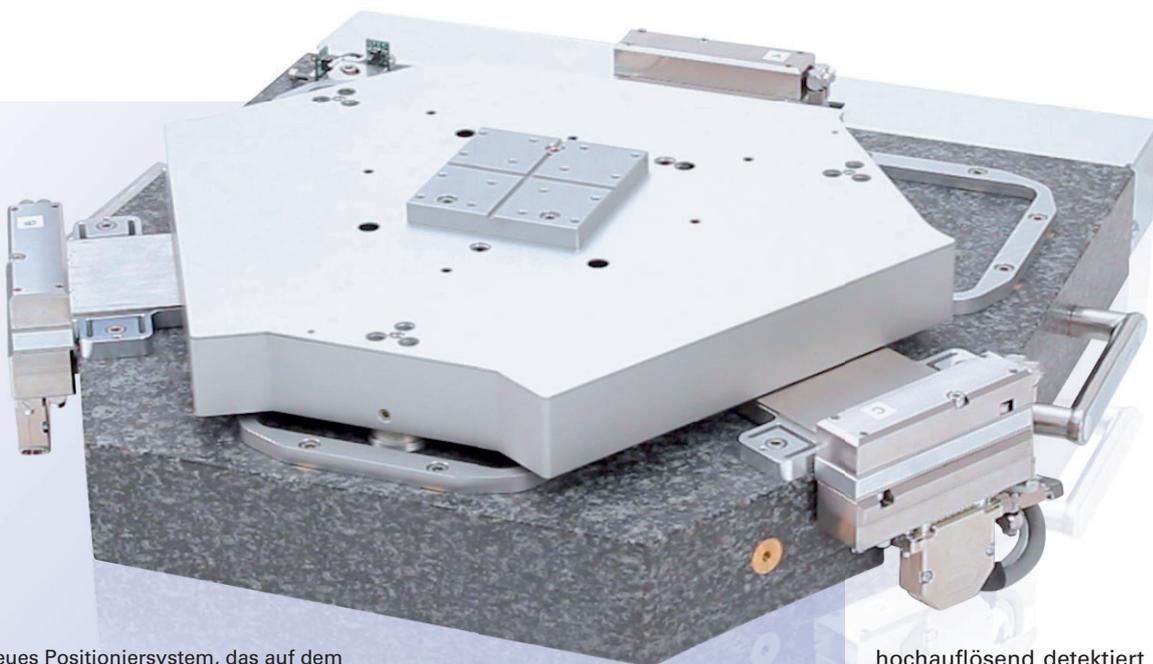


Aktiv magnetisch geführtes Positioniersystem mit Ablaufgenauigkeit im Nanometerbereich

Zukunftsweisend in der Nanostelltechnik: Entwicklungsstudie PIMag™ 6D



Neues Positioniersystem, das auf dem magnetischen Schweben (Magnetic Levitation) basiert: Der passive Läufer schwebt auf einem magnetischen Feld und wird durch dieses aktiv geführt. Objekte lassen sich auf diese Weise mit bisher unerreichter Führungsgenauigkeit in der Ebene linear bzw. rotativ bewegen.

hochauflösend detektiert und über die Variation des Magnetfelds ausgeglichen werden. Der PIMag™ besitzt also eine aktive Führung.

Aktive Führung ohne Reibung

Reibungsfreiheit im Antriebsstrang oder in der Führung des Positioniersystems und Vakuumtauglichkeit sind gefordert, um z. B. in der Halbleiterfertigung einen Wafer in sechs Freiheitsgraden nanometergenau für die Bearbeitung auszurichten. Antriebe, die auf dem Prinzip des magnetischen Schwebens beruhen, bieten optimale Voraussetzungen, um diesen Anforderungen gerecht zu werden.

Hohe Positioniergenauigkeiten zu erzielen, ist nicht mehr alleine Piezoaktoren vorbehalten. PI setzt seit einiger Zeit für Präzisionsbewegungen über längere Stellwege zunehmend auch Piezomotoren neben klassischen Motor-Spindellösungen als Antrieb ein. Mit der Entwicklungsstudie PIMag™ 6D geht PI aber ganz neue Wege.

