

Untersuchung von Scheiben- lasern zur Erzeugung von Pulsen mit einer Dauer von weniger als 500 fs

von Dr.-Ing. Benjamin Dannecker
Universität Stuttgart



utzverlag München

Als Dissertation genehmigt
von der Fakultät für Konstruktions-, Produktions- und Fahrzeugtechnik
der Universität Stuttgart

Hauptberichter: Prof. Dr. phil. nat. Thomas Graf
Mitberichter: Prof. Dr. rer. nat. Thomas Dekorsy

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek
Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation
in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische
Daten sind im Internet über <http://dnb.ddb.de> abrufbar.

Bei Fragen zur Produktsicherheit wenden Sie sich bitte
an unsere Adresse: utzverlag GmbH · Herr Matthias
Hoffmann · Nymphenburger Straße 91 · 80636
München · Telefon: 0049-89-27779100 oder
www.utzverlag.de

Zugleich: Dissertation, Stuttgart, Univ., 2025

D DE 93

Das Werk ist urheberrechtlich geschützt.
Sämtliche, auch auszugsweise Verwertungen bleiben vorbehalten.

Copyright © utzverlag GmbH 2025

ISBN (Print) 978-3-8316-5080-4
ISBN (E-Book) 978-3-8316-7819-8

Printed in Germany

utzverlag GmbH, München
Tel.: 089-277791-00 · www.utzverlag.de

Inhalt

| | |
|---|-----------|
| Inhalt | 5 |
| Symbolverzeichnis | 7 |
| Abkürzungsverzeichnis | 9 |
| Kurzfassung der Arbeit | 11 |
| Extended Abstract | 15 |
| 1 Stand der Technik der ultrakurz gepulsten Scheibenlaser | 19 |
| 1.1 Modengekoppelte Scheibenlaseroszillatoren | 19 |
| 1.2 Scheibenlaser-Multipassverstärker und Konzepte zur Pulskompression . | 27 |
| 2 Zielsetzung | 29 |
| 2.1 Ziele: Modengekoppelter Yb:YAB-Scheibenlaser und modengekoppelter Yb:CaF ₂ -Scheibenlaser | 29 |
| 2.2 Ziele bei der Pulskompression nach einem Scheibenlaser-Multipassverstärker | 31 |
| 3 Eigenschaften verschiedener Ytterbium dotierter Lasermaterialien | 32 |
| 3.1 Gewichtete Wärmeleitfähigkeit und spektrale Emissionsbandbreite | 32 |
| 3.2 Sättigungsfluenz und Produkt $\sigma_{em,1} \cdot \tau_{fluor}$ | 35 |
| 4 Yb:YAB und Yb:CaF₂ im modengekoppelten Scheibenlaser | 38 |
| 4.1 Der modengekoppelte Yb:YAB-Scheibenlaser | 39 |
| 4.1.1 Entwicklung von SESAMs für die Modenkopplung von Yb:YAB- Scheibenlasern | 39 |
| 4.1.2 Resonatorauslegung und Laserbetrieb | 43 |
| 4.2 Der modengekoppelte Yb:CaF ₂ -Scheibenlaser | 56 |
| 4.2.1 Auslegung von Resonatoren für den modengekoppelten Betrieb ohne Güteschaltungsinstabilitäten | 56 |

| | | |
|----------|--|------------|
| 4.2.1.1 | Bestimmung des optimalen Auskoppelgrades | 56 |
| 4.2.1.2 | Resonator für den grundmodenahen Betrieb | 58 |
| 4.2.1.3 | Anpassungen für den modengekoppelten Betrieb | 62 |
| 4.2.2 | Modengekoppelter Betrieb des Yb:CaF ₂ -Scheibenlasers | 66 |
| 4.3 | Vergleich der Ergebnisse mit dem Stand der Technik | 72 |
| 5 | Kompression von in Scheibenlaser-Multipass- verstärkern spektral verbreiterten Pulsen | 77 |
| 5.1 | Simulationsmodell | 78 |
| 5.2 | Aufbau des Scheibenlaser-Multipassverstärkers und des Pulskompressors | 82 |
| 5.3 | Ergebnisse der spektralen Verbreiterung und der Pulskompression | 85 |
| 5.3.1 | Experimentelle Ergebnisse | 85 |
| 5.3.2 | Abgleich des Simulationsmodells | 92 |
| 5.4 | Vergleich der Ergebnisse mit dem Stand der Technik | 98 |
| 6 | Zusammenfassung und Ausblick | 102 |
| 6.1 | Yb:YAB und Yb:CaF ₂ im modengekoppelten Scheibenlaseroszillator | 102 |
| 6.2 | Pulskompression nach spektraler Verbreiterung im Scheibenlaser-Multipassverstärker | 105 |
| | Literaturverzeichnis | 107 |
| A | Anhang | 121 |
| I | Analyse des Pulszugs des Yb:YAB-Scheibenlasers | 121 |
| II | Yb:CaF ₂ Scheibe auf Diamantwärmesenke | 126 |
| III | Tabellarische Übersicht der spektroskopischen Werte | 131 |
| | Danksagung | 133 |

Symbolverzeichnis

| Symbol | Beschreibung | Einheit |
|-------------------------------|--|-------------------|
| $\Delta\lambda_{\text{FWHM}}$ | Spektrale Emissionsbandbreite (FWHM) des Laserübergangs | nm |
| ΔR | Modulationstiefe eines SESAMs | % |
| η_{QD} | Quantendefekt | - |
| γ_{SPM} | Selbstphasenmodulationsfaktor (SPM-Faktor) | rad/W |
| γ_{SPM,L_n} | SPM-Faktor eines Pulspropagationsabschnitts der Länge L_n | rad/W |
| κ_{th} | Wärmeleitfähigkeit | W/(m · K) |
| $k_{\text{th,QD}}$ | Wärmeleitfähigkeit κ_{th} geteilt durch $(1 - \eta_{\text{QD}})$ | W/(m · K) |
| λ | Wellenlänge | nm |
| λ_0 | Zentrale Wellenlänge des Spektrums eines Laserpulses | nm |
| λ_l | Wellenlänge des Laserstrahls | nm |
| $\lambda_{\widehat{GDD}}$ | Wellenlänge, bei d. dispersive Spiegel maximale GDD aufweisen | nm |
| λ_p | Wellenlänge des Pumplaserstrahls | nm |
| ν | Frequenz eines Photons | Hz |
| ω | Frequenz im Spektrum eines Laserpulses ($\omega = 2\pi\nu$) | 1/s |
| ω_0 | Zentrale Frequenz des Spektrums eines Laserpulses | 1/s |
| $\sigma_{\text{abs},l}$ | Effektiver Absorptionsquerschnitt bei der Laserwellenlänge | cm ² |
| $\sigma_{\text{em},l}$ | Effektiver Emissionsquerschnitt bei der Laserwellenlänge | cm ² |
| $\sigma_{\text{abs},p}$ | Effektiver Absorptionsquerschnitt bei der Pumplaserwellenlänge | cm ² |
| τ_{AC} | Halbwertsbreite einer Autokorrelation | fs |
| τ_{fluo} | Fluoreszenzlebensdauer | µs |
| τ_p | Pulsdauer | fs |
| $A(t)$ | Normierte Amplitude d. Einhüllenden d. elektrischen Felds [1] | \sqrt{W} |
| $\tilde{A}(\omega)$ | Fouriertransformierte zu $A(t)$ in der Frequenzdomäne gemäß [1] | \sqrt{Js} |
| $A_{\text{eff},A}$ | Effektive Querschnittsfläche d. Lasermode im SESAM | mm ² |
| $A_{\text{eff},L}$ | Effektive Querschnittsfläche d. Lasermode im Lasermedium | mm ² |
| at. % | Atomare Dotierungskonzentration | % |
| c | Lichtgeschwindigkeit | m/s |
| $E_{\text{P,krit}}$ | Kritische Pulsenergie für QML-Betrieb | µJ |
| E_p | Pulsenergie | µJ |
| F_l | Fluenz, bei der Schaden nach Expositionszeit von 5 min auftritt | J/cm ² |

