



MIKRO- UND NANOSTRUKTURIERUNG MIT LASERSTRAHLUNG



DQS zertifiziert nach
DIN EN ISO 9001:2015
Reg.-Nr. 069572 QM15

Fraunhofer-Institut für Lasertechnik ILT

Institutsleitung
Prof. Constantin Häfner

Steinbachstraße 15
52074 Aachen
Telefon +49 241 8906-0
Fax +49 241 8906-121

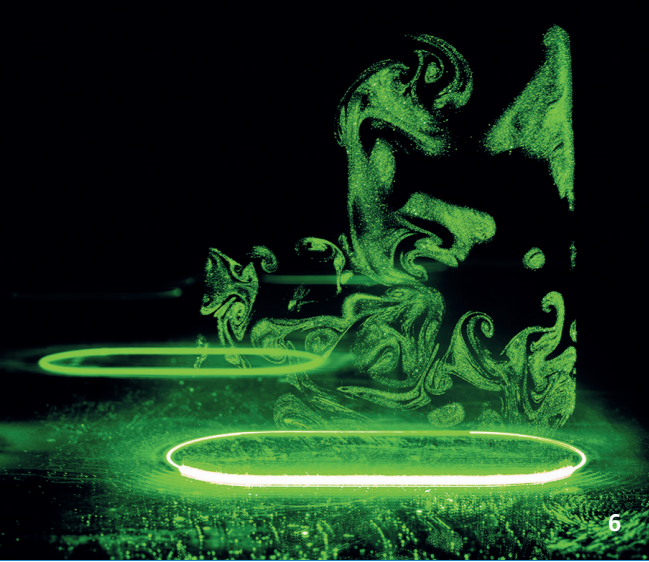
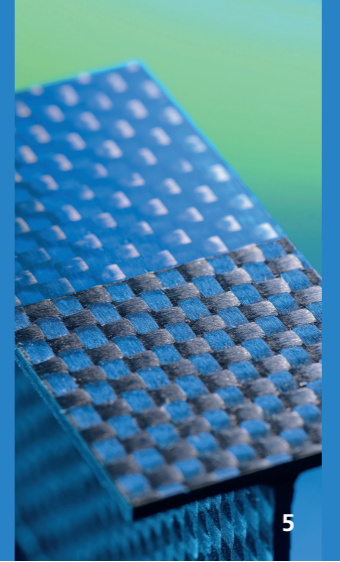
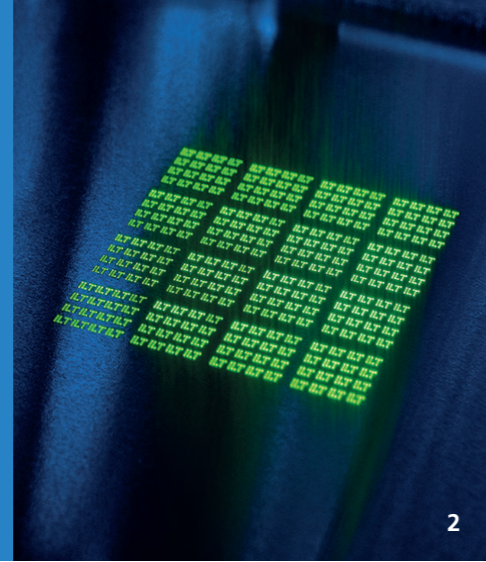
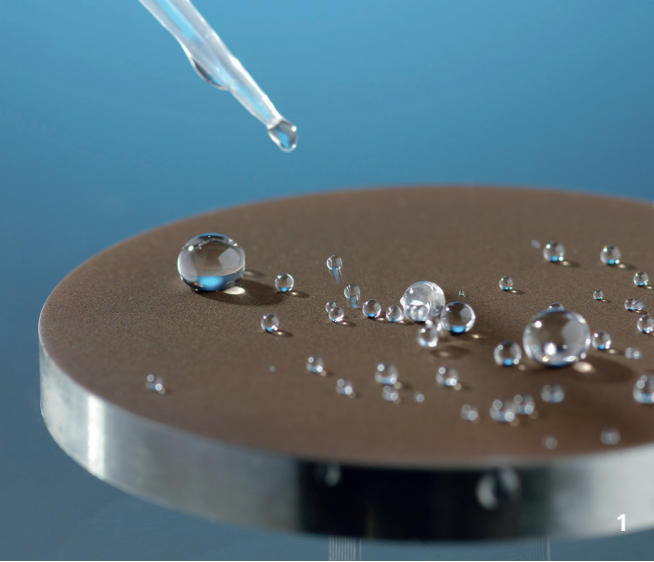
info@ilt.fraunhofer.de
www.ilt.fraunhofer.de

Fraunhofer-Institut für Lasertechnik ILT

Das Fraunhofer-Institut für Lasertechnik ILT zählt weltweit zu den bedeutendsten Auftragsforschungs- und Entwicklungsinstituten im Bereich Laserentwicklung und Laseranwendung. Unsere Kernkompetenzen umfassen die Entwicklung neuer Laserstrahlquellen und -komponenten, Lasermess- und Prüftechnik, sowie Laserfertigungstechnik. Hierzu zählen beispielsweise das Schneiden, Abtragen, Bohren, Schweißen und Löten sowie das Oberflächenvergüten, die Mikrofertigung und das Additive Manufacturing. Weiterhin entwickelt das Fraunhofer ILT photonische Komponenten und Strahlquellen für die Quantentechnologie.

