserstrahlung umgeschmolzen.

Ergebnis

Untersucht wurden bisher ein Edelstahl (1.4404) und eine Ni-Basislegierung (Deloro 22). Es werden rissfreie und porenarme Schichten mit Dicken von 80 - 100 µm erzeugt, die schmelzmetallurgisch an den Grundwerkstoff angebunden sind. Die Parameterstudien zeigen, dass Flächenrate und Oberflächengüte nicht in gleicher Richtung verbessert werden können. Der zurzeit für eine Flächenrate von $A = 0,5 \text{ cm}^2/\text{s}$ erzielte Rauheitswert ist auf $R_a \approx 3 \text{ µm}$ begrenzt. Für kleinere Flächenraten kann dagegen eine Rauheit von $R_a \approx 0,5 \text{ µm}$ erreicht werden. Schwerpunkt weiterführender Untersuchungen ist die Applikation der Schichten auf Bauteile.

Anwendungsfelder

Anwendungsfelder sind z. B. der Verschleißschutz im Werkzeug- und Formenbau und die Herstellung von Funktionsschichten in der Elektronikindustrie.

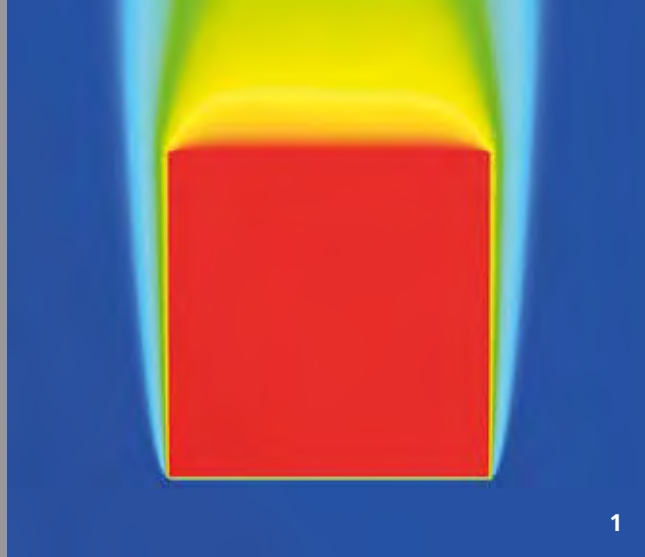
Die Arbeiten werden im Rahmen eines CORNET-Projekts (deutscher Projektträger AiF) gemeinsam mit dem belgischen Institut CRIBC in Mons durchgeführt.

Ansprechpartner

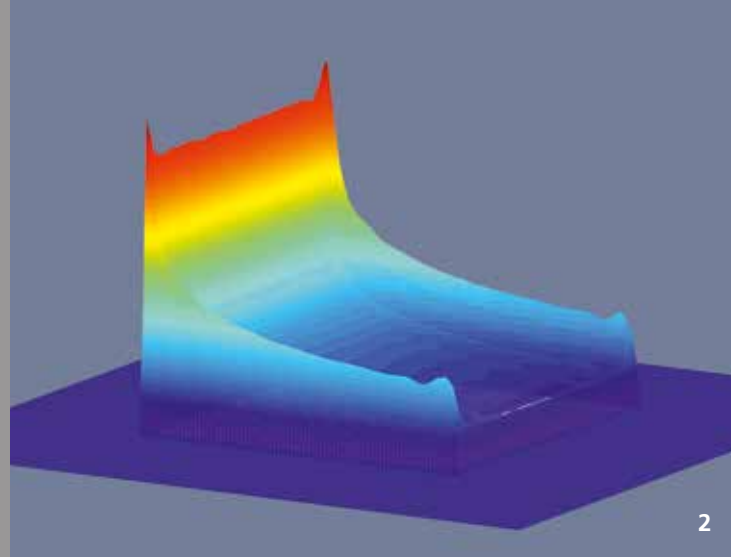
Dipl.-Ing. Dora Maischner
Telefon +49 241 8906-8017
dora.maischner@ilt.fraunhofer.de

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

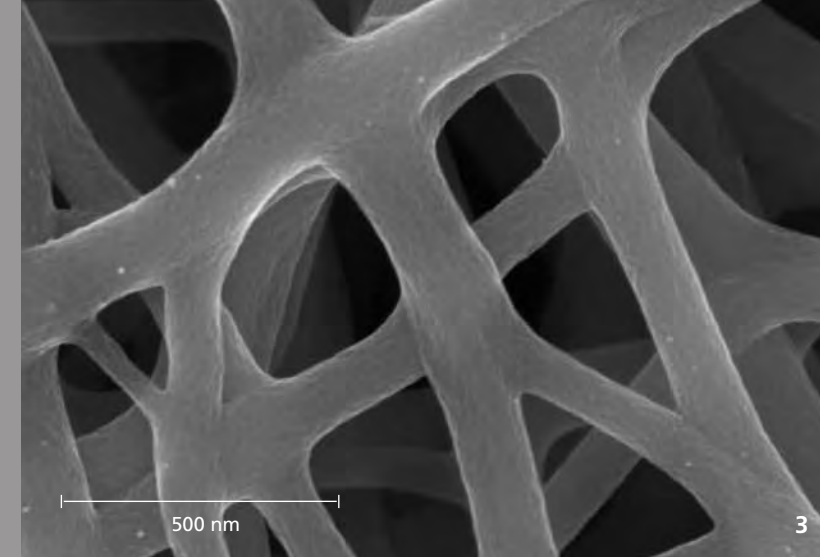
3 Aufnahme der Oberfläche einer Schicht
aus Deloro 22 ($R_a = 0,43 \text{ µm} \pm 0,02 \text{ µm}$)
mit einem Weißlichtinterferometer für eine
Messfeldgröße von 0,35 mm x 0,26 mm.



1



2



3

APPLIKATIONSANGEPASSTE INTENSITÄTSVERTEILUNGEN FÜR DIE LASER-WÄRMEBEHANDLUNG

Aufgabenstellung

Die stetig steigenden Anforderungen an Laserwärmebehandlungsverfahren bezüglich Bauteilgeometrie, Werkstoffzusammensetzung, Bearbeitungsqualität und Effizienz sind oftmals mit konventionellen Intensitätsverteilungen nicht zu erfüllen. Der Einsatz von an die Werkstückgeometrie und die Werkstoffeigenschaften angepassten Intensitätsverteilungen eröffnet die Möglichkeit, diesen Defiziten zu begegnen. Hier bieten Strahlformungsmethoden wie Freiformoptiken oder der Verwendung sogenannter »Vertical Cavity Surface Emitting« Laserstrahlquellen (VCSEL) die Möglichkeit, über die Formung der Intensitätsverteilungen das im Werkstück induzierte Temperaturprofil gezielt einzustellen.

Vorgehensweise

Zunächst werden für unterschiedliche Laserwärmebehandlungsverfahren unter Verwendung konventioneller Intensitätsverteilungen experimentell Temperatur-Zeit-Verläufe ermittelt, die zu einem optimalen Bearbeitungsergebnis führen. Mit Hilfe eines Algorithmus zur Lösung eines inversen Temperaturproblems kann dann aus dem geforderten zeitlichen und

örtlichen Temperaturprofil auf die optimale Intensitätsverteilung geschlossen werden. Diese wird anschließend – je nach Anwendung – entweder durch Freiformoptiken oder durch VCSEL-Arrays realisiert.

Ergebnis

Sowohl für das Laserentfestigen wie auch für das Laserhärten konnten bereits optimale Temperaturprofile berechnet werden. Mit Hilfe einer effizienten Implementierung eines Lösungsalgorithmus des inversen Temperaturproblems konnten daraus die entsprechenden Intensitätsverteilungen ermittelt und anschließend geeignete Freiformoberflächen zur Erzeugung dieser Intensitätsverteilungen ausgelegt werden.

Anwendungsfelder

Die entwickelten Methoden sind in einem weiten Bereich der Laserwärmebehandlung in verschiedenen Branchen anwendbar. Dazu zählen unter anderem das Laserhärten, das Laserentfestigen sowie das Funktionalisieren dünner Schichten.

Das diesem Bericht zugrundeliegende FuE-Vorhaben wird unter dem Förderkennzeichen 13N13476 im Rahmen des Forschungscampus »Digital Photonic Production« durchgeführt.

Ansprechpartner

Annika Völl M.Sc.
Telefon +49 241 8906-8369
annika.voell@ilt.fraunhofer.de

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

- 1 Optimales Temperaturprofil für viele Laserwärmebehandlungsverfahren.
2 Intensitätsverteilung zur Erzeugung eines homogenen Temperaturprofils.

LASERBASIERTE HERSTELLUNG VON CARBON-NANOFASERVLISEN

Aufgabenstellung

Carbonfaservliese bieten einen exzellenten Ansatzpunkt als leitendes Medium in Energieapplikationen, als Abscheidemedium in Filteranwendungen oder als Membranen. Alle drei Anwendungen setzen für ein optimales Materialverhalten hohe spezifische Oberflächen der Vliese voraus. Zur Herstellung der Carbon-Nanofaservliese werden Polyacrylnitril (PAN)-Fasern zuerst über ein Elektrosponning-Verfahren geformt und in einem Ofenprozess anschließend thermisch nachbehandelt und stabilisiert. In einem letzten Prozessschritt findet die Carbonisierung der stabilisierten Vliese statt.

Vorgehensweise

Im Rahmen des AIF-Projekts »ePolyVlies« wird der letzte Prozessschritt der Carbonisierung der Vliese mittels laserbasierter thermischer Nachbehandlung untersucht. Durch die hohen über die Laserstrahlung erreichbaren Aufheizraten von 10 - 50 K/s werden während des Carbonisierungsprozesses in Nebenprodukten große Mengen an Prozessgasen freigesetzt. Die schnelle Verdampfung führt zur Bildung nanometergroßer Poren, die zur Erzeugung großer spezifischer Oberflächen der Vliese führen.

Ergebnis

Am Leibniz-Institut für Interaktive Materialien (DWI) werden BET-Messungen zur Größenbestimmung der Oberflächen mittels Gasadsorption durchgeführt. Die Messungen zeigen, dass über den herkömmlichen Ofenprozess hergestellte Vliese eine spezifische Oberfläche um 12 m²/g aufweisen. Die spezifische Oberfläche der laserbasiert carbonisierten Vliese weist mit ~ 490 m²/g einen 40 Mal höheren Wert auf als im Ofenprozess carbonisierte Vliese.

Anwendungsfelder

Zu den möglichen Anwendungsfeldern gehören Energieapplikationen, Filteranwendungen sowie Membranen.

Das diesem Bericht zugrundeliegende FuE-Vorhaben wurde im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie BMWi unter dem Förderkennzeichen 17973 BG/2 durchgeführt.

Ansprechpartner

Dipl.-Ing. Philipp Lott
Telefon +49 241 8906-8036
philipp.lott@ilt.fraunhofer.de

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

- 3 Laserbasiert hergestelltes Nanofaservlies (Quelle: DWI, Aachen).



LASERPOLIEREN VON SLE-GEFERTIGTEN GLASBAUTEILEN

Aufgabenstellung

Das laserbasierte Fertigungsverfahren Selective Laser Etching (SLE) bietet aufgrund seiner nahezu uneingeschränkten Designfreiheit die Möglichkeit, komplexe und individuelle Bauteile aus Quarzglas zu fertigen. Allerdings weisen die mittels SLE gefertigten Oberflächen aufgrund der Laserstrukturierung im Bulkmaterial und dem anschließenden Ätzprozess eine Mikrorauheit von $S_a = 400 \text{ nm}$ (Messfeld $100 \times 100 \mu\text{m}^2$) auf. Die Politur der Oberflächen insbesondere von komplexen Geometrien und innenliegenden Flächen bei Mikrofluidiken ist nach derzeitigem Stand der Technik sehr aufwendig.

Vorgehensweise

Am Fraunhofer ILT wird in Zusammenarbeit mit der LightFab GmbH die Anwendung des Verfahrens Laserpolieren für die Nachbearbeitung mittels SLE hergestellter Bauteile aus Quarzglas entwickelt. Dabei wird das Glas der SLE-gefertigten Oberflächen in einer dünnen Randschicht mittels Laserstrahlung aufgeschmolzen und durch die Oberflächenspannung nahezu ohne Materialverlust geglättet. Bei ausreichend großer Wärmeindringtiefe können mit dem laserbasierten Polierprozess auch innenliegende Oberflächen soweit erwärmt werden,

dass eine Reduzierung der Mikrorauheit erzielt wird. Zur Laserpolitur von Quarzglas wird sowohl kontinuierliche als auch modulierte CO_2 -Laserstrahlung ($\lambda = 10,6 \mu\text{m}$) verwendet. Aufgrund der kontaktlosen Bearbeitung können auch komplexe Oberflächengeometrien wie Freiformlinsen poliert werden.

Ergebnis

Erste Ergebnisse der Laserpolitur auf Quarzglasoberflächen zeigen, dass die Mikrorauheit der SLE-gefertigten Oberfläche von $S_a = 400 \text{ nm}$ auf $S_a = 0,5 \text{ nm}$ (Messfeld $100 \times 100 \mu\text{m}^2$) verkleinert werden kann. Neben der Laserpolitur von Freiformlinsen wurde das Verfahren auch bereits an komplexen 3D-Geometrien getestet, die mittels SLE gefertigt wurden. Bei der Laserpolitur von innenliegenden Mikrokanälen konnte die Rauheit der Innenfläche soweit reduziert werden, dass die Möglichkeit einer visuellen Betrachtung von Strömungsvorgängen mittels Mikroskopie realisiert wurde.

Anwendungsfelder

Die SLE-Fertigung von Bauteilen aus Quarzglas findet insbesondere in der Mikrofluidik, Mikromechanik und Mikrooptik Anwendung.

Ansprechpartner

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

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

- 1 Mittels SLE gefertigte (li.) und laserpolierte (re.) Mikrofluidik aus Quarzglas (Höhe: 7 mm).
2 Schachfigur aus Quarzglas nach SLE (li.), laserpoliert (re.).

SCHNELLE LASERUM- SCHMELZSTRUKTURIERUNG (LUST) AUF Ti6Al4V

Aufgabenstellung

In vielen Bereichen sind Bauteile mit strukturierten Oberflächen heutzutage nicht mehr wegzudenken. Die Titanlegierung Ti6Al4V findet in vielen Branchen ein breites Anwendungsspektrum, z. B. bei Triebwerkskomponenten für die Luft- und Raumfahrt, Implantate in der Medizintechnik oder funktionale und Designoberflächen für die Schmuckindustrie. Die derzeit verwendeten Strukturierungsverfahren (z. B. Ätzen, Laserabtrag...) sind oftmals zeit- und/oder kostenintensiv, basieren auf einer Strukturierung durch Materialabtrag und erzeugen raue Oberflächen, die z. B. im hygienerelevanten oder Designbereich nur eingeschränkt eingesetzt werden können. Defizite liegen weiterhin häufig in den geringen Abtragraten.

Verfahrensprinzip

Daher wird ein neuartiges Verfahren zur Laserumschmelzstrukturierung (LUST) entwickelt. Dabei schmilzt ein Laserstrahl die Metalloberfläche durch Wärmeeintrag lokal auf. Gleichzeitig wird die Laserleistung mit Frequenzen zwischen 10 Hz - 10 kHz moduliert. Dabei wird das Material abtragfrei umverteilt, wobei Berge und Täler erzeugt werden, die zur Hälfte oberhalb und zur anderen Hälfte unterhalb ihres Ausgangsniveaus liegen. Die Randschicht erstarrt direkt aus der Schmelze, so dass die Oberfläche gleichzeitig poliert wird. Im Rahmen des von der VW-Stiftung geförderten Projekts »WaveShape« werden systematische Untersuchungen mit Laserstrahldurchmessern kleiner als $50 \mu\text{m}$ und Scangeschwindigkeiten von bis zu 500 mm/s für Ti6Al4V durchgeführt.

Ergebnis und Anwendungsfelder

Die Untersuchungen bestätigen, dass sich Ti6Al4V grundsätzlich sehr gut zur Erzeugung einer breiten Palette von aperiodischen und periodischen Strukturen eignet, die zusätzlich eine kleine Mikrorauheit ($R_a < 0,1 \mu\text{m}$) aufweisen. Anhand von Untersuchungen mit kleinem Laserstrahldurchmesser ($50 \mu\text{m}$) und großer Verfahrensgeschwindigkeit (500 mm/s) werden erstmals Strukturen mit einer Wellenlänge von $200 \mu\text{m}$ und einer Höhe von ca. $\pm 90 \mu\text{m}$ erzeugt (Bild 3, 4). Dies entspricht einem Höhen-Längen-Verhältnis von nahezu eins. Weiterhin wird, bei gezielter Anpassung der Laserleistung an die Scangeschwindigkeit, die Effizienz des Prozesses, d. h. erzielbare Strukturhöhe pro Zeit, für größere Scangeschwindigkeiten noch größer. Derzeit wird für diese Strukturen eine Flächenrate von ca. 10 min/cm^2 bei einer maximalen Laserleistung von 40 W und einer Scangeschwindigkeit von 500 mm/s erreicht. Anwendungsfelder für derartige Strukturen liegen u. a. in allen Bereichen, in denen neuartige funktionale (Strömung, Lichtstreuung) und Designelemente (Optik, Haptik) verwendet werden sollen.

Diese Arbeiten wurden unter Nutzung von Geräten und Anlagen durchgeführt, die im Rahmen des EFRE-Programms für Nordrhein-Westfalen im Ziel »Regionale Wettbewerbsfähigkeit und Beschäftigung 2007 - 2013« unter dem Kennzeichen 290047022 gefördert wurden.

Ansprechpartner

Dr. Dr. André Temmler
Telefon +49 241 8906-299
andre.temmler@ilt.fraunhofer.de

- 3 Demoprobe mit ausgewählten Wellenstrukturen.
4 Probe zur Verfahrensentwicklung von Wellenstrukturen.



LASERFUNKTIONALISIEREN VON PRE-APPLIZIERTEN TAPEBESCHICHTUNGEN

Aufgabenstellung

Formflexible Tapes, bestehend aus metallischen und keramischen Pulverpartikeln und einem Bindermittel (< 7 Prozent), werden mit typischen Dicken von 0,5 bis mehreren mm für den Verschleißschutz oder zur Reparatur von Bauteilen eingesetzt. Durch die lokale Funktionalisierung der Tapes durch Laserumschmelzen wird das bisherige Versintern der Tapes bei Temperaturen bis 1000 °C im Ofen ersetzt. Das Laserumschmelzen ist im Vergleich zum Ofenprozess zeitsparend, auch für sehr große Bauteile anwendbar und ermöglicht die Vermeidung unerwünschter Gefügeänderungen und Verzug. Die Herausforderungen stellen dabei ein geeignetes Materialdesign (u. a. Binderart und Binderanteil, Partikelgröße der Hartstoffe) sowie die präzise Kontrolle des Schmelzprozesses dar.

Vorgehensweise

Im Rahmen des KMU-innovativ Projekts »LasT«, gefördert durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung BMBF unter dem Kennzeichen 033RK025, wird seit Herbst 2015 gemeinsam mit Partnern aus der Industrie (Euromat, IXUN, Extruder Experts, Walzen IRLE) die Laserfunktionalisierung von Tapes untersucht. Am Fraunhofer ILT wird der Prozess hinsichtlich geeigneter Temperatur-Zeit-Zyklen und der Bahnführung erarbeitet, um riss- und defektfreie Schichten zu erzeugen.

Weitere Kriterien sind eine kleine Oberflächenrauheit und eine homogene Verteilung der Hartstoffe. Hierfür werden im ersten Schritt geeignete Verfahrensparameter ermittelt. Im zweiten Schritt werden diese an die geometrischen Gegebenheiten ausgewählter Demonstratoren angepasst. Dies sind Kalanderswalzen (Reparatur von Gießfehlern), Extruderschnecken und Doppelschneckengehäuse (Verschleißschutz).

Ergebnis

Umgeschmolzene Schichten aus einem Nickelbasis-Karbid-Komposit konnten riss- und defektfrei mit einer Aufmischung < 5 Prozent und gleichmäßiger Verteilung der Hartstoffe in der Schicht auf Nitrierstahl appliziert werden. Die Adaption des Beschichtungsmaterials an den Laserschmelzprozess und die Charakterisierung der entstehenden Oberflächen und Gefüge sind Gegenstand laufender Untersuchungen.

Anwendungsfelder

Das Verfahren eignet sich grundsätzlich für den Verschleißschutz und die Reparatur kleinerer Defekte bei hochwertigen Bauteilen. Besondere Vorteile bietet das Verfahren für die Vor-Ort-Bearbeitung großvolumiger Bauteile (z. B. Walzen), da auf die aufwendige Pulver- oder Drahtzufuhr des Zusatzwerkstoffs verzichtet werden kann.

Ansprechpartner

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

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

1 Karbidhaltiges Tape beim Umschmelzprozess.

LASERBASIERTE INLINE- FUNKTIONALISIERUNG GE- DRUCKTER GOLDSCHICHTEN

Aufgabenstellung

Die zunehmende Funktionsintegration in der durch höchste Stückzahlen geprägten Elektronikindustrie erfordert kostengünstige Verfahren, die es ermöglichen, Funktionsschichten ortsselektiv und flexibel zu erzeugen. Leitfähige dünne Kontaktschichten werden heute mittels Galvanik, PVD oder CVD aufgebracht. Diese Verfahren sind kosten- und zeitintensiv und teilweise umweltschädlich durch den massiven Einsatz von Chemikalien. Des Weiteren sind diese Verfahren nicht ortsselektiv und weisen somit einen hohen Verbrauch an Edelmetallen auf. Vor diesem Hintergrund sind innovative und inline-fähige Verfahren zur Kontaktierung gefragt, die eine ressourcen- und energieeffiziente Herstellung durch selektives Auftragen ermöglichen.

Vorgehensweise

Zur ortsselektiven Herstellung der Goldschichten auf metallischem Bandmaterial wurde ein aus drei Schritten bestehendes Verfahren entwickelt: Schritt 1 beinhaltet das laserbasierte Reinigen und Aufräumen der Substratoberfläche, um eine Benetzung der in Schritt 2 drucktechnisch aufgetragenen Goldpaste zu erzielen. In Schritt 3 werden die in der Paste enthaltenen Lösungsmittel und Additive verdampft sowie die verbleibenden Goldpartikel geschmolzen.

Ergebnis

Mithilfe der entwickelten Laserverfahrensstrategie wird die Funktionalisierung selektiv gedruckter Goldpasten auf Ni-Cu-Substraten ermöglicht. Die funktionalisierten Goldschichten sind metallurgisch mit dem Substratmaterial verbunden und weisen Schichtdicken von 2 - 5 µm auf.

Anwendungsfelder

Das entwickelte inline-fähige Verfahren kann für die selektive Vergoldung elektrischer Kontaktflächen verschiedenster Bauteile eingesetzt werden. Zum jetzigen Zeitpunkt der Entwicklung wird eine Flächenrate von 7,3 mm²/s erreicht.

