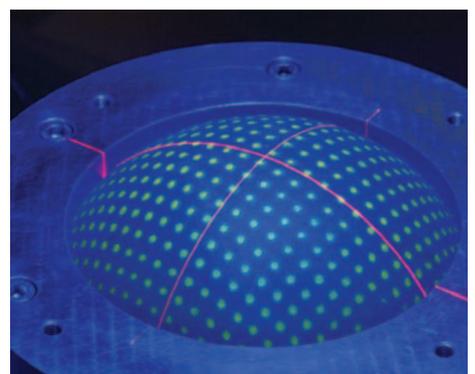




Fraunhofer Institut
Lasertechnik

Leistungen und Ergebnisse Jahresbericht 2004



Jahresbericht
des Fraunhofer-Instituts
für Lasertechnik ILT
2004



Zukunft gestalten – das ist derzeit wichtiger denn je. Kreative Lösungen, Rückbesinnung auf Stärken, Bündelung von Kompetenzen und konsequente Umsetzung von fundierten Plänen sind die Antworten, die eine Gesellschaft, die an ihre Zukunft glaubt, geben muss. Auch wir am Fraunhofer ILT arbeiten intensiv an der Gestaltung unseres – wenn auch relativ sehr kleinen – Umfeldes: der Lasertechnik. Diese Technologie und ihre Umsetzung in innovative Produkte und Fertigungstechnik haben noch viel Potential. Davon können Sie sich in dem vorliegenden Jahresbericht und auf unseren Internet-Seiten überzeugen.

Zu den Highlights unserer Entwicklungsaktivitäten zählen neue Strahlquellen, die in räumlicher, zeitlicher und spektraler Dimension auf den Bedarf der Anwender flexibel eingestellt werden können – also maßgeschneiderte Lasersysteme. Auf der kommenden LASER Messe in München können unsere Kunden und Partner erste Ergebnisse dazu sehen. Weiterhin schreitet unser Leitprojekt zur Entwicklung einer serientauglichen EUV-Strahlquelle für die Lithographie

in der Halbleiterproduktion mit großen Schritten voran. Zusammen mit unseren starken industriellen Partnern nehmen wir die Herausforderung an, international Maßstäbe in einer Technologie zu setzen, die eine weitreichende Wirkung auf die Informationstechnologie haben wird. Den weltweiten Wettbewerb in diesem Bereich nehmen wir sehr ernst. Die Notwendigkeit internationaler Technologieführerschaft zum Erhalt bestehender und zur Schaffung neuer Produktionen wird immer deutlicher sichtbar.

Im Bereich der Laserfertigungstechnik bewegen wir uns zunehmend auf intelligente und autonome Lasersysteme hin. Ob automatisierte Prozesskontrolle, vereinfachte Prozess- und Fertigungsplanung oder kombinierte Bearbeitungsköpfe – all diese Lösungen dienen einer erhöhten Produktivität, einer besseren Qualität und einer einfacheren Handhabung. Aber auch wir bewegen uns in neue Fachgebiete. In der Medizintechnik und der Biologie stehen wir erst am Anfang spannender Aufgaben, die uns zu innovativen Methoden der Diagnostik und Therapie führen werden.

Der Rückblick auf das Geschäftsjahr 2004 stimmt uns zuversichtlich für die kommenden Aufgaben - wenn auch die Rahmenbedingungen schwieriger werden. Auch die Resonanz auf unsere Präsentationen in den Laboren des ILT im Umfeld des 5. Aachener Kolloquiums für Lasertechnik AKL hat uns in der Ausrichtung unserer FuE-Aktivitäten bestärkt. Über 370 Teilnehmer informierten sich auf dem AKL'04 in rund 45 Fachvorträgen und 66 live-Präsentationen über den Stand und die Perspektiven der Lasertechnik. Zum Gedankenaustausch boten die konferenzbegleitende Ausstellung und das Kontaktforum des »Laser Business

Tages« mit insgesamt rund 40 teilnehmenden Unternehmen genügend Raum. Viele innovative Highlights wie das Tiefbohren von Glas, das Direkte Laserformen oder das Polieren von Werkzeugen gaben Anlaß zu intensiven Gesprächen. Eine Fortsetzung des zentralen Branchentreffens der deutschsprachigen Lasergemeinschaft haben wir für den 03. bis 05.05.2006 fest eingeplant. Dann werden wir wieder Gelegenheit haben, mit Ihnen in einem größeren Rahmen die Möglichkeiten gemeinsamer Zukunftsgestaltung zu eruieren. Oft wird die Frage gestellt: »Wo geht es hin?« oder »Was wird zukünftig wichtig sein?« Die Antwort steht häufig in der Gegenwart. Wir müssen nur genau hinsehen.

In diesem Sinne
Ihr

A handwritten signature in black ink that reads "Reinhart Poprawe". The signature is fluid and cursive, with the first name and last name clearly distinguishable.

Prof. Reinhart Poprawe M.A.



Das Institut im Profil	6	Einige ausgewählte Forschungsergebnisse aus den Geschäftsfeldern des ILT	
Leitbild	7		
Geschäftsfelder	8	Laserstrahlquellen und Plasmasysteme	29 - 50
Gremien	10	Laserfertigungsverfahren	51 - 80
Ansprechpartner	11	Laseranlagen und Systemtechnik	81 - 92
Kernkompetenzen	12	Lasermess- und Prüftechnik	93 - 108
Dienstleistungsangebot	14		
Das Institut in Zahlen	16		
Kundenreferenzen	19	European Laser Institute ELI	109
Fraunhofer USA Center for Laser Technology CLT	20	Patente	110
Coopération Laser Franco-Allemande CLFA	22	Dissertationen	111
		Diplomarbeiten	111
Fraunhofer-Verbund Oberflächen- technik und Photonik VOP	24	Wissenschaftliche Veröffentlichungen	112
Die Fraunhofer-Gesellschaft auf einen Blick	26	Vorträge	113
PhotonAix e.V. - Kompetenznetz Optische Technologien	28	Messebeteiligungen	118
		Kongresse und Seminare	119
		Publikationen	122
		Fachbuch Springer-Verlag »Lasertechnik für die Fertigung«	125
		Filme und Multimedia-Software	127
		Informations-Service	128
		Impressum	129



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

Kurzportrait

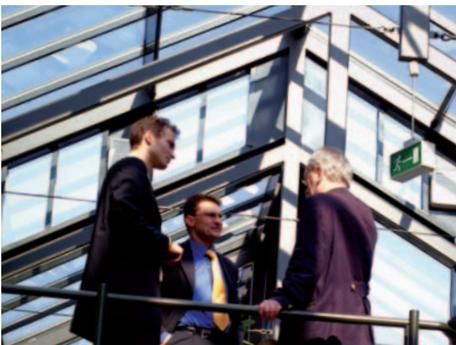
ILT - dieses Kürzel steht seit 20 Jahren für gebündeltes Know-how im Bereich Lasertechnik. Innovative Lösungen von Fertigungs- und Produktionsaufgaben, Entwicklung neuer technischer Komponenten, kompetente Beratung und Ausbildung, hochspezialisiertes Personal, neuester Stand der Technik sowie internationale 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 Stahlbau, der Feinmechanik und der Optik.

Mit über 250 Mitarbeitern und 10.000 m² Nutzfläche zählt das Fraunhofer-Institut für Lasertechnik ILT weltweit zu den bedeutendsten Auftragsforschungs- und Entwicklungsinstituten seines Fachgebietes. Die vier Geschäftsfelder des Fraunhofer ILT decken ein weites, vertikal integriertes Themenspektrum ab. Im Geschäftsfeld »Laserstrahlquellen und Plasmasysteme« konzentrieren sich die Entwicklungsaktivitäten auf innovative Dioden- und Festkörperlaser für den industriellen Einsatz sowie auf kompakte EUV-Strahlquellen für die Lithographie in der Halbleiterproduktion. Das Geschäftsfeld »Laserfertigerungsverfahren« löst Aufgabenstellungen zum Schneiden, Abtragen, Bohren, Schweißen, Löten sowie zur Oberflächenbearbeitung und Mikrofertigung. Das Anwendungsspektrum reicht von der Makrobearbeitung über die Nanostrukturierung bis hin zur Biophotonik. Im Geschäftsfeld »Laseranlagen und Systemtechnik« werden Prototypanlagen entwickelt, konstruiert und vor Ort installiert. Prozessüberwachung und -regelung sind ebenso Bestandteil

der Aktivitäten wie Steuerungen und Systemkomponenten. Im Geschäftsfeld »Lasermess- und Prüftechnik« werden Verfahren und Systeme zur Oberflächeninspektion, zur Stoffanalyse, zur Prüfung der Maßhaltigkeit und Geometrie von Bauteilen sowie zur Analyse statischer und dynamischer Verformungen entwickelt.

Unter einem Dach bietet das Fraunhofer-Institut für Lasertechnik Forschung und Entwicklung, Systemaufbau und Qualitätssicherung, Beratung und Ausbildung. Zur Bearbeitung der Forschungs- und Entwicklungsaufträge stehen industrielle Lasersysteme verschiedener Hersteller sowie eine umfangreiche Infrastruktur zur Verfügung.

Im Anwenderzentrum des Fraunhofer-Instituts für Lasertechnik arbeiten Gastfirmen in eigenen, abgetrennten 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 ILT-Experten. Rund 10 Firmen nutzen die Vorteile des Anwenderzentrums. Neben Tochterfirmen führender Laserhersteller und innovativer Laseranwender finden hier Neugründer aus dem Bereich des Sonderanlagenbaus, der Laserfertigungstechnik und der Lasermesstechnik ein geeignetes Umfeld zur industriellen Umsetzung ihrer Ideen.



Mission

Wir nehmen beim Transfer der Lasertechnik in die industrielle Nutzung eine internationale Spitzenposition ein.

Wir erweitern nachhaltig Wissen und Know-How unserer Branche und tragen maßgeblich zur Weiterentwicklung von Wissenschaft und Technik bei.

Wir schaffen mit unseren Partnern aus Industrie, Wissenschaft und Politik Innovationen auf Basis neuer Strahlquellen und neuer Anwendungen.

Kunden

Wir arbeiten kundenorientiert.

Diskretion, Fairness und Partnerschaftlichkeit haben für uns im Umgang mit unseren Kunden oberste Priorität. Unsere Kunden können sich auf uns verlassen.

Entsprechend der Anforderung und Erwartung unserer Kunden erarbeiten wir Lösungen und deren wirtschaftliche Umsetzung. Ziel ist die Schaffung von Wettbewerbsvorteilen.

Wir fördern den Nachwuchs an Fach- und Führungskräften für die Industrie durch projektbezogene Partnerschaften mit unseren Kunden.

Wir wollen, dass unsere Kunden zufrieden sind und gerne wiederkommen.

Chancen

Wir erweitern unser Wissen strategisch im Netzwerk.



Faszination: Laser

Wir sind fasziniert von den einzigartigen Eigenschaften des Laserlichts und der daraus resultierenden Vielseitigkeit der Anwendungen.

Mitarbeiter

Das Zusammenwirken von Individuum und Team ist die Basis unseres Erfolges.

Stärken

Wir haben ein breites Spektrum an Ressourcen und bieten Lösungen aus einer Hand.

Führungsstil

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

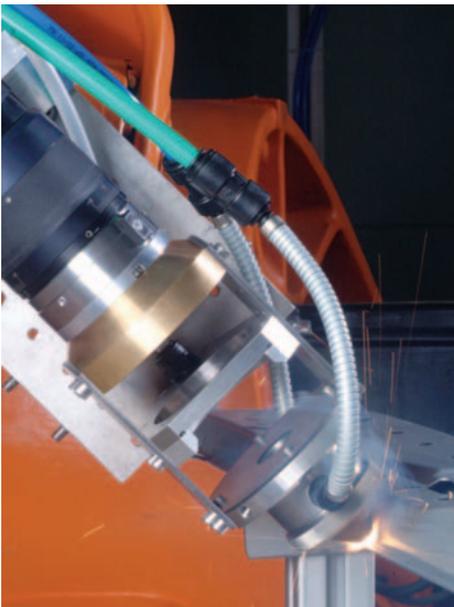
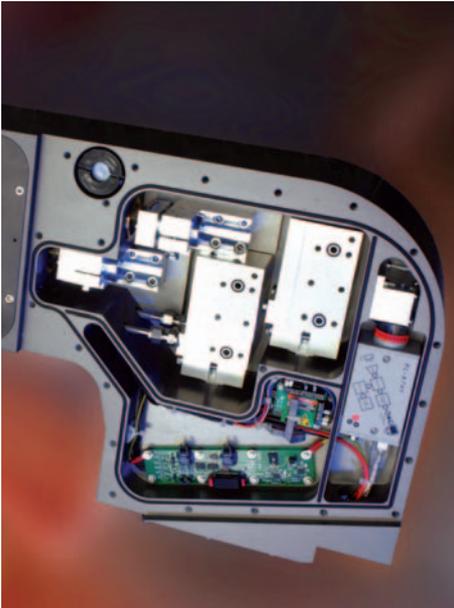
Position

Wir arbeiten in vertikalen Strukturen von der Forschung bis zur Anwendung.

Unsere Kompetenzen erstrecken sich entlang der Kette Strahlquelle, Bearbeitungs- und Messverfahren über die Anwendung bis zur Integration einer Anlage in die Produktionslinie des Kunden.

Laserstrahlquellen und Plasmasysteme

Das Geschäftsfeld umfasst die Entwicklung von Diodenlaser-Modulen und Systemen sowie diodengepumpter Festkörperlaser mit verschiedenen Resonatorstrukturen (Stab, Slab, Faser), das Design neuer Diodenlaserstrukturen, die Mikromontage von Diodenlasern und optischen Komponenten sowie die Entwicklung von Plasmasystemen. Zu den herausragenden Projektergebnissen, die in enger Kooperation mit den Industrie-Partnern erfolgreich in die Praxis überführt worden sind, zählen u. a. der transversal diodengepumpte 5 kW-Festkörperlaser, die Innoslab-Laser sowie die Diodenlasermodule zum Fügen von Kunststoffbauteilen. Im Umfeld einiger Projekte werden seit über 10 Jahren Spinn-offs des Fraunhofer ILT gegründet. In Kooperation mit dem Fraunhofer IAF werden neue Strukturen entworfen, die die Herstellung von Diodenlasern höherer Strahlqualität erlauben. Zu den Alleinstellungsmerkmalen des Geschäftsfeldes zählt weiterhin die Montage von Hochleistungs-Diodenlasern und insbesondere die Realisierung teilautomatisierter Montageanlagen. Im Bereich Plasmatechnik liegt der Schwerpunkt auf der Entwicklung von EUV-Strahlquellen für die Halbleiterlithographie. Die wesentlichen Zielmärkte des gesamten Geschäftsfeldes sind die Lasermaterialbearbeitung, die Medizintechnik, die Messtechnik sowie der Komponentenmarkt für die Informations- und Kommunikationstechnik.



Laserfertigungsverfahren

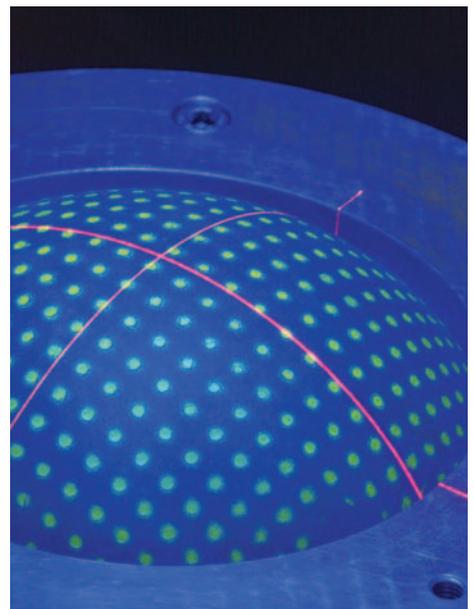
Zu den Fertigungsverfahren, mit denen sich das Geschäftsfeld befasst, zählen die Trenn- und Fügeverfahren in Mikro- und Makrotechnik sowie die Oberflächenverfahren. Die angebotenen Dienstleistungen reichen von der Verfahrensentwicklung für die Herstellung branchenspezifischer Produkte und die Integration dieser Verfahren in Produktionslinien über Simulationsdienstleistungen für Laserapplikationen bis zur Musterfertigung zur Unterstützung des Serienanlaufes. Die Stärke des Geschäftsfeldes beruht auf dem umfangreichen Prozess-Know-how, das auf die Kundenanforderungen jeweils zugeschnitten wird. Neben den Prozessentwicklungen bietet das Geschäftsfeld durch Nutzung ausgewählter Technologienetzwerke komplette Systemlösungen an. Dem Kunden werden laserspezifische Problemlösungen angeboten, die Konstruktion, Werkstoff, Produktdesign, Produktionsmittel und Qualitätssicherung mit einbeziehen. Neben dem Zielmarkt Materialbearbeitung spricht das Geschäftsfeld ebenfalls Kunden aus den Bereichen Medizintechnik, Biotechnologie und Chemie an.

Lasieranlagen und Systemtechnik

Das Geschäftsfeld konzentriert sich einerseits auf die Entwicklung von Prototypanlagen für Laserapplikationen und plasmatechnische Anwendungen sowie andererseits auf die Lasersystemtechnik mit Schwerpunkt Automation und Qualitätssicherung. Anwendungsbereiche sind u. a. Schweißen, Schneiden, Härten, Reparaturbeschichten, Bohren und Mikrofügen. In der Systemtechnik werden Komplettlösungen zur Prozessüberwachung, Komponenten und Steuerungen zur Präzisionsbearbeitung, laserspezifische CAD/CAM-Technologiemodule sowie Software zum Messen, Steuern, Regeln und Prüfen angeboten. Insbesondere in der Prozessüberwachung hält das Geschäftsfeld umfangreiches und bei Bedarf patentrechtlich geschütztes Know-how vor. Zahlreiche Systeme wurden in diesem Bereich bereits für Unternehmen lizenziert. Zielmärkte sind neben den Lasieranlagen- und -komponentenherstellern sämtliche Branchen der produzierenden Industrie, die Laser in der Fertigungstechnik einsetzen oder beabsichtigen, dies zu tun.

Lasermess- und Prüftechnik

Das Angebotsspektrum des Geschäftsfeldes umfasst die Entwicklung von Mess- und Prüfverfahren sowie entsprechender Anlagen zur Stoffanalyse und zur Geometrie- und Oberflächenprüfung. Die erforderliche Mess- und Prüfsoftware wird auf die kundenspezifischen Problemstellungen zugeschnitten. Die Stoffanalyse beruht auf dem Einsatz laserspektroskopischer Verfahren. Schwerpunktmäßig befasst sich dieser Bereich mit der Analyse metallischer und oxidischer Werkstoffe, der Verwechslungsprüfung, der Schnellerkennung von Werkstoffen für Recyclingaufgaben sowie der Analyse von Gasen und Stäuben. Für die parallele Verarbeitung von Detektorsignalen hoher Bandbreite werden spezielle Elektronikkomponenten entwickelt. Vor zwei Jahren wurde das Themenfeld Biophotonik aufgegriffen. Im Rahmen von Verbundprojekten wird Expertise im Bereich hochsensitiver Fluoreszenzdetektion für Proteinchips aufgebaut. Im Bereich Geometrie- und Oberflächenprüfung werden Komponenten, Geräte und Anlagen, mit denen 1- bis 3-D-Informationen über die Geometrie- oder die Oberflächenbeschaffenheit von Werkstücken gewonnen werden können, entwickelt. Hierzu zählen beispielsweise Verfahren und Sonderanlagen für die Prüfung der Topologie von strang- und bandförmigen Produkten, Geräte für die 1-D- bis 2-D-Vermessung von Stückgut sowie Elektronikkomponenten für Lasertriangulations- und Laserlichtschnittsensoren. Zielmärkte sind die produzierende Industrie und die Recyclingwirtschaft, die mess- oder prüftechnische Aufgaben prozessnah und schnell durchführen müssen.



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:

C. Baasel

Carl Baasel Lasertechnik GmbH
Vorsitzender

Dr. V. Auerbach

Rofin Sinar Laser GmbH

M. Benzinger

Trumpf Lasertechnik GmbH

Dr. R.G. Gossink

Philips Forschungslabor GmbH

H.-J. Haepf

DaimlerChrysler AG

Dipl.-Ing. H. Hornig

BMW AG

Dr. U. Jaroni

ThyssenKrupp Stahl AG

Prof. Dr. G. Marowsky

Laserlaboratorium Göttingen e. V.

MinRat Dipl.-Phys. T. Monsau

Ministerium für Arbeit und Soziales,
Qualifikation und Technologie des
Landes NRW

Prof. Dr. G. Müller

Laser-Medizin-Technologie GmbH

Dr. R. Müller

Osram Opto Semiconductors
GmbH & Co. OHG

Prof. R. Salathé

Ecole Polytechnique Fédérale
de Lausanne

MinR Dr. J. von Schaewen

Bundesministerium für Bildung
und Forschung BMBF

Dr. F. Speier

Ministerium für Wissenschaft
und Forschung des Landes NRW

Dr. M. Stückradt

Kanzler der RWTH Aachen

Die 20. Zusammenkunft des Kuratoriums fand am 22. September 2004 im Fraunhofer ILT in Aachen statt.

Institutsleitungskreis ILEI

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

Dipl.-Phys. A. Bauer, Dr. K. Boucke,
Dr. A. Gillner, Dr. J. Gottmann, B.-O.
Großmann, Dipl.-Ing. H.-D. Hoffmann,
Dr. S. Kaieler, Dr. E.-W. Kreutz, Prof.
Dr. P. Loosen, Dr. W. Neff, Dr. R. Noll,
Dr. D. Petring, Prof. Dr. R. Poprawe,
Prof. Dr. W. Schulz, B. Theisen,
Dr. B. Weikl, Dr. K. Wissenbach.

Arbeitsschutzausschuss ASA

Der Arbeitsschutzausschuss ASA ist für die Lasersicherheit und alle anderen sicherheitstechnischen Fragen im Fraunhofer ILT zuständig. Mitglieder des Ausschusses sind: C. Bongard, M. Brankers, B.-O. Großmann, Dr. E.-W. Kreutz, A. Lennertz, Dr. W. Neff, E. Neuroth, B. Theisen, K.-H. Ulfing, Dipl.-Ing. F. Voigt, Dipl.-Ing. N. Wolf, Dr. R. Keul (Berufsgenossenschaftlicher Arbeitsmedizinischer Dienst BAD).

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. Dr. R. Poprawe, B. Theisen, Dr. C. Janzen

Lehrstuhl für Lasertechnik LLT der RWTH Aachen

Der Lehrstuhl für Lasertechnik LLT ist überwiegend in den Räumen des Fraunhofer ILT untergebracht. Dies ermöglicht eine enge wissenschaftliche Zusammenarbeit zwischen Fraunhofer ILT und dem Lehrstuhl für Lasertechnik, welche durch einen Kooperationsvertrag geregelt ist. Leiter des Lehrstuhls für Lasertechnik ist Prof. Dr. rer. nat. R. Poprawe. M. A. Akademischer Direktor ist Dr. E.W. Kreutz.

Betriebsrat

Der Betriebsrat wurde im März 2003 von den Mitarbeitern des Fraunhofer ILT und des Lehrstuhls für Lasertechnik LLT gewählt. Mitglieder sind: Dipl.-Ing. P. Abels, M. Brankers, M. Janßen, Dipl.-Phys. G. Otto, I. Stein, B. Theisen (Vorsitz), F. Voigt, Dr. A. Weisheit, Dipl.-Ing. N. Wolf.



Prof. Dr. Reinhart Poprawe M.A.
(-110)
Institutsleiter



Prof. Dr. Peter Loosen (-162)
Stellvertretender Institutsleiter



Dr. Dirk Petring (-210)
Abt. Trenn- und Fügeverfahren



Dipl.-Phys. Axel Bauer (-194)
Marketing und Kommunikation



Dr. Konstantin Boucke (-132)
Abt. Laserkomponenten



Dr. Konrad Wissenbach (-147)
Abt. Oberflächentechnik



Bernd-Olaf Großmann (-181)
Verwaltung und Infrastruktur



Dipl.-Ing. Dieter Hoffmann (-206)
Abt. Festkörper- und Diodenlaser



Dr. Arnold Gillner (-148)
Abt. Mikrotechnik



Dr. Bruno Weikl (-134)
IT-Management



Dr. Reinhard Noll (-138)
Abt. Lasermess- und Prüftechnik



Dr. Stefan Kaierle (-212)
Abt. Systemtechnik



Dr. Alexander Drenker (-223)
Qualitätsmanagement



Dr. Willi Neff (-142)
Abt. Plasmatechnologie



Prof. Dr. W. Schulz (-204)
Abt. Modellierung und Simulation

Laserkomponenten

Dr. Konstantin Boucke (-132)

- Aktive und passive Kühlung von Diodenlasern
- Konfektionierung von Diodenlasern
- Elektro-optische Charakterisierung von Diodenlasern
- Theoretische Modellierung neuer Diodenlaserstrukturen
- Mikromontageprozesse
- Automatisierung von Mikro-montageprozessen

Festkörper- und Diodenlaser

Dipl.-Ing. Dieter Hoffmann (-206)

- Entwicklung von Festkörper- und Diodenlasern
- Verfahren und Komponenten zur Frequenzkonversion
- Formung von Diodenlaserstrahlen
- Entwicklung von Diodenlasermodulen und -systemen
- Design und Charakterisierung von optischen Systemen
- Entwicklung von Komponenten für Festkörper- und Diodenlaser

Lasermess- und Prüftechnik

Dr. Reinhard Noll (-138)

- Entwicklung, Bau und Erprobung von Lasermess- und Prüfsystemen
- Chemische Analyse von festen, flüssigen und gasförmigen Substanzen mit Laser-Spektroskopie
- Fluoreszenzmesstechnik
- Quantifizierung von Proteinwechselwirkungen durch Laser-Streulichtverfahren
- Messung von Abständen, Profilen und Formen mit Laser-Triangulation
- Oberflächeninspektion
- Echtzeitdatenverarbeitung und Automation

Plasmatechnologie

Dr. Willi Neff (-142)

- Anregungssysteme für die Plasmatechnik
- Nieder- und Hochdruckplasmen für Reinigungsverfahren und Sterilisation
- Plasmabasierte EUV- und Röntgenquellen sowie Röntgentechnik
- Kurzzeitmesstechnik
- Photo- und Plasmachemie

Trenn- und Fügeverfahren

Dr. Dirk Petring (-210)

- Schneiden, Perforieren, Bohren, Tiefengravur
- Schweißen, Löten
- Hochgeschwindigkeitsbearbeitung
- Dickblechbearbeitung
- Trennen und Fügen von Sonderwerkstoffen
- Fügen mit Zusatzwerkstoff
- Laser-Lichtbogen Hybridverfahren
- Produktorientierte Verfahrensoptimierung
- Multifunktionale Fertigungsprozesse
- Design und Implementierung von Bearbeitungsköpfen
- Sensorgestützte Prozessüberwachung und -regelung
- Rechnergestützte Prozesssimulation und -optimierung
- Multimediale Ausbildungs- und Informationssysteme

Oberflächentechnik

Dr. Konrad Wissenbach (-147)

- Umwandlungshärten, Umschmelzen, Beschichten, Legieren und Dispergieren zur Herstellung beanspruchungsgerechter Funktionsschichten
- Entwicklung von Pulverzufuhrsystemen
- Wärmebehandlung von beschichteten und unbeschichteten Oberflächen
- Reinigung und Modifikation von Oberflächen wie Entgraten, Aktivieren und Strukturieren
- Rapid Prototyping und Rapid Manufacturing zur Herstellung metallischer Bauteile und Werkzeuge
- Polieren von Metallen und Glas

Mikrotechnik

Dr. Arnold Gillner (-148)

- Laserstrahlmikrolöten und -mikroschweißen
- Lasergestütztes Biegen und Justieren
- Feinschneiden und Bohren von Metallen, Keramiken, Halbleitern und Diamanten
- Mikrostrukturierung mit Excimer- und Nd:YAG-Lasern
- Mikrostanz- und -prägetechnik
- Markieren und Beschriften
- Schneiden und Perforieren von Papier, Kunststoffen und Verbundwerkstoffen
- Schweißen von Thermoplasten und thermoplastischen Elastomeren
- Mikrowerkzeugtechnik
- Lasermedizin
- Laseranwendungen für die Biotechnologie
- Biophotonik
- Photochemische Prozesse

Modellierung und Simulation

Prof. Dr. W. Schulz (-132)

- Design von Hohlkathoden zur Erzeugung von EUV-Strahlung
- Auslegung von Resonatoren für Gas-, Festkörper- und Hochleistungsdiodenlaser
- Optimierung der Strahlführung in optischen Systemen
- Analyse des Strahlungstransports in Prozessgasen während der Bearbeitung
- Analyse von Unter- und Überschallströmungen von Arbeits- und Prozessgasen
- Analyse von Schmelzströmung, Wärmetransport, Schmelzen und Verdampfen
- Dynamische Modelle zum Abtragen, Schneiden, Schweißen und Bohren
- Algorithmen zur Auswertung von Messdaten
- Programmierung graphischer Benutzeroberflächen zur Simulation der Modelle und Visualisierung von Messdaten mit kommerziellen Graphikservern wie OpenGL®
- Numerische Methoden und Berechnungsverfahren, wie z. B. Cluster-In-Cell Verfahren (CIC), adaptive Vernetzung in bewegten Gebieten (Hierarchische Basen), Finite Elemente und Finite Volumen Methoden auf zeitlich veränderlichen Gebieten (Level-Set Methode)
- Prozessüberwachung mit räumlich und zeitlich höchstauflösenden, kommerziellen CCD- und CMOS-Kamerasystemen
- Steuerung und Regelung von Fertigungsprozessen

Systemtechnik

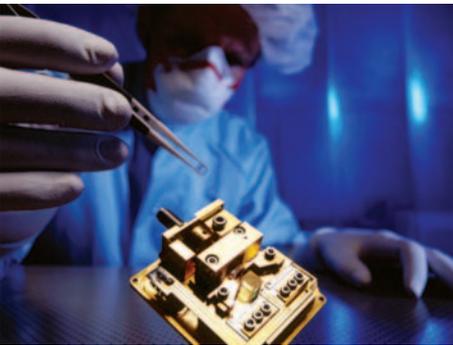
Dr. Stefan Kaierle (-212)

- Pilotanlagen
- Integration von Lasertechnik in Fertigungseinrichtungen
- Entwicklung von Sensoren und Regelungssystemen (z. B. Nahtfolge, Abstandsmessung und -regelung, Multisensorik und Vernetzung)
- Prozessüberwachung und Qualitätssicherung für das Schweißen, Schneiden, Auftragschweißen und Bohren
- CAD/CAM-unterstützte Laserbearbeitung
- Machbarkeitsstudien
- Verfahrenserprobung
- Entwicklung von Diodenlasernetzteilen, Funkerosionsgeneratoren und Hochspannungs-Impuls-generatoren
- Nullserien-Applikation
- Anlagenkonzeptionierung
- Steuerungstechnik für Laseranlagen
- Aus- und Weiterbildung

Dienstleistungen

Das Dienstleistungsangebot 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
- Fertigungs- und Montagetechnik
- Pulsnetzteile und Steuerungstechnik
- Strahlführung und -formung
- Entwicklung, Aufbau und Test von Pilotanlagen
- Verfahrensentwicklung
- Modellierung und Simulation
- Prozessüberwachung und -regelung
- Muster- und Testserien
- Integration von Lasertechnik in bestehende Produktionsanlagen
- Röntgen-, EUV- und Plasmasysteme



Kooperationen mit FuE-Partnern

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 Gaststatus am Fraunhofer ILT (spezielle Kooperationsverträge)

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

Während der Einführungsphase neuer Laserverfahren oder -produkte können Unternehmen Gaststatus am Fraunhofer-Institut für Lasertechnik erwerben und Geräteausstattung, Infrastruktur und Know-how des Instituts nutzen sowie eigene Geräte installieren.

Ausstattung

Die Nutzflächen des Fraunhofer-Instituts für Lasertechnik ILT betragen über 10.000 m².

Technische Infrastruktur

Zur technischen Infrastruktur des Instituts gehören eine mechanische und eine elektronische Werkstatt, ein Metallographielabor, ein Fotolabor, ein Labor für optische Messtechnik sowie eine Konstruktionsabteilung. Das Fraunhofer ILT verfügt über einen Videokonferenzraum und ein vernetztes Rechnersystem.

Wissenschaftliche Infrastruktur

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

Geräteausstattung

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

- CO₂-Laser bis 20 kW
- Lampen- und diodengepumpte Festkörperlaser bis 8 kW
- Diodenlasersysteme bis 3 kW
- SLAB-Laser
- Excimerlaser
- Faserlaser, cw und gepulst
- Ultrakurzpulslaser
- Breitbandig abstimmbare Laser
- Fünfachsigige Portalanlagen
- Dreiachsige Bearbeitungsstationen
- Strahlführungssysteme
- Robotersysteme

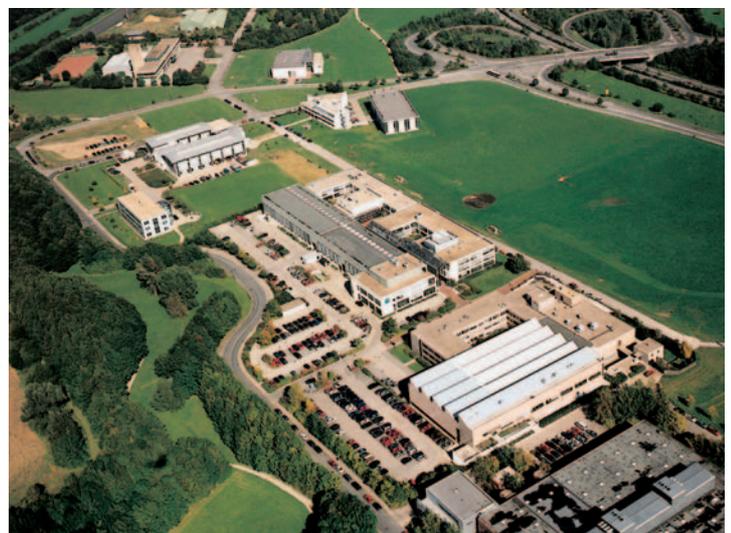
- Sensoren zur Prozessüberwachung für die Lasermaterialbearbeitung
- Direct-writing- und Laser-PVD-Stationen
- Reinräume zur Montage von Diodenlasern, Diodenlasersystemen und diodengepumpten Festkörperlasern
- Life Science Labor mit S1 und S2 Klassifizierung
- Geräte zur Verfahrens- und Prozessdiagnostik 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

Fraunhofer ILT im Ausland

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:

- Niederlassungen des Fraunhofer ILT im Ausland
- ausländische Kooperationspartner des Fraunhofer ILT
- Verbindungsbüros der Fraunhofer-Gesellschaft im Ausland.

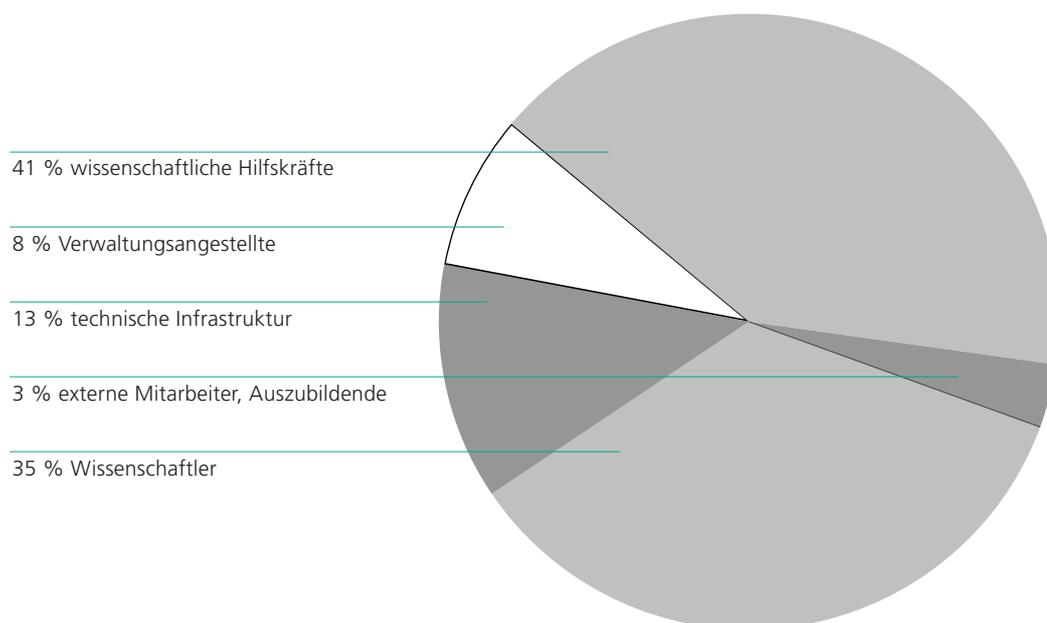
© AVIA-Luftbild, Aachen
Dipl.-Ing. Martin Jochum



Mitarbeiter

Mitarbeiter am Fraunhofer ILT 2004	Anzahl
Stammpersonal	151
- Wissenschaftler und Ingenieure	95
- Mitarbeiter der technischen Infrastruktur	34
- Verwaltungsangestellte	22
Weitere Mitarbeiter	121
- wissenschaftliche Hilfskräfte	112
- externe Mitarbeiter	6
- Auszubildende	3
Mitarbeiter am Fraunhofer ILT, gesamt	272

- 9 Mitarbeiter haben ihre Promotion abgeschlossen
- 18 Studenten haben ihre Diplomarbeit am Fraunhofer ILT durchgeführt

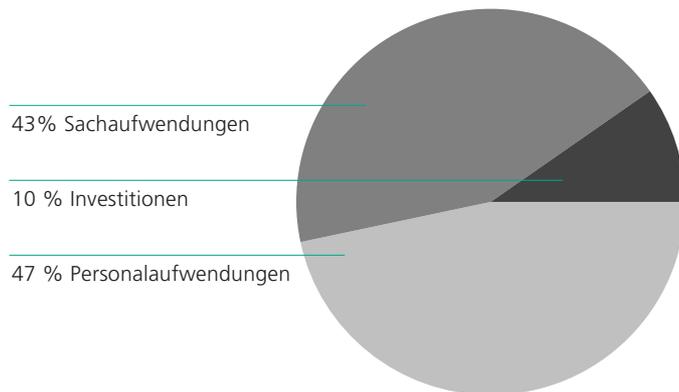


Aufwendungen und Erträge (vorläufig)

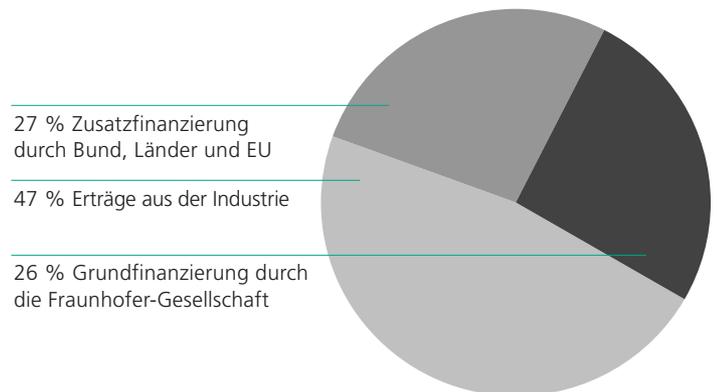
Aufwendungen 2004	Mio EUR
Betriebshaushalt	17,4
- Personalaufwendungen	9,0
- Sachaufwendungen	8,4
Investitionen	1,9

Erträge Betriebshaushalt 2004	Mio EUR
- Erträge aus der Industrie	8,2
- Zusatzfinanzierung durch Bund, Länder und EU	4,7
- Grundfinanzierung durch die Fraunhofer-Gesellschaft	4,5
Erträge, gesamt	17,4
- davon entfallen auf Auslandsprojekte	2,8

Gesamtaufwendungen 2004 (100 %)

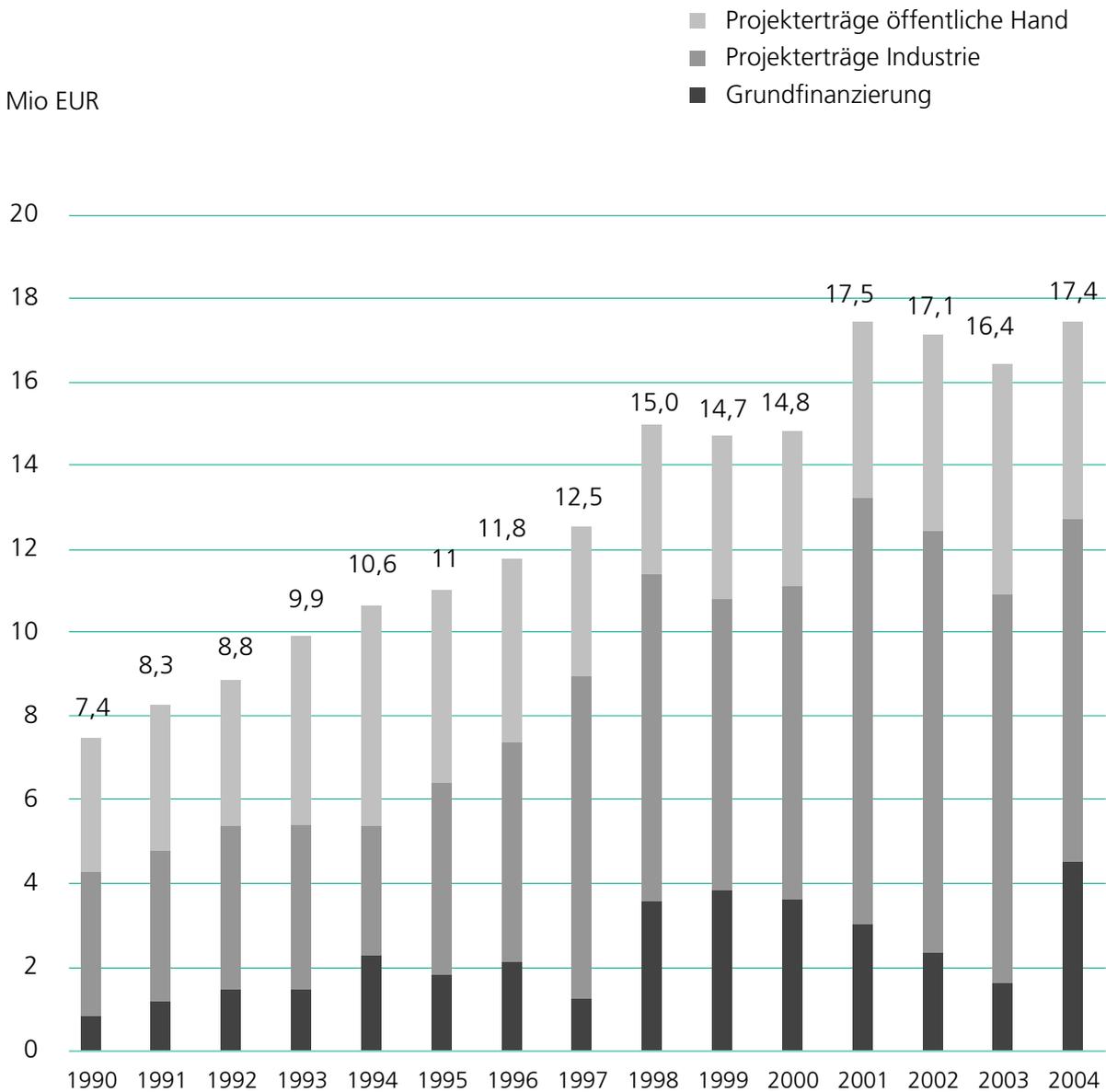


Betriebshaushalt 2004 (100 %)



Betriebshaushalt

Die Graphik verdeutlicht die Entwicklung des Betriebshaushaltes in den letzten 15 Jahren.



Kundenreferenzen



HEIDELBERG INSTRUMENTS

Heraeus



Stand März 2005
Mit freundlicher Genehmigung der
Kooperationspartner.

Die aufgelisteten Firmen sind ein
repräsentativer Ausschnitt aus der
umfangreichen Kundenliste des
Fraunhofer-Instituts für Lasertechnik.

Kurzportrait

Das Fraunhofer Center for Laser Technology CLT hat seinen Sitz in Plymouth, Michigan. Diese Region hat sich zu einem Zentrum für Laserhersteller, Systemintegratoren und industrielle Anwender in den USA etabliert. Das Gebäude des CLT umfasst Räumlichkeiten mit einer Grundfläche von 1250 m². Mit einem Gesamtwert von mehr als 9 Millionen US\$ weist das CLT die modernste und vielseitigste Ausstattung von Lasersystemen in Nordamerika auf.



Die verfolgten Ziele des CLT sind:

- Einbindung in wissenschaftliche und industrielle Entwicklungen in den USA
- Know-how Zuwachs durch schnelleres Erkennen von Trends im Bereich der Laser- und Fertigungstechnik
- Beschleunigte Nutzung von FuE- und Arbeitsmethoden, in denen die USA führend sind
- Know-how Zuwachs durch enge Kooperation mit der Wayne State University und der University of Michigan.
- Stärkung der Position am FuE-Markt
- Steigerung der Industrieerträge aus den USA
- Steigerung der Motivation und der Qualifikation der Mitarbeiter

Die zentrale Philosophie von Fraunhofer USA ist der Aufbau eines deutsch-amerikanischen Joint-Ventures, bei dem Nehmen und Geben im Einklang zueinander stehen. Der Nutzen für beide Seiten ist eine essentielle Voraussetzung für die Zusammenarbeit. Die Fraunhofer-Gesellschaft wird stets auch Interessen der amerikanischen Seite berücksichtigen und versuchen, Beziehungen zu entwickeln, die sich wechselseitig verstärken.

Das Interesse der amerikanischen Partner konzentriert sich auf die:

- Nutzung von Kompetenzen der Fraunhofer-Institute für amerikanische Unternehmen
- Nutzung der Erfahrung bei der Einführung neuer Technologien
- Verbindungen zwischen Industrie und Hochschule
- Praxisnahe Ausbildung von Studenten, Diplomanden und Doktoranden

In Zusammenarbeit mit der University of Michigan werden am Fraunhofer CLT Faserlaser entwickelt. Die Grundlagen und neuen Konzepte entstehen an der Universität. Fraunhofer übernimmt die Entwicklung geeigneter Pumpquellen sowie die Systemintegration und den Prototypenbau. Beugungsbegrenzte Strahlung, flexible Pulscharakteristik und monolithischer Aufbau stehen im Fokus der Entwicklung.

In Zusammenarbeit mit der Wayne State University werden langzeitstabile Implantate zur Neurostimulation des menschlichen Gehirns entwickelt. Weiterhin ist das CLT Träger der Organisation »Laserspot«, die 2000 gegründet wurde und zur Zeit mehr als 20 Mitglieder zählt. Ziel von Laserspot ist es, den Nutzen der Lasertechnik in der industriellen Anwendung in unterschiedlichen Branchen zu fördern.

Zur raschen Kommerzialisierung der Forschungsergebnisse und zur gemeinsamen Bearbeitung von Forschungsprojekten wurde 2001 die Firma Visotek aus dem CLT ausgegründet. Visotek fertigt intelligente Laserwerkzeuge und betreibt Lohnfertigung für die Automobilindustrie. Fasergekoppelte Diodenlasersysteme mit Kilowatt Ausgangsleistung wurden erfolgreich aus der Entwicklung in den Markt transferiert. Eine weitere gemeinsame Entwicklung ist eine Spezialoptik, die ein schnelles 2-dimensionales Scannen mit Autofokus für Laser mit Leistungen bis

15 kW ermöglicht. Die Optik wurde erfolgreich im Schiffsbau zum Schweißen dicker Bleche mit variabler Schweißnahtbreite und im Automobilbau zum robotergeführten Remote-Schweißen eingesetzt. 250 Schweisspunkte pro Minute werden mit 6 kW Laserleistung erzielt.

Dienstleistungen

Das CLT bietet Dienstleistungen im Bereich der Lasermaterialbearbeitung, die Entwicklung von optischen Komponenten und speziellen Lasersystemen an. Diese umfassen das gesamte Spektrum von Machbarkeitsstudien über Prozessentwicklung bis hin zur Vorserienproduktion, sowie Prototypenfertigung von Laserstrahlquellen und schlüsselfertigen Laseranlagen. Als unabhängige Einrichtung bietet es vor allem kleinen und mittelständischen Unternehmen die Möglichkeit, ihren Prozess mit Fraunhofer Maschinen und Personal zu entwickeln und zu testen. Auch komplette Anlagen können am CLT entwickelt und erprobt werden. Die Kunden kommen aus der Automobilindustrie, der Bauindustrie, dem Schiffbau und der Medizintechnik.

Mitarbeiter

Am CLT sind deutsche sowie amerikanische Mitarbeiter tätig. Ziel ist es, die deutschen Mitarbeiter turnusmäßig auszutauschen, damit die gesammelten Erfahrungen in die Mutterinstitute einfließen können und weiteren Mitarbeitern in Deutschland die Möglichkeit geboten wird, sich durch einen USA-Aufenthalt weiter zu qualifizieren. Darüber hinaus fertigen Studenten aus Aachen in den USA ihre Diplomarbeit an.

Ausstattung

Die derzeitige Ausstattung des CLT umfasst CO₂-Laser im Leistungsbereich bis zu 8 kW, Nd:YAG-Laser von 250 W bis 4,4 kW, Diodenlaser von 30 W bis 3 kW, frequenzverdreifachte Nd:YAG und Excimer Laser, eine Vielzahl von Spezial- und Hybridoptiken, 3-, 5- und 6-Achsen Anlagen sowie mehrere Roboter.

Kundenreferenzen

- US Air Force Research Laboratories
- Office of Naval Research
- Michigan Lifescience Corridor
- Alcan
- Borg Warner Automotive
- Dana Corporation
- DaimlerChrysler
- Ford Motor Company
- General Motors
- Hemlock Semiconductors
- Nuvonyx
- LASAG
- PRC
- Rofin Sinar
- Spectra Physics
- Siemens VDO
- Trumpf
- Visteon

Aufwendungen Betriebshaushalt 2004*

	Mio. US\$
Betriebshaushalt	2,0
- Personalaufwendungen	0,9
- Sachaufwendungen	1,1

*Nachkalkulation ist noch nicht erfolgt

Ihr Ansprechpartner



Dr. Stefan Heinemann
Direktor

46025 Port Street
Plymouth
Michigan 48170
USA

Telefon: +1 734 / 354 -6300
Durchwahl: -210
Fax: +1 734 / 354 -3335

sheinemann@clt.fraunhofer.com
www.clt.fraunhofer.com



Coopération Laser
Franco-Allemande
Deutsch-Französisches
Lasierzentrum



Kurzportrait

In der CLFA in Paris kooperiert das Fraunhofer-Institut für Lasertechnik ILT seit 1997 erfolgreich mit führenden französischen Forschungseinrichtungen. Die wichtigsten Kooperationspartner sind ARMINES, die École Nationale Supérieure des Mines de Paris ENSMP, das Institut de Soudure, das Institut Universitaire de Technologie du Creusot, l'École Nationale Supérieure de Mécanique et des Microtechniques ENSMM in Besançon sowie weitere namhafte Laseranwendungszentren in Frankreich. Interdisziplinäre Expertenteams aus Deutschland und Frankreich arbeiten gemeinsam am Transfer lasergestützter Fertigungsverfahren in die europäische Industrie. Die Coopération Laser Franco-Allemande ist Mitglied im Club Laser et Procédés, der französischen Vereinigung von Laserherstellern und -anwendern.

Die verfolgten Ziele der CLFA sind:

- 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 F&E-Markt
- Aufbau eines europäischen Kompetenzzentrums für Lasertechnik
- Steigerung der Mobilität und Qualifikation der Mitarbeiter

Die CLFA beteiligt sich aktiv an der Realisierung des europäischen Forschungsraumes und ist eine Konsequenz der insbesondere im Bereich der Lasertechnik zunehmenden Vernetzung der anwendungsorientierten Forschung und Entwicklung in Europa. Die Kooperation des Fraunhofer ILT mit den französischen Partnern ist ein Beitrag zum Ausbau der europaweiten Präsenz der Fraunhofer Gesellschaft, bei dem die Vorteile für die französische und die deutsche Seite gleichermaßen Berücksichtigung finden. International wird dadurch die führende Position der europäischen Industrie in den lasergestützten Fertigungsverfahren weiter gefestigt.

Das Interesse der französischen Partner konzentriert sich auf die:

- 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 durch praxisnahe Ausbildung über Studien-, Diplom- und Doktorarbeiten

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. Hierbei haben vor allem auch kleine und mittelständische Unternehmen die Möglichkeit, die Vorteile der Lasertechnik in einer unabhängigen Einrichtung kennenzulernen und zu erproben. Die offenen Entwicklungsplattformen erlauben den französischen Auftraggebern den Test und die Qualifizierung neuer lasergestützter Fertigungsverfahren.

Mitarbeiter

In der CLFA sind Mitarbeiter aus Frankreich und Deutschland gemeinsam tätig. Im Rahmen von Verbundprojekten wird der wechselseitige Personalaustausch zwischen den Standorten Aachen und Paris sowie den beteiligten Projektpartnern in Frankreich gefördert. Hierdurch wird den Mitarbeitern die Möglichkeit geboten, ihre Kompetenz insbesondere im Hinblick auf Mobilität und internationales Projektmanagement zu vertiefen.

Ausstattung

Neben den am Fraunhofer ILT zur Verfügung stehenden Einrichtungen verfügt das CLFA über eine eigene Infrastruktur im Centre des Matériaux Pierre-Marie Fourt der Ecole des Mines de Paris in Evry im Süden von Paris. Hierbei besteht insbesondere auch Zugriff auf die Infrastruktur zur Materialanalyse des Institutes. Kunden- und projektorientiert kann auch die Infrastruktur der anderen französischen Partner mit genutzt werden.

Standorte

Paris - im Zentrum von Paris in der École Nationale Supérieure des Mines de Paris ENSMP.

Evry - ca. 40 km südlich von Paris in den Räumen des Centre des Matériaux Pierre-Marie Fourt.

