

## LASERABTRAG FÜR DIE DÜNNSCHICHT-STRUKTURIERUNG



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

### Fraunhofer-Institut für Lasertechnik ILT

Institutsleitung  
Prof. Constantin Häfner

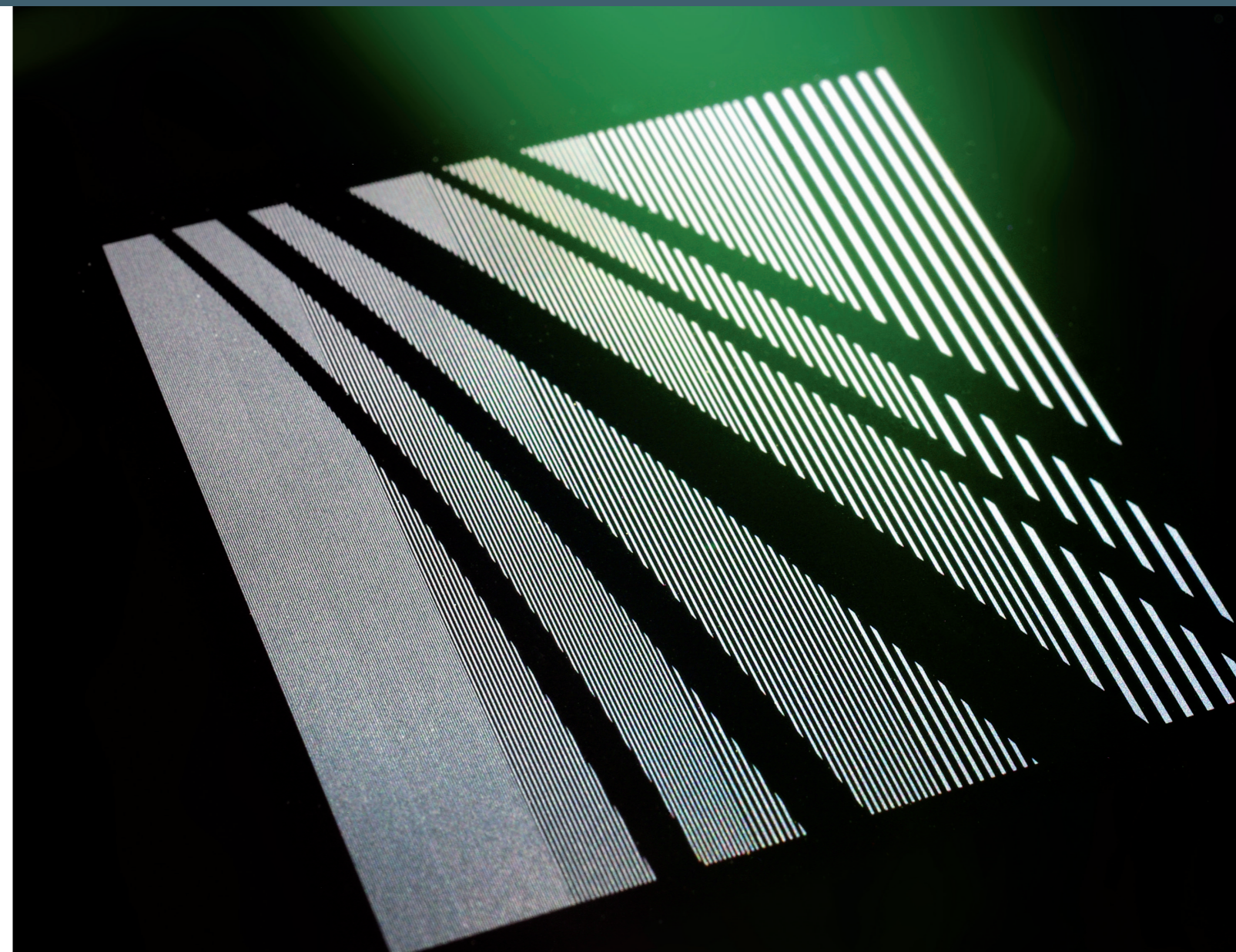
Steinbachstraße 15  
52074 Aachen  
Telefon +49 241 8906-0  
Fax +49 241 8906-121

[info@ilt.fraunhofer.de](mailto:info@ilt.fraunhofer.de)  
[www.ilt.fraunhofer.de](http://www.ilt.fraunhofer.de)