| | | |
|----------------------|---|----------------------------------|
| $F_{\text{sat,LAM}}$ | Sättigungsfluenz eines Lasermaterials | $\mu\text{J}/\text{cm}^2$ |
| $F_{\text{sat,A}}$ | Sättigungsfluenz eines SESAMs | $\mu\text{J}/\text{cm}^2$ |
| $F_{\text{sat,L}}$ | Sättigungsfluenz eines Lasermaterials im Oszillator | $\mu\text{J}/\text{cm}^2$ |
| G | Verstärkungsfaktor | - |
| $g(\omega)$ | Frequenzabhängiger Verstärkungskoeffizient | $1/\text{cm}$ |
| g_{kl} | Kleinsignalverstärkungskoeffizient gemäß [2] | $1/\text{cm}$ |
| h | Plancksches Wirkungsquantum | J s |
| m | Anzahl der Einfachdurchgänge durch den Laserkristall | - |
| n_0 | Brechungsindex | - |
| n_2 | nichtlinearer Brechungsindex | m^2/W |
| $P(t)$ | Leistung eines Laserpulses zum Zeitpunkt t | W |
| P_{cr} | Kritische Spitzenleistung, ab der Selbstfokussierung auftritt | GW |
| q | Komplexer Strahlparameter | m |
| $w(z)$ | Strahlradius in der Ebene z | mm |
| $W_p n_g$ | Pumprate gemäß [2] | $1/(\text{cm}^3 \cdot \text{s})$ |
| z | Abstand von der Strahltaile | m |
| z_R | Rayleigh-Länge | m |

Abkürzungsverzeichnis

AlAs Aluminiumarsenid
AlInAs Aluminiumindiumarsenid
AOM Akusto-Optischer Modulator
AR antireflektierend
BP Brewsterplatte
CPA Chirped Pulse Amplifier
FWHM Full width at half maximum - volle Halbwertsbreite
GaAs Galliumarsenid
GDD Group Delay Dispersion - Gruppenverzögerungsdispersion
GVD Group Velocity Dispersion - Gruppengeschwindigkeitsdispersion
HD highly dispersive - hoch dispersiv
HHG High Harmonic Generation - Erzeugung von hohen Harmonischen
HR hochreflektierend
IFSW Institut für Strahlwerzeuge
KLM Kerr-Linsen-Modenkopplung
LIDT Laser Induced Damage Threshold - Zerstörschwelle bei Bestrahlung mit Laser
OC Output Coupler - Auskoppelspiegel
OPCPA Optical Parametric Chirped Pulse Amplifier
PCF Photonic Crystal Fiber
ppm parts per million
QKFP Quasi kollimierte freie Propagation
QML Q-switched Modelocking - Modenkopplung mit Güteschaltungsinstabilitäten
QW Quantum Well - Quantenfilm
RMP Retro-Reflecting Mirror Pair
RBW Resolution bandwidth
SCF Single Crystal Fibre
SESAM Semiconductor Saturable Absorber Mirror
SPM Selbstphasenmodulation
TD Thin Disk - dünne Scheibe
TEM Transversal electromagnetic
TFP Thin Film Polarizer - Dünnschichtpolarisatorspiegel

UKP Ultrakurzpuls

Yb:CaF₂ Ytterbium-dotiertes Calcium-Fluorid

Yb:CALGO Ytterbium-dotiertes CaGdAlO₄

Yb:KLuW Ytterbium-dotiertes KLu(WO₄)₂

Yb:KYW Ytterbium-dotiertes KY(WO₄)₂

Yb:Lu₂O₃ Ytterbium-dotiertes Lutetiumoxid

Yb:LuScO₃ Ytterbium-dotiertes Lutetium-Scandium-Oxid

Yb:YAB Ytterbium-dotiertes Yttrium-Aluminium-Borat (YAl₃(BO₃)₄)

Yb:YAG Ytterbium-dotiertes Yttrium-Aluminium-Granat (Y₃Al₅O₁₂)

Yb:Y₂O₃ Ytterbium-dotiertes Yttriumoxid

Kurzfassung der Arbeit

Mit Hilfe von Ultrakurzpuls-Laserstrahlquellen (UKP-Laser) können Lichtpulse mit Pulsenergien von mehreren hundert mJ und mit Pulsdauern von unter 1 ps realisiert werden. Aufgrund der Eigenschaften ultrakurzer Laserpulse und der Wechselwirkung dieser Pulse mit Materialien ergeben sich vielfältige Anwendungen für UKP-Laser. Da ultrakurze Pulse deutlich kürzer sind als die Dauer der lokalen Abkühlung durch Wärmeleitung vieler zu bearbeitender Materialien, können sie beispielsweise dazu genutzt werden, durch lokale Ablation Mikrostrukturen zu erzeugen, ohne das umliegende Material thermisch zu schädigen [3–5]. Aufgrund der hohen Intensitäten von UKP-Laserpulsen kann die Mehrphotonenabsorption dazu genutzt werden, auch Materialien zu bearbeiten, die bei niedriger Intensität transparent sind [6–11], zum Beispiel in der Herstellung von Displaygläsern [12]. Ein weiteres Anwendungsgebiet für UKP-Laser ist deren Nutzung als Werkzeuge in der Grundlagenforschung [13, 14].

Bei der Erzeugung und Verstärkung ultrakurzer Pulse ist die maximal erzielbare Pulsenergie durch nichtlineare Effekte im Lasermedium begrenzt. Diese hängt vom Strahldurchmesser und der Propagationslänge im Lasermedium der unterschiedlichen Laserarchitekturen ab. Im Scheibenlaser kann die Leistung durch Vergrößerung des Strahldurchmessers gesteigert werden, wodurch Ausgangsleistungen von mehreren kW erzielt werden können. In UKP-Scheibenlasern sind aufgrund des großen Strahldurchmessers die Spitzenintensitäten in der Scheibe selbst bei hoher Pulsenergie vergleichsweise gering. Zusätzlich sind nichtlineare Effekte auch bei hoher Spitzenleistung aufgrund der kurzen Propagation in der dünnen Scheibe schwach. UKP-Scheibenlaseroszillatoren und -verstärker sind daher gut geeignet für die Erzeugung von Laserpulsen bei hoher mittlerer Leistung und gleichzeitig hoher Pulsenergie. Die mit diesen minimal erzielbare Pulsdauer hängt von der Breite des Verstärkungsspektrums des genutzten Lasermaterials ab. Das derzeit etablierteste Verstärkungsmaterial für Scheibenlaser, Yb:YAG, weist ein Verstärkungsspektrum mit einer vollen Halbwertsbreite von etwa 8 nm auf. Im mittels „Semiconductor Saturable Absorber Mirror“ (SESAM) modengekoppelten Oszillator mit Yb:YAG weisen die kürzesten erzielbaren Pulse daher eine Dauer von 700 fs bis 800 fs auf [15]. Im Rahmen der hier vorgestellten Arbeit wurden Ansätze zur Reduktion der mit Scheibenlaseroszillatoren und -verstärkern erzielbaren Pulsdauern untersucht.

