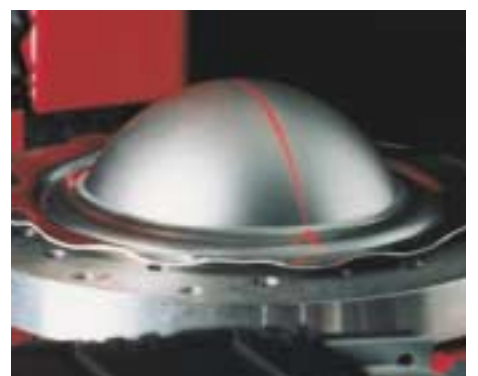




Fraunhofer Institut
Lasertechnik

Leistungen und Ergebnisse Jahresbericht 2001



Jahresbericht
des Fraunhofer-Instituts
für Lasertechnik ILT
2001

Ein Leitbild zum Geleit

Das Fraunhofer ILT trägt seit über 15 Jahren im Bereich der angewandten Lasertechnik zur Leistungsfähigkeit innovativer Unternehmen bei. Dies verlangt zu jedem Zeitpunkt den Einsatz vieler kreativer Kräfte. So sind zahlreiche Neuheiten in der Lasertechnik entstanden, die bis heute die Branche prägen.

Kreativität braucht einen Rahmen und klare Ziele, um ergebnisorientiert wirken zu können. Das ILT hat entsprechend in einem aufwendigen internen Prozess 2001 das eigene Unternehmens-Leitbild erarbeitet, um Zusammenarbeit und -leben effizienter, effektiver und einfach besser zu gestalten. Kunden und Mitarbeiter finden im Leitbild eine übergeordnete Orientierung, unabhängig von der schnelllebigen Technologieentwicklung. Sehen Sie es sich doch einmal an: www.ilt.fraunhofer.de.

Zur Fokussierung im breiten Spektrum der angewandten Lasertechnik ist es absolut notwendig, mittelfristige, konkrete Strategien auf der technologischen Ebene zu erarbeiten, die eine effektive Nutzung und Bündelung der kreativen Kräfte sichern. Hierzu hat das ILT im Jahr 2001 in einem kontinuierlichen Entwicklungsprozess einerseits die internen Kompetenzen strukturiert und dokumentiert sowie andererseits die mittelfristigen Kundenerwartungen analysiert und mit den eigenen Visionen gefaltet. Daraus entstanden vier marktorientierte Geschäftsfelder und sechs Kernkompetenzen.

Im Ergebnis liegen heute für alle zehn Elemente aktuelle Schwerpunkte als auch zukünftige Forschungs- und Entwicklungsinhalte in Form von Technologie- und Produktroadmaps vor. Mit dieser Struktur soll einerseits die Kundenansprache noch weiter optimiert sowie andererseits der Rahmen für die eigenen kreativen Explorationen gesteckt werden. Leitbild, Strategieplan und zertifiziertes Qualitätsmanagementsystem geben nun dem ILT ein fokussiertes, innen und außen wahrnehmbares Profil. Hiermit wollen wir unsere Position als geeigneter Partner für nachhaltige FuE-Entwicklungen im Bereich der Lasertechnik ausbauen und unsere Mission einer internationalen Spitzenstellung beim Transfer der Lasertechnik in die industrielle Nutzung erfüllen.

Ich danke vor allem den Mitarbeitern für ihren unermüdlichen Arbeitseinsatz, der zu einem sehr erfolgreichen Jahr und »nebenbei« zu diesen lebenswichtigen Instrumenten geführt hat.

Aachen, im Februar 2002

Ihr
Prof. Dr. rer. nat. Reinhart Poprawe M.A.





Fraunhofer-Institut
für Lasertechnik ILT

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

E-Mail: info@ilt.fraunhofer.de
www.ilt.fraunhofer.de

Inhalt

Das Institut im Profil	6	Patente	91
Leitbild	7	Dissertationen	92
Geschäftsfelder	8	Diplomarbeiten	92
Gremien	10	Wissenschaftliche Veröffentlichungen	93
Ansprechpartner	11	Vorträge	95
Kernkompetenzen	12	Messebeteiligungen	97
Dienstleistungsangebot	14	Kongresse und Tagungen	97
Das Institut in Zahlen	16	Publikationen	99
Kundenreferenzen	19	Filme und Multimedia-Software	102
Fraunhofer USA Center for Laser Technology CLT	20	Informations-Service	104
Coopération Laser Franco-Allemande CLFA	22	Impressum	105
Die Fraunhofer-Gesellschaft auf einen Blick	24		

Einige ausgewählte Forschungsergebnisse aus den Geschäftsfeldern des ILT

Laserstrahlquellen und Plasmasysteme	26 - 36
Laserfertigungsverfahren	37 - 60
Laseranlagen und Systemtechnik	61 - 75
Lasermess- und Prüftechnik	76 - 90



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

Kurzportrait

ILT - dieses Kürzel steht seit über 15 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 230 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 »Laserfertigungsverfahren« 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. Bereits 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.

Geschäftsfeld »Laserstrahlquellen und Plasmasysteme«

Das Geschäftsfeld umfasst die Entwicklung von Diodenlaser-Modulen und Systemen sowie diodengepumpter Festkörperlaser, das Design neuer Diodenlaserstrukturen, die Mikromontage von Diodenlasern und optischer Komponenten sowie die Entwicklung von Plasmasystemen. Zu den herausragenden Projektergebnissen, die in enger Kooperation mit den Industriepartnern erfolgreich in die Praxis überführt worden sind, zählen u. a. der transversal diodengepumpte 5 kW-Festkörperlaser sowie die Diodenlasermodule zum Fügen von Kunststoffbauteilen. 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.



Geschäftsfeld »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.



Geschäftsfeld

»Lasieranlagen und Systemtechnik«

Das Geschäftsfeld konzentriert sich einerseits auf die Entwicklung von Prototypanlagen für Laserapplikationen und plasmatechnische Anwendungen und 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.



Geschäftsfeld

«Lasermess- und Prüftechnik«

Das Angebotsspektrum des Geschäftsfeldes umfasst die Entwicklung von Mess- und Prüfverfahren sowie entsprechender Anlagen zur Stoffanalyse und zur Geometrie- und Oberflächenprüfung. Auch 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 Werkstoffe, der Verwechslungsprüfung hochlegierter Stähle, der Schnellerkennung von Kunststoffen sowie der Analyse von Prozessabgasen. Für die parallele Verarbeitung von Detektorsignalen hoher Bandbreite werden spezielle Elektronikkomponenten entwickelt. Seit kurzem wird das neue Themenfeld Biophotonik aufgegriffen. Im Rahmen von Verbundprojekten wird Expertise im Bereich hochsensitiver Fluoreszenzdetektion für Proteinchips systematisch aufgebaut. Im Bereich Geometrie- und Oberflächenprüfung werden Komponenten, Geräte und Anlagen, mit denen 1- bis 3D 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 1D- bis 2D-Vermessung von Stückgut sowie Elektronikkomponenten für Lasertriangulations- und Laserlichtschnittsensoren. Zielmärkte sind sämtliche Branchen der produzierenden Industrie, die mess- oder prüftechnische Aufgaben mit hoher Zuverlässigkeit durchführen müssen.



Kuratorium und Gremien

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:

Ch. Schneider Dr.-Ing.
Vorsitzender

C. Baasel
Carl Baasel Lasertechnik GmbH

D. Basting Dr.
Lambda Physik GmbH

H. Hornig Dipl.-Ing.
BMW AG

G. Marowsky Prof. Dr.
Laserlaboratorium Göttingen e. V.

H. Martinen Dipl.-Phys.
Rofin Sinar Laser GmbH

T. Monsau MinRat Dipl.-Phys.
Ministerium für Wirtschaft und Mittelstand, Technologie und Verkehr, NRW

G. Müller Prof. Dr.-Ing.
Laser-Medizin-Technologie GmbH

R. Müller Dr.
Osram Opto Semiconductors
GmbH & Co. OHG

H. Opower Prof. Dr. rer. nat.
Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V.

R. Röhrig MinR Dr.
Bundesministerium für Bildung
und Forschung (BMBF)

M. Stückradt Dr.
Kanzler der RWTH Aachen

R. Wollermann-Windgasse Dr. rer. nat.
Trumpf Lasertechnik GmbH

Die siebzehnte Zusammenkunft des Kuratoriums fand am 13. September 2001 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: Prof. Dr. R. Poprawe, Dr. P. Loosen, Dipl.-Ing. Wolfgang Oesterling, Dr. E.W. Kreutz, Dipl.-Phys. A. Bauer, Dr. K. Boucke, Dr. K. Du (bis 06.2001), Dr. A. Gillner, Dipl.-Ing. H.-D. Hoffmann (ab 06.2001), Dr. S. Kaielerle, Dr. W. Neff, Dr. R. Noll, Dr. D. Petring, Priv.-Doz. Dr. W. Schulz, Dr. B. Weikl, Dr. K. Wissenbach, Dipl.-Phys. G. Vittr, Dr. J. Gottmann.

Arbeitsschutzausschuss (ASA)

Der Arbeitsschutzausschuss (ASA) ist für die Lasersicherheit und alle anderen sicherheitstechnischen Fragen im Fraunhofer ILT zuständig. Mitglieder des Ausschusses sind: Dipl.-Ing. W. Oesterling, L. Bodelier, M. Brankers, Dr. E. W. Kreutz, A. Lennertz, Dr. W. Neff, Dipl.-Phys. G. Otto, Dipl.-Ing. F. Voigt, Dipl.-Ing. N. Wolf, Dr. G. Kotitschke, 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, Dipl.-Phys. G. Vittr, Brigitte Theisen.

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.

Ansprechpartner



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



Dr. Konstantin Boucke (-132)
Abt. Laserkomponenten



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



Dr. Peter Loosen (-162)
stellvertretender Institutsleiter



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



Dr. Konrad Wissenbach (-147)
Abt. Oberflächentechnik



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



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



Dr. Arnold Gillner (-148)
Abt. Mikrotechnik



Dipl.-Ing. Wolfgang Oesterling (-185)
Verwaltung und Infrastruktur



Dr. Willi Neff (-142)
Abt. Plasmatechnologie



Dr. Stefan Kaierle (-212)
Abt. Systemtechnik



Dr. Bruno Weikl (-134)
IT-Management



Dr. Alexander Drenker (-223)
Qualitätsmanagement



Priv.-Doz. Dr. W. Schulz (-132)
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 Mikromontageprozessen

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 mikrooptischen Komponenten
- 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
- Fluoreszenz-Spektroskopie
- Laser-Koordinatenmesssysteme
- Oberflächeninspektion
- Zerstörungsfreie Prüfverfahren
- Interferometrische Messverfahren
- 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)

- Hochgeschwindigkeitsbearbeitung
- Dickblechbearbeitung
- Trennen und Fügen von Sondermaterialien
- Abtragen (Bohren, Caving, Perforieren, Gravieren)
- 3D-Anwendungen
- Schweißen mit Zusatzwerkstoff
- Hybridverfahren
- Design von Bearbeitungsdüsen und -optiken
- 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
- Biegen von Metallen
- Reinigung und Modifikation von Oberflächen wie Entgraten, Polieren, Aktivieren und Strukturieren
- Rapid Prototyping zur Herstellung metallischer Bauteile und Werkzeuge

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
- Laser-CVD und -PVD, Laser-Galvanik
- Schneiden und Perforieren von Papier, Kunststoffen und Verbundwerkstoffen
- Schweißen von Thermoplasten und thermoplastischen Elastomeren

Modellierung und Simulation

Priv.-Doz. 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
- Entwicklung von Diodenlasernetzteilen, Funkenerosionsgeneratoren 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:

- Laserentwicklung
- 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
- Nd:YAG-Laser bis 5 kW
- Diodenlasersysteme bis 3 kW
- Diodengepumpte Festkörperlaser bis 5 kW
- Excimerlaser
- Faserlaser
- Fünfachsigle Portalanlagen
- Dreiachsigle Bearbeitungsstationen
- Strahlführungssysteme
- Robotersysteme

- Sensoren zur Prozessüberwachung für die Lasermaterialbearbeitung
- Direct-writing- und Laser-PVD-Stationen
- Reinräume zur Montage von Diodenlasern, Diodenlasersystemen und diodengepumpten Festkörperlasern
- 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
- Einrichtungen zur holographischen Schwingungsanalyse und Speckle-Interferometrie

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.

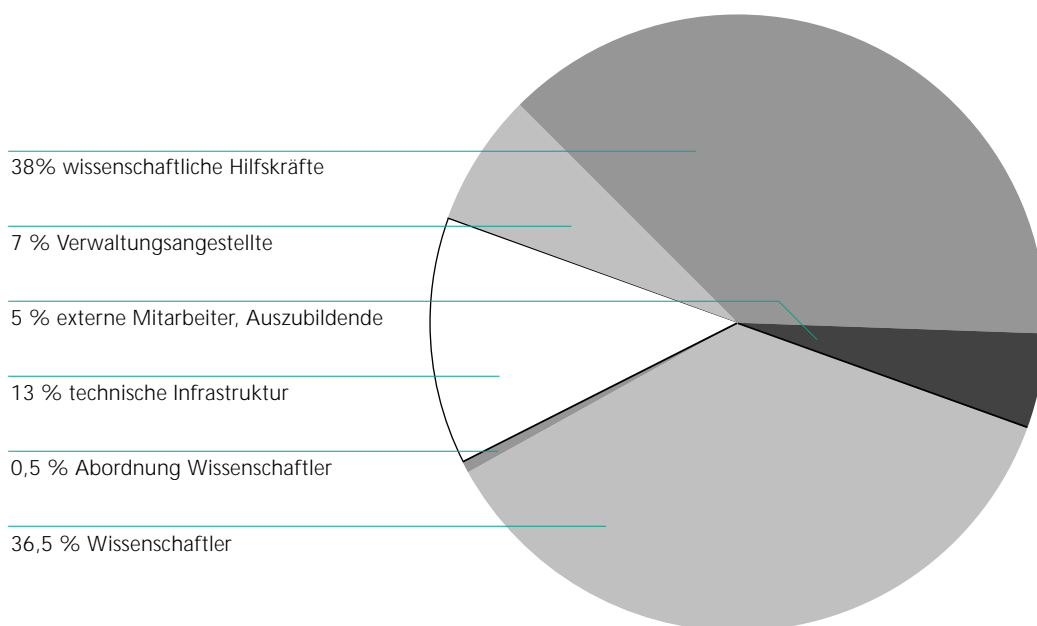
© AVIA-Luftbild, Aachen
Dipl.-Ing. Martin Jochum



Mitarbeiter

Mitarbeiter am Fraunhofer ILT 2001	Anzahl
Stammpersonal	133
- Wissenschaftler und Ingenieure	86
- Abordnung Wissenschaftler	1
- technische Infrastruktur	30
- Verwaltungsangestellte	16
Weitere Mitarbeiter	101
- wissenschaftliche Hilfskräfte	89
- externe Mitarbeiter	9
- Auszubildende	3
Mitarbeiter am Fraunhofer ILT, gesamt	234

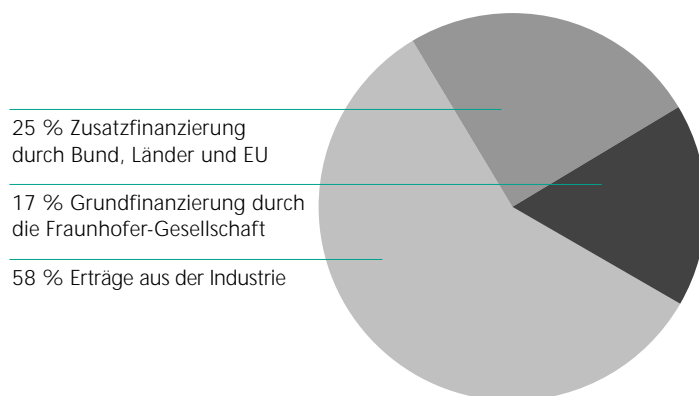
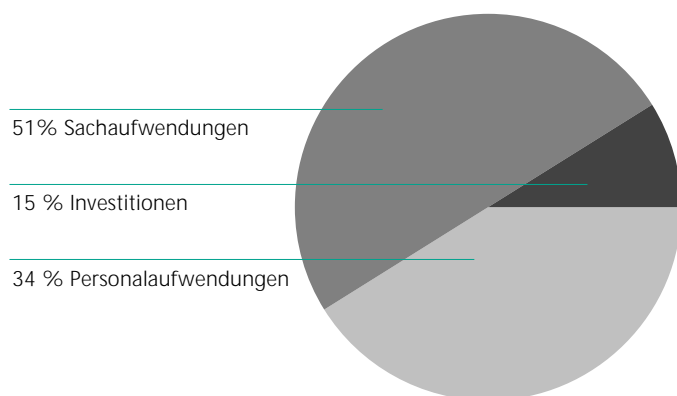
- 16 Mitarbeiter haben ihre Promotion abgeschlossen
- 13 Studenten haben ihre Diplomarbeit am Fraunhofer ILT durchgeführt



Aufwendungen und Erträge (vorläufig)

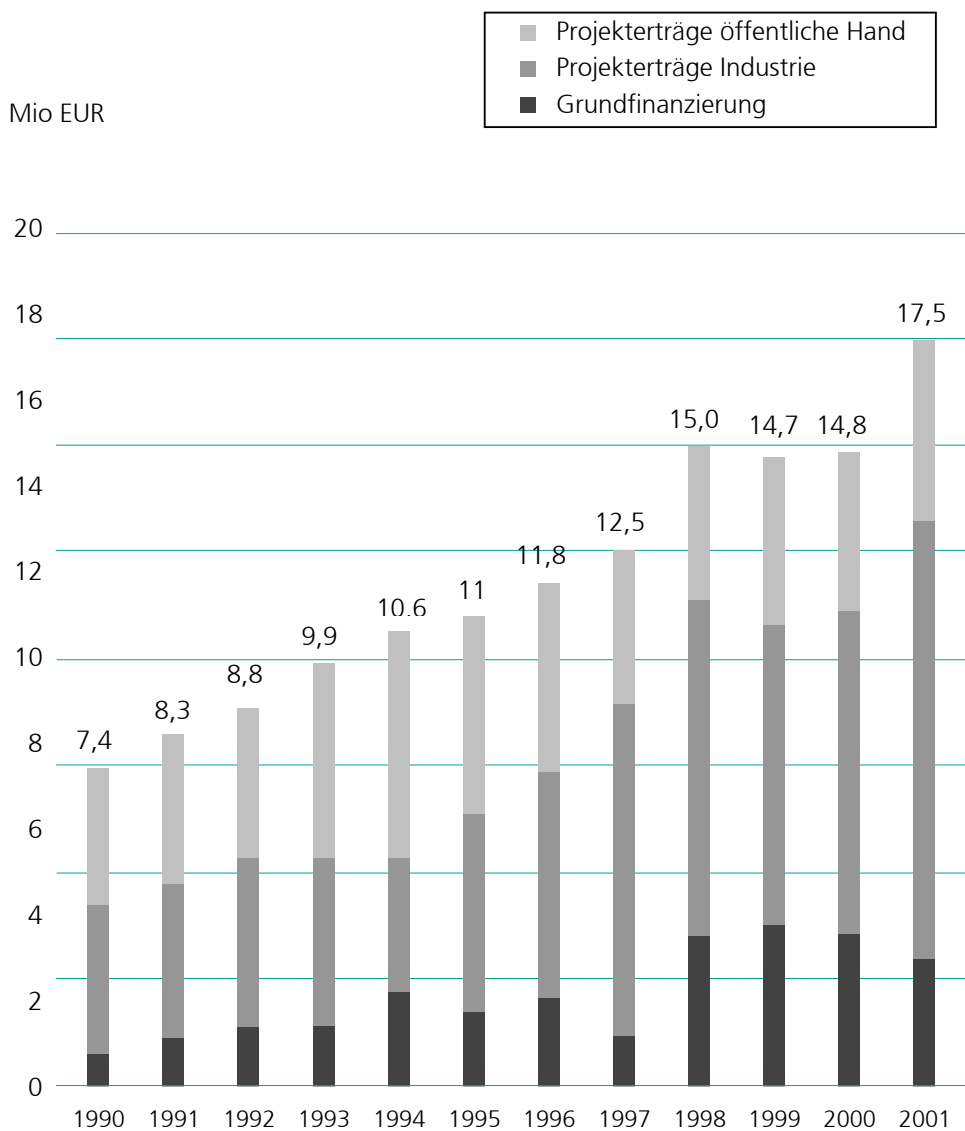
Aufwendungen 2001	Mio. EUR
Betriebshaushalt	17,5
- Personalaufwendungen	7,1
- Sachaufwendungen	10,4
Investitionen	3,1

Erträge Betriebshaushalt 2001	Mio. EUR
- Erträge aus der Industrie	10,2
- Zusatzfinanzierung durch Bund, Länder und EU	4,2
- Grundfinanzierung durch die Fraunhofer-Gesellschaft	3,0
Erträge, gesamt	17,5
- davon entfallen auf Auslandsprojekte	1,5



Betriebshaushaltentwicklung

Die Graphik verdeutlicht die Entwicklung des Betriebshaushaltes in den letzten 12 Jahren.

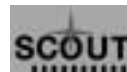
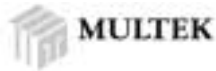


Kundenreferenzen



HEIDELBERG INSTRUMENTS

Heraeus



Thyssen Laser Technik Aachen



Stand Februar 2002
Mit freundlicher Genehmigung der
Kooperationspartner.

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

Fraunhofer USA Center for Laser Technology CLT

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 neue Gebäude des CLT umfasst Räumlichkeiten mit einer Grundfläche von 1250 m². Mit einem Gesamtwert von mehr als 7 Millionen US\$ weist das CLT die modernste und vielseitigste Ausstattung von Lasersystemen in Nordamerika auf.



Die verfolgten Ziele 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
- 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. Als erster kommerzieller Partner des Centers

wurde »Visotek« im Januar 2001 gegründet. Geschäftszweck ist die rasche Kommerzialisierung von Fraunhofer Technologie und die gemeinsame Bearbeitung von Forschungsprojekten. Erste Prototypen von Schweißoptiken mit integrierter Prozesskontrolle und Strahlsteuerung wurden ausgeliefert. An fasergekoppelten Diodenlasern hoher Leistung wird intensiv geforscht.

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

Dienstleistungen

Das CLT Michigan bietet Dienstleistungen im Bereich der Lasermaterialbearbeitung an. Diese umfassen das gesamte Spektrum von Schulung und Machbarkeitsstudien über Prozessentwicklung bis hin zur Vorserienentwicklung und Systemintegration. 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 sowie der Luft- und Raumfahrt.

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 von 3 kW bis 12 kW, Nd:YAG-Laser von 250 W bis 3 kW und Diodenlaser von 30 W bis 4 kW sowie eine Reihe von 3-, 5- und 6-Achsen Anlagen.

»Laserspot«, eine vom CLT initiierte und organisierte Arbeitsgruppe unterstützt das CLT darin, state-of-the-art Lasersysteme einer breiten Gruppe von Laserherstellern zur Verfügung zu stellen. Die Kunden des CLT Michigan profitieren davon, dass das CLT nicht vertraglich an einen einzelnen Laserhersteller gebunden ist und somit das jeweils am besten geeignete System für eine spezielle Anwendung ermitteln kann.

Kundenreferenzen

- AGA
- Alcoa (Reynolds)
- Alcan
- Borg Warner
- Coherent Semiconductor Group
- DaimlerChrysler
- Dana Corporation
- Enerworks
- Ford Motor Company
- General Motors
- Hughes
- JMC Technology Group
- Johnson Controls
- Natural Resources Canada
- Nuvonyx
- Praxair Surface Technologies, Inc.
- PRC Lasers
- Remmele Engineering, Inc.
- RS Electronics
- Spectra Physics
- Trumpf
- Tailor Steel
- T&H Lemont
- Visteon

Aufwendungen

Betriebshaushalt 2001*

	Mio. US\$
Betriebshaushalt	2,5
- Personalaufwendungen	0,8
- Sachaufwendungen	1,7

*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
E-Mail: sheinemann@clt.fraunhofer.com

www.clt.fraunhofer.com

Coopération Laser Franco-Allemande CLFA

Kurzportrait

In der CLFA in Paris kooperiert das Fraunhofer-Institut für Lasertechnik seit nunmehr fünf Jahren erfolgreich mit führenden französischen Forschungseinrichtungen. In der von den französischen Partnern (u.a. CEA, CNRS und DGA) in Arcueil bei Paris bereitgestellten Infrastruktur arbeiten interdisziplinäre Expertenteams aus Deutschland und Frankreich gemeinsam am Transfer lasergestützter Fertigungsverfahren in die europäische Industrie.

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 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 mit praxisnaher Ausbildung von 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 gefördert. Hierdurch wird den Mitarbeitern die Möglichkeit geboten, ihre Kompetenz insbesondere im Hinblick auf Mobilität und internationales Projektmanagement zu vertiefen.

Ausstattung

Die Infrastruktur der CLFA in Arcueil umfasst auf einer Gesamtfläche von 3000 m² CO₂-, Nd:YAG- und Excimerlaser verschiedener Leistungsklassen sowie entsprechende Handhabungssysteme. Diese sind komplementär zu denen des Fraunhofer ILT und werden von den Kunden aus allen Bereichen der französischen Industrie intensiv genutzt.

Umsatz und Kundenspektrum

Der Umsatz der CLFA betrug im Geschäftsjahr 2000 rund 1,8 Mio Euro. Die Kunden der CLFA kommen aus allen Bereichen der französischen Wirtschaft: Automobilbau, Luft- und Raumfahrt, Off-shore-Industrie und Nukleartechnik sowie den relevanten Zulieferbranchen.

Die Einbindung der CLFA im Rahmen europaweiter Verbundprojekte wird ebenfalls erfolgreich betrieben.

Ihr Ansprechpartner



Dr. Wolfgang Knapp
Direktor

16 bis, avenue Prieur de la Côte d'Or
94114 Arcueil Cedex
Frankreich

Telefon: +33(0)1 / 4231 -9891
Fax: +33(0)1 / 4231 -9747
E-Mail: wknapp@clfa.fr

www.clfa.fr

Die Fraunhofer-Gesellschaft auf einen Blick

Die Fraunhofer-Gesellschaft

Die Fraunhofer-Gesellschaft ist die führende Trägerorganisation für Einrichtungen der angewandten Forschung in Europa. Sie betreibt Vertragsforschung für die Industrie, für Dienstleistungsunternehmen und die öffentliche Hand. Für Kunden aus der Wirtschaft werden einsatzreife Lösungen technischer und organisatorischer Probleme rasch und kostengünstig erarbeitet. Im Rahmen der Technologieprogramme der Europäischen Union wirkt die Fraunhofer-Gesellschaft in Industriekonsortien an der Lösung technischer Fragen zur Verbesserung der Wettbewerbsfähigkeit der europäischen Wirtschaft mit.

Eine weitere wichtige Aufgabe der Fraunhofer-Gesellschaft ist die strategische Forschung: 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 Schlüsseltechnologien beitragen. Dazu gehören die Forschungsgebiete Kommunikation, Energie, Mikroelektronik, Produktion, Verkehr und Umwelt.

Die Globalisierung von Wirtschaft und Forschung macht eine internationale Zusammenarbeit unerlässlich. Niederlassungen der Fraunhofer-Gesellschaft in Europa, in den USA und in Asien sorgen daher für Kontakt zu den wichtigsten gegenwärtigen und zukünftigen Wirtschaftsräumen.

Die Fraunhofer-Gesellschaft betreibt derzeit 56 Forschungseinrichtungen an Standorten in der gesamten Bundesrepublik. Rund 11 000 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter, überwiegend mit natur- oder ingenieurwissenschaftlicher

Ausbildung, bearbeiten das jährliche Forschungsvolumen von über 900 Millionen EUR. Davon fallen mehr als 800 Millionen EUR auf den Leistungsbereich Vertragsforschung. Rund zwei Drittel dieses Leistungsbereichs erwirtschaftet die Fraunhofer-Gesellschaft aus Aufträgen der Industrie und öffentlich finanzierten Forschungsprojekten. Ein Drittel wird von Bund und Ländern beigesteuert, um damit den Instituten die Möglichkeit zu geben, Problemlösungen vorzubereiten, die erst in fünf oder zehn Jahren für Wirtschaft und Gesellschaft aktuell werden.

Die Fraunhofer-Wissenschaftler sind auf differenzierte Forschungsaufgaben aus einem breiten Spektrum von Forschungsfeldern spezialisiert. Wenn Systemlösungen gefragt sind, arbeiten mehrere Institute interdisziplinär zusammen.

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.

Ihren Namen verdankt die Gesellschaft dem als Forscher, Erfinder und Unternehmer gleichermaßen erfolgreichen Münchner Gelehrten 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.

Das Leistungsangebot

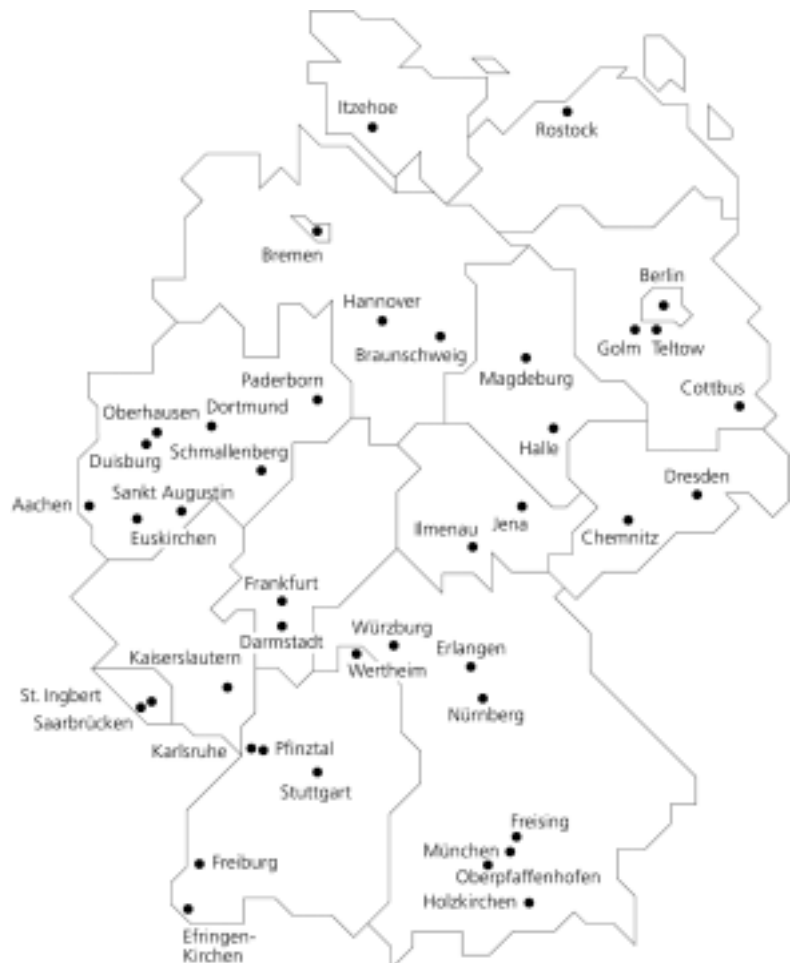
Die Fraunhofer-Gesellschaft entwickelt Produkte und Verfahren bis zur Anwendungsreife. Dabei werden in direktem Kontakt mit dem Auftraggeber individuelle Lösungen erarbeitet. Je nach Bedarf arbeiten mehrere Fraunhofer-Institute zusammen, um auch komplexe Systemlösungen zu realisieren. Es werden folgende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

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

Die Vorteile der Vertragsforschung

Durch die Zusammenarbeit aller Institute stehen den Auftraggebern der Fraunhofer-Gesellschaft zahlreiche Experten mit einem breiten Kompetenzspektrum zur Verfügung. Gemeinsame Qualitätsstandards und das professionelle Projektmanagement der Fraunhofer-Institute sorgen für verlässliche Ergebnisse der Forschungsaufträge. Modernste Laborausstattungen machen die Fraunhofer-Gesellschaft für Unternehmen aller Größen und Branchen attraktiv. Neben der Zuverlässigkeit einer starken Gemeinschaft sprechen auch wirtschaftliche Vorteile für die Zusammenarbeit, denn die kostenintensive Vorlauftforschung bringt die Fraunhofer-Gesellschaft bereits als Startkapital in die Partnerschaft ein.

Die Standorte der Forschungseinrichtungen





Geschäftsfeld Laserstrahlquellen und Plasmasysteme

Hochauflösende Nahfeld- vermessung von Hochleistungsdiodenlasern	28
Modularer Härtelaser	29
Diodenlasersystem zur Kurzzeit-Belichtung von Objektoberflächen	30
Diodenendgepumpter Slablaser	31
Regenerativer Verstärker für ps-Pulse	32
Diodengepumpte Verstärker-Anordnung mit mittleren Leistungen im kW-Bereich im Pulsbetrieb	33
Lichtquelle für Chips der nächsten Generation	34
Plasmareaktoren zur Automobilabgasnachbehandlung	35
Entkeimung von Packstoffen mit Atmosphärendruckplasmen	36

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.

