PI

MOTION Positioning

DAS KUNDENMAGAZIN VON PI

PIEZOBASIERTE SCANSYSTEME FÜR HOCHLEISTUNGS-MIKROSKOPE

GOOD VIBRATIONS FÜR DIE SENKEROSION

AUSGABE 1

04 |

PIEZOBASIERTE SCANSYSTEME FÜR HOCH-LEISTUNGS MIKROSKOPE

08 |

PiezoMike Linearaktor

11 | **PIOne: Höchstleistung für Nanopositioniersysteme – Eine Eigenentwicklung für Präzision über große Stellwege,** 14 | **Klein – kleiner – am kleinsten: Miniaturisierte Linear- und Rotationstische,** 16 | **Good Vibrations für die Senkerosion – Piezoaktoren beschleunigen die Mikrostrukturierung,** 19 | **Schneller Hexapod – Weiterentwicklung des Mini-Hexapods H-811 für Schwingungen mit hoher Dynamik,** 19 | **Pick-and-Place Roboter – Ein Anwendungsbeispiel für PIMag® Linearaktoren**

IMPRESSUM

Herausgeber/Redaktion:
Physik Instrumente (PI) GmbH & Co. KG
Karlsruhe · Germany
Telefon: +49 721 4846-0
E-Mail: info@pi.de
www.pi.de

Gestaltung:
Regelmann Kommunikation
Pforzheim · Germany
www.regelmann.de

Bildnachweise/Copyright:
Alle Rechte vorbehalten. Die Rechte der verwendeten Grafiken, Bilder und genannten Marken liegen bei den jeweiligen Eigentümern. Das Copyright der Beiträge liegt beim Herausgeber. Eine Vervielfältigung oder elektronische Verarbeitung, auch in Auszügen, ist nur mit ausdrücklicher Zustimmung des Herausgebers gestattet.

Neues aus der PI Gruppe

PICERAMIC.DE IN NEUEM OUTFIT

Sabine Fischer,
Online-Redaktion

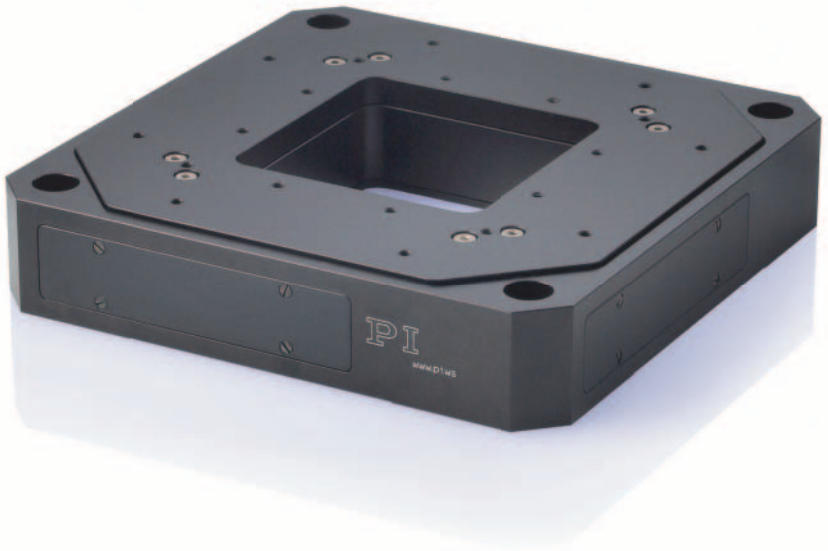
Die PI Ceramic GmbH ist ab April mit einer neuen, frischen Webpräsenz im Internet zu erreichen. Das gut strukturierte, auf Tablet-Bedienung optimierte Webdesign ermöglicht nun auch ohne Desktop-PC und Mauszeiger viel Spaß beim Surfen durch die Welt der Piezotechnologie.

Neben dem Schwerpunkt der Produktpräsentation finden Sie viele interessante Anwendungsbeispiele und Details aus dem Piezotechnologie-Know-how. Der Internetauftritt ist optisch, inhaltlich und strukturell völlig neu aufbereitet, damit Sie schnell und übersichtlich auf die ganze Bandbreite der Produkt- und Servicevielfalt zugreifen können. Die neue PI Ceramic Infothek bietet kompakten Onlineservice für Downloads, News, Events und mehr. Bei Fragen und Beratungsbedarf nehmen Sie den kurzen Weg zu unseren Vertriebsingenieuren: „Shoppen“ Sie einfach durch das Piezokeramik-Angebot und versenden Sie Ihre Anfrage gleich online. Wir erstellen Ihnen ein individuelles Angebot.

Willkommen in unserer Online-Welt, wir navigieren Sie ans Ziel: **www.piceramic.de**

PIEZOBASIERTE SCANSYSTEME FÜR HOCHLEISTUNGS-MIKROSKOPE

Methodenkombination für hochpräzise optische, topografische und molekulare Analysen



Für die hochgenaue und dynamische Probenpositionierung bieten piezobasierte Scantische, die sich dank ihrer kompakten Bauweise gut in die Mikroskope integrieren lassen, gute Voraussetzungen

Häufig reichen klassische mikroskopische Verfahren hinsichtlich optischer Auflösung oder Informationsgehalt nicht mehr aus. Um umfangreichere und genauere Messdaten einer Probe zu erhalten, ist es heute möglich, unterschiedliche Mikroskopieverfahren miteinander zu kombinieren.

Einfache Integration des Piezoscanners in ein modular aufgebautes Mikroskopiesystem

Diese Methodenkombination stellt jedoch nicht nur hohe Anforderungen an die einzelnen Komponenten der Mikroskope, sondern auch an die eingesetzten Systeme zur Probenpositionierung. Die WITec GmbH in Ulm hat sich deshalb beim Aufbau modularer Hochleistungsmikroskope für piezobasierte Scantische von PI entschieden. Harald Fischer, Marketing Direktor bei WITec erklärt: „Die breite Palette an Scantischen hat PI für uns als Anbieter hochauflösender modularer Mikroskopielösungen zu einem idealen Partner gemacht. Unsere Systeme erfordern flexible Gerätekomponenten, die höchste Präzision über ein breites Anwendungsspektrum bieten."

Höchstauflösende Mikroskopie aus dem Baukasten

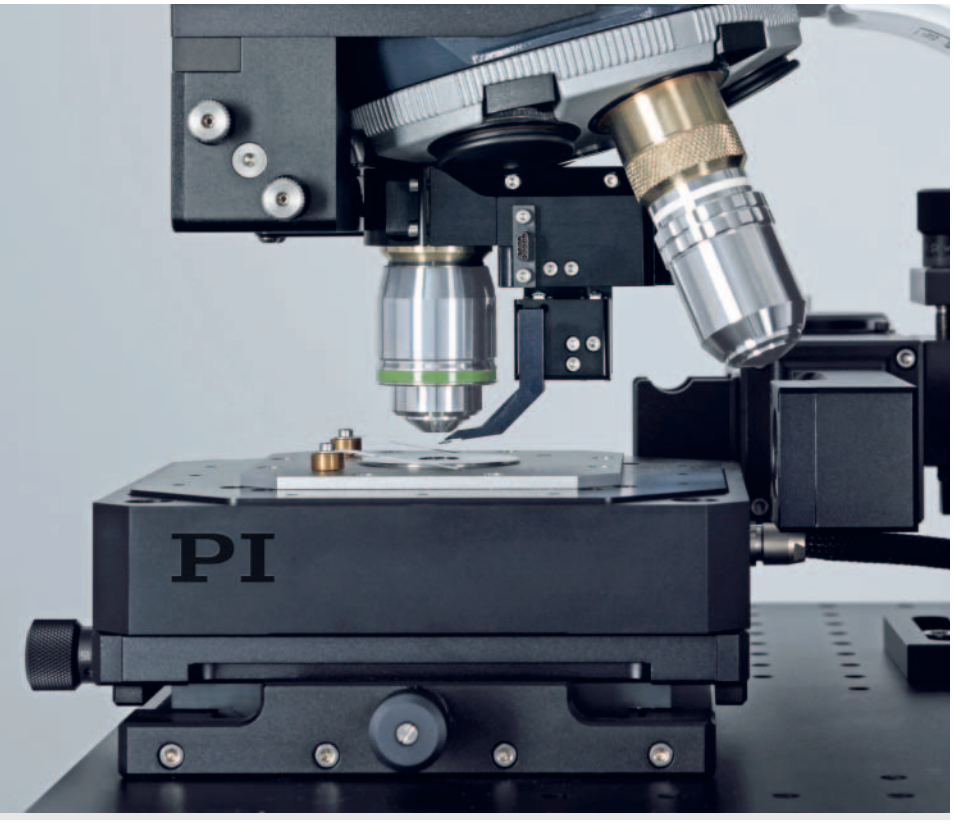
Durch den modularen Aufbau dieser Mikroskopiesysteme ist es beispielsweise möglich, ein konfokales Ramanmikroskop bei Bedarf mit Rasterkraft-Mikroskopie zu kombinieren (AFM). Das gleiche Gerät kann dann molekulare Raman- und strukturelle AFM-Informationen derselben Probenregion liefern und in Zusammenhang bringen. Für hochauflösende optische Informationen lässt sich das Mikroskop zusätzlich noch mit Nahfeldmikroskopie (SNOM) ausstatten. „Der für die Probenpositionierung eingesetzte Scantisch ist ausgelegt für Verfahrwege von ▸

100 oder 200 µm in den Achsen der Scanebene und 20 µm in Richtung der z-Achse. Er ermöglicht eine Positionsauflösung besser als 2 nm und bietet damit für alle drei Verfahren beste Voraussetzungen“, erläutert Fischer.

