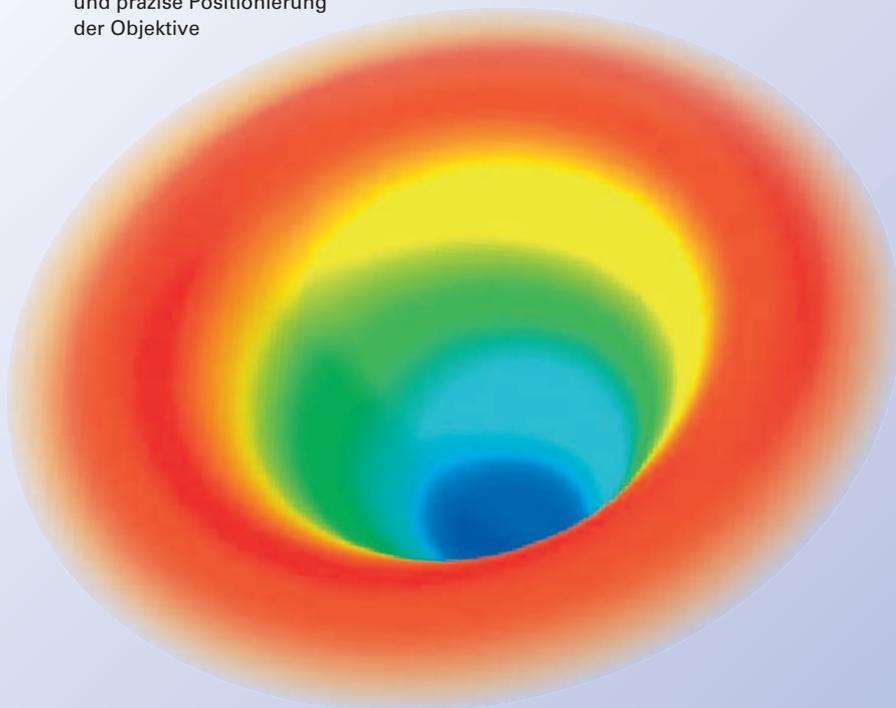
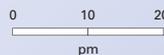


Integrierter Piezo-Feintrieb für den kompletten Objektivrevolver

Schnelle, picometergenaue 3D-Oberflächeninspektion



Wichtige Voraussetzung für solche Messergebnisse ist eine schnelle und präzise Positionierung der Objektive



Schnelle, hochgenaue 3D-Oberflächeninspektion mit dem BW-D501 von Nikon (Foto: Nikon / PI)

methode für zahlreiche industrielle Anwendungen. Sowohl Oberflächenkonturen als auch die Rauigkeit unterschiedlichster Oberflächen können nun mit hoher Auflösung erfasst, dargestellt und analysiert werden.

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.

Fortsetzung auf Seite 2

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

So lässt sich beispielsweise die Verformung von Gelproben oder Oberflächenbeschichtungen bei Erwärmung analysieren; ein dazu erforderlicher Heiztisch ist bereits im Gerät integriert. Da im Gegensatz zu konventionellen Verfahren auch diffus reflektierende Oberflächen dem Messgerät keine Schwierigkeiten bereiten, eignet sich die Inspektions-

Inhalt	Seite
Integrierter Piezo-Feintrieb für den kompletten Objektivrevolver	1 – 2
3D-Laserlithografie in Biotechnologie und Medizintechnik	3
Piezoantriebe für Objektive – genau, schnell und preisgünstig	4 – 5
PI Software: Einfache Bedienung und Integration	6
Piezo-Scantische für die hochgenaue Probenpositionierung	7 – 8



Das piezobasierte Nanopositioniersystem bewegt den kompletten Revolver mit den unterschiedlichen Objektiven in Richtung der Z-Achse (Foto: Nikon / PI)



Die Piezoaktoren arbeiten verschleiß- und reibungsfrei sowie ohne Spiel (Foto: PI)

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 einzel-

nen Messergebnisse zu aussagekräftigen Bildern ist eine schnelle und präzise Positionierung der Objektive. Dazu hat PI ein Positioniersystem entwickelt, das direkt im Mikroskop integriert den kompletten Revolver bewegt. Dadurch lassen sich die unterschiedlichen Objektive nacheinander in Richtung der Z-Achse hochpräzise verfahren.