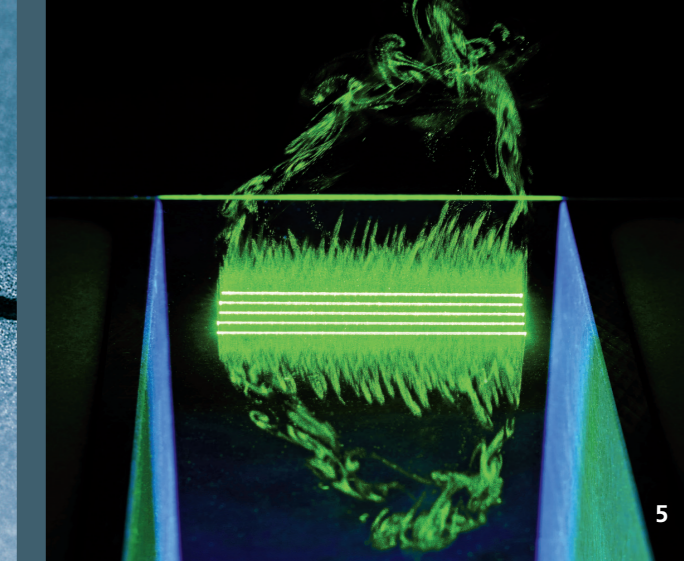
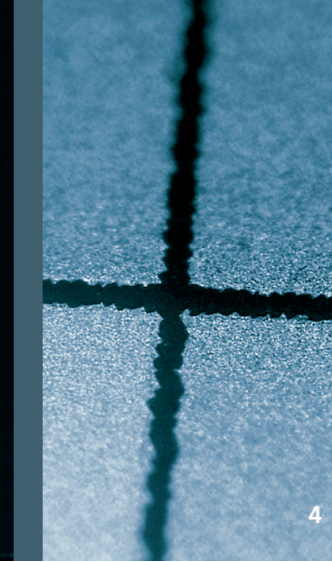
### Fraunhofer-Institut für Lasertechnik ILT

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.







## LASERABTRAG FÜR DIE DÜNNSCHICHT-STRUKTURIERUNG

Viele neuartige Produkte basieren auf dünnen Schichten aus leitenden, halbleitenden oder isolierenden Materialien. Sie werden auf Glas oder Folie abgeschieden und weisen Dicken im Nano- und Mikrometerbereich auf. Aus Mehrschichtsystemen werden Bildschirme für Smartphones, flache Beleuchtungselemente oder biegsame Solarmodule hergestellt. Die Funktionalität solcher Bauteile wird durch zweidimensionale Strukturen bestimmt, die flexibel und günstig mittels Laserstrahlung erzeugt werden können. Das Fraunhofer ILT entwickelt industrietaugliche Verfahren zur hochauflösenden Strukturierung dünner Schichten sowie die erforderliche Prozesstechnik für hohen Durchsatz.

### Monolithische Serienschaltung für starre und flexible Solarmodule

Dünne Schichten in der Halbleiterelektronik müssen im Wesentlichen elektrische und optische Funktionen erfüllen. Viele Bauteile, die unter Verwendung dünner Schichten hergestellt werden, bestehen aus zwei elektrisch leitenden Schichten mit einer dazwischen liegenden halbleitenden Schicht. Bei Solarzellen ermöglicht der Halbleiter die Umwandlung von Sonnenlicht in elektrischen Strom, während die elektrischen Leiter den Strom abführen. Eine der Elektroden muss dabei transparent sein. Die hierfür verwendeten transparent-leitfähigen Oxide weisen im Vergleich zu Metallen eine geringere Leitfähigkeit auf. Um den Stromfluss und damit die entstehenden ohmschen Verluste zu reduzieren, werden die Schichten am Fraunhofer-Institut für Lasertechnik ILT strukturiert und so eine Serienschaltung aus schmalen Zellstreifen erzeugt. Dies erfordert Laserstrukturierungsprozesse, die an jede Schicht und jedes Material individuell angepasst sind. Die Verwendung von Ultrakurzpulslasern erlaubt physikalische Prozesse, welche mit größeren Pulsdauern nicht möglich sind. Dadurch eröffnen sich neue Prozessfenster und neue industrietaugliche Prozesse werden realisierbar.