Molekulare und hochaufgelöste topografische Informationen sind kombinierbar

Die Raman-Mikroskopie basiert auf einem konfokalen, optischen Mikroskop und einem Raman-Spektrometer. Bei der Messung wird für jeden Bildpunkt ein komplettes Ramanspektrum aufgenommen. Diese Ramanspektren sind für jede Molekülart wie ein spezifischer Fingerabdruck, sodass die chemischen Bestandteile einer Probe für jeden Bildpunkt identifiziert und deren Verteilung in der Probe dargestellt werden können.

DIE RAMAN-MIKROSKOPIE BASIERT AUF EINEM KONFOKALEN, OPTISCHEN MIKROSKOP UND EINEM RAMAN-SPEKTROMETER.



Kombiniert man das Raman Imaging mit AFM hat man sowohl molekulare als auch hochaufgelöste topografische Informationen. Gemessen werden Kräfte zwischen einer sehr dünnen Messspitze und der Objektoberfläche, die dann mit einem lateralen Auflösungsvermögen von 10 nm und darunter Aufschluss über die Topografie der Oberfläche geben.

Da der Abstand zwischen Messspitze und Oberfläche konstant gehalten werden muss, wird die Probenposition in z-Richtung nachgeregelt. Diese Aufgabe übernimmt der Scantisch.

„Die AFM- und Raman-Bilder werden nacheinander aufgenommen, überlagert und in Zusammenhang gebracht. Die präzise Positionierung in allen drei Achsen und Bahntreue während des Scans sind Voraussetzung für eine hohe Qualität der molekularen und hochaufgelösten topografischen Informationen über die Probenoberfläche“, betont Fischer.

Stabilität und Bahngenauigkeit

Die hohe Stabilität bzw. Bahngenauigkeit während des Scans wird durch eine aktive Führung erreicht. Kapazitive Sensoren messen eventuelle Abweichungen in der zur Bewegungsrichtung senkrechten Achse. Ein ungewolltes Übersprechen der Bewegung kann so detektiert und in Echtzeit aktiv ausgeregelt werden.

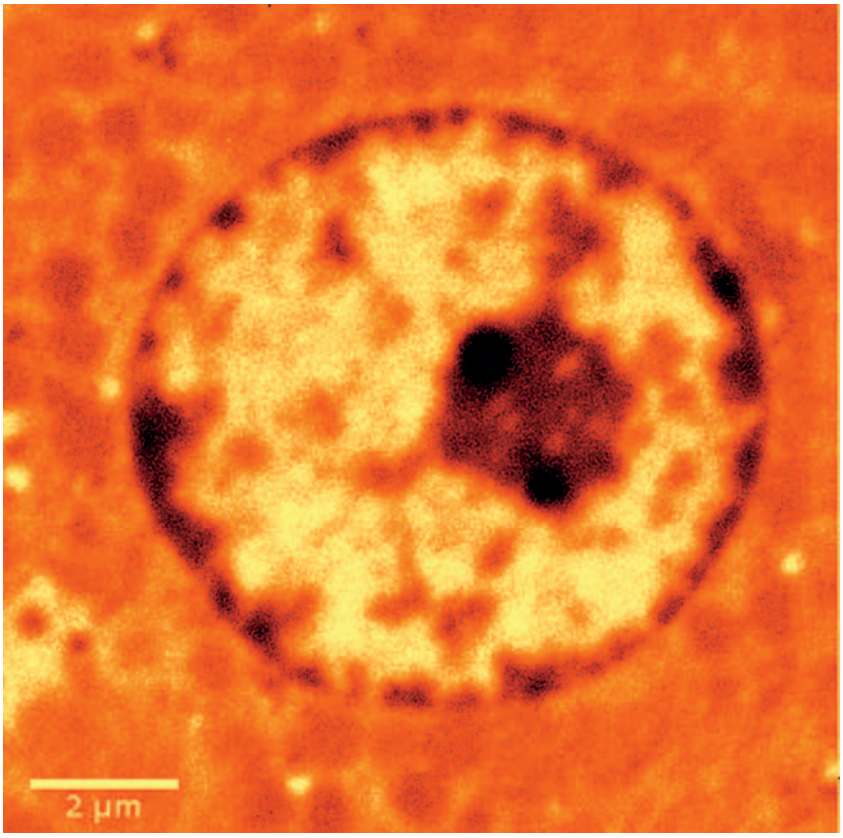
Die dafür notwendige Steuerung übernimmt ein digitaler Controller, der speziell auf den piezobasierten Scantisch abgestimmt ist. Die Digitalelektronik arbeitet außerdem mit hoher Taktrate, denn sie ist entscheidend für genaue Zuordnung der Positionswerte des Scanners und der Aufnahmekamera. Wäre sie zu langsam oder ungenau, gäbe es bei der Zuordnung Auflösungsverlust und Verzerrungen (Jitter).

Nahfeldmikroskopie für optische Informationen unterhalb der Beugungsgrenze

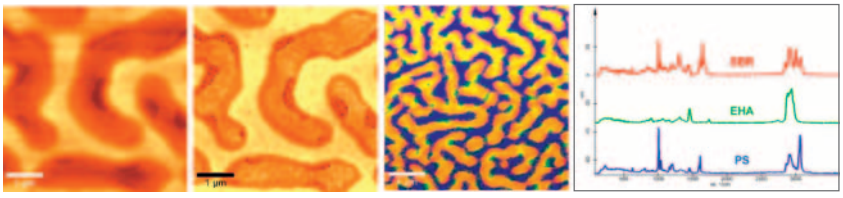
Die optische Nahfeldmikroskopie (SNOM) erlaubt die Abbildung von wesentlich kleineren Strukturen, als es mit der konventionellen Mikroskoptechnik möglich ist. Bei SNOM koppelt eine Glasfaser Laserlicht in eine innen

hohle Messspitze. Das Licht tritt an der Spitze durch eine winzige Öffnung aus, die einen Durchmesser von weniger als 100 nm hat. Wird die Öffnung der Messspitze in geringen Abstand zur Probenoberfläche gebracht, lässt sich so ein Spot deutlich unterhalb der Beugungsgrenze klassischer Mikroskopie beleuchten. Eine laterale Auflösung von bis zu ca. 60 nm ist erzielbar, während der Wert bei der konfokalen Lichtmikroskopie üblicherweise zwischen etwa 200 – 300 nm liegt.

Die Probe wird Punkt für Punkt abgerastert und dazu wieder unter der Messspitze des hochauflösenden Scantisches verfahren. An jeder Position nimmt die im Mikroskop integrierte Kamera die ankommende Lichtintensität auf und speichert diesen Wert zusammen mit der Positionsinformation. Daraus wird dann das Bild zusammengesetzt. Auflösung und Genauigkeit des Bildes sind auch hier wieder von der Positioniergenauigkeit und -stabilität des Scantisches abhängig.



Für hochauflösende optische Informationen lässt sich das Mikroskop auch zusätzlich mit Nahfeldmikroskopie (SNOM) ausstatten: hier die SNOM-Abbildung eines Nukleus (Zellkerns) einer Ratten-Leberzelle (Bild: WITec GmbH)



AFM Topographie AFM Phase Raman Image Raman Spektren

Kombiniert man das Raman Imaging mit AFM hat man sowohl molekulare als auch hochaufgelöste topografische Informationen über die Probenoberfläche. Die Abbildung zeigt ein Polymergemisch aus drei Polymeren (PS, EHA, SBR) auf einem Glasträger (Bild: WITec GmbH)

Über WITec

Seit der Gründung 1997 hat sich die WITec GmbH mit Stammsitz in Ulm zum Marktführer hochauflösender Mikroskopiesysteme (Raman, AFM und SNOM) entwickelt und konnte durchschnittlich Wachstumsraten von jährlich 10 % erwirtschaften. Heute beschäftigt das Unternehmen weltweit 52 Mitarbeiter und ist mit Zweigstellen in den USA und Asien sowie regionalen Büros in Spanien und Japan rund um den Globus vertreten. Hauptanwendungsgebiete für die modular aufgebauten Hochleistungsmikroskope, bei denen sich unterschiedliche Verfahren miteinander kombinieren lassen, finden sich in Nanotechnologie, Materialwissenschaften und Life-Sciences. Die wichtigsten Absatzmärkte sind neben Europa die USA und der asiatisch-pazifische Raum, wobei die Anwender aus Forschung und Industrie kommen.