Mit konventionellen motorischen Antrieben ist die geforderte Dynamik jedoch kaum realisierbar. Das Positioniersystem basiert deshalb auf Piezoaktoren, die sich aufgrund ihrer hohen Steifigkeit für die schnellen Einstellungen eignen, 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 seitliches Auswandern des Objektivs. Die Verfahrensgenauigkeit der Kinematik liegt im Nanometerbereich.

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 Positionsaufklärung 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 der Industrie als auch in Biologie, Medizintechnik und Materialforschung. Auf dem europäischen Markt ist Nikon seit etwa 1961 aktiv vertreten.

3D-Laserlithografie in Biotechnologie und Medizintechnik

Zellkultivierung in der dritten Dimension

Der Zellkultivierung sind in der Petrischale Grenzen gesetzt. Denn im natürlichen Gewebe befinden sich Zellen im Organismus in der Regel in einer extrazellulären Matrix. Eine Petrischale kann diese realen Umgebungsbedingungen nicht simulieren. Abhilfe schafft nun das beschriebene Verfahren, das sich Wissenschaftler am Karlsruher Institut für Technologie (KIT) zunutze gemacht haben. Mittels der 3D-Laserlithografie lassen sich beliebig strukturierte und flexible Gerüste auch dreidimensional reproduzierbar herstellen. Das heißt, die Zellen können sich innerhalb einer speziellen, nachgebildeten räumlichen Matrix, ansiedeln.

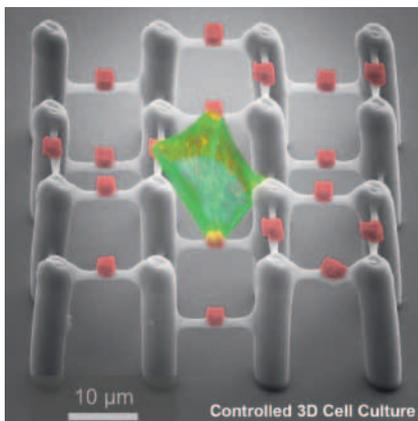
Das Gerüst selbst bilden 25 µm hohe Pfosten, die in unterschiedlichen Höhen mit dünnen Sprossen verbunden sind. Dieses Grundgerüst besteht aus einem Protein abweisenden Polymer. Zusätzlich sind in der Mitte der Sprossen „Haltegriffe“ oder „Andockstellen“ aus einem

Protein bindenden Photopolymer für die Zellen angebracht. Hier können sich die Zellen definiert anheften. Eine solche Matrix erschließt zahlreiche neue Möglichkeiten. Untersucht werden kann auf

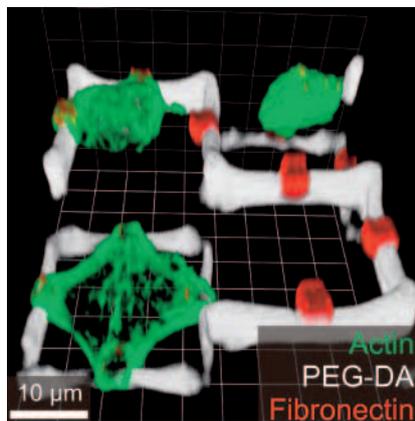
Die Nanoscribe GmbH hat ein Laserlithographiesystem entwickelt, mit dem man komplexe dreidimensionale Strukturen vollautomatisch und reproduzierbar mit einer zuvor nicht vorhandenen Design-Flexibilität auf Submikrometerskalen mit Strukturbreiten bis 150 nm und Größen bis zu 1 mm realisieren kann. So lassen sich Mikrostrukturen für kleine Pumpen und Kanülen herstellen oder Oberflächen mit bestimmten biomimetischen Eigenschaften ausstatten. Wichtige Schlagworte in diesem Zusammenhang sind Gecko-, Lotus- oder Salvinia-Effekt. Ein typischer Einsatzbereich für die 3D-Laserlithografie ist aber auch die Herstellung dreidimensionaler Gerüste für die Zellbiologie.

diese Weise der Einfluss der physischen Umgebung (Steifigkeit und Architektur) auf die Stammzellendifferenzierung oder die Zellmigration. Kräfte lassen sich messen, Reaktionen auf unterschiedliche Stimuli beobachten und auswerten. Das Resultat sind beispielsweise Erkenntnisse im Hinblick auf Geweberegeneration oder der Einfluss von Wirkstoffen auf die Wundheilung.