Plasmastrahlungsquelle im
Spektralbereich des extremen
Ultraviolett

Hochauflösende Nahfeldvermessung von Hochleistungsdiodenlasern

Aufgabenstellung

Die genaue Kenntnis des Abstrahlverhaltens von Hochleistungsdiodenlasern ist eine der Voraussetzungen für die Auslegung von Diodenlasermodulen hoher Strahlqualität. Darüber hinaus geben die Intensitätsverteilung und insbesondere die Wellenlängenverteilung im Nahfeld Aufschluss über Defektursachen und die thermischen Verhältnisse im Diodenlaser.

Bei der Aufnahme des Nahfeldes mittels vergrößernder, abbildender Optiken wird die Messung durch Abbildungsfehler und Ungenauigkeiten bei der Positionierung der Optik negativ beeinflusst. Daher wird in dem Messaufbau zur hochauflösenden Nahfeldvermessung von Hochleistungsdiodenlasern das Nahfeld mit einer Glasfaser abgetastet, wobei sowohl die Intensität als auch die lokale Wellenlänge gemessen werden.

Vorgehensweise

Um eine hohe Ortsauflösung zu erreichen wird eine Single-Mode-Glasfaser mit kleinem Faserdurchmesser verwendet. Die Positionierung des Faserendes vor der Austrittsfläche des Diodenlasers erfolgt mit einer Genauigkeit von bis zu $0,1 \mu\text{m}$. Die von der Faser aufgenommene Strahlung wird auf eine Photodiode gegeben, mit der sowohl Leistung als auch Wellenlänge bestimmt werden können. Zur Nahfeldvermessung tastet der Fasermesskopf das Nahfeld des Diodenlasers in einem Abstand von weniger als $50 \mu\text{m}$ ab. Die Messdaten werden mit einem

Rechner erfasst. Anhand der Messdaten können die Leistungsverteilung und die Wellenlängenverteilung dargestellt werden. Des Weiteren werden aus den Messdaten die relative Leistung der einzelnen Emitter, die Emitterbreite, die Schwerpunktwellenlänge und der Leistungsschwerpunkt jedes Emitters berechnet. Die Lage des Leistungsschwerpunktes in Richtung der Fast Axis wird zur Berechnung der Durchbiegung des Diodenlaserbarrens (»Smile«) genutzt.

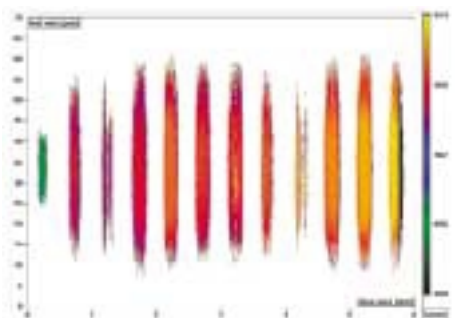
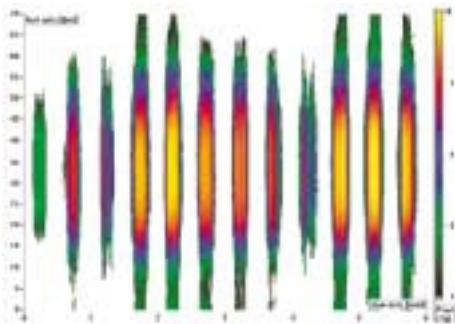
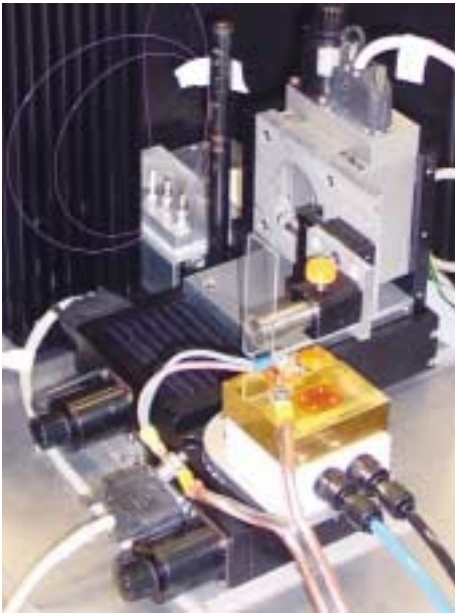
Die Ausrichtung des Fasermesskopfes vor dem Diodenlaser erfolgt manuell, wobei die Software den Anwender anhand grundlegender Strahleigenschaften bei der Ausrichtung unterstützt. Die Automatisierung der Justage ist in einem späteren Stadium geplant.

Ergebnisse und Anwendungen

In den Abbildungen sind eine gemessene optische Leistungsverteilung und die zugehörige Wellenlängenverteilung eines Diodenlaserbarrens dargestellt. Da die Wellenlängenverschiebung in erster Linie proportional zur lokalen Temperatur ist, kann aus der Wellenlängenverteilung eine Temperaturverteilung abgeleitet werden. In Korrelation mit der Leistungsverteilung kann auf unterschiedliche Defekte, wie zum Beispiel innere Defekte des Diodenlasers, Facettenbeschädigungen und Kurzschlüsse einzelner Emitter geschlossen werden.

Ansprechpartner

Dipl.-Phys. C. Scholz, Tel.: -423
E-mail: scholz@ilt.fraunhofer.de
Dipl.-Ing. M. Belitz, Tel.: -423
E-mail: belitz@ilt.fraunhofer.de



Aufgabenstellung

Im Rahmen des Ministerleitprojektes »Modulare Diodenlaser Strahlwerkzeuge« wird ein Diodenlasermodul zum modularen Einsatz in diversen Oberflächentechnischen Anwendungen entwickelt. Die Forderung nach Homogenität der Intensitätsverteilung im Bearbeitungsfokus stellt spezielle Anforderungen an die Systemtechnik.

Vorgehensweise

Die optischen Elemente der Strahlformung werden mit einem Ray-Tracing Simulationsprogramm optimiert. Die Vorderung nach Homogenität im Strahlfokus wird mit der integration eines Wellenleiters gewährleistet. Die Homogenisierung ist in slow Richtung erforderlich. Senkrecht dazu (fast Richtung) propagiert der Strahl frei durch den Wellenleiter.

Im fokussierten Strahl wird eine Strahlabmessung von $< 2 \times 6$ mm bei einer Leistungsdichte von > 3000 W/cm² angestrebt. Der Bearbeitungsabstand soll 80 mm nicht unterschreiten. Ein Stapel von 12 Hochleistungsdiodenlaserbarren mit einer Laserleistung von 480 W dient als Strahlquelle. Die einzelnen Barren sind in fast Richtung kollimiert.

Die Gehäuseabmessungen sollen um eine modularer und flexible Anordnung der Einzelgeräte zu einem Gesamtsystem zu ermöglichen kompakt ausfallen.

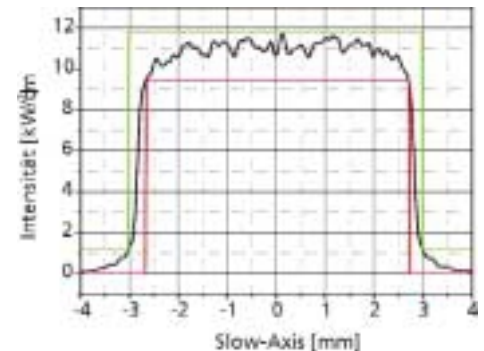
Systemauslegung und Ergebnisse der Simulation

Mit einer Koppelleffizienz von > 80 % durch die Gesamtoptik wird eine Laserleistung von > 370 W am Werkstück erreicht. Bei einer 2:1 Abbildung (slow Richtung) des Wellenleitendes wird ein Länge von 6 mm im Fokus erreicht. Die Flankensteilheit im slow axis Intensitätsprofil wird durch die Eigenschaften der Abbildungsoptik maximiert.

Der Aufbau eines Prototypen und die Fertigung weiterer 4 Module mit identischer Charakteristik ist geplant.

Ansprechpartner

Dipl.-Ing. H.-D. Hoffmann, Tel.: -206
E-mail: d_hoffmann@ilt.fraunhofer.de
Dipl.-Ing. H.-D. Plum, Tel.: -216
E-mail: plum@ilt.fraunhofer.de
Dipl.-Ing. M. Traub, Tel.: -342
E-mail: traub@ilt.fraunhofer.de



Diodenlasersystem zur Kurzzeit-Belichtung von Objektoberflächen

Aufgabenstellung

Zur Oberflächenanalyse werden vermehrt Online-Prüfsysteme eingesetzt, die mit CCD-Kameras ein Bild der zu untersuchenden Fläche aufnehmen. Bei bisherigen Systemen wird diese mit Blitzlampen beleuchtet. Im Vergleich hierzu sind Diodenlaser langlebiger, bieten eine höhere Beleuchtungsdichte und emittieren schmalbandig, wodurch eine sehr effiziente, wellenlängenselektive Auswertung möglich wird.

Vorgehensweise

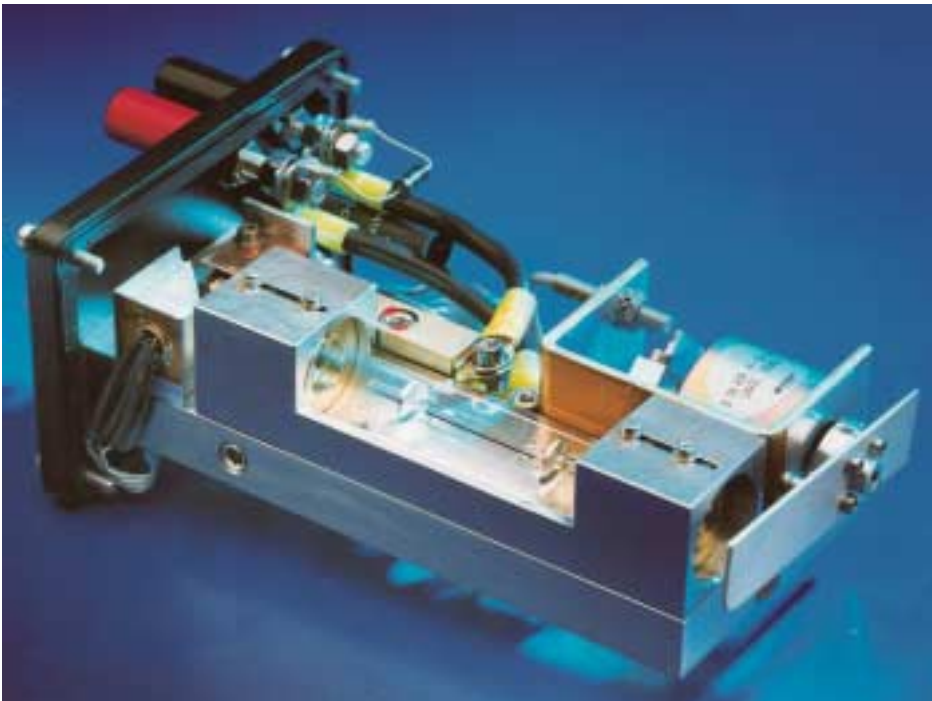
Das aufgebaute Diodenlasersystem besteht aus zwei in Richtung der Fast-Axis gestapelten Diodenlaser-Barren, die für den Pulsbetrieb optimiert sind. Die Strahlqualität der Slow- und der Fast-Axis wird durch ein Treppenspiegelpaar angeglichen. Der so geformte Strahl wird auf die Eintrittsfläche eines Wellenleiters mit rechteckigem Querschnitt fokussiert, der die Intensitätsverteilung beider Achsen homogenisiert. Die Top-Hatförmige Verteilung der Austrittsfläche wird vergrößert auf das Prüfteil abgebildet. Über eine $\lambda/2$ -Platte kann die Polarisation der Laserstrahlung um 90° gedreht werden.

Ergebnisse und Anwendungen

Mit dem beschriebenen Diodenlasersystem wird eine Ausgangsleistung von 100 W erreicht. Die ausgeleuchtete Fläche misst $430 \times 300 \text{ mm}^2$ bei einer Homogenität von $97 \% \times 88 \%$ und einem Polarisationsgrad $> 90 \%$. Das vorgestellte System erlaubt den Einsatz verschiedener Wellenlängen und eine Leistungsskalierung durch Erhöhung der Zahl der Diodenlaser-Barren. Dadurch kann das System an unterschiedliche Belichtungsaufgaben angepasst werden kann.

Ansprechpartner

Dipl.-Ing. M. Traub, Tel.: -342
E-mail: traub@ilt.fraunhofer.de
Dipl.-Ing. H.-D. Hoffmann, Tel.: -206
E-mail: d_hoffmann@ilt.fraunhofer.de



Diodenendgepumpter Slablaser

Aufgabenstellung

Laserdioden sind als Pumplichtquelle für Festkörperlaser wegen ihrer spektralen Eigenschaften und ihrer Formbarkeit besser geeignet als Blitzlampen. Industriell verfügbar sind diodengepumpte Slablaser mit Ausgangsleistungen von einigen Watt bei sehr guter Strahlqualität und mit Ausgangsleistungen von einigen Kilowatt, bei denen der Laserstrahl in eine Lichtleitfaser mit einem Kerndurchmesser von einigen 100 μm eingekoppelt wird. Die Skalierbarkeit von Slablasern unter Beibehaltung der guten Strahlqualität ist durch die Belastbarkeit des Laserkristalls begrenzt.

Ziele der Untersuchungen zum diodenendgepumpten Slablaser sind die Steigerung der Ausgangsleistung in den 100 W Bereich bei einer Strahlqualität von $M^2 < 2$ für Beschriftungsanwendungen und zu einer Ausgangsleistung von 1000 W mit Strahlqualität von $M^2 < 10$ für Präzisionsbearbeitung.

Vorgehensweise

Bei dem im Bild gezeigten Slablaserkonzept wird ein plattenförmiger Laserkristall mit einem Diodenlaserstack endgepumpt. Die Eigenschaften der Diodenlaserstrahlung ermöglichen die Fokussierung zu einer homogenen Linie mit einem hohen Aspektverhältnis. Der so gepumpte Kristall besitzt ein verstärkendes Volumen mit rechteckförmigem Querschnitt, das mittels eines stabil/instabilen Hybridresonators effizient bei hoher Strahlqualität ausgenutzt wird. Nachteilig bei Direktanwendungen wirken sich die in der instabilen Richtung des Laserstrahls entstehenden Nebenmaxima im Fokus aus.

Zur Reduktion des Leistungsinhaltes der Nebenmaxima wurden Auskoppelspiegel mit örtlich variabler Reflektivität verwendet. Der Verlauf des Reflexionsprofils wurde mit Hilfe eines Resonatormodellierungsprogramms optimiert.

Ergebnisse und Anwendungen

Ein gütegeschalteter Laser wurde mit einem Stack aus 5 Diodenlasern gepumpt und eine Ausgangsleistung von 60 W bei einer Strahlqualität $M^2 < 1,2$ erreicht. Bei 1 kHz Repetitionsrate betrug die Pulsenergie 6 mJ und die Pulslänge 15 ns.

Im cw-Betrieb wurden 500 W bei einer Strahlqualität $M^2 < 5$ erreicht.

Ansprechpartner

Dipl.-Phys. C. Schnitzler, Tel.: -128
E-mail: schnitzler@ilt.fraunhofer.de
Dipl.-Ing. H.-D. Hoffmann, Tel.: -206
E-mail: d_hoffmann@ilt.fraunhofer.de



Regenerativer Verstärker für ps-Pulse

Aufgabenstellung

Für die Innenglasgravur mit Lasern werden im industriellen Umfeld zur Zeit gütegeschaltete Lasersysteme mit typischen Pulsdauern von wenigen Nanosekunden eingesetzt. Der Einsatz von Pikosekunden-Lasern ermöglicht das Schreiben deutlich kleinerer Strukturen. Die dazu nötigen Pulsenergien liegen bei ca. 100 μJ und damit um mehr als einen Faktor 1000 über der Ausgangsenergie entsprechender modengekoppelter Pikosekunden-Oszillatoren. Daher muss solchen kommerziell verfügbaren Systemen ein Verstärker nachgeschaltet werden. Die Anforderungen liegen neben der geforderten Verstärkung, im Erhalt einer hohen Strahlqualität und bei Pulswiederholraten größer 1 kHz zur Gewährleistung eines hohen Durchsatzes.

Vorgehensweise

Der regenerative Verstärker besteht aus einem endgepumpten Laserkristall und einem Spiegelsystem, das als stabiler Resonator ausgelegt ist. Die linear-polarisierte Ausgangsstrahlung eines modengekoppelten ps-Oszillators wird über einen Polarisator in den Verstärker eingekoppelt und durchläuft diesen nach Polarisationsdrehung mittels einer Pockelszelle 40 - 50 mal ehe er auf die benötigte Energie verstärkt ist. Nach erneuter Polarisationsdrehung wird dieser Puls über den Polarisator ausgekoppelt. Zur Gewährleistung optimaler Verstärkung wird der Eingangsstrahl mittels eines Teleskops an den Eigenmode des Verstärkers und die Umlaufzeit im Verstärker an die Pulswiederholrate des Oszillators angepasst.

Ergebnisse und Anwendungen

Bei der Verwendung eines kommerziellen Oszillators der Firma High Q Laser Production GmbH wurden Pulsenergien bis zu 1 mJ bei 1 kHz Wiederholrate und Pulsdauern um 40 ps erreicht.

Neben dem Einsatz in der industriellen Innenglasgravur findet das vorgestellte System mit geringen Modifikationen Anwendung in speziellen Messverfahren der Kern- und Hadronenphysik.

Ansprechpartner

Dipl.-Ing. H.-D. Hoffmann, Tel.: -216
E-mail: d_hoffmann@ilt.fraunhofer.de
Dipl.-Phys. B. Jungbluth, Tel.: -414
E-mail: jungbluth@ilt.fraunhofer.de



Diodengepumpte Verstärker-Anordnung mit mittleren Leistungen im kW-Bereich im Pulsbetrieb

Aufgabenstellung

Die fortschreitende Erhöhung der Packungsdichte von lithographisch erzeugten Strukturen in Mikrochips erfordert neuartige Methoden im Bereich der Lithographie-Strahlungsquellen. Die laserbasierte EUV-Lithographie mit einer Wellenlänge von $\lambda = 13,4$ nm erfordert die Entwicklung von gepulsten Hochleistungs-Lasersystemen mit hohen Puls- und mittleren Leistungen bei hoher Strahlqualität.

Ziel ist die Entwicklung eines Nd:YAG Oszillator-Verstärkersystems mit Piko- und Nanosekunden Pulsen, Repetitionsraten von mehreren kHz und einer mittleren Leistung im kW-Bereich bei einer Strahlqualität vom $M^2 < 10$.

Vorgehensweise

Das Verstärkersystem basiert auf kommerziellen diodengepumpten Nd:YAG Lasermodulen, die in Zusammenarbeit mit der Firma Rofin Sinar in den letzten Jahren für den Einsatz in Hochleistungs-CW-Lasern entwickelt wurden. Die Module werden kontinuierlich transversal gepumpt.

Um die geforderte hohe Strahlqualität zu erreichen, wird eine geeignete Optik zur Kompensation der strahlqualitätsverschlechternden Effekte entwickelt, die bei mit hoher mittlerer Leistung betriebenen Nd:YAG-Stäben auftreten.

Ergebnisse und Anwendungen

Bisher wurde die Oszillator-Verstärker-Anordnung bis zu einer Pulsfrequenz von 2 Kilohertz bei einer Pulslänge von 20 Nanosekunden betrieben.

Beim Einsatz von zwei Verstärkermodulen wurde dabei eine mittlere Ausgangsleistung von 130 Watt erzielt. Die Depolarisation infolge thermisch induzierter Doppelbrechung konnte von 35 Prozent auf unter 2 Prozent durch Einsatz optischer Kompensationselemente verringert werden. Die Strahlqualität konnte mit $M^2 < 2$ deutlich verbessert werden. Bei ersten Untersuchungen an vier Verstärkermodulen wurde eine mittlere Ausgangsleistung von über 220 Watt erreicht. Die Optimierung dieser Anordnung ist derzeit Gegenstand der Untersuchung.

Bei vollem Ausbau der Anordnung auf acht Lasermodule wird bei einer Repetitionsrate von 20 Kilohertz eine mittlere Leistung von 2,2 Kilowatt erwartet.

Ansprechpartner

Dipl.-Ing. H.-D. Hoffmann, Tel.: -206
E-mail: d_hoffmann@ilt.fraunhofer.de
Dipl.-Phys. K. Nicklaus, Tel.: -224
E-mail: nicklaus@ilt.fraunhofer.de

Labora Aufbau des Oszillator-
Verstärkersystems für die
EUV-Lithographie



Lichtquelle für Chips der nächsten Generation

Aufgabenstellung

Die Massenproduktion von zukünftigen Speicherchips und Mikroprozessoren mit 10-fach höherer Speicherdichte und Prozessgeschwindigkeit erfordert die Ablösung der heutigen optischen Lithographie.

Die dafür notwendige Miniaturisierung typischer Strukturgrößen in Halbleiterbauelementen bis hinunter zu etwa 30 Nanometern kann mit der Extrem Ultraviolett (EUV) Lithographie erreicht werden. Bei dieser Technologie werden die Strukturen durch die Abbildung einer Maske auf den Wafer in einem optischen System von Vielschichtspiegeln bei einer Lichtwellenlänge um 13 Nanometern erzeugt.

Die Bereitstellung einer geeigneten Strahlungsquelle stellt zur Zeit mit die größte Herausforderung in der Entwicklung dieser neuen Technologie dar. Das technische Konzept und ökonomische Überlegungen der Chiphersteller führen für die gepulste Strahlungsquelle auf eine notwendige mittlere Strahlungsleistung von mehreren 10 W, die in das abbildende System eingekoppelt werden, und Pulswiederholfrequenzen von mindestens 5000 Hz. Die nutzbare Bandbreite liegt bei etwa 2 % um die Zentralwellenlänge von 13,5 nm.

Gegenstand weltweiter Untersuchungen sind sowohl laserinduzierte Plasmen als auch gasentladungs-basierte Konzepte. Am Fraunhofer ILT laufen derzeit sowohl Untersuchungen zur Bereitstellung eines leistungsstarken Puls lasers für laserinduzierte Plasmen als auch Arbeiten zur Skalierung einer Gasentladung auf die erforderliche Strahlungsleistung.

Vorgehensweise

Bei der Gasentladung wird durch einen gepulsten Strom von mehreren 10.000 Ampere ein Xenon-Plasma auf mehrere 100.000 Grad aufgeheizt, welches dann thermische Strahlung im gewünschten Wellenlängenbereich um 13 nm emittiert.

Ergebnisse und Anwendungen

Die Weiterentwicklung des Gasentladungskonzepts wird in einem Joint Venture der Firmen Philips und der Fraunhofer-Gesellschaft durchgeführt. Die Gasentladungsquelle wird in der ersten Jahreshälfte 2002 einen Stand erreicht haben, der erste Tests in einer EUV-Belichtungsstation (alpha-Tool) erlaubt. Dann kann das Zusammenspiel aller Komponenten untersucht werden.

Ansprechpartner

Dr. K. Bergmann, Tel.: -302
E-mail: bergmann@ilt.fraunhofer.de
Dr. W. Neff, Tel.: -142
E-mail: neff@ilt.fraunhofer.de



Plasmastrahlungsquelle im Spektralbereich des extremen Ultraviolett

Plasmareaktoren zur Automobilabgas- nachbehandlung

Aufgabenstellung

Um zukünftige Schadstoffemissionsgrenzwerte für Verbrennungsmotoren zu erreichen, werden immer häufiger plasmachemische Methoden zur Abgasnachbehandlung in Betracht gezogen. Insbesondere nichtthermische Atmosphärendruck-Gasentladungen wie die dielektrische Barrierenentladung zeigen große Chancen auf, die Temperaturgrenzen konventioneller aber auch innovativer katalytischer Methoden im Kaltstartbereich und für den Instationärbetrieb bei niedriger Teillast entscheidend zu erweitern.

Vorgehensweise

Die Barrierenentladung (auch dielektrisch behinderte Entladung, bzw. Dielectric Barrier Discharge DBD genannt) ist bei Umgebungsdruck die Methode der Wahl zur Erzeugung eines nichtthermischen Plasmas (NTP) unter den rauen Bedingungen motorischer Abgase.

In Barrierenentladungen werden bei Atmosphärendruck und nur leicht erhöhter Umgebungstemperatur oxidative und reduktive Radikale, (Molekülbruchstücke) durch Stöße von hochenergetischen Elektronen mit Gasmolekülen erzeugt. Die sich anschließende Radikalchemie baut Schadstoffe im Abgas ab und zeigt Wechselwirkungen mit unmittelbar nachgeschalteten Katalysatoren. Effekte eines Plasmas im Abgasstrang ergeben sich bezüglich Kohlenwasserstoffen, Stickoxiden in Kombination mit SCR-Systemen und Partikeln in Kombination mit einem Rußfilter.

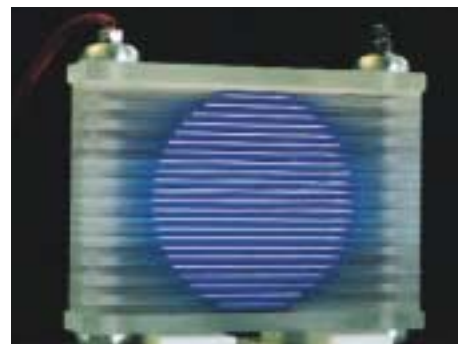
Ergebnisse und Anwendungen

Die Abteilung Plasmatechnologie ist seit ca. 10 Jahren mit der Entwicklung von Plasmareaktoren zur Nachbehandlung motorischer Verbrennungsabgase befasst. Hierbei hatte der Betrieb der Reaktoren mit realem Abgas am Motorprüfstand sowie die Integration in Testfahrzeuge stets große Bedeutung. Je nach Gesamtkonzept der Abgasnachbehandlung ist ein Einbau des Plasmareaktors motornah oder auch am Ende des Abgasstranges, etwa in Kombination mit dem Endschalldämpfer möglich.

Standardisierte Reaktoren in Modulbauweise mit elektrischer Ansteuerung können kurzfristig realisiert werden. Für den Einsatz an größeren Nutzfahrzeug- oder Stationärmotoren kann bei ausreichender Nachfrage eine Aufskalierung vorgenommen werden. Auf Wunsch kann eine verfahrenstechnische Begleitung der Versuche oder eine kunden-spezifische Reaktorauslegung erfolgen. Darüber hinaus kann elektrische Messtechnik sowie PC-Steuerungen für das Gesamtsystem geliefert werden.

Ansprechpartner

Dipl.-Ing. O. Franken, Tel.: -415
E-mail: ofranken@ilt.fraunhofer.de
Dr. W. Neff, Tel.: -142
E-mail: neff@ilt.fraunhofer.de



Plasmareaktor aus Quarzglas

Entkeimung von Packstoffen mit Atmosphärendruckplasmen

Aufgabenstellung

Bei der Verpackung von Lebensmitteln oder medizinischen Produkten werden höchste Ansprüche an die Keimfreiheit der verwendeten Packstoffe - z. B. Kunststoff-Folien - gestellt. Zum Erreichen einer sogenannten aseptischen Verpackung werden derzeit chemische Verfahren wie zum Beispiel die Entkeimung mit Wasserstoffperoxid eingesetzt. Diese bringen aber in bezug auf Umweltverträglichkeit und betrieblicher Handhabung Nachteile mit sich. Ziel ist es, umweltverträglichere, neue Verfahren zu entwickeln und diese dann industriell einzusetzen.



Atmosphärendruckplasma erzeugt durch eine Barrierenentladung

Vorgehensweise

Plasmen bei Atmosphärendruck, wie sie in einer Barrierenentladung erzeugt werden, können zur Entkeimung von Packstoffen verwendet werden. Ausgenutzt wird dabei, dass von solchen Plasmen UV-Strahlung emittiert wird, die eine keimabtötende Wirkung hat. Zusätzlich können oxidierende Radikale produziert werden, die diese Wirkung noch verstärken. In Zusammenarbeit mit dem Fraunhofer-Institut für Verfahrenstechnik und Verpackung (IVV) werden definiert verkeimte Proben (z. B. mit *Bacillus subtilis*) in unterschiedlichen Entladungsaufbauten am ILT behandelt und die Anzahl der überlebenden Keime ausgewertet.

Ergebnisse und Anwendungen

Durch die Entwicklung neuer Entladungsanordnungen konnte die Entkeimungseffizienz deutlich gesteigert werden. Eine Keimreduktion um fünf Größenordnungen ($\log KR = 5$) ist auf Bahnmaterialien nun schon in wenigen Sekunden möglich. Weiter wurde gezeigt, dass in einer Barrierenentladung keine wesentlichen Einbußen bei der Entkeimungseffizienz auftreten, wenn der Packstoff mit einer Durchfahrsgeschwindigkeit bis 30 m/min durch die Entladung bewegt wird. Eine Steigerung der Leistungsdichte führt ebenfalls zu einer verbesserten Effizienz der Keimabtötung.

Die Arbeiten werden durch das BMBF unter der Kontraktnummer 13N7602 gefördert.

Ansprechpartner

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

Geschäftsfeld
Laserfertigungsverfahren





Geschäftsfeld Laserfertigungsverfahren

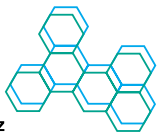
Gemeinsame Fraunhofer-Entwicklung: Modulare Mikroreaktionssysteme	40	Wärmeleitungs- und Tiefschweißen mit Hochleistungs-Diodenlasern (HDL)	52
Studie: Oberflächentechnik und Photonik in Life Sciences	41	Diodengepumpter Nd:YAG-Laser erzeugt präzise Edelstahl-Verbindungen	53
Laserstrahlmikroschweißen von Edelstahl mit Messing	42	Diodengepumpter Nd:YAG-Laser ermöglicht verdeckte Nähte entlang einer Sichtkante	54
Laserstrahlunterstütztes Scherschneiden	43	Prozessüberwachung beim Schweißen: Visualisierung der Schweißnahtgeometrie	55
Laserstrahlschneiden mehrlagiger Vliese	44	Qualitätsoptimierte Präzisionsbearbeitung von Quarzglas-Halbzeug	56
Bestimmung der strahlungsoptischen Eindringtiefe bei Polymeren	45	Studie zur Untersuchung der lasertechnischen Optimierung von Harvester-Anwendungen	57
Kunststoffbeschichten von Schnittflächen mit Laserstrahlung	46	Querteilen von Elektroblech	58
Reinigen elektronischer Bauteile mit Laserstrahlung	47	Bartbildung beim Schneiden: Simulation und Steuerung	59
Dekorative Farbveränderung an eloxiertem Aluminium	48	Riefenbildung beim Schneiden: Modellierung und Simulation	60
Polieren mit Laserstrahlung	49		
Verzugsminimiertes Härten von Linearführungsschienen mit Diodenlaserstrahlung	50		
Herstellung von Serienwerkzeugen mit Selective Laser Melting (SLM)	51		

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.

Konturschnitte in verschiedenen Quarzglasrohren

Gemeinsame Fraunhofer-Entwicklung: Modulare Mikroreaktionssysteme



Fraunhofer Allianz
Modulares Mikroreaktionssystem



Mittels Kunststoffschweißen
verschlossene Mikrofluidstruktur
in PFA

Aufgabenstellung

In der Mikroreaktionstechnik werden miniaturisierte mikrofluidische Komponenten (z. B. Mischer, Reaktoren, Wärmetauscher) mit Volumina bis weit unter einem Milliliter für chemische Umsetzungen eingesetzt. Die reaktionstechnischen Vorteile sind höhere Prozesssicherheit, erhöhter Wärme- und Stoffaustausch, definierte und genauere Reaktionsführung sowie höhere Produktselektivitäten. Diesem vielversprechenden Anwendungsgebiet steht gegenwärtig eine vollkommen unzureichende Verfügbarkeit und Einsatzfähigkeit von funktionellen Mikrokomponenten gegenüber. Bislang sind weltweit fast ausschließlich Prototypen und Einzelanfertigungen als Mikroreaktoren zum Einsatz gekommen. Deren Entwicklung war stets auf eine spezielle Anwendung zielgerichtet und damit entsprechend aufwendig und kostenintensiv. Eine Übertragbarkeit auf andere Anwendungen war bislang nahezu ausgeschlossen.

Im Rahmen des hier beschriebenen Projekts, das in Zusammenarbeit mit fünf weiteren Fraunhofer-Instituten, finanziert durch die Fraunhofer-Gesellschaft, durchgeführt wird, sollen erstmalig modular aufgebaute, Softwareunterstützte und universell einsatzfähige Mikroreaktionssysteme entwickelt und in ausreichender Stückzahl verfügbar gemacht werden. Diese sollen von industriellen Anwendern für die Untersuchung, Erprobung und Auslegung einer weiten Palette chemischer Reaktionen unmittelbar eingesetzt werden können.