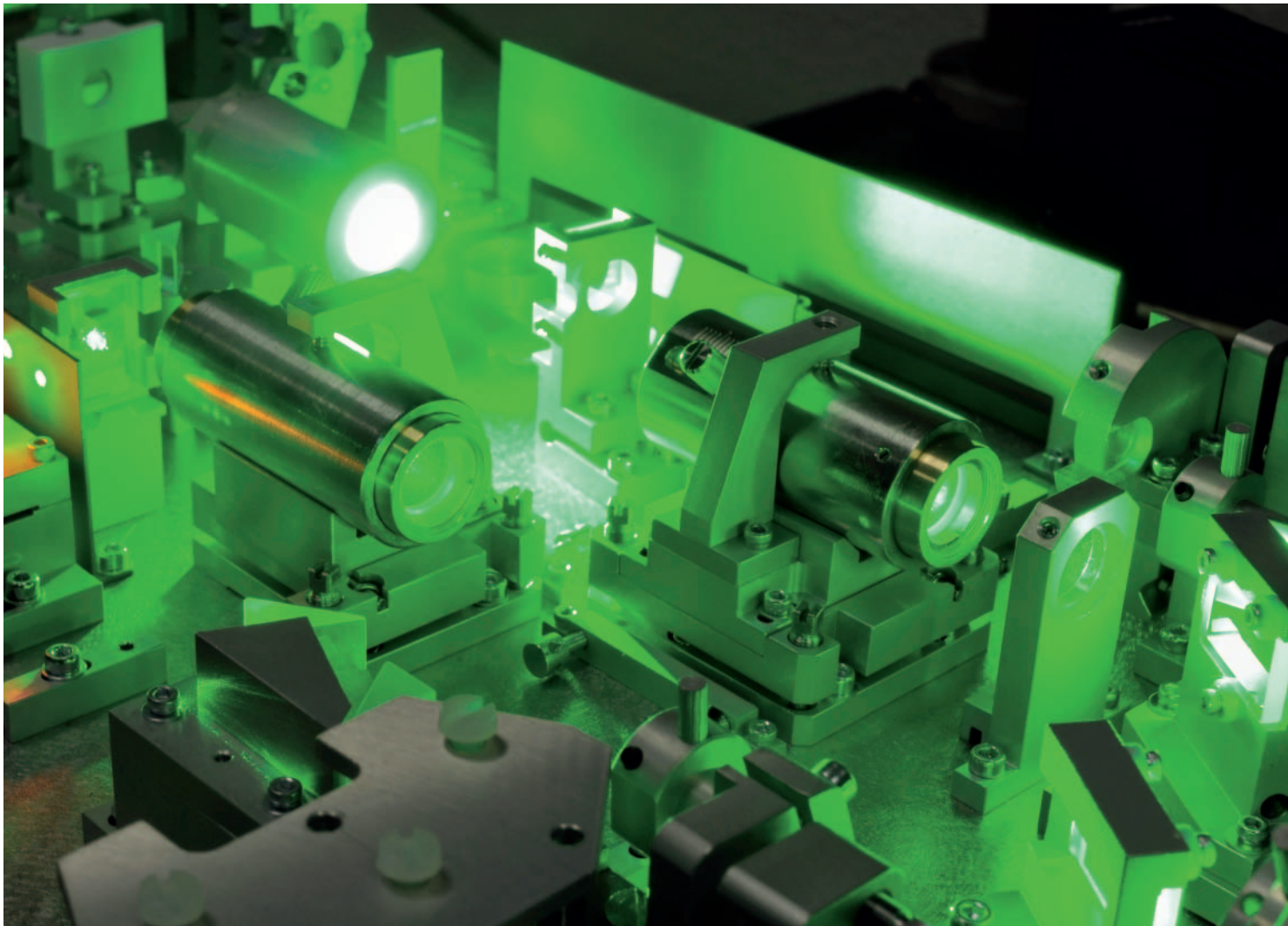
Harald Fischer,
Marketing Direktor
bei der WITec GmbH in Ulm

PIEZOMIKE LINEARAKTOR

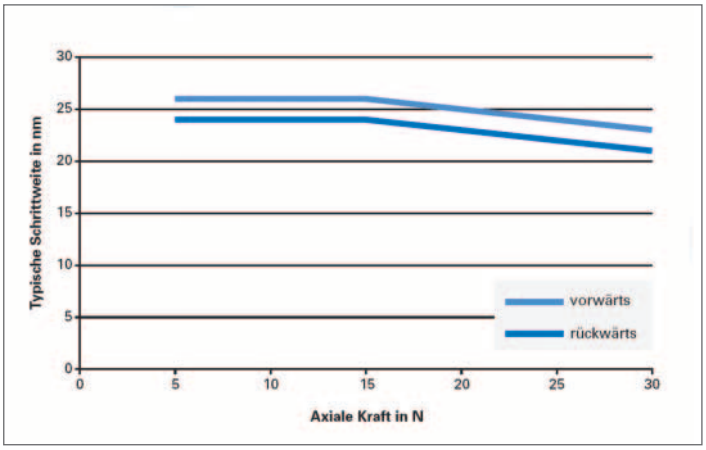
Set-and-Forget für die stabile und präzise Positionierung

Die Justierung des Strahlengangs optischer Bänke erfordert nicht nur stabile und hochauflösende Antriebe, sondern auch Antriebe, die möglichst klein sind, um nicht zu viel Raum im Experiment einzunehmen.

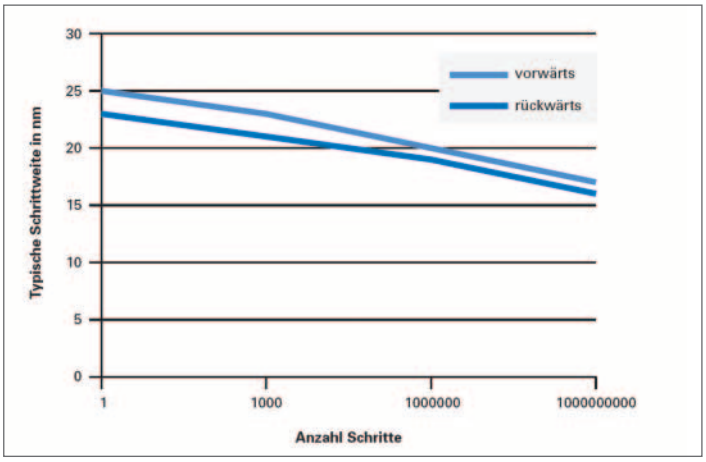
Kompakter N-470 PiezoMike Linearaktor für eine hochauflösende und stabile Positionierung optomechanischer Komponenten



Vakuumkompatibel bis 10^{-9} hPa



Typische Schrittweite in Abhängigkeit von der Axial-Kraft



Zuverlässig auch nach einer Milliarde Schritte

Mit der neuen PiezoMike N-470 hat PI einen Linearaktor entwickelt, der sich unter beengten Platzverhältnissen einfach in gängige Kippspiegelhalter oder Verschiebetische integrieren lässt und die Justierung mechanischer und optomechanischer Komponenten automatisiert. Die Montage an die kundenspezifischen Aufbauten kann dabei über Gewinde oder Klemmschaft erfolgen.

Mit einer Bewegungsauflösung von typisch 20 nm ist der Linearaktor in der Lage, die Justierungen sehr präzise vorzunehmen. Sein piezobasierter Antrieb ist außerdem kompakt, sodass der N-470 aktuell der kleinste Linearaktor seiner Leistungsklasse ist.

Einfach stabil

Der PiezoMike Linearaktor hält die Position langzeitstabil und ist erschütterungs- und vibrationsfest. Er verfügt über eine Haltekraft >100 N und eine Vorschubkraft von >20 N, was ihn ideal geeignet macht für „Set-and-Forget" Anwendungen.

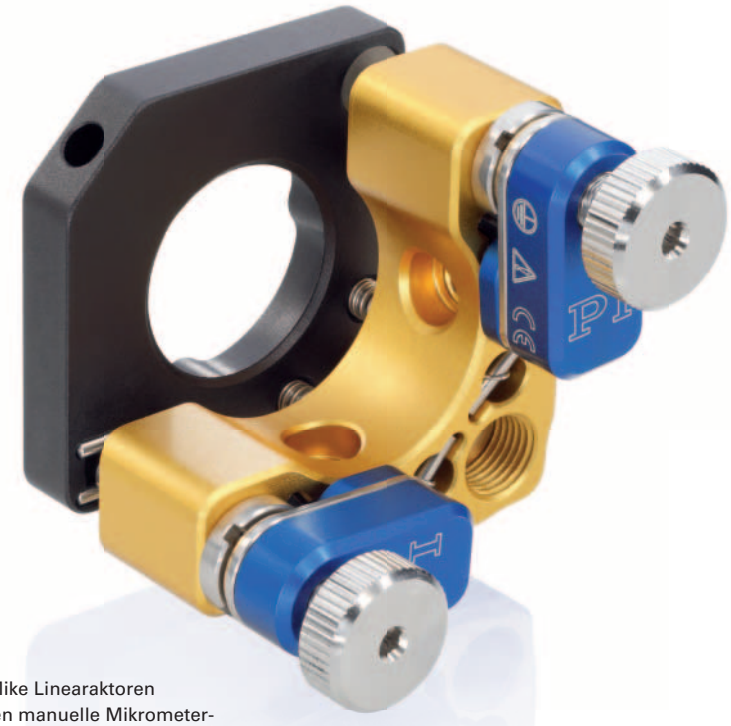
Kraftvoller Antrieb

Seine hohe Halte- und Vorschubkraft und hohe Auflösung erreicht der N-470 durch die Kombination eines Piezomotors mit einer mechanischen Gewindeübersetzung. Dadurch ist er selbsthemmend im Stillstand und muss nicht bestromt werden.

