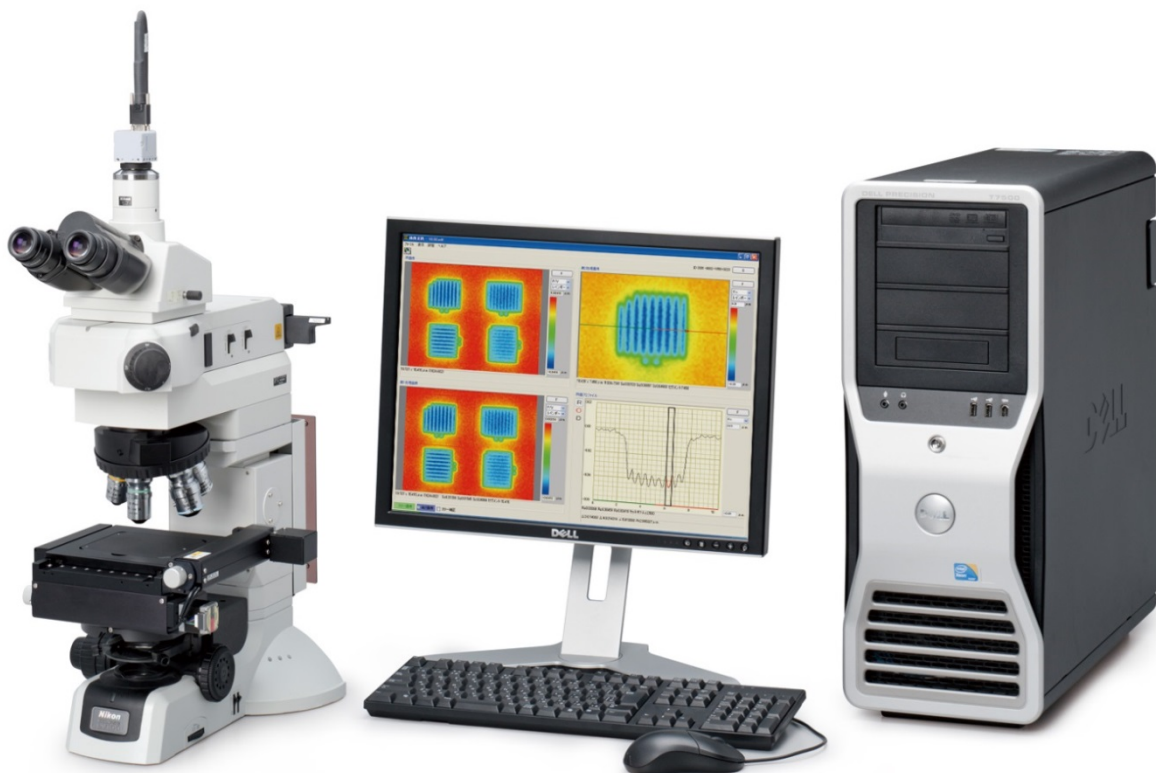


Schnelle, hochgenaue 3D-Oberflächeninspektion

Automatische Piezoaktoren positionieren Objektive



Größtmögliche Positioniergenauigkeit ist heute in vielen technischen Bereichen obligatorisch. Beispiele reichen von der Halbleiterfertigung über die Biotechnologie bis hin zur optischen Messtechnik, Mikroskopie und anderen bildgebenden Verfahren. Nanopositioniersysteme mit piezoelektrischen Antrieben sind in solchen Applikationen meist das Mittel der Wahl. Sie arbeiten mit Wiederholgenauigkeiten im Nanometerbereich bei Ansprechzeiten unterhalb einer Millisekunde und erobern sich dadurch immer wieder neue Einsatzbereiche. Häufig treiben sie dabei sogar die Technik voran, wie die im Folgenden beschriebene Anwendung aus dem Bereich mikroskopischer Messtechnik zeigt.

Mit dem BW-D501 hat Nikon Instech. Co.Ltd. ein neues Hochgeschwindigkeits-Messgerät für die dreidimensionale, berührungslose und zerstörungsfreie Oberflächenkontrolle unterschiedlichster Materialien mit Picometer-Auflösung entwickelt (Abb. 1).