Magnetische Linearantriebe ermöglichen eine 6-achsige Bewegung mit bisher unerreichter Positionier- und Führungsgenauigkeit im Bereich von wenigen

Nanometern. Zugrunde liegt ein hochauflösendes Messsystem für alle Achsen der Bewegung. So können Abweichungen von einer geradlinigen Bewegung

Fortsetzung auf Seite 2

Fortsetzung

Der Läufer schwebt auf einem magnetischen Feld, das durch sechs Spulen erzeugt und über einen 6D-Sensor geregelt wird. Der Läufer selbst ist passiv, kommt also ohne elektrische Zuleitungen aus. Dies erhöht die Bewegungsfreiheit und es gibt keine bewegten Kabel, die die schnelle, großflächige und präzise Bewegung des Läufers beeinflussen. Die Anordnung der Magnete im passiven Läufer nach dem Halbach-Prinzip erlaubt höhere Nutzlasten, minimiert die zum Tragen des Läufers notwendige Energie der aktiven Spulen im Stator und senkt die thermische Belastung.

Sechs Freiheitsgrade nanometergenau

Im Stator integriert ist ein hochauflösendes Messsystem. Es besteht aus optischen und kapazitiven Sensorelementen und erfasst die Position des Läufers in allen sechs Freiheitsgraden. Der inkrementelle optische 2D-Sensor besitzt eine Auflösung von 10 nm und kann Verdrehungen um die vertikale Achse bis zu $\pm 0,25^\circ$ aufnehmen.

Objekte lassen sich auf diese Weise mit bisher unerreichter Führungsgenauigkeit in der Ebene linear bzw. rotativ bewegen. Führungs- und Verkippungsfehler in der Z-Achse lassen sich direkt messen und ausregeln.

Der Prototyp hat einen Bewegungsbereich von $100 \times 100 \times 0,15 \text{ mm}^3$. Bahn-



Die 6-achsige Bewegung wird über einen 6D-Sensor geregelt. Die Referenzfläche für die Sensorik befindet sich mittig unterhalb des magnetisch schwebenden Läufers.

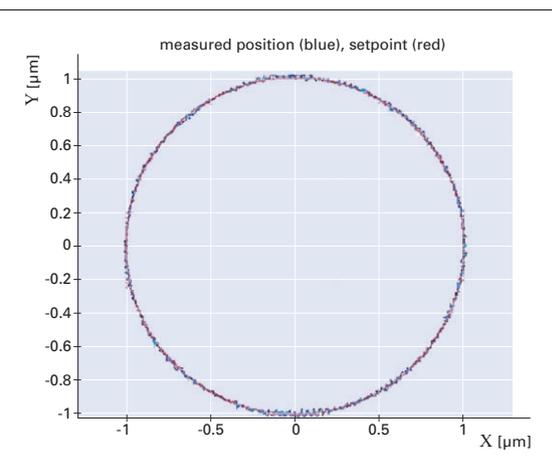
bewegungen können bei einer Beschleunigung von bis zu 2 m/s^2 und einer Geschwindigkeit von derzeit bis zu 100 mm/s mit Nanometerpräzision durchgeführt werden. PIMag™ 6D positioniert aktuell mit einer Auflösung von 10 nm. Fährt das System z.B. eine Kreisbahn mit 100 nm Durchmesser, liegt die maximale Abweichung von der Ideallinie bei nur wenigen Nanometern.

Der digitale Controller des elektromagnetischen Antriebs, basierend auf einem modularen System von PI, kann bereits heute verschiedene Geometriefiles sowie Koordinatentransformationen verarbeiten und bietet damit eine optimale Basis für Skalierungen.

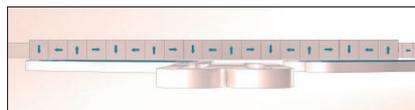
Potential für die Zukunft

Mit umfangreichem Wissen und großer Erfahrung im Bereich Nanopositionierung, Sensorik, Elektronik und Software ist es PI in Zusammenarbeit mit dem Institut für Mikroelektronik- und Mechatronik-Systeme (IMMS) in Ilmenau gelungen, ein magnetisch geführtes Positioniersystem zu entwickeln, das einfacher aufgebaut ist und schneller und präziser arbeitet als alle bisher verfügbaren Systeme.

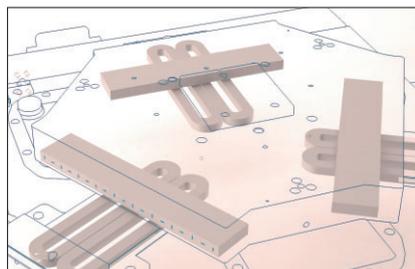
In die Weiterentwicklung werden konkrete Anwendungsanforderungen einfließen, um die Positionierleistung zielgerichtet weiter auszubauen – die nächsten Entwicklungsschritte bleiben also spannend.