### Strukturierung von transparent-leitfähigen Schichten für die organische Elektronik

Schichten mit Dicken unter hundert Nanometern sind äußerst empfindlich und können leicht degradieren oder ihre Funktion einbüßen. Gründe hierfür können Partikel und Rückstände aus Ablösungen bestrahlter Schichten, thermische Schädigung benachbarter Bereiche und anderer Schichten sowie die Erzeugung von Aufwürfen im Randbereich des Abtrags sein. Um eine ausreichend hohe Qualität zu erzielen, müssen daher bei der Prozessentwicklung Parameter wie Gasatmosphäre, räumliche und zeitliche Pulsform und nachträgliche Reinigung berücksichtigt oder Hybridprozesse wie thermochemische Ablation eingesetzt werden. Vor allem bei der Strukturierung des in vielen Bereichen eingesetzten transparenten, leitfähigen Indium-Zinn-Oxids (ITO) entstehen Randaufwürfe, die für nachfolgende Beschichtungen kritisch sind.

Das Fraunhofer ILT entwickelt Verfahren, die je nach Anforderungen der Anwendung die genannten Fehlerquellen signifikant reduzieren, beispielsweise durch Verwendung angepasster Wellenlängen, Pulsdauern und Abtragsstrategien.

### OLEDs für die Beleuchtung der nächsten Generation

Organische Leuchtdioden (OLEDs) haben das Potenzial einer zukunftsweisenden Beleuchtungstechnologie durch herausragende Eigenschaften wie geringen Energieverbrauch, exzellente Farbbrillanz, geringes Gewicht und geringe Dicke. Ein wichtiger Schritt auf dem Weg zum Massenprodukt ist die Verbesserung der aktuell kurzen Lebensdauer der Bauelemente. Durch Kontakt mit der Luft degradieren die organischen Materialien. Daher ist eine technisch ausgereifte Einkapselung unter Verwendung von Barrierschichten nötig. Zur elektrischen Kontaktierung müssen diese Barrierschichten mittels Laserstrahlung lokal und selektiv entfernt werden. Dabei dürfen die Eigenschaften der transparenten Elektrode, die ähnliche optische Eigenschaften aufweist wie die Barrierschicht, durch den Abtrag nicht verändert werden.

Eine weitere Schwierigkeit bei der Realisierung großflächiger OLEDs ist die homogen verteilte Leuchtdichte. Da die verwendeten dünnen transparenten Schichten vergleichsweise geringe Leitfähigkeiten aufweisen, verringert sich die Leuchtkraft mit Entfernung zum Kontakt. Deshalb wird auf der leitfähigen, transparenten Schicht ein feines Netz aus Metallleiterbahnen aufgebracht, um die Leitfähigkeit zu erhöhen. Eine weitere Möglichkeit, eine homogene Leuchtdichte zu erreichen, ist die monolithische Serienschaltung der OLEDs.

### Produktionstechnik für große Formate und hohe Auflösungen

Eine konkurrenzfähige Prozesstechnik für die Produktion organischer Elektronik erfordert hohe Geschwindigkeiten mit Flächenraten von einigen  $\text{mm}^2/\text{min}$ , Strukturgrößen kleiner als  $10 \mu\text{m}$  und die Anwendbarkeit auf Formate bis in den  $\text{m}^2$ -Bereich. Strukturiertes Drucken bei hohen Geschwindigkeiten erlaubt Strukturgrößen bis ca.  $10 \mu\text{m}$ . In Kombination mit der Laserstrukturierung lässt sich die Auflösung und die Produktivität deutlich verbessern. Die Erzeugung komplexer

Strukturen bei hohen Flächenraten, z. B. für die Realisierung von elektronischen Schaltungen, erfordert innovative Ansätze zur Strahlführung und -formung. Am Fraunhofer ILT werden unterschiedliche Ansätze zur Verbesserung der Prozesseffizienz verfolgt: Die Entwicklung eines Polygonscanners, der die zweidimensionale Strukturierung dünner Schichten mit extrem hohen Geschwindigkeiten von einigen Hundert Metern pro Sekunde zulässt, als auch die Möglichkeit der Mehrfachstrahlteilung durch Verwendung von diffraktiv optischen Elementen.

### Relevante Strahlquellen

- 10 ps bis 100 W, Wellenlängen 1064/532/355 nm
- 200 fs, bis 10 W, Wellenlängen 1028/514/343 nm
- 100 ns, bis 1,5 kW, Wellenlänge 1064 nm, 600  $\mu\text{m}$  Faser
- 10 - 500 ns, bis 70 W, Wellenlänge 1064 nm
- Excimer Laser, Wellenlängen 193/248 nm

### 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

- 1 *Laboraufbau zur Entwicklung von Strukturierungsprozessen.*
- 2 *Freiformablation dünner Schichten.*
- 3 *Ultrakurzpuls-Strukturierung von siliziumbasierten Halbleiterschichten.*
- 4 *Mikroskopaufnahme von Isolationsgräben in Molybdän.*
- 5 *Ablation von ITO auf PET.*