

Nanoindentierung: Messen im Subnanometerbereich

PI in der flexiblen Werkstoffprüfung

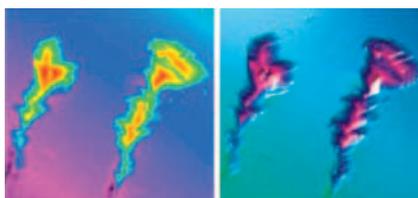


Kapazitive Sensoren und parallelkinematische Piezo-Positioniersysteme: Kernkomponenten für nanometergenaue Werkstoffprüfung

keit oder Bruchfestigkeit bei kleinen Objekten und Mikrosystemen z.B. in der Biotechnologie. Dazu wird eine Testspitze mit einer geringen Kraft auf eine Probe aufgebracht und der Eindringweg der Spitze gemessen. Aus diesen Messwerten lässt sich dann die Kontaktfläche errechnen und daraus wiederum die Materialeigenschaft ermitteln. Je nach Anwendungsfall lässt sich die Methode der Krafterzeugung und die Geometrie der Testspitze, dem so genannten Indentation-Tip, variieren.

Fortsetzung auf Seite 2

Bild 1: Kratzer in einer harten Nanokomposit-Schicht auf Silicium vor (links) und nach (rechts) der Nivellierung



Die Nanoindentierung ist von der klassischen Härteprüfung abgeleitet, findet aber in viel kleinerem Maßstab statt. Anwendungsgebiete sind die Härtebestimmung an dünnen Schichten oder die Bestimmung von Materialeigenschaften wie Elastizität, Steifigkeit, plastischer Verformbar-

Inhalt	Seite
Nanoindentierung: Messen im Subnanometerbereich	1 – 3
Motion Controller für mehrachsige Piezosysteme	3
Bleifreier Piezowerkstoff geht in Serie	4
PI Ceramic auf Wachstumskurs	4
Picoactuator® mit hoher Linearität	5
Phasenschieber mit Picoactuator®	6
Piezomotor hilft, Gleisverschiebungen zu überwachen	6
Mini-Hexapod von PI	7
Besonders flacher Präzisions-Rotationstisch	7
Fokus auf Hochschulen und Forschungseinrichtungen	8
Neue Rufnummern bei PI	8

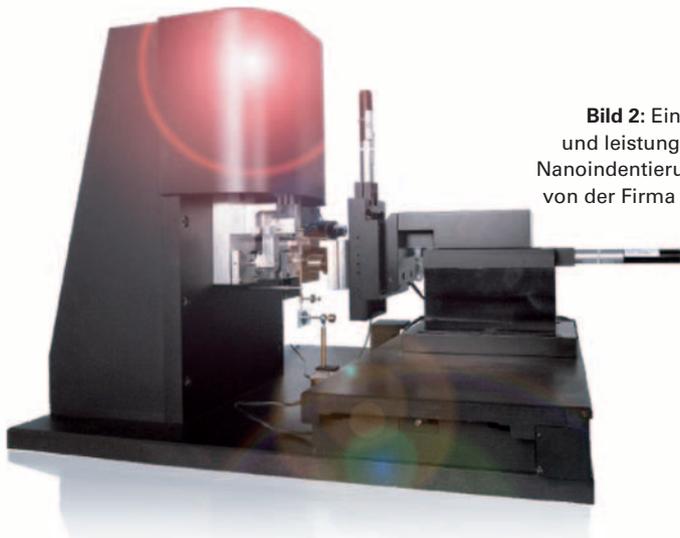


Bild 2: Ein besonders flexibles und leistungsfähiges System zur Nanoindentierung ist der NanoTest von der Firma Micro Materials Ltd.

rungsspitze wird zeilenweise in einem definierten Raster über die Oberfläche der Probe bewegt, die Probenoberfläche wird also gescannt. Durch das punktweise Aufzeichnen der Auslenkungen an der Spitze lässt sich eine dreidimensionale Abbildung der Probenoberfläche erzeugen und mit der entsprechenden, ebenfalls von Micro Materials entwickelten Software auswerten (Bild 4).

Mit dieser Kombination aus Indenter und Rastersondenmikroskop lässt sich also die Oberfläche der Probe bewerten. Messungen an verschiedenen Stellen sind ohne großen Aufwand möglich.

Für die zum Scannen notwendigen Bewegungen in X- und Y-Achse sorgt ein P-527 Nanopositioniersystem von PI (Bild 5). Sein 200 x 200 µm großer Scanbereich ermöglicht genaue Aussagen über die Beschaffenheit der Kontaktfläche und ihrer Umgebung. Durch die Positioniergenauigkeit von besser als 3 Nanometer wird eine hohe Ortsauflösung für den Scan ermöglicht. Zum einen werden so kritische Belastungen genau einer bestimmten Position zugeordnet, was wiederum Schlüsse auf die lokalen Materialeigenschaften zulässt, zum anderen können kleinste Proben anhand einer Vielzahl von Messpunkten auf engstem Raum untersucht werden (Bild 6).

