

PRESSEINFORMATION

20. Februar 2025 || Seite 1 | 6

Effizientere und brillantere Diodenlaser dank Faser-Bragg-Gitter

Ob Medizintechnik, Telekommunikation oder Luft- und Raumfahrt: In vielen Industriebranchen steigt die Nachfrage nach Hochleistungslasern. Dabei kommt es den Anwendern auf die Wirtschaftlichkeit und Stabilität der Systeme an. Das Fraunhofer-Institut für Lasertechnik ILT hat nun bedeutende Fortschritte bei der Entwicklung von effizienten und stabilen Hochleistungsdiodelasern erzielt. Im Prinzip hat es das Schreiben von Faser-Bragg-Gittern aus der Welt der Faserlaser auf Diodenlaser übertragen. Dr. Sarah Klein hat das Verfahren im Rahmen ihrer Promotion entwickelt und damit jüngst den 3. Platz beim renommierten Hugo-Geiger-Preis errungen.

Mithilfe von Faser-Bragg-Gittern (FBG) lässt sich die Komplexität von Faserlasersystemen enorm reduzieren. Werden die optischen Gitter direkt in die Faser eingeschrieben, können sie externe Resonator-Spiegel ersetzen. Dadurch entfällt die aufwändige Spiegel-Justage. Während Systemkomplexität, Störanfälligkeit und Kosten durch die direkte Faserintegration sinken, steigt die Brillanz der emittierten Laserstrahlung.

Konzept zur Faserintegration

Das für Singlemode-Fasern etablierte Verfahren zum Einbringen von FBG ins Innere von optischen Fasern mit sechs Mikrometern Kerndurchmesser wurde unter maßgeblicher Mitwirkung des Fraunhofer ILT schon 2019 im BMBF-Förderprojekt EKOLAS weiterentwickelt. Koordiniert von Laserline gelang es dem Konsortium, die Faser-Bragg-Gitter mithilfe von UKP-Lasern auch in Quarzfasern mit einem Kerndurchmesser von 100 Mikrometern zu schreiben: Das Material schmilzt unter dem Einfluss der ultrakurzen Laserpulse kurz auf, erkaltet sehr schnell wieder und verändert in den so bearbeiteten Volumina seine optischen Eigenschaften. Die eingebrachte Struktur basiert auf einem hierfür ausgelegten Interferenzmuster überlagerter Lichtwellen.

Ein einziges FBG von 100 Mikrometern Durchmesser genügt, um die zuvor externen Resonator-Spiegel in die Faser zu verlegen und Multimode-Faserlaser in vielfacher Hinsicht zu optimieren. Dieses von Dr. Sarah Klein weiterentwickelte Verfahren hat die Fraunhofer-Forscherin im Rahmen ihrer Promotionsarbeit auch auf fasergekoppelte Diodenlaser übertragen und wurde für ihre Forschungsarbeit am 19. Februar 2025 mit dem 3. Platz des renommierten Hugo-Geiger-Preises ausgezeichnet, den der Freistaat Bayern und die Fraunhofer-Gesellschaft jährlich vergeben.

Pressekontakt

Petra Nolis M.A. | Gruppenleitung Kommunikation | Telefon +49 241 8906-662 | petra.nolis@ilt.fraunhofer.de
Fraunhofer-Institut für Lasertechnik ILT | Steinbachstraße 15 | 52074 Aachen | www.ilt.fraunhofer.de

Gleiches Konzept – neue Zielsetzung

20. Februar 2025 || Seite 2 | 6

In ihrer Arbeit befasste sich Klein neben Multimode-Faserlasern auch mit der Optimierung von Diodenlasern, die zum Pumpen von Festkörperlasern benötigt werden. Das verändert die Zielsetzung. Denn anders als bei Faserlasern dienen die FBG in dieser Anwendung dazu, die spektralen Eigenschaften der Diodenlaserstrahlung zu verbessern. Hintergrund: Um beim optischen Pumpen das Energieniveau des laseraktiven Mediums zu heben, wird dieses mit einer spezifischen Wellenlänge angeregt. Denn nur dann kann das Medium diese Strahlung optimal absorbieren.

Doch Diodenlaser strahlen breitbandig. Die Forscherin erarbeitete darum ein Konzept, um die Bandbreite gezielt reduzieren und die Wellenlänge der Laserstrahlung stabilisieren zu können. Zentral für diesen Ansatz ist erneut ein direkt eingeschriebenes Faser-Bragg-Gitter. Es sorgt dafür, dass die eingesetzten Hochleistungsdiodenlaser nur noch die gewünschte Wellenlänge emittieren. Diese Steigerung der Brillanz macht den Energieeintrag in den Festkörperlaser um ein Vielfaches effizienter und damit kostengünstiger. Ein enormer Vorteil für industrielle Anwendungen, in denen die Wirtschaftlichkeit und die Energieeffizienz eine immer wichtigere Rolle spielen!