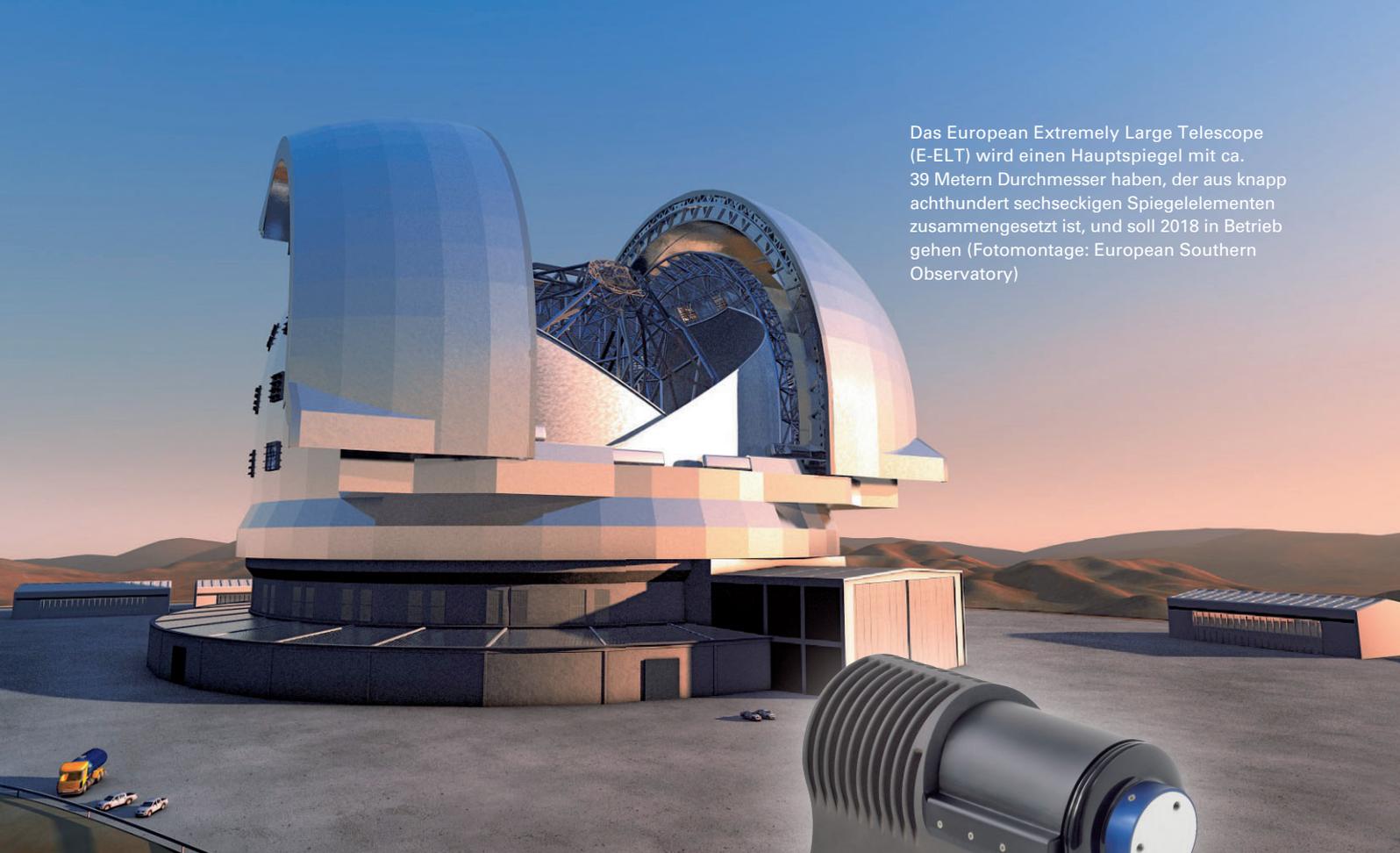
Fährt das System eine Kreisbahn mit $1 \mu\text{m}$ Radius, liegt die maximale Abweichung von der Ideallinie bei nur wenigen Nanometern.



Anordnung der Magnete nach dem Halbach-Prinzip.



Der Läufer schwebt auf einem magnetischen Feld, das durch sechs planare Spulen im Stator erzeugt wird.