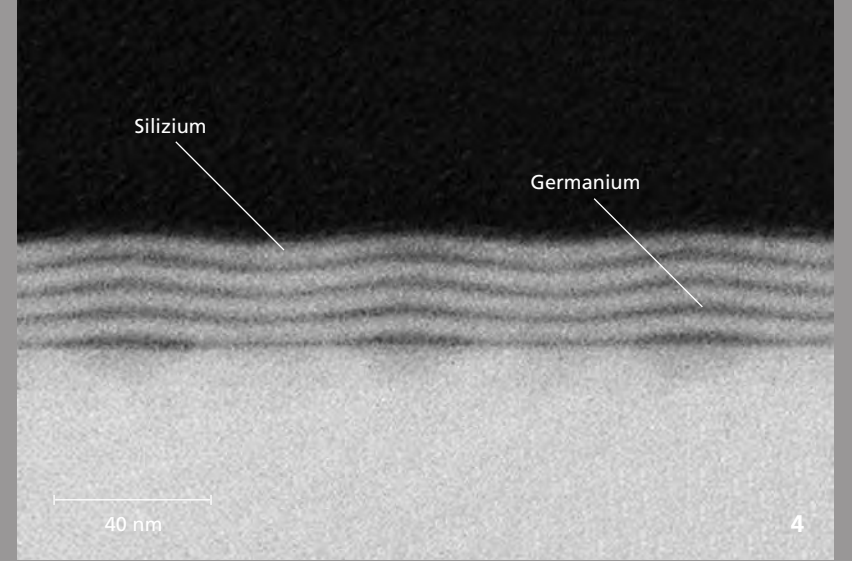
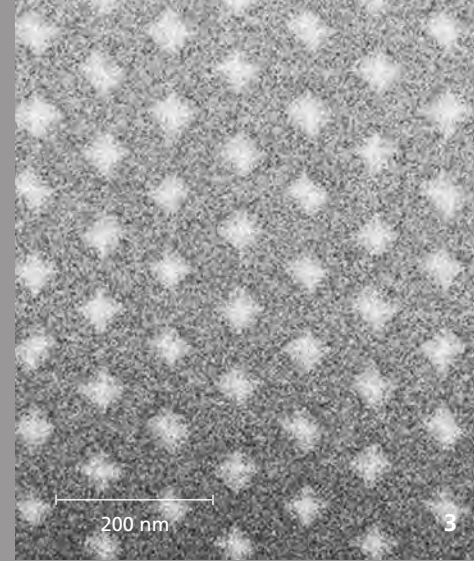
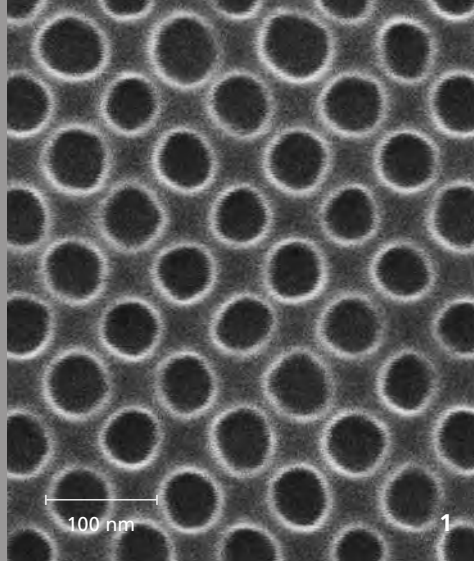
Das diesem Bericht zugrundeliegende FuE-Vorhaben wurde im Auftrag des Bundesministeriums für Bildung und Forschung BMBF unter dem Förderkennzeichen 13N13333 durchgeführt.

Ansprechpartner

Nicole Ritschel M.Sc.
Telefon +49 241 8906-8203
nicole.ritschel@ilt.fraunhofer.de

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

2 Selektiv mit Goldpaste bedruckte Kontakttulen im Fertigungsprozess.
3 Kontakttulen: vollständig galvanisch vergoldet, konventionell (li.); Kontaktflächen selektiv vergoldet mittels Druck- und Laserverfahren (re.).



ANLAGE ZUR NANOSTRUKTURIERUNG MITTELS ACHROMATISCHER TALBOTLITHOGRAFIE

Aufgabenstellung

Für verschiedene Anwendungen ist die Herstellung nanoskaliger Strukturen erforderlich. Zur Erzielung eines ausreichend hohen Durchsatzes bieten sich dazu lithografische Verfahren an. Mittels einer parallelen, flächigen Belichtung von hocheffizienten Transmissionsmasken können theoretisch Intensitätsmodulationen mit einer Periode von 20 nm erzeugt werden. Die Nutzung des achromatischen Talboteffekts mit kurzwelliger, extrem ultravioletter Strahlung (EUV) bietet weitere Vorteile wie die Maskendefektkompensation und die Strukturverkleinerung. Somit können durch die Belichtung eines kontrastreichen Photoresists nanoskalige Strukturanordnungen wie Linien- oder Lochanordnungen innerhalb weniger Minuten großflächig hergestellt werden.

Vorgehensweise

Die entwickelte EUV-Laborbelichtungsanlage (EUV-LET – laboratory exposure tool) setzt sich aus der EUV-Gasentladungsquelle, der jeweiligen Transmissionsmaske und dem zu belichtenden Photoresist, der auf einem Wafer aufgebracht ist, zusammen. Reproduzierbare Belichtungsbedingungen werden durch einen präzisen Dosismonitor und ein ausgereiftes Maske-Wafer-Abstandssystem gewährleistet, welches die

hochgenaue Positionierung des Wafers in einem Abstand von wenigen Mikrometern hinter der Transmissionsmaske ermöglicht. In einem Abstandsbereich von 20 µm ergibt sich eine stationäre Intensitätsmodulation, die für die Strukturierung genutzt wird. Der Kontrast der Intensitätsmodulation wurde unter Verwendung von Phasenschiebemasken weiter erhöht, um die theoretische Auflösungsgrenze zu erreichen.

Ergebnis

Die realisierte Strukturierungsanlage erlaubt es, minimale Strukturgrößen von 35 nm herzustellen. Derzeit ist dies Weltrekord für das Interferenzprinzip der achromatischen Talbotlithografie.

Anwendungsfelder

Die Strukturierungsanlage kann für die Herstellung von periodischen, nanoskaligen Strukturanordnungen verwendet werden, die sich über Flächen von mehreren Quadratmillimetern erstrecken. Darüber hinaus können Photoresists hinsichtlich Sensitivität, Kontrast und Auflösung charakterisiert werden.

Ansprechpartner

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

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

FERTIGUNG VON KÜNSTLICHEN SIGE-QUANTEN- PUNKTKRISTALLEN

Aufgabenstellung

Quantenpunkte (QP) sind hochinteressante Objekte mit einzigartigen elektronischen und optischen Eigenschaften. Die Herstellung von dicht gepackten und wohl geordneten Quantenpunktkristallen ermöglicht die Realisierung einer neuen Art von Festkörpern mit einer in der Natur nicht existenten Energiestruktur.

Vorgehensweise

Zur Herstellung von Quantenpunktkristallen sind diverse Prozessschritte notwendig: Die Grundlage bildet ein Silizium-Wafer, der mit einem Fotolack beschichtet ist und mittels EUV-Interferenz- oder Elektronenstrahlolithografie großflächig strukturiert wird. Anschließend wird das nanoskalige Lochmuster vom Fotolack in das darunterliegende Substrat mittels reaktivem Ionenätzen übertragen. Die entstandenen Vertiefungen im Silizium bestimmen die horizontale Position der Quantenpunkte. Anschließend werden die Ge-Quantenpunkte und die Si-Zwischenschichten auf den vorstrukturierten Wafer mittels Molekularstrahlepitaxie aufgewachsen. Die ungleichen Kristallgitterabstände von Si und Ge erzeugen eine Verspannung an der Grenzfläche, welche das Wachstum von Quantenpunkten möglich macht. Die vertikale Ordnung der Quantenpunkte entsteht durch wiederholtes, alternierendes

Wachstum von Si- und Ge-Schichten und durch eine vertikal wirkende Verspannung in der Si-Zwischenschicht, welche durch die Form der Ge-Quantenpunkte erzeugt wird. Somit entsteht ein künstlicher Kristall aus geordneten Quantenpunkten in drei Dimensionen mit einer lithografisch bestimmaren Gitterperiode.

Ergebnis

In Zusammenarbeit mit dem Forschungszentrum Jülich wurde die Herstellung von künstlichen SiGe-Quantenpunktkristallen in hexagonaler Anordnung mit einer lateralen Gitterperiode zwischen 200 nm und 40 nm realisiert und optisch mittels µ-Photolumineszenzspektroskopie charakterisiert.

Anwendungsfelder

Die artifiziellen Quantenpunktkristalle bzw. die gerichtete Selbstorganisation von Quantenpunkten, basierend auf dem hier erforschten SiGe oder einem verwandten IIIV-Materialsystem, ermöglicht eine Vielzahl von Anwendungen, wie z. B. die Effizienzverbesserung von Solarzellen, die Fertigung von Lasern im Wellenlängenbereich der optischen Datenkommunikation oder IR-Photodetektoren.

Ansprechpartner

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

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

1 Belichtungsergebnis (35 nm Weltrekord).

2 Belichtungsstation EUV-LET.

3 Hexagonal geordnete Ge-Quantenpunkte.

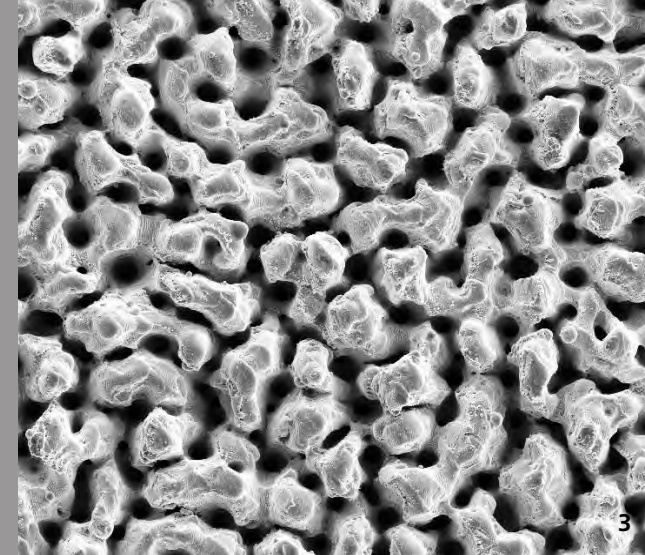
4 Querschnitt eines künstlichen Quantenpunktkristalls.



1



2



3



4

PRÄZISIONSBEARBEITUNG VON DÜNNGLAS MIT ULTRAKURZ GEPULSTER LASERSTRAHLUNG

Aufgabenstellung

Die Bearbeitung transparenter Gläser mit einer Dicke < 1 mm ist mittels ultrakurz gepulster Laserstrahlung mit Pulsdauern < 10 ps möglich. Aufgrund der großen Intensitäten der Laserstrahlung treten komplexe nicht-lineare Wechselwirkungsprozesse von Material und Laserstrahlung auf, die zu Materialmodifikationen oder -defekten wie z. B. Mikrorissen führen können. Eine kontrollierte Deposition der eingestrahnten Pulsenergie im Material und eine infolgedessen defektfreie Bearbeitung stellen dementsprechend eine große Herausforderung für die Bearbeitung dar. Insbesondere die Herstellung von Geometrien mit Strukturgrößen im Bereich einiger $10 \mu\text{m}$ mit minimaler Materialschädigung erfordert ein umfassendes Verständnis der zugrundeliegenden Prozesse.

Vorgehensweise

Die Wahl der Prozessparameter führt wahlweise zu einem direkten Abtrag der Glassubstrate an Ober- bzw. Unterseite. Mit einem zweiten Verfahren können durch die Fokussierung der Laserstrahlung in das Glasvolumen selektive Modifikationen im Material erzeugt werden. Das modifizierte Material wird in einem zweiten nasschemischen Prozessschritt entfernt

- 1 Mittels direktem Laserabtrag strukturierte Dünnglasoberfläche.
2 Unterschiedliche Geometrien hergestellt mittels selektivem laserinduzierten Ätzen.

(selektives laserinduziertes Ätzen). Die Charakterisierung der Strukturen mittels optischer sowie zeitlich hochaufgelöster Pump-Probe-Mikroskopie ermöglicht die Identifikation geeigneter Prozessfenster für die Verfahren und trägt zum Verständnis der relevanten physikalischen Prozesse bei.

Ergebnis

Durch direktes laserinduziertes Abtragen von Glassubstraten können nahezu beliebige Strukturen auf Dünnglas erzeugt werden, die ein großes Aspektverhältnis aufweisen. Mit dem selektiven Ätzverfahren können darüber hinaus Strukturen an Oberflächen und im Volumen gefertigt werden, die deutlich kleiner als $100 \mu\text{m}$ sind und besonders glatte Kanten aufweisen.

Anwendungsfelder

Sowohl der direkte laserinduzierte Abtrag als auch das selektive Ätzen von Dünnglas können insbesondere für die Herstellung von Interposerstrukturen für die Elektronikbranche verwendet werden.

Das diesem Bericht zugrundeliegende FuE-Vorhaben wurde im Auftrag des Bundesministeriums für Bildung und Forschung BMBF im Rahmen der Förderinitiative »Femto Digital Photonic Production« (Femto DPP) unter dem Förderkennzeichen 13N13307 durchgeführt.

Ansprechpartner

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

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

KUNSTSTOFF-METALL-HYBRIDE DURCH MIKRO- UND NANOSTRUKTURIERUNG MIT ULTRAKURZPULSLASERN

Aufgabenstellung

Die Herstellung von Kunststoff-Metall-Hybridbauteilen ist eine zentrale Fragestellung im automobilen Leichtbau. Faser-verstärkte Kunststoffbauteile sind hier die Schlüsseltechnik. Sie benötigen aber häufig metallische Verstärkungen und Hybridverbindungen, um hohe Belastungen übertragen zu können. Heute werden diese Kunststoff-Metall-Verbindungen in der Regel geklebt. Um kurze Prozesszyklen und geringe Produktionskosten zu erzielen, sind schnelle und linienfähige Fügeprozesse nötig, die sich in den Herstellungsprozess der Bauteile integrieren lassen und hohe Verbindungsfestigkeiten garantieren.

Vorgehensweise

Metalle und Kunststoffe werden bereits heute über einen Formschluss in der strukturierten Metalloberfläche verbunden. Am Fraunhofer ILT wurde eine neue Prozesskette entwickelt, um neben dem Formschluss auch eine spezifische Adhäsion zwischen Kunststoff und Metall zu erzielen und eine dauerhafte und klebstofffreie Fügeverbindung zu erzeugen. Hierzu wird mittels Ultrakurzpulslaserstrahlung eine Kombination aus Mikro- und Nanostruktur im metallischen Fügepartner erzeugt, die eine Kraftübertragung über den mechanischen Formschluss und eine hohe Adhäsionswirkung über eine nanostrukturierte Oberfläche innerhalb der Mikrostruktur ermöglicht. Im nachfolgenden Fügeprozess wird der Kunststoff durch Erwärmung des metallischen Fügepartners plastifiziert, fließt in die erzeugten Mikrostrukturen und führt zu einer festen und dauerhaften Verbindung.

Ergebnis

Durch die Bearbeitung mit leistungsfähigen Ultrakurzpulslasern können hochstatistische Strukturen mit einer extrem hohen Strukturdichte erzeugt werden. Diese Strukturen eröffnen die Möglichkeit, nahezu isotrope Fügeverbindungen zwischen Kunststoff und Metall zu erzeugen. Die erzielbaren Zugscherfestigkeiten liegen je nach verwendetem Kunststoffpartner bei ca. 25 MPa. Dabei werden die notwendigen Mikro- und Nanostrukturen durch flächiges Abscannen der Oberfläche erzeugt.

Anwendungsfelder

Durch das große Leichtbaupotenzial der Hybridverbindung ist das neue Verfahren besonders für die Luft- und Raumfahrt-industrie und den Automobilbau geeignet.

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

Ansprechpartner

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

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

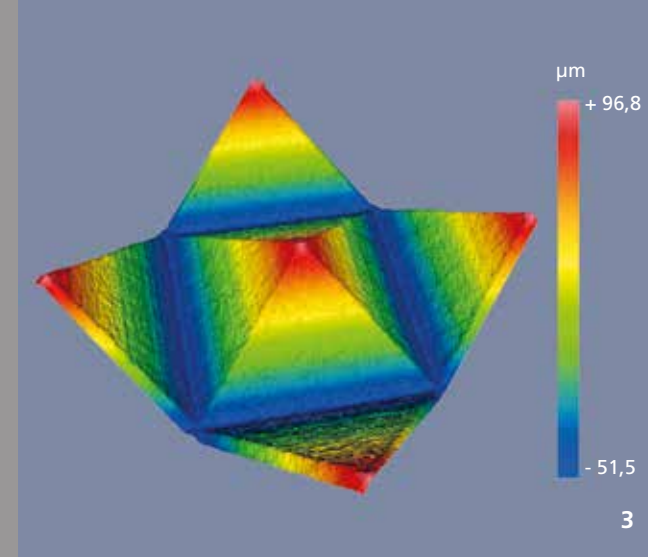
- 3 Mikrostruktur auf Edelstahl (1.4301).
4 Probekörper aus Stahl und PA6.6/GF25.



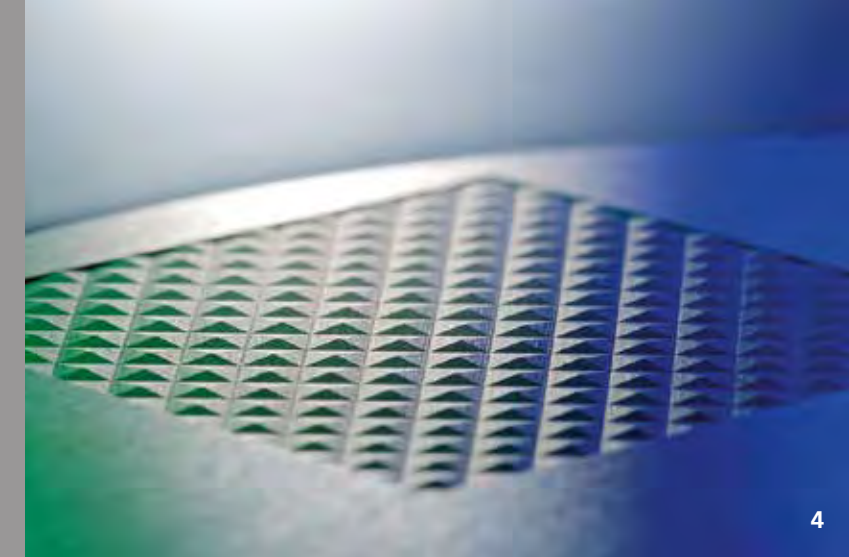
1



2



3



4

VERFAHREN ZUR INDIVIDUALISIERUNG VON LACKIERTEN BAUTEILEN

Aufgabenstellung

Eine Individualisierung von Produkten wird zunehmend zu einem wichtigen Argument für den Markterfolg von Gütern jeglicher Art. Bei klassischen Bedruckungsverfahren wie z. B. Tampon- und Siebdruck müssen Masken und Werkzeuge hergestellt werden, wodurch diese Verfahren nur in großen Serien wirtschaftlich eingesetzt werden können. Direkte Verfahren, wie z. B. der Digitaldruck, erlauben zwar eine flexible Gestaltung von Einzelstücken, besitzen jedoch Einschränkungen hinsichtlich der Werkstückgeometrie. Das Fraunhofer ILT entwickelt mit Partnern aus der Industrie ein serientaugliches Verfahren, mit dem Freiformoberflächen mit farbigen, hochauflösenden Motiven hergestellt werden können. Diese können individuell gestaltet werden und sind bei identischen Produktionsraten konkurrenzfähig zu bisherigen Druckverfahren.

Vorgehensweise

Durch die großflächige Aufbringung von angepassten Lacksystemen und anschließender selektiver Laserablation lassen sich dabei farbige Bilder mit einer hohen Auflösung generieren. Für eine wirtschaftliche Etablierung des Verfahrens muss eine entsprechend hohe Produktivität erreicht werden, was durch die Entwicklung einer Mehrstrahloptik realisiert wird. Dabei wird der Laserstrahl in ca. 100 bis 200 Teilstrahlen aufgeteilt und damit das Werkstück simultan bearbeitet.

- 1 Laserbasierte Erzeugung von farbigen Piktogrammen.
- 2 Erzeugung von hochauflösenden Graustufenbildern.

Ergebnis

Die Grundzüge der Generierung von farbigen Motiven mit hoher Auflösung wurden in einer Prototypenanlage bereits erarbeitet. Gemeinsam mit den Partnern wird an Lacken gearbeitet, die speziell für das Verfahren angepasst sind und dünnere Schichten bei gleicher Deckkraft ermöglichen sowie besser mittels Laser strukturiert werden können. Die weiteren Ziele sind die Übertragung des Verfahrens auf beliebige Freiformen und eine Skalierung der Prozessgeschwindigkeit.

Anwendungsfelder

Mit dem entwickelten Verfahren kann eine Vielzahl von Anwendungsfeldern adressiert werden. Individuelles Design und personenbezogene Oberflächengestaltung im Automobilbau oder nutzergerechte Bedienelemente im Maschinenbau sind nur einige der möglichen Anwendungen. Im Massengüter- und Verpackungsmittelbereich besteht somit die Möglichkeit, individualisierte Sonderserien zu realisieren.

Dieses Vorhaben wird aus Zuwendungen des Landes NRW unter Einsatz von Mitteln aus dem europäischen Fonds für regionale Entwicklung (EFRE) im Rahmen des Projekts »LAPIX 3D« unter dem Förderkennzeichen EFRE-0800259 gefördert.

Ansprechpartner

Dipl.-Phys. Patrick Gretzki
Telefon +49 241 8906-8078
patrick.gretzki@ilt.fraunhofer.de

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

EFFIZIENTE BEARBEITUNG VON 3D-WERKZEUGEN DURCH DEN KOMBINIERTEN EINSATZ VON KURZEN UND ULTRAKURZEN LASERPULSEN

Aufgabenstellung

Tragen heutzutage strukturierte Oberflächen aufgrund ihrer Funktionalität beispielsweise in Verbrennungsmotoren zur Reibungsminimierung bei, so entwickelt sich die Oberflächenbeschaffenheit im Hinblick auf optische und haptische Eigenschaften immer mehr zum Qualitätsmerkmal von Produkten. Derzeit eingesetzte Verfahren wie das photochemische Ätzen sind zum einen in ihrer Präzision (manueller Prozess) und zum anderen in ihrer Gestaltungsfreiheit der Narbstrukturen limitiert. Für die Herstellung optisch und haptisch funktioneller Strukturen mit hoher Produktivität werden Verfahren benötigt, die eine rein digitale Erzeugung der gewünschten Strukturen ermöglichen.

Vorgehensweise

Ultrakurz gepulste Laserstrahlung im ps- (10^{-12} s) bis fs-Bereich (10^{-15} s) zeichnet sich durch hohe Intensitäten ($> 10^{12}$ W/cm²) aus, die zu einer direkten Verdampfung des Materials und damit zu höchster Präzision führen. Nachteilig kann sich jedoch eine lange Gesamtprozessdauer auswirken. Für eine effiziente Bearbeitung soll bereits in einem vorgelagerten Prozessschritt eine Grobstruktur mittels kurzen ns-Pulsen (10^{-9} s) in das Werkstück eingebracht werden. Im Gegensatz zum Materialabtrag mit UKP-Laserstrahlung ist der Ablationsvorgang mit ns-Pulsen schmelzdominiert, was zu höheren Ablationsraten bei allerdings geringerer Oberflächenqualität führt.

