

Piezoantriebe im echtzeitfähigen Autofokus-System

Hochgeschwindigkeits-Mikroskopie zur Qualitätskontrolle

Konventionelle Mikroskopie kann mit der Geschwindigkeit aktueller Automatisierungstechnik nicht Schritt halten. Neue Hochdurchsatz-Mikroskopiesysteme nutzen darum Piezoaktoren als Antriebe in ihren echtzeitfähigen Autofokus-Systemen

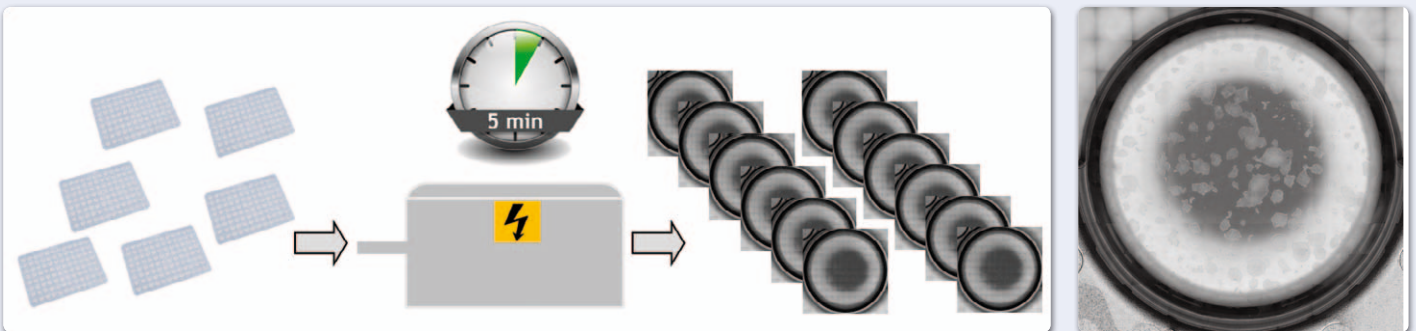


Bild 1: Bei großen Wafern (links) oder Mikrotiterplatten (rechts) dauerten mikroskopische Aufnahmeprozesse bei hohen Vergrößerungen oft zu lange. Dank neuer Hochgeschwindigkeits-Mikroskope hat sich das nun geändert (Bild: Fraunhofer IPT)

Viele großflächige Objekte müssen zur Qualitätskontrolle auf winzige Details hin untersucht werden, die nur unter dem Mikroskop erkennbar sind. In der Halbleiter- und Elektronikfertigung ist der Bedarf an mikroskopischen Prüfverfahren, aufgrund des hohen Miniaturisierungsgrads, besonders groß. Ähnliche Anforderungen stellen aber auch andere Bereiche, z.B. Biotechnologie oder Pharmazie, beispielsweise beim Screening von Proben in Mikrotiterplatten. Konventionelle Mikroskopieverfahren können hier jedoch – vor allem wenn hohe Auflösung gefordert ist – nicht mit der Geschwindigkeit der heute

üblichen Automatisierungstechnik Schritt halten. Dank neuer Hochdurchsatz-Mikroskopiesysteme hat sich das nun geändert. Piezoaktoren als Antriebe in ihren echtzeitfähigen Autofokus-Systemen spielen dabei eine Schlüsselrolle.

Das Problem

kennt man sowohl in der Elektronik- und Halbleiterfertigung als auch in Biotechnologie oder Pharmazie: Bei großflächigen Proben, wie Platinen und Mikrotiterplatten, dauern mikroskopische Aufnahmeprozesse bei hohen Vergrößerungen oft sehr lange, denn bis zu mehrere Zehntausend Einzelaufnahmen müssen erstellt und ausgewertet werden, wobei der Probestisch das Objekt für jede Einzelaufnahme exakt positionieren muss. Aus Zeitgründen verzichten viele dann auf eine 100%-Prüfung und geben sich mit Stichprobentests zufrieden, prüfen also nur an einigen ausgewählten Stellen (Bild 1 a und b).

