

SNOM - Optische Rasternahfeldmikroskopie

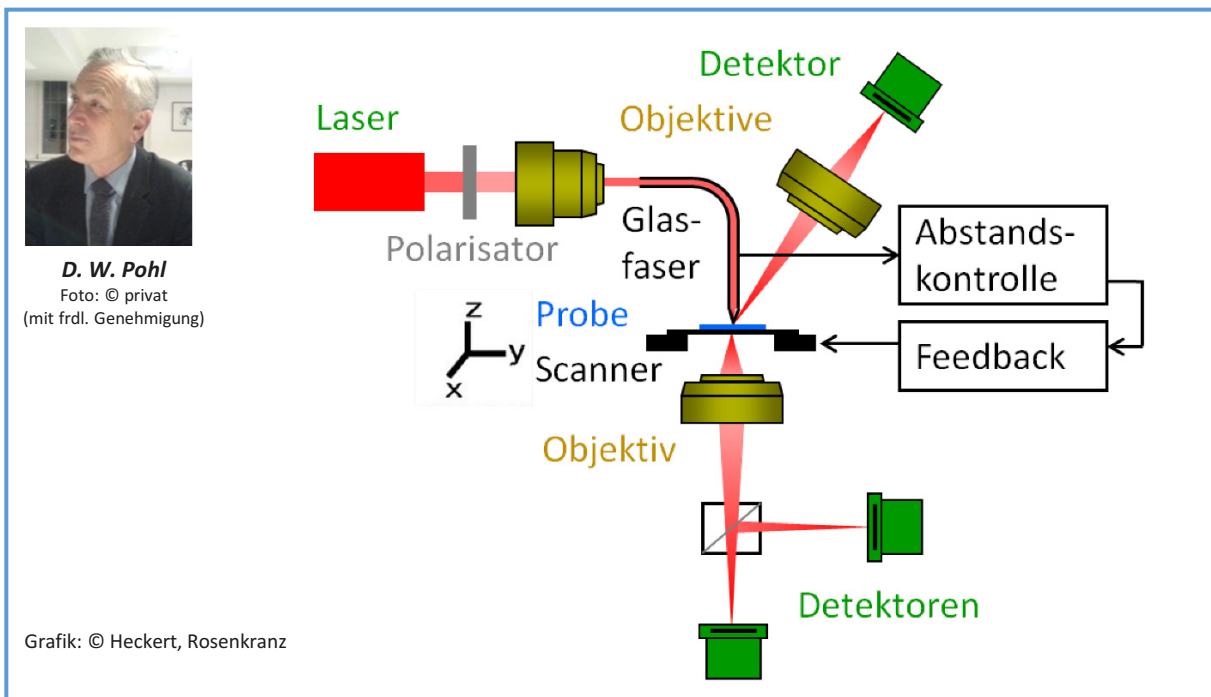
SNOM - Scanning Near Field Optical Microscopy

Anwendungen:

- Analyse von Chips (Gateoxidschäden, Ladungsträger- und Dotierkonzentrationen, pn-Übergänge)
- Lokale Stress-Verteilung, Materialanalyse (z.B. strukturelle Phasenübergänge in Oxiden mit Mikrodomänen), Materialidentifikation (s. Applikationsbeispiel)
- Polymerforschung (z.B. Abbildung von Mikrodomänen)
- Charakterisierung von Quantenpunkten und anderen Nanostrukturen
- Medizin und Biologie (Verteilung spezieller Proteine sowie von DNA und RNA in Zellkernen, Untersuchungen an lebenden Zellen und an mit Kontrastmitteln markierten Gewebe, Neuronen usw.)

Funktionsprinzip:

Bei der optischen Rasternahfeldmikroskopie gelingt es, das in der Lichtmikroskopie [VLM](#) geltende Abbe-Auflösungslimit durch eine spezielle Messanordnung zu unterschreiten. Die Idee dazu wurde schon 1928 von E. H. SYNGE geäußert, doch erst im Jahre 1981 stellte D. W. POHL ein erstes funktionsfähiges Gerät vor. Das Licht wird durch eine hohle Messspitze geleitet, welche am Ende eine mikroskopische Apertur besitzt. Ihre Abmessung liegt unterhalb der Wellenlänge der benutzten Strahlung, so dass diese durch die Öffnung hindurch tunneln muss. Die dadurch bedingte geringe Intensität am Austrittspunkt kann man mit sogenannten aperturlosen Spitzen aus Metall (Ag, Au, W) oder Silizium umgehen. Diese werden meist für Strahlung im nahen und mittleren Infrarotbereich verwendet. Die Probe wird wenige Nanometer entfernt von der Austrittsstelle des Lichts, also im Nahfeld, positioniert. Das reflektierte oder transmittierte Licht gelangt in einen hochempfindlichen Detektor, dessen Ausgangssignal zur Bilddarstellung benutzt wird. Um ein zweidimensionales Bild zu erhalten, muss die Spitze in mikroskopischen Bereichen und mit konstantem Abstand über die Probe gescannt werden. Dies ist nur unter Verwendung des Prinzips möglich, das der Methode [AFM](#) und den anderen Rastersondenverfahren zugrunde liegt. Für die Beleuchtung kommen vor allem Laser zum Einsatz, um die erforderlichen hohen Beleuchtungsdichten zu erzielen. Es ist auch möglich, den Laserstrahl von außen auf die Probe zu richten und die Spitze zum Sammeln des reflektierten Lichtes zu verwenden (Kollektionsmodus). Auch für die Detektion der Strahlung gibt es zahlreiche Varianten, wie Photomultiplier, Avalanche-Photodioden, CCDs oder Spektrometer, so dass auch verschiedenartige Signale zur Bilddarstellung genutzt werden können.



