

NAHFELDMIKROSKOPIE ZUR MATERIALANALYSE



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

Fraunhofer-Institut für Lasertechnik ILT

Institutsleitung
Prof. Constantin Häfner

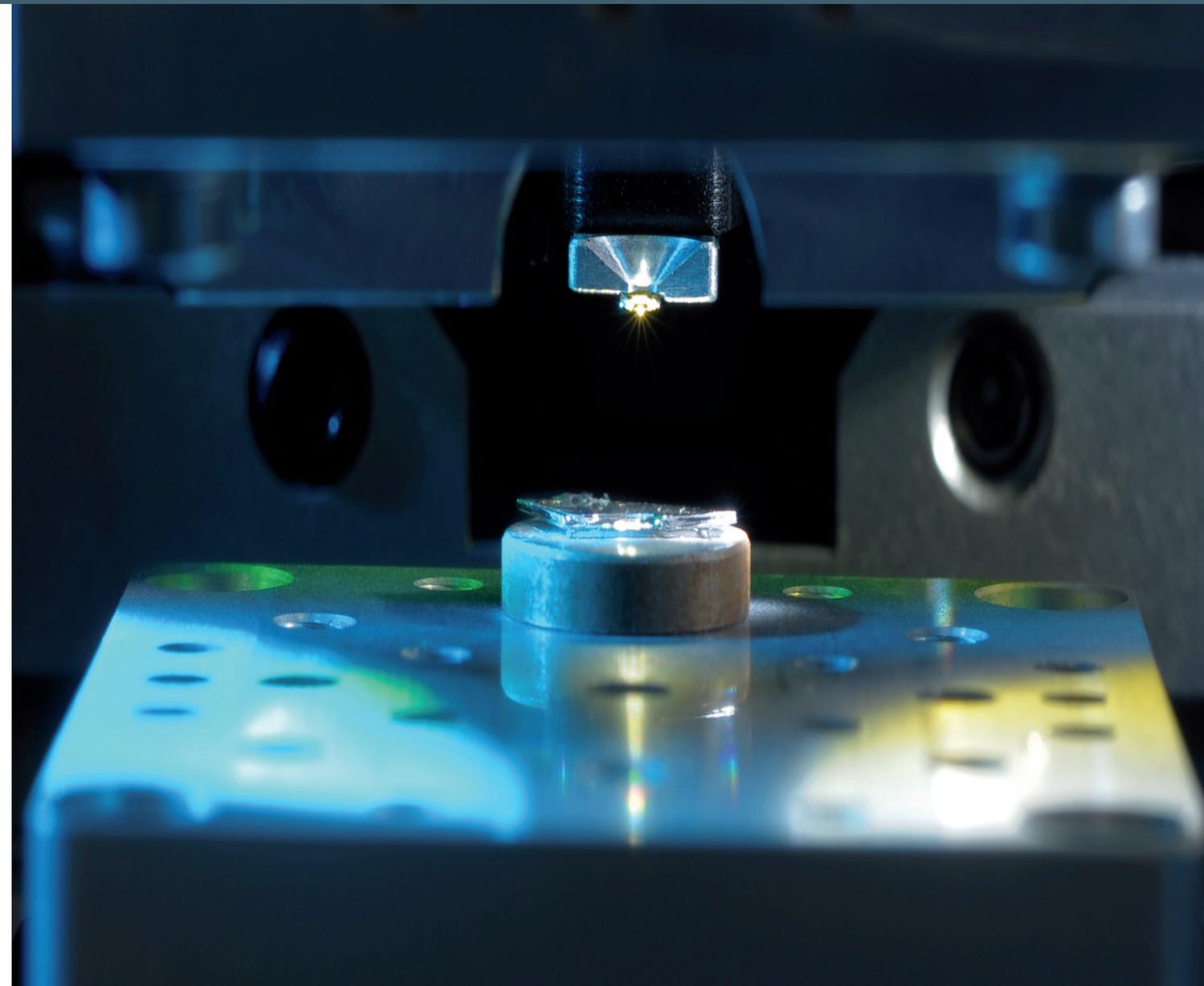
Steinbachstraße 15
52074 Aachen
Telefon +49 241 8906-0
Fax +49 241 8906-121

