

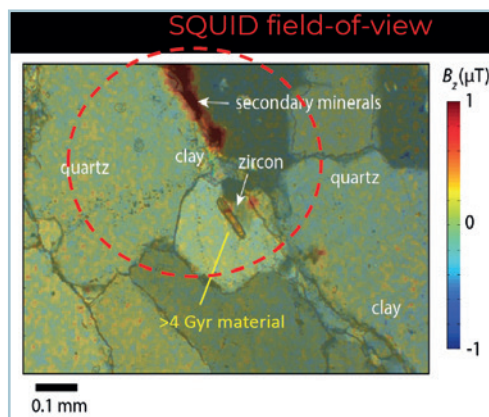


Quanten-Diamant-Mikroskop für die Geologie

Moderne paläomagnetische Studien basieren häufig auf der Messung von Gesteinsproben im Zentimeterbereich, da diese Größe eine gute Balance zwischen Handhabung, Genauigkeit und ausreichender magnetischer Momentstärke bietet. Natürliche Gesteine mit komplexen geologischen Geschichten enthalten jedoch oft verschiedene Magnetisierungsgenerationen im Submillimeter-Bereich. Beispielsweise können sedimentäre Gesteine, einschließlich chondritischer Meteoriten, Millimeter- oder submillimetergroße Fragmente mit unterschiedlichen Magnetisierungen aufweisen. In magmatischen Gesteinen können kleine Teilbereiche stabilere Magnetisierungen haben als das umge-

bende Material. Die Gewinnung von Informationen über magnetische Felder aus solchen Proben hängt von der genauen Messung des Nettomoments ab. Aufgrund ihrer geringen Größe haben viele dieser Proben Nettomomente, die mit in der Geologie gängigen Instrumenten nicht nachweisbar sind.

Die Notwendigkeit, Proben mit sehr niedrigen magnetischen Momenten zu messen, hat zur Entwicklung von magnetischen Bildgebungstechniken wie dem SQUID-Mikroskop und dem Quanten-Diamant-Mikroskop (QDM) geführt. Beide Instrumen-



QDM-Messung eines vier Milliarden Jahre alten Zirkons der von deutlich jüngerem Material umgeben ist

te erstellen typischerweise Karten einer einzelnen Magnetfeldkomponente in der Nähe der Probe, wobei das QDM auch vollständige Vektorkarten des Magnetfelds erzeugen

>> Seite 2

Platz da – hier kommen die neuen Desktop-Beschichter von Quorum

Neuer Look mit neuer Funktionalität! Quorum hat auf viele Kundenwünsche gehört und die Desktop-Beschichter für die Elektronenmikroskopie komplett überarbeitet. Die neue QCoat-Serie ersetzt die Systeme Q150R Plus, Q150T Plus und Q150V Plus.

Wie bisher werden die Geräte in den Varianten S (reiner Sputter Coater), E (reiner Verdampfer) und ES (Kombigerät) angeboten. Der große Unterschied ist, dass es wieder nur zwei Basisgeräte gibt: ein Vorvakuumgerät - den RotaQ - und ein Hochvaku-

umgerät - den TurboQ. Der TurboQ basiert auf dem Topgerät der Vorgängerserie - dem Q150V Plus - und kann somit ein ultimatives Basisvakuum von 1×10^{-6} mbar erreichen. Jedes Gerät enthält im Lieferumfang bereits einen Schichtdickenmonitor und ist mit einem Metallvakuumschlauch ausgestattet um optimale Vakuumbedingungen zu schaffen. So kann der RotaQ bereits ohne Upgrade auch Platin Sputtern. Außerdem ist die Probenbühne verkippar.

Die reduzierte Standfläche spart wertvollen Platz auf der Laborbank.

>> Seite 3

Inhalt

Elektronenmikroskopie	3, 6, 8, 9
Imaging	10
Kryotechnologie	7
Licht & Laser	6, 11
Life Science	7, 12
Materialwissenschaften	2, 4
Optiken	5
Über uns	2



Quanten-Diamant-Mikroskop für die Geologie

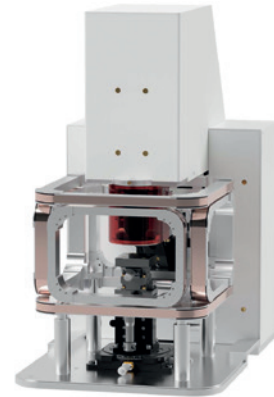
» kann. Dazu bietet das QDM eine ganze Reihe weiterer Vorteile: Es hat ein deutlich größeres Sichtfeld, kürzere Messdauer, und benötigt keinen Kryostaten um den Sensor zu kühlen. So wird das QDM zu einem neuen, leistungsstarken Messsystem für die magnetische Charakterisierung von geologischen Proben.

- Empfindlichkeit: $< 200 \text{ nT/Hz}^{1/2}$ (bei 10 Mikrometer räumliche Auflösung)

- $< 5 \text{ pT/Hz}^{1/2}$ (1 Mikrometer räumliche Auflösung)
- Räumliche Auflösung: $\leq 1 \text{ Mikrometer}$
- Sichtfeld: $4 \times 4 \text{ mm}^2$

David Appel

06157 80710-499
appel@qd-europe.com



Neu – SMU-Modul für das M81

Das M81 ist eine universelle Gerätefamilie für eine Vielzahl elektrischer Messaufgaben. Das Zentralgerät kann bis zu sechs unabhängige Kanäle steuern oder auslesen, bis zu drei als Quellen- und drei als Messkanäle. Ein Schwerpunkt des M81 liegt auf rauscharmen und empfindlichen Messungen auch bei kleinen Strömen. Kleine Ströme sind wichtig für die elektrische Charakterisierung bei tiefen Tempe-

peraturen, um die Joulesche Wärme zu minimieren, oder für nanoskalige Proben wie 2D-Materialien oder Nanostrukturen.

Mit dem neuen SMU-Modul wird das M81 noch vielseitiger. SMU steht für „Source Measure Unit“. Es beinhaltet also Quelle und die Messmöglichkeit. Da der Anwender zwischen AC, DC und Lock-in wählen kann, jeweils mit Strom- oder Spannungsanregung, vereint das M81-SMU die Möglichkeiten von sechs Instrumentenpaaren! Mögliche Proben reichen von Leitern bis hin zu isolierende Materialien.

Spezifikationen

- Modi: AC, DC und Lock-in
- Anregung: Strom oder Spannung
- Messempfindlichkeit (DC): $< 100 \text{ fA}$
- Messempfindlichkeit (LIA: Nanovolt
- Frequenz: bis 100 kHz
- Widerstandsbereich: ~Milliohm bis 100 G Ω
- Besonderheit: MeasureSync (Pat.). Synchronisation über mehrere Module möglich.



Dr. Marc Kunzmann

06157 80710-46
kunzmann@qd-europe.com

Lösungsorientiert, kundenfokussiert und teambegeistert

"Als Produktmanager mit umfangreicher praktischer und technischer Erfahrung habe ich große Freude daran, unsere Kunden zu unterstützen und die passenden Lösungen aus unserem vielfältigen Angebot an Licht- und Laserprodukten zu finden. Als Teamplayer ist mir ein unterstützendes Umfeld besonders wichtig – und genau das habe ich von Anfang

an bei QD gespürt! Ich brenne dafür, unsere Mission zu erfüllen: langfristige und zufriedene Kundenbeziehungen aufzubauen und zu pflegen." — Uwe Schmidt Produktmanager bei Quantum Design Europe

Uwe Schmidt

06157 80710-15
schmidt@qd-europe.com



Platz da – hier kommen die neuen Desktop-Beschichter von Quorum

» Durch die flache Bauweise können die Proben problemlos abgestellt werden, während z.B. die Kammer belüftet wird. Die Geräte sind jetzt



alle mit einer hohen Kammer ausgestattet, Probenbühne und Schichtdickenmonitor sind in der Höhe verstellbar, um z.B. die Probe für den Sputterprozess näher an das Target zu bringen, aber für die Kohleverdampfung einen größeren Abstand zur heißen Quelle realisieren zu können. Außerdem setzt Quorum jetzt bei allen Geräten auf die Probenkammern, die bereits beim Q150V Plus installiert waren, wodurch dieser ein besseres Vakuum als der Q150T Plus erreichen konnte.

