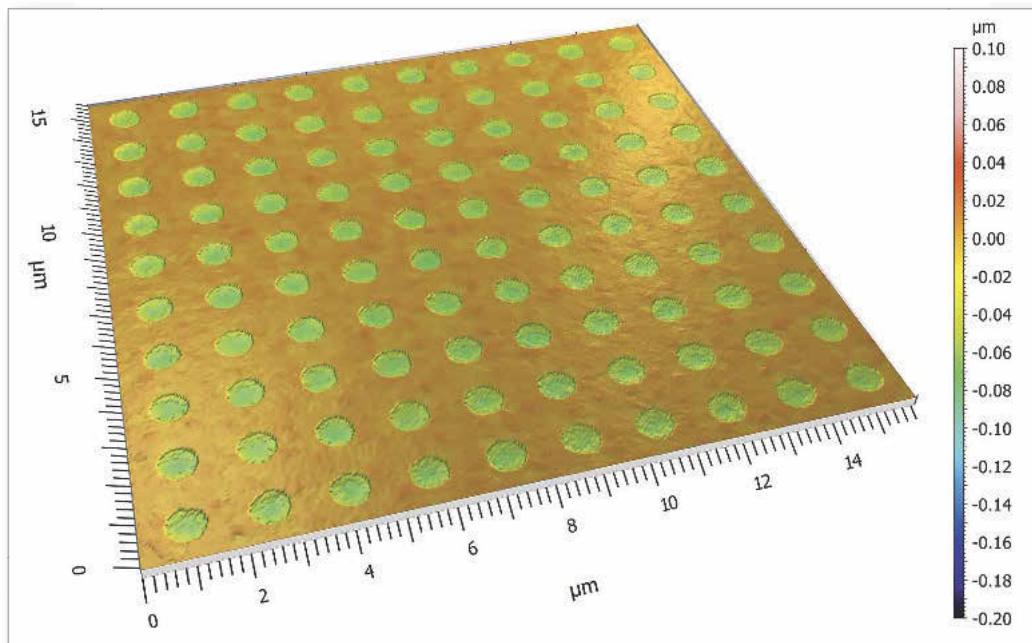


Die 3D-Darstellung eines 10 x 10 Via-Ausschnitts (ca. 16 x 16 µm²). Deutlich sichtbar sind die scharfen Kanten der Vertiefungen  
Bilder: Solarius



### Konfokale Mikroskopie für die 3D-Vermessung

# Nanogeometrien in 3D

**Während Höhenmessungen** im Nanometerbereich mittels konfokaler 3D-Messtechnik zum Alltag gehören, lassen sich nun auch erstmals laterale Strukturen im Sub-Mikrometer-Bereich hochpräzise vermessen. Eine Studie von Solarius zeigt, wie Micro-Vias besser zu qualifizieren sind.

**Bei der Vermessung von Strukturen** im Sub-Mikrometer-Bereich bieten sich bisher wenige, relevante Alternativen zur Rastersonden- oder Elektronenmikroskopie. Beide Verfahren sind zeit- und arbeitsintensiv und erfordern geschulte Anwender zur Einrichtung der Messungen. Nachteile dieser Messverfahren sind, dass Oberflächenmerkmale durch Scherkräfte im Kontaktmodus verfälscht werden können, die Messnadel unausgeglichen reagiert oder, dass Messungen nicht zerstörungsfrei möglich sind.

Die Weißlichtinterferometrie erlaubt die Gewinnung von 3D-Informationen mit Höhenauflösungen sogar unterhalb 1 nm. Jedoch ist die laterale Auflösung von Interferometern für die Messung von Strukturen unterhalb eines Mikrometers nicht ausreichend und begrenzt auf 0,20 bis 0,40 µm, da mit weißem Licht gearbeitet wird. Anders als bei Triangulationsverfahren ist die Messgenauigkeit der Weißlichtinterferometrie nicht von der Entfernung des Messobjekts abhängig, was dieses Messverfahren für verschiedenste Objekte und Oberflächen, wie tiefe Bohrungen oder transparente Flächen, geeignet macht. Beim fertigungsnahen Messen kann es jedoch zu Schwierigkeiten kommen, da das Verfahren sehr erschütterungsempfindlich ist.