Jetzt hat das Fraunhofer-Institut für Produktionstechnologie IPT einen neuen Aufnahmeprozess entwickelt, mit dem großflächige Objekte in Sekundenschnelle mikroskopiert werden können (Bild 2 und 3). Erstmals wird so eine mikroskopische 100%-Prüfung im industriellen Umfeld möglich.



Bild 2: Hochdurchsatz-Mikroskopiesystem: Großflächige Objekte können in Sekundenschnelle mikroskopiert werden. Erstmals ist so eine mikroskopische 100%-Prüfung im industriellen Umfeld möglich (Bild: Fraunhofer IPT)

Autoren



Dipl.-Ing. Dipl.-Wirt.-Ing. Friedrich Schenk
Wissenschaftlicher Mitarbeiter Fraunhofer IPT
Dipl.-Phys. Steffen Arnold
Leiter „Markt und Produkte“ bei PI
Ellen-Christine Reiff, M.A.
Redaktionsbüro Stutensee



Bild 3: Prinzipieller Aufbau des modular aufgebauten Hochgeschwindigkeits-Mikroskops (Bild: Fraunhofer IPT)

Messen On-the-Fly

für hohe Bildraten wird dadurch ermöglicht. Dabei bewegt der Tisch das Objekt im Gegensatz zum herkömmlichen „Stop-and-Go“-Betrieb kontinuierlich mit konstanter Verfahrgeschwindigkeit während der Aufnahme. Die Probe kann dadurch mit sehr hohen Bildraten – je nach Kamera mit mehr als 100 fps – digitalisiert werden. Da das Objekt dabei nur extrem kurz mit einem Blitz beleuchtet ist, ist die Aufnahme zudem frei von Bewegungsunschärfe.

Der zeitoptimierte Scanprozess ist mit einem echtzeitfähigen Datenhandling und Bildverarbeitungsschritten kombiniert. Selbst rechenintensive Aufgaben, wie Stitching-Prozesse, laufen nahezu ohne Verzögerung ab. Einzelaufnahmen lassen sich nahtlos zum Gesamtbild zusammenfügen, während die Messung läuft. Das ist natürlich vor allem der hohen Rechenleistung des Systems und der ausgereiften Software zu verdanken, aber auch der eingesetzten Hardware.

Es gilt, während des kontinuierlichen Scannens den Fokus entsprechend nachzuregeln. Denn die Oberflächentopologie überschreitet die Schärfentiefe eines Objektivs bei weitem, sei es in der Biotechnologie aufgrund der Unebenheiten der spritzgegossenen Kunststoff-Mikrotiterplatten oder in der Elektronikfertigung bei unterschiedlich hohen Bauteilen auf der Platine oder Verkippungen des gesamten Wafers. Die Oberfläche kann nur dann scharf abgebildet werden, wenn der Fokus rechtzeitig nachgeregelt wird. Für

mikroskopische Aufnahmen aus der Bewegung ist also eine echtzeitfähige Autofokussfunktion erforderlich; der Fokus muss präzise und dynamisch in Richtung der optischen Achse justiert werden.

Piezobasierte Antriebssysteme

übernehmen diese Aufgabe. Mit einem Stellweg von bis zu etwa 500 µm sind sie für die Autofokusanwendungen gut geeignet, wobei sie Schrittmotoren im Hinblick auf Genauigkeit und vor allem Dynamik deutlich überlegen sind. Darüber hinaus haben Piezoantriebe aber noch eine ganze Reihe weiterer Eigenschaften, von denen die Mikroskopie profitiert: Piezoelektrische Materialien wandeln elektrische Energie direkt in mechanische um und umgekehrt. Für die Positionierung von Bedeutung ist die Bewegung, die entsteht, wenn eine elektrische Spannung an ein piezoelektrisches Material angelegt wird. Aktoren, die auf diesem Piezoeffekt basieren, bewegen sich mit Auflösungen im Sub-Nanometerbereich bei hoher Dynamik und mit Scanfrequenzen bis zu mehreren hundert Hertz. Da die Bewegung auf kristallinen Effekten beruht, gibt es keine rotierenden oder reibenden Teile; Piezoaktoren sind dadurch praktisch wartungs- und verschleißfrei.