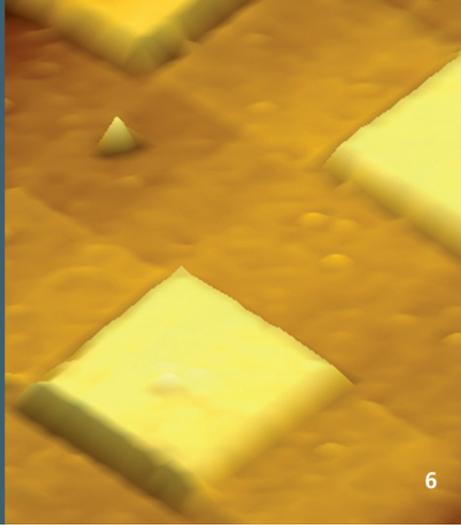
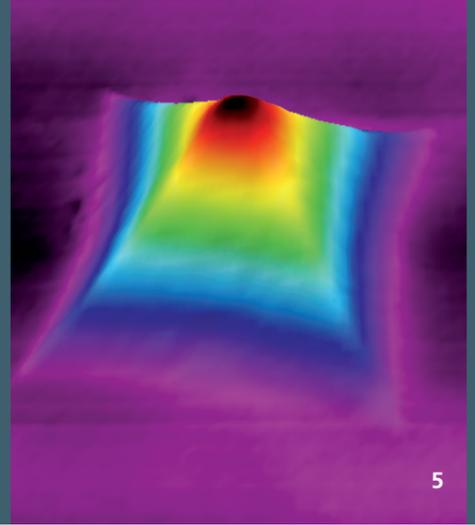
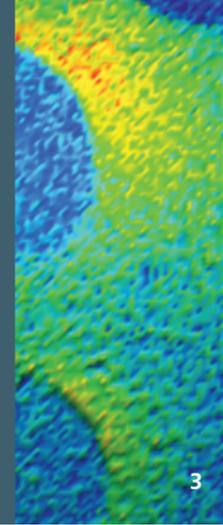
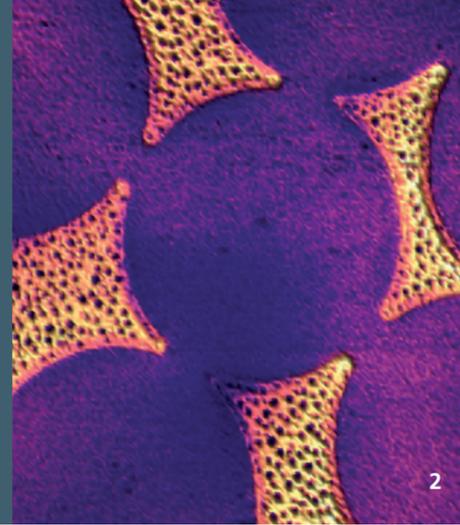
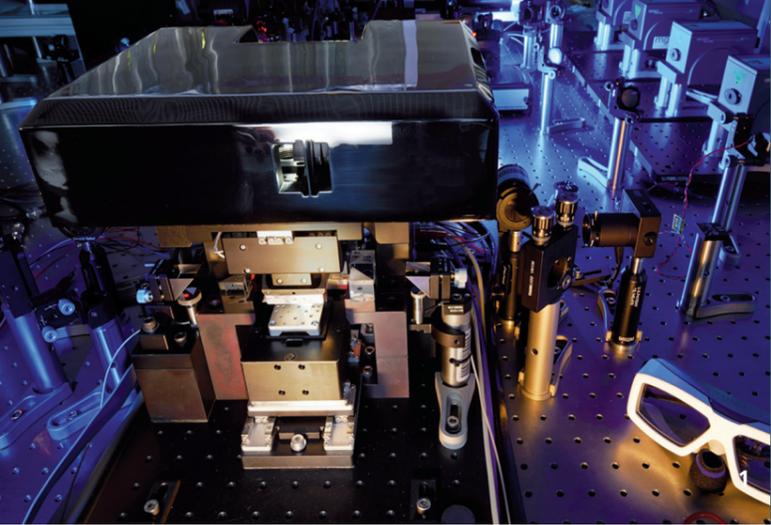
info@ilt.fraunhofer.de
www.ilt.fraunhofer.de

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.





NAHFELDMIKROSKOPIE ZUR MATERIAL-ANALYSE JENSEITS DES BEUGUNGSLIMITS

Die Nahfeldmikroskopie umgeht die Begrenzungen des klassischen Beugungslimits und ermöglicht optische Materialanalysen mit einer räumlichen Auflösung von typischerweise 20 nm. Das neue Anwenderzentrum für Nahfeldmikroskopie am Fraunhofer-Institut für Lasertechnik ILT in Aachen führt für Kunden aus dem Bereich der Forschung und Entwicklung spektroskopische Analysen im Wellenlängenbereich von 5 µm bis 15 µm durch.

Mikroskopie auf der Nanometer-Skala

Das Auflösungsvermögen in der klassischen Mikroskopie ist durch Beugung stets auf etwa die halbe Wellenlänge des verwendeten Lichts begrenzt. Im sichtbaren Licht lösen konventionelle optische Mikroskope bestenfalls Strukturen von einigen Hundert Nanometern räumlich auf. Im Infrarotbereich, welcher für die spektrale Analyse vieler Stoffe besonders interessant ist, z. B. bei Anregungsbanden von Molekülen der sogenannten Fingerprint-Region, sind Untersuchungen auf der Nanometer-Skala mit dieser Methode ausgeschlossen. Die Technik der Nahfeldmikroskopie umgeht diese grundlegende Begrenzung und analysiert verschiedenste Materialien optisch mit einer räumlichen Auflösung von typischerweise 20 nm – unabhängig von der Wellenlänge des eingestrahnten Laserlichts!