Leistungsprofil und -grenzen:

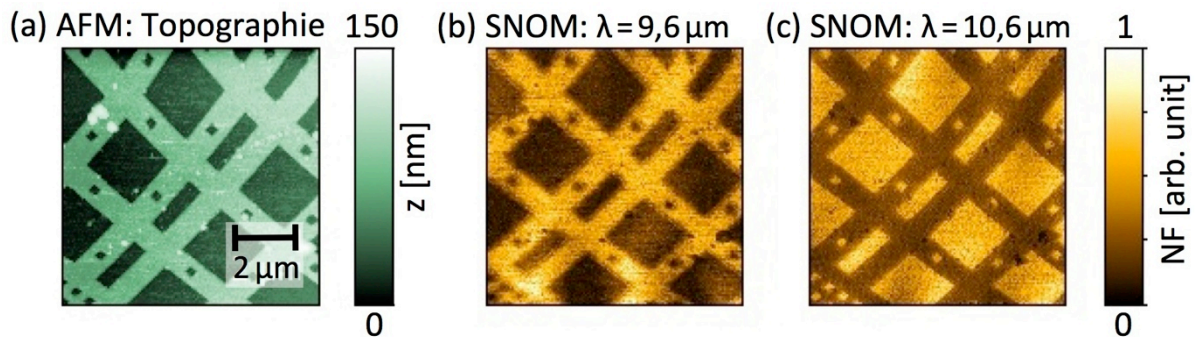
- Auflösung: typisch 30 bis 50 nm (geräteabhängig vereinzelt bis 3 nm)
- Zerstörungsfrei
- Kein Vakuum erforderlich
- Verwendete Lichtwellenlängen: sichtbares Licht bis mittleres Infrarot (z.T. auch bis ca. 230 μm)
- Simultane Darstellung von topographischen Informationen (z.B. $\nearrow$ AFM oder Kelvin-Probe Force Microscopy KPFM)
- Arbeitsabstand ist praktisch Null, daher extrem geringe Tiefenschärfe
- Sehr lange Scanzeiten für Hochauflösung oder bei größeren Probenbereichen
- Oberflächenabbildung mit bis zu 100 nm Eindringtiefe möglich

Probenpräparation:

- Sehr geringe Rauheit der Proben
- Saubere Rückpräparation von Mikroelektronikchips bis in die interessierende Ebene notwendig
- Oft Markierung bei biologischen Proben notwendig
- Untersuchung von lebendem Gewebe möglich

Instrumentierung und Beispiel:

- Aufwendig und teuer, weil ein $\nearrow$ AFM mit hochempfindlicher optischer Messtechnik kombiniert werden muss
- Fast immer Laser als Lichtquelle erforderlich
- Detektoren: Photoelektronenvervielfacher, Avalanche-Photodioden, CCD, Spektrometer
- Mit Kryo-Tisch bzw. Bad-Kryostat (flüssiges Helium) kombinierbar



Bilder und Daten: TU Dresden, IAP, Wetzels, Kehr, Eng

Nahfeldmikroskopische Aufnahme eines mikrostrukturierten Chips aus Si und SiO_2 bei $T = 78 \text{ K}$ unter Beleuchtung mit einem CO_2 -Laser (Wellenlänge $\lambda \approx 10 \mu\text{m}$). Im simultan aufgenommenen Topographie-Bild (a) zeigt sich das SiO_2 hell auf dem Si-Substrat. Bei Anregung näher der phononbasierten Materialresonanz erscheinen im SNOM-Signal die Bereiche aus SiO_2 je nach Wellenlänge hell (b) oder dunkel (c). Hiermit können Materialien mittels optischer hochauflösender Mikroskopie identifiziert werden.

Physikalische Werkstoffdiagnostik

Ein Kompendium wichtiger Analytikmethoden für
Ingenieure und Physiker

Bauch, J.; Rosenkranz, R.

2017, IX, 103 S., Hardcover

ISBN: 978-3-662-53951-4