Das European Extremely Large Telescope (E-ELT) wird einen Hauptspiegel mit ca. 39 Metern Durchmesser haben, der aus knapp achthundert sechseckigen Spiegelementen zusammengesetzt ist, und soll 2018 in Betrieb gehen (Fotomontage: European Southern Observatory)

Positioniergenauigkeit und minimale Bahnabweichung: Hochsteifer hybrider Linearaktor

Hybridantrieb kombiniert große Stellwege mit Nanometer-Präzision

Aktive Optik für das größte Teleskop der Welt

Hochsteife hybride Linearaktoren positionieren Segmente des Hauptspiegels unter extremer Belastung.

Eine Steigerung des Lichtsammel- und Auflösungsvermögens erdgebundener Teleskope lässt sich durch eine Vergrößerung der Hauptspiegel erzielen. Das derzeitige Konzept der Europäischen Südsternwarte für das European Extremely Large Telescope E-ELT beschreibt ein Teleskop mit einem Hauptspiegel von ca. 39 m Durchmesser, der aus knapp achthundert sechseckigen Spiegelementen zusammengesetzt ist. Damit wird es das weltweit größte Teleskop für Beobachtungen im Bereich des sichtbaren und des Infrarotlichts sein.

Um Abbildungsfehler durch Abweichungen des großen Hauptspiegels des E-ELT von der geforderten Form des Parabo-

loids auszugleichen, müssen die Spiegel-segmente präzise zueinander ausgerichtet werden. Das erfordert dynamische Antriebe, die eine nanometergenaue Positionierung ermöglichen.

Für diese Aufgabe entwickelte PI einen Hybrid-Antrieb aus einem Motor-Spindel-Antrieb und einem Piezoaktor. Die hochsteifen hybriden Linearaktoren erreichen Stellwege von mehreren zehn Millimetern bei einer Auflösung von besser als 2 nm. Unter jedem Spiegel-segment sind drei Antriebe montiert, die die Höhendifferenz benachbarter Segmente ausgleichen. Wird das Teleskop nachgeführt oder auf ein anderes Objekt ausgerichtet, entstehen Ausrichtungsgeschwindigkeiten von bis zu 250 $\mu\text{m/s}$. Dabei müssen beachtliche Massen bewegt werden. So hat der einzelne Antrieb Lasten bis 900 N zu bewegen bzw. zu halten.

Über einen hochauflösenden Sensor können eventuelle Abweichungen des Motor-Spindel-Antriebs gemessen und mittels des hochdynamischen Piezoaktors korrigiert werden. Dies garantiert eine extrem hohe Positioniergenauigkeit der Hybrid-Antriebe bei der Ausgleichsbewegung.

Der eingesetzte Piezoaktor ist in einem verschlossenen, mit Stickstoff gefüllten Metallbalg gekapselt. Dadurch ist der Aktor gegen Feuchtigkeit geschützt und erreicht auch unter widrigen Umgebungsbedingungen die geforderte Lebensdauer von 30 Jahren. Der hochauflösende Sensor ist ein inkrementeller optischer Encoder, der möglichst nahe der Antriebsspitze platziert ist. Er arbeitet mit einer Auflösung von 250 Picometern und ist ebenfalls unempfindlich gegenüber wechselnden Umgebungsbedingungen.

Modulares Konzept für Hexapoden

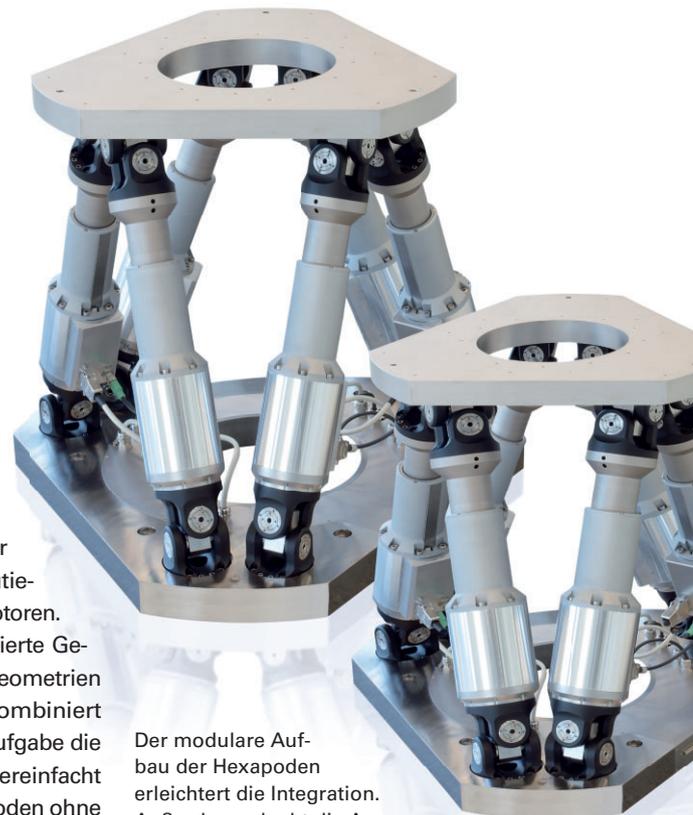
Schnell und wirtschaftlich zur individuellen Positionierlösung