Ihr Ansprechpartner



Dr. Wolfgang Knapp
Direktor

CLFA c/o Armines
60 Boulevard Saint Michel
75272 PARIS Cedex 6
Frankreich

Telefon: +33 1 / 4051 -9476
Fax: +33 1 / 4051 -0094

wolfgang.knapp@ilt.fraunhofer.de
www.ilt.fraunhofer.de/clfa.html



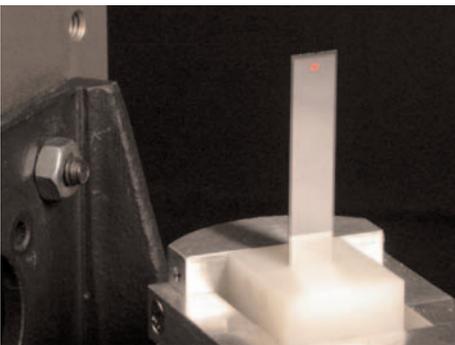
Fraunhofer Verbund
Oberflächentechnik
und Photonik

Kompetenz und Vernetzung

Sechs Fraunhofer-Institute kooperieren im Verbund Oberflächentechnik und Photonik. Aufeinander abgestimmte Kompetenzen gewährleisten eine permanente, schnelle und flexible Anpassung der Forschungsarbeiten an den raschen technologischen Fortschritt in allen industriellen Anwendungsbereichen. Koordinierte, auf die aktuellen Bedürfnisse des Marktes ausgerichtete Strategien führen zu Synergieeffekten. Es wird ein breiteres Leistungsangebot zum Nutzen des Kunden erzielt.

Fraunhofer-Institut für Elektronenstrahl- und Plasmatechnik FEP

Ziel des Fraunhofer FEP ist die Erforschung und Entwicklung innovativer Verfahren zur Nutzung von Elektronenstrahlen hoher Leistung und dichter Plasmen in Produktionsprozessen für die Oberflächentechnik. Dabei stehen praktische Fragestellungen wie Prozessmonitoring, Qualitätskontrolle, Reproduzierbarkeit, Aufskalierung und Wirtschaftlichkeit im Vordergrund.



Oben: Fraunhofer FEP
Mitte: Fraunhofer IPM
Unten: Fraunhofer ILT

Fraunhofer-Institut für Physikalische Messtechnik IPM

Das Fraunhofer IPM entwickelt optische Systeme für die Spektroskopie und Laserbelichtungstechnik. Ein besonderer Schwerpunkt liegt dabei auf der Verwirklichung hochdynamischer Systeme. Neben der schnellen Laseransteuerung sind dafür besondere Kompetenzen bei der Signalverarbeitung gefragt. So wurden für die Infrastrukturüberwachung von Hochgeschwindigkeitsstrecken robuste, wartungsarme Messgeräte realisiert.

Fraunhofer-Institut für Lasertechnik ILT

Im Bereich der Lasertechnik ist das Zusammenspiel zwischen Laserentwicklung und Laseranwendung von herausragender Bedeutung. Neue Laser erlauben neue Anwendungen und neue Anwendungen geben Anregungen für neue Lasersysteme. Deshalb erweitert das Fraunhofer ILT durch die enge Kooperation mit führenden Laserherstellern und innovativen Laseranwendern ständig seine Kernkompetenzen.

Kernkompetenzen	FEP Dresden	ILT Aachen	IOF Jena	IPM Freiburg	IST Braunschweig	IWS Dresden
Schicht- und Oberflächentechnologie	●	●	●	●	●	●
Strahlquellen	●	●	●	●		
Mikro- und Nanotechnologie	●	●	●	●	●	●
Materialbearbeitung	●	●			●	●
Optische Messtechnik		●	●	●	●	●

Fraunhofer-Institut für Schicht- und Oberflächentechnik IST

Das Fraunhofer-Institut für Schicht- und Oberflächentechnik IST bündelt als industrienahes FuE-Dienstleistungszentrum Kompetenzen auf den Gebieten Schichtherstellung, Schichtanwendung und Schichtcharakterisierung. Zurzeit ist das Institut in folgenden Geschäftsfeldern tätig: Maschinenbau und Fahrzeugtechnik, Werkzeuge, Energie, Glas und Fassade, Optik, Information und Kommunikation, Mensch und Umwelt.

Fraunhofer-Institut für Angewandte Optik und Feinmechanik IOF

Hauptgegenstand der Forschungstätigkeit des Fraunhofer IOF ist die optische Systemtechnik mit dem Ziel der immer besseren Kontrolle von Licht. Schwerpunkte sind multifunktionale optische Schichtsysteme, mikro-optische Systeme, optische Messsysteme und Systeme zur Optik-Charakterisierung, feinmechanische Präzisionssysteme sowie die Mikromontage.

Fraunhofer-Institut für Werkstoff- und Strahltechnik IWS

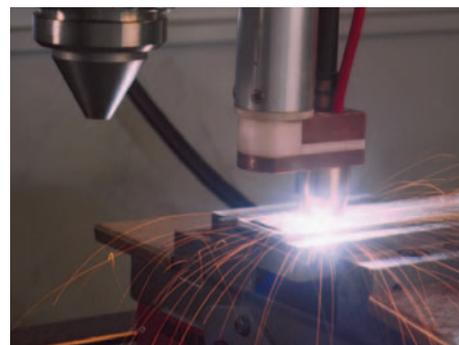
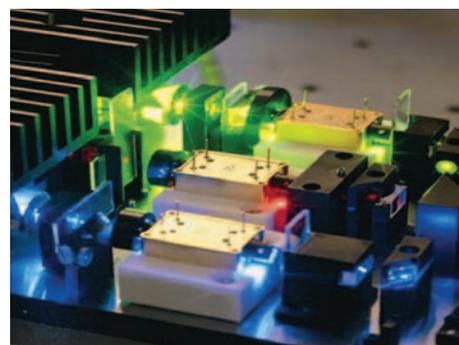
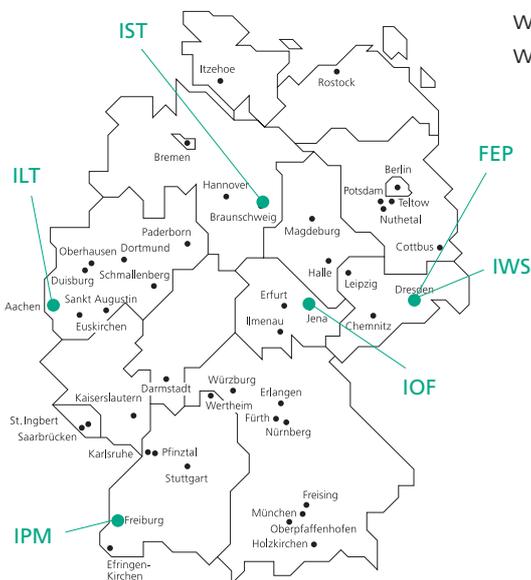
Das Fraunhofer IWS forscht auf den Gebieten der Lasertechnik (z. B. Laserschweißen, Laserschneiden, Laserhärten), der Oberflächentechnik (z. B. Auftragschweißen), der Mikrobearbeitung sowie der Dünnschicht- und Nanotechnologie. Die in die Forschung und Entwicklung integrierte Werkstoffprüfung und -charakterisierung fundiert und erweitert das Spektrum des Fraunhofer IWS.

Kontakt und Koordination

Sprecher des Verbundes
Prof. Dr. Eckhard Beyer

Koordination
Udo Klotzbach
Telefon: ++49 (0)351 / 2583252
udo.klotzbach@iws.fraunhofer.de
www.vop.fraunhofer.de

Die Institute
www.fep.fraunhofer.de
www.ipm.fraunhofer.de
www.ilt.fraunhofer.de
www.ist.fraunhofer.de
www.iof.fraunhofer.de
www.iws.fraunhofer.de



Oben: Fraunhofer IST
Mitte: Fraunhofer IOF
Unten: Fraunhofer IWS

Die Fraunhofer-Gesellschaft

Die Fraunhofer-Gesellschaft betreibt anwendungsorientierte Forschung zum direkten Nutzen für Unternehmen und zum Vorteil der Gesellschaft. Vertragspartner und Auftraggeber sind Industrie- und Dienstleistungsunternehmen sowie die öffentliche Hand. Im Auftrag und mit Förderung durch Ministerien und Behörden des Bundes und der Länder werden zukunftsrelevante Forschungsprojekte durchgeführt, die zu Innovationen im öffentlichen Nachfragebereich und in der Wirtschaft beitragen.

Mit technologie- und systemorientierten Innovationen für ihre Kunden tragen die Fraunhofer-Institute zur Wettbewerbsfähigkeit der Region, Deutschlands und Europas bei. Dabei zielen sie auf eine wirtschaftlich erfolgreiche, sozial gerechte und umweltverträgliche Entwicklung der Gesellschaft.

Ihren Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern bietet die Fraunhofer-Gesellschaft die Möglichkeit zur fachlichen und persönlichen Entwicklung für anspruchsvolle Positionen in ihren Instituten, in anderen Bereichen der Wissenschaft, in Wirtschaft und Gesellschaft.

Die Fraunhofer-Gesellschaft betreibt derzeit rund 80 Forschungseinrichtungen, davon 58 Institute, an über 40 Standorten in ganz Deutschland. Rund 12 500 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter, überwiegend mit natur- oder ingenieurwissenschaftlicher Ausbildung, bearbeiten das jährliche Forschungsvolumen von über 1 Milliarde Euro. Davon fallen mehr als 900 Millionen Euro auf den Leistungsbereich Vertragsforschung. Rund zwei Drittel dieses Leistungsbereichs erwirtschaftet die Fraunhofer-Gesellschaft mit Aufträgen aus der Industrie und mit öffentlich finanzierten Forschungsprojekten.

Ein Drittel wird von Bund und Ländern beigesteuert, auch um damit den Instituten die Möglichkeit zu geben, Problemlösungen vorzubereiten, die in fünf oder zehn Jahren für Wirtschaft und Gesellschaft aktuell werden.

Niederlassungen in Europa, in den USA und in Asien sorgen für Kontakt zu den wichtigsten gegenwärtigen und zukünftigen Wissenschafts- und Wirtschaftsräumen.

Mitglieder der 1949 gegründeten und als gemeinnützig anerkannten Fraunhofer-Gesellschaft sind namhafte Unternehmen und private Förderer. Von ihnen wird die bedarfsorientierte Entwicklung der Fraunhofer-Gesellschaft mitgestaltet.

Namensgeber der Gesellschaft ist der als Forscher, Erfinder und Unternehmer gleichermaßen erfolgreiche Münchner Gelehrte Joseph von Fraunhofer (1787-1826).

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.



Kurzportrait

PhotonAix, das Kompetenznetz für Optische Technologien und Systeme, wurde im Jahr 2002 auf Initiative des Fraunhofer ILT, des Fraunhofer IPT und des WZL der RWTH Aachen gegründet. Das Aachener Kompetenznetz PhotonAix und weitere acht Kompetenznetze verknüpfen in ihren Regionen die Kompetenzen das Know-how der über 400 Mitglieder aus Forschung und Industrie mit dem gemeinsamen Ziel, die optischen Technologien zu fördern.

Von der Lasermaterialbearbeitung über die Biophotonik bis hin zu Anwendungen in Verkehr und Raumfahrt repräsentieren die Kompetenznetze die vollständige Bandbreite der optischen Technologien »made in Germany«. Die Hauptaktivitäten und Dienstleistungsangebote der Kompetenznetze umfassen Technologiemanagement, Beratung von Start-Up-Unternehmen, regionales Technologie- und Branchenmarketing, Aus- und Weiterbildungsinitiativen sowie die intensive Förderung der Kommunikation innerhalb der Netzwerke. Durch die enge Verzahnung des Know-hows in den Regionen gelingen praxis- und zeitnahe Problemlösungen und ein schnellerer Transfer von Forschungsergebnissen in marktreife Produkte.



Bundesministerin E. Bulmahn und Prof. R. Poprawe beim »Tag der Technik« am 18.06.04 in Düsseldorf (Quelle: VDI, Düsseldorf)

Highlights 2004

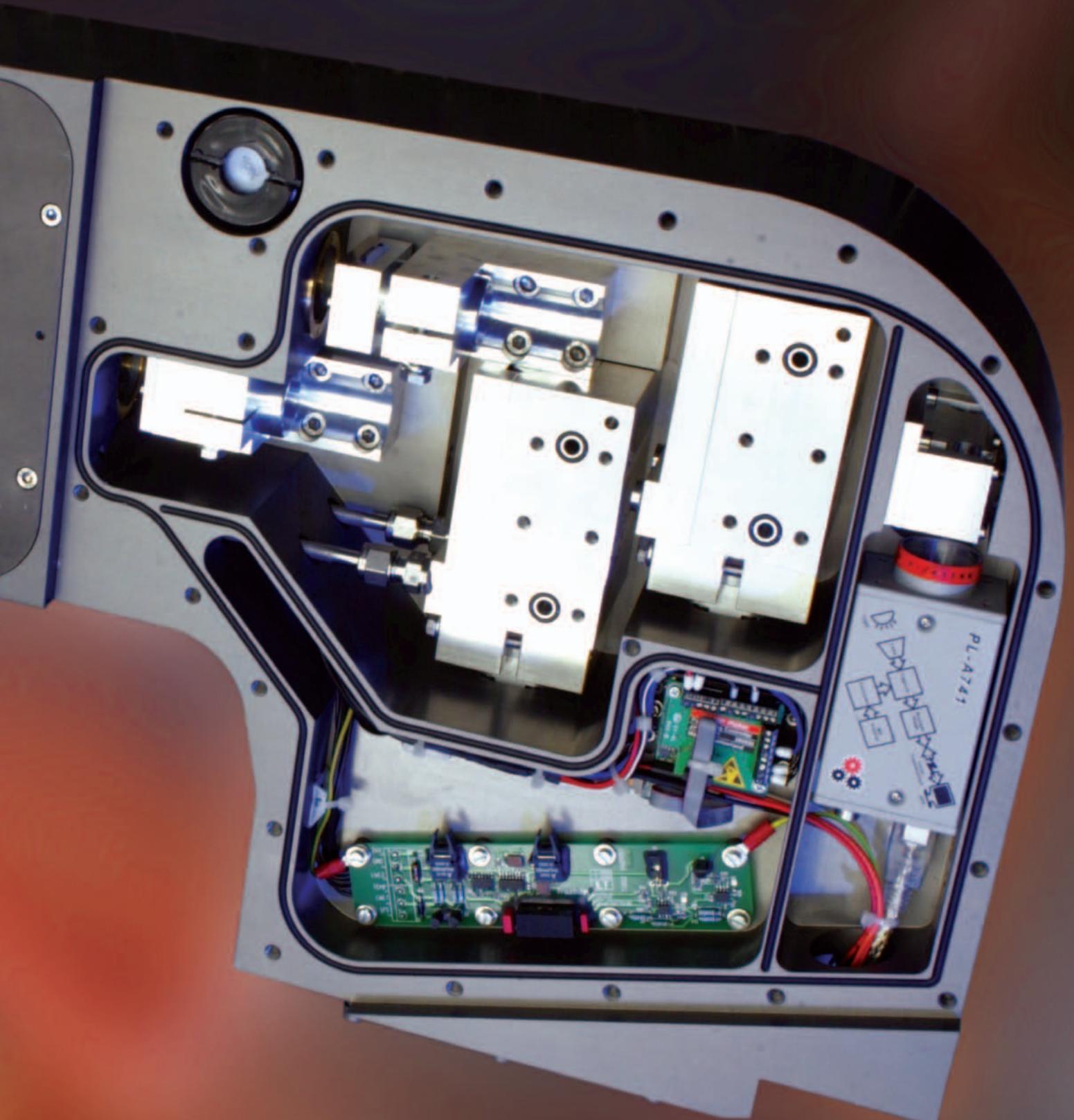
Neben dem Gemeinschaftsstand der Kompetenznetze Optische Technologien auf der Optatec in Frankfurt zählt der Besuch von Frau Bundesministerin Edelgard Bulmahn auf dem PhotonAix-Stand beim »Tag der Technik« in Düsseldorf zu den besonderen Highlights. Am Beispiel des Fraunhofer ILT und des Start-Up Unternehmens EdgeWave GmbH erläutert Prof. Poprawe, Vorstandsvorsitzender von PhotonAix e. V., der Ministerin die enge Kooperation der PhotonAix-Mitglieder im Bereich der Aus- und Weiterbildung.

Kontakt

PhotonAix e. V.
Dipl.-Phys. Christian Hinke
Geschäftsführer
Steinbachstraße 15
52074 Aachen
Telefon: +49 (0) 241 8906 -352
Fax: +49 (0) 241 8906 -121

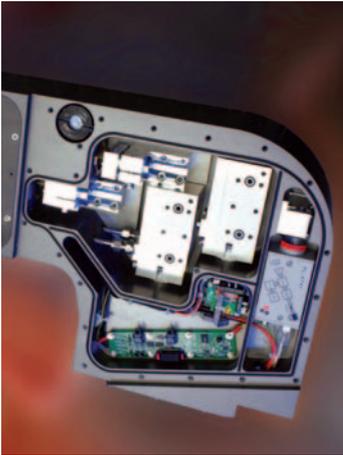
hinke@photonaix.de
www.photonaix.de

Laserstrahlquellen und Plasmasysteme



Das Geschäftsfeld umfasst die Entwicklung von Diodenlaser-Modulen und Systemen sowie diodengepumpter Festkörperlaser mit verschiedenen Resonatorstrukturen (Stab, Slab, Faser), das Design neuer Diodenlaserstrukturen, die Mikromontage von Diodenlasern und optischen Komponenten sowie die Entwicklung von Plasmasystemen. Zu den herausragenden Projektergebnissen, die in enger Kooperation mit den Industrie-Partnern erfolgreich in die Praxis überführt worden sind, zählen u. a. der transversal diodengepumpte 5 kW-Festkörperlaser, die Innoslab-Laser sowie die Diodenlasermodule zum Fügen von Kunststoffbauteilen. Im Umfeld einiger Projekte werden seit über 10 Jahren Spinn-offs des Fraunhofer ILT gegründet. In Kooperation mit dem Fraunhofer IAF werden neue Strukturen entworfen, die die Herstellung von Diodenlasern höherer Strahlqualität erlauben. Zu den Alleinstellungsmerkmalen des Geschäftsfeldes zählt weiterhin die Montage von Hochleistungs-Diodenlasern und insbesondere die Realisierung teilautomatisierter Montageanlagen. Im Bereich Plasmatechnik liegt der Schwerpunkt

auf der Entwicklung von EUV-Strahlquellen für die Halbleiterlithographie. Die wesentlichen Zielmärkte des gesamten Geschäftsfeldes sind die Lasermaterialbearbeitung, die Medizintechnik, die Messtechnik sowie der Komponentenmarkt für die Informations- und Kommunikationstechnik.



Linienoptik zum Reinigen von Eisenbahnschienen mit rechnergesteuerter Fokusslageneinstellung



Diodenlaser-Pumpmodule für die satellitengestützte Freiraum-Telekommunikation	32	Röntgenstrahlerzeugung mittels Ultrakurzpulslaser	42
Modulares Diodenlasersystem für ein tomographisches Lichtschnittverfahren	33	Differenzfrequenzerzeugung im sichtbaren Wellenlängenbereich	43
Homogenisierter Hochleistungsdiodenlaser zur Qualifizierung von Triebwerksbauteilen	34	Simulation nichtlinearer optischer Prozesse	44
Strahlüberlagerung mit doppelbrechenden Kristallen	35	Aufbereitung und Reinigung schadstoffbelasteter Abgase	45
Direkte Frequenzkonversion mit Diodenlasern	36	Plasmareaktoren für die Abgasbehandlung	46
Erzeugung von Piko- und Nanosekunden Pulsfolgen mit maßgeschneiderter zeitlicher Form und Amplitude	37	Kontinuierliche Plasmabehandlung bei Atmosphärendruck	47
Stabbasierter Nd:YAG-Hochleistungslaser mit linear-polarisierter Strahlung	38	Schnelle Sterilisation von Packstoffen	48
Linienoptik zum Reinigen von Eisenbahnschienen mit rechnergesteuerter Fokulageneinstellung	39	Strahlungsquellen und optische Komponenten für die EUV-Mikroskopie	49
Optische Entkopplung unpolarisierter Laserstrahlung hoher mittlerer Leistung	40	Laserinduzierte Entladung: Simulation zur Zündung	50
UV-Festkörperlaser hoher mittlerer Leistung	41		

Anmerkung der Institutsleitung

Wir weisen explizit darauf hin, dass die Offenlegung der nachfolgenden Industrieprojekte mit unseren Auftraggebern abgestimmt ist. Grundsätzlich unterliegen unsere Industrieprojekte der strengsten Geheimhaltungspflicht. Für die Bereitschaft unserer Industriepartner, die aufgeführten Berichte zu veröffentlichen, möchten wir an dieser Stelle herzlich danken.

Aufgabenstellung

Der Einsatz diodengepumpter Festkörperlaser als Sender für die Freiraumsatellitenkommunikation erlaubt höhere Bandbreiten bei reduzierter Sendeleistung als konventionelle Mikrowellensysteme. Hierbei werden die Daten zwischen einzelnen Satelliten mit Hilfe optischer Terminals ausgetauscht. In Zusammenarbeit mit der Firma TESAT Spacecom im Auftrag des DLR und mit Mitteln des BMBF (Förderkennzeichen 50 YH 0202) wurden am Fraunhofer ILT Diodenlaser-Pumpmodule für den Weltraumeinsatz entwickelt und aufgebaut, wobei die hohen Anforderungen an Zuverlässigkeit, Robustheit und Kompaktheit der Module erfüllt werden konnten.

Vorgehensweise

Um eine zuverlässige und unterbrechungsfreie Funktion im Orbit über einen Zeitraum von zehn Jahren zu gewährleisten, werden für das Modul zwei polarisationsgekoppelte Diodenlaserbarren verwendet. Die so erreichte Redundanz erlaubt den kontinuierlichen Betrieb des Moduls auch nach Ausfall eines Barrens. Nach Strahltransformation, -formung und -überlagerung wird die emittierte Leistung in einen Lichtwellenleiter eingekoppelt. Besonderes Augenmerk bei dem optischen Design liegt auf der Unterdrückung von Rückkopplungen in den Diodenresonator, die die Modenverteilung ungünstig beeinflussen. Das gesamte Modul ist in Planartechnik aufgebaut. Hierdurch wird eine möglichst einfache Justage und Montage

der optischen Komponenten auf einer hochgenauen und stabilen monolithischen Grundplatte erreicht. Zur Qualifikation der verwendeten Bauteile, Materialien und Verbindungstechniken wurden vielfältige Umwelttests durchgeführt.

Ergebnisse und Anwendungen

Bei den Umwelttests konnte die Raumtauglichkeit des Moduls erfolgreich nachgewiesen werden. Hierzu wurden die verwendeten Bauteile Strahlungs- und Thermalzyklustests unterzogen. Ferner wurden Schock- und Vibrationstests durchgeführt, bei denen das Modul den beim Start auftretenden mechanischen Belastungen unterzogen wurde.

Bei den aufgebauten Modulen konnte ein optisch-optischer Wirkungsgrad größer 70 % erreicht werden. Die Strahlung der Barren wird hierbei in eine Faser mit einem Durchmesser von 100 μm und einer NA von 0,2 eingekoppelt. Das Modul misst 50 mm x 50 mm x 20 mm und wiegt ca. 130 g.

Ansprechpartner

Dipl.-Ing., Dipl.-Wirtsch.-Ing.
M. Traub, Tel.: -342
martin.traub@ilt.fraunhofer.de
Dipl.-Ing. H.-D. Plum, Tel.: -216
heinzdieter.plum@ilt.fraunhofer.de
Dipl.-Ing. H.-D. Hoffmann, Tel.: -206
dieter.hoffmann@ilt.fraunhofer.de



Fasergekoppeltes Pumpmodul



Aufgabenstellung

Um das räumliche Strömungsverhalten von Fluiden sichtbar zu machen, wird am Aerodynamischen Institut der RWTH Aachen das Lichtschnittverfahren eingesetzt. Hierbei wird die Strömung mit Hilfe eines mechanisch versetzbaren Laser-Lichtschnitts in einer Vielzahl paralleler Ebenen ähnlich wie in der Tomographie beleuchtet. Eine Hochgeschwindigkeitskamera nimmt die Bewegung kleiner Partikel auf. Das bislang verwendete System, das aus einem Festkörperlaser und einem Polygon-Scanner besteht, wird durch ein modulares Diodenlasersystem ersetzt.

Vorgehensweise

Diodenlaser zeichnen sich im Vergleich zu konventionellen Beleuchtungssystemen durch eine hohe Strahldichte, ein schmalbandiges Emissionsspektrum und eine flexible zeitliche Modulierbarkeit aus. Wegen der hohen Strahldichte kann mit dem System eine hohe Ortsauflösung bei einem großen Bearbeitungsabstand realisiert werden. Bei dem Diodenlasersystem werden zehn kompakte Module eingesetzt, die mit Hilfe eines angepassten Netzteils separat angesteuert werden können. Die einzelnen Module können in beliebiger Reihenfolge und mit frei wählbarem Puls-Pause-Verhältnis betrieben werden. Jedes Diodenlasermodul erreicht eine Ausgangsleistung von 40 W und leuchtet eine Fläche von 1 mm x 100 mm aus. Durch den Einsatz eines anamorphotischen Abbildungssystems wird die geringe Strahlhöhe in einem Abstand von einem Meter unabhängig

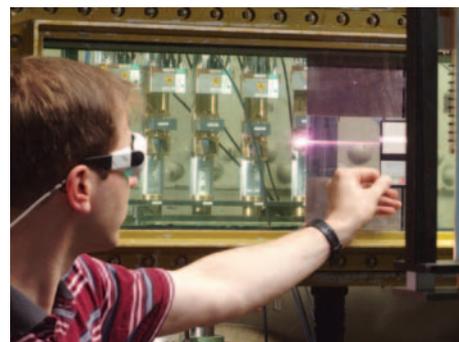
vom Smile der verwendeten Diodenlaser gewährleistet. Im Vergleich zu dem bisher verwendeten Scanner-system wird mit dem Diodenlasersystem eine höhere Flexibilität erreicht, da vollkommen auf träge mechanische Bauteile verzichtet wird.

Ergebnisse und Anwendungen

Das aufgebaute Beleuchtungssystem wird erfolgreich bei Strömungsuntersuchungen am Aerodynamischen Institut eingesetzt. Aufgrund des gewählten modularen Konzepts lassen sich weitere Schnittebenen durch Hinzunehmen zusätzlicher Module leicht realisieren. Die kompakte Bauform und der große Bearbeitungsabstand der Module gewährleisten eine einfache Anpassung der auszuleuchtenden Ebenen an die Strömungsgeometrie.

Ansprechpartner

Dipl.-Ing., Dipl.-Wirtsch.-Ing.
M. Traub, Tel.: -342
martin.traub@ilt.fraunhofer.de
Dipl.-Ing. H.-D. Hoffmann, Tel.: -206
dieter.hoffmann@ilt.fraunhofer.de



3-D-Strömungsmessung

Aufgabenstellung

Raketentriebwerke unterliegen beim Start extremen thermischen Wechselbelastungen. Zur Qualifizierung von Ariane-V-Triebwerksbauteilen werden diese mit Hilfe eines homogenisierten Diodenlasers bestrahlt, um die thermische Belastung während der Startphase zu simulieren. Die hierzu benötigte Optik wird im Auftrag des Fraunhofer IWS entwickelt.

Vorgehensweise

Zur Leistungskalierung werden mehrere Hochleistungsdiode-Laser in Form eines zweidimensionalen Arrays zu Stacks zusammengefasst. Die zeitliche und räumliche Inhomogenität der Leistungsdichteverteilung von Diode-Laser-Stacks führt bei der Bestrahlung der zu untersuchenden Bauteile zu Temperaturgradienten, die die Aussagekraft der erzielten Ergebnisse herabsetzen. Um diesen störenden Einfluss zu verringern, wird die Strahlung des Diode-Lasers mit Hilfe eines quaderförmigen Wellenleiters homogenisiert. Hierzu wird die Strahlung des Diode-Lasers auf die Eintrittsfläche dieses Glasquaders fokussiert und dessen Austrittsfläche auf das zu untersuchende Bauteil abgebildet. Durch die Homogenisierung entsteht eine rechteckige Ausleuchtung des bestrahlten Bauteils, die in beiden Richtungen eine zeitlich und räumlich konstante Rechteckverteilung aufweist.

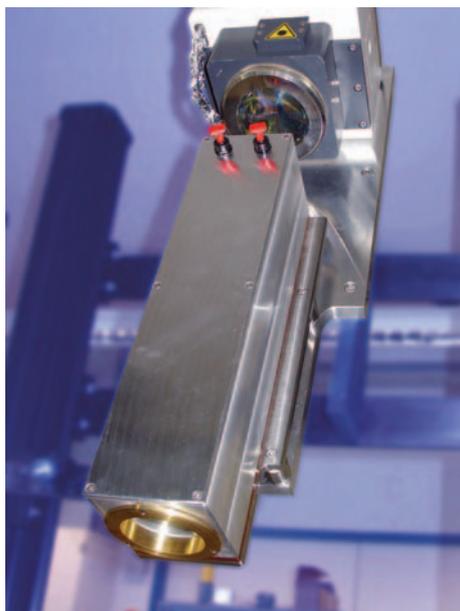
Ergebnisse und Anwendungen

Mit Hilfe der entwickelten Optik wird die Strahlung eines kommerziellen Diode-Lasers mit einer Ausgangsleistung von 6 kW homogenisiert. Die hierbei erzielte Effizienz beträgt 90 %. Mit der aufgebauten Optik wird eine Homogenität > 90 % für die Slow- und Fast-Axis erreicht, die Größe des ausgeleuchteten Bereichs beträgt 30 mm x 80 mm bei einem Bearbeitungsabstand von 400 mm. Durch Wechsel der modularen Abbildungsoptik lassen sich mit dem System verschiedene Feldgrößen realisieren.

Neben der beschriebenen Anwendung der definierten Erwärmung von Bauteilen lassen sich homogenisierte Diode-Laser zur Oberflächenmodifikation wie z. B. dem Umwandlungshärten metallischer Bauteile einsetzen. Durch die Homogenisierung werden hierbei unerwünschte Temperaturspitzen vermieden und die Prozesssicherheit deutlich gesteigert. Ein weiterer Vorteil der Anordnung ist die Unabhängigkeit der Leistungsdichteverteilung von der Abstrahlcharakteristik des Diode-Lasers.

Ansprechpartner

Dipl.-Ing., Dipl.-Wirtsch.-Ing.
M. Traub, Tel.: -342
martin.traub@ilt.fraunhofer.de
Dipl.-Ing. H.-D. Hoffmann, Tel.: -206
dieter.hoffmann@ilt.fraunhofer.de



6 kW Diode-Laser mit Optik zur Strahlformung und Homogenisierung



Aufgabenstellung

Die Überlagerung der Strahlung von Diodenlaserbarren unterschiedlicher Wellenlänge und Polarisationsrichtung führt zu einer Leistungssteigerung bei nahezu unveränderter Strahlqualität verglichen mit der eines einzelnen Barrens. Im Gegensatz zu herkömmlich verwendeten Filtersystemen bietet die Strahlüberlagerung mit doppelbrechenden Kristallen in Verbindung mit Multiwellenlängen-Stacks die Möglichkeit eines Aufbaus in Planartechnik. Die daraus resultierenden Vorteile hinsichtlich Effizienz und Justagefreundlichkeit sollen in einem Laboraufbau demonstriert werden.

Vorgehensweise

Die Multiplexanordnung basiert auf der Verwendung von Strahlversetzern (beam displacer) aus doppelbrechendem YVO₄. Dabei wird die Strahlung zweier senkrecht zueinander linear polarisierter Diodenlaserbarren überlagert. Anschließend werden die unterschiedlichen Wellenlängen ausgenutzt, um mit Hilfe von $\lambda/2$ -Platten mit wellenlängenabhängiger Drehung der Polarisation die dann unpolarisierte Strahlung wieder in eine linear polarisierte Strahlung zu überführen. Danach steht die wellenlängenüberlagerte und linear polarisierte Strahlung zum erneuten Polarisationsmultiplexing in einer neuen Kaskade von Strahlversetzern bereit.

Ergebnisse und Anwendungen

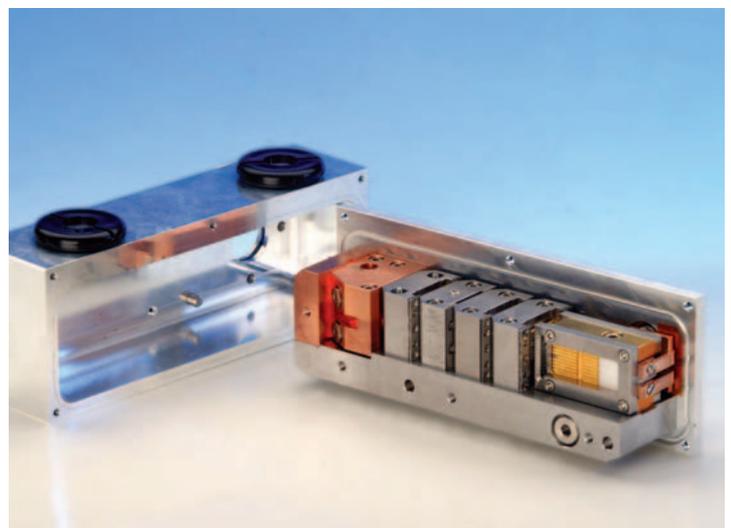
In einem Laboraufbau sind in einer 3-stufigen Kaskadenstruktur aus Strahlversetzern und $\lambda/2$ -Platten acht Diodenlaserbarren (4 λ und 2 Pol.) überlagert worden. Die Ausgangsleistung skaliert zu 265 W bei 55 A und bei einem gemittelten Strahlparameterprodukt von etwa 18 mm mrad. Eine mit lampengepumpten Festkörperlaser vergleichbare Strahlqualität wird erreicht.

Im Vergleich zu herkömmlichen Multiplextechniken ist durch den planaren Aufbau der Justageaufwand erheblich reduziert worden. Darüber hinaus konnte die Effizienz leicht verbessert werden.

Ansprechpartner

Dipl.-Ing. C. Wessling, Tel.: -467
christian.wessling@ilt.fraunhofer.de
Dipl.-Ing. H.-D. Hoffmann, Tel.: -206
dieter.hoffmann@ilt.fraunhofer.de

Labormuster
Diodenlasermodul



Aufgabenstellung

Mit Diodenlasern steht eine kostengünstige Laserquelle zur Verfügung, die Licht mit Wellenlängen im infraroten- und roten- sowie im blauen- und nahen UV-Bereich emittiert. Im sichtbaren Bereich, insbesondere zur Erzeugung grünen Lichts, mangelt es an Diodenlasern. Um diese Lücke zu schließen, wird die Strahlung von infraroten Laserdioden mittels nichtlinearer optischer Kristalle frequenzverdoppelt.

Im Vergleich zu diodengepumpten Festkörperlasern mit Resonator-interner Frequenzkonversion kann die Wellenlänge der Strahlung von GaAs Laserdioden durch die Epitaxie im Bereich von ca. 780 nm bis 1070 nm kontinuierlich eingestellt werden. Ziel ist es, eine kostengünstige, robuste und langzeitstabile Lichtquelle mit einer kontinuierlichen Ausgangsleistung von mehr als einem Milliwatt zu entwickeln.

Besonderer Wert wird auf gute spektrale Eigenschaften, hohe zeitliche Stabilität und niedriges Rauschen gelegt.

Vorgehensweise

Es werden fasergekoppelte Single Emitter Dioden mit einer Wellenlänge von 1056 nm und einer spektralen Halbwertsbreite von ca. 0,1 nm verwendet. Die Module weisen eine Leistung von ca. 160 mW bei nahezu beugungsbegrenzter Strahlqualität auf.

Für die Konversion zu 528 nm wird periodisch-gepoltes Lithiumniobat (PPLN) verwendet. Die Frequenzverdoppelung erfolgt beim einfachen Durchgang durch den Kristall ohne Verwendung eines zusätzlichen Resonators. Dazu wird die Polarisationsrichtung des Eingangssignals mittels eines Retardierungsplättchens angepasst und der Strahl mittels einer Linse in den Kristall fokussiert.

Die Temperatur des PPLN Kristalls wird thermo-elektrisch stabilisiert.

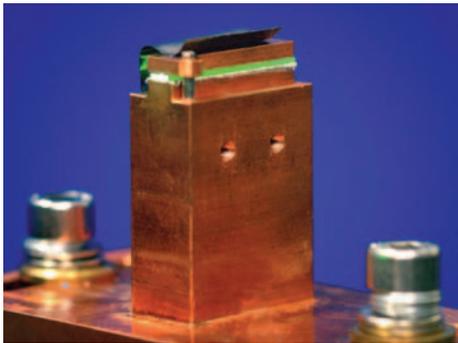
Ergebnisse und Anwendungen

Bei der Frequenzverdopplung wird eine Konversionseffizienz von $1,57 \pm 0,04$ %/W/cm erreicht. Mit einer Stabilisierung der mittleren Kristalltemperatur schwankt die Ausgangsleistung um nur 2 % und ist fast ausschließlich auf Leistungsschwankungen des Eingangssignals zurückzuführen. Bei Verwendung leistungsstärkerer Dioden konnten bereits Ausgangsleistungen von 1,5 mW demonstriert werden.

Die Anwendungen dieser Technik liegen beispielsweise im Bereich der Telekommunikation, der Messtechnik und der Printtechnologie.

Ansprechpartner

Dipl.-Phys. B. Jungbluth, Tel.: -414
bernd.jungbluth@ilt.fraunhofer.de
Dipl.-Ing. H.- D. Hoffmann, Tel.: -206
hansdieter.hoffmann@ilt.fraunhofer.de



PPLN-Kristall mit Kühlfinger aus Kupfer zur Temperaturstabilisierung



Aufgabenstellung

Zur Effizienz- und Qualitätssteigerung bei der Mikrostrukturierung mit Laserstrahlung und bei der Plasmaerzeugung für LIBS (Laser Induced Breakdown Spectroscopy) wird eine Pulsfolge mit den frei wählbaren Parametern Pulsdauer, Pulsabstand und Pulsamplitude gefordert. Es sollen Pulsfolgen (Bursts) mit bis zu 5 Pulsen mit einer Wiederholrate von 0-2 kHz und einer Pulsenergie von bis zu 5 mJ einstellbar sein. Die Pulsdauer soll zwischen etwa 50 ps und 100 ns, der Pulsabstand zwischen 100 ns und 50 μ s einstellbar sein. Die Strahlqualität soll ein M^2 von 1,5 bei einer Wellenlänge von 1064 nm nicht überschreiten.

Vorgehensweise

Das System kombiniert auf effiziente Weise drei verschiedene Lasertypen: Dioden-, Faser- und InnoSlab-Laser. Zur Erzeugung der maßgeschneiderten Pulsfolge wird mit einem für diese Anwendung am Fraunhofer ILT entwickelten Pulsgenerator eine schmalbandige DBR- (Distributed Bragg Reflector) Laserdiode moduliert. Nachgeschaltet ist eine Verstärkerkette, bestehend aus zwei Faserlasern und einem InnoSlab-Laser, die die Signale der Laserdiode ohne signifikante Änderung der Strahlqualität zu der gewünschten Ausgangsleistung verstärkt.

Es werden Ytterbium dotierte aktive Fasern eingesetzt. Die erste Faserverstärkerstufe ist mit einer Monomode-Faser komplett monolithisch realisiert, die aktive Faser der zweiten Stufe ist eine LMA (Large Mode Area) Faser mit Taper. Die Faserverstärker wurden am Fraunhofer CLT / USA in Kooperation mit der University of Michigan entwickelt und aufgebaut. Die dritte Verstärkerstufe bildet ein mehrfach gefalteter Single-Pass-Verstärker basierend auf dem am Fraunhofer ILT entwickelten InnoSlab-Konzept.

Ergebnisse und Anwendungen

Eine in Zeit und Amplitude einstellbare Pulsfolge mit einer maximalen Laserleistung von einigen 100 mW wird mittels der elektrisch gesteuerten Laserdiode erzeugt. Mit den Faserverstärkerstufen wird eine maximale Pulsspitzenleistung von 30 kW ohne signifikante Änderung der zeitlichen Pulsparameter erreicht. Zur Zeit wird ein InnoSlab basierter Leistungsverstärker für Pulsspitzenleistungen von bis zu 300 kW integriert.

Ansprechpartner

Dipl.-Phys. J. Luttmann, Tel.: -128
joerg.luttmann@ilt.fraunhofer.de
Dipl.-Phys. D. Esser, Tel.: -467
dominik.esser@ilt.fraunhofer.de
Dipl.-Ing. H.-D. Hoffmann, Tel.: -206
hansdieter.hoffmann@ilt.fraunhofer



Faserverstärkerstufen



Aufgabenstellung

Aufgrund von thermischen Effekten ist der linear-polarisierte Betrieb von Nd:YAG-Stablasern bei mittleren Ausgangsleistungen einiger hundert Watt ohne zusätzliche Optiken stark verlustbehaftet. Durch den resonator-internen Einsatz eines Quarzrotators und einer abbildenden Optik lässt sich ein effizienter Betrieb erreichen. Aufgrund des hohen Justageaufwands und der Justageempfindlichkeit dieser Anordnung ist sie jedoch für robuste Systeme in der Industrie nur eingeschränkt geeignet.

Das Ziel ist die Entwicklung einer einfachen Anordnung, die einen justageunempfindlichen linear-polarisierten Betrieb eines Nd:YAG-Stablasers bei hohen Ausgangsleistungen gewährleistet.

Vorgehensweise

Basis der Anordnung ist ein diodengepumptes Nd:YAG-Lasermodul mit einer Ausgangsleistung von 600 W im Dauerstrichbetrieb, das in Zusammenarbeit zwischen der Firma Rofin Sinar und dem Fraunhofer ILT entwickelt wurde. Die vorgestellte Anordnung verzichtet vollständig auf den Einsatz Justage erfordernder Optiken im Resonator und beschränkt sich auf ein modifiziertes Lasermedium mit Quarzrotator.

Ergebnisse und Anwendungen

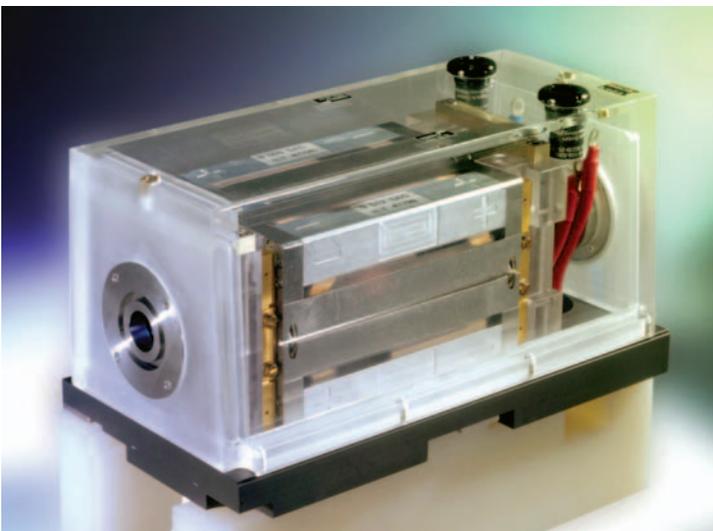
Mit diesem System wird im linearpolarisierten Betrieb eine Laserleistung von 475 Watt erzielt. Gegenüber dem Ausgangszustand des unkorrigierten Resonators, der linear polarisiert maximal 200 W ermöglicht, bedeutet dies eine Steigerung von über 130 %.

Die Anordnung ermöglicht robuste Laser und Laserverstärker hoher Leistung mit linear polarisierter Strahlung und sehr guter Strahlqualität.

Ansprechpartner

Dipl.-Phys. K. Nicklaus, Tel.: -224
kolja.nicklaus@ilt.fraunhofer.de
Dipl.-Ing. D. Hoffmann, Tel.: -206
hansdieter.hoffmann@ilt.fraunhofer.de

Labormuster
Diodenlasermodul



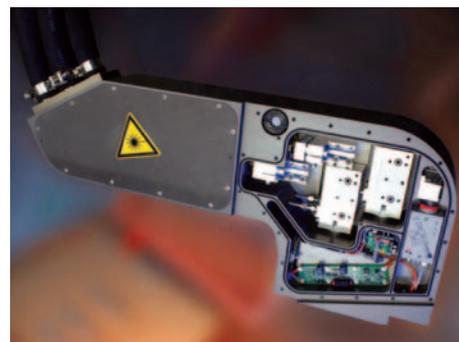


Aufgabenstellung

Dünne Filme aus festgefahretem Laub sowie Schmierfetten und Wasser auf Eisenbahnschienen reduzieren die Traktion zwischen Rad und Schiene, wodurch das Beschleunigungs- und Bremsvermögen von Schienenfahrzeugen herabgesetzt wird und Verspätungen sowie erhöhter Verschleiß der Radsätze und Schienen auftreten. Verfahren wie das Streuen abrasiver Partikel, die diese Beläge entfernen sollen, führen zu einem erhöhten Verschleiß von Rädern und Schienen. Reinigungsverfahren mit Bürsten oder Hochdruckwasserstrahlen weisen begrenzte Reinigungsleistungen sowie Werkzeugverschleiß auf und erfordern die Mitnahme von Reinigungsmitteln. Das am Fraunhofer ILT entwickelte laserbasierte Reinigungssystem erlaubt die berührungslose und verschleißfreie Entfernung der Schienenbeläge bei Geschwindigkeiten bis zu 60 km/h. Bei diesem System wird die Strahlung eines fasergekoppelten gepulsten Nd:YAG-Lasers mit Hilfe einer Transformationsoptik in eine Linie mit hohem Aspektverhältnis unter Beibehaltung der ursprünglichen Leistungsdichte umgewandelt. Bei ersten Tests der Optik konnte deren Funktion erfolgreich nachgewiesen werden. Hierbei zeigte sich, dass die Justage und die Anpassung an unterschiedliche Einsatzbedingungen aufwendig sind. Mit Hilfe einer motorisierten Fokuslageneinstellung und einem integrierten Kamerasystem zur Überwachung der Fokuslage sollen Installation und Betrieb der Optik wesentlich vereinfacht und eine maximale Reinigungsgeschwindigkeit sichergestellt werden.

Vorgehensweise

Zur Detektion der Fokusgröße auf der Schiene wird aufgrund des großen Dynamikbereiches eine CMOS-Kamera eingesetzt, die koaxial in den Strahlengang integriert ist. Die an der Schienoberfläche gestreute Laserstrahlung wird von der fokussierenden Linsengruppe kollimiert und über einen Teiler Spiegel ausgekoppelt. Mit Hilfe eines für diese Anwendung entwickelten, kompakten Teleobjektivs wird die Strahlung auf den CMOS-Chip abgebildet, so dass ein vergrößertes Bild eines Ausschnittes des Linienfokusses entsteht. Zur Einstellung der Fokuslage kann die fokussierende Linsengruppe mit Hilfe eines Elektromotors und eines Spindeltriebs um 20 mm verschoben werden.



Optiksystem mit Fokuslagensteuerung und -überwachung

Ergebnisse und Anwendungen

Bei Tests der Firma LASERTHOR mit einem Reinigungsfahrzeug konnte die Funktion erfolgreich nachgewiesen werden. Die integrierte Kamera erlaubt neben der Überwachung der Fokuslage auch eine Online-Prozess-Überwachung. Die verwendeten Komponenten können durch Erweiterung der Software für eine aktive Regelung der Fokuslage eingesetzt werden.

Ansprechpartner

Dipl.-Ing., Dipl.-Wirtsch.-Ing.
M. Traub, Tel.: -342
martin.traub@ilt.fraunhofer.de
Dipl.-Ing. R. Meyer, Tel.: -197
rudolf.meyer@ilt.fraunhofer.de
Dipl.-Ing. H.-D. Hoffmann, Tel.: -206
dieter.hoffmann@ilt.fraunhofer.de



Aufgabenstellung

Die Strahlung von Festkörperlasern mit mittleren Leistungen im kW-Bereich erfolgt meist über Lichtleitfasern. Laser mit großer optischer Verstärkung wie z. B. Stab- und Faserlaser reagieren empfindlich auf Rückkopplung vom Bearbeitungsprozess oder nicht-lineare Effekte in der Transportfaser. Diese Rückkopplung kann zu instabilem Verhalten oder zur Schädigung optischer Komponenten führen.

Ziel ist die Entwicklung einer Anordnung für die optische Entkopplung von Laser und Werkstück bzw. Faser bei hoher mittlerer Leistung, die auch für nicht-polarisierte Strahlung einsetzbar ist.

Vorgehensweise

Basierend auf Faraday-Isolatoren, die bislang meist für polarisierte Laserstrahlung mit mittleren Leistungen von einigen 10 W eingesetzt werden, wird eine Anordnung bestehend aus zwei Hochleistungs-Faraday-Isolatoren entwickelt, mit der die Entkopplung unpolarisierter Strahlung erreicht werden kann.

Die Anordnung ist als geschlossenes Gehäuse ausgelegt, welches mittels Faserkopplung zwischen Laser und Bearbeitungsort geschaltet werden kann. Alle erforderlichen Linsen- und Spiegeloptiken sind integriert. Den hohen Laserleistungen wird durch eine indirekte Wasserkühlung Rechnung getragen.

Ergebnisse und Anwendungen

Die optischen Verluste der Anordnung bis 1 kW mittlerer Leistung sind kleiner als 4 %. Die Dämpfung der reflektierten Strahlung ist größer 14 dB. Damit kann eine ausreichende Entkopplung vom Werkstück bei hohem Wirkungsgrad sichergestellt werden.

Die Leistungsfähigkeit der entwickelten Anordnung ist durch die auftretenden thermischen Effekte innerhalb der Faraday-Isolatoren begrenzt. Mit zunehmender Leistung nehmen die Verluste zu und die Dämpfung der reflektierten Strahlung ab.

Zur Zeit werden Anordnungen für einen Arbeitsbereich bis 5 kW sowie Möglichkeiten der Miniaturisierung untersucht.

Ansprechpartner

Dipl.-Phys. K. Nicklaus, Tel.: -224
kolja.nicklaus@ilt.fraunhofer.de
Dipl.-Ing. H.-D. Hoffmann, Tel.: -206
hansdieter.hoffmann@ilt.fraunhofer.de

Versuchsaufbau
Isolatoranordnung





Aufgabenstellung

Für innovative Produktionsverfahren wie zum Beispiel die Leiterplatten-direktbelichtung oder das Bohren von elektronischen Leiterplatten werden stabile UV-Festkörperlaser mit über 10 W mittlerer Laserleistung benötigt. Zurzeit werden für Leiterplattendirektbelichtung UV-Argonionenlaser und für das Leiterplattenbohren überwiegend CO₂-Laser eingesetzt. Argonionenlaser sind gekennzeichnet durch eine hohe Leistungsaufnahme und hohe Betriebskosten. CO₂-Laser können Bohrungsdurchmesser von 25 µm für hochintegrierte Leiterplatten prinzipiell nicht erreichen. In Zusammenarbeit mit Jenoptik Laser, Optik, Systeme GmbH werden daher »All-Solid-State«-UV-Lasersysteme entwickelt, die Leistungen von über 10 W bei deutlich gesenkten Betriebskosten und erhöhter Betriebssicherheit liefern.

Vorgehensweise

Eine gütegeschaltete Slab-MOPA-Anordnung, bestehend aus einem diodenendgepumpten Slab-Oszillator und einem nachgeschalteten Slabverstärker, liefert bei 1064 nm nahezu beugungsbegrenzte Laserstrahlung mit hoher mittlerer Leistung bei Puls wiederholraten zwischen 5 und 50 kHz. Mit Hilfe nichtlinearer Kristalle wird dieser Laser zunächst frequenzverdoppelt (532 nm) und danach frequenzvervielfacht (266 nm).

Ergebnisse und Anwendungen

Bei einer Repetitionsrate von 10 kHz liefert die Slab-MOPA-Anordnung eine Ausgangsleistung von über 120 W bei 1064 nm mit einer Strahlqualität $M^2 \leq 2$ und einer Pulslänge kleiner 30 ns.

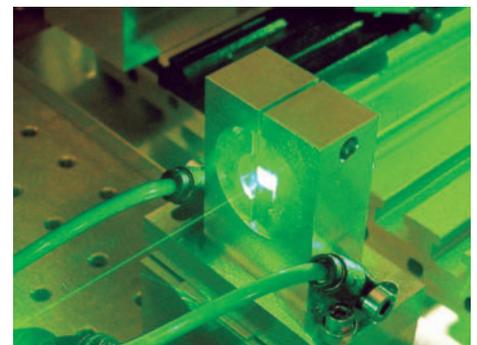
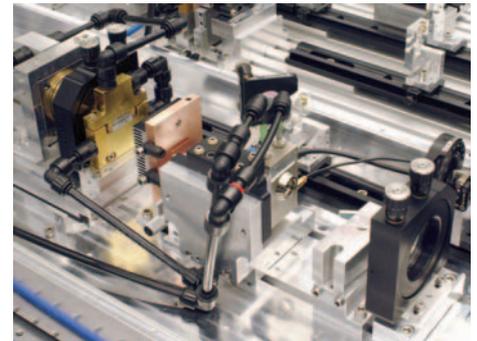
Nach der Frequenzverdopplung mittels eines LBO Kristalls steht eine Leistung von mehr als 65 W bei 532 nm mit einer Strahlqualität $M^2 \leq 1,3$ für die Frequenzvervielfachung zur Verfügung. Diese wird mit CLBO-Kristallen durchgeführt und liefert eine Leistung von mehr als 14 W bei 266 nm.

Bei ersten Untersuchungen zur Frequenzverdreifachung werden mittlere Ausgangsleistungen von 25 W bei 355 nm erreicht.

In weiteren Arbeiten werden Untersuchungen zur langzeitstabilen Bereitstellung von Laserstrahlung im UV-Bereich durchgeführt. Ziel ist die Optimierung der Betriebsbedingungen zur Erhöhung der Lebensdauer der UV-Kristalle.

Ansprechpartner

Dipl.-Phys. Marco Hoefler, Tel.: -128
marco.hoefler@ilt.fraunhofer.de
Dipl.-Ing. H.-D. Hoffmann, Tel.: -206
hansdieter.hoffmann@ilt.fraunhofer.de



Oben: Slab-MOPA-Anordnung: Vordergrund Slaboszillator, Hintergrund Slabverstärker
Unten: SHG-Einheit bei 65 W

Aufgabenstellung

Aufgrund der kleinen Quellgröße von wenigen μm und der kleinen Emissionsdauer von weniger als 1 ps sind laserinduzierte Röntgenquellen geeignet für die Strukturanalyse von Festkörpern mittels pump-and-probe Technik und zeitaufgelöster Röntgenbeugung. Für solche Untersuchungen ist eine Optimierung des Röntgenphotonenflusses nötig. Dafür ist eine gezielte Steigerung der Konversionseffizienz von Laserstrahlung in Ka-Strahlung erforderlich.