Vorgehensweise

Die Mikroreaktionssysteme und ihre Komponenten werden auf der Grundlage von typisierten chemischen Reaktionen ausgelegt. In der Anfangsphase der Projektdurchführung wurden Anforderungskriterien (Lastenhefte) erarbeitet, die anschließend in Fertigungskonzepten (z. B. hinsichtlich Material, Herstellungsverfahren, Design, Dimensionierung) umgesetzt werden können. Analog wird ein virtueller Mikroreaktionsbaukasten spezifiziert und später umgesetzt.

Ergebnisse und Anwendungen

Das Fraunhofer ILT trägt durch die Herstellung von Mikrostrukturen in verschiedenen Materialien (Polymere, Keramik, Metall) durch flexible laser-gestützte Fertigungsverfahren zur Entwicklung geeigneter Aufbau- und Verbindungstechniken bei. Hierdurch werden neue Wege in der Mikroreaktionstechnik eingeschlagen, die zu einem Innovations Schub in Chemie, Pharmazie und Verfahrenstechnik führen.

Ansprechpartner

Dipl.-Chem. E. Bremus-Köbberling,
Tel.: -202
E-mail: bremus@ilt.fraunhofer.de
Dr. A. Gillner, Tel.: -148
E-mail: gillner@ilt.fraunhofer.de

Weitere beteiligte Fraunhofer Institute:
ICT, Pfinztal
UMSICHT, Oberhausen
ZM-M, München
KTS, Dresden
IPT, Aachen

Studie: Oberflächen- technik und Photonik in Life Sciences

Aufgabenstellung

Ziel der Studie ist die Erschließung neuer Märkte im Bereich Oberflächen-technik und Photonik in der molekularen Medizin mit folgender Schwerpunktsetzung:

- Analyse möglicher Anwendungen und der korrespondierenden Märkte
- Definition der Anforderungen an die einzusetzenden Technologien
- Analyse und Bewertung vorhandener Technologien
- Festlegung von Entwicklungsrichtungen

Aus sich an die Studie anschließenden Folgeprojekten sollen Verfahren und Komponenten resultieren, die zu neuen medizinischen Diagnose- und Therapiekonzepten, z. B. im Bereich der Krebsdiagnostik, entwickelt werden.

Vorgehensweise

In Zusammenarbeit mit 6 weiteren Fraunhofer-Instituten wird eine gemeinsame Studie durchgeführt. Diese beinhaltet unter anderem eine Fragebogenaktion unter Einbeziehung von Kliniken, Geräteherstellern und in der Pharmaforschung tätigen Firmen, sowie die Durchführung eines internen und eines externen Workshops.

Ergebnisse und Anwendungen

Die Umfrage hat dazu beigetragen, den bisherigen Kenntnisstand der industriellen Anforderungen und aussichtsreicher Einsatzbereiche aus aktueller Sicht der Anwender zu erweitern. Ein öffentlicher Workshop wurde vorbereitet und wird im Jahr 2002 stattfinden. Bei dem Workshop

werden interessierten Firmen und potentiellen Kunden Ergebnisse der Studie vorgestellt und neue Kundenkontakte geknüpft. Aus der Studie heraus ist ein strategisches Verbundvorhaben der beteiligten Partner in dem Themenfeld entstanden.

Die Studie ist in einer gemeinsamen Projektgruppe der Abteilungen Mikro-technik und Lasermess- und Prüftechnik durchgeführt worden.

Ansprechpartner

Dipl.-Chem. U. Meier-Mahlo, Tel.: -220

E-mail: umeier@ilt.fraunhofer.de

Dr. A. Gillner, .Tel.: -148

E-mail: gillner@ilt.fraunhofer.de

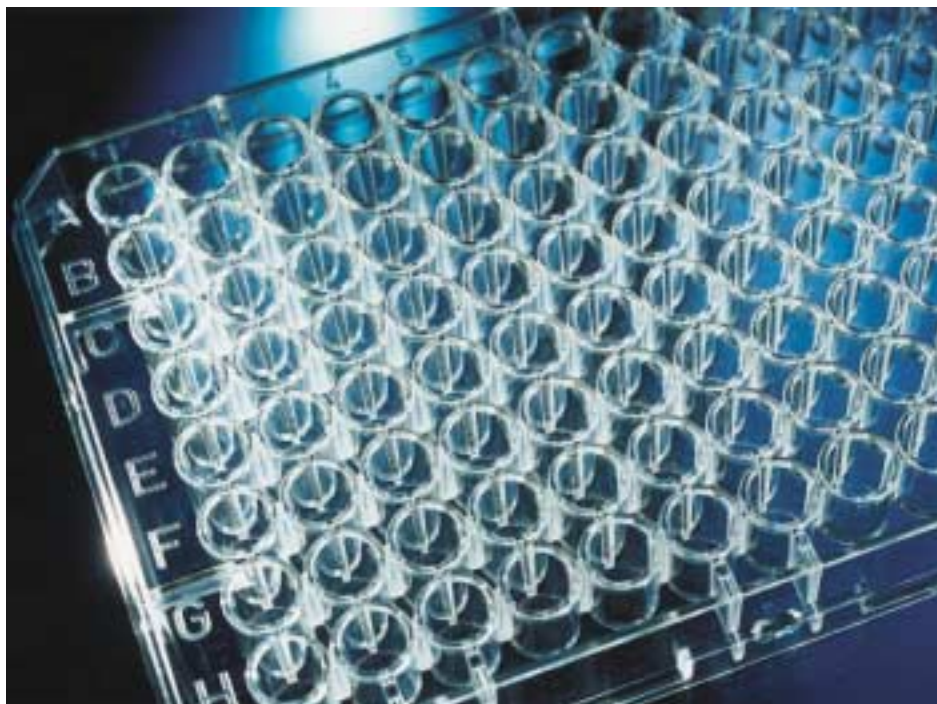
Dr. V. Sturm, Tel.: -154

E-mail: sturm@ilt.fraunhofer.de

Dr. R. Noll, Tel.: -138

E-mail: noll@ilt.fraunhofer.de

Microplatte 96 Well



Laserstrahlmikroschweißen von Edelstahl mit Messing

Aufgabenstellung

Das Fügen ungleicher Metalle ist eine herausfordernde Aufgabe in der Mikrosystemtechnik. So werden in der Uhrenindustrie zur Verringerung der Reibung oft Werkstoffpaarungen wie Stahl und Messing verwendet.

Bisher werden für diese Aufgaben kraft- und formschlüssige Fügeverfahren eingesetzt. Stoffschlüssige Verfahren wie das Laserstrahlmikroschweißen müssen die unterschiedlichen Materialeigenschaften wie Absorption, Temperaturleitfähigkeit und Wärmeausdehnung der Fügepartner berücksichtigen.

Vorgehensweise

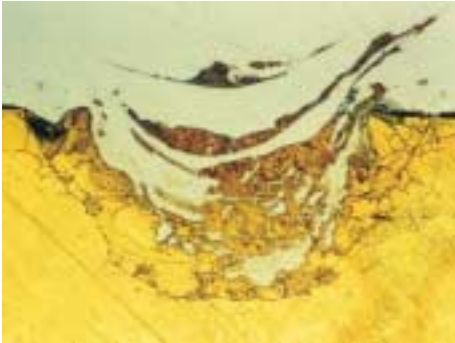
Der austenitische Edelstahl X5CrNi18 10 wird mit dem Messingwerkstoff CuZn37 im Überlappstoß und T-Stoß bei einer Materialstärke von 250 µm mit Nd:YAG-Laserstrahlung verschweißt. Die Schweißnähte werden mit einer Schweißgeschwindigkeit von 10 m/min hergestellt. Variiert werden die Leistung, der Strahldurchmesser und bei den T-Stößen zusätzlich noch der Einfallswinkel und die Verschiebung des Laserstrahls zur Fügestelle. Untersucht werden die Schweißnähte bezüglich Schweißnahtgeometrie, Aussehen, und Festigkeit.

Ergebnisse und Anwendungen

Bei Überlappstoßen hat die Leistung einen größeren Einfluss auf die Schweißergebnisse als der Strahldurchmesser. Auf jeden Fall ist die Zinkausgasung zu vermeiden, da diese die Zugfestigkeit herabsetzt. Deshalb sind für den Überlappstoß von Stahl-Messing niedrige Leistungen und ein kleiner Strahldurchmesser zu empfehlen. In der T-Stoß Geometrie ist die sich einstellende Verfahrensausprägung, Tiefschweißen oder Wärmeleitungsschweißen, vom eingestellten Einfallswinkel abhängig. Grundsätzlich werden beim Wärmeleitungsschweißen größere Anbindungsängen der Fügepartner als beim Tiefschweißen erreicht. Die mechanische Festigkeit der Fügestelle ist größer und das Nahtaussehen besser. Deshalb ist das Wärmeleitungsschweißen mit hoher Leistung und großem Strahldurchmesser zu bevorzugen.

Ansprechpartner

Dipl.-Ing. K. Klages, Tel.: -490
E-mail: klages@ilt.fraunhofer.de
Dr. A. Gillner, Tel.: -148
E-mail: gillner@ilt.fraunhofer.de



Querschliff Stahl-Messing

Laserstrahlunterstütztes Scherschneiden

Aufgabenstellung

Aufgrund zunehmender Nachfrage nach metallischen Kleinteilen für mikrotechnische Anwendungen ergibt sich der Bedarf nach einer wirtschaftlichen Fertigungstechnologie, die den ständig steigenden Komplexitäts- und Genauigkeitsanforderungen gerecht wird. Das Scherschneiden stellt dafür ein geeignetes Verfahren dar. Allerdings ist es nicht bei allen Werkstoffen anwendbar, da die Schneidkräfte bei Mikrobauteilen zu groß werden und geforderte Genauigkeiten nicht eingehalten werden können. Mit einer Erwärmung des Bandmaterials können Schneidkräfte reduziert und erreichbare Genauigkeiten erhöht werden.

Vorgehensweise

Durch die Erwärmung der Scherzone kann der Scherschneidprozess bei erhöhten Temperaturen erfolgen. Dies ermöglicht eine Reduktion der auftretenden Schneidkraft. Auch die Niederhaltekraft kann durch die geringeren Prozesskräfte reduziert und die Schnittkantenqualität durch den höheren Glattschnittanteil verbessert werden.

Der Einsatz von hohlgeformten Schneidstempeln erlaubt die Zuführung von Laserstrahlung durch den Stempel auf das Bandmaterial, wobei das erwärmte Abfallteil abtransportiert wird und das Bauteil keine wesentliche Erwärmung erfährt. Die Erwärmung des Bandmaterials auf der Schnittlinie erfolgt daher prozessbegleitend und kann auch bei höheren Hubzahlen Anwendung finden.

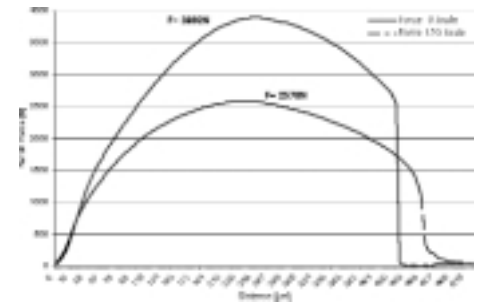
Ergebnisse und Anwendungen

Das Verfahren des laserstrahlunterstützten Scherschneidens wurde mit Edelstahlmaterial 1.4301 in 500 μm Materialstärke getestet. Als Schneidgeometrie wurde ein Loch mit 4 mm Durchmesser gewählt. Die Schneidkraft konnte mit dem Einstrahlen einer Energie von 120 J um ca. 35 % reduziert werden.

Mögliche Anwendungen sind insbesondere die Bearbeitung von höherfesten Werkstoffen mit hohen Genauigkeitsanforderungen aus der Mikrotechnik und Elektronik. Hier können durch geringere Prozesskräfte höhere Form- und Lagegenauigkeiten sowie höhere Werkzeugstandzeiten erzielt werden.

Ansprechpartner

Dipl.-Ing. A. Bayer, Tel.: -273
E-mail: bayer@ilt.fraunhofer.de
Dr. A. Gillner, Tel.: -148
E-mail: gillner@ilt.fraunhofer.de



Oben: Verlauf der Schneidkraft ohne Erwärmung und mit Erwärmung durch Laserstrahlung
Unten: Geöffnetes Scherschneidwerkzeug mit integrierter Laserstrahl-optik und Spezial-schneidstempel zur Laserstrahlführung (Fa. H. Christmann)



Laserstrahlschneiden mehrlagiger Vliese

Aufgabenstellung

Durch mechanisches Trennen wie Stanzen, Sägen oder Messerschneiden sind flexible zwei- oder dreidimensionale Konturschnitte maschinell nur schwer herstellbar. Die Schnittkonturen sind fest vorgegeben und können nur durch einen Werkzeugwechsel verändert werden. Dies ist insbesondere bei kleinen Stückzahlen nachteilig.

Die Wellenlänge des CO₂-Lasers liegt im Bereich der Absorptionsbande der Dehnungsschwingung der C-C-Bindung. Aufgrund der großen Zahl dieser Bindungen in Kunststoffen zeigen diese eine ausgeprägte Absorption im Wellenlängenbereich um 10 µm. Daher bietet sich der Einsatz des CO₂-Lasers zum flexiblen Schneiden mehrlagiger Vliese oder Gewebematerialien an.

Vorgehensweise

Aufgrund der kleinen strahlungsoptischen Eindringtiefe der CO₂-Laserstrahlung in Kunststoffe wird die elektromagnetische Energie in einem kleinen Volumen in Wärmeenergie umgewandelt. Durch die zusätzlich geringe Wärmeleitung der Kunststoffe führt dies zu einem Wärmestau und zu einer raschen Temperaturerhöhung bis zum Zersetzen und komponentenweise Verdampfen. Durch Variation der prozessbeeinflussenden Parameter wie Laserwellenlänge (9,3 bzw. 10,6 µm), Laserleistung, Leistungsdichteverteilung, Pulsfrequenz und -länge, Vorschubgeschwindigkeit, Prozessgas, Strömungsgeschwindigkeit, Strömungswinkel und des optischen Systems kann eine Anpassung an den vorliegenden Werkstoff sowie eine Optimierung der Bearbeitungsergebnisse erfolgen.

Ergebnisse und Anwendungen

Der CO₂-Laser erlaubt das Schneiden von thermoplastischen Fasern und Geweben. Durch die Verschmelzung der getrennten Fäden wird ein Ausfransen des Schnittbereiches verhindert. Die schnelle Prozessführung und die geringe Wärmeleitung bedingen eine vernachlässigbar kleine Wärmeeinflusszone. Auf eine Nachbearbeitung der Trennbereiche kann verzichtet werden. Durch Anpassung der Prozess- und Laserparameter sind unterschiedlichste Kunststoffe, Gewebematerialien und mehrlagige Vliese mittels CO₂-Laserstrahlung flexibel und reproduzierbar mit hoher Qualität zu schneiden.

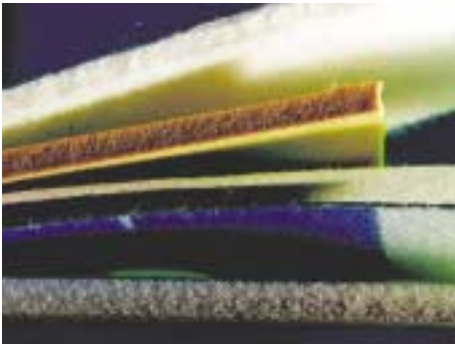
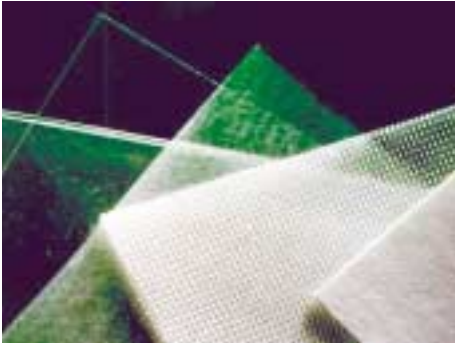
Ansprechpartner

Dipl.-Phys.U.-A. Russek, Tel.: -158

E-mail: russek@ilt.fraunhofer.de

Dr.-Ing. A. Gillner, Tel.: -148

E-mail: gillner@ilt.fraunhofer.de



Bestimmung der strahlungs-optischen Eindringtiefe bei Polymeren

Aufgabenstellung

Beim Laserdurchstrahlenschweißen von Polymeren sind die optischen Eigenschaften von entscheidender Bedeutung. Die Kenntnis der wellenlängenabhängigen strahlungsoptischen Eindringtiefe im absorbierenden Fügepartner ist für das Prozessverständnis, die Prozessbeeinflussung sowie für eine thermodynamische Prozesssimulation unerlässlich. Daraus ergibt sich die Aufgabe, eine reproduzierbare experimentelle Bestimmung der strahlungsoptischen Eindringtiefe zu realisieren.

Vorgehensweise

Die Abnahme des Strahlungsflusses aufgrund von Absorption im absorbierenden Fügepartner kann mit dem Lambert-Beerschen-Gesetz unter der Voraussetzung linearer Absorptionsmechanismen beschrieben werden.

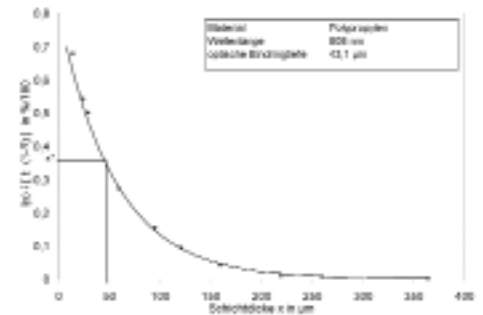
$$I_{(x)} = I_0 \cdot (1 - R) \cdot e^{-\alpha \cdot x}$$

- α = Absorptionskoeffizient
- R = Reflexionsgrad
- $I_0 \cdot (1 - R)$ = inhärenter Strahlungsfluss
- x = Ortskoordinate in Ausbreitungsrichtung der Strahlung

Das Lambert-Beersche-Gesetz beschreibt einen mit der Ausbreitung bzw. der Materialdicke abnehmenden Strahlungsfluss. Daher lässt sich durch eine messtechnische Bestimmung der dickenabhängigen Strahlungstransmission die strahlungsoptische Eindringtiefe ermitteln. Diese ist als Kehrwert des Absorptionskoeffizienten definiert.

Ergebnisse

Aus der spektroskopischen Bestimmung des Transmissions- und des Reflexionsverhaltens von Polymerproben unterschiedlicher Dicke konnte die strahlungsoptische Eindringtiefe bestimmt werden. Die Proben unterschiedlicher Dicke sind Dünnschnitte, welche mit einem Mikrotom erzeugt wurden. Die strahlungsoptische Eindringtiefe δ_{opt} einer mit 0,7 Gew.% rußpigmentierten PC-Probe konnte zu $\delta_{opt} = 43 \mu\text{m}$ bestimmt werden.



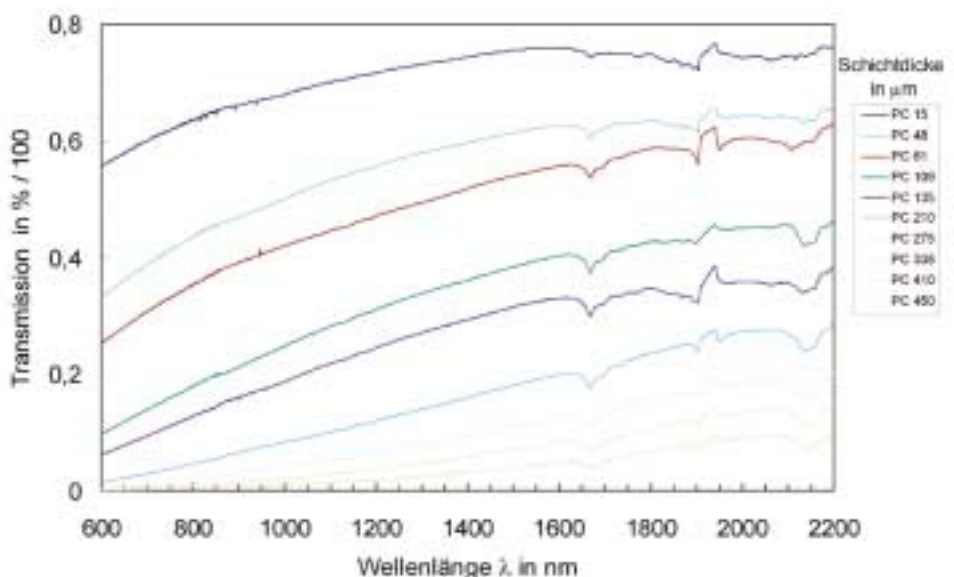
Ansprechpartner

Dipl.-Phys. U.-A. Russek, Tel.: -158

E-mail: russek@ilt.fraunhofer.de

Dr.-Ing. A. Gillner, Tel.: -148

E-mail: gillner@ilt.fraunhofer.de



Kunststoffbeschichten von Schnittflächen mit Laserstrahlung

Aufgabenstellung

Der Korrosionsschutz von Produkten aus Stahlblechen erfolgt häufig durch Bandverzinken und anschließendes Bandbeschichten mit Kunststoff (»Duplex-Verfahren«). Die bei der Weiterverarbeitung der Stahlbleche entstehenden Schnitt- und Stanzflächen werden durch konventionelle Verfahren wie den Farbauftrag mittels Rollen, das Einölen, die Bördelung der Kante und das Stempeln mittels Eintauchvorgängen nur unzureichend gegen Korrosion geschützt. Aus diesem Grund soll ein Verfahren zum lokalen Kunststoffbeschichten der Schnitt- und Stanzflächen mit Laserstrahlung entwickelt werden. Ziel ist ein hochwertiger Korrosionsschutz der Schnitt- bzw. Stanzflächen. Die Kunststoffbeschichtung ermöglicht darüber hinaus eine Anpassung der optischen Gestaltung der Schnitt- bzw. Stanzflächen an die bandbeschichtete Oberfläche. Durch Kombination des entwickelten Verfahrens mit dem Verfahren des lokalen Verzinkens mit Laserstrahlung soll auf den Schnitt- bzw. Stanzflächen ein Auftrag einer »Duplex-Schicht« aus Zink und Kunststoff möglich werden.



Beschichtete bzw. unbeschichtete Schnittfläche nach 1008 h Klima-Konstanttest

Ergebnisse und Anwendungen

Die Abbildung zeigt ein Foto einer Schnittfläche, die teilweise mit Kunststoff (Rilsan) beschichtet wurde, nach einem Klima-Konstanttest (DIN 50017). Die Schichtdicke beträgt ca. zwischen 0,05 mm - 0,2 mm. Die Kunststoffbeschichtung wurde hier direkt auf den Grundwerkstoff aufgebracht. Nach einer Prüfzeit von 1008 Stunden zeigt der beschichtete Bereich der Schnittfläche keine Korrosion. Der ungeschützte Bereich der Schnittfläche ist unter gleichen Bedingungen in hohem Maße von Weiß- und Rotrost bedeckt. Der Auftrag einer »Duplex-Schicht« aus Zink und Kunststoff ist Stand laufender Untersuchungen.

Ansprechpartner

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

Vorgehensweise

Die Schnittflächen werden gleichzeitig mit Kunststoffpulver und dem Laserstrahl beaufschlagt. Die Pulverzufuhrparameter werden so gewählt, dass das Kunststoffpulver im Nachlauf zum Laserstrahl über das erwärmte Werkstück aufgeschmolzen wird. Die vollständige Vernetzung von Duroplasten dauert einige Minuten, da hiermit die erreichbaren Prozessgeschwindigkeiten begrenzt sind, werden ausschließlich Thermoplaste z. B. Rilsan verwendet.

Reinigen elektronischer Bauteile mit Laserstrahlung

Aufgabenstellung

Bei der Produktion von elektronischen Bauelementen stellen die Forderungen des Marktes nach höherer Funktionsdichte und zunehmender Miniaturisierung bei geringeren Kosten eine große Herausforderung dar. Sowohl bei der Herstellung als auch bei der Weiterverarbeitung bzw. Endmontage dieser Bauteile sind eine Vielzahl von Reinigungs- und Aktivierungsprozessen erforderlich. Dabei müssen z. B. Lötstopplacke, Kontaminationen, Reste von Kunststoffen, Lacke und Oxidschichten entfernt werden. Insbesondere für nachfolgende Fügeprozesse (Schweißen, Löten, Kleben) und Beschichtungsprozesse (z. B. Galvanisieren) müssen die entsprechenden Bauteilflächen die erforderliche Reinheit aufweisen. Zur Zeit werden hierfür überwiegend chemische Nassprozesse eingesetzt, die durch Bäder und Sprüheinrichtungen ausgeführt werden. Darüber hinaus werden auch mechanische Strahlverfahren verwendet. Ziel der F&E-Arbeiten ist die Untersuchung der Eignung der Lasertechnik als alternatives Reinigungsverfahren.

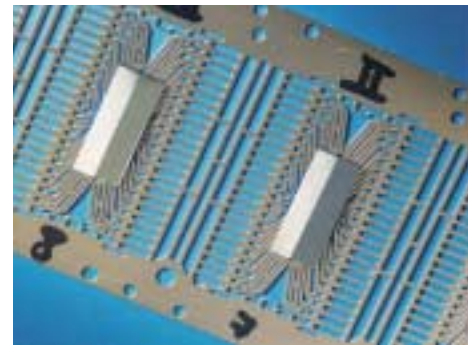
Vorgehensweise

In Abhängigkeit von den Absorptionseigenschaften der abzutragenden Deckschichten und der Grundwerkstoffe werden geeignete Laserstrahlquellen ausgewählt. Zum Einsatz kommen überwiegend Kurzpulslaser mit Wellenlängen von $\lambda = 10,6 \mu\text{m}$ (CO_2), $\lambda = 1,06 \mu\text{m}$ (Nd:YAG), $\lambda = 532 \text{ nm}$, 355 nm (frequenzkonvertierte Nd:YAG), $\lambda = 248, 193 \text{ nm}$ (Excimer) und Pulsdauern zwischen 10 und 250 ns. Aufgrund der hohen Intensitäten und der

kurzen Wechselwirkungszeiten werden die Deckschichten ohne Schädigung des Grundwerkstoffes vollständig abgetragen. Durch Anpassung der relevanten Verfahrensparameter (Intensität, Strahlgeometrie, Pulsfrequenz, Pulsdauer, Bearbeitungsgeschwindigkeit) und der Bearbeitungsstrategie (Anordnung und Anzahl der Einzelspuren) wird das Reinigungsergebnis für die jeweilige Aufgabenstellung optimiert.

Ergebnisse und Anwendungen

Mit der Laserstrahl-Reinigungstechnik können verschiedenste elektronische Bauteile gereinigt werden. Beispiele sind das Deflashen und Entoxidieren von Leadframes, das Reinigen von Mikrokontakten, das Entlacken von gestanzten Metallbändern für eine galvanische Selektivbeschichtung und das Reinigen von Mikrokontaktflächen auf Leiterplatten. Wesentliche Vorteile sind die lokal begrenzte Reinigung, ohne dass angrenzende Bereiche durch den Reinigungsprozess beansprucht werden, die hohe Präzision des Verfahrens und keine Schädigung und Kontamination der Bauteile durch das Reinigungsmedium.



Ansprechpartner

Dr. K. Wissenbach, Tel.: -147
E-mail: wissenbach@ilt.fraunhofer.de

Dekorative Farbveränderung an eloxiertem Aluminium

Aufgabenstellung

Ziel ist das Aufbringen dekorativer Farbveränderungen auf eloxiertem Aluminium. Die Oberflächeneigenschaften des Werkstückes, insbesondere der Glanz und die Korrosionsbeständigkeit sollen nach der Farbveränderung erhalten bleiben.

Vorgehensweise

Beschriftungen von Werkstücken erfolgen häufig durch Abtragen von Material z. B. durch Verdampfen. Der Abtrag von Material hat jedoch immer eine Änderung der Eigenschaften der Oberfläche zur Konsequenz. Bei dem hier entwickelten Verfahren werden Farbveränderungen durch Aufbrechen atomarer Bindungen und Zerstörung von Farbmolekülen erreicht.

Ergebnisse und Anwendungen

Ein Abtrag der Oberfläche wird durch geeignete Kombination von Werkstoff, Wellenlänge der Strahlquelle und geeignete Führung der Prozessparameter wie Leistungsdichte und Bearbeitungsgeschwindigkeit ausgeschlossen. Diese Kombination bestimmt auch die Farbgebung und das Farbspektrum. Bei einem gegebenen Werkstoff wird z. B. mit Nd:YAG-Strahlung ausschließlich ein Farbumschlag zu Beige erzielt; bei Einsatz eines CO₂-Lasers kann ein Farbspektrum von Braun-, Bronze-, und Grautönen eingestellt werden. Als entscheidender Vorteil des Verfahrens kann gezeigt werden, dass der Farbumschlag keinen Einfluss auf die Eigenschaften der Oberfläche wie den Glanz und die Korrosionsbeständigkeit hat.

Mögliche Anwendung des Verfahrens sind das Aufbringen von Schriftzügen, Logos oder Mustern auf Zierleisten, Blenden oder Heckflossen in der Automobilindustrie.

Die Entwicklung des Verfahrens erfolgte in Zusammenarbeit mit der Firma Erbslöh GmbH & Co in Velbert.

Ansprechpartner

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



Aufgabenstellung

Für den Werkzeug- und Formenbau besteht ein großer Bedarf nach automatisierten Verfahren zum Polieren und Strukturieren von kompliziert geformten 3D-Bauteilen.

Vorgehensweise

Am Fraunhofer-Institut für Lasertechnik ILT wird in Zusammenarbeit mit der Laser Finishing Center AG ein Verfahren zum Polieren mit Laserstrahlung entwickelt. Ziel ist die automatisierte Bearbeitung von 3D-Oberflächen. Der Werkstoff wird lokal oder flächig aufgeschmolzen bzw. verdampft. Dadurch wird ein Materialtransport oder Abtrag an der Oberfläche erreicht. Die Bearbeitung erfolgt mit hoher Präzision, so dass das Verrunden von Kanten und Formabweichungen vermieden wird.

Vorteile und Verfahrensmerkmale sind:

- automatisierte Bearbeitung von 3D-Oberflächen
- reproduzierbare Bearbeitungsergebnisse
- Selektive Bearbeitung ausgewählter Bereiche
- Oberflächen sind frei von Politurrückständen
- Polieren von gefrästen und erodierten Oberflächen
- Bearbeitung von metallischen (Werkzeugstahl, Titan) und nichtmetallischen Werkstoffen

Ergebnisse und Anwendungen

Die wichtigsten Anwendungsgebiete liegen im Formen- und Werkzeugbau, der Medizintechnik und im Motorenbau.

Typische Flächenraten liegen je nach Aufgabenstellung im Bereich von 0,2 bis 5 cm²/min. Zum Einsatz kommen Nd:YAG-Laser mit gepulster und kontinuierlicher Laserstrahlung mit Laserleistungen von 40 bis 400 W. Aufgrund der Faserkopplung ist eine einfache Integration in Fertigungsanlagen möglich.

Ansprechpartner

Dipl.-Ing. E. Willenborg, Tel.: -213
E-mail: willenborg@ilt.fraunhofer.de
Dr. K. Wissenbach, Tel.: -147
E-mail: wissenbach@ilt.fraunhofer.de



Oben: Erodierete Oberfläche selektiv poliert mit Laserstrahlung
Unten: Laserstrahlpolierte 3D-Oberflächen



Verzugsminimiertes Härten von Linearführungs- schienen mit Diodenlaser- strahlung

Aufgabenstellung

Beim konventionellen Härten von Kugellaufbahnen an Linearführungsschienen sind Nachbearbeitungsschritte wie beispielsweise das Schleifen und eine Richtbehandlung zur Minimierung der auftretenden Biege- und Torsionsverzüge erforderlich. Weiterhin fällt durch die Nichteinhaltung von Maßtoleranzen Ausschuss an. Diese Nachteile sollen durch den Einsatz von Hochleistungsdiodenlasern minimiert werden.

Vorgehensweise

In Mehrstrahltechnik werden die Führungsbahnen an unterschiedlichen, endbearbeiteten Linearführungsschienen gleichzeitig gehärtet. Die resultierenden Verzüge werden gemessen und

durch eine nachfolgende Richtbehandlung minimiert. Der Einfluss der Verfahrensparameter auf die Härtetiefe und die Verzüge wird untersucht. Zur Minimierung des experimentellen Arbeitsaufwandes erfolgt eine Simulation der Temperatur-, Spannungs- und Verformungsfelder mit FEM und eine Optimierung der Bearbeitungs- und Richtstrategien.

Ergebnisse und Anwendungen

Durch den Einsatz von neu entwickelten temperaturgeregelten Diodenlasermodulen werden die Kugellaufbahnen in Vierstrahltechnik gehärtet. Die Härtetiefen betragen je nach Schientyp ca. 0,1 - 0,3 mm. Durch die symmetrische Wärmeeinbringung werden Torsionsverzüge vermieden. Es tritt nur noch ein Biegeverzug Δz der Linearführungsschienen auf. Dieser wird durch eine nachfolgende Richtbehandlung auf $\Delta z < 100 \mu\text{m/m}$ minimiert.