Für Anwendungen, die mittlere Leistungen von einigen 10 W und hohe Repetitionsraten

von 1 MHz bis zu einigen 10 MHz erfordern [16–18], eignen sich modengekoppelte Scheibenlaseroszillatoren ohne zusätzliche Laserverstärkerstufen. Die Lasermaterialien Yb:YAB und Yb:CaF₂ sind aufgrund ihrer im Vergleich zu Yb:YAG größeren Verstärkungsbandbreite dazu geeignet, im Scheibenlaseroszillator kurze Pulse mit einer Dauer von weniger als 500 fs zu realisieren. Im Rahmen der hier vorgestellten Arbeit wurde erstmals der modengekoppelte Betrieb mit diesen Materialien im Scheibenlaser untersucht.

Aus Untersuchungen der spektroskopischen Eigenschaften von Yb:CaF₂ [19–21] können das Potenzial, mit Hilfe dieses Lasermaterials in einem Scheibenlaser vergleichsweise kurze Pulse zu erzeugen, aber auch die dabei auftretende Herausforderung der Güteschaltungsinstabilitäten abgeleitet werden. Die vorliegende Arbeit zeigt Lösungsmöglichkeiten auf, um trotz der hohen Sättigungsfluenz von Yb:CaF₂ den modengekoppelten Betrieb im Scheibenlaseroszillator ohne Güteschaltungsinstabilitäten zu realisieren. Hierfür wurden Auslegungskriterien aufgezeigt und anhand dieser geeignete Resonatoren ausgelegt und aufgebaut. Mit einem Yb:CaF₂-Scheibenlaseroszillator wurden bei einer Repetitionsfrequenz von 10 MHz Pulse mit einer Energie von 1,8 µJ und einer Spitzenleistung von mehr als 5,5 MW bei einer Pulsdauer von 285 fs erzeugt.

Yb:YAB (YAL₃(BO₃)₄) ist ein weiteres Lasermaterial mit vergleichsweise großer spektraler Verstärkungsbandbreite [22, 23] und wurde im Rahmen der vorliegenden Arbeit erstmals in einem modengekoppelten Scheibenlaseroszillator genutzt. Damit wurden bei einer mittleren Leistung von 19 W Pulse mit einer Dauer von 462 fs erzeugt. In einer weiteren Konfiguration mit reduzierter Dispersion wurden kürzere Pulse mit einer Dauer von 410 fs bei einer mittleren Leistung von 13 W erzeugt. Im Lasermaterial Yb:YAB selbst kann die zweite Harmonische der Laseroszillation angeregt werden [24]. Diese intrinsische Frequenzverdopplung wurde im modengekoppelten Betrieb bei unterschiedlichen mittleren Leistungen, Pulsdauern und Spitzenleistungen der Pulse im Yb:YAB-Scheibenlaseroszillator untersucht. Bei der maximal erzielten resonatorinternen Spitzenleistung von 23 MW betrug die Konversionseffizienz $56 \cdot 10^{-6}$ pro Resonatorumlauf. Für die Stabilität der Modenkopplung und die optische Effizienz von Scheibenlasern sind Verluste in dieser Größenordnung vernachlässigbar. Die intrinsische Frequenzverdopplung ist allerdings interessant, um bei der Modenkopplung mögliche Störungen, wie beispielsweise das Auftreten von Doppelpulsen, zu detektieren. Die Konversionseffizienz der Frequenzverdopplung stieg ungefähr linear mit der Spitzenleistung des umlaufenden Pulses an. Daher können die potenziell auftretenden Störungen im Yb:YAB-Scheibenlaser durch Detektion eines Sprungs der mittleren Leistung der zweiten Harmonischen erkannt werden. Zudem kann anhand der gemessenen Leistung der zweiten Harmonischen nach einer Kalibrierung auch die Pulsdauer an jedem Betriebspunkt bestimmt werden,

ohne eine vergleichsweise aufwendige Messung beispielsweise mittels Autokorrelator durchzuführen.

Für Anwendungen, die eine mittlere Leistung von über 1 kW und eine Pulsenergie von mehreren mJ benötigen, sind Scheibenlaser-Multipassverstärker geeignete Strahlquellen [25]. In der vorliegenden Arbeit wurde ein Ansatz zur Verkürzung der mit Scheibenlaser-Multipassverstärkern erzielbaren Pulsdauer untersucht. Hierzu wurde die spektrale Verbreiterung durch Selbstphasenmodulation bei der Pulspropagation der Laserstrahlung im Verstärker zur nachfolgenden Pulskompression genutzt. Der Scheibenlaser-Multipassverstärker wurde bei einer mittleren Ausgangsleistung von 0,4 kW und einer Pulsenergie von mehr als 2 mJ betrieben. Der Einfluss der Verstärkung, Gruppenverzögerungsdispersion und Selbstphasenmodulation im Verstärker auf die Laserpulse wurde mit einem numerischen Modell untersucht. Ein Kompressor wurde mit Hilfe des Simulationsmodells ausgelegt und mit dispersiven Spiegeln aufgebaut. Ohne Kompression wiesen die Pulse eine Dauer von mehr als 0,8 ps auf. Mit Hilfe des Kompressors wurden Pulse mit einer Dauer von 136 fs erzielt. Die Spitzenleistung der erzeugten Pulse wurde durch die Kompression von 2 GW auf 9 GW gesteigert.

Extended Abstract

Ultrafast lasers enable the generation of laser pulses with energies of several hundred mJ and durations of less than 1 ps. Due to the properties of ultrashort laser pulses and their interaction with materials there are many applications for ultrafast lasers. Since the duration of ultrashort laser pulses is significantly shorter than the time required for local cooling by heat conduction in many materials, ultrafast lasers can be used to obtain localized ablation in order to produce microstructures with minimal “heat affected zone” on the workpiece [3–5]. Ultrafast lasers can generate pulses with intensities suitable for multiphoton absorption to even process materials that are transparent at low intensities [6–11], for instance in manufacturing of glass displays [12]. Furthermore, ultrafast lasers are essential tools for several fields in fundamental research [13, 14].