Erfahren Sie mehr über die Geräte auf unserer Webseite und in den Produktbroschüren. Melden Sie sich gerne, wenn Sie Fragen haben sollten.

Im gleichen Zug werden wir unsere aktuellen Demogeräte Q150R ES Plus und Q150V ES Plus durch die neue Generation ersetzen und diese günstig zum Kauf anbieten. Die Q150Plus-Serie wird von Quorum noch weitere sieben Jahre ab dem letzten Lieferdatum unterstützt.

Sprechen Sie uns gerne an.

Anne Kast

06157 80710-456

kast@qd-europe.com

Hochleistungsdetektoren für REM- und TEM-Systeme

Unser Lieferant Advacam/Advacscope stellt mit dem ePix und dem ePix EFE zwei Hochleistungsdetektoren für die Elektronenmikroskopie (REM & TEM) vor. Die Detektoren können für nahezu alle gängigen Anwendungen konfiguriert werden. Dazu gehören:

- 2D/4D STEM in SEM/TEM
- EBSD
- EELS
- Ptychographie
- μ ED
- μ CT and nanoCT

Die ePix-Detektoren basieren auf der dritten Generation der Timepix-Technologie. Advacam ist Gründungsmitglied des CERN Medipix Consortiums und die einzige Firma, die eine Lizenz für jede Timepix-Generation besitzt.

Die ePix-Detektoren verwenden datengesteuertes Auslesen, wobei jedem Elektron ein Zeitstempel mit

präzisen Positions- und Energieinformationen zugewiesen wird. Die Detektoren bieten einen praktisch unbegrenzten Dynamikbereich und eine um Größenordnungen bessere Empfindlichkeit bei niedrigen keV-Werten im Vergleich zur indirekten Elektronenerfassung. ePix kombiniert eine leistungsstarke Auslesearchitektur mit einem innovativen und robusten Detektordesign und schafft so den ultimativen Detektor für Elektronenmikroskopie-Anwendungen mit hohem Durchsatz, hoher Auflösung und hoher Empfindlichkeit. Hauptvorteile dabei sind:

- Einzelelektronenempfindlichkeit
- Großer Raumwinkel auf kleinstem Raum
- Hohe räumliche Auflösung
- Ultraschnelle Auslesegeschwindigkeit

Die Detektoren können schnell und einfach in bestehende REM- oder TEM-Systeme integriert werden und

über ein offenes SDK in bestehende Softwarelösungen integriert und ausgelesen werden. Ebenso steht auch eine eigenständige Softwarelösung zur Verfügung.



Der Energiebereich des Detektors beträgt 2,5-300 keV und die Pixelgröße ist 55 μ m x 55 μ m. Dies ergibt bei einer Pixelmatrix von 256 x 256 eine Sensorgröße von 14 mm x 14 mm. Die Dicke des Si-Sensors kann im Bereich von 100-500 μ m je nach gewünschter Anwendung variiert werden. Jeder Detektor wird in enger Absprache mit unseren Kunden entwickelt, um das bestmögliche Ergebnis zu erzielen.

Dr. Andreas Bergner

06157 80710-12

bergner@qd-europe.com

Woollam-Newsletter – Ausgabe 24 ist erschienen

Der neue Newsletter von Woollam ist da. In Ausgabe 24 finden Sie wieder interessante Artikel zum Thema spektroskopische Ellipsometrie sowie rund um die Firma Woollam. Ein Artikel beschreibt die „Optical Critical Dimension Metrology“ mit spektroskopischer Ellipsometrie.

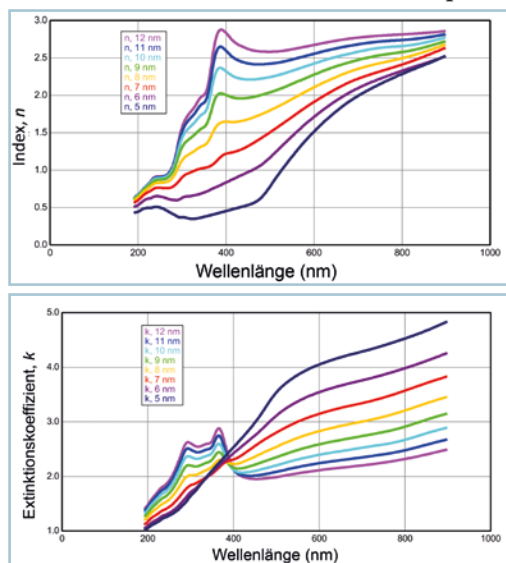
Weitere Themen:

- 30 Jahre mit J.A. Woollam Japan
- Portrait: Prof. Rüdiger Goldhahn, Universität Magdeburg
- Neue, erweiterte Funktionen des Gen-Osc-Modells in CompleteEASE
- Neuentwicklung in der Infrarot-Ellipsometrie durch Einsatz von Quantenkaskadenlasern - höhere Intensität, deutlich schnellere Messzeit und Möglichkeiten für kleinere Messflecke
- Ausblick auf die nächste ICSE-10 in Boulder, Co. vom 8. bis 13. Juni 2025

Besonders hinweisen möchten wir auf den Artikel *„Minimierung von Artefakten bei der Modellierung ellipsometrischer Messdaten“*.

Einführung

SE wird vor allem in der Halbleiterindustrie eingesetzt. Während SE-Daten in der Regel schnell erfasst werden können, kann die Auswertung von Daten unbekannter, komplexer



$n(\lambda)$ (oben) und $k(\lambda)$ (unten) für einen Metallfilm auf einem Siliziumsubstrat, wobei die Dicke des Metallfilms bei verschiedenen Werten festgehalten wurde

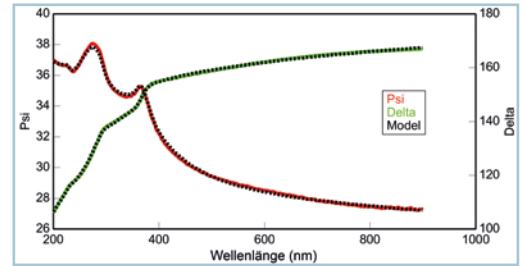
Materialien schwierig und herausfordernd sein.

SE kann nur begrenzte Informationen über eine Probe liefern. Eine SE-Messung ermittelt bei jeder Wellenlänge zwei eindeutige Informationen, die als Größen Psi (Ψ) und Delta (Δ) dargestellt werden können. Handelt es sich um eine dünne Schicht, die Licht bei allen Wellenlängen absorbiert (die meisten Metallschichten fallen in diese Kategorie), müssen sowohl ihre optischen Konstanten bei jeder Wellenlänge (n und k oder ϵ_1 und ϵ_2) als auch ihre Dicke bestimmt werden. Das Problem ist also unterbestimmt.