Vorgehensweise

Das am Fraunhofer ILT entwickelte Colquiriit basierte, direkt diodengepumpte Lasersystem stellt Laserstrahlung mit einer Pulsenergie von 100 μJ , einer Pulsdauer von 100 fs und einer Wiederholrate von 1 kHz zur Verfügung. Die Laserstrahlung wird mittels einer in einem Autofokussystem integrierten, chromatisch korrigierten Fokussieroptik bis auf einen Durchmesser von 2 μm auf dem Silizium Target fokussiert, wodurch Intensitäten von bis zu $3 \cdot 10^{16} \text{ W/cm}^2$ auf der Targetoberfläche erreicht werden.

Durch Doppelpulstechnik, Fokuslagen- und Pulsdauervariation der Laserstrahlung lassen sich relevante Plasmaparameter gezielt beeinflussen, so dass im Plasma befindliche Elektronen auf eine optimale Bewegungsenergie für die Si-Ka Generierung beschleunigt werden.

Ergebnisse und Anwendungen

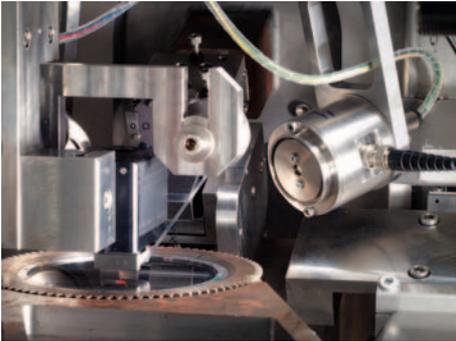
Durch Kombination aller zur Verfügung stehenden Optimierungsmöglichkeiten lässt sich eine Konversionseffizienz von 0,2 % Laserstrahlung in Si-Ka Strahlung bei einer Photonenenergie von 1,74 keV erzielen. Dies entspricht einer Steigerung der Konversionseffizienz um einen Faktor sechs gegenüber einfacher Bestrahlung des Siliziumtargets.

Neben der zeitaufgelösten Röntgenbeugung ist die zeitaufgelöste Photographie des Prozessfortschritts beim Bohren mit Laserstrahlung eine weitere mögliche Anwendung der vorgestellten ultrakurz gepulsten Röntgenquelle.

Laufende Untersuchungen beschäftigen sich mit der Verwendung von porösem Silizium als Target, wodurch die Konversionseffizienz weiter gesteigert werden kann. Durch Verwendung von Kupfer als Target kann Röntgenstrahlung mit einer größeren Photonenenergie von 8,05 keV zur Verfügung gestellt werden.

Ansprechpartner

Dipl.-Phys. R. Ritschel, Tel.: -303
robert.ritschel@ilt.fraunhofer.de
Dr. A. Horn, Tel.: -205
alexander.horn@ilt.rwth-aachen.de
Dr. P. Rußbüldt, Tel.: -303
peter.russbueldt@ilt.fraunhofer.de
Dipl.-Ing. H.- D. Hoffmann, Tel.: -206
hansdieter.hoffmann@ilt.fraunhofer.de



Innenansicht der Röntgenquelle mit Röntgenspektrograph und weiterer Analytik



Aufgabenstellung

Aufgrund der großen spektralen Bandbreite und der großen Verstärkung ist der Ti:Saphir-Laser das Arbeitspferd unter den abstimmbaren Festkörperlaser in Wissenschaft und Technik. Der fundamentale Abstimmbereich deckt prinzipiell Wellenlängen zwischen etwa 670 nm und 1100 nm ab. Durch die Erzeugung höherer Harmonischer der Grundfrequenz mittels nichtlinearer Optik kann das verfügbare Spektrum auf den Bereich zwischen etwa 190 nm und 550 nm erweitert werden. Um die verbleibende Lücke im sichtbaren Wellenlängenbereich zu schließen, wird die Erzeugung der Differenzfrequenz zwischen der zweiten Harmonischen des Ti:Saphir-Lasers und einem Nd:YAG-Laser untersucht.

Vorgehensweise

Der verwendete Ti:Saphir-Laser wird von einem frequenzverdoppelten Nd:YLF-Laser gepumpt, der auf dem INNOSLAB-Konzept basiert. Der Ti:Saphir-Laser ist zwischen 685 nm und 1015 nm abstimmbare und liefert bei einer Pulsrate von einem Kilohertz Pulsenergien bis zu 1,6 mJ und Pulsdauern um 15 ns. Zur Frequenzverdoppelung wird ein BBO Kristall mit Typ I Phasenanpassung verwendet. Damit stehen nach einer geeigneten Strahlformung bis zu 480 μ J Pulsenergie für die Differenzfrequenzerzeugung zur Verfügung.

Als zweiter Laser wird ein konventionell endgepumpter Nd:YAG-Laser verwendet. Dieser liefert bei einer Wiederholrate von einem Kilohertz 7 ns lange Pulse mit einer Energie von etwa 1,8 mJ.

Die beiden Laser werden zeitlich synchronisiert und ihre Strahlung in einem weiteren BBO Kristall räumlich überlagert. Für die Differenzfrequenzerzeugung wird eine Typ II Phasenanpassung gewählt.

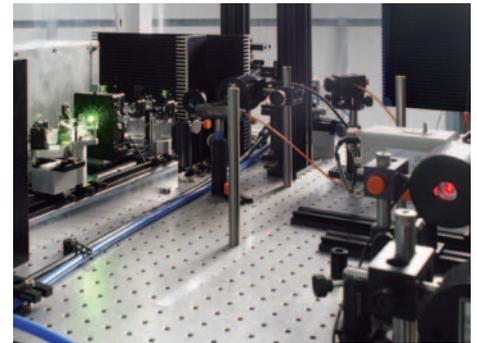
Ergebnisse und Anwendungen

Mit der vorgestellten Technik kann die Lücke im Wellenlängenbereich konventioneller Ti:Saphir-Laser geschlossen werden. Es wurden Pulsenergien bis zu 155 μ J und Konversionseffizienzen bis 32 % demonstriert. Dies entspricht einer Quantenkonversionseffizienz von mehr als 50 % und liegt damit deutlich über bisher veröffentlichten Ergebnissen. Die weitere Skalierung der Pulsenergie durch Verwendung besser angepasster Prozessparameter wie der Kristalllänge und der Strahlformung ist Gegenstand laufender Untersuchungen.

Solche Laserquellen finden Anwendung in unterschiedlichen Analysemethoden der Lasermesstechnik, insbesondere in der resonanten Laser SNMS für den hochempfindlichen Teilchennachweis. Sie bieten eine wartungsarme Alternative zu den weit verbreiteten Farbstofflasern.

Ansprechpartner

Dipl. Phys. B. Jungbluth, Tel.: -414
bernd.jungbluth@ilt.fraunhofer.de
Dipl.-Ing. H.- D. Hoffmann, Tel.: -206
hansdieter.hoffmann@ilt.fraunhofer.de



Experimenteller Aufbau zur Erprobung und Charakterisierung der Differenzfrequenz mit abstimmbarem Ti:Saphir-Laser (links) und nichtlinearer Optik zum Verdoppeln und Frequenzmischen (rechts)



Aufgabenstellung

Für innovative Anwendung in der Materialbearbeitung und der Messtechnik werden Lasersysteme mit angepassten Wellenlängen (maßgeschneiderten spektralen Eigenschaften) benötigt. Ein Weg neue Wellenlängen bereitzustellen ist die Frequenzkonversion mittels nichtlinearer optischer Prozesse. Um eine Optimierung der Prozessparameter zu ermöglichen, bedarf es einer umfassenden numerischen Modellierung, da analytische Abschätzungen und verfügbare numerische Verfahren bislang nur eine unzureichende Abbildung der Wirklichkeit ermöglichen.

Ziel der Untersuchungen ist es, eine Simulationsumgebung bereitzustellen, die einfach auf verschiedene Konversionsprozesse und beliebige Lasersysteme adaptierbar ist, um deren Wirkungsgrade optimieren zu können.

Vorgehensweise

Das am Fraunhofer ILT entwickelte Simulationspaket »OPT«, welches für die Simulation wellenoptischer Probleme in Laserresonatoren und Verstärkern verwendet wird, wird um ein flexibles Modul zur Simulation verschiedener nichtlinearer optischer Prozesse wie z. B. Summenfrequenzbildung, Differenzfrequenzbildung und Optisch-Parametrischer Verstärkung erweitert. Um eine möglichst flexible und einfach zu erweiternde Arbeitsumgebung zu gewährleisten, werden zeitkritische Algorithmen in C++ implementiert und die einfach zu erlernende Skriptsprache Python als Steuersprache verwendet. Dabei können die Eigenschaften der Laserstrahlquelle wie Leistungsdichteverteilung im Fokus oder die zeitliche

Pulsform als Eingabeparameter berücksichtigt und alle entscheidenden Parameter wie z. B. Strahlquerschnitte, Kristalldimensionen und -typen optimiert werden. Durch das flexible und leicht erweiterbare Grundkonzept können auch mehrstufige Konversionsprozesse wie die Erzeugung der 3. Harmonischen von gepulsten Festkörperlasern modelliert und optimiert werden.

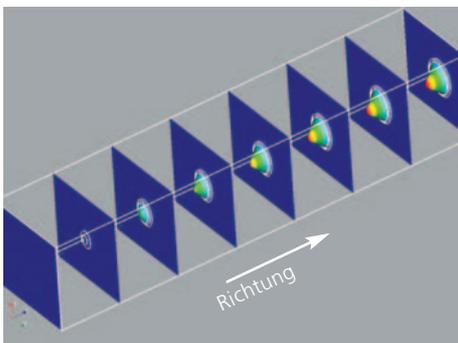
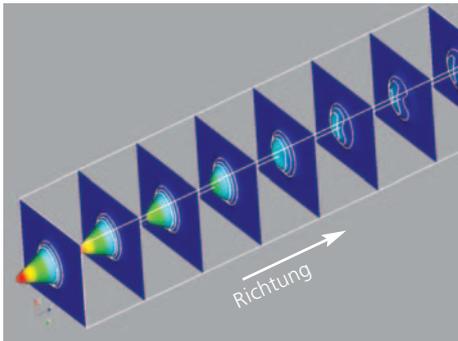
Insbesondere können auch erstmals die Auswirkungen thermischer Effekte, die durch Absorption der Strahlung in den nichtlinearen Kristallen hervorgerufen werden, durch die Integration eines FEM-Moduls berechnet und analysiert werden.

Ergebnisse und Anwendungen

Im Rahmen verschiedener Projekte am Fraunhofer ILT wurden Konversionsprozesse wie die Erzeugung der höheren Harmonischen von gepulsten Nd:YAG Lasersystemen und die Differenz- und Summenfrequenzbildung in durchstimmbaren TiSa-Systemen mit verschiedenen Kristallen simuliert und die Modellierungsparameter adaptiert. Basierend auf den numerischen Modellen konnte die Auslegung der Frequenzkonversionsparameter erfolgreich optimiert und experimentell bestätigt werden. Das verbesserte Verständnis der relevanten Prozesse konnte für eine Verbesserung der Frequenzkonverter eingesetzt werden.

Ansprechpartner

Dipl.-Phys. M. Hofer, Tel.: -128
marco.hofer@ilt.fraunhofer.de
Dr. R. Wester, Tel.: -401
rolf.wester@ilt.fraunhofer.de
Dipl.-Ing. H.-D. Hoffmann, Tel.: -206
hansdieter.hoffmann@ilt.fraunhofer.de



Oben: Entwicklung der zweiten Harmonischen bei der Frequenzverdopplung in einem LBO-Kristall
Unten: Entwicklung der Grundwelle bei der Frequenzverdopplung in einem LBO-Kristall



Aufgabenstellung

In vielen Bereichen des täglichen Lebens findet man Schadstoffe in der Luft, deren Konzentrationen strengen Grenzwerten unterliegen, so z. B. die Abgasemissionen aus Kraftfahrzeugen oder der Industrie, die häufig auch mit sogenannten VOCs (Volatile Organic Compounds) belastet sind. Bisherige Reinigungstechniken sind oftmals aufwändig in der Installation und der Wartung. Atmosphärendruckplasmen wie beispielsweise die Barrierenentladung können dazu eine wartungsarme, einfach zu installierende Alternative bieten.

Vorgehensweise

An einem Prüfstand werden die zu untersuchenden Gasgemische erstellt, wobei auch Flüssigkeiten verdampft und dem Gasstrom zugeführt werden können. Das Gasgemisch wird in Plasmareaktoren behandelt, die durch ihre unterschiedlichen Geometrien Einfluss auf das Behandlungsergebnis nehmen können. Das Nachschalten von Katalysatoren ist ebenfalls möglich.

Für die Gasanalyse stehen ein Massenspektrometer, ein FT-IR-Spektrometer mit einer variablen Weglänge von bis zu 10 m und ein Gaschromatograph zur Verfügung, so dass ein Nachweis von Substanzen bis in den ppb-Bereich hin möglich ist.

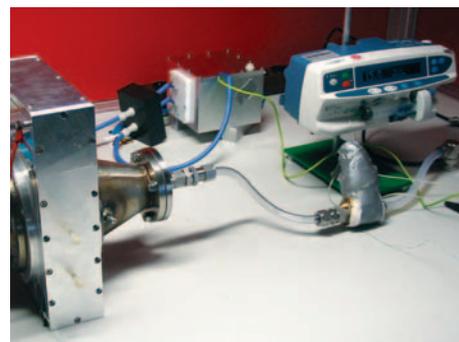
Ergebnisse und Anwendungen

Bei der Entfernung verschiedener VOCs aus trockener Luft wurden bereits hohe Reduktionsraten erzielt, so konnte z. B. Methanol vollständig zu CO_2 überführt werden. Es konnte festgestellt werden, dass Temperatur und Feuchtigkeit sowie die Sauerstoffkonzentration maßgeblich die Effizienz beeinflussen. Eine Kombination der Plasmabehandlung mit nachgeschaltetem Katalysator zeigt das Potential zu einer energieeffizienten Reinigung der Luft.

In motorischen Abgasen wird das Plasma derzeit zur Aufbereitung des Abgases für nachfolgende Prozesse genutzt. Zur Bewertung der Einsatzmöglichkeit des Plasmaverfahrens sind Machbarkeitsstudien im Hause möglich. Ein Teil der Arbeiten hierzu wurde im Rahmen eines EU-Projektes unter der Vertragsnummer G1ST-CT-2001-50138 gefördert.

Ansprechpartner

Dipl.-Ing. O. Franken, Tel.: -415
oliver.franken@ilt.fraunhofer.de
Dr. W. Neff, Tel.: -142
willi.neff@ilt.fraunhofer.de



Versuchsstand zur Behandlung von synthetischen Abgasen



Aufgabenstellung

Hohe Gastemperaturen und Volumenströme wie z. B. im Abgasstrang eines Kraftfahrzeugs stellen hohe Anforderungen an die Belastbarkeit einer Plasmabehandlungseinheit im Vergleich zu industriell gängigen Einsatzgebieten wie die Polymerbehandlung oder Ozonerzeugung, die nahe der Raumtemperatur stattfinden. Eine solche Behandlungseinheit (Reaktor) soll nicht nur bei hohen Temperaturen einen einwandfreien Betrieb gewährleisten, sondern gleichzeitig noch kompakt und kostengünstig sein.



Plattenstapel-Plasmareaktor auf Keramikbasis

Vorgehensweise

Neben der Wahl geeigneter Elektrodenmaterialien und der Elektrodengeometrie (Plattenstapel oder koaxiale Bauform) stellt die Art der elektrischen Kontaktierung der Hochspannung bei hohen Temperaturen einen wichtigen Aspekt dar. Dabei soll die Baugröße des Reaktors so klein wie möglich gehalten werden, um die Implementierung in einen bestehenden Abgasstrang zu ermöglichen.

Ergebnisse und Anwendungen

Plattenstapelreaktoren wurden am Fraunhofer ILT in der Vergangenheit aus Quarzglas aufgebaut. Es ist nun gelungen, diese Reaktoren auf Keramikbasis zu realisieren. Dies ist ein erster Schritt in Richtung kostengünstige Serienfertigung. Durch eine weitere Verringerung der Baugröße ist nun eine Implementierung beispielsweise in den Abgasstrang im Motorraum eines KFZ möglich. Im Abgasstrom konnte ein störungsfreier Betrieb bei Temperaturen von mehr als 300 °C erreicht werden. Die einkoppelbare Plasmaleistung beträgt dabei zur Zeit etwa 700 Watt. Eine weitere Steigerung der Effizienz kann durch den Einsatz von Additiven oder nachgeschalteten Katalysatoren erreicht werden. Ergänzt werden die Plasmareaktoren durch angepasste Hochspannungsgeneratoren, um maximale Leistungseinkopplung in das Plasma zu erreichen. Mit Hilfe einer externen, sekundärseitigen Leistungsmessung kann die eingekoppelte Plasmaleistung gemessen werden. Zur Bewertung der Einsatzmöglichkeit des Plasmaverfahrens sind Machbarkeitsstudien im Hause möglich. Auf Wunsch kann eine kundenspezifische Reaktorauslegung sowie eine verfahrenstechnische Begleitung der Versuche erfolgen. Darüber hinaus können eine elektrische Ansteuerung, elektrische Messtechnik sowie PC-Steuerung für das Gesamtsystem geliefert werden.

Ansprechpartner

Dipl.-Ing. O. Franken, Tel.: -415
oliver.franken@ilt.fraunhofer.de
Dr. W. Neff, Tel.: -142
willi.neff@ilt.fraunhofer.de



Aufgabenstellung

Ziel des Projekts ist die Entwicklung eines kontinuierlichen Plasmaprozesses bei Atmosphärendruck für die Behandlung von verschiedenen Materialien (Papier, Fasern, Plastik, Textilien) mit Geschwindigkeiten von 600 m/min und Bahnbreiten bis zu zwei Metern. Es soll damit möglich sein, verbesserte Produkte (in Bezug auf Adhäsion, Benetzbarkeit, Bedruckbarkeit) herzustellen. In den industriellen Prozessen wird ein geringerer Energieverbrauch sowie eine umweltfreundlichere Produktion angestrebt.

Vorgehensweise

Der Projektverbund ist aus elf Partnern aus sechs europäischen Nationen zusammengesetzt. Beteiligt sind sechs Forschungsinstitutionen (mit den Arbeitsgebieten Plasma, Papier, Komposit-Fasern) sowie fünf Industriepartner (Anlagenbau, Papierherstellung, Textilindustrie und Glasfasern). Die Abteilung Plasmatechnologie am Fraunhofer ILT konzentriert sich dabei auf die Entwicklung und Charakterisierung neuer Elektrodentypen.

Ergebnisse und Anwendungen

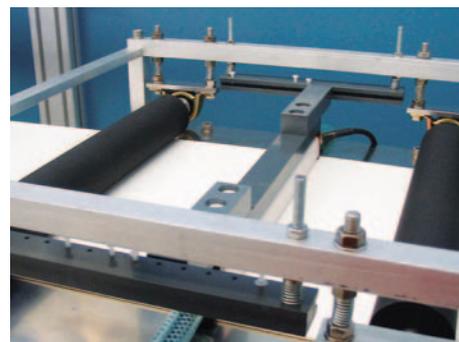
Nachdem zu Beginn des Projekts die Veränderung der Oberflächeneigenschaften durch die Plasmabehandlung im Labormaßstab untersucht wurde, findet nun schrittweise eine Umsetzung auf industrieller Ebene statt. Hohe Leistungsdichten im Plasma sind zum

Erreichen kurzer Behandlungszeiten erfolgreich getestet worden, wobei diverse Kühlungstechniken eingesetzt wurden. Kaskadierte Entladungen kombinieren die Emission von UV-Strahlung und die direkte Einwirkung von reaktiven (Luft-)Plasmen. Dies führt unter anderem zu einer homogeneren Plasmaausbildung und kann zu einer einheitlicheren Oberflächenbehandlung beitragen.

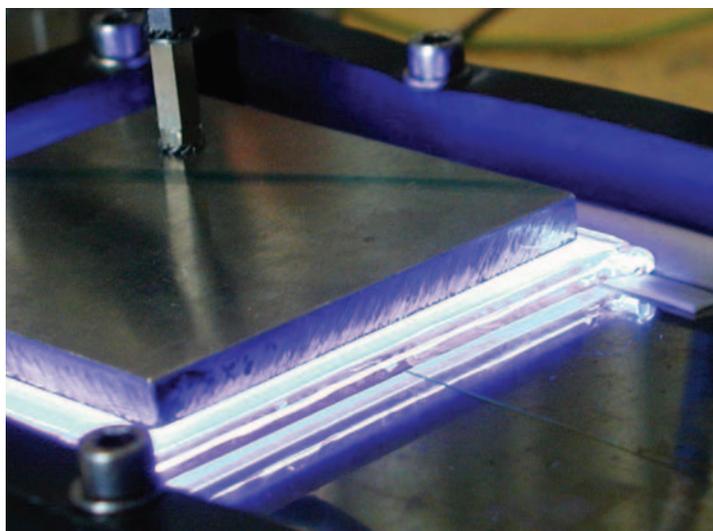
Das Projekt wird von der Europäischen Gemeinschaft gefördert (Förderkennzeichen G1RD-CT-2002-00747, Akronym COLAPE).

Ansprechpartner

Dipl.-Phys. M. Heise, Tel.: -137
michael.heise@ilt.fraunhofer.de
Dr. W. Neff, Tel.: -142
willi.neff@ilt.fraunhofer.



Oben: Bandanlage zur Plasmabehandlung von Proben
Unten: Kaskadierende Entladung mit UV-Flachstrahler





Aufgabenstellung

Bei der Verpackung von Lebensmitteln oder medizinischen Produkten werden höchste Ansprüche an die Keimfreiheit der verwendeten Packstoffe, meist Kunststofffolien z. B. aus PET, PE oder PP, gestellt. Plasmen bei Atmosphärendruck, wie sie in einer Barrierenentladung erzeugt werden, können zur Entkeimung von Packstoffen verwendet werden. Ausgenutzt wird dabei, dass in solchen Plasmen neben UV-Strahlung auch oxidierende Radikale auftreten, die beide eine entkeimende Wirkung entfalten können.

Vorgehensweise

In Zusammenarbeit mit dem Fraunhofer-Institut für Verfahrenstechnik und Verpackung IVV wurde im Rahmen eines vom BMBF geförderten Projekts gezeigt, dass Entladungsanordnungen nach dem Prinzip der Kaskadierten Entladung eine hohe Entkeimungseffizienz erreichen. Durch die Kombination von UV-Strahlung und direkter Plasmaeinwirkung kann beispielsweise

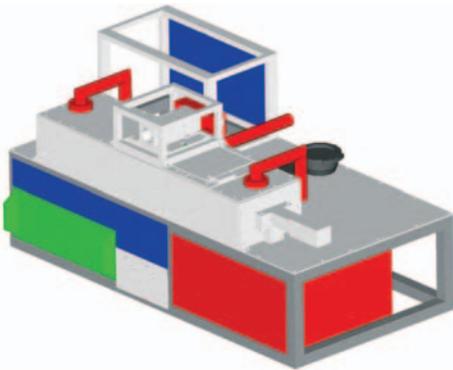
die Anzahl von Sporen von *Bacillus subtilis* um bis zu fünf Größenordnungen innerhalb von zwei Sekunden Behandlungsdauer reduziert werden. Die verwendete Count-Reduction-Methodik ist aber nicht geeignet, die Sterilität von Proben nachzuweisen. Dies ist nur mit End-Point-Tests möglich, wofür speziell ausgelegte Plasmareaktoren erforderlich sind.

Ergebnisse und Anwendungen

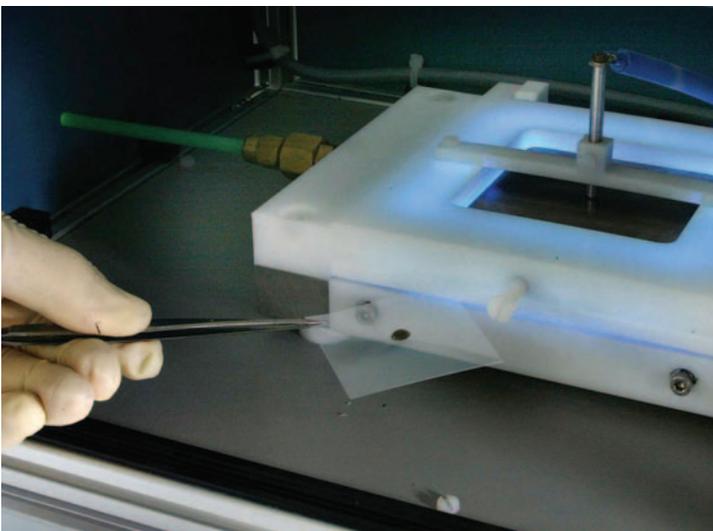
Es wurde ein geeigneter Reaktor entwickelt, der in einem Mikrobiologielabor zum Einsatz kommt. Die kompakten Abmessungen erlauben die Integration in eine Laminar-Flow-Bench. Erste End-Point-Tests wurden erfolgreich absolviert. Eine Weiterentwicklung des Geräts mit leistungsgeregelter Plasmaquelle ermöglicht die Behandlung von flachen Proben in einem Durchlaufverfahren, wodurch sehr kurze Behandlungszeiten (einige Millisekunden) realisiert werden können.

Ansprechpartner

Dipl.-Phys. M. Heise, Tel.: -137
michael.heise@ilt.fraunhofer.de
Dr. W. Neff, Tel.: -142
willi.neff@ilt.fraunhofer.de



Oben: Konstruktionsstudie eines neuen End-Point-Reaktors mit automatischer Prozess-Steuerung
Unten: Plasmaquelleneinheit des End-Point-Reaktors





Aufgabenstellung

Der technologische Fortschritt, der bei der Herstellung von leistungsfähigen Gasentladungsquellen und Röntgenoptiken in den letzten Jahren erreicht wurde, beruht hauptsächlich auf der Entwicklung der EUV-Lithographie. Angesichts der fortschreitenden Miniaturisierung und Spezialisierung der herzustellenden Strukturen sind nanotechnologische Analysemethoden wie die EUV-Mikroskopie erforderlich, die hohe Elementselektivitäten und Ortsauflösungen im untersuchten Größenordnungsbereich liefern.

Von den hochspezialisierten EUV-Quellen und Optiken in photolithografischen Systemen abgesehen, profitieren auch andere Wissenschaftsbereiche von der Entwicklung abbildender EUV-Mikroskope, da sich mit ihnen physikalische Strukturen von einigen 10 nm Größe auflösen lassen.

Zur Demonstration des Anwendungspotentials labortauglicher Geräte wurde am Fraunhofer ILT im Rahmen des strategischen Fraunhofer Verbundprojekts KOSAR ein erstes Synchrotronunabhängiges EUV Transmissionsmikroskop aufgebaut, an dem auch die Institute IWS und IOF beteiligt sind. Das Konzept beruht auf der Kombination einer stand-alone Gasentladungsquelle mit einem spiegeloptischen System und einem digitalen Detektor.

Vorgehensweise

Das EUV-Mikroskop ist für eine Zentralwellenlänge von 13,5 nm spezifiziert und arbeitet im Durchlichtverfahren. Als Lichtquelle dient eine Xenon Gasentladungsquelle der AIXUV GmbH.

Die im Pulsbetrieb erzeugte EUV-Strahlung wird im Vakuum durch ein optisch-mechanisches Interface zu den nachgeschalteten Optiken geführt. Die Objektbeleuchtung erfolgt durch eine im Fraunhofer Verbund realisierte polychromatische Kondensoroptik. Zur Monochromatisierung und Abbildung dienen Schwarzschildobjektive mit aufwändigen Multilagenschichtungen, die am Fraunhofer IWS und IOF entwickelt und hergestellt werden. Die laufenden Anwendungsrecherchen werden von der RWTH Aachen sowie von der Universität Heidelberg und der EPFL in Lausanne unterstützt. Mit der Kombination aus Spiegelobjektiv und kommerziellem CCD Detektor wurde zum Stand eine pixelbegrenzte laterale Auflösung von ca. 600 nm erreicht. Die Verschiebung in den sub-100 nm Bereich mit verbesserten Objektiven und Detektoren sowie die Evaluation potentieller Anwendungen bilden Schwerpunkte künftiger Arbeiten.

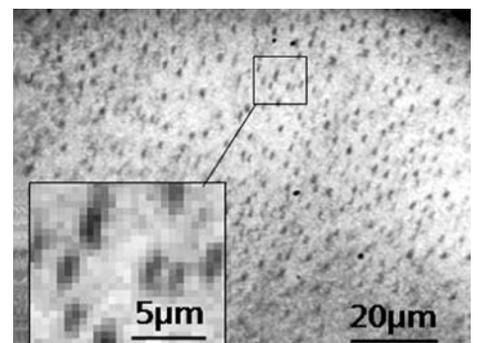
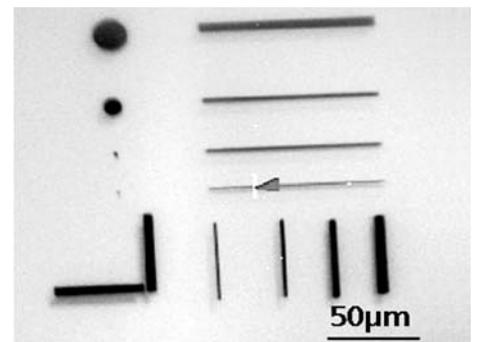
Ergebnisse und Anwendungen

Zu den Vorteilen der EUV-Mikroskopie zählen die hohen erreichbaren räumlichen und zeitlichen Auflösungen und die Empfindlichkeit hinsichtlich der Zusammensetzung und Dicke der Probe. Diese Eigenschaften sind vor allem für die Lebens- und Materialwissenschaften bei der Untersuchung von dünnen Filmen, Masken und Nanokompositen sowie biologischer Zellstrukturen oder Ablagerungen in Gewebe interessant.

Ansprechpartner

Dipl.-Ing. K. Walter, Tel.: -313
konstantin.walter@ilt.fraunhofer.de
Dr. W. Neff, Tel.: -142
willi.neff@ilt.fraunhofer.de

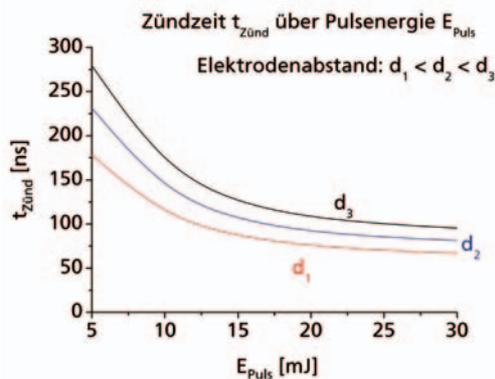
Oben: EUV-Transmissionsmikroskop
Mitte: Goldbedampfte Siliziumnitrid Transmissionsmaske
Unten: Topographie einer Zirkoniumfolie





Aufgabenstellung

Extrem-ultraviolette Strahlung mit Wellenlängen zwischen 13 und 14 nm wird durch eine elektrische Entladung erzeugt. Diese wird durch laserinduziertes Verdampfen der Kathodenoberfläche gezündet. Zündzeit und EUV-Strahlungsleistung werden in Abhängigkeit der Elektrodengeometrie und der Laserparameter untersucht.



Vorgehensweise

Zunächst wurde ein Modell erstellt, welches die laserinduzierte Verdampfung, die Plasmadynamik und die elektrischen sowie magnetischen Felder beschreibt. Die Plasmadynamik wird durch die Erhaltungsgleichungen von Masse, Impuls und Energie sowie den Raten-gleichungen der Ionisation beschrieben. Das elektrische und magnetische Feld wird mit dem Amperschen bzw. dem Faradayschen Gesetz berechnet. Der Kathodenfall wird mit der Poisson-Gleichung und den Erhaltungsgleichungen für Energie und Stromdichte beschrieben. Die Gleichungen des Modells werden numerisch gelöst.

Die Zündzeit ist die Zeitdifferenz zwischen Beginn des Laserpulses und dem Zeitpunkt an dem das Plasma die Anode erreicht hat und der Strom auf ein Ampere angestiegen ist.

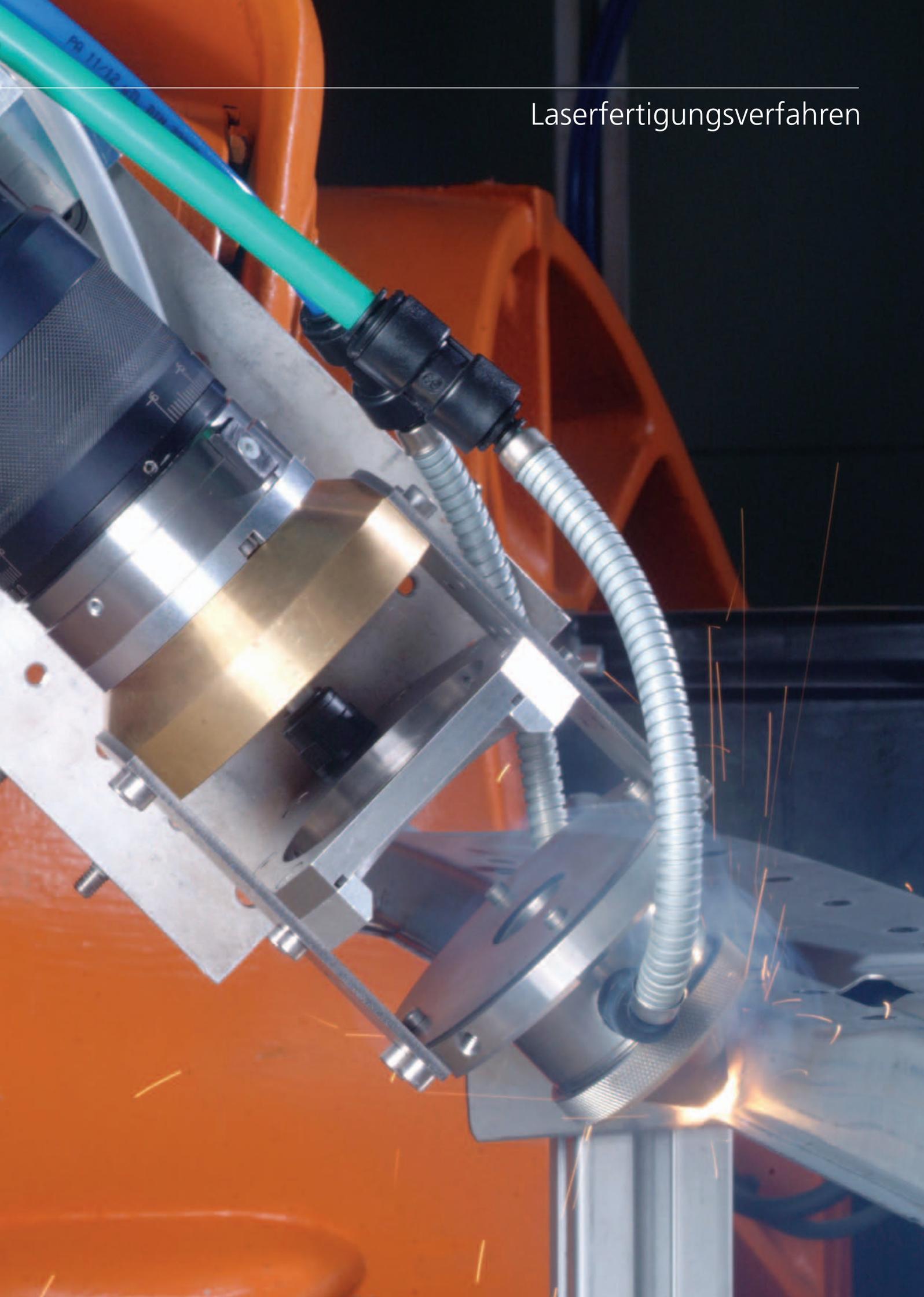
Ergebnisse und Anwendungen

Die Zündzeit $t_{\text{Zünd}}$ wird als Funktion der Pulsenergie E_{Puls} der Laserstrahlung für verschiedene Elektrodenabstände berechnet. Mit kleinerem Abstand nimmt die Zündzeit ab. Darüber hinaus hängt die Zündzeit auch von der Pulsenergie ab. Bei grösseren Pulsenergien wird ein größerer Teil der Laserstrahlung im Plasma absorbiert. Dies erhöht die innere Energie des Plasmas und führt somit zu größeren Strömungsgeschwindigkeiten. Daher werden die Elektroden früher kurzgeschlossen, d. h. die Zündzeit nimmt ab.

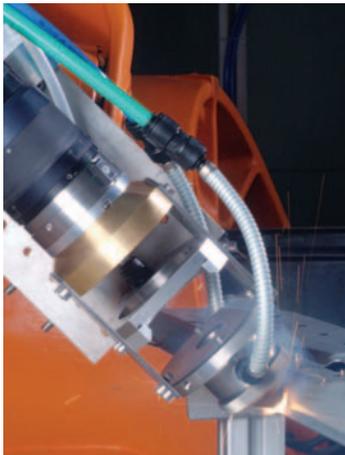
Ansprechpartner

Dr. M. Aden, Tel.: -463
mirko.aden@ilt.fraunhofer.de
Prof. Dr. W. Schulz, Tel.: -204
wolfgang.schulz@ilt.fraunhofer.de

Laserfertigungsverfahren



Zu den Fertigungsverfahren, mit denen sich das Geschäftsfeld befasst, zählen die Trenn- und Fügeverfahren in Mikro- und Makrotechnik sowie die Oberflächenverfahren. Die angebotenen Dienstleistungen reichen von der Verfahrensentwicklung für die Herstellung branchenspezifischer Produkte und die Integration dieser Verfahren in Produktionslinien über Simulationsdienstleistungen für Laserapplikationen bis zur Musterfertigung zur Unterstützung des Serienanlaufes. Die Stärke des Geschäftsfeldes beruht auf dem umfangreichen Prozess-Know-how, das auf die Kundenanforderungen jeweils zugeschnitten wird. Neben den Prozessentwicklungen bietet das Geschäftsfeld durch Nutzung ausgewählter Technologienetzwerke komplette Systemlösungen an. Dem Kunden werden laserspezifische Problemlösungen angeboten, die Konstruktion, Werkstoff, Produktdesign, Produktionsmittel und Qualitätssicherung mit einbeziehen. Neben dem Zielmarkt Materialbearbeitung spricht das Geschäftsfeld ebenfalls Kunden aus den Bereichen Medizintechnik, Biotechnologie und Chemie an.



Schneiden und Schweißen
mit einem Kombikopf ohne
Werkzeugwechsel



Selektives Laserstrahlbenden von Silizium und Glas	54	Schmelzschnitten von Nickelbasislegierungen	63	Verfahrens- und Pulverdüsenentwicklung für das Laserstrahl-Auftragschweißen von Triebwerkkomponenten	75
Neue Anwendungen für SHADOW® - Laserstrahlschweißen von gepresstem Kupfermaterial	55	Schneiden und Schweißen mit einem Kombikopf ohne Werkzeugwechsel	64	Laserstrahlauftragschweißen einer einkristallin erstarrten Nickelbasislegierung für Gasturbinenkomponenten	76
Schnelle Werkzeugherstellung für den Spritzguss von kleinen Kunststoffbauteilen	56	Laserstrahlschweißen von Aluminium-Dünnscheiben	65	Laserstrahlreinigen von Form-einsätzen für die Mikrotechnik	77
Strukturieren von PMMA-Oberflächen zur Erzeugung erhöhter Lichtstreuung	57	Laserstrahlschweißen von FeCrAl-Folien für Abgas-Katalysatoren	66	Laserstrahlpolieren von Gusswerkstoffen	78
Präzise Strukturierung von Medikalprodukten aus Polymerwerkstoffen	58	Neues Fügeverfahren kombiniert Nieten und Laserschweißen	67	Ausbesserung von Pulverlack-schäden an Stahlbauteilen mittels Lasertechnologie	79
Mikrostrukturierung von polykristallinem Diamant mit Nd:YAG-Laserstrahlung	59	Laser-Lichtbogen-Hybrid-schweißen von Dickblech	68	Erhöhung der Lebensdauer von Motorkomponenten für Diesellokomotiven durch Oberflächenbehandlung mit Laserstrahlung	80
Laserkristallisation von keramischen Schichten auf Polymeren	60	Prozessüberwachung beim Laserstrahlschneiden mit PRE	69		
Studie zur Situation der Medizintechnik in Deutschland im internationalen Vergleich	61	Simulation Schneiden: Einfluss der Fokuslage auf die Bartbildung	70		
Übergang vom Wärmeleitungsschweißen zum Tiefschweißen mit Hochleistungs-Diodenlasern (HDL)	62	Simulation und Prozessdiagnose mit koaxialer Fremdbeleuchtung	71		
		Herstellung von Knochen-implantaten aus Titanwerkstoffen mittels Laserformen	72		
		Multifunktionale Gradientenschichten für den Werkzeugbau	73		
		Laserstrahl-Auftragschweißen von GGG 70 für Tiefziehwerkzeuganwendungen	74		

Anmerkung der Institutsleitung

Wir weisen explizit darauf hin, dass die Offenlegung der nachfolgenden Industrieprojekte mit unseren Auftraggebern abgestimmt ist. Grundsätzlich unterliegen unsere Industrieprojekte der strengsten Geheimhaltungspflicht. Für die Bereitschaft unserer Industriepartner, die aufgeführten Berichte zu veröffentlichen, möchten wir an dieser Stelle herzlich danken.

Aufgabenstellung

In hybriden Mikrosystemen werden Einzelkomponenten aus unterschiedlichen Materialien in ein Gesamtsystem integriert. Häufig bestehen diese Mikrosysteme aus einem Silizium-Grundkörper, der meist auch elektronische Schaltungskomponenten enthält. Die Verbindung erfolgt in der Regel über flächige Fügeverfahren wie das »Silizium Direkt Bonden« und das »Anodische Bonden«. Diese Verfahren weisen eine hohe thermische Belastung und eine geringe Flexibilität hinsichtlich der Fügegeometrie auf. Als Alternative zu den konventionell eingesetzten flächigen Verfahren bietet der Laser durch die exakte Kontrolle der Energiedeposition eine Minimierung der Wärmeeinflusszone und des damit verbundenen Verzugs.

Vorgehensweise

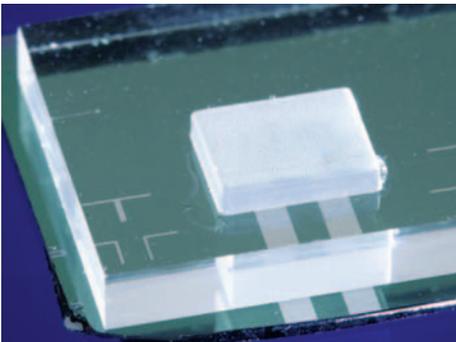
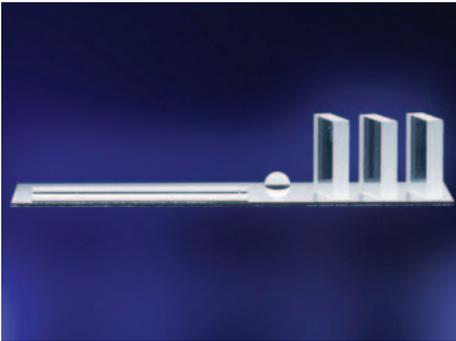
Das allgemeine Prinzip des Laserstrahlbondverfahrens beruht auf dem sogenannten Durchstrahl- oder Transmissionsfügen, wobei eines der Füge-teile für die eingesetzte Laserstrahlung transparent und das andere absorbierend ist. Der Hauptteil der Energie des Laserstrahls wird in der Kontaktebene der Füge-teile in Wärme umgesetzt und die Kontaktstelle gezielt erwärmt.

Ergebnisse und Anwendungen

Das Laserstrahlbondverfahren verspricht ein hohes Potential hinsichtlich der Einsatzmöglichkeiten im Packaging mikrosystemtechnischer Baugruppen. Durch die Übertragung des Verfahrens auf Waferlevel für das Bonden von Silizium/Silizium z. B. in mechanisch-elektrischen Mikrosystemen (MEMS) oder von Silizium/Glas als Bestandteil einer Bondstation kann es zum Fixieren und zum selektiven Fügen eingesetzt werden. In der Mikrooptik lassen sich mit dem Laserstrahlbenden dreidimensionale Baugruppen aus Glas auf einem Siliziumträger realisieren. Das Versiegeln von Mikrokavitäten, z. B. in der Bioanalytik und Medizin, oder das Versiegeln von empfindlichen Sensoren auf Siliziumleiterbahnen sind andere Beispiele zum Einsatz des Verfahrens. Darüber hinaus besteht die Möglichkeit, das Verfahren auf andere Materialsysteme zu übertragen und komplexere hybride Mikrosysteme zu fügen. So erlaubt die richtige Wahl der Laserwellenlänge bzw. der Bestrahlungsparameter gepaart mit einer prozessangepassten Materialwahl das Fügen von z. B. Glas/Metall, Glas/Keramik oder Saphir/Keramik.

Ansprechpartner

Dipl.-Ing. F. Sari, Tel.: -145
fahri.sari@ilt.fraunhofer.de
Dr. A. Olowinsky, Tel.: -491
alexander.olowinsky@ilt.fraunhofer.de
Dr. A. Gillner, Tel.: -148
arnold.gillner@ilt.fraunhofer.de



Oben: Wellenlängendemultiplexer
Unten: Silizium-Sensor
in Glaskavität



Aufgabenstellung

Seit einigen Jahren wird am Fraunhofer ILT das neuartige Laserstrahl-Mikroschweißverfahren SHADOW® untersucht. Eine aktuelle Anwendung ist in diesem Zusammenhang das Verschweißen von 0,2 mm dicken Kupferblattfedern mit gepresstem Kupfermaterial im Überlapstoß. Die Schweißnaht wird als Kreis mit einem Durchmesser von maximal 3 mm ausgeführt. Dazu wird ein Galvanometer-Scanner genutzt, welcher den Laserstrahl über die Oberfläche des feststehenden Werkstücks bewegt. Neben ausreichender Einschweißtiefe ist eine gleichmäßig strukturierte sowie spritzer- und schmauchfreie Nahtoberfläche gefordert. Die maximale Zykluszeit beträgt 0,5 sec pro Bauteil.

Vorgehensweise

Aus der Schweißaufgabe resultieren hohe Anforderungen an die Prozessführung, insbesondere bei der Realisierung unter industriellen Bedingungen. Die guten Wärmeleitungseigenschaften und die starke Reflexion des Kupfers erfordern für einen optimalen Startprozess eine hohe Intensität. Zum anderen ist das gepresste Material porös, was die Gefahr von Ausgasungen während des Schweißprozesses mit sich bringt. Gute Schweißergebnisse werden durch eine möglichst große Vorschubgeschwindigkeit bei einem Fokussdurchmesser $< 200 \mu\text{m}$ erzielt. Des Weiteren ist die Wahl der richtigen Pulsform für das Schweißergebnis entscheidend. Eine kurze Leistungsüberhöhung am Pulsanfang stellt dabei eine sichere Einkopplung der Laserstrahlung ins Werkstück und damit eine ausreichende Einschweißtiefe sicher.

Ergebnisse und Anwendungen

Neue Anwendungsfelder für die SHADOW®-Schweißtechnik bieten die Automobil- sowie die Elektroindustrie. Anhand der beschriebenen Untersuchungen konnte gezeigt werden, dass SHADOW® grundsätzlich für industrielle Fügeaufgaben in diesen Bereichen geeignet ist. Für die Umsetzung ist im vorgestellten Fall die Verwendung einer fasergeführten Laserstrahlquelle geplant. Dabei ist die Wahl des richtigen Systems entscheidend, da zum einen eine hohe Spitzenleistung übertragen werden muss, zum anderen jedoch ein kleiner Fokussdurchmesser erreicht werden soll.



Oben: Oberfläche der Schweißnaht
Unten: Mit Kohlebürste verschweißte Kupferblattfeder

Ansprechpartner

Dipl.-Ing. J. Gedicke, Tel.: -145
jens.gedicke@ilt.fraunhofer.de
Dr.-Ing. A. Olowinsky, Tel.: -491
alexander.olowinsky@ilt.fraunhofer.de
Dr.-Ing. A. Gillner, Tel.: -148
arnold.gillner@ilt.fraunhofer.de



Aufgabenstellung

Der Werkzeug- und Formenbau für mikrotechnische Kunststoffbauteile stößt mit den klassischen Herstellungsverfahren immer häufiger an Grenzen. Teilweise ist die geforderte Genauigkeit und Detailtreue nur noch im aufwändigen Elektro-Erodiervorgang mit vielen Elektroden zu erreichen. Die bereits eingeführte Technik des Laserstrahlabtrags sollte verbessert werden, um die klassische Bearbeitung zu ergänzen und zu beschleunigen.

Vorgehensweise

Da der bisher eingesetzte Laserstrahlabtrag bei der Konturgenauigkeit und der Detailauflösung Defizite aufwies, die deutlich über der Fokusgröße des eingesetzten Lasers lagen, wurde das Hauptaugenmerk auf die Spezifikation einer geeigneten Laserquelle gelegt. Dazu wurden einige kommerziell erhältliche Quellen, aber auch Prototypen auf ihre Eignung bezüglich Stabilität, Strahlqualität und Pulslänge untersucht.

Ergebnisse und Anwendungen

Im Zusammenspiel mit verbesserten Abtragstrategien zeigte sich, dass für einen präzisen Abtrag eine Langzeit- und Puls-zu-Puls Stabilität unabdingbar ist, die im Bereich $< 3\%$ liegt. Diese Stabilität erreichen nur diodengepumpte Festkörperlaser. Eine weitere Bedingung für das Erreichen der geforderten Konturtreue ist das Vermeiden von Schmelzablagerungen auf der Werkstückoberfläche. Durch eine Erhöhung des Verdampfungsanteils beim Abtrag durch kürzere Laserpulse wird dies erreicht. Da kürzere Laserpulse gleichzeitig eine geringere Abtragseffizienz bedeuten, gilt es hier, einen Kompromiss zu finden. Gute Ergebnisse ließen sich mit Pulslängen von ca. 100 ns erreichen.

Die verbesserte Konturtreue bei Oberflächenrauigkeiten $R_a < 0,8\ \mu\text{m}$ lässt den Laserstrahlabtrag auch für den anspruchsvollen Formenbau immer mehr zur sinnvollen Alternative werden.

Ansprechpartner

Dipl.-Ing. A. Dohrn, Tel.: -220
andreas.dohrn@ilt.fraunhofer.de
Dr.-Ing. A. Gillner, Tel.: -148
arnold.gillner@ilt.fraunhofer.de



Prägewerkzeug



Aufgabenstellung

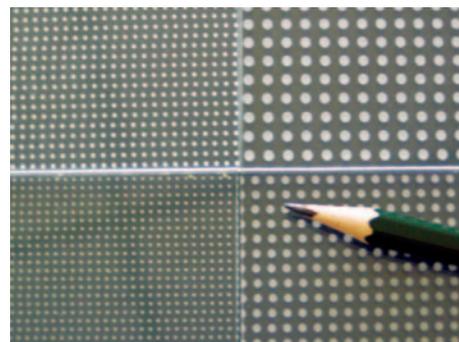
Aufgrund seiner hohen Transparenz sowie des hohen Oberflächenglanzes wird PMMA (Handelsname z. B. »Plexiglas«) vielfach in der Beleuchtungstechnik eingesetzt, u. a. auch als Lichtleiter. Für Beleuchtungszwecke soll im vorliegenden Fall Licht, welches ins Innere einer PMMA-Form eingekoppelt wurde, an oberflächennahen Zentren gestreut werden und auf diese Weise den Lichtleiter verlassen.

Vorgehensweise

PMMA zeigt bei Bestrahlung mit infraroter CO₂-Laserstrahlung einen weißlichen, feinkörnigen Kontrast, sofern die Energiedichte nicht zu hoch und die Wirkung der Laserstrahlung damit auf die Oberfläche beschränkt bleibt. Als Strukturmuster bietet sich eine Punktmatrix an, da die Grundmode-Laserquellen mit gaußförmiger Leistungsdichte-Verteilung emittieren. Im ersten Schritt wird die zur Erzielung eines gewissen Durchmessers erforderliche Energie eines Laserpulses bestimmt. Sie ergibt sich als der Wert, ab dem der Punktdurchmesser nicht mehr zunimmt und die Tiefenwirkung einsetzt. Für verschiedene Punktedurchmesser ergab sich übereinstimmend ein Wert von ca. 20 J/cm².

Ergebnisse und Anwendungen

Für vier verschiedene Kombinationen von Punktdurchmesser und -abstand wurden jeweils 400 x 300 mm große PMMA-Platten einseitig strukturiert. Die Punktdurchmesser betragen zwischen 0,6 und 2 mm bei Bedeckungsgraden von 10, 15 und 20 % (siehe Foto). Derzeit finden Beleuchtungsmessungen statt, um die für die Lichtausbeute sowie die Bestrahlungshomogenität optimale Kombination zu finden. Anschließend soll ein Anlagenkonzept zur Strukturierung einer vorgegebenen Fläche erstellt und dessen Investitions- und Betriebskosten abgeschätzt werden.



Punktmuster auf PMMA-Oberfläche mit verschiedenen Bedeckungsgraden

Ansprechpartner

Dipl.-Phys. G. Otto, Tel.: -165
gerhard.otto@ilt.fraunhofer.de
Dr.-Ing. A. Gillner, Tel.: -148
arnold.gillner@ilt.fraunhofer.de

Aufgabenstellung

In Medizintechnik, Analytik und Chemie werden Kunststoffe insbesondere bei Einwegprodukten zur Herstellung von flüssigkeitsführenden Produkten verwendet. In der Regel werden hierfür Standardpolymere wie PA, PVC, PE, PP und PS eingesetzt. Wenn die Produkte aber bestimmten Randbedingungen hinsichtlich Biokompatibilität und Lösungsmitteln genügen müssen, werden sog. Spezialpolymere wie z. B. PTFE, Silikone und thermoplastische Elastomere (TPUs, TPEs) benötigt. Diese Materialien lassen sich jedoch nach der Herstellung der Halbzeuge nur noch schwer strukturieren.

Vorgehensweise

Zur Fertigung mikrotechnischer Produkte durch Präzisionsabtrag wurde eine Laseranlage (Fluorlaser) mit VUV-Laserstrahlung bei einer Wellenlänge von $\lambda = 157$ nm entwickelt und erprobt. Mit dieser Wellenlänge ist ein kontrollierter Tiefenabtrag im Bereich von 100 nm Auflösung und eine Bearbeitung von Werkstoffen möglich, die sich mit konventionellen Methoden nur schwer strukturieren lassen. Vorteil der VUV-Bearbeitung ist eine kontaminationsarme Bearbeitung, die den Aufwand für die Reinigung minimiert und eine hohe Produktqualität sichert.

