



SPECTRUM

Fachinformation von Quantum Design Europe

Ausgabe 167 | November 2022

QCM-D von QSense: Die Vorteile der Messung von Obertönen

Mehrere Obertöne können zur Resonanz angeregt werden

Ähnlich einer Gitarrensaite kann ein QCM-Kristall zum Schwingen gebracht werden. Beim Grundton im hier beschriebenen Dickenschermmodus gibt es nur ein Maximum, bei Obertönen werden mehrere Maxima angeregt. Die Obertöne werden mit einer Zahl "n" gekennzeichnet. Die verfügbaren Obertöne sind die Grundwelle, $n = 1$, und eine Reihe von Obertönen zur Grundwelle, $n > 1$.

Die Grundschiwingung ist die Oberschiwingung mit der niedrigsten anregbaren Resonanzfrequenz, und die Obertöne schwingen mit einer Frequenz, die ein vielfaches höher ist als die Grundschiwingung. Bei AT-geschnittenen QCM-Kristallen, die im Dickenschermmodus schwingen, können nur die ungeraden Obertöne, $n = 1, 3, 5, \dots$, elektrisch angeregt werden (Abb. 1). Beträgt die Frequenz der Grundschiwingung $n=1$ beispielsweise 5 MHz, so schwingen die Obertöne bei ungeraden Vielfachen

der Grundschiwingung, d. h. 15 MHz ($n=3$), 25 MHz, 35 MHz usw.

QCM-Obertöne

Somit ist es möglich, QCM-Messungen bei verschiedenen Obertönen durchzuführen. Einige QCM-Instrumente arbeiten mit einer einzigen Harmonischen, d. h. sie regen den Kristall mit einer einzigen Frequenz an, wobei es sich entweder um die Grundfrequenz oder einen Oberton handeln kann. Andere QCM-Instrumente, so genannte multi-harmonische QCMs, messen bei mehreren Harmonischen. Die Anzahl der Frequenzen, die mit einem multiharmonischen QCM-System gemessen werden, kann von zwei aufwärts variieren. Die QSense-Geräte verwenden beispielsweise bis zu 7 Oberwellen,

>> Seite 2

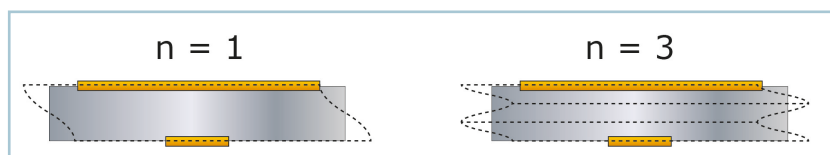


Abb. 1. Schematische Darstellung des Querschnitts eines AT-Cut-Kristalls, der im Dickenschermmodus schwingt. Links die Grundschiwingung $n = 1$ und rechts der Oberton $n = 3$ (Grafik: www.biolinscientific.com)

Das FusionScope – Korrelierte Mikroskopie völlig neu gedacht

Das FusionScope ist ein neuartiges und leicht zu bedienendes System von Quantum Design für den immer interessanter werdenden Bereich der

korrelativen Mikroskopie. Es wurde von Grund auf so entworfen, dass es die hohe Auflösung eines Rasterelektronenmikroskops (SEM) mit den breit gefächerten Anwendungsmöglichkeiten des Rasterkraftmikroskops (AFM) verbindet. Vereinigen Sie die Informationen aus Ihren SEM-Messungen mit „realer“ dreidimensionaler Topographie, sowie nanomechanischen, leitfähigen, aber auch magnetischen Eigenschaften charakterisiert mittels AFM.

Das FusionScope verfügt über ein innovatives gemeinsames Koordina-

>> Seite 3



Inhalt

Elektronenmikroskopie	3, 6, 11, 12
Imaging	7, 10, 12
Kryotechnologie	5
Life Science	2
Optiken	8
Spektroskopie	4
Über uns	5



Quantum Design
EUROPE

QCM-D von QSense: Die Vorteile der Messung von Obertönen

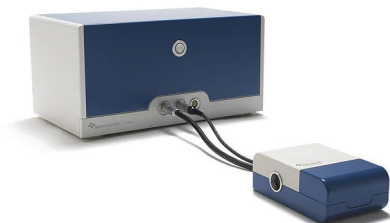
- » $n=1-13$. Bei der Grundfrequenz von 5 MHz werden die Sensoren bei 5, 15, 25, 35, 45, 55 und 65 MHz angeregt.

Informationen aus mehreren Oberwellen helfen bei der Interpretation der Daten

Jeder verwendete Oberton liefert etwas unterschiedliche Informationen über das untersuchte System, wodurch mehrere Obertöne für eine detailliertere Datenanalyse und ein besseres Verständnis der Vorgänge an der Sensoroberfläche genutzt werden können.

Bei einer QCM-Messung mit der Aufnahme mehrerer Oberschwingungen wird mit jeder Oberschwingung untersucht, wie das untersuchte System auf die Oszillation mit einer bestimmten Frequenz reagiert. Diese Information, dass das System sich bei einer Oberschwingung gleich oder anders verhält als bei einer anderen, kann genutzt werden, um etwas über die Materialeigenschaften des Systems zu lernen. Diese zusätzlichen Informationen (im Vergleich zur Verwendung von nur einer Oberwelle) sind bei der Interpretation von QCM-Daten nützlich.

Eine Analogie zwischen der Messung mit nur einem Ton und der Messung mit mehreren Obertönen ist das Fotografieren in Schwarz-Weiß oder in Farbe. Ein Farbfoto gibt viel mehr Informationen über das untersuchte Objekt preis als ein Schwarz-Weiß-Foto. Selbst wenn das Objekt nur schwarz-weiß ist, kann man sich nicht sicher sein, wenn man nur ein Schwarz-Weiß-Bild betrachtet. Nur anhand eines Farbfotos kann man sagen, dass das



QSense Explorer



QSense Analyzer

Objekt keine anderen Farben als Schwarz und Weiß hat.

Informationen aus mehreren Harmonischen sind für die viskoelastische Modellierung unerlässlich

Wenn es um QCM-Daten geht, liefern die zusätzlichen Informationen aus mehreren Harmonischen nicht nur relevante qualitative Informationen, sondern sind auch für die Durchführung viskoelastischer Analysen entscheidend. Um eine viskoelastische Modellierung durchführen zu können, müssen mehrere unbekannte Parameter (wie Dicke, Viskosität, Schermodul und die Frequenzabhängigkeit der Viskosität und des Schermoduls) an die gemessenen Daten angepasst werden. Zur Anpassung der unbekannten Parameter wird mindestens die gleiche Anzahl von Messgrößen benötigt, die in das Modell einfließen. Zusätzlich zur Frequenz kann die Messung des Energieverlusts im schwingenden System, die Dissipation (D), weitere Parameter liefern. Durch die Erfassung von f und D für drei Oberschwingungen haben wir sechs gemessene gegen fünf unbekannte Variablen im Modell, was theoretisch ausreicht, wenn wir voraussetzen, eine perfekte Messung und ein perfektes Modell zu haben. Da die Daten jedoch immer mit Rauschen behaftet sind und die Realität selten perfekt durch ein mathematisches Modell beschrieben wird, ist es ratsam, so viele Eingangsvariablen wie möglich zu verwenden, um zu sehen, wie

gut das Modell der Realität entspricht. Zum Vergleich: Es ist immer möglich, eine gerade Linie durch zwei gemessene Punkte zu ziehen, aber um sicher zu sein, dass sich das gemessene System entsprechend einem linearen Modell verhält, muss man mehr Datenpunkte zwischen den beiden Endpunkten messen und sehen, wie sie entlang der Linie fallen.