Ergebnis

Ähnlich der Strategie des Schruppens und Schlichtens bei Zerspanungsverfahren trägt ein erster Laserprozess mit ns-Pulsen das größte Volumen ab, bevor ein zweiter Laserprozess mit ps-Pulsen die Oberfläche veredelt. Diese Kombination vereint die Vorteile der jeweiligen Einzelprozesse in einem Verfahren: eine kurze Bearbeitungszeit (ns-Pulse) bei höchster Genauigkeit (ps-Pulse).

Anwendungsfelder

Im automobilen Interieur findet derzeit ein Wechsel von der klassischen Ledernarbe hin zu funktionalen, technisch anmutenden Oberflächen statt. Zu diesem Zweck sollen Werkzeugeinsätze zur Fertigung von Kunststoffformteilen (u. a. Armaturenbrett, Airbag-Abdeckung, Zierleisten) mit einer technischen Struktur (z. B. Pyramide) versehen werden.

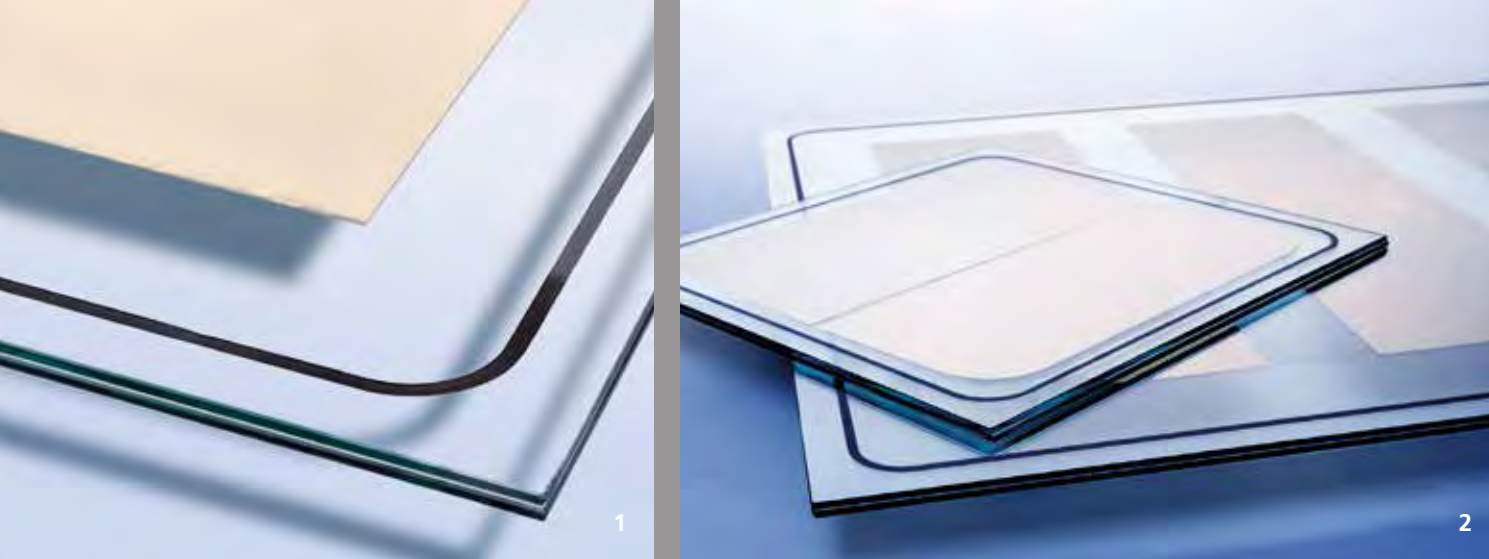
Das diesem Bericht zugrundeliegende FuE-Vorhaben wurde im Auftrag des Bundesministeriums für Bildung und Forschung BMBF unter dem Förderkennzeichen 02P14A145 durchgeführt.

Ansprechpartner

Andreas Brenner M.Sc.
Telefon +49 241 8906-8365
andreas.brenner@ilt.fraunhofer.de

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

- 3 Mit ps-Laserstrahlung erzeugte Pyramidenstruktur in Werkzeugstahl.
- 4 Chromatisch konfokale 3D-Aufnahme einer ps-veredelten Pyramidenstruktur.



LASERBASIERTER GLAS-LÖTPROZESS FÜR DEN RAND-VERBUND VON VAKUUM-ISOLIERGLASSCHEIBEN

Aufgabenstellung

In den letzten Jahren hat die Forschung zur besseren Wärmedämmung von Gebäuden Fenster als kritische Schwachstelle für eine effiziente Dämmung von Bauobjekten erkannt. Ein Ansatz dem entgegenzuwirken ist eine 2-Scheibenkonstruktion mit einem evakuierten Zwischenraum. Diese zeichnet sich neben einer exzellenten Wärmedämmung durch eine schlanke Bauweise und einem, gegenüber konventionellen Ansätzen, deutlich reduzierten Gewicht aus. Für die sogenannte Vakuumisolierverglasung ist zur Aufrechterhaltung dieses evakuierten Zustands und den daraus resultierenden sehr guten Dämmwerten ein vakuumdichter Randverbund zwingend notwendig. Am Fraunhofer ILT wurde hierzu ein laserbasierter Glaslötprozess entwickelt und untersucht.

Vorgehensweise

Für Großbauteile wie Vakuumisolierglasscheiben kommt das Konturlötverfahren zum Einsatz. Bei diesem wird der Laserstrahl kontinuierlich über die Fügezone bewegt. Die Verbindungsbildung erfolgt kontinuierlich seriell in dem Bereich der Glaslotkontur, den der Laserstrahl überfährt. Die Größe der Glasscheiben unterliegt bei dieser Art der Prozessführung keiner Einschränkung. Das extrem kritisch auf thermische Spannungen reagierende Floatglas stellt sehr hohe Anforderungen an die Prozessführung. Zur Vermeidung kritischer Temperaturgradienten ist ein angepasstes thermisches Management des laserbasierten Lötprozesses zwingend erforderlich. Neben einer prozessbegleitenden Temperierung der Scheiben ist die Bestrahlungsstrategie zum homogenen Energieeintrag ins strahlungsabsorbierende Glaslot entscheidend.

1 Homogene, rissfreie Lötverbindung.

2 Vakuumdicht verlötete Scheiben
(720 x 640 mm² bzw. 340 x 340 mm²).

derungen an die Prozessführung. Zur Vermeidung kritischer Temperaturgradienten ist ein angepasstes thermisches Management des laserbasierten Lötprozesses zwingend erforderlich. Neben einer prozessbegleitenden Temperierung der Scheiben ist die Bestrahlungsstrategie zum homogenen Energieeintrag ins strahlungsabsorbierende Glaslot entscheidend.

Ergebnis

Mittels laserbasiertem Glaslötprozess konnten ESG-Scheiben der Maße 720 x 640 mm² (Materialdicke 3 mm) vakuumdicht miteinander verbunden werden. Aufgrund der vom Glaswerkstoff abhängigen thermo-mechanischen Eigenschaften war eine rissfreie Verbindungsbildung mit einer Geschwindigkeit von 15 mm/min möglich. Für Anwendungen, die den Einsatz wesentlich dünnerer Gläser (< 1 mm) erlauben, sind 10-fach höhere Vorschubgeschwindigkeiten realistisch.

Anwendungsfelder

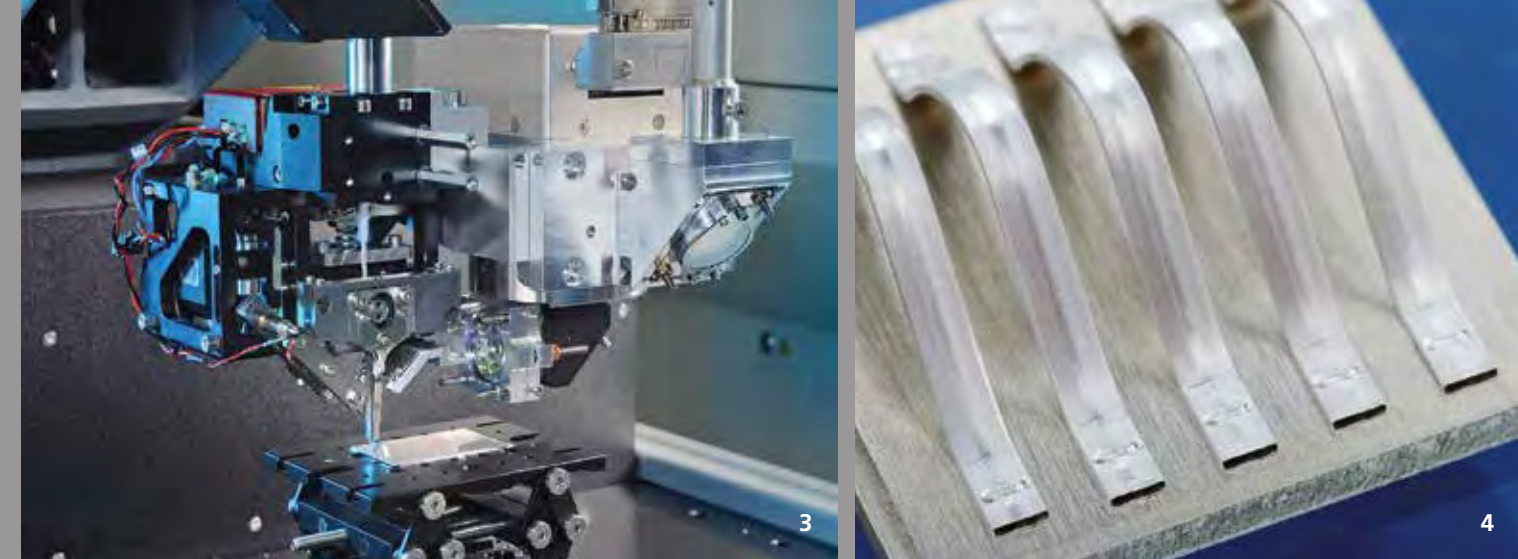
Weitere Anwendungsmöglichkeiten des Verfahrens sind der Randverschluss von OLEDs, Displays oder Farbstoffsolarzellen.

Das diesem Bericht zugrundeliegende FuE-Vorhaben wurde im Auftrag des Bundesministeriums für Bildung und Forschung BMBF unter dem Förderkennzeichen 03V0714 durchgeführt.

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



LASERBONDEN VON ALUMINIUMKONTAKTEN FÜR DIE BATTERIETECHNIK

Aufgabenstellung

Die Herausforderung bei der Kontaktierung von Batteriepacks in der Automobilindustrie sind die hohen Anforderungen im Lastfall. Die im Betrieb auftretenden Vibrationen, große Temperaturschwankungen und mechanische Belastungen beeinflussen die Performance und die Lebensdauer des Batteriepacks. Für die Erfüllung der Anforderungen wird eine elektrisch und mechanisch robuste Verbindungstechnik benötigt, die mittels eines Laserschweißverfahrens zum Fügen von Aluminiumbändchen auf die Batteriepole von prismatischen Batteriezellen demonstriert wird.

Vorgehensweise

Für die Verbindungstechnik wird das am Fraunhofer ILT entwickelte Laserbonden verwendet, bei dem ein modifizierter Drahtbonder mit einem Faserlaser, einem galvanometrischen Scanner und einer Strahlführungs- und Fokussiereinheit ausgestattet wird. Die Anlagentechnik ermöglicht eine automatische Zuführung eines flexiblen Verbinders zur Bauteiloberfläche. Unter Verwendung von örtlicher Leistungsmodulation wird ein Aluminiumbändchen mit einem Querschnitt von 300 x 2000 µm² auf eine Aluminiumlegierung, die den Batteriepol der prismatischen Zelle repräsentiert, geschweißt. Die mechanische Robustheit dieser Verbindung wird mit Hilfe von Schertests und metallographischer Analyse überprüft.

Ergebnis

Das Laserbonden ermöglicht das Einstellen der Anbindungsbreite im Bereich von 300 - 450 µm und eine mechanische Scherfestigkeit von bis zu 40 N je Verbindung. Der demonstrierte Verfahrensansatz ist für alle prismatischen und zylindrischen Batteriezellen anwendbar. Besonders die Möglichkeit, die Verbindungen schnell, robust und flexibel ohne spezifische Bauteilvorbereitung zu erzeugen, die einzelnen Zellen zu kontaktieren und daraus Module oder Packs zu fertigen, zeichnet das Verfahren aus.

Anwendungsfelder

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

Die dargestellten Arbeiten wurden durch das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie BMWi im Rahmen des Projekts »FlexJoin« unter dem Förderkennzeichen 01MX15010B durchgeführt.

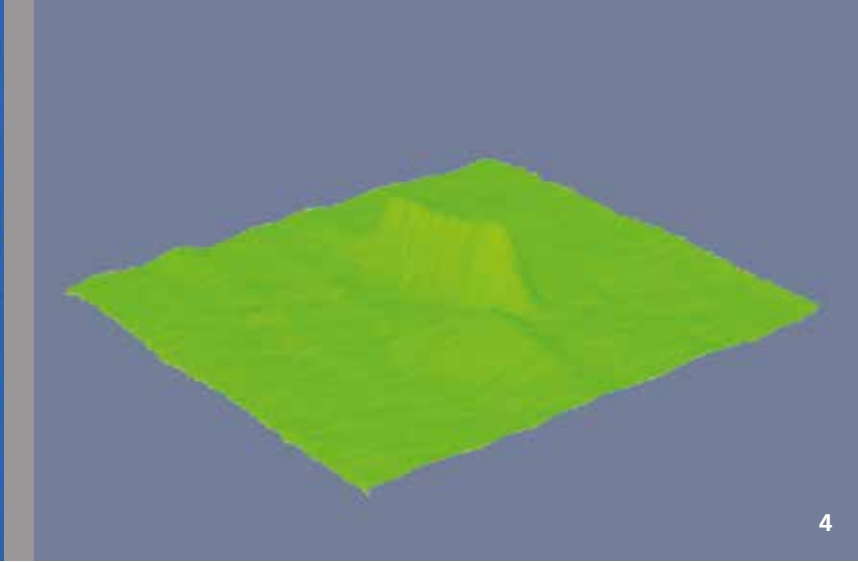
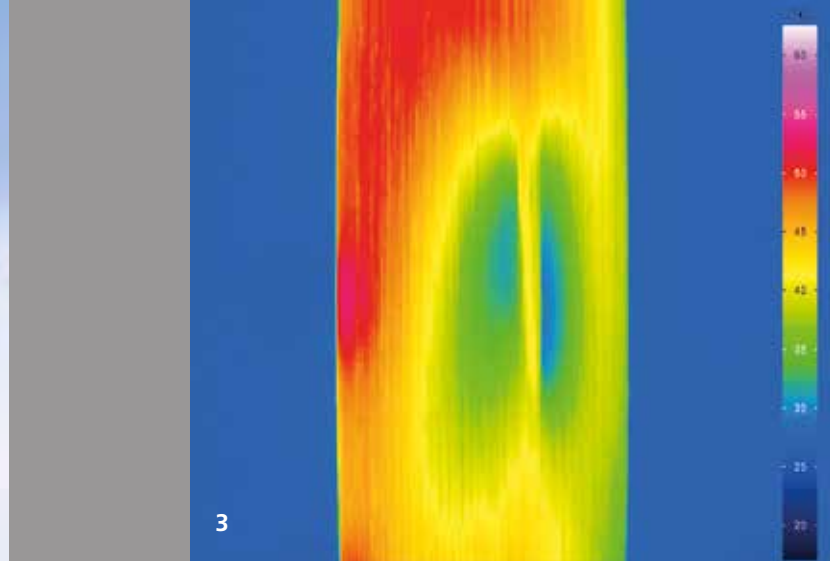
Ansprechpartner

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

3 Bondkopf des Laserbonders.

4 Lasergebondete Aluminiumbändchen
auf Aluminiumkontakt.



LASERSTRAHL- MIKROSCHWEISSEN IN DER BATTERIETECHNIK

Aufgabenstellung

Die zunehmende Elektrifizierung von Automobilen bewirkt einen erhöhten Bedarf an leistungsfähigen Energiespeichersystemen. Für den Aufbau von Batteriemodulen oder Packs werden Zelltypen verschiedener Bauarten eingesetzt: 18650-Rundzellen, prismatische Zellen oder Pouch-Zellen. Die für die Verschaltung der Zellen notwendigen Fügeprozesse erfordern unabhängig vom Batterietyp eine hohe Prozessstabilität und Zuverlässigkeit bei gleichzeitig geringen elektrischen Übergangswiderständen und hoher geometrischer Flexibilität.

Vorgehensweise

Zum stoffschlüssigen Fügen von Batteriezellen wird das Laserstrahl-Mikroschweißen mit örtlicher Leistungsmodulation eingesetzt. Die Überlagerung der Vorschubbewegung mit einer kreisförmigen Oszillationsbewegung ermöglicht ein Einstellen der Anbindungsgeometrie und des Durchmischungsverhältnisses, mit der die Fügepartnermaterialien bei verschiedenen Zelltypen von Aluminium-Kupfer bis hin zu Kupfer-Stahl-Verbindungen kontaktiert werden können. Der Schweißprozess wird durch die Reduktion der Einschweißtiefe bei gleichbleibender Anbindungsbreite derart ausgelegt, dass es zu keiner Schädigung des Aktivmaterials in der Batteriezelle kommt. Darüber hinaus lässt sich durch diesen Ansatz die Metallurgie der Fügeverbindung gezielt steuern.

- 1 Schweißung an Li-Ionen-Pouch-Zellen.
- 2 Kontaktierung beider Pole von Rundzellen an der Oberseite, Laserbonden am Pluspol.

Ergebnis

Für die Batteriekontaktierung wurden Laserschweißprozesse für Pouch- und Rundzellen sowie prismatische Batteriezellen entwickelt. Dabei werden reproduzierbare Fügeverbindungen mit verschiedenen Materialkombinationen (Aluminium/Kupfer/Stahl) und Positionierungen auf den Zellen (Kontaktierung von Plus- und Minuspol an einer Seite der Rundzelle) erreicht. Die örtliche Laser-Leistungsmodulation verbessert Batterietypübergreifend die Konstanz der Einschweißtiefe und erhöht die Anbindungsbreite der stromtragenden Fügeverbindung.

Anwendungsfelder

Die entwickelten Fügeprozesse eignen sich vor allem für die Kontaktierung von Batteriezellen, z. B. für die Elektromobilität. Die Ergebnisse können darüber hinaus auf das Fügen von anderen elektrischen Verbindungen übertragen werden.

Die dargestellten Arbeiten wurden einerseits durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung BMBF im Rahmen des Projekts »Robe« und andererseits durch die Fraunhofer-Gesellschaft im Rahmen der »Fraunhofer-Systemforschung Elektromobilität II« gefördert.

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

PROZESSÜBERWACHUNG FÜR DIE LASERBASIERTE HERSTELLUNG VON CFK-VERBUNDBAUTEILEN

Aufgabenstellung

Der Markt für Bauteile aus Faserverbundwerkstoffen wächst stetig an und damit auch die Anforderungen an automatisierte, gleichzeitig flexible, energieeffiziente und umweltschonende Herstellungsverfahren. Durch die Entwicklung eines laserbasierten Tape-Legeprozesses mit leicht handhabbarer Softwarelösung zur Prozessplanung und inline Qualitätsüberwachung wird dieser Herausforderung begegnet. Bänder aus Faserverbundwerkstoffen werden automatisiert mit einem Diodenlaser verschweißt. Die Qualität der im Mehrlagenverfahren verschweißten Bänder wird direkt nach dem Schweißprozess inline überwacht, um unmittelbar eine ungenügende Anbindung der Bänder zu erkennen. Ziel ist, die Anwendung der Prozessüberwachung ohne besondere Expertise zu ermöglichen.

Vorgehensweise

Am Fraunhofer ILT werden hierzu eine inline Überwachung zum Tapelegen entwickelt und die benötigten Schnittstellen zur Einbindung in die Tape-Legemaschine realisiert. Für die Prozessüberwachung sollen definierte Prägungen im Ausgangstape nach dem Schweißprozess erkannt werden. Durch definierte Kriterien wird festgelegt, ob das Material fehlerfrei verschweißt wurde. Die Prägungen werden dabei mit Hilfe optischer, kontaktfreier Messmethoden, wie zum Beispiel der Thermographie und/oder der Lasertriangulation, erfasst. Besondere Herausforderung ist die robuste Erkennung der 300 µm hohen Prägung bei einer Prozessgeschwindigkeit von 600 - 800 mm/s.

Ergebnis

Die qualitative Anwendbarkeit der Messprinzipien aktive Thermographie und Lasertriangulation wurde bereits in ersten stationären Tests erfolgreich für den Faserverbundwerkstoff CFK bestätigt. Im nächsten Schritt wird geprüft, welches der Verfahren sich besser für die inline Vermessung eignet und wie die Auswertung und Speicherung der Messdaten erfolgen kann.

Anwendungsfelder

Erwartet wird, dass die Anwendung der »ambliFibre«- Ergebnisse in vielen Bereichen bei der Verarbeitung von Faserverbundwerkstoffen erfolgreich eingesetzt werden kann. Insbesondere ist der Einsatz für die Herstellung von hochbelastbaren Gas- und Ölleitungen sowie Hochdruckbehältern für die Energiewirtschaft und von ultraleichten CFK-Verbundbauteilen für die Luft- und Raumfahrttechnik gegeben.

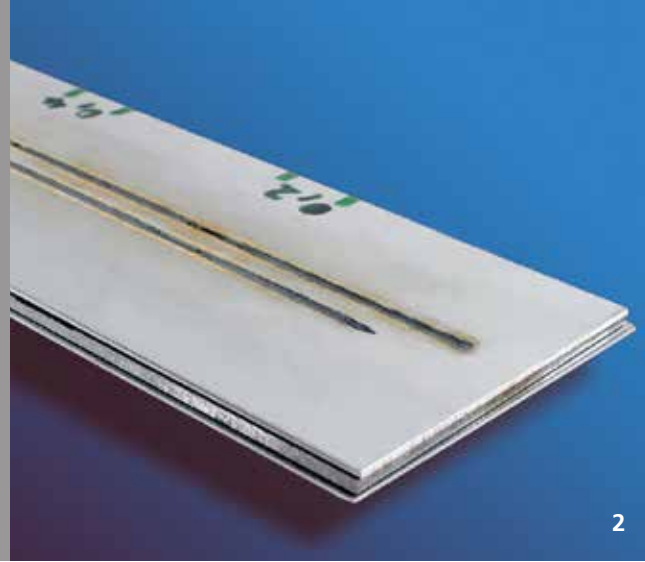
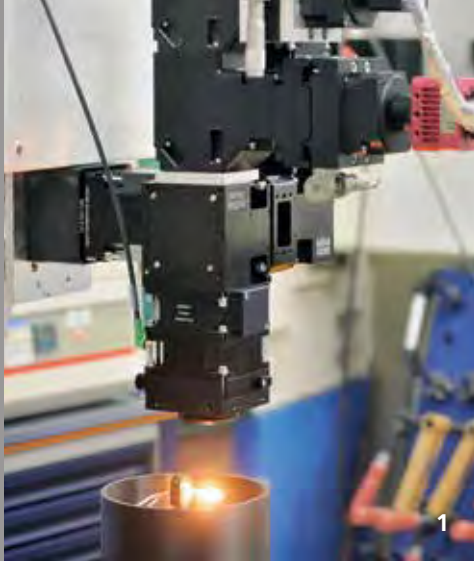
Die Arbeiten werden im Rahmen des EU-Projekts »ambliFibre« unter dem Förderkennzeichen 678875 durchgeführt.