Komplexe Integration

Die Entwicklung des Verfahrens hat Klein im Zuge eines Eigenprojekts der Fraunhofer-Gesellschaft vorangetrieben. Auch hier galt es, wie im Projekt EKOLAS, die optischen Gitter in Multimode-Fasern einzuschreiben, die als Wellenleiter für Diodenlaser genutzt werden. »Normalerweise geht es in der Lasertechnik um Miniaturisierung. In meiner Forschungsarbeit war es genau umgekehrt«, erklärt sie. Von sechs Mikrometern Kerndurchmesser musste sie den UKP-Prozess auf bis zu 100 Mikrometer übertragen. Die Tücke lag dabei im Detail: So war das lückenlose und passgenaue Aneinanderreihen der FBG-Segmente äußerst kompliziert umzusetzen. Auch das Energiemanagement war sehr herausfordernd. Um die vielen Gitter in die wesentlich größeren Multimode-Fasern in einem Schritt einzuschreiben, hätte sie theoretisch den Energieeintrag vervielfachen müssen. Doch diese Variante schied von vornherein aus.

Klein meisterte die Herausforderung, indem sie über ein Dutzend der nur sechs Mikrometer kleinen FBG in mehreren Belichtungsprozessen aneinanderreichte. Dabei kam es darauf an, nahtlos zu arbeiten. »Das Schreibverfahren wäre bei einer eckigen Kerngeometrie wesentlich einfacher gewesen«, berichtet sie. Das Einschreiben der FBG bis an die äußersten Ränder sei in der erforderlichen Präzision enorm kompliziert gewesen. Doch im Sinne maximaler Reflektivität des Gitters für einen effizienten Resonatoraufbau des Faserlasers war diese lückenlose Präzision alternativlos.

FRAUNHOFER-INSTITUT FÜR LASERTECHNIK ILT

Beim Übertragen dieses Konzeptes für die Frequenzstabilisierung von Diodenlasern stand im Vordergrund, die FBG-Eigenschaften so zu gestalten, dass der Diodenlaser nur noch eine gewünschte Wellenlänge emittiert. Dabei verfolgte Klein nicht mehr das Ziel, die FBG-Reflektivität zu maximieren. Vielmehr hat sie gezielt die FBG-Eigenschaften angepasst, um die spektralen Eigenschaften der Diodenlaserstrahlung beispielsweise für Pumpanwendungen zu optimieren.

20. Februar 2025 || Seite 3 | 6

Auszeichnung mit dem Hugo-Geiger-Preis

Für Multimode-Laser waren die optische Auslegung von FBG sowie deren direktes Einschreiben im UKP-Laserprozess bislang kaum erforscht. Das hat die frisch gebackene Hugo-Geiger-Preisträgerin mit ihrer Dissertation »Faser-Bragg-Gitter für die Frequenzstabilisierung multimodiger Hochleistungslaserdioden und -faserlaser« ein für alle Mal geändert. »Ich freue mich sehr über diese wichtige Auszeichnung! Sie zeigt mir, dass ich mit meiner Idee richtig lag, das für Singlemode-Faserlaser etablierte Konzept auf weitere Laserstrahlquellen zu übertragen«, erklärt Klein.

Neben dieser Bestätigung durch den renommierten Preis findet sie auch an ihrem Institut volle Anerkennung für ihre Forschungen. »Wir gratulieren Dr. Sarah Klein zu diesem Preis, der die hohe wissenschaftliche Qualität Ihrer Arbeit unterstreicht. Auf Basis der gewonnenen Erkenntnisse können künftig bei multimodigen Diodenlasern externe optische Elemente entfallen, wodurch Systemkomplexität, Montageaufwände, Störanfälligkeit und Kosten sinken. Zugleich erweitert die neue Möglichkeit zur spektralen Stabilisierung dieser Strahlquellen deren Anwendungspotenzial – ob als hocheffiziente Pumpquellen oder als Strahlquellen für die Kommunikationstechnik, Sensorik und die direkte Lasermaterialbearbeitung in der industriellen Produktion«, so Dr. Jochen Stollenwerk, kommissarischer Leiter des Fraunhofer ILT.

WORLD of PHOTONICS CONGRESS 2025 in München

Mehr über die neusten Entwicklungen von Hochleistungsdiodenlasern können Interessierte auf dem WORLD of PHOTONICS CONGRESS vom 22.-27. Juni 2025 in München erfahren. Dort moderiert Dr. Klein am 26. Juni ab 15 Uhr das Application Panel »High-Power Diode Lasers – new milestones in power, spectrum and efficiency«.