Abschließende Bemerkungen

Um die Informationsextraktion aus den gesammelten QCM-Daten zu maximieren und eine Analyse der viskoelastischen Eigenschaften des adsorbierten Films zu ermöglichen, werden Daten von mehreren Harmonischen benötigt. Bei der viskoelastischen Modellierung gibt es mehrere Unbekannte. Um diese zu bestimmen, reicht eine die Eingabe der Resonanzfrequenz f oder sogar sowohl der Resonanzfrequenz als auch des Energieverlusts D einer Frequenz nicht aus. Für die Modellierung einer einzelnen Schicht werden Informationen über f und D von mindestens zwei Harmonischen benötigt, was bedeutet, dass Obertonmessungen für eine angemessene Datenanalyse entscheidend sind.

Dr. Raimund Sauter

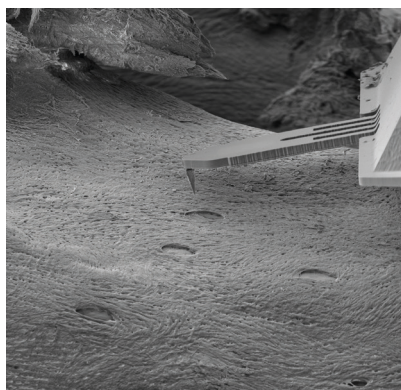
06151 8806-24

sauter@qd-europe.com

Das FusionScope – Korrelierte Mikroskopie völlig neu gedacht

» tensystem, um AFM- und SEM-Operationen zur Probenmessung und -positionierung automatisch aufeinander abzustimmen. Innerhalb einer einzigen Softwareoberfläche können Sie Ihren Messbereich leicht mit hoher Auflösung identifizieren, Ihre Probe messen und die Bilddaten in Echtzeit kombinieren.

Neue Anwender können die korrelative Mikroskopie direkt und unkompliziert aufgrund des integrierten Assistenten nutzen, während erfahrene Benutzer mit einem leistungsstarken System ausgestattet werden, das alle von ihnen vertrauten SEM- und AFM-Funktionen enthält.



Profile View mit dem FusionScope von einer Knochenoberfläche

Eine einzigartige Besonderheit des FusionScope ist der „Profile View“ – eine 80-Grad-Neigung der euzentrisch einstellbaren Probenplattform in Verbindung mit dem AFM. Damit lässt sich die AFM-Spitze schnell und präzise mit hoher lateraler Auflösung, selbst auf komplexen und schwierigen Probenoberflächen, positionieren und die AFM-Messung



Unser Team von Quantum Design auf der MNE 2022 beim Launch des neuen FusionScope

direkt an der gewünschten Stelle durchführen.

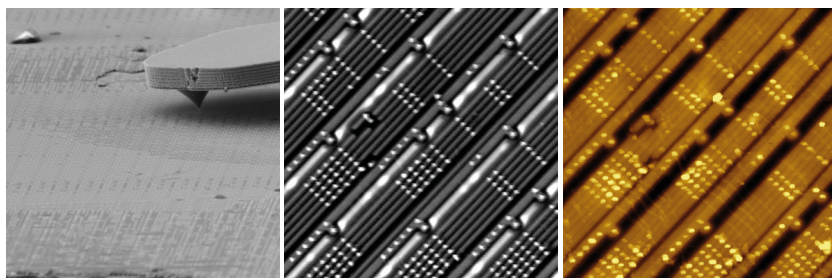
Konzentrieren Sie sich auf Ihre Forschung und lassen Sie das FusionScope den Rest erledigen. Die Software des FusionScopes bietet eine intuitive, sowie individuell anpassbare Benutzeroberfläche und integriert die Automatisierung der meisten Funktionen in hilfreiche Arbeitsabläufe. Die smarte Datenverwaltung organisiert sämtliche SEM- und AFM-Daten und ermöglicht einen einfachen Zugriff auf diese Daten, auch nach der Messung.

Nutzen Sie das FusionScope für eine umfassende Materialcharakterisierung Ihrer Proben und führen Sie korrelative Analysen von strukturellen, mechanischen, elektrischen sowie magnetischen Eigenschaften in genau dem Bereich durch, der für Sie von Interesse ist. Profitieren Sie vom schnellen und intuitiven Arbeitsablauf des FusionScopes und führen Sie Qualitätskontrollen von



Bauteilen, sowie Fehleranalysen von elektrischen Komponenten oder Halbleiterbauelementen auf hohem Qualitätsniveau durch. Charakterisieren Sie mühelos Nanostrukturen wie Nanodrähte, 2D-Materialien, Nanopartikel und viele mehr. Das FusionScope gibt Ihnen die volle Kontrolle über die Lokalisierung des gewünschten Bereichs, die Positionierung des Cantilevers und die Durchführung einer Vielzahl unterschiedlichster Messungen.

Interessiert? Dann informieren Sie sich über viele weitere Details des FusionScopes auf unserer neuen Webseite www.fusionscope.com.



(Links) Profile View von CPU-Chip und Cantilever. (Mitte) SEM Aufnahme CP-Chip (Rechts) AFM Aufnahme CPU-Chip

Chris Schwalb

06151 8806-661

schwalb@qd-microscopy.com

Spektroskopie mit schnellen Wiederholraten

Die Photosynthese in Pflanzen ist Gegenstand intensiver Forschung. Die Absorption von Licht und dessen Umwandlung in Energie folgt molekularen Mechanismen in Pigmenten bzw. den sogenannten lichtsammelnden Komplexen. Ihr Verständnis bringt uns weiter im Hinblick auf die Biologie als auch auf die Entwicklung effizienter Energiegewinnung aus Sonnenlicht. Unterschieden werden elektronische Anregungsprozesse in einzelnen Molekülen von kollektiven Anregungen in aggregierten Molekülen. Die nahe Umgebung der Pigmente erzeugt neue elektronische Energiezustände mit verbotenen und erlaubten Übergängen. Sie sind gekoppelt an intra- und intermolekulare Vibrationen. Diese sind als ursächlich anzusehen für die beobachteten extrem schnellen Prozesse auf der Femtosekunden-Skala. Zur Untersuchung dieser Prozesse wurden Methoden entwickelt, die es ermöglichen, Veränderungen im optischen Spektrum der Moleküle nachzuweisen. Dies ging einher mit der Erzeugung von immer kürzeren Laserpulsen, welche den Zugang zu solchen Phänomenen erlaubte. Weil die Zeitskalen molekularer Prozesse so kurz sind, kann das Heisenbergsche Unschärfeprinzip nicht ignoriert werden, welches besagt, dass Zeitpunkt und Energie nicht gleichzeitig mit beliebig hoher Auflösung bestimmt werden können. Die 2D-Spektroskopie ist das Ergebnis einer Weiterentwicklung der Pump-Probe-Spektroskopie, bei der zu verschiedenen Zeiten Informationen über die Besetzung und Übergangsraten elek-

tronischer Energieniveaus gewonnen werden. Zweidimensional meint in diesem Zusammenhang das Auftragen des Signals gegen die Frequenzen der Anregung und der Emission. Es gibt verschiedene methodische Realisierungen dieses Verfahrens, welche in der Veröffentlichung, die diesem Artikel zugrunde liegt, gut beschrieben werden (1).

