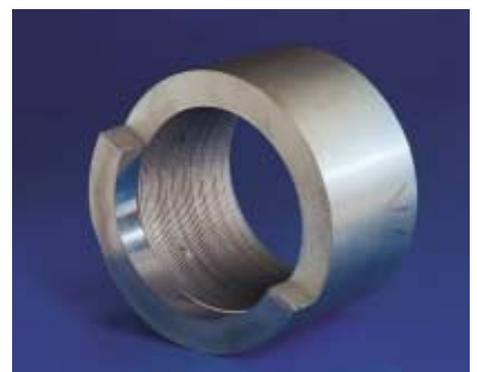
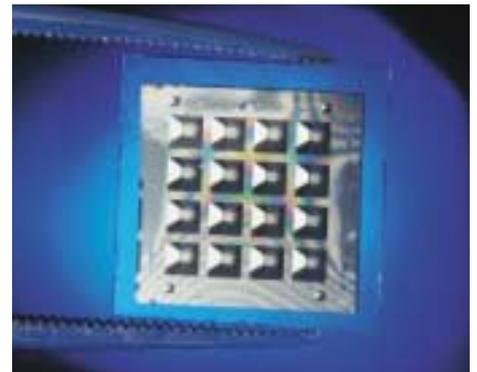




Fraunhofer Institut
Lasertechnik

Leistungen und Ergebnisse Jahresbericht 2000

Excellence in R&D · 50 Jahre Fraunhofer-Forschung · 1949-1999



Jahresbericht
des Fraunhofer-Instituts
für Lasertechnik ILT
2000



Zum Jahrtausendwechsel zeigt sich das ILT in neuen Strukturen. Durch die Etablierung von Geschäftsfeldern wollen wir unseren Partnern und Kunden noch besser den Nutzen unserer Leistungen vermitteln. Die Kundenorientierung veranlasste uns, auch die internen Abläufe zu optimieren. Das auf Basis eines Intranets installierte Qualitätsmanagementsystem soll die Transparenz unserer Arbeitsmethodik vergrößern. Im Mai des Jahres führten unsere internen Maßnahmen schließlich zur offiziellen Zertifizierung nach DIN 9001 durch die DQS Deutsche Gesellschaft zur Zertifizierung von Managementsystemen mbH.

In einem systematisch organisierten Dialog zwischen Wirtschaft, Politik und Wissenschaft wurden in Deutschland die Weichen für eine erfolgreiche Zukunft der optischen Technologien gestellt. Mit der »Deutschen Agenda Optische Technologien für das 21. Jahrhundert« entstand die Grundlage für ein technologisches Programm, das über die nächsten Jahre als Beschleuniger der innovativen Kräfte in Deutschland wirken soll. Der Prozess geht weit über die klassischen BMBF-Programme hinaus. In selbstorganisierten Netzwerken werden Innovationspartner aus Wissenschaft und Wirtschaft Märkte, Themen, Prozesse, Projekte und Kooperationen definieren, die die Innovation im Bereich der optischen Technologien auf Weltniveau vorantreiben sollen. Der Zusammenschluss der richtigen Partner in vernetzten Projekten wird zunehmend zum Erfolgsfaktor Nummer eins. Vertikale Strukturen – also sowohl die Einbeziehung der Märkte für den Endkunden als auch der Einschluss grundlegender technisch wissenschaftlicher Lösungen mit dem Charakter des technologischen Alleinstellungsmerkmals – sind unser Erfolgsrezept.

Wir laden Sie ein, sich bei uns über diese Strukturen zu informieren und zu prüfen, wie Sie von diesem Netzwerk und geeigneten Partnern profitieren können.

Technologisch-wissenschaftlich konnten am ILT weitere Meilensteine gesetzt werden. Auch wir profitieren von den strategischen Allianzen mit komplexeren Partnern, wie dem Institut für angewandte Festkörperphysik IAF in Freiburg. Nach 2-jähriger strategischer Projektzusammenarbeit entstand der erste Prototyp eines Hochleistungs-Diodenlasers mit deutlich verbesserter Strahlqualität, der so genannte »Z-Laser«.

In über 200 Projekten konnten Innovationen entwickelt werden, die unsere Partner auf dem Weltmarkt in internationale Führungspositionen gebracht haben. Dazu gehört Fach- und Methodenkompetenz im Institut sowie Produktkompetenz und besonders das Vertrauen unserer Partner. Dafür bedanken wir uns an dieser Stelle sehr herzlich.

Auf den folgenden Seiten dieses Jahresberichtes sind einige Beispiele von Entwicklungsergebnissen zusammengestellt, die Ihnen den Charakter unserer Arbeiten, unserer Zielsetzungen und unseres Vorgehens demonstrieren sollen. Wir sehen positive Signale der Märkte, unserer Kunden und der nationalen Forschungspolitik. Wir freuen uns auf die Zukunft.

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.fhg.de
Internet: www.ilt.fhg.de

Inhalt

Das Institut im Profil	6	Zertifizierung des ILT/LLT- Management-Systems	80
Ansprechpartner	8	Patente	81
Dienstleistungsangebot	10	Dissertationen	82
Das Institut in Zahlen	12	Diplomarbeiten	82
Kundenreferenzen	15	Auszeichnungen	83
Fraunhofer USA Center for Laser Technology CLT	16	Wissenschaftliche Veröffentlichungen	83
Coopération Laser Franco-Allemande CLFA	18	Vorträge	86
Die Fraunhofer-Gesellschaft auf einen Blick	20	Messebeteiligungen	88
Einige ausgewählte Forschungsergebnisse aus den Geschäftsfeldern des ILT		Kongresse und Tagungen	89
Laser und Plasmastrahlquellen	22 - 35	Publikationen	90
Laserfertigungsverfahren	36 - 53	Filme und Multimedia-Software	92
Laseranlagen und Systemtechnik	54 - 67	Informations-Service	94
Lasermess- und Prüftechnik	68 - 79	Impressum	95



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 »Laser- und Plasmastrahlquellen« konzentrieren sich die Entwicklungsaktivitäten auf innovative Dioden- und Festkörperlaser für den industriellen Einsatz sowie auf kompakte Hochleistungsquellen für weiche Röntgenstrahlen in der Halbleiterproduktion. Das Geschäftsfeld »Laserfertigerungsverfahren« löst Aufgabenstellungen zum Schneiden, Abtragen, Bohren, Schweißen, Löten sowie zur Oberflächenbearbeitung und Mikrofertigung. Das Anwendungsspektrum reicht von der Makrobearbeitung über die Nanostrukturierung bis hin zur Biophotonik. Im Geschäftsfeld »Laseranlagen und Systemtechnik« werden Prototypanlagen entwickelt, konstruiert und vor Ort installiert. Prozessüberwachung und -regelung sind ebenso Bestandteil

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

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

Im Anwenderzentrum des Fraunhofer-Instituts für Lasertechnik arbeiten Gastfirmen in eigenen, abgetrennten Labors und Büroräumen. Grundlage für diese spezielle Form des Technologietransfers ist ein langfristiger Kooperationsvertrag mit dem Institut im Bereich der Forschung und Entwicklung. Der Mehrwert liegt in der Nutzung der technischen Infrastruktur und dem Informationsaustausch mit ILT-Experten. 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.



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

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

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

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

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

Die sechzehnte Zusammenkunft des Kuratoriums fand am 15. September 2000 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. Kreuzt, Dr. A. Drenker, Dipl.-Phys. A. Bauer, Dr. R. Noll, Dr. A. Gillner, Dr. D. Petring, Dr. K. Wissenbach, Dr. W. Neff, Dr. K. Du, Dr. B. Weikl, Dr. St. Kaierle, Dr. K. Boucke.

Arbeitsschutzausschuss (ASA)

Der Arbeitsschutzausschuss (ASA) ist für die Lasersicherheit und alle anderen sicherheitstechnischen Fragen im Fraunhofer ILT zuständig. Mitglieder des Ausschusses sind: Dipl.-Ing. Wolfgang Oesterling, L. Bodelier, M. Brankers, Dr. E. W. Kreuzt, 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, Dr. A. Drenker.

Lehrstuhl für Lasertechnik (LLT) der RWTH Aachen

Der Lehrstuhl für Lasertechnik (LLT) ist überwiegend in den Räumen des 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. Reinhart Poprawe M. A., Akademischer Direktor ist Dr. E. W. Kreuzt.

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



Dr. Keming Du (-151)
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 Kaieler (-212)
Abt. Systemtechnik



Dr. Bruno Weikl (-134)
IT-Management



Dr. Alexander Drenker (-223)
Qualitätsmanagement



Dr. Rolf Wester (-401)
Theoretische Grundlagen

Laserkomponenten

- 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

- 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

- Entwicklung, Bau und Erprobung von Lasermess- und Prüfsystemen
- Chemische Analyse von festen, flüssigen und gasförmigen Substanzen mit Laser-Spektroskopie
- Laser-Koordinatenmesssysteme
- Oberflächeninspektion
- Zerstörungsfreie Prüfverfahren
- Schwingungsanalyse
- Interferometrische Messverfahren
- Lasergestützte Temperaturmessung in Gasen
- Echtzeitdatenverarbeitung und Automation

Plasmatechnologie

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

Trenn- und Fügeverfahren

- 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

- 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

- 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

Systemtechnik

- Pilotanlagen
- Integration von Lasertechnik in Fertigungseinrichtungen
- Entwicklung von Sensoren und Regelungssystemen
- Entwicklung von Diodenlasernetzteilen, Funkerosionsgeneratoren und Hochspannungs-Impuls-generatoren
- Nullserien-Applikation
- Anlagenkonzeptionierung
- Steuerungstechnik für Laseranlagen
- Aus- und Weiterbildung

Dienstleistungen

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

- Laserentwicklung
- Fertigungs- und Montagetechnik
- Pulsnetzteile und Steuerungstechnik
- Strahlführung und -formung
- Entwicklung, Aufbau und Test von Pilotanlagen
- Verfahrensentwicklung
- Prozessüberwachung und -regelung
- Muster- und Testserien
- Integration von Lasertechnik in bestehende Produktionsanlagen
- Röntgen- 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
- Dreiaxiale Bearbeitungsstationen
- Strahlführungssysteme
- Robotersysteme

- Sensoren zur Prozessüberwachung für die Lasermaterialbearbeitung
- Direct-writing- und Laser-PVD-Stationen
- Reinräume zur Montage von Diodenlasern, Diodenlasersystemen und diodengepumpten Festkörperlaser
- Diagnosesysteme zur Vermessung von Laserstrahlquellen und Optiken
- Geräte zur Verfahrens- und Prozessdiagnostik sowie zur Hochgeschwindigkeits-Prozessanalyse
- Einrichtungen zur holographischen Schwingungsanalyse und Speckle-Interferometrie
- Lasertriangulationssensoren zur Abstands- und Konturvermessung
- Laser-Koordinatenmessmaschine
- Laser-Spektroskopie-Systeme zur Temperaturmessung in Gasen
- Laser-Spektroskopie-Systeme zur chemischen Analyse von Werkstoffen

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.

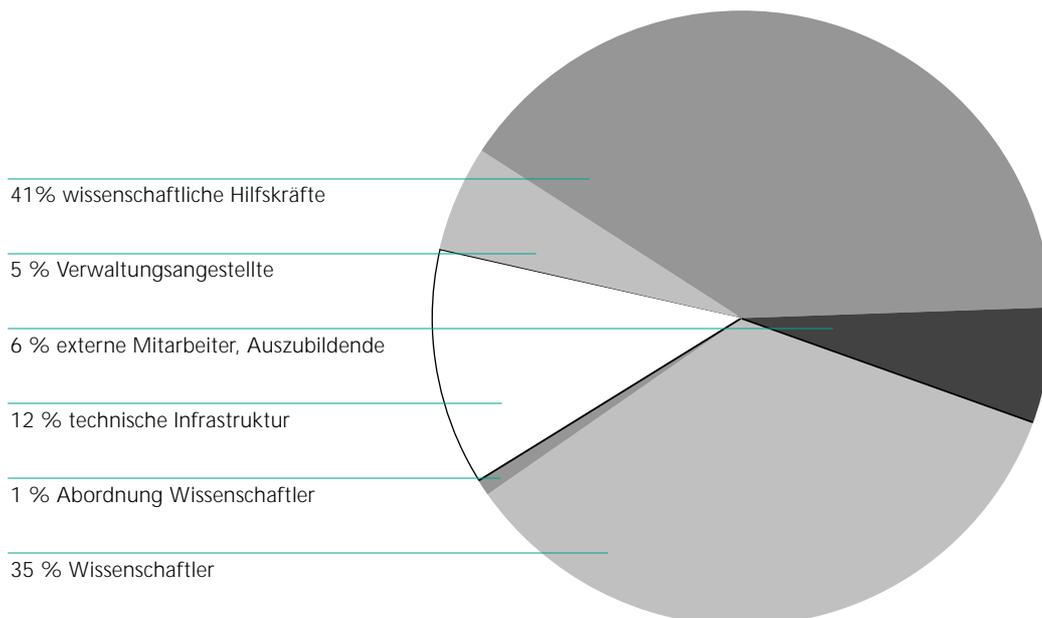
© AVIA-Luftbild, Aachen
Dipl.-Ing. Martin Jochum



Mitarbeiter

Mitarbeiter am Fraunhofer ILT 2000	Anzahl
Stammpersonal	129
- Wissenschaftler und Ingenieure	84
- Abordnung Wissenschaftler	2
- technische Infrastruktur	30
- Verwaltungsangestellte	13
Weitere Mitarbeiter	112
- wissenschaftliche Hilfskräfte	97
- externe Mitarbeiter	12
- Auszubildende	3
Mitarbeiter am Fraunhofer ILT, gesamt	241

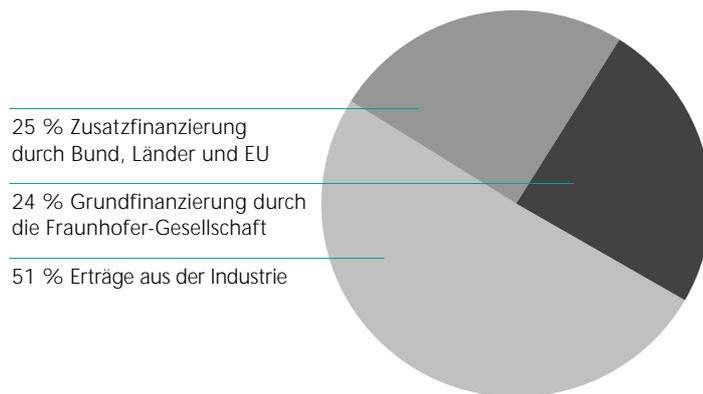
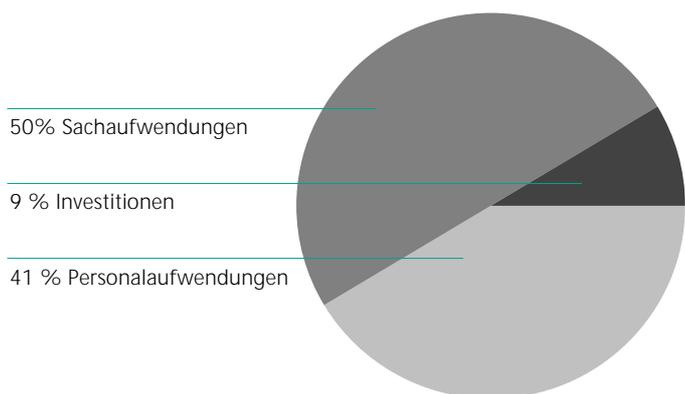
- 25 Mitarbeiter haben eine Tätigkeit in der Industrie aufgenommen
- 11 Mitarbeiter haben ihre Promotion abgeschlossen
- 20 Studenten haben ihre Diplomarbeit am Fraunhofer ILT durchgeführt



Aufwendungen und Erträge (vorläufig)

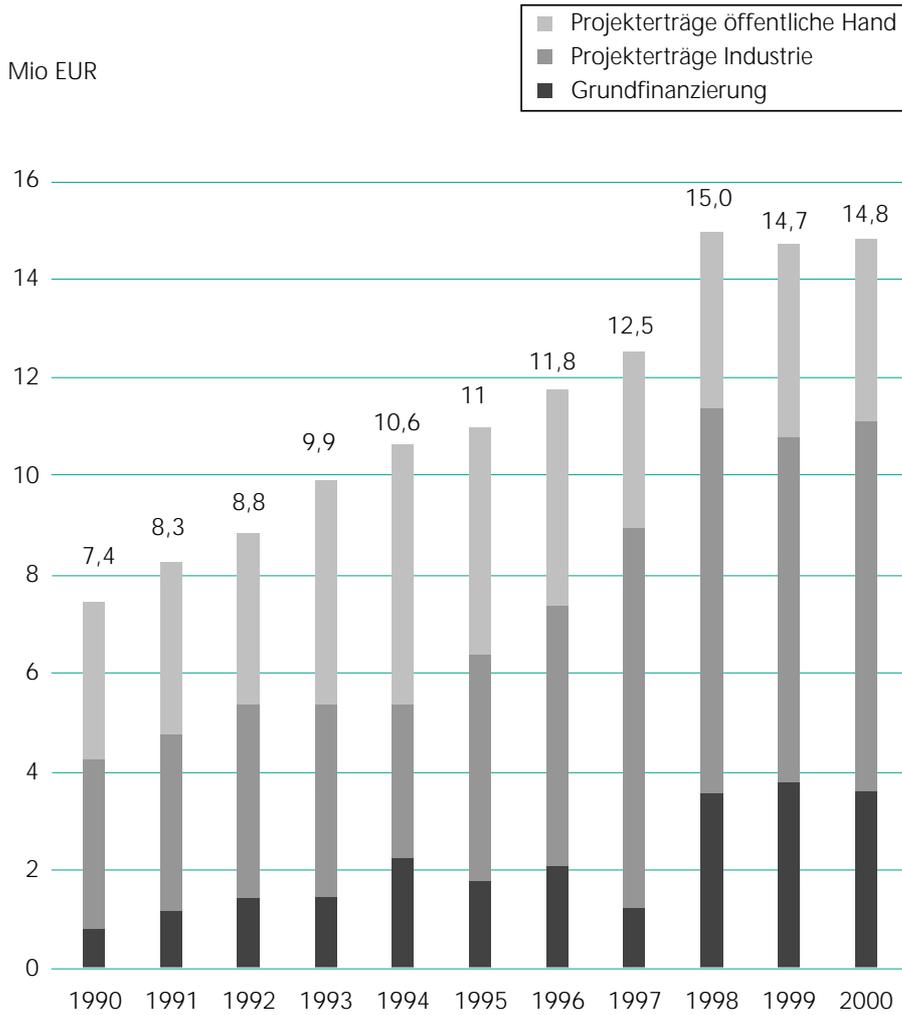
Aufwendungen 2000	Mio. EUR
Betriebshaushalt	14,8
- Personalaufwendungen	6,7
- Sachaufwendungen	8,1
Investitionen	1,4

Erträge Betriebshaushalt 2000	Mio. EUR
- Erträge aus der Industrie	7,5
- Zusatzfinanzierung durch Bund, Länder und EU	3,7
- Grundfinanzierung durch die Fraunhofer-Gesellschaft	3,6
Erträge, gesamt	14,8
- davon entfallen auf Auslandsprojekte	1,0

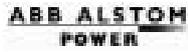


Betriebshaushaltentwicklung

Die Graphik verdeutlicht die Entwicklung des Betriebshaushaltes in den letzten 11 Jahren.

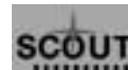


Kundenreferenzen



HEIDELBERG INSTRUMENTS

Heraeus



Thyssen Laser-Technik Aachen



Stand Februar 2001
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 1250m². 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.

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
- JMC Technology Group
- Johnson Controls
- Natural Resources Canada
- Nuvonyx
- Picometrix, Inc.
- Praxair Surface Technologies, Inc.
- Remmele Engineering, Inc.
- RS Electronics
- Warner-Lambert Company
- Trumpf
- Tailor Steel
- T&H Lemont
- Visteon

Aufwendungen

Betriebshaushalt 2000*

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

*Nachkalkulation ist noch nicht erfolgt

Ihr Ansprechpartner



Dr. Stefan Heinemann
Direktor

46025 Port Street
Plymouth
Michigan 48170
USA

Telefon: ++1 / 734 / 354 -6300
Fax: ++1 / 734 / 354 -3335
E-Mail: sheinemann@clt.fraunhofer.com

www.clt.fraunhofer.com

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 Excimer-laser 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 12 Mio. Francs (ca. 1,8 Mio Euro). Die Kunden der CLFA kommen aus allen Bereichen der französischen Wirtschaft (siehe Abbildung): 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

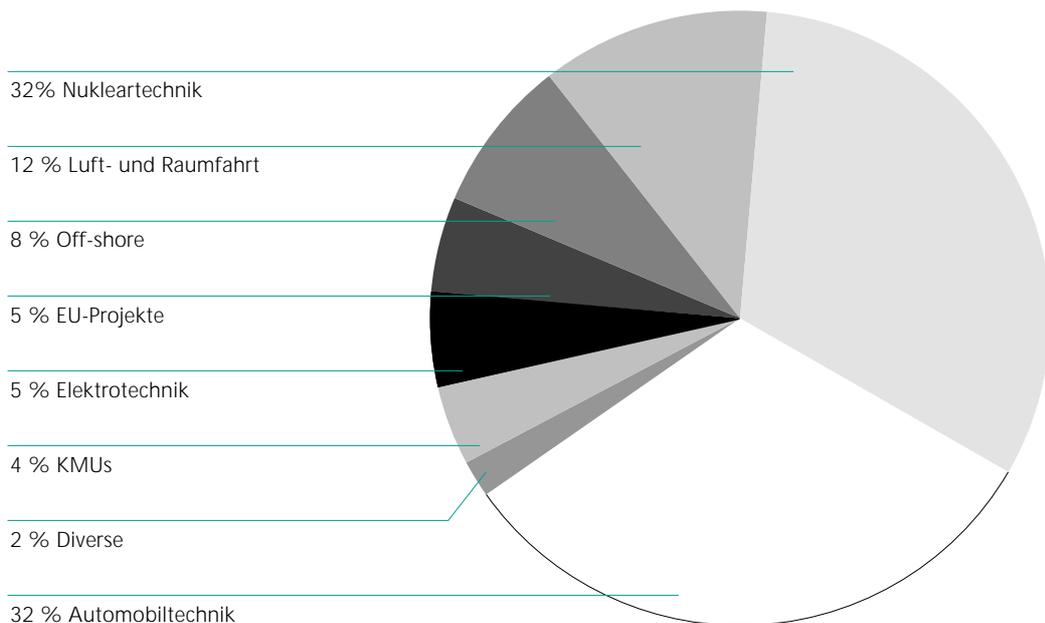
16 bis, avenue Prieur de la Côte d'Or
94114 Arcueil Cedex
Frankreich

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 Deutschland. 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. Im Auftrag und mit Förderung durch Ministerien und Behörden des Bundes und der Länder werden strategische Forschungsprojekte durchgeführt, die zu Innovationen im Bereich von Schlüsseltechnologien und im öffentlichen Nachfragebereich (Energie, Verkehr, Umwelt) beitragen.

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 48 Forschungseinrichtungen an Standorten in der gesamten Bundesrepublik. Rund 9600 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter, überwiegend mit natur- oder ingenieurwissenschaftlicher Ausbildung, erarbeiten das jährliche Forschungsvolumen von rund 760 Mio Euro. Davon fallen mehr als 650 Mio Euro auf den Leistungsbereich Vertragsforschung.

Rund zwei Drittel dieses Leistungsbereichs erwirtschaftet die Fraunhofer-Gesellschaft aus Aufträgen der Industrie und öffentlich finanzierten Forschungsprojekten. 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 öffentlichem Interesse sind, wie Umweltschutz, Energietechniken und Gesundheitsvorsorge. Im Rahmen der Europäischen Union beteiligt sich die Fraunhofer-Gesellschaft an den entsprechenden Technologieprogrammen.

Das Leistungsangebot

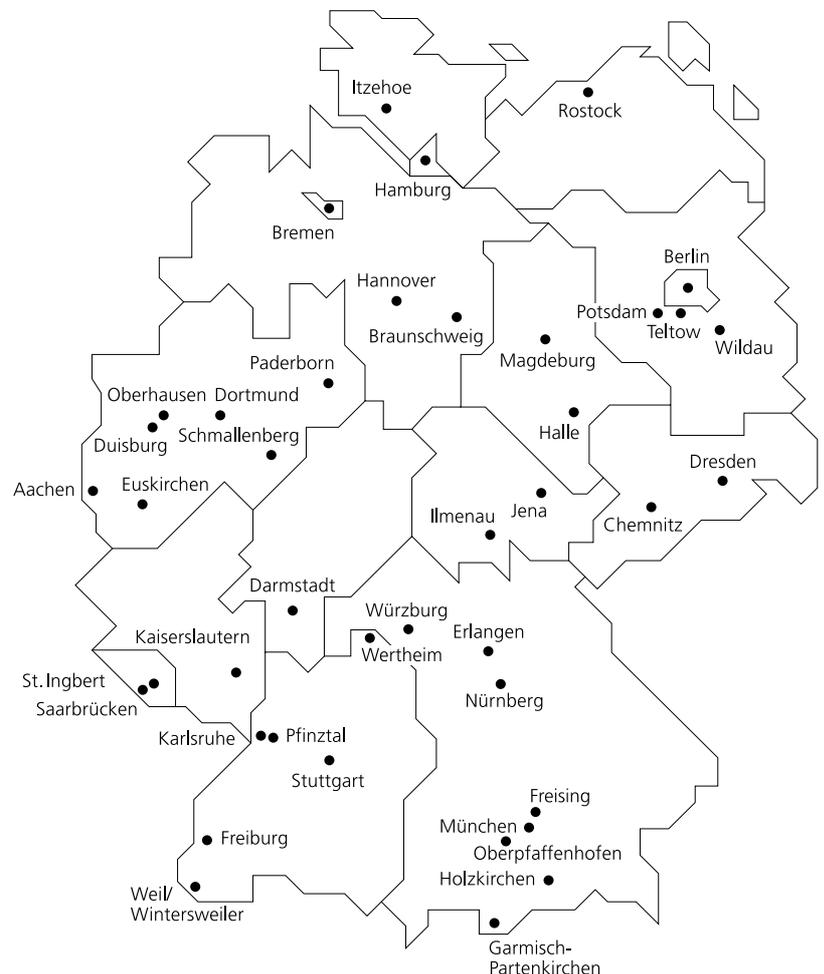
Die Fraunhofer-Gesellschaft entwickelt Produkte und Verfahren bis zur Anwendungsreife. Dabei werden in direktem Kontakt mit dem Auftraggeber individuelle Lösungen erarbeitet. Je nach Bedarf arbeiten mehrere Fraunhofer-Institute zusammen, um auch komplexe Systemlösungen zu realisieren. Im einzelnen werden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

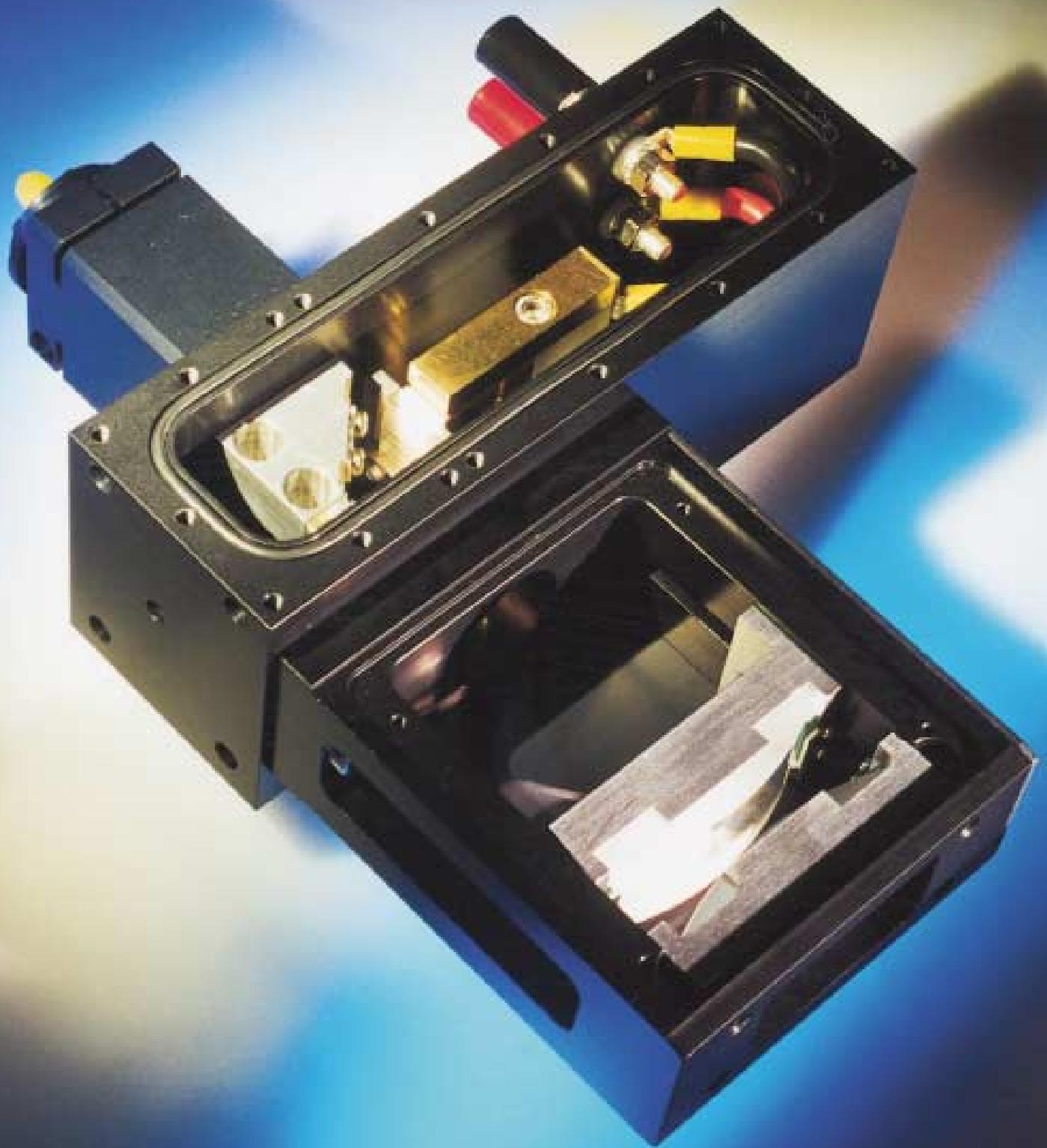
- Optimierung und Entwicklung von Produkten bis hin zur Herstellung von Prototypen
- Optimierung und Entwicklung von Technologien und Produktionsverfahren
- Unterstützung bei der Einführung neuer Technologien durch:
 - Erprobung in Demonstrationszentren mit modernster Geräteausstattung
 - Schulung der 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 Vorlauforschung bringt die Fraunhofer-Gesellschaft bereits als Startkapital in die Partnerschaft ein.