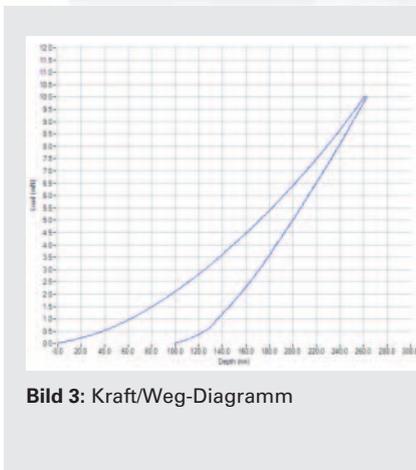


Bild 3: Kraft/Weg-Diagramm

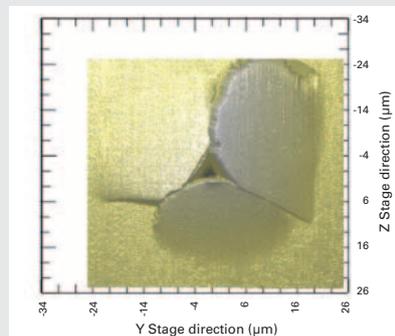


Bild 4: Oberflächenprofil um den Eindringpunkt der Spitze, ermittelt über einen Scan mit dem Nanopositioniersystem.

Härte-, Elastizitäts- und Bruchfestigkeitsprüfungen

So ist eine langsame Krafterhöhung in einem bestimmten Zeitfenster, die quasistatische Indentierung, ebenso realisierbar wie ein Nano Impact genannter dynamischer Test, bei dem die Spitze beschleunigt auf die Oberfläche aufschlägt und dort eine große Menge an Energie freisetzt. Die Beanspruchbarkeit von Materialien wird ermittelt, indem die Oberfläche langsam an der Spitze entlang bewegt wird und mit konstanter oder zunehmender Andruckkraft ein Kratzer erzeugt wird (Bild 1). Gleichzeitig lassen sich auch Reibeigenschaften der Oberfläche bestimmen. Für die Kraterzeugung wird dabei ein elektromagnetischer Aktor benutzt.

Der NanoTest (Bild 2) von der Firma Micro Materials Ltd. ist beispielsweise für viele unterschiedliche Materialien geeignet, da die Testspitze je nach

Betriebsart mit Kräften zwischen 30 nN und 500 mN arbeiten kann und sich Eindringtiefen zwischen 0,1 nm und 50 µm messen lassen. Diese Aufgabe übernimmt ein hochauflösender kapazitiver PISeCa Sensor von PI. Der kapazitive Sensor misst die Eindringtiefe der Spitze über der Zeit. Im statischen Betrieb wird gleichzeitig der Spulenstrom und damit die Kraft gemessen, das erlaubt die Darstellung eines Kraft/Weg-Diagramms (Bild 3). Im dynamischen Betrieb wird die Kraft aus der wirkenden Beschleunigung auf den Loading Head ermittelt.

Rastersondenmikroskopie optimiert die Auswertung

Für die Untersuchung der Probenoberfläche vor und nach der Indentierung, lässt sich das Verfahren der Indentierung beim NanoTest mit einem bildgebenden Verfahren kombinieren: Die Indentie-

Nanomesstechnik: Kapazitive Positionssensoren

Die kapazitiven Sensoren arbeiten mit Auflösungen bis in den Sub-Nanometerbereich, liefern absolute Messwerte und messen die Eindringtiefe berührungslos.

Bild 5: Integration eines piezobasierten Nanopositioniersystems mit einem 200 x 200 µm großem Scanbereich im NanoTest.



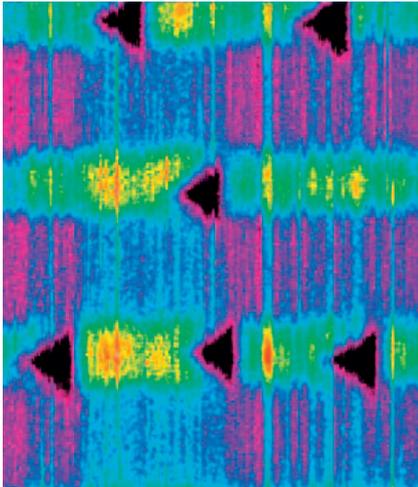


Bild 6: Präzise Positionierung von 60 nm großen und 10 nm tiefen Indentierungen.
Bilder: Physik Instrumente (PI) und Micro Materials Ltd.