Einigen dieser Methoden ist gemeinsam, dass sie die Aufnahme von Spektren mit hoher Wiederholrate verlangen. Abhängig von der gewählten Realisierung kann die spektrale Information als minimale Variation auf einem hohen Hintergrund verborgen sein. Diese schwachen Signale sichtbar zu machen, verlangt einen Detektor mit hoher Dynamik, dem Quotienten aus Pixelkapazität und Ausleserauschen. CCD-Detektoren stoßen oft an ihre Grenzen, weil das Ausleserauschen mit steigender Ausleserate zunimmt. Zunehmend bieten sich auch sCMOS-Kameras als Alternative an. Sie bieten hohe Ausleseraten verbunden mit einem sehr geringen Ausleserauschen. Mittlerweile gibt es CMOS-Sensoren mit großer Pixelgröße, welche Dynamik, Rauschen und Sensitivität ideal miteinander vereinen. Wir stellen hier zwei Kameras dieser Art vor, die sich für 2D- bzw. Pump-Probe-Spektroskopie als praxistauglich erwiesen haben. Die ZYLA-5.5 sCMOS (Andor Technology) ist in der Lage, schmale, 8 Zeilen hohe, Spektren bei bis zu 27000 Hz mit physikalischen 15 bit Intensitätsauflösung aufzunehmen. Die Marana sCMOS-Kameras (Andor Technology) mit ihrer höheren Quanteneffizienz erlauben Raten von bis zu 11655 Hz mit vergleichbarer Zeilenzahl und externen Triggerung. Im Multitrack-Modus ist es möglich,

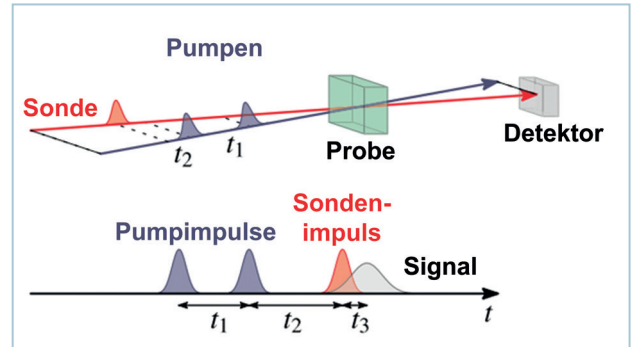


Abb. 1: Prinzip der 2D Spektroskopie. Aus (1)

räumlich getrennte Spektren fast gleichzeitig in schneller Folge aufzunehmen. Die schnellstmögliche Aufnahme rate ergibt sich dabei aus der Zeilenanzahl und ihrem Abstand auf dem Sensor. So sind auch für zwei Tracks mehrere Tausend Hz möglich. Weil das Binning von CMOS-Pixeln die 16 bit-Skala von 65536 AD counts sprengen würde, wurde eine FPGA-Vorverarbeitung implementiert, die die addierten Intensitätswerte im 32 bit Format an den Rechner überträgt.

Andor sCMOS-Kameras in Verbindung mit den Spektrographen der Kymera- und Shamrock-Serie zeigen damit eine Vielseitigkeit, die weit über die Möglichkeiten anderer Kamerahersteller hinausgeht. Falls Sie Interesse an weiteren Informationen haben, fordern Sie diese gerne an, oder besprechen Sie Ihre Anwendung mit einem unserer Produktmanager aus der Abteilung Spektroskopie & Imaging.

(1) A. Gelzinis, Ramūnas Augulis, Vytautas Butkus, Bruno Robert, Leonas Valkunas; BBA - Bioenergetics 1860 (2019) 271–285



Abb. 2: Andor Marana sCMOS Kamera

Dr. Thorsten Pieper

06151 8806-754

pieper@qd-europe.com

Vibrationen im OptiCool – Einmal genauer nachgeschaut

Das OptiCool ist ein optischer Kryostat mit supraleitenden Magneten und geschlossenem Heliumkreislauf von Quantum Design. Der supraleitende Magnet erfordert einen großen Kaltkopf, welcher konstruktionsbedingt erhebliche Vibrationen emittiert. Dank einer neuartigen Vibrationsisolierung ist die Probenkammer mechanisch fast vollständig vom Kaltkopf entkoppelt. Es gibt unterschiedliche Wege, eine geringe Vibrationsamplitude zu erreichen, wie dieser Artikel am Beispiel des X130 Positioniersystems zeigen wird. Allein die Amplitude reicht nicht aus, um die Performance bestimmter Versuchsaufbauten vorherzusagen.

Am Probenhalter, Sample Pod genannt, liegt die Amplitude bei gerade einmal 10 nm Peak-to-Peak bei 1.7 K Basistemperatur. Für die meisten Anwendungen wird ein Piezo-Positioniersystem für den Probenhalter benötigt. Diese Positionierer haben eine

niedrige Resonanzfrequenz und schwingen entsprechend stark, wenn sie angeregt werden. Auch bei Kryostaten mit einer Vibrationsisolierung ist die Amplitude auf den Positionierern deswegen nicht selten um

einen Faktor 5 - 10 höher als am Boden der Probenkammer.

Das X130 Positioniersystem besteht aus zwei ANPx311/RES/LT/HV Piezos (X und Y) und einem ANPz102/RES/LT/HV (Z) von Attocube. Gemessen wurde mit einem SmarAct PicoScale Laser Interferometer, welches auf eine Bandbreite von 153 Hz eingestellt wurde.

