

Laser in der Technik Laser in Engineering

Vorträge des 11. Internationalen Kongresses
Proceedings of the 11th International Congress

Laser 93

Herausgegeben von/Edited by
Wilhelm Waidelich

Mit 776 Abbildungen/With 776 Figures

Springer-Verlag
Berlin Heidelberg New York
London Paris Tokyo
Hong Kong Barcelona Budapest

Inhaltsverzeichnis - Contents

MODERNE FESTKÖRPERLASER:

Grundlagen und technisch-industrielle Anwendungen

MODERN SOLID-STATE LASERS:

Basic Principles and Technical/Industrial Applications

Chairman: R. Wallenstein, Universität Kaiserslautern

Properties and Applications of High Power Diode Laser Oscillator-Amplifier Systems K.-J. Boller/D	3
Abstimmbare Mikrokristall-Laser / Tunable Microcrystal Lasers N.P. Schmitt, S. Heinemann, A. Mehnert, P. Peuser/D	8
Mikrolas Th. Halldórsson, W. Kroy, H. Schmidt-Bischoffshausen, P. Thoren/D	13
Diodengepumptes Single Frequency Nd:YAG System hoher Leistung Diode-Pumped Single Frequency High-Power Nd:YAG System I. Freitag, H. Zellmer, W. Schöne, D. Golla, H. Welling/D	17
Diode-Array Side-Pumped Multiwatt Nd:YAG Laser H.H. Klingenberg, U. Greiner/D	21
Laserdioden-gepumpte Er ³⁺ -Mikrokristall-Laser bei 3um Laser Diode Pumped Er ³⁺ Microcrystal Laser at 3um L. Wetenkamp, D. Kromm, P. Steinbach/D	24
ES-Laser Ch. Kolmeder, L. Langhans/D	28
Small Fiber Bundle Laser Structures Delivering 100 W Average Power U. Griebner, R. Grunwald, R. Koch/D	32
High Power Lasers in Rod, Slab, and Tube Geometry U. Wittrock, G. Bostanjoglo, S. Dong, B. Eppich, Th. Haase, O. Holst, Q. Lü, N. Müller/D	36
Skalierung longitudinal gepumpter Festkörperlaser Scaling of Longitudinally Pumped Solid-State Lasers J. Plorin, K. Altmann, P. Durkin, A. Mehnert, N. Schmitt, P. Peuser/D	41
Aufbau und Beurteilung eines Nd:YAG Grundmodellasers Structure and Evaluation of a Nd:YAG Basic Model Laser Ch. Kolmeder/D	46

Optimal Design of A Flashlamp Pumped Free Running Nd:YAG Slab Laser for Harmonic Frequency Generation T. Sidler, P. Verboven/CH	50
High Efficiency, Eye-Safe KTP OPO J.M. Breteau, C. Jourdain, F. Simon/F	54
Analysing Astigmatic Beam Propagation by Means of the Complex-ray Concept Baida Lü, Guoying Feng, Bangwei Cai/P.R.China	59
Subharmonic Generation of Tunable Ti: Sapphire Laser G.A. Skripko, I.G. Tarazewicz, Z. Jankiewicz/Rep. of Belarus, R. Wodnicki/PL	66
Forsterite Laser Generation Characteristics Dependence on Upper Laser Level Kinetics S.G. Bartoszewicz, R. Wodnicki, B.V. Minkow, G.A. Skripko, I.G. Raracewicz/PL	71
Tunable Laser Ti:Al ₂ O ₃ with the SBS Cell Z. Jankiewicz, W. Żendźin/PL	75
PS-Pulse Generation Using Flashlamp Pumped 9 wt% Nd ³⁺ Doped Multimode Phosphate Glass Fibers P. Glas, M. Naumann, A. Schirrmacher, H. Schönnagel/D	82
Miniaturised Diode Pumped Solid State Lasers S. Heinemann, A. Mehnert, P. Peuser, N.P. Schmitt/D	86
Diodengepumpte Festkörperlaser: Praktische Lösungsansätze für das Longitudinale und transversale Pumpen im Dauerstrichbetrieb Diode-Pumped Solid-State Lasers: Practical Elementary Solutions for Longitudinal and Transverse Pumping in Continuous Wave Operation P. Zeller, K. Altmann, Th. Halldórsson, S. Heinemann, A. Mehnert, G. Reithmeir, P. Steinbach, P. Peuser/D	90
Passive Q-Switching of Diode-Pumped Solid-State Laser with Cr ⁴⁺ :YAG-Crystals A. Pfeiffer, S. Heinemann, A. Mehnert, N.P. Schmitt, P. Peuser/D	94
A Compact FTIR Q-Switched 1.54 Micron Erbium Glass Laser B.I. Denker, A.P. Fefelov, S.I. Khomenko, A.L. Luk'yanov, V.V. Osiko, S.E. Sverchkov, Yu.E. Sverchkov/H, I. Kertesz, N. Kroo/RUSSIA	98
Multion and Multiphoton Effects in YAG:Tm ³⁺ Laser Crystals W. Wolinski, M. Malinowski, P. Szczepanski and R. Wolski, Z. Frukacz/PL	102
Schweissen von Al-Legierungen mit gepulsten Nd:YAG-Lasern Welding Aluminium Alloys Using Pulsed Nd:YAG Lasers I. Beek, B.L. Mordike/D	106
Nonisothermal Electron Behaviour in Injection Laser V.K. Batovrin, N.N. Evtikhiev, L.A. Rivlin/RUSSIA	109
Lasing Characteristics of a 1,644 um Er ³⁺ YAG Monolith Pumped at 647 nm, 787 nm and 964 nm S. Nikolov, L. Westenkamp/D	112

OPTISCHE MESSTECHNIK
OPTICAL MEASURING

Chairmen:

H.-J. Tiziani, Institut für Technische Optik, Univ. Stuttgart
 K. Biedermann, K.T. Högskolan, Stockholm/S

Phasenschiebe-Verfahren in der interferometrischen Meßtechnik: ein Vergleich.

