

Gefördert durch:



Bundesministerium
für Wirtschaft
und Energie

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Herstellen submikrometergroßer Oberflächenstrukturen mit direktem Laserinterferenzverfahren (LAMETA)

Die Herausforderung

Hochauflösender und größer: Der Trend von Displays in Flachbildschirmen und Smartphones kennt seit Jahren fast ausschließlich diese Richtung. Der Bedarf an Strukturen in einer Größenordnung von einigen Nanometern bis wenigen Mikrometern auf immer größeren Flächen wächst daher stetig.

Neben immer feiner skalierten Pixeln lassen sich mit derartig feinen Strukturen auch funktionale Oberflächen erzeugen: Sie erhöhen den Wirkungsgrad von Solarzellen, minimieren Reibung und Verschleiß in Automobilen, verleihen Oberflächen selbstreinigende Eigenschaften oder dienen der gezielten Oberflächenentspiegelung.

Die Fertigung der submikrometergroßen Strukturen mit hoher Präzision ist in vielen Bereichen noch weit entfernt von einer industriellen Umsetzung. Insbesondere in der Mikrometallbearbeitung gibt es noch wesentliche Probleme, extrem feine Mikro- und Nanostrukturen großtechnisch herzustellen. Hier spielen qua-

litative Aspekte wie Formstabilität der Strukturen und Wirtschaftlichkeit der Strukturherzeugung eine zentrale Rolle.

Die Innovationsidee

Gelingt es, mikrostrukturierte Oberflächen in einem Prozessschritt direkt auf das Werkstück einzubringen, können die Mikrostrukturen durch Replikationsprozesse massenproduktionsstauglich und kostengünstig hergestellt werden.

Im IGF-Vorhaben LAMETA sollte durch Optimierung der Eigenschaften eines weiter zu entwickelnden Festkörperlasers der Strukturierungsprozess so beeinflusst werden, dass präzise Strukturen im Größenbereich der Wellenlänge auf den Metalloberflächen erzeugt werden können. Hierbei wurde das Verfahren des direkten Laserinterferenzstrukturierens (Direct Laser Interference Patterning - DLIP) mit Hilfe einer, auf hohe Pulsenergien optimierten, Pikosekunden-Laserquelle verwendet.

Beim DLIP-Verfahren wird der Laserstrahl einer kohärenten Laserquelle in

Projektinformationen

IGF-Nr.:	18359 BR
Laufzeit:	10/2014 – 07/2017
Fördersumme:	196.350 EUR
Industrieleistungen:	44.800 EUR

Forschungseinrichtungen

- Fraunhofer-Institut für Werkstoff- und Strahltechnik IWS, Dresden
Projektleiter: Dr. Tim Kunze,
tim.kunze@iws.fraunhofer.de
- Helmholtz-Zentrum Dresden-Rossendorf HZDR
Projektleiter: Dr. Mathias Siebold,
m.siebold@hzdr.de

Projektbegleitender Ausschuss

- 4Jet Technologies GmbH ^{KMU}
- BEGO Implant Systems GmbH & Co. KG
- Fresnel Optics GmbH
- GeSiM GmbH ^{KMU}
- temicon GmbH ^{KMU}
- neoLASE GmbH ^{KMU}
- Schepers GmbH & Co. KG ^{KMU}
- ZETT OPTICS GmbH ^{KMU}

- **Laserbearbeitung von Materialien**
- **Oberflächenfunktionalisierung**

Projektbegleitende akademische Abschlussarbeiten

[Diplom] Anne Gärtner: Development of methods for the processing of three dimensional surfaces by means of Direct Laser Interference Patterning.

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 Projektimpulse.

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



zwei oder mehr Teilstrahlen aufgeteilt und kontrolliert auf der Bauteiloberfläche überlagert. Die resultierende, periodische Modulation der Laserintensität erlaubt das Herstellen von definierten Oberflächenmustern unterschiedlicher Topographie und Strukturdimension.

Die Ergebnisse

Im Rahmen von LAMETA wurden Laserquelle sowie optischer Aufbau iterativ anhand von rechnergestützten Simulationen sowie Versuchen unter produktionsnahen Bedingungen kontinuierlich angepasst. Die entwickelte Laserquelle erreicht Pulsenergien von einigen Millijoule bei Pulsdauern im 10 ps-Bereich. Die Grundwellenlänge von 1030 nm sowie die durch Frequenzverdopplung und -vervierfachung erzeugten Wellenlängen 515 und 258 nm erlauben damit ein Bearbeiten unterschiedlichster Werkstoffe.