Ansprechpartner

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

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

- 3 Thermographische Aufnahme eines geprägten CFK-Bands.
- 4 Aufnahme mit einem Lasertriangulations-sensor eines geprägten CFK-Bands.



KOGNITIVE PROZESSÜBERWACHUNG

Aufgabenstellung

Das EU-Forschungsprojekt »MASHES« fördert die Entwicklung eines multispektralen, bildgebenden und intelligenten Sensorsystems zur Prozessüberwachung. Dieses System wird in eine Bearbeitungsoptik integriert und an einem Laserstrahlschweiß- sowie Laserstrahlauftragschweißprozess angewendet. Eine besondere Herausforderung stellen die Echtzeitdatenverarbeitung und die vorgelagerte Sensordatenfusion dar. Mehrere unterschiedliche Sensordatenströme sind während des Prozesses zu verdichten, um anschließend bei der Datenverarbeitung einem kognitiven, im Sinne von lernenden, Algorithmus zur Prozessüberwachung zugeführt zu werden.

Vorgehensweise

Die Entwicklung des kognitiven Systems beinhaltet die Bereiche »Computer Vision« und »Machine Learning«. Diese Methoden finden Verwendung, um relevante Merkmale aus den Bilddaten, wie beispielsweise die Abkühlrate der Bauteiloberfläche oder die Schmelzbadoberflächengeometrie, zu bestimmen. Die Berechnung und Bewertung der Merkmale ist rechenintensiv und ist für die Echtzeitanwendung mit einem Field Programmable Gate Array (FPGA) realisiert. Die Basis der Bewertung der Merkmale zur Prozessüberwachung liegt in der Trainingsphase. Das kognitive System lernt anhand der berechneten Prozessmerkmale und mithilfe von fachkundig bewerteten Schweißproben die Klassifizierung der Merkmale und damit verschiedene Prozessimperfectionen eindeutig zu erkennen.

- 1 Versuchsaufbau mit integrierter Sensorik.
2 Laserstrahlgeschweißte Blechprobe
mit induzierten Bindefehlern.

Ergebnis

Die Klassifizierung erfolgt mit unterschiedlichen Algorithmen aus der Familie des maschinellen Lernens und ermöglicht derzeit schon eine grobe Zweiklassenunterscheidung in gute und schlechte Schweißungen. Die Einteilung in verschiedene Fehlerklassen befindet sich in der Umsetzung. Um ein möglichst robustes Ergebnis zu generieren, werden im Rahmen der Evaluation noch weitere Klassifizierungsmethoden erprobt und verglichen.

Anwendungsfelder

Das Einsatzgebiet des kognitiven Systems im Rahmen des Vorhabens ist das industrielle Laserstrahlschweißen von Automobilbauteilen. Die Ergebnisse können darüber hinaus im Rahmen von »Industrie 4.0« in dieser industriellen Anwendung zur Dokumentation und Verbesserung der Prozessqualität genutzt werden.

Die Arbeiten werden 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

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

TEXTURBASIERTE FUGENFOLGE

Aufgabenstellung

Für das Schweißen von Bauteilen aus Blechen im Schiffs- und Fahrzeugbau ist eine sichere Identifikation der Nahtgeometrie und der Schweißfuge mittels eines automatischen Bildverarbeitungssystems erforderlich. Im Gegensatz zu klassischen, auf Helligkeitsgradienten basierenden Ansätzen wird hier der alternative Ansatz einer texturbasierten Segmentierung der Bilddaten verfolgt, wobei Änderungen der Textur benachbarter Bildausschnitte zu deren Unterscheidung und Abgrenzung genutzt werden. Bei der texturbasierten Analyse wird die Bildinformation mittels Filterbank und komplexer statistischer Algorithmen klassifiziert. Wegen der dafür benötigten Rechenleistung war eine Echtzeimplementierung bisher unwirtschaftlich. Mit der stetig steigenden Leistungsfähigkeit von programmierbaren Logikgattern (FPGA) sowie PC-Hardware, wie sie z. B. in Grafikkarten mit einer Vielzahl parallel arbeitender Grafikprozessorkernen verwendet werden, soll die für die Fugenfolgeregelung erforderliche Echtzeimplementierung der rechenintensiven Bildverarbeitungsalgorithmen wirtschaftlich umgesetzt werden.

Vorgehensweise

Mit einem koaxial im Strahlengang der Fokussieroptik für den Laserstrahl angeordneten Bildsensor und mittels Echtzeit-Bildverarbeitung werden während des Fügens mit dem laserunterstützten MSG-Schweißprozess der Abstand zwischen Stoßfuge und Laserstrahl (TCP) sowie die Fugenbreite für eine adaptive Regelung gemessen.

Ergebnis

Algorithmen zur (Vor-)Verarbeitung der Bilddaten wurden auf programmierbarer FPGA-Hardware sowie zur texturbasierten Fugenfolge auf GPU implementiert. Eine Lichtbogen-synchrone Beleuchtung und Bildakquisition ist mit einem gepulsten Diodenlaser umgesetzt und soll zukünftig mit kostengünstigen VCSEL-Systemen optimiert werden. Mit diesem Ansatz wurde ein echtzeitfähiges Prozessüberwachungs- und Steuerungssystem entwickelt und umgesetzt.

Anwendungsfelder

Mit dem entwickelten System wird mittelfristig ein inline-fähiges Fugenfolgesystem für Anwendungen im Schiffbau, Schienenfahrzeugbau sowie Stahlbau zur Verfügung stehen.

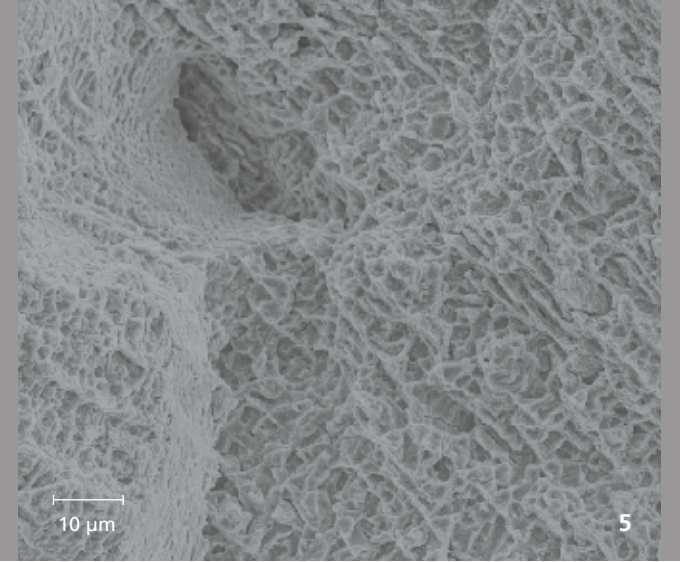
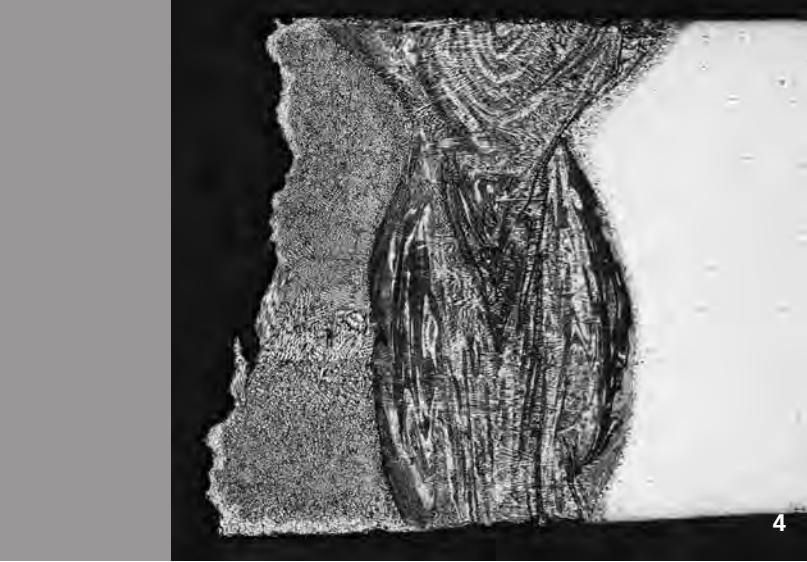
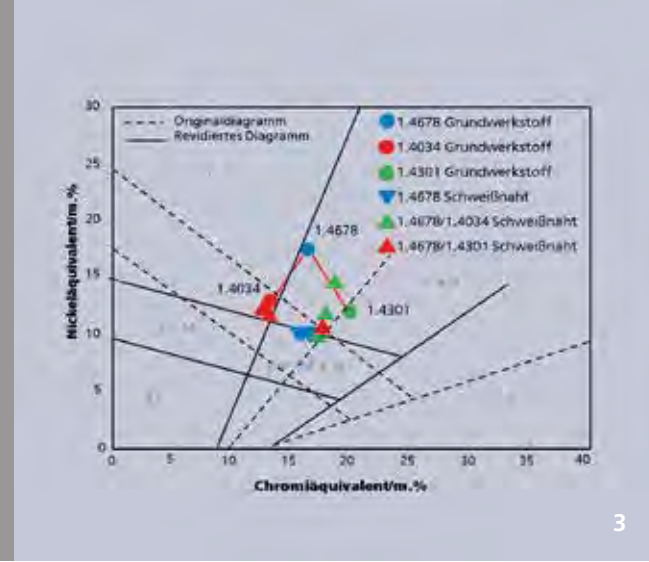
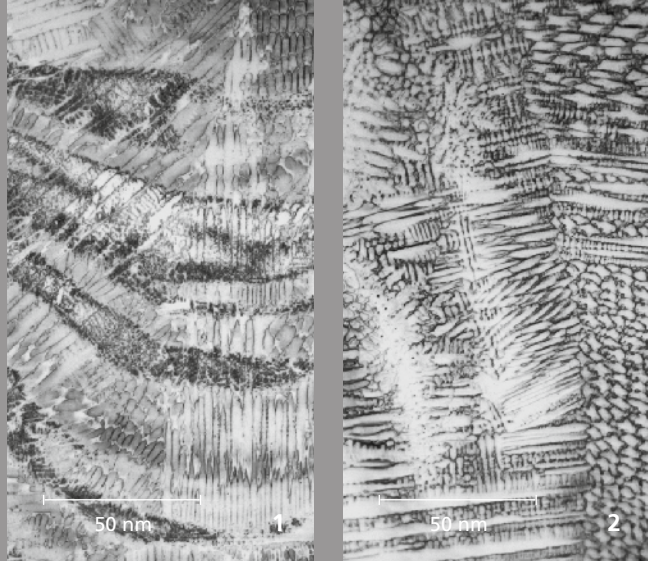
Das diesem Bericht zugrundeliegende FuE-Vorhaben »ShipLight« wurde im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie BMWi unter dem Förderkennzeichen 03SX389M durchgeführt.

Ansprechpartner

Wolfgang Fiedler M.Sc.
Telefon +49 241 8906-390
wolfgang.fiedler@ilt.fraunhofer.de

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

- 3 Laserunterstützter Schweißprozess.
4 Integriertes Prozessüberwachungssystem.



FESTIGKEIT ARTUNGLEICH GESCHWEISSTER VERBINDUNGEN ULTRAHOCHFESTER HOCH MANGANHALTIGER STÄHLE

Aufgabenstellung

Durch eine geeignete Prozessführung lassen sich hochfeste Feinbleche mittels Laserstrahlschweißen sicher verbinden. Neben diesen artgleichen Verbindungen stellt sich allerdings zunehmend die Anforderung nach Verbindungen verschiedener Stahl-Werkstoffkombinationen. In diesem Zusammenhang sollen die Eigenschaften geschweißter Verbindungen von 1.4678 (FORTA H1000) mit 1.4301 (X6CrNu 18 10) und pressgehärtetem 1.4034 (X46Cr 13) ermittelt und geeignete Prozessparameter und -strategien aufgezeigt werden.

Vorgehensweise

Nach Durchführung systematischer Schweißuntersuchungen wurde durch EDX-Analysen die lokale Zusammensetzung der Legierung im Schweißgut bestimmt und für die Bestimmung der Gefügeanteile mit dem Diagramm nach Schaeffler eingetragen. Zur Bestimmung der Festigkeiten der Verbindung wurden Querzugversuche bei Raumtemperatur durchgeführt. Durch eine fraktografische Untersuchung wurde das Bruchverhalten analysiert.

- 1 Schweißgefüge 1.4678/1.4301.
- 2 Schweißgefüge 1.4678/1.4034.
- 3 Zuordnung der Zusammensetzung zum Schaeffler-Diagramm.

Ergebnis

Nach dem klassischen Schaeffler-Diagramm erstarren alle Schweißgüter austenitisch. Im revidierten Diagramm, das den Einfluss des Mangans berücksichtigt, kann das Schweißgut der Verbindung mit 1.4301 bis zu 40 Prozent Ferrit aufweisen. Durch den hohen Kohlenstoffgehalt tritt eine Verschiebung zu Martensit auf. Bei der Verbindung mit 1.4301 tritt das Bauteilversagen im Chrom-Nickel-Stahl mit den Festigkeitswerten dieses Werkstoffs auf. Die Verbindung mit dem pressgehärteten 1.4034 versagt spröde im Bereich der Schweißnaht. Mit einer Dehngrenze von 900 MPa und einer Zugfestigkeit von 1200 MPa werden die hohen Festigkeiten des pressgehärteten Werkstoffs nicht erreicht. Die Nähte besitzen infolge ihrer Härteverteilung eine starke Kerbwirkung. Zukünftige Untersuchungen werden zeigen, ob durch eine Schweiß-Wärmebehandlung die Eigenschaften verbessert werden können.

Anwendungsfelder

Anwendungen finden sich dort, wo bei vorwiegend statischer Belastung die Vorteile der Kombination aus hoher Dehnfähigkeit und hoher Festigkeit genutzt werden sollen. So können Hohlkammerplatten aus Stahl mit verbesserter Dämpfung konstruiert werden. Aufgrund der schmalen Schweißnähte sind weitere konstruktive Möglichkeiten gegeben, die neue Bauformen in Stahlbauweise ermöglichen.

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

FÜGEN VON FORMGE-SCHWEISSTEM STELLIT 31 MIT GEWALZTEM NIMONIC 75

Aufgabenstellung

Generative Fertigungsverfahren ermöglichen neue werkstofflich und geometrisch optimierte Bauteile. Häufig sind hier jedoch Verbindungen zu Blechen und Profilen nötig, bei denen die Schweißverbindung einen entscheidenden Einfluss auf die Bauteileigenschaften hat. Für das Fügen von Stellite 31 und Nimonic 75 wurden die Festigkeit und das Versagensverhalten der Schweißnaht anhand von geeigneten Prüfkörpern ermittelt, um daraus Handlungsanweisungen für die Anwendung abzuleiten. Als generative Fertigungstechnik wurde Laserstrahl-Formschweißen eingesetzt. Ziel war die Ermittlung der Festigkeit der artungleichen Verbindung bei Normalbelastung sowie die Untersuchung von Schweißmetallurgie und Bruchverhalten.

Vorgehensweise

Mittels Laserstrahl-Formschweißen wurden Barren aus Stellite 31 hergestellt. Dabei wurden die Verfahrensparameter so eingestellt, dass Größe und Frequenz von Rissen minimal sind. Nach Spannungsarmglühen, Fräsen, Erodieren und Endbearbeiten wurden Streifen aus Stellite 31 in einen Prüfling aus Nimonic 75 mit zwei Nähten im Stumpfstoß laserstrahlgeschweißt. Die mechanische Prüfung erfolgte im Querzugversuch mit und ohne Thermozyklus bis 750 °C bei Raumtemperatur und bei 750 °C (Betriebstemperatur).

Ergebnis

Die Schweißverbindung erreicht bei Raumtemperatur Festigkeiten, die über denen der gewalzten Grundwerkstoffe liegen. Ein Einfluss der Textur durch das Laserstrahl-Formschweißen konnte nicht festgestellt werden. Die Bruchlage befindet sich hauptsächlich im Kobaltwerkstoff, zu einem kleinen Teil an der Schmelzlinie. Ein möglicher Grund hierfür sind Mikrorisse, die während des Aufbauprozesses erzeugt wurden. Bei Betriebstemperatur führen die Bruchversuche zu einem Versagen aller Proben im Nickelwerkstoff außerhalb der Schweißzone.

Anwendungsfelder

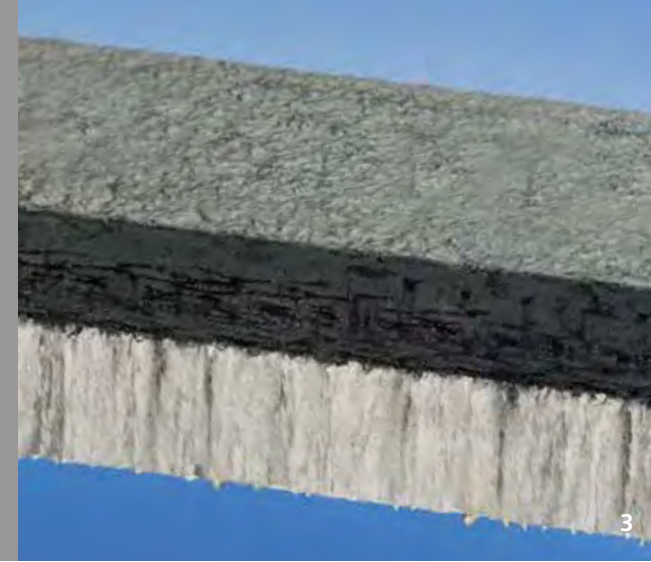
Die erprobten Werkstoffe finden Anwendung in Bauteilen, die bei hohen Temperaturen stark mechanisch und durch Heißgaskorrosion belastet werden, wie Leitschaufeln von Gasturbinen oder Teile der Brennkammer. Weitere Anwendungen in der Kraftwerkstechnik und dem chemischen Apparatebau sind möglich. Darüber hinaus ermöglicht die Kombination Laserstrahl-Formschweißen und Verbindungsschweißen eine kostengünstige Herstellung großer Bauteile, deren Herstellung mit additiven Verfahren allein unwirtschaftlich wäre.

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

- 4 Makroschliff einer gebrochenen Zugprobe.
- 5 Bruchoberfläche in 1.4682.



HIGH SPEED LASER BLANKING

Aufgabenstellung

In der industriellen Serienfertigung von Karosserieteilen kann der Platinenzuschnitt direkt vom Coil mittels flexiblem Laserkonturschnitt gegenüber einer werkzeuggebundenen Schneidtechnik bedeutende wirtschaftliche Vorteile bringen. Dazu zählen insbesondere die Einsparung der Investitionskosten für Werkzeuge und deren Lagerhaltung, die einfache Optimierung oder Veränderung der Schnittkontur in Produktentwicklungs- oder Umstellungsphasen und die flexible Verteilung und Schachtelung des Produktionsprogramms. Für eine hochproduktive Großserienfertigung bestehen klare Vorgaben bezüglich der zu erzielenden Schneidgeschwindigkeiten und Schnittqualitäten in diversen beschichteten und hochfesten Karosseriestahlqualitäten. Zur Realisierung einer Laser-Blanking-Anlage bei einem Automobil-OEM war das Fraunhofer ILT für die lasertechnische Systemauslegung und die Schneidprozessentwicklung verantwortlich.

Vorgehensweise

Anhand des kundenspezifischen Lastenhefts erfolgte zunächst auf Basis von Simulationsrechnungen die lasertechnische Auslegung des Systems bezüglich Strahlleistung, Strahlqualität und Schneidoptik. Am entsprechend aufgebauten Laborsystem wurde der experimentelle Nachweis der Machbarkeit erbracht. Durch die Optimierung des Düsendesigns, der Schneidgasparameter und der Lasermodulationskennlinien wurde die zuverlässige Anwendbarkeit des Prozesses sichergestellt.

1 Laser-Blanking-Anlage.

2 Hochgeschwindigkeitsschneiden
von Karosserieblech.

Ergebnis

Für das gesamte Karosserieblechspektrum des Kunden wurde ein robuster Prozess mit hoher, gratfreier Schnittqualität und Schneidgeschwindigkeiten bis über 100 m/min qualifiziert. Die in der Automobilfertigung schon häufig angestrebte Substitution von Stanzprozessen durch Laserschneiden konnte beeindruckend demonstriert werden. Auf der Anlage werden täglich 18700 Karosserieteile produziert. Die werkzeugunabhängige Fertigung, die Materialeinsparung, die problemlose Verarbeitung auch hochfester Stähle und die Möglichkeit der Designänderung bei laufender Produktion erfüllen die Erwartungen des Anwenders in höchstem Maße.

Anwendungsfelder

Mit dem industriell umgesetzten Entwicklungsprojekt hat der flexible und hochproduktive Laserzuschnitt vom Coil einen Stand erreicht, der es gestattet, Massenprodukte aus Blechwerkstoffen in ständig wechselnden Varianten wirtschaftlich herzustellen. Aufgrund höherer verfügbarer Laserleistung zu moderaten Kosten wird diese Technologie auch für größere Blechdicken oberhalb 3 mm zunehmend interessant.

Ansprechpartner

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

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

LASERSCHNEIDEN FÜR CFK-METALL-HYBRID- VERBINDUNGEN

Aufgabenstellung

Für eine Vielzahl von Baugruppen beispielsweise im Automobilbau oder in der Luftfahrt sind Mischbauweisen aus Faserverbundmaterial und leichtbaueigneten Metallen wie hochfesten Stählen, Aluminium oder Titan der beste Ansatz für gewichtsoptimierte Komponenten. Die Vorbereitung der Fugestelle zwischen CFK und Metall kann mit dem Laser unter Einhaltung der spezifischen Verfahrensanforderungen für die sehr unterschiedlichen Materialgruppen und zudem verschleißfrei erfolgen. Der Einsatz derartiger Zuschnitte kann das Schneiden von Löchern in bereits übereinander liegenden Schichten aus CFK und Metall für Nietverbindungen sein oder der Konturschnitt für kombiniert form- und stoffschlüssige Fügeverbindungen.

Vorgehensweise

Das Schneiden des CFK-Materials erfolgt mittels sequentielltem Abtrag mit einem Hochleistungsfaserlaser und einem schnellen Galvo-Scanner. Bei gestapeltem Material wird die Scanstrategie so gewählt, dass die resultierende Fugenbreite und Fugenform günstige Voraussetzungen für den nachfolgenden Laserschnitt im Metall bieten. Dieser Schnitt wird mit Schneidgasunterstützung in einer Überfahrt ausgeführt. In den hier betrachteten Fällen wurde dazu vorteilhaft die gleiche Laserstrahlquelle eingesetzt, anwendungsbezogen gibt es aber sowohl aus wirtschaftlicher wie auch aus technischer Sicht Szenarien, bei denen für CFK und Metall unterschiedliche Laser sinnvoll sind.