Die Standorte der Forschungseinrichtungen





Laser- und Plasmastrahlquellen

Diodenlasermodul mit räumlich und zeitlich veränderbarem Intensitätsprofil	24
Modularer Härtelaser	25
Diodenendgepumpter Hochleistungs-Slablaser	26
Diodengepumpter ps-Verstärker in Slab Geometrie	27
Frequenzverdoppelter Festkörperlaser zur Innengravur transparenter, dielektrischer Materialien	28
Hochleistungsmessstand zur Charakterisierung von Hochleistungs-Diodenlasern	29
Numerische Simulation neuer Diodenlaserstrukturen	30
Strahlquelle für die EUV-Lithographie	31
Flüssig-Xenon-Target für laserbasierte EUV-Quellen	32
Messtechnik für extrem ultraviolette Strahlung	33
Entkeimung von Packstoffen mit Atmosphärendruckplasmen	34

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.

Diodenlasermodul mit räumlich und zeitlich veränderbarem Intensitätsprofil

Aufgabenstellung

Fertigungsverfahren mit Laserstrahlung wie das Schweißen von Kunststoffen, das Härten von metallischen Oberflächen (z. B. Laufschiene) oder das Rapid Prototyping gewinnen zusätzlich an Flexibilität, wenn das Intensitätsprofil an die jeweilige Geometrie des Werkstückes angepasst werden kann. Neben der zeitlichen Variation ist oft auch eine örtliche Anpassung des Intensitätsprofils unerlässlich. Während die zeitliche Modulation über die Pumpenergie des Lasers erfolgt, ist die örtliche Änderung des Intensitätsprofils bei konventionellen Diodenlasersystemen nur durch die Wahl einer anderen Optik (Linsen, Blenden, Strahltransformationsoptik) möglich.

Im Rahmen des Projektes »Modulare Diodenlaser-Systeme (MDS)« soll eine steuerbare Lötzeile für das Auflöten von Elektronik-Bauteilen auf Platinen entwickelt werden. Diese Zeile soll eine Länge von 10 mm und eine Breite von 150 μm haben und in 150 μm lange Abschnitte unterteilt sein. Die einzelnen Abschnitte sollen individuell ansteuerbar sein.

Vorgehensweise

Hochleistungs-Diodenlaserbarren bestehen aus einem linearen Array einzelner Diodenlaser, das durch Anzahl, Breite und Abstand der einzelnen Diodenlaser gekennzeichnet ist. Stand der Technik ist die elektrische Parallelschaltung aller Diodenlaser in einem solchen Hochleistungs-Diodenlaserbarren. Durch Einzelkontaktierung mittels Wedge-Bonding kann jeder dieser einzelnen Diodenlaser individuell

hinsichtlich Leistung angesteuert werden. Durch die geeignete Wahl von speziellen Hochleistungs-Diodenlaserbarren mit einer Emitterbreite von 150 μm und einem Emitterabstand von 500 μm entsteht durch die gezielte Verschachtelung dreier Hochleistungs-Diodenlaserbarren eine quasi geschlossene Linie. Die Verschachtelung erfolgt mittels räumlichen Polarisations- oder Wellenlängen-Multiplexings. Mit einer telezentrischen 1:1 Optik wird diese Linienstrahlquelle auf das Werkstück abgebildet.

Ergebnisse und Anwendungen

Das Gerät befindet sich im Aufbau und die Einzelkontaktierung wurde bereits erfolgreich durchgeführt. Eine Ausgangsleistung von ca. 1 W pro 150 x 150 μm^2 Spot wird erwartet. Das Gerät ist modular konzipiert, so dass sich die 10 mm lange Zeile beliebig erweitern lässt.

Ansprechpartner

Dipl.-Ing. M. Röhner, Tel.: -195
Dr. K. Du, Tel.: -151

Aufgabenstellung

Im Rahmen des BMBF-Leitprojektes »Modulare Diodenlaser Strahlwerkzeuge« wird ein Diodenlasermodul zum flexiblen Einsatz in diversen oberflächentechnischen Anwendungen entwickelt. Mehrere Einzelmodule können zu einem Strahlwerkzeug angeordnet werden, das gezielt der Bearbeitungsaufgabe angepasst ist.

Vorgehensweise

Von den Projektpartnern wurden als Spezifikation für das Lasergerät eine Strahlabmessung im fokussierten Strahl von 2 x 4 mm bei einer Leistungsdichte von 5000 W/cm² vorgegeben. Durch die Integration eines Zylinderteleskops kann die Strahlabmessung in der langen Achse (slow axis) in einem Bereich von 4 - 8 mm variiert werden. Die Bearbeitungsoptik hat eine Brennweite von 150 mm.

Ein Stapel von 10 Hochleistungsdiodenlaserbarren mit einer Laserleistung von 400 W dient als Strahlquelle des Einzelmoduls. Die zentrale Wellenlänge liegt bei 805 nm. Die einzelnen Barren werden in fast und in slow axis kollimiert. Damit die optischen Komponenten dem Bearbeitungsalltag standhalten, werden diese in ein robustes hermetisch dichtes Gehäuse eingebaut. Das Zylinderteleskop ist als Galileiteleskop mit 3-fach Aufweitung in slow axis konzipiert.

Zur Regelung des Bearbeitungsprozesses wird das Temperatursignal aus der Bearbeitungszone genutzt. Über den Faseradapter wird die Wärmestrahlung in eine Faser eingekoppelt und bis zum Detektor geführt. Das Temperatursignal wird für jedes Modul einzeln detektiert. Es werden 10 Module aufgebaut. Die elektrische Versorgung erfolgt über am Fraunhofer ILT entwickelte Netzgeräte des Typs DIOCURRENT.

Ergebnisse und Anwendungen

Nach dem Funktionstest an einem Prototypen wurden weitere 9 Module aufgebaut. Die Verschiebung des 2. Teleskopspiegels ermöglicht die Einstellung der Strahlachse (slow axis) in dem gewünschten Bereich von 4 - 8 mm. Die Laserleistung pro Modul beträgt 380 W - 420 W. Die Regelung eines Aufhärteprozesses wurde mit der Anordnung von 4 Einzelmodulen erfolgreich durchgeführt. Die Erweiterung auf 10 Module wird derzeit durchgeführt.

Ansprechpartner

Dipl.-Ing. H.-D. Plum, Tel.: -197
Dr. K. Du, Tel.: -151



Diodengepumpter Hochleistungs-Slablaser

Aufgabenstellung

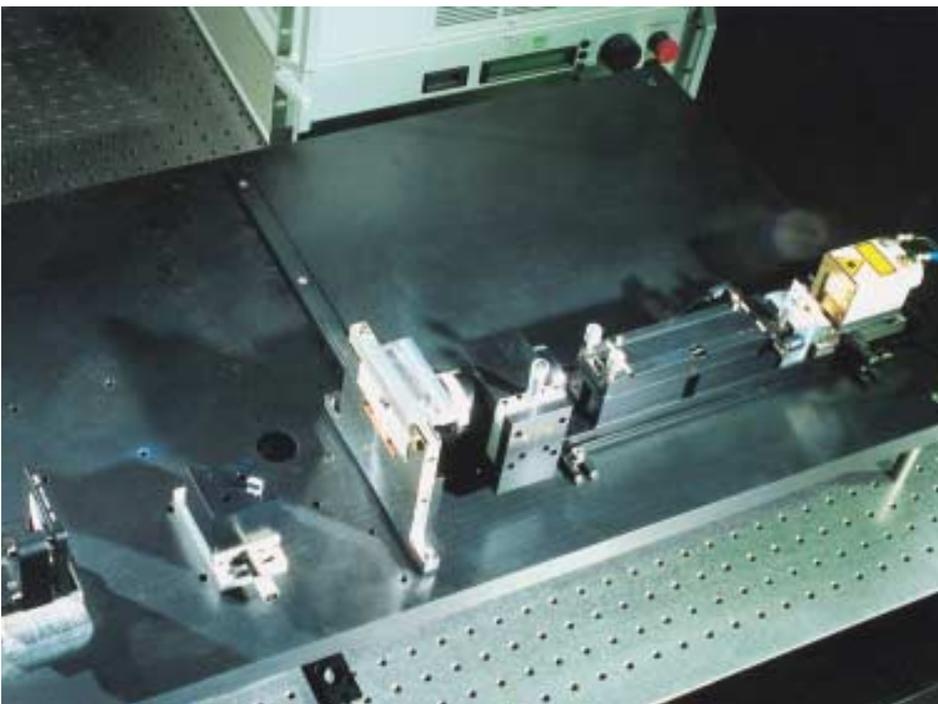
Im Vergleich zu Lampen sind Diodenlaser für das Pumpen von Festkörperlaser wegen ihrer Formbarkeit besonders geeignet. Breite Umsetzung in die Praxis hat der diodenendgepumpte Stablaser gefunden. Hier wird die Diodenlaserstrahlung mittels Fasern durch das Stabende in den Kristall fokussiert und somit ein optimaler Überlapp zwischen Pumpvolumen und Modenvolumen realisiert. Die Skalierbarkeit dieser Pumpanordnung ist jedoch wegen der kleinen Pumpfläche und der dadurch bedingten hohen thermischen Belastung des Laserkristalls begrenzt.

Ziel der Untersuchung zu diodenendgepumpten Stablasern ist die Skalierung der Ausgangsleistung in den 1000 W-Bereich mit einer Strahlqualität von $M^2 < 10$ für die Präzisionsbearbeitung.

Vorgehensweise

Bei dem im Bild gezeigten Stablaserkonzept wird anstatt eines stabförmigen ein plattenförmiges Lasermedium mittels eines Diodenlaserstacks endgepumpt. Das gepumpte Volumen hat einen rechteckigen Querschnitt mit einem Aspektverhältnis größer 10. Das gesamte Slabvolumen wird nur teilweise ausgefüllt. Der Slab wird über die großen Flächen kontaktgekühlt. Das rechteckige Pumpvolumen wird durch einen Hybridresonator ausgenutzt, der in der Richtung der geringen Abmessung stabil und in der dazu senkrechten Richtung instabil betrieben wird.

Zur Optimierung der Pumpanordnung wurde ein 2D-Ray-Tracing und ein 3D-thermomechanisches Modell entwickelt. Ziel der Optimierung ist ein vollständig homogen ausgeleuchtetes rechteckiges Pumpvolumen, so dass bei Kühlung der breiten Flächen des Kristalls eine eindimensionale Wärmeleitung und eine minimale thermo-optische Phasenstörung vorliegt.



Ergebnisse und Anwendungen

Der Laser wurde mit zwei Stacks aus je 20 Diodenlasern gepumpt und lieferte eine cw-Ausgangsleistung von 500 W mit einer Strahlqualität $M^2 \leq 5$ bei einem optisch-optischen Wirkungsgrad von über 40 %.

An einer Steigerung der Ausgangsleistung wird gearbeitet.

Ansprechpartner

Dipl.-Phys. G. Schmidt, Tel.: -303
Dr. K. Du, Tel.: -151

Diodengepumpter ps-Verstärker in Slab Geometrie

Aufgabenstellung

Diodengepumpte Festkörperlaser zeichnen sich durch hohe Effizienz und Strahlqualität aus. Die Ausgangsleistung von Grundmodelasern mit Pulsdauern im Bereich von Pikosekunden sind auf einige Watt begrenzt. Zur Erzeugung von Laserstrahlung höherer Leistung werden sogenannte MOPA (Master Oszillator Power Amplifier) eingesetzt. Dabei wird die geringe Strahlungsleistung eines Lasers (Seeder) in einer Verstärkeranordnung erhöht, ohne die Strahlqualität und Pulsform signifikant zu ändern.

Ziel der Untersuchung ist der Aufbau einer Verstärkerstufe für einen Pikosekunden Seeder mit einer Repetitionsrate von $w = 100$ MHz, einer Ausgangsleistung > 40 W und einer Strahlqualität $M^2 < 1.2$

Vorgehensweise

Die diodengepumpte Verstärkerstufe wird innerhalb des quaderförmigen Nd:YVO₄ - Laserkristalls (Slab) mit einem großen Aspektverhältnis durch einen Stack gepumpt. Die Strahlung der Pumpquelle wird in einem Wellenleiter so homogenisiert, dass am Ort des Kristalls in der breiten Richtung eine »top-hat« Verteilung und in der schmalen Richtung eine Gauss-ähnliche Verteilung entsteht. Der Seederstrahl durchläuft den Hybridresonator mehrfach in einer Multipassanordnung. In der schmalen Richtung bildet sich ein stabiler Mode, der durch die Wirkung der thermischen Linse bestimmt ist. In der breiten Richtung wird der Strahl mit jedem Umlauf aufgeweitet, wodurch die Intensität nahezu konstant im Bereich der Sättigungsintensität bleibt.



Ergebnisse und Anwendungen

Der Verstärker wurde durch einen Stack gepumpt. Bei einer Seederleistung von 3.5 W wurde eine Ausgangsleistung von 47 W mit einer Strahlqualität $M^2 = 1.08$ gemessen. Das Ziel weiterer Arbeiten ist die Leistungskalierung der einzelnen Verstärkerstufe und der Aufbau mehrstufiger Systeme.

Ansprechpartner

Dipl.-Ing. J. Gieseke, Tel.: -343
Dr. K. Du, Tel.: -151

Frequenzverdoppelter Festkörperlaser zur Innengravur transparenter, dielektrischer Materialien

Aufgabenstellung

Zur Erzeugung von Markierungen innerhalb von transparenten, dielektrischen Materialien haben sich vom Fraunhofer-Institut für Lasertechnik entwickelte Festkörperlaser bewährt. Die Systeme bestehen aus einem Laserkopf mit Diodenlaser-endgepumptem Laseroszillator, einem Kühler und einer Steuer- und Stromversorgungseinheit, in der sich auch die Pumpquelle befindet. Diese Laser erreichen Pulsleistungen von einigen 100 kW bei Pulsdauern von weniger als 10 ns und Pulsfolgefrequenzen von bis zu 750 Hz. Die erzeugten Markierungen haben Durchmesser von typischerweise ca. 0,1 bis 0,3 mm.

Noch kleinere Durchmesser lassen sich durch Frequenzverdopplung der Laserstrahlung erzeugen. Zur Erhöhung der Beschriftungsraten sind höhere Pulsfolgefrequenzen erwünscht.

Vorgehensweise

Ausgehend vom erwähnten Lasersystem wurde ein frequenzverdoppelter Nd:YAG-Laser entwickelt. Der Laseroszillator wurde zunächst erweitert, um die mittlere Ausgangsleistung des Lasers zu erhöhen. Dadurch kann die Pulsfolgefrequenz des Lasers erhöht werden, ohne die zur Glasmarkierung notwendige Pulsenergie und Strahlqualität zu unterschreiten. Ein Teil der

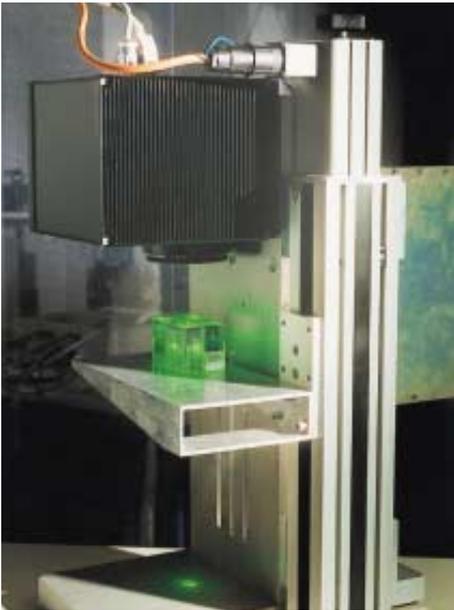
höheren Ausgangsleistung dient der Kompensation der Verluste bei der Frequenzkonversion. Die Frequenzverdopplung der Laserstrahlung erfolgt außerhalb des Resonators. Laseroszillator und die Frequenzverdopplung wurden in einem robusten, hermetisch gekapselten Laserkopf integriert. Dieser Laserkopf wird über einen flexiblen Versorgungsstrang mit Pumplicht, Kühlmittel sowie den erforderlichen Steuersignalen versorgt.

Ergebnisse und Anwendungen

Erste Versuche mit dem System zeigten, dass sich mit der frequenzverdoppelten Laserstrahlung deutlich feinere Strukturen in Glas erzeugen lassen. Dabei konnten die Pulsfolgefrequenzen auf bis zu 2 kHz erhöht werden. Zur Zeit befindet sich der Prototyp dieses Lasers in der Erprobung.

Ansprechpartner

Dipl.-Ing. D. Hoffmann, Tel.: -206
Dipl.-Ing.(FH) A. Schwanekamp,
Tel.: -414
Dr. K. Du, Tel.: -151



Innengravur von Glas
mit frequenzverdoppeltem
Nd:YAG-Laser

Hochleistungsmessstand zur Charakterisierung von Hochleistungs-Diodenlasern

Aufgabenstellung

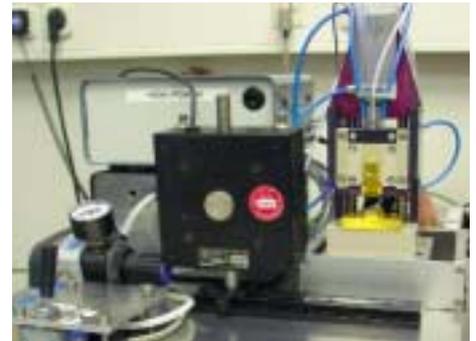
Um die Leistungsgrenzen neuer Halbleiterlaserstrukturen und das Packaging von Hochleistungs-Diodenlasern zu bestimmen, muss der Diodenlaser unter extremen Anforderungen betrieben und charakterisiert werden. In diesem Fall soll das Verhalten von Hochleistungs-Diodenlasern bei sehr hohen Strömen untersucht werden. Dabei muss der Diodenlaser besonders stark gekühlt werden, um ein thermisches Überrollen zu verhindern.

Vorgehensweise

Die optimale Kühlung ergibt sich aus der Kombination von Mikrokanalwärmesenke und einem im Diodenhalter integrierten Kühler für das N-Kontaktblech. Die Stromzuführungen und Kontakte zum Diodenlaser sind speziell für extrem hohe Ströme ausgelegt. Um einen guten elektrischen und thermischen Kontakt zu gewährleisten, wird der Diodenlaser pneumatisch eingespannt. Die elektrische Versorgung erfolgt durch neun parallel geschaltete 40A-Netzteile. Damit ist ein Treiberstrom von bis zu 360A möglich. Das System kann auf 16 Netzteile aufgerüstet werden, so dass dann Treiberströme bis zu 640A zur Verfügung stehen. Im Messstand werden Spannung, Strom und optische Ausgangsleistung gemessen. Daraus werden Schwellenstrom, Steigung und Wirkungsgrad des Hochleistungs-Diodenlasers berechnet.

Ergebnisse und Anwendungen

Am Fraunhofer-Institut für angewandte Festkörperphysik IAF in Freiburg wurden spezielle Hochleistungs-Laserbarren mit 2 mm Resonatorlänge und einer Wellenlänge von 980 nm hergestellt. Die Diodenlaser wurden anschließend am Fraunhofer-Institut für Lasertechnik ILT aufgebaut und mit dem Hochleistungsmessstand charakterisiert. Mit diesen Diodenlasern ist ein Weltrekord von 267 W Ausgangsleistung bei 330 A Treiberstrom aufgestellt worden.



Ansprechpartner

Dipl.-Phys. C. Scholz, Tel.: -423
Dipl.-Ing. C. Heuer, Tel.: -309
Dr. K. Boucke, Tel.: -132

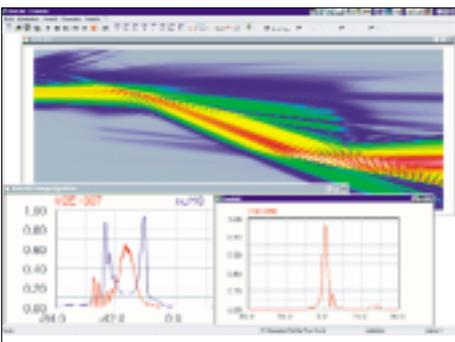


Numerische Simulation neuer Diodenlaserstruk- turen

Aufgabenstellung

Um Diodenlasermodule mit hoher Brillanz realisieren zu können, werden Diodenlaser mit hoher Ausgangsleistung bei gleichzeitig hoher Strahlqualität benötigt. Eine Verbesserung der Strahlqualität kann durch die Optimierung der lateralen Diodenlaserstruktur erreicht werden oder durch die Entwicklung vollständig neuartiger Diodenlaserstrukturen.

In beiden Fällen sind numerische Simulationsrechnungen erforderlich, um Aufwand und Kosten der experimentellen Vorentwicklung zu reduzieren.



Vorgehensweise

Zur Durchführung numerischer Simulationen wurde eine Windows-basierte Simulationssoftware entwickelt. Eine graphische Benutzeroberfläche und die Verwendung weitgehend experimentell bestimmbarer, phänomenologischer Parameter zur Beschreibung von Material- und Struktureigenschaften führen zu einer einfachen, intuitiven Bedienbarkeit der Software. Durch die Optimierung des numerischen Algorithmus wird eine hohe Ausführungsgeschwindigkeit erreicht, so dass die Simulation typischer Diodenlaserstrukturen interaktiv und nahezu ohne Wartezeiten erfolgen kann.

Ergebnisse und Anwendungen

Die Simulationssoftware wurde zur Entwicklung einer neuartigen lateralen Diodenlaserstruktur am Fraunhofer-Institut für Lasertechnik ILT eingesetzt. Auf Basis der Simulationsergebnisse wurde diese neue Diodenlaserstruktur, der »Z-Laser«, mittels konventioneller Epitaxie- und Ätzverfahren am Fraunhofer-Institut für Angewandte Festkörperphysik IAF realisiert. Die an ersten Testexemplaren gemessene Abstrahlcharakteristik zeigt eine sehr gute Übereinstimmung mit der Vorhersage durch die Simulation. Gegenüber konventionellen Hochleistungs-Diodenlasern weist der »Z-Laser« eine um den Faktor fünf verbesserte Strahlqualität auf.

Weitere Optimierungen sind erforderlich, um Ausgangsleistung und Wirkungsgrad des »Z-Lasers« zu steigern. Auch hierzu wird die entwickelte Simulationssoftware eingesetzt.

Ansprechpartner

Dr. K. Boucke, Tel.: -132

Strahlquelle für die EUV-Lithographie

Aufgabenstellung

Der Vorstoß zu kleineren Strukturgrößen höherer Packungsdichte sowie höherer Prozessgeschwindigkeit in den Halbleiterbauelementen erfordert eine Ablösung der bisherigen optischen Lithographie. Angestrebt sind dabei Strukturgrößen im Bereich von 30 nm.

Als aussichtsreichster Kandidat gilt die extrem ultraviolett (EUV) Lithographie, die als Fortsetzung der optischen Lithographie bei kleineren Wellenlängen angesehen werden kann. Diese Technologie erfordert den Übergang von transmittierenden Linsen zu reflektierenden Spiegelsystemen auf der Basis von Vielschichtspiegeln.

Neben einem neuem Design des optischen Systems stellt die Bereitstellung einer Strahlungsquelle bei einer Wellenlänge um 13 nm die größte technologische Herausforderung dar.

Die Halbleiterindustrie und die Hersteller von Belichtungsstationen bevorzugen dabei kompakte und im Vergleich zum Synchrotron kostengünstige plasmabasierte Strahlungsquellen. Dies sind entweder laserinduzierte Plasmen oder Gasentladungsplasmen. Bisher konnten allerdings mit keinem Konzept die Anforderungen - insbesondere hinsichtlich der Strahlungsleistung - erfüllt werden.

Vorgehensweise

Am Fraunhofer ILT laufen Untersuchungen sowohl zu den laserinduzierten Plasmen mit Schwerpunkt auf die Bereitstellung eines kostengünstigen Pulslasers und eines Flüssig-Xenon-Targets als auch zu den Gasentladungsplasmen.

Bei dem Gasentladungskonzept wird in einer gepulsten elektrischen Entladung ein mehrere 100.000 Grad heißes Plasma erzeugt, welches thermische Strahlung im Spektralbereich von ca. 10 nm bis 20 nm emittiert.

Ergebnisse und Anwendungen

Hinsichtlich mittlerer Leistung, Lebensdauer, Wiederholrate und schneller Verfügbarkeit liefert zur Zeit das Gasentladungskonzept die überzeugendsten Antworten auf die von der Halbleiterindustrie gestellten Anforderungen. Da das Konzept den höchsten Entwicklungsstand erreicht, wird die Fraunhofer ILT-Strahlungsquelle in eine erste Belichtungsstation eingesetzt.

Ansprechpartner

Dr. K. Bergmann, Tel.: -302
Dr. W. Neff, Tel : -142



Gasentladungsquelle für EUV-Strahlung mit Steuereinheit. Bei einer elektrisch zugeführten Leistung von 2 kW werden ca. 10 W EUV Strahlung in einem Bereich von 10 nm - 16 nm Wellenlänge erzeugt.

Flüssig-Xenon-Target für laserbasierte EUV-Quellen

Aufgabenstellung

Die extrem ultraviolett (EUV) Lithographie gilt als aussichtsreichster Kandidat zur Ablösung der bisherigen optischen Lithographie in den kommenden Jahren. Mit Strahlung um 13 nm Wellenlänge sollen Strukturgrößen von Halbleiterbauelementen bis zu 30 nm verkleinert werden.

Die Entwicklung von Strahlungsquellen, die bei 13 nm einen hinreichend hohen Photonenfluss liefern, um den nötigen Waferdurchsatz zu erzielen, wird derzeit weltweit mit großem Nachdruck verfolgt.

Aussichtsreiche Kandidaten sind Quellen, bei denen ein möglichst punktförmiges Plasma mit einer Temperatur von mehreren 100.000 Grad erzeugt wird. Zur Zeit werden sowohl gasentladungs- als auch laserbasierte Quellen untersucht. Am Fraunhofer ILT wird an beiden Verfahren gearbeitet.

Vorgehensweise

Zur Erzeugung laserbasierter Quellen wird die Strahlung eines Pulslasers mit einer mittleren Ausgangsleistung von mehreren Kilowatt und Pulsdauern im Piko- bis Nanosekundenbereich auf ein Target fokussiert. Material und Struktur des Targets spielen für die Konversionseffizienz der Laserstrahlung in EUV-Strahlung zusammen mit den Laserpulsparametern eine entscheidende Rolle. Zusätzlich muss noch beachtet werden, dass das von den Laserpulsen erzeugte Plasma nicht zu Ablagerungen auf den optischen Komponenten des Lithographiesystems führt.

Als Kompromisslösung wird derzeit das Edelgas Xenon als Targetmaterial weltweit präferiert. Um die nötige Materialdichte zur effizienten Wechselwirkung mit der Laserstrahlung zu erreichen, wird das Xenon zunächst in einem Kaltkopf verflüssigt und mittels Überdruck durch eine Düse in eine Vakuumkammer gesprüht. Je nach Düse kann eine jet- oder eine nebelartige Struktur erzielt werden.

