



1 Simulierte Temperaturverteilung in einer transparenten Dünnschicht.
2 Simulierte Dehnungsverteilung in einer transparenten Dünnschicht.

Simulationsgestützte Analyse der Ablation dünner transparenter Schichten

Präzise Lasermaterialbearbeitung von dünnen, transparenten und halbleitenden Schichten ist für die Display- und Halbleiterindustrie essenziell, um die stetig wachsende Auflösung von Displays und die sinkende Größe von integrierten Schaltkreisen realisieren zu können. Abhängig von der Anwendung bestehen die Schichten beispielsweise aus Low- κ -Materialien, Indium Zinn Oxid (ITO), Siliziumdioxid (SiO_2) oder Siliziumnitrid (Si_3N_4) mit Schichtdicken im Bereich einiger 10 Nanometer bis weniger Mikrometer. Die Modellierung des Ablationsprozesses ermöglicht eine schnellere Prozessauslegung für die schädigungsarme Laserbearbeitung der Schichtsysteme (z. B. für Wafer-Vereinzelung oder OLED-Displays) und die Identifikation der grundlegenden physikalischen Prozesse.

Modell zur Simulation der Ablationsdynamik

Um die zugrundeliegenden physikalischen Prozesse zu identifizieren, wurde ein Modell entwickelt, welches die optischen, thermischen und mechanischen Eigenschaften der Dünnschichten während und nach der Bestrahlung durch ultrakurze Laserpulse abbildet. Die optischen Eigenschaften von transparenten Halbleitern und Dielektrika hängen stark von der freien Elektronendichte im Material ab. Die freie Elektronendichte wird während der Bestrahlung mittels intensiver ultrakurz gepulster Laserstrahlung durch die Ionisation des bestrahlten Materials maßgeblich geändert. Mithilfe der sich während des Laserpulses ändernden optischen Eigenschaften wurde der in das Material eingebrachte Energiebeitrag bestimmt und die daraus resultierende Erwärmung und thermische Dehnungen im Material modelliert.

Identifikation der Ablationsmechanismen

Mithilfe des entwickelten Modells lassen sich die Temperatur- und die mechanischen Spannungsverteilungen im Material vorhersagen. Überschreiten die mechanischen Spannungen einen materialspezifischen Schwellwert, ist der Abtrag mechanisch dominiert. Analog dazu lässt sich für einen thermisch dominierten Abtrag ein Ablationskriterium durch das Erreichen der Schmelz- oder Verdampfungstemperatur definieren. Die Ablationskriterien sind in den Abbildungen bei den rot eingezeichneten Bereichen erfüllt.

Die grundlegenden Überlegungen dieser Arbeiten wurden im Rahmen eines DFG-Projekts am Lehr- und Forschungsgebiet NLD der RWTH Aachen University unter dem Förderkennzeichen 423531130 durchgeführt.

Autor: *Dorian Kürschner M. Sc.*,
dorian.kuerschner@nld.rwth-aachen.de



Kontakt

Dr. Martin Adams
Gruppenleiter Computational Methods
Telefon +49 241 8906-509
martin.adams@ilt.fraunhofer.de