Ergebnis

Sowohl in nebeneinander wie auch in übereinander angeordneten Materialverbünden wird ein sehr guter Anschluss der in den zwei Verfahrensschritten durchgeführten Schnitte erreicht. Bei gestapeltem Material führt der Schnitt im unten liegenden Metall nicht zu Schäden im Kontaktbereich. Abhängig von der Dickenkombination kann die wärmebeeinflusste Zone an der Kante des CFK durch den Metallschnitt ansteigen.

Anwendungsfelder

Anschlussverbindungen von Faserverbundmaterial zu Metallteilen sind in allen Bereichen des Leichtbaus präsent. Über die Einsatzfelder im Fahrzeugbau hinaus sind Anschlussflansche bei Rohren im Behälterbau ein weiteres Beispiel. Die Übertragung der Verfahren auf Anwendungen mit anderen Hybridmaterialien zur Zerletechnik im Kernkraftwerk-Rückbau ist ebenfalls möglich.

Teile der diesem Bericht zugrundeliegenden FuE-Ergebnisse wurden im Auftrag des Bundesministeriums für Bildung und Forschung BMBF unter dem Förderkennzeichen 13N12718 erzielt.

Ansprechpartner

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

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

3 Schnittkante für eine CFK-Titan-Verbindung.

4 CFK-Metall-Kontourschnitte.



LASERSCHNEIDEN VON POLYESTER-GESTRICK FÜR TISSUE ENGINEERING ANWENDUNGEN

Aufgabenstellung

Für die Herstellung textiler Implantate im Bereich Tissue Engineering soll ein mit Zellen besiedeltes Kunststoff-Gestrick aus Polyester hergestellt werden. Für die erforderlichen Vorversuche zur Implantation in Mäuseherzen werden dazu kleine Ronden mit ca. 10 mm Durchmesser und 3 mm Dicke als Probekörper benötigt, um verschiedene Zellkulturen anzulegen. Mechanische Trennverfahren sind in der Regel mit Gestrickschädigung verbunden, daher soll das Laserschneiden als alternatives Trennverfahren erprobt werden.

Vorgehensweise

Da Polyester wie viele andere Thermo- und Duroplaste hohe Absorptionswerte im infraroten Spektralbereich besitzt, ist eine CO₂-Laserquelle mit 10,6 µm Emissionswellenlänge gut zum Schneiden geeignet. Bei vorgegebener Schnittgeschwindigkeit und Verwendung eines Standardschneidkopfs mit Plankonvexlinse von 63 mm Brennweite sowie xyz-Linearachsen zur Strahlbewegung wird die erforderliche Laserleistung ermittelt, um das etwa 3 mm dicke Gestrick vollständig zu schneiden. Die Schnittkanten werden mit einem Auflichtmikroskop analysiert.

1 Lasergeschnittene 10 mm Ronde aus 3 mm dickem Polyestergerstick. CO₂-Laserschnitt bei 110 W, 2 m/s, 5 Überfahrten, 230 µm Strahldurchmesser.

Ergebnis

Durch Anpassung von Fokusbereich und Vorschubgeschwindigkeit können hochwertige Schnittergebnisse erzielt werden. Der flach auslaufende Randbereich eines gaußförmigen Grundmode CO₂-Laserstrahls verursacht dabei die Ausbildung von Schmelzzonen an den Schnittkanten. Diese Bereiche verhärten nach der Erstarrung und verringern die Biegeflexibilität des zugeschnittenen Formteils. Dies ist für die geplante Anwendung des Bauteils als Herzimplantat allerdings durchaus vorteilhaft, da die mechanische Stabilität der im Vergleich zu seinem Durchmesser dicken Ronde zunimmt.

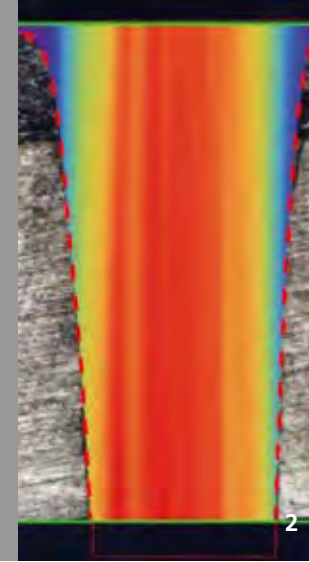
Anwendungsfelder

Lasergeschnittene Polyestergerwerke für medizintechnische Anwendungen können mit großer Formflexibilität auch für kleine Bauteile mit Dimensionen bis hinunter zu 5 mm hergestellt werden. Die entstehenden Schmelzkantenverhärtungen erhöhen die mechanische Stabilität, verhindern ein Ausfransen des Gestricks und lassen sich erfahrungsgemäß bei zu hoher Ausbildung durch Mehrfachüberfahrten reduzieren. Im nächsten Schritt soll das Polyester-Gestrick durch biokompatibles Polyvinylidenfluorid (PVDF)-Gestrick ersetzt werden.

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



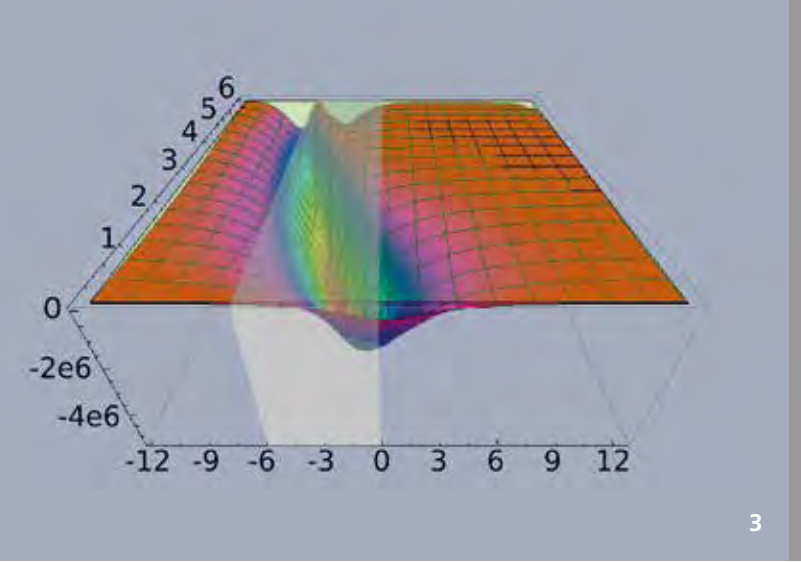
INTERAKTIVE SIMULATIONEN ZUM SCHNEIDEN UND BOHREN MIT LASERSTRAHLUNG

Aufgabenstellung

Angesichts der stetig steigenden Marktanforderungen und damit immer komplexer werdenden Prozessen entwickelt sich die Simulation zusehends zu einem unverzichtbaren Werkzeug für das Prozessdesign bzw. die Prozessoptimierung. Dies gilt insbesondere für die Laserfertigungsverfahren. Allerdings kann mit heutigen Simulationen aufgrund von begrenzten Rechenkapazitäten meist nur ein kleiner Teil des Parameter-raums untersucht werden. Zudem konnte die Integration von Prozesssimulationen in den industriellen Alltag noch nicht vollzogen werden. Beispielsweise ist eine Unterstützung des Maschinenbedieners durch eine interaktiv nutzbare Prozess-simulation noch nicht verfügbar.

Vorgehensweise

Auf der Grundlage von reduzierten Modellen werden schnelle Prozesssimulationen entwickelt, welche es ermöglichen, erheblich größere Bereiche des Parameterraums zu untersuchen. Mit Hilfe der so erzeugten »dichten« Simulationsdaten werden schließlich »Prozesslandkarten« (sog. Meta-Modelle) erstellt, welche zum einen eine intuitive Visualisierung von Parameterabhängigkeiten erlauben und zum anderen die Entwicklung von Prozessoptimierungen unterstützen. Sowohl die Meta-Modelle als auch die schnellen Simulationen ermöglichen eine interaktive Nutzung und werden speziell für den Einsatz beim Kunden auf PCs/Laptops oder auf Smart Devices entwickelt.



Ergebnis

Als erste Anwendungsbeispiele wurden reduzierte Modelle für das Bohren metallischer Werkstoffe mit lang-gepulster Laserstrahlung (Bild 2) sowie zur Beschreibung der Stabilitätseigenschaften des Schmelzfilms (Bild 3) und der damit verbundenen Riefenbildung beim Schmelzschnitten entwickelt. Beide Modelle wurden in echtzeitfähigen Simulationen implementiert und werden vom Fraunhofer ILT als Lizenzsoftware angeboten.

Anwendungsfelder

Sowohl die Methodik der reduzierten Modellierung (kontrollierte Reduktion der Modellkomplexität) als auch die Techniken der Meta-Modellierung sind auf alle Bereiche der Modellierung und damit auf alle Prozesse (nicht nur im Bereich der Lasertechnik) anwendbar.

Ansprechpartner

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

Prof. Wolfgang Schulz
Telefon +49 241 8906-204
wolfgang.schulz@ilt.fraunhofer.de

- 2 Vergleich zwischen simulierter Bohrungskontur und experimentellem Ergebnis. Die Farbskala beschreibt die Strahlverteilung.
- 3 Stabilitätsfunktion (> 0: stabil, < 0: instabil) über Fokuslage (horizontal) und Schnitttiefe (vertikal). Der graue Streifen repräsentiert das Werkstück.

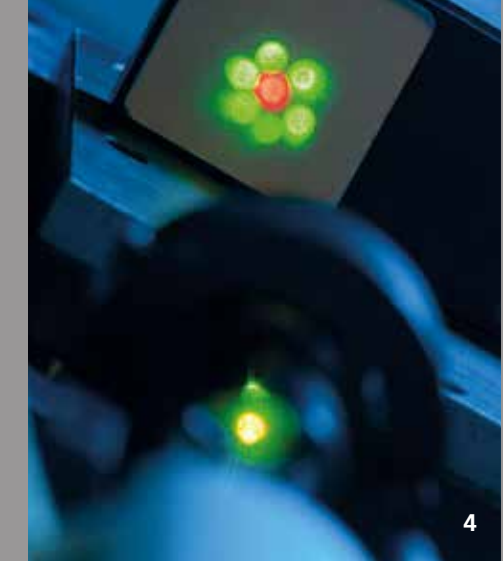
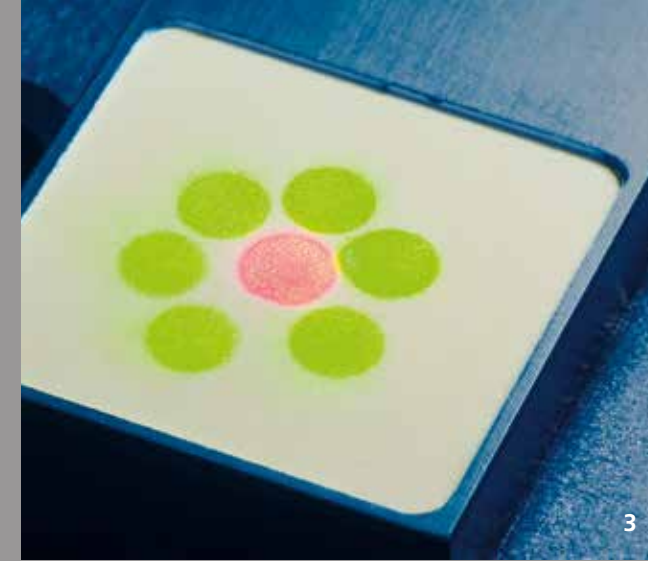
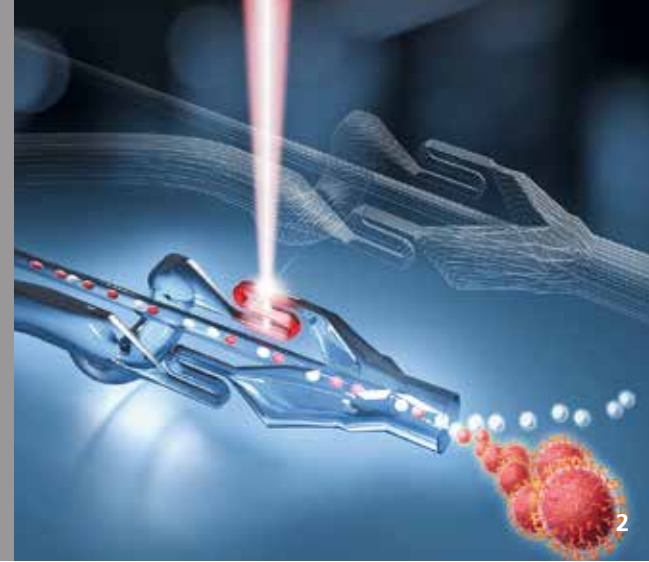
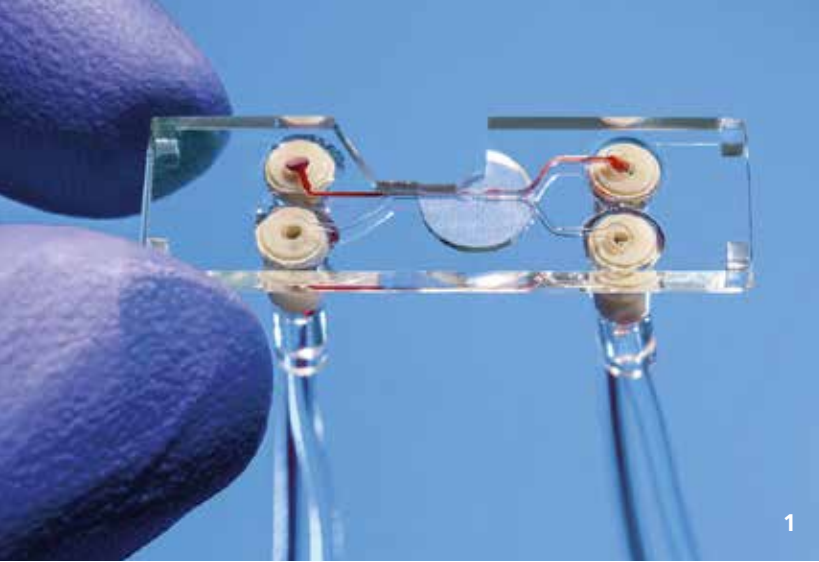
MEDIZINTECHNIK UND BIOPHOTONIK



INHALT

Automatisierbare μ FACS-Systeme für die klinische Diagnostik	94
Handstück für die Laserkoagulation	95
Additive Herstellung individueller polymerer Optiken	96
Additive Fertigung von degradierbaren Magnesiumimplantaten	97

Strahlungscharakteristik eines Faserbündels
für die Lasertherapie mit optischer Diagnostik.



AUTOMATISIERBARE μFACS-SYSTEME FÜR DIE KLINISCHE DIAGNOSTIK

Aufgabenstellung

In der Labordiagnostik werden zum Nachweis von Pathogenen, Tumorzellen und Markermolekülen FACS-Geräte (Fluorescence Activated Cell Sorter) eingesetzt. Kommerzielle FACS-Geräte sind jedoch hochpreisige Stand-Alone-Lösungen und nicht für eine vollautomatisierte Hochdurchsatz-Labordiagnostik geeignet.

Vorgehensweise

Basierend auf einer Glas-Chiptechnologie hat das Fraunhofer ILT eine automatisierbare und leicht integrierbare diagnostische Systemlösung für den Nachweis und die Sortierung spezifisch gefärbter Zellen, Pathogene und Partikel entwickelt. Fluoreszenzsensoren weisen die hydrodynamisch fokussierten Zellen nach, indem sie diese mit Laserlicht anregen, die Fluoreszenz detektieren und analysieren. Im Gegensatz zu herkömmlichen FACS-Geräten führen Glasfasern die anregende Laser- und Fluoreszenzstrahlung, wodurch die Gerätedimensionen des μFACS erheblich reduziert werden. Die Geräte sind als OEM-Komponenten ausgelegt und können in eine Automationsplattform zum Handling der zu untersuchenden Proben und Assays integriert werden.

1 Glas-Chip für die klinische Diagnostik.

2 Funktionsweise des optofluidischen Schalters.

Ergebnis

Auf dem Glas-Chip kann eine Vielzahl von fluidischen Kanälen für die parallelisierte Probenführung angeordnet werden. Je nach Aufgabenstellung ist jeder der fluidischen Kanäle mit einem oder mehreren Fluoreszenzsensoren ausgestattet, für die bis zu 6 verschiedene Laserwellenlängen zur Verfügung stehen.

Der Zellaussortierung ist mit einem aktiven Sortierprozess kombinierbar, der die Zelle nach der Detektion an einer fluidischen Verzweigung durch einen optofluidischen Schalter gezielt in einen der beiden Kanäle hinter der Verzweigung lenkt. Bei der Zellsortierung heizt ein IR-Laserstrahl das Fluid lokal auf und löst den fluidischen Schalter durch Veränderung der Strömungsverhältnisse an der Verzweigungsstelle aus.

Anwendungsfelder

Die μFACS-Technologie kann in der klinischen Routinediagnostik sowie in der Bio- und Umweltanalytik eingesetzt werden.

Dieses Projekt wurde finanziell durch die Fraunhofer-Gesellschaft unterstützt.

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

HANDSTÜCK FÜR DIE LASERKOAGULATION

Aufgabenstellung

Zur Verbesserung des Heilungsprozesses nach Operationen in der Mund-, Kiefer-, Gesichts- und Oralchirurgie werden ein lasergestützter Wundverschluss und die dazu nötige Systemtechnik entwickelt. Hauptziel ist die Bereitstellung eines temperaturgeregelten Lasers für medizinische Anwendungen und die Entwicklung eines faseroptischen Handstücks zur Applikation der Laserstrahlung bei gleichzeitiger Erfassung der Gewebetemperatur.

Vorgehensweise

Bislang mussten orale Wunden und Defekte nach chirurgischen Eingriffen mit Kompressen abgedeckt oder mit einem eigenen Haut- oder Schleimhauttransplantat mit oft aufwendiger Nahttechnik versorgt werden. Durch den im Projekt »Biophotonic Technologies for Tissue Repair BI-TRE« erforschten Ansatz zur Wundabdeckung mit Kollagenmembranen, welche lasergestützt an der Schleimhaut befestigt werden, wird dagegen eine neue Lösung erarbeitet.

Ergebnis

Zur Umsetzung der Ziele von »BI-TRE« haben Experten des Fraunhofer ILT einen Prozess erarbeitet, der durch Einsatz von zwei verschiedenen Wellenlängen eine optimale Anpassung der optischen Eindringtiefe an das Gewebe erlaubt. Mittels eines optischen Rückkanals zur Detektion von Prozesssignalen lässt sich der Koagulationszustand bzw. die Stärke einer Gewebekoagulation während der Behandlung bestimmen.

Damit der Laser speziell im Bereich der Mund-, Kiefer-, Gesichts- und Oralchirurgie eingesetzt werden kann, wurde im Konsortium ein Handstück entwickelt, in dem eine Laserfaser zum Transport der Laserstrahlung sowie außerdem Fasern zur Detektion eines Temperatursignals und weiterer optischer Signale integriert sind. So wird gewährleistet, dass der behandelnde Arzt den zulässigen Temperaturbereich sicher einhalten kann und das Gewebe minimal beeinflusst wird. Der Wundverschluss erfolgt über eine transparente Kollagenmembran, die vom Laser durchstrahlt und als Wundaufgabe auf dem Gewebe fixiert wird.

Anwendungsfelder

Neben der Oralchirurgie kann ein nahtloser Wundverschluss in der plastischen und allgemeinen Chirurgie immer dann eingesetzt werden, wenn ein kosmetisch einwandfreies Ergebnis ohne Narbenbildung und Stichmarken wünschenswert ist.

Die Arbeiten werden im Projekt »BI-TRE« durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung BMBF und die Europäische Kommission unter dem Kennzeichen 13N13173 gefördert. Projektträger ist das VDI Technologiezentrum.

Ansprechpartner

Dr. Martin Wehner
Telefon +49 241 8906-202
martin.wehner@ilt.fraunhofer.de

Dr. Arnold Gillner
Telefon +49 241 8906-148
arnold.gillner@ilt.fraunhofer.de

3 Labormuster eines Handstücks für die Oralchirurgie (Quelle: LifePhotonic).

4 Strahlungscharakteristik eines Faserbündels für die Lasertherapie mit optischer Diagnostik.



ADDITIVE HERSTELLUNG INDIVIDUELLER POLYMERER OPTIKEN

Aufgabenstellung

Transparente Kunststoffe werden für optische Bauteile wie (Mikro-)Linsen, Prismen und Wellenleiter aufgrund ihres geringen Gewichts und ihrer leichten Abformbarkeit in Massenfertigungsprozessen eingesetzt. Dabei sind für die Anwendung in der Optik insbesondere Parameter wie Transparenz, Färbung, spektraler Transmissions- und Reflexionsgrad, Brechungsindex sowie optische Dispersion essentiell. Im Rahmen des BMBF-Projekts »ThIOLens« werden die Grundlagen einer laserbasierten additiven Prozesstechnik zur individuellen Herstellung von Optiken mit hohem Brechungsindex und niedriger optischer Dispersion erforscht.

Vorgehensweise

Die Herstellung individueller polymerer Optiken soll über laserbasierte additive Verfahren wie Stereolithographie und Mehrphotonen-Polymerisation realisiert werden. Neben der Entwicklung der zugehörigen Prozesstechnik sind hierzu zusätzlich umfassende Untersuchungen auf der Materialseite notwendig, wobei neben den optischen Eigenschaften auch Aspekte der Prozessstabilität und des Handlings betrachtet werden. Ziel der Entwicklung ist eine Prozessführung mit initiatorfreiem Photoharz zur Herstellung individueller Optiken mit guten optischen und mechanischen Eigenschaften.

1 Polymere Optik basierend auf Polythioether.

Ergebnis

Für die Laserpolymerisation der Optiken wurde eine Stereolithographieanlage entwickelt, bei der zur Aushärtung eine kontinuierliche Laserstrahlquelle im tiefen UV-Bereich eingesetzt wird. Durch eine schnelle Leistungs- und Strahlmodulation sollen die Polymerisationstiefe und der Vernetzungsgrad lokal so gesteuert werden, dass im Volumen isotrope Eigenschaften erzielt werden. Dafür wurde ein Photoharz entwickelt, das initiatorfrei vernetzt werden kann und eine hohe Transparenz besitzt (Bild 1). In weiteren Untersuchungen soll die additive Fertigung spezifischer Optiken erforscht werden.