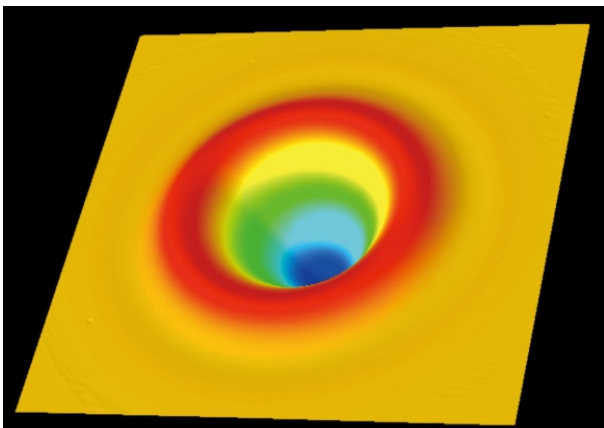


Abb. 1 Wichtige Voraussetzung für solche Messergebnisse ist eine schnelle und präzise Positionierung der Objektive (Bild: Nikon / PI)

So lässt sich beispielsweise die Verformung von Gelproben oder Oberflächenbeschichtungen bei Erwärmung analysieren; ein dazu erforderlicher Heitzisch ist bereits im Gerät integriert.

Sowohl Oberflächenkonturen als auch die Rauigkeit unterschiedlichster Oberflächen können nun mit hoher Auflösung erfasst, dargestellt und analysiert werden (**Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.**).



Abb. 2 Schnelle, hochgenaue 3D-Oberflächeninspektion mit dem BW-D501 von Nikon (Bild: Nikon / PI)

Rauigkeit und Konturen erfassen

Dazu untersucht das Kamerasystem des Messgeräts die Objekt Oberfläche zunächst mit hoher Auflösung. Um die für eine dreidimensionale Analyse notwendige Tiefenschärfe zu erreichen, wird die Optik anschließend schrittweise in Richtung der z-Achse verfahren.

Je nach Objektiveneinstellung werden dadurch unterschiedliche Bereiche der Probe „scharf“ gestellt. Anschließend lassen sich die einzelnen Bilder zur Auswertung zusammensetzen.

Etwa 1000 Bilder ergeben eine detaillierte, auswertbare Aufnahme. Das System arbeitet mit beachtlicher Geschwindigkeit: Pro Sekunde werden bis zu 2000 Bilder aufgenommen. Um gleichzeitig Feinstruktur und Form z. B. in einer Höhenkarte darstellen zu können, arbeitet das System zusätzlich mit Weißlichtinterferometrie.

Das Interferenzmuster gibt Aufschluss über die Form der Oberfläche. Wichtige Voraussetzung für die keineswegs triviale Auswertung und das „Zusammensetzen“ der einzelnen Messergebnisse zu aussagekräftigen Bildern ist eine schnelle und präzise Positionierung der Objektive.

Dazu wurde ein Positioniersystem direkt im Mikroskop integriert, das den kompletten Revolver bewegt (Abb. 3). Dadurch lassen sich die unterschiedlichen Objektive nacheinander in Richtung der Z-Achse hochpräzise verfahren.



Abb. 3 Das piezobasierte Nanopositioniersystem bewegt den kompletten Revolver mit den unterschiedlichen Objektiven in Richtung der z-Achse (Bild: PI)

Mit konventionellen motorischen Antrieben ist dies jedoch kaum realisierbar. Das Positioniersystem basiert deshalb auf Piezoaktoren. Sie stammen von der in Karlsruhe ansässigen Firma Physik Instrumente (PI).

Für diese Wahl sprachen gleich mehrere Gründe: Piezoaktoren (Abb. 4) arbeiten verschleiß- und reibungsfrei sowie ohne Spiel.