Ergebnisse und Anwendungen

Die Apparatur ist so ausgelegt, dass ein Xenonjet mit einem Durchmesser von bis zu 50 µm erzeugt werden kann, der an den Fokussdurchmesser des am Fraunhofer ILT entwickelten Pulslasers angepasst ist. Dadurch kann eine optimale Konversion des Laserlichtes in EUV-Strahlung erzielt werden.

Um bei einem kontinuierlichen Betrieb des Xenon-Targets die Betriebskosten durch den hohen Xenondurchsatz zu senken, ist eine Lösung für das Recycling von Xenon integriert.

Ansprechpartner

Dr. W. Neff, Tel.: -142



Versuchsaufbau
»Flüssig-Xenon-Target«

Messtechnik für extrem ultraviolette Strahlung

Aufgabenstellung

Der Spektralbereich der extremen ultravioletten Strahlung (EUV) bei etwa ein Zehntel der Wellenlänge des Ultravioletts gewinnt nicht zuletzt durch die verstärkten Aktivitäten der Halbleiterindustrie auf dem Gebiet der EUV-Lithographie an Bedeutung.

Insbesondere stellt die zuverlässige Charakterisierung der Strahlquelle hinsichtlich Parameter wie absoluter Photonenfluss oder der Abstrahlcharakteristik im interessanten Spektralbereich um 13 nm Wellenlänge ein noch nicht vollständig gelöstes Problem dar.

Vorgehensweise

Zur Charakterisierung von EUV-Strahlungsquellen wurden zur Vermessung der Quellgeometrie, des Photonenflusses, der spektralen Emissionscharakteristik sowie der Puls-zu-Puls Stabilität zwei Messwerkzeuge aufgebaut. Eine modulare Bauweise ermöglicht dabei insbesondere, die Messwerkzeuge den Erfordernissen vor Ort anzupassen.

Der Transmissionsgitterspektrograph besteht aus einem Transmissionsgitter, an dem die EUV-Strahlung wellenlängenselektiv gebeugt wird. Als ortsauflösender Detektor wird eine CCD Kamera verwendet. Der Aufbau ermöglicht es, neben dem Transmissionsgitter auch andere optische Elemente in den Strahlengang einzubringen. So zum Beispiel ein Pinhole, mit dem eine Lochkamera zur Vermessung der Quellgeometrie im EUV-Bereich realisiert wird.

Das zweite Messwerkzeug besteht aus zwei Multilayerspiegeln. Diese besitzen eine hohe Reflektivität für Strahlung aus dem EUV-Bereich. Zusammen mit einer Photodiode als Detektor kann mit diesem Werkzeug die in die Spiegelbandbreite (etwa 2%) emittierte Strahlung zeitaufgelöst vermessen werden.

Ergebnisse und Anwendungen

Beide Messwerkzeuge wurden bei der Physikalisch-Technischen-Bundesanstalt in Berlin an einer Synchrotronstrahlungsquelle kalibriert. Mit diesen Messwerkzeugen wurden verschiedene gepulste Plasmaquellen (laserinduzierte Plasmen und Gasentladungsplasmen) vermessen. Durch die Verwendung derselben Messwerkzeuge wurde ein direkter Vergleich der Quellen ermöglicht.

Ansprechpartner

Dipl.-Phys. O. Rosier, Tel.: -302
Dr. W. Neff, Tel.: -142

Kompakter Leistungsmonitor für EUV-Strahlung im Bereich um 13 nm Wellenlänge auf Basis von Multilayerspiegeln und einer Photodiode.



Entkeimung von Packstoffen mit Atmosphärendruckplasma

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, die aber in Bezug auf Umweltverträglichkeit und betriebliche Handhabung Nachteile mit sich bringen. Ziel ist es, umweltverträglichere neue Verfahren zu entwickeln, die industriell einsetzbar sind.

Vorgehensweise

Plasmen bei Atmosphärendruck, wie sie in einer Barrierenentladung erzeugt werden, können ebenfalls zur Entkeimung von Packstoffen verwendet werden. Ausgenutzt wird dabei, dass in solchen Plasmen in Abhängigkeit von der verwendeten Gasart UV-Licht emittiert wird, das 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 Entladungsanordnungen behandelt und die Anzahl der überlebenden Keime ausgewertet.

Ergebnisse und Anwendungen

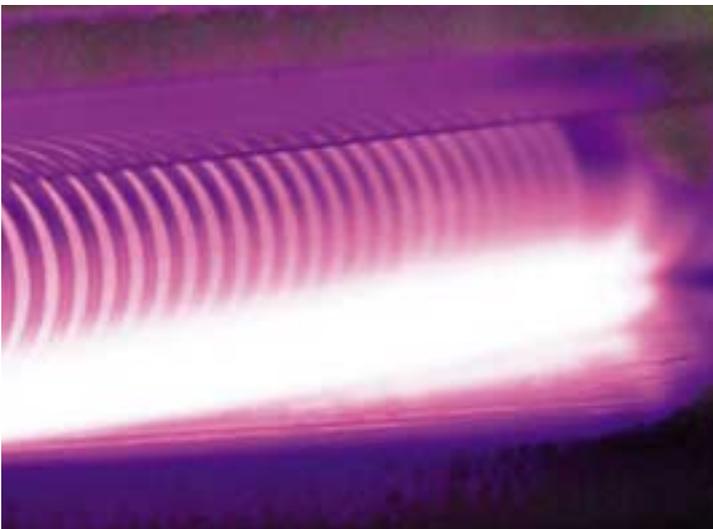
Es konnte gezeigt werden, dass mit Barrierenentladungen erzeugte Atmosphärendruckplasmen zur Entkeimung verwendet werden können. Zurzeit kann die Keimzahl durch die Behandlung um fast fünf Größenordnungen reduziert werden.

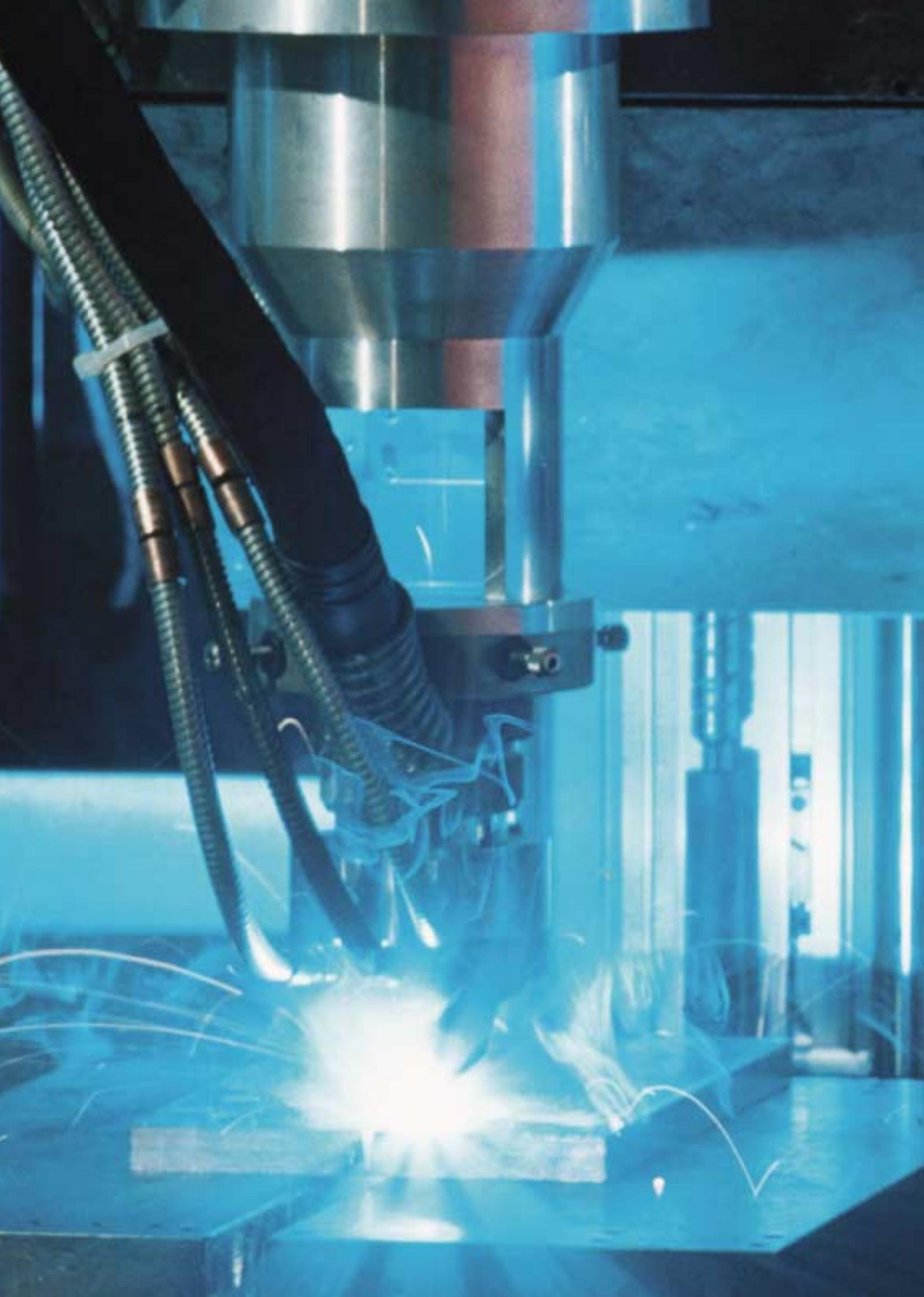
Die Arbeiten werden durch das BMBF unter der Kontraktnummer 13N7602 gefördert.

Ansprechpartner

Dipl.-Phys. M. Heise, Tel.: -137
Dr. W. Neff, Tel.: -142

Atmosphärendruckplasma erzeugt durch eine Barrierenentladung





Laserfertigungsverfahren

Laserstrahlmikroschweißen ungleicher Metalle	38	Bartbildung beim Schneiden: Modellierung und Überwachung	48
Laserstrahlmikroschweißen von Uhrenkomponenten	39	Erzeugung von Sollbruchzonen in Glasampullen mit einem Nd:YAG-Laser	49
Laserstrahlunterstütztes Mikroumformen	40	Schweißen von dickwandigen Rohren am Beispiel Anhängerachsen für Nutzfahrzeuge	50
Mikroreaktor für Festphasenreaktionen	41	Laserschweißen von Kupfer an Aluminium mit diodengepumtem Nd:YAG-Laser	51
Lasergestütztes Silizium-Glas Bonden in der Mikrotechnik	42	Wärmeleitungs- und Tiefschweißen mit Hochleistungs-Diodenlasern (HDL)	52
Experimentelle Bestimmung des Streuverhaltens thermoplastischer Polymere	43	CO ₂ -Laser/ MIG-Hybridschweißen von dicken Stahlblechen	53
Herstellung von Werkzeugen mittels Selective Laser Melting (SLM)	44		
Laserstrahl-Auftragschweißen im Formenbau	45		
Schnittflächenbeschichtung mit Laserstrahlung	46		
Schnellschneiden von Feinblechen mit kapazitiver Abstandsregelung	47		

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.

Erweitertes Anwendungsspektrum des Laserstrahlschweißens durch Laser-MIG-Hybridtechnik

Laserstrahlmikroschweißen ungleicher Metalle

Aufgabenstellung

In der Uhrenindustrie werden aus tribologischen Überlegungen heraus oft Werkstoffpaarungen wie Messing/Stahl im Räderwerk verwendet. Somit kann auf eine Schmierung der Kontaktzonen verzichtet werden. Allerdings ergeben sich daraus Herausforderungen an die Fügetechnik. Die Verwendung eines stoffschlüssigen Fügeverfahrens wie das Laserstrahlmikroschweißen als Alternative zu kraftschlüssigen Verbindungen muss die unterschiedlichen Materialeigenschaften der Fügepartner berücksichtigen.

Vorgehensweise

Die Werkstoffpaarungen Messing/Stahl und Kupfer/Stahl werden im Überlappstoß mit einem gepulsten Nd:YAG-Laser geschweißt. Der Pulsformung kommt dabei eine große Bedeutung zu, da die Temperaturführung gerade im Bereich der Durchmischung der Schmelzen kontrolliert werden muss.

Durch eine sowohl der Geometrie als auch der Werkstoffpaarung angepasste Pulsformung mit hohen Anfangsleistungen und entsprechend abfallenden Rampen können zu tiefe und damit fehlerhafte Schweißungen, aber auch nicht ausreichende Einschweißiefen vermieden werden.

Ergebnisse und Anwendungen

Die Verbindung Kupfer/Stahl, aber auch die Werkstoffpaarung Messing/Stahl ist an Flachproben exemplarisch realisiert worden. Die Erkenntnisse sind auf reale Bauteile der Uhrenindustrie übertragen worden.

Ansprechpartner

Dipl.-Ing. A. Olowinsky, Tel.: -491
Dipl.-Phys. T. Kramer, Tel.: -407
Dr. A. Gillner, Tel.: -148

Laserstrahlmikroschweißen von Uhrenkomponenten

Aufgabenstellung

In der Fertigung von Uhren werden Verbindungen benötigt, die neben den mechanischen Anforderungen auch dem makellosen Erscheinungsbild entsprechen. Meist werden hier Kleb- und Pressverbindungen verwendet, bei denen die Verbindungsstelle im Bauteil liegt und somit nicht sichtbar ist. Die für die Pressverbindung notwendigen engen Fertigungstoleranzen bzw. der notwendige Zwischenschritt des Klebstoffauftrags erhöhen die Fertigungskosten. Das Laserstrahlmikroschweißen stellt hierzu ein alternatives Fügeverfahren dar.

Vorgehensweise

Das Laserstrahlmikroschweißen mit gepulsten Nd:YAG-Lasern eignet sich durch die lokal sehr begrenzte Energieeinbringung in das Werkstück für die Erzeugung von Schweißnähten im Bereich $< 200 \mu\text{m}$ Breite. Die Verwendung von Schutzgas verhindert eine Oxidation der Oberfläche. Durch die Möglichkeit der Pulsformung kann den sich während der Bearbeitung ändernden optischen Eigenschaften des Materials Rechnung getragen werden. Außerdem können die Einschweißtiefe und Nahtbreite sowie die Oberflächenqualität der Schweißnaht beeinflusst werden.

Ergebnisse und Anwendungen

Verschiedene Komponenten aus der Uhrenindustrie konnten mit dem Laserstrahlmikroschweißen gefügt werden. Die Nahtbreite konnte auf $100 - 200 \mu\text{m}$ reduziert werden. Durch die Pulsformung sind geschlossene Nähte an rotationssymmetrischen Bauteilen auch im Bereich des Nahtendes zuverlässig herstellbar.

Die Fügegeometrien für die Welle/Nabe-Verbindung liegen zwischen $100 \mu\text{m}$ und 1 mm Achsdurchmesser. Die Abzugskräfte konnten gegenüber der Pressverbindung um den Faktor 10 gesteigert werden.

Ansprechpartner

Dipl.-Ing. A. Olowinsky, Tel.: -491
Dipl.-Phys. T. Kramer, Tel.: -407
Dr. A. Gillner, Tel.: -148



Laserstrahlunterstütztes Mikroumformen

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. Die Massiv- und Blechumformtechnik stellt hierfür geeignete Verfahren bereit, deren Prozessgrenzen durch gezielte Erwärmung des Bauteils erweitert werden können.

Vorgehensweise

Der Einsatz transparenter Werkzeu-
elemente wie Saphir erlaubt die
Erwärmung des Bauteils mit Laser-
strahlung im geschlossenen Werkzeug.
Dadurch kann der Werkstoff gezielt
in der Umformzone erwärmt werden,
um somit seine Fließigenschaften
lokal zu beeinflussen. Der Einsatz der
Laserstrahlung erlaubt die partielle
Erwärmung des Bauteils, so dass der
Prozess lokal als Warm- bzw. Halbwarm-
umformung erfolgt. Zur Erzielung der
erforderlichen Temperaturen und kurzer
Zykluszeiten werden Nd:YAG-Laser
oder Diodenlaser verwendet.

Ergebnisse und Anwendungen

Die Möglichkeit der Erweiterung der
Prozessgrenzen konnte sowohl am Bei-
spiel des Stauchversuchs als auch beim
Vorwärtsfließpressen eines anwen-
dungsnahe Bauteils nachgewiesen
werden.

Das Verfahren wird in der Massiv-
umformung angewendet bei der Ferti-
gung von Kleinteilen hoher Komple-
xität und filigraner Struktur. In der
Blechumformung können große
Aspektverhältnisse bzw. hohe
Umformgrade schon im Erstzug reali-
siert werden.

Ansprechpartner

Dipl.-Ing. A. Bayer, Tel.: -407
Dr. A. Gillner, Tel.: -148



Geöffnetes Fließpresswerk-
zeug mit Saphireinsatz und
Matrize

Mikroreaktor für Festphasenreaktionen

Aufgabenstellung

Die kombinatorische Chemie ist von großem Interesse für die Mikroreaktionstechnik, weil parallelisierte Mikroreaktoren leicht ausreichende Produktmengen für High Throughput Screening Systeme (HTS) hervorbringen können. Mehr als 100.000 Wirkstoffkandidaten können hiermit pro Tag automatisiert getestet werden. Die organische Festphasensynthese (SPOS) d. h. der Aufbau eines Moleküls, das über einen kovalenten Linker an einen festen Polymerträger gebunden ist, ist eine der effizientesten Methoden für die Herstellung großer Substanzbibliotheken. Hauptvorteile sind die einfache Automatisierbarkeit des Verfahrens und die hohe Reinheit der erzielten Produkte.

Aufgabe ist die Entwicklung eines membranagitierten Mikroreaktorsystems, das die notwendigen repetitiven Grundoperationen ermöglicht:

- Zuführen von flüssigen Reagenzien bzw. Lösungsmitteln
- Mischung
- Filtration
- Heizen/Kühlen

Vorgehensweise

Die verwendeten Hochleistungspolymere wie PTFE, Zedex™, TFM™ und PFA sind für den Einsatz in der Mikrochemie aufgrund ihrer hohen thermischen und chemischen Beständigkeit geeignet. Laserstrahlung hat sich als hervorragendes Instrument für die Mikrostrukturierung und Mikroverbindungstechnik solcher Materialien erwiesen.

Das Schema verdeutlicht das Funktionsprinzip des Mikroreaktors. Eine laser-geschweißte Membran auf einem mikrostrukturierten Substrat verschließt die Zuführungskanäle und bildet die Agitationseinheit. Durch Anlegen von Vakuum und Druck von unten wird eine Oszillation hervorgerufen. Diese Auf- und Abbewegung der Membran führt zu einer schonenden aber effektiven Durchmischung der überstehenden Suspension des Polymerharzes. Die Mittelschicht des Mikroreaktoraufbaus kann zwischen der Füll- und der Agitations-Position verschoben werden. Simultanes Befüllen bzw. Durchmischen ist ebenfalls möglich.

Ergebnisse und Anwendungen

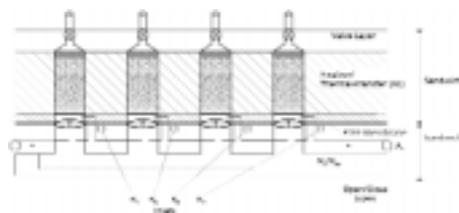
Erste Anwendungstests haben die Effizienz des Waschens von Polymerharzen bewiesen. Stark quellendes Merrifield Harz wurde mit Sudan Rot in Dichlormethan (DCM) angefärbt und anschließend durch abwechselndes Durchleiten von DCM und Methanol während der Harz-Agitation gewaschen. Nach zwei Zyklen war das Harz komplett farblos, es konnte kein Sudan Rot mehr nachgewiesen werden. Die Gesamtdauer des Prozesses betrug 2 min. Konventionelles Waschen, z. B. auf einem Vortex Schüttler, dauert ca. 20 min.

Ansprechpartner

Dipl.-Chem. E. Bremus-Köbberling,
Tel.: -202
Dr. A. Gillner, Tel.: -148

Kooperationspartner

Prof. Dr. D. Enders, Institut für Organische Chemie der RWTH Aachen
Dr. S. Brandtner, InnoLabtec GmbH, Stolberg / Rheinland



Oben: Achtzelliger Prototyp
Unten: Prinzip des membranagitierten Mikroreaktors für Festphasenreaktionen

Lasergestütztes Silizium-Glas Bonden in der Mikrotechnik

Aufgabenstellung

Für die Herstellung hybrider Mikrosysteme aus unterschiedlichen Werkstoffen spielt die Aufbau- und Verbindungstechnik eine entscheidende Rolle. Um auch in der Mikrotechnik und der Mikrosystemtechnik die optimierten Eigenschaften moderner Werkstoffe nutzen zu können, werden insbesondere Fügeverfahren für artungleiche Werkstoffpaarungen benötigt. Eine der am weitesten verbreiteten Materialpaarungen der Mikrosystemtechnik ist Silizium mit Glas (Pyrex). Die bisher eingesetzte Fügeverfahren, das anodische Bonden, birgt u. a. die Nachteile von hoher Prozesstemperatur und fehlender lokaler Selektivität. Ziel der Entwicklung des lasergestützten Silizium-Glas Bondens war es, eine Alternative zum anodischen Bonden ohne dessen Einschränkungen bereitzustellen.

Vorgehensweise

Der Laser als gut steuerbares und lokal selektives Werkzeug ist ideal für das thermische Fügen in der Mikrotechnik. Durch die Transparenz des Glases für die Laserstrahlung und die starke Absorption im Silizium wird lediglich ein minimales Volumen im Bauteil erwärmt. Dort entsteht eine Verbindung zwischen den polierten Silizium- und Glasoberflächen. Ein besonderer Vorteil ist dabei, dass das Verfahren ohne Zusatzwerkstoffe (Kleber, Lot) auskommt.

Im Rahmen von ausgedehnten Parameterstudien wurden die technologischen Größen ermittelt, die das Laserstrahlbonden beeinflussen. Durch entsprechende Messungen wurde die Festigkeit der hergestellten Verbindungen quantifiziert.

Ergebnisse und Anwendungen

Untersuchungen mit Mikrothermoelementen ergaben eine Temperaturbelastung der Bauteile von weniger als 300 °C für eine Dauer von einigen Sekunden. Dies ist für temperaturempfindliche Systeme von besonderem Interesse.

Die lokale Selektivität mit einer Breite der Fügezone von 300 µm und darunter macht das Verfahren geeignet für das Fügen von Mikrosystemen, die bewegliche Strukturen enthalten, welche nicht mitgebondet werden dürfen. Dies ist z. B. bei Beschleunigungs- und Drehratensensoren für die Automobilindustrie der Fall. Aber auch bewegliche Teile von Mikropumpen und -ventilen fallen in diese Kategorie.

Ansprechpartner

Dipl.-Ing. M. Wild, Tel.: -305
Dr. A. Gillner, Tel.: -148



Experimentelle Bestimmung des Streuverhaltens thermo- plastischer Polymere

Aufgabenstellung

Beim Schweißen von thermoplastischen Polymeren mittels Laserstrahlung spielen die strahlungsoptischen Eigenschaften der Polymere eine prozesstechnisch entscheidende Rolle. Daher ist es unter anderem unerlässlich, das Streuverhalten der zu verschweißen- den Polymere zu kennen.

Vorgehensweise

Aufgrund der Komplexität des Streuverhaltens erschien es neben der Möglichkeit der theoretischen und damit simulationstechnischen Problem- behandlung zunächst sinnvoll, die Untersuchung des Streueinflusses experimentell zu untersuchen.

Es wurde ein Messsystem entworfen und aufgebaut, welches den Einfluss des transparenten Fügepartners auf die ursprüngliche Leistungsdichteverteilung erlaubt.

Der reale Aufbau des Messsystems ist in Bild 1 zu sehen. Die Laserstrahlung wird auf den thermoplastischen Fügepartner fokussiert. Während die Laserstrahlung den Thermoplast durchdringt, erfährt sie unter anderem Streuung. Dies führt zu einer Veränderung der ursprünglichen Leistungsdichteverteilung, welche mittels einer CCD-Kamera aufgenommen und eines entsprechend entwickelten PC-Programmes ausgewertet werden kann.

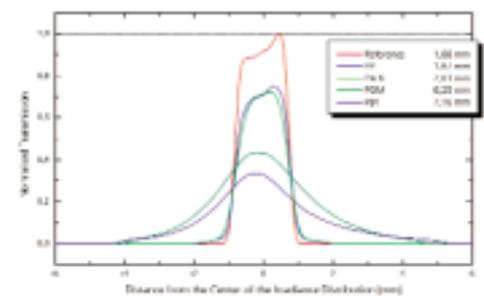
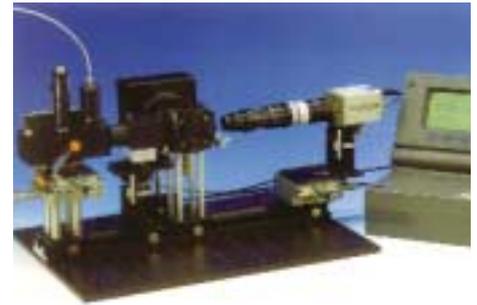
Ergebnisse

In Bild 2 ist der Einfluss auf die Leistungsdichteverteilung durch verschiedene thermoplastische Polymere dargestellt.

Der Vergleich der ursprünglichen mit der durch Streuung beeinflussten Leistungsdichteverteilung erlaubt Aussagen hinsichtlich der prozesstechnischen Konsequenzen und damit eine Anpassung der Prozessparameter.

Ansprechpartner

Dipl.-Ing. M. Poggel, Tel.: -165
Dipl.-Phys. U.-A. Russek, Tel.: -158
Dr. A. Gillner, Tel.: -148



Herstellung von Werkzeugen mittels Selective Laser Melting (SLM)

Aufgabenstellung

Das Selective Laser Melting Verfahren (SLM) ist ein neuartiges generatives Fertigungsverfahren, mit dem metallische Bauteile aus seriennahen oder serienidentischen Pulverwerkstoffen mit einer Dichte von ca. 100% hergestellt werden. Ziel der aktuellen Entwicklungstätigkeit ist, das Verfahren für ein breites industrielles Anwendungsspektrum zu etablieren. Besondere Bedeutung kommt dem Werkzeugbau zu, dem das SLM-Verfahren durch seine Geometriefreiheit völlig neue Möglichkeiten eröffnet. So können Einsätze für Spritzgusswerkzeuge mit internen, konturangepassten Kühlkanälen hergestellt werden.

Vorgehensweise

Die CAD-Daten werden von Industriepartnern aus dem Werkzeugbau zur Verfügung gestellt. Die Einsätze werden dann durch SLM aus Edelstahl 1.4404 hergestellt. Die Endbearbeitung erfolgt mittels Erodieren, Schleifen und Polieren durch die Partner. Anschließend werden die Werkzeuge eingebaut und im Spritzguss erprobt. In der nahen Zukunft werden die Einsätze aus Werkzeugstahl 1.2343 hergestellt und in der Serienproduktion eingesetzt.

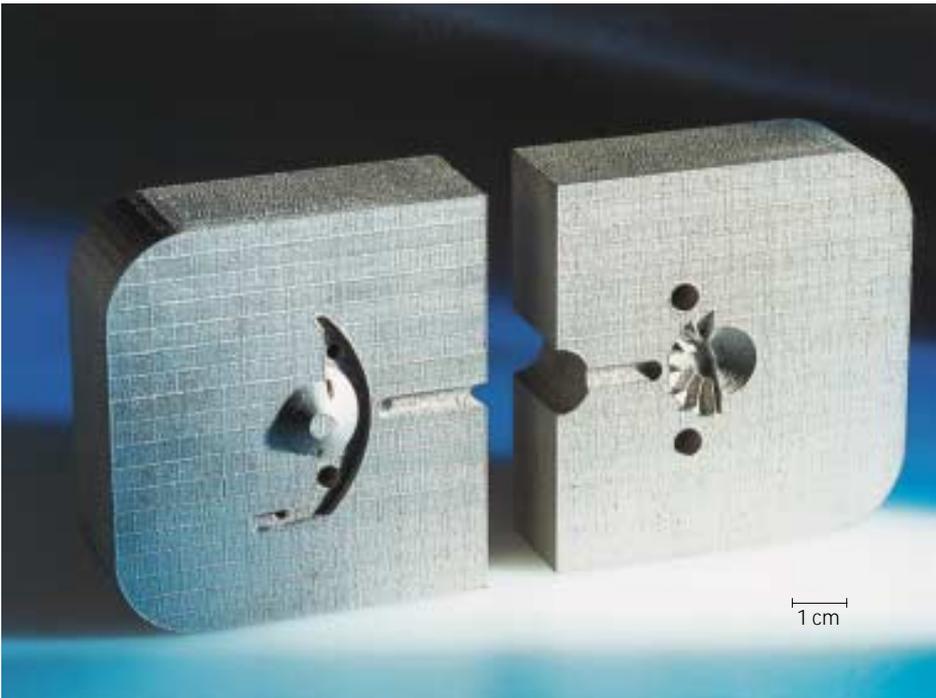
Ergebnisse und Anwendungen

In Kooperation mit Industriepartnern sind bereits Einsätze mittels SLM gefertigt, endbearbeitet und eingesetzt worden. Ein Beispiel sind die im Bild links gezeigten Einsätze. Die Herstellzeit beträgt 12 Stunden pro Einsatz und die Genauigkeit ist besser als 0,1 mm. Zur Einpassung in das Stammwerkzeug wurden die Einsätze geschliffen und erodiert. Gegenüber konventioneller Fertigung ergibt sich trotz erforderlicher Nachbearbeitung eine Reduzierung der Fertigungszeit um 30%. Zusätzlich weisen die Einsätze konturangepasste Kühlkanäle zur Reduzierung von Zykluszeit und Verzug auf.