Phase Shift Methods in Interferometric Metrology: a Comparison

Th. Kreis, J. Geldmacher, W. Jüptner/D 119

Bestimmung einer absoluten Verformungskomponente eines belasteten Bau-teils aus zwei Interferenzmustern, die bei unterschiedlichen Belastungen aufgenommen wurden.

Absolute Determination of a Deformation Component of a Loaded Structural Part Using Two Interference Patterns Obtained From Different Loads

Th. Bischof, W. Jüptner/D 127

3-dimensionale Verformungsmessung mittels 3D - Phasenmessung

Measuring Three-dimensional Deformation by 3D-Phase Measurement

J. Sun/D 131

Ergebnisse der Anwendung von Holographischen Meßmethoden in der Verfahrenstechnik

Results of the Application from Holographic Measurement Methods in Processing Engineering

J.J. Timko/H 136

Dreidimensionale Holografische Interferometrie und Modalanalyse

Three-Dimensional Hologram Interferometry and Modal Analysis

M. Sellhorst, H. Ostendarp, C.R. Haas, R. Noll/D 139

Digitale Scherografie mit Hilfe von Phaseschiebeverfahren

Digital Shearography Using Phase Shift Methods

J. Geldmacher, Th. Kreis, W. Jüptner/D 143

Doppelpuls-Interferometrie mit Lichtwellenleitern

Double Pulse Interferometry by Use of Waveguides

S. Pflüger, R. Noll/D 148

Neues Lasermeßverfahren zur Fehlerkennung in Verbundmaterialien

Novel Laser Measuring Procedure for Defect Analysis in Compound Material

B. Hellenthal, M. Krauhäusen, H. Wiesel/D 152

Holographic Vibration Analysis for Noise Reduction

H. Steinbichler, H. Klingele, T. Franz, S. Leidenbach, R. Huber/D 157

Double Pulse-Electronic Speckle Interferometry (DP-ESPI)

G. Pedrini, H. Tiziani/D 162

Electronic Speckle Photography, some Applications

M. Sjödahl/S 166

Interferometrische Dehnungsmessung - Aufbau und Anwendung eines DSPI-Meßsystems Interferometric Strain Measurement - Design and Use of a DSPI System P. Aswendt, R. Höfling/D	172
Holographische Kompaktkamera mit 670-nm Halbleiterlaser ohne Schwingungsisolierung Compact Camera for Holography with a 670 nm Semiconductor Laser Without Vibration Insulation B. Lau, E. Mattes/D	176
Neuer optischer Aufbau für kombinierte TV- Holografie und Shearografie-Anwendungen A New Optical Set-Up Combining TV Holography and Shearography A. Ettemeyer, M. Honlet/D	180
Specklekorrelation mit einem Dichromatischen Fouriertransformationsystem Speckle Correlation by Means of a Dichromatic Fourier Transform System J. Peters, P. Lehmann, A. Schöne/D	184
Oberflächeninspektion mittels topometrischer Verfahren Surface Inspection with Topometric Methods H. Rein, E. Klaas/D	190
Topometrische 3D-Koordinatenmeßtechnik Topometric 3 D-Coordinate Metrology H. Winterberg, F. Halbauer/D	195
Determination of Slope and Curvature in Object Deformation with Computer Generated Holograms Lingli Wang, T. Tschudi/D	199
Integration of Projection Moiré with Coordinate Measuring Machines M.C. Shellabear, A. Rönnér/D	201
Vergleich inkrementaler Wegmeßsysteme Comparison of Incremental Distance Measuring Systems G. Ulbers/D	206
Hologramm-Maßstab zur absoluten Positionserfassung in der Ebene Hographic Grating for Absolute Position Determination in a Plane U. Schilling, P. Drabarek/D	213
Online-Materialflußkontrolle in der automatischen Fertigung durch einen Laserscanner Online Material Flow Control in Automated Manufacturing by Means of a Laser Scanner H. Stettmer/D	217
Anwendung von Lasertriangulationssensoren in der automatisierten Meß- und Prüftechnik Use of Laser Triangulation Sensors for Automated Metrology and Testing J. Köhn, G. Kröhner, G. Lensch/D	221
High Precision Laser Triangulation by Speckle Decorrelation H. Rothe, H. Truckenbrodt/D	223