Anwendungsfelder

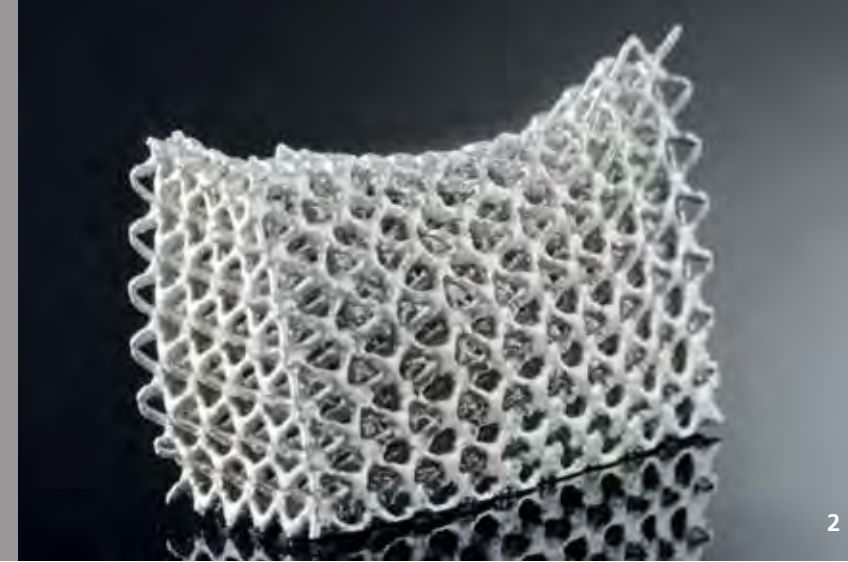
Speziell in der Augenheilkunde entsteht durch die alternde Bevölkerung ein zunehmender Bedarf nach individuellen künstlichen Intraokularlinsen. Dieses Anwendungsgebiet wird zusammen mit dem Institut für experimentelle Ophthalmologie der Universität des Saarlandes erforscht.

Teile der Arbeiten werden vom Bundesministerium für Bildung und Forschung BMBF im Rahmen der Fördermaßnahme »VIP+« unter dem Kennzeichen 03VP00841 unterstützt.

Ansprechpartner

Andreas Hoffmann M.Sc.
Telefon +49 241 8906-447
andreas.hoffmann@ilt.fraunhofer.de

Dr. Martin Wehner
Telefon +49 241 8906-202
martin.wehner@ilt.fraunhofer.de



ADDITIVE FERTIGUNG VON DEGRADIERBAREN MAGNESIUMIMPLANTATEN

Aufgabenstellung

Magnesiumlegierungen gehören zu den vielversprechendsten Werkstoffen für degradierbare Implantate. Insbesondere für Knochenersatzimplantate sind neben dem Werkstoff allerdings auch geometrische Funktionalitäten essentiell. Durch das Einbringen von interkonnektiven Porenstrukturen in das Implantat kann das Einwachsen von neuem körpereigenem Knochen gefördert und der effiziente Abtransport von Degradationsprodukten gewährleistet werden. Für die Herstellung solcher komplexer Implantate ist das Additive Fertigungsverfahren Selektives Laserstrahlschmelzen (LBM) prädestiniert, da es durch den schichtweisen Aufbau von Bauteilen die wirtschaftliche Herstellung dieser Strukturen ermöglicht.

Vorgehensweise

Die generellen Herausforderungen bei der Verarbeitung von Magnesiumlegierungen mittels LBM liegen in der Reaktivität, dem kleinen Prozessfenster zwischen Schmelz- und Verdampfungstemperatur sowie den leichten Pulverpartikeln durch die geringe Dichte. Neben der Beherrschung dieser Aspekte müssen für die Herstellung von komplexen Bauteilen mit Überhangstrukturen, wie diese bei Implantaten mit interkonnektiven Porenstrukturen auftreten, die Verfahrensparameter speziell angepasst werden. Dazu sollen geometrisch angepasste Belichtungsstrategien verwendet werden.

Ergebnis

Durch entsprechende Anpassung der Prozessführung, der Verfahrensparameter und der Belichtungsstrategie können Implantatdemonstratoren mit komplexer Porenstruktur aus der Magnesiumlegierung WE43 aufgebaut werden. Die Demonstratoren weisen Bauteildichten im Vollmaterial von mehr als 99,5 Prozent auf, sind biokompatibel und können durch geeignete Nachbearbeitungsverfahren wie Strahlen und Ätzen geglättet werden, um die initiale Degradation zu verringern.

Anwendungsfelder

Neben der Fertigung degradierbarer Implantate für verschiedene Indikationen kann das LBM mit Magnesiumlegierungen insbesondere auch für Leichtbauanwendungen genutzt werden, da Magnesiumlegierungen nochmals etwa 30 Prozent leichter als Aluminiumlegierungen sind. In Kombination mit der Flexibilität der Additiven Fertigung, die den Aufbau hochkomplexer Bauteile erlaubt, ergibt sich ein großes Potenzial für Anwendungen in der Luft- und Raumfahrt sowie in der Automobilindustrie.

Dieses Vorhaben wurde aus Mitteln des Europäischen Fonds für regionale Entwicklung (EFRE) gefördert.

Ansprechpartner

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

Dr. Wilhelm Meiners
Telefon +49 241 8906-301
wilhelm.meiners@ilt.fraunhofer.de

2 Demonstrator aus der Magnesiumlegierung WE43 für ein degradierbares Knochenersatzimplantat.

LASERMESSTECHNIK
UND EUV-TECHNOLOGIE



INHALT

Miniaturisierter Messkopf für die Inline-Partikelanalytik	100
Inline-Messtechnik für die Laser-Mikrostrukturierung	101
Laser-Direktanalyse feuerfester Mineralien	102
Recycling von Wertstoffen aus Mobiltelefonen	103
Brillante Strahlungsquelle für die Röntgenmikroskopie bei 2,88 nm	104
Kompakte Strahlungsquelle im extremen Ultraviolett	105
EUV-Plasmaquellen für Photoelektronenspektroskopie und Mikroskopie im Labor	106

Brillante Strahlungsquelle für
die Röntgenmikroskopie bei 2,88 nm.



MINIATURISIERTER MESSKOPF FÜR DIE INLINE-PARTIKELANALYTIK

Aufgabenstellung

In vielen chemischen Prozessen spielen Partikelgrößen im Bereich weniger Nanometer bis zu einigen Mikrometern eine entscheidende Rolle und beeinflussen Produkteigenschaften maßgeblich. Mittels eines neuartigen Messkopfs für eine »in-situ Probenahme« können Partikelgrößen mit Hilfe der dynamischen Laser-Lichtstreuung (DLS) nun auch inline in laufenden Prozessen erfasst werden.

Vorgehensweise

Die dynamische Lichtstreuung beruht auf einer optischen Messung der Eigenbewegung von Partikeln in Flüssigkeiten (Brownsche Molekularbewegung), das Messverfahren kann daher nicht in aktiv durchmischten Medien eingesetzt werden. Mit Hilfe eines Messkopfs mit einem Flügelrad wird ein kleines Probenvolumen von der umgebenden, aktiv durchmischten Flüssigkeit abgetrennt und mittels einer faseroptischen Rückstreusonde wird eine DLS-Messung durchgeführt. Um die Methode auch in Anwendungen mit begrenztem Platzbedarf einzusetzen, wurde der Messkopf miniaturisiert, ein Sondendurchmesser von nur 10 mm wurde erreicht. Alle elektrischen Komponenten (Motor, Laser, Detektor) befinden sich außerhalb des Messkopfs, die Drehbewegung wird über eine flexible Welle übertragen.

1 Miniaturisierter Messkopf für Inline-DLS-Messungen.

Ergebnis

Der neuartige Messkopf wurde in Zusammenarbeit mit der RWTH Aachen University (Sonderforschungsbereich 985 – Funktionale Mikrogele) entwickelt und aufgebaut. Der erfolgreiche Einsatz des Messkopfs zur Inline-Verfolgung einer Polymerisationsreaktion wurde publiziert (Measurement 80 (2016) 92 - 98).

Anwendungsfelder

Anwendungsfelder der Inline-DLS-Messtechnik finden sich in allen Prozessen, in denen Partikelgrößen zwischen wenigen Nanometern und einigen Mikrometern inline in einem Prozess überwacht und ohne Probenahme gemessen werden müssen. Beispiele sind die Überwachung chemischer Polymerisationsreaktionen, die Herstellung von Farben und Lacken, Prozesse in der Lebensmittelindustrie sowie verschiedene Mahl- und Dispergierprozesse.

Ansprechpartner

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

Priv.-Doz. Dr. Reinhard Noll
Telefon +49 241 8906-138
reinhard.noll@ilt.fraunhofer.de



INLINE-MESSTECHNIK FÜR DIE LASER-MIKRO- STRUKTURIERUNG

Aufgabenstellung

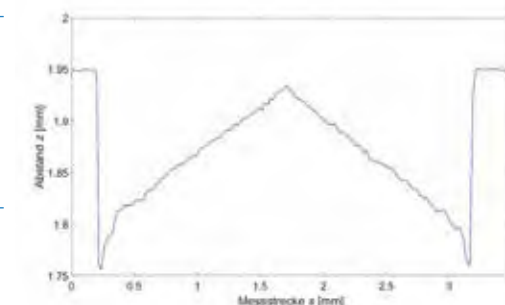
Bei der Laser-Mikrostrukturierung metallischer Oberflächen erfolgen die Bearbeitung und die Bewertung des Fertigungsergebnisses typischerweise auf zwei verschiedenen Maschinen. Nach der Bearbeitung auf einer Laser-Mikrostrukturierungsanlage werden die Werkstücke zur Qualitätssicherung beispielsweise mit einem Weißlichtinterferometer oder einem Laser-Scanning-Mikroskop untersucht. Allerdings sind Untersuchungen mit solchen Labor-Messmethoden zeitaufwendig und für eine 100-Prozent-Kontrolle nicht geeignet.

Vorgehensweise

Für eine 100-Prozent-Kontrolle bieten sich Messmethoden an, die sich in Laser-Mikrostrukturierungsanlagen integrieren lassen. Absolut messende Interferometer eignen sich für diese Aufgabe besonders gut, da ihre Messstrahlung coaxial durch die vorhandene Bearbeitungsoptik geführt werden kann. Die am Fraunhofer ILT entwickelte »bd-2«-Sensorik verfügt über eine sehr hohe Messgenauigkeit bei einer Messfrequenz im Bereich mehrerer 10 kHz, so dass Mikrostrukturen in der Größenordnung von 10 µm bis zu einigen 100 µm zuverlässig und schnell vermessen werden können.

Ergebnis

In Versuchsreihen wurden mit den kompakten, robusten Messköpfen der »bd-2«-Sensorik verschiedene mit Laserstrahlung strukturierte Oberflächen erfolgreich vermessen. Die Messabstände betrugen zwischen 100 und 300 mm. Aufgrund der



großen spektralen Breite der verwendeten Strahlungsquelle ist das Verfahren gegen Störungen durch den Speckle-Effekt unempfindlich. Umgebungslicht und sogar Prozessleuchten beeinträchtigen die Messungen nicht, so dass die Qualitätskontrolle sogar inline, d. h. während des Laser-Mikrostrukturierungsprozesses erfolgen kann.

Anwendungsfelder

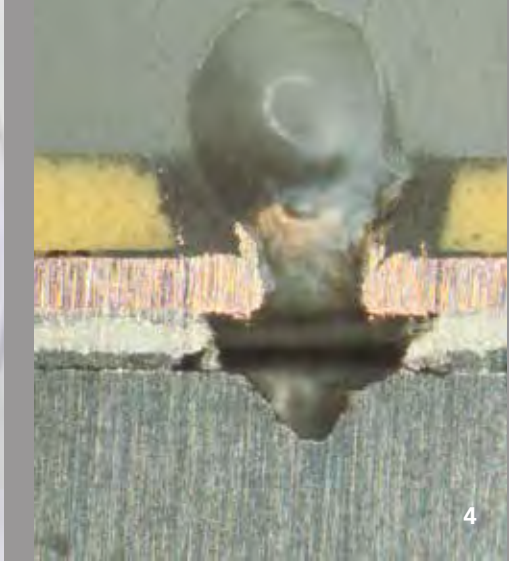
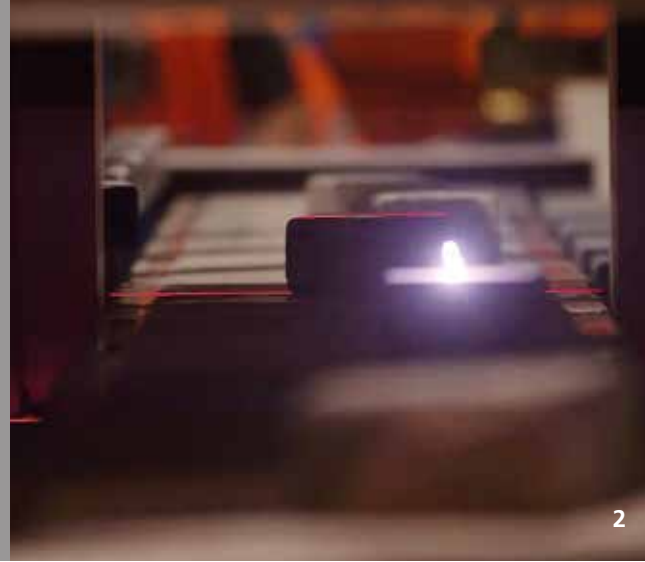
Die Inline-Messungen sollen zukünftig nicht nur zur 100-Prozent-Kontrolle des Prozesses, sondern darüber hinaus auch zur Steigerung der Produktqualität genutzt werden. So können Bearbeitungsvorgänge gezielt beendet werden, wenn die vorgegebene Abtragstiefe erreicht wurde, oder noch vor der Entnahme aus der Laser-Mikrostrukturierungsanlage werden Korrekturmaßnahmen durchgeführt.

Ansprechpartner

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

Priv.-Doz. Dr. Reinhard Noll
Telefon +49 241 8906-138
reinhard.noll@ilt.fraunhofer.de

2 »bd-2«-Sensor mit angeschlossenem
Messkopf, Messkopfgröße L x Ø = 55 mm
x 18 mm, m = 40 g.



LASER-DIREKTANALYSE FEUERFESTER MINERALIEN

Aufgabenstellung

Unter den mineralischen Rohstoffen haben die Feuerfestmaterialien eine große Bedeutung, da sie für alle Hochtemperaturprozesse unverzichtbar sind und hohen Qualitätsansprüchen genügen müssen, um eine sichere Prozessführung zu gewährleisten. Da die Primärrohstoffe hierfür in Europa kaum gewonnen werden und andererseits erhebliche Mengen an benutztem Material anfallen, können mit einem geschlossenen Materialkreislauf natürliche Ressourcen geschont und die Entstehung von Abfällen vermieden werden.

Die industriell verwendeten Feuerfestmaterialien basieren größtenteils auf Magnesium-, Calcium- und Aluminiumoxiden. Die genaue Zusammensetzung bestimmt die thermischen, mechanischen und chemischen Eigenschaften. Verunreinigungen und Vermischungen können schnell zu einem Verlust, beispielsweise der thermischen Stabilität, führen.

Vorgehensweise

Um eine Wiederverwendung von Feuerfestmaterial zu ermöglichen, ist eine sortenreine Rückführung erforderlich. Diese wird dadurch erschwert, dass das Material nach dem Ausbruch gemischt und verunreinigt vorliegt und mit herkömmlichen Verfahren nicht zuverlässig erkannt und sortiert werden kann. Für diese Aufgabenstellung wurde ein Verfahren zur automatisierten Sortierung erarbeitet, das auf einer Laser-Direktanalyse

des Materials basiert. In einem kombinierten Verfahrensschritt aus Laserablation und Laser-Emissionsspektrometrie (LIBS) werden oberflächennahe Verunreinigungen lokal entfernt und das darunterliegende Feuerfestmaterial anhand seiner chemischen Zusammensetzung identifiziert.

Ergebnis

Gemeinsam mit europäischen Partnern wurde ein Demonstrator aufgebaut, mit dem die Funktion des gesamten Sortierprozesses einschließlich Erkennung validiert werden konnte. Das System wurde der Fachöffentlichkeit vorgeführt und zur Gewinnung von 30 Tonnen sortenreinem Material verwendet. Hiermit konnte in der Produktion frisches Material ersetzt und in industriellen Erprobungen gezeigt werden, dass die gleichen Qualitäten erreicht werden wie mit reinen Primärrohstoffen.

Anwendungsfelder

Die automatische Sortierung mit LIBS eignet sich für die sortenreine Trennung von Rohstoffen im Primär- und im Recycling-Bereich, wo Stoffe anhand einer schnellen Multielementanalyse identifiziert werden müssen. Auch in der Metallindustrie, beispielsweise im Aluminiumrecycling, ermöglicht die Unterscheidung einzelner Legierungen mit der Laser-Direktanalyse geschlossene Rohstoffkreisläufe.

Die Arbeiten werden im Rahmen des EU-Projekts »REFRASORT« unter dem Förderkennzeichen 603809 durchgeführt.

Ansprechpartner

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

Priv.-Doz. Dr. Reinhard Noll
Telefon +49 241 8906-138
reinhard.noll@ilt.fraunhofer.de

RECYCLING VON WERTSTOFFEN AUS MOBILTELEFONEN

Aufgabenstellung

Mobiltelefone enthalten, ebenso wie andere moderne Elektronik, eine Vielzahl chemischer Bestandteile, die in Europa als wertvolle oder kritische Rohstoffe angesehen werden. Am Ende der Nutzungsdauer der Geräte werden diese Rohstoffe mit den gegenwärtigen Recycling-Methoden jedoch nur zum Teil zurückgewonnen.

Vorgehensweise

Das Fraunhofer ILT koordiniert das europäische Verbundvorhaben »ADIR«, in dem technologische Lösungen erarbeitet werden, um die einzelnen Wertstoffe automatisiert wiederzugewinnen. Hierzu sollen die wertvollen Baugruppen und Elektronik Elemente identifiziert und gezielt entnommen werden, um sie in separierten Fraktionen der Wiederverwertung zuzuführen. Beispielhaft werden die Methoden für die Verarbeitung von Mobiltelefonen und von kommerziell genutzten Elektronikplatinen aus der Netzwerktechnik erprobt.

Ergebnis

Zwei entscheidende Faktoren für die gezielte Rückgewinnung der Rohstoffe sind einerseits die genaue Kenntnis, wo und in welchen Bauteilen die einzelnen Stoffe vorhanden sind, und andererseits ein Verfahren für deren gezielte Entnahme. Für beide Punkte kommen laserbasierte Prozesse zum Einsatz.

Die Materialidentifikation mit der Laser-Emissionsspektrometrie (LIBS) erlaubt die ortsselektive Elementanalyse der Inhaltstoffe elektronischer Bauteile. Anschließend kommen Bearbeitungslaser als berührungsloses Werkzeug zum Einsatz, um die hochwertigen Bauteile selektiv abzutrennen und sortenrein der metallurgischen Aufbereitung zuzuführen.

Anwendungsfelder

Das Projekt »ADIR« zielt zunächst auf die Elektronik aus dem Telekommunikationsbereich. Durch die Bereitstellung einer Technologie zur verbesserten Rückgewinnung der Rohstoffe wird eine ökonomisch und ökologisch attraktive Verwertung der Altelektronik gestärkt.

Die Fraunhofer-Gesellschaft hat begleitend hierzu das Projekt »i-Recycle« gestartet, um ausgesonderte Diensthandys aus allen Instituten beispielhaft den neuen Recyclingprozessen zuzuführen.

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

Priv.-Doz. Dr. Reinhard Noll
Telefon +49 241 8906-138
reinhard.noll@ilt.fraunhofer.de

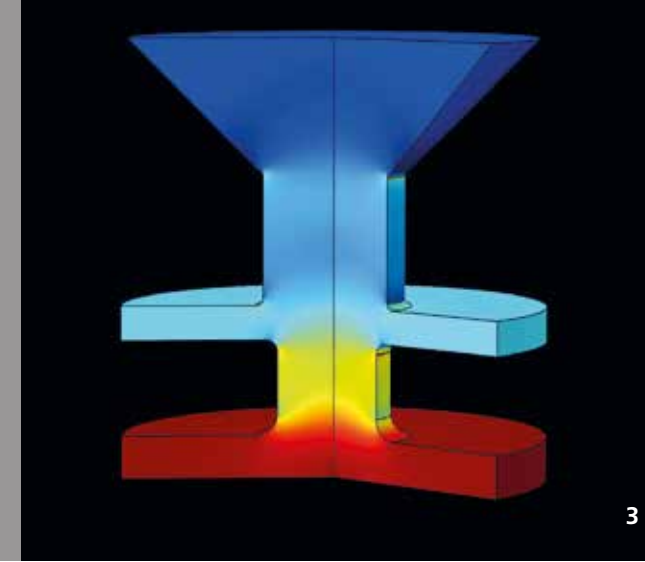
3 Ausgesonderte, vorzerlegte Mobiltelefone.
4 Laser-Materialanalyse elektronischer Bauteile.



1



2



3



4

BRILLANTE STRAHLUNGS- QUELLE FÜR DIE RÖNTGEN- MIKROSKOPIE BEI 2,88 NM

Aufgabenstellung

Die Mikroskopie mit weicher Röntgenstrahlung (XUV) im Spektralbereich des Wasserfensters (Wellenlängen zwischen 2 - 5 nm) ist als hochauflösendes, bildgebendes Verfahren geeignet für die Untersuchungen an wässrigen biologischen Proben oder auch der Selbstorganisation von Nanopartikeln im Umfeld der Medizin und Kolloidchemie. Röntgenmikroskope bieten, im Gegensatz zu Lichtmikroskopen, die hierfür erforderliche Auflösung im sub-nm Bereich. Im Gegensatz zur Elektronenmikroskopie ist die Probenpräparation bei der Röntgenmikroskopie weniger aufwendig, was einen wesentlich höheren Durchsatz möglich macht. Die wichtigste Kenngröße der Lichtquelle für ein Röntgenmikroskop ist die Brillanz, die wesentlich die Belichtungszeit bestimmt.

Vorgehensweise

In der Vergangenheit wurde bereits ein Röntgenmikroskop mit einer Entladungsquelle demonstriert. Bei dieser Quelle wird Stickstoff als Emittergas eingesetzt, welches bei 2,88 nm den intensiven, monochromatischen $1s^2 - 1s2p$ Übergang von heliumähnlichen Stickstoffionen aufweist. Durch eine Erweiterung des Betriebsparameterbereichs, in dem Fall der Betrieb bei wesentlich höheren Neutralgasdrücken, konnte die Brillanz bei 2,88 nm wesentlich gesteigert werden.

1 Aufnahme der Strahlungsquelle im Sichtbaren.

2 Blick auf die Strahlungsquelle über Fenster.

Ergebnis

Mit dem neuen Betriebsmodus wird jetzt eine mittlere Brillanz von $L = 2,5 \times 10^{10} \text{ Ph } \mu\text{m}^{-2} \text{ sr}^{-1}$ erreicht. Dies ist etwa einen Faktor 6 höher im Vergleich zum Stand der Technik und zählt damit zu den Spitzenwerten für plasmabasierte Strahlungsquellen für die Röntgenmikroskopie.

Anwendungsfelder

Die Anwendungsfelder von Röntgenmikroskopen liegen z. B. in der Untersuchung von:

- Wässrigen biologischen Proben
- Nanopartikeln im Umfeld der Kolloidchemie zur Beobachtung des Wachstums von Nanopartikeln
- Nanoelektronik wie organische Halbleitermaterialien mit einer Auflösung im Bereich von 50 nm
- Verfahren für 2D- und 3D-Bildgebung (Tomographie) mit hoher Ortsauflösung

Dieses Projekt wird finanziell durch die Fraunhofer-Gesellschaft unterstützt.