Abbildung 1 zeigt die zeitabhängige Auslenkung in (a) horizontaler und (b) vertikaler Richtung. Die Peak-to-Peak Auslenkung liegt gerade einmal bei 8-9 nm horizontal und 1.5 nm vertikal. Das sind dieselben Werte, wie sie auch direkt auf der Oberfläche des Sample Pods gemessen werden. Die Vibrationen fallen trotz des Positioniersystems nicht höher aus. Die Erklärung liegt in den geringen Kräften, welche auf den Sample Pod wirken. Eine geringe Amplitude kann entweder durch eine Minimierung der wirkenden Kräfte und/oder durch eine Konstruktion mit hoher Steifigkeit und damit hoher Resonanzfrequenz erreicht werden. Dass die geringe Steifigkeit der Piezos die Performance nicht verschlechtert, zeigt deutlich, dass kaum kinetische Energie vom

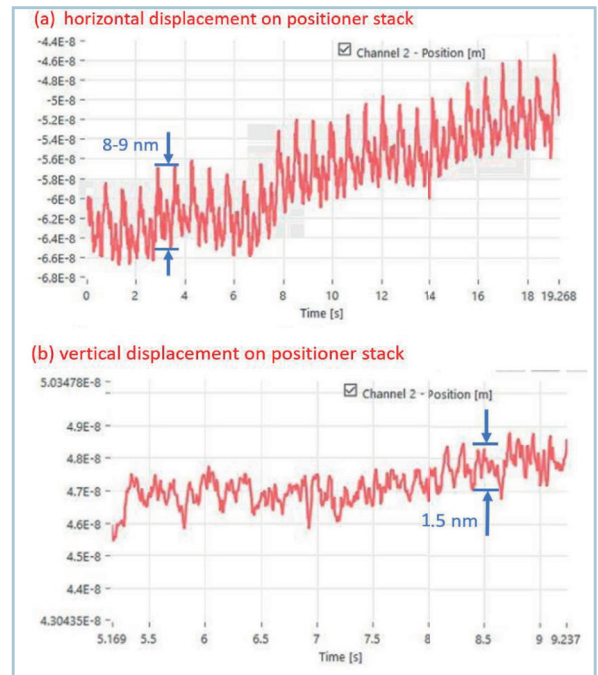


Abb. 1

Kaltkopf auf den Probenhalter übertragen wird. Es ist damit nicht notwendig eine Konstruktion hoher Steifigkeit zu verwenden. Das gilt entsprechend auch für alle Hardware, welche im Zuge des Experiments auf dem Sample Pod installiert wird (z.B. Probenhalter oder – wie gezeigt – Positioniersystem).

David Appel

06151 8806-499

appel@qd-europe.com



OptiCool

Darf ich mich vorstellen?

Hallo. Mein Name ist Simon Wittner und seit 2017 bin ich in der Service-Abteilung von Quantum Design für die Produktpalette der Probenvorbereitung für die Elektronenmikroskopie wie Sputtercoater und Kritisch-Punkt-Trockner zuständig.

Bevor ich bei der Firma Quantum Design (damals noch LOT-Quantum Design) meine Ausbildung zum Physikalaboranten gemacht habe, habe ich an der Universität Koblenz-Landau

die Fächer Physik, Erziehungs- und Bildungswissenschaften auf Lehramt studiert.

Abseits der Arbeit bin ich gerne und viel mit meiner Familie auf dem Rad in der Natur des vorderen Odenwaldes unterwegs.

Zu meinen Aufgaben bei Quantum Design gehören neben Wartung und Reparatur der angebotenen Geräte der Firma Quorum auch die Installa-

tion und Schulung beim Kunden im In- und Ausland, der Telefon- und Emailsupport sowie die Individuelle Lösungsfindung für den Kunden.

Sie können sich gerne mit Ihren Fragen an mich wenden.

Simon Wittner

06151 8806-578

wittner@qd-europe.com



Das Hitachi FlexSEM1000II – eine cleveres Kompakt REM mit hoher Flexibilität (Beitragsserie Teil 4):

Arbeiten mit dem FlexSEM – Die Nutzeroberfläche

Das FlexSEM wurde konzipiert um sich den Bedürfnissen und dem Können der Anwender anzupassen. Dabei bleibt die Bedienung stets übersichtlich und einfach und ermöglicht es, nahezu risikofrei schnell zum gewünschten Ergebnis zu gelangen.

Um eine sorglose Bedienung zu ermöglichen und z.B. zu verhindern, dass Probe und Objektiv bzw. Detektoren kollidieren, besitzt das System eine Reihe von Sicherheitsvorkehrungen. Im einfachsten Fall können spezielle zylinderförmige Probenhalter mit manueller Höheneinstellung genutzt werden (sogenannte Cup-shaped holder, siehe Abb. 1). Die Probe wird schlicht so positioniert, dass sie nicht über den oberen Rand

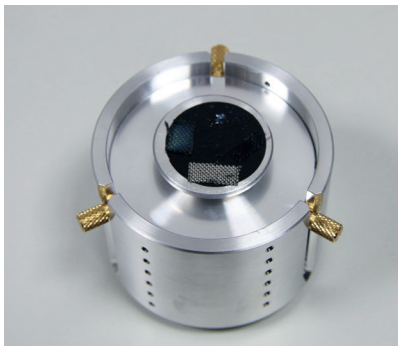


Abb. 1

herausragt – Augenmaß genügt. Erfahrenen Benutzern stehen natürlich auch weitere, z.B. „herkömmliche“ Probenhalter zur Verfügung. Die Höhe der Probe wird beim Eintritt in die Probenkammer sowohl softwareseitig als auch mechanisch überprüft. Beim Schließen der Kammertür muss der Halter an einer Höhenkontrolle vorbei. Ist die Probe trotz aller Vorsicht zu hoch eingebaut, schließt die Tür nicht. Die Kippung von Proben, möglich bis 90° (!), wird ebenfalls per Software überwacht.

Das FlexSEM ist mit einer Farb-Navigationskamera ausgestattet, um

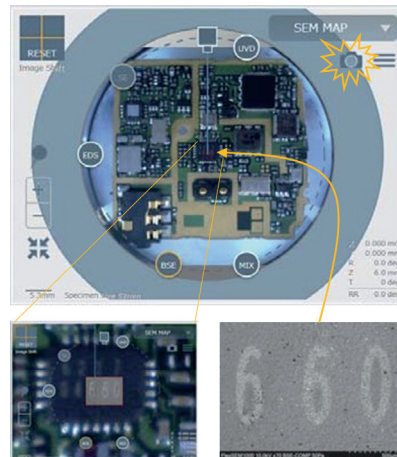


Abb. 2

eine übersichtliche Orientierung und Navigation auf dem Probenstisch zu gewährleisten. Die hochauflösende Aufnahme des Probenstisches ist in der Benutzeroberfläche unten rechts zu finden und wird als „SEM Map“ bezeichnet (Abb. 2). Es ist möglich in das Bild hinein zu „zoomen“, hochauflösende REM-Bilder darüber zu legen, eine höchstpräzise 3-Punkt-Kalibration von Farb- und REM-Bild durchzuführen oder Koordinaten zu registrieren, die später wieder angefahren werden können. Das Navigationsbild kann auch exportiert und somit für Reports gespeichert werden. Es enthält auf Wunsch Marker von allen Stellen, an denen REM-Bilder aufgenommen

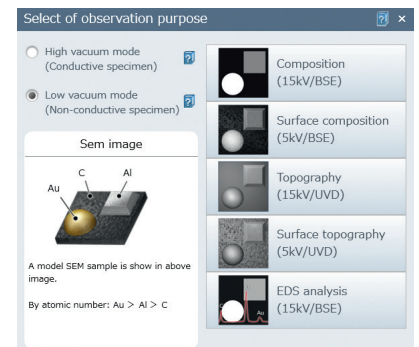


Abb. 3

men wurden um diese später genau zuordnen zu können.