Eine Positionieraufgabe gleicht selten der anderen. Individuelle Lösungen sind deshalb gefragt. Das trifft auch auf Hexapoden zu, die als parallelkinematische Systeme selbst große Lasten mit sechs Freiheitsgraden der Bewegung präzise positionieren können. Ein modulares Konzept sorgt jetzt dafür, dass sich auch individuelle Anforderungen innerhalb kurzer Zeit realisieren und mit geringem Aufwand in die Applikation integrieren lassen.

Bei Hexapoden bewegen sechs Aktoren gleichzeitig eine gemeinsame Plattform und ermöglichen dadurch eine hohe Präzision, Steifigkeit und Dynamik, die sich mit serieller Kinematik nicht erreichen lässt. PI hat nun ein modulares Konzept entwickelt, das anwendungsspezifische Anpassungen innerhalb kurzer Zeit ermöglicht. Die Beine der Hexapoden sind so aufgebaut, dass ihre Länge einfach skaliert werden kann.

Sie enthalten die erforderliche Elektronik für Referenz- und Endschalter, Positionssensor und die elektronische Kommutierung für die bürstenlosen DC-Motoren. So können sie über standardisierte Gelenke mit nahezu beliebigen Geometrien der Grund- und Deckplatte kombiniert werden. Für eine bestimmte Aufgabe die passende Lösung zu finden, vereinfacht sich dadurch, zumal die Hexapoden ohne weiteres auch große Lasten mit der ihnen eigenen Präzision positionieren und verfahren können.

Die modularen Hexapodsysteme eignen sich für Lasten bis zu 400 kg in beliebiger Orientierung; bis 1000 kg bei horizontaler Lage. Sie positionieren mit Geschwindigkeiten bis 20 mm/s, wobei die bidirektionale Wiederholgenauigkeit bei etwa 5 µm liegt. Der leistungsfähige, perfekt auf die Hexapoden abgestimmte Digitalcontroller



Der modulare Aufbau der Hexapoden erleichtert die Integration. Außerdem erlaubt die Anordnung eine große zentrale Apertur.

bietet Vektorsteuerung, einen per Software im Raum frei wählbaren, stabilen Pivotpunkt und LabVIEW-Unterstützung. Positionswerte können einfach in kartesischen Koordinaten vorgegeben werden. Optional ist auch die Steuerung von zwei zusätzlichen motorisierten Achsen möglich.

Dynamisch, präzise und leistungsstark:

Neuer Digitalcontroller E-709.CHG

Der digitale 1-Kanal-Controller E-709.CHG ermöglicht aufgrund seiner hohen Ausgangsleistung den dynamischen und nanometergenauen Betrieb piezobasierter Verstelleinheiten mit hoher Steifigkeit und hoher elektrischer Kapazität.

Diese Positioniersysteme werden für Anwendungen benötigt, die hohe Durchsatzraten, z.B. in der Mikroskopie, erfordern.

Die Digitaltechnologie des Controllers steigert zusätzlich die Performance. Sie optimiert Einschwingzeiten und Positionierung durch gezielt beeinflussbare Rechenalgorithmen. Abweichungen

zwischen Soll- und Istwert werden ausgeglichen und die Linearitätsabweichung minimiert. Bewegungs- und Regelparameter können einfach per Softwarebefehl eingestellt werden.

Die Kommandierung des Piezocontrollers erfolgt über die digitalen SPI-, USB- und RS-232-Schnittstellen. Zusätzlich verfügt der E-709.CHG über einen breitbandigen Analogeingang für Sollwerte oder Sensorsignale. Ein analoger Ausgang ist konfigurierbar zur Ansteuerung externer Verstärker oder zur Ausgabe der Positionswerte.

Der digitale 1-Kanal-Piezocontroller E-709.CHG liefert hohen Ausgangsstrom für dynamische Anwendungen.



Das Softwarepaket enthält die leistungsstarken Bedienerprogramme PIMicroMove® und NanoCapture zur schnellen Inbetriebnahme sowie LabVIEW-Treiber und dynamische Bibliotheken für Windows und Linux.