Eine Untersuchung der Verzüge und Gebrauchseigenschaften erfolgt durch den Projektpartner.

Ansprechpartner

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



Oben: Aufbau
Vierstrahltechnik
Unten: Bearbeitung
in Vierstrahltechnik

Herstellung von Serienwerkzeugen mit Selective Laser Melting (SLM)

Aufgabenstellung

Mit dem Selective Laser Melting (SLM) wurde ein neues generatives Fertigungsverfahren für die Herstellung von nahezu beliebig komplexen metallischen Bauteilen entwickelt. Aufgabenstellung ist die Erprobung des Verfahrens für die Herstellung von Werkzeugeinsätzen für die Serienproduktion.

Vorgehensweise

Durch die Verwendung von Serienwerkstoffen wie Werkzeugstahl 1.2343 in Kombination mit dem schichtweisen Aufbau eröffnet SLM im Werkzeugbau neue Möglichkeiten. Sowohl der verwendete Werkstoff als auch die Möglichkeit der Einbringung neuer Geometrielemente wie konturangepasster Kühlkanäle machen das SLM-Verfahren über die Prototypenfertigung hinaus zu einem Fertigungsverfahren für Spritz- und Druckgusswerkzeuge.

Ergebnisse und Anwendungen

Erstmals konnten Einsätze für den Kunststoffspritzguss aus 1.2343 rissfrei mittels SLM hergestellt werden (Bild oben). Die Bauteile erreichen eine durchgehende Härte von 50 HRC und sind durch konventionelle Verfahren wie Fräsen, Schleifen und Polieren ohne weiteres bearbeitbar. Darüber hinaus konnte in Fallstudien nachgewiesen werden, dass durch die Kombination von SLM und konventioneller Endbearbeitung ein Zeitersparnis bis zu 30% realisiert werden kann.

Weiterhin wurde erstmals ein Werkzeugkern mit einem konturangepassten Kühlkanal aus 1.2343 hergestellt (Bild unten).

Derzeit werden in Industrieprojekten Einsätze mit verschiedenen Kühlkanalgeometrien hergestellt und bezüglich Zykluszeitreduzierung und Standfestigkeit bewertet.

Ansprechpartner

Dipl.-Ing. C. Over, Tel.: -203
E-mail: over@ilt.fraunhofer.de
Dr. K. Wissenbach, Tel.: -147
E-mail: wissenbach@ilt.fraunhofer.de



Wärmeleitungs- und Tiefschweißen mit Hochleistungs- Diodenlasern (HDL)

Aufgabenstellung

Innerhalb des BMBF-Leitprojektes »Modulare Diodenlaser-Strahlwerkzeuge (MDS)« werden die system- und prozesstechnischen Grundlagen für das Wärmeleitungs- und Tiefschweißen mit HDL erarbeitet. Hierzu werden sowohl konventionelle Systemkonfigurationen untersucht, als auch Diodenlaser-Werkzeuge mit speziellen Strahlgeometrien (Ring, Linie) aufgebaut, um damit besonders effiziente schweißtechnologische Anwendungen mit und ohne Relativbewegung zwischen Laser und Werkstück zu ermöglichen.

Vorgehensweise

Blindschweißversuche an 2 mm dicken Baustahlblechen sind mit einem HDL mit einer maximalen Ausgangsleistung von 2,5 kW durchgeführt worden. Bei konstanter Vorschubgeschwindigkeit von 0,9 m/min wurde die Leistungsdichte variiert.

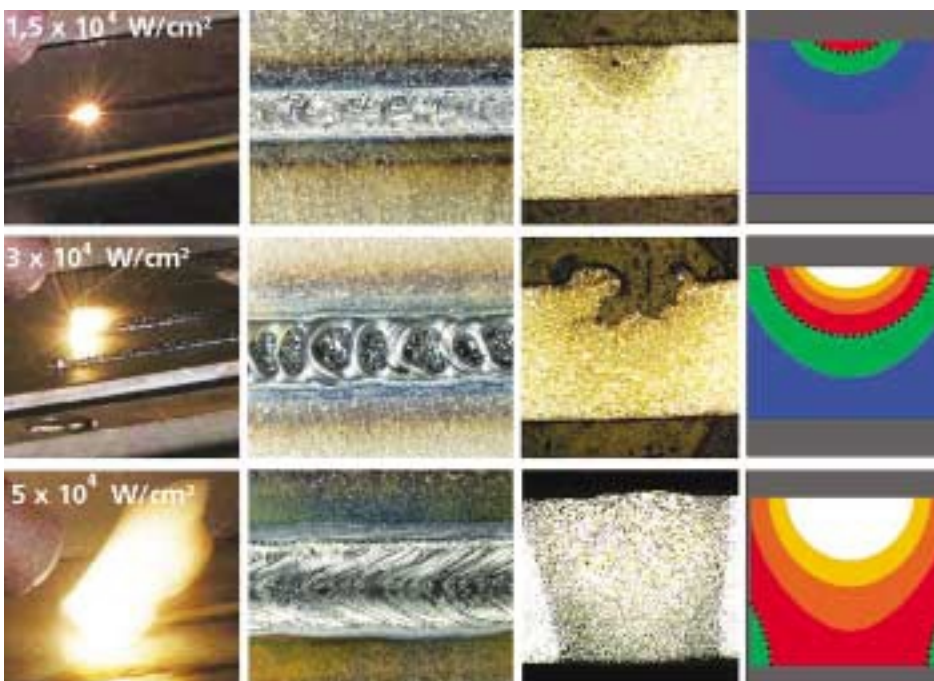
Ergebnisse und Anwendungen

Anhand einer detaillierten Analyse des Schweißprozesses konnten als Funktion der Laserleistungsdichte drei unterschiedliche Prozessbereiche identifiziert werden. Sie gehen im Leistungsdichtebereich zwischen $1 \times 10^4 \text{ W/cm}^2$ und $5 \times 10^4 \text{ W/cm}^2$ stufenlos ineinander über.

Bei niedrigen Leistungsdichten ist der Prozess durch eine schwach glimmende Leuchterscheinung, eine sehr regelmäßige Oberraupe und einen kalottenförmigen Einbrand gekennzeichnet - entsprechend einem reinen Wärmeleitungs-Schweißprozess.

Mit zunehmender Leistungsdichte treten Prozessstörungen in Form von Spritzern auf, die mit einer deutlicheren Leuchterscheinung aufgrund einsetzender Verdampfung und einer sehr unregelmäßigen Oberraupe einhergeht. Auch theoretisch wird an der Schmelzfilmoberfläche der Siedepunkt erreicht.

Bei weiterer Erhöhung der Leistungsdichte nimmt die Ausprägung der Dampfackel deutlich zu und ein stabiler, spritzerfreier Schweißprozess setzt ein, der im Fall von Edelstahl bei ca. $5 \times 10^4 \text{ W/cm}^2$ nachweislich zum Tiefschweißen übergeht.



Ansprechpartner

Dipl.-Ing. C. Benter, Tel.: -219
E-mail: benter@ilt.fraunhofer.de
Dr. D. Petring, Tel.: -210
E-mail: petring@ilt.fraunhofer.de

Diodengepumpter Nd:YAG-Laser erzeugt präzise Edelstahl- Verbindungen

Aufgabenstellung

Schweißverbindungen an Edelstahl im T-Stoß sollen für den Einsatz in Küchengeräten so ausgeführt werden, dass eine lebensmitteltaugliche Oberfläche erzeugt wird. Die Schweißnahtoberfläche darf nur eine minimale Schuppung aufweisen, um eine einfache hygienische Reinigung zu ermöglichen. Als Materialpaarung ist ein austenitischer Edelstahl, 1.4301 Materialstärke ca. 0,7 mm, mit einem ferritischen Edelstahl 1.4521, Materialstärke 2 mm zu verbinden.

Vorgehensweise

Schweißen von dünnwandigen Materialien erfordert hohe Präzision und geringe Wärmezufuhr. Durch hohe Strahlintensität werden entsprechend hohe Vorschubgeschwindigkeiten realisierbar, die minimale Streckenenergien ermöglichen.

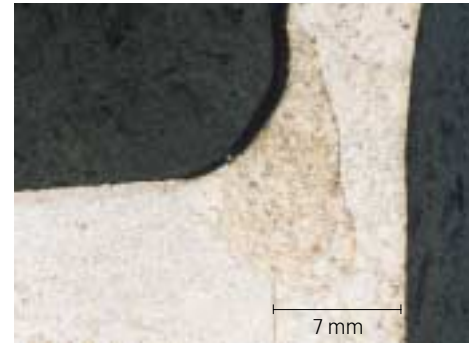
Hierfür bieten sich die diodengepumpte Nd:YAG-Laser an, die sich durch hohe Effizienz bzw. Fokussierbarkeit, und Strahlqualität (12 mm mrad) auszeichnen.

Ergebnisse und Anwendungen

Durch die Optimierung des Schweißprozesses hinsichtlich Strahleinfallswinkel, Fokuslage und Prozessgaszufuhr wurde ein sanfter Nahtübergang erzeugt, der die Anforderungen bestens erfüllt. Die maximale Schweißgeschwindigkeit bei einer Strahlleistung von 1,4 kW am Werkstück betrug 7 m/min.

Ansprechpartner

V. Nazery Goneghany, Tel.: -159
E-mail: nazery@ilt.fraunhofer.de
Dr. D. Petring, Tel.: - 210
E-mail: petring@ilt.fraunhofer.de



Diodengepumpter Nd:YAG-Laser ermöglicht verdeckte Nähte entlang einer Sichtkante

Aufgabenstellung

Für die Fertigung von Automobilkomponenten mit hoch reflektierenden Glanzflächen und hohen Anforderungen an Festigkeit und optisches Erscheinungsbild, soll der Laser die herkömmlichen Verfahren wie Kleben oder Löten verdrängen, die Umwelt entlasten und Kosten senken.

Im Rahmen einer Machbarkeitsstudie wurden Möglichkeiten untersucht, Schweißnähte zu erzeugen, die nach außen hin nicht sichtbar sind. Die wichtigsten Aspekte dieser Studie waren, daß die Sichtseite der Naht frei von jeglichen Umformungen (Verzug), Rissbildungen oder Mattierungen der Glanzfläche sein sollte. Die Sichtseite sollte nach der Schweißung spiegelblank und unbehandelt bleiben. Eine Nachbehandlung kam aus wirtschaftlichen Gründen nicht in Frage.

Vorgehensweise

Die Untersuchungen wurden mit einem diodengepumpten Nd:YAG-Laser hoher Strahlqualität (12 mm mrad) durchgeführt. Bei den verwendeten Materialien handelt es sich um Aluminiumlegierungen (Sichtfläche eloxiert und auf Hochglanz poliert), die mit einer Kehlnaht am Überlappstoß verschweißt wurden.

Besonderes Augenmerk wurde auf die Realisierung hoher Schweißgeschwindigkeiten, geringer Wärmezufuhr und kleiner Einschweißtiefe bei ausreichendem Anbindungsquerschnitt gerichtet.

Ergebnisse und Anwendungen

Durch den Einsatz des diodengepumpten Nd:YAG-Lasers und Optimierung des Schweißprozesses wurde ein wesentlicher Fortschritt gegenüber dem bisher bekannten Klebe- oder Lötverfahren erreicht. Die maximale Schweißgeschwindigkeit betrug 24 m/min bei einer Strahlleistung am Werkstück von 1,7 kW. Die Schweißnaht ist bei ausreichender Festigkeit auf der Sichtfläche nicht erkennbar.

Ansprechpartner

V. Nazery Goneghany, Tel.: -159
E-mail: nazery@ilt.fraunhofer.de
Dr. D. Petring, Tel.: - 210
E-mail: petring@ilt.fraunhofer.de



Prozessüberwachung beim Schweißen: Visualisierung der Schweißnahtgeometrie

Aufgabenstellung

Die Überwachung von thermischen Fertigungsverfahren wie dem Schweißen mit Laserstrahlung gewinnt im Zuge der Qualitätssicherung von Produkten zunehmend an Bedeutung. Mit dem CPC (Coaxial Process Control-System) verfügt das Fraunhofer ILT über einen leistungsstarken Überwachungsdetektor. Die aufgenommenen CPC-Signale sollen anwenderfreundlich dargestellt und ausgewertet werden. Informationen wie zum Beispiel über die räumlich dreidimensionale Schweißnahtgeometrie sollen gewonnen und visualisiert werden.

Vorgehensweise

Das CPC detektiert die thermische Strahlung aus der Wechselwirkungszone zwischen Laser und Werkstück. Hierbei nimmt die Strahlungsintensität aus der Plasmakapillare für einen weiten Bereich der Verfahrensparameter linear mit der Tiefe der Plasmakapillare zu. Damit ist die Rekonstruktion der räumlich dreidimensionalen Form der Plasmakapillare aus den CPC-Daten möglich.

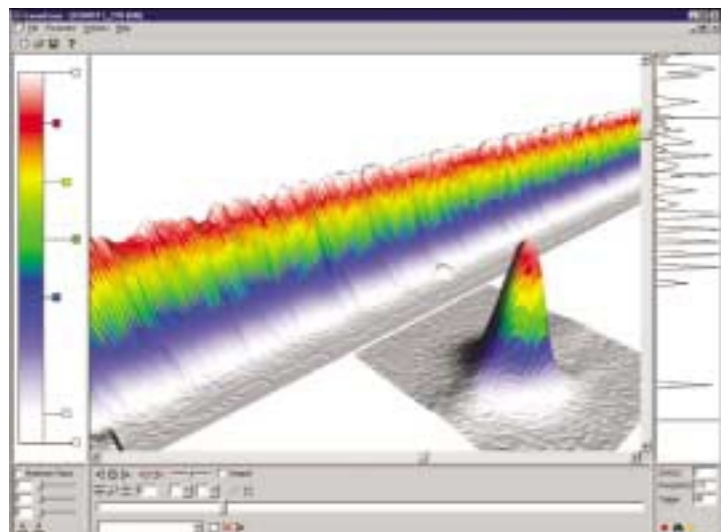
Die Momentaufnahmen der Plasmakapillare lassen sich unter Berücksichtigung der Vorschubgeschwindigkeit zu einem Pfad der Kapillare durch das Werkstück zusammensetzen. Mit der Annahme, dass der Schmelzfilm, der die Plasmakapillare umströmt, dünn im Vergleich zu dem Radius der Plasmakapillare ist, gibt der Kapillarpfad eine Abschätzung für die geometrische Form der Schweißnaht wieder.

Ergebnisse und Anwendungen

Die vom CPC gemessene Form der Schweißnaht ist mit Quer- und Längsschliffen verglichen worden. Qualitative Veränderungen der Form wurden richtig wiedergegeben. Um die quantitativen Aussagen zu verfeinern, sollen die Vorgänge in der Schmelze zusätzlich durch eine modellbasierte Simulation berücksichtigt werden.

Ansprechpartner

PD Dr. W. Schulz, Tel.: -204
E-mail: schulz@ilt.fraunhofer.de
Dipl.-Phys. J. Michel, Tel.: -163
E-mail: michel@ilt.fraunhofer.de
Dr. S. Kaierle, Tel.: -212
E-mail: kaierle@ilt.fraunhofer.de



Qualitätsoptimierte Präzisionsbearbeitung von Quarzglas-Halbzeug

Aufgabenstellung

In rohr- und plattenförmigen Proben aus Quarzglas mit einer Dicke bis zu mehreren Millimetern sollen unter Einsatz eines CO₂-Lasers Konturschnitte mit hoher Qualität erstellt werden. Hinsichtlich der Schnittqualität wird besonders auf folgende Punkte Wert gelegt:

- Vermeidung von Rissen im Glas
- Erzeugung von feuerpolierten Schnittkanten
- Gratfreier Schnitt

Die bei diesen Untersuchungen gewonnenen Erkenntnisse sollen in den Aufbau einer Laserbearbeitungsanlage für die flexible Fertigung von Kleinserien und Einzelteilen fließen.



Oben: Ansicht der Schnittkanten
Unten: Konturschnitte in verschiedenen Quarzglasrohren



Vorgehensweise

Zur Ermittlung geeigneter Verfahrensparameter wurden an einer kommerziellen sechs-Achsen-CO₂-Laserschneidanlage Versuche unter Verwendung verschiedener Fokuslagen, Schneidgasdrücke, Schneiddüsen und Vorschubgeschwindigkeiten durchgeführt.

Ergebnisse und Anwendungen

Bei allen bearbeiteten Proben wurden die Qualitätsvorgaben erreicht. Es konnten sowohl in Platten als auch in Rohren aus Quarzglas grat- und rissfreie Konturschnitte mit feuerpolierter Kante erstellt werden. Eine Nachbearbeitung der Proben war hierzu nicht notwendig.

Bei der Bearbeitung von Rohren konnte eine Beschädigung der Innenwände vermieden werden.

Ansprechpartner

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

Studie zur Untersuchung der lasertechnischen Optimierung von Harvester-Anwendungen

Aufgabenstellung

Im Rahmen einer Studie für das Land NRW (gefördert mit Mitteln des MSWF und MUNLV) wurde das Potenzial einer lasertechnischen Optimierung von Harvester-Anwendungen zum Entasten von Bäumen untersucht. Harvester-Aggregate sind mechanische Trennwerkzeuge, die hohe Kräfte und damit große Maschinengewichte und -leistungen erfordern. Das hohe Maschinengewicht führt zu einem hohen Leistungsbedarf für Transport und Manipulation des Aggregates. Für die Forstwirtschaft wäre also ein kräftefreier Laser-Entastungsprozess mit leichten Diodenlaser-Schneidköpfen von großer Bedeutung. In dieser Studie wurden daher die Möglichkeiten des Laserentastens von Bäumen begutachtet.

Vorgehensweise

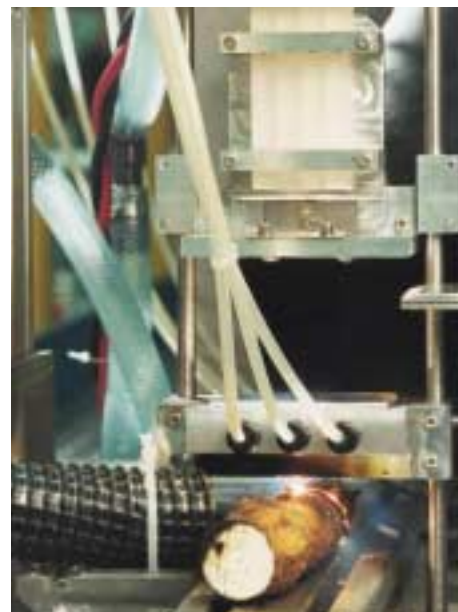
Für forstwirtschaftliche Schneidaufgaben sind Diodenlaser prädestiniert, da sie die für diese Anwendung wichtigen Eigenschaften, nämlich Kompaktheit, Robustheit und geringes Gewicht, besitzen. Mit einem am Fraunhofer ILT aufgebauten Diodenlaser mit linienförmiger Abstrahlcharakteristik wurden daher Holz-Trennversuche durchgeführt. Der linienförmige Strahl erlaubt die simultane Bearbeitung der kompletten Schnittlinie. Als Probenmaterial wurden dabei frische Fichtenäste verwendet. Die Auswertung dieser Trennversuche und die Spezifikation eines Referenzbaumes durch das Institut für Forstliche Arbeitswissenschaft und Verfahrenstechnologie (IFA, Göttingen) führten zu einer Abschätzung des Leistungsbedarfs eines Laser-Harvesters. Außerdem sind Systemkonzepte für einen Laser-Harvester entworfen worden.

Ergebnisse

Die durchgeführten Schneidversuche mit dem Diodenlaser-Linienstrahler demonstrierten, dass das Entasten mit einem Linienstrahl prinzipiell machbar ist. Abschätzungen zeigten jedoch, dass eine Laserleistung von mindestens 50 kW benötigt wird, damit ein Laser-Harvester eine Leistungsfähigkeit erreicht, die mit der eines konventionellen Aggregates vergleichbar ist. Infolgedessen sind die Kosten für die nötigen Diodenlaser heute ca. 20 mal höher als die Kosten für ein konventionelles Harvester-Aggregat. Außerdem sind für einen Laser-Harvester Probleme des Brandschutzes, der Beseitigung toxischer Emissionen und der Steuerung und Sensorik zu lösen. Darüber hinaus werden schwere Kühler und Netzteile benötigt und es entstehen schwarze Schnittkanten. Daher stellt das erarbeitete Laser-Harvester-Konzept keine Lösung für die Gegenwart, aber eine Vision für die Zukunft dar.

Ansprechpartner

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



Bearbeitung eines Fichtenastes mit einem linienförmigen Diodenlaserstrahl

Aufgabenstellung

Zur Herstellung von Großgeneratoren werden trapezförmig zugeschnittene Segmente aus Elektroblech benötigt. Herkömmlich werden die Trapeze vom Coil mit Schwenkscheren geschnitten. Im Rahmen einer Machbarkeitsstudie galt es zu prüfen, ob diese Zuschnitte vorteilhaft mit dem Laser ausgeführt werden können.

Vorgehensweise

Vorteile durch das Laserverfahren können vor allem dann erzielt werden, wenn zum einen die bisherige Schwenkbewegung der Schere entfällt und zum anderen das Band kontinuierlich durch die Anlage bewegt werden kann. Unter dieser Prämisse wurden verschiedene mögliche Systemkonzepte für die Laserschneideinrichtung hinsichtlich ihrer Leistungsfähigkeit, ihrer technischen Anforderungen und möglicher Risiken und Kosten verglichen.

Ergebnisse und Anwendungen

Der Durchsatz der Anlage ist abhängig von der Geometrie der Segmente (Trapezwinkel, Länge) und der maximalen Schneidgeschwindigkeit, die auch von der Blechdicke abhängt. Es konnte gezeigt werden, dass mit einem quer zum Band bewegten Schneidkopf und damit der technisch einfachsten Anordnung die erforderliche Taktrate mit bereits heute realisierten Laserschneidgeschwindigkeiten erzielt werden kann. Dies gilt für typische Trapez-Geometrien dieser Anwendung und eine Blechdicke von 0,5 mm, die im vorliegenden Fall zum weitaus größten

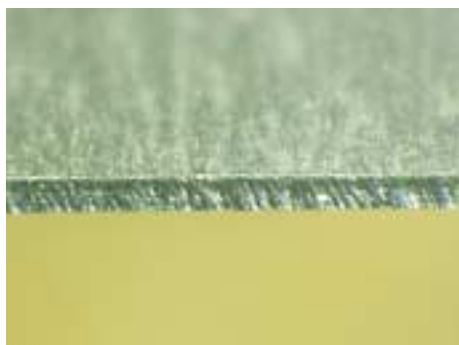
Teil verarbeitet wird. Diese Blechdicke wurde mit einem CO₂-Laser bei einer Laserstrahlleistung von 2,0 kW mit maximal 60 m/min geschnitten. Bei einer Umsetzung dieser Technik würden Strahlquellen mit höherer Leistung eingesetzt, mit denen sich die Geschwindigkeiten noch steigern und ausreichende Prozessreserven bereitstellen ließen.

An Musterschnitten konnte die gute Qualität der Schnittkanten, bei der vor allem die Gratfreiheit wichtiges Kriterium ist, nachgewiesen werden. Während die technische Realisierbarkeit grundsätzlich positiv beurteilt werden konnte, steht die für die Umsetzung ebenso entscheidende Wirtschaftlichkeit noch in Frage.

Die Möglichkeit, statt geradliniger Schnitte, wie bei dieser Anwendung gefordert, auch flexibel konturierte Querteilschnitte durchzuführen, macht das Verfahren zusätzlich attraktiv, beispielsweise wenn dadurch Potenzial zur Materialeinsparung gegeben ist.

Ansprechpartner

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



Unten: Schnittkante
Elektroblech

Bartbildung beim Schneiden: Simulation und Steuerung

Aufgabenstellung

Das Schmelzschneiden mit Laserstrahlung ist ein etabliertes thermisches Verfahren. Sowohl für große Schneidgeschwindigkeiten zur effizienten Ausnutzung der Anlage als auch für kleine Geschwindigkeiten beim Konturenschneiden beeinflussen dynamische Vorgänge die Qualität. Zum Auffinden geeigneter Steuerungsvorschriften und zur Qualitätssicherung werden Überwachungssysteme eingesetzt.

Vorgehensweise

Qualitätsmerkmale wie die Riefen- und Bartbildung oder auch das Erreichen der Trenngrenze entstehen aus der Dynamik des Prozesses. Zeitlich und räumlich aufgelöst wird der Prozess mit der im Fraunhofer ILT entwickelten koaxialen Prozessüberwachung beobachtet. Die verschiedenen Prozesszustände und charakteristische Phänomene (z. B. Verdampfung, Kapillarkräfte), werden in einer Prozesssimulation visualisiert und können experimentell identifiziert werden.

Ergebnisse

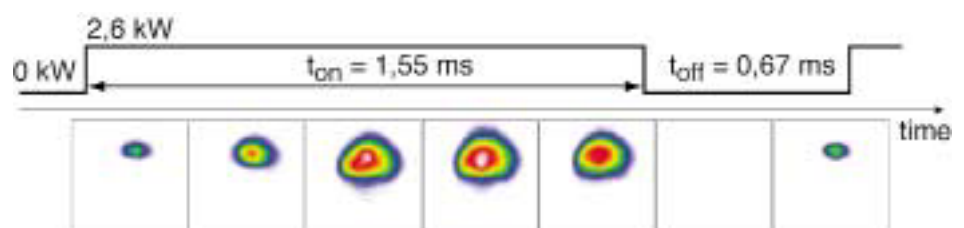
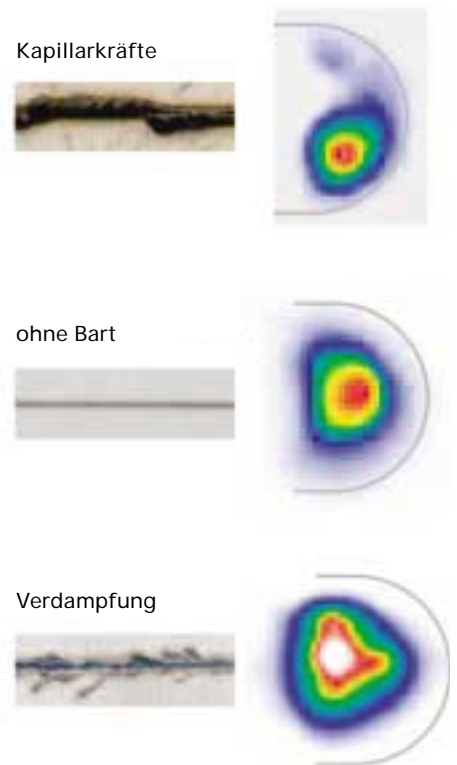
Zwei Mechanismen der Bartbildung sind erkannt und können mit der koaxialen Prozesskontrolle identifiziert werden. Bei kleinen Vorschubgeschwindigkeiten kommt es zu einer Tropfenbildung an der Blechunterkante. Eine Bartbildung bei hohen Vorschubgeschwindigkeiten setzt bei der Verdampfungstemperatur ein, da der Ablationsdruck ein ungestörtes Ausströmen verhindert.

Die Prozesssimulation ermöglicht das Auffinden von Strategien zur Vermeidung der Bartbildung. Durch Modulation der Laserleistung kann auch bei kleiner Vorschubgeschwindigkeit die Frontgeschwindigkeit so beeinflusst werden, daß die Schmelze in Form eines Wellenberges ungehindert ausströmt und die Bartbildung vermieden wird. Für geeignete Modulation der Laserleistung zeigen die Kamerabilder einen symmetrischen Prozess (keine Tropfen). Die Verdampfung tritt nicht auf.

Diese Arbeiten werden durch die Volkswagen-Stiftung gefördert.

Ansprechpartner

PD Dr. W. Schulz, Tel.: -204
 E-mail: schulz@ilt.fraunhofer.de
 Dipl.-Phys. J. Michel, Tel.: -163
 E-mail: michael@ilt.fraunhofer.de
 Dr. S. Kaierle, Tel.: -212
 E-mail: kaierle@ilt.fraunhofer.de



Riefenbildung beim Schneiden: Modellierung und Simulation

Aufgabenstellung

Das Schmelzschnitten mit Laserstrahlung ist ein etabliertes thermisches Verfahren. Dynamische Vorgänge beeinflussen die Qualität des Schneidergebnisses. Ein charakteristisches Merkmal nichtlinearer dynamischer Vorgänge ist die Bildung von Riefen auf der Schnittkante. Um Steuerungsvorschläge für eine geeignete Verfahrensführung aufzufinden, werden die Lösungseigenschaften von Modellen untersucht. Die Qualität der Modelle wird durch Vergleich mit den beobachtbaren Schneidergebnissen beurteilt.

Vorgehensweise

Qualitätsmerkmale wie die Riefen- und Bartbildung oder auch das Erreichen der Trenngrenze entstehen aus der Dynamik des Prozesses. Die dynamischen Vorgänge werden durch ein approximatives dynamisches System beschrieben, für das u. a. inverse Aufgaben zur Steuerung der Laseranlage formuliert werden. Die verschiedenen Prozesszustände und die auftretenden Phänomene, wie die Bildung von Riefen unterschiedlicher räumlicher Struktur, können experimentell identifiziert werden. Die qualitätsbestimmenden dynamischen Vorgänge werden in einer Prozesssimulation visualisiert.

Ergebnisse

Zwei Mechanismen zur Bewegung der Schmelzfront und damit zur Riefenbildung sind erkannt. Riefen 1. Art bilden sich bei kleinen Vorschubgeschwindigkeiten und in der Nähe der Blechoberkante, wo nahezu keine rekristallisierte Schmelze an der Schnittkante vorliegt. Direkte Absorption und Wärmediffusion bestimmen die Frontbewegung. Mit der Vorschubgeschwindigkeit und der Blechdicke nimmt der Massenstrom an Schmelze zu, und der konvektive Wärmetransport in Ausströmrichtung trägt zur Frontbewegung merklich bei. Zwei unterschiedliche Mechanismen – Diffusion und Konvektion – tragen zur Bewegung der Front bei. Jede Riefe 1. Art erzeugt eine axial laufende Welle im Schmelzfilm und der damit verbundene konvektive Wärmetransport führt zu einer zeitlich nachfolgenden Bewegung der Schmelzfront (Riefe 2. Art).

Diese Arbeiten werden durch die Volkswagen-Stiftung gefördert.