Die Sicherheitsvorrichtungen, Fotodokumentation und das Laden der Probe sind für alle Anwender gleich. Dennoch gibt es drei unterschiedliche „Level“ innerhalb der Software:

- 1) Für Beginner lässt sich die Softwareoberfläche bis auf einige wenige Buttons wie „Auto Fokus“, „Auto Helligkeit/Kontrast“, „Kathodenstart“ und „Select of observation purpose“ vereinfachen. Mit Letzterem ist es möglich, zwischen den Voreinstellungen „Hochvakuum“ und „Niedervakuum“ sowie fünf verschiedenen, für den jeweiligen Zweck optimierten, Sets von Elektronenoptikparametern zu arbeiten (Abb. 3). Man wählt also z.B., ob man

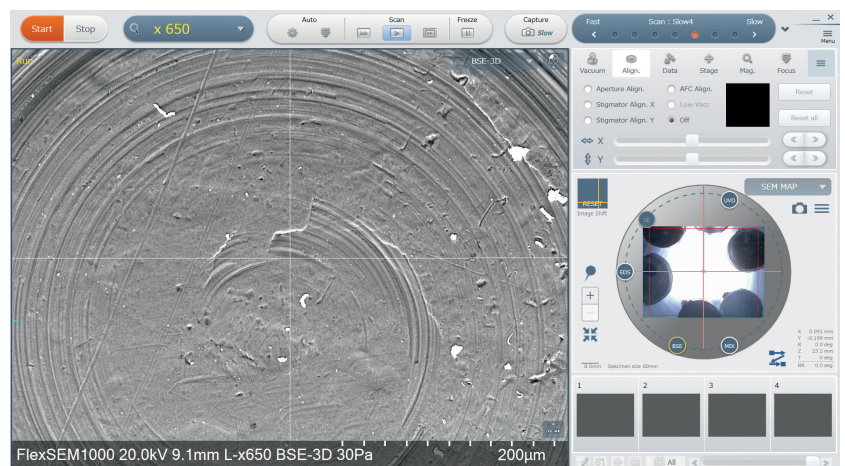


Abb. 4

- » oberflächensensitiv die Topographie abbilden oder doch eher die Zusammensetzung des Materials abbilden und untersuchen will.
- 2). Anwender, die bereits mit dem REM vertraut sind, können für die tägliche Routinearbeit Rezepte hinterlegen, so dass die Vergleichbarkeit der Analysen gegeben ist. Im Rezept lassen sich alle relevanten Parameter wie Vakuummodus, Beschleunigungsspannung und Detektor speichern und erneut aufrufen.
- 3). Für Anwender, die die volle Flexibilität und Performance des Gerätes nutzen möchten, steht nicht nur die Software (Abb. 4), sondern auch ein optional erhältliches Operational Panel (Abb. 5), sowie ein Trackball oder Joystick zur Navigation der Proben zur Verfügung, welche die Arbeit mit dem FlexSEM erheblich vereinfachen und



Abb. 5

vor allem: beschleunigen. Alle relevanten Einstellfunktionen sind sofort zugänglich: Helligkeit, Kontrast, Scanmodi und die bei hohen Vergrößerungen so wichtige Justage der Stigmatoren.

Über das Anlegen von Benutzerkonten ist es schließlich möglich,

die Benutzeroberfläche mit oben beschriebenen Auslegungen individuell festzulegen.

Dr. Dominic Vogt

06151 8806-557

vogt@qd-europe.com

Neue Hochleistungsröntgenquellen für XRF- und Bildgebungsanwendungen

Die HPC-Hochleistungsrohren sind für XRF- und Bildgebungsanwendungen konzipiert.

Es kann zwischen Wolfram- und Mo-lybdän-Targets gewählt werden. Der

kV-Bereich beträgt 10-75 kV bei konstanter Leistungsaufnahme von bis zu 350 Watt.

Die Röhre ist luftgekühlt und die „Push / Pull“ - Konfiguration ermög-

licht es, die warme Luft nach außen zu leiten. Für XRF-Anwendungen ist der Konus an der Basis vakuumversiegelt.

Die HPC-Röhren verfügen über eine Strahlungsabschirmung.

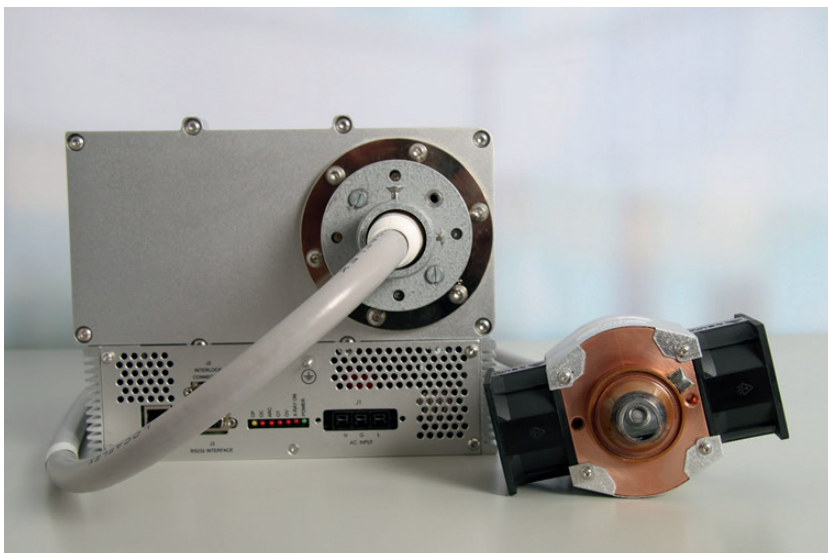
Typische Anwendungen:

- Lebensmittelinspektion
- Dickenmessungen
- Erkennen und Sortieren von Metallschrott

Uwe Schmidt

06151 8806-15

schmidt@qd-europe.com



Die Sonne im Licht der H α -Wasserstofflinie

Die Sonne ist unser Stern am Tageshimmel und spendet neben Licht, Wärme und Leben auch eine Reihe von spektakulären Phänomenen, die wir mit speziellen Sonnentele-skopen studieren können. Im sichtbaren Licht der elektromagnetischen Strahlung (bei ca. 400-780 nm Wellenlänge) können beispielsweise Sonnenflecken beobachtet werden (siehe Abb. 1 links). Das sind Gebiete erhöhter magnetischer Aktivität, die den Nachschub von Wärme via Konvektion aus dem Son-

sphäre, der untersten Schicht der Sonnenatmosphäre.