Ansprechpartner

Alexander von Wezyk M.Sc.
Telefon +49 241 8906-376
alexander.von.wezyk@ilt.fraunhofer.de

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

KOMPAKTE STRAHLUNGS- QUELLE IM EXTREMEN ULTRAVIOLETT

Aufgabenstellung

Entladungsbasierte Strahlungsquellen im extremen Ultraviolett, vornehmlich bei einer für die künftige Chipproduktion interessanten Wellenlänge von 13,5 nm, stellen eine kostengünstige und benutzerfreundliche Lösung dar. Bei solchen Quellen wird ein dichtes und heißes Plasma durch eine gepulste Entladung elektrisch gespeicherter Energie erzeugt. Am Fraunhofer ILT werden diese Quellen entwickelt und in kommerzielle Anwendungen überführt. Um diese Quellen für den Nutzer attraktiver zu machen und weitere Anwendungsfelder zu erschließen, wurde ein Schwerpunkt auf die Steigerung des Wartungsintervalls gelegt.

Vorgehensweise

Die Arbeiten zielen sowohl auf die Reduktion der durch das Plasma unvermeidlichen Erosion der Elektroden durch Verwendung anderer Materialien als auch auf die Erschließung eines erweiterten Bereichs von Betriebsparametern ab. Insbesondere durch eine neue elektrische Schaltung zur Zündung des Plasmas konnte eine Steigerung der Effizienz für die Umwandlung der elektrischen Energie in EUV-Strahlung erreicht werden. Gestützt von Langzeittests und Simulationen der Strömungsdynamik des Arbeitsgases sowie Kühlung des Elektrodensystems wurde eine EUV-Quelle entwickelt, welche die erhöhte Ausgangsleistung bei einem längeren Wartungsintervall erreicht.

Ergebnis

Die gefundenen Lösungen zur Steigerung der Leistung und des Wartungsintervalls wurden zur Marktreife entwickelt und in das Produktportfolio integriert. Die bei internationalen Kunden vorhandenen Anlagen werden durch Upgrades nachgerüstet.

Anwendungsfelder

Die Strahlungsquelle ist für verschiedene Anwendungen im Umfeld der Halbleiterlithographie wie zum Beispiel die Charakterisierung von Optiken, Kontaminationsstudien oder die Entwicklung von neuen Fotolacken geeignet.

Teile des diesem Bericht zugrundeliegenden FuE-Vorhabens wurden im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie BMWi unter dem Förderkennzeichen KF2118109NT4 durchgeführt.

Ansprechpartner

Dipl.-Phys. Jochen Vieker
Telefon +49 241 8906-397
jochen.vieker@ilt.fraunhofer.de

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

3 FEM-Simulation der Druckverteilung im Elektrodensystem.

4 Rückseite des Elektrodensystems der EUV-Strahlungsquelle.

PATENTE

EUV-PLASMAQUELLEN FÜR PHOTOELEKTRONEN-SPEKTROSKOPIE UND MIKROSKOPIE IM LABOR

Aufgabenstellung

Mit dem stetig steigenden Interesse an funktionalen Mikrostrukturen in verschiedensten akademischen und industriellen Disziplinen werden räumlich aufgelöste Charakterisierungsverfahren der chemischen und elektronischen Eigenschaften im Mikrometer-Bereich immer gefragter. Um das volle Potenzial der sogenannten Spektro-Mikroskopie nutzen zu können, wird Strahlung im extrem ultravioletten bis hin zum weichen Röntgenbereich genutzt. Standardmäßig wird diese Art der Probencharakterisierung an Elektron-Speicherringen (Synchrotron) durchgeführt, jedoch sind diese Großeinrichtungen nur zeitlich begrenzt auf Antrag nutzbar. Im Laborbereich gibt es eine große spektrale Lücke zwischen Helium-/III-Lampen (21 eV bzw. 41 eV Photonenenergie) und Röntgenröhren (z. B. Al- α ~ 1400 eV). So liegt die Idee nahe, eine EUV-Quelle zu nutzen, die den Bereich von 40 - 600 eV abdeckt, in dem alle Elemente identifiziert werden können und auch die Strahlung an sich einen hohen Wirkungsquerschnitt für die Absorption und daher eine hohe Oberflächensensitivität aufweist.

- 1 Experimenteller Aufbau und Aufnahmen von Ge-Sb-Te (GST)-Inseln mit Photoelektronen.
2 Vergleich zwischen der simulierten (oben) und der gemessenen (unten) Bandstruktur von Gold bei zwei verschiedenen Elektronenenergien.

Vorgehensweise

In ersten Testversuchen wurde das Licht einer EUV-Gas-entladungsquelle mit Hilfe von mehrschichtigen Spiegeln spektral gefiltert und auf eine Probe innerhalb eines FOCUS NanoESCA-Photoelektronenmikroskops fokussiert. Die durch den Photoeffekt herausgelösten Elektronen werden abgebildet und gleichzeitig energetisch gefiltert. Das Resultat ist das Bild einer Probe, welches die Information über die chemische Zusammensetzung dieser enthält.

Ergebnis

In diesem Projekt wurden Ge-Sb-Te (GST)-Inseln untersucht. GST ist ein Prototypenmaterial für Prozesse, die auf einem Phasenwechsel des Materials basieren, weitgehend bekannt von wiederbeschreibbaren optischen Datenträgern wie CD-RW oder DVD-RW. Es war möglich, zwischen oxidierten und nicht oxidierten Zuständen des Materials zu unterscheiden. Außerdem wurde verifiziert, dass Abbildungen im Impulsraum, die Informationen über elektronische Eigenschaften liefern, ebenso mit Pinch-Plasma-Quellen möglich sind.

Anwendungsfelder

Photoelektronenspektroskopie und Mikroskopie werden in unzähligen Anwendungsgebieten, z. B. in der Qualitätskontrolle, angewendet.

Dieses Projekt wurde finanziell durch das »JARA-FIT Seed Fund-Projekt« im Zuge der deutschen Exzellenzinitiative unterstützt.

Ansprechpartner

Prof. Larissa Juschkin
Telefon +49 241 8906-313
larissa.juschkin@ilt.fraunhofer.de

PATENTE

PATENTERTEILUNGEN DEUTSCHLAND

DE 10 2014 016 993 B3 Vorrichtung und Verfahren zur Durchführung faseroptischer Messungen in bewegten Flüssigkeiten

DE 10 2011 118 540 B4 Verfahren und Vorrichtung zum Schneiden oder Trennen von Feststoffen durch Materialabtrag mittels energetischer Strahlung

DE 10 2015 200 795 C2 Anordnung zur Bestrahlung einer Objektfläche mit mehreren Teilstrahlen ultrakurz gepulster Laserstrahlung

DE 10 2013 003 640 B4 Verfahren und Vorrichtung zur optischen Messung von Innengeometrien

DE 10 2013 017 289 B4 Verfahren und Vorrichtung zur Steigerung der Genauigkeit berührungsfreier Abstands- und Dickenmessungen

DE 10 2014 208 371 B4 Verfahren zur Laserbearbeitung einer Oberfläche

DE 10 2005 001 158 B4 Barriereentladungselektrode mit Kühlung

PATENTERTEILUNGEN EUROPA

EP 2 292 357 Ceramic or glass-ceramic article and methods for producing such article

EP 2 755 793 Verfahren und Vorrichtung zum Strukturieren von Oberflächen durch Bearbeitung mit energetischer Strahlung

EP 2 886 239 Verfahren und Vorrichtung zur Überwachung und Regelung der Bearbeitungsbahn bei einem Laserfügeprozess

EP 2 387 803 B1 Verfahren zur Herstellung von Leiterbahnen auf Substraten

53

Bachelorarbeiten
in 2016

PATENTE

19 Erteilungen,
25 Anmeldungen
in 2016

104

wissenschaftliche
Vorträge

58

Masterarbeiten
in 2016

95 Veröffentlichungen

PATENTE

PATENTERTEILUNGEN USA

- 9 414 476** Method and device for generating optical radiation by means of electrically operated pulsed discharges
- 9 484 705** Optically end-pumped slab amplifier comprising pump modules arranged in a distributed manner

PATENTERTEILUNGEN JAPAN

- P 5862 286** Thin film manufacturing device, thin film manufacturing method, droplet discharge head and ink jet recording apparatus
- P 588 0031** Thin film manufacturing apparatus, thin film manufacturing method, liquid droplet ejecting head, and ink jet recording apparatus
- P 589 1782** Thin film manufacturing device, thin film manufacturing method, droplet discharge head and ink jet recording device
- 5 919 814** Electromechanical conversion element, manufacturing method of electromechanical conversion element, droplet discharge head, and ink jet recording device
- 5 982 486**
Method and device for generating optical radiation by means of electrically operated pulsed discharges

PATENTERTEILUNGEN CHINA

- 102 448 650 B** Welding method and component

PATENTANMELDUNGEN DEUTSCHLAND

- 10 2016 204 407.9** Verfahren zur Erzeugung von extremer Ultraviolett und/oder weicher Röntgenstrahlung
- 10 2016 208 309.0** Verfahren zur Überwachung der Qualität einer Schweißnaht
- 10 2016 209 065.8** Verfahren und Vorrichtung zur Prozessüberwachung bei der generativen Fertigung von Bauteilen
- 10 2016 110 266.0** Verfahren und Vorrichtung zur generativen Fertigung von Bauteilen
- 10 2016 111 531.2** Optischer Scanner
- 10 2016 211 471.9** Anordnung und Verfahren zur winkelaufgelösten Streulichtmessung mittels einer Wellenleiter-Sonde
- 10 2016 212 571.0** Vorrichtung und Verfahren zur Herstellung von dreidimensionalen Bauteilen mit einem pulverbettbasierten Strahlschmelzverfahren
- 10 2016 212 572.9** Verfahren zur Herstellung von dreidimensionalen Bauteilen mit einem pulverbettbasierten Strahlschmelzverfahren
- 10 2016 212 573.7** Verfahren zur Herstellung von dreidimensionalen Bauteilen mit einem pulverbettbasierten Strahlschmelzverfahren

- 10 2016 215 493.1** Hybrider Werkstoffverbund zwischen einer Metalloberfläche und einer polymeren Materialoberfläche sowie Verfahren zur Herstellung des hybriden Werkstoffverbundes
- 10 2016 218 951.4** Verfahren und Vorrichtung zur generativen Fertigung von Bauteilen auf einer Grundplatte mit Oberflächentopologie
- 10 2016 220 623.0** Verfahren zur werkzeuglosen Entfernung von Stützstrukturen bei der generativen Fertigung von Bauteilen
- 10 2016 121 594.5** Verfahren zur Verbesserung der Oberflächenqualität generativ hergestellter Bauteile
- 10 2016 222 067.5** Verfahren und Vorrichtung zur Bearbeitung einer Werkstoffschicht mit energetischer Strahlung
- 10 2016 222 068.3** Vorrichtung und Verfahren zur generativen Bauteilfertigung mit mehreren räumlich getrennten Strahlführungen

PATENTANMELDUNGEN EUROPA

- PCT/EP2016/000112** Bearbeitungskopf für die Materialbearbeitung
- PCT/EP2016/052138** Verfahren und Vorrichtung zur hochgenauen optischen Messung an Objekten mit anhaftenden fluidischen Schichten
- 16 156 867.0** A method of sintering, crystallizing and/or crosslinking of a coating material on a substrate
- 16 001 137.5** Highly porous carbon fibers obtained by fast carbonization of carbon precursors fibers
- PCT/EP2016/064297** Auftragschweißen von übereinander aufgetragenen Auftragslagen mit unterschiedlichen Dicken
- PCT/EP2016/067123** Anordnung und Verfahren zur zeichnungsfreien zweidimensionalen Ablenkung von räumlich ausgedehnten Intensitätsverteilungen
- PCT/EP2016/074287** Vorrichtung zum Laserstrahlauftrag-schweißen mit Pendelbewegung
- PCT/EP2016/074482** Parameter beim Auftragschweißen bei oszillierender Erstarrungsfront
- PCT/EP2016/001810** Verfahren zum Fügen von zwei Bauteilen im Bereich einer Fügezone mittels mindestens einem Laserstrahl sowie Verfahren zum Erzeugen einer durchgehenden Fügenaht
- PCT/EP2016/0800751** Verfahren und Anordnung zur Verringerung der Grenzflächenadhäsion bei der Photopolymerisation

DISSERTATIONEN

DISSERTATIONEN

4.3.2016 – Pütsch, Oliver (Dr.-Ing.)

Aktive und adaptive Strahlformungssysteme für die Werkstoffbearbeitung mit Laserstrahlung

22.3.2016 – Büsing, Lasse (Dr.-Ing.)

Optische Systeme für die hochpräzise, scannerbasierte Multistrahlbearbeitung mit ultrakurzen Laserpulsen

13.4.2016 – Bensmann, Stefanie (Dr.-Ing.)

Breitband-Nahfeldmikroskopie an phonon-resonanten Kristallen

15.4.2016 – Uchtmann, Hermann (Dr.-Ing.)

Modulares hybrides Laserstrahlbohren

5.7.2016 – Fornaroli, Christian (Dr.-Ing.)

Sublimationsschneiden von Silizium mit ultrakurz gepulster Laserstrahlung

15.7.2016 – Rolink, Gesa (Dr.-Ing.)

Entwicklung der laserbasierten additiven Fertigung für intermetallische Fe-Al-Legierungen

18.7.2016 – Steger, Michael (Dr.-Ing.)

Mehrstrahlinterferenz zur direkten, großflächigen Nanostrukturierung durch Laserablation

9.11.2016 – Hoerstmann-Jungemann, Maren-Christine (Dr.-Ing.)

Digital Photonic Production of Corundum Components by SLE

15.12.2016 – Christian-Alexander Tulea (Dr. rer. nat.)

Laserinduzierte Ablation von biologischem Hartgewebe unter Wasser mit Pikosekundenpulsen im sichtbaren Spektralbereich

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

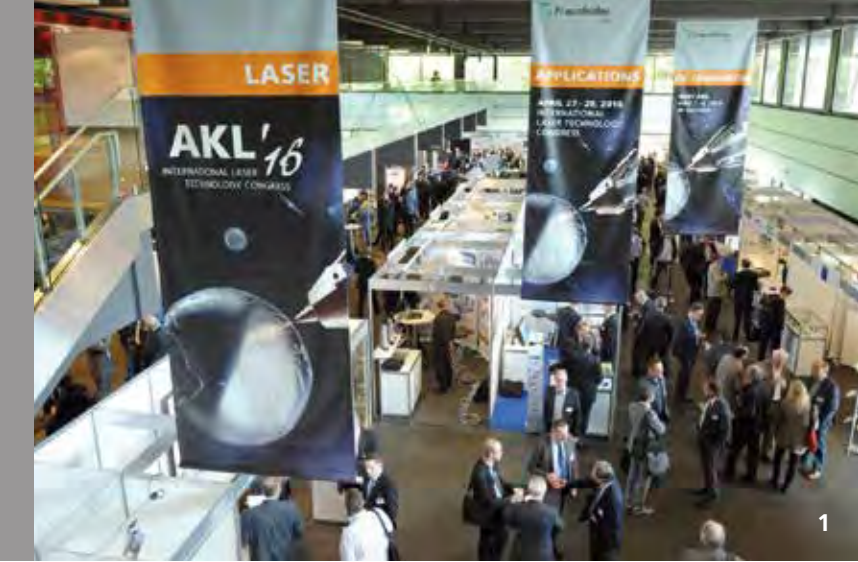
VERANSTALTUNGEN

AKL'16

**AKL'16 – International Laser Technology Congress
27. - 29. April 2016 in Aachen**

Vom 27. bis 29. April 2016 fand in Aachen der International Laser Technology Congress AKL'16 statt. Im Fokus standen neben Mikro- und Makrobearbeitung auch Sonderforen zu Prozessüberwachung und Additiver Fertigung. Mit über 690 Besuchern konnte eine Steigerung um 10 Prozent gegenüber 2014 verzeichnet werden. Auch die Internationalität ist weiter gewachsen: 196 Besucher kamen aus insgesamt 27 verschiedenen Ländern. Die Sponsorenausstellung war mit 52 Firmen bereits lange im Vorfeld ausgebucht.

Das Programm des AKL'16 bot neben der Fachkonferenz mit drei separaten Sessions noch eine Vielzahl von Zusatzveranstaltungen wie das Einsteiger Seminar Lasertechnik und die Fachforen zu Prozessüberwachung und Additiver Fertigung sowie mehrere Abendveranstaltungen. Sehr gut besucht war auch die Veranstaltung »Lasertechnik Live« mit insgesamt 91 Live-Vorfürhrungen aktueller Projekte am Fraunhofer ILT.



AKL-Fachkonferenz am 28. und 29. April 2016

Bei der technologischen Fachkonferenz des AKL'16 wurden alle Schritte von der Strahlquellenentwicklung bis zu den verschiedensten Anwendungen diskutiert, es zeichneten sich dabei mehrere Trends ab: So richtet sich die Entwicklung bei Strahlquellen weniger auf disruptive Technologien, sondern mehr auf höhere Effizienz und höhere Leistungen. Faserlaser sind nunmehr bis 100 kW verfügbar, Direct-Diode-Systeme erreichen die 50 kW Marke. Erste Versuche am Fraunhofer ILT bestätigen darüber hinaus, dass Diodenlaser sich nun auch für das Laserschneiden eignen. Gleichzeitig werden die Systeme zunehmend vergleichbar und eine Kommodifizierung führt zu einem Preiskampf und einer fortschreitenden Konsolidierung der Branche.

Noch relativ neu sind Ultrakurzpuls laser und der Markt für Systeme bis etwa 150 W wächst überproportional schnell. Auf dem AKL'16 wurden Anwendungen in der Elektronik-, Halbleiter- und Konsumgüterindustrie vorgestellt. Woran es noch fehlt, ist die Produktivität. Mehrstrahlssysteme zum Beispiel vom Aachener Startup Pulsar Photonics bieten eine Lösung. Daneben arbeiten verschiedene Gruppen am Fraunhofer ILT an der Entwicklung von UKP-Lasern im kW-Bereich.

Forum »Laser Additive Manufacturing«

Produktivität ist auch die zentrale Frage bei der breiteren Anwendung von additiven Verfahren, darin waren sich die Teilnehmer des ganztägigen Forums »Laser Additive Manufacturing« einig. Schon jetzt haben sich additiv gefertigte Bauteile im Turbinenbau etabliert, neue Anwendungen im Flugzeugbau und der Automobilbranche kommen stetig dazu. Für noch breitere Anwendungen könnten Mehrstrahlverfahren sorgen, ein entsprechendes Projekt am Fraunhofer ILT zielt auf eine 30-fache Steigerung der Produktivität.

¹ Gut besucht: Die konferenzbegleitende Ausstellung des AKL'16 mit 52 Sponsoren.



Gewinner-Team Philips GmbH Photonics des Innovation Award Laser Technology 2016 mit Moderatorin Annett Möller, Ulrich Berners (2.v.l.) und Dr. Paul Hilton (1.v.r.).



2nd Conference on Laser Polishing LaP vom 26. - 27. April 2016 in Aachen.



Klaus Löffler, Geschäftsführung Vertrieb & Services, TRUMPF Lasertechnik GmbH, beim Technologie Business Tag des AKL'16.

Forum »Prozessüberwachung«

Auch das neue Forum »Prozessüberwachung« war sehr gut besucht, die Teilnahme lag deutlich über den ursprünglichen Erwartungen. In den Vorträgen wurden verschiedene Sensorsysteme und Erfahrungen bei der Implementierung von Prozessüberwachungen in der Industrie vorgestellt. Inline-Messungen setzen sich dabei zunehmend durch. Bei den verschiedenen Sensoren wurden inzwischen große Fortschritte gemacht, derzeit liegt das Problem eher in der Auswertung einzelner Bilder: Oft ist die Rate der Pseudofehler noch zu hoch. Aufgrund des starken Interesses an dieser Thematik wurde der »Industriearbeitskreis Prozesskontrolle in der Lasermaterialbearbeitung« durch das Fraunhofer ILT und IPT gegründet.

»Lasertechnik Live« am 28. April 2016 im Fraunhofer ILT

Auf der Veranstaltung »Lasertechnik Live« am 28. April 2016 konnten sich die Teilnehmer bei 91 Live-Präsentationen im Anwenderzentrum des Fraunhofer ILT mit den Aachener Forschern intensiv über neue technologische Entwicklungen austauschen. Doch nicht nur aus rein wissenschaftlicher Sicht gab »Lasertechnik Live« wertvolle Impulse. Unter anderem erfuhren Unternehmen auf dieser Veranstaltung von den Geschäftsführern des ACAM Aachen Center for Additive Manufacturing auch, wie sie generative Fertigungstechnologien gewinnbringend für ihre Produktionsprozesse einsetzen können. Christian Hinke, Geschäftsführer des »Forschungscampus Digital Photonic Production DPP«, stellte Interessenten mittel- bis langfristige Kooperationsmöglichkeiten im »Industry Building Digital Photonic Production DPP« vor.

Einweihung des »Industry Building Digital Photonic Production DPP«

Am Abend des 28. April 2016 konnten die Teilnehmer des AKL'16 an der Einweihung des »Industry Building DPP« teilnehmen. Als erstes Gebäude im Cluster Photonik nahe des Fraunhofer ILT ist es Teil des neu entstehenden Campus der RWTH Aachen University, eine der größten technologisch orientierten Forschungslandschaften Europas. Hier arbeiten Wissenschaftler unter anderem an Projekten des BMBF-geförderten »Forschungscampus DPP«, in denen neue Methoden und grundlegende physikalische Effekte für die Nutzung von Licht als Werkzeug in der industriellen Produktion der Zukunft erforscht werden.

27. April 2016, Aachen Verleihung des Innovation Award Laser Technology 2016

Ein besonderer Höhepunkt des AKL'16 war die Verleihung des Innovation Award Laser Technology 2016 im Krönungssaal des Aachener Rathauses. Der Preis wird vom Arbeitskreis Lasertechnik e.V. und vom European Laser Institute ELI für herausragende Leistungen auf dem Gebiet der industriellen Lasertechnik vergeben. 2016 ging der mit 10.000 € dotierte erste Preis an Dr. Ir. Armand Pruijboom und sein Team der Philips Photonics GmbH Aachen für die Entwicklung von VCSEL-Arrays – eine neue Hochleistungs-Lasertechnologie zur »digitalen Wärmebehandlung« von Werkstücken.

Weitere Informationen: www.innovation-award-laser.org.