Dadurch arbeiten sie verschleiß- und hysteresefrei und beeinflussen nicht die eigentliche Anwendung.

Der kapazitiven Messtechnik liegt ein einfaches physikalisches Prinzip zu Grunde: Zwischen den Platten eines Kondensators entsteht beim Anlegen einer Spannung ein homogenes elektrisches Feld. Eine Abstandsänderung der beiden Platten bzw. Flächen ist dem Ausgangssignal an der Messelektronik proportional. Prinzipiell stehen kapazitive Positionssensoren in zwei unterschiedlichen Grundbauformen zur Verfügung, nämlich als Ein- oder Zwei-Elektroden-systeme. Beim NanoTest sind Sensoren mit nur einer Elektrode eingesetzt. Als zweite Elektrode dient eine leitende Platte hinter der Testspitze.

Über Micro Materials

Ein besonders flexibles System zur Nano-indentierung stammt von der Firma Micro Materials Ltd. mit Stammsitz im englischen Wrexham. Der NanoTest (Bild 2) wird als aussagekräftiges Testsystem weltweit in unterschiedlichen Bereichen genutzt, nicht nur in Forschung und Entwicklung, sondern auch in der Produktion und beim Test von Fertigprodukten.

Das aktuelle MML NanoTest-System bietet eine Reihe von Methoden zur Bestimmung der Eigenschaften von Materialien, darunter die Nanoindentation-Messung, die Nano-Impact-Messung und Nano-Kratz- und Verschleißtests. Das System wird weltweit in führenden Universitäten und Industrielaboren eingesetzt.

Kompakter Motion Controller:

Nanometer-Präzision für mehrachsige Piezosysteme

Die Leistungsfähigkeit eines Präzisions-Positioniersystems hängt gleichermaßen von der Stellmechanik wie von deren Ansteuerung ab. PI setzt bereits seit mehr als 10 Jahren auf digitale Technologie und ergänzt mit dem dreikanaligen Motion Controller E-725 sein Portfolio, das bislang durch einkanalige Geräte wie den E-709 oder E-753 sowie den modularen, drei- bis sechssachsigen E-712 abgedeckt war.

Die Digitaltechnologie ermöglicht dem Anwender per Software direkten Zugriff auf zahlreiche Parameter, die das Nanopositioniersystem an die jeweilige Anwendung anpassen und Werte wie z.B. Einschwingzeit optimieren, die Linearität verbessern oder die Trägheit des Systems bei schnellen Scans kompensieren. So unterstützt der E-725 beispielsweise die dynamische Positionierung von Proben in X, Y und Z bei Trackinganwendungen oder Rasterkraft-Verfahren in der Mikroskopie.

Der E-725 wird über moderne Schnittstellen wie USB und Ethernet angesteuert. Zahlreiche Software-Treiber unter-



Digitaler Nanopositioniercontroller E-725 mit optionalen analogen Eingängen zur Ansteuerung von drei Achsen.

stützen die Integration als Subsystem in bestehende Aufbauten.

Der E-725 in Zahlen: Ein leistungsfähiger 32-Bit Prozessor mit 225 MHz erlaubt eine Servorate von 20 kHz. Das Positionssignal wird mit 24 Bit aufgelöst. Digitale Ein- und Ausgänge ermöglichen direkte Triggersignale von und zu den Geräten im Systemumfeld. Optional können die einzelnen Achsen über

analoge Eingänge angesteuert werden. Die ID-Chip-Funktion sorgt darüber hinaus für die Möglichkeit, eine Positioniermechanik direkt ohne Werksabgleich zu betreiben.

Damit löst der Motion Controller E-725 den bisherigen Controller E-710 ab, mit dem PI vor einigen Jahren den Standard für Nanopositionierung neu gesetzt hatte.

PI Ceramic auf kontinuierlichem Wachstumskurs

Bekanntnis zum Standort Thüringen

Grund zur Freude bei Geschäftsführer Albrecht Otto von PI Ceramic: Im Jahre 2010 wurde das Rekordergebnis von 2007 um fast 30 % übertroffen.

„Auch bei uns waren die Umsätze in den Jahren 2008 und 2009 rückläufig“, so Otto. „Diejenigen Märkte jedoch, die PI Ceramic mit Piezokomponenten in unterschiedlichen Veredelungsstufen direkt beliefert, haben auch in den vergangenen

Jahren Zuwächse erfahren“. Dies sind vor allem Anwendungen für schnelle, präzise und kompakte Pumpen- oder Dosierantriebe, vornehmlich in der Medizintechnik und Automatisierung.