Oft werden diese Aktivitätsregionen auch durch Gasausbrüche begleitet. Diese Protuberanzen strahlen im roten Licht der H α -Linie bei 656,3 nm und können im Gegensatz zu den Sonnenflecken nicht im gesamten sichtbaren Bereich beobachtet werden, da sie regelrecht von der Photosphäre überstrahlt werden. Nur während einer totalen Sonnenfinsternis kann der Sonnenrand samt Protuberanzen für wenige Sekunden beobachtet werden. Mit bloßem Auge kann dann tatsächlich die Chromosphäre untersucht werden – die Gas-schicht der Sonne, die an der Photosphäre anschließt und ca. 2000 km mächtig ist. Im Vergleich zum Sonnenradius von knapp 700.000 km ist das aber nicht viel.

und nur die Wellenlänge um 656 nm passieren lassen (siehe Abb. 2).

Auf der Sternwarte Meckesheim wird die Sonne regelmäßig beobachtet. Der Grund: Es ist nach wie vor unklar, wann, wie und warum die zahlreichen Phänomene in der Sonnenatmosphäre auftreten. Regelmäßige

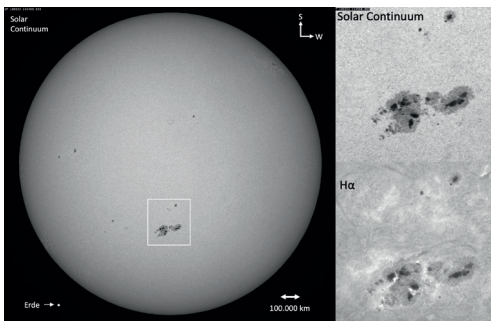


Abb. 1: Links: Die Photosphäre der Sonne im grünen Licht des sichtbaren Bereichs aufgenommen mit einem Baader Solar Continuum-Filter (535-545 nm) am 19.05.2022 von der Volkssternwarte Meckesheim. Rechts oben: Detailaufnahme einer großen Sonnenfleckengruppe im grünen Licht. Rechts unten: Detailaufnahme der Chromosphäre im Licht der H α -Linie bei 656,3 nm mit der Konfiguration aus Abb. 4. Man erkennt deutlich die filamentartigen Strukturen in der Aktivitätsregion, die auf Gaseruptionen im Magnetfeld der Sonnenflecken zurückzuführen sind. Die hellen Regionen zwischen den Sonnenflecken (sog. Fackeln) sind besonders heiße und aktive Bereiche.

neninneren stören. Dadurch sind diese Regionen um ca. 1500 Grad kühler als die etwa 5000 Grad heiße Umgebung der sogenannten Photo-

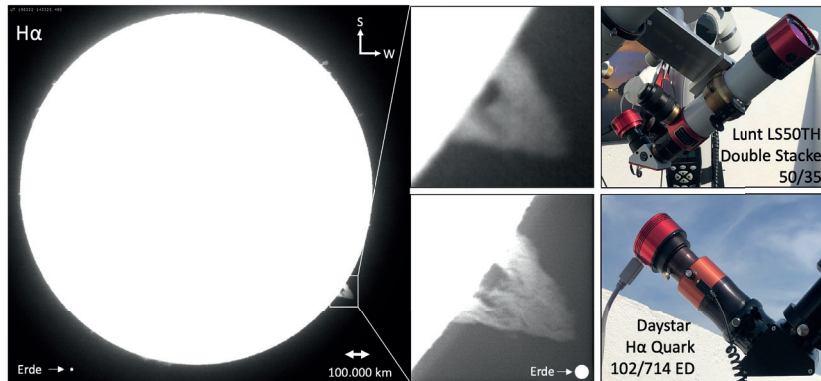


Abb. 2: Links: Übersichtsbild der Sonne im H α -Licht aufgenommen am 19.05.2022 mit einem Sonnenteleoskop der Firma Lunt bei 50 mm Öffnung und 350 mm Brennweite von der Volkssternwarte Meckesheim. Um die schwachen Protuberanzen am Sonnenrand abzubilden, muss die Sonnenscheibe überbelichtet werden. Rechts: Detailansicht der Protuberanz bei 50 mm Öffnung und 350 mm Brennweite (oben) und bei 102 mm Öffnung und 3070 mm Brennweite aufgenommen mit der Konfiguration aus Abb. 4. Man erkennt deutlich die bessere Auflösung, die gerade für Detailstudien erforderlich ist.



Abb. 3: Der sog. Sonnenturm der Sternwarte Meckesheim: Mit den beiden Teleskopen auf der rechten Seite können Übersichtsbilder der Sonne im Bereich 535-545 nm und im Licht der H α -Linie sowie im Licht der Ca K-Linie bei 393,4 nm aufgenommen werden. Die drei Refraktoren auf der linken Seite sind mit QUARK-Okularfilter ausgestattet und ermöglichen simultane Aufnahmen im Licht von H α (656,3 nm), Na D2 (589,0 nm) und Mg I b2 (517,3 nm). Der Einsatz verschiedener Filter erlaubt u.a. die Untersuchung spezieller solarer Phänomene in verschiedenen Entwicklungsstadien.

Beobachtungen der räumlichen und kinematischen Veränderungen der solaren Phänomene können mehr Daten für die Überprüfung von physikalischen Modellen komplexer magnetohydrodynamischer Prozesse liefern, um die teilweise noch geheimnisvolle Natur unserer Sonne besser zu verstehen.

Teile der gewonnenen Daten werden in zentralen Datenbanken astronomischer Vereinigungen hochgeladen und stehen interessierten Amateuren und Wissenschaftlern zur Verfügung.

Abb. 3 zeigt den sog. Sonnenturm der Sternwarte: Einen Aufbau von fünf Sonnenteleסקopen mit den es möglich ist, simultan in vier verschiede-

» ne Bänder im sichtbaren Bereich mit Bandbreiten von 0,04 bis 10 nm Aufnahmen zu machen

Unter anderem kommt ein H α -QUARK-Okularfilter der Firma Daystar zum Einsatz. Dieser Filter beherbergt eine 4,3-fache Brennweitenverlängerung, einen 12 mm-Blockfilter und ein 21 mm-Etalon. Für die Regulierung der Wellenlänge wird das Etalon mit 1,5 A bei 5 V über ein Netzteil erwärmt. Ein Blenden-system sorgt für die Reduktion von Streulicht und garantiert einen hohen Kontrast.

Abb. 4 zeigt den Aufbau für Detailuntersuchungen von Aktivitätsregionen im H α -Licht an einem Refraktor mit 102 mm Öffnung und 714 mm Brennweite. Die Bildgebung erfolgt über eine monochrome Astrokamera, in der ein Sony IMX174LLJ CMOS Chip verbaut ist und bis zu 120 Bilder pro Sekunde liefert. Dadurch kann die Luftunruhe weitgehend „eingefroren“ werden. Wegen ihrer höheren Auflösung werden monochrome Kameras gegenüber Farbkameras bevorzugt.