Übergreifend befasst sich das Fraunhofer ILT mit Laseranlagentechnik, Digitalisierung, Prozessüberwachung und -regelung, Simulation und Modellierung, KI in der Lasertechnik sowie der gesamten Systemtechnik. Unser Leistungsspektrum reicht von Machbarkeitsstudien über Verfahrensqualifizierungen bis hin zur kundenspezifischen Integration von Laserprozessen in die jeweilige Fertigungslinie. Im Vordergrund stehen Forschung und Entwicklung für industrielle und gesellschaftliche Herausforderungen in den Bereichen Gesundheit, Sicherheit, Kommunikation, Produktion, Mobilität, Energie und Umwelt. Das Fraunhofer ILT ist eingebunden in die Fraunhofer-Gesellschaft.





MIKRO- UND NANOSTRUKTURIERUNG MIT LASERSTRAHLUNG

Hohe Ortsauflösung durch Fokussierbarkeit auf wenige Mikrometer, geringer Wärmeeintrag und hohe Flexibilität zeichnen den Laserstrahl als Werkzeug zur Präzisionsstrukturierung und Oberflächenfunktionalisierung aus. Die Einsatzbereiche sind vielfältig und liegen in der Elektronik und Displaytechnik, dem Automobilbau sowie der Medizin- und Energietechnik. Das Fraunhofer-Institut für Lasertechnik ILT entwickelt hierfür mikrotechnische Fertigungsverfahren und Produktionssysteme, die spezifisch an die jeweiligen Applikationen angepasst sind.

Laserstrahlabtragen

Die Miniaturisierung von Produkten im Bereich Elektronik und Sensorik erfordert Sub-Millimeter-Bauteilkomponenten mit Genauigkeiten im Mikrometer-Bereich. Für Keramiken, Metalle und Polymere stellen hochgenaue Laserabtragverfahren eine fertigungsgaugliche Lösung dar. Hier ermöglicht insbesondere der Abtrag mittels ultrakurz gepulster Laserstrahlung eine Präzisionsbearbeitung mit Sub-Mikrometer-Genauigkeit. Für die Massenerstellung von Mikroteilen durch Spritzgießen, Prägen oder Stanzen lassen sich mit dieser Technik Werkzeuge mit Strukturgrößen im Bereich 5 - 10 µm bei Oberflächengenauigkeiten < 200 nm herstellen. Hier bietet die Laserabtragtechnik mit Ultrakurzpulslasern eine flexible Ergänzung zu konventionellen EDM- und HSC-Fräsverfahren bei der Herstellung von Werkzeugen und Bauteilen. Darüber hinaus bietet sich bei kleinen bis mittleren Stückzahlen auch die direkte Bearbeitung von Bauteilen an. Hier punktet die direkte Materialverdampfung mittels Ultrakurzpulslaser durch einfache Integrierbarkeit in bestehende Prozessketten und große Flexibilität aufgrund der Parametervielfalt. Funktionale

Oberflächen erfordern häufig Strukturen, welche die intrinsischen Eigenschaften der Werkstoffe verstärken. Bei optischen, biologischen und analytischen Funktionen sind Mikro- und Nanostrukturen erforderlich, die sich reproduzierbar mit hoher Geschwindigkeit erzeugen lassen. Hierfür steht am Fraunhofer ILT eine neue Mehrstrahl-Interferenztechnik zur Verfügung, mit der periodische Oberflächenstrukturen im Bereich 100 nm - 1000 nm prozesssicher und mit hohem Durchsatz erzeugt werden können.

Laserstrahlbohren und -schneiden

Das Bohren mit Laserstrahlung kommt als Fertigungstechnik für Geometrien und Werkstoffe zum Einsatz, die sich konventionellen Verfahren entziehen. Mit speziellen Bohrstrategien wie Wendelbohren können mit Ultrakurzpulslasern Bohrungsdurchmesser im Bereich 10 µm bei Bohrtiefen von bis zu 2 mm mit minimaler thermischer Beeinflussung des Grundmaterials erzeugt werden. Für Anwendungen in der Filter- und Siebtechnik oder auch Beschichtungsmasken stehen neuartige Laserbohrverfahren mit Bohrraten bis 10.000 Bohrungen/s zur Verfügung. Mit neuartigen Ultrakurzpulslasern und innovativen Verfahrensansätzen lassen sich über Multi-Photonen-Wechselwirkungsprozesse selbst Bohrungsdurchmesser < 1 µm erzeugen. Für die Strukturierung dielektrischer Materialien wie Glas, Saphir und anderer schwer bearbeitbarer Werkstoffe wie Halbleiter sind darüber hinaus Kombinationsverfahren

Titel: Schachbrett mit Nanostrukturen

und Schachfiguren aus Quarzglas.