Treibende Kraft für das Laserlithographiesystem von Nanoscribe ist das Nanopositioniersystem P-563 von PI. Er arbeitet mit Stellwegen von bis zu 300 x 300 x 300 µm³, wobei die Wiederholgenauigkeit im Nanometerbereich liegt. In das Positioniersystem integrierte hochlineare kapazitive Sensoren sorgen für die genaue Istwert-Erfassung, die notwendig ist, um die Probe präzise und wiederholbar relativ zum Laserfokus zu bewegen. Diese Sensoren erfassen die Bewegung direkt und ermöglichen dadurch höhere Phasentreue und Bandbreite als indirekte Systeme. Die dafür notwendige Bahnsteuerung übernimmt ein digitaler Controller von PI.



Dreidimensionales Gerüst: Zellen docken an den „Griffen“ an. (Foto: B. Richter und M. Bastmeyer, Zoologisches Institut, Karlsruher Institut für Technologie (KIT))



Untersucht werden kann auf diese Weise der Einfluss der physischen Umgebung (Steifigkeit und Architektur) auf die Stammzellendifferenzierung oder die Zellmigration. (Foto: B. Richter und M. Bastmeyer, Zoologisches Institut, Karlsruher Institut für Technologie (KIT))



Die Feinjustierung der Probe übernimmt das Piezosystem, das in das Laserlithographiesystem von Nanoscribe integriert wurde. (Foto: Nanoscribe)

PIFOC®s decken alle Ansprüche der modernen Mikroskopie ab

Piezoantriebe für Objektive – genau, schnell und preisgünstig

Autofokussysteme, Oberflächenanalyse, Screeningaufgaben, Waferinspektion oder Mehr-Photonen-Spektroskopie: Scans in Z-Richtung für dreidimensionale Aufgaben besitzen hohe Anforderungen an Präzision und Geschwindigkeit.



Die PIFOC-Z-Antriebe können sehr klein und steif 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.

Piezoantriebe sind aus verschiedenen Gründen für solche Aufgabenstellungen am besten geeignet, gleichgültig ob Objektiv, der komplette Objektivrevolver oder die Probe positioniert werden soll.

Auch in diesem, heute für die Mikroskopie so wichtigen Feld war PI dem Trend weit voraus. Präzisionsgeführte Piezo-Objektivantriebe wurden hier bereits vor 2 Jahrzehnten entwickelt und seitdem kontinuierlich verbessert. Die PIFOC® genannten Z-Antriebe können sehr klein und steif gebaut werden. Sie reagieren dadurch mit kurzen Ansprechzeiten und positionieren durch die gute Führung auch bei verhältnismäßig großen Verfahrwegen von 100 Mikrometern bis 1 mm und darüber hinaus sehr präzise. Fein positioniert werden kann im Bereich bis unter einem Nanometer. Die sehr kurze Einschwingzeit von weniger als 0,01 Sekunden erhöht die Durchsatzraten und ermöglicht das schnelle Fokussieren oder Scannen durch Z-Stacks. Die neuesten Systeme mit kapazitiver Positionsmessung und Digitalcontrollern erreichen höchste Linearitäten von 0,06 % und eine Fokusstabilität über mehrere 10 Sekunden innerhalb weniger Nanometer.

Einfache Integration mit Schnellverschlussadapter

Die Integration der PIFOC-Z-Antriebe ins Mikroskop ist praxisgerecht: Zwischen Objektiv und Revolver lassen sich die Antriebe einfach mit einem Schnellverschlussadapter einsetzen. Nach dem Einschrauben des Adapters in den Revolver wird der Antrieb dann 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 freie Apertur (Öffnung für die Lichtstrahlen) im Gewindeeinsatz.