Untersuchungen im Licht der H α -Linie zeigen Veränderungen von Protuberanzen, Filamenten und Fackeln in Zeitskalen von wenigen Minuten, während bei Phänomenen der Photosphäre (z.B. Sonnenflecken) erst nach einigen Stunden merkliche

strukturelle Änderungen nachgewiesen werden können. Aus diesem Grund sind H α -Beobachtungen besonders interessant.

Nach über sechs Jahren im regelmäßigen Einsatz konnte eine Reduktion des Kontrastes der Abbildung von Aktivitätsregionen der Chromosphäre beobachtet werden: Protuberanzen auf der Sonnenscheibe, die als dunkle Filamente erkennbar sind waren kaum sichtbar (Siehe Abb. 5 oben).



Abb. 5: Eine H α -Aufnahme vor und nach dem Austausch des Blockfilters. Man erkennt unten deutlich die zahlreichen Strukturen, die zum Vorschein treten und die Sonnenaktivität charakterisieren.

Die Ursache war schnell klar: Die Empfehlung des Herstellers bei Teleskopen ab 80 mm Öffnung einen UV-IR/Filter vor dem Quark-Filter zu schalten wurde nicht konsequent eingehalten. Die Hoffnung war nun, dass nicht das Etalon beschädigt



Abb. 6: Das Sonnenlicht tritt über diesen 12 mm großen Bandpassfilter (Blockfilter) in das Filtersystem des H α -QUARK-Okularfilters der ein und sorgt für eine drastische Reduktion der Wärmentswicklung.

wurde. Auf den Verdacht hin, dass nur der Blockfilter in Mitleiden-schaft gezogen wurde (siehe Abb. 6), wurde bei Quantum Design der Bandpassfilter 656FS02-12.5 bestellt.

Dieser erfüllt mit einer Zentralwellenlänge von 656.3 nm $\pm 0.2/-0$ nm, einer Halbwärtsbreite von 1.0 nm ± 0.2 nm bei einer Transmission von mind. 45% und einer Blockung von mind. OD4 die Anforderungen für den korrekten Betrieb des Okularfilters. Nach dem einfachen Umbau konnten mit Erleichterung festgestellt werden, dass die Abbildung wieder so kontrastreich war wie davor (siehe Abb. 5 unten). Nun verhindert ein fest installierter UV/IR-Filter in der Umlenkoptik die vorzeitige Alterung des Okularfiltersystems.

- Dr. Gerhard Hirth
- Sternwartenleiter
- Volkssternwarte Meckesheim
- www.sternwarte-meckesheim.de

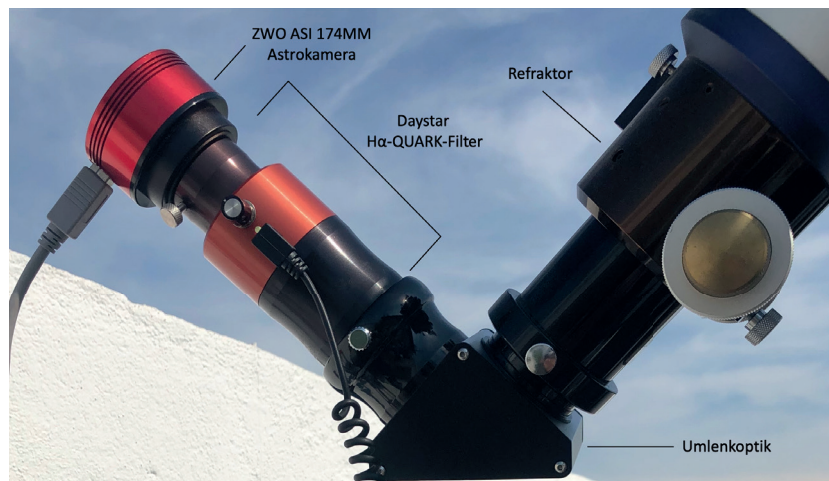


Abb. 4: Optische Konfiguration für räumliche und kinematische Untersuchungen der Phänomene der solaren Chromosphäre. Das Sonnenlicht des Refraktors gelangt über eine Umlenkoptik durch das H α -QUARK-Okularfilter von Daystar. Die Abbildung erfolgt mittels einer Astrokamera, die an einem Notebook angeschlossen ist.

Jörg Tobisch

06151 8806-50

tobisch@qd-europe.com

» Zusammenfassung

Wir haben gezeigt, dass Labor-XAS mit dem QuantumLeap System von Sigray synchrotron-ähnliche Ergebnisse für hochenergetische XAS-Analyse liefern kann. Mithilfe bewährter Software wurden die Messungen an einer Zr-Folie in

quantitative Ergebnisse überführt (Bindungslänge, Koordinationszahl und lokale atomistische Unordnung).

[1] B. Ravel and M. Newville, ATHENA, ARTEMIS, HEPHAESTUS: data analysis for X-ray absorption spec-

troscopy using IFEFFIT, Journal of Synchrotron Radiation 12, 537–541 (2005).

Dr. Andreas Bergner

06151 8806-12

bergner@qd-europe.com

Mit Abstand besser

Einfluss des Abstands zwischen Target und Probe beim Sputtern

Die meisten Proben, die wir mittels Rasterelektronenmikroskopie untersuchen wollen, sind klein. Da meist nur ein sehr kleiner Teil interessiert oder man davon ausgeht, dass die Probe überall ähnlich ist, reicht es auch, nur einen Teil der Probe (gebrochen, geschnitten, gesägt, gerissen...) zu analysieren. Die Proben passen also meist auf einen Standard-Probenstübchen (12,5 mm Ø). Von diesen Stüben können sechs Stück auf den Standardprobenhalter eines Q150-Desktopbeschichters gesetzt werden. Die Proben sitzen in einem Ring und befinden sich in Relation zu dem am Target gezündeten Plasma im optimalen Bereich für eine Beschichtung.

Hin und wieder kommt es aber vor, dass man größere Proben zerstörungsfrei untersuchen möchte – zum Beispiel einen 4"-Wafer oder sogar Größeres – immerhin hat unsere Probenkammer einen Durchmesser von 150 mm. Um zu verstehen, welcher Bereich in welchem Maße beschichtet wird, machen wir einen einfachen Versuch. Wir schneiden uns eine Plexiglasscheibe auf etwa 10 cm x 10 cm Größe zu und beschichten diese mit Gold. Um die Beschichtung besser beurteilen zu können, kleben wir einen Streifen Klebeband mittig einmal quer über die Scheibe. Dann legen wir sie auf einer für Beschichtungen üblichen Höhe in die Kammer (Abbildung 1a: 55mm vom Boden). Die Scheibe wird mit Gold besputtert