„Wir sind sehr nahe an unserer Kapazitätsgrenze angelangt“, meint Otto weiter, „sowohl im Positioniergeschäft mit PI wie auch in den eigenen Geschäftsfeldern. Wir beschäftigen mittlerweile

Das Modell des PIC Firmensitzes in Lederhose zeigt links den neuen Gebäudeteil für eine Erweiterung der Produktions- und Bürofläche um 5000 m².

Herr Albrecht Otto, Geschäftsführer von PI Ceramic.



mehr als 200 Mitarbeiter und arbeiten in der Fertigung im Wechselschichtbetrieb. Es ist an der Zeit, die räumlichen Kapazitäten wiederum zu erweitern.“

So soll zum Jahresende, rechtzeitig zum 20-jährigen Firmenjubiläum, ein Erweiterungsbau bezogen werden. Die gesamte Fertigung von der Rohstoffbearbeitung bis hin zur Sinterung wird optimiert in den neuen Bereichen angesiedelt. Das Ziel ist eine Steigerung der Fertigungskapazitäten um 150 %. Weiterhin soll eine neue weitere Fertigungslinie für Multilayer sowie für bleifreie Keramiken eingerichtet werden.

Doch nicht nur die Fertigung großer Serien wird vorangetrieben. „Von je her ist PI Ceramic sehr stark auf individuell angepasste keramische Komponenten ausgerichtet“, worin Otto einen wesentlichen Erfolgsfaktor sieht. Daher sind im neuen Fertigungsbereich auch Linien vorgesehen, die eine hohe Flexibilität für Bemusterungen und Kleinserien unter seriennahen Bedingungen erlauben.

Bleifreier Piezowerkstoff geht in Serie

PI Ceramic mit zukunftsweisender Technologie

PZT – Bleizirkonat-Bleitanat – ist der Werkstoff, aus dem weit über 90% der heute gängigen piezoelektrischen Elemente bestehen, sowohl Sensoren als auch Aktoren. Wie kein anderes Material vereint es Steifigkeit, Zuverlässigkeit und Auslenkung mit hohem Fertigungsdurchsatz.

Das Blei ist unlösbar im PZT Werkstoff gebunden und daher völlig ungefährlich, weshalb Piezokeramiken von der entsprechenden europäischen Verordnung (RoHS) ausgenommen sind.



Dennoch ist es das Bestreben, Bleiverbindungen in gebräuchlichen Bauteilen zu minimieren. Bislang erreicht kein bleifreies piezoelektrisches Material die hohen piezoelektrischen Konstanten, wie PZT sie aufweist.

Bleifreier Ultraschallwandler

Mit dem Material PIC 700 bietet PI Ceramic nun einen bleifreien Piezowerkstoff an, der in Presstechnologie im Block gefertigt wird. Dieser Werkstoff basiert auf Bismut-Natrium-Titanat (BNT). Die piezoelektrischen Eigenschaften sind vielversprechend: PIC 700 weist einen hohen Kopplungsfaktor der Dicken-schwingung auf und ist somit geeignet als Ultraschallwandler im MHz-Bereich sowie für Sonar- und Hydrofonanwendungen. Die maximale Einsatztemperatur liegt bei 200 °C.

Derzeit qualifiziert PI Ceramic Technologien, um bleifreie Keramikkomponenten zuverlässig in Serie zu fertigen.

„Mit PIC 700 haben wir einen wichtigen Meilenstein in unserer Materialentwicklung erreicht“, so Eberhard Hennig, Entwicklungsleiter und zuständig für die Werkstoffforschung bei PIC. „Wir können so bleifreie Piezokomponenten für bestimmte Leistungsschallanwendungen zusätzlich zu unseren klassischen Elementen anbieten. Auf Auslenkung optimierte Aktoren in Block- oder Vielschicht sind allerdings noch in weiter Ferne“, betont Hennig, und verweist dabei auf die Forschungsergebnisse, die bei Fachkonferenzen wie der Actuator in Bremen vorgestellt wurden. Allerdings versichert Hennig dass PI Ceramic auch hier ganz vorne mitmisch, im wahrsten Sinne des Wortes.

