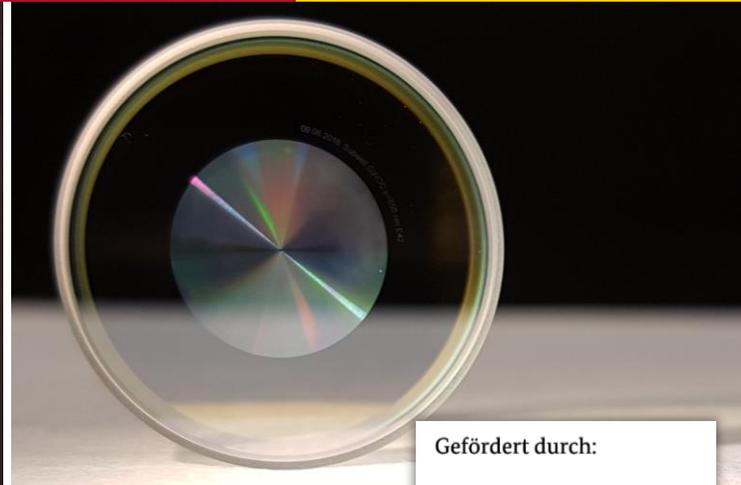
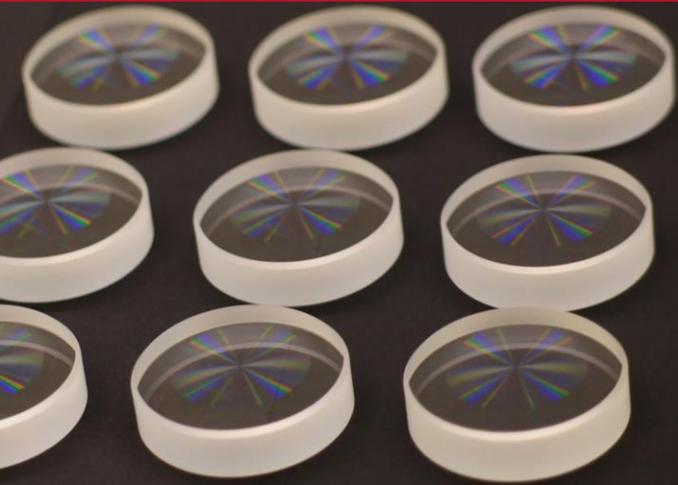


Industrielle Gemeinschaftsforschung

F.O.M.

007



Gefördert durch:



Bundesministerium
für Wirtschaft
und Energie

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Projektinformationen

IGF-Nr.:	18728 N
Laufzeit:	08/2015 – 03/2018
Fördersumme:	453.500 EUR
Industrieleistungen:	34.246 EUR

Forschungseinrichtungen

- Universität Stuttgart, Institut für Strahlwerkzeuge IFSW
Projektleiter: Dr. Marwan Abdou Ahmed, marwan.abdou-ahmed@ifsw.uni-stuttgart.de
- Universität Stuttgart, Institut für Technische Optik ITO
Projektleiter: Christof Pruß, pruss@ito.uni-stuttgart.de

Projektbegleitender Ausschuss

- AMPHOS GmbH KMU
- Amplitude Systems S.A. KMU
- Coherent Kaiserslautern GmbH KMU
- GFH GmbH KMU
- High Q Laser GmbH
- HOLOEYE AG KMU
- Ingenieurbüro Heidenreich KMU
- Institut für Mikroelektronik Stuttgart
- TOPAG Lasertechnik GmbH KMU

• **Laserbearbeitung von Materialien**

Sub-Wellenlängenstrukturen für die Generierung zylindrischer Polarisationszustände (SubWell)

Die Herausforderung

Hochleistungslaser werden als flexibles und effizientes Werkzeug für unterschiedlichste Anwendungen eingesetzt. In einer Reihe von Arbeiten konnte gezeigt werden, dass hierbei die Effizienz und Qualität der Prozesse deutlich gesteigert werden kann, wenn ein Bearbeitungslaserstrahl mit optimiertem Polarisationszustand eingesetzt wird. So konnten z. B. beim Schneiden von Metallblechen die Prozesseffizienz (bis zu 40 % mehr Schnittgeschwindigkeit) und die Qualität der Schnittkante mit radialer Polarisation deutlich verbessert werden.