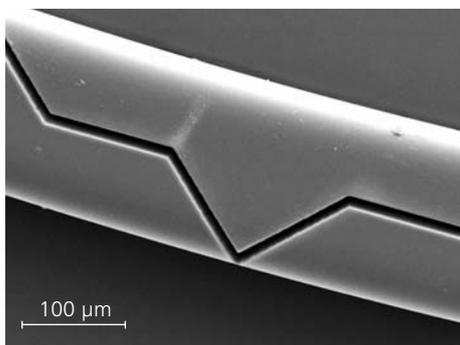
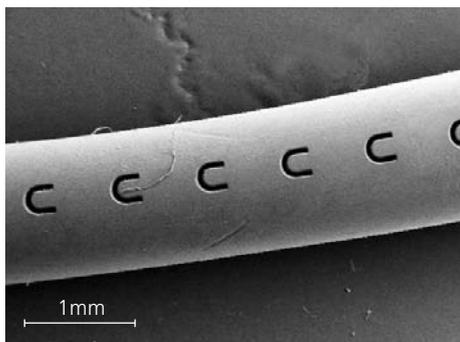
Ergebnisse und Anwendungen

Das Abtragen mit VUV-Strahlung ist eine hochpräzise Technik, mit der bevorzugt kleine Volumina abgetragen werden. So können z. B. in Katheterschläuche aus PTFE hufeisenförmige Klappen (s. Bild 1) eingebracht werden, die als Spülöffnungen wirken. In einem anderen Beispiel wird die präzise Strukturierung von Kapselspannringen (s. Bild 2) für Intraokularlinsen demonstriert. Untersuchungen der Biokompatibilität der laserbearbeiteten Muster zeigen, dass die Zellverträglichkeit stark von den Verfahrensparametern abhängt.

Zytokompatibilitätstests mit der permanenten Zelllinie L929 (Mausfibroblasten) ergeben, dass sowohl die Esteraseaktivität als auch das Spreading und die Zellverteilung bei geeigneten Parametern unbeeinflusst bleiben. Die Biokompatibilität der laserbearbeiteten Polymere hängt dabei stark von der Materialzusammensetzung und den Verfahrensparametern ab, die für jeden Anwendungsfall angepasst werden müssen.

Ansprechpartner

Dipl.-Chem. P. Jacobs, Tel.: -135
philipp.jacobs@ilt.fraunhofer.de
Dr.-Ing. M. Wehner, Tel.: -202
martin.wehner@ilt.fraunhofer.de



Oben: Klappenöffnungen in einem Katheterschlauch aus PTFE
Unten: Strukturierung eines Kapselspannrings aus PMMA

Aufgabenstellung

Mikrostrukturteile aus polykristallinem Diamant (PKD) werden hauptsächlich im Bereich der Werkzeug- und Prägetechnik eingesetzt. Die Formgebung dieses Materials stellt jedoch durch die hohe Härte extreme Anforderungen an die Werkzeuge und Maschinenteknik. Durch die hohen erzielbaren Intensitäten können sowohl Natur- als auch Kunstdiamant mit Nd:YAG-Laserstrahlung bearbeitet und komplizierte Formen und Strukturen (z. B. tropfenförmige Freiformflächen) mit einer großen Genauigkeit in nur sehr schwer bearbeitbare Materialien eingebracht werden.

Vorgehensweise

Zur Bearbeitung der PKD-Bauteile wird eine spezielle Mikro-Bearbeitungsanlage eingesetzt, die an die Anforderungen von Prozess und eingesetzter Laserstrahlquelle angepasst ist.

Als Laserquelle dient ein frequenzverdrehfacher Nd:YAG-Laser mit einer hohen Repetitionsrate bis zu 100 kHz. Der Roh-Laserstrahl des 3w-Nd:YAG-Lasers wird mittels Spiegel umgelenkt und durch ein Scanner-System auf der Probe positioniert. Die Strukturdaten werden per 3D-CAD erstellt und über entsprechende Software an den Scanner übergeben.

Nach Art der Anforderung können die Scangeschwindigkeit, die Repetitionsrate und der Überlapp variabel eingestellt werden. Somit wird ein optimales Verhältnis für hochgenaue Strukturabträge in kürzester Zeit erzielt.

Die Vorpositionierung des Werkstücks erfolgt mit Hilfe von Mikro-Positionachsen. So können 5 Freiheitsgrade (3 Linearachsen, 2 Rotationsachsen) mit einer Positioniergenauigkeit im μm -Bereich realisiert werden.

Ergebnisse und Anwendungen

Die 3D-Strukturen können in polykristallinem Diamant mit einer Genauigkeit von einigen μm gefertigt werden. Die Oberflächenqualität liegt dabei im Sub- μm -Bereich ($R_a < 0,5 \mu\text{m}$). Die Scangeschwindigkeit beträgt dabei um 100 mm/s.

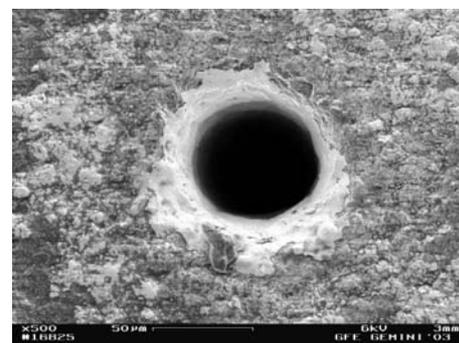
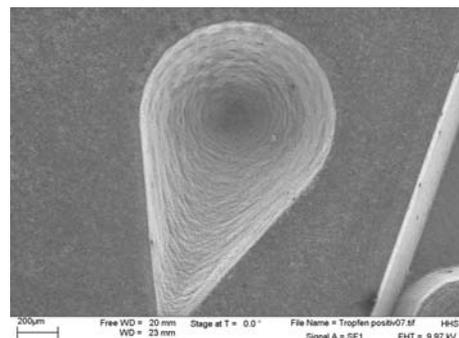
Die Abtragsraten variieren bei verschiedenen Parametern zwischen 1 μm bis einige μm pro Schicht, je nach Anforderungen der Kunden an Bearbeitungszeit und Oberflächengenauigkeit.

Ansprechpartner

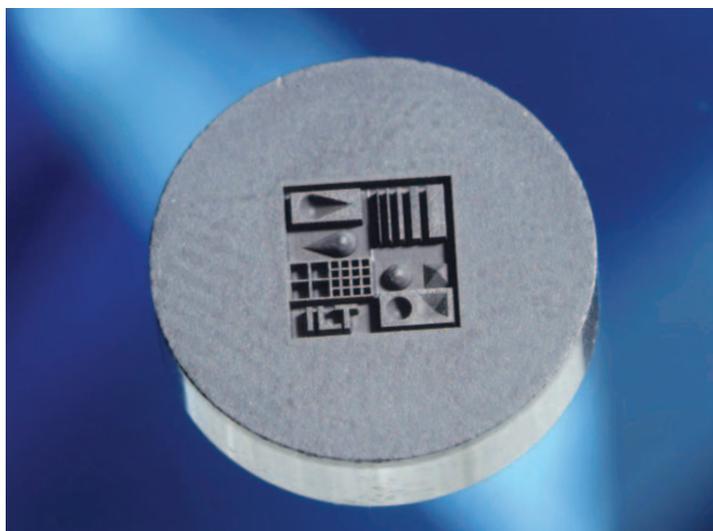
Dipl.-Ing. (FH) C. Hartmann, Tel.: -207 claudia.hartmann@ilt.fraunhofer.de
Dr.-Ing. A. Gillner, Tel.: -148 arnold.gillner@ilt.fraunhofer.de

Oben: REM Aufnahme einer tropfenförmigen Freiformfläche in PKD

Mitte: REM Aufnahme eines Loches durch das PKD auf WC, Durchmesser: 100 μm



Unten: Struktur in PKD: 5 mm x 5 mm x 0,4 mm, Bearbeitungszeit: 2 Stunden



Aufgabenstellung

Calciumphosphate (CaP) bilden die mineralische Substanz der Knochen und werden daher vorteilhaft zu einer bio-kompatiblen Beschichtung von Implantaten eingesetzt. Für metallische Implantate kann die Beschichtung mit CaP z. B. durch Plasmaspritzen eingebracht werden, was aufgrund der hohen Temperaturen zu einer kristallinen Schicht mit einer guten Haftung auf dem Grundwerkstoff führt. Polymere stellen für viele Anwendungen eine interessante Alternative zu metallischen Implantaten dar. Für die Ausbildung der geeigneten Kristallstruktur der CaP-Keramik sind aber Temperaturen von 400 - 600 °C notwendig, die für Polymersubstrate nicht akzeptabel sind. Niedertemperatur-Beschichtungsverfahren wie Ionenstrahl- oder Plasmaspritzbeschichtung dagegen führen aber zur Ausbildung amorpher Schichten, die im Körper zu schnell abgebaut werden.

Vorgehensweise

In Kooperation mit Arbeitsgruppen der Universität Nijmegen (Department of Biomaterials) und der Universität Utrecht (Section Interface Physics) wird versucht, amorphe RF-Sputter-Schichten in einer Dicke von typisch 250 nm durch Laser-Rekristallisierung in eine feinkristalline Schicht zu überführen. Vorversuche zum Rekristallisieren der Sputterschichten auf Polyethylen-(PE)-Substraten mit ArF-Laserstrahlung der Wellenlänge 193 nm waren nicht erfolgreich, da die Temperatur am Interface zwischen Schicht und Substrat so hoch

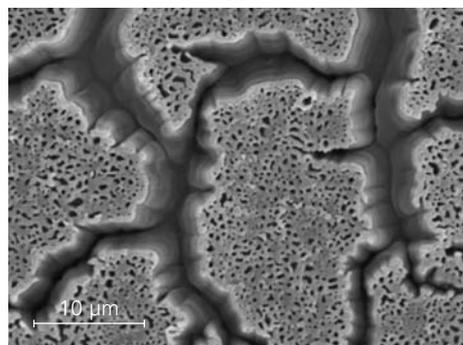
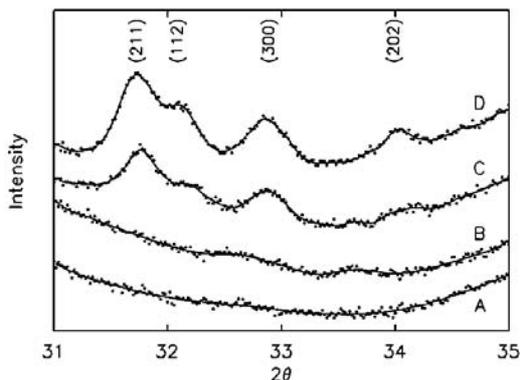
wird, dass PE degradiert und die Schicht abplatzt. Bei Einsatz von VUV-Strahlung der Wellenlänge 157 nm wird die Strahlung in der Sputterschicht aber wesentlich stärker absorbiert, so dass keine Schädigung des Substrats auftritt und die Schicht haften bleibt.

Ergebnisse und Anwendungen

Im Röntgenbeugungsspektrum (XRD s. Bild oben) werden mit zunehmender Energiedichte die für Hydroxylapatit typischen Beugungsmaxima beobachtet. Ausgeprägtere Maxima und damit höhere Kristallinitätsgrade werden bei Energiedichten von 200 mJ/cm² erhalten, höhere Energiedichten führen zum Ablösen der Sputterschicht. Untersuchungen mit dem Rasterelektronenmikroskop zeigen mit zunehmender Energiedichte die Bildung von Rissen, die Oberfläche entwickelt eine zunehmend poröse Struktur (s. Bild unten). Diese Experimente belegen die Tauglichkeit des VUV-Laserprozesses zum Rekristallisieren dünner, amorpher Keramiksichten auf Polymer substraten. Damit werden neue Produktentwicklungen im Bereich der Medizintechnik und Elektronik möglich.

Ansprechpartner

Dipl.-Chem. P. Jacobs, Tel.: -135
philipp.jacobs@ilt.fraunhofer.de
Dr.-Ing. M. Wehner, Tel.: -202
martin.wehner@ilt.fraunhofer.de



Oben: Röntgendiffraktogramm (XRD) einer CaP-Schicht auf PE: (A) amorphe Sputterschicht (B,C,D) nach der Laserbestrahlung mit steigender Energiedichte
Unten: Morphologie einer laserbestrahlten CaP-Schicht bei einer Energiedichte von 69 mJ/cm²



Aufgabenstellung

Deutschland nimmt auf dem Weltmarkt der Medizintechnik mit den USA und Japan einen herausragenden Platz ein. Beim Ausbau und der Sicherung dieser Position für die Zukunft kommt der wissenschaftlichen Forschung als Grundlage für die erfolgreiche Marktpresenz dieser hochinnovativen Branche eine besonders wichtige Rolle zu. Vor diesem Hintergrund hat das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) einen Studienauftrag an ein interdisziplinäres Konsortium unter Beteiligung des Fraunhofer ILT (s. Tabelle) vergeben.

Vorgehensweise

Grundlage der Arbeit stellt eine datenbasierte Analyse des Themenfeldes entlang der Wertschöpfungskette dar. Dabei werden insbesondere die Bereiche Medizintechnikmarkt und Existenzgründung, medizintechnische Wissenslandschaft, innovative Technologien und Rahmenbedingungen des Gesundheitswesens untersucht. Die Lage in Deutschland wird dabei immer im Vergleich zu wichtigen Mitbewerberländern auf dem Weltmarkt betrachtet. Die Einbeziehung fachlicher Experten (in Workshops und Befragungen) ebenso wie die Vernetzung der einzelnen Analysen und Recherchen in allen Phasen der Bearbeitung ist dabei ein wichtiger Bestandteil des Ansatzes.

Am Fraunhofer ILT wurde gemeinsam mit dem Fraunhofer IPT eine umfangreiche Patentrecherche mit Hilfe der Datenbanken Aureka Micropatent und Delphion durchgeführt.

Ergebnisse und Anwendungen

Die Patentierungsaktivität einer Industriebranche ist stets ein Maß für deren Innovationsfähigkeit sowie für Wachstum. Untersucht wurden deshalb Patentanmeldungen in Deutschland, beim Europäischen Patentamt, beim US-Patentamt sowie internationale Patentanmeldungen, die nach dem PCT (Patent Cooperation Treaty)-Verfahren durchgeführt worden sind. Es wurden mehr als 400 000 Patente und Patentanmeldungen zum Thema Medizintechnik erfasst und kategorisiert. In weiteren Analyseschritten wurden zeitliche Verläufe der Patentierungsaktivität und Themencluster ermittelt.

Desweiteren wurde für ausgewählte Themen eine nähere Betrachtung der Herkunftsländer von anmeldenden Firmen und Erfindern durchgeführt. Die Medizintechnik als Branche und Wissenschaftsdisziplin wird in besonderer Weise von Interdisziplinarität und Vielschichtigkeit geprägt.

Das Zahlenmaterial und die Argumente, die im Rahmen dieser Studie zusammengestellt wurden, sollen das BMBF bei der Bewertung der weiteren Entwicklung der Medizintechnik im Allgemeinen und insbesondere der deutschen Situation in diesem Feld unterstützen.

Ansprechpartner

Dr. E. Bremus-Köbberling, Tel.: -202
elke.bremus@ilt.fraunhofer.de
Dr.-Ing. A. Gillner, Tel.: -148
arnold.gillner@ilt.fraunhofer.de

Ausführendes Konsortium (alphabetisch)

AGIT	Aachener Gesellschaft für Innovation und Technologietransfer
AKM	Aachener Kompetenzzentrum Medizintechnik (Projektleitung)
BASYS	Beratungsgesellschaft für angewandte Systemforschung
DGBMT	Deutsche Gesellschaft für Biomedizinische Technik im VDE (Projektleitung)
FhG	Fraunhofer-Gesellschaft e.V. mit den Instituten für Lasertechnik (ILT) und für Produktionstechnologie (IPT)
IBT	Institut für Biomedizinische Technik der TH Karlsruhe
IGES	Institut für Gesundheits- und Sozialforschung
UK-Rad	Klinik für Radiologische Diagnostik, Universitätsklinikum Aachen
NIW	Niedersächsisches Institut für Wirtschaftsforschung
ZEW	Zentrum für Europäische Wirtschaftsforschung

Aufgabenstellung

Im Rahmen des BMBF-Leitprojektes »MDS« wurden 1999 erstmals Tiefschweißungen mit HDL vom Fraunhofer ILT veröffentlicht. Seitdem ist der Übergangsbereich vom Wärmeleitungs- zum Tiefschweißprozess von besonderem Interesse. Mit Hilfe von HDL mit verbesserter Strahlqualität wurden das Übergangsverhalten des Prozesses und der Einfluss der Laserleistung bzw. der Leistungsdichte sowie der Schweißgeschwindigkeit untersucht.

Vorgehensweise

Blindschweißversuche an 4 mm dicken CrNi-Stahlblechen sind mit einem direkt strahlenden HDL mit kompaktem Strahlfleck und einer maximalen Leistungsdichte von $1,6 \times 10^5 \text{ W/cm}^2$ erzeugt worden. Bei konstant gehaltenen Schweißgeschwindigkeiten von 1 m/min und 2 m/min wurde die Laserleistung und somit die Leistungsdichte schrittweise erhöht, wobei die Leuchterscheinung des Prozesses fotografisch dokumentiert wurde. Die Schweißergebnisse wurden metallografisch ausgewertet und begleitende theoretische Wärmeleitungsrechnungen durchgeführt.

Der Tiefschweißprozess wurde videot technisch bei einer langsamen Schweißgeschwindigkeit von 0,3 m/min aufgezeichnet, um die Abläufe deutlich zu visualisieren.

Ergebnisse und Anwendungen

Verschiedene fließend ineinander übergehende Prozessbereiche (I-IV) sind erkennbar. Bis zu einer Leistungsdichte von etwa 10^5 W/cm^2 stimmen die experimentellen Schweißergebnisse mit den theoretischen Werten überein (I und II). Darüber hinaus steigen die Nahttiefen gegenüber den errechneten Werten deutlich an und die Dampfackel wird deutlich höher und intensiver (III und IV), wodurch das Einsetzen des Tiefschweißprozesses gekennzeichnet ist.

Die Hochgeschwindigkeits-Videoaufnahme des Tiefschweißprozesses zeigt an der Blechoberseite eine stark fluktuierende, große Dampfackel mit einem etwa 15 mm hohen Kernbereich, die unmittelbar an der Blechoberfläche durch die Schutzgasströmung beeinflusst, jedoch nicht verdrängt wird. Die konstant vorhandene, etwa 5 mm messende Dampfackel an der Blechunterseite belegt die kontinuierliche untere Öffnung der Kapillare.

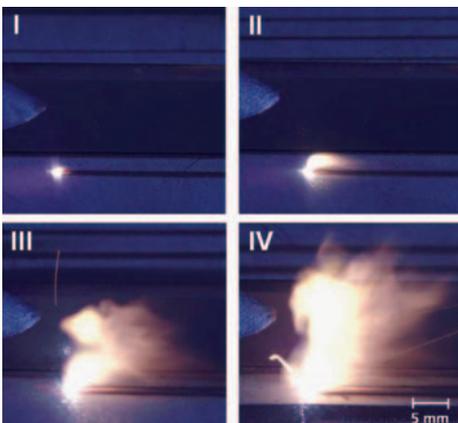
Insbesondere im Feiblechbereich wie z. B. im Karosseriebau sind HDL eine vorteilhafte Alternative zu konventionellen Schweißwerkzeugen. Durch wachsende Tiefschweißneigung erweitert sich die Anwendbarkeit nun auch auf den Grobblechbereich.

Ansprechpartner

Dipl.-Ing. C. Benter, Tel.: -219
christian.benter@ilt.fraunhofer.de
Dr. rer. nat. D. Petring, Tel.: -210
dirk.petring@ilt.fraunhofer.de



Oben: Nahtquerschnitt:
CrNi-Stahl 4 mm, $1,6 \times 10^5 \text{ W/cm}^2$
Unten: Leuchterscheinungen
bzw. Dampfackeln der ver-
schiedenen Prozessbereiche
I bis IV





Aufgabenstellung

Nickelbasislegierungen, die u. a. für Hochtemperaturanwendungen im Motoren-, Turbinen- und Triebwerksbau eingesetzt werden, sind mechanisch schwer zu bearbeiten. Für eine 3D-Anwendung war Inconel in der Blechdicke 12 mm mit rechtwinkliger Schnittkante sowie mit Fase zu schneiden. Die Zuschnitte sollen als Kantenvorbereitung für das Schweißen (konventionell oder Laserstrahlschweißen) der Teile geeignet sein.

Vorgehensweise

Für die Verfahrensdemonstration an 2D-Musterteilen wurde ein 12 kW CO₂-Laser eingesetzt, der auch für das Laserstrahlschweißen derartiger Blechdicken geeignet ist.

Die Bearbeitung erfolgte mit einer Spiegeloptik und Autonomer Düse. Die Autonome Düse baut den Schneidgasdruck ohne ein transmissives, druckfestes Abschlussfenster auf, das bei konventionellen Schneidköpfen durch die Fokussierlinse gebildet wird. Daher lassen sich robuste Spiegel zur Fokussierung einsetzen. Mit Spiegeln wird ein zuverlässiger Betrieb mit hinreichenden Standzeiten erreicht auch bei höchsten Laserstrahlleistungen, mit denen die zulässigen Intensitäten für Linsen überschritten werden. Zudem tritt mit Spiegeloptiken die bei hoch belasteten Linsen unvermeidbare thermische Drift der Fokusslage nicht auf.

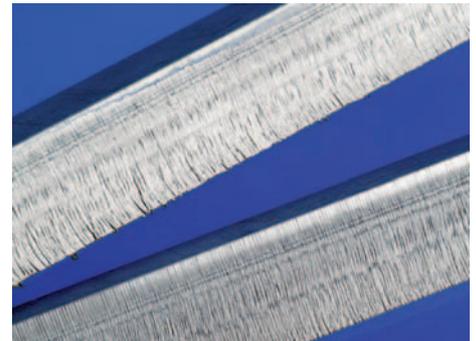
Ergebnisse und Anwendungen

Das Material konnte in guter, nachbearbeitungsfrei zum Laserschweißen geeigneter Qualität nahezu gratfrei und mit guter Rechtwinkligkeit der Flanken geschnitten werden. Die Schneidgeschwindigkeit betrug dabei 0,8 m/min bei 5,6 kW Laserleistung. Auf der Gutseite gratfreie Fasenschnitte wurden bei Fasen von 30° mit Geschwindigkeiten von 0,5 m/min erreicht.

Für Vergleichsschnitte wurde auch ein CO₂-Laser mit sehr guter Strahlqualität eingesetzt. Bei einer Laserstrahlleistung von 4 kW wurde damit die Schneidgeschwindigkeit für gratfreie Schnitte gegenüber dem 12 kW Laser bei gleicher Leistung um ca. 50 % auf 1,0 m/min gesteigert und die Rauheit der Schnittflächen um den Faktor 2-3 reduziert.

Ansprechpartner

Dipl.-Ing. F. Schneider, Tel.: -426
frank.schneider@ilt.fraunhofer.de
Dr. D. Petring, Tel.: -210
dirk.petring@ilt.fraunhofer.de



Oben: Schnittflächen von Inconel, 12 mm Blechdicke, Senkrechtschnitte
Unten: Schnittflächen von Inconel, 12 mm Blechdicke, mit einer Fase von 30°

Aufgabenstellung

Laserfertigungsanlagen sind in der Regel auf ein Bearbeitungsverfahren (z. B. Schneiden) festgelegt oder es sind zeitaufwendige Rüstarbeiten z. B. zwischen Schneid- und Schweißanwendungen erforderlich. Durch die lasertechnische Fertigung mit Kombibearbeitungsköpfen, die für mehrere Verfahren in einer multifunktionalen Laserfertigungszelle geeignet sind, werden kürzere Prozessketten, geringere Produktionskosten und verbesserte Fertigungsgenauigkeiten durch weniger Umspannschritte und einen prozessübergreifenden, unveränderlichen TCP erreicht. Die effiziente Realisierung einer hohen Variantenvielfalt wird ermöglicht. Als Schlüsselkomponenten sind erste Prototypen eines Kombibearbeitungskopfs zum Schneiden und Schweißen zu entwickeln und erproben.

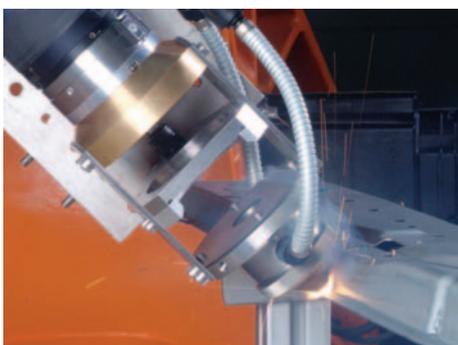


Vorgehensweise

Zwei Bearbeitungsköpfe, für CO₂- und Nd:YAG-Laser, auf Basis der am Fraunhofer ILT entwickelten Autonomen Düse erlauben den wahlweisen Einsatz von Linsen- oder Spiegeloptiken und Crossjets beim Schneiden und Schweißen. Sie sind auch für höchste Laserleistungen geeignet.

Die Bearbeitungsköpfe wurden mit einem 12 kW CO₂-Laser und einem diodengepumpten 4,4 kW Nd:YAG-Laser eingesetzt.

Oben: Kombikopf mit Autonomer Düse und Fokussieroptik für Nd:YAG-Laser
Mitte und unten: Kombikopf im Schneid- und Schweißensatz



Ergebnisse und Anwendungen

Besonders gut genutzt werden kann die aufgrund der Verfahrenskombination gesteigerte Flexibilität im Einsatz mit fasergeführten Nd:YAG Lasern und Robotersystemen.

In einer 3D-Applikation wurden an einem PKW-Dachrahmen in einer Aufspannung in schnell wechselnder Folge Ober- und Unterschalen verschweißt, Ausbrüche geschnitten und Laschen eingeschweißt. Auch größere Blechdicken können ohne Eingriff am Werkzeug in wechselnder Folge geschnitten und geschweißt werden, wie es bis 10 mm Dicke mit einem CO₂-Laser demonstriert wurde.

Zur Ausschöpfung der Vorteile des Kombikopfes muss in einem nächsten Schritt das Anlagen- und Produktkonzept an dessen Flexibilität angepasst werden. Je nach Komplexität der Baugruppe werden beispielsweise ein automatisches schweißgerechtes Spannen zuvor geschnittener Bauteile sowie eine Spanntechnik, die ausreichende Zugänglichkeit für die Schneidaufgaben gestattet, erforderlich sein. Bei Bedarf kann ein roboterunterstütztes Zuführen, Positionieren und Halten von Teilen erfolgen.

Ansprechpartner

Dipl.-Ing. F. Schneider, Tel.: -426
frank.schneider@ilt.fraunhofer.de
Dr. D. Petring, Tel.: -210
dirk.petring@ilt.fraunhofer.de



Aufgabenstellung

Bei der Herstellung von Aluminium-Kunststoff-Verbundrohren sind die Aluminiumrohre mittels Laserstrahlung zu schweißen. Im Rahmen der Entwicklung einer Prozesskette, die vom Aufbau eines speziellen Diodenlasers bis hin zur Integration des Verfahrens in die Durchlauf Fertigung reicht, ist auch das Schweißverfahren zu erproben. Das für das Fügen vorgesehene Wärmeleitungsschweißen wurde durch Simulation und Versuche auf seine Tauglichkeit für die Anwendung geprüft.

Vorgehensweise

Das Simulationsprogramm Laserweld-3D wurde zur Vorausberechnung der erforderlichen Fokussierbedingungen und der erreichbaren Schweißgeschwindigkeiten eingesetzt. Dabei wurde im Zusammenspiel mit Schweißversuchen die Genauigkeit der Simulation und damit die Vorhersagegenauigkeit erhöht.

Im Rahmen von Schweißversuchen wurde einerseits das Modell überprüft, andererseits die Prozessfähigkeit des Verfahrens für die Anwendung in der Fertigung ermittelt.

Ergebnisse und Anwendungen

Die Übereinstimmung von Experiment und Simulation ist gut, so dass die Anforderungen an eine Strahlquelle für die Wärmeleitungsschweißung hinsichtlich Leistungsbedarf und Fokusgeometrie sicher ermittelt werden können. Hier ergeben sich für Blechstärken erforderliche Strahlleistungen von über 2 kW. Schweißgeschwindigkeiten von über 30 m/min werden bei Blechstärken von unter 0,3 mm erreicht.

Da jedoch die einzusetzende Strahlleistung auf 1 kW begrenzt werden soll, muss die Entwicklung der Strahlquelle auf eine gute Fokussierbarkeit abzielen.

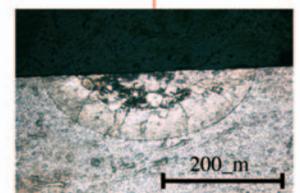
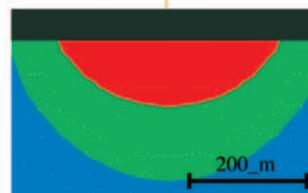
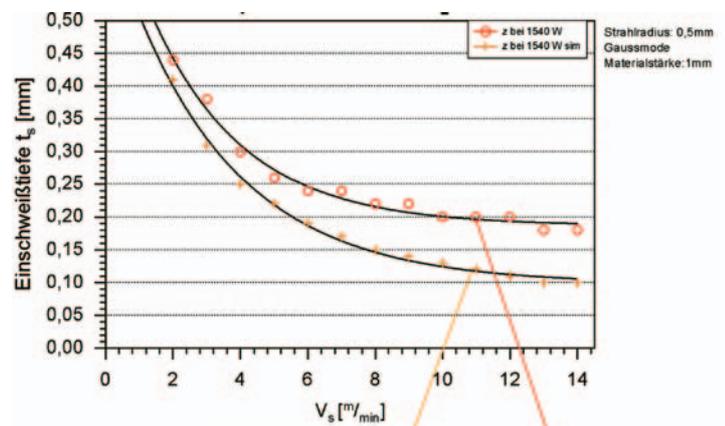
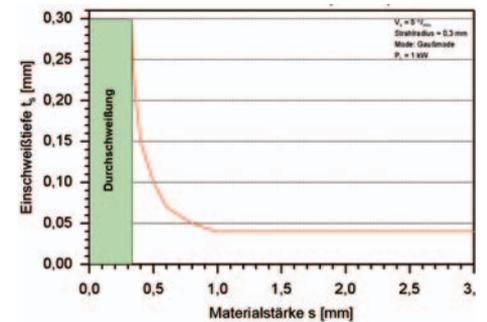
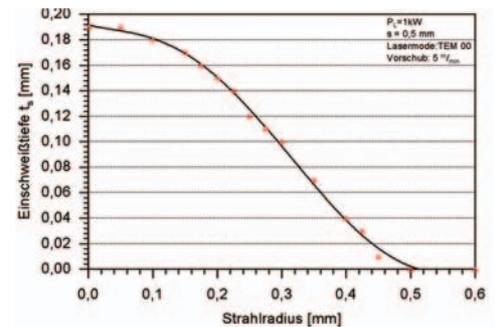
Bei Blechstärken von über 0,5 mm ist das Wärmeleitungsschweißen unter Maßgabe hoher Schweißgeschwindigkeiten nicht wirtschaftlich einsetzbar. Hier ist eine Modifikation des Verfahrens erforderlich.

Wird statt des Wärmeleitungsschweißens ein Schweißverfahren eingesetzt, das partielle Verdampfung und Kapillarbildung zur Folge hat, verringert sich infolge der verbesserten Energieeinkopplung die Fehleranfälligkeit der Fertigung.

Ansprechpartner

Dipl.-Ing. M. Dahmen, Tel.: 307 martin.dahmen@ilt.fraunhofer.de
 Dr. S. Kaielerle, Tel.: -212 stefan.kaielerle@ilt.fraunhofer.de

Oben: Abschätzung der erforderlichen Fokusgeometrie
Mitte: Einfluss der Blechstärke auf die Einschweißtiefe
Unten: Vergleich Simulation/ Versuch: gute qualitative Übereinstimmung



Aufgabenstellung

Die Produktivität der Fertigung gerollter, metallischer Abgaskatalysatoren kann durch das Schweißen mit Laserstrahlung erhöht werden. Hierzu sind die Einsatzgrenzen des Laserstrahlschweißens zu ermitteln. Die generelle Einsatzfähigkeit des Verfahrens wurde anhand von Korrosionsuntersuchungen und Tests im Abgasprüfstand geprüft.

Vorgehensweise

Nach Prüfung unterschiedlicher Strahlquellen (Nd:YAG- und CO₂-Laser) bzw. verschiedener Modulationsformen (Dauerstrich, Puls) wurde als Fügeverfahren das Bahnschweißen mit einem CO₂-Laser im Dauerstrichbetrieb gewählt. Im Rahmen von Schweißversuchen wurde die Leistungsfähigkeit des Verfahrens ermittelt. Muster für die Untersuchungen von Warmfestigkeit und Korrosionsbeständigkeit gegen heiße Gase wurden hergestellt und untersucht. Für Betriebsversuche wurden quaderförmige Monolithen hergestellt.

Ergebnisse und Anwendungen

Bei Strahlleistungen von bis zu 400 W wurden Schweißgeschwindigkeiten von 40 m/min und 32 m/min für zwei- bzw. dreilagiges Schweißen von 45 µm dicken Folien erreicht. Dies ist schneller, als derzeit in Rollmaschinen gefahren wird. Die Schmelzzone besitzt gleiche oder bessere Eigenschaften im Zugversuch als das Grundmaterial. Lediglich die Kriecheigenschaften bei 900° parallel zur Nahtachse sind verschlechtert. Der Aufbau der Aluminaschicht auf der Schweißnaht unterscheidet sich von derjenigen auf dem Grundmaterial.

Durch hohe Anteile freien Kohlenstoffs erfolgt eine starke Bildung von Cr₂₃C₆ an der freien Oberfläche, die zu einer Verzögerung der Oxidationskinetik führt. Versuche im Motorenprüfstand ergaben, dass die geschweißten Monolithe den mechanischen und thermischen Beanspruchungen standhalten. Jedoch kann an Ein- und Austrittsseite über die Schweißnaht überstehendes Material flattern und durch Umschlagen den Strömungskanal teilweise verschließen.

Ansprechpartner

Dipl.-Ing. M. Dahmen, Tel.: -307
martin.dahmen@ilt.fraunhofer.de
Dr. S. Kaierle, Tel.: -212
stefan.kaierle@ilt.fraunhofer.de



Aufgabenstellung

Zur Verbesserung der statischen und insbesondere der dynamischen Festigkeitswerte reiner Nietverbindungen im Schienenfahrzeugbau wurde ein kombiniertes Verfahren von Nieten und Laserstrahlschweißen untersucht, das eine verzugsarme und flexible Fertigung ohne aufwendige Spanntechnik erlaubt. Die Schweißung wird um die Fixierugsstelle (Niet, Schraube, etc.) ausgeführt und ist als skalierbares »lokales« Schweißmuster an die jeweiligen Anforderungen anpassbar.

Vorgehensweise

Zur Ermittlung der optimalen Schweißnahtgeometrie, mit der die höchste Festigkeit bei minimalem Verzug der Bauteile erzielt wird, wurden unterschiedliche Schweißnahtmuster (z. B. Kreise, parallele Linien, radiale Linienanordnungen) mit unterschiedlichen Anbindungsweiten und -tiefen im Überlapstoß erstellt. Zur Ermittlung der Belastungsgrenzen wurden Scherzugversuche und Dauerschwingtests durchgeführt.

Entsprechende Untersuchungen wurden ebenfalls bei der Kombination Nieten und Laserstrahlschweißen durchgeführt.

Ergebnisse und Anwendungen

Die Schweißverbindungen weisen vergleichbare Festigkeitswerte wie der Grundwerkstoff auf und liegen somit höher im Vergleich zu einer reinen Nietverbindung. Untersuchungen an kombinierten Niet- / Schweißverbindungen zeigen, dass die Nietverbindung im

Vergleich zu einer reinen Schweißverbindung keinen wesentlichen zusätzlichen Beitrag zur Verbesserung der Festigkeitswerte leistet.

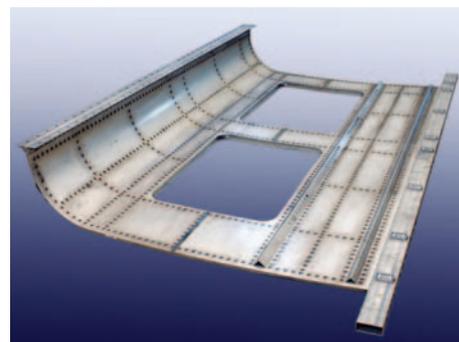
Durch das Laserstrahlschweißen kann die Nietverbindung ersetzt bzw. die Anzahl der Nietverbindungen deutlich reduziert werden. Aber insbesondere für eine genaue, schnelle Fixierung und Montage großflächiger Bauteile ohne Benutzung zusätzlicher Spannmittel ist der Einsatz der Niettechnik weiterhin sinnvoll und notwendig. Spalte zwischen den Fügepartnern bis 0,3 mm werden durch das Laserstrahlschweißen überbrückt, ohne dass ein negativer Einfluss auf die Festigkeitswerte erkennbar ist.

Das Verfahren wurde patentiert und unter dem Namen eSIE.CONNECT urheberrechtlich geschützt. Die Zulassung für dieses Verfahren wurde beim Eisenbahn-Bundesamt eingereicht.

Diese Arbeiten wurden im Rahmen des vom BMBF und der Forschungsvereinigung Stahlanwendung e.V. geförderten eSIE.CAR-Projektes unter der Federführung der Siemens AG, Transportation Systems (Geschäftsbereich Trains (TS TR)), durchgeführt.

Ansprechpartner

Dipl.-Ing. N. Wolf, Tel.: -448
norbert.wolf@ilt.fraunhofer.de
Dr. D. Petring, Tel.: -210
dirk.petring@ilt.fraunhofer.de



Vorgenietete und
lasergeschweißte
Waggonseitenwand

Aufgabenstellung

Das Laser-Lichtbogen-Hybridschweißen soll für die industrielle Anwendung in den Bereichen Schiffbau, Druckbehälter und Schwermaschinenbau für Erdbebewegungsmaschinen für große Blechdicken qualifiziert werden. Im Rahmen der Arbeit sollen Verfahrensprozesse entwickelt werden, die ein sicheres Schweißen von Blechen bis 30 mm erlauben. Dabei werden unterschiedliche Bau- und Feinkornstähle mit Streckgrenzen von 355 – 690 MPA untersucht.

Vorgehensweise

Um den Stand der Technik des Hybrid-schweißens zu Beginn des Projektes zu dokumentieren, wurden Schweißungen an 12 mm Bau- und Schiffbaustahl durchgeführt und Einflussfaktoren auf die Schweißnahtqualität untersucht. Im Vordergrund standen die Bemühungen, verschiedenste Schweißnahtvorbereitungen, die von den Industriepartnern gewünscht wurden, auf die Gebrauchstauglichkeit hin zu überprüfen. Darüber hinaus sollten Parametervariationen weitere Erkenntnisse zur Heißrissvermeidung liefern.

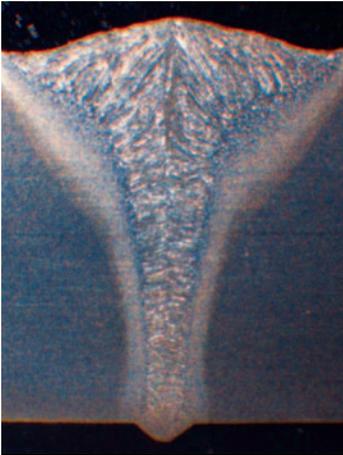
Ergebnisse und Anwendungen

Unter anderem stellte sich heraus, dass ein klassischer Stumpfstoß mit rechtwinkliger Nahtvorbereitung, hergestellt durch einen Laserschnitt, prinzipiell schweißbar ist, jedoch kamen am Nullspalt vermehrt Heißrisse und Poren vor. Weiterhin kam es bedingt durch eine geringere Wärmeeinbringung zu einer verstärkten Aufhärtung im Schweißnahtbereich, die über den von den Klassifikationsgesellschaften geforderten 350 HV lag. Deutliche Verbesserungen bezüglich Porenvorkommen, Heißrisse und Härte konnten mit einer optimierten Wärmeführung und Fugenvorbereitung realisiert werden. Bei Schwingfestigkeitsuntersuchungen an 12 mm Baustahl ergab sich ein Kerbfall von 78, der den im Eurocode 3 geforderten Kerbfall von 71 für den Stumpfstoß übertrifft.

Die Arbeiten werden im Rahmen des EU Projektes »Economical and safe laser hybrid welding of structural steel« durchgeführt, welches vom Research Fund for Coal and Steel gefördert wird.

Ansprechpartner

Dipl.-Ing. C. Fuhrmann, Tel.: -221
christian.fuhrmann@ilt.fraunhofer.de
Dr. rer. nat. D. Petring, Tel.: -210
dirk.petring@ilt.fraunhofer.de



CO₂-Laser-MAG-Hybridschweißung,
12 mm EH36 Schiffbaustahl,
Schweißgeschw. = 1,2 m/min,
 $V_{\text{Draht}} = 12,0$ m/min,
 $P_{\text{MAG}} = 10,0$ kW, 0,5 mm Spalt

Aufgabenstellung

Die auf dem Markt befindlichen Systeme zur Prozessüberwachung beim Laserstrahlschneiden werden häufig der hohen Variabilität der Schneidaufgaben, die beispielsweise bei Laserlohnfertigern anfallen, nicht gerecht. Viele Überwachungssysteme erfordern bei wechselnden Geometrien der Teile, unterschiedlichen Materialarten und -dicken häufig Nachkalibrierungen oder Lernprozessen an Teilen mit guter Qualität. Andere Systeme sind prinzipiell auf bestimmte Prozesse spezialisiert und beispielsweise nur zum Schmelzschnitten einsetzbar.

Die am Fraunhofer ILT in der Entwicklung befindliche Prozessüberwachung PRE (Process Response Evaluation) vermeidet diese Nachteile und ist für ein weites Anwendungsgebiet bei Brenn- und Schmelzschnidprozessen zur Detektion wichtiger Schneidfehler wie Ausbrände, Bartbildung und als Extremfall dem Schnittabbruch geeignet. Als nächster notwendiger Entwicklungsschritt war die Eignung von PRE für Konturschnitte nachzuweisen.

Vorgehensweise

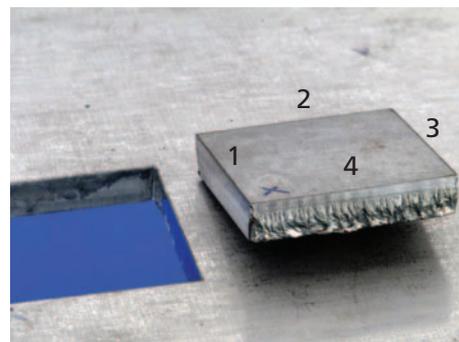
Das Funktionsprinzip von PRE ist es, den Prozess nicht passiv zu beobachten, sondern ihn durch eine leichte Modulation der Laserstrahlleistung anzuregen und aus dem Antwortverhalten auf den Prozesszustand zu schließen. Wie bei den meisten Sensorsystemen wird für die Detektion der thermischen Emission der Schneidfront eine Photodiode benutzt. Die Auswertung ist aber mit PRE nicht vom Absolutwert der Messgröße abhängig, sondern nutzt charakteristische Merkmale der Signalform im Zeit- oder Frequenzbereich.

Ergebnisse und Anwendungen

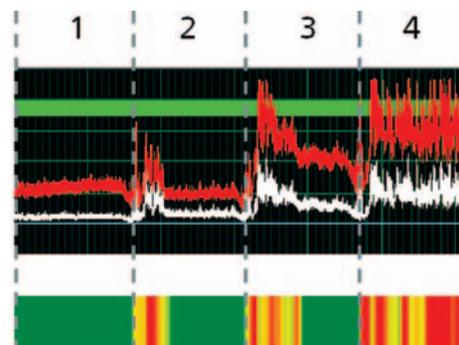
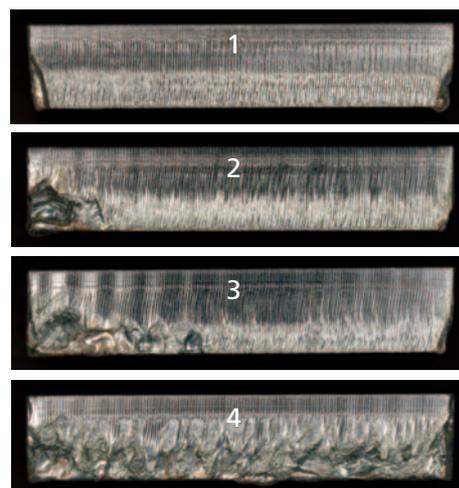
Auch in Konturschnitten werden mit PRE Fehlstellen im Schnittergebnis erkannt. Bei Brennschnitten wurden in Ecken und an spitzen Winkeln durch Leistungsüberschuss Ausbrände provoziert, die mit PRE sicher diagnostiziert wurden. Häufig ist die Prozessantwort bereits gestört, kurz bevor die Störung im Schnittergebnis auffällig wird. Dieses vorausschauende Verhalten ist ein günstiger Ausgangspunkt für die steuerungstechnische Integration der PRE Diagnostik in Laserschneidanlagen und kann zukünftig möglicherweise in geschlossenen Regelkreisen genutzt werden.

Ansprechpartner

Dipl.-Ing. F. Schneider, Tel.: -426
frank.schneider@ilt.fraunhofer.de
Dr. rer. nat. D. Petring, Tel.: -210
dirk.petring@ilt.fraunhofer.de



Schnittergebnis und
Echtzeitanalyse mit PRE



Aufgabenstellung

Die sensitive Abhängigkeit des Prozessfensters für einen Qualitätsschnitt von den Schneidparametern soll untersucht werden. Dazu ist ein tieferes Verständnis der Ausbildung von qualitätsmindernden Merkmalen (Bart-, Riefenbildung) erforderlich.

Der Einfluss der Fokusslage auf die Bartbildung beim Schneiden von 10 mm Grobblech soll untersucht werden. Die Ergebnisse aus der Simulation werden mit Schnittproben verglichen.

Vorgehensweise

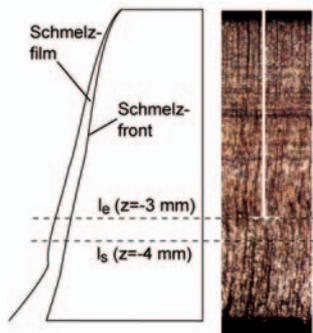
Die Bewegung von Schneidfront und Schmelze am Scheitel der Schnittfuge wird dynamisch modelliert. Das Schneidmodell besteht aus zwei Teilen. Ein Teilmodell beschreibt die Strömung des Schneidgases und ein zweites die Bewegung der Schneidfront. Mit einer Simulation des Schneidmodells wird die Auswirkung der Fokusslage auf die Strömung der Schmelze und die Bartbildung visualisiert und analysiert.

Ergebnisse und Anwendungen

Die Bildung von Bart und Riefen ist auf zeitabhängige, nahezu periodische Phänomene des Schneidens zurückzuführen. Diese werden durch unerwünschte Schwankungen der Schneidparameter (z. B. Laserleistung) hervorgerufen. Mit der Simulation wird gezeigt, dass die Schwankungen abwärtslaufende Wellen erzeugen, deren Amplitude erst nach Durchlaufen eines Abstandes l_s von der Oberkante merklich aufklingt. Die Schnitte weisen einen deutlichen Wechsel der Riefenmorphologie in einem Abstand l_e von der Oberkante auf. Der Abstand l_s ist mit dem experimentell ermittelten Abstand l_e vergleichbar, liegt unterhalb der Blechmitte und wird mit tieferer Fokusslage größer.

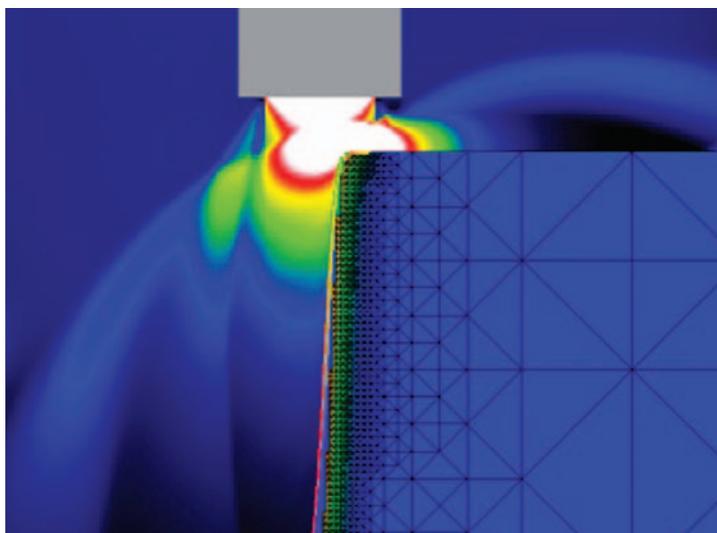
Ansprechpartner

Dipl.-Phys. Stefan Pfeiffer, Tel.: -153
stefan.pfeiffer@ilt.fraunhofer.de
Prof. Dr. W. Schulz, Tel.: -204
wolfgang.schulz@ilt.fraunhofer.de



Oben: Vergleich der Längen l_s und l_e für verschiedene Fokusslagen z bei einer Vorschubgeschwindigkeit von $v = 1,4$ m/min

Unten: Dynamische Simulation des Schneidprozesses am Scheitel der Schnittfuge mit Berechnung der Strömung des Schneidgases und der Bewegung der Schneidfront





Aufgabenstellung

Um die Prozessgrenzen beim Laserstrahlschweißen und -schneiden zu erweitern und neue Anwendungsgebiete zu erschließen, soll durch Prozessdiagnose und Simulation das Prozessverständnis verbessert werden. Dazu sollen die geometrische Form der Bearbeitungszone und ihre thermische Emission mit einer Hochgeschwindigkeitskamera gleichzeitig beobachtet werden.

Vorgehensweise

Ein optischer Aufbau wird entwickelt, der die Beleuchtung der Szene koaxial zur Laserstrahlachse und der Beobachtungsrichtung ermöglicht. Die thermische Strahlung des Prozesses und die reflektierte Strahlung der Fremdbeleuchtung werden gleichzeitig beobachtet.

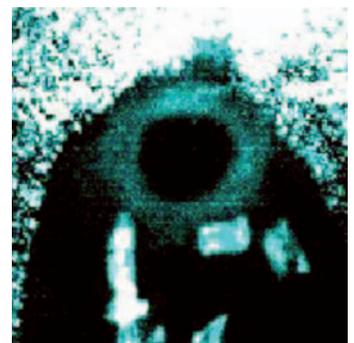
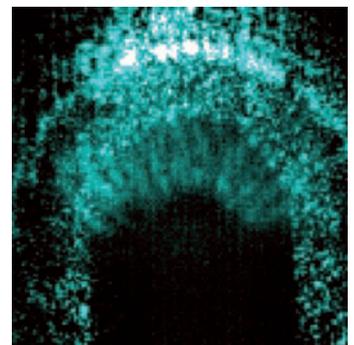
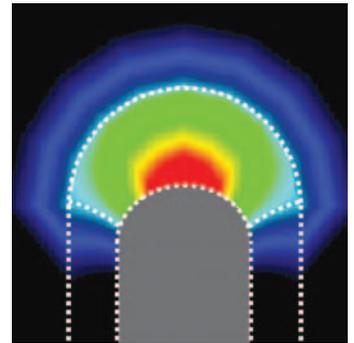
Ergebnisse und Anwendungen

Durch die kombinierte Beobachtung der thermischen Strahlung und der reflektierten Strahlung der Fremdbeleuchtung sind zusätzliche Merkmale beobachtbar. Beim Schneiden wird neben der Blechoberfläche und der Schnittfugenbreite auch die Schmelze auf der Schneidfront beobachtet. Der Vergleich von Simulation und Diagnose zeigt, dass z. B. bei Annäherung an die Trenngrenze der Radius der Schneidfront an der Unterkante kleiner wird.

Beim Schweißen sind die Blechoberfläche, die Bewegung der Schmelzfront, die Ausdehnung des Schmelzbades an der Blechoberseite und der Rand der Dampfkapillare an der Blechober- und -unterseite gleichzeitig beobachtbar.

Ansprechpartner

A. Moalem, Tel.: -163
anas.moalem@ilt.fraunhofer.de
Prof. Dr. W. Schulz, Tel.: -204
wolfgang.schulz@ilt.fraunhofer.de
Dr. S. Kaierle, Tel.: -212
stefan.kaierle@ilt.fraunhofer.de



Oben: Simulation zum Laserstrahlschneiden
Mitte: Aufnahme des Schneidprozesses
Unten: Aufnahme des Schweißprozesses

Aufgabenstellung

Mit dem am Fraunhofer ILT entwickelten Verfahren Direktes Laserformen (DLF) können Bauteile direkt aus pulverförmigen Serienwerkstoffen hergestellt werden.

Dieses Verfahren wird zur Zeit auf die Anforderungen zur Herstellung von Knochenimplantaten adaptiert und weiterentwickelt. Aufgrund der großen Geometriefreiheit sollen zunächst komplexe, nach individuellen Patientendaten gestaltete Implantate mit DLF hergestellt werden. Um das Implantat den anatomischen Verhältnissen eines Patienten effektiv anzupassen, basiert die Konstruktion des Implantates auf CT-Aufnahmen (Computertomographie).

Vorgehensweise

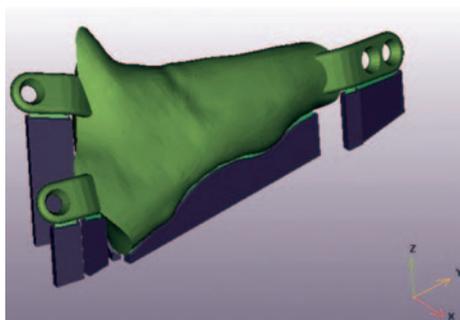
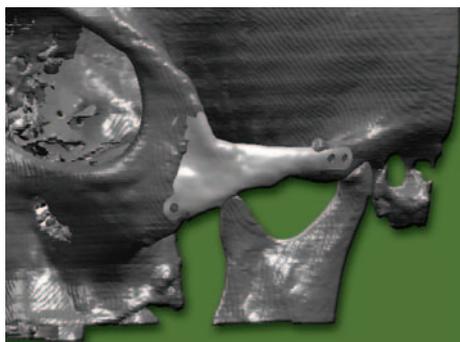
Die CT-Aufnahmen werden zunächst segmentiert (d.h. datentechnische Trennung von Hart- und Weichgewebe) und anschließend im CAD-System rekonstruiert. Exemplarisch wird der Fall eines Jochbogenimplantates aufgezeigt, das den durch einen Unfall resizierten Jochbogen ersetzen soll und damit eine rein ästhetische Verbesserung zum Ziel hat. Die sich an die CAD-Konstruktion anschließende Prozesskette umfasst die Datenaufbereitung für den SLM-Prozess, die Fertigung aus Titanpulver, die Nachbearbeitung mittels Strahlverfahren und eine Sterilisation.