Ansprechpartner

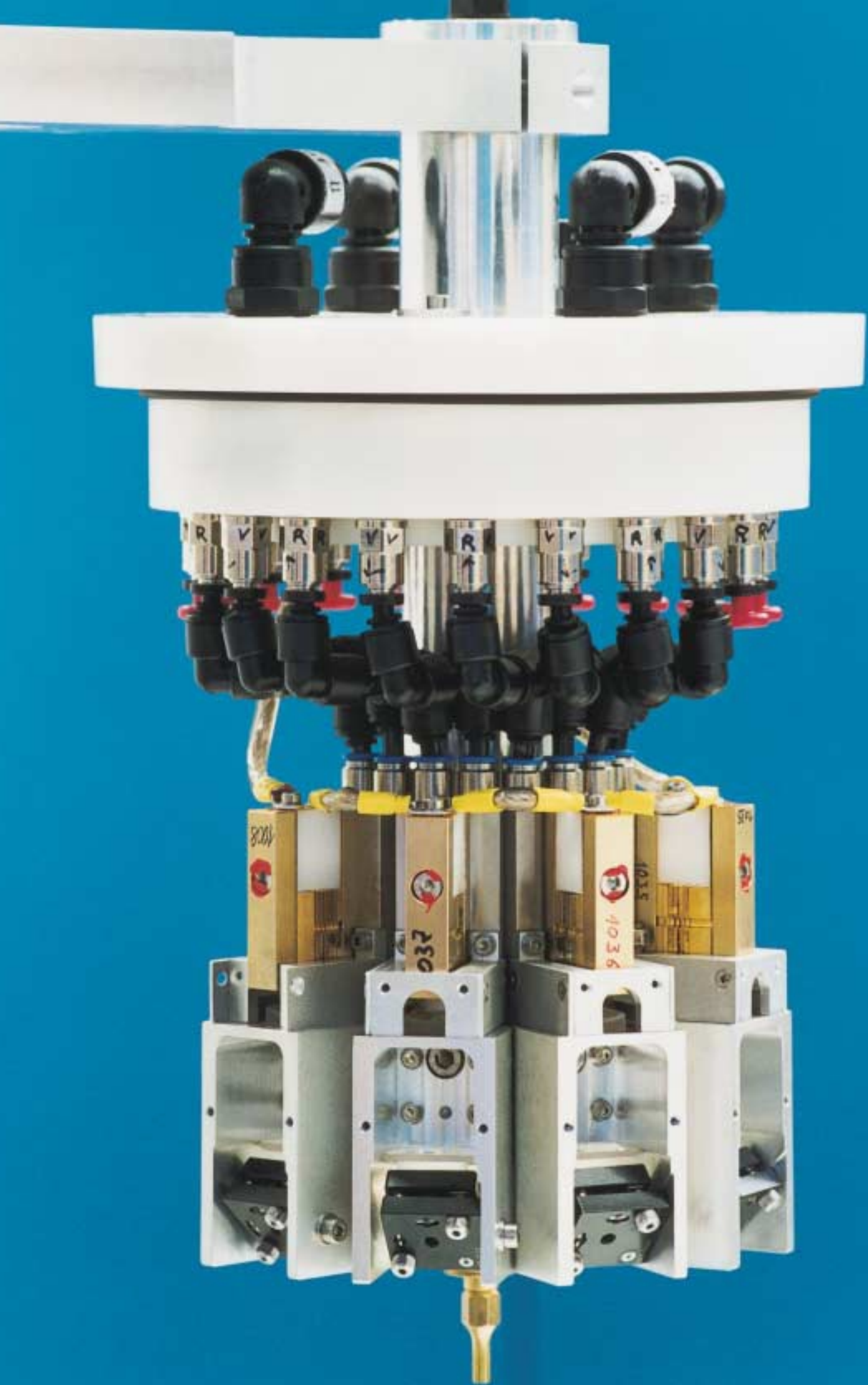
PD Dr. W. Schulz, Tel.: -204
E-mail: schulz@ilt.fraunhofer.de
Dipl.-Phys. J. Michel, Tel.: -163
E-mail: michael@ilt.fraunhofer.de



Oben: Riefen 1. Art
Wärmediffusion
Unten: Riefen 2. Art
Diffusion und Konvektion

Geschäftsfeld
Lasieranlagen
und Systemtechnik





Geschäftsfeld Lasieranlagen und Systemtechnik

Laserperforation in der Verpackungsindustrie	64
Anlage zum Laserstrahl-Auftragschweißen	65
Modularer Diodenlaser- Ringstrahl für Schweiß- und Schneidanwendungen	66
Koaxiale Prozessüberwachung (CPC) in der industriellen Fertigung	67
Automatisierte Strahlüberwachung und Fehlerdiagnose für die Material- bearbeitung mit Laserstrahlung	68
Modellgestützte prädiktive Regelung beim Laserstrahlschweißen	69
Flexibles System zur Prozessüberwachung beim Laserstrahlschweißen	70
Koaxiale Prozessbeobachtung beim Grobblechschweißen	71
Featurebasiertes Offline-Planungssystem für 3D-Laserstrahlschweißaufgaben	72
Weiterbildung und Training in der Lasermaterialbearbeitung	73
VELI - Virtual European Laser Institute	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.

Modularer Diodenlaser-Ringstrahl
für Schweiß- und Schneidanwendungen
(erste Ausbaustufe mit 4 Modulen)

Laserperforation in der Verpackungsindustrie

Aufgabenstellung

Produktverpackungen werden hinsichtlich Funktionalitätserweiterung und kundenorientiertes Design zunehmen anspruchsvoller. Die flexible lasergestützte Verpackungsperforation für z. B. Aufreiß-, Abreiß- und Trennhilfen oder definierte Entlüftungsbereiche gewinnt in diesem Zusammenhang an Bedeutung.

In eine bestehende Probenbeutel-Verpackungsstraße soll eine Fertigungseinheit integriert werden, die Entlüftungslöcher definierter Größe flexibel und reproduzierbar in eine Verbundfolie (Al/PET) einbringt. Dabei sollen pro Maschinentakt (40 min^{-1}) gleichzeitig zwei Löcher mit einem Durchmesser von $300 \mu\text{m}$ perforiert werden.

Vorgehensweise

Die Al/PET-Verbundfolie weist für die CO_2 -Laserstrahlung ausreichend optische Absorption auf. Nach Bestimmung der optimalen Prozessparameter, wird eine Doppeloptik konstruiert und aufgebaut, welche die reproduzierbare Perforation garantiert.

Der Rohstrahl wird mittels eines Teleskops aufgeweitet und durch Umlenkspiegel zur Doppeloptik geleitet. Dort werden durch einen Strahlteiler zwei gleiche Einzelstrahlen erzeugt, welche mittels eines Linsensystems in die Bearbeitungsbereiche fokussiert werden. Durch eine definierte Positionierung des Perforationsgutes und unter Zuführung von Druckluft werden zwei $300 \mu\text{m}$ Löcher im Einzelpulsverfahren erzeugt.

Ergebnisse und Anwendungen

Der Einsatz der CO_2 -Laserstrahlung erlaubt eine flexible, rasche und exakte Perforation verschiedenster Materialien, ohne Bearbeitungsrückstände am Werkstück zu hinterlassen.

Die Laserstrahlquelle sowie die Versorgungs- und Steuereinheiten wurden kompakt angeordnet und in die Fertigungslinie integriert. Taktsignale aus der Fertigung steuern die Laserperforationseinheit, so dass das System problemlos in die Produktion integriert werden konnte.

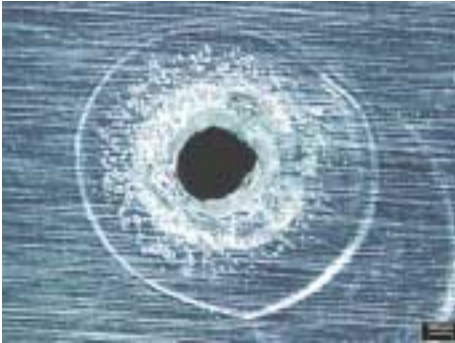
Ansprechpartner

Dipl.-Phys.U.-A. Russek, Tel.: -158

E-mail: russek@ilt.fraunhofer.de

Dr.-Ing. A. Gillner, Tel.: -148

E-mail: gillner@ilt.fraunhofer.de



Anlage zum Laserstrahl- Auftragschweißen

Aufgabenstellung

Das Laserstrahl-Auftragschweißen etabliert sich immer mehr als Instandsetzungsverfahren im Werkzeug- und Formenbau. Hierbei kommen kleinere, mit gepulsten Nd:YAG-Lasern ausgestattete Anlagen, die mit drahtförmigen Zusatzwerkstoffen und einer manuellen Verschiebung des Bauteils arbeiten, zum Einsatz. Diese Anlagen sind nur für kleinere Reparaturen geeignet, da sie geringe Flächenraten von max. 1 - 3 cm² pro Stunde bei einer Schichtdicke von 1 mm realisieren. Zusätzlich ist die Werkstoffpalette für die Drähte eingeschränkt und das Bearbeitungsergebnis von der Geschicklichkeit des Schweißers abhängig.

Ziel der Entwicklungsarbeiten war die Konzeption und der Bau einer Anlage zum automatisierten Laserstrahl-Auftragschweißen mit einem kontinuierlichen Nd:YAG-Laser und pulverförmigen Zusatzwerkstoffen. Neben den größeren Auftragsraten sind durch den Einsatz von pulverförmigen Zusatzwerkstoffen und die dadurch bedingte Legierungsvielfalt höhere Schichthärten zu realisieren.

Vorgehensweise

Anhand des Pflichtenheftes und der Anforderungen aus dem Formenbau des Kunden wurde eine Anlage zum Laserstrahl-Auftragschweißen konzipiert und gebaut.

Ergebnisse und Anwendungen

Die Anlage umfasst folgende Ausstattung und folgende Eigenschaften:

- 2 kW fasergekoppeltes Nd:YAG-Lasersystem
- CNC gesteuertes Portalsystem (x-y-z Achse und Drehkippachse)
- Automatisierte Pulverzufuhr
- Integrierte Abstandssensoren
- Integriertes ILT-Teach-Panel
- Absaugung des überschüssigen Pulvers
- Gekapselte Laserklasse 1 - Maschine
- Auch einsetzbar zum Laserstrahlhärten

Die Anlage wird seit 3 Jahren beim Kunden im Bereich der Reparatur von Spritzgießwerkzeugen eingesetzt. Durch die hohe Qualität und Reproduzierbarkeit der aufgetragenen Schichten konnten Kosteneinsparungen bei der Herstellung und Instandsetzung von Formen erzielt werden und gleichzeitig die Maschinenstillstandszeiten der Spritzgießmaschinen reduziert werden. Durch geeignete Legierungsauswahl konnten Schichten mit 63 HRC rissfrei aufgetragen werden.

Ansprechpartner

Dr.-Ing. A. Gasser, Tel.: -209
E-mail: gasser@ilt.fraunhofer.de
Dr. K. Wissenbach, Tel.: -147
E-mail: wissenbach@ilt.fraunhofer.de



Anlage zum Laserstrahl-
Auftragschweißen

Modularer Diodenlaser- Ringstrahl für Schweiß- und Schneidanwendungen

Aufgabenstellung

Im Rahmen des BMBF-Leitprojektes »Modulare Diodenlaser Strahlwerkzeuge (MDS)« werden Lasergeräte, die die spezifischen Eigenschaften und Vorteile des Diodenlasers nutzen, entwickelt und erprobt. Für Schweiß- und Brennschneidanwendungen soll ein modulares Diodenlasergerät, das einen ringförmigen Laserstrahl erzeugt, realisiert werden. Als Spezifikation für den Ringstrahl wurde dabei eine Leistung von ca. 2 kW bei einem Durchmesser von ca. 5 mm und einer Ringstärke von etwa 1 mm gewählt.

Vorgehensweise

Zur Erzeugung des Ringstrahles werden zehn identische Diodenlasermodule, die jeweils einen Stack mit sechs Barren enthalten, coaxial um eine Prozessgasdüse angeordnet. Die Strahlung der Stacks wird mit einer Strahlformungsoptik fokussiert, so dass nach einer justierbaren Umlenkoptik ein annähernd ringförmiger Fokus entsteht. Ein Gehäuse mit integrierter Wasser- und Stromverteilung schützt den Aufbau vor der Bearbeitungs Umgebung.

Ergebnisse und Anwendungen

Eine erste Ausbaustufe des Gerätes mit vier Modulen ist aufgebaut und charakterisiert worden. Die optische Ausgangsleistung beträgt etwa 800 W bei einem Injektionsstrom von 50 A. Mit den vier Modulen ist ein näherungsweise halbkreisförmiger Fokus mit einem Durchmesser von ca. 5 mm bei einer Breite von maximal ca. 1,4 mm demonstriert worden. Der praktische Test der ersten Ausbaustufe des Gerätes als optischer Schneidbrenner ergab in 10 mm dicken Baustahlplatten eine Trenngeschwindigkeit von 0,4 m/min. Derzeit wird an dem Aufbau eines Gerätes mit zehn Modulen, d. h. am vollständigen Diodenlaser-Ring, gearbeitet. Dieses Gerät soll dann nicht nur für Schneidanwendungen, sondern auch für das verzugsfreie single-shot-Schweißen von Rundnähten qualifiziert werden. Außerdem sind Laser-Hybrid-Anwendungen mit konventionellem Laserfokus im Ringzentrum geplant.

Ansprechpartner

Dipl.-Phys. A. Knitsch, Tel.: -414
E-mail: knitsch@ilt.fraunhofer.de
Dipl.-Phys. B. Seme, Tel.: -426
E-mail: seme@ilt.fraunhofer.de
Dr. D. Petring, Tel.: -210
E-mail: petring@ilt.fraunhofer.de



Erste Ausbaustufe des
Diodenlaser-Ringstrahlers
mit 4 Modulen

Koaxiale Prozessüberwachung (CPC) in der industriellen Fertigung

Aufgabenstellung

Die koaxiale Prozessüberwachung (Coaxial Process Control, CPC) wurde am Fraunhofer ILT für den Einsatz in der Laserstrahlmaterialbearbeitung entwickelt. Kennzeichnend für das Verfahren ist, dass die Wechselwirkungszone von Laserstrahl und Werkstück während der Materialbearbeitung mit einem bildgebenden Detektor (Kamera) beobachtet wird. Durch Auswertung der Kamerabilder können Rückschlüsse auf die Qualität der Bearbeitung bzw. des Werkstücks gezogen werden. Die Kamera wird so angeordnet, dass die Beobachtung koaxial zum Laserstrahl durch die Bearbeitungsoptik erfolgt. Das Messverfahren wurde bislang an verschiedenen Applikationen erfolgreich im Labor getestet. Für den Dauereinsatz des CPC-Systems in der Produktion soll eine industrietaugliche Version entwickelt werden.

Vorgehensweise

Die Basis des CPC-Systems bildet ein Industrie-PC, der eine flexibel erweiterbare, zukunftssichere Plattform für das System darstellt. Durch den Einsatz von zwei Prozessoren steht dem System auch für komplexere Bildauswertungen ausreichend Rechenleistung zur Verfügung. Die Systemsoftware besteht aus einem modularen, für höchste Performance in C++ entwickeltem Analysekernel und einer unter LabView™ programmierten Benutzeroberfläche. Das modulare Konzept des Analysekernel erlaubt eine einfache Erweiterung durch neue Bildauswertungsalgorithmen und ermöglicht eine optimale Anpassung des Systems an verschiedenen Bearbeitungsprozesse. Die Benutzeroberfläche kann durch den Einsatz von LabView™

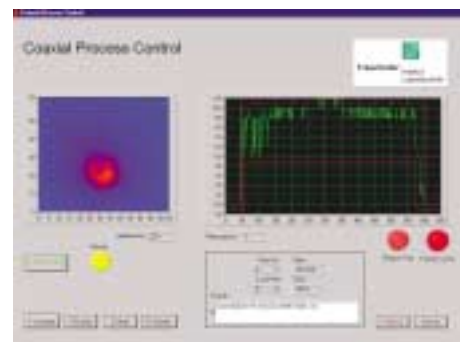
flexibel an die Anforderungen des Kunden angepasst werden. Als Detektoren kommen je nach Applikation CCD- oder CMOS-Kameras zum Einsatz. Anlagenspezifische Optiken ermöglichen den Einbau in verschiedene CO₂- und Nd:YAG-Laseranlagen.

Ergebnisse und Anwendungen

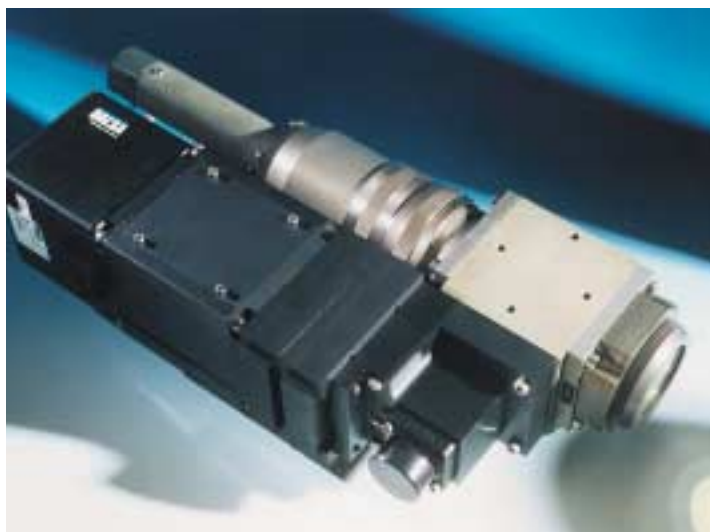
Die erste Industrieversion des CPC-Systems wurde 2001 in eine Produktionsanlage eingebaut und getestet. In dieser Anwendung überwacht ein CPC-System mit zwei Kameras online verschiedene Bearbeitungsschritte. Durch den Einsatz des Systems konnte die Dauer der Produktionszyklen drastisch gesenkt werden, da auf die Durchführung zeitaufwendiger Lecktests weitgehend verzichtet werden kann.

Ansprechpartner

Dipl.-Ing. C. Kratzsch, Tel.: -229
E-mail: kratzsch@ilt.fraunhofer.de
Dipl.-Ing. P. Abels, Tel.: -428
E-mail: abels@ilt.fraunhofer.de
Dr. S. Kaieler, Tel.: -212
E-mail: kaieler@ilt.fraunhofer.de



Oben: Bildschirmansicht der CPC-Software
Unten: CPC-Kamera an industrieller Nd:YAG-Optik



Automatisierte Strahlüberwachung und Fehlerdiagnose für die Materialbearbeitung mit Laserstrahlung

Aufgabenstellung

Die Anwendung des Lasers in der industriellen Produktion nimmt kontinuierlich zu. Dennoch ist die Verbreitung der Lasermaterialbearbeitung in kleinen und mittleren Betrieben aufgrund hoher Investitionskosten sowie komplexer Handhabung des Werkzeugs Laserstrahl noch relativ gering.

Wartung und Fehlerbehebung können in der Regel nicht vom eigenen Personal durchgeführt werden. Eine Überprüfung der Strahleigenschaften, die das Bearbeitungsergebnis maßgeblich bestimmen, wird in den meisten Fällen gar nicht oder nur in unzureichendem Maße durchgeführt. Zudem ist in der Lasermaterialbearbeitung als qualitätssichernde Maßnahme eine regelmäßige Strahlendiagnose bei jedem Wechsel der Werkstückgeometrie erforderlich, um eine eindeutige Zuordnung der Strahlkennwerte zu gewährleisten.

Ergebnisse und Anwendungen

Die ergonomische Anwendungssoftware des Diagnose-PCs erlaubt dem Bediener vor Ort selbstständig Strahl-diagnosen unter gleichbleibenden Bedingungen durchzuführen.

Die so gewonnene Transparenz der Strahleigenschaften ermöglicht auch kleinen und mittleren Unternehmen die Integration der Lasermaterialbearbeitung in ein Qualitätsmanagementsystem.

Ansprechpartner

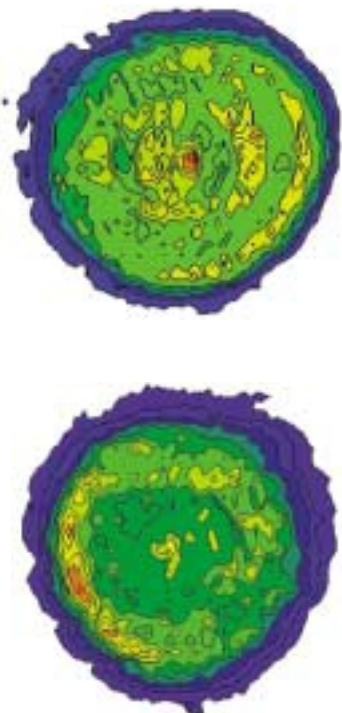
Dipl.-Ing. L. Böske, Tel.: -427
E-mail: boeske@ilt.fraunhofer.de
Dipl.-Ing. S. Mann, Tel.: -321
E-mail: mann@ilt.fraunhofer.de
Dr. S. Kaierle, Tel.: -212
E-mail: kaierle@ilt.fraunhofer.de

Vorgehensweise

Am Fraunhofer-Institut für Lasertechnik ILT wurde ein Diagnosesystem zur automatisierten Strahlüberwachung und Fehlerdiagnose entwickelt und in eine Laserbearbeitungsanlage integriert. Ein Strahl Diagnosegerät, ein Kalorimeter sowie die Steuerung des Lasersystems liefern Diagnose-daten an einen PC. Eine integrierte Mess- und Datenhaltungssoftware verwaltet die Daten und stellt sie anwendergerecht dar. Ein zusätzliches Webinterface erlaubt die Veröffentlichung der gespeicherten Diagnose-daten im Internet, um Ferndiagnosen zu ermöglichen.



Oben: Benutzeroberfläche der Website
Mitte: Leistungsdichteverteilung bei optimal justiertem Auskoppelspiegel
Unten: Leistungsdichteverteilung bei dejustiertem Auskoppelspiegel



Modellgestützte prädiktive Regelung beim Laserstrahlschweißen

Aufgabenstellung

Ein Kriterium für die Qualität einer Schweißnaht ist die Einschweißtiefe, die von den Prozesseingangsgrößen Laserleistung und Vorschubgeschwindigkeit bestimmt wird. Nicht in jedem Anwendungsfall, wie z. B. beim Schweißen von 3D-Bauteilen, kann eine konstante Vorschubgeschwindigkeit gewährleistet werden. Ziel der Untersuchungen ist daher eine Regelung für die Einschweißtiefe aufzubauen, die bei einer zeitlich veränderlichen Schweißgeschwindigkeit einen gewünschten Verlauf der Einschweißtiefe sicherstellt.

Vorgehensweise

Ein für diese Aufgabenstellung prädestiniertes Verfahren ist die prädiktive Regelung. Hierbei wird ein Modell genutzt, um das Verhalten relevanter Prozessgrößen in der Zukunft zu bestimmen. Dieses dynamische Prozessmodell wird, als ein wesentlicher Bestandteil eines modellbasierten prädiktiven Reglers, bei diesem Ansatz experimentell ermittelt. Als Stellgröße wird hierbei die Laserleistung und als Regelgröße die Einschweißtiefe verwendet. Da diese nicht direkt gemessen werden kann, wird das den Tiefschweißeffekt begleitende Plasmaleuchten

ausgewertet. Hierbei wird davon ausgegangen, dass die Intensität der Plasmastrahlung aus der Dampfkapillare (Keyhole) von der Länge der Dampfkapillare abhängig und damit über einen weiten Bereich zur Einschweißtiefe proportional ist. Die Prozessbeobachtung und Online-Ermittlung der Einschweißtiefe wird mit einem System zur Prozessüberwachung durchgeführt, bei dem eine CCD-Kamera koaxial im Strahlengang angeordnet ist.

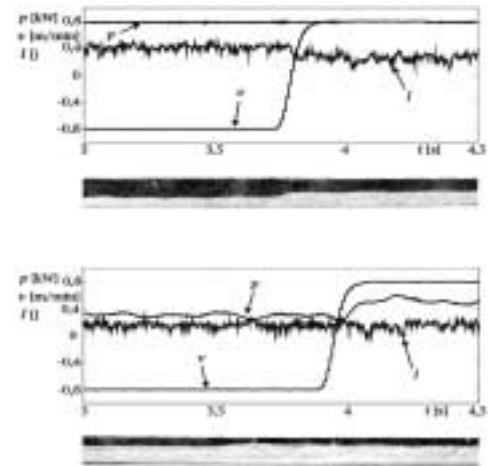
Ergebnisse und Anwendungen

Zur Identifikation eines dynamischen Modells wurden Versuchsschweißungen durchgeführt. Das prädiktive Regelungskonzept konnte erfolgreich erprobt werden. Hierbei wurden mit einem Nd:YAG-Laser im Leistungsbereich von 1,2 kW bis 3 kW Geschwindigkeitsänderungen im Bereich zwischen 2,4 m/min und 4,0 m/min durch entsprechende Veränderung der Laserleistung so ausgeregelt, dass eine weitgehend konstante Einschweißtiefe gewährleistet werden kann.

Diese Arbeiten werden in Zusammenarbeit mit dem Institut für Regelungstechnik IRT der RWTH Aachen durchgeführt.

Ansprechpartner

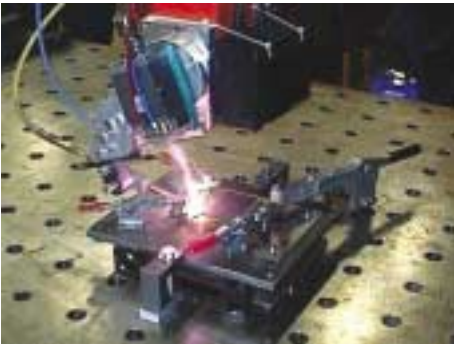
Dipl.-Ing. S. Mann, Tel.: -321
E-mail: mann@ilt.fraunhofer.de
Dr. S. Kaierle, Tel.: -212
E-mail: kaierle@ilt.fraunhofer.de



Flexibles System zur Prozessüberwachung beim Laserstrahlschweißen

Aufgabenstellung

Beim industriellen Einsatz des Laserstrahlschweißens ist die Überwachung der Nahtqualität von zentraler Bedeutung. Durch die Komplexität des Schweißprozesses lässt sich eine umfassende Bewertung des Bearbeitungsergebnisses nur durch die gleichzeitige Berücksichtigung verschiedener Sensorsignale erzielen. Ziel der Arbeiten ist es ein Softwarepaket zu implementieren, welches aufgrund einer mehrkanaligen Messwertaufnahme und einer flexiblen Datenanalyse eine Gut/Schlechtteil-Identifizierung der Schweißnaht ermöglicht.



Vorgehensweise

Das zu implementierende Prozessüberwachungssystem lässt sich grob in die Teilbereiche Datenerfassung und -weiterverarbeitung, Benutzerschnittstelle und Datenhaltung unterteilen. Betrachtet man diese Teile getrennt, so zeigt sich, dass zwar die Datenerfassung und -weiterverarbeitung zwingend echtzeitfähig sein müssen, dies aber für die Datenvisualisierung und -haltung nicht zutrifft. Dies führt zu einer Aufteilung des Gesamtsystems in Einzelkomponenten. So läuft die Datenerfassung und -weiterverarbeitung auf einer DSP-basierten Hardware, realisiert als PC-Karte. Zusammen mit einer Host-Anwendung unter Windows NT bildet dieser Teil die eigentliche Prozessüberwachung. Getrennt hierzu, ist die Benutzerschnittstelle als eigene Anwendung realisiert. Ein Microsoft SQL-Server wird zur Datenhaltung verwendet. Die Kommunikation zwischen den Einzelkomponenten erfolgt über TCP/IP.

Das Softwarekonzept basiert auf einer objektorientierten Struktur, wodurch eine flexible Anpassung des Systems an die jeweiligen Anforderungen erreicht wird. Mit Hilfe eines grafischen Konfigurations-Managers lassen sich die einzelnen Objekte zur Datenaufnahme bzw. -ausgabe, zur Filterung, zur Korrelation und zum Sollwertvergleich zu einem Signallaufplan zusammenstellen. Diese Konfiguration wird zum DSP übertragen. Eine entsprechende Objektstruktur wird angelegt.

Während der Schweißung werden die Sensoren zyklisch abgefragt, die Werte entsprechend der Konfiguration ausgewertet sowie alle Ausgangsdaten an die Datenbank und die Benutzerschnittstelle geschickt. Über eine digitale Schnittstelle lässt sich das System an die Anlagensteuerung anbinden.

Ergebnisse und Anwendungen

Das System ermöglicht eine Datenaufnahme und -analyse im kHz-Bereich. Durch die Softwarestruktur lässt sich die Auswertmethode sehr flexibel an die jeweilige Aufgabe anpassen. In Zusammenarbeit mit der Firma Jurca wird das System zu einer kommerziellen Lösung weiterentwickelt.

Ansprechpartner

Dipl.-Ing. J. Ortmann, Tel.: -320
E-mail: ortmann@ilt.fraunhofer.de
Dr. S. Kaierle, Tel.: -212
E-mail: kaierle@ilt.fraunhofer.de

Koaxiale Prozess- beobachtung beim Grobblechschweißen

Aufgabenstellung

Laserstrahlschweißen von Grobblechen ist eine anspruchsvolle Fertigungsaufgabe. Hochdynamische Vorgänge in der Tiefe der Kapillaren können zu Schweißfehlern führen, deren Ursachen sich einer direkten Beobachtung entziehen. Zum Studium dieser Vorgänge und zur Schaffung der Grundlagen für die Erstellung von Schweißprotokollen ist die Entwicklung neuartiger Erfassungseinrichtungen notwendig.

Vorgehensweise

Am Fraunhofer ILT wurde ein Kamerasystem zur koaxialen Prozesskontrolle entwickelt. Bisher wurde dieses System zur Beobachtung von Prozessen beim Laserstrahlschweißen von Mittelblechen erfolgreich eingesetzt. Das Einsatzgebiet soll nun auf das Laserstrahlschweißen von Grobblechen erweitert werden. Ziele der Versuche sind die Messung der Einschweißtiefe und die Erfassung der Kapillarform.

Hierzu werden unter vollständiger Dokumentation Versuche unter variierenden Schweißparametern durchgeführt. Die Ergebnisse werden aufgezeichnet und unter Anwendung eigens entwickelter Algorithmen ausgewertet. Weiterhin werden simultan Hochgeschwindigkeitsvideografien von Ober- und Unterraupen im Prozess aufgenommen, um die Informationsausbeute zu steigern.

Ergebnisse und Anwendungen

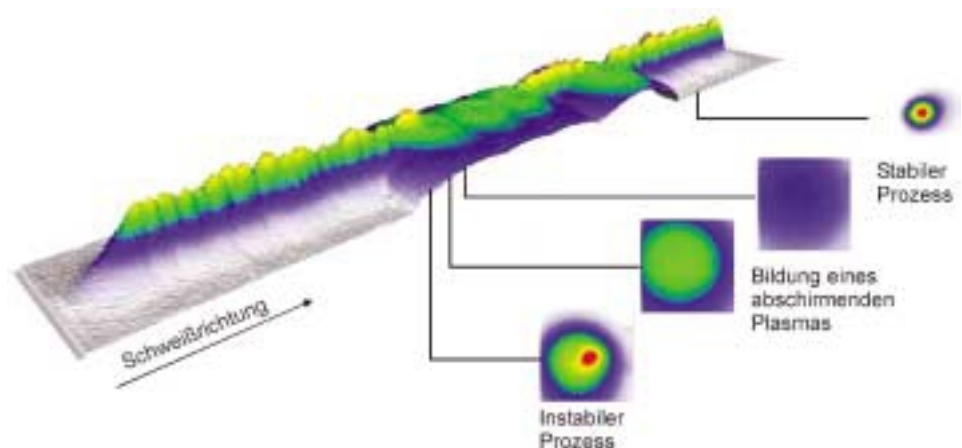
Bei der Messung der Einschweißtiefe wurden, wie beim Schweißen von Mittelblechen, lineare Zusammenhänge mit dem Signal festgestellt. Hierbei ist der Beitrag des Oberflächenplasmas zum Gesamtsignal noch unklar.

Veränderungen der Form der Kapillarmündung in Abhängigkeit von der Strahlverteilung und der Schweißgeschwindigkeit können sichtbar gemacht werden.

Die Versuche werden unter Einschränkung des beobachteten optischen Spektrums fortgesetzt.

Ansprechpartner

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



Featurebasiertes Offline-Planungssystem für 3D-Laserstrahlschweißaufgaben

Aufgabenstellung

Unter dem Aspekt der zunehmenden Komplexität der Bauteile und der sinkenden Losgrößen gewinnt die Reduzierung der Nebenzeiten bei der Bearbeitung eine immer stärkere Bedeutung, besonders bei 3D Bauteilen.

Ziel der Arbeiten ist die Entwicklung einer Offline-Planung für die Laserbearbeitung, die die Erstellung eines NC-Programms ohne Blockierung der Bearbeitungsanlage ermöglicht. Durch eine realistische Modellierung der Bearbeitungsaufgabe und der Simulation der Bearbeitungsanlage soll eine fertigungsnahe Planung erzielt werden.

Vorgehensweise

Kern des entwickelten Planungssystems ist die Beschreibung der Laserstrahlbearbeitungsaufgabe durch Bearbeitungsobjekte, den sogenannten Features. Der herausragende Vorteil des Feature-Modells besteht in der Verknüpfung von geometrischen Daten (CAD) mit technologischen Informationen in Form von Prozessparametern und Bearbeitungsstrategien. Dies ermöglicht eine flexible, fehler-tolerante und fertigungsnahe Planung.

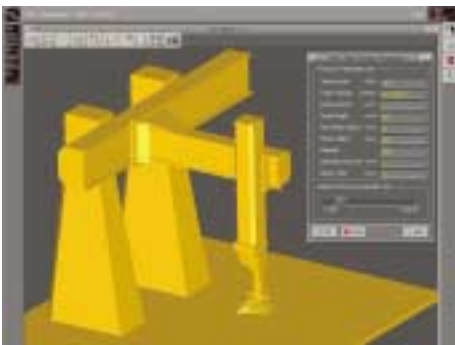
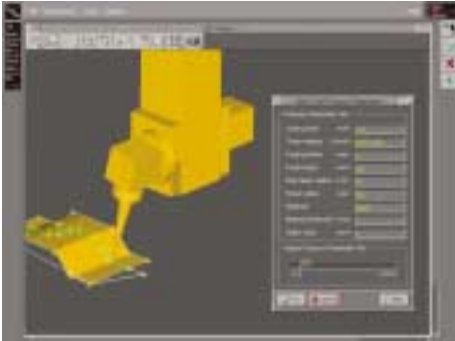
Ergebnisse und Anwendungen

Das Planungssystem ist eine eigenständige, flexible, feature-basierte CAM-Softwareapplikation (siehe Abbildung). Sie verfügt über eine standardisierte Schnittstelle (IGES) zum Einlesen von CAD-Modellen. Die graphische 3D-Darstellung unterstützt den Anwender bei der Planung komplexer Laserstrahlschweißaufgaben. Für die Bearbeitung des Werkstücks wird vom Planungssystem ein steuerungsspezifisches NC-Programm erzeugt (DIN 66025).

Durch die Integration von technologischen Informationen und der Modellierung der Bearbeitungsanlage steht dem Anwender ein realitätsnahes, leistungsfähiges Werkzeug zur Verfügung. Speziell bei komplexen 3D-Aufgaben wird dadurch ein effektiver Arbeitsablauf ermöglicht.