Nonlinear effects in the laser material limit the maximally obtainable pulse energy, which depends on the diameter of the laser beam and propagation length in the laser material of different ultrafast laser architectures. Thin-disk oscillators and amplifiers are suitable to generate pulses at high average power and with high energy. This results from the comparatively large beam diameters and short propagation distance of the laser radiation in the thin-disk laser crystal. The shortest attainable pulse duration depends on the width of the gain spectrum exhibited by the laser material. One widely established gain material for thin-disk lasers is Yb:YAG. This laser material has a comparatively narrow gain spectrum with a full width at half maximum of about 8 nm, therefore limiting the shortest achievable pulse durations in oscillators modelocked with Semiconductor Saturable Absorber Mirror (SESAM) to approximately 700 to 800 fs [15]. The present work aims for a reduction of the shortest attainable pulse durations and increase of peak powers obtained from thin-disk laser oscillators and amplifiers.

Ultrafast thin-disk oscillators can generate ultrashort pulses at average powers of several 10 W with high repetition rates of 1 MHz to few 10 MHz as required for some applications [16–18] without further laser amplifier stages. In this context Yb:CaF₂ and Yb:YAB (YAl₃(BO₃)₄) are promising laser materials for the generation of pulses with durations of less than 500 fs in SESAM-modelocked thin-disk oscillators due to their broad gain spectrum [19–23]. Modelocked Yb:YAB and Yb:CaF₂ thin-disk oscillators were explored for the first time within the present work.

Previous work on the spectroscopic properties of Yb:CaF₂ [19–21] revealed its potential to generate very short pulses, as well as the challenge of Q-switching instabilities arising due to its high saturation fluence. In the present work, solutions were identified to address these challenges which allow to obtain modelocked operation using Yb:CaF₂ in a thin-disk oscillator without Q-switching instabilities. Accordingly, design criteria for oscillators were found that allowed configuring and setting up resonators suitable for modelocking. The realization of modelocking in a Yb:CaF₂ thin-disk oscillator by use of SESAM resulted in the generation of 285 fs long pulses at a repetition rate of 10 MHz with a pulse energy of 1.8 μ J and a peak power of 5.5 MW.

Yb:YAB is another promising laser material with regard to its comparatively large width of the gain spectrum [22, 23] and was used in a modelocked thin-disk oscillator for the first time in the framework of the present thesis. The Yb:YAB thin-disk oscillator generated 462 fs long pulses at an average power of 19 W. Using another configuration with reduced dispersion, shorter 410 fs long pulses were obtained at an average power of 13 W. In the Yb:YAB crystal, the second harmonic can be generated [24]. This intrinsic frequency doubling was investigated in modelocked operation at different average powers, pulse durations and peak powers. The conversion efficiency per resonator round-trip was approximately $56 \cdot 10^{-6}$ at the highest peak power obtained in the oscillator of 23 MW. The stability of modelocking and optical efficiency of the thin-disk oscillator are not significantly affected by losses in this order of magnitude. However, the intrinsic frequency doubling is interesting to detect potential instabilities in modelocked operation, such as the occurrence of secondary pulses. Since the conversion efficiency scaled linearly with the peak power of the infrared pulses, the intrinsic second harmonic generation in Yb:YAB can be used for straightforward monitoring of the oscillating laser pulses: By measuring the average power of the laser pulses at the wavelengths of 520.5 nm and 1041 nm the peak power and pulse duration of the laser pulses can be calculated at any setpoint of laser operation. This allows to tune the laser to emit pulses with a desired duration without using an external characterization setup (e.g. an autocorrelator) and furthermore allows to detect if the laser operates in an unwanted mode of operation, such as double pulsing.

For applications requiring significantly higher average powers of more than 1 kW and pulse energies of several mJ, thin-disk multipass laser amplifiers are known to be a suitable laser architecture [25]. Within the scope of the present work the concept of a thin-disk multipass amplifier that exploits nonlinear spectral broadening was investigated with the aim to significantly shorten the obtainable pulse durations. For this purpose, the spectral broadening of the laser pulse due to self-phase modulation occurring in the laser amplifier was exploited for pulse compression. The thin-disk multipass amplifier

was operated at an average power of 0.4 kW and a pulse energy of more than 2 mJ. A numerical simulation model was used to investigate the effect of amplification, group delay dispersion and self-phase modulation on the laser pulses in the amplifier. A pulse compressor was designed using the simulation model and set up using dispersive mirrors. Prior to compression, the pulses had a duration of more than 0.8 ps. The pulse compressor was used to obtain pulses with a duration of 136 fs. The peak power of the compressed output pulses was approximately 9 GW, more than four times higher than the corresponding value of the uncompressed pulses.

Laser in der Materialbearbeitung

Forschungsberichte des IFSW (Institut für Strahlwerkzeuge)

Herausgegeben von

Prof. Dr.-Ing. habil. Helmut Hügel, Universität Stuttgart

Forschungsberichte des IFSW von 1992 bis 1999 erschienen im Teubner Verlag, Stuttgart

Zoske, Uwe

Modell zur rechnerischen Simulation von Laserresonatoren und Strahlführungssystemen
1992, 186 Seiten, ISBN 3-519-06205-4

Gorritz, Michael

Adaptive Optik und Sensorik im Strahlführungssystem von Laserbearbeitungsanlagen
1992, vergriffen, ISBN 3-519-06206-2

Mohr, Ursula

Geschwindigkeitsbestimmende Strahleigenschaften und Einkoppelmechanismen beim CO₂-Laserschneiden von Metallen
1993, 130 Seiten, ISBN 3-519-06207-0

Rudlaff, Thomas

Arbeiten zur Optimierung des Umwandlungshärrens mit Laserstrahlen
1993, 152 Seiten, ISBN 3-519-06208-9

Borik, Stefan

Einfluß optischer Komponenten auf die Strahlqualität von Hochleistungslasern
1993, 200 Seiten, ISBN 3-519-06209-7

Paul, Rüdiger

Optimierung von HF-Gasentladungen für schnell längsgeströmte CO₂-Laser
1994, 149 Seiten, ISBN 3-519-06210-0

Wahl, Roland

Robotergeführtes Laserstrahlschweißen mit Steuerung der Polarisationsrichtung
1994, 150 Seiten, ISBN 3-519-06211-9

Frederking, Klaus-Dieter

Laserlöten kleiner Kupferbauteile mit geregelter Lotdrahtzufuhr
1994, 139 Seiten, ISBN 3-519-06212-7

Grünewald, Karin M.

Modellierung der Energietransferprozesse in längsgeströmten CO₂-Lasern
1994, 158 Seiten, ISBN 3-519-06213-5

Shen, Jialin

Optimierung von Verfahren der Laseroberflächenbehandlung mit gleichzeitiger Pulverzufuhr
1994, 160 Seiten, ISBN 3-519-06214-3

Arnold, Johannes M.