(20 mA Sputterstrom für zwei Minuten). Die resultierende Schicht sehen Sie in Abbildung 1b. Es wurde hauptsächlich der Bereich direkt unter dem Target beschichtet (wo sich beim Standardhalter die Stüben befinden). Zum Rand hin nimmt die Schichtdicke schnell ab. Legen wir die Probe etwas tiefer in die Kammer (Abbildung 2a: 30 mm), sieht das schon etwas anders aus. Die Schicht wird etwas gleichmäßiger, ist bei dieser Probe aber trotzdem noch nicht bis in die Ecken zu sehen. Jetzt kommt die hohe Probenkammer zum Einsatz. In Abbildung 3a ist der Sputter Coater damit ausgerüstet. Dazu wird die mit rotem Pfeil markierte Schraube hinter der Kammer gelöst und der Galgen kann in die hohe Position gezogen werden, damit die hohe Kammer eingebaut werden kann. Die Probe wird wieder mit 20 mA Sputterstrom mit Gold beschichtet. Dieses Mal aber länger. Wir haben jetzt einen viel größeren Abstand zur Quelle und wir dürfen nicht vergessen, dass wir die Kammer immer mitbeschichten. Die Probe ist wieder auf 55 mm Höhe vom Boden der Kammer und wir beschichten für sechs Minuten. Wir bekommen eine dünnere Schicht, wie man in Abbildung 3a sieht, aber dafür erreicht diese auch die Ecken der Scheibe. Die Schicht wirkt viel gleichmäßiger.

Bei runden Proben wie z.B. 4-Zoll-Wafern ist das etwas einfacher. Bei

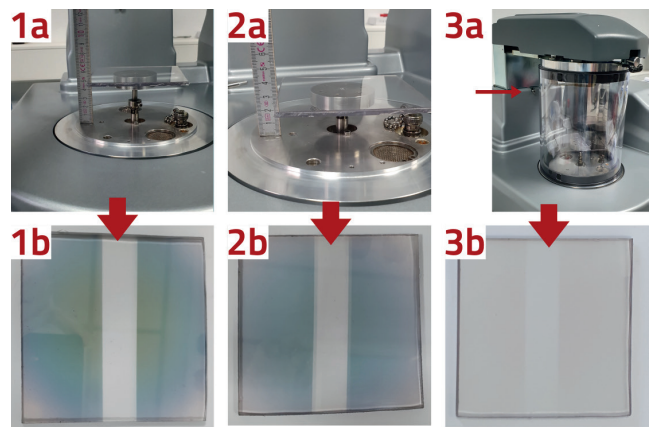


Abb.1: verschiedene Abstände zw. Probe und Target. (in 1b und 2b spiegelt sich die Decke in der Glasscheibe)

dieser Größe haben wir das Problem nicht, dass die Ecken unbeschichtet bleiben. Hier kann man auch mit der 4-Zoll-Waferbühne mit Exzentergetriebe arbeiten. Die Rotation der Probe wird leicht zum Target versetzt. Durch die dezentrale Drehung unter dem Target hindurch kann eine gleichmäßigere Beschichtung entstehen. Die Test-Plexiglasscheibe hat leider eine zu große Diagonale, als dass sie mit dem Exzentergetriebe beschichtet werden könnte.

Haben Sie große Proben die gleichmäßig beschichtet werden sollen? Versuchen Sie doch mal den Abstand zum Target zu variieren.

www.qd-europe.com/sputter-coater-kohlebeschichter

Anne Kast

06151 8806-456

kast@qd-europe.com

Marana-X-11 – größerer Sensor für den EUV und weichen Röntgenbereich



Andor Technologies erweitert sein Portfolio mit einer unbeschichteten, back-illuminated sCMOS Kamera für den weichen Röntgenbereich.

Aufbauend auf dem Erfolg der Marana-X, hat Andor Technologies die Marana-Plattform um einen großformatigen Chip für die direkte Röntgendetektion ergänzt. Mit der 32mm großen Sensordiagonale adressiert diese Kameraoption die Wünsche aus den Anwendungsgebieten der Röntgen-/EUV-Tomographie und der Higher Harmonics Generation nach einem größeren Bildfeld.

Während in diesem Energiebereich meist langsam digitalisierende CCD-Kameras eingesetzt werden, stellt die Marana-X speziell bei Photonenenergien von 80 eV bis 1 keV einen bedeutenden technischen Fortschritt dar. Insbesondere die Kombination von herausragender Quanteneffizienz, tiefer thermoelektrischer Kühlung und einem niedrigen Ausleserau-

schen trotz hoher Framerate sind einzigartig. Die Marana-X verfügt sowohl über eine hohe Sensitivität als auch eine hohe Dynamik.

Ein weiterer großer Vorteil der sCMOS – gegenüber der CCD-Technologie – ist der elektronische Shutter. Somit muss kein vakuumtauglicher, mechanischer Shutter eingesetzt werden, um ein Verschmieren des Bildes während des Auslesevorgangs zu verhindern.

Wie sämtliche Kameras auf Basis der Marana-Plattform kann bei spektroskopischen Anwendungen die Datenübertragung zum PC durch vertikales oder auch benutzerdefiniertes FPGA-Binning optimiert werden. Die nötige Datentiefe wird in einem solchen Szenario durch das 32-bit Datenformat ermöglicht.

Als Dateninterface kann zwischen USB3 und CoaXPress gewählt werden. Dies ermöglicht sowohl eine leichte Integration des Experiments wie auch

eine verlässliche Datenintegrität bei der Anbindung des Messaufbaus über lange Distanzen.

Antoine Varagnat, Andor's Business Manager für Physical Sciences, sagt dazu:

"Marana-X 11 is a terrific addition to our growing portfolio of high-performance cameras. This latest detector is super-fast and sensitive, while it also benefits from a high dynamic range and high quantum efficiency, making it the optimal solution for direct soft x-ray and EUV imaging."

"With a drive to upgrade high energy physics sources worldwide, to higher fluxes and repetition rates, this innovative product will help scientists make the most of these advances."

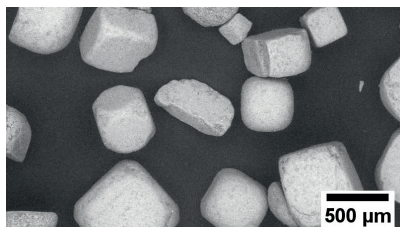
Markus Krause

06151 8806-558

krause@qd-europe.com

Was war das? – Auflösung aus Spectrum 166

Anhand der Gegenüberstellung können Sie es vielleicht schon erraten – es ist einfaches Kochsalz.



Haben Sie auch schon Dinge aus Ihrem Alltag im REM analysiert und dabei etwas Interessantes festge-



stellt oder zumindest hübsche Details gefunden, die mit dem bloßen Auge oder sogar dem Lichtmikroskop nicht zu erkennen waren? Lassen Sie es uns gerne wissen!

Anne Kast

06151 8806-456

kast@qd-europe.com

Quantum Design –
Ihr Partner in Europa



Quantum Design GmbH
Im Tiefen See 58
D-64293 Darmstadt
Telefon 06151 8806-0
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

Folgen Sie uns auf LinkedIn:
<https://www.linkedin.com/company/quantum-design-europe>