Neue Paketpreise mit digitalem Controller zum Preis analoger Technik

Zur Senkung der Kosten, bei gleichzeitig verbesserter Bedienungsfreundlichkeit bietet PI jetzt besonders günstige Pakete, bestehend aus der Piezo-Mechanik und einem neuen, kompakten Digitalcontroller an. Der Anwender profitiert von der höheren Linearität und der einfacheren Bedienung, die von der digitalen Regeltechnik ermöglicht wird.



Kompakter digitaler Controller, der die Möglichkeiten der digitalen Regelung für piezogetriebene Nanopositioniersysteme zu den Kosten analoger Controller bereitstellt.



Kostenoptimierter digitaler Piezocontroller jetzt auch für Piezoaktoren und Nanopositioniertische, die mit günstigeren Messsystemen wie Dehnmessstreifen oder piezoresistiven Sensoren arbeiten.

So kann auf alle Bewegungsparameter durch Rechenalgorithmen gezielt Einfluss genommen werden. Außerdem erlauben digitale Controller die unmittelbare Änderung von Servoparametern, sobald sich z.B. die Last ändert (d.h. schwerere Objektive eingesetzt werden). D.h. anstatt mit einer Kompromissabstimmung auskommen zu müssen, kann das System immer im optimalen Fenster betrieben werden. Darüber hinaus kann der Anwender verschiedene Positionsmesssysteme (Dehnmessstreifen oder hochauflösende kapazitive Sensoren) wählen, je nach Applikationsanforderung und Budget. Für Anwendungen, in denen analoge Steuersignale zur Verfügung stehen (z.B. oft bei Autofokus der Fall), kann der Controller ebenfalls eingesetzt werden: Neben einer USB und RS-232 Schnitt-

stellen gehört auch ein breitbandiger Analogeingang zur Standardausrüstung. Die Systeme können wahlweise auch mit LabVIEW, μ Manager, MetaMorph und MATLAB angesteuert werden. Ein spezieller F³ Betriebsmodus (Fast Focus & Freeze) ermöglicht außerdem die schnelle und sprunghafte Umschaltung des Reglers zwischen einem externen Autofokus Signal und dem internen Positionssensor Signal.

Kostenoptimierter digitaler Piezocontroller

Der kostengünstige Digitalcontroller E-709 kann nicht nur mit kapazitiven Sensoren, sondern auch mit einfacheren Messsystemen wie Dehnmessstreifen oder piezoresistiven Sensoren arbeiten, d.h., auch in solchen Anwen-

dungen lassen sich alle Vorzüge digitaler Technik nutzen, ohne dass höhere Kosten in Kauf genommen werden müssen. Die eingeschränkte Linearität dieser Sensoren verbessert sich durch den digitalen Regler, weil zusätzliche Rechenalgorithmen die Abweichung zwischen Soll- und Istposition minimieren. Damit wird die Linearität um bis zu drei Größenordnungen verbessert. Im geschlossenen Regelkreis lässt sich bei Bedarf zwischen internem und externem Sensor als Positionsgeber umschalten. Mit dem E-609 steht eine „abgespeckte“ Ausführung für eine rein analoge Ansteuerung mit digitalem Regler und digitaler Parameterkontrolle ebenfalls zur Verfügung. Hier kann eine Systemkomponente mit analogem Ausgangssignal (z.B. Autofokus) direkt die Position vorgeben.

Ihre PIFOC® Auswahl!

- Sehr günstiger Preis, Genauigkeit um 10 Nanometer, 100 μ m Stellweg: P-721
- Hohe Positionsstabilität, Genauigkeit um 1 Nanometer und Stellwege bis 400 μ m: P-725
- Hohe Positionsstabilität, schnelles Einschwingen bei großen Objektmassen bis 400 g, Genauigkeit um 1 Nanometer: P-726
- Stellwege um 1 mm, Genauigkeit um 5 Nanometer, hohe Stabilität: N-725
- Positionierung des kompletten Mikroskoprevolvers: Kundenspezifische Anpassungen, z.B. P-721KTPZ
- Der P-725 ist im System mit dem digitalen Controller E-709 zu besonders günstigen Preisen erhältlich.