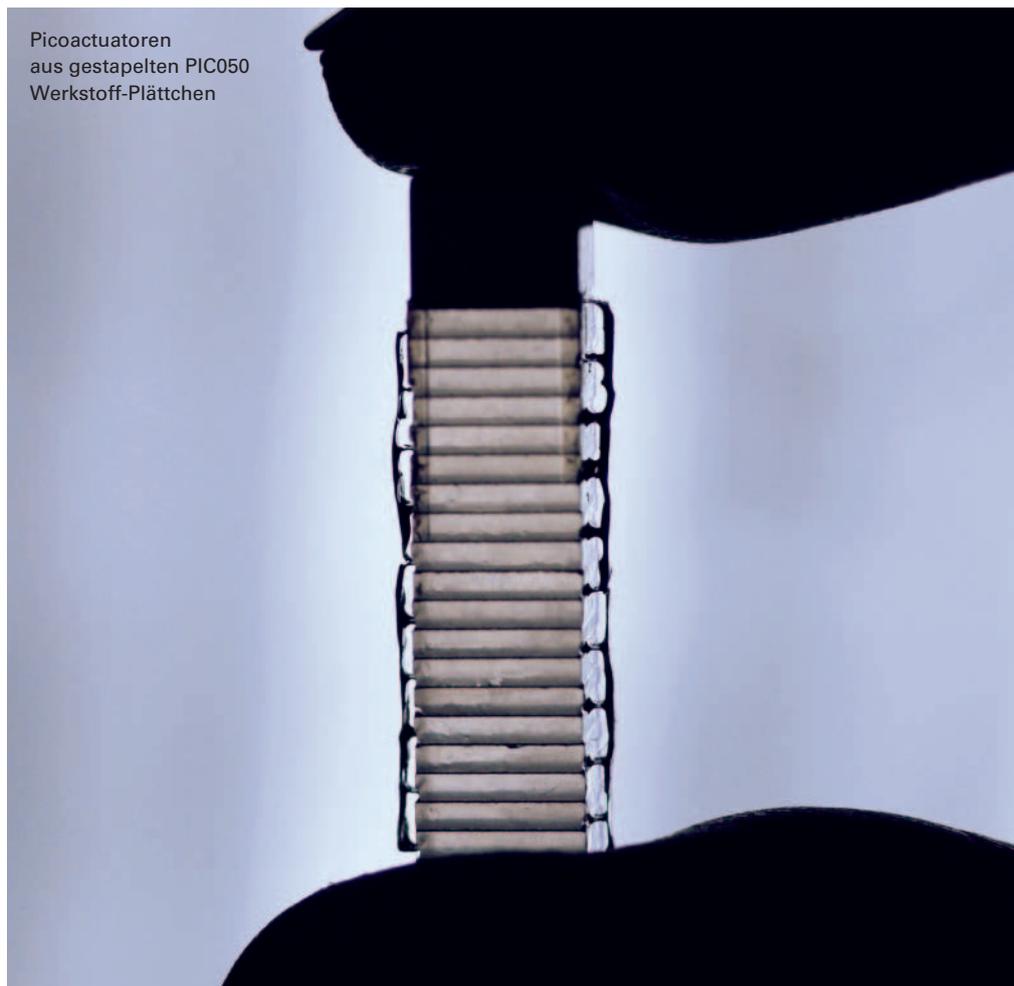
Picoactor® – „Klein aber fein“

Bleifreier Piezoaktor mit hoher Linearität ermöglicht höhere Systembandbreite

In der Präzisions-Positioniertechnik hängt die Wahl des Aktorikmaterials von den Anforderungen ab. Zumeist wird wegen der hohen Auslenkung und Steifigkeit PZT bevorzugt. PZT Aktoren weisen jedoch einen Hystereseeffekt in der Auslenkung auf, der auf Polarisationsseffekte im Kristallgitter zurückzuführen ist. Aufgrund dieser Hysterese besitzt der Aktor eine unterschiedliche Ausdehnung bei derselben angelegten Spannung abhängig davon, ob er ausgelenkt wird oder ob er nach der Auslenkung wieder kontrahiert. Der angelegten Steuerspannung kann daher ein Positionswert mit einer Nichtlinearität von 10% der jeweiligen Auslenkung zugeordnet werden. Ist dies für die Anwendung nicht präzise genug, wird eine Positionsregelung implementiert.

Mit dem Picoactor® bietet PIC Längs- und Scheraktoren an, die aus einem sich in hohem Maße linear verhaltenen piezoelektrischen Material bestehen. Picoactoren sind konfigurierbar bis zu Höhen von 20 mm und maximalen Stellwegen von $\pm 3 \mu\text{m}$. Die wesentlichen Unterschiede zum klassischen PZT lassen sich in einem Satz zusammenfassen: Mit 10 mal höherer Linearität und 10 mal geringerer Auslenkung sind Picoactoren „klein aber fein“ (siehe Tabelle).

In der Präzisions-Positioniertechnik setzt PI diese Aktoren genau dort ein, wo diese geringe Auslenkung mit hoher Dynamik und Genauigkeit (Linearität) erforderlich ist. Die hohe Linearität ermöglicht den Betrieb ohne Positionsregelung, wodurch die Dynamik und Systembandbreite um bis zu eine Größenordnung verbessert werden kann.