Der piezomotorische Antrieb, ein sogenannter PIShift, basiert auf dem Trägheitsprinzip (Stick-Slip-Effekt). Trägheitsantriebe nutzen einen durch das Piezoelement erzeugten zyklischen Wechsel von Haft- und Gleitreibung zwischen einem bewegten Läufer, im Falle der PiezoMike, einer Feingewindeschraube, und dem Piezoaktor. Dieser bewirkt einen kontinuierlichen Vorschub des Läufers mit typischerweise 20 nm pro Schrittzyklus.

Einfach zuverlässig

PiezoMike Linearaktoren machen eine Milliarde Schritte, laufen 20 Meter oder drehen die ▸



PiezoMike Linearaktoren ersetzen manuelle Mikrometerschrauben in einer Kippspiegelmechanik

Schraube 20.000 mal. PI spezifiziert die Lebensdauer so, dass nach dieser Einsatzzeit die ursprüngliche Schrittweite um max. 30 % gesunken ist. Auch nach langen Stillstandzeiten gewährleistet der N-470 ein zuverlässiges Anlaufen.

Einfach angesteuert

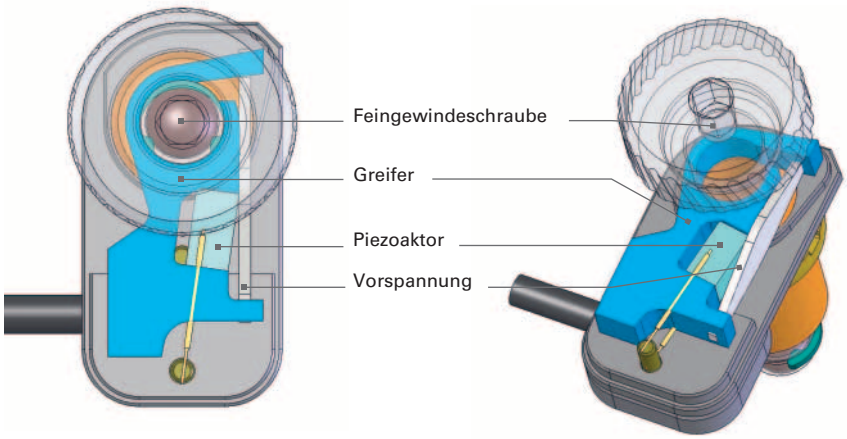
Die Ansteuerelektronik E-870 von PI ist speziell auf die Anforderungen der PiezoMike Linearaktoren abgestimmt. Eine Endstufe kann in einem Gerät bis zu vier Kanäle seriell ansteuern, wodurch auch die Anschaffungskosten gering gehalten werden.

PiezoMike Linearaktor N-470

- Haltekraft >100 N
- Vorschubkraft 22 N
- Steifigkeit 15,5 N/µm
- Schrittweite 20 nm
- Schrittfrequenz 2 kHz
- Stellwege 7,5 bis 26 mm
- Lebensdauer >1.000.000.000 Schritte
- Abmessungen bei 7,5 mm Stellweg: 14 mm × 28 mm × 48 mm

Antriebsprinzip des N-470

Durch Anlegen einer elektrischen Spannung dehnt sich der Piezoaktor langsam aus. Diese Ausdehnung bewirkt eine Drehbewegung des Greifers. Da dieser die Feingewindeschraube umfasst erfolgt mit der Bewegung des Greifers auch eine Drehung der Schraube (Stick-Effekt).



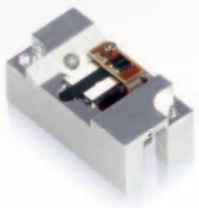
Hat der Piezoaktor seine maximale Ausdehnung erreicht, zieht er sich schnell zusammen und der Greifer geht in seine Ausgangsposition zurück. Durch die schnelle Kontraktion gleitet der Greifer um die Schraube. Diese verharrt aufgrund ihrer Massenträgheit in ihrer Position (Slip-Effekt).

Dieser Stick-Slip-Zyklus kann jederzeit wiederholt werden, um durch die Drehung der Schraube den gewünschten Vorschub der Schraubenspitze zu erreichen.

Nach diesem Prinzip ist auch eine Bewegung in entgegengesetzter Drehrichtung möglich.

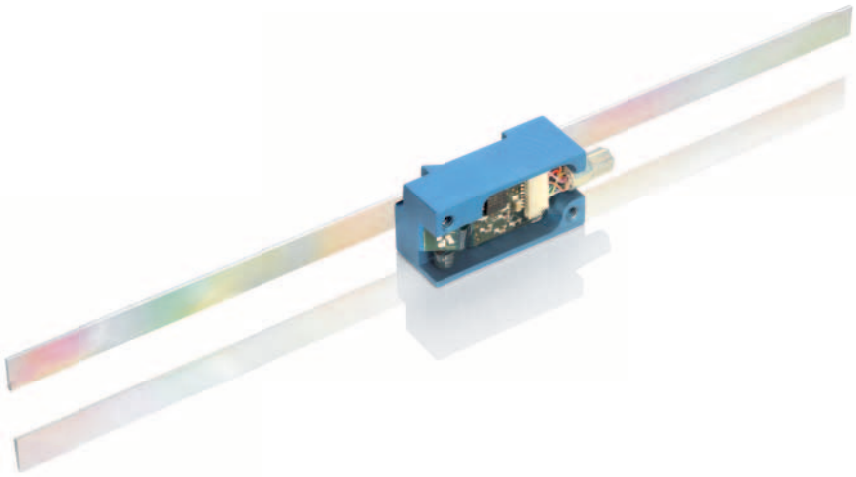
PIOne: HÖCHSTLEISTUNG FÜR NANOPOSITIONIERSYSTEME

Eine Eigenentwicklung für Präzision über große Stellwege

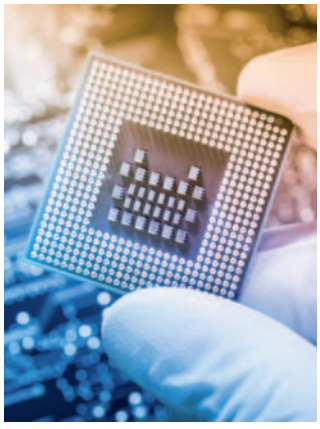


„Es war eine anspruchsvolle Aufgabe sowohl die Grundlagen zu erarbeiten als auch die technische Umsetzung zu realisieren. Für mich als Entwickler eine spannende Mischung aus optischen, mechanischen und elektronischen Komponenten, die als Produkt zusammen funktionieren müssen."

Dr. Axel Grabowski
Teamleiter Entwicklung Sensorik bei PI



Piezoschreitantriebe oder magnetische Direktantriebe erlauben auch über große Stellwege eine hochgenaue Positionierung. Hohe Auflösung und Linearität über große Stellwege sind jedoch nicht denkbar ohne den Einsatz höchstauflösender Messsysteme und Messmethoden.



Die Halbleiterindustrie verlangt höchste Präzision

In der klassischen Nanopositionierung mit Piezoaktorik und Stellwegen bis 1 mm erzielen kapazitive Sensoren eine Auflösung im Sub-Nanometerbereich und sehr hohe Stabilität und Linearität. Für Messbereiche ab ca. 1 mm stoßen die kapazitiven Messsysteme jedoch an ihre Grenzen: Auflösung und Linearität nehmen ab oder die Größe der aktiven Sensorfläche nimmt zu und damit auch der benötigte Bauraum. Bei größeren Stellwegen werden daher inkrementelle Positionssensoren eingesetzt. Auf dem Markt verfügbare Linearencoder sind jedoch für die Anforderungen der Nanopositionier-Mechaniken oftmals nicht ausreichend.