Präzise und dynamische Positionierung des kompletten Mikroskoprevolvers um 80 μ m: Der kundenspezifisch angepasste P-721KTPZ

PI Software

Einfache Bedienung und Integration

Einfache Bedienbarkeit auch für komplexe Bewegungsabläufe und gleichzeitig einfache Integrierbarkeit in die Steuersoftware des Anwenders sind wichtige Anforderungen an heutige Motion Controller. Speziell in der Mikroskopie kommt als zusätzliche Forderung die Kompatibilität mit den gängigen Softwarepaketen von Drittanbietern wie etwa μ Manager oder MetaMorph hinzu.

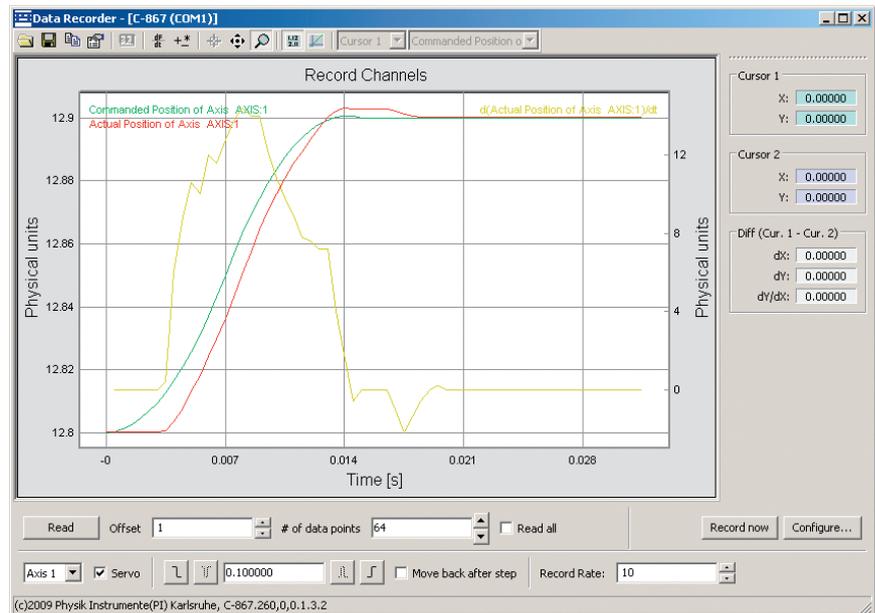
PI Controller erfüllen diese Anforderungen z.B. durch die Bedienoberfläche PIMikroMove[®], systemübergreifend kompatible Treiberkomponenten und eine einheitliche Kommandosprache, den General Command Set (GCS). Alle erforderlichen Bausteine sind bei PI Controllern im Standardlieferungsumfang enthalten.

Bedienoberfläche PIMikroMove[®]

Für typische Laboraufgaben wird meist die vom Hersteller mitgelieferte Bediensoftware verwendet. Gerade in der Mikroskopie soll die Erstinbetriebnahme jedoch schnell und reibungslos verlaufen, oftmals müssen verschiedene Systeme kombiniert werden – z.B. XY-Grobverstellung mit einer Piezo-Feinfokusverstellung in Z.

Die kostenlose Bediensoftware PIMikroMove[®] arbeitet unter den gängigen Windows- und Linux-Betriebssystemen, unterstützt alle PI Controller und kann mehrere unterschiedliche Positioniersysteme gleichzeitig betreiben. Der automatisierte Konfigurationsdialog ermöglicht eine Inbetriebnahme innerhalb weniger Minuten durch vorkonfigurierte Parameter für jeden PI Versteller. Trotzdem kann der Anwender alle Parameter (z.B. PID, Beschleunigung, Geschwindigkeit) individuell ändern. Die graphische Darstellung des Bewegungsablaufes (z.B. Einschwingen) erleichtert dabei die Optimierung auf die Kundenanwendung.