Ansprechpartner

Dipl.-Ing. C. Over, Tel.: -203
Dr. K. Wissenbach, Tel.: -147

Einsätze für Spritzgießwerkzeug aus Edelstahl 1.4404 mit integrierten konturangepassten Kühlkanälen (in Zusammenarbeit mit Helmut Sundermeier GmbH)



Laserstrahl-Auftragsschweißen im Formenbau

Aufgabenstellung

Spritzgusswerkzeuge bestehen aus einer Vielzahl von Komponenten, deren Fertigung mit einem hohen Zeit- und Kostenaufwand verbunden sind. Am empfindlichsten sind hierbei die Formen, die die Kavität für das Spritzgussteil enthalten. Sowohl in der Entstehungsphase als auch während der Instandsetzung müssen diese Werkzeuge modifiziert oder repariert werden. Dabei kommen konventionelle Schweißtechniken wie das manuelle WIG (Wolfram-Inert-Gas) Schweißen zum Einsatz. Nachteile des Verfahrens sind die hohe Wärmeeinbringung (Verzug), Einbrandkerben und Gefügeveränderungen. Im allgemeinen werden die geforderten Härten in den aufgetragenen Schichten nicht erreicht. Ziel der Entwicklungen ist daher, das Laserstrahl-Auftragschweißen mit seinen spezifischen Vorteilen wie geringer Wärmeeinbringung, geringem Aufmischungsgrad, hohe Präzision der aufgetragenen Schichten und Schweißbarkeit nahezu aller metallischen Legierungen für diesen Bereich zu qualifizieren.

Vorgehensweise

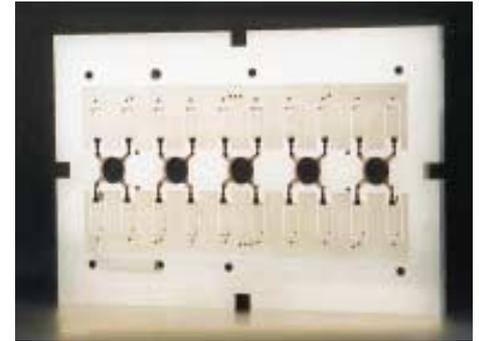
An typischen Stählen des Werkzeug- und Formenbaus wurden mit dem Laserstrahl-Auftragschweißen Schichten aus verschiedenen pulverförmigen Legierungen aufgetragen. Zum Einsatz kamen kontinuierliche CO₂- und Nd:YAG-Laser. Die Schichten wurden bezüglich Härte, Polierfähigkeit und Strukturierbarkeit (durch Ätzen) untersucht. Diese sind wesentliche Kriterien für den Formenbau.

Ergebnisse und Anwendungen

Es konnten Schichten mit Härten von 20 bis 63 HRC auf typischen Stählen des Werkzeug- und Formenbaus aufgetragen werden. Als Zusatzwerkstoffe kamen sowohl artgleiche als auch artfremde Legierungen zur Anwendung. Die Polierfähigkeit der aufgetragenen Schichten bei typischen Werkzeugstählen war in allen Fällen hervorragend. Die Untersuchungen zur Strukturierbarkeit laufen zur Zeit noch. Mit den gewonnenen Erkenntnissen konnten Werkzeuge und Formen verschiedener Kunden repariert und wieder in der Fertigung eingesetzt werden. Weiterhin konnten Vorserienwerkzeuge aus Aluminium (Reparatur der Trennkante) und Werkzeuge für die Fertigung von Micro-Chips aus pulvermetallurgischen Stählen repariert werden.

Ansprechpartner

Dr. A. Gasser, Tel.: -209
Dr. K. Wissenbach, Tel.: -147



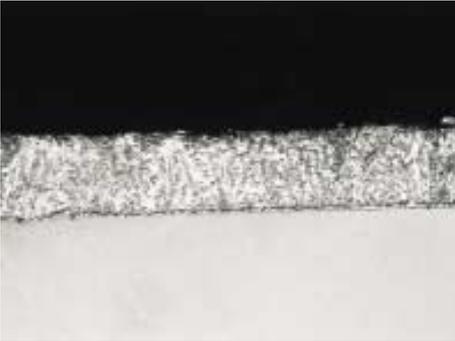
Oben: Reparierte Werkzeugplatte für die Fertigung von Micro-Chips aus PM-Stahl (Härte 65 HRC)
Unten: Durch Laserstrahl-Auftragschweißen erzeugte 3-D-Kontur aus Warmarbeitsstahl (55-58 HRC)



Schnittflächen- beschichtung mit Laserstrahlung

Aufgabenstellung

Bandbeschichtete Werkstücke aus Stahlblech besitzen an ihrer Oberfläche in der Regel einen hochwertigen Korrosionsschutz. Die Bleche werden beispielsweise verzinkt und anschließend mit Kunststoff beschichtet. Ein Einsatz bandbeschichteter Werkstücke in Umgebungen, in denen Korrosionsgefahr besteht, ist jedoch aufgrund der ungeschützten Schnitt- und Stanzflächen begrenzt. Entwickelt werden soll ein Beschichtungsverfahren für den Korrosionsschutz der Schnittflächen von bandbeschichteten Werkstücken.



Vorgehensweise

Die Schnittflächen werden gleichzeitig mit dem Korrosionsschutzmittel (z. B. Zink und/oder Kunststoffpulver) und dem Laserstrahl beaufschlagt. Die Prozessparameter und die Pulverzufuhrparameter werden so gewählt, dass während des Bearbeitungsprozesses eine Erwärmung und/oder Aufschmelzung der Schnittfläche erfolgt. Das Zinkpulver und/oder Kunststoffpulver wird gleichzeitig im Laserstrahl und/ oder über das erwärmte Werkstück zum Schmelzen gebracht. Beim Verzinken kann durch ein definiertes Aufschmelzen der Schnittfläche die Zusammensetzung der Schicht, d. h. der Anteil von Reinzink bzw. der Eisen-Zink Legierung eingestellt werden.

Ergebnisse und Anwendungen

Die Laserbeschichtung der Schnittfläche bindet übergangslos an die Bandbeschichtung der Oberfläche an. Das Stahlblech ist somit vollständig gegen Korrosion geschützt. Das Laserstrahlverfahren erlaubt erstmals den Einsatz von bandbeschichteten Werkstücken in korrosiven Umgebungen, wie beispielsweise im kritischen Nassbereich der Bauindustrie.

Das Foto zeigt einen Querschliff einer laserverzinkten Schnittfläche. Die helleren Bereiche der Schicht bestehen aus Reinzink, die nadelförmigen dunkleren Bereiche aus einer Eisen-Zink-Legierung.

Ansprechpartner

Dipl.-Ing. D. Maischner, Tel.: -301
Dr. K. Wissenbach, Tel.: -147

Schnellschneiden von Feiblechen mit kapazitiver Abstands- regelung

Aufgabenstellung

Feibleche aus Baustahl sollen unter Einsatz einer kapazitiven Abstandsregelung mit hohen Schneidgeschwindigkeiten getrennt werden. Angestrebt ist eine Geschwindigkeit von 30 m/min in 1 mm dickem Baustahl bei einer CO₂-Laserstrahlleistung von maximal 3,5 kW.

Das Problem der kapazitiven Abstandsmessung zwischen Düsen Spitze und Werkstück liegt bei hohen Schneidgeschwindigkeiten in der Störung der Messung durch die Plasmabildung des Schneidprozesses.

Vorgehensweise

Der Lösungsansatz zielt in drei Richtungen. Erstens wird durch eine geeignete Prozessführung das Plasma reduziert. Zweitens werden die Toleranzfenster des Prozesses bezüglich Abstandsfehler vergrößert, um durch das Plasma generierte Messfehler akzeptieren zu können. Drittens werden die Parameter der Abstandsregelung auf das Schneiden mit Plasmabildung abgestimmt.

Ergebnisse und Anwendungen

Ohne Abstandsregelung konnte mit geeigneter Prozessführung bei ebenem (1 mm Baustahl) Material und konstantem Düsenabstand eine maximale Schneidgeschwindigkeit von 34 m/min mit 3,4 kW und 42 m/min bei 4,2 kW erreicht werden. Dies liefert die notwendige Toleranz, um auch mit der Abstandsregelung bei nicht ideal ebenem Material Geschwindigkeiten über 30 m/min im Leistungsbereich unter 3,5 kW mit guter Schnittqualität zu realisieren.

Ansprechpartner

Dipl.-Ing. F. Schneider, Tel.: -426
Dr. D. Petring, Tel.: -210

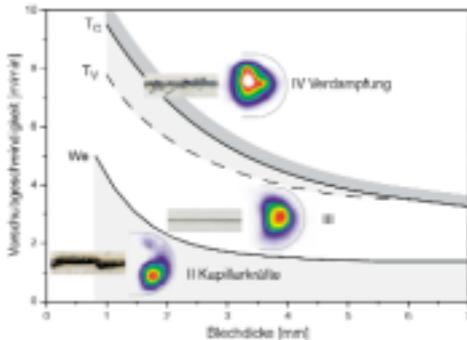
Laserstrahlschneiden
von 1 mm dicken
Baustahlblechen mit
40 m/min und aktiver
Abstandsregelung



Bartbildung beim Schneiden: Modellierung und Überwachung

Aufgabenstellung

Das Schmelzschnitten mit Laserstrahlung ist ein etabliertes thermisches Verfahren. Sowohl für große Schneidgeschwindigkeiten zur effizienten Ausnutzung der Anlage als auch für kleine Geschwindigkeiten beim Konturen-schneiden 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 (T_G) entstehen aus der Dynamik des Prozesses. Die dynamischen Vorgänge werden durch ein approximatives Modell beschrieben, das u. a. inverse Aufgaben zur Steuerung der Laseranlage lösen kann. Zeitlich und räumlich aufgelöst wird der Prozess mit der im Fraunhofer ILT entwickelten koaxialen Prozessüberwachung beobachtet. Die verschiedenen Prozesszustände und die auftretenden Phänomene, wie das Einsetzen von Verdampfung (T_V) auf der Schmelzfilmoberfläche, können experimentell identifiziert werden. Die qualitätsbestimmenden dynamischen Vorgänge werden in einer Prozesssimulation visualisiert.

Ergebnisse und Anwendungen

Zwei Mechanismen der Bartbildung sind erkannt und können mit der koaxialen Prozesskontrolle identifiziert werden. Bei kleinen Vorschubgeschwindigkeiten kommt es zur Tropfenbildung an der Blechunterkante. Ein Maß für die Wahrscheinlichkeit der Bartbildung ist das Verhältnis von Kapillar- zu Trägheitskräften (We) im ausströmenden Schmelzfilm. Eine Bartbildung bei hohen Vorschubgeschwindigkeiten setzt bei der Verdampfungstemperatur ein, und der Ablationsdruck verhindert ein ungestörtes Ausströmen.

Die Prozesssimulation ermöglicht das Auffinden von Strategien zur Vermeidung der Bartbildung. Die Modulation der Laserleistung kann so bestimmt werden, dass die Bartbildung bei kleinen Vorschubgeschwindigkeiten, wie sie beim Schneiden von Konturen entstehen, vermieden werden kann.

Diese Arbeiten werden durch die Volkswagen-Stiftung gefördert.

Ansprechpartner

PD Dr. W. Schulz, Tel.: -132
Dipl.-Phys. J. Michel, Tel.: -448
Dr. S. Kaierle, Tel.: -212

Erzeugung von Sollbruchzonen in Glasampullen mit einem Nd:YAG-Laser

Aufgabenstellung

Glasampullen, die überwiegend für pharmazeutische Flüssigkeiten verwendet werden, besitzen eine Sollbruchzone, mit deren Hilfe die Ampullen an einer definierten Stelle oberhalb des Flüssigkeitsniveaus geöffnet werden können. Gegenwärtig wird die Sollbruchzone durch einen ringförmigen oder punktuellen mechanischen Einschnitt oder durch das Einbringen von Farbe, die Spannungen im Glas induziert, erzeugt. Bei diesen konventionellen Verfahren treten mehrere Probleme auf:

- Verschleiß der mechanischen Messer
- Häufig nötiges Nachjustieren der Messer
- Die verwendete Farbe ist aufgrund der in ihr enthaltenen Schwermetalle umweltschädlich und zeigt zudem nach einigen Jahren Alterungserscheinungen.
- Die zum Öffnen der bearbeiteten Ampullen nötige Bruchkraft kann nicht genau eingestellt werden.

Die genannten Nachteile sollen durch eine Laserbearbeitung der Ampullen vermieden werden. Im Rahmen einer Machbarkeitsstudie wird daher untersucht, ob Sollbruchzonen mit Hilfe von Laserstrahlung erzeugt werden können.

Vorgehensweise

Zur Laserbearbeitung der Ampullen ist ein einfaches Rotationshandling, das aus einem PC-gesteuerten Schrittmotor und einer Ampullen-Halterung besteht, verwendet worden. Mit der fokussierten Strahlung eines am ILT entwickelten ps-Nd:YAG-Lasers wurden 3 ml und 5 ml Ampullen an ihrer

engsten Stelle bestrahlt. Zur Bestimmung geeigneter Prozessparameter erfolgte die Bearbeitung unter Verwendung verschiedener Fokuspositionen, Bestrahlungsdauern und Brennweiten. Ein Bruchkraft-Messgerät, das der Kunde bereitgestellt hat, diente zur Ermittlung der Bruchkraft der bearbeiteten Ampullen.

Ergebnisse und Anwendungen

Mit dem ps-Lasersystem wurden ca. 50 µm breite Spuren verschiedener Geometrien (Ring und Ring-Segment) auf den Oberflächen der Ampullen erzeugt. Die Machbarkeitsstudie demonstrierte, dass diese Spuren als Sollbruchzonen verwendet werden können. Es wurden Bruchkräfte in Übereinstimmung mit ISO 9187-1 erreicht. Die Arbeiten zeigten weiter, dass die Bruchkräfte über die eingekoppelte Laserenergie definiert eingestellt werden können.

Für einen wirtschaftlichen Einsatz des Verfahrens müssen die Bearbeitungszeiten durch die Verwendung von Lasersystemen mit höherer Ausgangsleistung gesenkt werden.

Ansprechpartner

Dipl.-Ing. F. Schneider, Tel.: -426
Dipl.-Phys. B. Seme, Tel.: -426
Dr. D. Petring, Tel.: -210



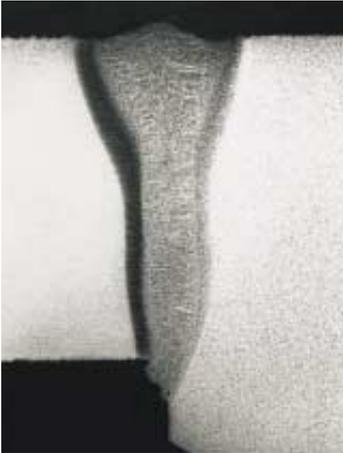
3 ml Ampullen:
Unbearbeitet, bearbeitet
und geöffnet

Schweißen von dickwandigen Rohren am Beispiel Anhänger-Achsen für Nutzfahrzeuge

Aufgabenstellung

In der Anhänger-Achsenfertigung der Fa. Otto Sauer Achsen Fabrik Keillberg KG (SAF) wird die Schweißverbindung zwischen Achsstummel (Aufnahme für die Radlager) und Achsrohr derzeit mit dem Reibschweißverfahren realisiert. Die durch das Schweißverfahren entstehenden Presswulste müssen entfernt werden. Der dadurch entstehende Nachbearbeitungsaufwand ist sehr hoch. Außerdem lassen sich die Längentoleranzen weiter verringern.

Durch Laserschweißen können sowohl der Nachbearbeitungsaufwand als auch die Fertigungstoleranzen der geschweißten Bauteile vermieden werden.



Oben: Querschliff
Unten: Schweißprozess



Vorgehensweise

Die Fügepartner wurden im vorliegenden Beispiel durch eine durchgehende Gewindestange miteinander verspannt. Das Werkstück wurde mit einer Drehachse unter der feststehenden Optik bewegt. Folgende Prozessparameter wurden erfolgreich getestet:

Kantenvorbereitung:	I-Naht am Stumpfstoß, Fügekanten gedreht
Leistung am Werkstück:	14 kW
Wandstärke Achsrohr:	10 mm
Brennweite der Optik:	715 mm
Schweißgeschwindigkeit:	1,7 m/min

Ergebnisse und Anwendungen

Die Schweißverbindung wurde nach einer Werksnorm von SAF einer Biege-wechselprüfung unterzogen. Das Bauteil wurde versagensfrei geprüft. Nach 5×10^5 Lastwechseln trat keine Schädigung auf.

Die mit dem Laser erstellten Schweißnähte zeigen eine sehr gleichmäßig ausgebildete Oterraupe mit nur leichter Nahtüberhöhung und müssen daher nicht nachbearbeitet werden. Abweichungen der Bauteillängen treten nicht auf.

Ansprechpartner

Dipl.-Ing. G.Kapper, Tel.: -344
Dipl.-Ing. N. Wolf, Tel.: -448
Dr. D. Petring, Tel.: -210

Laserschweißen von Kupfer an Aluminium mit diodengepumptem Nd:YAG-Laser

Aufgabenstellung

Für die Fertigung von Sonnenkollektoren werden geeignete Verfahren zum Fügen von Kupfer an Aluminium gesucht. Die Aluminiumplatten dienen der Aufnahme der Sonnenstrahlung; die wasserführenden Kupferrohre sorgen für den Transport der Wärmeenergie zum Speicher bzw. Verbraucher. Bislang werden zur Herstellung dieser Verbindung konventionelle Methoden wie beispielsweise Löten angewendet.

Innerhalb einer Machbarkeitsstudie soll die Eignung des Laserstrahlschweißens für die beschriebene Verbindung untersucht werden. Ohne Durchschweißen des Kupferrohres sind Längsnähte als I-Naht am Überlappstoß zu schweißen, deren tragender Querschnitt über 100 µm liegt.

Vorgehensweise

Die Untersuchungen wurden mit einem diodengepumpten Nd:YAG-Laser hoher Strahlqualität (12 mm mrad) an beschichtetem Aluminium Al99,85 der Dicke 0,4 mm und Kupfer der Wandstärke 1 mm durchgeführt.

Besonderes Augenmerk wurde auf die Realisierung hoher Schweißgeschwindigkeiten gerichtet. Die eingesetzte Strahlleistung am Werkstück betrug 2 kW.

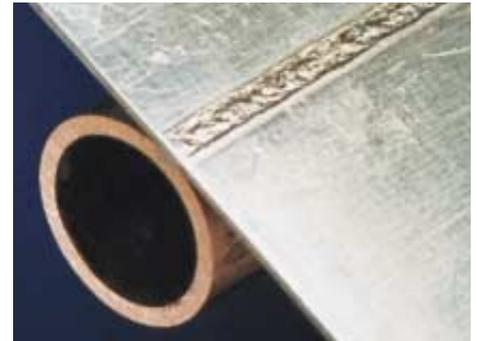
Ergebnisse und Anwendungen

Die Problematik beim Schmelzschweißen von Aluminium mit Kupferwerkstoffen besteht in der Bildung spröder, intermetallischer Phasen in der Fügezone, da Cu und Al im festen Zustand nur begrenzt ineinander löslich sind. Diese Phasen setzen die Zähigkeit der Schweißnaht deutlich herab und führen schon beim Schweißen zu Rissen. Durch Prozessoptimierung ist es gelungen, rissfreie Schweißnähte zu erzeugen. Das Gefüge besteht überwiegend aus mit Al-angereicherten Cu-Mischkristallen (unterer Bereich der Naht) und Cu-angereicherten Al-Mischkristallen (oberer Bereich der Naht). Spröde intermetallische Phasen liegen nur in Form von Inseln vor. Die Vorteile einer Gefügestruktur, die aus der unvollständigen Durchmischung der beiden Schmelzen resultiert, sollen in zukünftigen Arbeiten untersucht werden.

Mit einer maximalen Geschwindigkeit von 12 m/min und einer Einschweißbreite von über 100 µm am tragenden Querschnitt wurden die vorgegebenen Anforderungen an das Schweißverfahren erfüllt.

Ansprechpartner

V. Nazery Goneghany, Tel.: -159
Dr. D. Petring, Tel.: - 210



Wärmeleitungs- und Tiefschweißen mit Hochleistungs-Diodenlasern (HDL)

Aufgabenstellung

Im Fraunhofer ILT-Teilprojekt »Fügen von Dünoblech« des BMBF-Leitprojektes »Modulare Diodenlaser-Strahlwerkzeuge (MDS)« werden die system- und prozesstechnischen Grundlagen für das Wärmeleitungs- und Tiefschweißen mit Hochleistungs-Diodenlasern (HDL) erarbeitet. Hierzu werden sowohl konventionelle Systemkonfigurationen mit kompaktem Strahlfleck untersucht, als auch Diodenlaser-Werkzeuge mit speziellen Strahlgeometrien (Ring, Linie) aufgebaut. Ziel ist es, neuartige, besonders effiziente schweißtechnologische Anwendungen mit und ohne Relativbewegung zwischen Laser und Werkstück zu ermöglichen.

Vorgehensweise

Es wurden Untersuchungen zum HDL-Verbindungsschweißen von Baustahl-, Edelstahl- und Aluminiumblechen in verschiedenen Stoßkonfigurationen durchgeführt und verschiedenartige Rohrbauteile aus Edelstahl schweißtechnisch gefertigt. Neben einem HDL mit maximaler Ausgangsleistung von 2,5 kW kam ein HDL neuer Generation mit höherer Strahlqualität und maximaler Ausgangsleistung von 3 kW zum Einsatz. Bei diesem Gerät lassen sich mittels verschiedener Fokussierlinsen die Laserstrahlparameter an verschiedene Bearbeitungsaufgaben anpassen. Die dabei maximal erreichbare Leistungsdichte der Laserstrahlung liegt bei allen zur Verfügung stehenden Brennweiten für Stahlwerkstoffe deutlich über dem Grenzwert, der den Übergang vom Wärmeleitungsschweißen zum Tiefschweißen mit HDL darstellt.

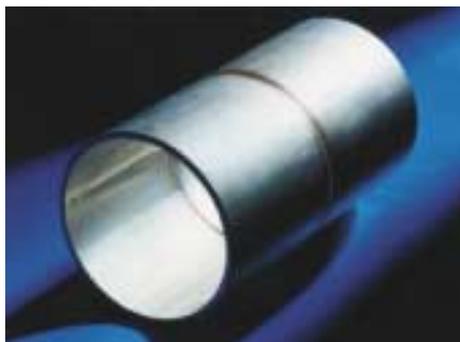
Zur Handhabung von HDL-Systemen steht ein sechssachsiger Knickarmroboter der Firma KUKA zur Verfügung. In Kombination mit einem HDL bietet dieser Roboter eine sehr effiziente Möglichkeit, die Laserstrahlung schnell und genau zu positionieren.

Ergebnisse und Anwendungen

Im Vergleich zu dem leistungsschwächeren HDL konnten die Durchschweißgrenzgeschwindigkeiten mit dem weiterentwickelten HDL für alle Werkstoffgruppen (Blechdicke 2 mm) um 37% bis 50% gesteigert werden. Auch bei Schweißversuchen mit 5 mm und 8 mm dicken Baustahl- und Edelstahlblechen, die mit Vorschubgeschwindigkeiten bis 800 mm/min durchgeführt wurden, konnten deutlich die signifikanten, mittlerweile bekannten, bei einem Tiefschweißprozess auftretenden Erscheinungen beobachtet werden.

Ansprechpartner

Dipl.-Ing. C. Benter, Tel.: -219
Dr. D. Petring, Tel.: -210



CO₂-Laser/ MIG-Hybrid- schweißen von dicken Stahlblechen

Aufgabenstellung

Ziel grundlegender Untersuchungen ist die Optimierung der CO₂-Laser/ MIG-Hybridtechnik für dicke Stahlbleche der Materialstärke 15 mm. Das mögliche Potential dieser Anwendung ist bisher in diesem Dickenbereich nicht zur industriellen Anwendung gelangt.

Vorgehensweise

Die aktuelle Untersuchung wurde an einem Feinkornbaustahl der Güte S355NL in der Dicke 15 mm mit 6 -V-Naht durchgeführt. Die Prozessuntersuchung beinhaltete die Positionierung der Zufuhr des Schweißzusatzwerkstoffes, Maßnahmen zur Prozessgaszufuhr, sowie die Abstimmung der Parameter der eingesetzten Teilprozesse aufeinander. Als Strahlquelle kam ein 20 kW CO₂-Laser (TLF20000) in Verbindung mit einer handelsüblichen MSG-Impulsstromquelle zum Einsatz.

Ergebnisse und Anwendungen

Durch die Optimierung der CO₂-Laser/ MIG Hybridtechnik wurde ein wesentlicher Fortschritt gegenüber dem bisherigen Stand der Technik erreicht. Ein zuverlässiges Parameterfenster wurde ermittelt, innerhalb dessen die untersuchte Materialstärke in einer Lage poren- und rissfrei verschweißt werden kann. Für eine mögliche technologische Anwendung im Bereich Behälter-, Schiff-, Fahrzeugbau sowie Offshoretechnik bleibt die Untersuchung der mechanisch-technologischen Eigenschaften der Nahtverbindung für die branchenspezifischen Werkstoffqualitäten zunächst noch abzuwarten.

Ansprechpartner

Dipl.-Ing./SFI M. Kasimir, Tel.: -221
Dr. D. Petring, Tel.: -210





Pick and Join	56
Verschließen von Medikamentenampullen mittels CO ₂ -Laserstrahlschmelzen	57
Demonstrationsanlage zum Simultanschweißen von Thermoplasten mit Diodenlasern	58
Sicherheitskennzeichnung von Wertpapieren mit CO ₂ -Laserstrahlung	59
Optik für das Härten und Beschichten von Innenkonturen	60
Querteilen und Brennschneiden mit Diodenlasern	61
Hybridschweißen von Öltanks	62
Prozessüberwachung beim Schweißen verzinkter Bleche	63
2D/3D-Konturverfolgung für das Laserstrahlschweißen	64
Prozesskontrollierendes modulares Diodenlasersystem	65
Ergonomisches Handprogrammiergerät zur Unterstützung des Teach-In-Verfahrens	66
Benutzerfreundliche Simulationssoftware	67

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.

Verschließen von
Medikamentenampullen mittels
CO₂-Laserstrahlschmelzen

Aufgabenstellung

Die Montage von Mikrobauteilen und die Kontaktierung von Elektronikkomponenten erfolgt durch Positionieren mit Greifern und anschließendes Fügen durch Löten, Kleben oder Schweißen. In den Fällen, in denen eine hohe Montagegenauigkeit erforderlich ist, muss das Bauteil so lange durch aufwendige Justagehilfsmittel in Position gehalten werden, bis die Lotlegierung erstarrt oder der Klebstoff abgebunden ist.

Durch einen gleichzeitigen Greif-, Positionier- und Fügeprozess könnte die Montage erheblich vereinfacht und verkürzt werden. Insbesondere bei Mikrobauteilen wird jedoch die Zugänglichkeit für ein Fügewerkzeug durch den Greifer häufig behindert. Somit kann ein Fügevorgang während des Greifens mit konventionellen berührenden Verfahren in der Regel nicht erfolgen.

Vorgehensweise

Durch die Miniaturisierung von Laserstrahlquellen lassen sich neue Montagekonzepte verwirklichen. Hierzu werden Fügewerkzeuge auf der Basis von fasergeführten Diodenlasern in Greifer integriert. Durch diese Kombination kann ein Fixieren der Bauelemente mit Sub-Mikrometergenauigkeit direkt während des Montagevorganges erfolgen.

Ergebnisse und Anwendungen

Im Rahmen des vom BMBF geförderten Leitprojektes »Modulare Diodenlaser Strahlwerkzeuge« ist für das Kontaktieren elektronischer Bauelemente ein flexibles Greif- und Fügewerkzeug mit integrierter visueller Prozessüberwachung entwickelt und aufgebaut worden.

Mit diesen »Pick and Join«-Werkzeugen lassen sich eine Vielzahl von oberflächenmontierbaren Bauelementen (SMDs) mit hoher Geschwindigkeit auf verschiedenen Bauteilträgern dauerhaft fügen.

Ansprechpartner

Dipl.-Ing. L. Bosse, Tel.: -305
Dr. A. Gillner, Tel.: -148



Verschließen von Medikamentenampullen mittels CO₂-Laserstrahlschmelzen

Aufgabenstellung

Für das Verschließen von Medikamentenampullen wird derzeit ein Abschmelzvorgang verwendet, bei dem mittels Flammheizung die Glasampullen im oberen Teil erweicht und unter Rotation mit Hilfe einer Greifzange verschlossen werden.