Ergebnisse und Anwendungen

Bild 1 zeigt das Jochbeinimplantat während verschiedener Stadien im Konstruktions- und Fertigungsprozess. Die Aufbereitung der CAD-Daten nach der Konstruktion und die Fertigung des Implantates aus TiAl6V4 wurde innerhalb von 6 Stunden realisiert. Eine konventionelle Fertigung mittels Fräsen erfordert einen Zeitaufwand von mehreren Tagen. Insbesondere für geometrisch komplexe Individualbauteile, z. B. für Schädelplatten oder Kiefersegmente, bietet das DLF-Verfahren ein erhebliches Potential zur Substitution konventioneller Verfahren. Darüber hinaus offeriert das DLF das Einbringen von definierter Porosität zur Verbesserung des Anwachsverhaltens von Knochen und die Nutzung von komplexen Gitter- und Hohlstrukturen zur gezielten Adaption der Implantatsteifigkeit an den Belastungsfall. Daher eröffnen sich im Hinblick auf lasttragende Implantate (z. B. Hüftendoprothesen) neue Möglichkeiten des Produkt-Designs und der Fertigung.

Ansprechpartner

Dipl.-Ing. Tobias Wirtz, Tel.: -360
tobias.wirtz@ilt.fraunhofer.de
Dr. K. Wissenbach, Tel.: -147
konrad.wissenbach@ilt.fraunhofer.de



Prozessschritte beim Bau eines Jochbeinimplantates
Oben: CAD-Konstruktion auf Basis der segmentierten CT-Daten

Mitte: Datenaufbereitung für den DLF-Prozess (Ausrichten, Stützen, Schichteneinteilung)

Unten: Fertiges Implantat nach dem DLF-Prozess



Aufgabenstellung

Der Werkzeugbau für Spritzgieß- und Druckgießteile ist mit einer ständig steigenden Komplexität der Anforderungen an die Werkzeuge konfrontiert. Diese können häufig nicht mehr von einem homogenen Werkstoff erfüllt werden. Bild 1 zeigt das Beispiel des Teileinsatzes eines Druckgießwerkzeuges. Auf den umlaufenden Stegen muss der Werkstoff verschleißfest und gleichzeitig gegen Brandrisse resistent sein. Das Volumen des Einsatzes muss eine hohe Wärmeleitfähigkeit besitzen. Als Lösung bieten sich gradierte Werkstoffe an, die die Kombination verschiedener Eigenschaften ermöglichen. Ziel ist, die Eigenschaften so aufeinander abzustimmen, dass die Standzeiten der Werkzeuge erhöht und die Zykluszeit für die Herstellung eines Kunststoff- oder Aluminium-Bauteils reduziert werden.

Vorgehensweise

Die Gradientenwerkstoffe werden als Schichtsystem mittels Laserstrahl-Auftragschweißen hergestellt. Zwei Zusatzwerkstoffe werden simultan in das vom Laserstrahl erzeugte Schmelzbad geführt. Ein Gradient in der chemischen Zusammensetzung entsteht durch Anpassung der Pulverförderraten beim Auftragen der einzelnen Schichten. Eine hohe Aufmischung der vorherigen Schicht sorgt für eine gute Durchmischung.

Ergebnisse und Anwendungen

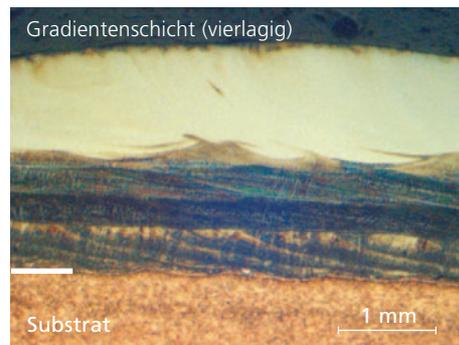
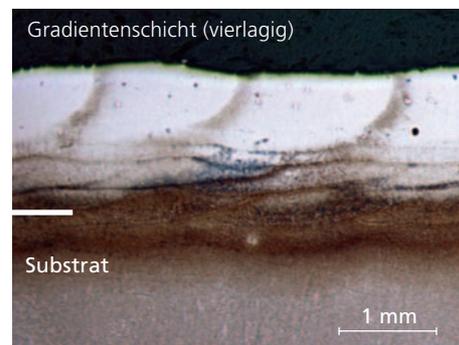
Bild 2 zeigt eine Gradientenschicht auf einem Substrat aus Warmarbeitsstahl. Basis des Gradientenwerkstoffes ist ebenfalls ein Warmarbeitsstahl, angereichert mit einem Karbid, dessen Anteil im Gefüge zur Oberfläche hin kontinuierlich zunimmt. Ziel der Entwicklung dieses Gradientenwerkstoffes ist die Kombination der guten Zähigkeit des Warmarbeitsstahls mit einer erhöhten Verschleißbeständigkeit in der Randzone, hervorgerufen durch feine Karbidausscheidungen.

Die rasche Abfuhr der beim Spritz- und Druckgießen freiwerdenden Wärmeenergie ist ein wesentlicher Faktor für die Reduzierung der Zykluszeiten. In dieser Hinsicht ist Kupfer ein idealer Werkstoff. Der Nachteil der geringen Verschleißbeständigkeit kann durch Aufbringen einer Gradientenschicht in den hochbelasteten Bereichen des Werkzeuges aufgehoben werden. Bild 3 zeigt eine Gradientenschicht auf einer Kupferlegierung. Basis des Gradientenwerkstoffes ist eine Kupfer-Nickel-Legierung, die zur Oberfläche hin mit einer NiCrBSi-Legierung angereichert wird.

Die erzeugten Gradientenschichten werden derzeit hinsichtlich ihrer Bearbeitbarkeit (Fräsen, Erodieren, Polieren) und der Verschleiß- und Korrosionseigenschaften geprüft.

Ansprechpartner

Dr. A. Weisheit, Tel.: -403
andreas.weisheit@ilt.fraunhofer.de
Dr. K. Wissenbach, Tel.: -147
konrad.wissenbach@ilt.fraunhofer.de



Oben: Teileinsatz eines Druckgießwerkzeuges für ein Ölfiltergehäuse
Mitte: Gradierte Schicht auf der Basis eines Warmarbeitsstahls auf artähnlichem Substrat
Unten: Gradierte Schicht auf Nickel-Basis auf einer Kupferlegierung

Aufgabenstellung

Im Rahmen des Vorhabens soll das Laserstrahl-Auftragschweißen von Sphäroguss GGG 70 (EN-JS2070) mit verschiedenen Eisen-, Nickel- und Kobaltbasiswerkstoffen für den Anwendungsbereich der Reparatur und Modifizierung von Tiefziehwerkzeugen untersucht werden. Die Ermittlung von geeigneten Parametersätzen für das fehlerfreie Auftragen ohne Vorwärmung steht dabei im Vordergrund. Dabei sollen Schichthärten von 30 HRC und Schichtdicken von 1 bis 2 mm realisiert werden. Bisherige Untersuchungen zum Laserstrahl-Auftragschweißen mit verschleißfesten Legierungen auf GGG 70 lieferten keine zufriedenstellenden Ergebnisse. Die auftraggeschweißten Proben weisen Risse in der Wärmeeinflusszone (WEZ) am Spurrand auf.

Die im Vorhaben ermittelte Prozessführung soll anschließend zur Reparatur und Modifizierung von Tiefziehwerkzeugen auf einer Anlage beim Kunden eingesetzt werden.

Vorgehensweise

Die Versuche werden mit Nd:YAG-Laserstrahlung durchgeführt. Die Zuführung der pulverförmigen Zusatzwerkstoffe erfolgt mit einer Dreistrahl Düse (drei diskrete Pulverstrahlen), die am Fraunhofer ILT entwickelt wurde und eine 3D-Bearbeitung ermöglicht. Diese Düse ist auch in der Anlage beim Kunden integriert.

Die Versuche erfolgen durch systematische Variation der Verfahrensparameter Laserleistung, Strahldurchmesser, Vorschubgeschwindigkeit, Pulvermassenstrom und Pulver-Korngröße.

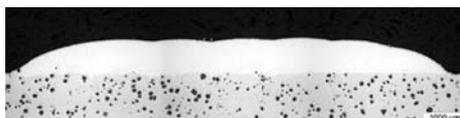
Für Stellite 21 werden zusätzlich Parameterfenster für 3 festgelegte Strahldurchmesser (1,5 mm, 2,5 mm und 4 mm) ermittelt.

Ergebnisse und Anwendungen

Im Rahmen des Vorhabens wurden mit einer Nickel- und einer Kobaltbasislegierung Parametersätze entwickelt, mit denen Schichten aufgetragen werden können, die allen Anforderungen genügen. Im einzelnen wurden Parametersätze für verschiedene Strahldurchmesser und die Pulvernutzungsgrade in Abhängigkeit des Strahldurchmessers und der eingesetzten Kornfraktion ermittelt. Die erzielten Ergebnisse können unmittelbar beim Projektpartner für die Reparatur und Modifikation von Tiefziehwerkzeugen eingesetzt werden.

Ansprechpartner

Dr. A. Gasser, Tel.: -209
andres.gasser@ilt.fraunhofer.de
Dr. K. Wissenbach, Tel.: -147
konrad.wissenbach@ilt.fraunhofer.de



Querschliff einer fehlerfreien Stellite 21 Schicht auf Sphäroguss GGG 70



Aufgabenstellung

Triebwerkkomponenten sind hochwertige und teure Komponenten, die in regelmäßigen Zeitintervallen in Revision kommen und gegebenenfalls durch Auftragschweißen, z. B. WIG-Schweißen, repariert werden. In diesem Vorhaben soll das Laserstrahl-Auftragschweißen von 3 Triebwerkkomponenten, stellvertretend für eine Reihe von Komponenten, qualifiziert werden. Zusätzlich sollen verschiedene Pulverzufuhrdüsen entwickelt werden, die das Laserstrahl-Auftragschweißen der verschiedenen Geometrien der Triebwerkkomponenten ermöglichen. Die entwickelte Prozessführung und die entwickelten Düsen werden in eine Anlage zum Auftragschweißen beim Kunden integriert und erprobt.

Vorgehensweise

Die Verfahrens- und Pulverdüsenentwicklung werden parallel durchgeführt. Für die Qualifizierung des Verfahrens werden als Bauteile jeweils ein Düsenhalterring und ein Gehäuseteil aus Inconel 718 (Nickelbasislegierung) und eine Dichtungsscheibe aus 17-4PH (Eisenbasislegierung) ausgewählt. Hierbei sind Steggeometrien mit Breiten von 0,8 mm und 2,5 mm zu regenerieren sowie flächige Beschichtungen auf einem Gehäuseflansch durch überlappende Bearbeitung zu realisieren.

Ergebnisse und Anwendungen

Durch Anpassung der Verfahrensparameter Laserleistung, Strahldurchmesser, Pulvermassenstrom und Vorschubgeschwindigkeit werden die entsprechenden Beschichtungen realisiert. Alle

Beschichtungen erfüllen die vom Auftraggeber definierten Kriterien bezüglich Geometrie, Gefüge, Porosität und Anbindung. Es konnte gezeigt werden, dass mit dem Laserstrahl-Auftragschweißen Labyrinthdichtungen 10 mal schneller als konventionell repariert werden können.

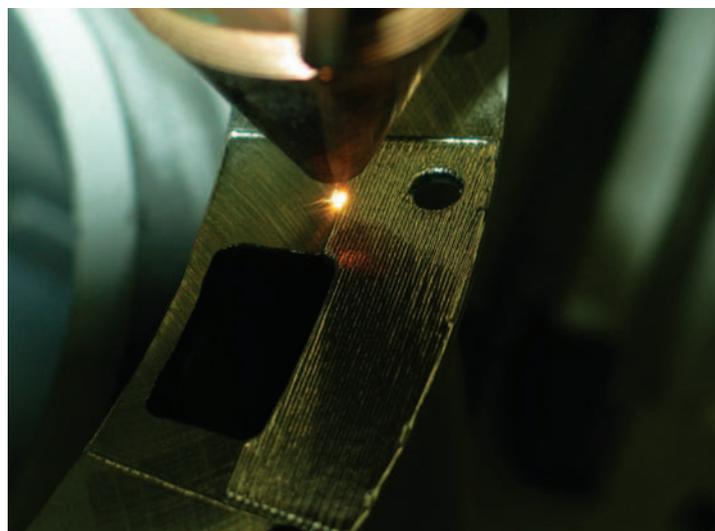
Parallel werden drei Düsenkonzepte realisiert, die sowohl zwei koaxiale als auch eine laterale Pulverzufuhr erlauben und je nach Zugänglichkeit der Komponenten eingesetzt werden können. Das Düsensystem ist modular aufgebaut. Die entwickelte Prozessführung sowie die entwickelten Düsen wurden erfolgreich in eine voll automatisierte Beschichtungszelle mit einem 6-Achsen Roboter integriert. Erste Komponenten wurden erfolgreich repariert.

Ansprechpartner

Dr. A. Gasser, Tel.: -209
andres.gasser@ilt.fraunhofer.de
Dr. K. Wissenbach, Tel.: -147
konrad.wissenbach@ilt.fraunhofer.de



Oben: 6-Achsen Roboter mit montierter Optik, Kamera und koaxialer Pulverzufuhrdüse
Unten: Prozessbild für das Laserstrahl-Auftragschweißen eines Gehäuseflansches aus Inconel 718 unter Einsatz einer Koaxialdüse



Aufgabenstellung

Zur Instandsetzung beschädigter Bereiche einkristallin erstarrter Turbinenschaufeln soll ein Reparaturverfahren entwickelt werden, mit dem eine artgleiche und einkristallin erstarrte Beschichtung ermöglicht wird. Mit dem Verfahren sollen oxidierte oder gerissene Bereiche in der Schaufelplattform, dem Übergangsradius oder dem Schaufelblatt ausgefräst (Blending) werden. Anschließend sollen die entstandenen Mulden durch das Laserstrahlaufragschweißen mit pulverförmigen Zusatzwerkstoff wieder aufgefüllt werden. Die auftraggeschweißten Schichten müssen poren- und rissfrei sein und über die gesamte Länge ein gleichmäßiges, einkristallines Dendritenwachstum aufweisen.

Vorgehensweise

Beim Laserstrahlaufragschweißen wird ein Trumpf LAY 2006 Nd:YAG Laser mit einer maximalen Ausgangsleistung von 2000 W verwendet. Im ersten Schritt werden die Schichteigenschaften wie Schichthöhe, Schichtbreite und Dendritenwachstum in Abhängigkeit der Verfahrensparameter Laserleistung, Strahlgeometrie, Pulvermassenstrom, Vorschubgeschwindigkeit und Bearbeitungsstrategie (z. B. Bearbeitungsrichtung) zur Ermittlung geeigneter Einstellgrößen untersucht. Basierend auf diesen Ergebnissen werden im zweiten Schritt 1 mm tiefe und ca. 5 mm breite Mulden an Flachproben auftraggeschweißt. Anschließend werden die Ergebnisse auf Mulden in der Plattform der Turbinenschaufel übertragen.

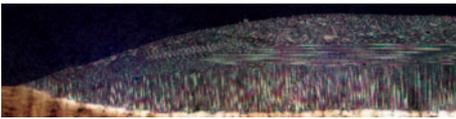
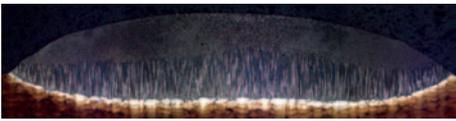
Ergebnisse und Anwendungen

Durch die Wahl geeigneter Verfahrensparameter konnten 1 mm tiefe und ca. 5 mm breite Mulden in Flachproben poren- und rissfrei gefüllt werden. Die auftraggeschweißten Schichten weisen ein homogenes einkristallines Gefüge auf. Die Fotos zeigen die Draufsicht, sowie einen Quer- und einen Längsschliff einer solchen Reparaturbeschichtung.

Durch das Anpassen der Verfahrensparameter an die Schaufelgeometrie konnten die Ergebnisse erfolgreich auf Mulden in der Schaufelplattform übertragen werden. Im nächsten Schritt wird das Auftragsschweißen von Mulden im Übergangsradius und im Bereich des Schaufelblattes untersucht.

Ansprechpartner

Dipl.-Ing. T. Jambor, Tel.: -193
torsten.jambor@ilt.fraunhofer.de
Dr. K. Wissenbach, Tel.: -147
konrad.wissenbach@ilt.fraunhofer.de



Oben: Draufsicht
Mitte: Querschliff
Unten: Längsschliff einer
Reparaturbeschichtung



Aufgabenstellung

Zur Serienfertigung von Mikrobau­teilen wurde bei dem Projektpartner For­schungszentrum Karlsruhe ein Verfahren entwickelt, mit dem mikrostrukturierte Formeinsätze galvanisch in einem zuvor mittels Röntgentiefenlithographie strukturierten Resist aus Kunststoff aufgebaut werden. Nach dem galva­nischen Aufbau des metallischen Form­einsatzes muss das Resist von den empfindlichen Mikrostrukturen entfernt werden, ohne dabei die Mikrostrukturen zu zerstören. Die Mikrostrukturen haben typische laterale Abmessungen bis herab zu 10 µm, bei einer Höhe von ca. 100 µm. Die Formeinsätze haben typische Durchmesser von 120 mm und Dicken im Bereich von einigen 1/10 mm. Durch Abformung mittels Heißprägen oder Spritzgießen werden Mikrobau­teile aus Kunststoff beispiels­weise für die Mikrofluidik oder Mikro­optik hergestellt. Damit bei der Abfor­mung keine Kunststoffreste an den Formeinsätzen anhaften, werden hohe Anforderungen an den Reinheitsgrad gestellt.

Vorgehensweise

In einem ersten Schritt wurde ein Laser mit geeigneter Wellenlänge und Laserleistung ausgewählt, so dass das Resist durch die Einwirkung der Laserstrahlung abgetragen werden kann. Mit gepulster und kontinuierlicher CO₂-Laserstrahlung konnten dabei hohe Abtragraten erzielt werden.

In einem zweiten Schritt wurden die Verfahrensparameter so angepasst, dass eine Laserstrahlreinigung der Formeinsätze ohne eine Beschädigung der empfindlichen Mikrostrukturen durchgeführt werden kann. Dies wurde durch eine Strahlführung mit einem

2D-Scankopf erreicht, wobei der Laserstrahl mit hoher Geschwindigkeit (einige m/s) über die Oberfläche der Formeinsätze geführt wird.

Der Formeinsatz kann damit bis auf eine Restschicht von weniger als ein Mikrometer gereinigt werden. Um die hohen Anforderungen an den Reinheitsgrad zu erfüllen, wurde in einem weiteren Schritt ein Nachreinigungs­verfahren entwickelt, bei dem mit Excimer-Laserstrahlung auch diese Restschichten entfernt werden können.

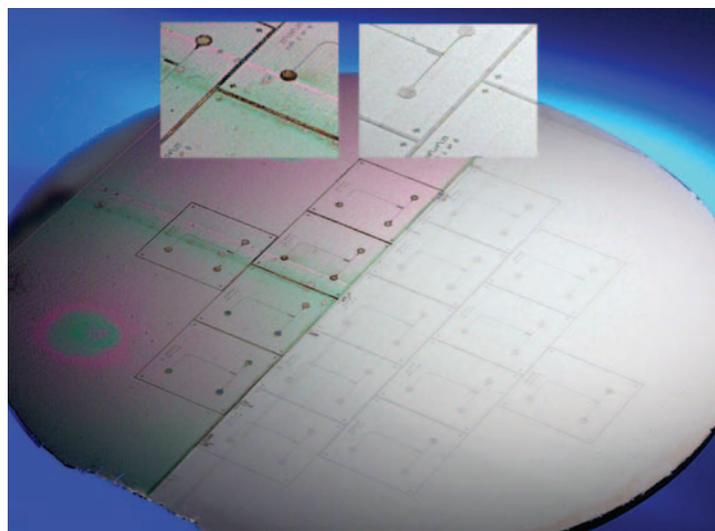
Ergebnisse und Anwendungen

Durch das berührungslos und schonend arbeitende Laserstrahlreinigungs­verfahren kann das die Mikrostrukturen umhüllende Resist entfernt werden, ohne dass Schädigungen auftreten.

Ansprechpartner

Dipl.-Phys. C. Johnigk, Tel.: -301
carsten.johnigk@ilt.fraunhofer.de
Dr. K. Wissenbach, Tel.: -147
konrad.wissenbach@ilt.fraunhofer.de

Laserstrahlgereinigter Form­einsatz zur Herstellung von Bauteilen für die Mikrofluidik
Links: Nach der Vorreinigung mit CO₂-Laserstrahlung
Rechts: Mit Nachreinigung durch Excimer-Laserstrahlung



Aufgabenstellung

Für das Laserstrahlpolieren als neuartiges Verfahren für die automatisierte Politur von 3-D-Geometrien sollen verfahrenstechnische Grundlagen für die Bearbeitung von Gusswerkstoffen erarbeitet werden. Eine Anwendung ist das Polieren von Glasformen. Ziel ist die rissfreie Politur von 3-D-Glasformen mit einer Rauheit zwischen $R_a = 0,3$ bis $0,6 \mu\text{m}$.

Vorgehensweise

Zunächst wurde von den drei Gusstypen Sphäroguss, Vermikularguss und Lamellengraphitguss beispielhaft jeweils ein Werkstoff ausgewählt. Die Ausgangsoberfläche ist bei allen Musterproben gefräst und hat eine Rauheit von $R_a = 2,1 \mu\text{m}$.

An diesen drei Werkstoffen sind Versuchsreihen mit Variation von Laserleistung, Strahldurchmesser, Scangeschwindigkeit, Spurversatz, Anzahl der Überfahrten und Schutzgas durchgeführt worden. Dabei stand zunächst die Eingrenzung eines Prozessfensters zur rissfreien Bearbeitung im Vordergrund.

Ergebnisse und Anwendungen

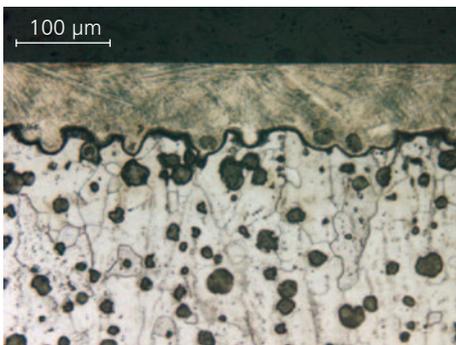
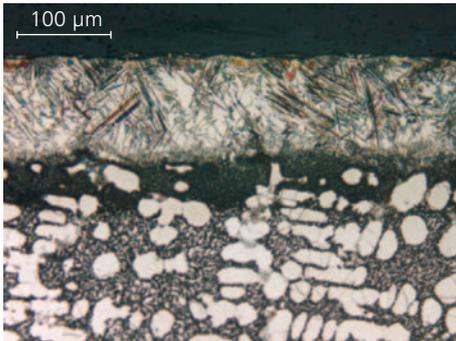
Sphäro- /Vermikularguss: Für beide Werkstoffe wurde ein Prozessfenster bestimmt, in dem eine rissfreie Bearbeitung möglich ist. Durch Umschmelzen werden in den ca. $100 \mu\text{m}$ dicken Randschichten die Graphitkugeln bzw. Vermikeln vollständig aufgelöst. Bei der Erstarrung entsteht ein ledeburitisches Gefüge. Dabei wird die Rauheit von $R_a = 2,1 \mu\text{m}$ auf $R_a = 0,4 \mu\text{m}$ bei Sphäroguss bzw. auf $R_a = 0,8 \mu\text{m}$ bei Vermikularguss reduziert.

Lamellengraphitguss: Vor der Laserstrahlbearbeitung liegt bei diesem Werkstoff ein weißes Gussgefüge vor. Das bestimmte Prozessfenster, in dem eine rissfreie Bearbeitung möglich ist, ist deutlich kleiner als bei den anderen untersuchten Gusswerkstoffen. Das in der ca. $100 \mu\text{m}$ dicken Randschicht entstehende Gefüge ist überwiegend martensitisch. Die Rauheit wird von $R_a = 2,1 \mu\text{m}$ auf $R_a = 0,4 \mu\text{m}$ reduziert.

Damit ist bei allen drei Werkstoffen eine rissfreie Politur möglich und bei zwei Werkstoffen wird auch die für Glasformen geforderte Rauheit erreicht.

Ansprechpartner

Dipl.-Ing. T. Kiedrowski, Tel.: -282
thomas.kiedrowski@ilt.fraunhofer.de
Dr. K. Wissenbach, Tel.: -147
konrad.wissenbach@ilt.fraunhofer.de



Oben: Schliffbild Lamellengraphitguss mit umgeschmolzener Randschicht
Unten: Schliffbild Sphäroguss mit umgeschmolzener Randschicht



Aufgabenstellung

An pulverlackbeschichteten Stahlbauteilen entstehen Probleme, wenn beim Einsatz und der Montage die Pulverlackbeschichtung partiell beschädigt wird. Für die Ausbesserung solcher Fehlstellen stehen keine Verfahren zur Verfügung, die die Aufgabenstellung mit tolerierbaren Unterschieden hinsichtlich Farbe, Oberflächenbeschaffenheit und Schichteigenschaften im Vergleich zur unbeschädigten Pulverlackbeschichtung erfüllen.

An ebenen pulverlackbeschichteten Blechen sollen Fehlstellen in der Lack-schicht elektrostatisch mit Pulverlack aufgefüllt und anschließend mit Laserstrahlung verschmolzen und vernetzt werden, so dass die bearbeiteten Stellen der Originalbeschichtung entsprechen.

Vorgehensweise

In einem ersten Schritt werden an vier verschiedenen Pulverlacken (weiß, schwarz, grau, grau metallic) die Verfahrensparameter für das Umschmelzen und Vernetzen mit Temperaturregelung erarbeitet. An vom Institut für Eisenhüttenkunde der RWTH Aachen beschichteten Blechen werden Untersuchungen zum Schmelzen und Vernetzen hinsichtlich der Abhängigkeit der Schichteigenschaften (Aushärtung, Haftung, Vernetzung, Glanzgrad etc.) durchgeführt. Für die verschiedenen Farben und Schichtdicken werden die zugehörigen Parameter (Laserleistung, Strahlquerschnitt und Wechselwirkungszeit) variiert. An den laserstrahlbehandelten Pulverlacken werden Tests zur Aushärtung, Vernetzung, Haftfestigkeit und zur Oberflächenbeschaffenheit (Glanzgrad, Rauheit) durchgeführt.

Danach werden in pulverlackbeschichtete Bleche durch mechanische Bearbeitung bzw. durch Laserabtrag eingebrachte Fehlstellen neu beschichtet, umgeschmolzen und vernetzt.

Ergebnisse und Anwendungen

Alle Pulverlacke lassen sich unter Verwendung einer Temperaturregelung so bearbeiten, dass die geforderte Aushärtung, die Vernetzung, die Haftfestigkeit und der Glanzgrad erzielt werden.

Die beschichteten Fehlstellen lassen sich mit Laserstrahlung so umschmelzen und vernetzen, dass eine ausreichende Aushärtung und Haftfestigkeit erzielt werden (Bild). Ein Problem stellt zur Zeit jedoch der Übergangsbereich zwischen unbeschädigtem und ausgebessertem Bereich dar, der nach der Behandlung noch sichtbar ist. Zur Lösung dieses Problems werden weitere Arbeiten durchgeführt.

Ansprechpartner

Dipl.-Phys. G. Vitr, Tel.: -213
gilbert.vitr@ilt.fraunhofer.de
Dr. K. Wissenbach, Tel.: -147
konrad.wissenbach@ilt.fraunhofer.de



Laserbeschichtete Fehlstellen

Aufgabenstellung

An Zylinderlaufbuchsen (Werkstoff: GG 25) und Kolbenringnuten (Werkstoff: 42 CrMo 4) der Motoren von Diesellokomotiven soll durch Härten mit Nd:YAG-Laserstrahlung der Verschleiß reduziert und daraus resultierend die Laufzeit der Motoren erhöht werden.

Vorgehensweise

In einem ersten Schritt werden vorgegebene Härtegeometrien an Flachproben und an Flachproben mit Nuten durch Anpassung der Verfahrensparameter eingestellt. Die Proben werden Verschleißtests unterzogen und positiv bewertet. Nach Auslegung und Fertigung einer Optik für die Innenbearbeitung werden in einem zweiten Schritt die Laufflächen von Zylinderlaufbuchsen und in einem dritten Schritt die Flanken der Kolbenringnuten an Kolbenköpfen gehärtet.

Ergebnisse und Anwendungen

Durch den Einsatz einer speziellen Optik werden mit parabolischen Liniensegmentspiegeln Strahlquerschnitte von ca. 5 mm x 8 mm bzw. 5 mm x 10 mm erzeugt. Insgesamt werden 16 vorgehonte Zylinderlaufbuchsen im Bereich vom oberen zum unteren Totpunkt über eine Länge von 400 mm behandelt (Bild 1).

Die Behandlung erfolgt mit Härtebahnbreiten $w_H \approx 8$ mm bzw. 10 mm und unterschiedlichen Abständen zwischen den einzelnen Bahnen. Die Härtetiefe beträgt EHT $\approx 0,3$ mm - 0,4 mm mit Härtewerten von ca. 550 HV - 750 HV 0,3. Nach der Behandlung werden die Laufflächen vom Auftraggeber für den Einsatz fertig gehont.

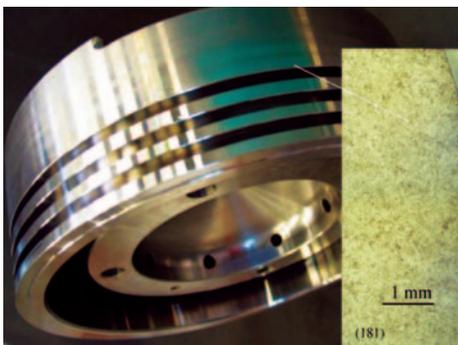
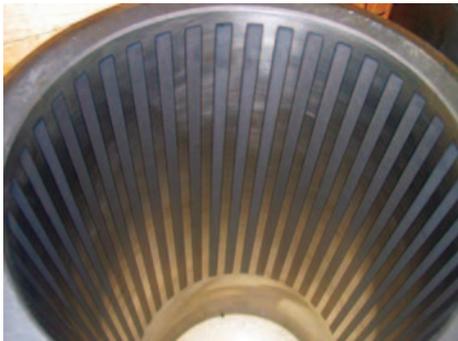
An den Flanken von Kolbenringnuten werden Härtebreiten $w_H \approx 4,5$ mm mit Härtetiefen EHT $\approx 0,25$ mm eingestellt (Bild 2). Die erzielten Härtewerte betragen ca. 600 HV - 750 HV 0,3.

Die Abweichungen von der Rundheit an den Zylinderlaufbuchsen nach der Laserstrahlbehandlung betragen 10 - 30 μm (Anlieferungszustand 0 - 20 μm). Die Abmessungen der Kolbenköpfe nach der Laserstrahlbehandlung sind gleich dem Anlieferungszustand.

An den Zylinderlaufbuchsen und Kolbenköpfen werden zur Zeit Laufversuche in Motoren von Diesellokomotiven durchgeführt, die ca. 1/2 Jahr dauern. Anschließend erfolgt eine Verschleißmessung. Sollten die Ergebnisse positiv beurteilt werden, ist der Aufbau einer Anlage zum Härten der genannten Bauteile beim Hersteller der Diesellokomotiven geplant.

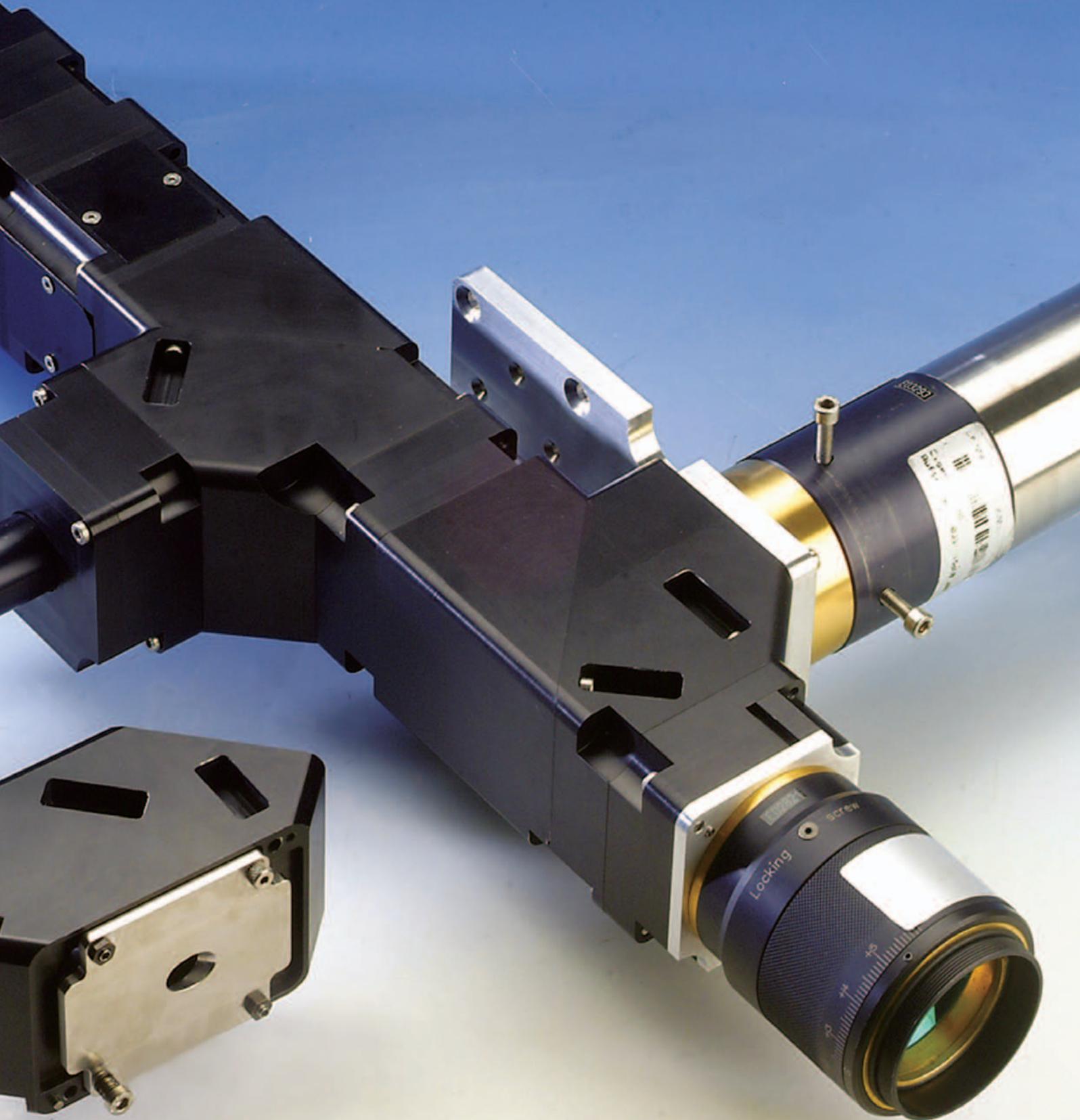
Ansprechpartner

Dipl.-Phys. G. Vitr, Tel.: -213
gilbert.vitr@ilt.fraunhofer.de
Dr. K. Wissenbach, Tel.: -147
konrad.wissenbach@ilt.fraunhofer.de



Oben: Lasergehärtete Zylinderlaufbuchse
Unten: Lasergehärtete Kolbenringnuten

Laseranlagen und Systemtechnik



Das Geschäftsfeld konzentriert sich einerseits auf die Entwicklung von Prototypanlagen für Laserapplikationen und plasmatechnische Anwendungen sowie andererseits auf die Lasersystemtechnik mit Schwerpunkt Automation und Qualitätssicherung. Anwendungsbereiche sind u. a. Schweißen, Schneiden, Härten, Reparaturbeschichten, Bohren und Mikrofügen. In der Systemtechnik werden Komplettlösungen zur Prozessüberwachung, Komponenten und Steuerungen zur Präzisionsbearbeitung, laserspezifische CAD/CAM-Technologiemodule sowie Software zum Messen, Steuern, Regeln und Prüfen angeboten. Insbesondere in der Prozessüberwachung hält das Geschäftsfeld umfangreiches und bei Bedarf patentrechtlich geschütztes Know-how vor. Zahlreiche Systeme wurden in diesem Bereich bereits für Unternehmen lizenziert. Zielmärkte sind neben den Lasieranlagen- und -komponentenherstellern sämtliche Branchen der produzierenden Industrie, die Laser in der Fertigungstechnik einsetzen oder beabsichtigen, dies zu tun.



Abbildungsoptik für die kamerabasierte Beobachtung mit gleichzeitiger koaxialer Fremdbeleuchtung für das Nd:YAG-Laserstrahlschweißen



Mit Laser gegen Laufmaschen	84
Produktionszelle zum Laserstrahl- mikrofügen hybrider Mikrosysteme mit modularen Fügegreifern	85
Entwicklung einer Wendelbohroptik	86
Der Radialjet: Ein innovatives Düsenkonzept für das Schweißen mit Nd:YAG-Laserstrahlung höchster Leistung	87
Intelligenter CO ₂ -Laser Lichtbogen Hybridschweißkopf	88
Qualitätskontrolle in der Großserienfertigung von Automobilkomponenten	89
Prozessüberwachung beim Auftragschweißen mit Laserstrahlung	90
Optikmodulbaukasten für die Prozessüberwachung und -beobachtung	91
Koaxiale Prozessüberwachung – Kooperationsvertrag mit der Precitec Optronik GmbH	92

Anmerkung der Institutsleitung

Wir weisen explizit darauf hin, dass die Offenlegung der nachfolgenden Industrieprojekte mit unseren Auftraggebern abgestimmt ist. Grundsätzlich unterliegen unsere Industrieprojekte der strengsten Geheimhaltungspflicht. Für die Bereitschaft unserer Industriepartner, die aufgeführten Berichte zu veröffentlichen, möchten wir an dieser Stelle herzlich danken.



Aufgabenstellung

In Zusammenarbeit mit dem CLFA in Paris wurde eine Industrienähmaschine mit einem Laser zur Verschmelzung von Ober- und Unterfäden ausgestattet.

Vorgehensweise

Der Ober- und Unterfaden der Nähmaschine wird am Einstichloch der Nadel zu einer Schlaufe verschlungen und durch die wieder nach oben gezogene Nadel festgezogen. In diesem Knotenpunkt sollen die beiden Fäden von unten verschmolzen werden, um die Festigkeit der Naht zu erhöhen. Dadurch wird verhindert, dass die Naht bei einem Fadenriss in ihrer gesamten Länge wegläuft.

Es werden Fäden unterschiedlicher Dicke aus PP, PA und PE verwendet. Bei Bedarf können die Fäden mittels eines geeigneten Absorbers für die Wellenlänge des verwendeten Lasers (hier 940 nm fasergekoppelter Diodenlaser) aktiviert werden. Eine Steuerung passt die Laserleistung der Nähgeschwindigkeit an und gewährleistet die Betriebssicherheit der Maschine.

Der Maschinenprototyp wurde für die französische Firma C-GEX SYSTEM'S entwickelt. Sie hat auf das Verfahren bereits ein Patent.

In Zukunft wird dieses Verfahren auch an anderen Industrienähmaschinen angewendet. Ein Prototyp befindet sich gerade im Aufbau.

Ansprechpartner

Fraunhofer ILT

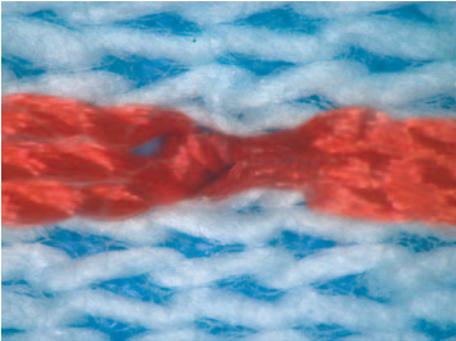
Dipl.-Ing. U. Radenz, Tel.: -268
ulf.radenz@ilt.fraunhofer.de
Dr. S. Kaierle, Tel.: -212
stefan.kaierle@ilt.fraunhofer.de

CLFA

Dr. Stéphane Abed
abed@mat.ensmp.fr
Dr. Wolfgang Knapp
knapp@ensmp.fr

Ergebnisse und Anwendungen

Die Steuerung und die notwendigen Sicherheitsmaßnahmen wurden am Fraunhofer ILT entwickelt und in die Maschine integriert. Die Prozessparameter für den eigentlichen Nähprozess wurden vom CLFA in Paris entwickelt.



Lasergeschweißte Naht
(die einzelnen Fügepunkte
sind gut zu erkennen)



Aufgabenstellung

Im Gegensatz zu monolithischen Mikrosystemen, die aus einem einzigen Werkstoff gefertigt werden, bestehen hybride Mikrosysteme aus verschiedenen Einzelkomponenten. Ihrer jeweiligen Funktion entsprechend werden sie aus dem bestgeeigneten Material und in individuellen Fertigungsverfahren hergestellt. Erst durch die Zusammenführung und Montage der einzelnen Komponenten ergibt sich ein funktionsfähiges Endprodukt.

Der Übergang zur automatisierten Klein- und Mittelserienproduktion hybrider Mikrosysteme verlangt den Einsatz modularer Mikromontageanlagen mit flexibler Handhabungstechnik. Die Anwendung autonomer Montagestationen sowie der Einsatz universeller Greifsysteme sind die Grundvoraussetzungen für eine effiziente und wirtschaftliche Mikromontage.

Als Fügeverfahren haben sich im Bereich der Mikrotechnik neben der Klebtechnik vor allem laserstrahlbasierte Fertigungsverfahren, wie zum Beispiel das Laserstrahllöten, etabliert. Der Einsatz laserstrahlbasierter Fertigungsverfahren ermöglicht durch die lokal begrenzte und genau dosierte Energieeinbringung ein nahezu spannungs- und verzugsfreies Fügen mit geringer thermischer Belastung der Einzelkomponenten.

Vorgehensweise

Vor dem Hintergrund eines variablen Montageprozesses werden angepasst an die Anforderungen der Teilprozesse, wie Zuführung oder Justage der Einzelkomponenten, verschiedene Bewegungssysteme miteinander kombiniert. Diese Kombination aus einem Horizontal-Knickarm-Roboter, Linearachsen und einem piezoaktorischen Bewegungssystem stellt sowohl die erforderlichen Verfahrswege (200 μm) als auch Genauigkeiten (250 nm) für ein weites Feld mikrosystemtechnischer Produkte sicher.

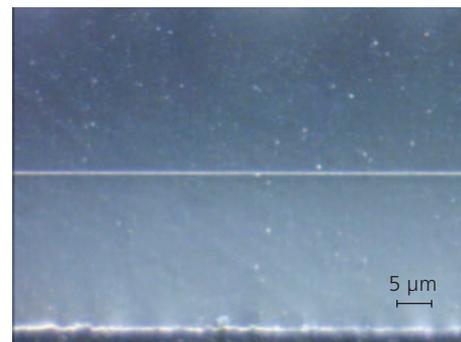
Durch Integration fasergeführter Strahlquellen und prozesssichernder Einrichtungen in das Gesamtkonzept, wie zum Beispiel hochauflösende Mikroskopkamarasysteme oder pyrometrische Sensoren, können die verschiedensten Anforderungen erfüllt und in Bezug auf die Fertigungsqualität überwacht werden.

Ergebnisse und Anwendungen

Im Rahmen eines nationalen Forschungsvorhabens ist eine halbautomatische Produktionszelle zur Herstellung optoelektronischer Mikrosysteme realisiert worden. In Kooperation mit einem industriellen Partner sind die technischen Möglichkeiten dieser Produktionszelle anhand einer Muster-Applikation qualifiziert worden.

Ansprechpartner

Dipl.-Ing. L. Bosse, Tel.: -305
luedger.bosse@ilt.fraunhofer.de
Dr.-Ing. A. Gillner, Tel.: -148
arnold.gillner@ilt.fraunhofer.de

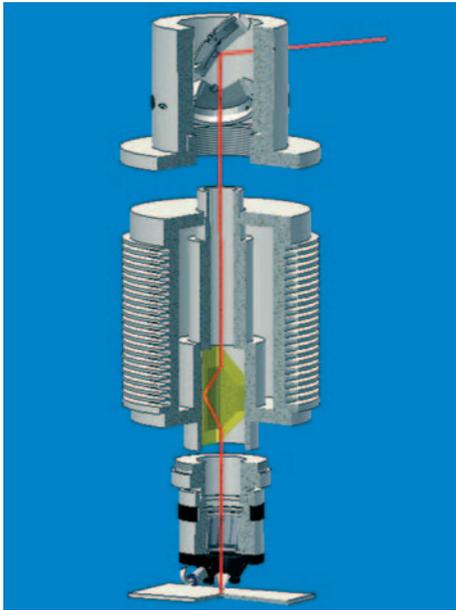


Oben: Fügeverbund Silizium-Silizium mit Zwischenschicht Aluminium
Unten: Produktionszelle



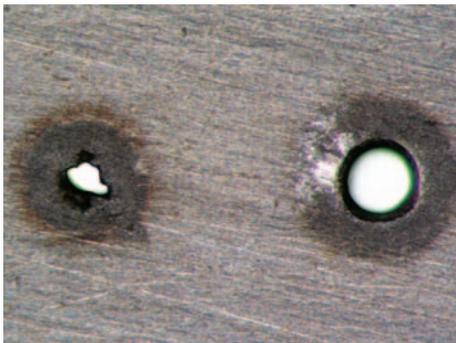
Aufgabenstellung

Präzisionsbohrungen mit einem Durchmesser im μm -Bereich werden üblicherweise in metallische Bauteile mit Kurz- und UltrakurzpulsLasern eingebracht. Der Materialabtrag erfolgt dabei hauptsächlich durch Sublimation. Anders als bei Schmelzbohrverfahren hängt der Bohrungsquerschnitt bei Sublimationsbohrverfahren direkt von der Geometrie des Strahlungsquerschnitts ab. Um Abweichungen des Strahlungsquerschnitts von einer idealen Kreisform zu kompensieren, kann die Laserstrahlung in Rotation versetzt und in eine Kreisbahn gegenüber dem Bauteil gebracht werden. Der Materialabtrag erfolgt dabei durch mehrmalige Überläufe über das Bauteil. Bei diesem Wendelbohrverfahren ist es aufgrund der Relativbewegung auch möglich, konische Bohrungen herzustellen.



Vorgehensweise

Die Rotation der Laserstrahlung wird durch einen rotierenden Bildrotator erreicht, durch welchen die Laserstrahlung hindurchgeleitet wird. Der Bildrotator ist in einem Hohlwellenmotor gelagert, mit dem sich Umdrehungsgeschwindigkeiten der Laserstrahlung von bis zu $50\,000\text{ min}^{-1}$ realisieren lassen. Dabei werden an den Hohlwellenmotor höchste Anforderungen bezüglich Genauigkeit und Gleichlauf gestellt.



Oben: 3-D-Schema einer Wendelbohroptik mit Bildrotator
Unten: Vergleich zweier Bohrungen mit unbewegter und bewegter Laserstrahlung

Ergebnisse und Anwendungen

Mit der beschriebenen Wendelbohroptik lassen sich kreisrunde Bohrungen mit einem Durchmesser bis zu $30\ \mu\text{m}$ erzeugen. Bei den konischen Bohrungen sind Aufweitungsverhältnisse von bis zu 1:2 möglich. Untersucht wurden bislang Werkzeug- und Edelmetalle mit einer Materialdicke von bis zu $2\ \text{mm}$. Mögliche Anwendungen finden sich überall dort, wo mit konventionellen, beispielsweise spanenden Verfahren Bohrungen dieser Geometrie und Präzision bislang nicht oder nur mit erheblichem Aufwand eingebracht werden können. Konkrete Beispiele hierzu sind Mikrodosiersysteme, Einspritzdüsen der Automobilindustrie oder Startlochbohrungen für EDM-Verfahren.

Ansprechpartner

Dipl.-Ing. W. Wawers, Tel.: -311
 welf.wawers@ilt.fraunhofer.de
 Dr.-Ing. A. Gillner, Tel.: -148
 arnold.gillner@ilt.fraunhofer.de



Aufgabenstellung

Der Einsatz von Nd:YAG-Lasern zum Schweißen ist Stand der Technik mit Laserleistungen bis etwa 4 kW. Neueste diodengepumpte Festkörperlaser liefern 10 kW Ausgangsleistung. Die Kombination aus hoher Leistung und guter Strahlqualität ermöglicht Leistungssteigerungen des Schweißprozesses. Allerdings führt die bei hohen Laserleistungen auftretende starke Verdampfung des Werkstoffes zur Ausbildung einer Dampffackel, die die effiziente Einkopplung der Laserstrahlung in das Material behindert.

Vorgehensweise

Zur Entfernung der Dampffackel wurde ein neues Düsenkonzept, der sogenannte Radialjet, entwickelt. Im Gegensatz zu konventionellen Schweißdüsen arbeitet der Radialjet mit einer vom Schweißprozess weggerichteten, kreissymmetrischen Gasströmung. Zur Optimierung der Düsengeometrie und zur Gewinnung grundlegender Kenntnisse über die Saugwirkung der Düse wurde ein variabler Radialjet aufgebaut, der außerdem die zentrale Zufuhr von Schutzgas erlaubt. Für vergleichende Untersuchungen ist zudem eine Kupferrohrdüse eingesetzt worden.

Mit einem diodengepumpten Nd:YAG-Laser vom Typ Rofin Sinar DY080HP sind Schweißversuche an Edelstahl, Baustahl und verzinktem Baustahl im Dickenbereich von 1 bis 10 mm durchgeführt worden. Die maximale Laserleistung am Werkstück betrug 7,2 kW bei einem Faserdurchmesser von 600 µm.

Ergebnisse und Anwendungen

Die Gasströmung der Radialjetdüse erzeugt ein kreissymmetrisches Druckgefälle, das zum Absaugen der Dampffackel nach außen führt. Das Absaugen ist dabei umso effektiver, je stärker das Druckgefälle ist. Der kreissymmetrische Aufbau der Düse bietet im Gegensatz zu Rohrdüsen den Vorteil einer richtungsunabhängigen und justagetoleranten Bearbeitung.

Darüber hinaus ermöglicht der Radialjet im Dickblechbereich (ca. 10 mm) aufgrund der effektiven Unterdrückung der Dampffackel bei gleicher Bearbeitungsgeschwindigkeit höhere Einschweißtiefen als Rohrdüsen. Im Vergleich zur Rohrdüse führt er hier außerdem zu deutlich weniger inneren Fehlern. Schließlich wurde demonstriert, dass der Radialjet für Blechdicken ≤ 3 mm im Vergleich zu Rohrdüsen den Vorteil einer geringeren Wurzelüberhöhung und Nahtunterwölbung bietet.

Der Radialjet ist damit ein wichtiges Werkzeug zur vollen Nutzung des Potenzials von Hochleistungs-Festkörperlasern.

Ansprechpartner

Dipl.-Phys. B. Seme, Tel.: -426
bernd.seme@ilt.fraunhofer.de
Dr. D. Petring, Tel.: -210
dirk.petring@ilt.fraunhofer.de



Schweißen von Baustahl mit der Radialjetdüse
 $P = 7,2$ kW am Werkstück
 $V = 1$ m/min



Aufgabenstellung

Für die Bearbeitung von 3-dimensional geformten Bauteilen auf einfachen Führungsmaschinen soll eine intelligente Optik für das CO₂-Laser-Lichtbogen-Hybridschweißen entwickelt werden.

Vorgehensweise

Im Rahmen eines von der Europäischen Kommission geförderten Vorhabens (IPCIM) wurde ein Schweißkopf maßgeblich von den Partnern B&K Engineering, Precitec, Steffens & Fohn, Trumpf Lasertechnik und dem Fraunhofer ILT konzipiert, konstruiert und realisiert. Die Entwicklung wurde beratend von weiteren Projektpartnern aus Forschung und Industrie unterstützt.

Ergebnisse und Anwendungen

Der Schweißkopf verfügt über eine lineare und eine rotatorische Bewegungsachse. Als Messwertgeber für die Nahtfolge dient ein Triangulationssensor. Dessen Messwerte werden von einem eigenen Steuerungsrechner verarbeitet und zur Ansteuerung beider Bewegungsachsen genutzt. Weiterhin ist eine mechanisch/optische Schnittstelle zur Anbindung einer »Koaxialen Prozessüberwachung« vorgesehen. Der Kopf ist für Leistungen von mehr als 12 kW mit einem maximalen Strahldurchmesser von 50 mm ausgelegt. Als

Schweißstromquelle für das CO₂-Laser-Lichtbogen-Hybridschweißen können kommerziell verfügbare Systeme leicht am Schweißkopf angebaut werden. Der Anbau kann unter einem Winkel zur Vorschubrichtung erfolgen, um sich beispielsweise an die Geometrie von Bauteilen anzupassen.

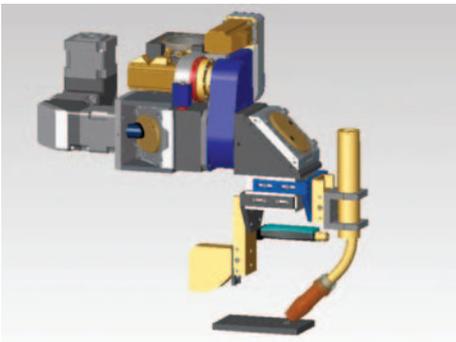
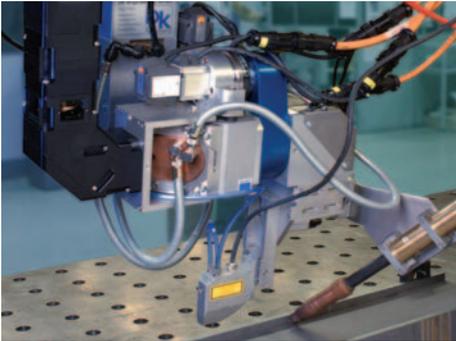
Der Kopf kann generell bei nichtlinearen Schweißaufgaben an einfachen Bearbeitungsanlagen eingesetzt werden. Er erweitert die Funktionalität dieser Anlagen dahingehend, dass sie den besonderen Anforderungen von 3-D-Bauteilen gerecht werden.

Im Rahmen seiner Entwicklung wurde der Kopf beim Schweißen von Trägern für Baufahrzeuge erfolgreich evaluiert.