Einfache Automatisierungsaufgaben und kleinere Anpassungen (z.B. Joystick-einstellungen zur Mikroskoptischsteuer-



Die Software PIMikroMove[®] ermöglicht das Aufzeichnen von Einschwingvorgängen und den unmittelbaren Vergleich mit dem Sollwert.

Die Bedienung (z.B. durch Dialogen) können mit übersichtlichen Dialogen auf den Controllern als Makro abgelegt und dann unabhängig vom Host-PC ausgeführt werden.

Die Basis:

General Command Set (GCS)

Für komplexere Abläufe oder bei der Integration in kundenseitig bereits vorhandene Systeme ist ein entscheidendes Kriterium, wie groß der zu erwartende Programmieraufwand des neuen Teilsystems ist. Dieser hängt entscheidend vom Kommandosatz des Controllers ab und wie dieser in den gängigen Programmiersprachen implementiert werden kann. Durch die große Erfahrung, die PI auf diesem Gebiet sammeln konnte, stehen dem Anwender eine Vielzahl praxiserprobter Hilfen zur Verfügung:

- Bibliotheken für Windows und Linux-Plattformen und alle gängigen Programmiersprachen (z.B. C++, Delphi, VB),
- ein umfangreicher, über alle PI Controller kompatibler LabVIEW Treiber-satz,

- eine Vielzahl von dokumentierten Beispielprogrammen, deren Quellcode offen ist, erleichtert die Integration ebenfalls deutlich.

Ist ein PI Controller bereits integriert, sind weitere PI Systeme mit noch geringerem Aufwand einzubinden, da alle PI Controller dieselbe Kommandosprache GCS benutzen und sich nur im Befehlsumfang, der durch die Funktionalität des Controllers vorgegeben ist, unterscheiden.

Softwarepakete von Drittanbietern

Treiber für die PI GCS-Kommandos sind inzwischen in den bekanntesten Drittanbieter-Softwarepaketen integriert. So ist die Ansteuerung von PI Systemen, ob als Objektiv-Scan für Z Stapel oder als XY-Scan mit Mikroskopiekreuztischen, z.B. über MetaMorph, μ Manager, MATLAB und ScanImage möglich.

Die Plnano® Familie wächst weiter

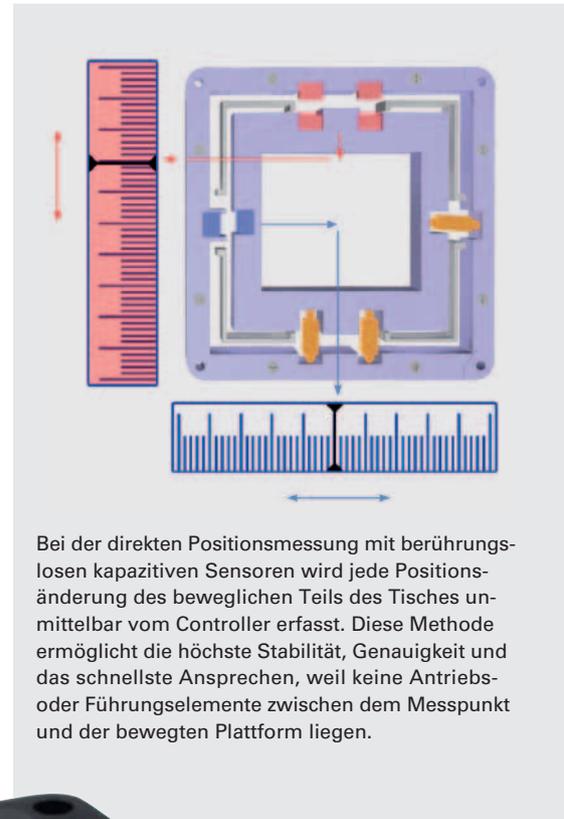
Piezo-Scantische für die hochgenaue Probenpositionierung

Die Plnano® Scantische der Serie P-545 sind speziell auf die Anforderungen der Probenpositionierung in der optischen Mikroskopie abgestimmt. Sie positionieren mit Subnanometer-Genauigkeit, erlauben Stellwege bis 200 µm in zwei oder drei Achsen und lassen sich dank einer Bauhöhe von lediglich 20 mm platzsparend im Mikroskop integrieren.