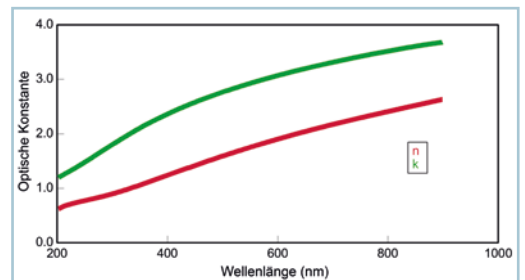
Minimierung von Artefakten

Eine Lösung ist als „Artefaktminimierung“ bekannt. 1984 schlugen Hans Arwin und David Aspnes einen Ansatz zur eindeutigen Bestimmung der Schichtdicke und der optischen Konstanten sehr dünner Schichten vor. Die Strategie funktioniert, wenn die Ψ - und Δ -SE-Daten scharfe spektrale Merkmale aufweisen, die in den optischen Konstanten einer dünnen Schicht nicht vorhanden sind. Verschiedene Schichtdicken werden betrachtet/modelliert, um die entsprechenden optischen Konstanten der dünnen Schicht zu bestimmen, die am besten mit den Daten übereinstimmen.

Wenn die optischen Konstanten der dünnen Schicht die gleichen (oft scharfen) spektralen Strukturen aufweisen wie die Rohdaten, ist die Dicke wahrscheinlich falsch. Falsche Dicken zwingen das Modell, diese Strukturen in die optischen Konstanten der Schicht zu übertragen. Bei der Beschreibung dieser Strategie bemerkte Hans Arwin kürzlich (wir zitieren): „Es ist, als würde man versuchen, die oberste Schicht Zuckerguss



Ψ - und Δ -Spektren (SE-Rohdaten) von einem mit einer dünnen Metallschicht beschichteten Siliziumwafer



Die optischen Konstanten für den Metallfilm in dem Modell

eines Kuchens mit einem Messer zu schneiden. Wenn man zu tief schneidet, bekommt man einen Teil des Kuchens; schneidet man zu hoch, bleibt Zuckerguss, d.h. negativer Zuckerguss auf dem Messer. Mit diesem Ansatz können wir also die Dicke einer dünnen Schicht von ihren optischen Konstanten entkoppeln, was mit anderen Methoden oft schwer zu erreichen ist.“

Die Minimierung von Artefakten kann bei jeder absorbierenden Schicht angewandt werden, speziell aber bei dünnen Metallschichten.

Weitere Informationen zu diesem Thema sowie ausführliche Beschreibung zur „Interference Enhancement“-Methode finden Sie im entsprechenden Artikel des neuen Newsletters.

Den vollständigen Woollam Newsletter und weitere Informationen finden Sie auf unserer Website.



Dr. Thomas Wagner

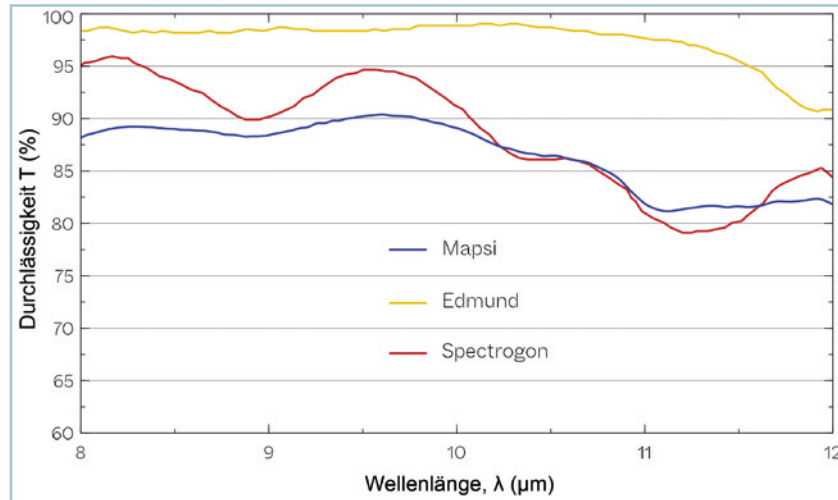
06157 80710-68

wagner@qd-europe.com

Voll-Silizium-IR-Fenster

Infrarot-Fenster werden genutzt, um optische Komponenten gegen Umwelteinflüsse zu schützen und gleichzeitig eine hohe Transmission zu gewährleisten. Sie werden in der Regel vor Wärmebildkameras zum Schutz der Objektive oder vor einem Pyrometer eingesetzt, um zu verhindern, dass korrosive Partikel in das Innere gelangen und die Elektronik beschädigen. Infrarotfenster werden auch häufig in Detektoren verwendet, um CMOS-Schaltkreise hermetisch zu isolieren, da diese zum Betrieb eine Niederdruckumgebung benötigen.

Üblicherweise werden Siliziumsubstrate für den mittleren Infrarotbereich (MWIR) und Germanium für den Ferninfrarotbereich (LWIR) verwendet. Aufgrund ihrer hohen Brechungsindizes von 3,4 bzw. 4 ist jedoch meist eine Antireflexionsbeschichtung erforderlich. Diese ist allerdings nicht frei von Problemen. Sie kann sich bei schwankenden Temperaturen lösen, erzeugt eine starke Winkelabhängigkeit und ist empfindlich gegen korrosive Materialien oder in einer salzhaltigen Umgebung. Eine Lösung besteht darin, das Fenster zusätzlich mit DLC (Diamond Like Carbon) zu beschichten, einem Material mit mechanischen Eigenschaften, die es etwas widerstandsfähiger machen. Dies verteuert allerdings das Produkt und bietet immer noch keine vollständige Lösung.



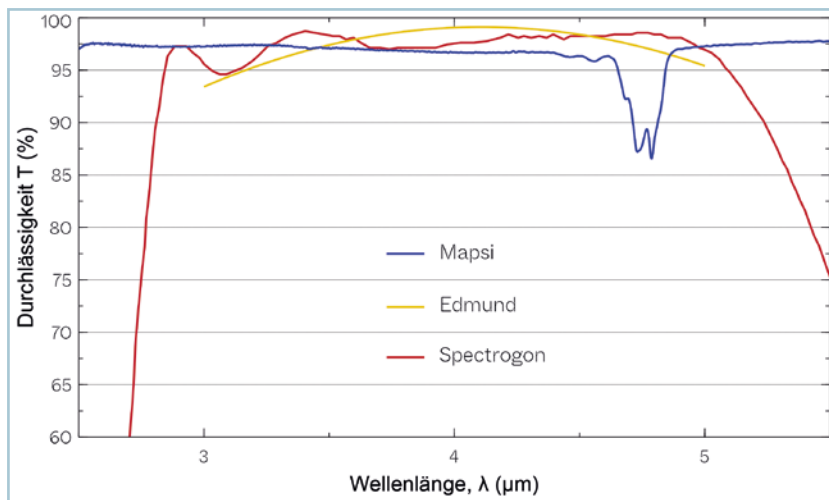
Vergleich zwischen Mapi und anderen anerkannten BBAR-Herstellern (LWIR)

Mapi Photonics geht einen anderen Weg, nach dem Motto „weniger ist mehr“. Anstatt Schichten aus verschiedenen Materialien auf ein Substrat aufzutragen, texturieren sie Silizium mit einem chemischen Verfahren, das im Vergleich zur Verwendung von Mehrfachschichten erhebliche Zeit- und Kosteneinsparungen ermöglicht. Darüber hinaus vermeidet Mapi die Verwendung exotischer Materialien von hoher geostrategischer Relevanz. Deren Einfuhr kann politischen Schwankungen unterworfen sein und soziale und ökologische Auswirkungen in den Förderländern bedingen. Dabei werden die mechanischen Eigenschaften von Silizium, die sogar denen von DLC weit überlegen

sind, beibehalten und die optischen Eigenschaften verbessert.