Daher sind neuartige diffraktive Konzepte zur Polarisationsformung und die Implementierung der entsprechenden Prozesskette für die kostengünstige Herstellung der optischen Hochleistungslaserkomponenten für zukünftige, effiziente Materialbearbeitungs- und Schweißprozesse in der Lasertechnik von hohem Interesse.

Die effiziente Erzeugung solcher Polarisationszustände in Hochleistungsschei-

benlasern ist allerdings bisher noch nicht gelungen. Diese kann prinzipiell Resonator-intern oder -extern (durch Polarisationskonversion) erfolgen. Die derzeit kommerziell erhältlichen Polarisationskonverter sind wegen ihrer geringen Transmissionswerte (50–90 %) und Schadensschwelle nicht hochleistungstauglich. Resonator-interne Konzepte für den Hochleistungsscheibenlaser zur effizienten Generierung dieser Polarisationszustände sind aktuell nicht am Markt erhältlich.

Die Innovationsidee

Das Ziel des IGF-Projekts SubWell war die Erforschung neuartiger Designs und Konzepte zur Polarisationsformung und die Implementierung einer Prozesskette für die kostengünstige Herstellung entsprechender optischer Hochleistungslaserkomponenten. Hierbei handelt es sich um neuartige diffraktive Sub-Wellenlängenstrukturen.

Insgesamt sollten drei verschiedene Typen von Polarisationskonverter im Projekt untersucht werden. Zwei der Kom-

Projektbegleitende akademische Abschlussarbeiten

[Master] Oliver Schwanke: Realisierung eines Stepped Masked Interference Lithography Exposure (SMILE)-Aufbaus

Das Programm „Industrielle Gemeinschaftsforschung“ (IGF) ...

... fördert Studien zur industriellen Machbarkeit von Innovationsideen und beschleunigt so Technologietrends. Dazu arbeiten Wissenschaft, Industrie und Politik zusammen:

0 Das **BMW**i fördert vorwettbewerbliche, innovationsorientierte Forschung mit dem IGF-Programm.

1 **Industrie** und **Wissenschaftler** entwickeln Innovationsideen und geben Projekimpulse.

2 **AiF-Forschungsvereinigungen**, wie die F.O.M., finden Forschungspartner.

3 **Wissenschaftler** von je 1-3 Forschungseinrichtungen schreiben Förderanträge.

4 **Industrieunternehmen** beraten bei der Entwicklung der Anträge.

5 Die **Forschungsvereinigungen** optimieren die Qualität der Vorhaben und der Anträge und reichen die Anträge ein.

6 Die **Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen** (AiF) lässt die Anträge durch **Experten aus Industrie und Wissenschaft** begutachten.

7 Das **BMW**i finanziert die Forschungskosten bis max. 250/500/750 T EUR.

8 Die **Industrie** teilt sich die Administrationskosten.

9 Die **Wissenschaftler** der Forschungseinrichtungen führen die Forschung durch.

10 Die **Forschungsvereinigungen** stellen einen regen Technologietransfer zwischen den **Forschungseinrichtungen** und den 10-15 Unternehmen eines projektbegleitenden **Industrieausschusses** mit mindestens 50 % KMU sicher.

11 Die **Industrie** steuert das Projekt mit, berät während der Forschungsphase, validiert die Ergebnisse, absorbiert sie und verwertet sie.

Gemeinsam stärken wir die Innovationskraft des Mittelstands und den Fachkräftenachwuchs in Deutschland.

Für eine ausführlichere Fassung des Abschlussberichts wenden Sie sich bitte an:

Kontakt / Impressum

Forschungsvereinigung F.O.M.
Werderscher Markt 15, 10117 Berlin
030 4140 2139,
info@forschung-fom.de
www.forschung-fom.de