„Wir haben den PIOne entwickelt, da es keine Sensoren kleiner Bauform im Auflösungsbereich 1 nm und besser gab“, erklärt Axel Grabowski, Teamleiter der Entwicklung im Fachbereich Sensorik bei PI. „Einige der auf dem Markt verfügbaren Sensoren erreichen zwar solche Auflösungen, sind jedoch größer als so manche von unseren Verstellern und verbrauchen relativ viel Leistung. Bei der Eigenentwicklung sollte daher ein Sensor kleiner Bauform mit höchster Auflösung und moderatem Energieverbrauch realisiert werden. Mit dem inkrementellen Positionssensor PIOne ist uns das gelungen.“

Auflösung bis 20 Picometer

Die Auflösung des inkrementellen Sensors, d.h. die kleinstmögliche messbare Verschiebung des Messkopfes gegenüber dem Maßstab, wird im Wesentlichen von der Länge der Signalperiode des Sensors, dem Rauschen der Verarbeitungselektronik und dem elektronischen Interpolationsfaktor der Signale bestimmt.

Die Höhe des Interpolationsfaktors ist jedoch durch das Rauschen der Signale begrenzt und kann nicht beliebig hoch gewählt werden. Eine möglichst kleine Signalperiode ist daher von Vorteil, da so eine hohe Auflösung auch bei einem geringeren Interpolationsfaktor erzielt werden kann.

Die Auflösung von 20 Picometern und besser erreicht der PIOne durch seine kleine Signalperiode von 0,5 µm und die optimierte Signalverarbeitung. Dabei ist eine Interpolation mit einem Faktor von 4000 rauschfrei möglich.

Linearitätsabweichung <1 %

Die Linearität ist sowohl von der Qualität des Messgitters und der Qualität der Signale als auch von den mechanischen Einflüssen abhängig.

Aufgrund der kleinen Signalperioden von 0,5 µm, einer Genauigkeitsklasse des Messgitters von unter 150 nm/30 cm und der hohen Qualität der Signale, erreicht der Sensor eine Linearitätsabweichung von bis zu <1 %.

Der Messkopf des PIOne beinhaltet ein Mach-Zehnder Interferometer, bei dem die optischen Wege abgeglichen und vollsymmetrisch sind, wodurch Umgebungseinflüsse, wie z. B. Temperatur und Luftfeuchtigkeit, kompensiert werden.

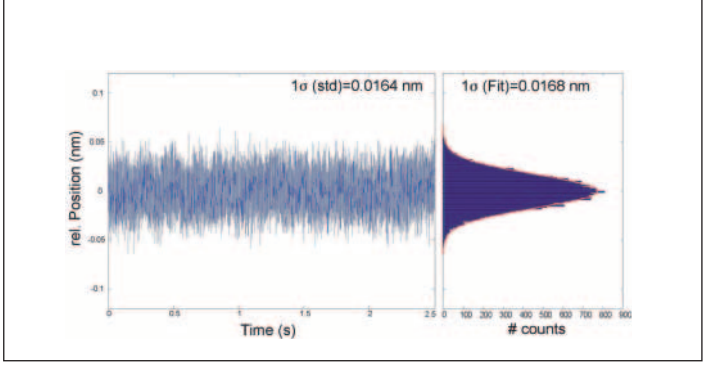
Minimaler Wärmeeintrag

Die verwendete Laserdiode arbeitet mit verhältnismäßig geringer Leistung, um die Erwärmung des Sensorkopfs zu minimieren. Um den Eintrag von Wärme in ein Messsystem weitestgehend zu vermeiden, kann das Licht optional über einen Lichtwellenleiter in den Sensorkopf des PIOne eingekoppelt werden.

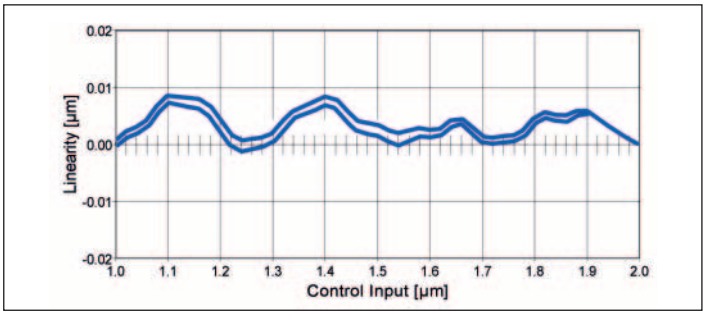
Da die Signale des PIOne von verschiedenen PI Controllern weiterverarbeitet werden können, kann er in Positioniersystemen mit unterschiedlichsten Antriebstechnologien eingesetzt werden.

PIOne – eine Klasse für sich

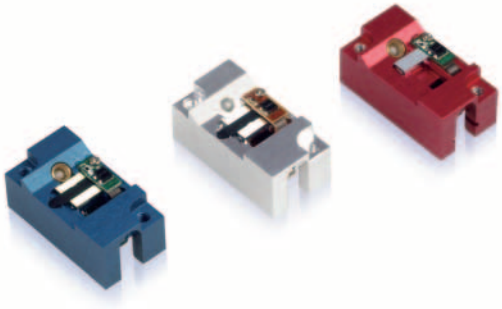
- Auflösung bis 20 Picometer RMS und besser
- Kleine Abmessungen 23 mm × 12 mm × 9,5 mm
- Ausgabe von Sinus-/Cosinus- oder Quadratur-Signalen
- Geringer Stromverbrauch und geringe Eigenerwärmung
- Genauigkeitsklasse des Messgitters 150 nm/30 cm
- Hochvakuumtauglich bis 10^{-7} hPa, ausheizbar bis 80 °C
- Bevorzugt für Stellwege >1 mm
- Für Geschwindigkeiten bis 0,8 m/s bei höchster Auflösung
- BiSS-Interface für sicheren Datenaustausch



Rauschmessung eines Positioniersystems mit dem PIOne bei ca. 400 kHz Bandbreite und 18 Bit Auflösung des Sensoreingangs:16 Picometer RMS und 100 Picometer Spitze-Spitze

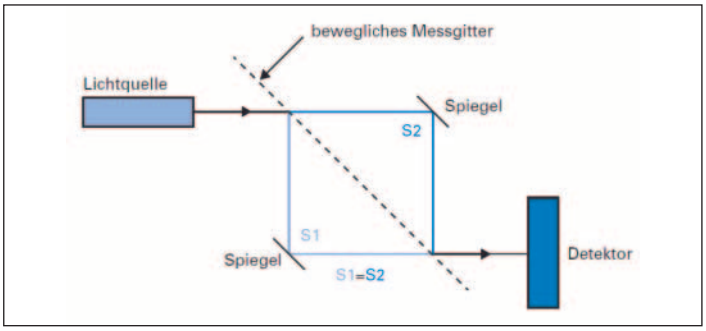


Linearitätsmessung eines N-664 mit integriertem PIOne Sensor und angesteuert über einen E-861 Motion Controller. Die Linearitätsabweichung beträgt <10 mm



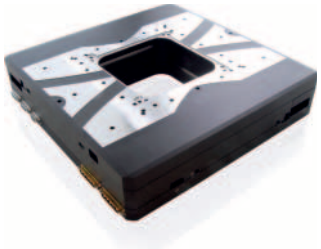
Blau: 0,5 µm Signalperiode, für Geschwindigkeiten >200 mm/s
Weiß: 0,5 µm Signalperiode, für Vakuumbedingungen
Rot: 2 µm Signalperiode, für Geschwindigkeiten >800 mm/s

Mach-Zehnder Interferometer



Prinzipskizze eines Mach-Zehnder Interferometers mit abgeglichenen Strahlengängen. Ein aus einer Laserdiode einfallender Strahl wird beim Durchlauf zwischen zwei Gittern in zwei optische Strahlengänge aufgespaltet und anschließend wieder vereint. Das dabei entstehende Interferenzmuster wird mit Photodioden detektiert und anschließend weiter verarbeitet

Produktbeispiele



MCS

Der MCS hat eine Auflösung von 5 nm bei einer Wiederholgenauigkeit von 0,2 µm und einer Positioniergenauigkeit von 3 µm auf den gesamten Stellweg von 102 mm je Achse

LPS-24

Der Miniaturtisch LPS-24 mit Piezoschreitantrieb ist nur 24 mm breit. Er erreicht mit dem Sensor PIOne eine kleinste Schrittweite von 1 nm über 15 mm Stellweg