Eine weitere Möglichkeit zur Gewinnung von 3D-Informationen ist die konfokale 3D-Mikroskopie. Die konfokale Ausblendung defokussierter Punkte erlaubt neben der Gewinnung hochpräziser Höheninformationen auch laterale Auflösungen unterhalb derer gewöhnlicher Auf- oder Durchlichtmikroskope. Wie jedes Messverfahren ist die konfokale Technik ebenfalls nicht frei von Artefakten. Bei rauen und feinstrukturierten Ober-

flächen erweist sie sich jedoch als robuster gegenüber anderen Verfahren, im Vergleich zur Rasterkraftmikroskopie (AFM) können große Bereiche mit hoher Geschwindigkeit erfasst werden. Die konfokale 3D-Mikroskopie, basierend auf bisher bekannten Methoden, scheitert jedoch bei der Messung dünnster, transparenter Schichten im Bereich eines Mikrometers und darunter an der Trennung der einzelnen Oberflächen voneinander.

Obligatorisch für die Messung mit höchsten Auflösungen ist die Konstruktion von Mikroskopen mit beugungsbegrenzter Strahlführung und die Verwendung von Objektiven mit hoher numerischer Apertur. Während dies bei verhältnismäßig langsameren Laser-Scanning-Systemen noch leicht realisiert werden kann, führt die als Lochblende verwendete, rotierende Scheibe bei Spinning-Disc-Konfokalmikroskopen zu Abbildungsfehlern, also zu Abweichungen von der optimalen Abbildung durch das optische System, die eine Messung von Mikrogeometrien unmöglich machen.

Die Rolle von Abbildungsfehlern ist nicht zu unterschätzen, nur bei qualitativ sehr hochwertigen Optiken ist der Einfluss dieser Fehler physikalisch bedingt gering. Mit dem Einsatz von Lochblenden ist zwar ein schnelles Abrastern garantiert, oftmals geht jedoch ein Großteil der Beleuchtung an der Scheibe verloren. Enthalten die zu Proben dann zudem transparente Schichten, deren Dicken im Bereich der Halbwertsbreite des Konfokalsignals liegen, scheint die Gewinnung zuverlässiger Höheninformationen unmöglich.

In einer Studie von Solarius (Halle 7, Stand 7418) wurde eine Inspektion von sogenannten Copper-Pillars

### Der Autor



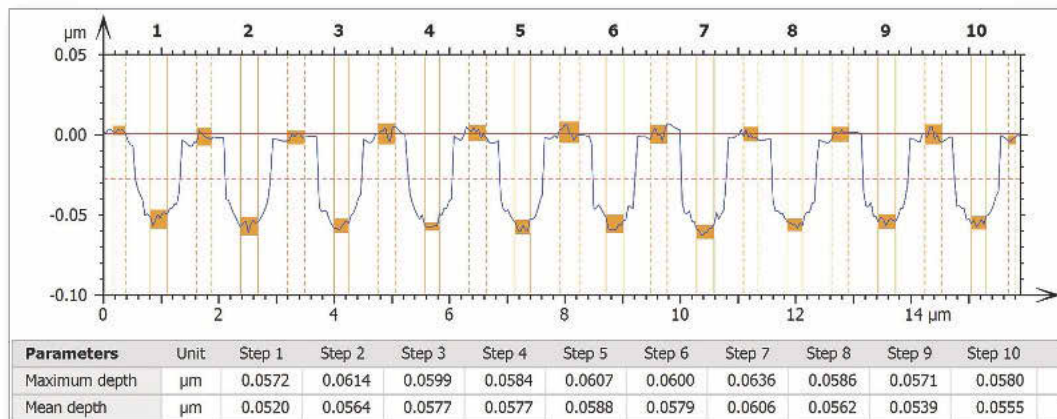
**Dennis Jansen**  
Application Specialist  
Solarius  
www.solarius-europe.com

vorgenommen. Diese mikroskopischen Kupfersäulen bestehen aus einem Zylinder aus Kupfer und einer kleinen Kappe aus Lötzinn und finden in der Chipherstellung Verwendung. Sie bilden in einer transparenten Matrix eingebettete Vertiefungen von wenigen zehn Nanometern mit Durchmessern und Abständen von deutlich unterhalb von 1  $\mu\text{m}$ . Sie liegen somit bezüglich der lateralen Dimension in einem absoluten Grenzbereich der Mikroskopie.