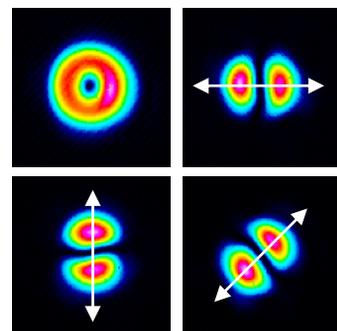
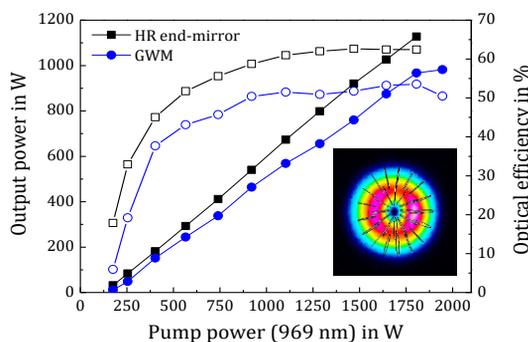
ponenten waren für den Resonator-internen Einsatz im Lasersystem ange-dacht (Gitterendspiegel, *engl.* grating waveguide mirror, *kz.* GWM, und Gitterauskoppelspiegel, *engl.* grating waveguide output coupler, *kz.* GWOC). Die dritte Komponente sollte eine Resonator-externe Polarisationsformung ermöglichen.

Die Ergebnisse

In dem IGF-Projekt SubWell wurden unterschiedliche Designs und Konzepte für die Erzeugung radialer Polarisationszustände in Hochleistungslasern sowie die Prozesskette zu deren effizienten Herstellung entwickelt. Es konnte nachgewiesen werden, dass mit dem interferenzlithographischen SBIL-Verfahren und unterschiedlichen Rezepten für das anschließende reaktive Ionenätzen in verschiedenen Materialien (SiO_2 und Ta_2O_5) Elemente zur Polarisationsformung gefertigt werden können.

Die erzeugten Demonstratorelemente (Resonator-intern einsetzbare Gitterspiegel und Gitterauskoppler) wurden in Experimenten in Hochleistungsscheibenlasersystemen erfolgreich integriert und getestet. Mit den Gitterspiegeln konnte Laserstrahlung mit max. 980 W Ausgangsleistung, einem radialen Polarisationsgrad von $> 95\%$ und einer optischen Effizienz von ca. 53 % erzeugt werden. Mit dem Gitterauskoppler konnte radiale Laserstrahlung mit einer maximalen Ausgangsleistung von 750 W erreicht werden. Dies wurde weltweit erstmalig demonstriert und beweist die Leistungsfähigkeit des gewählten Ansatzes.

Für die Herstellung Resonator-externer Polarisationskonverter wurde das SMILE-Konzept erarbeitet. In der Prozessoptimierung zur Herstellung der Elemente wurden große Fortschritte gemacht.



Links: Erzielte Ausgangsleistung und optische Effizienz des Lasers über die Pumpleistung mit HR-Endspiegel (Vergleichsaufbau) und mit GWM. Rechts: Das Intensitätsprofil des erzeugten Laserstrahls bei Einsatz des GWMs (links oben) sowie nach Transmission durch einen Polarisationsfilter (Pfeilrichtung = Durchlassorientierung).

Die Verwertung

KMU-Nutzen

Laserbearbeitungsprozesse werden in immer mehr Branchen, z. B. in der Automobilindustrie, dem Maschinenbau, der Elektronikindustrie und der Medizintechnik eingesetzt. Da die Projektergebnisse eine hohe Relevanz für die gesamte photonische Prozesskette haben, können insbesondere KMU mit den Ergebnissen marktgerecht und flexibel Systeme für applikations- und kundenspezifische Anwendungen zur Verfügung stellen.

In SubWell wurde eine neuartige Herstellungsmethode im Bereich der effizienten und damit kostengünstigen Generierung von leistungsfähigen Gitterstrukturen mit Dimensionen im Bereich weniger hundert Nanometer entwickelt. Dies kann von Komponentenherstellern, meist spezialisierte kleine und mittelständische Unternehmen, direkt für die Fertigung von neuartigen Polarisationsformern genutzt werden.

Durch den Einsatz der Laserkomponenten ist zu erwarten, dass sich Bearbeitungszeiten beim Laserbohren, -schneiden und -tiefschweißen reduzieren, sowie sich Energieeinsparungen und Qualitätsverbesserungen ergeben.

Bisherige Umsetzung

Eine Umsetzung der Ergebnisse konnte im Rahmen bilateraler Kooperationen mit Industriepartnern angestoßen werden. Hierfür wurden auf der im Projekt angepassten Laserbelichtungsanlage sowie auf den am ITO vorhandenen Prozessierungsanlagen die entwickelten Polarisationsselektoren bis zur Kleinserie gefertigt. Durch die dadurch gegebene Verfügbarkeit von Polarisationsselektoren kann die neue Strahlformungstechnologie nun zeit- und kosteneffizient in Industrieunternehmen absorbiert werden.