N-664

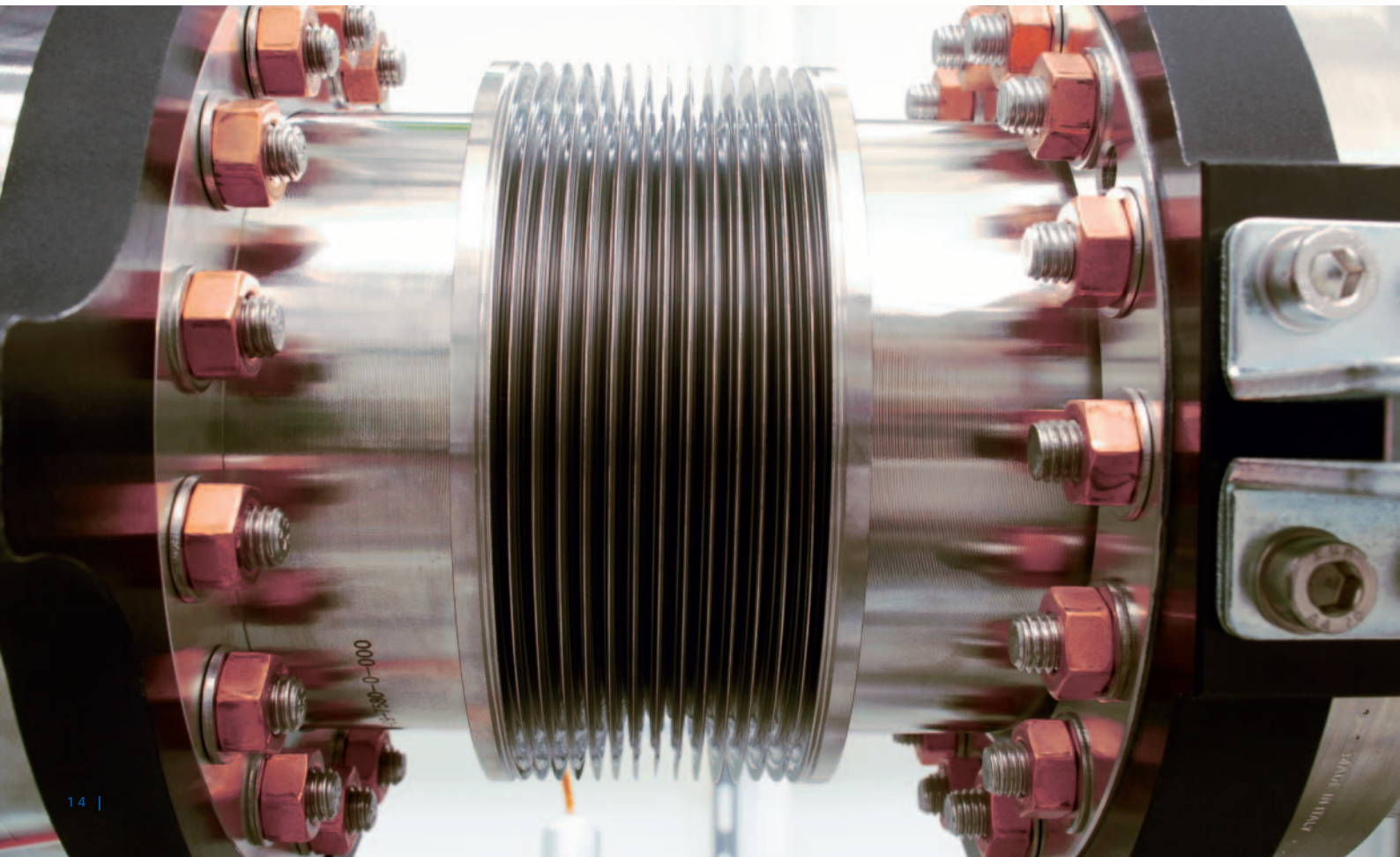
Der hochauflösende Linearstelltisch N-664 bietet über einen Stellweg von 30 mm eine kleinste inkrementelle Bewegung von 2 nm

KLEIN KLEINER AM KLEINSTEN

Miniaturisierte Linear- und Rotationstische

Hohe Positionsauflösung und kleinste Abmessungen kennzeichnen die neue Serie linearer und rotatorischer Positioniersysteme von PI miCos.

Vakuum-Variante
des Lineartischs LPS-22



Aufbau einer SpaceFAB-Variante für die Positionierung in bis zu sechs Achsen

Mit nur 22 mm Breite, Stellwegen bis 26 mm und einer Auflösung bis 1 Nanometer im geregelten Betrieb ist der Lineartisch LPS-22 einer der kleinsten auf dem Markt verfügbaren Präzisionslinearversteller. Dabei erreicht der Lineartisch Geschwindigkeiten bis 10 mm/s.

Die Rotationsversteller der Serie RPS werden mit einem kleinsten Durchmesser der Drehplattform von 14 mm angeboten und bieten Geschwindigkeiten bis 45°/s.

Unerlässlich:
Piezoelektrisches Antriebsprinzip

Die miniaturisierten Linear- und Rotationstische basieren auf piezomotorischen Antrieben. Dieses Antriebsprinzip ermöglicht die kompakte Bauform und hohe Auflösung und macht die Serie ideal für die Präzisionspositionierung unter beengten Platzverhältnissen und unter Vakuumbedingungen. Der optionale verfügbare Linearencoder für die LPS-22 Lineartische bietet eine Auflösung von bis zu 1 nm.

Für XY- oder dreiachsige Konfigurationen mit Drehtischen können die Linearversteller und Rotationstische einfach ohne Adapter montiert werden.

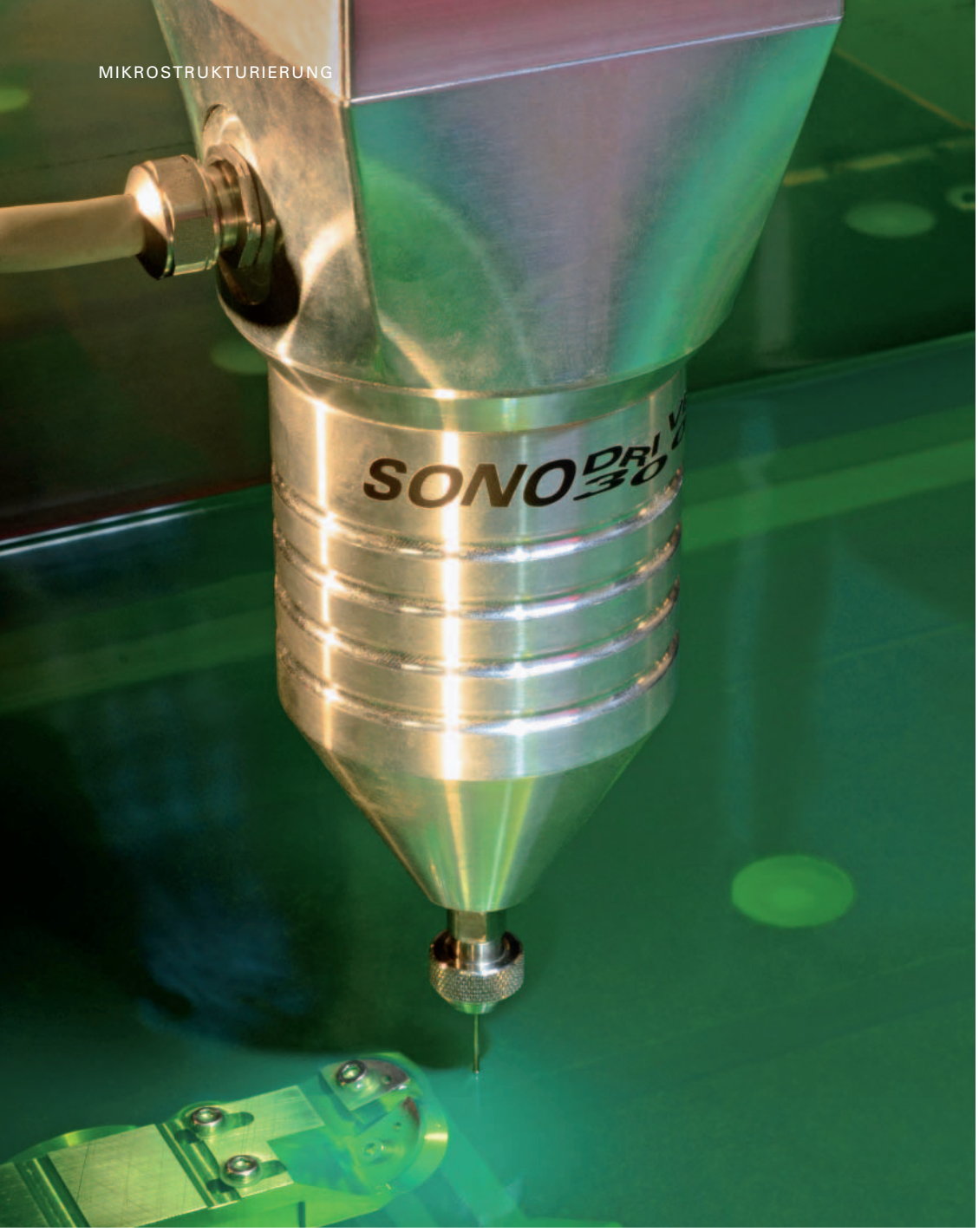
Zur Ansteuerung im positionsgeregelten wie auch ungeregelten Betrieb stehen passende Treiber und Motion Controller zur Verfügung. Diese reichen von ungehausten OEM Platinen über Tischgeräte bis hin zu mehrachsigen Systemen. Im Lieferumfang sind eine Bedienersoftware sowie Treiber zur Programmierung unter Windows oder LabVIEW enthalten.