Im SWIR und MWIR erreichen Mapi-Fenster bis zu 97% Transmission. Dabei ist die T-Kurve über einen weiten Bereich flach und weist keine Täler und Spitzen auf, wie es bei Mehrschichtfenstern üblich ist.

Im LWIR-Bereich ist die spektrale Empfindlichkeit etwas geringer als die von Germanium. Die potenzielle Nichtverfügbarkeit des Materials (Germanium ist derzeit für den Export stark eingeschränkt) und der deutlich niedrigere Preis im Vergleich zu anderen Optionen sind jedoch auch in diesen Wellenlängenbereich ein starkes Argument für Mapi-Fenster.



Vergleich zwischen Mapi und anderen anerkannten BBAR-Herstellern (LWIR) ¹²

Zusammengefasst kann man sagen, die BBARs von Mapi sind von hoher optischer Qualität, für korrosive Umgebungen bestens geeignet, sehr kosteneffizient und haben einen viel geringeren ökologischen Fußabdruck. Brauchen Sie mehr Argumente, um die innovative Technologie zu testen? Kontaktieren Sie uns. Verpassen Sie nicht die Gelegenheit, Ihr Produkt zu verbessern!

Michael Foos

06157 80710-34

foos@qd-europe.com

Vielseitig im Einsatz - Dual-Target Sputter Coater

Die meisten unserer Sputter Coater finden Anwendung in Laboren für die Elektronenmikroskopie. Sie werden verwendet, um nichtleitende Proben mit einer leitfähigen Schicht zu versehen. Hier ist es wichtig, dass wir möglichst dünne, hochwertige Schichten sputtern. Die Geräte können aber noch viel mehr. Die Hochvakuumgeräte sind nicht nur in der Lage, Edelmetalle zu Sputtern, sondern können auch für die Beschichtung mit oxidierendem Material verwendet



Abb. 2: Zwei verschiedene Targets für sequentielles Beschichten

werden, wie etwa Chrom, Wolfram, Aluminium, Titan und Weitere. Die Geräte können bis zu 60 Minuten lang Sputtern, so dass auch dickere Beschichtungen möglich sind. So befinden sich auch einige unserer Geräte in Forschungslaboren, wo sie zum Beispiel Kontakte für Bauteile, wie Batterien, liefern.

Heute stellen wir Ihnen den Q300T D Plus von Quorum Technologies vor. Es handelt sich um einen „Dual-Target Sputter Coater“. Er ist mit zwei Targets ausgestattet mit dem Ziel, sequentielle Beschichtungen vornehmen zu können, ohne das Vakuum zu brechen. Gerade wenn man



Abb. 3: Q300T D Plus

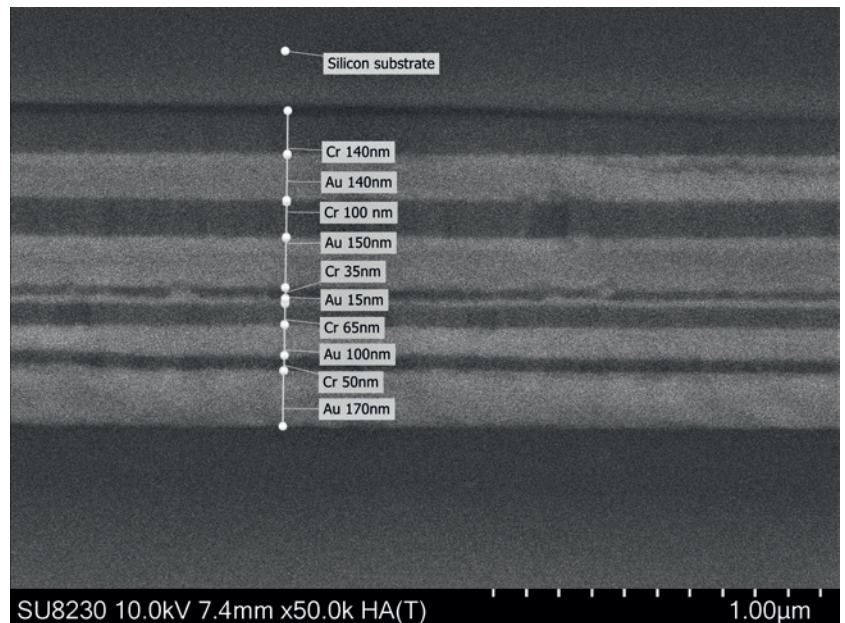


Abb. 1: Silikonwafer mit mehreren Schichten aus Chrom und Gold im Q300T D Plus besputtert.

Kontakte aus Gold herstellen möchte, ist es wichtig, dass diese auch gut auf der Probe, bzw. dem Bauteil, haften und das Anbringen von Drähten o.Ä. ermöglichen. Gold ist nicht gerade für seine Haftfähigkeit bekannt, man kann jedoch Abhilfe schaffen, indem man eine dünne Haftschrift unter die Goldschicht bringt. Diese ist z.B. aus Chrom oder Titan. Damit sie nicht bereits an Luft wieder passiviert oder oxidiert – wir wollen ja die haftenden Eigenschaften dieser Schicht aufrechterhalten – ist es

wichtig, dass wir das Vakuum zwischen dem Aufbringen der beiden Schichten nicht brechen. Der Q300T D Plus ist genau dafür gemacht. Die sogenannte „Swinging-Arm“ Probenbühne fährt den Waferteller (der auch viele kleine Proben fassen kann) zwischen den beiden Targets hin und her. Standardmäßig wird das Gerät bereits mit einem Chrom- und einem

Goldtarget geliefert. So kann als erstes eine dünne Chromhaftschrift aufgebracht werden und dann fährt das Gerät automatisch zum Goldtarget und es wird die finale Goldschicht aufgesputtert. In den Rezepten geben Sie vorher alle Parameter ein und das Gerät macht den Rest allein – Abpumpen, Gas einlassen, Chromtarget von der Oxidschicht befreien, Sputtern, usw. Es sind sogar größere Schichtsysteme möglich, die mit einem Sputtervorgang (Sputterrezept) hergestellt werden können, wie Sie in Abb. 1 sehen. Der Q300T D Plus kann auch mit zwei Schichtdickenmonitoren ausgerüstet werden – je einem pro Target. So kann auch angegeben werden, welche Schichtdicke gesputtert werden soll.

Für weitere Informationen sehen Sie sich gerne die Produktbroschüre auf unserer Webseite an oder wenden Sie sich an uns mit Ihren Fragen.

Anne Kast

06157 80710-456

kast@qd-europe.com

Ihr Mikroskop als leistungsstarke Mikrofluidik-Workstation!

Das Mikrofluidik-Add-on-System verwandelt Ihr Mikroskop in eine leistungsstarke Mikrofluidik-Workstation, mit der Sie die anspruchsvollsten und komplexesten Experimente mit vollständiger Kontrolle und Reproduzierbarkeit durchführen können.

Motorisierter Mikroskoptisch

Das Herzstück des Systems ist der motorisierte Mikroskoptisch (50 x 50 mm), der die Automatisierung von Experimenten ermöglicht, die präzise Tischbewegungen erfordern. Der Tisch ist bis 45 °C temperierbar, was die Möglichkeiten des Systems für On-Chip-Zellkulturen, physiologische Studien usw. erweitert. Er ist kompatibel mit dem Piezo-Mikroskoptisch und kann mit einer transparenten Haube zur volumetrischen Temperaturkontrolle ausgestattet werden.

Sechs Spritzenpumpen

Das System besteht aus sechs ultrapräzisen Spritzenpumpen, von denen drei auf jeder Seite des Mikroskopokulars angebracht sind. Mit diesen Pumpen können Proben, Puf-

fer, Medien und andere Flüssigkeiten mit Pikolitergenauigkeit in den Mikrofluidikchip injiziert werden.