Geometrische Modellierung und Parameteridentifikation bei Feldmeßverfahren zur optischen Form erfassung Geometrical Modelling and Parameter Identification in Field Measuring Methods for Optical Shape Identification W. Nadeborn, P. Andrä, W. Osten/D	227
Novel Technique of Distance Measurement T. Zorec, B. Vukas/Rep. of Slovenia	231
Ein nicht zählendes Diodenlaser-Interferometer zur Untersuchung von Oberflächentopographien A Non-Counting Diode Laser Interferometer for the Study of Surface Topography A. Abou-Zeid, P. Wiese/D	236
Absolute Frequenzstabilität eines auf Rb stabilisierten Diodenlasers Absolute Frequency Stability of a Diode Laser Locked to a Rb Line A. Abou-Zeid, N. Bader, G. Prellinger/D	240
Laser Radar Parameters for 3D-Measurements R. Myllylä, J. Kostamovaara, I. Moring, K. Määttä/SF	244
Interferometry for High Resolution Absolute Distance Measuring by Larger Distances E. Dalhoff, E. Fischer, S. Kreuz, H.J. Tiziani/D	248
Entfernungsmeßung mit stochastisch-frequenzmoduliertem Halbleiterlaser-Interferometer Distance Measuring with Stochastically Frequency Modulated Diode Laser Interferometer J.C. Braasch, W. Holzapfel/D	252
Absolutinterferometrie mit durchstimmbaren Halbleiterlasern Absolute Interferometry with Tunable Semiconductors Lasers T. Pfeifer und J. Thiel/D	256
Absolutmessende Interferometrie mit Hilfe stabilisierter Halbleiterlaser Absolute Interferometric Measurements by Means of Stabilized Semiconductor Lasers K. Gerstner, T. Tschudi/D	260
High-Speed, High-Accuracy, Non-Contact Radius Measurement with Laser Profiler Li Song, N. Colbert, Peiying Zhu/CDN	264
Computer Generated Optical Elements for Application in Optical Measuring Devices T. Tschudi, D. Columbus, M. Deininger, K. Gerstner, J. Hofffeld, L. Wang/D	268
Phase-Conjugation Elements in Optical Information Processing T. Tschudi, C. Denz, T. Rauch, J. Lembcke/D	271
Photo-Thermische Raster-Nahfeld-Mikroskopie an Oberflächen und dünnen Schichten Photo-Thermal Scanning Near-Field Microscopy of Surfaces and Thin Films M. Stopka, R. Linnemann, K. Masseli, E. Oesterschulze, R. Kassing/D	273

Homodyne Multiphase Sensor	
V. Greco, C. Iemmi, S. Ledesma, A. Mannoni, G. Molesini, F. Quercioli/I	277
Vergleichbarkeit von Streulicht und optisch profilometrischen Messungen an optisch glatten Oberflächen	
Comparability of Straylight and Optical Profilometric Measurements on Smooth Surface Samples	
B. Harnisch/NL	281
Streulichtmessungen beim Laserstrahlschneiden	
Stray Light Measuring at Laser Beamcutting	
G. Sepold, B. Heidenreich, Ch. Binroth/D	285
Beurteilung der Wellenfront von CO₂-Lasern mittels phase retrieval	
Phase Retrieval for Wavefront Analysis of CO ₂ Laser	
Ch. Hembd, H.J. Tiziani/D	292
Scanning Laser Vibrometer	
M. Feser/D	296
Messung von Rayleighwellen zur Untersuchung des Verschleißmechanismus an der Oberfläche kristalliner Werkstoffe mit Hilfe der Doppel-Puls-Holographie	
Measuring Rayleigh Waves to Study Abrasion Mechanics of the Surface of Crystalline Materials by Means of Double-Pulse Holography	
C. Henning, D. Mewes/D	299
Optical Measuring And Testing System of the Large-Dimensional Rails' Robot	
J. Szpytko, St. Stupnicki/PL	303
3D-Lichtschnittsensor zur Biegewinkelerfassung	
W. Heckel, M. Geiger/D	306
Moiré Shearing Interferometry and Mirror Surface Translation Method for Measurement of Derivatives	
Lingli Wang, T. Tschudi/D	310
Experimental Investigation of the Optical Characteristics of Diode Lasers in cw- and High-Frequency Pulsed Operation Modes for LDA Applications	
H. Wang, D. Dopheide, V. Strunck/D	313
Photoelastischer Kraftsensor mit Proportionalverhalten und Resonanzverstärkung	
Photoelastic Force Sensor with its Characteristics with Respect to Proportionality and Resonary Amplification	
U. Neuschaefer-Rube, W. Holzapfel/D	320
New Method of the Asymmetrical Phase Objects Investigation by the Laser Quasi-Tomography	
M. Borczecki, A. Dubik, A. Wilczynski/PL	324
On Line Statistical Analysis for Laser Gauging Systems	
S. Chatterjee, G.G. Sarkar/INDIA	330

Analyse der out-of plane und in-plane Dehnungen mit Hilfe der Shearografie W. Steinchen, L.X. Yang, M. Schuth, G. Kupfer/D	334
Anwendung optischer Strukturen in der elektronischen Datenverarbeitung Application of Optical Structures in Electronical Data Processing K.H. Schmidt, W. Waidelich/D	338

LASER IN DER FERTIGUNG LASER IN PRODUCTION

Chairmen:

G. Herziger, Fraunhofer Institut für Lasertechnik, Aachen
H. Weber, Festkörper-Laser-Institut, Berlin
E.W. Kreutz, Fraunhofer Institut für Lasertechnik, Aachen

PLENARVORTRÄGE I / PLENARY SESSION I

Qualitätssicherung in der Laserschweißtechnik Quality Assurance in Laser Welding Technology G. Deinzer, P. Hoffmann, M. Geiger/D	345
Thin Film Growth by Pulsed Laser Deposition I. Boyd/GB	349
Laser Processing of Ceramics M.F. Modest/USA	360