Abb. 4 Die Piezoaktoren arbeiten verschleiß- und reibungsfrei sowie ohne Spiel (Bild: PI)

Außerdem können sie mit bis zu 10 g beschleunigen und eignen sich damit für die hohen Frequenzen, die für die 3D-Oberflächenmessung in Echtzeit erforderlich sind.

Spielfreie und hochgenaue Festkörperführungen sorgen gleichzeitig für eine hohe Fokusstabilität.

Auf diese Weise lassen sich in der beschriebenen Anwendung Wege bis zu 100 µm realisieren, praktisch ohne Austausch des Objektivs. Die Verfahrensgenauigkeit der Kinematik liegt im Nanometerbereich. Die Festkörpergelenke zur Kraft- und Bewegungsübertragung arbeiten ebenfalls verschleißfrei.

Für die präzise Positionserfassung im Bewegungsablauf sorgen kapazitive Sensoren, die ebenfalls von PI stammen. Sie messen direkt und berührungslos den bewegten Teil der Mechanik (Direktmetrologie). Weder Reibung noch Hysterese beeinträchtigen die Messung. In Kombination mit der Positionsauflösung im Subnanometerbereich werden so sehr gute Linearitätswerte erreicht. Die Objektiv-Position lässt sich genau dem jeweiligen Einzelbild zuordnen, sodass die hochpräzise 3D-Oberflächeninspektion überhaupt erst möglich wird.

Über Nikon Instruments

Die Wurzeln von Nikon Instruments reichen zurück ins Jahr 1917, als drei japanische Firmen sich zu einem Unternehmen zusammenschlossen, das hochpräzise optische Gläser entwickelte und fertigte. Bereits 1925 wurde das erste Mikroskop vorgestellt, bei dem sich an einem Revolver unterschiedliche Objektive gegeneinander austauschen ließen.

In den nächsten Jahrzehnten setzte das aufstrebende Unternehmen in der Mikroskopie immer wieder Maßstäbe. Heute gehört es bei digitalen Imaging-Lösungen zu den Marktführern und überzeugt immer wieder mit innovativen Produkten. Ein Beispiel dafür liefert die im Text vorgestellte hochpräzise und echtzeitfähige Oberflächenanalyse einschließlich der leistungsfähigen und komfortabel zu bedienenden Software für die Auswertung.

Typische Anwendungsfelder für die Hochleistungsmikroskopie finden sich heute sowohl in Industrie als auch in Biologie, Medizintechnik und Materialforschung. Auf dem europäischen Markt ist Nikon seit etwa 1961 aktiv vertreten.

Über PI

In den letzten vier Jahrzehnten hat sich Physik Instrumente (PI) mit Stammsitz in Karlsruhe zum führenden Hersteller von Positioniersystemen mit Genauigkeiten im Nanometerbereich entwickelt. Das privat geführte Unternehmen ist mit vier Sitzen in Deutschland und fünfzehn ausländischen Vertriebs- und Serviceniederlassungen international vertreten.

Über 850 hochqualifizierte Mitarbeiter rund um die Welt versetzen die PI Gruppe in die Lage, fast jede Anforderung aus dem Bereich innovativer Präzisionspositioniertechnik zu erfüllen. Alle Schlüsseltechnologien werden im eigenen Haus entwickelt. Dadurch kann jede Phase vom Design bis hin zur Auslieferung kontrolliert werden: die Präzisionsmechanik und Elektronik ebenso wie die Positionssensoren.

Die dafür benötigten piezokeramischen Elemente werden bei der Tochterfirma PI Ceramic in Lederhose gefertigt, einem der weltweit führenden Unternehmen auf dem Gebiet aktorischer und sensorischer Piezoprodukte.

Die PI miCos GmbH in Eschbach bei Freiburg ist spezialisiert auf flexible Positioniersysteme für Ultrahochvakuum-Anwendungen sowie parallelkinematische Positioniersysteme mit sechs Freiheitsgraden und Sonderanfertigungen.

Autoren



Dipl.-Physiker Gernot Hamann, Leiter Key Account Management bei Physik Instrumente (PI)

Ellen-Christine Reiff, M.A., Redaktionsbüro Stutensee