Anwendungen

Das System soll komplexe und langwierige Experimente automatisieren, die manuell nicht durchgeführt werden können. Hier sind einige Anwendungsbeispiele, die leicht durchgeführt werden können:

- Einzelzellkulturen in mikrofluidischen Kammern. Eine optische Pinzette in Verbindung mit einem motorisierten Mikroskoptisch ermöglichen eine einfache und präzise Einzelzellkultivierung in mikrofluidischen Kammern. Die thermische Kontrolle des Systems gewährleistet eine optimale Temperatur für die Zellproliferation und pumpt frische Medien, Mediengradienten oder komplexe Medienmanipulationen für eine Vielzahl von Studien. Der motorisierte Tisch ermöglicht hervorragende automatisierte Zeitrafferaufnahmen einzelner Wachstumskammern.
- Studien zur Streckung einzelner

Moleküle. Mit den Pumpen können einzelne Moleküle, die an Mikropartikel gekoppelt sind, präzise injiziert werden. Optische Pinzetten und der motorisierte Tisch werden verwendet, um die Moleküle auf Mikropartikeln in eine On-Chip-Testkammer zu bewegen, in der Streckung, Bindung und andere Eigenschaften auf Einzelmolekülebene untersucht werden können.

Kompatibilität

Die mikrofluidische Plattform ist mit den inversen Mikroskopen der Serien Nikon Ti und Ti2 kompatibel.

Das System kann nahtlos mit der optischen Pinzette Aresis Tweez, einer volumetrischen Heizeinheit und einem Piezotisch kombiniert werden. Der Aufbau wird durch eine einfach zu bedienende Software gesteuert, die die Integration von Python-Skripten unterstützt.

Dr. Raimund Sauter

06157 80710-24

sauter@qd-europe.com



Neuer Kryostat mit hoher Kühlkraft und großem Probenraum

Montana Instruments hat einen neuen Kryostaten vorgestellt. Dieser verbindet den großen Probenraum des s200 Kryostaten mit einem leistungsstarken Pulsröhrenkühler. Dadurch ergibt sich bei 4,2 K eine Kühlleistung von 250 mK und damit eine Abkühlzeit von Raumtemperatur auf 4,2 K von nur 6 Stunden. Durch die Vi-

brationsstabilität von <30 nm (peak-to-peak) sind optische Experimente mit Nanometerstrukturen problemlos möglich. Die insgesamt sechs Vakuumdurch-

führungen bieten ausreichend Platz für bis zu 100 RF- oder DC-Leitungen. Das System ist ideal für alle Anwendungen, die aufgrund einer erhöhten thermischen Last - sei es durch eine große Anzahl von Durchführungen oder durch dissipierende Wärme während der Messung - eine höhere Kühlleistung erfordern.

Wie bei allen Kryostaten von MI ist der Abkühl- und Aufwärmvorgang durch die haus eigene Galaxy-Software vollständig automatisiert. Damit ist das System ideal, um Komponenten für supraleitende

Quantencomputer oder Ionenfallen in kurzer Zeit vorzucharakterisieren.

Spezifikationen:

- Basistemperatur 3,6 K
- Peak-to-Peak-Vibrationen 30 nm
- Durchmesser Probenraum 200 mm

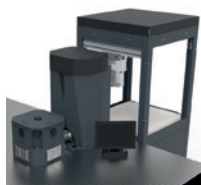
Für weitere Informationen scannen Sie bitte den QR-Code.



Dr. Tobias Adler

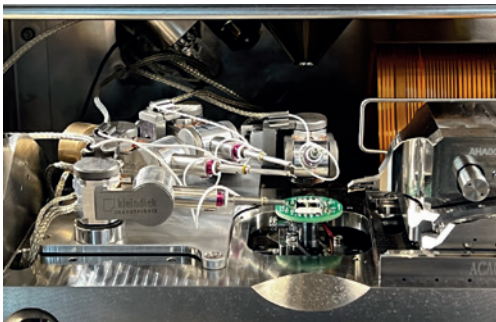
06157 80710-479

adler@qd-europe.com



FusionScope & Kleindiek Mikromanipulatoren: Präzise Nano-Charakterisierung

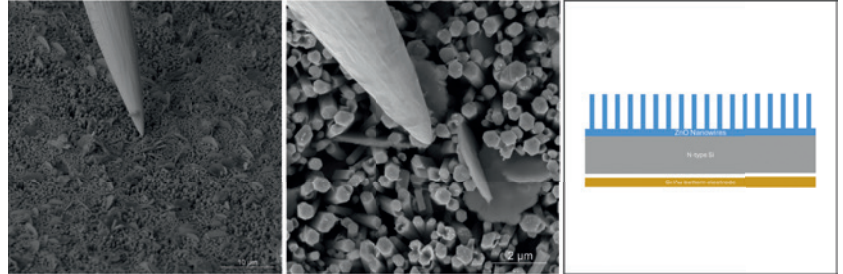
Die wachsenden Anforderungen an die Nanoanalytik erfordern innovative Methoden zur hochauflösenden, in situ- und multimodalen Charakterisierung. Das FusionScope, eine Kombination aus Rasterkraftmikroskopie (AFM), Rasterelektronenmikroskopie (SEM) und energie-dispersiver Röntgenspektroskopie (EDX), ermöglicht eine umfassende Analyse nanoskaliger Materialien. Die Integration hochpräziser Kleindiek-Mikromanipulatoren erlaubt es, Proben gezielt zu manipulieren, elektrisch zu kontaktieren und exakt zu positionieren – eine ideale Lösung für Anwendungen wie die Charakterisierung von Nanodrähten, elektrische Sondierung und elektrochemische Untersuchungen.



Innovative Messmöglichkeiten für Nanodrähte

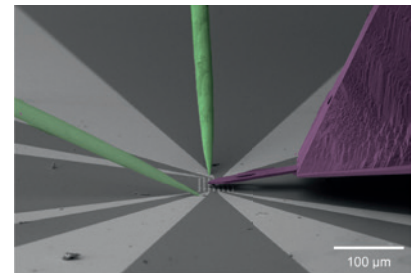
Nanodrähte spielen eine Schlüsselrolle in der modernen Nanoelektronik. Ihre mechanischen und elektrischen Eigenschaften bestimmen ihre Einsatzfähigkeit in Bauelementen.

- In einem Experiment wurde ein freistehender ZnO-Nanodraht



präzise platziert und unter dem AFM-Cantilever positioniert. Die FusionScope Profile View-Option (80°-Kippfunktion) ermöglichte eine exakte Justierung sowohl des AFMs als auch der Manipulatoren auf der Probenoberfläche

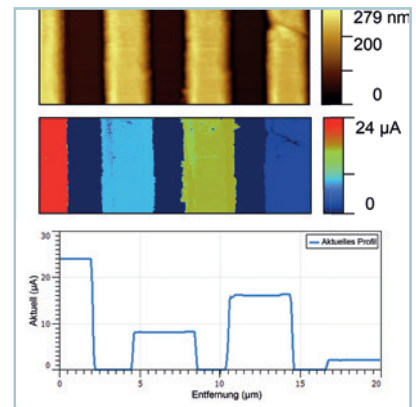
- Die elektrische Leitfähigkeit wurde über IV-Kurven bestimmt – der Draht zeigte ohmsches Verhalten mit einem Widerstand von 230 kΩ



Kombinierte elektrische Sondierung & EFM-Analysen

Durch die parallele Nutzung von Mikromanipulatoren und AFM können komplexe elektrische Messungen durchgeführt werden:

- Gezielte Elektrodenkontaktierung mit zwei Mikromanipulatoren in einer Multi-Elektroden-Probe zur gleichzeitigen C-AFM-Messung.
- Elektrostatische Untersuchungen (EFM) eines isolierten Goldareals auf einer Silizium-Probe zeigten deutliche Kontraste zwischen kontaktierten und nicht kontaktierten Bereichen.