Aufgrund höherer Anforderungen an die Partikelfreiheit der Befüll- und Verschlussanlagen sollte das Verschließen mittels Laserstrahlschmelzen realisiert werden.

Vorgehensweise

Zur Realisierung dieser Aufgabe wurde ein CO₂-Laser mit Dualstrahlauskopplung eingesetzt. Um 16 Ampullen gleichzeitig bearbeiten zu können, werden die zwei Laserstrahlen mittels 8-fach Strahlteilung zu je einer Vorheiz- und einer Abschmelzstation aufgeteilt.

Erhöhte Anforderungen entstanden durch die Integration der optischen Komponenten in ein bereits bestehendes Konzept einer Füll- und Verschließmaschine.

Ergebnisse und Anwendungen

Aufgrund der guten Einkopplung der CO₂-Laserstrahlenergie in den Werkstoff Glas und der ausgereiften Technik in der CO₂-Strahlquellenherstellung bietet dieses Lasersystem die idealen Voraussetzungen zur Glasbearbeitung.

Es konnte anhand einer Prototypenanlage gezeigt werden, dass sich mit Hilfe der Lasertechnik gleichwertige Ergebnisse im Abschmelzen erzielen lassen wie mit der herkömmlichen Technik. Gleichzeitig werden dabei eine unnötige Wärmebelastung des Arbeitsraumes und damit auftretende Probleme verhindert. Die berührungslose Bearbeitung der Ampullen durch Laserstrahlung garantiert einen höchstmöglichen Schutz vor Partikeln.

Ansprechpartner

Dipl.-Ing. R. Witte, Tel.: -220
Dr. Ing. A. Gillner, Tel.: -148



Demonstrationsanlage zum Simultanschweißen von Thermoplasten mit Diodenlasern

Aufgabenstellung

Das Schweißen von Kunststoffen mit Laserstrahlung hat die Schwelle zum industriellen Einsatz überschritten. Neben dem bereits industriell vielfach eingesetzten Konturschweißen bietet die kompakte und modulare Bauweise der Hochleistungs-Diodenlaser die Möglichkeit zum Simultanschweißprozess. Die simultane Prozessführung zeichnet sich dadurch aus, dass die gesamte Schweißnahtkontur in einem Prozessschritt mit einem einzigen Bestrahlungspuls gleichzeitig gefügt wird. Um die simultane Prozessführung zu realisieren, muss daher eine der gesamten Schweißnahtkontur angepasste Leistungsdichteverteilung erzeugt werden.



Diodenlasermodule
mit Fast-Axis Kollimation

Vorgehensweise

Ein kompaktes Diodenlasermodul mit Fast-Axis Kollimation wurde am Fraunhofer ILT entwickelt, welches aufgrund seiner kleinen Baugröße die flexible Anordnung mehrerer Module zur direkten Bestrahlung der thermoplastischen Fügepartner erlaubt.

Sechs dieser Diodenlasermodule mit Abmessungen von 20 x 25 x 50 mm³ und einem Gewicht von etwa 40 g wurden in eine Demonstrationsschweißanlage integriert, die in Zusammenarbeit mit der Firma Marquardt entwickelt und aufgebaut wurde.

Die einzelnen Diodenlasermodule können individuell zur gleichmäßigen Bestrahlung der Schweißnaht ausgerichtet werden. Dabei werden die Diodenlasermodule individuell per Computer überwacht und sind einzeln adressierbar. Jedes Diodenlasermodul kann mit einer vorgegebenen Pulsform angesteuert werden, um den Laserstrahl den Prozessbedürfnissen anzupassen.

Ergebnisse und Anwendungen

An einer speziell entworfenen Probengeometrie konnte eine geschlossene, rechteckige Schweißnaht einer Gesamtlänge von 120 mm simultan bei einer Prozesszeit < 1 sec homogen und dicht verschweißt werden.

Dies bedeutet eine drastische Reduzierung der Prozesszeiten gegenüber dem Konturschweißen, wobei auf eine kostenintensive Maschinendynamik verzichtet werden kann.

Das Simultanfügen ermöglicht die Erschließung neuer Anwendungsfelder für das Schweißen von Kunststoffen mittels Laserstrahlung, wobei insbesondere Anwendungen hoher Stückzahlen hohes Anwendungspotential besitzen.

Ansprechpartner

Dipl.-Phys.U.-A. Russek, Tel.: -158
Dr. A. Gillner, Tel.: -148

Sicherheitskennzeichnung von Wertpapieren mit CO₂-Laserstrahlung

Aufgabenstellung

Wasserzeichen, Hologramme und sonstige optische Sicherheitsmerkmale sind gängige Verfahren, Wertpapiere - insbesondere Banknoten - gegen Fälschungen zu sichern. Sehr gute Drucktechniken und hochwertige Druckmedien sowie geeignete Software sind jedem zugänglich und erleichtern den Missbrauch. Als zusätzliches Sicherheitsmerkmal könnte eine spezielle Mikroperforation dienen, um Fälschungssicherheit zu erzielen. Mit einem geeigneten Strahlwerkzeug sollen Wertpapiere durch eine Mikroperforation mit einer Kreuzgeometrie derart markiert werden, dass diese fälschungssicher und die Sicherheitsmerkmale leicht zu erkennen sind. So kann z.B. der Gegenwert einer Banknote in einem Feld aus einer Vielzahl genau angeordneter Mikroperforationen wiedergegeben werden. Diese sind makroskopisch im Auf- und Gegenlicht sichtbar und können als Mikrokreuze identifiziert werden.

Vorgehensweise

Für die Mikroperforation von Kreuzen mit CO₂-Laserstrahlung wird eine Optik aus einem »nicht rotationssymmetrischen Spiegel« (NRS) aufgebaut. Die Leistungsdichteverteilung wird mit diesem Spiegel derart generiert, dass ein Mikrokreuz mit einem Laserpuls erzeugt werden kann. Hierzu werden die NRS entsprechend des einzusetzenden Lasers ausgelegt und gefertigt. Zur Berechnung der Spiegeloberfläche werden die Strahlparameter des Lasersystems und die auftretenden Linsenfehler der Fokussierlinse berücksichtigt.



Ergebnisse und Anwendungen

Auf Grundlage theoretischer Ergebnisse sowie der Vermessung der NRS ist eine Optik entwickelt worden, die ein geringes Gewicht aufweist und in ein bestehendes hochdynamisches zweidimensionales Bearbeitungssystem integriert wurde. Bei Perforationsraten >1000/s und einer mittleren Laserleistung von 150 W werden Schenkel-längen < 500 µm und Schenkelbreiten < 100 µm erzielt.

Ansprechpartner

Dipl.-Ing. S. Irrgang, Tel.: -100
Dipl.-Phys. J. Bernges, Tel.: -150
Dr. A. Gillner, Tel.: -148

Optik für das Härten und Beschichten von Innenkonturen

Aufgabenstellung

Konventionelle Laserstrahloptiken für Hochleistungslaser (Ausgangsleistung > 1 kW) sind nur bedingt für die Innenbearbeitung von Bauteilen geeignet. Der Öffnungsdurchmesser der zu bearbeitenden Innenkontur muss mindestens einige 100 mm betragen. Für kleinere Öffnungen, z. B. Zylinderbohrungen von Pkw-Motoren, müssen spezielle Bearbeitungsoptiken eingesetzt werden, die von der Laser- und Zuliefererindustrie in der Regel nicht standardmäßig angeboten werden.

Am Fraunhofer ILT sollte eine Optik für die Oberflächenbearbeitung (Härten, Legieren, Beschichten) entwickelt und erprobt werden, die für Öffnungen bis zu einem minimalen Durchmesser von 50 mm eingesetzt werden kann. Hierzu müssen die für die Funktion notwendigen Baugruppen Strahlführung und -formung, Pulverzufuhr (für das Legieren und Beschichten), Schutzgaszufuhr (für den Schutz optischer Komponenten), Absaugung (für Pulverreste und Dämpfe) und Kühlkreislauf (für die Kühlung der Optik) in einem kompakten Gehäuse integriert werden.

Vorgehensweise

Unter der Vorgabe, alle oben genannten Baugruppen in einem Tubus von max. 45 mm Durchmesser unterzubringen, wurde ein erster Prototyp konstruiert und gefertigt. Anhand von Funktionstests wurde die Optik dann in einem iterativen Verfahren verbessert.

Ergebnisse und Anwendungen

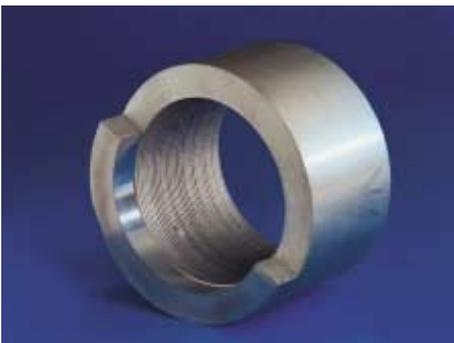
Die Innenbearbeitungsoptik (Bild oben) ist für die Anbindung eines fasergekoppelten Nd:YAG-Lasers ausgelegt. Am hinteren Ende der Optik befindet sich die Aufnahme für den Faserstecker, sowie die Anschlüsse für die verschiedenen Zuleitungen. Am vorderen Ende der Optik sind die Ausgänge für den Laserstrahl und die Pulverzufuhr zu sehen (Bild oben).

Mit der Optik können Einzelspuren von 1 bis 3 mm Breite und 0.5 bis 1.5 mm Höhe erzeugt werden. Die Eintauchtiefe beträgt 200 mm. Eine größere Eintauchtiefe kann durch den Einbau von Verlängerungsmodulen realisiert werden. Die Optik ist im Dauerbetrieb (20 min) bei 3000 W erfolgreich getestet worden.

Eine potentielle Anwendung für die Innenbearbeitungsoptik ist das Beschichten oder Legieren von Zylinderlaufbahnen in Verbrennungsmotoren (Bild 2). Der Laserstrahl wird spiralförmig über die Laufbahn geführt. Laufende Forschungsaktivitäten am Fraunhofer ILT befassen sich mit der Erhöhung der Flächenrate, um die Wirtschaftlichkeit des Prozesses zu verbessern.

Ansprechpartner

Dr. A. Weisheit, Tel.: -403
Dr. K. Wissenbach, Tel.: -147



Oben: Innenbearbeitungsoptik
Unten: Beschichtete Laufbuchse für einen Pkw-Motor

Querteilen und Brennschneiden mit Diodenlasern

Aufgabenstellung

Im Rahmen des BMBF-Leitprojektes »Modulare Diodenlaser-Strahlwerkzeuge (MDS)« werden Schneidanwendungen erarbeitet, die die spezifischen Eigenschaften und Vorteile des Diodenlasers als Werkzeug nutzen. So soll einerseits mit einem ca. 50 mm langen Diodenlaserlinienstrahl Bandmaterial quergeteilt werden. Die Schnittlinie wird bei diesem völlig neuen Trennverfahren nicht abgefahren, sondern mit einem Laserpuls aufgeschmolzen (»optisch gestant«). Andererseits soll zum optischen Brennschneiden ein ringförmiger Diodenlaserstrahl, der eine Schneiddüse umschließt, erzeugt werden. Eine derartige Anordnung ist mit konventionellen Strahlquellen nur mit hohem Aufwand realisierbar.

Vorgehensweise

Es wurde ein Demonstrator zum optischen Querteilen von metallischem Bandmaterial aufgebaut. Zur Erzeugung des Linienstrahles enthält die Anlage einen aus vier Stacks mit je sechs Barren bestehenden Diodenlaser. Um die in Fast-Richtung stark divergente Strahlung zu kollimieren, kommen Mikrooptiken vor jedem Diodenbarren zum Einsatz. Die Laserstrahlung wird dann in vier Glasstäben, die sich hinter den Stacks befinden, in Slow-Richtung homogenisiert und mit einer Zylinderlinse in Fast-Richtung fokussiert. Zum Bandtransport und zum Aufbau von Bandspannung, die den Trennvorgang unterstützt, dienen motorisch getriebene Walzen. Für die Ansteuerung der Motoren und des Diodenlasers wird ein PC verwendet. Um die Schnittqualität zu optimieren, wurden zahlreiche Schneidversuche und Parametervariationen mit dem Demonstrator durchgeführt.

Beim optischen Schneidbrenner werden zehn identische Diodenlaserstacks koaxial um eine Sauerstoff-Schneiddüse angeordnet. Die Laserstrahlung wird in Fast- und Slow-Richtung kollimiert und dann mit einer sphärischen Linse fokussiert. Spiegel lenken die Strahlung so um, dass ein ringförmiger Fokus mit einem Durchmesser von etwa 5 mm entsteht.

Ergebnisse und Anwendungen

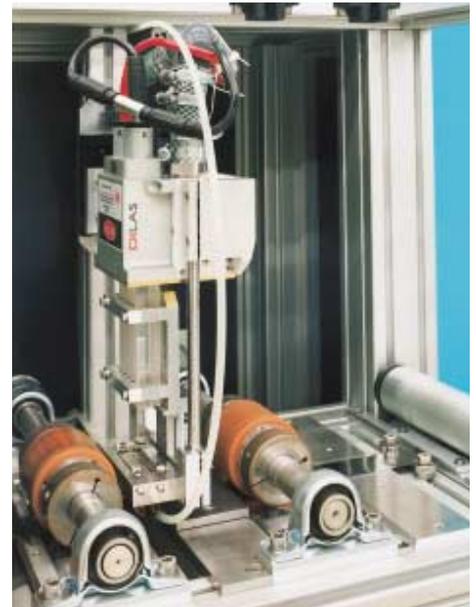
Die entwickelte Querteilanlage zeichnet sich durch einen flexiblen mechanischen Aufbau aus, der rasch an weitere Anwendungen angepasst werden kann.

Mit dem Demonstrator gelang es, 0,22 mm dickes Stahlband der Breite 36 mm in 275 ms zu trennen. Die Laserleistung hinter den Optiken betrug 820 W. Ein Ziel der weiteren Arbeiten ist es, durch eine Verbesserung der Homogenität der Strahlung in Slow-Richtung die Schnittqualität zu erhöhen.

Die Detailkonzeptionierung und Konstruktion des optischen Schneidbrenners ist abgeschlossen. Eine erste Ausbaustufe dieses Gerätes wird im Frühjahr 2001 zur Verfügung stehen.

Ansprechpartner

Dipl.-Ing. F. Schneider, Tel.: -426
Dipl.-Phys. B. Seme, Tel.: -426
Dr. D. Petring, Tel.: -210



Oben: Anlage zum Querteilen von metallischem Bandmaterial
Unten: Detailansicht der Querteilanlage: Diodenlaser mit Bearbeitungsoptik und Homogenisator

Hybridschweißen von Öltanks

Aufgabenstellung

Für die Fertigung von Öltanks soll ein Handhabungssystem entwickelt und aufgebaut werden. Die Entwicklung beinhaltet das Design eines speziellen Schweißkopfes, eines angepassten Konturfolgesensors, der Bewegungsachsen, der Steuerung und der Strahlführung.

Vorgehensweise

Das eingesetzte Verfahren ist das CO₂-Laser/MIG-Schweißen. Um Behälter mit Wandstärken von 5 bis 8 mm schweißen zu können, wurden unterschiedliche Parametersätze ermittelt. Aufgrund veränderlicher Bedingungen aus der Vorfertigung wird - in Abhängigkeit von Spaltweite und Kantenversatz - mit Kurz- und Langlichtbogen gearbeitet. Der Vorschub wurde über einen Rollenbock realisiert. Seitenführung, Erfassung der Spaltweite und Nachführung der Fokusslage des Schweißkopfes erfolgen über einen integrierten Sensor. Für die Anwendung wurde eine Fertigungseinrichtung mit einer Strahlquelle aufgebaut, die auf zwei Stationen ein alternierendes Schweißen ermöglicht.

Ergebnisse und Anwendungen

Die Kopplung von Laserstrahl- und MIG-Schweißen ermöglicht einen flexiblen Schweißprozess. Der hybride Prozess kann einfach an spezifische Materialeigenschaften und fertigungstechnische Umgebungsbedingungen angepasst werden. Er ist toleranter gegenüber Ungenauigkeiten der Vorfertigung. Aufgrund der erhöhten Energieeinbringung ist die Härte in der Schweißzone und der Wärmeeinflusszone geringer als beim reinen Laserstrahlschweißen. Zudem lässt sich mit dem Hybridschweißen eine Steigerung des Wirkungsgrades um bis zu 25% erreichen.

Der Prozess wurde durch den TÜV zertifiziert und wird erfolgreich seit letztem Jahr in der Produktion eingesetzt.

Ansprechpartner

Dipl.-Ing. M. Dahmen, Tel.: -204
Dr. S. Kaierle, Tel.: -212



Prozessüberwachung beim Schweißen verzinkter Bleche

Aufgabenstellung

Das Schweißen verzinkter Bleche stellt hohe Anforderungen an die Führung des Bearbeitungsprozesses, da schon geringe Abweichungen von den vorgegebenen Prozessparametern zu Fehlern in der Schweißverbindung führen können. Gerade im Automobilbau, einem der größten Anwendungsbereiche verzinkter Bauteile, sind fehlerhafte Verbindungen nicht akzeptabel, da es dort auf die Festigkeit der Bauteile beim Verformen und die Dichtigkeit ankommt. Die Qualitätssicherung beim Schweißen verzinkter Bauteile erfordert daher eine zuverlässige Online-Prozessüberwachung. Aktuelle Systeme, die zur Prozessüberwachung räumlich integral messende Photodetektoren einsetzen, können systembedingt vielfach die geforderte Zuverlässigkeit nicht erbringen.

Vorgehensweise

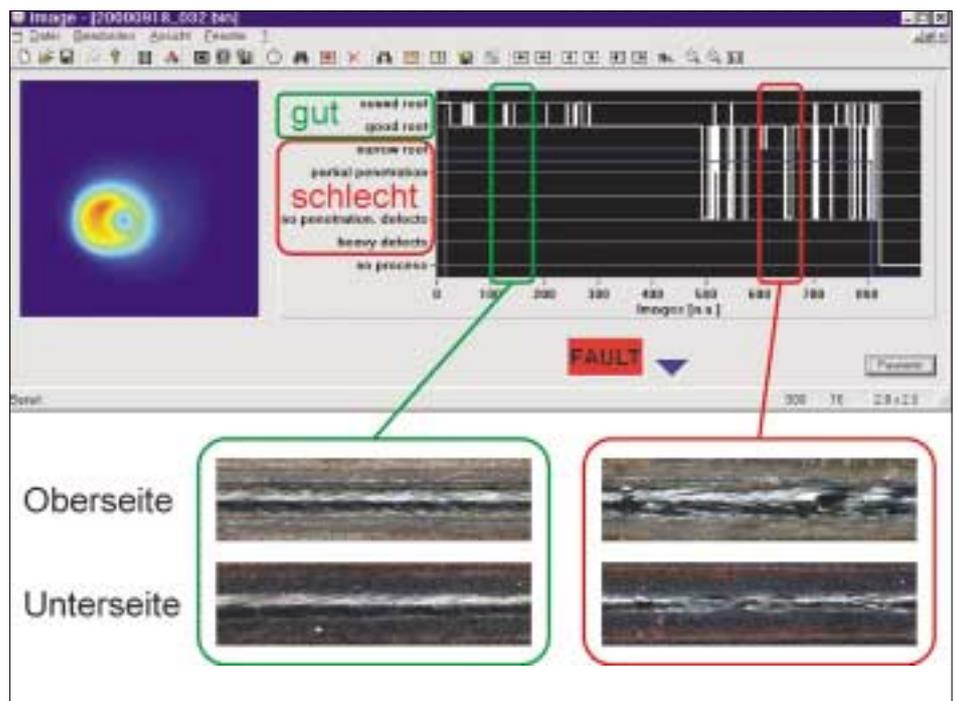
Am Fraunhofer-Institut für Lasertechnik wurde ein System zur Online-Prozessüberwachung bei der Materialbearbeitung mit Laserstrahlung entwickelt, das auf der orts aufgelösten Beobachtung der Bearbeitungszone mit einer Hochgeschwindigkeitskamera basiert. Der Detektor ist dabei so montiert, dass die Überwachung koaxial zum Laserstrahl durch die Bearbeitungsoptik erfolgt. Das System wurde bereits mit Erfolg zur Überwachung beim Schweißen unverzinkter Tailored Blanks und beim Schneiden eingesetzt.

Ergebnisse und Anwendungen

Die orts aufgelöste Prozessbeobachtung koaxial zum Laserstrahl ermöglicht bei der Fertigung verzinkter Bleche die Überwachung einer sicheren Durchschweißung, die Erkennung von Nahtfehlern sowie die Detektion von Materialauswürfen.

Ansprechpartner

Dipl.-Ing. C. Kratzsch, Tel.: -229
Dipl.-Ing. P. Abels, Tel.: -428
Dr. S. Kaieler, Tel.: -212



2D/3D-Konturverfolgung für das Laserstrahlschweißen

Aufgabenstellung

Maßgeblich für die Qualität beim Laserstrahlschweißen ist eine optimale Positionierung des Laserstrahles zum zu bearbeitenden Werkstück mittels einer numerischen Steuerung. Unvermeidbare Toleranzen der zu bearbeitenden Werkstücke können innerhalb einer Serienproduktion in Automobil-, Schiff- und Flugzeugbau durch konventionelle NC-Programmierung nicht ausgeglichen werden. Ebenso bedingt die immer weiter zunehmende Leistungssteigerung der Laserstrahlquellen und die damit verbundene Minimierung der Taktzeiten eine präzise Positionierung des Laserstrahles.

Vorgehensweise

Zur optimalen Positionierung des Laserstrahles wurde eine Echtzeit-Software für numerische Steuerungen erstellt, welche die Daten eines vorlaufend angebrachten Nahtfolgesensors im Interpolationstakt der Steuerung auswertet und in Positionsvorgaben für die beteiligten Roboterachsen wandelt. Zur Kommunikation zwischen Nahtfolgesensor und Steuerung wird ein Feldbussystem verwendet. Konfiguration und Programmierung der Software erfolgt über zusätzlich implementierte NC-Befehle auf der Steuerung. Die während der Bearbeitung ermittelten Konturgeometrien lassen sich zur Qualitätssicherung online auf der Steuerung protokollieren. Neben der Positionierung der Roboterachsen

ermöglicht die Software die Korrektur von Laserparametern mit Hilfe einer analogen Laserleistungssteuerung. Der Einsatz von Methoden und Prinzipien der Softwaretechnik ermöglicht die problemlose Portierung der Software auf unterschiedliche Steuerungstypen, sowie den simultanen Einsatz mehrerer Sensoren.

Ergebnisse und Anwendungen

Neben der Steigerung der Produktivität der verwendeten Laserschweißanlage durch eine Minimierung der Vorbereitungszeiten führt der Einsatz der 2D/3D-Konturverfolgung zu einer Qualitätssteigerung bei den bearbeiteten Werkstücken.

Die Software wurde bei der Fa. Blohm + Voss, Hamburg, auf einer Steuerung vom Typ Sinumerik 840D zum simultanen, beidseitigen Schweißen von T-Stößen für den Schiffbau implementiert.

Ansprechpartner

Dipl.-Inform. M. Fohn, Tel.: -434
Dr. S. Kaierle, Tel.: -212



Prozesskontrollierendes modulares Diodenlaser-system

Aufgabenstellung

Im Rahmen des BMBF-Leitprojekts »Modulare Diodenlaser-Strahlwerkzeuge (MDS)« soll im Teilprojekt »Härten« ein Diodenlaser-System entwickelt werden, das mehrere Diodenlaser-Module zu einem Netzwerk verknüpft. Ziel dabei ist es, die gleichzeitige, orts aufgelöste Regelung der Temperatur in verschiedenen Bearbeitungszonen an einem Werkstück zu realisieren.

Vorgehensweise

In diesem Projekt wurde eine Prozesskontrolle entwickelt, die eigenständige Diodenlasergeräte zu einem Netzwerk verknüpft, das von einem Anwender am PC bedient werden kann. Bei der Bedienung wird Wert gelegt auf:

- Einfachheit für die industrielle Anwendung
- Flexibilität für die Prozessentwicklung

Das Diodenlaser-System besteht aus 10 eigenständigen Diodenlasern, die von 10 Netzteilen mit Strom versorgt werden. Der Diodenstrom bestimmt die Laserleistung unmittelbar und damit die Temperatur an der Werkstückoberfläche. Um diese Temperatur berührungsfrei zu messen, wird jeder Diodenlaser mit einem Strahlungsthermometer (Pyrometer) ausgestattet. Die Temperatur wird an der Stelle gemessen, die vom Diodenlaser bestrahlt wird. Diese Messwerte dienen der Regelung als Ist-Temperatur.

Die orts aufgelöste Regelung der Temperatur wird mittels »verteilter Intelligenz« realisiert - jeder Diodenlaser wird von einem eigenen Mikrocontroller gesteuert. So ist es möglich, verschiedene Stellen gleichzeitig mit unterschiedlichen Temperaturen zu bearbeiten.

Ergebnisse und Anwendungen

Das System wird beispielsweise beim Härten von Präzisionsführungsschienen eingesetzt. Die Schienen sollen sich bei der Bearbeitung nicht verziehen. Dazu werden mehrere Härtespuren simultan erzeugt. Ebenso ist es möglich, Oberflächen mit einem angepassten Temperaturprofil zu bearbeiten, um Überhitzungen an Werkstückkanten zu vermeiden.

Ansprechpartner

Dipl.-Ing. J. Sommer, Tel.: -390
Dr. S. Kaierle, Tel.: -212

Netzteile und Bildschirm mit der Prozesskontrolle hinten, Diodenlasermodule vorne



Ergonomisches Handprogrammiergerät zur Unterstützung des Teach-In-Verfahrens

Aufgabenstellung

Am Fraunhofer-Institut für Lasertechnik ist in den vergangenen Jahren ein Handgerät zur Programmierung numerischer Steuerungen entworfen und weiterentwickelt worden. Dieses Gerät befindet sich bereits mehrfach im industriellen Einsatz. Aufgrund von Anregungen aus der Industrie und Erfahrungswerten während der Inbetriebnahme, Verwendung und Wartung des Gerätes ergab sich eine Reihe von Anforderungen an die Hardware des Gerätes, welche durch das Re-Design des Systems realisiert wurden.



Vorgehensweise

Der Neuaufbau des Gerätes erfolgte nach Richtlinien zur fertigungs- und montagegerechten Konstruktion von Seriengeräten. Berücksichtigt wurden dabei Umfragen, die bei Endanwendern, Steuerungs- und Anlagenherstellern durchgeführt wurden, sowie Aspekte des Designs und der Ergonomie.

Der hohe Verdrahtungsaufwand der Hardware im Vorgängermodell und eine Vielzahl von manuellen Tätigkeiten bei der Herstellung der Gehäuseteile erhöhten die Kosten und waren potentielle Fehlerquellen. Zudem wurde die Wartung erschwert.

Die Reduzierung manueller Tätigkeiten und der modulare Aufbau des Gerätes bildeten einen Schwerpunkt des Re-Designs.

Im Zuge der Neukonstruktion wurden die verwendeten Hardware-Komponenten des Vorgängers durch aktuelle, dem Stand der Informationstechnik angepasste Bauteile ersetzt.

Die Arbeitssicherheit wurde durch das Anbringen eines NOTHALT-Tasters und von Totmann-Tastern nach den VDE-Richtlinien (VDE 0100) sowie der CE-Abnahme gewährleistet.

Ergebnisse und Anwendungen

Durch das Re-Design wurde das Handprogrammiersystem leichter, mechanisch stabiler und ergonomischer. Die Reduzierung manueller Tätigkeiten während des Aufbaus, die Elimination von Hardwareredundanzen sowie geeignete Testumgebungen zur Überprüfung der korrekten Funktionsweise minimieren die Fehleranfälligkeit und die Kosten des Gerätes.

Die universelle Auslegung der Schnittstellen lässt die Integration in allen PC-basierten NC-Steuerungen, wie beispielsweise Steuerungen der Firmen Siemens, Power Automation und Aerotech ohne hohen Anpassaufwand bezüglich der Software zu.