ANWENDERFORUM: QUALITÄTSSICHERUNG IN DER LASERMATERIALBEARBEITUNG USER'S FORUM: QUALITY ASSURANCE IN MATERIAL PROCESSING

In-Process-Diagnose beim Laserhärten rotationssymmetrischer Bauteile In-process Diagnosis in Laser Hardening of Rotationally Symmetric Components K. Dickmann, J. Gröninger/D	372
Online Process Control in Laser Beam Welding by Means of Power Regulation in RF-Excited CO ₂ Lasers B. Seidel, W. Sokolowski, J. ² Beersiek, W. Meiners, E. Beyer/D	376
Tiefenregelung beim Laserabtragen / Depth Control in Laser Stock Removal G. Eberl, M. Kuhl, M. Reisacher, P. Lagner, P. Abels, A. Drenker, S. Geißler, W. Nöldechen/D	381
Real Time Process Monitoring with an Integrated Fibre Monitor C. Peters, J.D.C. Jones, Daoning Su/GB	395

Qualitätserzeugung in der Laserschneidbearbeitung durch Einsatz eines anwendungsgerechten CAD/CAM-Systems Generating Quality in Laser Cutting trough the Use of an Applied-Oriented CAD/CAM System H.K. Tönshoff, R. Kader/D	399
Einsatz eines voll 3D-fähigen schnellen Sensorsystems zur Nahtverfolgung beim Laserstrahlschweißen Application of a Fully 3D-Capable Rapid Sensor System for Inspecting Welds in Laser Beam Welding W. Trunzer, H. Lindl, H. Schwarz/D	405
Process Diagnosis and - Control for Removal Processes with Excimer Laser Radiation W. Barkhausen, M. Wehner, K. Wissenbach, E.W. Kreutz/D	411
PLENARVORTRÄGE II / PLENARY SESSIONS II	
State of the Art and Prospects of Electron and Laser Beam Welding G. Sayegh/F	417
Leistungssteigerung bei der Materialbearbeitung durch Verfahrensintegration Employing Process Integration to Increase Performance in Material Processing F. Treppe, C. Hermanns, A. Werner, A. Zaboklicki/D	421
Theoretical Aspects of Laser Material Processing P. Kapadia/GB	425
Trends bei Laserstrahlquellen für die Fertigung Trends in Laser Beam Sources for Manufacturing M. von Borstel, K. Mann/D	432
ANWENDERFORUM: MIKROBEARBEITUNG MIT LASER USER`S FORUM: MICROPRECESSING WITH LASERS	
Measurement and Reproduction of Microgeometries with Lasers H.K. Tönshoff, J. Mommsen, L. Overmeyer/D	441
Microbearbeitung von Silizium / Microprocessing of Silicon M. Alavi, A. Schumacher, H.-J. Wagner/D	445
Absorption Behaviour of Solder Pastes in Laser Soldering Ch. Hamann, H. Kehrer, H.-G. Rosen, G. Scherer/D	446
Fertigung von Medikamentenpumpen mittels Lasertechnik Manufacturing Medication Pumps by Means of Laser Technology J. Eggersglüß, G. Lensch/D	453
Adhesion Penetration of Polyolefin with Nd-YAG Laser G. Habenicht/D, S. Tsuno/J	456
Laser Micro-Welding and Micro-Melting for Connection of Optoelektronic Micro-Components M. Becker, R. Güther, R. Staske, R. Olschewsky, H. Gruhl, H. Richter/D .	457

OBERFLÄCHENBEHANDLUNG / SURFACE TREATMENT

Herstellung hartmetallähnlicher Verschleißschutzschichten aus hartstoffhaltigen Legierungen St. Nowotny, A. Techel, A. Luft, W. Reitzenstein/D	461
Laser Surface Hardening of Heat Treatable Steels with CO ₂ - and ND:YAG-Lasers A. Lang, H. Stiele, D. Müller, R. Jaschek, J. Domes, R. Bierwirth, H.W. Bergmann/D	465
Surface Treatments of Components for the Automotive Industry Using Excimer Lasers K. Schutte, E. Schubert, H.W. Bergmann/D	469
Laser Beam Material Processing Using a Combustion of a High Power CO ₂ -Laser and a TEA-CO ₂ -Laser R. Jaschek, H.W. Bergmann/D	473
The Laser Assisted Manufacture of Tailored Protective Coatings on Turbine Blades of Steel and Titanium W. Amende, W. Kachler/D, A. Coulon/F	477
Acoustic Emission, Magnetic and Wear-Resisting Performances Research of Laser Quenching K.W. Zhang, X.B. Tao, S.Y. Zhai/P.R. China	481
Y ₃ Al ₅ O ₁₂ :Nd + YAl ₁₀ ₃ :Nd Active Elements With Improved Parameters A.Ya. Neiman/RUSSIA	485
Phase Transformations by Nanosecond Iodine Laser Pulses I. Sárady, C.F. Magnusson, L.-Y. Wei/S, M. Chowjka, B. Králiková, J. Skála/Tschechien	488
Legierungsentwicklung von Laserbeschichtungen auf Eisen-Basis R. Haude, R. Wilkenhöner, A. Weisheit, D. Burchards, B.L. Mordike/D	492
Laserbeschichten mit Pasten R. Haude, R. Wilkenhöner, A. Weisheit, D. Burchards, B.L. Mordike/D	496

SCHWEISSEN / WELDING

On-line Monitor for the CO ₂ Laser Welding Process M. Jurca/D	499
Aspects for Quality Assurance with a Plasma Monitoring System during Laser Beam Welding K. Zimmermann, R. Klein, R. Poprawe/D	503
Laserstrahlweißen von Aluminiumlegierungen mit kW-Nd:YAG-Lasern Laser Beam Welding of Aluminium Alloys Using kW-Nd:YAG-Lasers E.U. Beske, J. Schumacher/D	511
Prozeßkontrolle beim Laserstrahlschweißen von Aluminium mit Ar/He-Arbeitsgasgemischen J. Beersiek, B. Seidel, J. Berkmanns, K. Behler, E. Beyer/D	515