Abtragen metallischer und keramischer Werkstoffe mit Excimerlasern
1994, 192 Seiten, ISBN 3-519-06215-1

Holzwarth, Achim

Ausbreitung und Dämpfung von Stoßwellen in Excimerlasern
1994, 153 Seiten, ISBN 3-519-06216-X

Dausinger, Friedrich

Strahlwerkzeug Laser: Energieeinkopplung und Prozeßeffektivität
1995, 143 Seiten, ISBN 3-519-06217-8

Meiners, Eckhard

Abtragende Bearbeitung von Keramiken und Metallen mit gepulstem Nd:YAG-Laser als zweistufiger Prozeß
1995, 120 Seiten, ISBN 3-519-06222-4

Beck, Markus

Modellierung des Lasertiefschweißens
1996, 160 Seiten, ISBN 3-519-06218-6

Breining, Klaus

Auslegung und Vermessung von Gasentladungsstrecken für CO₂-Hochleistungslaser
1996, 131 Seiten, ISBN 3-519-06219-4

Griebsch, Jürgen

Grundlagenuntersuchungen zur Qualitätssicherung beim gepulsten Lasertiefschweißen
1996, 133 Seiten, ISBN 3-519-06220-8

Krepulat, Walter

Aerodynamische Fenster für industrielle Hochleistungslaser
1996, 144 Seiten, ISBN 3-519-06221-6

Xiao, Min

Vergleichende Untersuchungen zum Schneiden dünner Bleche mit CO₂- und Nd:YAG-Lasern
1996, 118 Seiten, ISBN 3-519-06223-2

Glumann, Christiane

Verbesserte Prozeßsicherheit und Qualität durch Strahlkombination beim Laserschweißen
1996, 143 Seiten, ISBN 3-519-06224-0

Gross, Herbert

Propagation höhermodiger Laserstrahlung und deren Wechselwirkung mit optischen Systemen
1996, 191 Seiten, ISBN 3-519-06225-9

Rapp, Jürgen

Laserschweißung von Aluminiumwerkstoffen für Anwendungen im Leichtbau
1996, 202 Seiten, ISBN 3-519-06226-7

Wittig, Klaus

Theoretische Methoden und experimentelle Verfahren zur Charakterisierung von Hochleistungslaserstrahlung
1996, 198 Seiten, ISBN 3-519-06227-5

Grünenwald, Bernd

Verfahrensoptimierung und Schichtcharakterisierung beim einstufigen Cermet-Beschichten mittels CO₂-Hochleistungslaser
1996, 160 Seiten, ISBN 3-519-06229-1

Lee, Jae-Hoon

Laserverfahren zur strukturierten Metallisierung
1996, 154 Seiten, ISBN 3-519-06232-1

Albinus, Uwe N. W.

Metallisches Beschichten mittels PLD-Verfahren
1996, 144 Seiten, ISBN 3-519-06233-X

Wiedmaier, Matthias

Konstruktive und verfahrenstechnische Entwicklungen zur Komplettbearbeitung in Drehzentren mit integrierten Laserverfahren
1997, 129 Seiten, ISBN 3-519-06228-3

Bloehs, Wolfgang

Laserstrahlhärten mit angepassten Strahlformungssystemen
1997, 143 Seiten, ISBN 3-519-06230-5

Bea, Martin

Adaptive Optik für die Materialbearbeitung mit CO₂-Laserstrahlung
1997, 143 Seiten, ISBN 3-519-06231-3

Stöhr, Michael

Beeinflussung der Lichtemission bei mikrokanalgekühlten Laserdioden
1997, 147 Seiten, ISBN 3-519-06234-8

Plaß, Wilfried

Zerstörschwellen und Degradation von CO₂-Laseroptiken
1998, 158 Seiten, ISBN 3-519-06235-6

Schaller, Markus K. R.

Lasergestützte Abscheidung dünner Edelmetallschichten zum Heißgaskorrosionsschutz für Mo-lybdän
1998, 163 Seiten, ISBN 3-519-06236-4

Hack, Rüdiger

System- und verfahrenstechnischer Vergleich von Nd:YAG- und CO₂-Lasern im Leistungsbereich bis 5 kW
1998, 165 Seiten, ISBN 3-519-06237-2

Krupka, René

Photothermische Charakterisierung optischer Komponenten für Hochleistungslaser
1998, 139 Seiten, ISBN 3-519-06238-0

Pfeiffer, Wolfgang

Fluidodynamische und elektrophysikalisch optimierte Entladungsstrecken für CO₂-Hochleistungslaser
1998, 152 Seiten, ISBN 3-519-06239-9

Volz, Robert

Optimiertes Beschichten von Gußeisen-, Aluminium- und Kupfergrundwerkstoffen mit Lasern
1998, 133 Seiten, ISBN 3-519-06240-2

Bartelt-Berger, Lars

Lasersystem aus kohärent gekoppelten Grundmode-Diodenlasern
1999, 135 Seiten, ISBN 3-519-06241-0

Müller-Hummel, Peter

Entwicklung einer Inprozeßtemperaturmeßvorrichtung zur Optimierung der laserunterstützten Zerspanung
1999, 139 Seiten, ISBN 3-519-06242-9

Rohde, Hansjörg

Qualitätsbestimmende Prozeßparameter beim Einzelpulsbohren mit einem Nd:YAG-Slablaser
1999, 171 Seiten, ISBN 3-519-06243-7

Huonker, Martin

Strahlführung in CO₂-Hochleistungslasersystemen zur Materialbearbeitung
1999, 121 Seiten, ISBN 3-519-06244-5

Callies, Gert

Modellierung von qualitäts- und effektivitätsbestimmenden Mechanismen beim Laserabtragen
1999, 119 Seiten, ISBN 3-519-06245-3

Schubert, Michael E.

Leistungsskalierbares Lasersystem aus fasergekoppelten Singlemode-Diodenlasern
1999, 105 Seiten, ISBN 3-519-06246-1

Kern, Markus

Gas- und magnetofluidynamische Maßnahmen zur Beeinflussung der Nahtqualität beim Laserstrahlschweißen
1999, 132 Seiten, ISBN 3-519-06247-X

Raiber, Armin

Grundlagen und Prozeßtechnik für das Lasermikrobohren technischer Keramiken
1999, 135 Seiten, ISBN 3-519-06248-8

Laser in der Materialbearbeitung

Forschungsberichte des IFSW (Institut für Strahlwerkzeuge)

Herausgegeben von

Prof. Dr.-Ing. habil. Helmut Hügel, Universität Stuttgart

Forschungsberichte des IFSW ab 2000 erschienen im Herbert Utz Verlag, München

Schittenhelm, Henrik

Diagnostik des laserinduzierten Plasmas
beim Abtragen und Schweißen
2000, 141 Seiten, ISBN 3-89675-712-1

Stewen, Christian

Scheibenlaser mit Kilowatt-Dauerstrichleistung
2000, 145 Seiten, ISBN 3-89675-763-6

Schmitz, Christian

Gaselektronische Analysemethoden zur Optimierung von Lasergasentladungen
2000, 107 Seiten, ISBN 3-89675-773-3

Karszewski, Martin

Scheibenlaser höchster Strahlqualität
2000, 132 Seiten, ISBN 3-89675-785-7

Chang, Chin-Lung

Berechnung der Schmelzbadgeometrie beim Laserstrahlschweißen mit Mehrfokustechnik
2000, 141 Seiten, ISBN 3-89675-825-X

Haag, Matthias

Systemtechnische Optimierungen der Strahlqualität von Hochleistungsdiodenlasern
2000, 166 Seiten, ISBN 3-89675-840-3

Bahnmüller, Jochen

Charakterisierung gepulster Laserstrahlung zur Qualitätssteigerung beim Laserbohren
2000, 138 Seiten, ISBN 3-89675-851-9