Das FusionScope in Kombination mit Kleindiek-Mikromanipulatoren bietet einzigartige Möglichkeiten für die hochpräzise Nanoanalytik – von der Entwicklung nanoelektronischer Bauelemente bis zur Analyse komplexer Materialeigenschaften.

Erfahren Sie mehr! Scannen Sie den QR-Code zur Applikation Note oder kontaktieren Sie uns direkt.



Vorteile der FusionScope-Mikromanipulator-Kombination

- Multimodale Analyse – AFM, SEM & EDX in einer Plattform für umfassende Materialcharakterisierung
- Nanometergenaue Präzision – Kontrollierte Manipulation & exakte Platzierung
- Hohe Effizienz – Schneller Wechsel zwischen mechanischen, elektrischen & chemischen Messmethoden

Marion Wolff

06157 80710-663

wolff@qd-microscopy.com

Wie ein Rasterelektronenmikroskop zur Gewinnung von Höheninformation genutzt werden kann

Die Rasterelektronenmikroskopie (REM) ist ein bildgebendes Verfahren, bei dem ein fokussierter Elektronenstrahl in lateraler Richtung über eine Probenoberfläche gerastert wird. Es wird ein zweidimensionales Bild als Messdatensatz erhalten, welches im Regelfall keine Höheninformation enthält. Der Bildkontrast wird entweder durch das Material dominiert (im Messkanal der Rückstreuielektronen (BSE)) oder durch die Topographie hervorgerufen (im Messkanal der Sekundärelektronen (SE)).

Ein direkter, quantitativer Rückschluss auf das Höhenprofil der Probe ist normalerweise nicht möglich, wobei dies für eine Vielzahl von Anwendungen von großem Nutzen wäre, beispielsweise zur Bestimmung von Oberflächenrauigkeiten, Partikelhöhen oder Porentiefen. Trotz der experimentellen Herausforderungen können mit speziellen REM-Methoden absolute Informationen über alle drei Raumdimensionen gewonnen werden. Eine dieser Methoden heißt „Shape from Shading“ und wird unter anderem in der Analysesoftware „Hitachi map 3D“ für die 3D-Rekonstruktion von REM-Daten angewandt.

Basis für die 3D-Rekonstruktion ist die Signaldetektion aus verschie-

denen Beobachtungswinkeln beispielsweise mithilfe eines Vier-Quadranten-BSE-Detektors. Die Grundidee hierbei ist, aus den Grauwerten der detektierten Einzelquadrantensignale (Abb. 1: Quadrantensignale A, B, C, D) die lokalen Steigungen der Probenoberfläche abzuleiten.

Einerseits hängt der detektierte Grauwert eines Bildpixels im BSE-Kanal vom der materialabhängigen Rückstreu faktor ab. Materialphasen mit leichten Elementen erscheinen im REM-Bild vergleichsweise dunkel, solche mit schweren Elementen erscheinen im Vergleich hell. Dieser materialbedingte Einfluss auf die Rückstreuintensität ist unabhängig von der Beobachterposition und trägt deshalb in allen Detektorquadranten gleichermaßen zur Kontrastbildung bei.

Andererseits hängt der detektierte Grauwert auch von der lokalen Orientierung der Oberfläche ab. Je weiter die BSE durch die lokale Oberflächenorientierung in Richtung eines Detektorquadranten reflektiert werden, desto heller erscheint der Kontrast im REM-Bild. Umgekehrt treten Abschattierungen umso stärker auf, je weiter der BSE-Ausfallsvektor von der Beobachtungsposition weg zeigt. Deshalb werden abhängig von der Positionierung der Detektorqua-

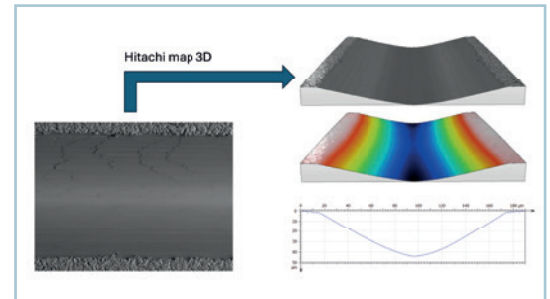


Abb. 2: Rekonstruktion eines Höhenprofils

dranten unterschiedliche Schattierungen in den Einzelkanalbildern erzeugt (Abb. 1).

Für jede Pixelposition können aus den Intensitätssignalen die lokalen Steigungen ermittelt und durch Integration über den Rasterbereich zum Höhenprofil umgerechnet werden, sofern der Zusammenhang zwischen Grauwertabstufungen und Oberflächenorientierungen bekannt ist. Um diesen Zusammenhang zu erhalten, ist eine Kalibration erforderlich, bei der ein horizontal liegender, flacher Probenbereich sowie ein Bereich mit bekanntem Neigungswinkel mit allen vier Detektorquadranten gemessen wird (Abb. 1). Die Analysesoftware berechnet aus den Signalen der Einzelquadranten die Kalibrationsparameter für einen 3D-Rekonstruktionsalgorithmus. Schließlich kann dieser Algorithmus auf den REM-Datensatz einer bei gleichen Messbedingungen untersuchten Probe angewandt werden und das dreidimensionale Höhenprofil rekonstruiert werden (Abb. 2).

Bei weiteren Fragen zur Rauigkeitsanalyse oder zu unseren Hitachi Desktop REMs sprechen Sie uns gerne jederzeit an.

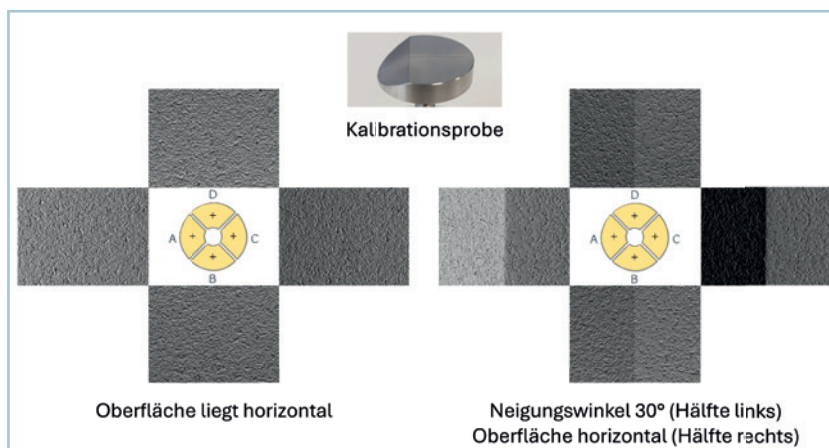


Abb. 1: Kalibration: Probe und Quadrantensignale

Dr. Simon John

06157 80710-841

john@qd-microscopy.com

LE-XRF in der Halbleitermesstechnik: Experimente & Ergebnisse mit Sigray AttoMap™ – Teil 2

Experimente und Ergebnisse

Das AttoMap-310 wurde für hochpräzise μ XRF-Analysen (Al, F, Ge, Mo, N) in der Halbleiterforschung entwickelt. Die Kombination aus Sigrays patentierter SiC-Anode und axialsymmetrischen Röntgenspiegellinsen ermöglicht eine bisher unerreichte Signalqualität für Messungen im niedrigen Energiebereich.