Ausblick – SpaceFAB und Goniometer

Für die Positionierung in bis zu sechs Achsen entwickelt PI miCos aktuell eine SpaceFAB-Variante, die auf LPS-22 Lineartischen basiert. Außerdem werden Goniometer die Serie der Miniaturtische ergänzen.

Links: Präzisionspositionierung auch unter Vakuumbedingungen

Für XY- oder dreiachsige Konfigurationen mit Drehtischen können die Positioniertische der Serie einfach ohne Adapter montiert werden



Mit der Sonodrive 300 wurde eine Vibrationsspindel zur Serienreife gebracht, die bei hochpräzisen Mikrobohrungen durch ein patentiertes Verfahren die Bearbeitungszeiten gegenüber herkömmlichem Standardequipment um bis 60 % verkürzen kann. Als „Plug & Play"-Lösung lässt sie sich in alle marktüblichen Senkerodiermaschinen integrieren (Bild: ICT-IMM)

Kompakter Piezoaktor: Die Erzeugung von Vibrationen ist eine geradezu klassische Piezo-Anwendung

GOOD VIBRATIONS FÜR DIE SENKEROSION

Piezoaktoren beschleunigen die Mikrostrukturierung

Die steigende Komplexität von Produkten und Prozessen fordert von den Fertigungsverfahren einen immer höheren Durchsatz, gesteigerte Präzision und Geometrievielfalt sowie eine exakte Wiederholfähigkeit.

Gleichzeitig geht in der Automatisierung der Trend weiter in Richtung Miniaturisierung. Kein Wunder also, dass auch im Bereich der Senkerosion inzwischen mikrostrukturierte Präzisionsbauteile gefertigt werden, oft sogar in großen Stückzahlen. Beispiele finden sich bei der Herstellung von Filterelementen oder bei Einspritzdüsen für die Automobilindustrie. Auch für die Mikrostrukturierung sind deshalb wirtschaftliche Fertigungsverfahren zunehmend notwendig.

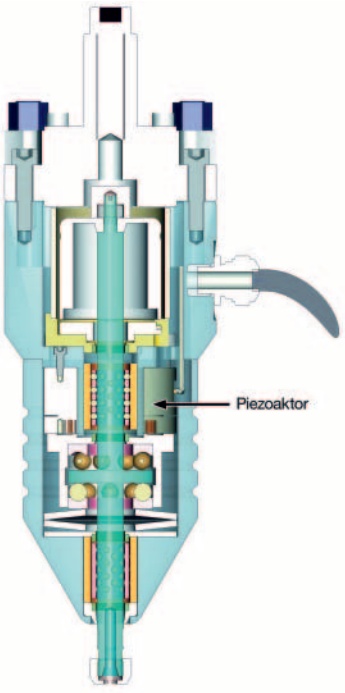
Schneller erodieren mit der Vibrationsspindel

Dieser Thematik hat sich das Institut für Mikrotechnik in Mainz (ICT-IMM), das ab 2014 zur Fraunhofer Gesellschaft gehört, angenommen. Mit der Sonodrive 300 wurde eine Vibrationsspindel zur Serienreife gebracht, die bei hochpräzisen Mikrobohrungen durch ein patentiertes Verfahren die Bearbeitungszeiten gegenüber herkömmlichem Standardequipment um bis zu 60 % verkürzen kann. Die Spindel rotiert und vibriert gleichzeitig, wodurch die beim Erodieren entstehenden Partikel sich nicht in der Bohrung absetzen und nicht wieder erodiert werden müssen. Bei konventionellen Methoden ist das unvermeidlich, da im Mikrobereich aufgrund der geringen Elektrodenabmessungen nicht mehr gespült werden kann. Je nach zu bearbeitendem Material und Aufgabenstellung ist der Vibrationsweg einstellbar und lässt sich auch während des Prozesses jederzeit anpassen.

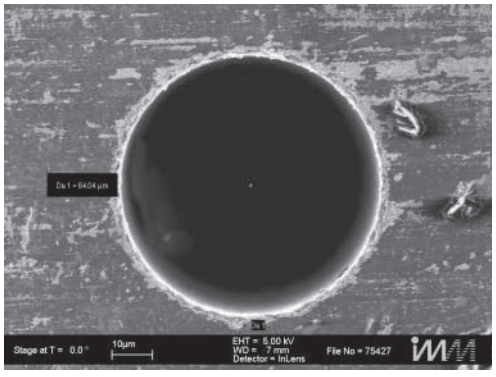
Gegenüber konventionellen Verfahren bringt dies erhebliche Geschwindigkeitsvorteile, beschleunigt also den gesamten Produktionsprozess. Bei einer Sack-Bohrung von 0,2 mm Durchmesser in einem 1,0 mm starken VA-Material reduzierte sich im Test auf einer Senkerodiermaschine EA12 von Mitsubishi Electric die Bearbeitungszeit von 200 auf knapp 80 Sekunden. Auf einer Senkerodiermaschine Agie Compact war die Durchgangsbohrung von ebenfalls 0,2 mm Durchmesser in einem 0,4 mm dicken VA-Material mit der Vibrationsspindel gleichfalls um ca. 60 % schneller. Dabei vereint das neue Spindelprinzip eine hohe Rundlauftoleranz von absolut 1 bis 2 µm bei einer Drehzahl bis zu 3500 min^{-1} mit einer hochfrequenten Vibration bis maximal 300 Hz und einem Hub bis zu 15 µm. Die Spindel passt als „Plug & Play"-Lösung zu allen marktüblichen Senkerodiermaschinen. Auch die passende ebenfalls vom IMM entwickelte miniaturisierte Drahtabzugsvorrichtung lässt sich einfach integrieren. Die Rundlauftoleranz lässt sich so auf absolut 1 µm verbessern.

Piezoaktor sorgt für die Vibration

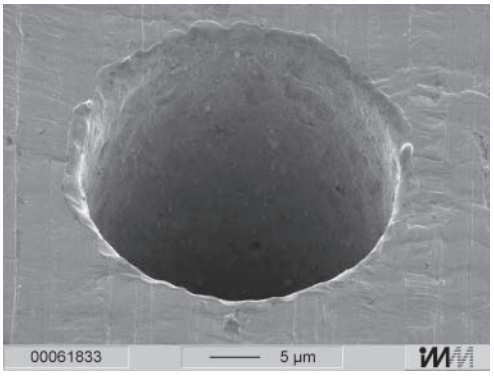
Möglich wurde dieser Technologiesprung für die Mikrostrukturierung durch die Kombination einer gehörigen Portion Know-how und dem Einsatz technisch hochwertiger Komponenten. Für die Vibration sorgt beispielsweise ein Piezoaktor von PI. Für diese Wahl sprachen gleich mehrere Gründe. So ist die Erzeugung von Vibrationen eine geradezu klassische Piezo-Anwendung, denn beim Anlegen einer Wechselspannung beginnt das Piezoelement zu schwingen. Dabei können typischerweise Stellwege von einigen hundert Mikrometern bei hoher Dynamik mit Frequenzen bis zu mehreren Hundert Hertz erreicht werden. Die kurzen Ansprechzeiten der Piezos kommen der Anwendung als Vibrationsantrieb ebenfalls entgegen. Mit 25 mm Höhe bei einem Durchmesser von 50 mm und einer inneren Öffnung mit 25 mm



In der Vibrationsspindel ließ sich der Piezoaktor platzsparend integrieren (Bild: ICT-IMM)



Eine Bohrung mit 64 µm Durchmesser erzeugt mit einer Senkerodiermaschine mit Vibrationsbohrspindel. Die Abweichung von der Rundheit und Zylindrizität der Bohrung beträgt jeweils lediglich 1 µm (Bild: ICT-IMM)



Eine Bohrung mit lediglich 20 µm Durchmesser erzeugt mit einer Senkerodiermaschine, die mit der Vibrationsbohrspindel ausgestattet war (Bild: ICT-IMM)

MEHR INFOS ÜBER DAS FRAUNHOFER ICT-IMM IN MAINZ

www.imm.fraunhofer.de

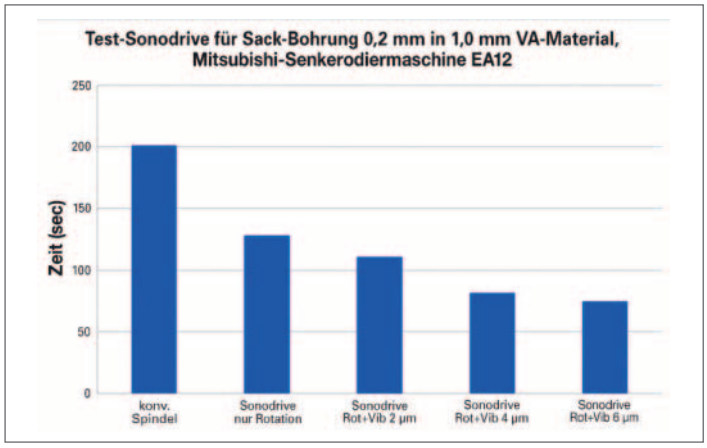
Durchmesser ließ sich der gewählte Aktor außerdem gut in der Vibrationsspindel einbauen. Da sich Piezos auch für große Lasten eignen, ist die permanente Bewegung der je nach Elektrode ca. 250 bis 450 g schweren Spindel für den kleinen Antrieb kein Problem. Im Fall der Fälle kann er mehr als ein Kilo „stemmen". Elektromechanische Konstruktionen zur Vibrationserzeugung dagegen kamen für diesen Einsatzfall nicht infrage; sie hätten sich aufgrund ihres Aufbaus und ihrer Abmessungen nicht in eine praxisgerecht nutzbare Einheit integrieren lassen.