The Visualization of the Gas Flow During the Welding Process D. Maischner, D. Becker, G. Funke, E. Beyer/D	520
Eigenschaften des Keyholes und des laserinduzierten Plasmas beim Schweißen mit CO ₂ -Laser H. Lindl, A. Widl/D	525
Evaporation in Deep Penetration Welding with Laser Radiation D. Becker, W. Schulz/D	529
Anwendung der Grauwert-Theorie auf die Datenverarbeitung beim Laser- strahlschweißen Y.H. Xiao, T.C. Zuo/P.R. China	533
Laserstrahlschweißen von Sonderwerkstoffen - Erweiterung des Anwendungsspektrums - M. Dahmen, J. Berkmanns, K. Behler, E. Beyer/D	537
Laserstrahlweißen verzinkter Bleche - Einfluß von Fügespalt und Zink- schichtdicke U. Bethke, D. Päthe, F. Trösken, P. Zopf/D	542
Schweißtechnischer Vergleich zwischen Hochleistungsfestkörper- und CO ₂ -Laser U. Bethke, F. Dausinger, D. Päthe, F. Trösken, P. Zopf/D	546
SCOUT Nahtfolgesystem K. Barthel, F. Holick, F. Holick/D	550
Fracture Behavior of Silicon Cut with High Brightness Nd:YAG Lasers J. Kalejs, C.C. Chao/USA, T. Franz/D, U. Dürr, P. Verboven/CH	554
Optimierung der mechanischen Triebkopfbremse im ICE der Deutschen Bundesbahn R. Fischer, R. Polzin, R. Poprawe, K. Zimmermann/D	558
Die Rolle der exothermen Reaktion beim Laserstrahl- brennschneiden J. Franke, W. Schulz, D. Petring, E. Beyer/D	562
Laserstrahlschneiden mit einem neuartigen CO ₂ -Impulsgeber G. Staupendahl, J. Bliedtner, K. Schindler, Ch. Weikert/D	568
Laser Beam Fusion Cutting: Diagnostics and Modelling of Melt Drag and Ripple Formation H. Zefferer, D. Petring, W. Schulz, F. Schneider, G. Herziger/D	574
Adaptives Linsensystem für Laserschneidanlagen L. Beckmann, O. Märten/D	580
VARIA / VARIOUS	
Anforderungen an Laser-Materialbearbeitungssysteme für den Einsatz in mittelständischen Betrieben J. Gartzen, A. Gebhardt, H. Lingens/D	589

Anwendungsangepaßte Strahlführung mit Roboter für die Materialbearbeitung mit Nd:YAG-Laser R. Klein, G. Neumann, K. Zimmermann/D	594
Investigations on the Generation and Propagation of Hazardous Substances During the Laser Treatment of Ceramics R. Dierken, E. Schubert, H.W. Bergmann, W. Zschiesche/D	599
Rotationsoptik zur Lasermaterialbearbeitung für einen Gelenkarmroboter G. Kröhnert, A. Laas, G. Lensch/D	604
Anforderung an Strömungsmaschinen bei Einsatz als Umwälzgebläse in CO ₂ -Hochleistungslasern U. Jarosch, F. Diedrichsen, H.-H. Henning/D	606
Bestimmung der Abmessungen von Laserstrahlen gemäß des Normenvorschlags ISO 172 B. Küppers, H. Staubach, M. Scholl, O. Märten/D	613
Richten von Blechformteilen mittels laserinduzierten thermischen Spannungen P. Hoffmann, J. Kraus, M. Geiger/D	619
Laserbeschriftung durch Gradientenindex-Glasfasern mit weitgehender Beibehaltung der Strahlqualität S. Geiger/D	622
Nd:YAG Laser Oscillator with Unstable Resonator J. Marczak, R. Ostrowski, J. Owsik, A. Rycyk, A. Sarzynski/PL	636
Preparation of Ultrafine Oxide Particles by Solid State Evaporation with XeCl - Laser Radiation I. Bothe, W. Rath, F. Bachmann, W. Riehemann, B.L. Mordike/D	629
Strahlüberwachung als Teilbereich der Qualitätssicherung (ISO 9001) R. Kramer, J. Franek/D	633
Measurement of Industry Laser Polarization J. Franek, R. Kramer/D	637
Heat and Mass Transfer in Pulse Laser Action I. Smurov, G. Flamant/F, L. Covelli, A. Lashin/I, M. Ignatiev/RUSSIA	642
Minimized Focal Fluctuations for Laser Cutting M. Bachmann, D. Schlebeck/D	646
The Use of Process Modelling of Laser Hardening in Close Limit Production D. Schlebeck, M. Bachmann/D	650
Systemanalyse an CCD-Bildaufnahmeanordnungen U. Schmidt/D	652