I. Aluminium:

Aluminium ist ein essenzielles Material in modernen Transistoren [2]. Zur präzisen Messung von Al-Dicken im Sub-Angström-Bereich muss ein System Al effizient anregen. Bisherige LE-XRF-Methoden sind limitiert, da Al-basierte Quellen Al nicht anregen und höhere Energien (z. B. Cr-K α , 5,4 keV) zwar Al-Fluoreszenz erzeugen, aber auch störendes Hintergrundrauschen durch Si-Fluoreszenz (1,74 keV) und inelastische Streuung verursachen.

Das AttoMap-310 verwendet ein siliziumbasiertes Röntgentarget, das einen nahezu monochromatischen 1,74 keV-Strahl erzeugt – ideal zur Al-Anregung, ohne das Si-Substrat zu stimulieren (Absorptionskante: 1,84 keV). Dadurch wird die Al-Fluoreszenz (K α : 1,56 keV) um >700-fach verstärkt im Vergleich zu Mo-K α .

Für die Tests stellte ein führender Halbleiterhersteller vier Proben bereit, darunter eine leiterförmige Serie ultradünner Al-Schichten. Obwohl die genauen Dicken nicht angegeben wurden, entsprachen die Messungen den erwarteten spektralen Trends (Abb. 1).

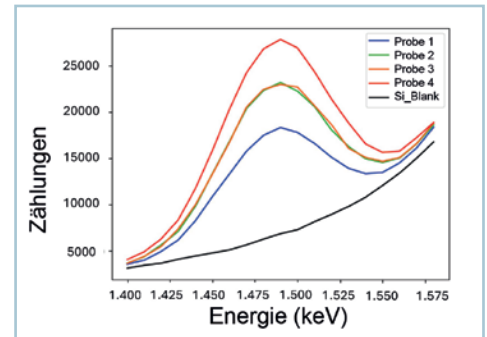


Abb. 1

II. Fluor:

Fluor wird in der Halbleiterfertigung für Ätz- und Reinigungsprozesse eingesetzt, darf aber keine Rückstände hinterlassen, da es Defekte, Dotierungseffekte und Korrosion verursachen kann. Eine Probe mit gestaffelten F-Konzentrationen bis 0,3 At% wurde mit AttoMap und ergänzend mittels XPS-Analyse untersucht.

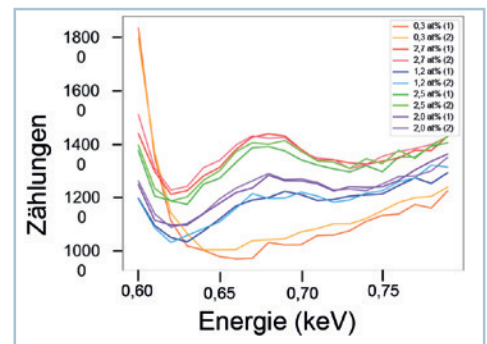


Abb. 2

Abb. 2 zeigt die Rohspektren des F-Peaks (0,677 keV). Um die Nettozählungen zu bestimmen, wurde eine Gauß-Anpassung durchgeführt und der Hintergrund abgezogen. Die linear korrelierten Nettozählungen ($R^2 = 0,956$) zeigen eine hohe Empfindlichkeit des Systems für F belegen.

der größeren Sammelwinkeloptik von AttoMap wird eine >100-fache Verbesserung der Empfindlichkeit und Geschwindigkeit im Vergleich zu konventionellen Hochenergie- μ XRF-Methoden erreicht.

III. Germanium:

Ge ist in der Hochgeschwindigkeitselektronik, Optoelektronik und für Gate-All-Around-Transistoren (GAA) relevant. In der Messtechnik werden SiGe-Schichten durch Ätzen entfernt, weshalb die präzise Rest-Analyse von Ge wichtig ist.

IV. Molybdänitrid:

Dünne MoN-Filme sind essenziell für die Halbleitertechnologie, u. a. als Gate-Elektroden und Diffusionsbarrieren. Durch Variationen im Mo/N-Verhältnis lassen sich Eigenschaften wie Austrittsarbeit, spezi-

Übliche hochenergetische μ XRF-Techniken nutzen Ge-K α (9,8 keV), doch niedrigere Energien steigern das Ge-Fluoreszenzsignal durch stärkere Absorption (Abb. 3). Dank der hohen Helligkeit der Si-Quelle und

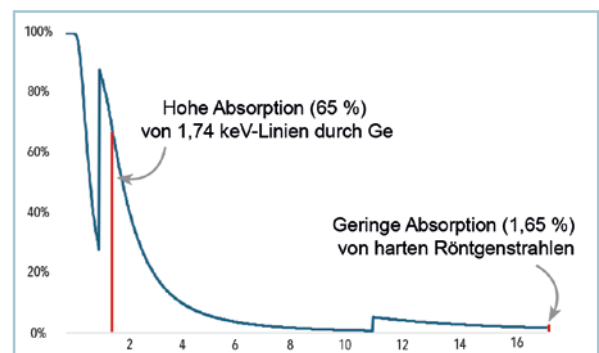


Abb. 3

» fischer Widerstand und thermische Stabilität optimieren.

Drei Proben mit unterschiedlichen Mo/N-Dosierungen wurden mit AttoMap gescannt. Für maximale Empfindlichkeit wurde Mo L α (2,292 keV) statt K α (17,4 keV) verwendet, was eine >57-fache Steigerung der Empfindlichkeit ermöglicht. Zusätzlich wurde N K α (0,392 keV) detektiert.

Zusammenfassung:

Das AttoMap-310 μ XRF-System setzt neue Maßstäbe in der Halbleiteranalytik und ermöglicht:

- Ultrahochpräzise Al-Messungen bis in den Sub-Å-Bereich
- Hochempfindliche Fluor-Rückstandsanalyse zur Qualitätskontrolle
- Effiziente Ge-Charakterisierung in SiGe/Si-Schichten
- Präzise MoN-Dünnschichtmessungen mit maximaler Sensitivität

Dank hoher Signalstärke, minimalem Hintergrundrauschen und innovativer Röntgenoptik bietet AttoMap eine überlegene Lösung für anspruchsvolle Halbleiteruntersuchungen.

Für Informationen, sowie den vollständigen Anwenderbericht scannen Sie bitte den QR-Code.



Dr. Andreas Bergner

06157 80710-12

bergner@qd-europe.com

Neue X-Ray Röhren und X-Ray Detektoren

Im Jahr 2019 haben wir uns entschieden, neben den Drahtgitterpolarisatoren der Firma Moxtek auch deren Röntgenprodukte in unser Portfolio aufzunehmen.

Seitdem wurde das Programm an Röntgenquellen, Detektoren und Fenstern kontinuierlich erweitert.

Röntgenröhren

Die HPC-Röntgenröhren sind eine neue Generation luftgekühlter Hochleistungsröhren. Der Arbeitsbereich der Röhrenspannung liegt bei max. 60 kV bei einer Dauerleistung von max. 150 W.

Die HPC150 (siehe Bild mit Spannungsquelle) ist sowohl für Röntgen-

fluoreszenz (XRF) als auch für bildgebende Anwendungen konzipiert. Das zwangsbelüftete Design garantiert eine effiziente Kühlung. Diese Röhren sind mit zusätzlichen Funktionen wie Strahlenschutz und Vakuumversiegelung an der Basis ausgestattet. Die robuste Konstruktion der Röhren gewährleistet Qualität und Zuverlässigkeit auch unter rauen industriellen Alltagsbedingungen, wie z.B. in Recyclinganlagen.