FRAUNHOFER-INSTITUT FÜR LASERTECHNIK ILT

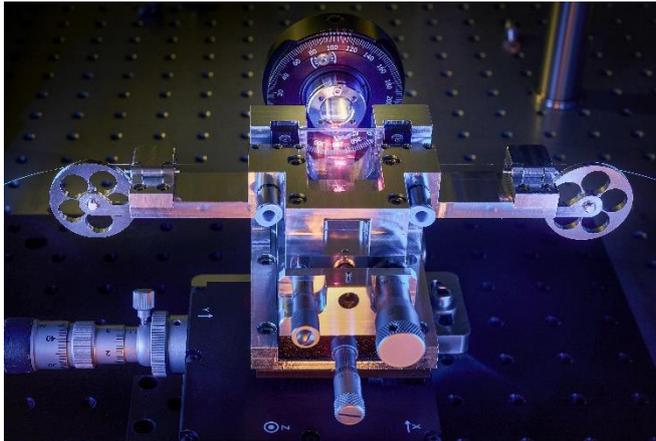


Bild 1:
Belichtungsprozess: ein UKP-
Laser schreibt ein Faser-
Bragg-Gitter in eine Faser
mit 100 Mikrometern
Kerndurchmesser.
© Fraunhofer ILT, Aachen /
Volker Lannert.

20. Februar 2025 || Seite 4 | 6

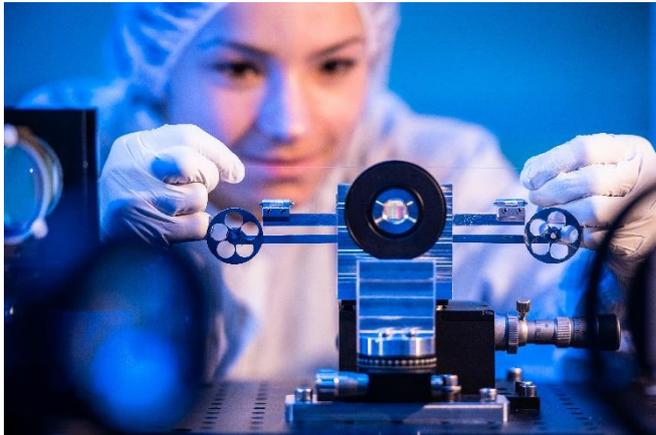


Bild 2:
Dr. Sarah Klein beim
Einspannen der Faser für den
Belichtungsprozess.
© Fraunhofer ILT, Aachen /
Volker Lannert.

FRAUNHOFER-INSTITUT FÜR LASERTECHNIK ILT



Bild 3:
Dr. Sarah Klein wurde am 19.2.2025 in München für ihre Promotionsarbeit am Fraunhofer ILT mit dem 3. Platz des Hugo-Geiger-Preises ausgezeichnet.
© Fraunhofer ILT, Aachen / Ralf Baumgarten.

20. Februar 2025 || Seite 5 | 6



Bild 4:
Verleihung des Hugo-Geiger-Preises am 19.2.2025 in München an Sarah Klein. V.l.n.r.: Hubert Aiwanger, stellv. Ministerpräsident Bayerns, Dr. Sarah Klein, Fraunhofer ILT, Prof. Dr.-Ing. Holger Hanselka, Präsident der Fraunhofer-Gesellschaft.
© Markus Jürgens / Fraunhofer.



Bild 5:
Die Gewinner des Hugo-Geiger-Preises 2025. V.l.n.r.: Hubert Aiwanger, Dr. Patricia Erhard, Dr. Sarah Klein, Dr. Kerstin Müller, Prof. Dr.-Ing. Holger Hanselka
© Markus Jürgens / Fraunhofer.

Fachlicher Kontakt

Dr. Sarah Klein

Gruppe Optikdesign und Diodenlaser
Telefon +49 241 8906-8363
sarah.klein@ilt.fraunhofer.de

Dr. Martin Traub

Leiter der Gruppe Optikdesign und Diodenlaser
Telefon +49 241 8906-342
martin.traub@ilt.fraunhofer.de

Fraunhofer-Institut für Lasertechnik ILT
Steinbachstraße 15
52074 Aachen
www.ilt.fraunhofer.de

Die **Fraunhofer-Gesellschaft** mit Sitz in Deutschland ist die weltweit führende Organisation für anwendungsorientierte Forschung. Im Innovationsprozess spielt sie eine zentrale Rolle – mit Forschungsschwerpunkten in zukunftsrelevanten Schlüsseltechnologien und dem Transfer von Forschungsergebnissen in die Industrie zur Stärkung unseres Wirtschaftsstandorts und zum Wohle unserer Gesellschaft.

Die 1949 gegründete Organisation betreibt in Deutschland derzeit 76 Institute und Forschungseinrichtungen. Die gegenwärtig knapp 32 000 Mitarbeitenden, überwiegend mit natur- oder ingenieurwissenschaftlicher Ausbildung, erarbeiten das jährliche Finanzvolumen von rund 3,4 Mrd. €. Davon fallen 3,0 Mrd. € auf den Bereich Vertragsforschung.