Schellhorn, Martin Carl Johannes

CO-Hochleistungslaser: Charakteristika und Einsatzmöglichkeiten beim Schweißen
2000, 142 Seiten, ISBN 3-89675-849-7

Angstenberger, Birgit

Fliehkraftunterstütztes Laserbeschichten
2000, 153 Seiten, ISBN 3-89675-861-6

Bachhofer, Andreas

Schneiden und Schweißen von Aluminiumwerkstoffen mit Festkörperlasern für den Karoseriebau
2001, 194 Seiten, ISBN 3-89675-881-0

Breitschwerdt, Sven

Qualitätssicherung beim Laserstrahlschweißen
2001, 150 Seiten, ISBN 3-8316-0032-5

Mochmann, Gunter

Laserkristallisation von Siliziumschichten auf Glas- und Kunststoffsubstraten für die Herstellung verbesserter Dünnschichttransistoren
2001, 170 Seiten, ISBN 3-89675-811-X

Herrmann, Andreas

Fertigungsorientierte Verfahrensentwicklung des Weichlötens mit Diodenlasern
2002, 133 Seiten, ISBN 3-8316-0086-4

Mästle, Rüdiger

Bestimmung der Propagationseigenschaften von Laserstrahlung
2002, 147 Seiten, ISBN 3-8316-0113-5

Voß, Andreas

Der Scheibenlaser: Theoretische Grundlagen des Dauerstrichbetriebs und erste experimentelle Ergebnisse anhand von Yb:YAG
2002, 195 Seiten, ISBN 3-8316-0121-6

Müller, Matthias G.

Prozessüberwachung beim Laserstrahlschweißen durch Auswertung der reflektierten Leistung
2002, 122 Seiten, ISBN 3-8316-0144-5

Abeln, Tobias

Grundlagen und Verfahrenstechnik des reaktiven Laserpräzisionsabtrags von Stahl
2002, 138 Seiten, ISBN 3-8316-0137-2

Erhard, Steffen

Pumpoptiken und Resonatoren für den Scheibenlaser
2002, 184 Seiten, ISBN 3-8316-0173-9

Contag, Karsten

Modellierung und numerische Auslegung des Yb:YAG-Scheibenlasers
2002, 155 Seiten, ISBN 3-8316-0172-0

Krastel, Klaus

Konzepte und Konstruktionen zur laserintegrierten Komplettbearbeitung in Werkzeugmaschinen
2002, 140 Seiten, ISBN 3-8316-0176-3

Staud, Jürgen

Sensitive Werkzeuge für ein neues Montagekonzept in der Mikrosystemtechnik
2002, 122 Seiten, ISBN 3-8316-0175-5

Schinzal, Cornelius M.

Nd:YAG-Laserstrahlschweißen von Aluminiumwerkstoffen für Anwendungen im Automobilbau
2002, 177 Seiten, ISBN 3-8316-0201-8

Sebastian, Michael

Grundlagenuntersuchungen zur Laser-Plasma-CVD Synthese von Diamant und amorphen Kohlenstoffen
2002, 153 Seiten, ISBN 3-8316-0200-X

Lücke, Bernd

Kohärente Kopplung von Vertikalemitter-Arrays
2003, 120 Seiten, ISBN 3-8316-0224-7

Hohenberger, Bernd

Laserstrahlschweißen mit Nd:YAG-Doppelfokustechnik – Steigerung von Prozeßsicherheit, Flexibilität und verfügbarer Strahlleistung
2003, 128 Seiten, ISBN 3-8316-0223-9

Jasper, Knut

Neue Konzepte der Laserstrahlformung und -führung für die Mikrotechnik
2003, 152 Seiten, ISBN 3-8316-0205-0

Heimerdinger, Christoph

Laserstrahlschweißen von Aluminiumlegierungen für die Luftfahrt
2003, 112 Seiten, ISBN 3-8316-0256-5

Christoph Fleig

Evaluierung eines Messverfahrens zur genauen Bestimmung des Reflexionsgrades optischer Komponenten
2003, 150 Seiten, ISBN 3-8316-0274-3

Joachim Radtke

Herstellung von Präzisionsdurchbrüchen in keramischen Werkstoffen mittels repetierender Laserbearbeitung
2003, 150 Seiten, ISBN 3-8316-0285-9

Michael Brandner

Steigerung der Prozesseffizienz beim Löten und Kleben mit Hochleistungsdiodenlasern
2003, 195 Seiten, ISBN 3-8316-0288-3

Reinhard Winkler

Porenbildung beim Laserstrahlschweißen von Aluminium-Druckguss
2004, 153 Seiten, ISBN 3-8316-0313-8

Helmut Kindler

Optische und gerätetechnische Entwicklungen zum Laserstrahlspritzen
2004, 117 Seiten, ISBN 3-8316-0315-4

Andreas Ruf

Modellierung des Perkussionsbohrens von Metallen mit kurz- und ultrakurzgepulsten Lasern
2004, 140 Seiten, ISBN 3-8316-0372-3

Guido Hergenhan

Kohärente Kopplung von Vertikalemittern – Systemkonzept und experimentelle Verifizierung
2004, 115 Seiten, ISBN 3-8316-0376-6

Klaus Goth

Schweißen von Mischverbindungen aus Aluminiumguß- und Knetlegierungen mit CO₂-Laser unter besonderer Berücksichtigung der Nahtart
2004, 143 Seiten, ISBN 3-8316-0427-4

Armin Strauch

Effiziente Lösung des inversen Problems beim Laserstrahlschweißen durch Simulation und Experiment
2004, 169 Seiten, ISBN 3-8316-0425-8

Thomas Wawra

Verfahrensstrategien für Bohrungen hoher Präzision mittels Laserstrahlung
2004, 162 Seiten, ISBN 3-8316-0453-3

Michael Honer

Prozesssicherungsmaßnahmen beim Bohren metallischer Werkstoffe mittels Laserstrahlung
2004, 113 Seiten, ISBN 3-8316-0441-x

Thomas Herzinger

Prozessüberwachung beim Laserbohren von Turbinenschaufeln
2004, 143 Seiten, ISBN 3-8316-0443-6

Reiner Heigl

Herstellung von Randschichten auf Aluminiumgusslegierungen mittels Laserstrahlung
2004, 173 Seiten, ISBN 3-8316-0460-6

Laser in der Materialbearbeitung

Forschungsberichte des IFSW (Institut für Strahlwerkzeuge)

Herausgegeben von

Prof. Dr. phil. nat. Thomas Graf, Universität Stuttgart

Forschungsberichte des IFSW ab 2005 erschienen im Herbert Utz Verlag, München

Thomas Fuhrich

Marangoni-effekt beim Laserstrahltaiefschweißen von Stahl

2005, 163 Seiten, ISBN 3-8316-0493-2

Daniel Müller

Pulsenergiestabilität bei regenerativen Kurzpuls-verstärkern im Scheibenlasersdesign

2005, 172 Seiten, ISBN 3-8316-0508-4

Jiancun Gao

Neodym-dotierte Quasi-Drei-Niveau-Scheiben-laser: Hohe Ausgangsleistung und Frequenzver-dopplung