Ansprechpartner

Dipl.-Inform. O. Steffens, Tel.: -434
Dr. S. Kaierle, Tel.: -212

Benutzerfreundliche Simulationssoftware

Aufgabenstellung

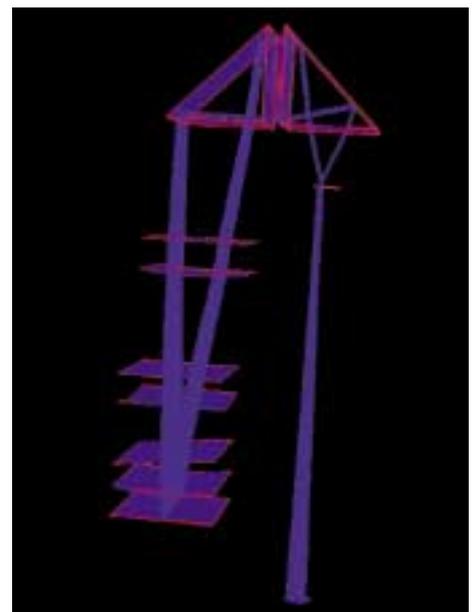
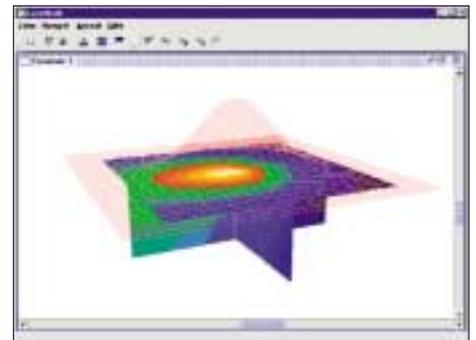
Der Einsatz von Computern zur Simulation physikalischer Prozesse und zur Auswertung von Messdaten ist ein wichtiges Werkzeug zur schnellen Entwicklung von Geräten und Verfahren. Während in der Vergangenheit überwiegend Experten auf dem Gebiet der Computersimulation diese Werkzeuge eingesetzt haben, besteht zunehmend ein Bedarf an maßgeschneiderter Software, die schnell und einfach auch von nicht Computerexperten zur Unterstützung ihrer Entwicklungsarbeiten benutzt werden kann.

Vorgehensweise

Für den effizienten Umgang mit Software ist eine intuitiv bedienbare graphische Oberfläche, die sowohl der Eingabe von Benutzerdaten und Kommandos als auch der Darstellung von Ergebnissen dient. Zur besseren Anschaulichkeit sollten die Ergebnisse dreidimensional dargestellt werden können. Um bestehende Simulations-Software unabhängig von der benutzten Programmiersprache (häufig Fortran und C++) und dem Server, auf dem die Software abläuft, mit der graphischen Oberfläche integrieren zu können, sollte die Plattform für die graphische Oberfläche netzwerkfähig sein. Die genannten Kriterien werden am besten von Java erfüllt.

Für die Integration von graphischer Oberfläche und dem eigentlichen Rechenmodul bestehen verschiedene Möglichkeiten:

- Bei nicht zu rechenintensiven Problemen kann die Simulationssoftware in Java geschrieben werden. Diese kann direkt integriert oder netzweit per Java eigenem Protokoll RMI aufgerufen werden.
- Mit CORBA (Common Object Request Broker Architecture) können unterschiedliche Programmiersprachen netzweit integriert werden, CORBA ist jedoch relativ komplex.
- SOAP (Simple Object Access Protocol) ist ein Kommunikationsprotokoll, das einige der Möglichkeiten von CORBA bietet, jedoch deutlich einfacher ist.



Ergebnisse und Anwendungen

Mehrere Simulations-Programme sind in Java erstellt worden. Der Schwerpunkt liegt auf der Entwicklung der graphischen Oberfläche und der dreidimensionalen Darstellung, die mit Java 3D realisiert wurde. Bei einem dieser Programme, mit dem der geometrisch-optische Verlauf von Lichtstrahlen durch optische Systeme berechnet werden kann, wurde das in C++ geschriebene Rechenmodul per SOAP mit der graphischen Oberfläche verbunden.

Ansprechpartner

Dipl.-Phys. J. Michel, Tel.: -163
Dr. R. Wester, Tel.: -401



Betriebsfunktionsmuster zur Schlackeanalyse mit Laser-Emissionsspektrometrie	70
Stahltreinheitsanalyse mit Hochgeschwindigkeits-Laser-Emissionsspektrometrie	71
Online-System zur Erfassung und Verarbeitung der Oberflächentopologie von heißen Walzblechen	72
Walzölrückstände auf Stahlbändern: Messung durch laserinduzierte Fluoreszenz	73
Echelle-Spektrometer für die Laser-Emissionsspektrometrie an verzünderten Roheisenproben	74
Schnelle Vor-Ort Charakterisierung technischer Kunststoffe zum werkstofflichen Recycling	75
Analyse kontaminierter Bodenproben mit laser-spektroskopischen Verfahren	76
Flexibler Messkopf für die Laserspektroskopie - FML	77
Simulation der Emissionsspektren laserinduzierter Plasmen	78
Online - Überwachung des Metallgehaltes von Aerosolen im Hochofen-Gichtgas	78

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.

Walzölrückstände auf
Stahlbändern: Messung durch
laserinduzierte Fluoreszenz

Betriebsfunktionsmuster zur Schlackeanalyse mit Laser-Emissionsspektrometrie

Aufgabenstellung

Die Prozesssteuerung bei der Stahlherstellung nutzt die Ergebnisse der chemischen Analyse der anfallenden Schlacke. Eine schnelle und genaue Analyse der Elementzusammensetzung ist daher von großem Interesse zur Optimierung des Produktionsprozesses.

Vorgehensweise

Bei der Laser-Emissionsspektrometrie wird ein gütegeschalteter Nd:YAG Laser für den Materialabtrag und die Erzeugung eines Plasmas verwendet. Das Plasma wird spektral und zeitlich aufgelöst detektiert. Die Emission unterschiedlicher Elementlinien wird zur Bestimmung der entsprechenden Analyte verwendet.

Mit diesem Verfahren können die Bestandteile CaO, SiO₂, Fe_xO_y, Mn, MgO, Al₂O₃, TiO₂, S und P₂O₅ quantitativ analysiert werden.

Ergebnisse und Anwendungen

Um Schlackeproben im Schichtbetrieb analysieren zu können, wurde das Betriebsfunktionsmuster SALIS (Slag Analysis with Laser-Induced Break-down Spectroscopy) entwickelt und realisiert. Das Gerät ist temperaturstabilisiert, um zu einem späteren Zeitpunkt auch den Umgebungsbedingungen nahe am Konverter standhalten zu können. Das laserinduzierte Plasma wird mit einem Paschen-Runge-Spektrometer mit 16 Elementkanälen detektiert. Die Signalerfassung erfolgt mit Hilfe der am Fraunhofer ILT entwickelten Signalelektronik MCI.

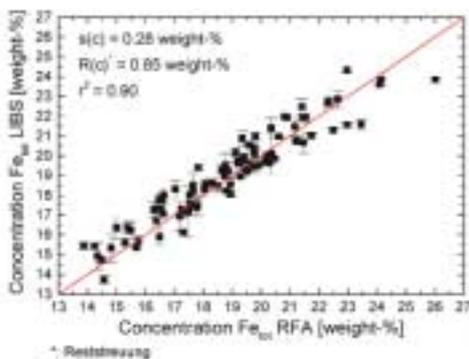
Durch die automatische Steuerung der Anlagenparameter ist eine Analyse im Schichtbetrieb möglich. In diesem Rahmen konnten Erfahrungen über die Langzeitstabilität und die im Betrieb vorkommenden Probenzusammensetzungen gewonnen werden.

Im Rahmen der Erprobung von SALIS im Stahlwerk konnten die Ergebnisse aus den Vorstudien auch in der Praxis bestätigt werden.

Die Arbeiten wurden im Auftrag eines Stahlunternehmens in Kooperation mit einer Firma im Anwenderzentrums des Fraunhofer-Instituts für Lasertechnik durchgeführt.

Ansprechpartner

Dr. R. Noll, Tel.: -138
Dipl.-Phys. M. Kraushaar, Tel.: -311



Oben: Betriebsfunktionsmuster SALIS zur Multi-elementanalyse von Schlackeproben aus dem Stahlherstellungsprozess

Unten: Korrelationsdiagramm der bisher verwendeten Röntgenfluoreszenz-Analyse (RFA) mit Ergebnissen, die an SALIS im Schichtbetrieb gewonnen wurden

Stahlreinheitsanalyse mit Hochgeschwindigkeits- Laser-Emissionsspektro- metrie

Aufgabenstellung

Die Homogenität und Reinheit von Stahl ist für die Herstellung von Federstahl, dünnen Folien und Drähten von entscheidender Bedeutung. Verunreinigungen in Stahl können z. B. aus Al_2O_3 , SiO_2 , CaO , TiN , CaS oder MnS mit typischen Dimensionen von $0,1 \mu m$ bis $100 \mu m$ bestehen. Für Produktentwicklung, Prozesskontrolle und Qualitätssicherung wird eine einfache und schnelle Methode benötigt, um Einschlüsse zu identifizieren und zu quantifizieren.

Vorgehensweise

Mit der am Fraunhofer ILT erstellten Prüfmaschine SML 1 kann die Zusammensetzung von Probenoberflächen mittels Laser-Emissionsspektrometrie analysiert werden. Die Ortsauflösung ist besser als $20 \mu m$ bei Messgeschwindigkeiten von 1000 Hz . Die Messzeit für eine Fläche von z. B. $1 \times 1 \text{ cm}^2$ mit $250\,000$ Einzelmessungen beträgt ca. 11 Minuten. Die Oberfläche der zu prüfenden Stahlprobe wird mit einem am Fraunhofer ILT entwickelten diodengepumpten Festkörperlaser abgerastert. An jedem Punkt der Oberfläche wird eine geringe Materialmenge im Fokus des Lasers verdampft und ein Plasma erzeugt. Ein Gitterspektrometer zerlegt vom Plasma emittierte Strahlung. Die Intensitäten von 41 Spektrallinien im Bereich $130\text{-}777 \text{ nm}$ werden simultan detektiert und von einem Steuerrechner ausgewertet.

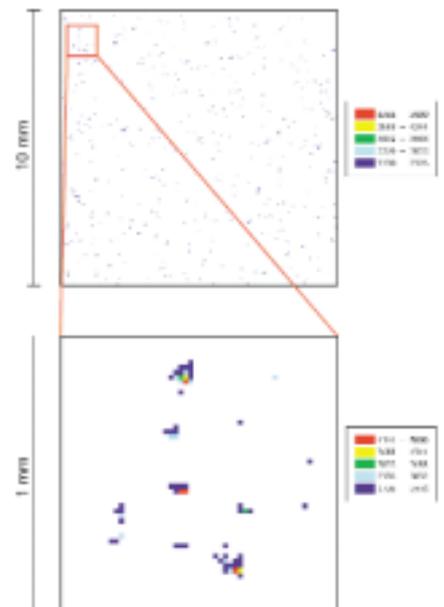
Ergebnisse und Anwendungen

Räumliche Verteilungen von Elementen, wie in der Abbildung unten, die die Elementkonzentrationen der vermessenen Probenoberflächen darstellen, geben Aufschluss über die Verteilung und Größe von Einschlüssen in Stählen. Kennzahlen zu Einschlusskonzentrationen in Proben wurden ermittelt.

Teile dieser Arbeiten werden in Kooperation mit der EGKS und einem industriellen Partner durchgeführt.

Ansprechpartner

Dipl.-Phys. H. Bette, Tel.: -154
Dr. R. Noll, Tel.: -138



Räumliche Verteilung lokalisierter Mangananreicherungen in einer Stahloberfläche, Auflösung $20 \mu m$
Oben: abgerasterte Fläche $10 \text{ mm} \times 10 \text{ mm}$. Farbcodiert dargestellt sind diejenigen Messpunkte, an denen die Manganintensität einen Schwellwert überschreitet.
Unten: Detailvergrößerung einer Fläche von $1 \text{ mm} \times 1 \text{ mm}$ aus dem obigen Bild

Online-System zur Erfassung und Verarbeitung der Oberflächentopologie von heißen Walzblechen

Aufgabenstellung

Für die on-line Optimierung der Kühlparameter von beschleunigt abgekühlten Blechen soll ein System realisiert werden, welches die Oberflächentopologie von Walzblechen klassifiziert, den Eigenspannungszustand der Bleche charakterisiert und schließlich optimierungsrelevante Parameter ermittelt und an das zentrale Prozessleitsystem des Walzwerks liefert.



Vorgehensweise

Zur Ermittlung der Oberflächentopologie werden die Oberflächen der heißen Walzbleche mit einem Mehrpunkt-Triangulationssystem, das speziell für den Betrieb im Walzwerk entwickelt wurde, vermessen. Das spezielle Triangulationsverfahren wurde vom Fraunhofer ILT zum Patent angemeldet.

Um Rückschlüsse auf das Eigenspannungsverhalten der Bleche zu erhalten, wurde eine Software implementiert, die aus den gemessenen Rohdaten automatisch eine Klassifikation und Quantifizierung der Oberflächentopologie erzeugt. Für die Klassifizierung der Oberflächentopologie wird ein am Fraunhofer ILT implementiertes Neuro-Fuzzy System verwendet, das in der Lage ist, aus einem Trainingsdatensatz Fuzzy-Klassifikationsregeln zu erlernen. Derzeit wird das System mit Fuzzy-Regeln, die mit Hilfe von Expertenwissen formuliert wurden, betrieben.

Um die Messdatenerfassung und die Datenauswertungsmodule in die Rechnerumgebung des Prozessleitsystems zu integrieren, wurde auf der Basis von Internet-Technologie ein lokales Netzwerk entworfen, welches über eine Schnittstelle mit dem Prozessleitsystem Datenprotokolle austauscht. Um die komplexen Datenprotokolle, die bei der Messung und Auswertung der Oberflächentopologie erstellt 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 mm bei Blechtemperaturen bis zu 900 °C. Das System wird seit dreieinhalb Jahren erfolgreich in der Produktionslinie im Mehrschichtbetrieb eingesetzt. Die Auswertungssoftware zur Klassifikation der Oberflächentopologie erreicht derzeit eine Klassifikationsgüte von 87%. Die Integration in die Rechnerumgebung des Prozessleitsystems des Walzwerks wird vorbereitet. Dadurch wird eine on-line Optimierung von Kühlparametern möglich.

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

Ansprechpartner

Dipl. Phys. B. Bödefeld, Tel.: -196
Dr. R. Wester, Tel.: -401
Dr. R. Noll, Tel.: -138

Walzölrückstände auf Stahlbändern: Messung durch laserinduzierte Fluoreszenz

Aufgabenstellung

Bei der Produktion von Stahlblechen durchlaufen die Stahlbänder nach dem Walzen und weiteren Behandlungsschritten im Werk mehrere Reinigungsstufen, um Rückstände von Walzölen zu entfernen. Ziel ist es, ein Messverfahren zu finden, das eine verbesserte Überwachung dieser Reinigungsstufen ermöglicht und so frühzeitig Abweichungen und Unregelmäßigkeiten erkennen kann. Dadurch wird Störungen im Produktionsprozess vorgebeugt und eine gleichmäßigere Produktqualität gewährleistet.

Das Messverfahren soll auch die in den letzten Prozessstufen vorliegenden geringsten Öl- bzw. Kohlenstoff-Belegungen von weniger als 10 mg/m² erfassen können und in die Produktionslinie mit schnellem Vorschub der Stahlbänder integrierbar sein.

Vorgehensweise

Das Verfahren der laserinduzierten Fluoreszenz wird eingesetzt, um die Ölrückstände, die in der Regel mit bloßem Auge nicht sichtbar sind, zu detektieren. Mit einem gepulsten UV-Laserstrahl werden die Ölrückstände zur Fluoreszenz angeregt. Die Fluoreszenzstrahlung wird spektrometrisch erfasst und ausgewertet.

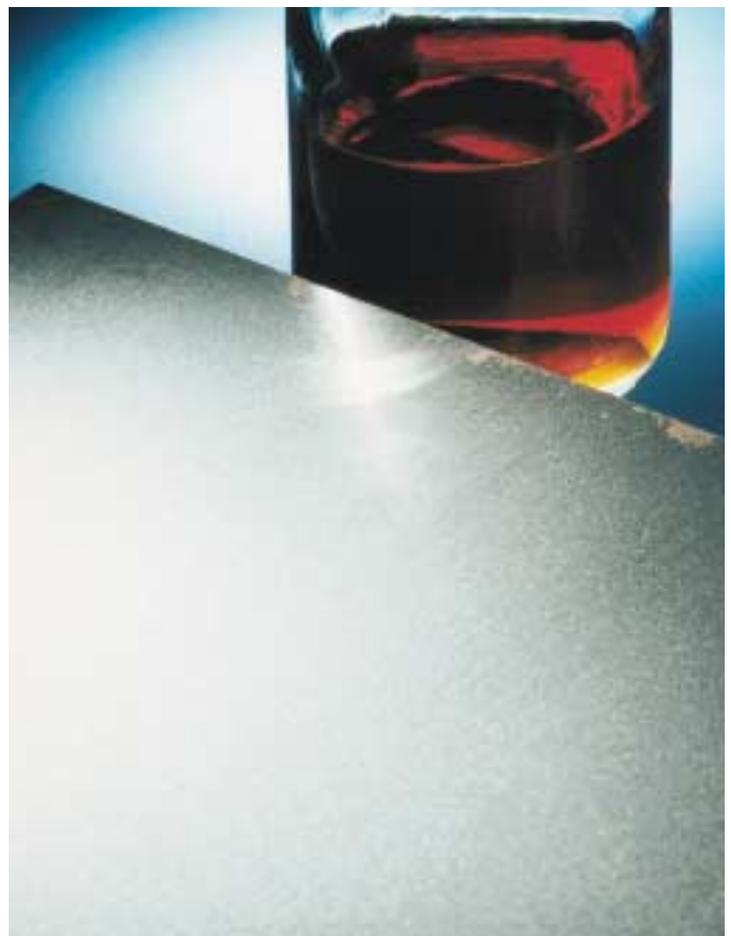
Ergebnisse und Anwendungen

In einer Vorstudie konnte gezeigt werden, dass die laserinduzierte Fluoreszenz als Messverfahren prinzipiell geeignet ist. Erste Kalibrierkurven wurden erstellt und eine Nachweisgrenze von ca. 6 mg/m² abgeschätzt. Dies entspricht einer mittleren Dicke des Ölbelags von etwa 6,7 nm auf dem Stahlband.

Ansprechpartner

Dr. V. Sturm, Tel.: -154

Dr. R. Noll, Tel.: -138

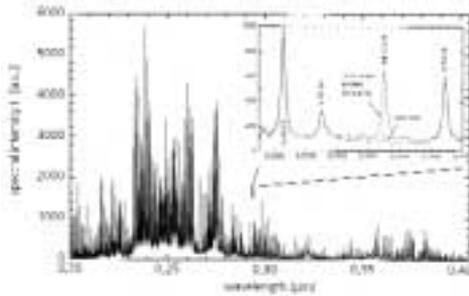


Echelle-Spektrometer für die Laser-Emissions- spektrometrie an verzun- derten Roheisenproben

Aufgabenstellung

Die Analyse von Roheisen und Schlacken ist eine wichtige Anwendung für die Vor-Ort-Analytik im Stahlwerk. Roheisenproben weisen eine Zunderschicht von bis zu 1 mm auf. Die Zunderschicht muss entfernt werden, um eine zuverlässige Analyse des Bulkmaterials zu erhalten. Die zur Zeit eingesetzten Verfahren wie Funken-Emissionsspektrometrie, Verbrennungsanalyse und Röntgenfluoreszenz erfordern dazu einen hohen Aufwand für die Probenpräparation, zum Beispiel durch mechanisches Schleifen der Proben.

Die automatisierte Probenvorbereitung im Schnellanalyse-Labor ist somit ein störanfälliger Arbeitsschritt und ein erheblicher Kostenfaktor. Eine Teilaufgabe ist die Entwicklung eines Analyseverfahrens, das eine vereinfachte Probenpräparation und Analyse ermöglicht.



Spektrum einer Stahl- und einer Reineisenprobe, aufgenommen mit dem Echelle-Spektrometer. Der vergrößerte Ausschnitt rechts oben zeigt die hohe spektrale Auflösung

Ergebnisse und Anwendungen

In der ersten Projektphase wurde ein Probenstand konstruiert und das Echelle-Spektrometer für die Anwendung konfiguriert. Das Echelle-Spektrometer erfasst einen Spektralbereich von 200 bis 780 nm mit einer hohen spektralen Auflösung von etwa 0,03 nm. Die Ankopplung des Echelle-Spektrometers an den Probenstand ist über einen Lichtwellenleiter ausgeführt worden. Die Spektrenauswertung und Versuche zum Laserabtrag wurden begonnen.

Ansprechpartner

Dr. V. Sturm, Tel.: -154
Dr. R. Noll, Tel.: -138

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.

Ein Echelle-Spektrometer wird für die Voruntersuchungen eingesetzt, um den Laserabtrag spektrometrisch zu überwachen und geeignete Parameter und Emissionslinien für die Analyse zu wählen.

Schnelle Vor-Ort Charakterisierung technischer Kunststoffe zum werkstofflichen Recycling

Aufgabenstellung

Sortenreines Recycling von technischen Kunststoffen mit hochspezialisierten Eigenschaften gewinnt mit zunehmendem Wert der Materialien an Bedeutung. Die Wirtschaftlichkeit einer automatisierten Sortieranlage ist dabei durch zwei Hauptfaktoren bestimmt: die Sortenreinheit der getrennten Fraktionen und der Materialdurchsatz. Die Sortenreinheit entscheidet maßgeblich darüber, ob das Recyclat die gleichen Eigenschaften wie der Ausgangsstoff und damit auch einen ähnlichen Verkaufswert besitzt. Nur ein möglichst hoher Materialdurchsatz gewährleistet eine Rentabilität für den Recycler.

Ein großes Problem sind Additive mit Schwermetall- oder Halogengehalt, die entweder eine Gefahr während des Recyclingprozesses auslösen oder auf Grund ihres gesundheitsgefährdenden Charakters von der EU als Inhaltsstoffe neuer Kunststoffkomponenten verboten wurden. Diese sind bei der Identifikation der Abfallstoffe zu erkennen und von den sortenrein getrennten Materialien zu trennen.

Vorgehensweise

Im Rahmen eines europäischen Verbundvorhabens wird ein Hybrid-Sensor aufgebaut, der vollständig auf optischen Sensoren basiert. Die Strukturanalyse des Polymers wird durch zwei Infrarot-Sensoren bewerkstelligt, die im mittleren und nahen Infrarot arbeiten. Die Analyse der Schwermetall- und Halogen-Konzentration wird mittels eines LIBS-Sensors (LIBS = laser induced breakdown spectroscopy) bestimmt.

Ein am Fraunhofer ILT implementierter Klassifikator analysiert den vollständigen Datensatz.

Ergebnisse und Anwendungen

Bei der Identifikation des Kunststoff-Materials mittels Infrarot-Reflektionspektren konnten Klassifikationsgüten von 97% im nahen Infrarot und 94% im mittleren Infrarot erreicht werden. Die Hybrid-Klassifikation der zusammengefassten Infrarotspektren ist Gegenstand aktueller Untersuchungen.

Der LIBS Sensor für technische Kunststoffe wurde fertiggestellt und es wurden mit Hilfe eines Probensatzes mit bekannten Gehalten Kalibrierkurven der relevanten Elemente ermittelt. Aus diesen wurden die jeweiligen Nachweisgrenzen der Elemente Chrom (19 µg/g), Quecksilber (104 µg/g), Cadmium (59 µg/g), Blei (114 µg/g) und Antimon (45 µg/g) bestimmt. Gegenstand der aktuellen Arbeiten am LIBS Sensor ist die Detektion von Brom und Chlor, sowie die automatische Fokussierung des Analyselasers auf bewegte Proben.

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

Ansprechpartner

Dipl.-Phys. M. Stepputat, Tel.: -124
Dr. R. Noll, Tel.: -138

Analyse kontaminierter Bodenproben mit Laserspektroskopischen Verfahren

Aufgabenstellung

Die Bedeutung der Untersuchung schädlicher Bodenveränderungen - wie beispielsweise die Kontamination von Böden mit Schwermetallen - auf dem Gebiet der Umwelttechnik wird nicht zuletzt durch das 1998 verabschiedete Bundes-Bodenschutzgesetz (BBodSchG) untermauert. Zur wirksamen Umsetzung und Kontrolle der Einhaltung der Regelungen besteht ein hoher Bedarf an geeigneten Messverfahren, die sich im Vergleich zu konventionellen Verfahren durch reduzierte Analysezeiten und die Möglichkeit zum Vor-Ort Einsatz auszeichnen.

Im Rahmen eines FuE-Vorhabens wurden daher die Grundlagen eines Laserspektroskopischen Verfahrens für die simultane Bestimmung von Schwermetallgehalten in Böden unter Vor-Ort Bedingungen erarbeitet und bereitgestellt.

LIBS-Plasma einer gepressten Bodenprobe. Die blaue Fluoreszenzstrahlung eines Papierstreifens illustriert den Strahlengang der für LIF verwendeten unsichtbaren UV-Laserstrahlung.



Vorgehensweise

Für die simultane Bestimmung von Schwermetallen in Böden wird die Laser-Emissionsspektrometrie (LIBS) verwendet, bei der mit einem kurzen, intensiven Laserpuls eine kleine Menge des Probenmaterials verdampft und in den Plasmazustand überführt wird. Zur spektroskopischen Analyse der von dem Plasma emittierten Messstrahlung wird dabei ein Paschen-Runge Spektrometer mit Fotomultiplier-Detektion eingesetzt. Um Nachweisgrenzen unterhalb von 1 µg/g zu erreichen, wie sie im Hinblick auf die rechtlich vorgegebenen Grenzwerte für einige Schwermetalle notwendig sind, wird das LIBS-Verfahren mit der laserinduzierten Fluoreszenz (LIF) kombiniert.

Ergebnisse und Anwendungen

Mit dem kombinierten Laserspektroskopischen Verfahren können die 8 Schwermetalle As, Cd, Cr, Cu, Ni, Pb, Tl und Zn in Bodenproben mit Nachweisgrenzen bestimmt werden, die unterhalb der in der Praxis gebräuchlichen rechtlichen Grenzwerte liegen. Insbesondere wurden mit dem LIBS-LIF-Verfahren für die Elemente Tl und Cd unter Umgebungsdruck Nachweisgrenzen in Bodenproben unterhalb von 1 µg/g erzielt.

Die Arbeiten wurden durch das BMBF unter der Vertragsnummer 13N6888/1 und durch mittelständische Unternehmen gefördert.

Ansprechpartner

Dipl.-Phys. F. Hilbk-Kortenbruck,
Tel.: -160
Dr. R. Noll, Tel.: -138

Flexibler Messkopf für die Laserspektroskopie - FML

Aufgabenstellung

Laserspektroskopische Verfahren ermöglichen eine schnelle berührungslose Analyse und Prüfung von Substanzen und sind damit für Anwendungen im industriellen Umfeld und im Umweltschutz prädestiniert. Ein für technische Anwendungen bedeutendes Verfahren ist die Laser-Emissionsspektrometrie (LIBS), da es eine simultane Multi-Element-Analyse erlaubt. Bislang werden hierbei die Laserstrahlung und z. T. auch die Messstrahlung über starre optische Strahlwege geführt, wodurch ein hoher Aufwand entsteht, um den Zugang zum Messobjekt zu realisieren.

Ziel eines internen Forschungsprojektes des Fraunhofer-Instituts für Lasertechnik ist daher die Entwicklung eines flexibel einsetzbaren Messkopfes für die Laser-Emissionsspektrometrie, bei dem sowohl Laser- als auch Messstrahlung über Lichtleiter geführt werden. In dem Vorhaben wird insbesondere der Einfluss der für die Faserübertragung reduzierten Laserpulsenergien auf die Parameter des laserspektroskopischen Verfahrens untersucht.

Vorgehensweise

Im Rahmen des Projektes wurde ein kompakter Messkopf aufgebaut, der in der nebenstehenden Abbildung dargestellt ist. Der Messkopf ist über einen Lichtleiter an ein kompaktes, kommerzielles Nd:YAG-Lasersystem gekoppelt, wobei gütegeschaltete Laserpulse mit Pulsenergien bis zu 42 mJ übertragen werden können. Die Fokussier- und Beobachtungsoptik im Messkopf ist für geringe Messabstände ausgelegt.

Für die Untersuchung der mit dem Messkopf erreichbaren analytischen Kenngrößen bei der chemischen Multi-Elementanalyse mit LIBS wurde das System an ein Paschen-Runge-Spektrometer mit Photomultiplier-Detektion gekoppelt.

Ergebnisse und Anwendungen

Als Beispielanwendung wurden mit dem Messkopf zunächst Schwermetall-Kontaminationen in Böden untersucht. Mit dem Messkopf und Luft als Spülgas können ebenso gute Ergebnisse erreicht werden wie mit dem sonst häufig verwendeten Argon. Dies ist insbesondere im Hinblick auf einen Einsatz des Systems für Vor-Ort Untersuchungen bedeutsam. Mit Nachweisgrenzen von beispielsweise 13 µg/g für Kupfer und 63 µg/g für Blei konnten für eine Reihe von Schwermetallen Werte unterhalb der rechtlichen Grenzwerte für unbelasteten Boden erzielt werden.