Ansprechpartner

Dipl.-Ing. P. Abels, Tel.: -428
peter.abels@ilt.fraunhofer.de

Dr. S. Kaijerle, Tel.: -212
stefan.kaijerle@ilt.fraunhofer.de



Oben: Schweißkopf mit Prozessüberwachungseinheit, Nahtfolgesensor und MAG Schweißdüse

Unten: Konstruktionszeichnung des CO₂-Laser-Lichtbogen-Hybridschweißkopfes



Aufgabenstellung

Im Rahmen einer Kooperation zwischen dem Fraunhofer Center for Laser Technology CLT (USA), der Firma Visotek Inc. und dem Fraunhofer-Institut für Lasertechnik ILT wurden der Schweißprozess, die Produktionsanlage und ein Prozessüberwachungssystem für die Großserienfertigung von Automobilkomponenten entwickelt. Das zu fertigende Bauteil besteht aus drei Einzelteilen, die öldicht verschweißt werden müssen. Die Bearbeitungszeit inklusive Be- und Entladen des Bauteils beträgt 12 Sekunden. Im Rahmen der Qualitätssicherung ist die Dichtheit jedes einzelnen Bauteils sicherzustellen. Eine Dichtheitsprüfung jedes einzelnen Bauteils mit einem zusätzlichen Zeitaufwand von 8 Sekunden soll durch die Prozessüberwachung eingespart werden. Eine Überprüfung der Dichtheit erfolgt nur für die Bauteile, die von der Überwachung als fehlerhaft (NIO) zurückgewiesen werden.

Vorgehensweise

Prozess- und Anlagenentwicklung erfolgten durch das Fraunhofer CLT. Als Prozessüberwachung wurde die am Fraunhofer ILT entwickelte koaxiale Prozessüberwachung CPC ausgewählt. Das CPC System erfasst mit einer Kamera die Wechselwirkungszone von Laserstrahlung und Werkstück. Anhand der Kamerabilder aus dem Prozess erfolgt online eine Qualitätsbewertung der gefertigten Bauteile. Aufgrund der schwankenden Qualität der gelieferten Einzelteile wurde für die Bildauswertung ein Algorithmus gewählt, der auf einem Vergleich von aktuellen Kamerabildern und zuvor bestimmten Referenzbildern basiert.

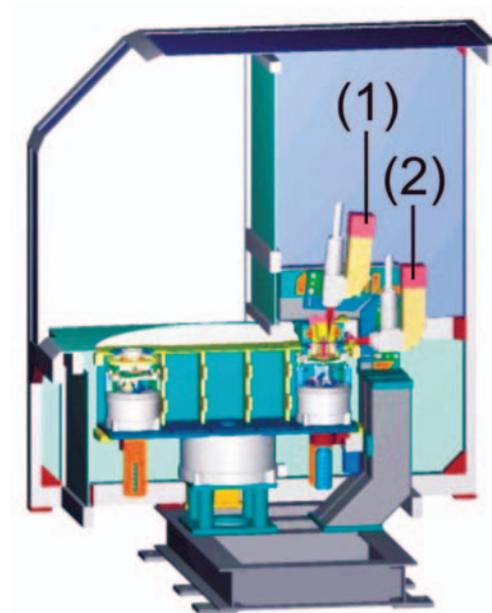
Der Algorithmus erlaubt ein sehr schnelles Teach-in des Systems und reagiert empfindlich auf Störungen, die zu Fehlern am Bauteil führen, aber auch auf Veränderungen im Prozess, die etwa durch Verschmutzungen der Teile oder Alterungen des Lasers auftreten können.

Ergebnisse und Anwendungen

Die Serienfertigung der Bauteile erfolgt seit über zwei Jahren durch die Firma Visotek. Alleine in den ersten 15 Monaten wurden über 500.000 Teile produziert. Das angestrebte Produktionsvolumen liegt mittlerweile bei über einer Million Teile pro Jahr. Bei Produktionsbeginn wurden noch rund 6 % der gefertigten Bauteile von der Prozessüberwachung als NIO zurückgewiesen. Heute liegt die Rückweisungsrate bei unter 3 %. Die anschließende Dichtheitsprüfung passieren 90 % der zurückgewiesenen Teile noch als fehlerfrei (IO). Die Pseudofehlerrate von 90 % ist dabei im Wesentlichen auf schwankende Produktionsbedingungen zurückzuführen. Anstiege der Rückweisungsrate liefern Hinweise auf notwendige Wartungsarbeiten an Laser und Anlage. Durch den Einsatz der Prozessüberwachung und den Verzicht auf die Dichtheitsprüfung bei über 97 % aller Teile konnte die mittlere Bearbeitungszeit pro Teil von 20 Sekunden auf 12,4 Sekunden verkürzt werden. Bislang hat kein defektes Bauteil die Produktion verlassen.

Ansprechpartner

Dr. C. Kratzsch, Tel.: -229
christian.kratzsch@ilt.fraunhofer.de
Dr. S. Kaierle, Tel.: -212
stefan.kaierle@ilt.fraunhofer.de



3-D-Konstruktionszeichnung der Bearbeitungsanlage mit zwei Prozessüberwachungssystemen (1) und (2)



Aufgabenstellung

Das Laserstrahlauftragschweißen stellt ein zukunftsweisendes Verfahren zur flexiblen Reparatur, Modifikation und Herstellung im Triebwerks- sowie Werkzeug- und Formenbau dar. Um den Anlagenbediener bei der Prozessentwicklung und -überwachung zu unterstützen, sollte ein System zur ortsauflösenden Überwachung der emittierten Wärmestrahlung aufgebaut werden.

Vorgehensweise

Die Online-Überwachung der Bearbeitung wird mit einem System zur Prozessüberwachung durchgeführt, bei dem eine CMOS-Kamera koaxial im Strahlengang angeordnet ist (CPC-System). Das System besteht im Wesentlichen aus einer Hochgeschwindigkeitskamera, einer speziellen Abbildungsoptik und einem Prozessrechner für die Bildanalyse. Dieses System kann zum einen für die Prozessentwicklung und zum anderen zur Qualitätssicherung und Dokumentation eingesetzt werden. Bei der Prozessentwicklung werden während des Auftragschweißens online qualitätsrelevante Informationen über den Bearbeitungsprozess dokumentiert. Diese unterstützen den Anwender bei der Ermittlung geeigneter Verfahrensparameter.

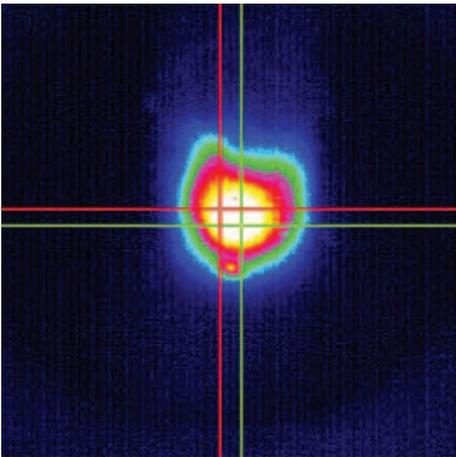
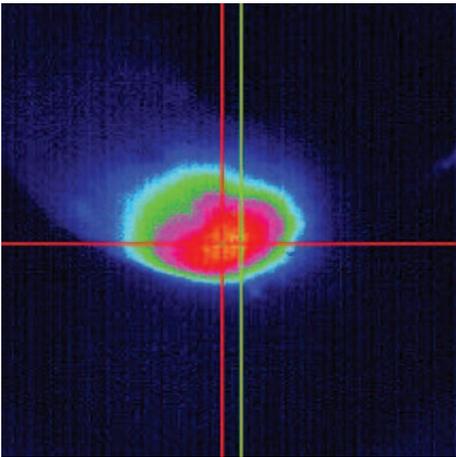
Ergebnisse und Anwendungen

Durch Einsatz dieses Prozessüberwachungssystems konnte über die emittierte Wärmestrahlung ein Zusammenhang zwischen Laserleistung und Pulvermassenstrom, sowie eine Abhängigkeit der Schmelzbadgeometrie von der Vorschubgeschwindigkeit und dem Pulvermassenstrom nachgewiesen werden. Mit den sich daraus ergebenden Rückschlüssen auf den Pulverwirkungsgrad konnte der Prozess entsprechend optimiert werden.

Diese Arbeiten werden in Zusammenarbeit mit dem Lehrstuhl für Lasertechnik der RWTH Aachen durchgeführt.

Ansprechpartner

Dipl.-Ing. S. Mann, Tel.: -321
stefan.mann@ilt.fraunhofer.de
Dr. S. Kaierle, Tel.: -212
stefan.kaierle@ilt.fraunhofer.de



Aufnahmen des CPC-Systems:
Unterschiedliche Prozesszustände
bei konstanten Verfahrensparametern



Aufgabenstellung

Durch den fortschreitenden Einsatz von Laserbearbeitungssystemen in der industriellen Fertigung steigt der Bedarf an qualitätssichernden Prozessüberwachungssystemen. Eine am Fraunhofer ILT entwickelte Methode zur Prozessüberwachung und -analyse ist die zur Laserstrahlung koaxiale Beobachtung der Prozessekondärstrahlung mittels Kamera bzw. Photodiode. Für eine schnelle und bedarfsgerechte Adaption des Überwachungssystems an unterschiedliche Überwachungsaufgaben und Bearbeitungsköpfe wurde ein Optikmodulbaukasten entwickelt, welcher industriellen Anforderungen hinsichtlich Robustheit und Zuverlässigkeit sowie entwicklungspezifischen Anforderungen hinsichtlich Flexibilität, Erweiterbarkeit und Genauigkeit bzw. Wiederholgenauigkeit genügt.

Vorgehensweise

Der Optikmodulbaukasten lässt sich in drei Komponenten gliedern: Adaptermodule ermöglichen die Anbindung an Bearbeitungsköpfe zahlreicher Hersteller, wobei je nach Anwendungsfall der vorhandene koaxiale Kameraflansch verwendet oder ein spezielles Dichroidmodul zwischen Kollimator und Fokussieroptik des Bearbeitungskopfes montiert wird.

Für die Strahlformung stehen zahlreiche Module wie feste und verstellbare Linsenhalterungen, Umlenkkörper, austauschbare Filter, Strahlteiler etc. zur Verfügung. Als Sensoren können CCD- und CMOS-Kameras, Photodioden und Spektrometer angeschlossen werden. Das geeignete Sensorsystem wird nach Analyse der Anforderungen und Eigenschaften des Prozesses und der Anlage ausgewählt.

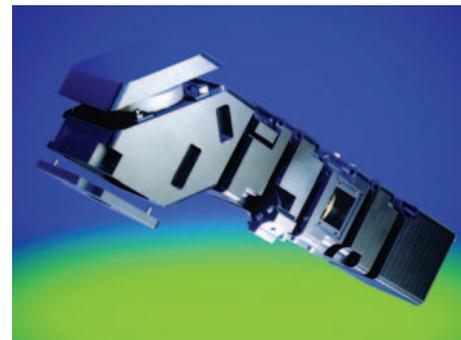
Ergebnisse und Anwendungen

Der Optikmodulbaukasten ermöglicht es, für unterschiedliche Überwachungs- und Beobachtungsaufgaben präzise Optiksyste-me mit individuellen Sensoren, Vergrößerungen, Beleuchtungen und Filtern zu testen und aufzubauen.

Einsatz findet das System in der koaxialen Prozessüberwachung sowie der Prozessanalyse beim Schweißen, Hybrid-schweißen, Schneiden, Bohren und Auftragschweißen mit Laserstrahlung. Weitere Anwendungen sind Laserstrahlformungssysteme sowie Optiksyste-me für die Bildverarbeitung.

Ansprechpartner

Dipl.-Ing. B. Regaard, Tel.: -320
boris.regaard@ilt.fraunhofer.de
Dr. S. Kaielerle, Tel.: -212
stefan.kaielerle@ilt.fraunhofer.de



Oben: Optikmodule mit Adapterplatte, Umlenkkörper, Filterschubladenelementen, Linsenverstelltubus und Kamera (Explosionsdarstellung)
Unten: Abbildungsoptik für die kamerabasierte Beobachtung mit gleichzeitiger koaxialer Fremdbeleuchtung für das Nd:YAG-Laserstrahlschweißen





Das Fraunhofer ILT hat im Rahmen seiner F&E-Tätigkeit in den letzten Jahren ein bildgebendes Verfahren zur »Koaxialen Prozessüberwachung« entwickelt. In einer Reihe von Projekten im direkten Auftrag von industriellen Unternehmen konnte die Tauglichkeit des Systems für eine Vielzahl von Anwendungen bei der Materialbearbeitung mit Laserstrahlung nachgewiesen werden. Für die Umsetzung, insbesondere für das Laserstrahlschweißen in industriellen Anwendungen der ermittelten Überwachungsverfahren, musste ein neuer Weg gefunden werden. Aufgabe ist es, von der Machbarkeitsstudie ausgehend den potentiellen Nutzer bis zur Integration eines Prozessüberwachungssystems in seine Produktionsanlage zu begleiten. Um dies wirtschaftlich mit den notwendigen Serviceleistungen für den Nutzer gewährleisten zu können, sollte frühzeitig ein industrieller Entwicklungspartner mit einbezogen werden. Die an Prozessüberwachungssystemen applikationserfahrene und langjährige Projektpartnerin des Fraunhofer ILT, die Precitec Optronik GmbH, war dieser Idee gegenüber sehr aufgeschlossen und wurde zum Kooperationspartner.

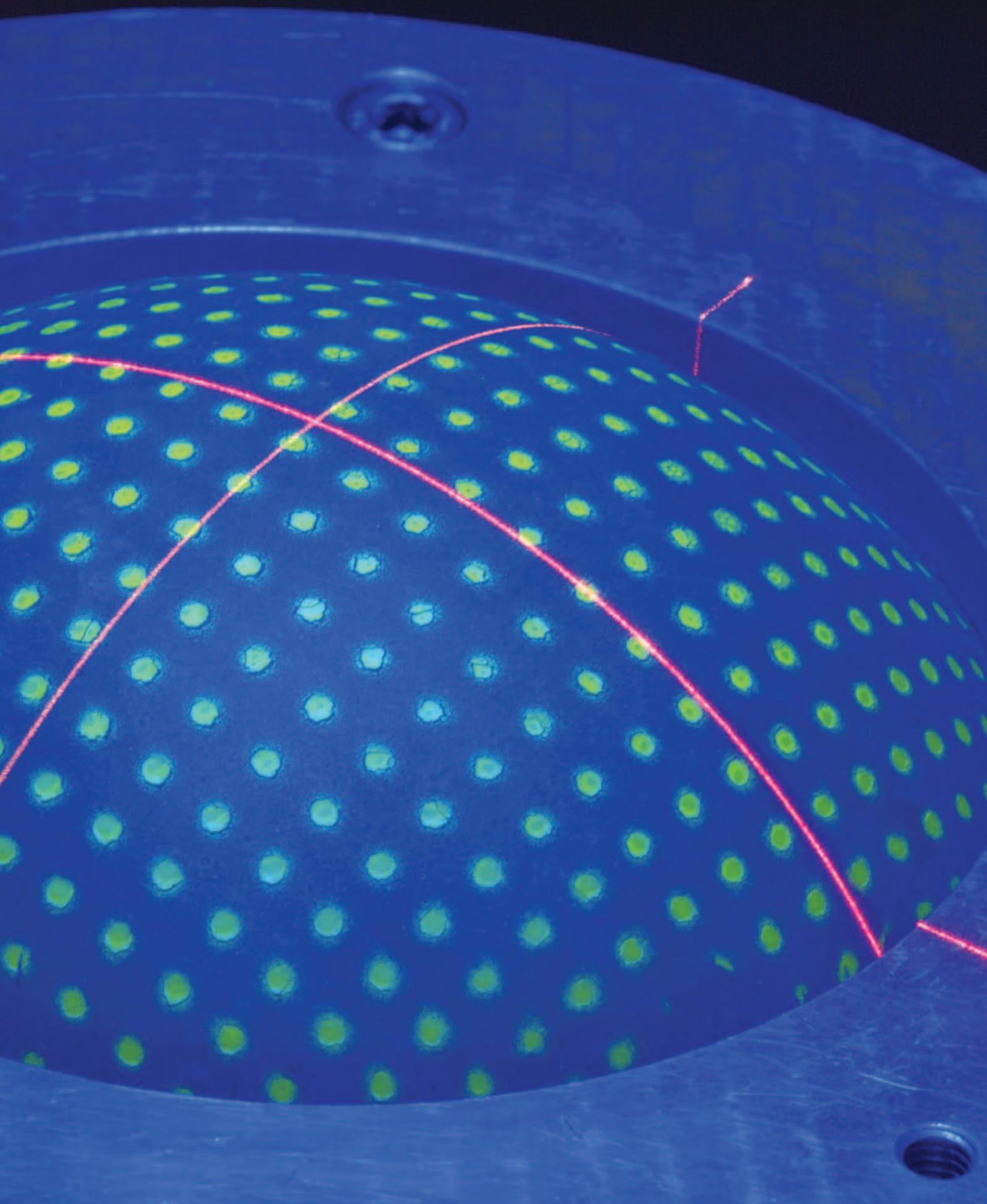
Die Kooperationspartner Precitec und Fraunhofer ILT sind sich einig in dem Bestreben, die kamerabasierte Prozessüberwachung, auch »Coaxial Process Control« genannt, für das Laserstrahlschweißen weiterzuentwickeln und industriell einzuführen. Praktische Umsetzung findet der Kooperationsvertrag zwischen Precitec und Fraunhofer ILT in der Definition und Umsetzung von Entwicklungsprojekten auf der Grundlage von konkreten Anfragen industrieller Endanwender. Hier soll die Überwachungsaufgabe gemeinsam gelöst und das dazu angepasste Überwachungssystem qualifiziert werden. Die weitere Betreuung der Kunden und die anschließende Vermarktung wird dann die Precitec Gruppe garantieren.

Ansprechpartner

Dipl.-Ing. P. Abels, Tel.: -428
peter.abels@ilt.fraunhofer.de
Dr. S. Kaierle, Tel.: -212
stefan.kaierle@ilt.fraunhofer.de

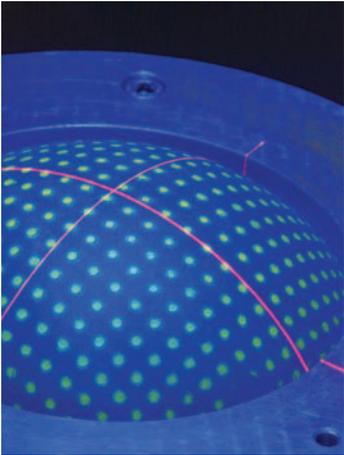
Abbildungsoptik für die kamerabasierte koaxiale Prozessüberwachung (CPC) montiert an der Nd:YAG-Laserstrahl-Fokussieroptik der Firma Precitec



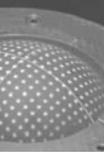


Das Angebotsspektrum des Geschäftsfeldes umfasst die Entwicklung von Mess- und Prüfverfahren sowie entsprechender Anlagen zur Stoffanalyse und zur Geometrie- und Oberflächenprüfung. Die erforderliche Mess- und Prüfsoftware wird auf die kundenspezifischen Problemstellungen zugeschnitten. Die Stoffanalyse beruht auf dem Einsatz laserspektroskopischer Verfahren. Schwerpunktmäßig befasst sich dieser Bereich mit der Analyse metallischer und oxidischer Werkstoffe, der Verwechslungsprüfung, der Schnellerkennung von Werkstoffen für Recyclingaufgaben sowie der Analyse von Gasen und Stäuben. Für die parallele Verarbeitung von Detektorsignalen hoher Bandbreite werden spezielle Elektronikkomponenten entwickelt. Vor zwei Jahren wurde das Themenfeld Biophotonik aufgegriffen. Im Rahmen von Verbundprojekten wird Expertise im Bereich hochsensitiver Fluoreszenzdetektion für Proteinchips aufgebaut.

Im Bereich Geometrie- und Oberflächenprüfung werden Komponenten, Geräte und Anlagen, mit denen 1- bis 3-D-Informationen über die Geometrie- oder die Oberflächenbeschaffenheit von Werkstücken gewonnen werden können, entwickelt. Hierzu zählen beispielsweise Verfahren und Sonderanlagen für die Prüfung der Topologie von strang- und bandförmigen Produkten, Geräte für die 1-D- bis 2-D-Vermessung von Stückgut sowie Elektronikkomponenten für Lasertriangulations- und Laserlichtschnittsensoren. Zielmärkte sind die produzierende Industrie und die Recyclingwirtschaft, die mess- oder prüftechnische Aufgaben prozessnah und schnell durchführen müssen.



Online 3-D-Formänderungsanalyse
mit Laser-Lichtschnittverfahren



Online 3-D-Formänderungsanalyse mit Laser-Lichtschnittverfahren	96	Konfokale Laserscanning Mikroskopie	104
Schnelle lasergestützte Element- analyse von Schlackeproben	97	Analyse kleinster Flüssigkeitströpfchen	105
Schnelle Präparation und Analyse von Prozessproben mit Laserverfahren	98	Systematisierte Protein- kristallisation mit statischen Laserstreulichtmessungen	106
Schnelle Identifikation von Leichtmetall-Legierungen für die automatische Sortierung	99	MLA - Offene Messplattform für Anwendungen in den Life Sciences	107
Online-Silizium-Kontrolleinheit beim Laserschweißen von Stringerteilen	100	Mathematische Methoden zur Online-Auswertung von Daten	108
Online-Messung an verzinkten Blechen	101		
Effizienzsteigerung beim Mikroabtrag mit Tailored Pulse Trains	102		
Grundlagen für die Standardisierung der Laser- Emissionsspektrometrie	103		

Anmerkung der Institutsleitung

Wir weisen explizit darauf hin, dass die Offenlegung der nachfolgenden Industrieprojekte mit unseren Auftraggebern abgestimmt ist. Grundsätzlich unterliegen unsere Industrieprojekte der strengsten Geheimhaltungspflicht. Für die Bereitschaft unserer Industriepartner, die aufgeführten Berichte zu veröffentlichen, möchten wir an dieser Stelle herzlich danken.

Aufgabenstellung

Mit dem Laser-Lichtschnittverfahren wird die dreidimensionale (3-D) Geometrie von Messobjekten berührungslos gemessen.

Ein Anwendungsgebiet ist die 3-D-Formänderungsanalyse beim hydraulischen Tiefungsversuch, dem sogenannten Bulgetest, der zur Bestimmung des Umform- und Verfestigungsverhaltens von Blechen eingesetzt wird. Durch die schnelle und umfassende Materialcharakterisierung wird der Bulgetest sowohl bei der Entwicklung neuer metallischer Werkstoffe mit immer komplexeren Eigenschaften als auch bei der Prüfung von Blechen für Qualitätssicherungsaufgaben eingesetzt.

Vorgehensweise

Im Rahmen eines FuE-Verbundvorhabens wurde ein Demonstrator für eine 3-D-Lasersensorik aufgebaut, der mit einer Blechprüfmaschine kombiniert wird. Die Verformung der Bleche beim Bulgetest wird dabei mit Laser-Lichtschnittsensoren in zwei zueinander senkrechten Ebenen erfasst. Eine Kamerasensorik misst parallel über ein Punktraster die lokalen Formänderungen an der Blechkuppe. Aus den Messdaten werden die Materialeigenschaften - wie Fließ- und Verfestigungsverhalten - online berechnet.

Ergebnisse und Anwendungen

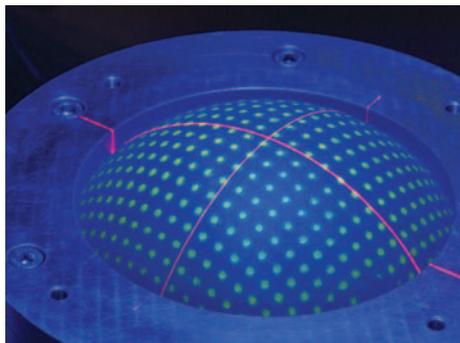
Die drei Sensoren messen die Blechumformung simultan und ohne störende Beeinflussung durch Umgebungs- und Streulicht. Die drei Einzelsensoren sind spektral entkoppelt, um eine wechselseitige Störung auszuschließen.

Nach einer kurzen Probenpräparationszeit von weniger als 5 Minuten wird die Blechverformung mit bis zu 5 Hz detektiert und mit gleicher Frequenz online die Materialeigenschaften bestimmt. Die Messunsicherheit dieses Verfahrens beträgt ca. 30 µm. Vorteile des Prüfverfahrens sind u.a. bis zu vierfach höhere Umformgrade im Vergleich zum herkömmlichen Zugversuch und eine schnellere Beurteilung von Chargenqualitäten. Mit dem Demonstrator wurden bereits viele unterschiedliche Materialien wie Dualphasenstähle (DP 500), TRIP-Stähle (TRIP 600/800), DC 04 oder auch Al-Bleche geprüft. Nach Beendigung des Projekts wird der Demonstrator zur Marktreife weiterentwickelt und soll von einem Blechprüfmaschinenhersteller vertrieben werden.

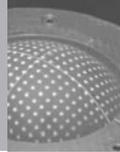
Das Projekt wird vom BMBF unter der Förderkennzahl 13N8111 gefördert und von mittelständischen Unternehmen mitfinanziert.

Ansprechpartner

Dipl.-Phys. J. Vrenegor, Tel.: -308
jens.vrenegor@ilt.fraunhofer.de
Dr. R. Noll, Tel.: -138
reinhard.noll@ilt.fraunhofer.de



Online 3-D-Formänderungsanalyse
von Blechen beim Bulgetest



Aufgabenstellung

Bei der Stahlherstellung bildet sich auf dem flüssigen Stahl eine Schlackeschicht. Die Kenntnis der Zusammensetzung der Schlacke ist eine wichtige Kontrollmöglichkeit für den Stahlherstellungsprozess. Kontrollproben, die mit einer Sonde aus der flüssigen Schlacke genommen werden, sollen schnell und Vor-Ort im Stahlwerk analysiert werden. Die Elementverteilung innerhalb der Proben ist stark inhomogen, so dass Verfahren zur verbesserten örtlichen Mittelung untersucht und umgesetzt werden sollen für einen speziellen Probentyp.

Vorgehensweise

Zur Elementanalyse wird die Laser-Emissionsspektrometrie eingesetzt. Ein gepulster Festkörperlaser erzeugt ein leuchtendes Materialdampfplasma auf der Probenoberfläche, dessen Strahlungsemission zur spektrochemischen Analyse genutzt wird.

Zunächst werden grundlegende Untersuchungen zur Spektrallinienauswahl und zur Elementverteilung durchgeführt und verbesserte Kalibrationsmethoden für diesen speziellen Probentyp entwickelt. Basierend auf diesen Ergebnissen wird ein Anlagenkonzept für den Stahlwerksbetrieb entworfen und als Demonstrator aufgebaut. Damit wird die Transportzeit für die Probe minimiert. Die analytische Leistungsfähigkeit wird im Vor-Ort-Einsatz erprobt.

Ergebnisse und Anwendungen

In der ersten Projektphase wurden Betriebsproben hinsichtlich der Elementverteilung untersucht. Die analytische Eignung verschiedener Spektrallinien für den speziellen Probentyp wurde bewertet und die Auswahl wird in dem Spektrometeraufbau umgesetzt werden. Multivariate Kalibriermethoden wurden an einem Probensatz eines Stahlunternehmens erprobt.

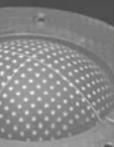
Die Arbeiten werden von der Europäischen Gemeinschaft für Kohle und Stahl (EGKS) und der Fraunhofer-Gesellschaft finanziell unterstützt.

Ansprechpartner

Dr. V. Sturm, Tel.: -154
volker.sturm@ilt.fraunhofer.de
Dr. R. Noll, Tel.: -138
reinhard.noll@ilt.fraunhofer.de

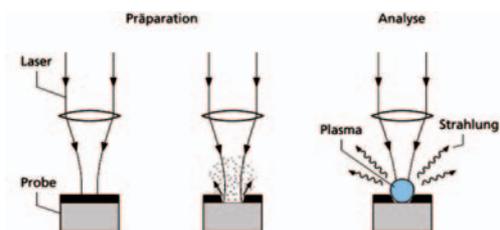


Schlackeprobe, mit einer Sonde aus der flüssigen Schlackeschicht gezogen



Aufgabenstellung

Für die metallurgische Prozessführung ist eine schnelle Elementanalyse von Produktionskontrollproben bei der Stahlherstellung sehr wichtig. Die zur Zeit eingesetzten Verfahren wie Funken-Emissionsspektrometrie, Verbrennungsanalyse und Röntgenfluoreszenzanalyse erfordern dazu einen hohen Aufwand für die Probenpräparation, zum Beispiel durch mechanisches Fräsen und Schleifen der Proben. Im Rahmen des Verbundvorhabens ATLAS wird ein Demonstrator entwickelt, welcher das bisher übliche zweistufige Verfahren aus mechanischer Probenpräparation und anschließender Elementanalyse mit Funken-Emissionsspektrometrie durch ein einziges lasergestütztes Prüfsystem ersetzt. Aufgrund des Wegfallens diverser Zwischenschritte kann eine erhebliche Produktivitätsverbesserung bei der Stahlherstellung erzielt werden. Der Demonstrator wird in der Endphase des Projektes in einem Stahlwerk validiert.



Präparation und Analyse von Produktionskontrollproben mit dem Laserverfahren

Ergebnisse und Anwendungen

Ausgehend von der Anforderungsanalyse wird ein Grobkonzept für den Demonstrator erstellt. Erste Messungen wurden bereits an Prozessproben durchgeführt.

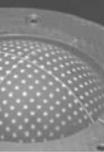
An dem Verbundprojekt sind neben dem Laser-Laboratorium Göttingen acht weitere Unternehmen beteiligt. Die Arbeiten werden vom Bundesministerium für Wirtschaft und Arbeit und der Fraunhofer-Gesellschaft finanziell unterstützt.

Ansprechpartner

Dipl.-Phys. J. Vrenegor, Tel.: -308
jens.vrenegor@ilt.fraunhofer.de
Dr. R. Noll, Tel.: -138
reinhard.noll@ilt.fraunhofer.de

Vorgehensweise

Mit dem Laser werden beide Aufgaben geleistet: Präparation und Analyse. Die Zunderschicht wird zunächst lokal durch die Laserstrahlung abgetragen und das Bulkmaterial nachfolgend mit dem Laser analysiert. Der Laser arbeitet berührungsfrei und im Vergleich zum herkömmlichen Fräsen und Schleifen weitgehend verschleiß- und wartungsfrei.



Aufgabenstellung

Das Recycling von Aluminium stellt eine wichtige Sekundärrohstoffquelle dar. Neben dem Aspekt der Ressourcenschonung ermöglicht die Rückführung von Altaluminium in den Materialkreislauf erhebliche Energieeinsparungen. So erfordert das Recycling von Aluminium nur ca. 5% des Energieeinsatzes der Primärherstellung. Die Verarbeitung von Aluminiumschrotten in Sekundärschmelzwerken zu hochwertigem Aluminium ist allerdings nur möglich, wenn der Schrott in Form von sortenreinen Guss- oder Knetlegierungen vorliegt.

Automatisch arbeitende Sortiergeräte zur Trennung in Guss- und Knetlegierungen sowie in unterschiedliche Legierungsgruppen als Voraussetzung für ein werkstoffliches Recycling auf hohem Qualitätsniveau sind nicht verfügbar.

Im Rahmen des Verbundprojektes SILAS wird ein neues, lasergestütztes Identifikationsverfahren entwickelt, mit dem ein hoher Materialdurchsatz bei gleichzeitig hohem Reinheitsgrad der sortierten Fraktionen erreichbar ist. Ziel des Projektes ist der Aufbau eines Demonstrators, mit dem die Funktionsfähigkeit des Verfahrens unter praxisrelevanten Betriebsbedingungen nachgewiesen werden kann.

Vorgehensweise

Der Verfahrensansatz beruht auf einer Kombination aus Bildverarbeitung, lasergestützter Geometrieerfassung und Laser-Emissionsspektrometrie. Neben geometrischen und optischen Merkmalen des Sortiergutes wird die

chemische Zusammensetzung der Einzelkörner laserspektroskopisch bestimmt und das Sortiergut anschließend entsprechend der auf den Messgrößen basierenden Sortierentscheidung automatisch in zwei oder mehr Fraktionen getrennt.

Ergebnisse und Anwendungen

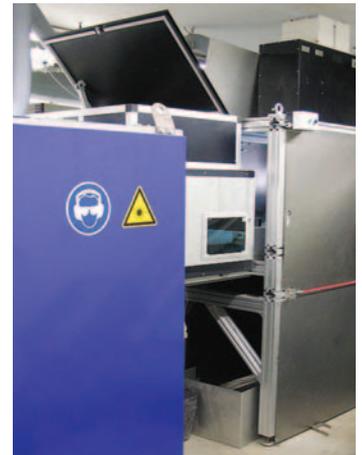
Die Integration und Synchronisation aller Teilmodule des Demonstrators wurde erfolgreich abgeschlossen und der Probetrieb aufgenommen. Schwerpunktmäßig werden der Einfluss verschiedener Prozessparameter auf die Qualität der Materialklassifizierung und die Standfestigkeit der Anlage im Langzeitbetrieb untersucht.

Das Projekt wird von mittelständischen Unternehmen, dem Bundesministerium für Wirtschaft und Arbeit und der Fraunhofer-Gesellschaft finanziell unterstützt.

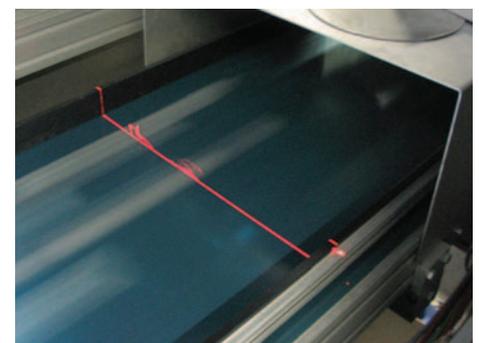
Aufbauend auf dem SILAS-Demonstrator werden Identifikations- und Sortiersysteme entwickelt, die von der CommoDas Gruppe in Kooperation mit den Projektpartnern vermarktet werden sollen.

Ansprechpartner

Dipl.-Phys. Ü. Aydin, Tel.: -431
uemit.aydin@ilt.fraunhofer.de
Dr. J. Makowe, Tel.: -327
joachim.makowe@lsa-systems.de
Dr. R. Noll, Tel.: -138
reinhard.noll@ilt.fraunhofer.de



Oben: Demonstrator und Laserspektroskopie-Modul (Mitte) des Fraunhofer ILT
Unten: Laserlichtschnittsensor erfasst bewegte Objekte auf dem Förderband
(Quelle: Institut und Lehrstuhl für Aufbereitung und Recycling fester Abfallstoffe I.A.R., RWTH Aachen)





Aufgabenstellung

Für die Prozesskontrolle beim Laserschweißen von Strukturkomponenten im Flugzeugbau soll eine Online-Kontrolleinheit aufgebaut und in die bestehende Schweißanlage des Kunden integriert werden. Ziel ist ein kompaktes, in die Schweißanlage integrierbares System hoher Verfügbarkeit.

Vorgehensweise

Beim Laserschweißen von Aluminium-Werkstoffen kann die Wahrscheinlichkeit für das Auftreten von Heißrisen durch die Zugabe von Silizium stark reduziert werden. Die spektroskopische Bestimmung des in die Schweißnaht eingebrachten Siliziumgehalts erübrigt eine aufwändige, nachträgliche Überprüfung der Schweißnaht auf Heißrisse. In einer Konzeptevaluierung wurden zunächst die in Frage kommenden Komponenten des Systems ermittelt und die Grenzen der Leistungsfähigkeit abgeschätzt. Im zweiten Schritt wurde ein industrietaugliches System mit einer auf den Anwendungsfall abgestimmten Software entwickelt.

Ergebnisse und Anwendungen

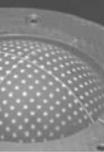
Die Online-Silizium-Kontrolleinheit wurde in die Schweißanlage des Kunden integriert. Sie prüft spektroskopisch zwei Schweißnähte simultan und wertet die Messdaten im Fertigungsfluss aus. Die Messergebnisse werden an einen Leitrechner übermittelt.

Ansprechpartner

Dipl.-Ing. (FH) O. Klein, Tel.: -133
oliver.klein@ilt.fraunhofer.de
Dipl.-Ing. (FH) A. Lamott, Tel.: -133
andre.lamott@ilt.fraunhofer.de
Dr. R. Noll, Tel.: -138
reinhard.noll@ilt.fraunhofer.de

Ansicht des Spektrometermoduls der Online-Silizium-Kontrolleinheit





Aufgabenstellung

Eine gleichbleibende Qualität der Dicke und der Zusammensetzung der Zinkschicht ist bei der Herstellung von verzinkten Blechen unverzichtbar. Kilometerlange Bänder, mit Zinkschichtdicken von 3 bis 12 μm , müssen bei einer Prozessgeschwindigkeit von 1 - 2 m/s überprüft werden. Im Rahmen eines FuE-Vorhabens wird ein Verfahren zur Online-Bestimmung der Dicke und der chemischen Zusammensetzung der Zinkschicht entwickelt. Die zur Zeit eingesetzte Methode, die Röntgenfluoreszenz, analysiert nur die Zinkschichtdicke und gibt keine Information über die chemische Zusammensetzung der Schicht.

Vorgehensweise

Das Verfahren der Laser-Emissionsspektrometrie ermöglicht eine berührungslose Analyse, bei der keine Probenentnahme nötig ist. Ein gepulster Nd:YAG-Laser generiert auf dem Blech ein Plasma. Die chemische Zusammensetzung wird durch Detektion der angeregten elementspezifischen Linienstrahlung bestimmt. Die Messtiefe kann durch eine geeignete Wahl der Laserstrahlparameter eingestellt werden.

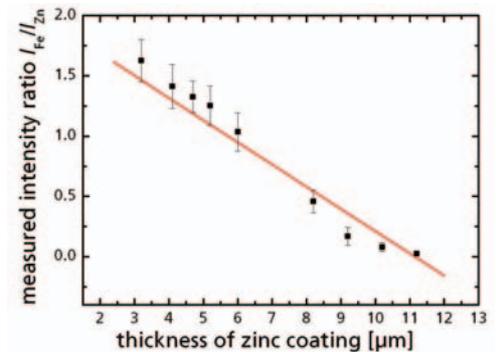
Ergebnisse und Anwendungen

Versuche an elektrolytisch verzinkten Blechen mit verschiedenen Zinkauflagen haben gezeigt, dass die Zinkschichtdicke mit einer Serie von einzelnen Laserpulsen bestimmbar ist. Mit dieser Messmethode kann ein Auflösungsvermögen von bis zu 400 nm erreicht werden. Damit ist eine entscheidende Voraussetzung zur Online-Messung erfüllt.

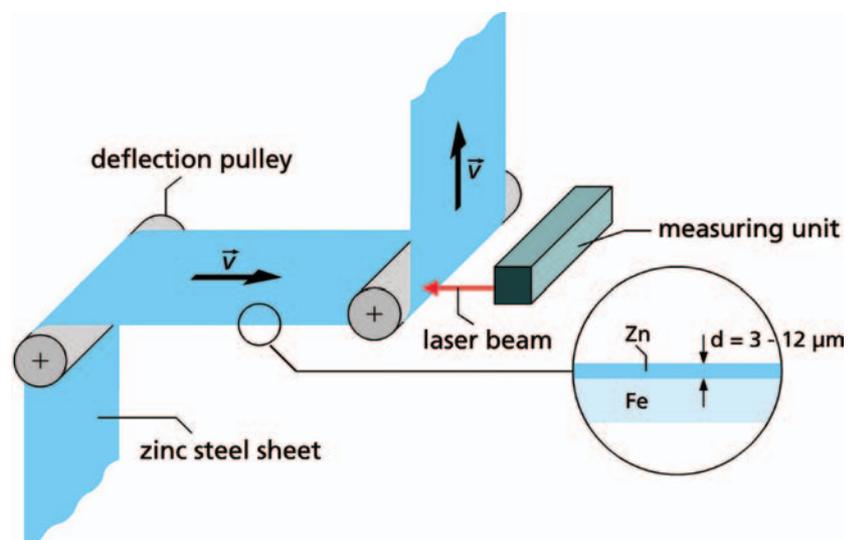
Das Projekt wird mit finanzieller Unterstützung der Europäischen Kommission für Kohle und Stahl (EGKS) und der Fraunhofer-Gesellschaft durchgeführt.

Ansprechpartner

Dr. H. Balzer, Tel.: -196
herbert.balzer@ilt.fraunhofer.de
Dipl.-Ing. (FH) M. Höhne, Tel.: -160
manuela.hoehne@ilt.fraunhofer.de
Dr. R. Noll, Tel.: -138
reinhard.noll@ilt.fraunhofer.de



Oben: Ergebnis der Lasermessungen an elektrolytisch verzinkten Blechen mit unterschiedlichen Dicken der Zinkschicht
Unten: Schematische Darstellung der Messeinheit zur Online-Prüfung verzinkter Bleche



Aufgabenstellung

Die Effizienz des Mikroabtrags mit Laserstrahlung bei der Materialbearbeitung soll hinsichtlich der Abtragsrate und Qualität gesteigert werden. Gleichzeitig soll der Schmelzanteil bei der Bearbeitung verringert werden. Ein weiteres Ziel ist es, die laserinduzierten Plasmasignale während des Abtrags zu analysieren und Korrelationen zwischen der Dynamik der spektralen Emission und dem Abtragsprozess zu erkennen.

Darüber hinaus sollen durch die Untersuchungen Erkenntnisse über das dynamische Verhalten beim Laserabtrag gewonnen werden, um die Prozessgrenzen zu erweitern.

Vorgehensweise

Bisher wird bei der Lasermaterialbearbeitung und der Laser-Emissionsspektrometrie zumeist die Laserenergie in gleichartige, zeitlich äquidistante Pulse, z. B. gütegeschaltete Pulse mit einer Pulslänge im Nanosekunden-Bereich, aufgeteilt.

Mittels maßgeschneiderter, zeitlich modulierter Laserpulszüge sollen bei gleicher eingebrachter Laserenergie sowohl der Materialabtrag als auch die Online-Diagnostik des Plasmazustands verbessert werden. Dies wird dadurch erreicht, dass die Energie der Einzelpulse auf Pulsbursts aufgeteilt wird. Die Pulse der Bursts folgen sehr schnell aufeinander ($< 5 \mu\text{s}$), sodass die letzten Pulse eines Bursts auf einen durch vorangegangene Pulse konditionierten Wechselwirkungsort treffen.

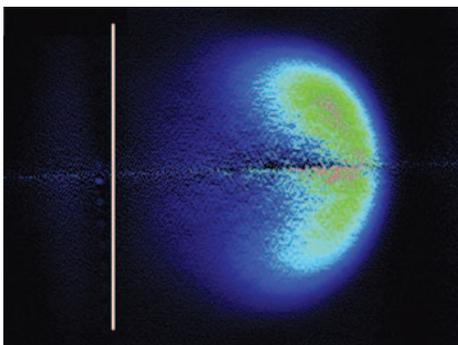
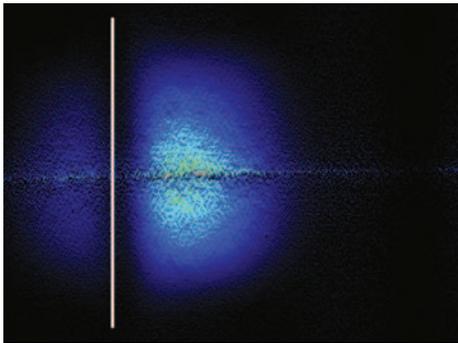
Ergebnisse und Anwendungen

Verglichen mit dem Einzelpulsabtrag kann durch den Abtrag mit Pulsbursts die Abtragsrate bei gleicher mittlerer Laserleistung um einen Faktor zehn gesteigert werden. Die elementspezifische spektrale Emission erhöht sich bis zu einem Faktor vier.

Das Projekt Tailored Pulse Trains gehört zum Schwerpunktprojekt 1139 der Deutschen Forschungsgemeinschaft. Das Projekt wird am Lehrstuhl für Lasertechnik der RWTH Aachen in Kooperation mit dem Fraunhofer ILT durchgeführt.

Ansprechpartner

Dipl.-Ing. (FH) C. Hartmann, Tel.: -207
claudia.hartmann@ilt.fraunhofer.de
Dipl.-Phys. Ü. Aydin, Tel.: -431
uemit.aydin@ilt.fraunhofer.de
Dr. A. Gillner, Tel.: -148
arnold.gillner@ilt.fraunhofer.de
Dr. R. Noll, Tel.: -138
reinhard.noll@ilt.fraunhofer.de



Oben: Aufnahme des Eigenleuchtens eines Einzelpuls-Plasmas $5 \mu\text{s}$ nach dem Laserpuls (Belichtungszeit: 100 ns). Die senkrechte, weiße Linie markiert die Probenoberfläche. Der Laserstrahl trifft von rechts auf die Probenoberfläche.

Unten: Aufnahme des Eigenleuchtens eines Dreifachpuls-Plasmas $5 \mu\text{s}$ nach dem zweiten Laserpuls (Belichtungszeit: 100 ns). Das Plasma hat sich im Unterschied zum Einzelpuls von der Oberfläche abgelöst und nimmt ein signifikant größeres Emissionsvolumen ein.

Aufgabenstellung

Die Laser-Emissionsspektrometrie (Laser-Induced Breakdown Spectroscopy LIBS) ist ein Verfahren zur berührungslosen chemischen Analyse von Substanzen mit einem großen Anwendungspotenzial in Industrie und Umwelttechnik. Für eine breite Markterschließung ist die Festlegung von Standards für diese neue Methode erforderlich, um die Vergleichbarkeit und Rückführbarkeit der Messergebnisse sicherzustellen. In einem ersten Schritt sind einheitliche Begriffe und Kenngrößen für die Laser-Emissionsspektrometrie zu definieren.

Anlässlich der ICALEO-Konferenz (22nd Int. Congress on Applications of Lasers & Electro-Optics, 13. - 16. Okt. 2003) in Jacksonville, Florida wurden von einem internationalen Komitee die Bedingungen standardisierter Messungen mit Hilfe der Laser-Emissionsspektrometrie erörtert und festgelegt. Im Rahmen dieser Vereinbarung sollen in sechs verschiedenen Laboratorien länderübergreifend gleichartige Experimente unter definierten Bedingungen durchgeführt sowie die Ergebnisse miteinander verglichen und bewertet werden.

Vorgehensweise

Zur Durchführung dieser standardisierten LIBS-Messungen musste eine Messeinrichtung aufgebaut werden, die den vereinbarten Bedingungen entspricht. Zu diesen gehören u.a. der Lasertyp, die Wellenlänge des Lasers, der Strahldurchmesser an der Fokussierlinse, die zeitliche Pulsbreite (FWHM), die Repetitionsrate, die Pulsenergie, die Brennweite der Fokussierlinse, der Abstand zwischen Fokussierlinse und Probe, die

Anzahl der Messpulse, das Umgebungsgas, die Fokussierlage relativ zur Probenoberfläche, der Kerndurchmesser der Lichtleiterfaser, deren Abstand zur Probenoberfläche sowie der Winkel zwischen der Faser und der optischen Achse des einfallenden Laserstrahls. Anschließend wurden Messreihen an einer zertifizierten Aluminium-Referenzprobe mit Mg- und Si-Anteilen durchgeführt und ausgewertet.

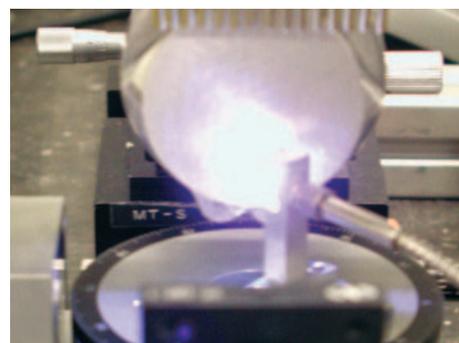
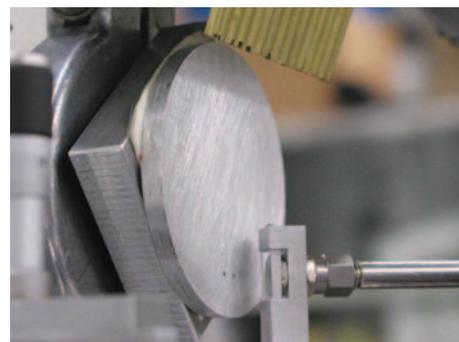
Ergebnisse und Anwendungen

Die Ergebnisse zeigen, dass das Fraunhofer ILT hinsichtlich der Präzision von LIBS-Untersuchungen im internationalen Vergleich zu den führenden Laboratorien gehört. Die erzielten Ergebnisse wurden auf der internationalen Konferenz LIBS 2004 vorgestellt.

Die durchgeführten Messkampagnen sind ein erster Schritt zur Formulierung eines internationalen Standards für die Laser-Emissionsspektrometrie, der der IUPAC (International Union of Pure and Applied Chemistry) vorgeschlagen werden soll.

Ansprechpartner

Dipl.-Phys. Ü. Aydin, Tel.: -431
uemit.aydin@ilt.fraunhofer.de
Dr. R. Noll, Tel.: -138
reinhard.noll@ilt.fraunhofer.de



Oben: Versuchsaufbau zur LIBS-Standardisierung (Seitenansicht); links: Al-Probe, oben: Argon-Spülung, rechts: Lichtwellenleiter mit Halterung
Unten: Versuchsaufbau zur LIBS-Standardisierung (Frontansicht); hinten: Al-Probe, oben: Argon-Spülung, vorne: Fokussierlinse

Aufgabenstellung

Zur optischen Analyse fluoreszenzmarkierter und reflektierender Proben mit hoher räumlicher Auflösung hat sich in der letzten Dekade die konfokale Laserscanning Mikroskopie etabliert. Mit dem Einsatz von Laserwellenlängen des sichtbaren Wellenlängenspektrums (400 nm bis 700 nm) wird eine beugungsbegrenzte laterale Auflösung von ca. 150 nm und eine axiale Auflösung von ca. 450 nm für kurzwelliges sichtbares Licht erreicht.

Vorgehensweise

Das hohe räumliche Auflösungsvermögen wird mit Objektiven hoher numerischer Apertur ($NA = 1,4$) und der Abbildung des Messsignals auf eine Lochblende mit wenigen Mikrometern Durchmesser in der Bildebene erzielt. Schnelle galvanometrische Scannerspiegel lenken den Laserstrahl mit einer Linienfrequenz von 2 kHz ab, um zweidimensionale Mikroskopiebilder zu erzeugen. Ein z-Scanner, der die Lage des scannenden Laserfokus in axialer Richtung verschiebt, erlaubt die Aufnahme hochauflösender dreidimensionaler Bilder.

Ergebnisse und Anwendungen

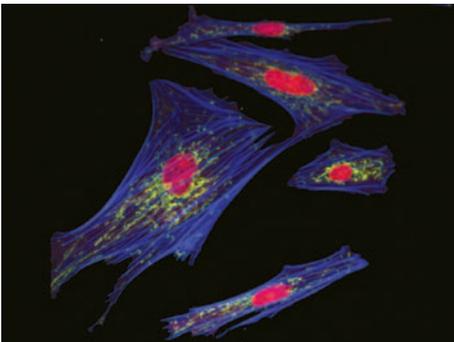
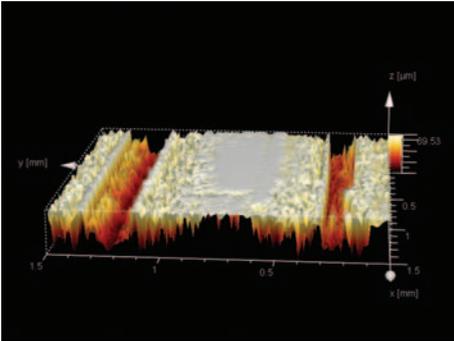
Die konfokale Mikroskopie kommt am Fraunhofer ILT in Demonstratoren vor allem dort zum Einsatz, wo an kleinen Probenvolumina von wenigen Femtolitern schwache Signale mit einem hohen Signal-zu-Rausch-Verhältnis detektiert werden müssen. Hierzu gehören die Einzelmolekülspektroskopie fluoreszenzmarkierter Biomoleküle und

die Laserstreulichtmessung zur markierungsfreien Bestimmung von Protein-Protein-Wechselwirkungen. Ein weiteres Einsatzgebiet der konfokalen Laserscanning Mikroskopie ist die Vermessung von Oberflächentopologien reflektierender Materialien, insbesondere von lasergefertigten Mikrostrukturen.

Neben der Aufnahme von dreidimensionalen Strukturen mit hoher räumlicher Auflösung ist die konfokale Mikroskopie hervorragend für die Untersuchung von Moleküldynamiken geeignet. Hierzu werden zeitaufgelöste Messmethoden der Fluoreszenzspektroskopie, die Fluorescence Correlation Spectroscopy (FCS) und das Fluorescence Lifetime Imaging (FLIM), eingesetzt. Durch die Beobachtung der Autokorrelationsfunktion eines einkanaligen Messsystems sowie der Kreuzkorrelation eines mehrkanaligen Messsystems können mit Hilfe der FCS Diffusions- und Reaktionskinetiken auf molekularer Ebene beobachtet werden. Die Methode des Fluorescence Lifetime Imaging erlaubt die Beobachtung von Moleküldynamiken, wie z. B. die Konformationsänderung funktionaler Biomoleküle.

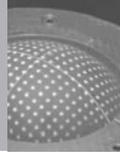
Ansprechpartner

Dr. C. Janzen, Tel.: -196
christoph.janzen@ilt.fraunhofer.de
Dr. A. Lenenbach, Tel.: -124
achim.lenenbach@ilt.fraunhofer.de
Dr. R. Noll, Tel. -138
reinhard.noll@ilt.fraunhofer.de



Oben: Vermessung des Tiefenprofils einer zweikanaligen Fluidikzelle mit dem konfokalen Laserscanning Mikroskop
mittlere Kanaltiefe: 70 µm,
mittlere Kanalbreite des linken Kanals: 250 µm, des rechten Kanals: 120 µm

Unten: Fluoreszenzaufnahme von dreifach gefärbten Fibroblasten (Bindegewebszellen) erzeugt mit drei Anregungswellenlängen:
 $\lambda = 488$ nm, Actin-Filamente (blau)
 $\lambda = 543$ nm, Mitochondrien (grün)
 $\lambda = 633$ nm, Zellkern (rot)



Aufgabenstellung

In der chemischen Analytik werden unter dem Begriff »Hyphenated Techniques« Kombinationsverfahren verstanden, die eine chromatographische Trennstufe mit einer empfindlichen Detektion der vereinzelt Fraktionen verbinden. In einem Verbundprojekt wird eine neuartige Analysetechnik für die Elementanalytik chromatographisch getrennter Einzelfraktionen entwickelt. Ein Anwendungsschwerpunkt liegt im Bereich der Speziationsanalytik.