Die PIFOC-Z-Antriebe

von Physik Instrumente (PI), die das Fraunhofer IPT in seinen Hochgeschwindigkeits-Mikroskopen einsetzt, bieten für solche Anwendungen die besten Voraussetzungen. Sie können sehr klein und steif gebaut werden (Bild 5).

Dadurch reagieren sie mit kurzen Ansprechzeiten und positionieren durch die gute Führung auch bei verhältnismäßig großen Verfahrwegen bis 500 µm sehr präzise. Die spielfreie und hochgenaue Festkörperführung sorgt für eine hohe Fokusstabilität. Fein positioniert werden kann so im Bereich unter einem Nanometer. Die Anforderungen an die Genauigkeit sind für Piezosysteme in der beschriebenen Anwendung jedoch eher mäßig, da lediglich genauer positioniert werden muss als die Schärfentiefe des Objektivs. Wichtig sind allerdings die Wiederholgenauigkeit und die kurze Einschwingzeit von weniger als 10 ms. Somit verhindert der Piezoantrieb, dass das Objekt bei hohen Scan-Geschwindigkeiten aus dem Fokus läuft.

Zusammen mit Direktmetrologie, kapazitiven Sensoren und Digitalcontrollern erreichen die Piezoantriebe höchste Linearitäten mit maximal 0,06 % Abweichung. Die kapazitiven Sensoren messen direkt und berührungslos den bewegten Teil der Mechanik. Weder Reibung noch Hysterese beeinträchtigen die Messung. Die Objektivposition lässt sich genau dem jeweiligen Einzelbild zuordnen.

Einfache Integration

ist trotz all dieser Vorzüge möglich. Das IPT nutzt zur Ansteuerung einen Digital-Controller E-709 mit Linearisierungsalgorithmen, der einfach über eine analoge Schnittstelle an das Gesamtsystem angebunden werden kann. Auch die Antriebe selbst ließen sich mit ihrem Schnellverschlussadapter gut integrieren. Nach dem Einschrauben des Adapters in den Revolver wird der Antrieb darin in der gewünschten Ausrichtung befestigt. Da der Objektivpositionierer selbst nicht gedreht werden muss, ist die Kabelführung unproblematisch. Für Anwendungen, in denen ein besonders großer freier optischer Durchgang erforderlich ist, gibt es eine Variante mit 29 mm freier Apertur im Gewindeeinsatz. Der Mikroskopie unter industriellen Bedingungen erschließen sich damit völlig neue Möglichkeiten; Piezoantriebe haben dazu beigetragen.

► PI GmbH & Co. KG
info@pi.ws, www.pi.ws

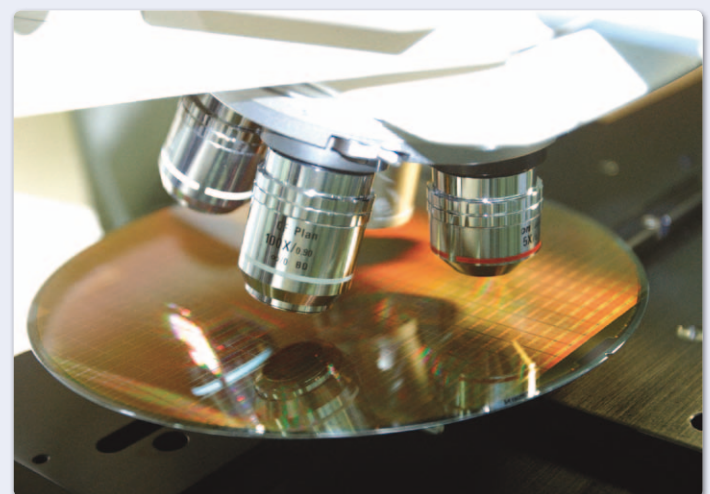


Bild 4: Die PIFOC-Z-Antriebe können sehr klein und verwindungsfrei gebaut werden. Sie reagieren mit kurzen Ansprechzeiten und positionieren durch die gute Führung auch bei verhältnismäßig großen Verfahrwegen bis 100 oder sogar 400 µm sehr genau (Bild: PI)