Die Aufnahme der Bilddaten geschieht in bekannter Weise. Der zu untersuchende Höhenmessbereich wird durchschritten und zu jedem Schritt wird ein konfokales Mikroskopbild aufgenommen. Der Pixelabstand beträgt nur 42 nm. Mit einer Überabtastrung mittels einer 4,2 Mio. Bildpunkte auflösenden Kamera und einer numerischen Apertur von 0,95 (ohne Immersion) wird das bestmögliche laterale Auflösungsvermögen des beugungsbegrenzt messenden Mikroskops garantiert. Das Messfeld ist mit über 7.500  $\mu\text{m}^2$  verhältnismäßig groß, sodass mehr als 3.000 der zu untersuchenden Strukturen gleichzeitig erfasst werden können.

Über eine komplexe Auswertung der Konfokalkurven wird jeder X-Y-Koordinate ein oder – in Schichtsystemen – mehrere Höhenwerte zugewiesen. An dieser Stelle setzt Solarius an.

In einer Konfokalkurve sind nicht nur Höhen- und Reflexionsinformationen eines Bildpunktes enthalten, sondern auch umfangreiche Information über die Abbildungsfehler des verwendeten Messsystems. Diese kön-



Profilschnitt durch eine Reihe von Vias mit Tiefenmessung

nen mittels einer Algorithmik mathematisch bestimmt und sodann von der Berechnung der Oberflächentopographie ausgeschlossen werden.

Auf diese Weise werden Objekte selbst mit kleinsten Strukturen mit hoher Wiederholgenauigkeit erfasst und vermessen. Die Tiefen-Durchkontaktierungen (Vias) konnten dabei mit einer Wiederholbarkeit von nur 2,9 nm genau berechnet werden. Die Bestimmung der Durchmesser ergab eine Wiederholgenauigkeit von gerade einmal 6,5 nm, was weniger als 1 % der gemessenen Größe entspricht.

Über diese neuartige Auswertung der ermittelten Konfokaldaten ist es Solarius möglich, auch bei Mikrogeometrien und dünnsten, transparenten Schichten realitätsgetreue 3D-Abbildungen von Oberflächen zu erstellen. Damit stößt die vorgestellte 3D-Messmethode in eine konkurrenzlose Nische vor und übertrifft konventionell scannende Untersuchungsmethoden im Hinblick auf Messgeschwindigkeit, Flächenakquisitionsrate und Qualität der optischen Messdaten bei weitem. ■

**FARO**

CONTROL 2019, 7. – 10. Mai 2019  
Halle 3 Stand 3401

## FARO® 8-AXIS QUANTUM SCANARM

INNOVATIVE ECHTZEIT-TEILEROTATION ZUR OPTIMIERUNG VON QUALITÄTSPRÜFPROZESSEN.



Nahtlose Integration eines portablen Messarms mit einer 8. Achse für einfachere und schnellere Messungen

- Datenerfassung mit wenigen Bewegungen und reduzierten Neupositionierungen
- Bis zu 40% Zeitersparnis bei der Messung von Bauteilen
- Fokussierung auf die eigentliche Messung
- Höchste Genauigkeit der Punktwolken Daten dank hoher Geschwindigkeit mit FAROBlu™ Laser Line Probe
- Hochauflösendes 3D-Farbscannen mit FARO Prizm™ Laser Line Probe



3D MANUFACTURING  
The Measure of Success

Kontaktieren Sie uns: [www.faro.com/faroarm](http://www.faro.com/faroarm)  
Kostenlose Hotline: 00800-3276-7253