Vorgehensweise

Das Eluat einer HPLC Säule wird durch eine piezoelektrisch gepulste Düse in eine regelmäßige Folge kleiner Tröpfchen überführt. Diese Tröpfchen werden synchronisiert von einem Laserpuls getroffen, verdampft und in ein leuchtendes Plasma überführt (Laser Induced Breakdown Spectrometry LIBS). Die Plasmaemission wird spektral analysiert und gibt Auskunft über die elementare Zusammensetzung der Probe. Am Fraunhofer-Institut für Lasertechnik ILT wurde zusammen mit den Verbundpartnern ein Demonstrator zur Evaluierung der neuen Technik aufgebaut. Ein Paschen-Runge Spektrometer wurde an eine Messkammer zur Aufnahme von Tröpfchengenerator und Lichtsammeloptik sowie zur Einstellung einer definierten Argonatmosphäre angekoppelt.

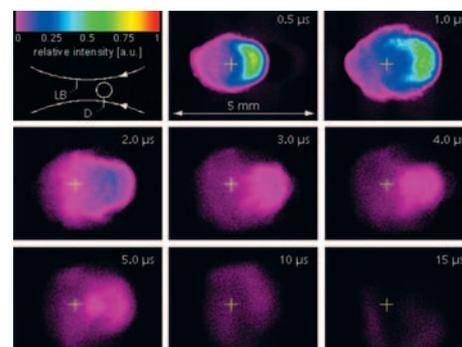
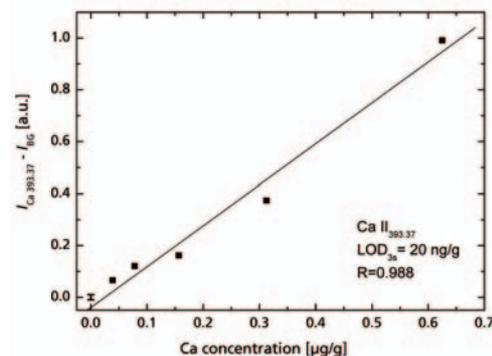
Ergebnisse und Anwendungen

Zur Charakterisierung der Wechselwirkung zwischen Tröpfchen und Laserpuls wurde die Plasmaexpansion mit einer elektrooptischen Kamera mit kurzer Verschlusszeit (80 ns) untersucht. Das Analysesystem wurde beim Anwender aufgebaut und in Betrieb genommen. Hier erfolgt die Evaluierung der neuen Technik anhand von Proben aus dem Bereich der Speziationsanalytik. Als ein Modell werden verschiedene Arsenspezies (anorganische und organische Arsenverbindungen mit verschiedenen Oxidationszuständen) chromatographisch getrennt und im Laserplasma analysiert. Für empfindlich nachzuweisende Elemente (z. B. Alkali- und Erdalkalimetalle) konnten Nachweisgrenzen von weniger als einem $\mu\text{g/g}$ erreicht werden. Aufgrund der geringen Durchflussrate ($\mu\text{l/min}$) der Technik sind absolute Detektionsmengen von weniger als einem Pikogramm möglich (Nachweisgrenze für Kalzium: 20 ng/g, absolut detektierbare Menge: 560 fg).

Das Projekt wird durch das BMBF unter der Förderkennzahl 13N8039, durch mittelständische Unternehmen und durch die Fraunhofer-Gesellschaft gefördert.

Ansprechpartner

Dr. C. Janzen, Tel.: -124,
christoph.janzen@ilt.fraunhofer.de
Dr. R. Noll, Tel.: -138,
reinhard.noll@ilt.fraunhofer.de



Oben: Kalibrationskurve zur Bestimmung der analytischen Empfindlichkeit des Demonstrators für das Element Kalzium. Die Nachweisgrenze (LOD = Limit of Detection) beträgt 20 ng/g.

Unten: Plasmaexpansion eines 170 μl Tröpfchens einer wässrigen Lösung mit 500 $\mu\text{g/g}$ Natrium nach Bestrahlung mit einem 50 mJ Laserpuls (1064 nm). Nur die Linienemission des Natriums (589 nm) wurde aufgenommen.

Aufgabenstellung

Voraussetzung für die Aufklärung der Struktur eines therapeutisch relevanten Proteintargets ist das Vorhandensein eines aus diesem Protein bestehenden Einkristalls. Die Kristallisation von Proteinen wird heute in der Regel empirisch durchgeführt und stellt einen Engpass in der Strukturaufklärung der Proteine dar. Das Fraunhofer ILT entwickelt daher zusammen mit Partnern aus Industrie und Forschung einen Demonstrator, mit dem in einem systematisierten, adaptiven Verfahren Protein-Einkristalle gezielt gezüchtet werden können.

Vorgehensweise

Durch Laserstreulichtmessungen können Protein-Proteinwechselwirkungen in Lösung markierungsfrei bestimmt werden. Dabei gibt es einen sehr eng umgrenzten Bereich schwach attraktiver Wechselwirkungen. Innerhalb dieses Bereiches können Proteineinkristalle ausgebildet werden. Diese Wechselwirkungen werden durch die Eigenschaften der Lösung beeinflusst. Mithilfe von Laserstreulichtmessungen werden die Wechselwirkungen der Proteine unter verschiedenen Lösungsbedingungen gemessen. Dabei werden diejenigen Lösungszusammensetzungen ermittelt, die eine Proteinkristallisation begünstigen. Mithilfe mathematischer Optimierungsalgorithmen können aus den ausgewählten Lösungsansätzen neue Lösungsbedingungen berechnet werden, von denen eine weitere Annäherung an das gesuchte Kristallisationsfenster zu erwarten ist. Ein Satz weiterer unterschiedlicher Proteinlösungen wird in den berechneten Zusammensetzungen automatisiert

angesetzt und durch Laserstreulichtmessungen auf die Protein-Protein-Wechselwirkungen untersucht. Die Iteration der beschriebenen Vorgehensweise soll die Kristallisationsparameter mit jedem Durchlauf näher an das Kristallisationsfenster heranbringen, bis sich ein Protein-Einkristall ausbildet.

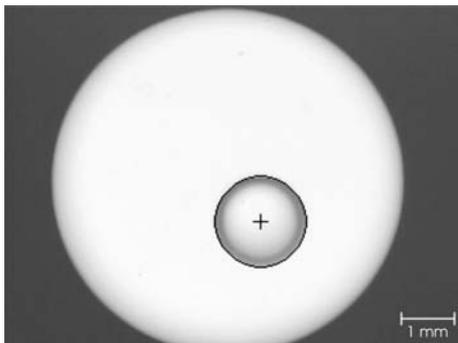
Ergebnisse und Anwendungen

Ein optisches Messverfahren konnte auf der Basis der konfokalen Laserstreulicht-Mikroskopie erarbeitet werden, das die Bestimmung der Protein-Protein-Wechselwirkungen in 500 Nanoliter kleinen Probenvolumina ermöglicht. Zusätzlich wurde eine automatisierte, bilddatengestützte Positioniereinheit entwickelt, die den beugungsbegrenzten Laserfokus im Zentrum des 500 Nanolitervolumens der zu untersuchenden Proteinlösungen positioniert. Dies erlaubt reproduzierbare Messbedingungen und damit die Integration der Laserstreulicht-Methode in einen Demonstrator für ein Hochdurchsatzverfahren zur systematisierten Proteinkristallisation.

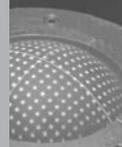
Das Vorhaben wird vom BMWA, mittelständischen Unternehmen und der Fraunhofer-Gesellschaft unterstützt.

Ansprechpartner

Dr. C. Janzen, Tel.: -196
christoph.janzen@ilt.fraunhofer.de
Dr. A. Lenenbach, Tel.: -124
achim.lenenbach@ilt.fraunhofer.de
Dr. R. Noll, Tel. -138
reinhard.noll@ilt.fraunhofer.de



Digitale Aufnahme eines 500 Nanoliter-Probenvolumens, automatisch markiert mit einer schwarzen Kreislinie und dem zugehörigen Kreismittelpunkt



Aufgabenstellung

Mit MLA wird ein offenes, modular aufgebautes und erweiterbares optisches Mess- und Mikromanipulationssystem zum spezifischen Nachweis fluoreszenzmarkierter Biomoleküle entwickelt.

Vorgehensweise

Ein konfokales Laserscanning Mikroskop ermöglicht den Nachweis einzelner oberflächengebundener oder in Lösung befindlicher Biomoleküle, z. B. Proteine. Dabei werden Detektionsvolumina von wenigen Femtolitern und eine Ortsauflösung im Bereich von Mikrometern erreicht.

Zur Fluoreszenzanregung stehen drei gepulste Diodenlaser mit Emissionswellenlängen im sichtbaren und nahinfraroten Spektralbereich zur Verfügung. Durch Auswahl geeigneter Fluoreszenzfilter kann das spektrale Detektionsfenster des jeweils verwendeten Fluoreszenzmarkers eingestellt werden.

Zeitkorrelierte Einzelphotonenzählung (TCSPC) mit einer Zeitauflösung von weniger als einer Nanosekunde erlaubt die Messung von Fluoreszenzlebensdauern. Damit lassen sich Erkenntnisse über molekulare Prozesse wie Protein-Protein-Wechselwirkungen oder Konformationsänderungen der Proteine gewinnen.

Zudem verfügt die Anlage über ein konventionelles Auflichtmikroskop mit einem hochempfindlichen CCD-Kamerasystem zur Darstellung der Probenoberfläche.

Ergebnisse und Anwendungen

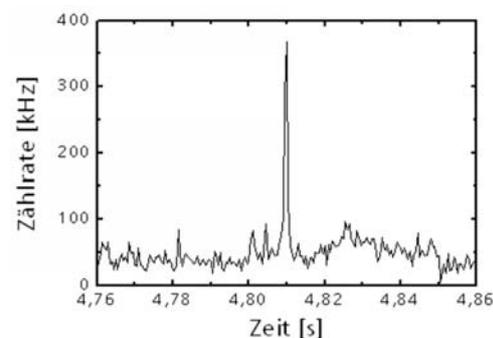
In seiner jetzigen Form ist MLA insbesondere auf die Untersuchung von Protein-Protein-Wechselwirkungen mit Einzelmolekülempfindlichkeit ausgelegt. Dabei können die Proteine sowohl in wässriger Lösung als auch an Oberflächen gebunden vorliegen.

Das System zeichnet sich durch seine offene Architektur aus, die es ermöglicht, jederzeit weitere Komponenten in den Aufbau zu integrieren, um so neue Anwendungen in der Messtechnik, wie z. B. die Fluoreszenzkorrelationsspektroskopie (FCS) oder die Mikromanipulation von Partikeln (Optische Pinzette), zu realisieren.

Mit MLA steht eine leistungs- und ausbaufähige Experimentierplattform für die fluoreszente Einzelmolekülanalytik in den Life Sciences zur Verfügung.

Ansprechpartner

Dr. A. Lenenbach, Tel.: -124
achim.lenenbach@ilt.fraunhofer.de
Dr. P. Jander, Tel.: -431
peter.jander@ilt.fraunhofer.de
Dr. R. Noll, Tel.: -138
reinhard.noll@ilt.fraunhofer.de



Fluoreszenzsignal eines einzelnen Moleküls, das durch den Laserfokus diffundiert

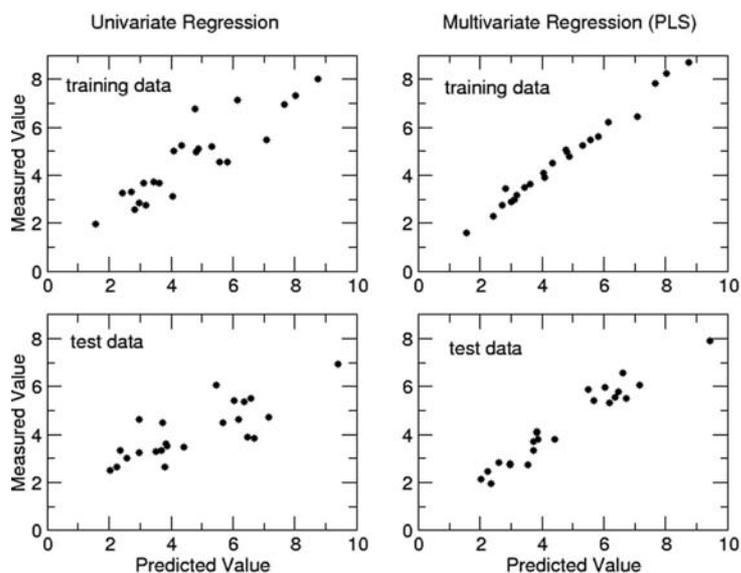
Aufgabenstellung

Lasertriangulation und Laser-Emissionsspektrometrie (Laser-induced breakdown spectroscopy LIBS) werden in zunehmendem Maße in der industriellen Fertigung zur Prozessverfolgung und Erhöhung der Produktqualität eingesetzt. Ihren vollen Nutzen können diese Anlagen aber nur entfalten, wenn die Auswertung der Messdaten automatisch und online erfolgt. Der Entwicklung und Implementierung geeigneter Algorithmen kommt daher eine große Bedeutung zu. Eine Aufgabenstellung ist die Kalibrierung von Laser-Messsystemen. Die Ableitung von z. B. Elementkonzentrationen aus Messdaten der Laser-Emissionsspektrometrie anhand physikalischer Modelle ist aufgrund der Komplexität der physikalischen Prozesse nicht möglich. Für die Kalibrierung müssen daher mathematische Methoden eingesetzt werden.

Vorgehensweise

LIBS-Spektrometer liefern z. B. Intensitäten von Emissionslinien vieler Elemente bei ein oder mehreren Wellenlängen pro Element (bis zu 50 Linien). Eine Methode ist die lineare Regression der Intensität einer Linie eines Elementes mit der bekannten Konzentration dieses Elements in einer Referenzprobe (diese Konzentration wird mit einem anderen rückführbaren Verfahren bestimmt). Hierbei geht aber Information verloren, da häufig Korrelationen zwischen den Intensitäten unterschiedlicher Linien bestehen, deren Berücksichtigung die Genauigkeit der Kalibrierung erhöhen kann. Etablierte Methoden zur Berücksichtigung dieser Korrelationen sind die multivariate Datenanalyse sowie Neuronale Netze und Support Vector Machines. Die beiden letztgenannten Methoden erfassen insbesondere einen unbekanntem nichtlinearen Zusammenhang zwischen Messgröße und zu bestimmender Größe.

Vergleich univariate
und multivariate Regression

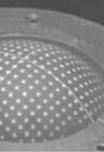


Ergebnisse und Anwendungen

Die Vorhersage einer einfachen univariaten Regression für Messdaten der Laser-Emissionsspektrometrie wird mit einer PLS-Regression (partial least square) verglichen. Die PLS Regression zeigt sowohl bei den Trainingsdaten als auch bei Testdaten eine deutlich genauere Vorhersage.

Ansprechpartner

Dr. R. Wester, Tel.: -401
rolf.wester@ilt.fraunhofer.de
Dr. R. Noll, Tel.: -138
reinhard.noll@ilt.fraunhofer.de



Kurzportrait

Das European Laser Institute wurde 2003 auf Initiative und mit Förderung der Europäischen Union gegründet. Ziel von ELI ist, 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 über 20 führenden Forschungseinrichtungen 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.

Highlights 2004

Gemeinsam mit Volkswagen veranstaltete das European Laser Institute am 28. Oktober 2004 die Industrial Conference on Automotive Research. Auf der mit über 150 Teilnehmern vollständig ausgebuchten Konferenz berichteten Referenten aus Forschung und Industrie über den aktuellen Stand der Technik beim Einsatz von Lasertechnologien im Automobilbau.

Kontakt

Dr. Stefan Kaielerle
 Telefon: +49 (0) 241 8906-212
 Fax: +49 (0) 241 8906-121
 kaielerle@europeanlaserinstitute.org

Executive Committee

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

- Dr. Stefan Kaielerle (Vorsitzender), Fraunhofer ILT, Deutschland
- Dr. Peter E. Andersen, Risoe National Laboratory, Dänemark
- Dr. Christian Boucher, Institut de Soudure, Frankreich
- Dr. Paul Hilton, TWI, Großbritannien
- Dr. Wolfgang Knapp, CLFA, Frankreich
- Prof. Dr. Veli Kujanpää, Lappeenranta University of Technology, Finnland

Weitere Informationen im Internet:
www.europeanlaserinstitute.org/



Patenterteilungen Deutschland

- DE 43 22 609 B 4**
Verfahren sowie Vorrichtung zur Prüfung von Fokussieroptiken
- DE 196 16 187 B 4**
Vorrichtung zum Anregen elektrischer Entladungen mittels getakteter Spannungsspitzen
- DE 197 35 094 B 4**
Anordnung zur geometrischen Umformung eines Strahlungsfeldes
- DE 197 25 888 B 4**
Applikationsvorrichtung zum Abtragen von biologischem Gewebe
- DE 199 22 566 B 4**
Verfahren zur Erzeugung von Ultraviolettstrahlung
- DE 198 20 696 B 4**
Resonatorkonfiguration mit kompakter Einkopplungsmöglichkeit von Pumpstrahlung
- DE 100 05 359 B 4**
Resonatoranordnung mit mindestens zwei Faltungselementen
- DE 199 25 203 B 4**
Verfahren zum Verschweißen von Kunststoffen, verwendeter Kunststoff und Schweißzusatzwerkstoff
- DE 101 22 010 B 4**
Anordnung zum Multiplexing und/oder Demultiplexing
- DE 102 08 781 B 4**
Verfahren und Vorrichtung zum Bestimmen der Intensitätsverteilung beim Auftreffen eines Laserstrahls auf eine Objektoberfläche
- DE 102 07 692 B 4**
Verfahren und Vorrichtung zur Prüfung einer Klebe- oder Haftverbindung von Mehrlagenschichten
- DE 102 38 096 B 3**
Gasentladungslampe

Patenterteilungen Europa

- EP 1 136 668 B 1**
Verfahren zur Verkürzung der Anspringszeit eines Katalysators

Patenterteilungen USA

- US 6, 791, 057 B 1**
Method and device for machining workpieces using high-energy radiation
- US 6, 768, 763 B 1**
Resonator system with at least two folding elements
- US 6, 654, 163 B 1**
Optical amplifier arrangement for a solid state laser
- US 6, 788, 763 A**
Device for producing an extreme ultraviolet and soft X-radiation from a gaseous discharge

Patenterteilungen Taiwan

- 91103895**
Method and device for the generation of far ultraviolet or soft x-ray radiation

Patentanmeldungen National

- 10 2004 018 280.9**
Verfahren sowie Düse zur Bearbeitung oder Analyse eines Werkstücks oder einer Probe mit einem energetischen Strahl
- 10 2004 014 820.1**
Verfahren zum Bohren von metallischen Werkstoffen sowie von geschichteten metallischen Werkstoffen und solchen, die mindestens eine keramische Schicht aufweisen
- 10 2004 018 849.1**
Herstellung farbiger Innenmarkierung von Glas durch Laserbestrahlung
- 10 2004 015 580.1**
Verfahren zur Strahlformung und/oder Strahlumlenkung von EUV-Strahlung
- 10 2004 026 257.8**
Gläser mit farbiger Innenmarkierung
- 10 2004 042 155.2**
Online-Verfahren und Vorrichtung zur Schichtdickenmessung und Tiefenprofilanalyse an bewegten Bandmaterialien mit Laser-Emissionsspektrometrie
- 10 2004 103 42 239.0**
Verfahren und Vorrichtung zum Erzeugen von Extrem-Ultraviolettstrahlung oder weicher Röntgenstrahlung
- 10 2004 051 310.4**
Vorrichtung und Verfahren zur Durchführung der Emissionsspektrometrie
- 10 2004 051 311.2**
Verfahren und Vorrichtung zur Durchführung der Fluoreszenz- und Emissionsspektrometrie
- 10 2004 052 323.1**
Verfahren zum Trennen von Werkstoffen mit einem Laserstrahl

Patentanmeldungen International

- PCT/EP2004/007219**
Anordnung zur Transformation eines optischen Strahlungsfeldes
- PCT/EP2004/010256**
Verfahren zum Glätten und Polieren oder zum Strukturieren von Oberflächen
- PCT/IB2004/051651**
Verfahren und Vorrichtung zum Erzeugen von Extrem-Ultraviolettstrahlung oder weicher Röntgenstrahlung

Bremus-Koebberling, E.
23.04.2004

Strukturierung und Modifizierung von Polymeren mit UV-Laserstrahlung für Life Science Anwendungen

Rosier, O. - 21.05.2004

Pinchplasma mit Hohlkathodenzündung als Strahlungsquelle im extremen Ultraviolett

Zhang, D. - 06.07.2004

Entwicklung des Selective Laser Melting (SLM) für Aluminiumwerkstoffe

Bi, G. - 28.07.2004

Identifizierung und Qualifizierung von prozessrelevanten Kenngrößen zur Überwachung und Regelung beim Laserstrahlaufragschweißen

Brysch, A. - 15.11.2004

Laser-Emissionsspektrometrie für die Partikelanalyse von Prozessgasen bei der Roheisenerzeugung

Schneider, F. - 20.12.2004

Überwachung, Regelung und Automatisierung beim Hochgeschwindigkeitsschneiden von Elektroblechen mit Laserstrahlung

Knitsch, A. – 20.12.2004

Modulare Hochleistungs-Diodenlasersysteme hoher Brillanz

Rußbüldt, P. - 21.12.2004

Design und Analyse kompakter, diodengepumpter Femtosekunden-Laser

Bosse, L. - 21.12.2004

Prozesssicheres Selektivlötverfahren mit Laserstrahlung

Ascher, Sven

Entwicklung einer bilddatenbasierten Steuerung für eine Mikromanipulationseinheit zur Positionierung von Nanolitervolumina in der optischen Bioanalytik

Barkan, Yaman

Simultane Beobachtung der Kapillaröffnung an Ober- und Unterraupen beim Grobblechschweißen mit CO₂-Laserstrahlung

Becker, Bastian

Untersuchungen der Prozessführung zur Ausbesserung von Pulverlackschäden an Stahlbauteilen mittels Lasertechnologie

Becker, Martin

Laserstrahlhartlöten von Tailored Blanks

Brisset, Alban

Untersuchung von Abkühlspannungen am Glasrand mittels Laserstreulichtverfahren

Eppelt, Urs

Dynamik einer Schmelzströmung beim Bohren und Schweißen

Fries, Andreas P.

Untersuchung zur Reparatur von Stanzwerkzeugen mittels Laserstrahl-Auftragschweißen

Gedicke, Jens

Spaltüberbrückbarkeit im Überlappstoß beim Laserstrahlmikroschweißen von Edelstahl

Gerhardy, Christof

Konstruktion einer modularen Prozessüberwachung für die Lasermaterialbearbeitung mit Galvanometerscannern

Heinemann, Falk

Entwicklung und Analyse von Beurteilungsstrategien von Nd:YAG laserstrahlgeschweißten I-Nähten am Stumpfstoß mittels eines Lichtschnittsensoren

Henkenjohann, Oliver

Mikrostrukturierung einer Biotinschicht mit UV-Excimerlaserstrahlung und Synthese eines photolabilen Linkers für Biotin

Herawati, Tatik

Conception of controlling non-linear optical processes in widely tunable laser sources

Holtkamp, Jens

Entwicklung eines modularen Optiksystems für die kamerabasierte Prozesskontrolle beim Laserstrahl-schweißen

Pawliczek, Sven

Qualifizierung des SLM-Verfahrens zur Herstellung von Mikrostrukturen

Roehrig, Serge

Untersuchungen zur Erzeugung der zweiten und vierten Harmonischen von Nd:YAG-Lasern hoher mittlerer Leistung

Wessling, Christian

Strahlüberlagerung von Hochleistungs-Diodenlaserbarren mit doppelbrechenden Kristallen

Wortmann, Dirk

Charakterisierung eines diodengepumpten Cr:LiSAF KLM fs-Ring-Oszillators

Wueppen, Jochen

Simulation und Experimente zur Differenzfrequenzerzeugung im sichtbaren Wellenlängenbereich

- A. Künzer, J. Kittel
Anticipative and Multimodal Human-Machine-Interface for an Autonomous 3D-Laser Beam Welding Cell
 Proceedings of IEEE SMC'2004
 Seiten 2859-2864, 2004
- J. Michel, S. Pfeiffer, W. Schulz, M. Niessen, V. Kostykin
Approximate Model for Laser Welding. Nonlinear Dynamics of Production Systems
 »Nonlinear Dynamics of Production Systems« Radons, Günter / Neugebauer, Reimund (eds.) 2
 Seiten 427-441, 2004
- J. Willach, J. Michel, A. Horn, W. Schulz, E. W. Kreutz, R. Poprawe
Approximate Model for Trepanning with Microsecond Nd:YAG Laser Radiation
 Appl. Phys. A 79
 Seiten 1157-1159, 2004
- D. Enders, C. Rijkssen, E. Bremus-Köbberling, A. Gillner, J. Köbberling
A triazene-based new photolabile linker in solid phase chemistry
 Tetrahedron Letters 45
 Seiten 2839-2841, 2004
- V. Sturm, J. Vrenegor, R. Noll, M. Hemmerlin
Bulk analysis of steel samples with surface scale layers by enhanced laser ablation and LIBS analysis of C, P, S, Al, Cr, Cu, Mn, Mo
 Journal of Analytical Atomic Spectrometry 19
 Seiten 451-456, 2004
- A. Knitsch, M. Traub, K. Rotter, H.-D. Hoffmann, P. Loosen, R. Poprawe
Characterization of tapered diode laser bars for the use in high power diode laser systems
 Proceedings of SPIE 5336
 Seiten 56-64, 2004
- E. W. Kreutz, J. Willach, I. Kelbassa, G. Backes, A. Horn, S. Keutgen, N. Pirch, R. Poprawe,
Cladding, drilling and shaping of aerospace and power plant components by laser radiation
 Proceedings of ISROMAC 10, 2004
- D. Petring
Computersimulation des Laserstrahlschneidens für die grenzwertorientierte Entwicklung robuster Prozesse
 Schweißen und Schneiden 56
 Seiten 276-282, 2004
- W. Schulz, C. Hertzler,
Cutting: Modelling and Data
 New Series Landolt-Börnstein, Advanced Materials and Technologies (VIII/1)
 Seiten 187-215, 2004
- M. Heise, O. Franken, W. Neff, J. Wunderlich, P. Muranyi
Decontamination of polymer foils with a combined UV-plasma source at atmospheric pressure
 Proceedings of UV-Karlsruhe 9
 9 Seiten, 2004
- C. Over, W. Meiners, K. Wissenbach, R. Poprawe
Direct manufacturing of titanium parts with unique properties
 Proceedings of the 10th World Conference on Titanium 1
 Seiten 525-531, 2004
- D. Petring, N. Wolf
Flexible Laserprozess- und -systemtechnik für die montagegenaue Fertigung im modularen Schienenfahrzeugbau
 ZEVrail Glasers Annalen 128
 Seiten 196-201, 2004
- A. Gillner, U.-A. Russek
Flexibles Werkzeug zum Strukturieren, Beschriften und Fügen
 Kunststoffe 2
 Seiten 19-23, 2004
- O. Rosier, R. Apetz, K. Bergmann, J. Jonkers, R. Wester, W. Neff, J. Pankert
Frequency Scaling in a Hollow-Cathode-Triggered Pinch Plasma as Radiation Source in the Extreme Ultraviolet
 IEEE Transactions on Plasma Science 32/1
 Seiten 240-246, 2004
- T. Krücken, K. Bergmann, L. Juschkina, R. Lebert
Fundamentals and limits for the EUV emission of pinch plasma sources for EUV lithography
 Journal of Physics D: Applied Physics 37
 Seiten 3213-3224, 2004
- H. Bette, R. Noll
High speed laser-induced breakdown spectrometry for scanning microanalysis
 Journal of Physics D: Applied Physics 37
 Seiten 1281-1288, 2004
- P. Loosen
High-power diode lasers and applications: status and future perspectives
 Proceedings of SPIE 5777
 2004
- K. Wissenbach
Innovative Entwicklungen im Bereich der Laseroberflächentechnik
 Tagungsband zum Aachener Kolloquium für Lasertechnik AKL'04
 Seiten 531-553, 2004
- D. Petring
Innovative Entwicklungen im Bereich des Laserschneidens und -schweißen
 Tagungsband zum Aachener Kolloquium für Lasertechnik AKL'04
 Seiten 429-444, 2004
- S. Kaierle
Innovative Entwicklungen in der Prozessüberwachung
 Tagungsband zum Aachener Kolloquium für Lasertechnik AKL'04
 Seiten 323-337, 2004
- U.-A. Russek
Innovative Joining Process - Basics of Laser Beam Welding of Thermoplastics
 Tagungsband zur 4. Jenaer Lasertagung 4
 11 Seiten, 2004
- L. Trippe, J. Willach, J. Petereit, E. W. Kreutz, W. Schulz, R. Poprawe
Investigation of movement of the melting front to analyze the formation of hole geometry during single pulse drilling with Nd:YAG laser radiation
 Proceedings of ICALEO 201
 5 Seiten, 2004
- D. Petring
Laser Applications in European Automotive Manufacturing: Historical Review and Recent Trends
 Journal of Japan Welding Society Vol. 73, No. 8
 Seiten 7-14, 2004
- H. El Kadir, M. Dahmen, Y. Bienvenu, T. Malot, M. Horstemeyer
Laser beam welding of metal-supported automotive catalytic converters
 Proceedings of ICALEO 597
 10 Seiten 2004
- U.-A. Russek, M. Aden, J. Poehler, A. Palmen, H. Staub
Laser Beam Welding of Thermoplastics Parameter Influence on Weld Seam Quality (HAZ) - Experiments and Modeling
 Proceedings of ICALEO 2004
 Seiten 501-509, 2004
- I. Kelbassa, A. Gasser, K. Wissenbach
Laser Cladding as a Repair Technique for BLISKS out of Titanium and Nickel Base Alloys Used in Aero Engines
 Proceedings of PICALO 1
 6 Seiten, 2004
- E. Lugscheider, K. Bobzin, K. Lackner, R. Poprawe, E. W. Kreutz, J. Willach
Laser drilled microholes in zirconia coated surfaces for effusion cooling of first stage turbine blades in combined cycle power plants
 Materials Science and Engineering A with R, 2004
- I. Bauer, U.-A. Russek, H. J. Herfurth, R. Witte, S. Heinemann, G. Newaz, A. Mian, D. Georgiev, G. Auner
Laser micro-joining of dissimilar and biocompatible materials
 Proceedings of SPIE 5339
 11 Seiten, 2004

- E. Bremus-Köbberling, U. Meier-Mahlo, O. Henkenjohann, S. Beckemper, A. Gillner
Laser structuring and modification of polymer surfaces for chemical and medical micro components
Proceedings of SPIE 5662
Seiten 274-279, 2004
- L. Trippe, J. Willach, E. W. Kreutz, W. Schulz, J. Peterreit, S. Kaierle, R. Poprawe
Melt ejection during single pulse drilling and percussion drilling of micro holes in stainless steel and nickel-based superalloys by pulsed Nd:YAG laser radiation
Proceedings of SPIE 5662
2004
- G. Smolka, A. Gillner, L. Bosse, R. Lützel
Micro electron beam welding and laser machining - potentials of beam welding methods in the micro-system technology
Microsystem Technologies 10
Seiten 187-192, 2004
- J. Gottmann, G. Schlaghecken, E. W. Kreutz
Model for the expansion dynamics of the laser-induced plasma and fabrication of erbium doped planar waveguides by pulsed laser deposition and laser micro-machining for up-conversion applications
Proceedings of SPIE
Seiten 333-347, 2004
- W. Schulz, J. Michel, U. Eppelt, C. Maier
Modelling and dynamical simulation of laser beam welding
»Computational Modelling and Simulation of Materials III - Part B, Advances in Science and Technology« Vincenzini and A. Lami (eds.) 43
Seiten 599-610, 2004
- W. Schulz, V. Kostykin, J. Michel, M. Nießen
Modelling and Simulation of Process Monitoring and Control in Laser Cutting
Nonlinear Dynamics of Production Systems, Radons, G. / Neugebauer, R. (eds.) 2
Seiten 27-42, 2004
- C. Benter, B. Seme
Multifunktionaler Ringstrahl-Diodenlaser
Lasermarkt 2004 111
Seiten 64-66, 2004
- A. Gillner
Neue Entwicklungen in der Lasermikrotechnik - ein Überblick
Tagungsband zum Aachener Kolloquium für Lasertechnik AKL'04
Seiten 229-243, 2004
- U.-A. Russek
Parameteränderungen beim Laserdurchstrahlsschweißen von Thermoplasten und deren Auswirkungen auf die Schweißnaht
Tagungsband zur Konferenz »Laserschweißen von Kunststoffen«
Seiten 61-72, 2004
- E. W. Kreutz, J. Gottmann
PLD of perovskite coatings for optoelectronics, microelectronics and microtechnology
Journal of the European Ceramic Society 24
Seiten 979-984, 2004
- G. Schlaghecken, J. Gottmann, E. W. Kreutz, R. Poprawe
Pulsed laser deposition of Er:BaTiO₃ for planar waveguides
Applied Physics A: Materials Science & Processing 75
Seiten 1255-1257, 2004
- D. Petring, C. Fuhrmann
Recent progress and innovative solutions for laser-arc hybrid welding
Proceedings of PICALO 1
Seiten 7-10, 2004
- U. A. Russek
Schweißen ohne Schwingungen
K-Zeitung, Vorschau Fügetechnik 20
Seite 54, 2004
- V. Kostykin, W. Schulz, M. Niessen, J. Michel
Short-time dynamics in laser material processing
Nonlinear Dynamics of Production Systems, Radons, G. / Neugebauer, R. (eds.) 1
Seiten 443-452, 2004
- M. Heise, T. Lierfeld, O. Franken, W. Neff
Single filament charge transfer and UV-emission properties of a cascaded dielectric barrier discharge (CDBD) set up
Plasma Sources Science and Technology 13
Seiten 351-358, 2004
- R. Noll, R. Sattmann, V. Sturm, S. Winkelmann
Space- and time-resolved dynamics of plasmas generated by laser double pulses interacting with metallic samples
Journal of Analytical Atomic Spectrometry 19
Seiten 419-428, 2004
- M. Heise, W. Neff, O. Franken, P. Muranyi, J. Wunderlich
Sterilization of Polymer Foils with Dielectric Barrier Discharge at Atmospheric Pressure
Plasmas and Polymers 1
Seiten 23-33, 2004
- B. Seme, F. Schneider, D. Petring, R. Poprawe
Trennen und Fügen von Glas mit CO₂ - und gepulster Nd:YAG-Laserstrahlung
Proceedings of glasstec 2004
7 Seiten, 2004
- A. Künzer, J. Kittel
Wenn die Maschine weiß, was der Benutzer will... - Antizipative Benutzungsunterstützung für 3D-Laserschweiß-Systeme
Unternehmen der Zukunft 5
4 Seiten, 2004
- R. Poprawe
Wettbewerb der Festkörperlaser-Konzepte
Tagungsband zum Aachener Kolloquium für Lasertechnik AKL'04
Seiten 41-55, 2004

- 10.01.2004 - E. W. Kreutz
Research and development at ILT/LLT with respect to the use of free electron laser radiation
Williamsburg, VA, USA
- 21.01.2004 - W. Schulz
Approximatives Modell und prädikative Regelung für das Tiefschweißen
DVS-Forschungsseminar »Simulation von Fügeprozessen – Innovative Anwendungen der Informatik«, Stuttgart
- 23.01.2004 - J. Gottmann
Fabrication of erbium doped planar waveguides by pulsed laser deposition and laser micro-machining for up-conversion applications
Photonics West, San Jose, CA, USA
- 23.01.2004 - C. Scholz
Mechanical stress reducing heat sinks for high-power diode lasers
Photonics West, San Jose, CA, USA
- 24.01.2004 - A. Knitsch
Characterization of tapered diode laser bars for the use in high power diode laser systems
Photonics West, San Jose, CA, USA
- 31.01.2004 - C. Schnitzler
Beam shaping of high power diode laser stacks for kW solid state laser designs
Tagung ASSP, Eldorado Hotel
- 05.02.2004 - U. Eppelt
Hochgeschwindigkeitsbohren - Simulation für die industrielle Forschung
Seminar »Bohren mit Laserstrahlung«, Fraunhofer ILT, Aachen
- 06.02.2004 - P. Abels
Prozessüberwachung für die industrielle Anwendung
Jahrestagung des Verbandes deutscher Laseranwender und Blecharbeiter VdLB, Rathaus Hilden, Hilden
- 06.02.2004 - K. Wissenbach
Fraunhofer ILT Aktivitäten zum Verschleisschutz, zur Reparatur und zum Generieren mit Laserstrahlung
Gremientätigkeit Workshop VOP, Dresden
- 18.02.2004 - R. Poprawe
Aktuelles aus der BMBF-Förderpolitik
Mitgliederversammlung des AKL e.V., Fraunhofer ILT, Aachen
- 25.02.2004 - E. W. Kreutz
Zeit- und orts aufgelöste Untersuchungen dynamischer Prozesse bei der Femtosekunden- und Pikosekundenlaser-Materie-Wechselwirkung
DFG Schwerpunktprogramm 1139, Bonn
- 25.02.2004 - R. Wagner
Microstructuring of erbium-doped waveguides by femto-second laser radiation
FemtoMat 2004 Konferenz, Bad Kleinkirchheim
- 02.03.2004 - G. Vitr
Korrosionsschutz an Stahlblechen und ihren Schnittflächen durch Beschichtung mit Laserstrahlung
2. Kolloquium »Gemeinsame Forschung für den Korrosionsschutz«, Gfkow, Frankfurt
- 03.03.2004 - E. W. Kreutz
Arbeitssicherheit und Gesundheitsschutz in der Materialbearbeitung mit Laserstrahlung
SMBG, Lengfurt
- 06.03.2004 - E. W. Kreutz
Cladding, drilling, and shaping of aerospace and power plant components by laser radiation
ISROMAC, Honolulu
- 07.03.2004 - L. J. Mueller
Charakterisierung laserbearbeiteter Gläser mit optischen und röntgenographischen Methoden (Poster)
DPG Tagung, Regensburg
- 08.03.2004 - K. Bergmann
Gasentladungsbasierte Strahlungsquellen im extremen Ultraviolett
DPG Frühjahrstagung, Christian-Albrechts-Universität, Kiel
- 08.03.2004 - O. Rosier
Frequenzskalierung einer EUV-Quelle auf Basis einer Pseudofunkenentladung
DPG Frühjahrstagung, Christian-Albrechts-Universität, Kiel
- 09.03.2004 - P. Loosen
High-Power Diode Lasers - A new tool for industrial manufacturing
DPG-Tagung »Extraterrestrische Physik, Kurzzeitphysik und Plasma-physik«, Kiel
- 09.03.2004 - W. Schulz
Dynamik der Schmelzströmung beim Bohren mit Laserstrahlung
Projektbesprechung: Bohren, Abtragen und Strukturieren von Metallgussformen, Europäisches Kompetenzzentrum Metallguss, Aalen
- 10.03.2004 - W. Meiners
Selektives Laser Schmelzen
VDI Seminar »Rapid Technologies«, Aachen
- 11.03.2004 - R. Poprawe
Maßgeschneiderte Optische Energie
Fraunhofer ILT, Aachen
- 12.03.2004 - A. Weisheit
Surface treatment and rapid prototyping / manufacturing using laser radiation
Hungarian-German meeting on material research, Bay Zoltan Foundation, Budapest, Ungarn
- 23.03.2004 - R. Poprawe
Photonics in Life Science
NLC, South Africa
- 25.03.2004 - W. Neff
Hochauflösende Mikroskopie mit kurzwelliger Strahlung
Kolloquiumsvortrag im Institut für Pathologie, UK RWTH Aachen, Aachen
- 31.03.2004 - T. Wirtz
Laserschmelzen, Rapid Manufacturing für Implantate
Life Science Forum, Aachen
- 19.04.2004 - D. Petring
Recent progress and innovative solutions for laser-arc hybrid welding (plenary paper)
1st Pacific International Conference on Applications of Lasers and Optics PICALO 2004, Melbourne, Australia
- 20.04.2004 - I. Kelbassa
Laser cladding as a repair technique for BLISks out of titanium and nickel base alloys used in the aero engines
1st Pacific International Conference on Applications of Lasers and Optics PICALO 2004, Melbourne, Australien
- 21.04.2004 - W. Schulz
Modellbildung und Reduktion freier Randwertaufgaben der Laser-Fertigungsverfahren
WZL Forum an der RWTH Aachen, ADITEC, Aachen
- 23.04.2004 - D. Petring
Welding applications with lasers
WTIA Workshop, Melbourne, Australia
- 26.04.2004 - M. Talkenberg
Modifications and color markings in glass by laser radiation
ESG-Conference on glass science and technology, Athen, Griechenland
- 29.04.2004 - R. Poprawe
Kriterien im Wettbewerb der Festkörperlaser-Konzepte - Innovative Lasersysteme für die Fertigungstechnik
5. Aachener Kolloquium für Lasertechnik AKL'04, Aachen
- 29.04.2004 - S. Kaieler
Innovative Entwicklungen in der Prozessüberwachung
5. Aachener Kolloquium für Lasertechnik AKL'04, Aachen
- 29.04.2004 - A. Gillner
Neue Entwicklungen in der Lasermikrotechnik - ein Überblick
5. Aachener Kolloquium für Lasertechnik AKL'04, Aachen
- 30.04.2004 - K. Wissenbach
Innovative Entwicklungen im Bereich der Laseroberflächentechnik
5. Aachener Kolloquium für Lasertechnik AKL'04, Aachen
- 30.04.2004 - D. Petring
Innovative Entwicklungen im Bereich des Laserschneiden und -schweißen
5. Aachener Kolloquium für Lasertechnik AKL'04, Aachen
- 02.05.2004 - J. Willach
Schmelzbohren von Metallen mit Laserstrahlung
TU Berlin, Berlin
- 04.05.2004 - G. Backes
Entwicklungen in der Lasertechnologie – eine Zwischenbilanz und ihre Perspektiven
»Beam it up! Lasertechnologie in der Oberflächenbearbeitung«, IHK Hochrhein-Bodensee, Schopfheim

- 04.05.2004 - R. Poprawe
Produzieren und Messen mit Licht
Workshop »Licht in der Produktion«, Berlin
- 05.05.2004 - G. Backes
Entwicklungen in der Lasertechnologie – eine Zwischenbilanz und ihre Perspektiven
»Beam it up! Lasertechnologie in der Oberflächenbearbeitung«, IHK Hochrhein-Bodensee, Stockach
- 05.05.2004 - R. Noll
Modern laser measuring technologies for applications in the steel industry
Konferenz Stal 2004, Borlänge, Schweden
- 05.05.2004 - W. Schulz
Autonome Laserschneidmaschine: Modellierung und Simulation des Qualitätsschnittes
Seminar »Schneiden mit Laserstrahlung«, Fraunhofer ILT, Aachen
- 08.05.2004 - L. Trippe
Melt ejection during percussion drilling of micro holes in stainless steel and nickel-based superalloy by pulsed Nd:YAG laser radiation
Laser Precision Manufacturing LPM 2004, Nara, Japan
- 12.05.2004 - E. W. Kreutz
Sub-wavelength laser induced periodic surface structures by focused femtosecond laser radiation
Laser Precision Manufacturing LPM 2004, Nara, Japan
- 12.05.2004 - W. Schulz
Modellierung, Modellreduktion und Simulation: Schneiden und Bohren
Seminar »Bohren mit Laserstrahlung«, Fraunhofer ILT, Aachen
- 12.05.2004 - A. Gillner
High-accuracy micromachining of ceramics by frequency-tripled Nd:YAG-lasers
Laser Precision Manufacturing LPM 2004, Nara, Japan
- 12.05.2004 - E. Bremus-Köbberling
Laser structuring and modification of polymer surfaces for chemical and medical micro components
Laser Precision Manufacturing LPM 2004, Nara, Japan
- 18.05.2004 - G. Vitr
Verfahrensentwicklung zur mobilen Ausbesserung von Pulverlackschäden mittels Lasertechnologie
Projektvorstellung, Wegberg
- 24.05.2004 - H-D. Hoffmann
Rod, disk, slab, fiber, a comparison of diode pumped solid state lasers for industrial applications
Tagung EMRS, Straßburg, Frankreich
- 24.05.2004 - A. Gillner
Lasereinsatz in der Mikroproduktionstechnik
DIF-Seminar, Würzburg
- 25.05.2004 - A. Gillner
Laserstrahlquellen für die Präzisionsbearbeitung: Welcher Laser für welche Anwendung?
Aachener Laser Seminar »Laserbearbeitung in der Feinwerk- und Mikrotechnik«, Fraunhofer ILT, Aachen
- 25.05.2004 - A. Olowinsky
Präzisionsschweißen mit Laserstrahlung in der Feinmechanik
Aachener Laser Seminar »Laserbearbeitung in der Feinwerk- und Mikrotechnik«, Fraunhofer ILT, Aachen
- 25.04.2005 - L. Bosse
Löten mit Laserstrahlung - selektiv und prozesssicher
Aachener Laser Seminar »Laserbearbeitung in der Feinwerk- und Mikrotechnik«, Fraunhofer ILT, Aachen
- 25.05.2004 - A. Olowinsky
Justieren mit Laserstrahlung - schnelle Montage, µm-genaue Positionierung
Aachener Laser Seminar »Laserbearbeitung in der Feinwerk- und Mikrotechnik«, Fraunhofer ILT, Aachen
- 26.05.2004 - A. Gillner
Strukturieren und Bohren von Metallen mit Laserstrahlung
Aachener Laser Seminar »Laserbearbeitung in der Feinwerk- und Mikrotechnik«, Fraunhofer ILT, Aachen
- 26.05.2004 - M. Wehner
Strukturieren und Bohren von Polymeren und Keramiken mit Laserstrahlung – Hohe Präzision vom Mikrometerbereich bis zu Nanostrukturen
Aachener Laser Seminar »Laserbearbeitung in der Feinwerk- und Mikrotechnik«, Fraunhofer ILT, Aachen
- 26.05.2004 - R. Noll
Grundlagen und Methoden der Lasermesstechnik – Stand der Technik und neue Entwicklungen
Aachener Laser Seminar »Lasermesstechnik für die metallverarbeitende Industrie«, Fraunhofer ILT, Aachen
- 26.05.2004 - R. Noll
Laser-Stoffanalyse – Anwendungsmöglichkeiten zur schnellen Elementanalyse metallischer Werkstoffe
Aachener Laser Seminar »Lasermesstechnik für die metallverarbeitende Industrie«, Fraunhofer ILT, Aachen
- 27.05.2004 - R. Noll
On-line characterization of zinc coatings – LIBSCOAT
TGS 9, Luxemburg, Luxemburg
- 27.05.2004 - A. Gillner
Laserstrahlquellen für die Kunststoffbearbeitung
Aachener Laser Seminar »Kunststoffbearbeitung mit Laserstrahlung: eine vielseitige Technologie«, Fraunhofer ILT, Aachen
- 27.05.2004 - U. A. Russek
Laser und Kunststoff - eine feste Verbindung
Aachener Laser Seminar »Kunststoffbearbeitung mit Laserstrahlung: eine vielseitige Technologie«, Fraunhofer ILT, Aachen
- 28.05.2004 - A. Gillner
Strukturieren, Trennen und Modifizieren von Polymeren mit Laserstrahlung – Hohe Präzision vom Mikrometerbereich bis zu Nanostrukturen
Aachener Laser Seminar »Kunststoffbearbeitung mit Laserstrahlung: eine vielseitige Technologie«, Fraunhofer ILT, Aachen
- 28.05.2004 - G. Otto
Lasereinsatz in der Verpackungstechnik - Selektive Bearbeitung führt zu neuen Produktlösungen
Aachener Laser Seminar »Kunststoffbearbeitung mit Laserstrahlung: eine vielseitige Technologie«, Fraunhofer ILT, Aachen
- 28.05.2004 - U. A. Russek
Schweißen und Schneiden von Polymeren mit Laserstrahlung – Etabliert und trotzdem nicht abgehakt, Ideen für die Zukunft
Aachener Laser Seminar »Kunststoffbearbeitung mit Laserstrahlung: eine vielseitige Technologie«, Fraunhofer ILT, Aachen
- 30.05.2004 - W. Schulz
Modelling and dynamical simulation of laser beam welding
CIMTEC, Congress Centre Acireale, Catania, Sizilien, Italien
- 02.06.2004 - R. Poprawe
New lasers and applications for the benefit of Europe
CLP Annual meeting, Paris
- 06.06.2004 - J. Gedicke
Spaltüberbrückbarkeit beim Laserstrahlschweißverfahren SHADOW
Laser Summerschool, Fraunhofer IWS, Dresden
- 06.06.2004 - T. Jambor
Auftragschweißen in Zwangslage mit der Dreistrahl Düse
Laser-Summerschool, Fraunhofer IWS, Dresden
- 14.06.2004 - A. Weisheit
Verschleißschutz durch Laserstrahl-Auftragschweißen - Grundlagen und Anwendungen
Fachtagung »Verschleißschutz von Bauteilen durch Auftragschweißen«, SLV Halle, Halle
- 17.06.2004 - R. Poprawe
Wat is'n Dampfmachin'?
Ringvorlesung Faszination Technik, RWTH, Aachen
- 17.06.2004 - W. Schulz
Modelling and dynamical simulation of laser beam welding
DFG-Workshop, ISFW, Stuttgart
- 23.06.2004 - R. Poprawe
Maßgeschneidertes Licht - Lasertechnik für die Fertigung
RWTH-Alumni, Aachen

- 24.06.2004 - Ü. Aydin
Fast identification of light metal alloys by laser-induced breakdown spectroscopy for material recycling
 Tagung/Konferenz »Photonics in Measurement«, Frankfurt
- 24.06.2004 - D. Petring
Laseranwendungen für die Fahrzeugtechnik
 CKI-Innovationsforum Automotive Challenges, Aachen
- 30.06.2004 - H.-D. Hoffmann
Festkörperlaser und Diodenlaser zum Schweißen von Kunststoffen
 LIDAR Workshop, Universität Hohenheim, Stuttgart
- 01.07.2004 - U. A. Russek
Parameteränderungen beim Laserdurchstrahlenschweißen von Thermoplasten und deren Auswirkung auf die Schweißnaht
 Seminarveranstaltung »Laserstrahl-schweißen von Kunststoffen«, Süd-deutsches Kunststoffzentrum SKZ, Würzburg
- 02.07.2004 - E. W. Kreutz
Sicherheit bei der Lasermaterialbearbeitung
 Haus der Technik, Essen
- 06.07.2004 - W. Schulz
Autonome Laserschneidmaschine: Simulation und Überwachung des Prozesszustandes, Verständnis und Interpretation der Signale aus der on-line Diagnose
 Seminar »Schneiden mit Laserstrahlung«, Fraunhofer ILT, Aachen
- 13.07.2004 - E. W. Kreutz
Laser in der Materialbearbeitung und andere als optische und elektrische Gefahren
 TA Esslingen, Ostfildern
- 15.07.2004 - R. Poprawe
Das Ausgründungspotenzial der Lasertechnik
 Business Angels Präsentation, Aachen
- 21.07.2004 - U. Eppelt
Dynamik der Schmelzströmung beim Schweißen und Bohren
 Verleihung »Schöneborn-Preis der RWTH Aachen«, RWTH Aachen, Aachen
- 30.08.2004 - P. Loosen
Diode pumping of solid-state lasers
 EPS-QED Europhoton Conference, Lausanne, Schweiz
- 01.09.2004 - P. Loosen
High-power diode lasers and applications: status and future perspectives
 XV International Symposium on Gas Flow and Chemical Lasers, Prag, Tschechien
- 03.09.2004 - R. Poprawe
Innovationsstrategien der Lasertechnik - Quantensprünge oder Fleißarbeit
 Primes Workshop, Gaggenau
- 04.09.2004 - E. W. Kreutz
Electron excitation in glasses followed by time- and space-measuring tools
 International Conference on Photo-Excited Processes and Applications, Lecce
- 07.09.2004 - R. Poprawe
Branchensymposium »High-Tech Engineering«
 Deutsche Börse, Frankfurt/Main
- 07.09.2004 - P. Loosen
Neue Hochleistungsfestkörperlaser - Welche Rolle spielt der Faserlaser?
 Sitzung des Fraunhofer-Verbundes »Oberflächentechnik und Photonic VOP«, Aachen
- 09.09.2004 - R. Poprawe
Laser Markets and Aachen Core Competences
 Delegation of the Netherlands, Fraunhofer ILT, Aachen
- 15.09.2004 - H.-D. Hoffmann
Pulsed high power lasers based on Innoslab technology
 LIDAR Workshop, Universität Hohenheim, Stuttgart
- 15.09.2004 - A. Gillner
Innovative Entwicklungen in der Lasermikrotechnik
 ProTECA KMU-Tag, Aachen
- 15.09.2004 - K. Wissenbach
Innovative Entwicklungen in der Laseroberflächentechnik
 TransferDirekt Aachener KMU-Tag, Aachen
- 19.09.2004 - R. Wagner
Generation of sub-wavelength ripples by femtosecond laser radiation
 Summer School, St. Etienne, Frankreich
- 19.09.2004 - R. Wagner
Laser technology at the LLT
 Summer School, St. Etienne, Frankreich
- 19.09.2004 - D. Wortmann
Upconversion waveguide-laser
 Summer School, St. Etienne, Frankreich
- 20.09.2004 - A.-F. Teutu-Kengne
In-vitro results of microsurgical anastomosis by laser tissue soldering
 38. Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für Biomedizinische Technik im VDE - BMT 2004, TU Ilmenau
- 21.09.2004 - K. Klages
Performances of SHADOW
 LANE 2004, Erlangen
- 21.09.2004 - S. Kaierle
The European Laser Institute ELI - Vision and Goals
 IWS Open House, Dresden
- 22.09.2004 - H.-D. Hoffmann
Development of new beam sources - fiber, slab, disk and rod
 Süddeutsches Kunststoffzentrum, Würzburg
- 22.09.2004 - N. Pirch
3D-model for laser cladding by powder injection
 LANE 2004, Erlangen
- 23.09.2004 - R. Poprawe
Development of new beam sources - fibre, slab, disc and rod
 Lane 2004, Erlangen
- 23.09.2004 - R. Poprawe
Use of Laser Technology
 Lane 2004, Erlangen
- 23.09.2004 - M. Heise
Decontamination of polymer foils with a combined UV-plasma source at atmospheric pressure
 UV Karlsruhe 2004, Karlsruhe
- 24.09.2004 - D. Petring
Neue Entwicklungen im Bereich Laserstrahl-schweißen und -schneiden am Fraunhofer ILT
 15. Treffen der AIX-Laser-People, Fraunhofer ILT, Aachen
- 28.09.2004 - J. Vrenegor
Investigation of matrix effects in LIBS plasmas of high-alloy steel for matrix and minor elements
 LIBS 2004, Malaga, Spanien
- 28.09.2004 - E. W. Kreutz
Lasersicherheit und Gefahrstoffe
 BG F&E, Bad Münstereifel
- 29.09.2004 - T. Jambor
Reparaturbeschichten von Werkzeugen und Herstellung von Funktionsschichten mit Laserstrahlung
 6. Kolloquium Reparaturschweißen, SLV Halle, Halle
- 30.09.2004 - H. Balzer
Online coating thickness measurement and depth profiling of zinc coated sheet steel by laser-induced breakdown spectroscopy
 LIBS 2004, Malaga, Spanien
- 30.09.2004 - C. Janzen
Analysis of microdroplets by LIBS
 LIBS 2004, Malaga, Spanien
- 30.09.2004 - R. Noll
Inspection machines for industrial use based on LIBS
 LIBS 2004, Malaga, Spanien
- 30.09.2004 - A. Gasser
Laserstrahl-Auftragschweißen - Grundlagen und Anwendungen
 7. Werkstofftechnisches Kolloquium »Neue Materialien und Verfahren in der Beschichtungstechnik«, Lehrstuhl für Verbundwerkstoffe, TU Chemnitz, Chemnitz
- 01.10.2004 - R. Noll
LIBS and LA-ICP-MS - a critical synopsis of methodical approaches, instruments and applications
 LIBS 2004, Malaga, Spanien