Ansprechpartner

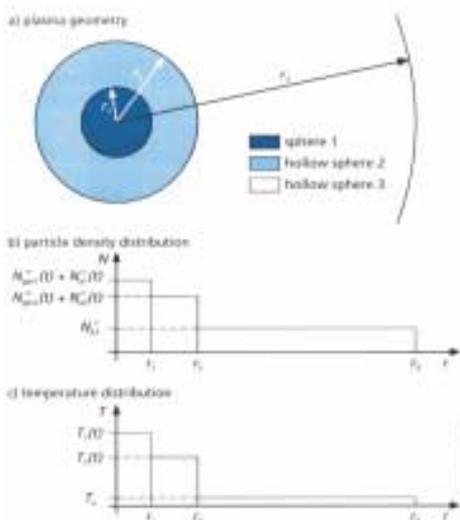
Dipl.-Phys. F. Hilbk-Kortenbruck,
Tel.: -160
René Bleich, Tel.: -160
Dr. R. Noll, Tel.: -138



Handgeführter fasergekoppelter Messkopf. An der Spitze des Messkopfes ist das laserinduzierte Plasma einer gepressten Bodenprobe zu erkennen.

Simulation der Emissionsspektren laserinduzierter Plasmen

Bild 1: Schalenmodell der Plasmageometrie für SPES
Bild 2, oben: experimentelles Emissionsspektrum einer Stahlprobe, **unten:** mit SPES simuliertes Emissionsspektrum



Aufgabenstellung

Bei der Laser-Emissionsspektrometrie wird ein Plasma der zu untersuchenden Substanz erzeugt. Die Eigenschaften des Emissionsspektrums dieses Plasmas bestimmen die analytische Leistungsfähigkeit des Verfahrens. Das Spektrum kann durch verschiedene Parameter wie z. B. die Plasmatemperatur und das Umgebungsgas beeinflusst werden. Zur Unterstützung der Verfahrensentwicklung für die Laser-Emissionsspektrometrie soll ein Werkzeug bereitgestellt werden, mit dem die Emissionsspektren laserinduzierter Plasmen simuliert werden können.

Vorgehensweise

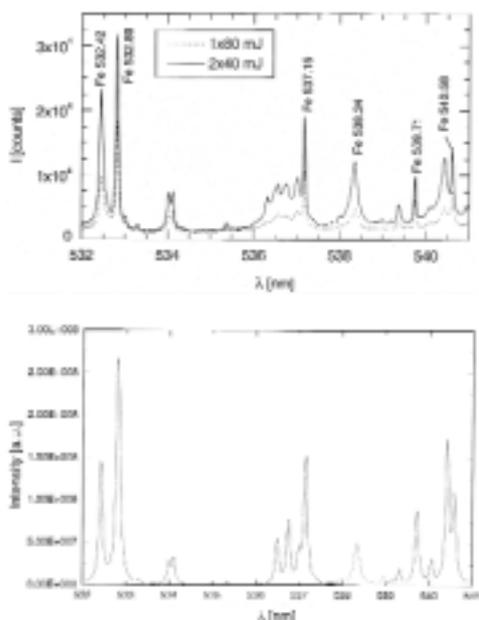
Auf der Basis experimentell gewonnener Informationen über den physikalischen Zustand des laserinduzierten Plasmas wurde ein heuristisches Modell des Plasmas entworfen. Eingangsgrößen sind die Zusammensetzung der zu analysierenden Substanz sowie Plasma- und Apparateparameter. Ausgangsgrößen des Modells sind Emissionsspektren mit den verschiedenen Strahlungsanteilen: Linienstrahlung, Bremsstrahlung und Rekombinationsstrahlung.

Ergebnisse und Anwendungen

Ausgehend von dem erarbeiteten Modell wurde das Softwarepaket SPES implementiert. SPES simuliert Emissionsspektren im Spektralbereich des nahen Infrarot bis ins Vakuum-Ultraviolett. Mit SPES kann der Einfluss verschiedener Parameter wie z. B. der Plasmagröße, Plasmatemperatur, Absorption in der Umgebungsgasatmosphäre, Apparateverbreiterung und die Torschaltung der elektrooptischen Detektoren untersucht werden. SPES berechnet u. a. Linienverbreiterungen, Linienüberlagerungen und Reabsorption im Plasma. Damit können Parameterstudien zur Optimierung von Kalibrierkurven durchgeführt werden.

Ansprechpartner

Dr. R. Wester, Tel.: - 401
 Dr. R. Noll, Tel.: -138



Online-Überwachung des Metallgehaltes von Aerosolen im Hochofen- Gichtgas

Aufgabenstellung

Die Herstellung von Roheisen hoher Qualität zu geringen Produktionskosten ist die Grundvoraussetzung für hohe Wirtschaftlichkeit in der Stahlindustrie. Entsprechend wichtig ist die umfassende Kenntnis der chemischen und thermodynamischen Prozesse am Hochofen. Dessen Energie- und Stoffströme werden speziell durch die Alkalimetalle Na und K sowie die Metalle Zn und Pb beeinflusst. Eine kontinuierliche Überwachung dieser Metalle im Gichtgas ermöglicht nicht nur eine Verbesserung der Prozesskontrolle am Hochofen, sondern kann ferner zur Schliessung der metallurgischen Massenbilanzen beitragen.

Es soll eine Methode entwickelt werden, den Metallgehalt der Aerosole im Gichtgas direkt am Hochofen online und in-situ zu bestimmen.

Vorgehensweise

Im Rahmen eines europäischen FuE-Vorhabens, unter Beteiligung von drei Stahlherstellern und zwei weiteren Instituten, wird das Verfahren der Laser-Emissionsspektrometrie (LIBS) eingesetzt. Hierbei wird eine geringe Materialmenge der Gichtgas-Aerosole im Fokus eines Nd:YAG-Laserstrahls verdampft. Es wird ein Plasma erzeugt, dessen emittierte Strahlung spektral zerlegt und zur Analyse ausgewertet wird.

Am Hochofen wird eine Messkabine implementiert, die über eine Sonde mit dem Gichtgasrohr verbunden ist. Die Sonde kann entlang des Rohrquerschnittes traversiert werden und erlaubt so eine orts aufgelöste Messung. Die Messapparatur wird vor Ort erprobt und die gewonnenen LIBS - Daten werden in Relation zu Hochofenprozessen untersucht.

Ergebnisse und Anwendungen

Die Entwicklung und technische Realisierung der Messapparatur wurde in dem laufenden Vorhaben durchgeführt. Das Kernstück ist ein 2,7 m langer optischer Messkopf, der über den gesamten Radius des Gichtgasrohrs eine hohe Lichtausbeute gewährleisten soll. Alle Komponenten der Messapparatur wurden im Labor an Gichtstaubproben von 6 verschiedenen Hochofen getestet. Ferner wurden Messungen unter hochofenähnlichen Zuständen (Druck ≤ 3 bar, Temperatur ≈ 120 °C, Gichtgasatmosphäre) durchgeführt und deren Einfluss auf die Messdaten untersucht. Die Anpassung des Messkopfes an die Sonde sowie die Einrichtung der Kabine und die erforderlichen Sicherheitsvorkehrungen wurden in Zusammenarbeit mit den Projektpartnern durchgeführt.

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

Ansprechpartner

Dipl.-Phys. A. Brysch, Tel.: -124
Dr. V. Sturm, Tel.: -154
Dr. R. Noll, Tel.: -138



Zertifizierung des ILT/LLT- Management-Systems



Aufgabenstellung

Leistungsfähige Unternehmen stellen sich im nationalen und internationalen Markt einem anspruchsvollen Qualitätswettbewerb und erwarten dasselbe von ihren Zulieferern. Sie fordern von ihren FuE-Dienstleistern den Nachweis eines wirksamen Qualitätsmanagements. Dasselbe gilt für Studenten, Absolventen und Unternehmen, deren Erwartungen an eine qualifizierte Hochschulausbildung gestiegen sind.

Ziel des Projektes ist die Zertifizierung des ILT/LLT-Management-Systems, das Prozesse sowohl für die Forschung und Entwicklung als auch für die Lehre und Ausbildung verwirklicht und das die Forderungen eines internationalen Qualitäts-Standards (z. B. ISO 9001) erfüllt.

Vorgehensweise

Auf der Grundlage eines umfassenden Management-Modells für technologieorientierte Forschungseinrichtungen werden die ILT/LLT-Prozesse identifiziert und beschrieben. Gezielte Schulungen der Mitarbeiter und interne Audits dienen der ständigen Verbesserung der ILT/LLT-Prozesse.

Ergebnisse und Anwendungen

Seit Mai 2000 ist das ILT/LLT-Management-System von der DQS Deutsche Gesellschaft für die Zertifizierung von Managementsystemen mbH zertifiziert. Es gilt gleichermaßen für das Fraunhofer-Institut für Lasertechnik ILT und den Lehrstuhl für Lasertechnik LLT an der RWTH Aachen.

Ansprechpartner

Dr.-Ing. A. Drenker, Tel.: -223
Dipl.-Phys. M. Talkenberg, Tel.: -205

National

100 03 111.0
Verbindungstechnik für Kunststoff-Karosseriebauteile

100 09 561.5
Detektion von Glasbruch

100 14 705.14
Anordnung zur Vermessung von optischen Komponenten und zur Charakterisierung von Hochleistungs-Diodenlasern und Diodenlaserstacks

100 22 249.8
Polarisierende Wellenlängen-Diversion und Multiplexing (PWDM)

100 25 353.9
Verfahren und Vorrichtung zum Korrosionsschutz

100 57 827.6
Mikroreaktoranordnung mit Membranfolien

International

PCT/EP00/01041
Resonatoranordnung mit mindestens zwei Faltungselementen

PCT/DE00/02093
Vorrichtung und Verfahren zur Herstellung von Bauteilen aus einer Werkstoffkombination

PCT/EP00/03360
Mikroreaktorsystem

PCT/EP00/02627
Vorrichtung und Verfahren zur Behandlung von strömenden Gasen, insbesondere von Abgasen

PCT/EP00/04998
Optische Verstärker-Anordnung für Festkörperlaser

PCT/EP00/06080
Vorrichtung zur Erzeugung von Extrem-Ultraviolett- und weicher Röntgenstrahlung aus einer Gasentladung

PCT/EP00/11029
Multifilter für die Wellenlängenkopplung

Deutschland

195 26 983 C 2
Verfahren zur Messung und Überprüfung der elektrischen Stromverteilung in hochintegrierten Bauteilen

195 32 767 C 2
Triangulationsverfahren

195 32 440 C 2
Festkörperlaseranordnung zur Frequenzkonversion

197 10 716 C 2
Vorrichtung zum Kühlen von elektronischen Bauelementen

198 41 083 C 2
Verfahren zur Charakterisierung eines Strahlenbündels

199 35 274 C 2
Vorrichtung und Verfahren zur Herstellung von Bauteilen aus einer Werkstoffkombination

USA

6115185
Process and Device for Forming and Guiding the Radiation Field of One or Several Solid and/or Semiconductor Lasers

Stolz, B. 07.01.2000

Laserinduziertes selektives Modifizieren von Keramik zur Erhöhung der elektrischen Leitfähigkeit

Beil, S. 07.01.2000

Photochemische Funktionalisierung von Polymeroberflächen zur ortsselektiven Metallisierung

Sommer, M. 28.01.2000

Multilayerbearbeitung mit Excimer-Laserstrahlung für die integrierte Optoelektronik und Sensorik

Boucke, K. 08.02.2000

Phasengekoppelte Arrays für Hochleistungsdiodenlaser mit hoher Strahlqualität

Schürmann, B. 06.04.2000

Umwandlungshärten mit Dioden-Laserstrahlung in Mehrstrahltechnik

Esser, G. 17.04.2000

Multisensorsystem für die Nahtbeurteilung beim Laserstrahlschweißen von Tailored Blanks für die Automobilindustrie mit Hilfe künstlicher neuronaler Netze

Hellrung, D. 29.08.2000

Materialabtrag mittels Laserstrahlung zur Herstellung von dreidimensionalen Mikroabformwerkzeugen

Lotze, R. 04.12.2000

Abtragen von Lackschichten auf metallischen Oberflächen mit kontinuierlicher und gepulster Laserstrahlung

Nate, M. 06.12.2000

Spektroskopische Plasmadiagnostik zur Verfahrensoptimierung beim Laserstrahlgeschwindigkeitsschneiden

Luft, A. 15.12.2000

Hochleistungs-Diodenlaserstapel hoher Strahldichte

Schmidt, G. 15.12.2000

Diodengepumpte Festkörperlaser hoher Strahldichte

Albrecht, St.

Untersuchungen zum Bohren von Löchern in Mehrschichtsystemen mit beugungsbegrenzten Nd:YAG-Laserpulsen

Alcántara Alejo, R. A.

Einfluss von Materialdaten und Schweißbahngeometrie auf die Prozessüberwachung bei der Herstellung von Tailored Blanks

Baghschomali, S.

Prozessüberwachung des Laserstrahlschweißens von Tailored Blanks mittels modellbasierter Merkmalsextraktion aus Hochgeschwindigkeits-CCD-Kameraaufnahmen

Bertrand, J.

Verfahrensuntersuchungen zur Minimierung der Wiederanlagerung von Abtragsprodukten beim Laserhochgeschwindigkeitsbohren

Franken, O.

Erzeugung hochreiner Metalloberflächen beim Abtragen dünner Lackschichten mit kontinuierlicher und gepulster Laserstrahlung

Hölscher, M.

Ermittlung von Prozessparametern und Einsatzgrenzen beim Laserstrahlschweißen von Aluminiumlegierungen an verschiedenen Blechdicken und Nahtformen mit Nd:YAG- und Diodenlasern

Johnigk, C.

Prozessinstabilitäten beim Selektiven Laserstrahlsintern

Kelbassa, I.

Beschichten und Anlassen von Stahl mit Laserstrahlung

Keutgen, St.

Instandsetzung von Turbinenschaukeln für Gas- und Dampfturbinen aus dem Kraftwerksbau

Knop, Th.

Erzeugung harter und rissfreier Beschichtungen durch Laserstrahl-auftragsschweißen mit induktiver Vorwärmung

Mans, T.

Diodengepumpter Nd:YVO₄ - Laserverstärker in Slab-Geometrie

Petereit, J.

Schichtabscheidung mit Excimerlaserstrahlung für optische Anwendungen

Poggel, M.

Konstruktion, Aufbau und Inbetriebnahme einer Vorrichtung zur rechnergestützten Strahlendiagnose der Laserstrahlverteilung nach dem Durchtritt durch ein Polymer

Richter, Th.

Untersuchung zur Verbesserung der Spaltüberbrückung beim Schweißen von Polypropylen mit Diodenlaser

Sarlette, R.

Plasmauntersuchung beim Materialabtrag von Keramiken mit intensiven kurzen Laserpulsen

Schildecker, A.

Entwicklung und Auslegung einer pyrometrischen Prozessüberwachung beim Weichlöten mit Diodenlaserstrahlung

Schlenger, St.

Spiegelsysteme für die Mikrostrukturierung mit Excimerlaserstrahlung

Schnitzler, C.

Diodengepumpter Hochleistungs-Nd:YAG Slablaser

Scholz, Ch.

Untersuchungen zur Fügeverbindung zwischen Hochleistungsdiodenlaserbarren und Mikrokanalwärmesenken in Kupfertechnologie

Sommer, J.

Verteilte Digitale Prozessregelung für die Oberflächenbearbeitung mit Diodenlaserstrahlung

Martin Traub erhielt 2000 die »Springorum-Denkmünze« für die »Mit Auszeichnung« bestandene Diplomarbeit an der RWTH Aachen.

Oliver Steffens und Michael Fohn haben im Jahr 2000 den Businessplan-Wettbewerb des NUK e. V. Köln zum Thema »Entwicklung von Software und Hardware zur Anpassung von Steuerungen numerisch gesteuerter Werkzeugmaschinen« gewonnen.

G. Lepperhoff, H. Baumgarten, D. Scharr, S. Pischinger, W. Neff, F.-J. Trompeter, K. Pochner
Abgasreinigung von DI-Ottomotoren durch Barrierenentladung
 Abschlußpräsentation zum Verbundprojekt: »Laserdiagnostische und plasmatechnologische Grundlagen zur Verminderung von Emissionen und Kraftstoffverbrauch von DI-Verbrennungsmotoren« (Seiten 119-128) (2000)

S. Falter, J. Kubaink, K. Du, P. Loosen, R. Poprawe
Axial line scanning device for display and printing applications
 Proceedings of IEEE 8505, (Seite 268) (2000)

K. Du, M. Baumann, A. Luft, M. Röhner, M. Traub
Beam shaping of high-power diode lasers
 Proceedings of IEEE 8505, (Seite 356) (2000)

G. Schriever, M. Rahe, M. Rebhan, D. Basting, W. J. Walecki, H. Lauth, R. Lebert, K. Bergmann, D. Hoffmann, O. Rosier, W. Neff, R. Poprawe, R. Sauerbrey, H. Schroerer, S. Düsterer, C. Ziener, P. Nickles, H. Stiehl, I. Will, W. Sandner, G. Schahl, D. Rudolph
Extreme ultraviolet source development: A comparison of different concepts
 Proc. Spie Vo. 4146 (2000)

G. Lepperhoff, D. Scharr, S. Pischinger, W. Neff, F.-J. Trompeter, K. Pochner
Cold Start Emission Reduction by Barrier Discharge
 SAE 2000-01-2891 (2000)

P. Loosen
Cooling and Packaging of High-Power Diode Lasers
 High-Power Diode Lasers, Topics Appl. Physics 78 (Seiten 289-301) (2000)

J. Gottmann, E. W. Kreutz
Controlling crystal quality and orientation of pulsed-laser-deposited BaTiO₃ thin films by kinetic energy of the film-forming particles
 Applied Physics A, Materials Science & Processing 70 (Seiten 275-281) (2000)

N. Pirch, E. W. Kreutz
3D Simulation of Surface Tension Driven Interdendritic Convection and Microsegregation during Laser Surface Alloying
 Proceedings of the 9th International Conference on »Modelling of Casting, Welding and Advanced Solidification« (Seiten 838-842) (2000)

T. Berden, E. W. Kreutz, R. Poprawe
Debris-reduced laser machining of polymeric waveguides for optoelectronic applications
 Proceedings of SPIE 4274 (2000)

M. Stepputat, I. Mönch, R. Noll, A. Simon, H. Lucht
Development of a hybrid sensor for recycling of plastic waste by online pattern recognition of polymer features
 Proceedings ofACHEMA 2000, Abstracts of the lecture group: »Laboratory and Analysis Accreditation Certification and QM« (Seiten 121-123) (2000)

T. Henning, L. Bosse, U. Büchel, A. Olowinsky, R. Poprawe
Die Optik bringt den Strahl in Form - Entwicklung und Anwendung eines Objektivs zur Mikrobearbeitung mit Faserlasern
 F & M Feinwerktechnik Mikrotechnik Mikroelektronik (Seiten 56-59) (2000)

A. Horn, R. Weichenhain, E. W. Kreutz, R. Poprawe
Dynamics of laser-induced cracking in glasses at a picosecond time state
 Proceedings of SPIE 4065 (2000)

H. W. Gudenau, K. Mavrommatis, R. Noll, L. Peter, V. Sturm, R. Hakala, J. Viirret, L. Ernenputsch
Einsatz der Laser-Messtechnik zur Analyse von Stahlschmelzen
 Tagungsband zum 15. Aachener Stahlkolloquium (Seiten 203-215) (2000)

- V. Sturm, L. Peter, R. Noll, J. Viirret, R. Hakala, L. Ernenputsch, K. Mavrommatis, H.W. Gudenau, P. Koke, B. Overkamp
Elemental analysis of liquid steel by means of laser technology
 Proceedings of AICHEMA 2000, Abstracts of the lecture group: »Materials Technology and Testing« (Seiten 9-11) (2000)
- M. Dahmen, S. Kaieler, E. W. Kreutz
Fortschritte in der Materialbearbeitung mit Laserstrahlung, Teil 4: Fertigungskonzepte und Qualitätskontrolle
 Planung + Produktion 2 (Seiten 12-17) (2000)
- M. Dahmen, C. Hinke, S. Kaieler, E. W. Kreutz
Fortschritte in der Materialbearbeitung mit Laserstrahlung, Teil 5: Qualitätssicherung und Arbeitssicherheit
 Planung + Produktion 3 (Seiten 8-13) (2000)
- E. W. Kreutz, T. Henning, J. Bernges, L. Unnebrink, H. Poignand, R. Poprawe, P. Loosen
Intra- und Extra-Cavity-Strahlformung durch optische Komponenten mit variabler Reflexion
 LaserOpto 4 (Seiten 53-57) (2000)
- D. Petring
Kalkulierbares Laserstrahlschneiden beim Einsatz von CALCut in Entwicklung, Anwendung und Ausbildung
 LaserOpto 32(5) (Seiten 44-49) (2000)
- G. Schriever, M. Rahe, W. Neff, K. Bergmann, R. Lebert, H. Lauth, D. Basting
Extreme ultraviolet light generation based on Laser-produced plasmas (LPP) and gas-discharge-based pinch plasmas; a comparison of different concepts
 Proc. SPIE Vol. 3997, p. 162 - 168, Emerging Lithographic Technologies IV, Elizabeth A. Dobisz; Ed. (2000)
- K. Pochner
Kunststoffbauelemente direkt und flexibel metallisieren
 Technische Rundschau 14 (Seite 37) (2000)
- R. Noll, A. Brysch, F. Hilbk-Kortenbruck, M. Kraushaar, I. Mönch, L. Peter, V. Sturm
Laser-Emissionsspektrometrie - Anwendungen und Perspektiven für Prozesskontrolle und Qualitätssicherung
 LaserOpto 6 (Seiten 83-89) (2000)
- I. Mönch, R. Noll, R. Buchholz, J. Worringer
Laser identifies steel grades
 Stainless Steel World 4 (Seiten 25-29) (2000)
- V. Sturm, L. Peter, I. Mönch, H. Bette, R. Noll
LIBS Applications for Production Control in Steel Industries
 Proceedings of the 1st International Conference on Laser Induced Plasma Spectroscopy and Applications, Tirrenia 8.-12. Oktober 2000 1 (Seite 3) (2000)
- 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
 Proc. of the 1st International Conference on Laser Induced Plasma Spectroscopy and Applications, Tirrenia 8.-12. Oktober 2000 1 (Seite 27) (2000)
- K. Bergmann, O. Rosier, R. Lebert, W. Neff, R. Poprawe
A multi-kilohertz pinch plasma radiation source for extreme ultraviolet lithography
 Microelectric Engineering (2000)
- W. Schulz, R. Poprawe
Manufacturing with Novel High Power Diode Lasers
 IEEE Journal of Selected Topics in Quantum Electronics 20 (Seiten 100-109) (2000)
- K. Bergmann, M. Müller, D. Reichartz, W. Neff, R. Lebert
Electrode Phenomena and Lifetime considerations in a radial multichannel pseudospark switch
 IEEE Transaction on Plasma Science, Vol. 28 (5) (2000)
- A. Horn, R. Weichenhain, S. Albrecht, E. W. Kreutz, J. Michel, M. Niessen, V. Kostykin, W. Schulz, A. Etzkorn, K. Bobzin, E. Lugenscheider, R. Poprawe
Microholes in zirconia coated Ni-superalloys for transpiration cooling of turbine blades
 Proceedings of SPIE 4065 (Seiten 218-226) (2000)
- M. Kraushaar, R. Noll, H.-U. Schmitz
Multi-elemental analysis of slag from steel production using laser induced breakdown spectroscopy
 Proc. of AICHEMA 2000, Abstracts of the lecture group: »Laboratory and Analysis Accreditation Certification and QM« (Seiten 117-119) (2000)
- E. W. Kreutz, M. Jacquorie, E. Bremus-Köbberling, M. Wehner, A. Gillner, R. Poprawe
Laserstrahlung - ein Werkzeug für die Herstellung von Mikroreaktoren
 Tagungsband zum 10. Heiligenstädter Kolloquium »Technische Systeme für Biotechnologie und Umwelt« (Seiten 53 ff.) (2000)
- A. Gillner, M. Wild
Laserstrahlfügen von optischen Systemen in Fassungen kleben&dichten
 Adhäsion 5 (Seiten 34-37) (2000)
- M. Jacquorie, E. W. Kreutz, R. Poprawe
Microstructuring of glass with excimer laser radiation at different processing gas atmospheres for micro-reaction technology
 Proc. of SPIE 3888 (Seiten 272-279) (2000)
- F. Hilbk-Kortenbruck, C. Rieck, R. Noll
Multi-elemental analysis of heavy metals in soil samples using laser-based analytical techniques
 Proc. of AICHEMA 2000, Abstracts of the lecture group: »Environmental Technology and Fundamentals of Laser-aided In-situ Soil Analysis« (Seiten 386-389) (2000)
- P. Loosen
Neue Entwicklungen bei Diodenlasern und diodengepumpten Festkörperlasern
 Proceedings of AKL 2000 (Seiten 55-67) (2000)
- C. Kratzsch, P. Abels, S. Kaieler, R. Poprawe, W. Schulz
Online process control for laser beam materials processing
 Proceedings of ISATA 2000 Laser/Robotics (Seiten 123-130) (2000)
- K. Bergmann, O. Rosier, W. Neff, R. Lebert
Pinch-plasma radiation source for extreme-ultraviolet lithography with a kilohertz repetition frequency
 Applied Optics 22 (Seiten 3833-3837) (2000)
- C. Becker, F. Hilbk-Kortenbruck, R. Noll
Preparation of soil samples containing heavy metals for the calibration of laser-based analytical techniques
 Proceedings of AICHEMA 2000, Abstracts of the lecture group: »Environmental Technology and Fundamentals of Laser-aided In-situ Soil Analysis« (Seiten 394-396) (2000)
- J. Hausen
Shipping between Danube and Rhine from medieval to modern times (Canal of Charlemagne, Canal of King Louis of Bavaria, Rhine-Danube-Canal)
 »Down the river to the sea« Proceedings of the 8th International Symposium on Boat and Ship Archaeology, Gdansk 1997 (Seiten 21-26) (2000)
- E. W. Kreutz, N. Pirch, T. Ebert, R. Wester, B. Ollier, P. Loosen, R. Poprawe
Simulation of micro-channel heat sinks for optoelectronic microsystems
 Microelectronics Journal 31 (Seiten 787-790) (2000)