VERANSTALTUNGEN

20.1.2016, Aachen

3. IHK-Wirtschaftssprechtage mit dem Aachener Zentrum für 3D-Druck

- Organisiert von der IHK Aachen in Zusammenarbeit mit dem Aachener Zentrum für 3D-Druck, eine Kooperation des Fraunhofer ILT und der Fachhochschule Aachen
- Kleine und mittlere Unternehmen konnten sich bei Technologieexperten des Aachener Zentrums für 3D-Druck über die Chancen von Additiven Fertigungsverfahren informieren

15.2.2016, München

4. Trendforum 3D-Druck

- Veranstaltet von Management Circle in Kooperation mit dem Fraunhofer ILT
- Gerichtet an Fach- und Führungskräfte, u. a. aus den Bereichen Produktion, FuE, Innovations- und Technologie-management, Business Development Management, Recht, Marketing und Vertrieb
- Top-Themen: technologische und wirtschaftliche Grenzen sowie Perspektiven des 3D-Drucks

5.4.2016, Brüssel, Belgien

H2020 Workshop 2016: Photonics Research in Europe for Advanced Solutions in Laser-based Manufacturing

- Im Rahmen des EU-Projekts »LASHARE« wurden Innovationen rund um die laserbasierte Fertigung präsentiert

12.4. - 13.4.2016, Aachen

Aachen Polymer Optics Days International Conference

- Organisiert von Fraunhofer ILT und IPT sowie dem IKV der RWTH Aachen University
- Networking-Plattform für Teilnehmer aus Industrie und Forschung aus dem Bereich optischer Kunststoffprodukte
- 19 Fachvorträge zu den Themen spritzgegossene Optiken, kontinuierliche Produktion flächiger Optiken und Folien, neue Werkstoffe und Anwendungen für Kunststoffoptiken, Lichtquellen und optische Systeme

26.4. - 27.4.2016, Aachen

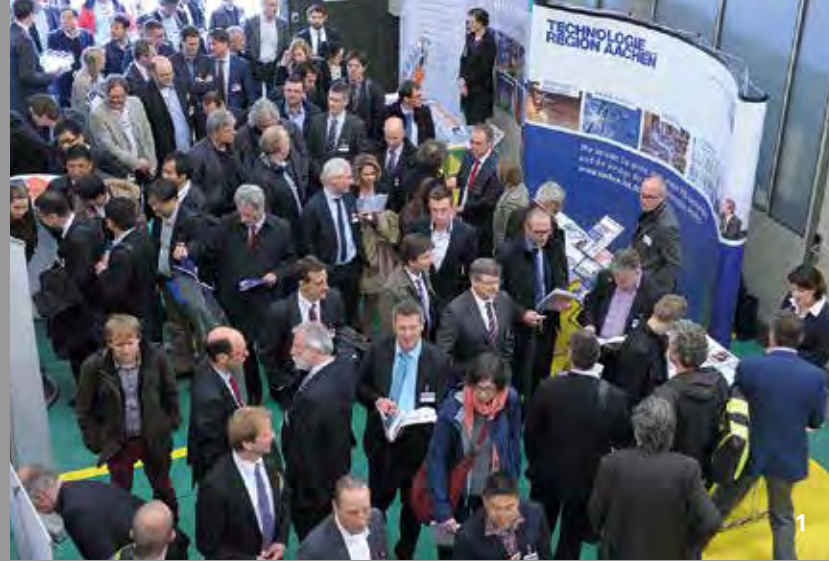
2nd Conference on Laser Polishing LaP 2016

- Knapp 60 Teilnehmer aus 12 Ländern informierten sich über Themen rund um die laserbasierte Oberflächenbearbeitung von Metallen und Gläsern

27.4. - 29.4.2016, Aachen

11. International Laser Technology Congress AKL'16

- Über 600 Teilnehmer, 79 Referenten und 52 Sponsoren besuchten das in Europa führende Forum für angewandte Lasertechnik in der Produktion
- Ideelle Träger: Europäische Kommission, European Photonics Industry Consortium EPIC, Arbeitskreis Lasertechnik e.V., European Laser Institute ELI, OptecNet sowie die Industrieverbände SPECTARIS, VDA, VDMA und VDI



1



2

14.9. - 15.9.2016, Aachen

Fachtagung »3D-Valley Conference 2016«

- Organisiert vom ACAM Aachen Center for Additive Manufacturing des Cluster Photonik
- Thema: Welche zukünftigen Möglichkeiten bieten der 3D-Druck sowie andere additive Fertigungsmethoden und was ist bereits heute machbar?
- Die Veranstaltung richtete sich an kleine und mittlere Unternehmen der Region

3.11.2016, Hannover

LaserForum 2016 – Laseranwendungen in der Medizin

- Veranstaltet vom IVAM Fachverband für Mikrotechnik gemeinsam mit dem Fraunhofer ILT, dem Laser Zentrum Hannover e.V. und dem Lehrstuhl für Laseranwendungstechnik LAT der Ruhr-Universität Bochum
- Schwerpunktthemen: Herstellung medizinischer Produkte, Anwendungen von Lasern in der Medizin sowie Laserdiagnostik

KOLLOQUIUM LASERTECHNIK AN DER RWTH AACHEN

11.2.2016, Aachen – Kolloquium Lasertechnik Lehrstuhl für Lasertechnik LLT der RWTH Aachen

Nadine Bey M.Sc., Inensity GmbH, Wiesbaden
»Neue Technologien – Nur eine von sieben Quellen für Innovationen«

17.3.2016, Aachen – Kolloquium Lasertechnik Lehrstuhl für Lasertechnik LLT der RWTH Aachen

Dr. Günther Derra, Philips GmbH Photonics Aachen,
»Hochleistungs-VCSEL-Systeme – Eigenschaften, Anwendungen und Perspektiven«

30.6.2016, Aachen – Kolloquium Lasertechnik Lehrstuhl für Lasertechnik LLT der RWTH Aachen

Prof. Dr. Jo van den Brand, National Institute for Subatomic Physics (Nikhef) and VU University Amsterdam
»Observation of Gravitational Waves«

AIX-LASER-PEOPLE

28.4.2016, Aachen

53. Seminar des Arbeitskreises Lasertechnik e.V. und des Alumni-Netzwerks »Aix-Laser-People«

Im Rahmen des International Laser Technology Congress AKL'16 vom 27. - 29. April 2016 trafen sich rund 40 Alumni des Fraunhofer ILT und Mitglieder des AKL e.V. In mehr

als 90 Lasertechnik Live-Vorführungen informierten sie sich über die aktuellen Entwicklungen des Fraunhofer ILT und der assoziierten Lehrstühle der RWTH Aachen University. Nach der Mitgliederversammlung des Arbeitskreises Lasertechnik e.V. bot die feierliche Eröffnung des Cluster Photonik auf dem RWTH Aachen Campus die Möglichkeit, sich in High-Tech Atmosphäre weiter auszutauschen.

6. - 7.10.2016, Hamburg

54. Seminar des Arbeitskreises Lasertechnik e.V. und des Alumni-Netzwerks »Aix-Laser-People«

Das 54. Treffen in Hamburg stand ganz unter dem Thema »Industrie 4.0 in der Luftfahrtindustrie und Laseranwendungen im Flugzeugbau«. Die 45 Teilnehmer besichtigten renommierte Mitglieder des Clusters Hamburg Aviation, wie Airbus, Lufthansa Technik, das Zentrum für Angewandte Luftfahrtforschung ZAL und das Laserzentrum Nord LZN in Hamburg.

22.12.2016, Aachen

55. Seminar des Arbeitskreises Lasertechnik e.V. und des Alumni-Netzwerks »Aix-Laser-People«

Gastgeber des 55. Seminars war das Fraunhofer ILT Spin-off EdgeWave GmbH in Würselen. Nach der Begrüßung der rund 25 Gäste durch Dr. Keming Du, Geschäftsführer der EdgeWave GmbH, hielt Dipl.-Ing. Dieter Hoffmann, Leiter des Kompetenzfelds Laser und Laseroptik am Fraunhofer ILT, einen Vortrag zum Thema »Laserstrahlquellen für den Weltraumeinsatz«. Anschließend berichtete Dr. Du über »Innoslab-Technologie für Kurzpuls- und Ultrakurzpulslaser – Strahlquellen und Anwendungen«. Nach einer abschließenden Diskussion hatten die Teilnehmer noch Gelegenheit, die Produktion der EdgeWave GmbH zu besichtigen.

VERANSTALTUNGEN FÜR SCHÜLER UND STUDENTEN

26.1.2016, Aachen – Schülerführung

Informationsveranstaltung für Abiturienten des Anne-Frank-Gymnasiums Herzogenrath mit Vortrag zur Vorstellung des Fraunhofer ILT und zu Grundlagen der Lasertechnik sowie anschließende Laborführung mit Experimenten für die Schüler.

14.4.2016, Aachen – Studentenführung

Informationsveranstaltung der Lehrstühle für Lasertechnik LLT und Technologie Optischer Systeme TOS für Besucher der Lehrveranstaltungen beider Lehrstühle im WS 2015/2016 mit anschließender Institutsführung.

28.4.2016, Aachen

Girls'Day – Mädchenzukunftstag

An diesem Tag erleben Schülerinnen ab Klasse 5 die Arbeitswelt in Technik, Handwerk, Ingenieur- und Naturwissenschaften oder lernen weibliche Vorbilder in Führungspositionen in Wirtschaft, Wissenschaft und Politik kennen. Das Fraunhofer ILT hat zusammen mit den Fraunhofer-Instituten IPT und IME an diesem bundesweiten Berufsorientierungstag für Mädchen zwischen 10 und 15 Jahren teilgenommen.

1.8. - 5.8.2016, Aachen

Schüleruniversität Maschinenbau

Die RWTH Aachen University bietet in den Sommerferien Schüleruniversitäten zu den MINT-Fächern (Mathematik, Informatik, Naturwissenschaften, Technik) für Schülerinnen und Schüler ab Jahrgangsstufe 9 an. Dabei lernen die Schüler eine Woche lang das Universitätsleben kennen. Das Fraunhofer ILT hat sich daran mit Vorlesungen und Laborübungen zum Thema Lasertechnik beteiligt.

1 Während des AKL'16 erlebten die Konferenz-Teilnehmer »Lasertechnik Live« am Fraunhofer ILT.

2 Teilnehmer des Aix-Laser-People-Treffens im Zentrum für Angewandte Luftfahrtforschung ZAL, Hamburg.



13.10.2016 Aachen – Erstsemesterführung

Informationsveranstaltung des Lehrstuhls für Lasertechnik LLT und des Fraunhofer ILT für Erstsemesterstudenten der RWTH Aachen University mit Vortrag zur Vorstellung des Instituts und zu Grundlagen der Lasertechnik sowie anschließender Laborführung.

8.11.2016, Aachen – 9. Nacht der Unternehmen Karriere- und Jobmesse

Unter dem Motto »DOCH« präsentierte sich das Fraunhofer ILT bei der 9. »Nacht der Unternehmen«. Über 2000 Hochschulabsolventen, Studierende und Fachkräfte informierten sich bei den rund 100 ausstellenden Unternehmen und Instituten über Gestaltungsmöglichkeiten ihrer beruflichen Laufbahn. Zuvor informierte das Fraunhofer ILT im Rahmen einer breit angelegten und crossmedialen DOCH-Personalmarketingkampagne über Einstiegs- und Karrieremöglichkeiten am Standort Aachen. Highlight der Kampagne war unter anderem die Informationsveranstaltung vom 16. bis 17. November 2016 in der Mensa Academica in Aachen.

6.12.2016, Aachen – 29. bonding Firmenkontaktmesse

Auch in 2016 präsentierte sich das Fraunhofer ILT auf der größten studentisch organisierten Jobmesse – der 29. bonding, Firmenkontaktmesse. Neben 300 weiteren Ausstellern informierte das Fraunhofer ILT am 6. Dezember 2016 in persönlichen Gesprächen insbesondere Absolventen aus den Ingenieurs-, Wirtschafts- und Naturwissenschaften über Einstiegs- und Karrieremöglichkeiten.

1 Großer Andrang bei der 9. »Nacht der Unternehmen« in Aachen.

2 Laserbasierte Lösungen zum Thema Leichtbau auf der JEC Composite in Paris.

16.12. - 17.12.2016, Aachen – DOCH.

Informationsveranstaltung mit Improvisationstheater im Foyer der Mensa Academica in Aachen

Vom 16. bis 17. November 2016 tauschten sich Mitarbeiter des Fraunhofer ILT und der anderen Fraunhofer-Institute am Standort Aachen in persönlichen Gesprächen mit Studierenden der Natur- und Ingenieurwissenschaften über die vielfältigen Einstiegs- und Karrieremöglichkeiten aus. Auf kreative und spontane Art und Weise vermittelten Schauspieler des Improvisationstheaters die Werte der Fraunhofer-Gesellschaft als Arbeitgeber.

MESSEN

SPIE Photonics West

13.2. - 18.2.2016, San Francisco, USA

Internationale Fachmesse für Optik und Photonik

Vertreten auf dem Gemeinschaftsstand der Bundesrepublik Deutschland zeigte das Fraunhofer ILT Exponate zu den Themen neue Laserstrahlquellen und Optiksyste-me.

- 12 Vorträge von Fraunhofer ILT-Wissenschaftlern

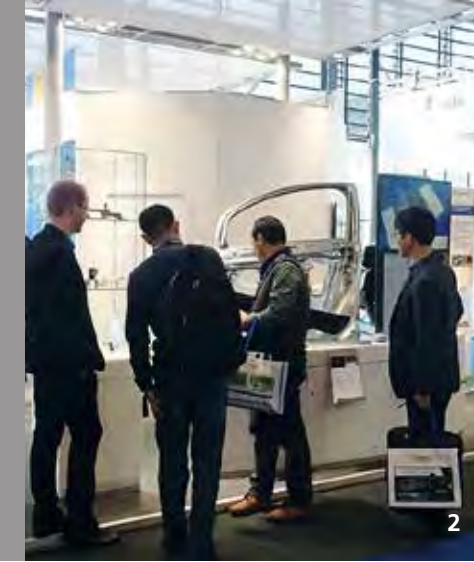
Battery Japan

2.3. - 4.3.2016, Tokio, Japan

9th International Rechargeable Battery Expo

Zusammen mit der Fraunhofer-Allianz »Batterie« präsentierte das Fraunhofer ILT neue Technologien für die lasergestützte Batteriefertigung.

- Highlights: Laserschweißen von Batteriepacks und Ribbon Bonding mit Laserstrahlung



JEC World Composites 2016

8.3. - 10.3.2016, Paris, Frankreich

Composites Show & Conferences

Vertreten auf dem Fraunhofer-Gemeinschaftsstand präsentierte das Fraunhofer ILT laserbasierte Technologien für die Bearbeitung von Verbundmaterialien.

- Präsentation von Forschungsergebnissen aus dem Förderprojekt »HyBrLight«, dem EU-Projekt »PMJoin« und dem BMWi-geförderten Verbundprojekt »LaserInsert«

LASER World of PHOTONICS China

15.3. - 17.3.2016, Shanghai, China

Internationale Fachmesse für Optik und Photonik

Das Fraunhofer ILT präsentierte gemeinsam mit der Laserfact GmbH Laser-Werkzeuge und Anwendungsbeispiele zum Fügen, Trennen, Auftragschweißen und Materialabtrag mit Ultrakurzpulslasern.

- Highlight: 4 Laserbearbeitungsköpfe.

LOPEC 2016

6.4. - 7.4.2016, München

Messe für gedruckte Elektronik

Auf dem NRW-Stand stellte das Fraunhofer ILT gemeinsam mit dem COPT NRW Laser-Innovationen für gedruckte und organische Elektronik vor sowie Verfahren zum Laserstrukturieren für flexible Solarzellen.

Medtec Europe

12.4. - 14.4.2016, Stuttgart

Das Fraunhofer ILT präsentierte auf dem Fraunhofer-Gemeinschaftsstand neue Lösungen aus der laserbasierten Medizintechnik.

- Highlight: »Analighter«, ein Microchip Based Fluorescence Activated Cell Sorter »µFACS«

Control

26.4. - 29.4.2016, Stuttgart

30. Internationale Fachmesse für Qualitätssicherung

Das Fraunhofer ILT stellte den interferometrischen Sensor »bd-2« für Dickenmessungen an Papier- und Kartonbahnen vor.

ILA Berlin Air Show 2016

1.6. - 4.6.2016, Berlin

Das Fraunhofer ILT war auf dem Gemeinschaftsstand der Fraunhofer-Allianz »Space« vertreten.

- Themen: u.a. Diodenlaser-Pumpmodule für die satellitengestützte Freiraum-Telekommunikation, Forschungsergebnisse aus dem EU-Projekt »AMAZE«

Optatec

7.6. - 9.6.2016, Frankfurt

13. Internationale Fachmesse für optische Technologien, Komponenten und Systeme

Auf dem Fraunhofer-Gemeinschaftsstand präsentierte das Fraunhofer ILT Projektergebnisse und Demonstratoren aus den Bereichen Lasermaterialbearbeitung von Glasoptiken und Packaging.

- Highlight: Software »freeformOPT«, mit der sich individuelle Freiformoptiken berechnen lassen

Rapid.Tech

14.6. - 16.6.2016, Erfurt

Das Aachener Zentrum für 3D-Druck, ein Verbundprojekt von FH Aachen und Fraunhofer ILT, präsentierte den »FabBus« der FH-Aachen, ein Doppelstockbus mit voll ausgerüsteten Konstruktions- und Schulungsplätzen an verschiedenen 3D-Druckern für Polymere.

3 Reges Interesse bei der Präsentation von Martin Traub (li.) und Oliver Fitzau (re.) am Stand der Fraunhofer-Allianz »Space« auf der ILA Berlin Air Show.



1



2



3

ICALEO

16.10. - 20.10.2016, San Diego, USA

35th International Congress on Applications of Lasers & Electro-Optics

Das Fraunhofer ILT nahm mit 12 Vorträgen an der ICALEO 2016 teil und war außerdem als Aussteller auf der Vendor Session vertreten.

ICSO 2016

18.10. - 21.10.2016, Biarritz, Frankreich

International Conference on Space Optics

Das Fraunhofer ILT beteiligte sich an der ICSO 2016 mit 4 Beiträgen und war auf dem Gemeinschaftsstand der Fraunhofer-Allianz »Space« vertreten.

K – Kunststoffmesse

19.10. - 26.10.2016, Düsseldorf

Die Besucher konnten sich auf dem Fraunhofer-Gemeinschaftsstand über innovative laserbasierte Technologien des Fraunhofer ILT informieren.

- Highlight: Präsentation der Forschungsergebnisse des BMBF-geförderten »HyBrilLight«-Projekts

EuroBLECH

25.10. - 29.10.2016, Hannover

24. Internationale Technologiemesse für Blechbearbeitung

Das Fraunhofer ILT war auf dem Fraunhofer-Gemeinschaftsstand vertreten.

- Highlights: Warmumgeformte B-Säule mit lokalen Entfestigungszonen, Trennen von CFK-Metall-Schichtverbundwerkstoffen, Schneiden, Schweißen und Auftragschweißen

COMPAMED

14.11. - 17.11.2016, Düsseldorf

Weltforum der Medizin und Internationale Fachmesse

Das Fraunhofer ILT war auf dem IVAM-Gemeinschaftsstand mit den Themen Laserschweißen, Mikro-Bearbeitung, Mikrotechnologie, Optische Ingenieursleistungen, Prototypenerstellung, Rapid Prototyping und lasergestützte Wundheilung vertreten. Darüber hinaus nahm das Fraunhofer ILT mit Vorträgen am COMPAMED High-Tech Forum by IVAM teil.

formnext

15.11. - 18.11.2016, Frankfurt

International Exhibition and Conference

on Additive Technologies and Tool Making

Highlight des Fraunhofer ILT-Messeauftritts auf dem Fraunhofer-Gemeinschaftsstand war die erstmalige Präsentation der Low-Cost SLM-Anlage des GoetheLab der FH Aachen und des Fraunhofer ILT.

- Weitere Themen: Laserpolieren und Laserauftragschweißen

AUSZEICHNUNGEN UND PREISE

Lehrpreis für Prof. Reinhart Poprawe

Prof. Poprawe und sein Team des Lehrstuhls für Lasertechnik LLT erhielten zum wiederholten Mal den fakultätsinternen »Lehrpreis der Fakultät für Maschinenwesen«. Die feierliche Verleihung durch die Studierendenschaft der RWTH Aachen University fand am 8. November 2016 im Kármán Auditorium in Aachen statt.

Springorium-Denkmünze

Die Springorium-Denkmünze verleiht proRWTH, der Förderverein der RWTH Aachen, Studierenden, die ihre Diplom-, Master- oder Masterprüfung mit Auszeichnung bestanden haben. Von den assoziierten Lehrstühlen des Fraunhofer ILT waren 2016 Sarah Klein, Lukas Bahrenberg und Dennis Haasler unter den Ausgezeichneten. Die Denkmünze geht zurück auf den Kommerzienrat Dr.-Ing. E. h. Friedrich Springorium, der 1918 die Gesellschaft von Freunden der Aachener Hochschule gründete und sie bis zum Jahre 1925 als Vorsitzender leitete.

Best Speaker Award für Ulrich Thombansen

Das technische Komitee der Konferenz »Metromeet« in Spanien kürt jährlich Redner für ihre außerordentlichen Fähigkeiten. Im Februar 2016 wurde der ILT-Mitarbeiter Ulrich Thombansen für seinen Vortrag »Laser-Based Equipment Assessment for Advanced Manufacturing in Europe« mit dem Best Speaker Award ausgezeichnet. Gelobt wurden besonders die Qualität der Präsentation sowie die Anwendbarkeit des behandelten Themas.

Poster Presentation Award

Auf der ICALEO 2016 in San Diego wurden Christoph Engelmann und Dennis Arntz mit dem 3. Preis des »Poster Presentation Award Contest« für ihr Poster zum Thema »Novel Process for Butt-Joined Plastic-Metal Hybrid Compounds« ausgezeichnet.

Prism Award für Spin-Off LightFab

Das im April 2013 von Martin Hermans, Dr. Jens Gottmann und Jürgen Ortmann gegründete Spin-Off des Lehrstuhls für Lasertechnik LLT wurde auf der SPIE Photonics West 2016 in San Francisco mit dem Prism Award ausgezeichnet. In der Kategorie »Industrielle Laser« wurde ihr »LightFab 3D Printer« prämiert, der für den subtraktiven 3D-Druck von Präzisionsteilen aus Glas mit dem SLE-Verfahren ausgelegt ist.

1 Dr. Dirk Petring mit Dr. Yoshiharu Inaba, Präsident und CEO der FANUC Corporation, und seiner Delegation auf der EuroBLECH.

2 Der hessische Minister Tarek Al-Wazir (li.) im Gespräch mit Prof. Johannes Henrich Schleifenbaum (re.) auf der formnext in Frankfurt.
3 Dennis Arntz (re.) bei der Verleihung des »Poster Presentation Award« auf der ICALEO.

ZUWENDUNGSGEBER

Einige der hier vorgestellten Verbundprojekte wurden mit öffentlichen Mitteln gefördert. Wir danken den Zuwendungsgebern an dieser Stelle für Ihre Unterstützung.



Die Landesregierung
Nordrhein-Westfalen



EUROPÄISCHE UNION



EUROPÄISCHE UNION
Investition in unsere Zukunft
Europäischer Fonds
für regionale Entwicklung



IMPRESSUM

Redaktion

Dipl.-Phys. Axel Bauer (verantwortlich)
Stefanie Flock
M.A. Petra Nolis

Gestaltung und Produktion

Dipl.-Des. Andrea Croll
www.andrea-croll.de

Bildnachweis

Titelseite: RWTH Aachen University / Maximilian Voshage

Druck

Druckspektrum
Hirche-Kurth GbR, Aachen
www.druck-spektrum.de

Papier

Dieser Jahresbericht wurde auf umweltfreundlichem, chlor- und säurefrei gebleichtem Papier gedruckt.

Ansprechpartner

Dipl.-Phys. Axel Bauer
Telefon +49 241 8906-194
Fax +49 241 8906-121
axel.bauer@ilt.fraunhofer.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 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