- 01.10.2004 - U. A. Russek
Laser beam welding of thermoplastics parameter influence on weld seam quality (HAZ) - experiments and modeling
ICALEO 2004, San Francisco, USA
- 01.10.2004 - K. Klages
Pulse forming at laser beam micro welding
ICALEO 2004, San Francisco, USA
- 02.10.2004 - L. Trippe
Investigation of movement of the melting front to analyse the formation of hole geometry during single pulse drilling and percussion drilling with Nd:YAG laser radiation
ICALEO 2004, San Francisco, USA
- 06.10.2004 - R. Poprawe
New beam sources - fiber, slab, disk and rod and corresponding new applications
Stanford University, USA
- 09.10.2004 - W. Neff
EUV-Lithography
ESF MEETING 2004 – Network on Future Advanced Light Sources (FALS), Propriano, Korsika
- 11.10.2004 - U. A. Russek
Laserstrahlschweißen von Thermoplasten - Von den Grundlagen zur Industrieanwendung
Automotive Laser Forum, München
- 13.10.2004 - A. Gillner
Laser micro manufacturing of moulds and forming parts
Vision-Online-Seminar, Aachen
- 19.10.2004 - M. Nießen
Numerische Modellierung freier Randwertaufgaben der Laser-Fertigungsverfahren
Oberseminar am Institut für Regelungstechnik der RWTH Aachen, Aachen
- 19.10.2004 - U. A. Russek
Parameteränderungen beim Laserdurchstrahlschweißen von Thermoplasten und deren Auswirkung auf die Schweißnaht
K-Messe, Düsseldorf
21.10.2004 - A. Gillner
Laser micro manufacturing
Laser-Age-Seminar, Limerick, Irland
- 21.10.2004 - A. Gasser
Laser Surface Treatment
Laser Technology Transfer Seminar, Dumraven Arms Hotel, Adare, Irland
- 21.10.2004 - U. A. Russek
Parameteränderungen beim Laserdurchstrahlschweißen von Thermoplasten und deren Auswirkung auf die Schweißnaht
Seminarveranstaltung »Laserstrahlschweißen von Kunststoffen«, Bayerisches Laserzentrum, CCD Messe, Düsseldorf
- 25.10.2004 - E. W. Kreutz
Electron excitation in glasses followed by time- and space-measuring tools
SPIE European Symposium on Optics, Photonics in Security & Defense, London, England
- 25.10.2004 - K. Bergmann
Neue EUV Strahlungsquellen und Anwendungen in der Mikroskopie
PTB Workshop »Quantitative Röntgenmikroskopie«, BESSY, Berlin
- 27.10.2004 - M. Heise
Die kaskadierte Entladung - eine UV-Plasmaquelle zur Entkeimung von Polymer-Packstoffen
Kolloquium SFB 591 »Gleichgewichtsferne Plasmen«, Ruhr-Uni Bochum, Bochum
- 29.10.2004 - M. Heise
Anwendungen von Atmosphärendruckplasmen
VOP-Workshop »Plasmatechnologie«, Dresden
- 30.10.2004 - K. Bergmann
Grazing incidence EUV reflectometer using a xenon pinch plasma source
3rd International EUVL Symposium, Sheraton Phoenix Golf Resort, USA
- 02.11.2004 - S. Kaieler
German-South African cooperation in applied research of laser materials processing
INSITE South Africa's International Innovation, Science & Technology Exhibition, Johannesburg, Südafrika
- 03.11.2004 - E. W. Kreutz
Schutzmaßnahmen an Laseranlagen und Einrichtung von Laserbereichen
Universität Siegen, Siegen
- 04.11.2004 - W. Schulz
Simulation laserinduzierter Prozesse in technischen Anwendungen
Abschlusspräsentation BMBF-Kompetenzzentrum Prozesssimulation an der RWTH Aachen, Aachen
- 04.11.2004 - A. Gasser
Aplicaciones industriales de la soldadura de aporte con láser
1er Taller Nacional Procesado de Materiales con Láser, Paterna (Valencia), Spanien
- 06.11.2004 - R. Poprawe
Development trends of new high power laser sources
CNCLMP, Guilin
- 09.11.2004 - R. Poprawe
Development trends of new high power laser sources
Beijing Polytechnical University, China
- 11.11.2004 - E. Willenborg
Polieren von Glas und Glasformen mit Laserstrahlung
Glasstec 2004 Symposium »Lasertechnologien für die Glasbearbeitung«, Düsseldorf
- 16.11.2004 - C. Johnigk
Entschichten mit Lasern
OTTI-Profiforum »Entschichten in der Oberflächentechnik«, Regensburg
- 17.11.2004 - U. A. Russek
Innovative Verbindung - Grundlagen zum Laserdurchstrahlschweißen von Thermoplasten
4. Jenaer Lasertagung, Carl Zeiss Jena GmbH, Jena
- 18.11.2004 - R. Poprawe
Entwicklungstrends für Strahlquellen und für deren industrielle Anwendung in der Materialbearbeitung
4. Jenaer Lasertagung, Carl Zeiss Jena GmbH, Jena
- 19.11.2004 - R. Poprawe
Das Studium der Physik
Pius Gymnasium Aachen
- 19.11.2004 - U. A. Russek
Innovative Verbindung - Grundlagen zum Laserdurchstrahlschweißen von Thermoplasten
4. Jenaer Lasertagung, Carl Zeiss Jena GmbH, Jena
- 23.11.2004 - A. Gillner
Laserstrahlquellen für die Präzisionsbearbeitung
Aachener Laser Seminar »Laserverfahren in der Medizintechnik«, Fraunhofer ILT, Aachen
- 23.11.2004 - U. A. Russek
Laserstrahlfügen medizintechnischer Kunststoffbauteile
Aachener Laser Seminar »Laserverfahren in der Medizintechnik«, Fraunhofer ILT, Aachen
- 23.11.2004 - E. Bremus
Mikrostrukturierung und Oberflächenfunktionalisierung von Kunststoffbauteilen für die Medizintechnik
Aachener Laser Seminar »Laserverfahren in der Medizintechnik«, Fraunhofer ILT, Aachen
- 24.11.2004 - G. Otto
Laserverfahren für die Verpackung medizintechnischer Produkte - Selektive Bearbeitung führt zu neuen Produktlösungen
Aachener Laser Seminar »Laserverfahren in der Medizintechnik«, Fraunhofer ILT, Aachen
- 24.11.2004 - A. Gillner
Laserverfahren in der Medizintechnik - Etabliert und trotzdem nicht abgehakt, Ideen für die Zukunft
Aachener Laser Seminar »Laserverfahren in der Medizintechnik«, Fraunhofer ILT, Aachen
- 24.11.04 - C. Kratzsch
Qualitätskontrolle in der Großserienfertigung von Automobilkomponenten
Aachener Laser Seminar »Online-Qualitätssicherung in der Laserfertigung«, Fraunhofer ILT, Aachen
- 24.11.2004 - P. Abels
Prozessüberwachung für die Materialbearbeitung mit Laserstrahlung - Grundlagen und Anwendungsgebiete
Aachener Laser Seminar »Online-Qualitätssicherung in der Laserfertigung«, Fraunhofer ILT, Aachen

30.11.2004 - U. A. Russek
**Parameteränderungen beim
 Laserdurchstrahlschweißen von
 Thermoplasten und deren Aus-
 wirkung auf die Schweißnaht**
 Seminar »Fügen von Kunststoffen:
 konventionelle Technik vs. Laser«,
 Erlangen

01.12.2004 - E. W. Kreutz
**A bunch of excellent properties
 for application of solid-state
 laser radiation**
 Symposium Ultrafast Lasers for
 Materials Science, Fall Meeting
 Materials Research Society, Boston,
 MA, USA

01.12.2004 - E. W. Kreutz
**Modifications and colour
 markings in glass by UV laser
 radiation**
 Symposium Ultrafast Lasers for
 Materials Science, Fall Meeting
 Materials Research Society, Boston,
 MA, USA

01.12.2004 - K. Wissenbach
**Lasereinsatz in der Oberflächen-
 behandlung**
 OTTI-Profiforum »Lasereinsatz in
 der Fertigung und Materialbearbei-
 tung – Einsatzgebiete und aktuelle
 Entwicklungen«, OTTI Kolleg,
 Regensburg

08.12.2004 - R. Noll
LIBS und Automatisierung
 InnoNet-Kolloquium, RWTH
 Aachen, Aachen

09.12.2004 - R. Poprawe
Lasertechnik
 Vorlesung im Rahmen des Executive
 MBA der Aachen Global Academy
 (AGLAC)

09.12.2004 - A. Gillner
**Neue Laserstrahlquellen,
 Perspektiven und deren Anwen-
 dungen**
 Produktionstechnisches Kolloquium
 ETH, Zürich

19.04. - 24.04.2004
**Hannover
 Hannover Messe 2004**
 Internationale Industriemesse
 Teilnahme der Abteilung Mikrotech-
 nik des Fraunhofer ILT am IVAM
 Gemeinschaftsstand
 ILT-Thema: Mikrotechnik

20.10. - 27.10.2004
**Düsseldorf
 K2004**
 Internationale Fachmesse
 Kunststoff + Kautschuk
 Teilnahme der Abteilung Mikro-
 technik des Fraunhofer ILT am
 Fraunhofer-Gemeinschaftsstand
 ILT-Thema: Simultanes Laserstrahl-
 schweißen von Thermoplasten

26.10. - 28.10.2004
**Friedrichshafen
 parts2clean 2004**
 Fachmesse für industrielle Teilerein-
 gung und Teiletrocknung
 Teilnahme der Abteilung Ober-
 flächentechnik des Fraunhofer ILT
 am Gemeinschaftsstand der Fraun-
 hofer Allianz »Reinigungstechnik«
 ILT-Themen: Reinigen und Abtragen
 mit Laserstrahlung

01.11. - 03.11.2004
**Johannesburg, Südafrika
 INSITE**
 International Science, Innovation
 and Technology Exhibition
 Teilnahme der Abteilung System-
 technik des Fraunhofer ILT
 ILT-Thema: Laserstrahlschweißen,
 Auftragschweißen, Prozessüber-
 wachung

09.11. - 13.11.2004
**Düsseldorf
 GlassTec 2004**
 Internationale Fachmesse für
 Maschinen, Ausrüstungen,
 Anwendungen, Produkte
 Teilnahme der Abteilung Festkörper-
 und Diodenlaser des Fraunhofer ILT
 am Fraunhofer-Gemeinschaftsstand
 ILT-Thema: Laserstrahlbearbeitung
 von Glas (Markieren, Schneiden,
 Polieren, Fügen)

24.11. - 27.11.2004
**Düsseldorf
 MEDICA**
 Weltforum für Arztpraxis und
 Krankenhaus - Internationale Fach-
 messe mit Kongress
 Teilnahme der Abteilung Mikro-
 technik des Fraunhofer ILT am
 Fraunhofer-Gemeinschaftsstand
 ILT-Thema: Proteinchip

01.12. - 04.12.2004
**Frankfurt
 EuroMold 2004**
 Weltmesse für Werkzeug- und
 Formenbau, Design und Produkt-
 entwicklung
 Teilnahme der Abteilung Ober-
 flächentechnik des Fraunhofer ILT
 am Gemeinschaftsstand der Fraun-
 hofer Allianz »Rapid Prototyping«
 ILT-Themen: Rapid Prototyping,
 Rapid Manufacturing

08.01.2004

Lehrstuhl für Lasertechnik LLT der RWTH Aachen

Vortrag im Rahmen des Kolloquiums Lasertechnik

Dr. Eric-Paul Paques, Grünenthal GmbH, Aachen

»Forschungsmanagement in der Industrie«

15.01.2004

Lehrstuhl für Lasertechnik LLT der RWTH Aachen

Vortrag im Rahmen des Kolloquiums Lasertechnik

Dr. Hubert Lakner, Fraunhofer-Institut für Photonische Mikro-Systeme (IPMS), Dresden
»Nichtlineare Optik für die Informationstechnik und Telekommunikation«

05.02.2004

Lehrstuhl für Lasertechnik LLT der RWTH Aachen

Vortrag im Rahmen des Kolloquiums Lasertechnik

Prof. Dr. Horst Exner, Universität Mittweida
»Lasermikrosintern«

18.03.2004

Lehrstuhl für Lasertechnik LLT der RWTH Aachen

Vortrag im Rahmen des Kolloquiums Lasertechnik

Prof. Dr. Dieter Bäuerle, Johannes-Kepler-Universität Linz (A), Institut für Experimentalphysik
»Laser-induzierte Prozesse an Grenzflächen«

24.03.2004, Aachen

Unihits für Kids

Informationsveranstaltung des Lehrstuhls für Lasertechnik LLT und des Fraunhofer ILT für Schüler der Anita Lichtenstein GS Geilenkirchen zu naturwissenschaftlichen Berufsbildern

25.03.2004

Lehrstuhl für Lasertechnik LLT der RWTH Aachen

Vortrag im Rahmen des Kolloquiums Lasertechnik

Prof. Dr. Leo Beckmann, University of Twente (NL), Department of Mechanical Engineering
»Phasenfunktion und Leistungsdichteverteilung im Fokusbereich einer Fokussieroptik für CO₂-Laserstrahlung«

25.03. - 26.03.2004, Aachen

Aachener Stahlkolloquium

Teilnahme der Abteilung Lasermess- und Prüftechnik des Fraunhofer ILT am Stand der Fa. NoKra Optische Prüftechnik und Automation GmbH
ILT-Thema: Vermessungsmessung beim Bulge-Test

28. - 30.04.2004, Aachen

Aachener Kolloquium für Lasertechnik AKL'04

Das 5. Aachener Kolloquium für Lasertechnik AKL'04 präsentierte sich auch in diesem Jahr als zentrales Forum für angewandte Lasertechnik. Über 340 Teilnehmer, hierbei Vertreter zahlreicher Laserhersteller und Laseranwender, diskutierten in Aachen über erfolgreiche und potenzielle Anwendungen sowie aktuelle Entwicklungen im Bereich der Lasertechnik. Anhand von Beispielen aus der industriellen Praxis und innovativer FuE-Ergebnisse wurden in insgesamt 45 technischen Vorträgen die Perspektiven der Lasertechnik branchenübergreifend für Anwendungen in der Automobilindustrie, dem Schiffbau, der metallverarbeitenden Industrie, dem Werkzeug- und Formenbau, der Elektrotechnik und der Elektronik, der optischen Industrie sowie der Kunststoff- und der Glasindustrie anschaulich dargestellt. Die Konferenz stand unter der ideellen Trägerschaft von VDI, VDA, VDMA und SPECTARIS.

Neben den Vorträgen der Laserexperten aus Industrie und Wissenschaft wurden am Fraunhofer-Institut für Lasertechnik ILT und bei den Firmen des Anwenderzentrums in über 60 Vorführungen neueste Systeme und Verfahren in zukunftsweisenden Anwendungsbeispielen vorgeführt. Die konferenzbegleitende Ausstellung mit Exponaten von 40 Ausstellern bot zudem ein ideales Umfeld für den fachlichen Informationsaustausch.

Als Novum begleitete das AKL in diesem Jahr die vom BMBF geförderte und vom VDI Technologiezentrum pädagogisch aufbereitete Wanderausstellung »Faszination Licht«. Unter aktiver Beteiligung des Fraunhofer ILT, des Ludwig Forums für internationale Kunst, der Verbände VDI und SPECTARIS sowie des Aachener Energieunternehmens STAWAG erhielten Schüler im Alter von 14 bis 16 Jahren einen Einblick in die faszinierende Welt des Lichts in Kunst und Technik. Über 300 angemeldete Schüler und Lehrer besichtigten vom 27. bis 30. April 2004 die Ausstellung, die unter dem Motto »Faszination Licht in Kunst und Technik« stand und einen Beitrag zur Nachwuchsförderung leistete. Alle Vorträge des AKL'04 wurden in einem 596-seitigen Tagungsband veröffentlicht. Das nächste AKL findet vom 03. bis zum 05.05.2006 im Eurogress Aachen statt.

28.04.2004, Aachen

Laser-Business-Tag 2004

Mit mehr als 100 Teilnehmern erwies sich der zweite »Laser-Business-Tag« als sinnvolle Ergänzung zum diesjährigen AKL. In drei Vortragsreihen verschafften 10 Referenten einerseits einen Überblick über die Lasermärkte in der Materialbearbeitung, der Kommunikationstechnik und der Medizintechnik. Andererseits wurden aktuelle Informationen zu Strategie, Marketing, Finanzierung und Patentschutz in technologieintensiven Unternehmen geboten. Weiterhin konnten Unternehmensgründer und expandierende Unternehmen ein Beratungsangebot erfahrener Experten vor Ort in Anspruch nehmen. Der Tagungsband des Laser-Business-Tages beinhaltet auf 189 Seiten alle Vorträge des Laser-Business-Tages und ist unter folgender Adresse zu beziehen:

WirtschaftsWoche Vertriebsservice
Leserservice
Postfach 37 52
90018 Nürnberg
Telefon: 0911/2748-100
Fax: 0911/2748-222
E-mail: wiwo.leserservice@vhb.de

Der nächste Laser-Business-Tag findet am 03.05.2006 in Aachen statt.

29.04.2004, Aachen

Verleihung der Innovationspreise Lasertechnik 2004

Mit den Innovationspreisen Lasertechnik 2004 wurden in der Aula Carolina zu Aachen im Rahmen des Aachener Kolloquiums für Lasertechnik AKL'04 zwei herausragende Persönlichkeiten durch den Arbeitskreis Lasertechnik geehrt: Dr. Helmut Laschütza von der BEGO Medical AG aus Bremen für die Herstellung von Zahnersatz mittels eines innovativen lasergestützten Produktionsprozesses und Prof. Dr. Harald Gießen von der Universität Bonn für die Entwicklung eines Weißlichtlasers auf der Basis eines innovativen optisch-parametrischen Oszillators und Verstärkers.

Die beiden Gewinner des Wettbewerbes erhielten die Preise, die mit jeweils 3000 Euro dotiert waren, aus den Händen von Prof. Dr. Reinhart Poprawe M. A., stellvertretender Vorsitzender des Arbeitskreises Lasertechnik e. V. und Leiter des Fraunhofer-Instituts für Lasertechnik ILT Aachen, sowie von Dr. Michael Kaschke, Vorstandsmitglied Carl Zeiss und Vorsitzender SPECTARIS e. V.

Das unternehmerische Engagement des 43jährigen Ingenieurs und Vorstandes der BEGO Medical AG Dr. Helmut Laschütza führte zu einem innovativen lasergestützten Produktionsprozess zur Herstellung von Zahnersatz. Der Einsatz des Rapid Manufacturing Verfahrens »Selective Laser Melting« ermöglicht erstmals in der Zahntechnik eine individualisierte Massenproduktion von metallischem Zahnersatz. Das pulverbasierte generative Herstellungsverfahren erlaubt die zeitgleiche, endformidentische und annähernd materialverlustfreie Herstellung mehrerer dentaler Teile. Dr. Helmut Laschütza und sein Team von der BEGO Medical AG haben auf dieser Basis einen teilautomatisierten Produktionsprozess für am Markt bewährte Legierungen der Zahntechnik eingeführt, der im Vergleich zur konventionellen Feingusstechnik wirtschaftlich attraktiver ist. Mit einer speziellen Scanner-Technologie wird im Dentallabor die Geometrie des Gebissabdrucks digitalisiert. Eine bedienungsfreundliche CAD-Software unterstützt den Zahntechniker in der CAD-Konstruktion des Zahnersatzes. Die Daten werden

anschließend an eine zentrale Produktionsstätte zur kurzfristigen Fertigung übermittelt. Der auf innovativer Lasertechnik beruhende BEGO MEDIFACTURING Prozess entlastet damit Zahntechniker von einfachen Arbeiten und leistet einen effektiven Beitrag zur Weiterentwicklung der Dentaltechnik.

Zusammen mit seinem Team entwickelte der 38jährige Professor Dr. Harald Gießen am Institut für Angewandte Physik der Universität Bonn einen Weißlichtlaser auf der Basis eines innovativen optisch-parametrischen Oszillators und Verstärkers. Weißlichtlaser werden in unterschiedlichen Anwendungsgebieten benötigt. Hierzu zählen die Weißlichtinterferometrie, die Mikromaterialbearbeitung, die optische Kohärenztomographie, die Oberflächenprofilierung, die Entfernungsmesstechnik und die medizinische Diagnostik. Prof. Harald Gießen und sein Team von der Universität Bonn haben hierzu einen patentierten optisch-parametrischen Oszillator und Verstärker mit einer gezogenen Glasfaser als nichtlinearem Medium entwickelt. Das innovative System zeichnet sich neben der Erzeugung von sogenannten TEM₀₀-Pulsen mit einer Bandbreite von 400 bis 1400 nm, Pulsdauern unter 1 ps und einer weiten spektralen Durchstimmbarkeit durch einen kostengünstigen Aufbau aus. Dazu wird eine gewöhnliche Glasfaser über ein Teilstück homogen auf wenige Mikrometer verjüngt. Die Faser wird anschließend mit einem neuen Verfahren, das ebenfalls zum Patent angemeldet wurde, bezüglich ihres Profils kontrolliert. Die verschiedenen einstellbaren Parameter dieser gezogenen Fasern haben definierte Einflüsse auf die zu erzeugenden Wellenlängen-Kontinua.

Die Innovationspreise Lasertechnik werden vom Arbeitskreis Lasertechnik e. V. vergeben und würdigen zwei Einzelpersonen, deren Fähigkeiten und Engagement zum Erfolg der Innovation Lasertechnik geführt haben. Ein besonderes Augenmerk wird hierbei auf die Schnittstelle zwischen anwendungsnaher Wissenschaft und betrieblicher Praxis gerichtet. Ausgeschrieben werden die mit jeweils 3.000 Euro dotierten Innovationspreise für die beiden Felder »Betriebliche Praxis« und »Anwendungsnahe Wissenschaft«. Die Festlegung der Preisträger erfolgt im Rahmen eines ausgeschriebenen Wettbewerbs durch den Vorstand und die Mitgliederversammlung des Arbeitskreises Lasertechnik e. V.

30.04.2004, Aachen
14. Seminar des Ehemaligenclubs »Aix-Laser-People« des Fraunhofer ILT und des Lehrstuhls für Lasertechnik LLT anlässlich des AKL'04.

25. - 26.05.2004, Aachen
Aachener Laser Seminar
»Laserbearbeitung in der Feinwerk- und Mikrotechnik«
 Seminar des Carl Hanser Verlags München in Kooperation mit dem Fraunhofer-Institut für Lasertechnik ILT in Aachen.
 Weitere Informationen unter: www.aachenerlaserseminare.de.

26.05.2004, Aachen
Aachener Laser Seminar
»Lasermesstechnik für die metallverarbeitende Industrie«
 Seminar des Carl Hanser Verlags München in Kooperation mit dem Fraunhofer-Institut für Lasertechnik ILT in Aachen.
 Weitere Informationen unter: www.aachenerlaserseminare.de.

27. - 28.05.2004, Aachen
Aachener Laser Seminar
»Kunststoffbearbeitung mit Laserstrahlung: eine vielseitige Technologie«
 Seminar des Carl Hanser Verlags München in Kooperation mit dem Fraunhofer-Institut für Lasertechnik ILT in Aachen.
 Weitere Informationen unter: www.aachenerlaserseminare.de.

03.06.2004
Lehrstuhl für Lasertechnik LLT der RWTH Aachen
Vortrag im Rahmen des Kolloquiums Lasertechnik
 Prof. Dr. Volker Wulfmeyer, Universität Hohenheim, Institut für Physik und Meteorologie.
 »Weltraumgestützte aktive Fernerkundung des wichtigsten Treibhausgases: Die Herausforderung für die Laserentwicklung«.

04.06.2004, Aachen
Unihits für Kids
 Informationsveranstaltung des Lehrstuhls für Lasertechnik LLT und des Fraunhofer ILT für Schüler des Franz Meyers Gymnasiums Mönchengladbach zu naturwissenschaftlichen Berufsbildern.

14.06.2004, Aachen
Unihits für Kids
 Informationsveranstaltung des Lehrstuhls für Lasertechnik LLT und des Fraunhofer ILT für Schüler des Gymnasiums Haus Overbach Jülich zu naturwissenschaftlichen Berufsbildern.

15.06.2004, Aachen
Unihits für Kids
 Informationsveranstaltung des Lehrstuhls für Lasertechnik LLT und des Fraunhofer ILT für Schüler der GS Am Römerhof Aachen zu naturwissenschaftlichen Berufsbildern.

18.06.2004, Düsseldorf
Tag der Technik
 unter Beteiligung von PhotonAix e. V. und Fraunhofer ILT.

15.07.2004, Aachen
»Business-Angel-Veranstaltung« des gründerkollegs der RWTH Aachen im Fraunhofer ILT Aachen.

24.09.2004, Aachen
15. Seminar des Ehemaligenclubs »Aix-Laser-People« des Fraunhofer ILT und des Lehrstuhls für Lasertechnik LLT mit Vorträgen von Dr. Dirk Petring, Fraunhofer ILT, zum Thema »Neue Entwicklungen im Bereich Laserstrahlschweißen und -schneiden am Fraunhofer ILT« und Dr. Klaus Pochner, Internationales Technisches Entwicklungszentrum ITEZ der Adam Opel AG, Rüsselsheim, über »Innovationsprozesse in der Antriebsentwicklung am Beispiel des Astra 1.6 Twinport Easytronic«. Anschließend fand eine Besichtigung der Fa. Saint-Gobain Sekurit Deutschland GmbH & Co. KG in Herzogenrath statt.

06.10.2004, San Francisco, Kalifornien, USA
16. Seminar des Ehemaligenclubs »Aix-Laser-People« des Fraunhofer ILT und des Lehrstuhls für Lasertechnik LLT anlässlich der ICALEO 2004 mit Besichtigung des Ginzton Laboratory der Stanford University in Palo Alto unter Koordination von Prof. Robert L. Byer, Professor of Applied Physics an der Stanford University, Edward L. Ginzton Laboratory, Center for Nonlinear Optical Materials.

06.10.2004, Aachen
Unihits für Kids
 Informationsveranstaltung des Lehrstuhls für Lasertechnik LLT und des Fraunhofer ILT für Schüler des Couven Gymnasiums Aachen zu naturwissenschaftlichen Berufsbildern.

14.10.2004,
Lehrstuhl für Lasertechnik LLT der RWTH Aachen
Vortrag im Rahmen des Kolloquiums Lasertechnik
 Dr. habil. Claus E. Ascheron, Springer Verlag
 »Science Citation Index and Impact Factors - Gebrauch und Missbrauch«.

04.11.2004,
Lehrstuhl für Lasertechnik LLT
der RWTH Aachen
Vortrag im Rahmen des Kollo-
quiums Lasertechnik
Prof. Gero von Plessen,
RWTH Aachen
»Dynamik der laserinduzierten
Wärmeausdehnung metallischer
Nanopartikel«

08.11.2004, Aachen
Unihits für Kids
Informationsveranstaltung des
Lehrstuhls für Lasertechnik LLT und
des Fraunhofer ILT für Schüler des
Gymnasiums an der Stenner Iserlohn
zu naturwissenschaftlichen Berufs-
bildern

18.11.2004,
Lehrstuhl für Lasertechnik LLT
der RWTH Aachen
Vortrag im Rahmen des Kollo-
quiums Lasertechnik
Prof. M. Roth, Technische Univer-
sität Darmstadt
»Intensive Ionenstrahlen hoher
Qualität aus relativistischen Laser-
plasmen - die nächste Generation
der Ionenbeschleuniger?«

23. - 24. 11.2004, Aachen
Aachener Laser Seminar »Laser-
einsatz in der Medizintechnik«
Seminar des Carl Hanser Verlags
München in Kooperation mit dem
Fraunhofer-Institut für Lasertechnik
ILT in Aachen.
Weitere Informationen unter
www.aachenerlaserseminare.de.

24.11.2004, Aachen
Aachener Laser Seminar
»Online-Qualitätssicherung
in der Laserfügetechnik«
Seminar des Carl Hanser Verlags
München in Kooperation mit dem
Fraunhofer-Institut für Lasertechnik
ILT in Aachen.
Weitere Informationen unter
www.aachenerlaserseminare.de.

25.11.2004,
Lehrstuhl für Lasertechnik LLT
der RWTH Aachen
Vortrag im Rahmen des Kollo-
quiums Lasertechnik
Prof. Harald Weinfurter, Ludwig-
Maximilians-Universität, München
»Quantenkryptographie und Quan-
tenkommunikation«

22.12.2004, Aachen
17. Seminar des Ehemaligen-
clubs »Aix-Laser-People«
des Fraunhofer ILT und des Lehr-
stuhls für Lasertechnik LLT mit Vor-
trägen von Hans-Dieter Hoffmann,
Fraunhofer ILT, zum Thema
»Aktuelle Forschungs- und Entwick-
lungsaktivitäten im Bereich Strahl-
quellenentwicklung am Fraunhofer
ILT« und Dr. Winfried Barkhausen,
Clean-Lasersysteme GmbH, Herzo-
genrath, über »Laserstrahlreinen -
High-Tech aus der Euregio«.

**»Partner der Innovatoren«
(deutsch/englisch)**

Diese Broschüre vermittelt einen prägnanten Überblick über das Fraunhofer ILT. Die zusammenfassende Darstellung der am ILT durchgeführten FuE-Projekte ist ebenso Bestandteil wie ein Kurzprofil des Institutes und eine Kundenreferenzliste.

»Angebot und Ansprechpartner 2004/5« (deutsch/englisch)

Diese Broschüre vermittelt einen Überblick über das aktuelle Dienstleistungsangebot sowie die Ansprechpartner des Institutes. Die einzelnen Abteilungen des Fraunhofer ILT werden mit ihren Arbeitsschwerpunkten vorgestellt.

Jahresbericht 2004 (deutsch/englisch)

Der Jahresbericht stellt umfassend die FuE-Aktivitäten des Fraunhofer ILT für das jeweilige Geschäftsjahr dar. Listen wissenschaftlicher Publikationen und Vorträge sind ebenso enthalten wie die Aufstellungen von Patenten, Dissertationen, Tagungen und Messebeteiligungen. Die englische Version kann nur im Internet unter www.ilt.fraunhofer.de abgerufen werden.

Tagungsband des Aachener Kolloquiums für Lasertechnik AKL'04

Im technischen Tagungsband des Aachener Kolloquiums für Lasertechnik AKL'04 (28. bis 30.04.2004) berichten 34 Laserhersteller und Anwender über neuste Entwicklungen und technologische Trends aus den Branchen optische Industrie, Automobilindustrie, metallverarbeitende Industrie, Werkzeug- und Formenbau, Elektrotechnik und Elektronik sowie Kunststoff- und Glasindustrie. Die Fallbeispiele aus der Praxis beleuchten die unterschiedlichen Laserverfahren wie Lasermesstechnik, Lasermikrotechnik, Laserstrahlschweißen und -schneiden sowie Laseroberflächentechnik.

Tagungsband des Laser-Business-Tages des AKL'04

Der Tagungsband des Laser-Business-Tages, der am 28.04.04 in Aachen mit zehn Experten aus den Bereichen Finanzwesen, Technologiemarketing, Patentwesen und Unternehmensberatung stattfindet, richtet sich an Führungskräfte expandierender Technologiefirmen sowie an Unternehmensgründer. Einerseits wird ein prägnanter Überblick über Chancen und Trends der Lasertechnik in der Fertigungstechnik, in der Kommunikationstechnik und in der Medizintechnik vermittelt. Andererseits werden Aspekte, die Unternehmern in den unterschiedlichen Phasen des Wachstums begegnen, aus finanztechnischer, patentrechtlicher und marketingspezifischer Sicht beleuchtet. Der Tagungsband ist erhältlich bei:

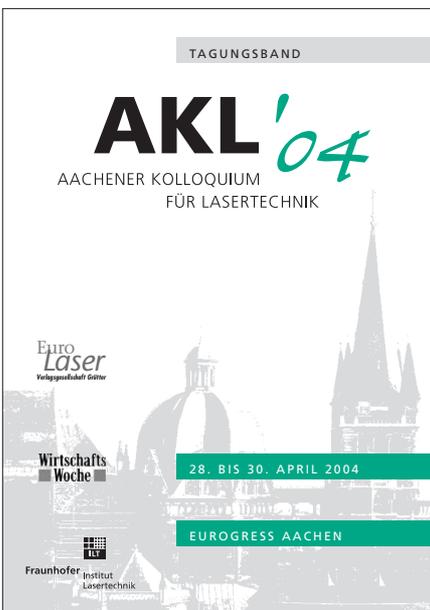
WirtschaftsWoche Vertriebservice
Leserservice
Postfach 37 52
90018 Nürnberg
Telefon: 0911/2748-100
Fax: 0911/2748-222
E-mail: wiwo.leserservice@vhb.de

Programm des Aachener Kolloquiums für Lasertechnik AKL'06

03 - 05. Mai 2006. Das Programm zum AKL'06 kann unter 0241/ 8906 -109 bzw. Fax -121 oder per Internet unter www.ilt.fraunhofer.de angefordert werden.

»Hochleistungsdiodenlaser«

Der Fachprospekt erläutert die unterschiedlichen Aktivitäten des Fraunhofer ILT in der Entwicklung von Hochleistungsdiodenlasern. Hierzu zählen die Auslegung spezieller Bauelemente zur Kühlung der Laser, die Konfektionierung der Diodenlaserbarren, die Charakterisierung in Burn-In-Plätzen, das optische Design und die Entwicklung kompletter Diodenlasermodule.



»LASIM® - Lasersimulator für die Ausbildung«

Der Fachprospekt vermittelt einen Überblick über die Vorteile des Einsatzes von Multimedia-Software in der Ausbildung von Laserfachkräften und Studenten. Er stellt insbesondere den Einsatzbereich, die Programminhalte und die Systemanforderungen der Software LASIM® vor. Diese wurde am Fraunhofer ILT für die Ausbildung zum Laserstrahlschweißen und -schneiden entwickelt. LASIM® ist auf einer CD-Rom mit entsprechender Programmanleitung über das Fraunhofer ILT zu beziehen.

»Lasertechnik für die Oberflächenmodifikation und das Umformen«

Der Fachprospekt vermittelt einen Überblick über den Einsatz des Lasers zum Umformen und zur Modifikation von Oberflächen. Hierzu zählen Verfahren wie das Entgraten und das formgebende Schmelzen, das Polieren, das Aufrauen, das Strukturieren und Aktivieren, das Rekristallisieren, das Glühen sowie das Feinperlitisieren.

»Lasertechnik für den Verschleiß- und Korrosionsschutz«

Verschleiß- und Korrosionsschutz kann durch unterschiedliche Laserverfahren erzeugt werden. Der Fachprospekt gibt einen Einblick in Verfahren wie martensitisches Randschichthärten, Umschmelzen, Auftragschweißen, Legieren und Dispergieren.

»Laserstrahlauftragschweißen«

Im Fachprospekt werden sowohl das Verfahren als auch die Systemtechnik zum Laserstrahlauftragschweißen vorgestellt. Auch die Unterschiede der hierzu einzusetzenden Pulverzufuhrdüsen werden erläutert.

»Rapid Prototyping und Rapid Manufacturing für Metallbauteile«

Der Fachprospekt erläutert das am Fraunhofer ILT entwickelte Verfahren des Selective Laser Melting, mit dem komplexe metallische Bauteile direkt aus 3-D-CAD Daten hergestellt werden. Auch die Anwendungsfelder des Laserstrahlgenerierens werden vorgestellt.

»Laser in der Mikrostrukturierungstechnik«

Der Fachprospekt erläutert Verfahren wie das Laserabtragen, das Präzisionsschneiden, das Bohren und das laserunterstützte Mikroumformen.

»Abtragen, Reinigen und Markieren mit Laserstrahlung«

Der Fachprospekt stellt die Vorteile der unterschiedlichen Laserverfahren vor und beschreibt die vielfältigen Anwendungsmöglichkeiten.

»Systeme und Anlagen für die Lasermaterialbearbeitung«

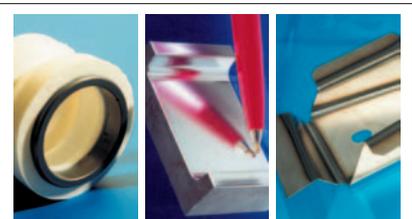
Der Fachprospekt veranschaulicht die systemtechnischen Lösungen, die das Fraunhofer ILT ihren Kunden anbietet. Die Systemtechnik befasst sich am Fraunhofer ILT mit der Planung, Entwicklung und Installation von kompletten Laseranlagen sowie von Prozessüberwachungs- und Regelungssystemen. Machbarkeitsstudien, Beratung sowie Aus- und Weiterbildungsseminare ergänzen das Angebot.

»Qualitätssicherung in der Lasermaterialbearbeitung«

Der Fachprospekt verdeutlicht das Potential der Prozessüberwachung und -regelung in der Lasermaterialbearbeitung. Weiterhin werden die Leistungen des Fraunhofer ILT zur Entwicklung entsprechender Überwachungssysteme kurz vorgestellt.



Hochleistungs-Diodenlaser



Lasertechnik für die Oberflächenmodifikation und das Umformen



»Laser in der Aufbau- und Verbindungstechnik«

Der Fachprospekt gibt einen Überblick über den Einsatz der Lasertechnik in der Aufbau- und Verbindungstechnik. So werden beispielsweise Mikrofügeverfahren, wie das Laserstrahlbünden und das Laserstrahllöten, erläutert.

»Laser in der Kunststoff- und Papiertechnik«

Der Fachprospekt erläutert den Einsatz des Lasers zur Bearbeitung von Kunststoffen, Verbundwerkstoffen sowie von Papier und Glas.

»Laser in Life Science«

Der Fachprospekt verdeutlicht den Einsatz des Lasers in der Medizintechnik. Auch wird die Laserstrahlung als Werkzeug in der Mikroreaktionstechnik und der Biotechnologie vorgestellt.

»Werkstoffanalyse und Verwechslungsprüfung mit Laserstrahlung«

Der Fachprospekt stellt die am Fraunhofer ILT entwickelten Verfahren und Systeme zur Analyse der Zusammensetzung von Werkstoffen mit Laserstrahlung vor. Die Eingangsprüfung von unterschiedlichen Materialien, die Verwechslungsprüfung, das Sortieren von Werkstoffen, sowie die Online-Analyse von Schmelzen sind Aufgaben, die mit dem Laser schnell und zuverlässig erledigt werden können.

»Oberflächen- und Schichtanalyse«

Der Fachprospekt vermittelt einen Überblick über die am Fraunhofer ILT und am Lehrstuhl für Lasertechnik LLT der RWTH Aachen vorhandenen Messmethoden zur Oberflächenanalyse. Hierzu zählen verschiedene Spektroskopieverfahren, die Ellipsometrie und metallographische Messmethoden.

Lasertechnik an der RWTH Aachen Studieninfo 2004/2005

Diese Broschüre richtet sich an Studenten der Ingenieurwissenschaften Maschinenbau und Elektrotechnik als auch an Physikstudenten und gibt einen Überblick über das Lehrangebot 2004/2005 im Bereich Lasertechnik an der RWTH Aachen. Sie informiert über die Wahlmöglichkeiten der Studenten im Hauptstudium, die von den einzelnen RWTH Lehrstühlen unter dem Dach des Fraunhofer-Instituts für Lasertechnik ILT angeboten werden.

»Kompetenznetze.de«

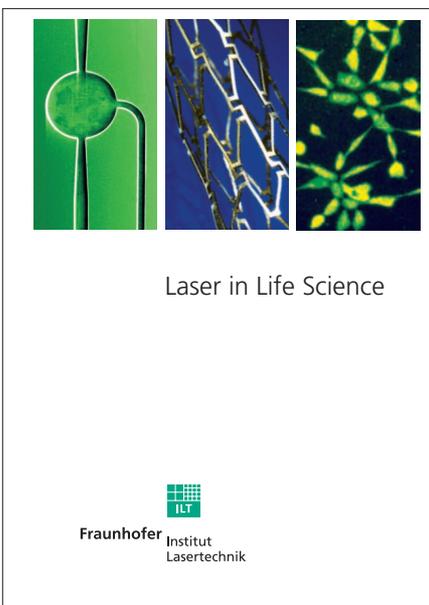
Kompetenznetze.de ist eine Initiative des BMBF und wird als Instrument für internationales Standortmarketing durch Präsentation der kompetentesten Technologie-Netze in Deutschland genutzt. Die Internet Plattform www.kompetenznetze.de, in der auch das Aachener Netzwerk PhotonAix e. V. vertreten ist, bietet eine attraktive Recherchenquelle und Kommunikationsplattform für Informations- und Kooperationssuchende im In- und Ausland.

»European Laser Institute ELI«

Die Informationsbroschüre stellt das vom Fraunhofer ILT koordinierte europäische Netzwerk anerkannter FuE Laserzentren vor. Diese haben sich zum Ziel gesetzt, das in Europa vorhandene Laser-Know-how Interessenten aus Industrie und Wissenschaft zur Verfügung zu stellen. Das Projekt wird von der Europäischen Kommission gefördert. Weitere Informationen hierzu sind unter www.europeanlaserinstitute.org zu finden.

Produkt- und Projekthandzettel

Die Projektdarstellungen aus den Jahresberichten des Fraunhofer ILT sowie gesonderte Produktinformationen können über die Internet-Seiten www.ilt.fraunhofer.de heruntergeladen werden.



**»Lasertechnik für die Fertigung«
von Reinhart Poprawe**

Grundlagen, Perspektiven und
Beispiele für den innovativen Ingenieur.

Die Anwendung von Lasertechnik ist ein sehr breites Thema, das nicht erschöpfend in einem Werk zusammengefaßt sein kann. Daher wird hier der Fokus auf Anwendungen in der Fertigungstechnik gelegt, insbesondere die Bearbeitungsverfahren der heutigen Produktionstechnik. Für den ingenieurwissenschaftlich oder physikalisch vorgebildeten Fachmann sind die bei der Werkstoffbearbeitung mit Laserstrahlung auftretenden Phänomene formelmäßig quantifiziert und in entsprechenden Modellen beschrieben. Diese Grundlagen ermöglichen eine systematische Einordnung der unterschiedlichen Bearbeitungsverfahren und ermöglichen es, die verschiedenen Anwendungen auf einer einheitlichen wissenschaftlichen Basis abzubilden. Von mehr praxisbezogener Bedeutung sind die zu Bearbeitungsverfahren beschriebenen Prozesse, die auf leicht verständlichem Niveau die Grundprinzipien und wesentlichen quantitativen Zusammenhänge von Prozessparametern erläutern. Zahlreiche Beispiele sollen die Phantasie des Lesers anregen und zu neuen Anwendungsideen verhelfen.

Inhalt

Einleitung, Das Verhalten elektromagnetischer Strahlung an Grenzflächen, Absorption von Laserstrahlung, Energietransport und Wärmeleitung, Thermo-
mechanik, Phasenumwandlungen, Schmelzbadströmung, Laserinduziertes Verdampfen, Plasmaphysik, Laserstrahlquellen, Oberflächentechnik, Umformen, Rapid Prototyping, Rapid Tooling, Fügen, Abtragen und Bohren, Schneiden, Systemtechnik, Lasermesstechnik, Ergänzungen A: Optik, B: Kontinuumsmechanik, C: Laserinduziertes Verdampfen, D: Plasmaphysik, E: Bedeutung der verwendeten Symbole und Konstanten, F: Farbbildteil, Sachverzeichnis.

2005. XVII, 526 S. 353 Abb. (VDI-Buch)
ISBN 3-540-21406-2

Bestelladresse

Springer Kundenservice
Haberstraße 7
69126 Heidelberg
Telefon: ++49 (0)6221/345 -0
Fax: ++49 (0)6221/345 -4229
SDC-bookorder@springer-sbm.com
www.springer.de



Videofilm »Laser - das besondere Licht für die Materialbearbeitung« (deutsch/englisch)

Dieser Lehrfilm ist 1997 von der Bergischen Universität Wuppertal in Zusammenarbeit mit dem VDI-Technologiezentrum Düsseldorf, dem Fraunhofer ILT und weiteren Laserzentren und -firmen produziert und im Jahr 2000 neu aufgelegt worden. Er liefert einen Überblick über alle wichtigen Laserbearbeitungsverfahren und ist speziell zur Intensivierung der Lehre an Hochschulen, Fachhochschulen, Berufsakademien und zur innerbetrieblichen Schulung konzipiert. Dies trifft insbesondere auf fertigungstechnische Studiengänge und Ausbildungsbereiche zu. Der Videofilm hat eine Dauer von 42 Minuten und ist in Deutsch und Englisch bei der Bergischen Universität Wuppertal, Fachbereich D, Abteilung Maschinenbau erhältlich.

Ansprechpartner

Prof. Helmut Richter
Telefon: 0202/439 -2042
richterh@uni-wuppertal.de



CD-Rom »Lasertechnik« (deutsch)

Die CD-Rom ist eine Sammlung von Grafiken, Bildern und Videos der Vorlesungen Lasertechnik I + II von Prof. Dr. rer. nat. Reinhart Poprawe M.A. und wurde 2003 in neuer überarbeiteter Version produziert.

Sie wurde vom Lehrstuhl für Lasertechnik LLT in der Fakultät Maschinenwesen der RWTH Aachen in enger Kooperation mit dem Fraunhofer-Institut für Lasertechnik ILT erstellt.

Inhalt sind die Grundlagen der Lasertechnik sowie die physikalischen und technischen Prozesse für moderne Fertigungsverfahren. Darüber hinaus wird an zahlreichen Beispielen zu Lasern und industriellen Anwendungen der heutige Stand der wirtschaftlichen Nutzung demonstriert.

Die Darstellungen können einzeln über das mitgelieferte Programm Acrobat Reader 5.0 auf handelsüblichen PCs aufgerufen werden. Systemvoraussetzungen sind: Microsoft Windows 95 OSR 2.0, Windows 98 SE, Windows Millennium Edition, Windows NT 4.0 mit Service Pack, Windows 2000, Windows XP und MacOSX (64 MB Ram Arbeitsspeicher sowie 30 MB freier Festplattenspeicher).

Das Ausdrucken und Verwerten der unveränderten Grafiken und Bilder ist ausschließlich zu Lehrzwecken gestattet.

Weitere Informationen und Bestellzettel zur CD-Rom »Lasertechnik« erhalten Sie über den Arbeitskreis Lasertechnik e.V., Steinbachstraße 15, 52074 Aachen.

Ansprechpartnerin

Diana Heinrichs
Telefon: 0241/8906 -122
Fax: 0241/8906 -112
diana.heinrichs@ilt.fraunhofer.de

Multimedia-Software LASIM® (deutsch/englisch)

LASIM® ist ein Multimedia-Lernprogramm für die Ausbildung im Bereich des Laserstrahlschneidens und -schweißens. Die Kombination von Text, Bild, Ton und Animation in Form von Multimedia-Software eröffnet neue Horizonte in der Ausbildung von Laseranwendern. Im theoretischen Teil der Lehrgänge werden komplizierte Prozesse und Verfahrensmodelle anschaulich dargestellt. Dies trägt zu einem besseren Verständnis des Lehrstoffes bei. Im praktischen Teil der Ausbildung können zahlreiche Versuche durch Simulationen ersetzt werden. Der Anwender kann per Multimedia selbstständig die Verfahrensparameter einstellen, ohne Störungen am realen Lasersystem zu verursachen.

Durch das Einrichten mehrerer Computerarbeitsplätze kann der personelle Betreuungsaufwand auf ein wirtschaftlich vertretbares Maß reduziert werden. Darüber hinaus eignen sich Multimedia-Programme für das Selbststudium. Der Laseranwender kann jederzeit Versuche an einer virtuellen Anlage durchführen.

Die Multimedia-Technik ergänzt in idealer Weise die praktische Ausbildung am realen Lasersystem. In der Anfangsphase werden die Übungen zum Verständnis der grundlegenden Zusammenhänge am Computer durchgeführt.

In der darauf folgenden Phase kann der Anwender seine erworbenen Kenntnisse zur Lösung konkreter Probleme am realen Lasersystem einsetzen.

Die Vorteile des Einsatzes von Multimedia-Software zur Ausbildung von Fachkräften und Studenten liegen auf der Hand:

- Visualisierung komplexer Zusammenhänge und Verfahrensabläufe
- Simulation eines realen Laserarbeitsplatzes
- Durchführung von Versuchen an virtuellen Anlagen mit Ergebnisauswertung
- unbegrenzte Verfügbarkeit und risikolose Fehlbedienung
- geringer Betreuungsaufwand und Eignung zum Selbststudium
- interaktive theoretische und praktische Übungen zur Festigung des Lehrstoffes

Die Software LASIM® ist in Deutsch und Englisch über das Fraunhofer-Institut für Lasertechnik ILT erhältlich. Aktuelle Informationen und Bestellzettel zu LASIM® können über die Internet-Seiten www.ilt.fraunhofer.de abgerufen werden.

Ansprechpartner

Dr. Dirk Petring
Telefon: 0241/8906 -210
Fax: 0241/8906 -121
dirk.petring@ilt.fraunhofer.de



Absender

Name, Vorname

Firma

Abteilung

Straße

PLZ/Ort

Telefon

Fax

E-mail

bitte faxen an:
Fraunhofer ILT
Stefanie Flock
Fax: +49 (0) 241 / 8906 -121

Wenn Sie mehr Informationen über die Forschungs- und Entwicklungsleistungen des Fraunhofer ILT wünschen, nutzen Sie unseren Internet-Service unter www.ilt.fraunhofer.de.

Sie können das Informationsmaterial ebenfalls mit Hilfe des vorliegenden ausgefüllten Abschnitts anfordern.

- Broschüre: »Partner der Innovatoren«**
 - deutsch
 - englisch
- Broschüre: »Angebot und Ansprechpartner 2004/5« (deutsch/englisch)**
- Jahresbericht 2004**
(englische Version online unter www.ilt.fraunhofer.de)
- Jahresbericht 2003**
(englische Version online unter www.ilt.fraunhofer.de)
- Jahresbericht 2002**
(englische Version online unter www.ilt.fraunhofer.de)
- Jahresbericht 2001**
(englische Version online unter www.ilt.fraunhofer.de)
- Tagungsband** des Aachener Kolloquiums für Lasertechnik AKL'04
- Tagungsband** des Laser-Business-Tages des AKL'04
- Tagungsband** des Aachener Kolloquiums für Lasertechnik AKL'02
- Tagungsband** des Laser-Business-Tages des AKL'02
- Fachprospekt »Hochleistungsdiodenlaser«**
 - Fachprospekt »LASIM®- Lasersimulator für die Ausbildung«**
 - deutsch
 - englisch
- Fachprospekt »Lasertechnik für die Oberflächenmodifikation und das Umformen«**
- Fachprospekt »Lasertechnik für den Verschleiß- und Korrosionsschutz«**
- Fachprospekt »Laserstrahlauftrag-schweißen«**
- Fachprospekt »Rapid Prototyping und Rapid Manufacturing für Metallbauteile«**
 - Fachprospekt »Laser in der Mikrostrukturierungstechnik«**
 - deutsch
 - englisch
- Fachprospekt »Abtragen, Reinigen und Markieren mit Laserstrahlung«**
- Fachprospekt »Systeme und Anlagen für die Lasermaterialbearbeitung«**
- Fachprospekt »Qualitätssicherung in der Lasermaterialbearbeitung«**
 - Fachprospekt »Laser in der Aufbau- und Verbindungstechnik«**
 - deutsch
 - englisch
 - Fachprospekt »Laser in der Kunststoff- und Papierindustrie«**
 - deutsch
 - englisch
 - Fachprospekt »Laser in Life Science«**
 - deutsch
 - englisch
 - Fachprospekt »Werkstoffanalyse und Verwechslungsprüfung mit Laserstrahlung«**
 - deutsch
 - englisch
- Fachprospekt »Oberflächen- und Schichtanalyse«**
- Studieninfo 2004/2005 »Lasertechnik an der RWTH Aachen«**
- Informationsbroschüre »Kompetenznetze.de« (deutsch/englisch)**
- CD-Rom »Lasertechnik«**
- Fachbuch »Lasertechnik für die Fertigung«**
 - Multimedia-Software LASIM®**
 - deutsch
 - englisch

Impressum

Redaktion

Dipl.-Phys. Axel Bauer (verantw.)
Stefanie Flock

Gestaltung und Produktion

Dipl.-Des. Andrea Croll

Druck

Druckspektrum
Hirche-Kurth GbR, Aachen

Papier

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

Ansprechpartner

Dipl.-Phys. Axel Bauer
Telefon: +49 (0) 241 / 8906 -194
Fax: +49 (0) 241 / 8906 -121
axel.bauer@ilt.fraunhofer.de

Alle Rechte vorbehalten.
Nachdruck nur mit schriftlicher Genehmigung der Redaktion.

© Fraunhofer-Institut
für Lasertechnik ILT, Aachen 2005

Adresse

Fraunhofer-Institut für Lasertechnik ILT

Steinbachstraße 15
52074 Aachen
Telefon: +49 (0) 241 / 8906 -0
Fax: +49 (0) 241 / 8906 -121

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