OPTOELEKTRONISCHE KOMPONENTEN UND SYSTEME
OPTOELECTRONIC COMPONENTS AND SYSTEMS

Chairman: F. Lanzl
DLR, Institut für Optoelektronik, Oberpfaffenhofen

Investigation of Optical Components Under Irradiation with High-Power, cw CO ₂ Lasers	
A. Angenent, C.-R. Haas, J. Koch, E.W. Kreutz, D.A. Wesner/D	659
Non-Toxic Coatings for CO ₂ -Laser Optical Systems	
H. Hagedorn, R. Anton, G. Lensch/D	664
Chiral Mesomorphic Materials as Optical Isolators for High Power Laser Systems	
J. Owsiak, E. Szwajczak, A. Szymanski/PL	668
Design and Experiments of Hundred Joule-Level KRF Laser Pumped by Intense Electron Beam	
Shan Yusheng, Wang Naiyan, Zeng Naigong, et al./P.R. China	675
Diffraktive Elemente für die Lasermaterialbearbeitung	
Diffractive Elements for Laser Material Treatment by CO ₂ -Lasers	
M. Pahlke, C. Haupt, H.-J. Tiziani/D	679
Miniaturized Polychromator with Holographic Optical Elements	
G. Lensch, P. Lippert, D. Probian/D	683
Diffraktive Optical Components with Increased Radiation Resistance	
G. Lensch, W. Rudolph, P. Lippert, Ch. Budzinski/D	687
Singlemode 1,3/1,3 Duplexer for FTTH - FTTC Networks	
V. Stappers, C. Villemain, J.J. Maillard, M. Pulain, R. Puille, A. Richard/F	692
Performance Properties of Polymer Optical Fibers	
A. Hoffmann, W. Daum, J. Krauser/D	693
Fiber Positioner with a New Drive Concept	
R. Glöß, H. Marth/D	700
Two-Dimensional Offset Microsensing by Fibre-Fibre Coupling	
R. Güther, M. Becker, R. Staske, H. Richter/D	705
The Description of an Ideal Cylindrical Multimode Step Index Waveguide by the Means of a Transfer Matrix	
M. Eckerle, A. Chakari, P. Meyrueis/F	709

MICROSENSORIK UND FASEROPTIK
MICRO-SENSORS AND FIBER OPTICS

Chairman:

E. Wagner, Fraunhofer-Institut für Physikalische Messtechnik, Freiburg

Micro Engineered Displacement Sensor G. Lensch, P. Lippert, D. Probian, H. Kreitlow/D	715
Acoustically Tunable Integrated Optical Filters for the 0.8 μm Wavelength Range I. Hinkov, V. Hinkov/D	721
Integrated Acousto-Optical Heterodyne Interferometers in LiNbO_3 F. Tian, R. Ricken, St. Schmid, W. Sohler/D	725
Reflected Mode Operation of Grating Couplers for Chemical Sensing A. Brandenburg/D	729
Optical Gas Detection with Lightguides Using Fluorinated Polymers M. Osterfeld, R.P. Podgorsek, H. Franke, A. Brandenburg/D, C. Feger/USA	733
Micro-Sensors and Fibre Optics	
Optical fibre - channel waveguide butt coupling: Modelling of the system, new manufacture of a channel waveguide on a glass substrate and experimental verification of the theoretical model at 1.3 μm . M. Réglat, I. Verrier, M. Ramos, J.P. Goure, P. Sass, G. Clauss, A Kévorkian, F. Rehouma/F	737
Polarimetric Sensor Using Multimode Optical Fibre A. Chakari, N. Mancier, L.F. Massoumu, P. Meyrueis/F	746
Fast In-Vivo Cerebral NADH Measurements Combining Time Resolved Fluorescence and Fiber Optic Microsensor Techniques St. Mottin, C. Tran-Minh, P. Laporte, R. Gespuglio, M. Jouvet/F	750
Ein effizientes Verfahren zur Einkopplung von Laserstrahlung in Faserbündel An Efficient Method of Launching Laser Radiation into Fiber Bundles H. Gerhard, U. Gladbach, G. Hillrichs, W. Neu/D	754

OPTISCHE KOMMUNIKATIONSTECHNIK
OPTICAL COMMUNICATIONS TECHNOLOGY

Chairman: J. Franz, FH Düsseldorf, Fachgebiet opt. Nachrichtentechnik

The Communication Subsystem for Silex Ch. Nöldeke/D	761
SOLACOS YAG Communication System - YKS Implementation of the Syncbit - Concept K. Pribil, Ch. Serbe, B. Wandernoth, Ch. Rapp/D	765
Activities of the European Space Agency in the Field of Optical Space Communication B. Furch, M. Wittig, A.F. Popescu/NL	772
DLR Experimental Systems for Free Space Optical Communications Ch. Rapp, B. Wandernoth, G. Steudel, A. Schex/D	776
Small Optical User Terminal for Intersatellite Communications G. Baister, P. Gatenby, J. Lewis/GB, M. Wittig/NL	780
VSOUT (Very Small Optical User Terminal) for Intersatellite Communi- cations M. Wittig, R. Czichy/NL	784
Design of an Experimental Optical Multi-Aperture Receive Antenna for Laser Satellite Communications K.H. Kudielka, W.M. Neubert/A	788
Frequency Stabilisation of Diode Pumped Solid-State Lasers for Application in Free-Space Communication R. Heilmann, J. Kuschel/D	792
Characteristics of an Integrated Optical Phase Modulator at High Optical Energy Densities M. Fickenscher, A. Rasch/D	796
Improvement of LIDAR by CW Random Modulation and Correlation Detection P. Bisle, J. Franz, D. Mengistab/D	800
New Materials for Optical Data Storage and High Information Content Displays M. Kreuzer, T. Tschudi/D	804

LASER IN DER FORSCHUNG
LASERS IN RESEARCH

Chairmen:

F.P. Schäfer und M. Stuke
Max-Planck-Institut für biophysikalische Chemie, Göttingen

Experimental Study of 248nm and 308 nm Ablation in Dependence on Optical Illumination Parameters	809
B. Burghardt, U. Sarbach, B. Klimt, H.-J. Kahlert/D	
Change of the Ablation Rates with Ablation Structure Size	816
B. Wolff-Rottke, J. Ihlemann, H. Schmidt, A. Scholl/D	
Laser Induced Etching of Silicon with Fluorine and Chlorine and with Mixtures of Both Gases	820
U. Köhler, A. Guber, W. Bier/D	
PLD of Thin Films for Applications	823
A. Voss, W. Pfleging, M. Alunovic, E.W. Kreutz/D	
Tunable Subpicosecond Light Pulses in the Mid Infrared Produced by Difference Frequency Generation	828
C. Lauterwasser, P. Hamm, M. Zurek, W. Zinth/D	
Self-Phase Modulation of Ultrashort Light Pulses in the Second-Harmonic Nonlinear Mirror	832
K.A. Stankov/D, V.P. Tzolov/BG	
Generation and Amplification of Subpicosecond Pulses in the VUV - Towards Soft X-Rays with Nonlinear Optics	838
B. Wellegehause/D	
Parametric Picosecond Laser System with Very Broad Tunability for Nonlinear Optical Interface Spectroscopy	841
H.-J. Krause, U. Reichel, W. Daum/D	
Ultrashort Laser Pulses in Surface Mass Spectrometry	845
M. Schütze, C. Trappe, M. Raff, H. Kurz/D	
Second Harmonic Generation on Chemically Treated Surfaces of Vicinal Si ₁₁₁ -Wafers	849
U. Emmerichs, C. Meyer, K. Leo, H. Kurz/D, C.H. Bjorkman, C.E. Shearon Jr., Y. Ma, T. Yasuda, G. Lucovsky/USA	
Application of an Intracavity Laser Spectroscopy Based on Ar ⁺ Laser for the Detection of Unstable Molecules in Liquid Phase	853
S.A. Mulenko, A.I. Chaus/UKRAINE	
Deposition of Diamond-Like-Carbon Films by Laser PVD Technique Using Nanosecond and Femtosecond Excimer Lasers	857
K. Mann, F. Müller/D	
Ein Modell für die Optimierung der PLD / A Model for Optimizing Laser PVD	861
G. Granse, H. Mai, B. Schultrich, S. Völlmar/D	

Stimulierte Brillouin Streuung durch breitbandige XeCl Laserstrahlung: Untersuchungen zur Formung des Strahlprofils Simulated Brillouin Propagation through Wide-Band XeCl Laser Radiation: Investigations of Beam Profile Formation H.-J. Pätzold, R. König/D	865
Zwei-Strahl-LPVD für Metalle / Two-Ray LPVD for Metals A. Lenk, B. Schultrich, G. Granse, S. Völlmar/D	869
A Frequency Tunable High Power Mid- and Far- Infrared Laser System W. Schatz, K.F. Renk, P.T. Lang/D	873
Zeitliches Absorptionsverhalten von amorphem Metall bei der Material- bearbeitung mittels Nd:YAG-Laser Time-Dependent Absorption Characteristics of Amorphous Metals during Processing with Nd:YAG Lasers L. Dorn, K.-S. Lee/D	877
Untersuchungen der Eigenschaften von lasergeschweißtem amorphen Metall mit Tiefkühlung Investigation of the Properties of Laser-Welded Amorphous Metals in a Deep Frozen Environment L. Dorn, K.-S. Lee/D	882
Optimierung der Oberflächenbehandlung bei Einwirkung pulsierender oszillierender Laserstrahlung Optimisation of Surface Treatment in Influence of Pulsed Oszillated Laser Beam Radiation D. Lepski, L. Morgenthal, S. Völlmar/D	887
Time Resolved Photoelectron Spectroscopy After Laser Ionization K.-M. Weitzel, M. Penno, H. Baumgärtel/D	891

POST DEADLINE PAPERS
LASERPHYSIK / LASER PHYSICS

Chairman:
H. Seidlitz, Forschungszentrum für Umwelt und Gesundheit, Neuherberg

Dephasing-Induced Rabi Modulation in Inversionless Lasing C.J. Hsu/CDN	897
Gain Coefficient of HF-Laser on Two Quantum Transitions under Optical Pumping A.V. Michtchenko, F. Lara-Ochoa/MEX, A.D. Margolin, V.M. Shmelyov/RUSSIA 904	
Polarization tests on TE/TM-switching 1.3um Laser Diodes M. Voß, A. Bärwolff, A. Klehr, R. Müller/D	909

Phase and Structural Variations in the Surface Layers of Fe-Al-C System Monocrystals after Repeated Laser Treatment with Surface Fusion V. Andryushchenko, K. Nikolaychuk/UKRAINE	913
Superbroadband and Synchronized Multiline Oscillation of LiF:F ₂ -Color Center Laser T.T. Basiev, S.B. Mirov, P.G. Zverev, V.V. Fedorov, I.V. Kuznetsov/RUSSIA	919
Narrowline High Efficient Tunable LiF:F ₂ -Color Center Lasers for Near IR and Visible Spectral Regions T.T. Basiev, V.V. Fedorov, S.B. Mirov, Ter-Mikirtichev, A.G. Papshvili, P.G. Zverev/RUSSIA	922
New Generation of 2-12 um Laser Radiation Photodetectors I. Piotrowski, Z. Drozdowicz, Z. Puzewicz, H. Schmidt/D	925