Ansprechpartner

Dipl.-Ing. J. Kittel, Tel.: -136
E-mail: kittel@ilt.fraunhofer.de
Dr. S. Kaierle, Tel.: -212
E-mail: kaierle@ilt.fraunhofer.de



Weiterbildung und Training in der Laser-materialbearbeitung

Aufgabenstellung

Der Einsatz von Laserverfahren in der Fertigung erfordert die fortlaufende Schulung und Weiterbildung des Personals. Dies betrifft nicht nur die eigentliche Fertigung, sondern auch die zuarbeitenden Bereiche. Daher werden Unterrichtseinheiten auf verschiedenen Ebenen von Kenntnis und Abstraktion erforderlich.

Vorgehensweise

Durch Schulungen werden gründliche Kenntnisse der Materialbearbeitung und deren Verfahren vermittelt. Mittels Trainingseinheiten werden spezielle Aspekte der Verfahren vertieft. Das Spektrum reicht von der Vermittlung theoretischer Grundlagen für die Anwendung in Forschungsinstituten bis hin zu konkreten Aspekten für die direkte Anwendung in der Fertigung. Alle Kurse beinhalten Seminare und Laborpraktika.

In Anwendungskursen werden projekt- und aufgabenspezifische Aspekte ausgewählter Fertigungsverfahren vermittelt. Die Kurse gehen nicht nur auf das Verfahrenswissen ein. Vielmehr wird auch der Vernetzung und dem Austausch mit Fachleuten Rechnung getragen.

Umfangreiche Kurse mit wechselnden Schwerpunkten werden zum Thema Sicherheit angeboten. Anwendungsbezogene Aspekte fließen in den Unterricht über Verfahren und Anwendung der Materialbearbeitung mit Laserstrahlung ein. Teilaspekte der Arbeitssicherheit werden im Rahmen

von Kursen verschiedener Anbieter zur Weiterbildung zum Sicherheitsbeauftragten Laserstrahlung integriert. Darüber hinaus werden umfassende Kurse entwickelt, die über die Vermittlung rein technischer Sachverhalte hinausgehen. Inhalte diese Unterrichtseinheiten umfassen die gesamte Bandbreite von den rechtlichen und medizinischen Grundlagen bis hin zur Vernetzung sicherheitstechnischer Schwerpunkte in Sicherheits- und generischen Managementsystemen.

Ergebnisse und Anwendungen

Die ersten Kurse über die Anwendung und die Verfahren zur Materialbearbeitung mit Laserstrahlung wurden entwickelt und dem Fachpublikum vorgestellt. Durch den modularen Aufbau konnten die Unterrichtseinheiten schnell zielgruppengerecht zusammengestellt werden. Der Einbezug von Aspekten der Vernetzung führt zu einem besseren Kenntnistransfer und einer verbesserten Integration des Gelernten in die tägliche Arbeit.

Ansprechpartner

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

VELI - Virtual European Laser Institute

Aufgabenstellung

Europa nimmt in der Laserforschung weltweit eine Spitzenposition ein. Für Industrieunternehmen und insbesondere für Klein- und Mittelständische Unternehmen (KMU) ist es jedoch aufwendig, die verteilt in Europa vorhandenen Forschungsergebnisse zu nutzen und in neue Produkte oder innovative Laserapplikationen umzusetzen. Ziel von VELI ist es, den Zugang zu dem vorhandenen Know-how zu erleichtern und so eine bessere Nutzung zu ermöglichen.



Vorgehensweise

Mit dem Virtual European Laser Institute wird ein europäisches Netzwerk aufgebaut, das einen lokalen Zugang zu dem europaweit verteilten Wissen ermöglicht. Wesentliche Aufgaben von VELI sind:

- Aufbau einer Datenbank, die das in den Forschungseinrichtungen vorhandene Know-how beinhaltet
- Betrieb einer virtuellen Umgebung, in der Angebot und Nachfrage von Wissen aufeinander treffen
- Schaffung geeigneter Rahmenbedingungen für den Technologietransfer sowohl zwischen Forschungseinrichtungen und Unternehmen, als auch zwischen Forschungseinrichtungen untereinander

Ergebnisse und Anwendungen

Unter Federführung des Fraunhofer ILT haben 15 führende europäische Laserforschungseinrichtungen Mitte 2001 das Virtual European Laser Institute gegründet. Das Netzwerk ist offen für weitere Partner. Ziel ist, alle relevanten europäischen Forschungseinrichtungen in VELI zu integrieren.

Weitere Informationen im Internet unter: www.veli.net

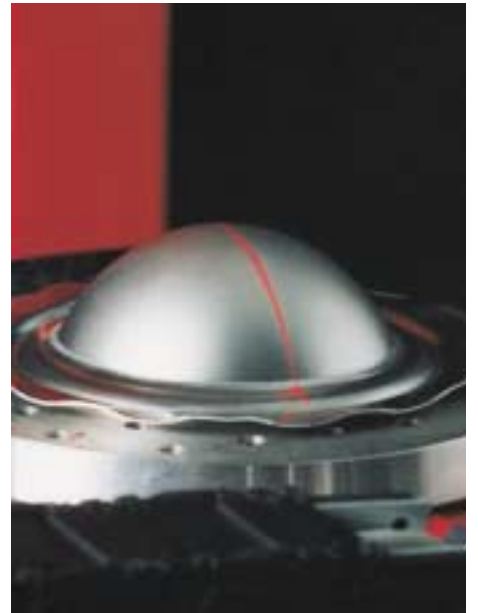
Die Arbeiten werden von der Europäischen Union gefördert.

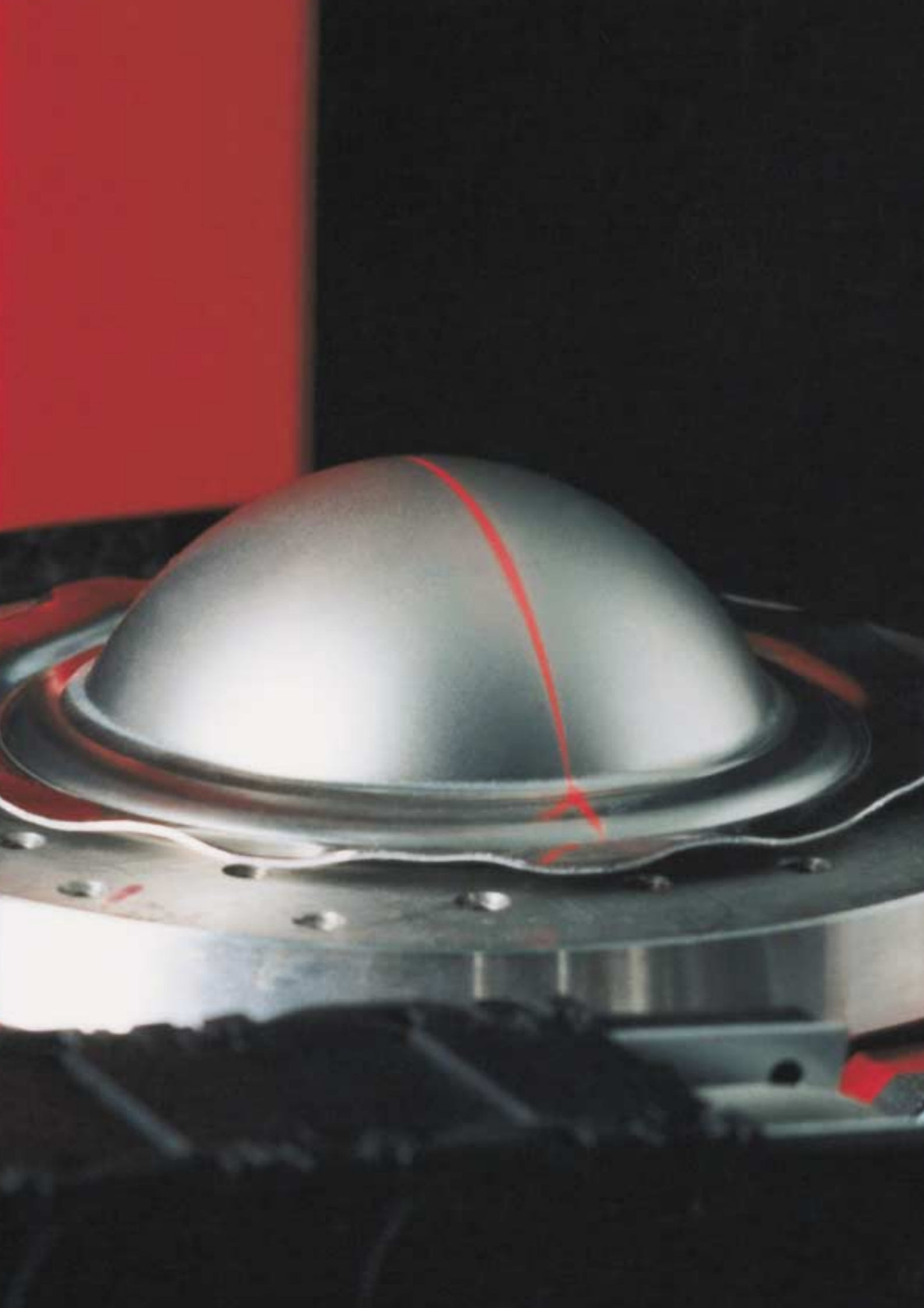
Ansprechpartner

Dipl.-Phys. C. Hinke, Tel.: -352
E-mail: hinke@ilt.fraunhofer.de
Dr. S. Kaierle, Tel.: -212
E-mail: kaierle@ilt.fraunhofer.de



Geschäftsfeld
Lasermess-
und Prüftechnik





Geschäftsfeld Lasermess- und Prüftechnik

Lasergestützte Detektion von Oberflächendefekten in Flachbandprodukten	78	Schnelle Detektion von leichten Elementen bei der Stahlreinheitsanalyse mit Laser-Emissionsspektrometrie	87
Integration eines Systems zur Online Erfassung und Verarbeitung der Oberflächentopologie von warmgewalzten Blechen in das Prozessleitsystem eines Walzwerkes	79	Emissionsspektroskopische Untersuchung von Matrixeffekten bei der Elementanalyse hochlegierter Edelmehle	88
Lasergestützte 3D-Geometrie-Messung für die Formänderungsanalyse	80	Entwicklung von Auswerteverfahren für die Stahlreinheitsanalyse	89
Lasergestützte Elementanalyse von Aerosolen im Hochofengichtgas	81	Software-Paket für die spektrochemische Materialanalyse - SIRIUS-M	90
Analyse kleinster Flüssigkeitströpfchen	82		
Schnelle Vor-Ort Detektion von Additiven in technischen Kunststoffen	83		
Lasergestützte Elementanalyse an verzünderten Produktionskontrollproben	84		
Flexibles Messgerät für die lasergestützte Materialerkennung und -analyse – FML	85		
Messsystem für die direkte Analyse metallischer Festproben mit Laserstrahlung – LISS	86		

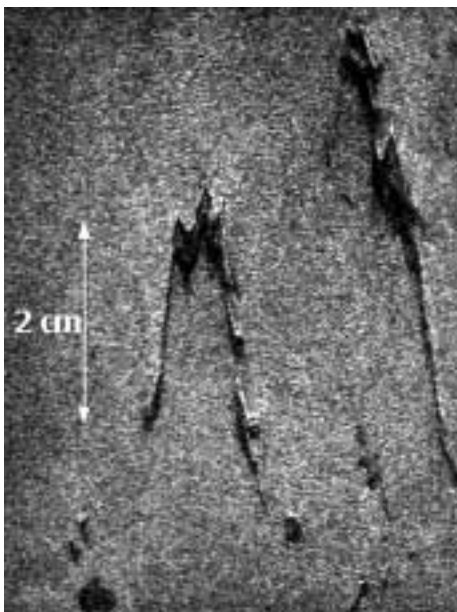
Anmerkung der Institutsleitung

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.

Lasergestützte Detektion von Oberflächendefekten in Flachbandprodukten

Aufgabenstellung

Bänder und Bleche sind mit ihrem hohen Anteil am Gesamtausstoß der metallverarbeitenden Industrie von besonderer Bedeutung. Neben den werkstofflichen Eigenschaften ist die Qualität der Oberfläche für die Weiterverarbeiter und die Endanwender dieser Flachprodukte ein ausschlaggebendes Merkmal. Um eine hohe Oberflächenqualität zu gewährleisten, sind fertigungs- und materialbedingte Oberflächenfehler möglichst früh im laufenden Produktionsprozess zu bestimmen. Hierzu werden Online-Prüfsysteme eingesetzt, welche CCD-Bilder der Oberfläche mit Bildverarbeitungssoftware analysieren und bewerten. Die Beleuchtung der Oberfläche geschieht hierbei in der Regel mit Blitzlampen. Bedingt durch die inkohärente Emissionscharakteristik der Blitzlampen wird die Prüfung von Oberflächendefekten auf glühenden Stahloberflächen durch deren Eigenleuchten erheblich beeinträchtigt.



Lasergestützte Aufnahme eines Oberflächendefekts

Vorgehensweise

Zur Detektion der Oberflächendefekte unter ungünstigen Umgebungsbedingungen wird ein am Fraunhofer ILT entwickelter, pulsbarer Hochleistungsdiodenlaser eingesetzt. Polarisations- und wellenlängenspezifische Bilder der beleuchteten Oberfläche werden mit einer CCD-Kamera mit vorgeschaltetem Filtersatz aufgenommen. Die Detektierbarkeit verschiedener Defekttypen wurde bei Probertemperaturen zwischen 20 °C und 850 °C an Proben eines Stahlverarbeiters untersucht.

Ergebnisse und Anwendungen

Durch die hohe spektrale Leistungsdichte, den hohen Polarisationsgrad und die gute zeitliche Modulierbarkeit sind Beleuchtungs- und Bildauswertungsverfahren hoher Selektivität und Dynamik realisierbar. Mit dem Einsatz von Diodenlasern konnten morphologische Defekte, die bei konventioneller Objektbeleuchtung nur schwer oder nicht erkennbar sind, mit hohem Kontrast detektiert werden.

Ansprechpartner

Dipl.-Phys. M. Stepputat, Tel.: -124
E-mail: stepputat@ilt.fraunhofer.de
Dr. R. Noll, Tel.: -138
E-mail: noll@ilt.fraunhofer.de

Integration eines Systems zur Online Erfassung und Verarbeitung der Oberflächentopologie von warmgewalzten Blechen in das Prozessleitsystem eines Walzwerkes

Aufgabenstellung

Für die Optimierung der Kühlparameter von beschleunigt abgekühlten Blechen wurde ein automatisches System entwickelt und implementiert, welches die Oberflächentopologie von Walzblechen nach dem Kühlprozess klassifiziert und daraus optimierungsrelevante Parameter ermitteln soll.

Für den Online-Betrieb soll dieses System in das zentrale Prozessleitsystem des Walzwerkes integriert werden.

Vorgehensweise

Um Rückschlüsse auf das Eigenspannungsverhalten der Bleche zu erhalten, wurde eine Software implementiert, die zunächst aus den gemessenen Rohdaten die Blechoberfläche rekonstruiert. Im nächsten Schritt wird eine Klassifikation und Quantifizierung der Oberflächentopologie erzeugt. Auf dieser Basis können schließlich optimierte Parameter für den Kühlprozess bestimmt werden.

Um die Messdatenerfassung und die Datenauswertungsmodule in die Rechnerumgebung des Prozessleitsystems zu integrieren, wurde auf der Basis von Internet-Technologie ein lokales Netzwerk für das Messsystem und die Auswertesysteme implementiert und in Betrieb genommen. Für den Austausch von Daten und Nachrichten wird das HTTP/SOAP Protokoll verwendet.

Um die komplexen Datenprotokolle, die bei der Messung und Auswertung der Oberflächentopologie erstellt und zwischen den beteiligten Systemen ausgetauscht werden, flexibel und übersichtlich zu halten, wird das objektorientierte Datenformat XML verwendet.

Ergebnisse und Anwendungen

Das Messsystem ermittelt die Ebenheit bewegter Walzbleche mit einer Messunsicherheit von 1,5 mm bei Blechtemperaturen bis zu 900 °C und wird seit viereinhalb Jahren erfolgreich in der Produktionslinie eingesetzt.

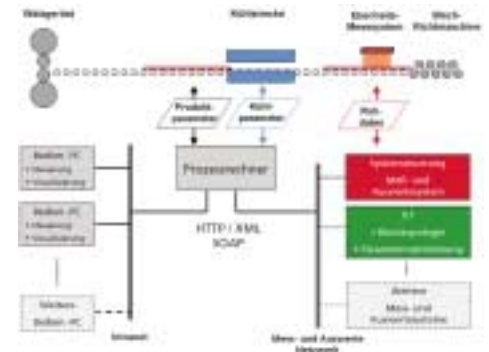
Die Mess- und die Auswertesysteme wurden in einem lokalen Netzwerk miteinander verbunden und in die Rechnerumgebung des Prozessleitsystems des Walzwerkes integriert. Durch den Einsatz von Internet-Technologie können weitere Mess- und Auswertesysteme auf einfache Weise in das Netzwerk integriert werden.

Die Auswertungssoftware zur Klassifikation der Oberflächentopologie erreicht eine Klassifikationsgüte von bis zu 96 % und wertet die Oberflächentopologie der Walztafeln nach dem Kühlprozess Online aus. Dadurch wird eine Online Optimierung von Kühlparametern möglich.

Das Projekt wird mit finanzieller Unterstützung der Europäischen Kommission für Kohle und Stahl durchgeführt.

Ansprechpartner

Dr. R. Wester, Tel.: -401
E-mail: wester@ilt.fhg.de
Dr. R. Noll, Tel.: -138
E-mail: noll@ilt.fhg.de



IT-Architektur für die Ebenheitsmessung

Lasergestützte 3D- Geometrie-Messung für die Formänderungsanalyse

Aufgabenstellung

Mit dem Ziel, auch bei reduzierten Materialstärken hervorragende Festigkeitseigenschaften und ein gleichzeitig ausreichendes Umformverhalten gewährleisten zu können, werden immer neue Aluminium-, Magnesium- und Stahlgüten entwickelt. Für die Charakterisierung dieser Werkstoffe sowie für die Qualitätssicherung bei der Produktion und Verarbeitung sind leistungsfähige Prüfverfahren erforderlich, die schnell und ohne aufwändige Probenvorbereitung umfassende Informationen über das Umformverhalten liefern.

Im Rahmen eines nationalen FuE-Verbundvorhabens, das in Kooperation mit Geräteherstellern und einem Hochschulinstitut durchgeführt wird, soll ein lasergestütztes Verfahren bereitgestellt werden, um Online dreidimensionale Formänderungen von Blechen zu messen. Ziel ist der Aufbau und die Validierung eines Demonstrators, der die Bestimmung von Fließkurven bei konstanter Formänderungsgeschwindigkeit ermöglicht.

Vorgehensweise

Das Verfahrenskonzept für die lasergestützte 3D-Geometriemessung beruht auf der Kombination von Multi-Punkt bzw. Multi-Linien Laser-Triangulationssensoren mit einer elektrooptischen Sensorik zur Erfassung von Oberflächenstrukturen. Im Rahmen des Projektes wird zunächst eine Anforderungsanalyse durchgeführt, auf deren Basis dann ein Systemkonzept für den Demonstrator erstellt wird.

An Blechproben aus dem hydraulischen Tiefungsversuch (Bulge-Test) wurden Vergleichsmessungen zwischen einem Laser-Triangulationssensor und einem Laser-Lichtschnittsensor hinsichtlich der erreichbaren Reproduzierbarkeit bei der Messung von Geometriemerkmalen durchgeführt. Zudem wurde der Einfluss unterschiedlicher Materialien und Oberflächengüten auf Verfahrensparameter bei der Geometriemessung untersucht.

Ergebnisse und Anwendungen

Die für die Materialcharakterisierung wesentliche Information über die Kuppenhöhe der umgeformten Blechproben kann mit dem Laser-Lichtschnittsensor mit einer um einen Faktor 10 besseren Reproduzierbarkeit gemessen werden als mit dem Laser-Triangulationssensor. Die Bestimmung der Lage der Blechkuppe kann um einen Faktor 1,5 genauer erfolgen.

Das Projekt wird von mittelständischen Unternehmen sowie vom Bundesministerium für Bildung und Forschung unter Förderkennzahl 13N8111 gefördert.

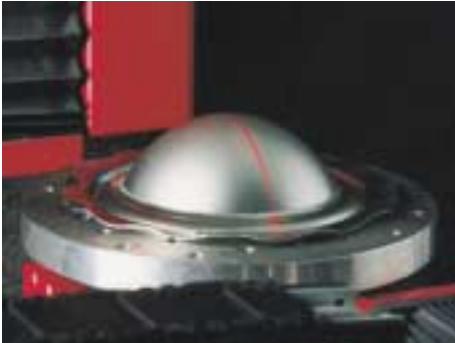
Ansprechpartner

Dipl.-Phys. F. Hilbk-Kortenbruck,
Tel.: -160

E-mail: hilbk@ilt.fraunhofer.de

Dr. R. Noll, Tel.: -138

E-mail: noll@ilt.fraunhofer.de



Lasergestützte Elementanalyse von Aerosolen im Hochofengichtgas

Aufgabenstellung

Am Hochofen werden die Energie- und Massenbilanzen durch Kreislaufstoffe wie Natrium und Kalium beeinflusst. Während das Gichtgas mit Hilfe der Massenspektroskopie überwacht wird, war es bisher jedoch nicht möglich, die Kreislaufstoffe im Gichtstaub zu erfassen. Ziel dieses Projektes ist die Verbesserung der Prozesskontrolle am Hochofen durch Entwicklung eines Verfahrens mit dem die chemische Zusammensetzung des Gichtstaubes online und in-situ bestimmt wird.

Vorgehensweise

Im Rahmen eines Europäischen FuE-Projektes wurde ein Messsystem basierend auf der Laser-Emissionspektrometrie entwickelt und auf einer Plattform am Gichtgas-Rohr implementiert. Der Zugang zum Rohr erfolgt über eine Sonde, die ein System von Lichtwellenleitern und Optiken enthält, das die Linienstrahlung des laserinduzierten Plasmas zum Spektrometer führt. Die Sonde kann etwa 800 mm entlang des Rohrquerschnitts verschoben werden und ermöglicht so räumlich aufgelöste Messungen. Der hohe Druck des Gichtgases ist dabei kritisch, da er die Strahlungsintensität aufgrund von Stoß- und Relaxationsprozessen der Teilchen erniedrigt. Eine signifikante Erhöhung des Signal-zu-Untergrund-Verhältnisses wird über eine zeitliche Modulation der Laserpulse erreicht.

Ergebnisse und Anwendungen

Die Sonde wurde auf die Bedingungen im Gichtgasraum ausgelegt: 24 % CO, mittlere Temperatur von 115 – 180 °C, Gasgeschwindigkeiten von bis zu 20 m/s, und ein mittlerer Druck von 3,3 - 4,4 bar. Folgende Elemente werden simultan detektiert: Na, K, Zn, Pb, C, N, O, H, Ca und Fe. Das System wurde bereits erfolgreich an zwei verschiedenen Hochofen in Deutschland und Finnland getestet. Die Überwachung der Aerosole lieferte Informationen über die Chargierungsprozesse und über Korrelationen der Elementkonzentrationen zu Kenndaten des Hochofens wie Windmenge und Differenzdruck. Ferner konnten Änderungen im Staubaustrag beobachtet werden, wie sie z. B. nach Herunterfahren des Hochofens oder durch Rutschen von Ofenschichten hervorgerufen werden. Die Messperioden ermöglichen eine kontinuierliche Beobachtung der Elementgehalte und konnten auf 10 Stunden pro Tag ausgedehnt werden, wobei alle 10 Sekunden ein Messwert als Mittel von 100 Laserpulsen gewonnen wird. Die relative Standardabweichung ist elementspezifisch und liegt für die Kreislaufstoffe bei 2,3 % bis 7 %.

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

Ansprechpartner

Ansprechpartner
Dipl.-Phys. A. Brysch, Tel.: -124
E-mail: brysch@ilt.fraunhofer.de
Dr. V. Sturm, Tel.: -154
E-mail: sturm@ilt.fraunhofer.de
Dr. R. Noll, Tel.: -138
E-mail: noll@ilt.fraunhofer.de



Oben: Gichtgasrohr mit implementierter Messkabine an einem Hochofen in Finnland
Unten: Messsonde nach Aufenthalt im Gichtgasrohr

Analyse kleinster Flüssigkeitströpfchen

Aufgabenstellung

Das wichtigste Ziel moderner Analytik besteht darin, aus immer kleineren Probenmengen immer mehr Informationen zu gewinnen. Ein hoher Bedarf besteht nach analytischen Verfahren, die einen hochspezifischen Trennvorgang mit einer hochempfindlichen und aussagekräftigen Detektion verbinden. Der Laser bietet sich als Analyseinstrument für die elementspezifische Untersuchung kleinster Probenmengen an.

Vorgehensweise

In einem nationalen Verbundprojekt soll durch die Kopplung von Micro-HPLC (High-Pressure Liquid Chromatography) als Trennstufe mit Laser-Emissionsspektrometrie als Detektionsverfahren eine neuartige Analysetechnik entwickelt werden. Die molekulspezifische Trennung und nachfolgende elementspezifische Analyse kleinster, komplex zusammengesetzter Proben wird so ermöglicht. Um einen optimalen Energieeintrag in die Probe zu gewährleisten, wird das Eluat der Mikro-HPLC Säule durch eine piezoelektrisch gepulste Düse in eine kontinuierliche Folge kleiner Tröpfchen überführt. Diese Tröpfchen werden synchronisiert von einem Laserpuls getroffen, verdampft und in ein leuchtendes Plasma überführt. Die Plasmastrahlung wird spektral analysiert und gibt Auskunft über die elementare Zusammensetzung der Probe.

Ergebnisse und Anwendungen

In der ersten Projektphase konnte an einem Laboraufbau das Funktionsprinzip der Detektionseinheit erprobt werden. Die Plasmastrahlung wurde dabei in ein Echelle-Spektrometer eingekoppelt. Mit Testlösungen wurden Kalibrationsreihen erstellt.

Die gewonnenen experimentellen Erfahrungen fließen in den Bau eines Demonstrators ein, der zusammen mit mehreren Projektpartnern erstellt wird. Mit diesem Gerät sollen Einsatzmöglichkeiten, Nachweisgrenzen und Aussagekraft der neuen analytischen Methode ermittelt werden.

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

Ansprechpartner

Dr. R. Noll, Tel.: -138
E-mail: noll@ilt.fraunhofer.de
Dr. C. Janzen, Tel.: -196
E-mail: janzen@ilt.fraunhofer.de



Stroboskopaufnahme kleiner Tröpfchen, Tröpfchenvolumen: ca. 65 pl

Schnelle Vor-Ort Detektion von Additiven in technischen Kunststoffen

Aufgabenstellung

Beim Recycling von Elektroschrott werden die Eigenschaften und damit auch der Wert des Recyclats durch die Reinheit des Ausgangsmaterials bestimmt. Problematisch sind beim Recycling vor allem schwermetall- oder halogenhaltige Additive, welche in den Endprodukten oder während des Recyclingprozesses zu einer Gefährdung der Umwelt führen. Proben mit diesen Inhaltsstoffen müssen daher vor dem Recycling aus dem Ausgangsmaterial entfernt werden. Für ein wirtschaftliches Recycling werden daher Sortiersysteme benötigt, welche die Identifikation des Polymers und der kritischen Additive mit einer Rate von mehreren Teilen pro Sekunde automatisch bewerkstelligen können.

Vorgehensweise

Im Rahmen eines Europäischen Verbundprojektes wurde ein Multi-Sensor System entwickelt, mit dem der Typ des Polymers und der enthaltenen bromierten Flammhemmer über zwei Infrarot-Sensoren im nahen und mittleren Infrarot bestimmt werden. Die Halogen- und Schwermetallkonzentrationen werden von einem am Fraunhofer ILT entwickelten Analysator auf der Basis der Laser-Emissionsspektrometrie bestimmt. Eine besondere Herausforderung bei der On-line Analyse mit der Laser-Emissionsspektrometrie ist die große Variation der Elektroschrott-Teile in Form und Größe. Daher wurde für den Laser-Analysator ein Autofokus-System mit einem Arbeitsbereich von 50 mm entwickelt, welches die durch die Probenanatomie bedingte Variation des Messabstands mit 50 Fokussierungen pro Sekunde kompensiert. Die Schwermetalldetektion umfasst die Elemente Pb, Cr, Cd und Hg, welche in

Pigmenten und Stabilisatoren vorkommen. Die Identifikation der bromierten Flammhemmer durch Infrarot-Spektroskopie wird über die Detektion von Br oder von Sb als Komponente des verbreiteten Synergisten Sb_2O_3 validiert. Die bestimmte Elementkonzentration wird in vier Kategorien klassifiziert: < 100 µg/g, 100 - 1000 µg/g, 1000 - 2000 µg/g, > 2000 µg/g.

Ergebnisse und Anwendungen

Das entwickelte Multi-Sensor-System wurde in eine Pilot-Sortieranlage für Elektroschrott Teile integriert. Bei den Tests der Sortieranlage charakterisierte der Laser-Analysator die Halogen- und Schwermetallkonzentrationen in den auf einem Sortierband mit einer Geschwindigkeit von 0,5 m/s transportierten Monitorgehäusen mit hoher Zuverlässigkeit. Zukünftige Applikationen des Laser-Analysators zur Online-Verwechslungsprüfung, z. B. im Bereich des Aluminium-Recyclings, sind geplant.

	Sb	Cd	Pb	Cr	Hg*
Anzahl korrekter Klassifikationen	152	135	152	152	160
Gesamtanzahl Klassifikationen	160	160	160	160	160
Anteil korrekter Klassifikationen [%]	95	84	95	95	100

* in den getesteten Monitorgehäusen wurde mit der ICP-OES Referenzanalyse keine Quecksilber-Konzentration > 1 µg/g detektiert.

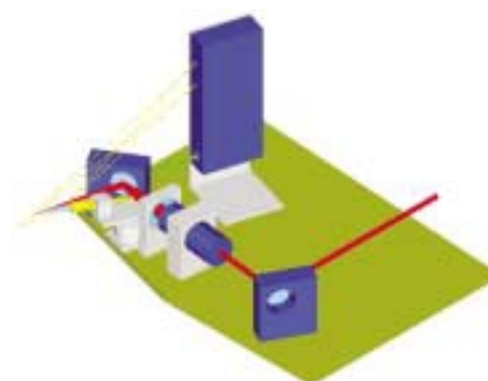
Die Arbeiten wurden von der Europäischen Union unter der Vertragsnummer BRPR-CT98-0783 gefördert.

Ansprechpartner

Dipl.-Phys. M. Stepputat, Tel.: -124
 E-mail: stepputat@ilt.fraunhofer.de
 Dr. R. Tel.: -138
 E-mail: noll@ilt.fraunhofer.de



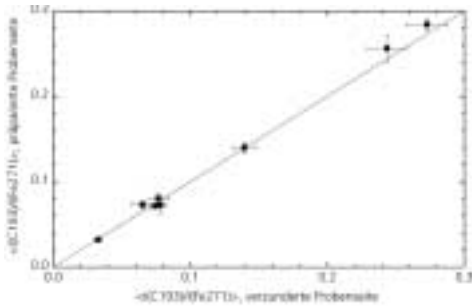
Oben: Pilot-Sortieranlage für technische Kunststoffe
 Unten: Schema des Autofokus-Systems für die Laser-Emissionsspektrometrie



Lasergestützte Elementanalyse an verzünderten Produktionskontrollproben

Aufgabenstellung

Die Elementanalyse von Produktionskontrollproben ist eine wichtige Anwendung für die Vor-Ort-Analytik im Stahlwerk. Diese Stahl- oder Roh-eisenproben können eine Zunderschicht von bis zu 1 mm Dicke aufweisen. Die Zunderschicht muss entfernt werden, um eine zuverlässige Analyse des Bulkmaterials zu erhalten. Die zur Zeit eingesetzten Verfahren wie Funken-Emissionsspektrometrie, Verbrennungs-analyse und Röntgenfluoreszenzanalyse erfordern dazu einen hohen Aufwand für die Probenpräparation, zum Beispiel durch mechanisches Fräsen und Schleifen der Proben. Die automatisierte Proben-vorbereitung im Schnellanalyse-Labor ist ein störanfälliger Arbeitsschritt und ein erheblicher Kostenfaktor. Eine Teilaufgabe ist die Entwicklung eines Analyseverfahrens, das eine vereinfachte Probenpräparation und Analyse ermöglicht.



Oben: Kohlenstoffbestimmung an niedriglegierten Produktionsproben auf der präparierten (geschliffenen) Probenseite im Vergleich zur Zundersseite.