Grundelement der Messmethode ist ein Rasterkraftmikroskop, welches die Probenoberfläche scannt. Dieses Verfahren liefert die Topographie der Probe. Eine Optik fokussiert zusätzlich Laserlicht auf den Bereich der Tastspitze. Das zurückgestreute Licht enthält Informationen über die optischen Eigenschaften der Probe. Die räumliche Auflösung ist hierbei nur noch durch die Geometrie der Tastspitze begrenzt.

Im Gegensatz zu anderen Messverfahren mit Nanometer-Auflösung, z. B. Tunnel- oder Elektronenmikroskopie, ist die Nahfeldmikroskopie sowohl auf die chemischen und strukturellen als auch die elektronischen Eigenschaften des untersuchten Materials sensitiv. Selbst Strukturen unter der Oberfläche, welche in rein topographischen Aufnahmen verborgen bleiben, sind zu erkennen.

Die Nahfeldmikroskopie kombiniert die hohe Ortsauflösung eines Rasterverfahrens mit der Informationstiefe spektroskopischer Analysetechniken.

Anwenderzentrum für Nahfeldmikroskopie

Das neue Anwenderzentrum für Nahfeldmikroskopie am Fraunhofer ILT in Aachen bietet seinen Partnern die Möglichkeit, ein breites Spektrum an verschiedenen Materialien zu analysieren. Entscheidend ist es hierbei, die Wellenlänge des eingestrahnten Lichts an die jeweilige Probe anzupassen. Am Standort Aachen steht dafür eine große Anzahl an unterschiedlichen Lasersystemen zur Verfügung, darunter verschiedene CO- und CO₂-Laser, Quantenkaskadenlaser sowie ein eigens am Fraunhofer ILT entwickelter, durchstimmbarer Breitbandlaser im mittleren Infrarot. Der abgedeckte Spektralbereich erstreckt sich von 5 µm bis 15 µm.

Ergänzend zu den experimentellen Messungen führen wir auch Computersimulationen auf Basis unterschiedlicher Nahfeld-Modelle durch. Somit verknüpfen wir die experimentell gewonnenen Daten mit den zugrundeliegenden chemischen, strukturellen oder elektronischen Eigenschaften der Probe.

Ergänzende Messtechniken

Neben der Nahfeldmikroskopie bietet das Fraunhofer ILT weitere, ergänzende Mikroskopie- und Analysetechniken für eine umfassende Werkstoffcharakterisierung:

- Konventionelle Lichtmikroskopie
- Rasterelektronenmikroskopie
- Laser-Scanning-Mikroskopie
- Fourier-Transformations-Infrarotspektroskopie und Mikroskopie
- Raman-Spektroskopie
- Weißlichtinterferometrie

Anwendungsbeispiele

Hochauflösende Analysen mit Nahfeldmikroskopie sind bei einer Vielzahl von Materialien anwendbar. Sie ist in gleicher Weise für Metalle, Halbleiter und Kunststoffe geeignet. Durch die nur sehr schwache mechanische Wechselwirkung der Tastspitze mit der Probe lassen sich auch weiche Materialien, wie z. B. biologische Zellen, zerstörungsfrei im Mikroskop untersuchen. Hierdurch ergibt sich ein breites Spektrum an Materialien und Anwendungen, die untersucht werden können wie beispielsweise:

- Verspannungen und Defekte an gewachsenen Kristallstrukturen, insbesondere auch Halbleiterelemente wie z. B. Galliumnitrid, Siliciumcarbid oder Strontiumtitanat
- Messung der Sekundärstruktur von Proteinen
- Absorptionsspektroskopie an Polymer-Nanosphären z. B. Polystyrol, Polymethyl-Methacrylat
- Untersuchung von Nanokompositmaterialien wie z. B. Textilfasern mit eingebetteten Nanopartikeln
- Verteilung der Elektronendichte innerhalb von Mikroantennen
- Erforschung neuartiger Metamaterialien wie z. B. Superlinsen

Mit unserer Expertise stehen wir Ihnen im Anwenderzentrum für Nahfeldmikroskopie für Ihre Aufgaben zur Verfügung.

Ansprechpartner

Dr. Christoph Janzen
Telefon +49 241 8906-124
christoph.janzen@ilt.fraunhofer.de

- 1 Nahfeldmikroskop.
- 2 Hergestellte Goldnanostrukturen.
- 3 Elektrisch kontaktiertes SrTiO₃-Schichtsystem.
- 4 Polystyrol-Nanosphären.
- 5 Nanoindentierung einer GaN-Oberfläche.
- 6 Testprobe zur Systemkalibrierung.