SDD-Detektoren

Der neue SDD-Detektor ist ein kompakter, kostengünstiger energiedispersiver Röntgenfluoreszenzdetektor (EDXRF). Der SDD kombiniert ein CUBE-CMOS-Frontend und einen leistungsstarken zweistufigen thermoelektrischen Kühler (TEC) und erreicht so eine hohe Auflösung und Röntgenempfindlichkeit. Der XPIN-Vorverstärker bietet einen rauscharmen Signalausgang an einen DPP oder einen Verstärker mit hoher Zählratenformung. Dieser Detektor benötigt keine externe Kühlung. Das SDD-Paket ist ideal für Tisch- und tragbare Anwendungen, bei denen kein integrierter Temperaturregler erforderlich ist.



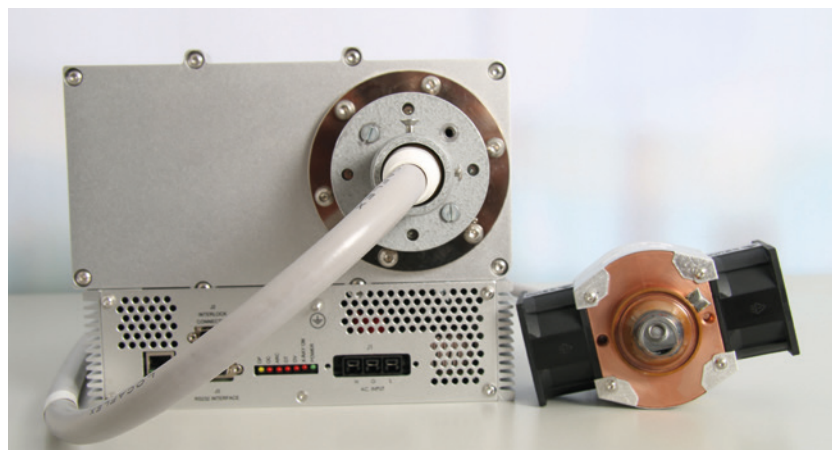
tor (EDXRF). Der SDD kombiniert ein CUBE-CMOS-Frontend und einen leistungsstarken zweistufigen thermoelektrischen Kühler (TEC) und erreicht so eine hohe Auflösung und Röntgenempfindlichkeit. Der XPIN-Vorverstärker bietet einen rauscharmen Signalausgang an einen DPP oder einen Verstärker mit hoher Zählratenformung. Dieser Detektor benötigt keine externe Kühlung. Das SDD-Paket ist ideal für Tisch- und tragbare Anwendungen, bei denen kein integrierter Temperaturregler erforderlich ist.

Gerne stehen wir Ihnen für Rückfragen zur Verfügung.

Uwe Schmidt

06157 80710-15

schmidt@qd-europe.com



Die Beeinflussung des QCM-D-Signals durch die Massenverteilung

QCM-D ist ein vielseitiges Tool, um Oberflächen-Ad- und Desorption auf vielen verschiedenen Oberflächen zu bestimmen. Dabei spielt die lokale Verteilung der Masse auf der Oberfläche eine wichtige Rolle.

Bedeutung der gleichmäßigen Verteilung bei QCM-Messungen

Bei der Quantifizierung von QCM-Daten ist es entscheidend, dass die zu messende Schicht auf der Sensoroberfläche gleichmäßig verteilt ist. Das ist eine der wichtigsten Anforderungen, da eine ungleichmäßige Verteilung die Messgenauigkeit erheblich beeinträchtigen kann.

Verteilung der Oszillationsamplitude

Die QCM-Oberfläche oszilliert, und die Massenkopplung an diese Oszillation ist das grundlegende Messprinzip. Die Oszillationsamplitude variiert jedoch über die Kristalloberfläche, abhängig von der Geometrie des Sensors und seiner Elektroden. Für standardmäßige scheibenförmigen Sensoren gilt für die Amplitude A:

$$A(r) = A_0 \times e^{-(r/c)^2}$$

mit r = Radius und c als der Breite der Gaußverteilung.

Das Maximum der Sensoroszillation wird demzufolge bei $r=0$ in der Sensormitte erreicht, während mit wach-

sendem r die Oszillationsamplitude abnimmt.

Massensensitivität

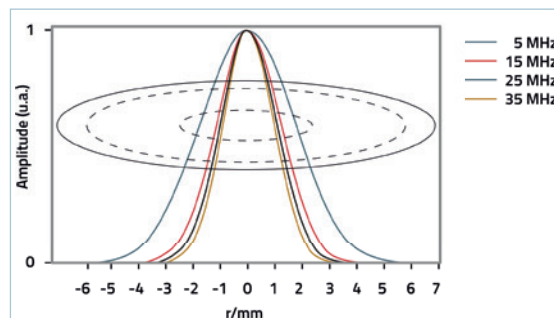
Die Kraft, die auf ein Teilchen wirkt, das auf der Sensoroberfläche fixiert ist, ist proportional zur Oszillationsamplitude an diesem Punkt. Ein Teilchen im Zentrum verursacht eine größere Kraft und Frequenzverschiebung als eines am Rand. Daher erzeugt Masse, die an verschiedenen radialen Positionen abgelagert wird, unterschiedliche QCM-Reaktionen.

Konsequenzen einer ungleichmäßigen Massenverteilung

Die aufgezeichnete Frequenzverschiebung ist die Summe aller lokalen Beiträge von der Sensoroberfläche. Eine ungleichmäßige Massenverteilung bedeutet, dass die gleiche Gesamtmasse unterschiedliche Frequenzverschiebungen erzeugen kann, je nach ihrer Verteilung. Ohne Kenntnis der Massenverteilung ist es unzuverlässig, die Frequenzverschiebung in die Gesamtmasse umzuwandeln.

Relative Änderungen

Wenn jedoch während einem Experiment alle Teilchen ihre Masse um denselben Prozentsatz ändern, ändert sich die Gesamtfrequenzver-



5 MHz QCM Quarz-Sensor: Darstellung der Verteilung der Oszillationsamplitude für die Obertöne $n = 1, 3, 5$ und 7 , gemessen bei Biolin Scientific. Die Breite der Gaußschen Kurve hängt von der Obertonzahl ab – je höher der Oberton, desto schärfer die Gaußsche Kurve (normalisierte Darstellung). Die gestrichelten Kreise symbolisieren die obere (großer gestrichelter Kreis) und untere Elektrode (kleiner gestrichelter Kreis).

schiebung um denselben Prozentsatz, unabhängig von der Verteilung. Dies ermöglicht den Vergleich relativer Änderungen in der Massenverteilung.

Zum Beispiel, wenn Reinigungsmittel auf ihre Wirksamkeit bei der Entfernung von Fingerabdrücken getestet werden, können unterschiedliche Platzierungen des Fingerabdrucks auf dem Sensor unterschiedliche Frequenzverschiebungen ergeben. Die Wirksamkeit der Reinigungsmittel kann jedoch immer noch verglichen werden, indem man betrachtet, wie schnell sie einen bestimmten Prozentsatz der anfänglichen Frequenzverschiebung des Fingerabdrucks entfernen.

Dr. Raimund Sauter

06157 80710-24

sauter@qd-europe.com

Folgen Sie
uns auf
LinkedIn



Quantum Design –
Ihr Partner in Europa



Quantum Design GmbH
Breitwieserweg 9
D-64319 Pfungstadt
Telefon 06157 80710-0
E-Mail spectrum@qd-europe.com

Quantum Design AG Suisse
Telefon 021 8699033
Fax 021 869908
E-Mail dumouchel@qd-europe.com

Quantum Design Benelux
Tel. +32 23084324
Mobil +32 495 797175
E-Mail struyve@qd-europe.com

Die deutsche Ausgabe des Spectrum erscheint viermal jährlich. Für den Inhalt verantwortlich: Dr. Joachim Weiss



natureOffice.com/DE-617-2FMAE2K