Picoactoren aus gestapelten PIC050 Werkstoff-Plättchen

Anwendungsbeispiele liegen in der Rasterkraftmikroskopie als Probenscanner in der XY Ebene oder in Z-Richtung mit mehreren 100 Hz Scanfrequenz. Darüber hinaus werden, ebenfalls für die hoch-

auflösende Mikroskopie, klassische Piezo-scanner mit einer vertikalen Achse mit Picoactoren versehen, die Abweichungen vom planaren Scan in der Z-Achse auf bis unter 1 Nanometer reduzieren.

Angaben ca. zur Darstellung der Größenordnungen	Picoactor®	PICMA® (Vielschicht-PZT)	PICA (PZT Stapelaktoren)
Nichtlinearität in % der Auslenkung	1	10	10
Betriebsspannung in V für Nominalauslenkung	+/-500	+100	+1000
Ausdehnung für Längsaktoren in % der aktiven Aktorlänge	+/-0,005	0,1	0,1
Ausdehnung für Scheraktoren in % der aktiven Aktorlänge	+/-0,010	–	0,2
Bleifrei	Ja	Nein	Nein

Phasenschieber mit Picoactuator®-Technologie

Präzision ohne Positionssensor



Phasenschieber für ein industrielles Interferometer, 5 µm Stellweg, ausgestattet mit hochlinearen piezoelektrischen Picoactuatoren.

Picoactuatore sind piezoelektrische Antriebe, die anders als PZT-Keramiken aus einem kristallinen, bleifreien Werkstoff aufgebaut sind. Sie zeichnen sich durch eine besonders hohe Linearität aus, sodass die Präzisionspositionierung auch ohne Positionsregelung möglich ist.

Da Picoactuatore eine geringere Auslenkung im Vergleich zu klassischen Piezokeramiken besitzen, sind ideale Anwendungsgebiete für Picoactuatore diejenigen, die hohe Dynamik, kleine Stellwege und hohe Präzisionsanforderungen miteinander vereinigen.

In der Lasermesstechnik werden beispielsweise zur Justierung optischer Weglängen Phasenschieber eingesetzt. Diese bewegen Optiken im Bereich einer Wellenlänge mit einer Linearität von etwa 1 % (3 Nanometer bei einer Weglänge von 300 nm), Stellwege von wenigen Mikrometern sind daher absolut ausreichend. Der unregelmäßige Betrieb vereinfacht den mechanischen Aufbau des Positionierers und dessen elektronische Ansteuerung und erhöht die Systembandbreite durch den Wegfall der Regelzeiten.

Direktantriebe erhöhen die Messgeschwindigkeit von Tachymetern:

Piezomotor hilft, Gleisverschiebungen zu überwachen

Zahlreiche Faktoren beeinflussen die Wahl eines Antriebssystems: der zur Verfügung stehende Einbauplatz, die benötigten Geschwindigkeiten und Beschleunigungen sowie die erforderliche Positioniergenauigkeit, der Energieverbrauch und die Zuverlässigkeit der gewählten Motorisierung. Wenn die Anforderungen steigen, bieten sich PLine® Piezo-Ultraschallmotoren als praxisingerechte Alternative zur klassischen Gleichstrom-Schrittmotorkombination an. In der Geodäsie eingesetzte Mess-Systeme der Leica Geosystems AG erfahren durch die Piezomotoren eine deutliche Steigerung ihrer Leistung (Siehe PI Newsletter 40). Bewiesen haben sie dies z.B. bei der Gleisüberwachung der Bahnlinie München-Salzburg während der Bauarbeiten an einem Straßentunnel.

Die ing Traunreut GmbH wurde dabei mit der Installation eines Monitoring-Systems zur Sicherung der Gleislage beauftragt. Hierfür geradezu prädestiniert zeigten sich die individuell kombinierbaren Mess-Sensoren der Leica Geosystems AG mit Stammsitz in

Heerbrugg (Ostschweiz) zusammen mit der passenden Software für Monitoring, Analyse und webbasierter Datenübertragung.

Technischer Fortschritt dank Piezo-Ultraschallmotoren

Zwei Monitoringtachymeter erfassen Lageänderungen des Gleiskörpers oder Bewegungen der Oberleitungsmasten. Dafür wurden unter anderem der Monitoring-Sensor Leica TM30 eingesetzt, der mit den Piezomotoren ausgestattet ist. Die daraus resultierenden Vorteile überzeugen: Die Drehgeschwindigkeit des Tachymeters hat sich auf ca. 200 gon/sec erhöht und gemessen wird jetzt, da Untersetzungsgetriebe unnötig sind, nahezu geräuschlos. Die hohe Geschwindigkeit und das dynamische Start-/Stoppverhalten ermöglichen einen kürzeren Zeitabstand zwischen den Messzyklen. Darüber hinaus unterstützen die Antriebe eine sehr hohe Winkelgenauigkeit bis zu 0,5". Die winzig kleinen Schrittgrößen erlauben hochgenaue Messungen, wie sie im Monitoring erforderlich sind.

