

## Projektplan

### **LAMETA: Weiterentwicklung einer laserbasierten Technologie zur Herstellung von Sub-Mikrostrukturen auf Metallwerkzeugen (18359 BR)**

Im Zuge der immer weiter fortschreitenden Entwicklung in der Mikrotechnik (z.B. Photovoltaik, Medizintechnik, Display- und Beleuchtungstechnik) entsteht ein zunehmender Bedarf, Strukturen in einer Größenordnung von einigen Nanometern bis wenigen Mikrometern auf immer größeren Flächen zu generieren. Die Fertigung solcher submikrometergroßen Strukturen (Größenbereich: 300 nm bis 1  $\mu\text{m}$ ) 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. Neben qualitativen Aspekten, wie die Herstellung von formstabilen Strukturen, spielt die Wirtschaftlichkeit hierbei eine zentrale Rolle. Gelingt es, mikrostrukturierte Oberflächen in einem Prozessschritt direkt auf das Werkstück (z.B. Prägewalzen) einzubringen, können solche Mikrostrukturen durch Replikationsprozesse, z.B. auf flexiblen Folien mittels Rolle-zu-Rolle-Verfahren, massenproduktionstauglich und kostengünstig hergestellt werden. Neben der eigentlichen Formübertragung können solche Sub- $\mu\text{m}$ -Strukturen dann gezielt auch Oberflächenfunktionalitäten (z.B. schmutzabweisende Effekte, Entspiegelungs-Strukturen) erzeugen. Im konventionellen Druckverfahren (indirekter Tiefdruck) können Submikrometer-Strukturen auf Werkzeugen wie Prägewalzen oder Pressbändern und -blechen nicht produziert werden, denn die Feinheit einer solchen Struktur lässt sich nicht mit der erforderlichen Präzision drucken. Das Kernproblem des Vorhabens betrifft deshalb die Generierung periodischer Oberflächenstrukturen im Submikrometer-Bereich direkt auf Metalloberflächen, um feinste Masterstrukturen für Stempel- und Abformwerkzeuge herzustellen.

### **Forschungsziel**

Ziel des Projekts ist die Weiterentwicklung der direkten Laserinterferenzstrukturierung (DLIP: Direct Laser Interference Patterning) auf der Basis eines Pikosekundenpuls lasers zu einer Fertigungstechnologie für die wirtschaftliche Herstellung von Strukturen im Submikrometerbereich auf ebenen und zylinderförmigen metallischen Werkzeugen. Dabei kommt es darauf an, dass die Strukturen nicht nur von hoher Qualität, sondern auch formstabil sind. Es soll versucht werden, durch Optimierung der Eigenschaften eines entwickelten Festkörperlasers den Strukturierungsprozess so zu beeinflussen, dass es möglich ist, präzise Strukturen im Größenbereich der Wellenlänge auf Metalloberflächen zu erzeugen. Demonstriert wird die Leistungsfähigkeit des Verfahrens modellhaft an periodischen Linien- und Kreuzstrukturen mit Periodizitäten im Bereich von 300 nm bis 1  $\mu\text{m}$ . Am Ende der Projektbearbeitung soll die direkte Laserinterferenzstrukturierung mit einem Pikosekunden-Lasersystem zur Strukturierung von Oberflächen zur Verfügung stehen, die dort eingesetzt wird, wo großflächig und schnell Mikrostrukturen generiert werden müssen,

z.B. auf Prägewalzen die als Master zur Endlosfertigung genutzt werden, um feinste Strukturen  $\leq 1 \mu\text{m}$  in großflächige, flexible Folien einzuprägen.

### **Lösungsweg zur Erreichung des Forschungsziels**

Die Verfahrensentwicklung konzentriert sich innerhalb des geplanten Vorhabens auf die Weiterentwicklung eines Pikosekundenlasers mit hoher Pulsenergie und Pulswiederholrate bei gleichsam hoher Kohärenz. Weiterhin beinhaltet das geplante Forschungsprojekt die Laserinterferenzstrukturierung, mit der insbesondere Strukturen im Submikrometerbereich entwickelt werden. Die Anwendung der Technologien soll modellhaft an Edelstahl (Werkstoffnr. 1.4301), Titan (TiAl6V4) und Kupfer (Reinheit:  $> 99,95\%$ ) als industrierelevante Werkzeugwerkstoffe gezeigt werden.