- F. Hilbk-Kortenbruck, R. Noll, P. Wintjens, H. Falk, C. Becker
Spectrochemical analysis of heavy metals in soils with laser-based techniques
Proc. of AICHEM 2000, Abstracts of the lecture group: »Environmental Technology and Fundamentals of Laser-aided In-situ Soil Analysis« (Seiten 449-451) (2000)
- V. Sturm, L. Peter, R. Noll
Steel Analysis with Laser-Induced Breakdown Spectrometry in the Vacuum Ultraviolet
Applied Spectroscopy 54 (Seiten 1275-1278) (2000)
- E. W. Kreutz, T. Berden, R. Weichenhain, A. Horn, M. Jacquorie
Strukturieren mit Laserstrahlung
SVMT Match 1 (Seiten 4-8) (2000)
- A. Gillner
Trends bei Laseranwendungen in Mikro- und Elektrotechnik
Proceedings of AKL 2000 (Seiten 239-252) (2000)
- P. Wolters, J. Geiger, R. Böwing, W. Neff
Untersuchungen eines Plasmazündsystems für DI-Ottomotoren
Abschlusspräsentation zum Verbundprojekt: »Laserdiagnostische und plasmatechnologische Grundlagen zur Verminderung von Emissionen und Kraftstoffverbrauch von DI-Verbrennungsmotoren« (Seiten 105-115) (2000)
- I. Mönch, L. Peter, R. Priem, V. Sturm, R. Noll
Quality assurance in the production of pipe fittings by automatic laser based material identification
Proc. of AICHEM 2000, Abstracts of the lecture group: »Materials Technology and Testing« (Seiten 12-14) (2000)
- D. Petring
Basic Description of Laser Cutting
LIA Handbook of Laser Materials Processing, Laser Institute of America and Magnolia Publishing, Orlando 2000 (Kapitel 12.1.1-12.1.6) (2000)
- A. Gillner, P. Loosen, D. Petring, K. Wissenbach, R. Poprawe
Industrial Applications of High Power Diode Lasers
LIA Vol. 87, Laser Materials Processing, Laser Institute of America, Orlando (Seiten A12-A22) (2000)
- F. Schneider, D. Petring, R. Poprawe
Increasing Laser Beam Cutting Speeds
LIA Vol. 87, Laser Materials Processing, Laser Institute of America, Orlando (Seiten C132-C141) (2000)
- D. Petring
Deep penetration welding with diode lasers
The Industrial Laser User, Issue 18, February 2000 (Seite 17) (2000)
- D. Petring
Kalkulierbares Laserstrahlschneiden beim Einsatz von CALCut in Entwicklung, Anwendung und Ausbildung
LaserOpto 32(5) (Seiten 44-49) (2000)
- D. Petring
Nuovi sviluppi nel taglio laser di materiali metallici
Invited Paper, Proc. Expo Laser, Publitec, Vicenza, Italy, Nov. 2000 (Seiten 1-10) (2000)
- A. Drenker, S. Kaieler, B. Schürmann, G. Vitr, K. Wissenbach, S. Dallmeyer, R. Flemming, A. Rinsdorf
Transformation hardening of torsion springs with HPDL
Proceedings of the ISATA 2000, Laser/Robotics, 163-170, ISATA-Düsseldorf Trade Fair, Epsom, England, 2000, ISBN 1-902856-17-1
- M. Dahmen, K. Bongard, S. Kaieler, R. Poprawe, F. Cottone
Hybridschweißen von Öltanks - Ein innovativer Fügeprozess
Proc. of Grofle Schweißtechnische Tagung, Nürnberg (2000)
- C. Hinke, S. Kaieler
eProduction - Produzieren über das Internet
Konstruktion 6, p. 50 (2000)
- C. Hinke, S. Kaieler
eProduction - Produzieren über das Internet
wt Werkstattstechnik 5 (2000) p. 182
- A. Drenker, S. Kaieler, B. Schürmann, G. Vitr, K. Wissenbach, S. Dallmeyer, R. Flemming, A. Rinsdorf
Transformation hardening of torsion springs with HPDL
Proceedings of the ISATA 2000, Dublin, Ireland
Laser/Robotics, 163-170 (2000)
- S. Mann, B. Fürst, S. Kaieler, E. W. Kreutz, R. Poprawe
Automated Beam Monitoring and Diagnostics for Laser Materials Processing
Proceedings of ICALEO 2000, Dearborn, Michigan, USA, Section E, pp. 72-81 (2000)
- S. Kaieler, K. Bongard, M. Dahmen, R. Poprawe
Innovative Hybrid Welding Process in an Industrial Application
Proceedings of ICALEO 2000, Dearborn, Michigan, USA, Section C, pp. 91-98 (2000)
- O. Steffens, S. Kaieler, R. Poprawe
Simultaneous Laser Beam Welding of T-Joints by Use of Seam Tracking Systems
Proceedings of ICALEO 2000, Dearborn, Michigan, USA, Section E, pp. 52-61 (2000)
- P. Weber, A. Gillner, S. Kaieler, H. Kind
Temperaturgeregeltes Kunststoffschweißen mit Diodenlasern
Photonik 4 (2000) pp. 34-37 (2000)
- A. Gasser, R. Stromeyer
Hingezaubert - Laserstrahl-Auftragsschweißen im Werkzeugbau
Tagungsband zu den 10. Würzburger Werkzeugtagen »Laser und mehr« E12 - E14 + Die Stahlformenbauer 6/2000 S. 36-44 (2000)
- C. Over, W. Meiners, K. Wissenbach, R. Poprawe
Herstellung von Werkzeugteilen mittels Selective Laser Melting (SLM)
Tagungsband zu den 10. Würzburger Werkzeugtagen »Laser und mehr« (C1-C11) (2000)
- A. Gillner
Miniaturisierung von Bauteilen und Komponenten
Proceedings zum Umformtechnischen Kolloquium, Darmstadt (2000)
- A. Gillner
Laser joining of micro components with fibre and diode lasers
Proc. LPM-Conference, Omiga Japan (2000)
- A. Gillner
Laser Micro Machining
Proc. Euspen Seminar, Aachen (2000)
- A. Gillner
Advanced laser joining for micro system applications
Proc. ICALEO, Dearborn (2000)
- A. Gillner
Fabrication of Biochemical and Medical Devices with UV Laser Radiation
Proc. of Third International UV Laser Symposium for 157 nm, Fort Lauderdale, USA (2000)
- F. Hilbk-Kortenbruck, R. Noll, P. Wintjens, H. Falk, C. Becker
LIBS-LIF-Spectroscopy for the in-situ Analysis of Heavy Metals in Soils
Proc. of the 1st International Conference on Laser Induced Plasma Spectroscopy and Applications, Tirrenia 8.-12. Oktober 2000 1 (Seite 27) (2000)
- W. Schulz, R. Poprawe
Manufacturing with Novel High Power Diode Lasers
IEEE Journal of Selected Topics in Quantum Electronics 20 (Seiten 100-109) (2000)
- G. Schmidt, J. Giesekus, C. Schnitzler, T. Mans, R. Wester, K. Du, P. Loosen, R. Poprawe
Modeling of partially end-pumped Nd:YAG slab laser
Technical Digest Cleo 2000 »Conference on Lasers and Electro-Optics« (Seiten 52-53) (2000)

G. Schmidt, C. Schnitzler,
J. Giesekus, R. Wester, K. Du,
P. Loosen, R. Poprawe
Scaling the output power of a diode end pumped Nd:YAG slab laser with a hybrid resonator
Trends in Optics and Photonics Series »Advanced Solid State Lasers« (Seiten 21-27) (2000)

J. Köbberling, D. Enders, E. Bremus-Köbberling, A. Gillner, S. Brandtner
Microreactor Design for Solid Phase Applications
G.I.T. Laboratory Journal International 4/2000, S. 205

S. Falter, K. Du, P. Loosen,
R. Poprawe
UV beam sources for double pulse generation
Proceedings of IEEE 8505 (Seite 112) (2000)

22.01.2000 - J. Jandeleit
Packaging and characterization of high power diode lasers
Photonics West 2000

22.01.2000 - P. Loosen
Industrial applications of high-power diode lasers
Photonics West 2000, San Jose, USA

26.01.2000 - J. Giesekus
Highly efficient diode end pumped Nd:YAG slab laser
Photonics West 2000, San Jose, USA

27.01.2000 - A. Gillner
Status and Potential of Laser Beam Welding of Polymers in Automotive Production
Laser Applications in car body production, Bad Nauheim

10.02.2000 - R. Noll
Laser and internet technology – perspectives for optimized production of flat products
EU-Workshop »On-line control of flat product rolling«, Brüssel

10.02.2000 - I. Mönch
Chemische Mikroanalyse mit Lasern
Workshop »Messtechnik und Qualitätssicherung in der Mikrosystemtechnik«, Qualitätszentrum Dortmund

14.02.2000 - G. Schmidt
Scaling the output power of a diode end pumped Nd:YAG slab laser
Advanced Solid State Laser, Davos

17.02.2000 - P. Loosen
Laudatio zum Preis für Angewandte Forschung
Verleihung Forschungspreis 1999, Jena

09.03.2000 - A. Gillner
Laser applications in micro technology
FRC-Open house, Plymouth

10.03.2000 - R. Poprawe
Trends in Laser Technology for the 21st Century – The Role of Global Research
Opening of FC – Lasertechnology, Plymouth

15.03.2000 - R. Poprawe
Laser Material Processing for the 21st Century Global Automotive Industry
Panel Discussion, ALAW'2000

15.03.2000 - A. Gillner
Miniaturisierung von Bauteilen und Komponenten
Umformtechnisches Kolloquium, Darmstadt

22.03.2000 - M. Wehner
Lasertechnik zur Fertigung von Mikrosystemen
Produktmarkt Mikrosystemtechnologie, Hannover Messe 2000

05.04.2000 - A. Gillner
Laser in der Mikrotechnik
VDI-Seminar Mikrotechnik, IMM Mainz

11.04.2000 - D. Petring
Laserstrahlschneiden: Chancen und Grenzen eines innovativen Trennverfahrens
Informationsabend Laserverbund Berlin-Brandenburg

17.04.2000 - A. Olowinsky
Laser Beam Micro Joining
Micromat2000, Berlin

07.05.2000 - C. Schnitzler
Modeling of partially end pumped slab laser
CLEO 2000, San Francisco

10.05.2000 - E. Kreutz
Schulung zum Laserschutzbeauftragten
Arbeitssicherheit, Siegen

16.05.2000 - P. Loosen
Development of high-power diode lasers in Germany
Journées du Club Laser de Puisance 2000, CTA, Paris

22.05.2000 - F. Hilbk-Kortenbruck
Spectrochemical analysis of heavy metals in soils with laser-based techniques
ACHEMA 2000, International Meeting on Chemical Engineering, Environmental Protection and Biotechnology, Frankfurt a.M.

- 22.05.2000 - V. Sturm
Elemental analysis of liquid steel by means of laser technology
ACHEMA 2000, International Meeting on Chemical Engineering, Environmental Protection and Biotechnology, Frankfurt a.M.
- 22.05.2000 - I. Mönch
Quality assurance in the production of pipe fittings by automatic laser based material identification
ACHEMA 2000, International Meeting on Chemical Engineering, Environmental Protection and Biotechnology, Frankfurt a. M.
- 23.05.2000 - M. Kraushaar
Multi-elemental analysis of slag from steel production using Laser Induced Breakdown Spectroscopy (LIBS)
ACHEMA 2000, International Meeting on Chemical Engineering, Environmental Protection and Biotechnology, Frankfurt a.M.
- 26.05.2000 - F. Hilbk-Kortenbruck
Multi-elemental analysis of heavy metals in soil samples using laser-based analytical techniques
ACHEMA 2000, International Meeting on Chemical Engineering, Environmental Protection and Biotechnology, Frankfurt a.M.
- 30.05.2000 - P. Loosen
Neue Entwicklungen bei Diodenlasern und diodengepumpten Festkörperlaser
Aachener Kolloquium für Lasertechnik AKL 2000
- 31.05.2000 - A. Gillner
Trends bei Laseranwendungen in Mikro- und Elektrotechnik
Aachener Kolloquium für Lasertechnik AKL 2000
- 02.06.2000 - M. Wehner
Laser-drilled pores for improved fixation of dental implants
International Workshop Biomaterials and Implant Surfaces, Porto Ercole, Italy
- 08.06.2000 - R. Noll
Sensitivity-enhanced laser analysis of steel melts for multi-element online analysis during ladle processing in secondary metallurgy
ECSC E-meeting, ILT Aachen
- 14.06.2000 - A. Gillner
Laser joining of micro components with fibre and diode lasers
LPM-Conference, Omega Japan
- 06.07.2000 - M. Wehner
Photochemische Vorbehandlung zur Metallisierung von Polymeren
Arbeitsitzung Fachgruppe Metallisierung 3d-MID Ansbach
- 11.07.2000 - R. Noll
Lasermesstechnik – Anwendungen und Perspektiven für Prozesskontrolle und Qualitätssicherung in der metallverarbeitenden Industrie
Benteler Automobiltechnik GmbH & Co. KG, Paderborn
- 20.07.2000 - A. Gillner
Laser Micro Machining
Euspen Seminar, Aachen
- 03.08.2000 - E. Bremus-Koebberling
Lasers in micro technology - focus on life science applications
Teilnahme am 3. Kleedorf Symposium (Kleesym 2000)
- 18.08.2000 - D. Petring
Schnelles Schneiden dünner Bleche
Jahreshauptversammlung AKL e. V., Aachen
- 21.08.2000 - R. Poprawe
Novel Innovations of Lasers and Applications
Beijing Technical University, Peking
- 22.08.2000 - R. Poprawe
High power diode pumped lasers and their industrial applications
2nd Asian Laser Symposium (APLS 2000)
- 23.08.2000 - R. Poprawe
Novel Innovations of Lasers and Applications
Huagong Tech Company, Wuhan
- 23.08.2000 - K. Du
High power diode lasers
Asia and Pacific Laser Symposium, Shanghai
- 30.08.2000 - P. Abels
Laserstrahlschweißen - Möglichkeiten und Grenzen neuer Strahlquellen
Technik-Kongress der Handwerkskammer Koblenz
- 11.09.2000 - R. Poprawe
Advanced Photonics Technologies for Industrial Applications
CLEO Europe 2000, Nizza
- 12.09.2000 - St. Falter
Axial line scanner for display and printing applications
CLEO Europe, Nizza
- 13.09.2000 - M. Wehner
Changes and deficiencies of intense UV light and atmospheric pressure plasma in the pretreatment of polymers for subsequent coating
Interfinish 2000 Garmisch-Partenkirchen
- 13.09.2000 - A. Gillner
Trends and Developments in Micro- and Nanotechnologies
European High-Tech Engineering Conference, Düsseldorf
- 13.09.2000 - K. Du
Beam shaping of high power diode lasers
Cleo Europe, Nizza
- 20.09.2000 - A. Bauer
Event management - Kongresse und Tagungen
PR-Seminar der Fraunhofer-Gesellschaft in Göttingen
- 21.09.2000 - D. Petring
Laseranwendung im Holzbereich
Laserpraxis für das neue Jahrtausend
Veranstaltung ILT, LBBZ und HWK Düsseldorf
- 21.09.2000 - G. Otto
Hochleistungs-Diodenlaser zum Fügen von Kunststoffen
Laserpraxis für das neue Jahrtausend, Veranstaltung ILT, LBBZ und HWK Düsseldorf
- 21.09.2000 - J. Stollenwerk
Reinigung mit Laserstrahlung
Laserpraxis für das neue Jahrtausend, Veranstaltung ILT, LBBZ und HWK Düsseldorf
- 23.09.2000 - W. Schulz
Modellbildung und Reduktion zur Identifikation der Vorgänge beim Laserstrahlschneiden und -schweißen
Institut für Werkzeugmaschinen und Fertigungstechnik der TU Braunschweig
- 25.09.2000 - A. Weisheit
Cladding of metallic components using high power diode lasers
Materials Week München
- 25.09.2000 - E. Bremus-Köbberling
Laser Microperforation of a Retina Implant
MICRO.tec2000 VDE World Microtechnologies Congress, Hannover
- 26.09.2000 - P. Loosen
Hochleistungsdiode-laser für die Praxis
»Themadag Lasertoepassungen II« Eindhoven
- 26.09.2000 - C. Kratzsch
Online Process Control for Laser Beam Materials Processing
ISATA 2000, Dublin, Ireland
- 26.09.2000 - C. Kratzsch
Transformation Hardening of Torsion Springs with HPDL
ISATA 2000, Dublin, Ireland
- 27.09.2000 - A. Gasser
Hingezaubert – Laserstrahl-Auftragschweißen im Werkzeugbau
10. Würzburger Werkzeugtage »Laser und mehr«
- 27.09.2000 - C. Over
Herstellung von Werkzeugteilen mittels Selective Laser Melting (SLM)
10. Würzburger Werkzeugtage »Laser und mehr«

27.09.2000 - W. Schulz
Free Boundary Problems in Thermal Processing: Inertial Manifolds and Phase Space Dimension
Symposium »Investigation on Non-linear Dynamic Effects in Production Systems«, Volkswagen Stiftung, Cottbus

28.09.2000 - M. Dahmen
Hybridschweißen von Öltanks - Ein innovatives Fügeverfahren
Große Schweißtechnische Tagung, Nürnberg

05.10.2000 - O. Steffens
Simultaneous Laser Beam Welding of T-Joints by Use of Seam Tracking Systems
ICALEO Dearborn

05.10.2000 - S. Kaierle
Innovative Hybrid Welding Process in an Industrial Application
ICALEO Dearborn

05.10.2000 - A. Gillner
Advanced laser joining for micro system applications
ICALEO, Dearborn

06.10.2000 - R. Poprawe
Innovation in Photonic Technologies by vertically structured R&D
CREOL, Orlando

06.10.2000 - W. Schulz
Inertiale Mannigfaltigkeiten und Dimensionsreduktion in dissipativen Systemen mit freien Rändern
VWS Robot

09.10.2000 - R. Noll
Laser-induced breakdown spectrometry – applications for production control and quality assurance in steel industry
LIBS 2000 conference, Tirrenia, Italy

10.10.2000 - F. Hilbk-Kortenbruck
LIBS-LIF-Spectroscopy for the In-Situ Analysis of Heavy Metals in Soils
LIBS 2000 conference Tirrenia, Italy

11.10.2000 - M. Dahmen
Laseranwendungen für die Stahlindustrie
IEHK Aachen, Vorlesung im Zusatzstudium Stahl

01.11.2000 - A. Gillner
Fabrication of Biochemical and Medical Devices with UV Laser Radiation
Third International UV Laser Symposium for 157 nm, Fort Lauderdale, USA

03.11.2000 - P. Loosen
Hochleistungs-Diodenlaser und ihre industrielle Anwendung
Kolloquium FBH, Berlin-Adlershof

08.11.2000 - D. Petring
New developments in laser cutting of metallic materials
Expo Laser, Vicenza, Italien

08.11.2000 - D. Petring
Laser beam cutting
Panel discussion, Expo Laser, Vicenza, Italien

09.11.2000 - A. Gillner
Welding of Plastics with Diode Laser
Eurolaser-Conferenze, Vicenza, Italien

09.11.2000 - D. Petring
Laser beam welding
Panel discussion, Expo Laser, Vicenza, Italien

28.11.2000 - A. Gillner
Fügen von Kunststoffen mit Diodenlasern
SMH-Anwenderseminar, Grenchen, Schweiz

29.11.2000 - K. Wissenbach
Oberflächenbehandlung mit Laserstrahlung in der Feinwerktechnik
SMH - Anwenderseminar, Grenchen, Schweiz

06.12.2000 - S. Kaierle
On-line Quality Control in Laser Beam Welding – State of the Art and New Advances
TRANSLAS Workshop, München

14.12.2000 - P. Loosen
Forschungs- und Entwicklungsrichtungen bei Diodenlasern
Workshop NOVALAS, München

20.03.-25.03.2000
Hannover
HANNOVER MESSE 2000
Internationale Industriemesse
Teilnahme des Fraunhofer ILT am Gemeinschaftsstand der Mikrostrukturinitiative NRW
ILT-Thema: Mikrofertigung mit Laser

22.05.-27.05.2000
Frankfurt/Main
ACHEMA
Internationales Treffen für Chemische Technik, Umweltschutz und Biotechnologie – Ausstellungstagung
Teilnahme des Fraunhofer ILT am Stand der Firma Bosch
ILT-Thema: Verpackungstechnik

25.09.-28.09.2000
München
MATERIALICA 2000
Internationale Fachmesse für innovative Werkstoffe, Verfahren und Anwendungen mit Kongress MATERIALSWEEK
Teilnahme des Fraunhofer ILT am Gemeinschaftsstand der Mikrostruktur Initiative NRW
ILT-Thema: Laser in der Mikrotechnik

30.10.-02.11.2000
MipTec-ICAR
3rd International Conference on Microplate Technology, Laboratory Automation and Robotics
Gemeinschaftsstand des Fraunhofer ILT mit H+P Labortechnik GmbH und InnoLabtec GmbH

29.11.-02.12.2000
Frankfurt/Main
EUROMOLD
Weltmesse für Werkzeug- und Formenbau, Design und Produktentwicklung
Teilnahme des Fraunhofer ILT an:
• Mikrostruktur Initiative NRW
ILT-Thema: Mikroumformen
• Gemeinschaftsstand der Fraunhofer-Allianz »Rapid Prototyping«
ILT-Thema: SLM - Verfahren

08.12.2000
Hannover
Euro-BLECH
Internationale Technologie-Messe für Blechbearbeitung
Betreuung des Messestandes der Erprobungs- und Beratungszentren

Kongresse und Tagungen

10.03.2000, CLT, Plymouth,
Michigan, USA
Tag der offenen Tür am
Fraunhofer Center for Laser
Technology CLT
Vorträge und Vorführungen

19.05.2000, RWTH Aachen
Dies Academicus der RWTH
Aachen

Exponate zur praxisnahen Ausbil-
dung am Lehrstuhl für Lasertechnik
und am Fraunhofer-Institut für
Lasertechnik

29.05.2000, Aachen
Podiumsdiskussion des
Fraunhofer ILT und der Aachener
Nachrichten zum Thema:
Innovation durch Köpfe: »Von
der Ingenieursausbildung bis zur
Existenzgründung« mit Vertretern
aus Wissenschaft und Industrie

30.05.2000, Aachen
Verleihung des Innovations-
preises Lasertechnik
durch den Arbeitskreis Lasertechnik
e.V. auf dem Aachener Kolloquium
für Lasertechnik 2000 an:
• Dr.-Ing. Thomas Schmidt,
Schott Desag AG und
• Dr.-Ing. Hans Pircher,
Thyssen Krupp Stahl AG

30.05.-31.05.2000, Aachen
Aachener Kolloquium
für Lasertechnik AKL '2000
Zweitägiges praxisorientiertes
Kolloquium des Fraunhofer ILT und
des Arbeitskreises Lasertechnik e.V.
mit über 400 Teilnehmern aus
Wirtschaft, Wissenschaft und Politik
Ideelle Träger:
• VDA Verband der Automobil-
industrie e.V.
• VDI-Technologiezentrum
• VDMA Verband Deutscher
Maschinen- und Anlagenbau e.V.

Themenblöcke:

- Innovative Lasersysteme
für die Fertigungstechnik
- Laseranwendungen
in der Automobilindustrie
- Laseranwendungen in der
metallverarbeitenden Industrie
- Laseranwendungen im Werk-
zeug- und Formenbau
- Laseranwendungen
in der Elektrotechnik
- Laseranwendungen
in der Kunststoffindustrie

Auf der konferenzbegleitenden
Ausstellung konnten sich die Teil-
nehmer austauschen. Im Anschluss
an die Vorträge fand eine Besichti-
gung des Fraunhofer ILT und
der Firmen des Anwenderzentrums
statt. Anhand praktischer Vor-
führungen wurden aktuelle High-
lights lasertechnischer Entwicklungen
demonstriert.

04.07.2000,
Fraunhofer ILT, Aachen
Informationsveranstaltung
zur Lasertechnik für angehende
Ingenieure
Themen: Grundlagen der Lasertechni-
k und Anwendungsbereiche
Vorführungen zum Schneiden und
Schweißen u.a.

21.09.-22.09.2000,
Handwerkskammer Düsseldorf
Seminar »Laserpraxis für das
neue Jahrtausend«
Themen: Holzbearbeitung, Rapid
Prototyping, Laserinnengravur
von Glas, Diodenlaser, Reinigung,
Auftragschweißen
Vorführungen zum Schneiden und
Schweißen u.a.

02.10.-05.10.2000, Dearborn,
Michigan, USA
ICALEO '2000
Vorträge des Fraunhofer ILT und
des Fraunhofer CLT sowie Exponate
auf konferenzbegleitender Aus-
stellung

20.10.2000, Aachen
1. Seminar des Ehemaligenclubs
»Aix-Laser-People« des Fraun-
hofer ILT und des Lehrstuhls für
Lasertechnik LLT
Vortrag von Dr. Hartmut Ferichs,
Philips Semiconductors, Hamburg
und Besichtigung der Philips
Bildröhrenfabrik in Aachen

26.10.2000, Aachen
Unihit für Kids
Informationsveranstaltung des
Lehrstuhls für Lasertechnik der
RWTH Aachen und des Fraunhofer-
Instituts für Lasertechnik für Schüler
zu naturwissenschaftlichen Berufs-
bildern

27.10.2000
Handwerkskammer Düsseldorf
Technologietransfertag des
nordrhein-westfälischen Hand-
werks
Informationsstand des Erprobungs-
und Beratungszentrums zum
Thema Lasertechnik

13.11.2000, Aachen
Unihit für Kids
Informationsveranstaltung des
Lehrstuhls für Lasertechnik der
RWTH Aachen und des Fraunhofer-
Instituts für Lasertechnik für Schüler
zu naturwissenschaftlichen Berufs-
bildern

30.11.2000, Berlin
Parlamentarischer Abend des VDI
Teilnahme des Fraunhofer ILT an
den Gesprächen und Präsentationen
zur Deutschen Agenda
»Optische Technologien für
das 21. Jahrhundert«

21.12.2000, Aachen
2. Seminar des Ehemaligenclubs
»Aix-Laser-People« des Fraun-
hofer ILT und des Lehrstuhls für
Lasertechnik LLT
Vortrag von Dr. Christian Koerber,
Agiplan AG, Mülheim an der Ruhr

Publikationen

»Angebot und Ansprechpartner 2001« (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 2000 (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.

Pressespiegel 2000

Im Pressespiegel werden die Institutsaktivitäten 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.

Fachprospekt »Reinigen mit Laserstrahlung« (deutsch/englisch)

Der Fachprospekt erläutert die Anwendungsmöglichkeiten des Laserstrahlreinigens.

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

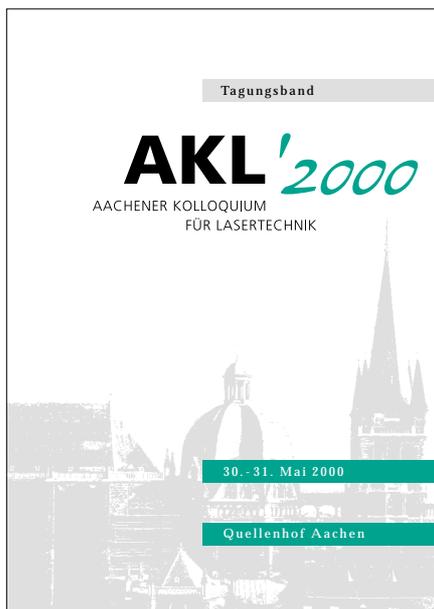
Der Fachprospekt vermittelt einen Überblick über die Vorteile des Einsatzes von Multimedia-Software in der Ausbildung von Laserfachkräften und Studenten. Er stellt insbesondere den Einsatzbereich, die Programminhalte und die Systemanforderungen der Software LASIM® vor. Diese wurde am Fraunhofer ILT für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

Fachprospekt »Fügen von Kunststoffen mit Laserstrahlung« (deutsch/englisch)

Der Fachprospekt stellt die Vorteile des Lasers zum Fügen von Kunststoffbauteilen vor. Insbesondere der Einsatz kompakter Diodenlaser eröffnet neue konstruktive Möglichkeiten und bietet eine wirtschaftliche Alternative zu konventionellen Verfahren. Die Eigenschaften und Einsatzmöglichkeiten des am Fraunhofer ILT entwickelten Diodenlasersystems DIOWELD werden ebenfalls erläutert.

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 »Diodenlaser Entwicklungs- und Anwendungszentrum Aachen« (deutsch)

Der Fachprospekt vermittelt einen Überblick über die Aktivitäten des Fraunhofer ILT im Bereich Diodenlaser. In dem speziell für diesen Zweck errichteten Anwendungszentrum erhalten Interessenten eine umfassende Beratung sowie Zugang zu aktuellen Verfahrens- und Systementwicklungen.

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 der Mikro-technik« (deutsch/englisch)

Der Fachprospekt zeigt die vielfältigen Einsatzbereiche des Lasers in der Mikrotechnik. Am Fraunhofer ILT werden Verfahren und Systeme für die Aufbau- und Verbindungstechnik, die Mikrowerkzeugtechnik, die Mikrostrukturierung und die Dünnschichttechnik entwickelt. Darüber hinaus wird das Bohren und Schneiden nicht nur in der Mikrotechnik, sondern ebenfalls in der Papierbearbeitung eingesetzt.

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.

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.



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 VHS-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 durch 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.fhg.de abgerufen werden.

Ansprechpartner für weitere Informationen zu LASIM®:

Dr. Dirk Petring
Telefon: 0241/8906 -210
Fax: 0241/8906 -121



Wenn Sie mehr Informationen über die Forschungs- und Entwicklungsleistungen des Fraunhofer-Instituts für Lasertechnik ILT wünschen, können Sie unseren Internet-Service unter www.ilt.fhg.de nutzen. Sie können das Informationsmaterial ebenfalls mit Hilfe des vorliegenden ausgefüllten Abschnitts anfordern.

- Broschüre: »Angebot und Ansprechpartner 2001« (deutsch/englisch)
- Jahresbericht 2000
deutsch
(englische Version nur online unter www.ilt.fhg.de verfügbar)
- Jahresbericht 1999
deutsch
(englische Version nur online unter www.ilt.fhg.de verfügbar)
- Pressespiegel 2000
- Pressespiegel 1999
- Bestellformular für den Tagungsband des Aachener Kolloquiums für Lasertechnik AKL 2000 (deutsch)
- Fachprospekt:
»Reinigen mit Laserstrahlung«
 deutsch
 englisch
- Fachprospekt:
»LASIM® - Lasersimulator für die Ausbildung« (deutsch)
(englische Version nur online unter www.ilt.fhg.de verfügbar)
- Fachprospekt:
»Fügen von Kunststoffen mit Laserstrahlung«
 deutsch
 englisch

- Fachprospekt:
»Oberflächen- und Schichtanalyse« (deutsch)
- Fachprospekt:
»Diodenlaser Entwicklungs- und Anwendungszentrum Aachen« (deutsch)
- Fachprospekt:
»Werkstoffanalyse und Verwechslungsprüfung mit Laserstrahlung«
 deutsch
 englisch
- Fachprospekt:
»Laser in der Mikrotechnik«
 deutsch
 englisch
- Sonderdruck:
»Fügen von Kunststoffen mit Diodenlasern verbessert die Nahtqualität« (deutsch)
- Sonderdruck:
»User profile-CLT« (englisch)
- Informationsbroschüre
»Laser Region Aachen« (deutsch/englisch)
- Bestellformular zur Multimedia-Software LASIM®
 deutsch (auch online verfügbar unter www.ilt.fhg.de)
 englisch (auch online verfügbar unter www.ilt.fhg.de)
- Bestellformular zur CD-Rom
»Lasertechnik« (deutsch)

Absender

Name, Vorname

Firma

Abteilung

Straße

PLZ/Ort

Telefon

Fax

E-mail

Fraunhofer-Institut
für Lasertechnik ILT

Steinbachstraße 15
52074 Aachen

Fax: +49 (0) 241 / 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.fhg.de

Alle Rechte vorbehalten.

Nachdruck nur mit schriftlicher
Genehmigung der Redaktion.

© Fraunhofer-Institut
für Lasertechnik ILT, Aachen 2001