Die eingesetzten PLine® Piezomotoren sind selbsthemmend, d.h., sie erzeugen auch im stromlosen Zustand hohe Haltekräfte und damit höchste Winkelstabilität, die sowohl horizontal als auch vertikal eindeutige Ergebnisse mit der geforderten Genauigkeit liefert. Im Gegensatz zu Kombinationen aus Untersetzungsgetrieben und Gleichstrom- bzw. Schrittmotoren arbeiten sie wartungsfrei, sind auch unter den im rauen Außeneinsatz üblichen Umgebungsbedingungen zuverlässig und beanspruchen vergleichsweise wenig Einbauplatz.

Messpfeiler mit Webcam und Monitoring-Sensor TM30. Die Drehbewegungen werden durch zwei Ultraschallmotoren erzeugt, die tangential gegen einen Reibring vorgespannt sind. Der Reibring ist drehbar gelagert (Fotos: ing Traunreut / Leica Geosystems AG/ Physik Instrumente (PI))





Der kompakte Miniatur-Hexapod M-811: Vakuumkompatibel, große Stellwege in sechs Achsen und exzellente Positionsauflösung

Mini-Hexapod von PI:

Sechs-Achs-Bewegungen im Vakuum bis 10^{-6} hPa

Anwendungen innerhalb von Vakuumkammern stellen hohe Ansprüche an die eingesetzten Komponenten: Der Bauraum ist durch die Kammerwände oft stark eingeschränkt. Gleichzeitig ist besondere Flexibilität in der Positionierung von Objekten gefragt, um die Vakuumkammer möglichst selten zu öffnen und damit Kontaminationen zu vermeiden.

Der neue Miniatur-Hexapod M-811.STV löst beide Aufgaben hervorragend. Sehr kompakt gebaut, mit einem Durchmesser von nur 130 mm und einer Höhe von 115 mm, bietet er Stellwege bis zu 34 mm in der XY-Ebene und bis zu 13 mm in Z-Richtung. Insbesondere die großen Kippwinkel von 20° um X- und Y-Achse und bis zu 40° um die Senkrechte sowie den vom Benutzer frei definier-

baren Drehpunkt machen diesen Hexapod so vielseitig. Die Steifigkeit in den Horizontalachsen ist doppelt so hoch wie bei der „verwandten“, nochmals kompakteren Hexapod-Variante M-810.

Der Mini-Hexapod positioniert zuverlässig Lasten bis 5 kg und erreicht Geschwindigkeiten bis 2 mm/s. Die Positionsauflösung des Einzelbeins liegt bei 40 nm; die Positionen werden mit Genauigkeiten deutlich unter $1 \mu\text{m}$ wiederholbar angefahren.

Die Ansteuerung erfolgt wie bei allen Hexapod-Modellen von PI durch einen leistungsfähigen Digitalcontroller über eine Ethernet-Verbindung. Alle (Ziel-) Positionen werden bequem in kartesischen Koordinaten angegeben.

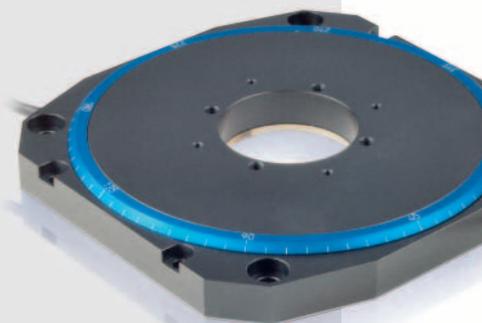
Parallelkinematische Systeme haben einige Vorteile gegenüber gestapelten Mehrachspositionierern. So wirken alle sechs Aktoren auf eine gemeinsame Plattform, wodurch die bewegte Masse gering ist. Außerdem gibt es hier keine Aufsummierung von Führungsfehlern und Verkippungen einzelner Achsen. Der per Softwarebefehl frei definierbare Drehpunkt bleibt unabhängig von der Bewegung erhalten.

Extra flach

Besonders flacher Präzisions-Rotationstisch ermöglicht Positionsauflösung von wenigen Mikroradiant

Einer der flachsten Mikrostellische auf dem Markt, der Rotationstisch M-660, erhält jetzt Verstärkung durch eine neue Variante mit mehr als 8-fach höherer Positionsauflösung von nur $4 \mu\text{rad}$ bzw. $0,00023^\circ$. Damit öffnen sich weitere Möglichkeiten der Anwendung, z.B. bei präzisen Inspektionsaufgaben. Der neue Verstelltisch M-660.45 hat eine freie Apertur mit 35 mm Durchmesser. Mit nur 15 mm Bauhöhe ist eine äußerst platzsparende Integration z.B. in bereits vorhandenen Aufbauten möglich.