Es gibt jedoch noch weitere Argumente, die für den Piezo-Einsatz sprechen: Da die Bewegung auf kristallinen Festkörpereffekten beruht, ist Abnutzung bei dieser Technik nicht zu befürchten; es gibt auch keine Zahnräder, Lager oder andere verschleißanfällige Mechanik. Der Piezoaktor ist damit wartungsfrei. Diese Eigenschaft ist nicht zu vernachlässigen, da der Piezoaktor während der kompletten Bearbeitungszeit läuft. Seine Zuverlässigkeit hat er z.B. bereits im Prototypen der Vibrationsspindel bewiesen, den ICT-IMM seit etwa vier Jahren mit um die 100 Millionen Betriebszyklen im Betrieb hat.

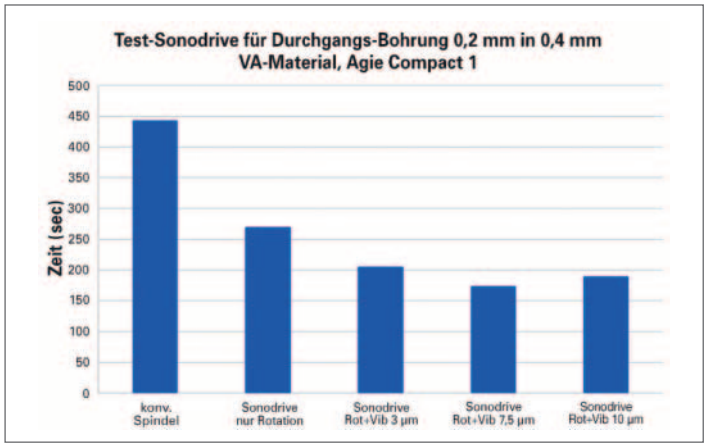
Die Ansteuerung des Piezoaktors übernimmt ein pulsweitenmodulierter Hochleistungs-Verstärker, der ebenfalls von PI stammt.

Vibrationsunterstütztes Elektrodenspannfutter bringt ebenfalls Zeitersparnis

Piezoaktoren haben sich auch in einem vibrationsunterstützten Elektrodenspannfutter bewährt, das sich ebenfalls als „Plug & Play"-Lösung für alle marktüblichen Senk-Erodiermaschinen sowie Spannsysteme eignet und mit 80 x 80 x 150 mm sehr kompakt baut. Auch hier beschleunigt die 300-Hz-Vibration mit einem einstellbaren Hub bis 15 µm Vibration den Produktionsprozess erheblich: So ergab ein Langzeitversuch mit einer Hartmetallelektrode (0,2 x 5 mm) und 7 mm Einsenktiefe eine Zeitersparnis von 70 %. Die Produktionszeit verkürzte sich von 17 Stunden und 20 Minuten auf 5 Stunden und 15 Minuten. Anwendungsbereiche, die davon profitieren können, gibt es viele. Typische Beispiele sind die Mikrobearbeitung, der Werkzeug- und Formenbau sowie die Herstellung von Bauteilen für Medizin-, Mess- und Gerätetechnik. Als Vibrationserzeuger haben damit Piezoaktoren wesentlich dazu beigetragen, die Technik des Senkerodierens bis in den untersten Mikrobereich voranzutreiben.



Bei einer Sack-Bohrung von 0,2 mm Durchmesser in einem 1,0 mm starken VA-Material reduzierte sich im Test auf einer Senkerodiermaschine EA12 von Mitsubishi Electric die Bearbeitungszeit von 200 Sekunden auf knapp 80 Sekunden (Bild: ICT-IMM)



Auf einer Senkerodiermaschine Agie Compact war die Durchgangsbohrung von ebenfalls 0,2 mm Durchmesser in einem 0,4 mm dicken VA-Material mit der Vibrationsspindel gleichfalls um ca. 60 % schneller (Bild: ICT-IMM)

Bei einer Spitzenleistung bis 280 W und einer Dauerausgangsleistung bis zu 100 W kann der speziell auf die Belange von Niedervoltpiezoaktoren ausgelegte Verstärker einen Spitzenstrom bis 2000 mA abgeben und aufnehmen

Schneller Hexapod

Weiterentwicklung des Mini-Hexapods H-811 für Schwingungen mit hoher Dynamik

Die Anforderungen an Kamerasysteme steigen. Insbesondere der Wunsch, scharfe Bilder auch ohne Stativ zu erhalten, und damit sowohl das natürliche Zittern der Hand als auch z.B. Vibrationen durch ein Fahrzeug in Bewegung auszuschließen.

Moderne Kameras werden daher mit Verfahren zur Bildstabilisierung ausgestattet. Um diese zu testen, ist es notwendig, Schwingungen mit hoher Dynamik auszuführen.

Speziell für diese Anwendung hat PI den H-811 weiterentwickelt. Wie der H-811 Mini-Hexapod bietet der H-811.S11 Stellwege bis 34 mm linear und 42° rotatorisch. Mit 20 Hz über 0,1° Auslenkung ist seine Dynamik jedoch deutlich höher.

Scharfe Bilder auch ohne Stativ: Der H-811 testet moderne Bildstabilisierungsverfahren

Pick-and-Place Roboter

Ein Anwendungsbeispiel für PIMag® Linearaktoren

Parallelkinematische Delta- oder Spider-Roboter werden häufig für Bestückungsaufgaben eingesetzt. Sie besitzen in allen Bewegungsachsen die gleichen dynamischen Eigenschaften und können für hohe Präzision im Bereich einiger Mikrometer ausgelegt werden. Ein Anwendungsbeispiel sind Tripoden, die auf V-273 PIMag® Linearaktoren basieren.

Die einzelnen Aktoren besitzen eine Positionsauflösung von 0,1 µm, Stellwege bis 20 mm und 250 mm/s Höchstgeschwindigkeit. Im Testaufbau können so Flächen mit jeweils bis zu 10 mm Kantenlänge dynamisch abgedeckt werden.

Pick-and-Place-Systeme eignen sich beispielsweise für die automatisierte Tablettenbestückung

PI AKADEMIE: JETZT ANMELDEN!

25. September 2014 – 9.00 bis 16.30 Uhr – PI Karlsruhe

Antriebe und Systeme für die Automatisierung

- **Hexapoden und EtherCAT**
- **Piezobasierte Kleinstantriebe und deren Ansteuerung**
- **Elektromagnetisches Antriebsprinzip: Vom OEM-Antrieb zum 6D-System**

Die Anforderungen an Positioniersysteme innerhalb eines Automatisierungsprozesses steigen. Für die Antwort auf die Frage „Was passt am besten?“ sind nicht nur Faktoren wie Auflösung, Dynamik, Stellwege, Bauraum oder Umgebungsbedingungen ausschlaggebend – intelligente Anbindungen an die Peripherie, Zuverlässigkeit und Kosten- und Energieeffizienz spielen ebenfalls eine wichtige Rolle.

Im Rahmen der PI Akademie laden wir Sie herzlich ein, sich in Fachvorträgen über Antriebs- und Systemlösungen zu informieren, die Ihnen unser breites Technologiespektrum bietet.

Sie haben außerdem Gelegenheit, ausführlich mit unseren Entwicklungs- und Applikationsingenieuren zu sprechen und Fragen speziell für Ihre Anwendung zu diskutieren.

Wir freuen uns auf Sie!

Die Teilnahme an dieser Veranstaltung ist kostenfrei. Für Ihr leibliches Wohl wird gesorgt. Bitte melden Sie sich rechtzeitig an, da die Teilnehmerzahl begrenzt ist.

www.pi-academy.ws

---

07. – 11.04.2014 | **Hannover Messe**
06. – 09.05.2014 | **Control Stuttgart**
20. – 22.05.2014 | **Optatec Frankfurt**
02. – 06.06.2014 | **Euspen Dubrovnik, Croatia**
03. – 05.06.2014 | **MEDTEC Europe Stuttgart**
23. – 25.06.2014 | **ACTUATOR Bremen**
06. – 09.10.2014 | **Motek Stuttgart**
11. – 14.11.2014 | **Electronica München**
12. – 14.11.2014 | **COMPAMED Düsseldorf**
25. – 27.11.2014 | **sps ipc drives Nürnberg**

CMA01D Motion & Positioning 04/2014.0,5