2005, 148 Seiten, ISBN 3-8316-0521-1

Wolfgang Gref

Laserstrahlschweißen von Aluminiumwerkstoffen mit der Foksmatrixtechnik

2005, 136 Seiten, ISBN 3-8316-0537-8

Michael Weikert

Oberflächenstrukturieren mit ultrakurzen Laser-pulsen

2005, 116 Seiten, ISBN 3-8316-0573-4

Julian Sigel

Lasergenerieren metallischer Bauteile mit variab-lem Laserstrahldurchmesser in modularen Ferti-gungssystemen

2006, 132 Seiten, ISBN 3-8316-0572-6

Andreas Ruß

Schweißen mit dem Scheibenlaser-Potentiale der guten Fokussierbarkeit

2006, 142 Seiten, ISBN 3-8316-0580-7

Gabriele Seibold

Absorption technischer Oberflächen in der La-sermaterialbearbeitung

2006, 156 Seiten, ISBN 3-8316-0618-8

Dirk Lindenau

Magnetisch beeinflusstes Laserstrahlschweißen

2007, 180 Seiten, ISBN 978-3-8316-0687-0

Jens Walter

Gesetzmäßigkeiten beim Lasergenerieren als Basis für die Prozesssteuerung und -regelung

2008, 140 Seiten, ISBN 978-3-8316-0770-9

Heiko Ridderbusch

Longitudinal angeregte passiv gütegeschaltete Laserzündkerze

2008, 175 Seiten, ISBN 978-3-8316-0840-9

Markus Leimser

Strömungsinduzierte Einflüsse auf die Nahteigenschaftens beim Laserstrahlschweißen von Aluminiumwerkstoffen

2009, 150 Seiten, ISBN 978-3-8316-0854-6

Mikhail Larionov

Kontakterung und Charakterisierung von Kristal-len für Scheibenlaser

2009, 186 Seiten, ISBN 978-3-8316-0855-3

Jürgen Müller-Borhanian

Kamerabasierte In-Prozessüberwachung beim Laserstrahlschweißen

2009, 162 Seiten, ISBN 978-3-8316-0890-4

Andreas Letsch

Charakterisierung allgemein astigmatischer La-serstrahlung mit der Methode der zweiten Mo-mente

2009, 176 Seiten, ISBN 978-3-8316-0896-6

Thomas Kübler

Modellierung und Simulation des Halbleiterschei-benlasers

2009, 152 Seiten, ISBN 978-3-8316-0918-5

Günter Ambrosy

Nutzung elektromagnetischer Volumenkräfte beim Laserstrahlschweißen

2009, 170 Seiten, ISBN 978-3-8316-0925-3

Agnes Ott

Oberflächenmodifikation von Aluminiumlegierun-gen mit Laserstrahlung: Prozessverständnis und Schichtcharakterisierung

2010, 226 Seiten, ISBN 978-3-8316-0959-8

Detlef Breittling

Gasphaseneinflüsse beim Abtragen und Bohren mit ultrakurz gepulster Laserstrahlung

2010, 200 Seiten, ISBN 978-3-8316-0960-4

Dmitrij Walter

Online-Qualitätssicherung beim Bohren mittels ultrakurz gepulster Laserstrahlung

2010, 156 Seiten, ISBN 978-3-8316-0968-0

Jan-Philipp Weberpals

Nutzen und Grenzen guter Fokussierbarkeit beim Laserstrahlschweißen

2010, 154 Seiten, ISBN 978-3-8316-0995-6

Angelika Beyertt

Yb:KYW regenerativer Verstärker für ultrakurze Pulse

2010, 166 Seiten, ISBN 978-3-8316-4002-7

Christian Stolzenburg

Hochrepetierende Kurzpuls-Scheibenlaser im infraroten und grünen Spektralbereich
2011, 184 Seiten, ISBN 978-3-8316-4041-6

Svent-Simon Beyertt

Quantenfilm-Pumpen zur Leistungsskalierung von Halbleiter-Scheibenlasern
2011, 130 Seiten, ISBN 978-3-8316-4051-5

Sonja Kittel

Verzugsarmes Laserstrahlschweißen an axial-symmetrischen Bauteilen
2011, 162 Seiten, ISBN 978-3-8316-4088-1

Andrey Andreev

Schweißen mit dem Scheibenlaser im Getriebebau – Prozessmerkmale und Anlagenkonzepte
2011, 140 Seiten, ISBN 978-3-8316-4103-1

Christian Föhl

Einsatz ultrakurz gepulster Laserstrahlung zum Präzisionsbohren von Metallen
2011, 156 Seiten, ISBN 978-3-8316-4120-8

Andreas Josef Birnesser

Prozessregelung beim Laserstrahlschweißen
2011, 150 Seiten, ISBN 978-3-8316-4133-8

Christoph Neugebauer

Thermisch aktive optische Bauelemente für den resonatorinternen Einsatz beim Scheibenlaser
2012, 220 Seiten, ISBN 978-3-8316-4178-9

Andreas Dauner

Fluidmechanische Maßnahmen zur Reduzierung von Schmelzablagerungen beim Hochgeschwindigkeitslaserbohren
2012, 150 Seiten, ISBN 978-3-8316-4194-9

Axel Heß

Vorteile und Herausforderungen beim Laserstrahlschweißen mit Strahlquellen höchster Fokussierbarkeit
2012, 164 Seiten, ISBN 978-3-8316-4198-7

Christian Gehrke

Überwachung der Struktureigenschaften beim Oberflächenstrukturieren mit ultrakurzen Laserpulsen
2013, 164 Seiten, ISBN 978-3-8316-4271-7

David Schindhelm

In-Prozess Qualitätssicherung für das Laserstrahlschneiden von Metallen
2013, 150 Seiten, ISBN 978-3-8316-4345-5

Tilman Froschmeier-Hanss

Festigkeitsverhalten laserstrahlgeschweißter belastungsangepasster Stahlwerkstoffverbindungen
2014, 200 Seiten, ISBN 978-3-8316-4347-9

Moritz Vogel

Speciality Fibers for High Brightness Laser Beam Delivery
2014, 187 Seiten, ISBN 978-3-8316-4382-0

Andreas Michalowski

Untersuchungen zur Mikrobearbeitung von Stahl mit ultrakurzen Laserpulsen
2014, 176 Seiten, ISBN 978-3-8316-4424-7

Georg Stöppler

Untersuchung eines OPOs im mittleren Infrarot im Hinblick auf Anwendungen für minimalinvasive Chirurgie
2015, 144 Seiten, ISBN 978-3-8316-4437-7

Patrick Mucha

Qualitäts- und produktivitätsbeeinflussende Mechanismen beim Laserschneiden von CF und CFK
2015, 120 Seiten, ISBN 978-3-8316-4516-9

Claus-Dieter Reiniger

Fluiddynamische Effekte beim Remote-Laserstrahlschweißen von Blechen mit Fügespalt
2015, 188 Seiten, ISBN 978-3-8316-4528-2

Andreas Leitz

Laserstrahlschweißen von Kupfer- und Aluminiumwerkstoffen in Mischverbindung
2016, 172 Seiten, ISBN 978-3-8316-4549-7

Peter Stritt

Prozessstrategien zur Vermeidung von Heißrissen beim Remote-Laserstrahlschweißen von AlMgSi 6016
2016, 194 Seiten, ISBN 978-3-8316-4555-8