Die Systeme können auch mit den Softwareplattformen µManager, MetaMorph und MATLAB angesteuert werden.

Taktsynchron mit anderen Automatisierungskomponenten:

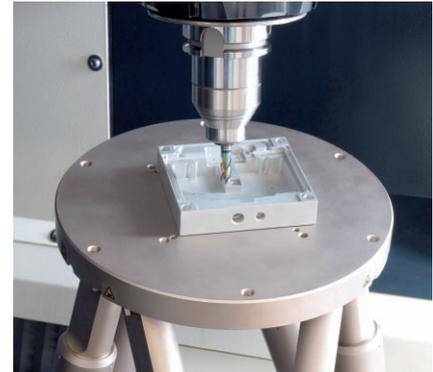
Hexapoden kommunizieren jetzt über Feldbusschnittstellen

Die Vorteile parallelkinematischer Systeme lassen sich jetzt auch für die Automatisierungstechnik nutzbar machen. Die leistungsfähigen und hochpräzisen Hexapoden von PI können über Feldbus-Interfaces direkt mit einer SPS kommunizieren.

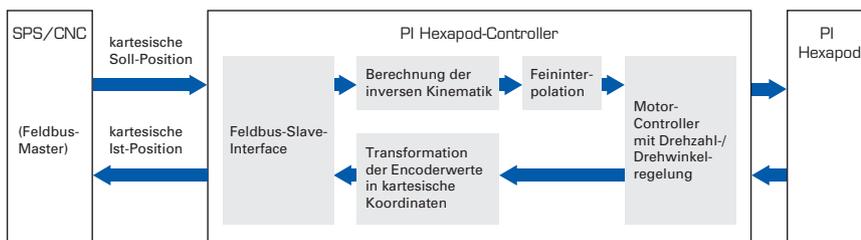
Feldbus-Interfaces gibt es aktuell für Ethercat und ist für Profibus, Profinet, Canopen und Sercos vorgesehen. Durch die direkte Anbindungsmöglichkeit an

die Steuerung lassen sich die Hexapoden praktisch in jeden Automatisierungsverbund integrieren und die Taktsynchronisierung mit anderen Automatisierungskomponenten realisieren, z.B. bei automatischen Zuführungen, spanenden Bearbeitungen oder komplexen Justageprozessen.

Die SPS gibt in solchen Anwendungen über die Feldbusschnittstelle dem Hexapodsystem die kartesische Soll-Position



Taktsynchron mit Automatisierungskomponenten: Die Hexapoden kommunizieren über Feldbusschnittstellen.



Der Hexapod-Controller verhält sich wie ein intelligenter Antrieb. Durch die Austauschbarkeit des Feldbus-Interfaces ist die Kommunikation mit einer Vielzahl von SPS bzw. CNC-Steuerungen möglich.

bzw. Bahnen im Raum vor und bekommt die Ist-Positionen über die Feldbusschnittstelle zurückgemeldet. Alle anderen Berechnungen, die notwendig sind, um die Fahrbefehle für das parallelkinematische Sechssachsensystem umzusetzen, übernimmt der Hexapodcontroller, also die Transformation der kartesischen Soll-Positionen in die Ansteuerung der Einzelantriebe. Der Controller verhält sich wie ein intelligenter Antrieb. Die Zykluszeiten für die Vorgabe neuer Positionen, Signalauswertung und Synchronisation liegen zwischen 1 und 3 ms.

Neue Lösungsansätze in der Medizintechnik

Blasendetektion durch piezo-elektrische Ringscheiben

Der ungestörte Fluss eines Mediums ohne Luft- oder Gaseinschlüsse hat in der Medizintechnik einen sehr hohen Stellenwert. Eine Methode zur Blasendetektion ist die Laufzeitmessung durch Ultraschalltechnik. Die Laufzeitmessung basiert auf dem wechselseitigen Senden und Empfangen von Ultraschallimpulsen in und gegen die Strömungsrichtung.

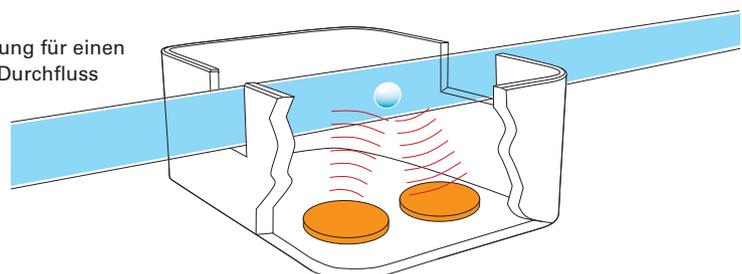
Als Sender und Empfänger arbeiten hier zwei Piezoscheiben.