Der Antrieb mit PILine® Piezomotor-Technologie sorgt sowohl für die niedrige Bauhöhe als auch für die hohe Geschwindigkeit von bis zu zwei Umdrehungen pro Sekunde. Der Versteller erreicht ein maximales Drehmoment bis $0,3 \text{ Nm}$, unabhängig von der Bewegungsrichtung und ist auf eine maximale Last von 1 kg ausgelegt. Die Ultraschall-Piezomotoren übertragen die Kraft direkt auf den keramischen Läufer an der bewegten Plattform und halten so die Position stabil, sogar im ausgeschalteten Zustand.



M-660 Rotationstisch mit Ultraschall-Piezomotoren für extrem flachen Bauraum

PI legt Fokus auf Hochschulen und Forschungseinrichtungen

Mit den neuen Vertriebsingenieuren Benedikt Brenneis und Sebastian Riegel setzt PI die im vergangenen Jahr begonnene verstärkte Betreuung von Hochschulen und Forschungseinrichtungen fort.

Der Leiter des Vertriebs Deutschland und Österreich, Rolf Ellerbrock, bekräftigt die Bedeutung des Forschungsstandorts für PI: „Die Nanopositionierung, deren industrieller Einsatz und der damit verbundene wirtschaftliche Erfolg von PI liegt in den Hochschulen begründet. Für PI ist es auch in Zukunft wichtig, Teil der aktuellsten Forschungsvorhaben zu sein.“



Benedikt Brenneis (l.)
und Sebastian Riegel

Impressum

Herausgeber:
Physik Instrumente (PI)
GmbH & Co. KG
Auf der Römerstraße 1
D-76228 Karlsruhe

Verantwortlich für den Inhalt:
Dr. Karl Spanner

Redaktion:
Steffen Arnold, Stefan Vorndran,
Sandra Ebler

Gestaltung:
Regelmann Kommunikation,
Pforzheim

Produktion:
Systemedia, Pforzheim

Nachdruck nach Abstimmung mit Herausgeber unter Angabe von Quellennachweis. Unterlagen werden zur Verfügung gestellt.

Neue Rufnummern Ihrer Ansprechpartner bei PI

PI setzt weiter auf Wachstum – Das erfolgreiche vergangene Geschäftsjahr und die positiven Aussichten für 2011 erfordern Anpassungen in der Infrastruktur unseres Unternehmens. Daher werden wir eine leistungsfähigere, direkt mit den deutschen PI Gesellschaften vernetzte, Telefonanlage einsetzen, wodurch sich alle Durchwahlen ändern.

Sie erreichen Ihre Ansprechpartner unter folgenden Rufnummern:

Physik Instrumente (PI) GmbH & Co. KG

Sekretariat Inland

Melanie Fluck Tel. +49 721 4846-1402

Norden (PLZ-Bereiche 01 – 59 & 98 – 99, außer 55)

Jürgen Fehrenbacher Tel. +49 721 4846-1440

Sebastian Riegel Tel. +49 721 4846-1445

Südwesten (PLZ-Bereiche 60 – 79 & 55, 88, 97)

Mark Freyer Tel. +49 721 4846-1430

Jörg Peschek Tel. +49 721 4846-1435

Südosten (PLZ-Bereiche 80 – 96, außer 88)

und Österreich

Konstantin Jerger Tel. +49 721 4846-1420

Benedikt Brenneis Tel. +49 721 4846-1425

PILine, Piezomotoren

Jens Dinkelbach Tel. +49 721 4846-1460

Key Account Manager

Jan Suske Tel. +49 721 4846-1450

Leitung Vertrieb Inland

Rolf Ellerbrock Tel. +49 721 4846-1400

PI Ceramic GmbH

Leitung Vertrieb

Frank Möller Tel. +49 36604 882-4200

Vertrieb Innendienst

Mario Rauer Tel. +49 36604 882-4230

Vertrieb

Thorsten Stephan Tel. +49 36604 882-4210

Auf der Römerstraße 1

D-76228 Karlsruhe

Tel. +49 721 4846-0

info@pi.ws

www.pi.ws

Fax (Vertrieb)

+49 721 4846-1409

Lindenstraße

D-07589 Lederhose

Tel. +49 36604 882-0

info@piceramic.de

www.piceramic.de

Fax (Vertrieb)

+49 36604 882-4249

Termine 2010/2011

Control	03. – 06. Mai 2011	Stuttgart Halle 1 / Stand 1216
Laser	23. – 26. Mai 2011	München Halle B1 / Stand 457
Sensor+Test	07. – 09. Juni 2011	Nürnberg
Motek	10. – 13. Oktober 2011	Stuttgart