Durchlichtanwendungen profitieren von der großen zentralen Öffnung. Die große Apertur nimmt Halter für Petrischalen oder für Standardobjektträger mit 25 auf 75 mm Größe auf. Auch ein Halter für weiteres Zubehör ist verfügbar. Die Position der Probenhalter in der Apertur der Scantische erlaubt, den Objektivrevolver ohne Absenken zu drehen, d.h. die Fokusposition muss beim Objektivwechsel nicht verlassen werden. Als praxisgerechte Ergänzung dient zudem ein wahlweise manuell oder motorisch bewegter Kreuztisch (M-545), mit dem sich die Proben dann auch über längere Strecken (grob)verstellen lassen. Er passt direkt auf alle gängigen inversen Lichtmikroskope und dient quasi als Adapter für den Piezotisch.

Schneller, direktgetriebener Piezotisch

Die neuen Plnano® Trak Hochgeschwindigkeits-Piezoscanner sind für schnelle Ansprechgeschwindigkeit optimiert, wie sie z.B. beim Partikel-Tracking erforderlich ist. Sie werden als Zwei- oder Dreiachssystem angeboten mit Stellwegen von 70 µm x 70 µm in der Ebene und optionalen 50 µm in Z. Der direkte Piezoantrieb führt zu Ansprechzeiten unter 5 ms und schnellem Einschwingen auf der Zielposition. Hochauflösende piezoresistive Dehnmesssensoren sorgen für die Regelung. Die hohe Empfindlichkeit dieses Sensortyps führt zu einer hohen Auflösung von unter einem Nanometer.



Bei der direkten Positions-messung mit berührungslosen kapazitiven Sensoren wird jede Positionsänderung des beweglichen Teils des Tisches unmittelbar vom Controller erfasst. Diese Methode ermöglicht die höchste Stabilität, Genauigkeit und das schnellste Ansprechen, weil keine Antriebs- oder Führungselemente zwischen dem Messpunkt und der bewegten Plattform liegen.



Plnano-Hochgeschwindigkeits-Piezoscanner mit schneller Ansprechgeschwindigkeit, wie sie z.B. beim Partikel-Tracking erforderlich ist. (Foto: PI)

Fortsetzung von Seite 7



Bei inversen Mikroskopen oder Anwendungen, bei denen durch die Positionierung der optische Strahlengang nicht verändert werden soll, bieten sich piezobasierte Scantische an, die sich dank ihrer geringen Bauhöhe gut in die Mikroskope integrieren lassen. (Foto: PI)

Die richtige Lösung für höchste Stabilität und Linearität

Bei Langzeituntersuchungen ist es wichtig, eine eventuelle Drift der Proben zu vermeiden. Typische Anwendungen finden sich z.B. bei der Superresolution-Mikroskopie, bei der Aufnahmen mehrere Minuten dauern. Speziell für solche Anwendungen gibt es zwei- oder dreiachsige PInano-Scantische mit Stellwegen bis 200 µm pro Achse, wobei Auflösungen im Subnanometerbereich erreicht werden. Berührungslos und direkt messende kapazitive Sensoren sorgen für verbesserte Langzeitstabilität und Linearität und ersetzen die als Standard eingesetzten piezoresistiven Sensoren. Der Vorteil der kapazitiven Sensoren in der höheren Positionsstabilität wirkt sich in einem geringeren Driftverhalten aus. Darüber hinaus ist dieser Sensortyp unempfindlicher gegen Temperaturschwankungen. Bei der Linearität stehen bis zu $\pm 0,05\%$ für den kapazitiven Sensor gegen $\pm 0,2\%$ für piezoresistive.