Die oszillierenden piezoelektrischen Ringscheiben arbeiten mit Betriebsfrequenzen bis zu einigen 100 kHz.

Ausgewertet wird die Laufzeit des Ultraschallsignals. So können Flussgeschwindigkeiten gemessen oder aufgrund von Störungen im Reflexionsbild Blasen oder Verunreinigungen in der Flüssigkeit erkannt werden, z.B. bei Dialyseverfahren und Transfusionspumpen.

Die Piezoultraschallwandler sind außen an flexiblen Schläuchen angebracht und haben so keinen Kontakt zum transportierten Medium; sie beeinträchtigen daher weder die Durchflussmenge noch ist die Gefahr einer Kontamination gegeben.

Laufzeitmessung für einen blasenfreien Durchfluss



Flexibles Gerätekonzept für spezifische Anpassungen

Neuer 4-Kanal Motion Controller für DC-Motoren

PI hätte es sich für den neuen, vierkanaligen C-884 einfach machen können und vier der vernetzbaren C-863.11 Mercury Controller in ein Gehäuse verpacken können. Die Architektur des C-884 wurde stattdessen von Grund auf neu konzipiert und um bewährte Elemente des Mercury Controllers, wie elektrische Motoransteuerung oder PID-Regelung, ergänzt. Somit verhält sich eine Motorachse geregelt über den C-884 identisch zur Ansteuerung mit einem C-863.

Auch Software, Funktionen und Kommandostruktur sind für den Anwender nicht neu – doch das war's auch schon mit den Gemeinsamkeiten.

Der C-884 besitzt eine Dual-Core-Architektur, bei der die Positionsregelung aller vier Achsen auf einem gemeinsamen DSP (Digitaler Signalprozessor) erfolgt. Die vier Achsen werden simultan angesprochen, einen Zeitversatz zwischen den einzelnen Achsen, wie beim seriellen Mercury-Netzwerk, gibt es nicht mehr.

Diese Synchronisation ermöglicht eine vektorielle Bewegung der Einzelachsen, die gleichzeitig starten und gleichzeitig an der Zielposition ankommen. Die Kommandierung erfolgt über eine USB- oder TCP/IP-Schnittstelle, die Encoderbandbreite beträgt 50 MHz.

Der Kommandointerpreter läuft getrennt vom DSP als eigenständiger Thread unter einem Linux-Betriebssystem auf einem separaten ARM-Prozessorkern.

Dies ermöglicht die flexible Programmierung des Systems im Hinblick auf applikationsspezifische Abläufe, ohne dass eine rechenaufwändige Übersetzung in die PI Sprache GCS2 erfolgen muss. Das macht den C-884 zusätzlich attraktiv für Anwendungen in der Automatisierung, wenn er in Umgebungen eingebunden werden soll, die einem speziellen Industrie- oder Laborstandard oder einem herstellerspezifischen Gerätestandard folgen.

Sprechen Sie uns an, wir prüfen gemeinsam mit Ihnen die Möglichkeiten der Integration.

Nützliche Funktionen des C-884

- Makrofunktion: Ausführung von verschachtelten Stapelbefehlen auf ein Kommando oder externen Trigger hin (z.B. über einen Digital-In) auch ohne Verbindung zum Host-PC
- Autostart Makro: Ausführung eines Makros beim Einschalten des Geräts
- Datenrecorder: Aufnahme von Betriebsgrößen wie Motorspannung, Geschwindigkeit, Position oder Positionsfehler
- PIMikroMove®: Grafisches Anwenderprogramm zur Inbetriebnahme und den Betrieb von PI Geräten; beispielsweise kann ein Einschwingvorgang über den Datenrecorder aufgezeichnet und in PIMikroMove® dargestellt werden. Die PID-Regelparameter werden in PIMikroMove® dann durch den Anwender angepasst, bis das Einschwingverhalten optimal ist.
- Programmierertools: LabVIEW-Treiber, dynamische Bibliotheken für Windows und Linux sind im Lieferumfang des Geräts enthalten.