1 Superhydrophobe Oberfläche.

2 Multistrahlabtrag.

3 Mikrozahnräder aus Saphir.

verfügbar, bei denen über eine Materialmodifikation und nachfolgende Ätzschritte Strukturen mit Nanometergenauigkeit, auch im Volumen, herstellbar sind. Das Laserstrahlschneiden zur Herstellung von Mikroteilen ist ein eingeführtes Fertigungsverfahren. Die berührungslose Bearbeitung mit Schnittbreiten im Bereich < 20 µm ermöglicht die Herstellung auch sehr filigraner Bauteile, wie sie mit konventionellen Verfahren praktisch nicht mehr zu fertigen sind. Mit präzisen Ultrakurzpulslasern und neuen Verfahrensansätzen, wie z. B. dem Wendelschneiden sind hohe Schnittqualitäten auch in sprödharten Materialien möglich. Konventionelle Stanz- oder EDM-Prozesse können bei kleinen und mittleren Stückzahlen abgelöst und eine deutliche Erhöhung der Fertigungsflexibilität erzielt werden.

Prozesse mit Hochleistungs-Ultrakurzpulslaserstrahlung

Mittlerweile sind auch im Ultrakurzpuls-Bereich Strahlquellen mit Leistungen von 100 bis 1000 W verfügbar. Um die hohen Anforderungen an Qualität und Genauigkeit auch bei kleinsten Strahldurchmessern erfüllen zu können, sind Intensitäten nahe der Abtragschwelle zur Vermeidung unerwünschter, thermisch bedingter Qualitätsverluste nötig. Um trotzdem die hohen verfügbaren Leistungen umsetzen zu können, werden neue Ansätze entwickelt, bei denen der Laserstrahl entweder auf mehrere Teilstrahlen aufgeteilt oder mit höchster Geschwindigkeit abgelenkt wird. Die Aufteilung eines hochenergetischen Laserstrahls kann mittels diffraktiver optischer Elemente mit höchster Präzision und Stabilität erreicht werden. Das Fraunhofer ILT hat bereits mehrere Prozesse und die dafür notwendige Systemtechnik auf industriellem Niveau entwickelt, wobei bis zu 200 Teilstrahlen im Einsatz sind. Die hochdynamische Ablenkung von schnell repetierenden Strahlquellen kann durch schnelle optische Deflektoren oder durch Polygonsysteme realisiert werden. Demonstratoren zeigen, dass selbst Scangeschwindigkeiten von über 1000 m/s möglich sind und damit Strahlquellen mit Repetitionsraten im Bereich mehrere MHz ohne thermische Schädigung des Werkstücks eingesetzt werden können.

Ausstattung (Auszug)

Laserstrahlquellen:

- 100 fs-Laser (P = 1,5 W, λ = 800 nm)
- 200 fs -20 ps-Laser (P = 10 W, λ = 1030/515/343 nm)
- 1 ps-Laser (P = 400 W, λ = 1030 nm)
- 7 ps-Laser (P = 50 W, λ = 1030 nm)
- 10 ps-Laser (P = 100 W, λ = 1064/532/355 nm)
- 10 ns-Laser (P = 36 W, λ = 532 nm)
- 10 ns-Excimer Laser (λ = 193 nm)
- 40 ns-Laser (P = 10 W, λ = 355 nm)
- 100 ns-Laser (P = 100 W, λ = 1064 nm)

Maschinen und Anlagen:

- DMG LT50 5-Achs-Werkzeugmaschine
- DMG DML40 3-Achs-Werkzeugmaschine
- GF L1000 5-Achs-Werkzeugmaschine
- Kugler MICROGANTRY NANO 3X, 3-Achs-Werkzeugmaschine
- Wendelbohroptik v 6s
- Polygonscanner
- Multistrahloptiken
- Synova Laser MicroJet

Ansprechpartner

Dipl.-Phys. Martin Reininghaus
Telefon +49 241 8906-627
martin.reininghaus@ilt.fraunhofer.de

Prof. Arnold Gillner
Telefon +49 241 8906-148
arnold.gillner@ilt.fraunhofer.de

4 Prägestempel.

5 Entschichtetes CFK-Bauteil.

6 Abtragprozess von Dünnglas.