PInano®: Der Systemgedanke im Vordergrund

Verschiedene Antriebs- und Sensorprinzipien für unterschiedliche Anforderungen hinsichtlich der Dynamik, Stabilität und Präzision machen die PInano® Serie zu einem flexiblen System, abgestimmt auf die angewandte Mikroskopie. Ein eigens entwickelter Servocontroller verbessert die Linearität der Bewegung im Vergleich zu herkömmlichen Steuerungen für piezoresistive Sensoren. Der Controller ist auf den Betrieb mit den Piezo-Nanopositioniersystemen abgestimmt und erfüllt alle Anforderungen, die die hochauflösende Mikroskopie stellt. Der integrierte Funktionsgenerator mit Triggerein- und -ausgängen beispielsweise kann periodische Bewegungsprofile abspeichern und ausgeben. Zur Kommunikation stehen USB- und RS-232-Schnittstellen zur Verfügung. Zahlreiches Zubehör ergänzt das Angebot.

Hauptsitze

DEUTSCHLAND

Physik Instrumente (PI) GmbH & Co. KG
Auf der Römerstr. 1
76228 Karlsruhe/Palmbach
Tel. +49 (721) 4846-0
Fax +49 (721) 4846-1019
info@pi.ws
www.pi.ws

PI Ceramic GmbH
Lindenstr.
07589 Lederhose
Tel. +49 (36604) 882-0
Fax +49 (36604) 882-4109
info@piceramic.de
www.piceramic.de

Niederlassungen

USA (Ost) & KANADA

PI (Physik Instrumente) L.P.
16 Albert St.
Auburn, MA 01501
Tel. +1 (508) 832 3456
Fax +1 (508) 832 0506
info@pi-usa.us
www.pi-usa.us

USA (West) & MEXIKO

PI (Physik Instrumente) L.P.
5420 Trabuco Rd., Suite 100
Irvine, CA 92620
Tel. +1 (949) 679 9191
Fax +1 (949) 679 9292
info@pi-usa.us
www.pi-usa.us

JAPAN

PI Japan Co., Ltd.
Tachikawa
Business Center Bldg. 5F
2-38-5 Akebono-cho
Tachikawa-shi, Tokyo 190-0012
Tel. +81 (42) 526 7300
Fax +81 (42) 526 7301
info@pi-japan.jp
www.pi-japan.jp

PI Japan Co., Ltd.
Hanahara Daini Bldg. #703
4-11-27 Nishinakajima
Yodogawa-ku, Osaka-shi
Osaka 532-0011
Tel. +81 (6) 6304 5605
Fax +81 (6) 6304 5606
info@pi-japan.jp
www.pi-japan.jp

ENGLAND & IRLAND

PI (Physik Instrumente) Ltd.
Trent House, University Way,
Cranfield Technology Park,
Cranfield, Bedford MK43 0AN
Tel. +44 (1234) 756 360
Fax +44 (1234) 756 369
uk@pi.ws
www.physikinstrumente.co.uk

ITALIEN

Physik Instrumente (PI) S. r. l.
Via G. Marconi, 28
20091 Bresso (MI)
Tel. +39 (02) 665 011 01
Fax +39 (02) 610 396 56
info@pionline.it
www.pionline.it

FRANKREICH

PI France S.A.S.
244 bis, avenue Marx Dormoy
92120 Montrouge
Tel. +33 (1) 55 22 60 00
Fax +33 (1) 41 48 56 62
info.france@pi.ws
www.pifrance.fr

CHINA

Physik Instrumente (PI Shanghai) Co., Ltd.
Building No. 7-106
Longdong Avenue 3000
201203 Shanghai, China
Tel. +86 (21) 518 792 98
Fax +86 (21) 687 900 98
info@pi-china.cn
www.pi-china.cn

SÜDOSTASIEN

PI (Physik Instrumente) Singapore LLP
20 Sin Ming Lane
#05-60 Midview City
Singapore 573968
Tel. +65 665 98400
Fax +65 665 98404
info-sg@pi.ws
www.pi-singapore.sg
For ID / MY / PH / SG / TH

KOREA

PI Korea Ltd.
6F Jeongu Bldg.
Cheonho-Daero 1111
Gangdong-gu
134-814 Seoul
Tel. +82 2475 0060
Fax +82 2475 3663
info-kr@pi.ws
www.pi-korea.ws