David L. Andrews

Lasers in Chemistry

With 114 Figures and 3 Tables



AKADEMIE-VERLAG BERLIN 1987

Table of Contents

1 Principles of Laser Operation

1.1	The Nature of Stimulated Emission	1
1.2	Resonators and Pumping Processes	3
1.3	Coherent Radiation, Standing Waves and Modes	5
1.4	The Kinetics of Laser Emission	7
1.4.1	Rate Equations	7
1.4.2	Threshold Conditions	9
1.4.3	Pulsed Versus Continuous Emission	10
1.5	Transitions, Lifetimes and Linewidths	11
1.5.1	Three-level Laser	11
1.5.2	Four-level Laser	13
1.5.3	Emission Linewidths	13
1.6	Properties of Laser Light, and Their Applications	15
1.6.1	Beamwidth	15
1.6.2	Intensity	15
1.6.3	Coherence	17
1.6.4	Monochromaticity	18

2 Laser Sources

2.1	Solid-state Transition Metal Ion Lasers	20
2.1.1	Ruby Laser	20
2.1.2	Neodymium Lasers	22
2.2	Semiconductor Lasers	24
2.3	Atomic and Ionic Gas Lasers	26
2.3.1	Helium-neon Laser	26
2.3.2	Argon Laser	28
2.3.3	Copper Vapour Laser	29
2.4	Molecular Gas Lasers	31
2.4.1	Carbon Dioxide Laser	31
2.4.2	Nitrogen Laser	35
2.4.3	Chemical Lasers	35
2.4.4	Iodine Laser	37
2.4.5	Exciplex Lasers	39
2.5	Dye Lasers	41
2.6	Free-electron Laser	45

3 Laser Instrumentation in Chemistry

3.1	Polarising Optics	46
3.2	Frequency Conversion	49
3.3	Pulsing Techniques	53
3.3.1	Cavity Dumping	53
3.3.2	Q-Switching	55
3.3.3	Mode-locking	57
3.4	Detectors	61
3.5	Pulse Detection Systems	63
3.5.1	Lock-in Amplifiers	63
3.5.2	Boxcar Integrators	64
3.5.3	Single-pulse Systems	65
3.6	Light Scattering Instrumentation	67
3.6.1	Nephelometry	67
3.6.2	Photon Correlation Measurements	67
3.6.3	Brillouin Scattering	68
3.6.4	Doppler Velocimetry	70
3.6.5	Lidar	70
3.7	Polarimetry	72
3.8	Laser Detectors in Chromatography	74
3.9	Laser Microprobe Instrumentation	75
3.10	Laser Safety	76

4 Chemical Spectroscopy with Lasers

4.1	Absorption Spectroscopy	79
4.2	Specialised Absorption Techniques	83
4.2.1	Excitation Spectroscopy	83
4.2.2	Ionisation Spectroscopy	86
4.2.3	Thermal Lensing Spectroscopy	86
4.2.4	Photoacoustic Spectroscopy	88
4.2.5	Optogalvanic Spectroscopy	89
4.2.6	Laser Magnetic Resonance	91
4.2.7	Laser Stark Spectroscopy	93
4.2.8	Other High-resolution Methods	94
4.3	Fluorescence Spectroscopy	96
4.3.1	Laser-induced Atomic Fluorescence	96
4.3.2	Laser-induced Molecular Fluorescence	97
4.4	Raman Spectroscopy	100
4.5	Specialised Raman Techniques	105
4.5.1	Resonance Raman Spectroscopy	105
4.5.2	Stimulated Raman Spectroscopy	108
4.5.3	Inverse Raman Spectroscopy	111
4.5.4	CARS Spectroscopy	113
4.5.5	Surface-enhanced Raman Spectroscopy	115
4.5.6	Raman Optical Activity	116

4.6 Multiphoton Spectroscopy	118
4.6.1 Single-beam Two-photon Absorption	118
4.6.2 Double-beam Two-photon Absorption	122
4.6.3 Multiphoton Absorption Spectroscopy	124
4.6.4 Hyper-Raman Spectroscopy	126
4.7 Laser Mass Spectrometry	127
4.8 References	130
 5 Laser-Induced Chemistry	
5.1 Principles of Laser-induced Chemistry	131
5.1.1 General Considerations	131
5.1.2 Multiphoton Infra-red Excitation	133
5.1.3 Reaction Rates and Yields	137
5.2 Laser Photochemical Processes	140
5.2.1 Unimolecular Laser-induced Reactions	140
5.2.2 Bimolecular Laser-enhanced Reactions	143
5.2.3 Laser-sensitised Reactions	144
5.2.4 Laser Surface Chemistry	145
5.2.5 Ultrafast Reactions	147
5.2.6 Laser Reaction Diagnostics	152
5.3 Isotope Separation	154
5.3.1 Photoionisation	155
5.3.2 Photodissociation	157
5.3.3 Photochemical Reaction	159
5.3.4 Photodeflection	160
5.4 Miscellaneous Applications	161
5.4.1 Purification of Materials	161
5.4.2 Production of Ceramic Powders	162
5.4.3 Photoradiation Therapy	162
5.5 References	163
 6 Appendix 1: Listing of Output Wavelengths from Commercial Lasers 164	
 7 Appendix 2: Directory of Acronyms and Abbreviations 165	
 8 Appendix 3: Selected Bibliography 168	
 9 Subject Index 169	