Katrin Sarah Wentsch

Analyse Ytterbium-dotierter Materialien für den Einsatz in ultrakurz-gepulsten Scheibenlasersystemen
2016, 162 Seiten, ISBN 978-3-8316-4578-7

Jan-Philipp Negel

Scheibenlaser-Multipassverstärker für ultrakurze Laserpulse mit Ausgangsleistungen im kW-Bereich
2017, 142 Seiten, ISBN 978-3-8316-4632-6

Christian Freitag

Energietransportmechanismen bei der gepulsten Laserbearbeitung Carbonfaser verstärkter Kunststoffe
2017, 152 Seiten, ISBN 978-3-8316-4638-8

Andreas Popp

Faserlaser und Faserlaserverstärker als Brillanzkonverter für Scheibenlaserstrahlen
2017, 242 Seiten, ISBN 978-3-8316-4643-2

Karin Heller

Analytische Temperaturfeldbeschreibung beim Laserstrahlschweißen für thermographische Prozessbeobachtung
2017, 130 Seiten, ISBN 978-3-8316-4654-8

Stefan Piehler

Resonatorinterne Kompensation thermisch induzierter Wellenfrontstörungen in hochbrillanten Scheibenlasern
2017, 148 Seiten, ISBN 978-3-8316-4690-6

Felix Abt

Bildbasierte Charakterisierung und Regelung von Laserschweißprozessen
2017, 232 Seiten, ISBN 978-3-8316-4691-3

Volker Rominger

Untersuchungen der Prozessvorgänge bei Einschweißungen in Baustahl mit Lasern hoher Brillanz
2017, 186 Seiten, ISBN 978-3-8316-4692-0

Thomas Rataj

Hochleistungstaugliche faserintegrierte Strahlweichen
2018, 142 Seiten, ISBN 978-3-8316-4733-0

Michael Diez

Pulsformung zur schädigungsarmen Laserbearbeitung von Silizium
2018, 194 Seiten, ISBN 978-3-8316-4737-8

Andreas Heider

Erweitern der Prozessgrenzen beim Laserstrahlschweißen von Kupfer mit Einschweißtiefen zwischen 1 mm und 10 mm
2018, 156 Seiten, ISBN 978-3-8316-4738-5

Marcel Schäfer

Energetische Beeinflussung von Schmelzeffluss und Heißrissbildung beim Laserstrahlschweißen von Vergütungsstahl
2018, 146 Seiten, ISBN 978-3-8316-4742-2

Laser in der Materialbearbeitung

Forschungsberichte des IFSW (Institut für Strahlwerkzeuge)

Herausgegeben von

Prof. Dr. phil. nat. Thomas Graf, Universität Stuttgart

Forschungsberichte des IFSW ab 2019 erschienen im utzverlag, München

Tom Dietrich

Gitterwellenleiterstrukturen zur Strahlformung in Hochleistungsscheibenlasern
2019, 154 Seiten, ISBN 978-3-8316-4785-9

Martin Rumpel

Applications of Grating Waveguide Structures in Solid-State Lasers
2019, 112 Seiten, ISBN 978-3-8316-4801-6

Michael Eckerle

Generation and amplification of ultrashort pulsed high-power cylindrical vector beams
2019, 112 Seiten, ISBN 978-3-8316-4804-7

Martin Stubenvoll

Messung und Kompensation thermisch induzierter Wellenfrontdeformationen in optischen Elementen
2019, 118 Seiten, ISBN 978-3-8316-4819-1

Christian Hagenlocher

Die Kornstruktur und der Heißrisswiderstand von Laserstrahlschweißnähten in Aluminiumlegierungen
2020, 150 Seiten, ISBN 978-3-8316-4864-1

Florian Fetzner

Analyse der Geometrie und Stabilität der Kapillare beim Laserstrahl-tiefschweißen mittels reduzierter Modelle.
2020, 180 Seiten, ISBN 978-3-8316-4874-0

Michael Jarwitz

Laserstrahlschweißen von Metallen mit unterschiedlichen thermophysikalischen Eigenschaften.
2020, 154 Seiten, ISBN 978-3-8316-4882-5

Christian Röhrer

Flexible Führung hochbrillanter Laserstrahlen mit optischen Fasern
2020, 130 Seiten, ISBN 978-3-8316-4888-7

Martin Sommer

Laserstrahlschweißen der Aluminiumlegierung AlMgSi mittels Strahloszillation
2021, 110 Seiten, ISBN 978-3-8316-4898-6

Birgit Weichelt

Experimental Investigations on Power Scaling of High-Brightness cw Ytterbium-Doped Thin-Disk Lasers.
2021, 166 Seiten, ISBN 978-3-8316-4914-3

Sebastian Faas

Oberflächenfunktionalisierung von Stahl mit UKP-Lasern mit mehreren Hundert Watt mittlerer Laserleistung.
2021, 95 Seiten, ISBN 978-3-8316-4935-8

Daniel Weller

Erhöhung der Prozesssicherheit beim Remote-Laserstrahlfügen von Aluminiumwerkstoffen.
2021, 130 Seiten, ISBN 978-3-8316-4940-2

Sebastian Hecker

Verfahren zur Inline-Prozessüberwachung für das Schweißen von Glas mit Ultrakurzpulslasern
2022, 132 Seiten, ISBN 978-3-8316-4955-6

Frieder Beirow

Leistungsskalierung ultrakurz gepulster radial polarisierter Laserstrahlung.
2022, 150 Seiten, ISBN 978-3-8316-4970-9

Meiko Boley

Bestimmung und Regelung der Kapillar- und Nahttiefe beim Laserstrahlschweißen.
2022, 154 Seiten, ISBN 978-3-8316-4986-0

Christoph Röcker

Flexible Verstärkung und Frequenzkonversion ultrakurzer Laserpulse mit Ausgangsleistungen im kW-Bereich
2022, 182 Seiten, ISBN 978-3-8316-4987-7

Oliver Bocksrocker

Mechanismen der Entstehung von Schnittunregelmäßigkeiten beim Laserschneiden mit 1 µm Wellenlänge
2023, 128 Seiten, ISBN 978-3-8316-4999-0

Daniel Förster

Energieeinkopplung und Energieumwandlungsprozesse bei der Bearbeitung von Metallen mit ultrakurzen Laserpulsen
2023, 150 Seiten, ISBN 978-3-8316-5009-5

Daniel Holder

Laser micromachining with target depth
2023, 194 Seiten, ISBN 978-3-8316-5010-1

Florian Bienert

Periodenchirp optischer Gitter
2024, 222 Seiten, ISBN 978-3-8316-5061-3

Jannik Lind

Einfluss von Strahlformung auf Absorption, Fugenquerschnitt und Produktivität beim Laserschneiden
2024, 146 Seiten, ISBN 978-3-8316-5062-0

Jan-Hinnerk Wolter

Scheibenlaser mit beidseitiger Kühlung des Laserkristalls
2025, 194 Seiten, ISBN 978-3-38316-5067-5

Benjamin Dannecker

Untersuchung von Scheibenlasern zur Erzeugung von Pulsen mit einer Dauer von weniger als 500 fs
2025, 146 Seiten, ISBN 978-3-8316-5080-4