Es konnte gezeigt werden, dass sich eine Strukturierung mit einer Zielperiode bis etwa 1 μm in der Praxis als relativ einfach gestaltet. Dies betrifft neben dem weiten Parameterfeld auch die Prozessgrenzen, welche erhöhte Toleranzen bei der Anlagentechnik zulassen.

Als finaler Demonstrator konnte ein Stahlflachstempel auf einer Fläche von 50 x 50 mm² mit einer Strukturperiode von 430 nm strukturiert werden. Das Abformen der Oberflächenstrukturen in Polycarbonat (PC) sowie Polydimethylsiloxan (PDMS) verdeutlicht den Nutzen des Werkzeugs zum Herstellen großflächiger Submikrometerstrukturen in kurzer Zeit. Ein industrienahes Umsetzen der funktionalen Strukturen kann in Form kompakter und robuster Gehäuse (sogenannte DLIP-Module) erfolgen. Diese DLIP-Module ermöglichen aufgrund ihrer einfachen Integrierbarkeit in bestehende Industrieanlagen eine effektive Absorption der Technologie durch Industrieunternehmen.

Die Verwertung

KMU-Nutzen

Die in LAMETA entwickelte Laserquelle sowie der angepasste optische Aufbau haben ihr großes Einsatzpotential bei der Werkzeugherstellung für Replikationsprozesse für verschiedenste Anwendungsbereiche. Die DLIP-Technologie wurde erfolgreich weiterentwickelt und ermöglicht nun auch KMU, Werkzeuge kosteneffizient zu bearbeiten.

Direkte Strukturierung von Werkstücken erfordert hohe Pulsfolgefrequenzen und hohe Pulsenergien. Das entwickelte Lasersystem ermöglicht diese.

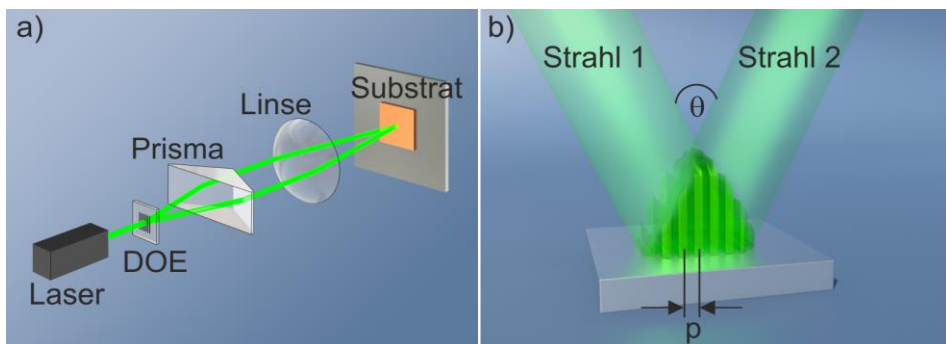
Bisherige Umsetzung

Bereits während der Projektlaufzeit wurden die erzielten Forschungsergebnisse direkt in eine industrielle Applikation überführt und mittels DLIP hergestellte Stempel erfolgreich in der Verkehrs- und Identifikationstechnik eingesetzt.

Im Rahmen des Projekts wurde die Kompatibilität der DLIP-Technologie mit einer Ultrakurzpuls-Laserquelle eines Projektpartners nachgewiesen. In Folge dessen konnte das KMU bereits ein erstes Lasersystem an einen Anwender verkaufen.

Ein weiteres mögliches Anwendungsfeld ist die Strukturierung von Steckverbindungen in der Automotive-Branche. Dies zeigt, dass die Anwendungsmöglichkeiten der Technologie über die in dem Projekt behandelten Themen hinausgehen.

Nach Abschluss des Projekts stehen dem Fraunhofer IWS Dresden Optiken für die Standard-Laserwellenlängen ab 257 nm zur Verfügung. In Zusammenarbeit mit den Unternehmen des projektbegleitenden Ausschusses werden diese Optiken für eine Strukturperiode von 300 nm in Verbindung mit dem im Projekt entwickelten Laser weiterführend getestet und die Ergebnisse umfangreich validiert.



a) Experimenteller Aufbau für das direkte Laserinterferenzstrukturieren; b) Schematische Darstellung des Interferenzvolumens.