Der Korrelationskoeffizient r zur linearen Fitkurve beträgt $r = 0.9993$

Unten: Beispiel einer Produktionskontrollprobe aus Roheisen. Links: Probe, die für die konventionelle Analyse präpariert wurde. Rechts: Probe ohne Präparation mit Zunderschicht.



Vorgehensweise

In Kombination mit der Laser-Emissionsspektrometrie zur Analyse erfolgt die Probenpräparation ebenfalls mit dem Laser. Die Zunderschicht wird lokal durch die Laserstrahlung abgetragen und nachfolgend mit dem Laser analysiert. Der Laser arbeitet berührungsfrei und im Vergleich zum automatisierten Fräsen und Schleifen weitgehend verschleiß- und wartungsfrei.

Ergebnisse und Anwendungen

Der lokale Abtrag der Zunderschicht konnte durch eine gezielte Steuerung der Laserpulse erhöht werden. Der Vergleich der Analysewerte zwischen präparierter und unpräparierter Probenseite zeigt für eine Reihe von Elementen bereits eine sehr gute Korrelation.

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

Ansprechpartner

Dr. V. Sturm, Tel.: -154
E-mail: sturm@ilt.fraunhofer.de
Dipl.-Phys. J. Vrenegor, Tel.: -308
E-mail: vrenegor@ilt.fraunhofer.de
Dr. R. Noll, Tel.: -138
E-mail: noll@ilt.fraunhofer.de

Flexibles Messgerät für die lasergestützte Materialerkennung und -analyse – FML

Aufgabenstellung

In vielen Bereichen ist eine schnelle, Vor-Ort verfügbare Information über die Zusammensetzung einer Substanz oder eines Werkstücks erforderlich. Beispiele sind die Sortierung von Bauteilen, die Eingangskontrolle von Zulieferprodukten oder die Screening-Analyse von kontaminierten Materialien und Flächen.

Alternativ zu konventionellen Analysemethoden, die in der Regel nur für spezielle Materialklassen einsetzbar sind, bietet sich für solche Anwendungen die Laser-Emissionsspektrometrie an. Dieses Messverfahren erlaubt die simultane Multielementanalyse unterschiedlicher Materialien, wobei meist keine Probenvorbereitung erforderlich ist.

Vorgehensweise

In Kooperation mit einem Gerätehersteller wurde das portable Demonstrationsgerät FML entwickelt (Bild oben). FML zeichnet sich durch einen handgeführten Messkopf aus, in dem die kompakte Laserstrahlquelle integriert ist, so dass das Gerät flexibel zur Analyse von Messobjekten unterschiedlicher Geometrie eingesetzt werden kann.

Die Messstrahlung wird über einen Lichtleiter zum Spektrometer geführt. Bei FML wird ein Paschen-Runge Spektrometer verwendet, das simultan den Wellenlängenbereich von 278 - 560 nm erfasst.

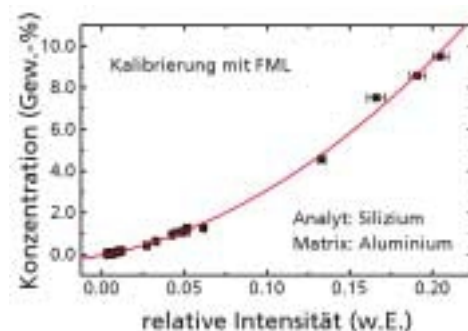
Ergebnisse und Anwendungen

Durch den Einsatz eines Spektrometers mit Multi-CCD-Detektion kann FML ohne wesentliche Änderungen an der Hardware für verschiedenste Anwendungen verwendet werden, da keine Festlegung auf einige wenige Spektrallinien notwendig ist.

Gegenwärtig wird FML für den Einsatz in verschiedenen Anwendungen erprobt. Das Diagramm (Bild unten) zeigt exemplarisch eine mit FML ermittelte Kalibrierkurve für die Analyse von Silizium in Aluminium.

Ansprechpartner

Dipl.-Phys. F. Hilbk-Kortenbruck,
Tel.: -160
E-mail: hilbk@ilt.fraunhofer.de
Dr. R. Noll, Tel.: -138
E-mail: noll@ilt.fraunhofer.de



Oben: Messpistole des portablen Analysegerätes FML mit integriertem Laser
Unten: Kalibrierkurve für die Analyse von Silizium in Aluminium-Legierungen

Messsystem für die direkte Analyse metallischer Festproben mit Laserstrahlung – LISS

Aufgabenstellung

In der Metallerzeugung und -verarbeitung ist die rasche Verfügbarkeit von Informationen über die chemische Zusammensetzung von Werkstoffen sowohl für die Werkstoff- und Verfahrensentwicklung als auch für die Prozessführung und die Qualitätssicherung von erheblicher Bedeutung. Lasergestützte Messverfahren wie die Laser-Emissionsspektrometrie stellen in diesem Zusammenhang eine interessante Alternative zu konventionellen Methoden dar. Vorteile sind insbesondere die kurzen Analysezeiten, geringe Anforderungen an die Probenvorbereitung und die Möglichkeit zur Online-Messung.

Vorgehensweise

Für die Untersuchung metallischer Proben wurde das Analysegerät LISS entwickelt, dessen Messprinzip auf der Laser-Emissionsspektrometrie beruht. Bei diesem Messverfahren wird mit einem gepulsten Laserstrahl eine geringe Menge des zu untersuchenden Materials abgetragen und verdampft. Die von dem erzeugten Plasma emittierte Messstrahlung wird spektral und zeitaufgelöst analysiert und daraus die Elementzusammensetzung des Werkstücks bestimmt.

Ergebnisse und Anwendungen

Für eine Analyse werden die Proben oder Werkstücke direkt auf den Messstand von LISS aufgelegt. Für spezielle Anwendungen, z. B. Online-Messungen oder die Untersuchung großer Bauteile, kann die Laserstrahlung aus der Anlage ausgekoppelt werden, um an einem externen Messort Analysen durchzuführen. Die Messstrahlung wird in diesem Fall über einen Lichtleiter zum Spektrometer geführt.

Da LISS als Multi-Matrix-Gerät konzipiert wurde, kann es für die spektrochemische Analyse sowohl von Eisen- als auch von Nichteisen-Metallen eingesetzt werden. Typische Messzeiten liegen im Bereich von 10 – 30 Sekunden.

Ansprechpartner

Dipl.-Ing. O. Klein, Tel.: - 133
E-mail: oliver.klein@ilt.fraunhofer.de
Dipl.-Phys. F. Hilbk-Kortenbruck,
Tel.: -160
E-mail: hilbk@ilt.fraunhofer.de
Dr. R. Noll, Tel.: -138
E-mail: noll@ilt.fraunhofer.de



Ansicht des Analysesystems
LISS für Metallproben: Messung
mit Lichtleiterkopplung an
einem externen Analyseaufbau

Schnelle Detektion von leichten Elementen bei der Stahlreinheitsanalyse mit Laser-Emissionsspektrometrie

Aufgabenstellung

Einschlüsse und Seigerungen in Stahl, die ein wichtiges Qualitätskriterium darstellen, müssen in modernen Produktionsprozessen schnell und kostengünstig detektiert werden.

Typische Einschlüsse in Stahl bestehen aus Al_2O_3 , SiO_2 , CaO , TiN , CaS oder MnS . Die Dimensionen dieser Einschlüsse liegen im Bereich von $0,1 \mu\text{m}$ bis $100 \mu\text{m}$. Steigerungen führen zu örtlichen Gradienten einzelner Elementkonzentrationen im Sub-Millimeter- bis in den Zentimeterbereich.

Der Detektion von sogenannten leichten Elementen, wie C, N, O, P und S, die mit Verfahren wie der Röntgenfluoreszenzanalyse teilweise nicht nachgewiesen werden können, kommt eine besondere Bedeutung zu, da sie die Einschlusseigenschaften maßgeblich beeinflussen. So haben z. B. Ti, TiO_2 , TiN und TiC verschiedene Auswirkungen auf das Metallgefüge und auf das Umformverhalten bei Halbzeugen.

Zeitlich und finanziell aufwändige Probenvorbereitungsschritte, wie etwa Polieren, das für die Untersuchung mittels REM-EDX notwendig ist, sind zu vermeiden.

Vorgehensweise

Die Oberfläche der zu prüfenden Stahlprobe wird mit dem Strahl eines am Fraunhofer ILT entwickelten diodengepumpten Festkörperlaser abgerastert. An jedem Punkt der Oberfläche wird eine geringe Materialmenge im Fokus des Laserstrahls verdampft und ein Plasma erzeugt. Die vom Plasma emittierte Strahlung wird spektral zerlegt.

Die Intensitäten von 41 Spektrallinien im Bereich $130 - 777 \text{ nm}$ werden simultan detektiert und von einem Steuerrechner ausgewertet. Um auch den Spektralbereich unterhalb von 190 nm zu erfassen, wird die Messung in einer Messkammer unter einer Argon-Atmosphäre durchgeführt.

Ergebnisse und Anwendungen

Im Auftrag eines Unternehmens der Stahlindustrie wurde ein Funktionsmuster zur Stahlreinheitsanalyse entwickelt. Dieses ermöglicht eine Multielementanalyse mit einer Ortsauflösung von $20 \mu\text{m}$ bei einer Messfrequenz von bis zu 1 kHz . Die Analyse einer $1 \times 1 \text{ cm}^2$ großen Fläche mit $20 \mu\text{m}$ Auflösung dauert nur 11 Minuten. Dies entspricht $250\,000$ Einzelmessungen. Zur Vorbereitung werden die Proben lediglich geschliffen.

Ortsverteilungen von Elementkonzentrationen, die die Lage und Zusammensetzung von Einschlüssen angeben, können erstellt werden. Dies gelingt auch bei schwer zu detektierenden Elementen wie C, N, O, P und S. Durch Vergleich der verschiedenen Elementverteilungen können Einschlusszusammensetzungen bestimmt werden, wie in der Abbildung zu sehen ist.

Ansprechpartner

Dipl.-Phys. H. Bette, Tel.: -154
E-mail: bette@ilt.fraunhofer.de
Dr. R. Noll, Tel.: -138
E-mail: noll@ilt.fraunhofer.de



Ortsaufgelöste Darstellung einer mit $20 \mu\text{m}$ Auflösung vermessenen Probe von $1 \times 1 \text{ cm}^2$, d. h. 500×500 Messpunkte
Oben: dargestellt sind die Orte an denen erhöhte Aluminiumkonzentrationen gemessen wurden
Unten: Orte an denen erhöhte Sauerstoffkonzentrationen gemessen wurden. Die Signale sind korreliert, wie es bei Aluminiumoxideinschlüssen zu erwarten ist

Emissionsspektroskopische Untersuchung von Matrix- effekten bei der Elementanalyse hochlegierter Edelstähle

Aufgabenstellung

Hochlegierte Edelstähle zeichnen sich durch eine starke Variation der Legierungsbestandteile, vor allem von Eisen, Chrom und Nickel, aus. Dieser Umstand erschwert die quantitative Elementanalyse durch emissionsspektrometrische Verfahren. Dies gilt sowohl für die Emissionsspektrometrie mit Funkenanregung als auch für die Emissionsspektrometrie mit laserinduziertem Plasma. Physikalische Effekte, die dafür verantwortlich sind, werden als Matrixeffekte bezeichnet. Diese resultieren bei der Analyse mitunter in unbrauchbaren Kalibrierfunktionen und unzureichender Analysengenauigkeit. Zu untersuchen sind die Einflussparameter, sowie der Einsatz verbesserter Auswerteverfahren.

Vorgehensweise

Die laserinduzierten Plasmen werden sowohl mit einem Echelle-Spektrometer, das ein quasikontinuierliches Spektrum aufnimmt, als auch mit einem Paschen-Runge-Spektrometer, das vorausgewählte Elementlinien zeitaufgelöst detektieren kann, analysiert. Die spektrale und zeitliche Charakteristik der Strahlungsemission laserinduzierter Plasmen wird für hochlegierte Edelstähle in Abhängigkeit experimenteller Parameter untersucht. Plasmaparameter wie Elektronendichte und -temperatur werden ermittelt. Multivariate Auswerteverfahren wie Principal Component Regression (PCR) und Partial Least Square Regression (PLS) sowie Interelementkorrekturen werden angewandt.

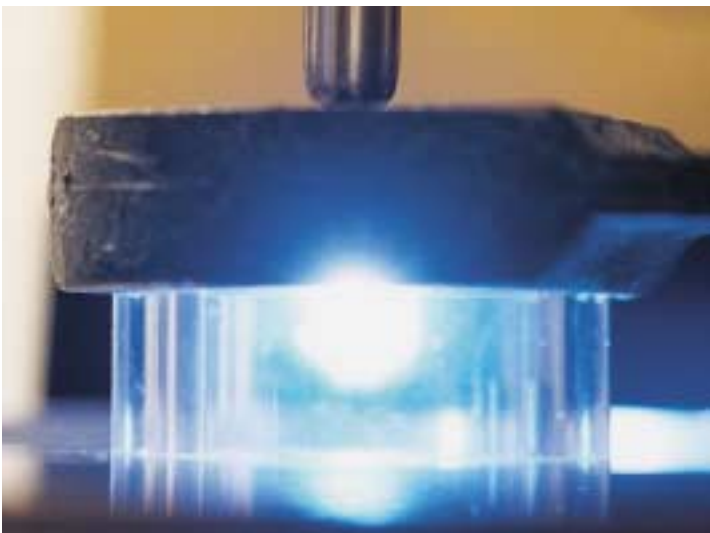
Ergebnisse und Anwendungen

Die quantitative Analyse wurde durch Optimierung der experimentellen Parameter verbessert. Damit konnte die Leistungsfähigkeit der lasergestützten Elementanalyse für hochlegierte Edelstähle unter Beweis gestellt werden. Durch Interelementkorrekturen kann die analytische Leistung weiter gesteigert werden. Multivariate Auswerteverfahren PCR und PLS haben nur in einigen Fällen Verbesserungen gezeigt. Am Beispiel Chrom ließ sich die Reststreuung von 0,90 % auf 0,29 % reduzieren.

Ansprechpartner

Dipl.-Phys. J. Vrenegor, Tel.: -308
E-mail: vrenegor@ilt.fraunhofer.de
Dr. V. Sturm, Tel.: -154
E-mail: sturm@ilt.fraunhofer.de
Dr. R. Noll, Tel.: -138
E-mail: noll@ilt.fraunhofer.de

Laserinduziertes Plasma auf einer Metallprobe. Die emittierte Plasmastrahlung wird für die Elementanalyse spektrometrisch ausgewertet



Entwicklung von Auswerteverfahren für die Stahlreinheitsanalyse

Aufgabenstellung

Um die Reinheit von Stahlproben zu bestimmen, sind die Einschlüsse in der Stahlmatrix zu identifizieren und zu quantifizieren. Bisherige Methoden sind zeit- und kostenintensiv oder bieten nur eine geringe Reproduzierbarkeit der Ergebnisse. Daher wird in neuerer Zeit vermehrt eine räumlich aufgelöste Multielementanalyse auf Basis der Emissionsspektrometrie mit Laser- oder Funkenanregung eingesetzt. Aus den dabei entstehenden Daten werden von den verschiedenen Stahlherstellern Kennzahlen für die Reinheit der Stahlproben ermittelt. Allerdings sind diese Angaben zur Stahlreinheit selbst auf europäischer Ebene nicht vergleichbar. Ziel ist es, mit Partnern der europäischen Stahlindustrie ein einheitliches Auswerteverfahren zu definieren, das für die verschiedenartigen Prüfsysteme vergleichbare Kennzahlen für die Stahlreinheit ermittelt.

Vorgehensweise

Im Rahmen einer Kooperation mit Partnern aus der Europäischen Stahlindustrie werden in einer gemeinsamen Untersuchung mit einheitlichen Proben Multielementanalysen mit Funken- und Laser-Emissionsspektrometrie vor Ort bei den beteiligten Partnern durchgeführt. Die erzeugten Messdaten werden in einem einheitlichen Datenformat zentral zum Fraunhofer ILT übermittelt und mit den entwickelten Algorithmen ausgewertet. Die verschiedenen Auswerteverfahren zur Ermittlung von Kennzahlen für die Stahlreinheit werden evaluiert und bezüglich der Geräteunabhängigkeit und Richtigkeit verbessert.

Die Ergebnisse der verschiedenen Algorithmen werden allen Partnern auf einem am Fraunhofer ILT installierten Web-Server zugänglich gemacht. Dies ermöglicht eine schnelle Vergleichbarkeit und Bewertung der ermittelten Kennzahlen für die Stahlreinheit durch alle Partner und trägt damit zu einem gezielten Entwicklungsprozess der Auswerteverfahren bei.

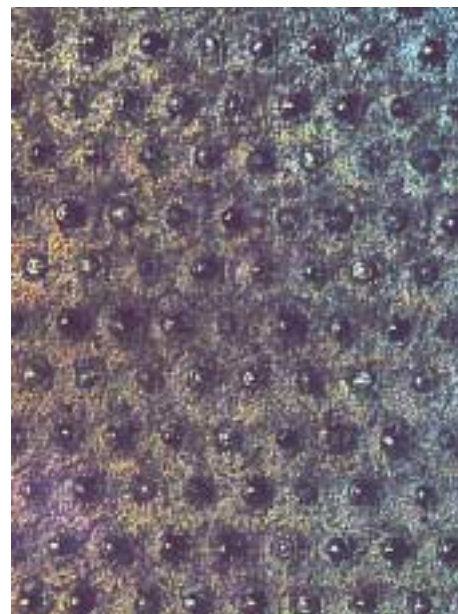
Ergebnisse und Anwendungen

In einem ersten Schritt wurde ein einheitliches Datenformat für die verschiedenartigen beteiligten Spektroskopiesysteme entwickelt und ein einheitlicher Satz relevanter Prozessparameter definiert. Gegenstand aktueller Aktivitäten ist die Entwicklung von Algorithmen zur Bestimmung der Stahlreinheit sowie der Aufbau der zentralen Plattform zur Bewertung der entwickelten Auswertungsmodule.

Das Projekt wird mit finanzieller Unterstützung der Europäischen Kommission für Kohle und Stahl durchgeführt.

Ansprechpartner

Dipl.-Phys. H. Bette, Tel.: -154
E-mail: bette@ilt.fraunhofer.de
Dipl.-Phys. M. Stepputat, Tel.: -124
E-mail: stepputat@ilt.fraunhofer.de
Dr. R. Noll, Tel.: -138
E-mail: noll@ilt.fraunhofer.de



Stahloberfläche nach einer Reinheitsanalyse mit Laseranregung. Der Abstand der Messpunkte beträgt 50 µm, der jeweilige Messpunktdurchmesser 16 µm

Software-Paket für die spektrochemische Materialanalyse - SIRIUS-M

Aufgabenstellung

Die spektrochemische Materialanalyse mit der Laser-Emissionsspektrometrie stellt in einer Reihe von Anwendungsfällen eine interessante Alternative zu konventionellen Analysemethoden dar.

Sie eröffnet aufgrund ihrer spezifischen Vorteile - schnelle, berührungslose Simultananalytik unterschiedlicher Materialklassen bei minimalen Anforderungen an die Präparation des Messobjektes - neue Möglichkeiten im Rahmen der Online-Analyse für die Prozesssteuerung und die Qualitätssicherung.

Vorgehensweise

Ein effizienter Einsatz eines solchen Messverfahrens ist nur dann möglich, wenn eine maßgeschneiderte Steuer- und Bediensoftware verfügbar ist. Sie muss einfach und vollständig in die Automatisierungsumgebung des Kunden integrierbar sein. Durch eine an die Kundenwünsche angepasste Bedienung muss der Anwender in die Lage versetzt werden, das Messsystem einfach und sicher zu bedienen und Messergebnisse zweifelsfrei und richtig zu interpretieren.

Ergebnisse und Anwendungen

SIRIUS-M ist ein modulares und offenes Software-Paket, das für lasergestützte Analyseverfahren konzipiert und entwickelt wurde.

Die Softwaremodule wurden so konzipiert, dass in Zukunft erforderliche Anpassungen mit dem geringst möglichen Anteil an Neuentwicklung durchgeführt werden können. SIRIUS-M verbindet dadurch die Robustheit und hohe Verfügbarkeit eines im Feld erprobten Softwaresystems mit der Bedienfreundlichkeit einer kundenspezifischen Lösung.

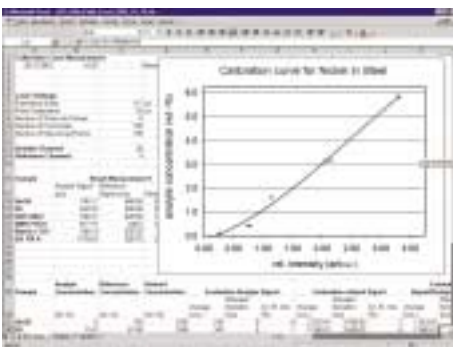
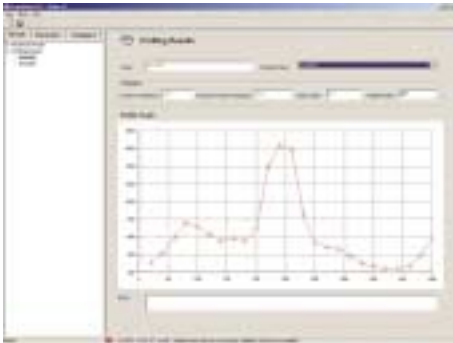
SIRIUS-M bietet ferner offene Automatisierungsschnittstellen über die das Messsystem sowohl innerhalb der Automatisierungsebene als auch mit der MES-Betriebsleitebene (MES: Manufacturing Execution System) integrierbar ist. Kommerziell erhältliche und kundeneigene MES Lösungen können gleichermaßen unterstützt werden.

SIRIUS-M unterstützt darüber hinaus auch die elektronische Verarbeitung von Messsignalen mit der Mehrkanal-Integratorelektronik MCI-P, die am Fraunhofer-Institut für Lasertechnik ILT für die simultane Multielementanalyse entwickelt worden ist.

Durch den modularen Aufbau des Software-Paketes SIRIUS-M können kundenspezifische Lösungen entwickelt und zu einem attraktiven Preis-Leistungs-Verhältnis umgesetzt werden.

Ansprechpartner

Dipl.-Phys. F. Hilbk-Kortenbruck,
Tel.: -160
E-mail: hilbk@ilt.fraunhofer.de
Dr. R. Noll, Tel.: -138
E-mail: noll@ilt.fraunhofer.de



National

- 101 12 445.7**
Verfahren zum Schneiden von zu fügenden Bauteilen mit Laserstrahlung
- 101 13 494.0**
Verfahren und Vorrichtung zum Abtragen von Schichten von einer Oberfläche
- 101 20 725.5**
Koaxiale Pulverdüse zur Oberflächenbearbeitung mit einem Diffusor
- 101 22 010.3**
Polarisierende Wellenlängen-Diversion und Multiplexing
- 101 17 048.3**
Verfahren und Vorrichtung zur Detektion von Oberflächendefekten auf Messobjekten
- 101 28 023.8**
Verfahren zum selektiven Laser-Schmelzen oder Laser-Sintern unter Einsatz von Stützelementen
- 101 34 033.8**
Verfahren und Vorrichtung zum Erzeugen von Extrem-Ultraviolettstrahlung und weicher Röntgenstrahlung
- 101 39 677.5**
Maßnahmen zur Regelung der Leistungseinkopplung in eine Gasentladungsquelle für EUV-Strahlung
- 101 45 184.9**
Verfahren zum Laserbohren, insbesondere unter Verwendung einer Lochmaske
- 101 04 732.0**
Verfahren und Vorrichtung zum selektiven Laser Schmelzen von metallischen Werkstoffen

International

- 01103614.2**
Vorrichtung zur Erzeugung eines Plasmas in motorischen Abgasen
- 01105188**
Verfahren zur Verkürzung der Anspringszeit eines Katalysators
- PCT/EP01/00722**
Verbindungstechnik für Kunststoff-Karosseriebauteile
- PCT/EP01/02101**
Detektion von Glasbruch
- PCT/EP01/07376**
Mikroreaktoranordnung zur festphasengestützten Synthese sowie Mikroreaktorsystem mit einzelnen Mikroreaktoranordnungen
- PCT/DE01/04484**
Verfahren und Vorrichtung zur Reinigung von Oberflächen mit Barrierentladungen
- 2001-512092**
Verfahren und Vorrichtung zur Herstellung funktionsangepasster Bauteile
- 09/762434**
Strahlführung zum selektiven Laserschmelzen von Metallpulver

Deutschland

- 197 35 102 C 2**
Optisch gepumpter Verstärker, insbesondere Festkörper-Verstärker
- 198 16 377 C 2**
Verfahren zur Anregung von Entladungen zwischen wenigstens zwei Hauptelektroden sowie Vorrichtung zur Durchführung eines solchen Verfahrens
- 198 04 577 C 2**
Verfahren und Anlage zur Beseitigung von Formabweichungen an metallischen Bauteilen
- 199 33 274 C 2**
Vorrichtung und Verfahren zur Herstellung von Bauteilen aus einer Werkstoffkombination
- 199 54 161 C 2**
Verfahren zum Perforieren von bogen- oder bahnförmigem Material
- 100 21 230 C 2**
Vorrichtung zur Strahlführung und -formung von Lichtstrahlen

Europa

- EP 0946325 B 1**
Verfahren zur Herstellung eines Formkörpers
- EP 1128927**
Verfahren und Vorrichtung zum Bearbeiten von Werkstücken mit Hochenergiestrahlung
- EP 1144146**
Vorrichtung für das selektive Laser Schmelzen zur Herstellung eines Formkörpers
- EP 11 33377**
Vorrichtung und Verfahren zum Abtasten einer Objektfläche mit einem Laserstrahl
- EP 10 87830**
Vorrichtung und Verfahren zur Behandlung von strömenden Gasen, insbesondere von Abgasen
- EP 01 1130231**
Vorrichtung zum Reinigen von Abgas

USA

- 6,251,328**
Verfahren zum Umformen mit Laserstrahlung
- 6,215,093 B 1**
Verfahren zur Herstellung eines Formkörpers
- 6,269,631**
Verfahren zum schadstoffarmen Betreiben eines Verbrennungsmotors
- 6,324,190**
Geometrieumformung von Arraystrahlung

Yeh, L.-Y. 29.01.2001
Einfluss von Bearbeitungsparametern auf die Oberflächen- und Werkstoffeigenschaften von laserbearbeiteten Mikrobauteilen

Zimmermann, C. 05.02.2001
Entwicklung eines integrierten Managementsystems für technologieorientierte Forschungsinstitute

Rieck, C. 05.02.2001
Bewertung spektroskopischer Diagnoseverfahren zur Temperatur- und Konzentrationsbestimmung

Gottmann, J. 22.02.2001
Dynamik der Schichtabscheidung von Keramiken mit KrF Excimer-Laserstrahlung

Hänsch, D. 03.04.2001
Die optischen Eigenschaften von Polymeren und ihre Bedeutung für das Durchstrahlschweißen mit Diodenlaser

Trompeter, F.-J. 03.04.2001
Barrierentladungen zum Abbau von Schadstoffen in motorischen Verbrennungsabgasen

Bonati, G. 25.06.2001
Integration von Diodenlasern in modulare Hochleistungs- Nd:YAG-Laser

Mönch, I. 27.06.2001
Produktspezifische Konzeption von Anlagen für die prozessnahe laser-gestützte Werkstoffanalyse

Jacquorie, M. 27.07.2001
Mikrostrukturierung von Glas mittels Excimerlaserstrahlung für die Mikroreaktionstechnologie

Stollenwerk, J. 27.08.2001
Abtragen von gefüllten Elastomeren mit IR- Hochleistungslaserstrahlung

Birkel, J. 03.09.2001
Reinigen von Tiefdruckzylindern mit Excimerlaserstrahlung

Biesenbach, J. 10.09.2001
Konfiguration von Hochleistungs-Diodenlasern

Falter, S. 05.11.2001
Parallele Modulatorarrays zur Erzeugung intensitätsmodulierter Bildzeilen

Kraushaar, M. 06.11.2001
Laser-Emissionsspektrometrie für die quantitative Analyse von Schlacke bei der Stahlerzeugung

Schulz, J. 03.12.2001
Diffusionsgekühlte, koaxiale CO₂-Laser mit hoher Strahlqualität

Kubaink, J. 12.12.2001
Analyse der Aufteilung von Laserstrahlen in Lithiumniobat

Boßeler, Volker
Diodengepumpter, hochrepetierender Femtosekunden-Verstärker

Faramarzi, Ahmadsreza
Strukturierung von Polylactiden mit Laserstrahlung

Koenen-Schmähling, Martin
Untersuchung einzeladressierbarer HLDL-Barren im Hinblick auf lithographische Anwendungen

Koglin, Andreas
Entwicklung und Aufbau eines flexiblen Laserstrahlötsystems mit integrierter Prozessüberwachung

Macke, Nils
Konstruktion eines Positioniersystems für die Mikrostrukturierung in einer Prozessgaskammer mittels Excimer-laserstrahlung

Nicklaus, Kolja
Oszillator-Verstärker Anordnungen zur Erzeugung von ns-Laserpulsen mit mittleren Ausgangsleistungen im kW-Bereich

OBwald, Kai
Erzeugung von Bohrungen mit hohen Konzitätäten mittels Kurzpuls-lasern unter Verwendung spezieller Optiken

Schlicker, Thorsten
Laserstrahlschweißen von Aluminium- und Magnesiumlegierungen im Materialmix

Vrenegor, Jens
Emissionspektroskopische Untersuchung von Matrixeffekten in laser-induzierten Plasmen von Metallen

Walter, Konstantin
Konstruktion, Fertigung und Montage des Handprogrammiersystems "Teasy"

Walter, Stefan
Untersuchungen zur Messung charakteristischer Laserparameter Diodengepumpter Nd:YAG Laser und Entwicklung eines Messsystems

Willach, Jens
Excimer-Mikrostrukturierung von metallischen Dünnschichten für die Sensortechnik

Wenzel, Christian
Untersuchungen zum Laserschweißen von Aluminium Werkstoffen mit Diodenlaserstrahlung

Wissenschaftliche Veröffentlichungen

- K. Bergmann, O. Rosier, R. Lebert, W. Neff, R. Poprawe
A multi-kilohertz pinch plasma radiation source for extreme ultraviolet lithography
Microelectronic Engineering 57 (Seiten 71-77) (2001)
- L. Bosse, A. Gillner, R. Poprawe
Adapted Time-Power-Profile for Laser Beam Soldering with Solder Paste
Proceedings of SPIE 4406 (Seiten 76-81) (2001)
- M. J. Wild, A. Gillner, R. Poprawe
Advances in Silicon to Glass Bonding with Laser
Proceedings of SPIE 4407 (2001)
- J. Michel, W. Schulz, M. Niessen, P. Abels, S. Kaielerle
Advances in dynamical modeling, on-line monitoring and control in high quality cutting
Proceedings of Laser 2001 (Seiten 112-122) (2001)
- F. Hilbk-Kortenbruck, R. Noll, P. Wintjens, H. Falk, C. Becker
Analysis of heavy metals in soils using laser-induced breakdown spectrometry combined with laser-induced fluorescence
Spectrochimica Acta Part B: Atomic Spectroscopy 56 (Seiten 933-945) (2001)
- L. Böske, S. Mann, S. Kaielerle, E. W. Kreutz, R. Poprawe
Automated Beam Monitoring and Diagnosis for CO₂ lasers
Proceedings of ICALEO 2001 (Seiten 72-81) (2001)
- D. Petring
Basic Description of Laser Cutting
LIA Handbook of Laser Materials Processing, 1st Edition (Seiten 425-433) (2001)
- G. Kapper, M. Dahmen, S. Kaielerle, J. Michel, W. Schulz, K. Spielvogel, D. Petring, R. Poprawe
Coaxial Process Monitoring in Heavy Section Laser Beam Welding
Proceedings of Laser 2001 (Seiten 146-154) (2001)
- R. Laitinen, D. Porter, M. Dahmen, S. Kaielerle, R. Poprawe
Comparative Study on the Weldability of Different Ship-building Steels
Proceedings of the 7th International Symposium of Japan Welding (Seiten 785-790) (2001)
- E. Bremus-Köbberling, A. Gillner, M. Wehner, U. Russek, J. Köbberling, D. Enders, S. Brandtner
Development of a Microreactor for Solid Phase Synthesis
Proceedings of the 5th International Conference on Microreaction Technology (Seiten 455-464) (2001)
- Z. Lui, N. Pirch, A. Gasser, K. G. Watkins, P. G. Hatherley
Effect of beam width on melt characteristics in large-area laser surface alloying
Journal of laser applications 13/6 (Seiten 231-238) (2001)
- D. Petring, S. Kaielerle, M. Dahmen, M. Kasimir, F. Cottone, C. Maier
Erweitertes Anwendungsspektrum des Laserstrahlschweißens durch Laser-MIG-Hybridtechnik
LaserOpto 33(1) (Seiten 50-56)
- D. Petring, C. Benter, R. Poprawe
Fundamentals and Applications of Diode Laser Welding
Proceedings of ICALEO 2001 (2001)
- D. Petring
Gli ipotetici sviluppi nel taglio laser di materiali metallici
Deformazione 74 (Seiten 106-110) (2001)
- L. Bosse, A. Schildecker, A. Gillner, R. Poprawe
High Quality Laserbeam Soldering
Proceedings of Micro System Technologies 1 (Seiten 387-392) (2001)
- F. Schneider, D. Petring
High speed and thick section CO₂ laser cutting
The Industrial Laser User (AILU) 25 (Seiten 20-24) (2001)
- D. Petring
High speed cutting of metals
Proceedings of AILU Technology Workshop »Laser Cutting and Competing Technologies« (Seiten 20-24) (2001)
- D. Petring
- Hybrid laser welding**
Industrial Laser Solutions 12 (Seiten 12-16) (2001)
- M. Dahmen, K. Bongard, S. Kaielerle, R. Poprawe, F. Cottone
Hybridschweißen von Öltanks - Ein innovativer Fügeprozess
TECHNICA 1 (Seiten 46-50) (2001)
- C. Schnitzler, G. Schmidt, K. Du, P. Loosen, R. Poprawe
Improving the brightness of a diode end pumped slab laser by a new pumping scheme
Proceedings of »Advanced Solid-State Lasers« 50 (Seiten 5-10) (2001)
- K. Boucke
In Search of the Ultimate Diode Laser
Photonics Spectra 35 (Seiten 122-126) (2001)
- K. Nicklaus, D. Hoffmann, P. Loosen, R. Poprawe
Industry-Laser Based Short Pulse Diode Pumped Solid State Power Amplifier With kW Average Power
Proceedings of »Advanced Solid-State Lasers« 50 (Seiten 388-391) (2001)
- S. Kaielerle, K. Bongard, M. Dahmen, R. Poprawe
Innovative Hybrid Welding Process in an Industrial Application
The Industrial Laser User 23/6 (2001)
- S. Kaielerle, S. Mann, J. Ortmann, E. W. Kreutz, R. Poprawe
Intelligent beam monitoring and diagnosis for CO₂ lasers
Proceedings of SPIE 4270 (2001)
- S. Kaielerle, M. Dahmen, K. Bongard, R. Poprawe
Laser-MIG-Hybridschweißen von Öltanks
wt Werkstatttechnik 91 (Seiten 3-4) (2001)
- F. Hilbk-Kortenbruck, R. Bleich, M. Stepputat, R. Noll
Laser-induced breakdown spectrometry (LIBS)
Lab Plus International 15(1) (Seiten 12-14) (2001)