Eine Evaluierung von Strukturen erfolgt anhand von bildgebenden Verfahren sowie mit Hilfe von Analysen der Werkstoffeigenschaften, die in eine rechnergestützte Simulation des Strukturierungsprozesses einfließen. Mit den Erkenntnissen aus der Evaluierungsphase erfolgt eine Rückkopplung in die Verfahrensentwicklung, so dass ein iterativer Zyklus aus Herstellung und Test von Strukturen initiiert wird. Am Ende der Grundlagenuntersuchungen erfolgt ein Auswahlprozess für Strukturen basierend auf Qualität und Stabilität sowie den konkreten Anforderungen und Aufgabenstellungen ausgewählter Abformprozesse zur Übertragung auf flexible Folien.

Der Abschluss des Auswahlprozesses leitet die zweite, anwendungsorientierte Projektphase ein. Zentrale Herausforderung ist hierbei die Entwicklung der Laserinterferenzstrukturierung für eine 3D-Werkzeugbearbeitung. An Hand ausgewählter Werkzeuge erfolgen Funktionstests zum Abformen und die Gesamtevaluierung des strukturierten Werkzeugs, insbesondere im Hinblick auf die weiter oben definierten Ziele.

### **Nutzen und wirtschaftliche Bedeutung des Forschungsthemas**

Der Laser ist eine Basiskomponente für eine große Zahl moderner optischer Systeme mit wichtigen Einsatzfeldern in der verarbeitenden Industrie, der Medizin und der Informationstechnik. Aufgrund der wirtschaftlichen Bedeutung dieser Anwendungsgebiete gehört die Lasertechnik zu den zukunftsorientierten Schlüsseltechnologien. Die Beherrschung dieser Technik wird die Wettbewerbsfähigkeit von KMU wichtiger Branchen wie Maschinenbau, Optik und Elektronik, sowie Kommunikations- und Medizintechnik im globalen Markt entscheidend beeinflussen. Die direkte Erzeugung von Sub- $\mu\text{m}$ -Strukturen auf Pressbändern und -blechen bietet dem Unternehmen die Möglichkeit, die eigene Produkttiefe zu erweitern, um sowohl den Marktanforderungen (z.B. Herstellung antibakterielle Oberflächen und/oder funktionalisierte Implantate) als auch den Anforderungen an den Herstellungsprozess gerecht zu werden.

### **Voraussichtlicher Beitrag zur Steigerung der Wettbewerbsfähigkeit der KMU**

Mit dem geplanten Vorhaben wird das Geschäftsfeld Lasermaterialbearbeitung, das bereits heute auf den Gebieten Prozess- und Systementwicklung einen weltweit anerkannten Stand aufweist, nachhaltig gestärkt. Insbesondere die schnelle Herstellung von Sub-

Mikrometerstrukturen auf großen Flächen, die durch die Verfügbarkeit von Kurzpulslasern mit hohen Impuls- und Spitzenleistungen sowie hoher Effizienz vor großen Herausforderungen stehen, kann mit dem geplanten Projekt ein signifikanter industriebezogener Wissens- und Technologievorsprung erarbeitet werden, der künftig ein großes wirtschaftliches Potenzial in unterschiedlichen Bereichen der Klein- und Mittelstandsindustrie verspricht. Die einzigartige Möglichkeit der direkten Fertigung feinsten Oberflächenstrukturen wird aller Voraussicht nach dazu beitragen, den (Ultra)-Kurzpulslasern zu ihrem endgültigen Marktdurchbruch zu verhelfen.

Das Potenzial zur Anwendung der neuartigen DLIP betrifft einen weiten Bereich der industriellen Fertigungstechnik. In besonderer Weise vom erwarteten Verwertungspotenzial profitieren würden kleine und mittelständische Unternehmen der Druck- und Prägeindustrie sowie kmU, die maßgeblich den Bereich „Biotechnologie“ der Medizintechnik-Branche prägen. Aber auch für Unternehmen aus anderen Branchen wie der Laser- und Systemtechnik, der Photovoltaik sowie dem Sondermaschinenbau ergeben sich durch die Weiterentwicklung des innovativen DLIP-Verfahrens neue Nutzungsmöglichkeiten.

#### **Projektbegleitender Ausschuss**

<b>Unternehmen</b>
BEGO Bremer Goldschlägerei Wilh. Herbst GmbH & Co. KG
Schepers GmbH
neoLASE GmbH
GeSiM GmbH
ZETT OPTICS GmbH
ORAFOL Fresnel Optics GmbH
Nanotexx GmbH
4JET Technologies GmbH