R. Noll, H. Bette, A. Brysch,
M. Kraushaar, I. Mönch, L. Peter,
V. Sturm
**Laser-induced breakdown
spectrometry - applications for
production control and quality
assurance in the steel industry**
Spectrochimica Acta Part B 56
(Seiten 637-649) (2001)

M. J. Wild, A. Gillner, R. Poprawe
**Locally selective bonding of
silicon and glass with laser**
Sensors and Actuators A 93
(Seiten 63-69) (2001)

W. Schulz, J. Michel, M. Niessen,
V. Kostykin, P. Abels, S. Kaieler
**Modeling, Dynamical Simulation
and On-line Monitoring in Laser
Beam Welding**
Proceedings of Laser 1
(Seiten 236-247) (2001)

R. Poprawe
**Modeling, Monitoring and
Control in High Quality Laser
Cutting**
Annals of the CIRP 50/1
(Seiten 137-140) (2001)

A. Bollig, S. Mann, M. Enning,
S. Kaieler
**Modellgestützte Prädiktive
Regelung beim Laserstahl-
schweißen**
atp -Automatisierungstechnische
Praxis 7 (2001)

D. Hoffmann, G. Bonati, P. F. Kayser,
P. Loosen, R. Poprawe, R. Dinger,
C. R. Haas, H. Martinen
**Modular, Fiber Coupled, Diode
Pumped Solid State Laser with
up to 5 kW Average Output
Power**
Proceedings of "Advanced Solid-
State Lasers" 50
(Seiten 33-35) (2001)

S. Kaieler, P. Abels, Chr. Kratzsch,
J. Michel, W. Schulz, R. Poprawe
**New Advances in Process Control
for Automotive Laser Applications**
Proceedings of the 31st course of
Global Automotive Laser Applications
(Seiten 521-526) (2001)

Chr. Kratzsch, P. Abels, S. Kaieler,
R. Poprawe, W. Schulz
**New Advances in Process Control
for Laser Materials Processing**
Proceedings of 7th International
Symposium of Japan Welding
Society 1
(Seiten 521-526) (2001)

J. Ortmann, A. Kahmen, S. Kaieler,
E. W. Kreutz, R. Poprawe
**Open architecture control
for laser materials processing**
Proceedings of Photonics Boston 1
(2001)

R. Neuendorf, A. Brysch, G. Bour,
U. Kreibig
**Optical properties of II-VI
semiconductor nanoparticles**
Proceedings of SPIE 4456
(Seiten 39-47) (2001)

O. Franken
**Packstoffdesinfektion durch
Atmosphärendruckplasma**
Messekatalog Drinktec Interbrau,
Foren-Dokumentation 'Hygiene'
(Seiten 79-83) (2001)

Y. Perera, J. Gottmann,
A. Husmann, T. Klotzbücher,
E. W. Kreutz, R. Poprawe
PLD of hard ceramic coatings
Proceedings of SPIE 4274
(Seiten 1-12) (2001)

Y. Perera, G. Schlaghecken,
J. Gottmann, T. Klotzbücher,
E. W. Kreutz, R. Poprawe
**Pulsed laser deposition (PLD) of
diamond-like carbon (DLC) thin
film on Polymethylmethacrylate
(PMMA) and tool steels**
Proceedings of the 7th Conference
of the European Ceramic Society 7
(Seiten 547-550) (2001)

Y. Perera, G. Schlaghecken,
J. Gottmann, T. Klotzbücher,
E. W. Kreutz, R. Poprawe
**Pulsed laser deposition (PLD) of
diamond-like carbon (DLC) thin
film on Polymethylmethacrylate
(PMMA) and tool steels**
Latinamerican Journal of Metallurgy
and Materials 21
(Seiten 30-34) (2001)

M. Dahmen, S. Kaieler, G. Kapper,
J. Michel, W. Schulz, K. Spielvogel,
R. Poprawe
**Quality Assurance in Laser-beam
Wlding of Heavy Section Steel
Sheet**
Proceedings of the 7th International
Symposium of Japan Welding 1
(Seiten 603-608) (2001)

H. Bette, R. Noll, H.-W. Jansen,
H. Mittelstädt, G. Müller, C. Nazikkol
**Schnelle, ortsaufgelöste Material-
analyse mittels Laser-Emissions-
spektrometrie (LIBS)**
LaserOpto 33
(Seiten 60-64) (2001)

R. Poprawe, D. Petring, C. Benter
Schweißen mit Diodenlasern
Tagungsband zum 7. Internationalen
Aachener Schweißtechnik Kolloquium
(Seiten 117-132) (2001)

S. Kaieler, P. Abels, G. Kapper,
C. Kratzsch, J. Michel, W. Schulz,
R. Poprawe
**State of the Art and New
Advances in Process Control
for Laser Materials Processing**
Proceedings of ICALEO 2001
(2001)

V. Pashinin, V. Sturm, V. Tumorin,
R. Noll
**Stimulated Brillouin scattering
of Q-switched laser pulses in
large-core optical fibres**
Optics & Laser Technology 33
(Seiten 617-622) (2001)

D. Petring
Thick section cutting
Proceedings of AILU Technology
Workshop »Laser Cutting and
Competing Technologies«
(2001)

- 16.01.2001 - S. Kaierle
Potentials for Process Monitoring in Laser Beam Welding
Servo Robot, Montreal
- 19.01.2001 - T. Berden
Debris-reduced laser machining of polymeric waveguides for optoelectronic applications
Photonics West, San Jose, USA
- 19.01.2001 - A. Gillner
Laser processing of components for polymer microfluidic and optoelectronic products
Photonics West, San Jose, USA
- 22.01.2001 - K. Boucke
Numerical Simulations of Novel High-Power, High-Brightness Diode Laser Structures
Photonics West, San Jose, USA
- 23.01.2001 - E. W. Kreutz
Biologische Grundlagen und zulässige Grenzwerte für die Klassifizierung von Lasereinrichtungen
Berufsgenossenschaft der Feinmechanik und Elektrotechnik, Bad Münstereifel
- 24.01.2001 - S. Kaierle
Intelligent beam monitoring and diagnosis for CO₂ lasers
Photonics West, San Jose, USA
- 27.01.2001 - K. Nicklaus
Industry-laser based short pulse diode pumped solid state power amplifier
ASSL Conference, Seattle, USA
- 27.01.2001 - C. Schnitzler
Improving the brightness of a diode end pumped slab laser by a new pumping scheme
ASSL Conference, Seattle, USA
- 27.01.2001 - H. Hoffmann
Modular, Fiber Coupled, Diode Pumped Solid State Laser with up to 5 kW Average Output Power
ASSL Conference, Seattle, USA
- 07.02.2001 - R. Noll
Neue Entwicklungen und Anwendungen der chemischen Direktanalyse mit Laser-Emissionsspektrometrie
Kolloquium, TU München
- 14.02.2001 - D. Petring
High speed cutting of metals
AILU Technology Workshop
»Laser Cutting and Competing Technologies«
Pera Technology Centre, Leicestershire, UK
- 14.02.2001 - D. Petring
Thick section cutting
AILU Technology Workshop
»Laser Cutting and Competing Technologies«
Pera Technology Centre, Leicestershire, UK
- 16.02.2001 - R. Noll
Lasermesstechnik - Anwendungen und Perspektiven für Prozesskontrolle und Qualitätssicherung in der Stahlindustrie
ThyssenKrupp Stahl, Duisburg
- 21.02.2001 - S. Kaierle
Qualitätskontrolle beim Laserstrahlschweißen
DVS-Sitzung, Ausschuss Mikrofügen, Aachen
- 27.02.2001 - E. W. Kreutz
Einrichten von Laserbereichen
Süddeutsche Metallberufsgenossenschaft, Lengfurt
- 28.02.2001 - W. Neff
Strahlungsquellen im extremen Ultraviolett
10. Bundesdeutsche Fachtagung für Plasmatechnologie, Greifswald
- 05.03.2001 - H. Bette
Stahltreinheitsanalyse mit Hochgeschwindigkeits-Laser-Emissionsspektrometrie
8. Anwendertreffen Röntgenfluoreszenz, Steinfurt
- 13.03.2001 - M. Röhner
Hochleistungsdiodenlaser - Mikrooptik als Schlüssel zur Anwendung
Deutsch-Französisches Forschungsinstitut, Saint-Louis
- 28.03.2001 - L. Bosse
High Quality Laser Beam Soldering
Mikrosystem, Düsseldorf
- 19.04.2001 - R. Poprawe
Market Fokus by Integrated Projects
First Photonics Capital Veranstaltung, Weilrod
- 22.04.2001 - U. Russek
Fügen von Kunststoffen mit HLDL
Hannover-Messe 2001, Hannover
- 24.04.2001 - R. Poprawe
Integrated Competence by Networks of Excellence
Europakreissitzung FhG, Brüssel
- 03.05.2001 - R. Poprawe
Welding by Diode Lasers
7. Internationales Aachener Schweißtechnik Kolloquium, Aachen
- 10.05.2001 - J. Giesekus
High power diode end pumped slab MOPA system
CLEO®/QELS 2001 Baltimore, Maryland, USA
- 10.05.2001 - R. Poprawe
From Presentation to Demonstration
Open House Fraunhofer CLT, Plymouth, USA
- 15.05.2001 - S. Kaierle
Trennen und Fügen mit Laserstrahlung
Fachkonferenz »Laser- und Wasserstrahltechnik«, Stuttgart
- 17.05.2001 - A. Gillner
Laser processes for manufacturing micro devices in chemistry and biotechnology
LPM 2001, Japan
- 27.05.2001 - E. Brems
Development of a Microreactor for Solid Phase Synthesis
IMRET 5 Conference, Straßburg
- 28.05.2001 - L. Bosse
Adapted Time-Power-Profile for Laser Beam Soldering with Solder Paste
SPIE Microelectronics and MEMS, Edinburgh, UK
- 28.05.2001 - M. Wild
Advances in Silicon to Glass Bonding
SPIE Microelectronics and MEMS, Edinburgh, UK
- 05.06.2001 - J. Hausen
Determination of Post-Welding Residual Stresses in T-Joints (zus. M. Dr. W. Kielczynski, TU Gdansk)
Schiffbautechnische Gesellschaft Gdansk, Polen
- 16.06.2001 - S. Kaierle
Koaxiale Prozessüberwachung beim Laserstrahlschweißen und -schneiden
DaimlerChrysler Forschungszentrum, Stuttgart
- 17.06.2001 - M. Wehner
Prototyping of Polymeric Microreactors by VUV Laser Radiation
HARMST 2001, Baden-Baden
- 17.06.2001 - W. Schulz
Modeling, Dynamical Simulation and On-line Monitoring in Laser Beam Welding
LASER 2001, München
- 19.06.2001 - S. Kaierle
Laser MIG Hybrid Welding
TRANSLAS Seminar
»Hybridschweißen«, München
- 19.06.2001 - R. Poprawe
Trends and Limits in Laser Microprocessing
WLT-Conference, LASER 2001 München
- 21.06.2001 - R. Poprawe
New Markets with Innovative Lasertechnology
5. International Laser Marketplace, LASER 2001, München
- 27.06.2001 - W. Schulz
Approximate Modeling of Dynamical Systems for Monitoring and Control
WESIC 2001, 3rd Workshop on European Scientific and Industrial Collaboration, Enschede, Netherlands
- 03.07.2001 - K. Wissenbach
Laseranwendungen im modernen Werkzeug- und Formenbau: Rapid Tooling, Werkzeug-Reinigung, Werkzeug-Reparatur
Kunststoff-Cluster Tagung, Wels, Österreich

- 17.07.2001 - R. Poprawe
Perspectives and Activities in German Photonics R & D
 CLEO Pacific RIM, Tokyo
- 19.07.2002 - R. Poprawe
High Power Diode and Diode-Pumped Solid State Lasers for New Applications
 RIKEN 2001, Saitama
- 04.08.2001 - S. Kaierle
New Advances in Process Control for Automotive Laser Applications
 GALAC Global Automotive Laser Applications Conference, Sizilien
- 21.08.2001 - R. Poprawe
Modeling, Monitoring and Control in High Quality Laser Cutting
 51st CIRP-Conference, Nancy, Frankreich
- 28.08.2001 - C. Over
Selective Laser Melting: A new Approach for the Direct Manufacturing of Metal Parts and Tools
 LANE 2001, Erlangen
- 29.08.2001 - R. Poprawe
Diode Pumped Solid State Lasers and New Applications
 LANE 2001, Erlangen
- 22.09.2001 - V. Kostykin
»Open Problems« Localization and Chaos
 Abdus Salam Centre, Trieste, Italien
- 23.09.2001 - O. Franken
Packstoffdesinfektion durch Atmosphärendruckplasmen
 Drinktec-Interbrau, München
- 29.09.2001 - A. Weisheit
Powder Injection: The key to reconditioning and generating components using laser cladding
 Materials Week 2001, München
- 12.10.2001 - R. Poprawe
Lasers in the Manufacturing Industry - Vertical Structures and networking
 National Laser Center of South Africa NLC, Pretoria
- 13.10.2001 - L. Boeske
Automated Beam Monitoring and Diagnosis for CO₂-Lasers
 ICALEO 2001, Jacksonville, USA
- 13.10.2001 - D. Petring
Fundamentals and Applications of Diode Laser Welding
 ICALEO 2001, Jacksonville, USA
- 16.10.2001 - S. Kaierle
State of the Art and New Advances in Process Control for Laser Materials Processing
 ICALEO 2001, Jacksonville, USA
- 31.10.2001 - J. Stollenwerk
Laserstrahl-Entschichten von Hochspannungsmasten
 Tagung »Korrosionsschutz und Umwelt« von Cercl Air, Bern, Schweiz
- 17.11.2001 - P. Abels
Lasertechnik und ihre Möglichkeiten
 Seminar für Schweißfachleute, HWK Aachen
- 18.11.2001 - M. Dahmen
Quality assurance in laser-beam welding of heavy sections
 7th International Welding Symposium of the Japan Welding Society, Kobe, Japan
- 18.11.2001 - M. Dahmen
Comparative study on the weldability of different shipbuilding steels
 7th International Welding Symposium of the Japan Welding Society, Kobe, Japan
- 20.11.2001 - S. Kaierle
New Advances in Process Control for Laser Materials Processing
 7th International Welding Symposium of the Japan Welding Society, Kobe, Japan
- 23.11.2001 - D. Petring
Laser cutting today
 ExpoLaser 2001, Vicenza, Italien
- 23.11.2001 - D. Petring
New possibilities offered by Laser-MIG hybrid welding
 ExpoLaser 2001, Vicenza, Italien
- 28.11.2001 - E. W. Kreutz
Praktische Schutzmaßnahmen bei der Laseranwendung
 TA Esslingen
- 11.12.2001 - R. Noll
Hochgeschwindigkeits-Laser-Emissionsspektrometrie für die Stahleinheitsanalyse
 VDEh, Sitzung des Unterausschusses für physikalische Chemie im Stahlzentrum, Düsseldorf
- 17.12.2001 - W. Schulz
Spektrale Methoden zur Dimensionsreduktion
 IfSW Kolloquium, Stuttgart
- 17.12.2001 - S. Kaierle
Fortschritte und Potenziale der Prozessüberwachung für Laseranwendungen
 IfSW Kolloquium, Stuttgart

23.04. - 28.04.2001

Hannover

HANNOVER MESSE 2001

Internationale Industriemesse
Teilnahme des Fraunhofer ILT
am Gemeinschaftsstand »NRW
Mikrotechnik«, ILT-Thema: Laser-
bearbeitung in der Mikrotechnik
Teilnahme des Fraunhofer ILT
am Gemeinschaftsstand »Laser
Technology«,
ILT-Themen: Hochauflösende
Innengravur von Glas mit Laser,
Kunststofffügen mit Laser

18.06. - 22.06.2001

München

LASER 2001

Internationale Fachmesse und inter-
nationaler Kongress für innovative
und angewandte Optoelektronik
Teilnahme des Fraunhofer ILT am
Fraunhofer-Gemeinschaftsstand,
ILT-Themen: Festkörperlaser,
Mikrotechnik und Systemtechnik

25.10.-01.11.2001

Düsseldorf

**K - Internationale Messe
Kunststoff + Kautschuk**

Teilnahme der Abt. Mikrotechnik
des Fraunhofer ILT in Zusammen-
arbeit mit der Fa. SMH Automation,
ILT-Thema: Fügen von Kunststoffen
mit Diodenlaser

06.11. - 09.11.2001

München

Productronica

Internationale Fachmesse der
Elektronik-Fertigung
Teilnahme der Abt. Mikrotechnik
des Fraunhofer ILT in Zusammen-
arbeit mit der Fa. SMH Automation,
ILT-Thema: Laserstrahlschweißen
von Uhrenkomponenten
Teilnahme der Abt. Oberflächen-
technik des Fraunhofer ILT,
ILT-Thema: Laserstrahlreinigen
und Polieren von elektronischen
Komponenten

28.11. - 01.12.2001

Frankfurt/Main

Euromold

Messe für Werkzeug- und
Formenbau
Teilnahme der Abt. Oberflächen-
technik des Fraunhofer ILT am
Gemeinschaftsstand der Fraun-
hofer-Allianz »Rapid Prototyping«,
ILT-Thema: Selective Laser Melting
Betreuung des Messestandes der
Erprobungs- und Beratungszentren

20.02.2001, Aachen

Unihit für Kids

Informationsveranstaltung des
Lehrstuhls für Lasertechnik LLT
und des Fraunhofer ILT für Schüler
der Viktoriaschule Aachen zu natur-
wissenschaftlichen Berufsbildern

30.03.2001, Aachen

3. Seminar des Ehemaligenclubs

»Aix-Laser-People«

des Fraunhofer ILT und des Lehr-
stuhls für Lasertechnik LLT im
ILT Aachen mit Vortrag von
Dr. Thomas Ebert, ProLas Produk-
tionslaser GmbH, Würselen, zum
Thema »Erfahrungen eines Unter-
nehmensgründers« und Besuch
der Fa. ProLas

07.05.2001, Aachen

Unihit für Kids

Informationsveranstaltung des
Lehrstuhls für Lasertechnik LLT
und des Fraunhofer ILT für Schüler
des Luise Gymnasiums Aachen zu
naturwissenschaftlichen Berufsbildern

31.05.2001, Aachen

Laserinformationsveranstaltung
im Fraunhofer ILT

07.06.2001, Aachen

Unihit für Kids

Informationsveranstaltung des
Lehrstuhls für Lasertechnik LLT und
des Fraunhofer ILT für Schüler der
Gemeinschaftschule Raeren Driesch zu
naturwissenschaftlichen Berufsbildern

20.06.2001, München

4. Seminar des Ehemaligenclubs

»Aix-Laser-People«

des Fraunhofer ILT und des Lehr-
stuhls für Lasertechnik LLT anlässlich
der LASER 2001 in München mit
Podiumsdiskussion zum Thema
»Arbeiten und Leben in den USA«
Diskussionsteilnehmer:

- Dr. Joachim Berkmanns, AGA
GAS Inc., Ypsilanti, USA
- Dr. Christoph Hamann, Siemens,
Newport News, USA
- Dr. Stefan Heinemann, Fraunhofer
Center Laser Technology,
Plymouth, USA
- Dr. Jürgen Jandeleit, Opto Power
Corporation, Tucson, USA

- Dr. Silke Pflüger, Spectra Diode
Laboratories Inc., San Jose, USA
- Dr. Holger Schlüter, Trumpf Inc.,
Farmington, USA
- Dr. Hartmut Zefferer, Trumpf Inc.
Laser Technology Center,
Plymouth, USA

Moderation: Dipl.-Phys. Axel Bauer,
ILT Aachen

21.06.2001, Aachen

Unihit für Kids

Informationsveranstaltung des
Lehrstuhls für Lasertechnik LLT und
des Fraunhofer ILT für Schüler des
Gymnasiums Haus Overbach Jülich
zu naturwissenschaftlichen Berufsbildern

26.06.2001, Aachen

Unihit für Kids

Informationsveranstaltung des Lehr-
stuhls für Lasertechnik LLT und des
Fraunhofer ILT für Schüler zu natur-
wissenschaftlichen Berufsbildern

30.06.2001, Aachen

Unihit für Kids

Informationsveranstaltung des
Lehrstuhls für Lasertechnik LLT und
des Fraunhofer ILT für Schüler der
Gesamtschule Düsseldorf zu natur-
wissenschaftlichen Berufsbildern

24.06.2001, Aachen

Informationsbesuch

des Kommissars der Europäischen
Kommission Philippe Busquin am
Fraunhofer ILT

12.10.2001, Aachen

5. Seminar des Ehemaligenclubs

»Aix-Laser-People«

des Fraunhofer ILT und des Lehr-
stuhls für Lasertechnik LLT im ILT
Aachen mit Vorstellung der neu
gegründeten Firma »EdgeWave
GmbH« durch den Geschäftsführer
Dr. Keming Du,
Vortrag von Dr. Eckhard Hoffmann,
MTU Motoren- und Turbinen-Union
München GmbH, zum Thema:
»Technologiekoordination
und -entwicklung in einem
Großunternehmen am Beispiel
der MTU München« und Besuch
des Ford Forschungszentrums in
Aachen

15.-18.10.2001, Jacksonville,
Florida, USA
ICALEO '2001
Vorträge des Fraunhofer ILT
und des Fraunhofer CLT sowie
Exponate auf konferenzbegleitender
Ausstellung

31.10.2001, Gelsenkirchen
Herbsttreffen der Fraunhofer-
Regional-initiative NRW
in Gelsenkirchen mit den nordrhein-
westfälischen Ministerien MSWF,
MWMEV und MASQT
zum Thema: »Fraunhofer vor Ort:
Innovationen aus und für NRW«

10.11.2001, Aachen
TIK - Technik im Klartext
Treffen für Schülerzeitungsredakteure

13.11.2001, Aachen
Unihit für Kids
Informationsveranstaltung des
Lehrstuhls für Lasertechnik LLT und
des Fraunhofer ILT für Schüler des
Anne Frank Gymnasiums Aachen
zu naturwissenschaftlichen Berufs-
bildern

17.11.2001, Aachen
Seminar
zum Thema »Grundlagen der Laser-
technik im Handwerk« in der Hand-
werkskammer Aachen

22.11.2001, Aachen
Unihit für Kids
Informationsveranstaltung des
Lehrstuhls für Lasertechnik LLT und
des Fraunhofer ILT für Schüler des
Staatlichen Kant Gymnasiums zu
naturwissenschaftlichen Berufsbildern

23.11.2001, Aachen
Seminar
zum Thema »Grundlagen
der Lasertechnik, Strahlquellen,
Lasermaschinen in der Praxis« im
Fraunhofer ILT

11.12.2001, Aachen
Unihit für Kids
Informationsveranstaltung des
Lehrstuhls für Lasertechnik LLT
und des Fraunhofer ILT für Schüler
der Liebfrauen Schule Köln zu
naturwissenschaftlichen Berufsbildern

20.12.2001, Aachen
6. Seminar des Ehemaligenclubs
»Aix-Laser-People«
des Fraunhofer ILT und des Lehr-
stuhls für Lasertechnik LLT im ILT
Aachen mit Vortrag von Dr. Willi Neff
zum Thema »Neue Entwicklungen
im Bereich EUV-Technologien« und
Vortrag von Dr. Martin H. Sommer,
SCHOTT Spezialglas GmbH, Mainz,
zum Thema »Inhouseconsultants im
Innovationsprozess«

Publikationen

»Angebot und Ansprechpartner 2002/3« (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 Schwerpunkten vorgestellt.

Jahresbericht 2001 (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.

Pressespiegel 2001

Im Pressespiegel werden die Institutstätigkeiten aus Sicht der Print-Medien dargestellt.

Tagungsband des Aachener Kolloquiums für Lasertechnik AKL'2000

Der Tagungsband beinhaltet die Vortragsfolien mit ausführlichen Erläuterungen aller Referenten des AKL 2000. Praxisorientierte Beiträge geben einen Überblick über den aktuellen Stand der Technik sowie die neuesten Trends im Bereich der Lasersystementwicklung und der Laseranwendungen. Der Tagungsband kann gegen Gebühr bei der Verlagsgesellschaft Grütter GmbH & Co. KG, Verlagsbüro Augsburg, Ulrichplatz 11, 86150 Augsburg (Fax: 0821/ 3 198 80 -80) bestellt werden.

Programm des Aachener Kolloquiums für Lasertechnik AKL'02

18.-20. September 2002. Das Programm zum AKL'02 kann unter 0241/ 8906 -109 bzw. Fax -121 oder per Internet unter www.ilt.fraunhofer.de angefordert werden.

Fachprospekt »Reinigen mit Laserstrahlung« (deutsch/englisch)

Der Fachprospekt erläutert die Anwendungsmöglichkeiten des Laserstrahlreinigens.

Fachprospekt »LASIM® - Lasersimulator für die Ausbildung« (deutsch/englisch)

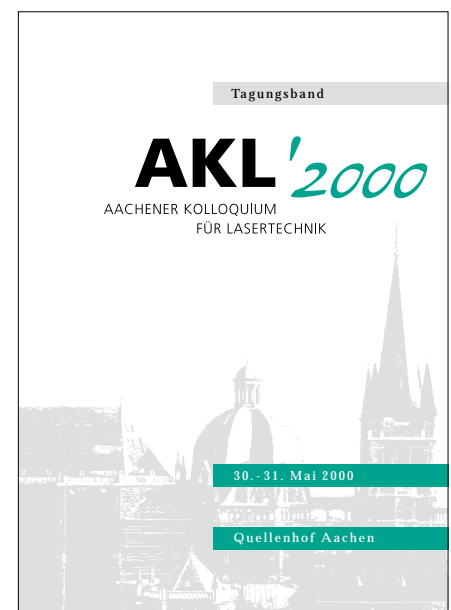
Der Fachprospekt vermittelt einen Überblick über die Vorteile des Einsatzes von Multimedia-Software in der Ausbildung von Laserfachkräften und Studenten. Er stellt insbesondere den Einsatzbereich, die Programminhalte und die Systemanforderungen der Software LASIM® vor. Diese wurde am Fraunhofer ILT für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

Fachprospekt »Oberflächen- und Schichtanalyse« (deutsch)

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.

Fachprospekt »Laser in der Aufbau- und Verbindungstechnik« (deutsch/englisch)

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.



Fachprospekt »Laser in der Mikrostrukturierungstechnik« (deutsch/englisch)

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

Fachprospekt »Laser in der Kunststoff- und Papiertechnik« (deutsch/englisch)

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

Fachprospekt »Laserstrahlaufragschweißen« (deutsch)

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

Fachprospekt »Rapid Prototyping und Rapid Manufacturing für Metallbauteile«(deutsch)

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

Fachprospekt »Werkstoffanalyse und Verwechslungsprüfung mit Laserstrahlung« (deutsch/englisch)

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.

Fachprospekt »Laser in Life Science« (deutsch/englisch)

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



Informationsbroschüre »Laser Region Aachen« (deutsch/englisch)

Diese Broschüre wurde von der Aachener Gesellschaft für Innovation und Technologie mbH AGIT in enger Kooperation mit dem Fraunhofer ILT herausgegeben und vermittelt einen Überblick über die Laseraktivitäten in der Aachener Region sowie die zentralen Akteure in Industrie, Wissenschaft und Dienstleistungssektor.

Informationsbroschüre »kompetenznetze.de« (deutsch/englisch)

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 bietet eine attraktive Recherchenquelle und Kommunikationsplattform für Informations- und Kooperationsuchende im In- und Ausland.

Informationsbroschüre »Virtual European Laser Institute VELI« (englisch)

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 auch unter www.veli.net zu finden.

Fraunhofer-Magazin 3.2001 »Licht für die nächsten Chipgenerationen« (deutsch/englisch)

Im Fraunhofer-Magazin 3/2001 werden die im Fraunhofer ILT betriebenen Aktivitäten im Bereich der Lithographie für zukünftige Chipgenerationen vorgestellt. Die am Fraunhofer ILT entwickelte EUV-Strahlungsquelle gilt als aussichtsreicher Nachfolger der optischen Lithographie.

Sonderdruck »Fügen von Kunststoffen mit Diodenlasern verbessert die Nahtqualität« aus der Zeitschrift »Maschinenmarkt« (17/1999)

Dieser Artikel erläutert den Einsatz von Diodenlasern zum Fügen von Kunststoffen. Neben den Vorteilen gegenüber konventionellen Verfahren werden Online-Prozesskontrollsysteme vorgestellt.

Sonderdruck »User profile CLT« aus der Zeitschrift »Industrial laser solutions« (10/2000)

Dieser Artikel vermittelt einen Überblick über die Aktivitäten des Fraunhofer-Centers for Laser Technology CLT in Plymouth, Michigan.

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.



Filme und Multimedia-Software

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

Dieser Lehrfilm ist 1997 von der Bergischen Universität - Gesamthochschule Wuppertal in Zusammenarbeit mit dem VDI-Technologiezentrum Düsseldorf, dem Fraunhofer ILT und weiteren Laserzentren und -firmen produziert 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 30 Minuten und ist in Deutsch und Englisch bei der Bergischen Universität - Gesamthochschule Wuppertal erhältlich.

CD-Rom »Lasertechnik« (deutsch)

Diese CD-Rom ist eine Sammlung von Grafiken und Bildern der Vorlesungen Lasertechnik I + II von Prof. Dr. rer. nat. Reinhart Poprawe M.A.

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.

Inhalte 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 3.01 auf handelsüblichen PCs aufgerufen werden. Systemvoraussetzungen sind Windows 3.1 und höhere Versionen, Unix oder MacOS.

Das Ausdrucken und Verwerten der unveränderten Grafiken und Bilder ist ausschließlich für Lehrzwecke gestattet.

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

Ansprechpartner:
Michaela Bamberg
Telefon: 0241 / 8906 -109
Fax: 0241 / 8906 -112



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 für weitere Informationen zu LASIM®:
Dr. Dirk Petring
Telefon: 0241/8906 -210
Fax: 0241/8906 -121



Impressum

Redaktion

Prof. Dr. rer. nat. Reinhart Poprawe M.A.
Dipl.-Phys. Axel Bauer

Gestaltung und Produktion

Dipl.-Des. Andrea Croll

Lithographie

Graphodata GmbH, Text- und
Bildverarbeitung Digital, Aachen

Druck

Rhiem Druck GmbH, Voerde

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
E-Mail: bauer@ilt.fraunhofer.de

Alle Rechte vorbehalten.

Nachdruck nur mit schriftlicher
Genehmigung der Redaktion.

© Fraunhofer-Institut
für Lasertechnik ILT, Aachen 2002