Der C-884 Motion Controller ermöglicht die vierachsige vektorielle Bewegung für Positioniersysteme mit DC-Motoren





Stabiler Fokus und schnelle Einschwingzeit unter besonderen Umgebungsbedingungen

Autofokus-Anwendungen in der Mikroskopie

Um präzise Ergebnisse und eine hohe Qualität der Auswertung mikroskopischer Untersuchungen zu gewährleisten, muss die Position, in der die gewünschte Struktur der Probe scharf abgebildet ist, schnell erreicht, exakt gehalten bzw. eine eventuelle Drift in Richtung der optischen Achse (Z-Richtung) ausgeglichen werden.

Gerade bei hohen Durchsatzraten sind kurze Ansprechzeiten gefordert. Außerdem kann die Bestrahlung fluoreszierender Tracer toxisch auf die Zellen wirken, weshalb der Zeitfaktor beim Fokussieren eine wichtige Rolle spielt.

Optimale Voraussetzungen bieten Antriebe, die auf piezokeramischen Elementen beruhen. Ob der Piezoantrieb bei Autofokus-Anwendungen das Objektiv, den Objektivrevolver oder die Probe entlang der optischen Achse bewegt, hängt von der Anwendung ab. PIFOC® Antriebe für das Objektiv können sehr klein und steif gebaut werden. Sie reagieren dadurch mit kurzen Ansprechzeiten und positionieren durch die gute Führung auch bei verhältnismäßig großen Verfahrenswegen sehr genau. Entsprechend ausgelegt, können die PIFOC®

Objektiv-Positioniersysteme mit integrierten PICMA® Piezoaktoren je nach Anforderung einzelne Objektive oder den ganzen Revolver bewegen. Es gibt aber auch Gründe, die dafür sprechen, beim Fokussieren nicht das Objektiv, sondern die Probe zu bewegen. Hierfür bieten sich dann Piezo-Scantische an, deren Apertur die Probenhalter oder Mikrotiterplatten aufnimmt.

Driftnachführung bei Langzeitaufnahmen

Bei mikroskopischen Untersuchungen, bei denen das Verhalten der Proben über einen längeren Zeitraum beobachtet wird, verursachen oft Thermoeffekte eine Instabilität im Fokus. Ziel ist es jedoch, über die gesamte Laufzeit der Untersuchung zuverlässige und präzise

Ergebnisse und so eine hohe Qualität der Auswertung zu erhalten. Driftprozesse während der Langzeitaufnahme müssen unbedingt kompensiert werden, indem die Fokusebene entsprechend der Abweichung vom Sollwert immer wieder nachjustiert wird. Je nach Anwendung bewegt auch hier das Positioniersystem das Objektiv, den Objektivrevolver oder die Probe zur Driftnachführung.

Voraussetzung für die Auswahl der geeigneten Positionierlösung ist zunächst, dass sich die Antriebskomponenten optimal in das übergeordnete Autofokus-System des Mikroskops integrieren lassen. Soll neben der Driftstabilisierung auch die 3D-Struktur mittels Z-Stack-Aufnahmen bestimmt werden, sind Ansprechzeiten von wenigen Millisekunden und eine hohe Auflösung erforderlich.

Bei Langzeitaufnahmen von lebenden Zellen muss man außerdem berücksichtigen, dass die Proben unter geregelten Außenbedingungen untersucht werden. Es kommt also darauf an, dass die verwendeten Antriebe unter den geforderten Luftfeuchtigkeits- und Temperaturbedingungen zuverlässig arbeiten. Aufgrund der vollkeramischen Isolierung sind PICMA® Multilayer-Piezoaktoren vor Luftfeuchtigkeit geschützt und verfügen über eine hohe Isolationsfestigkeit, wodurch die Lebensdauer gegenüber herkömmlich polymerisolierten Aktoren deutlich erhöht ist.

Studien belegen, dass hochwertige Piezoaktoren mehrere Milliarden Zyklen ohne messbare Veränderungen des Verhaltens durchlaufen.

In Kombination mit einer hochpräzisen Sensorik und digitalen Piezocontrollern kann eine Abweichung von der Fokusebene schnell kompensiert werden und ausgewählte Probenstrukturen bleiben langfristig stabil im Fokus. Dies garantiert eine hohe Qualität der Ergebnisse auch bei Langzeituntersuchungen.



Der MCS Kreuztisch von PI miCos bietet hohe Führungs- und Positioniergenauigkeit für industrielle Anwendungen.

Präzisions-XY-Messtisch mit Nanometerauflösung

Speziell für die Anforderungen der industriellen Oberflächeninspektion nimmt PI miCos den neuen MCS Kreuztisch in seine Produktpalette auf.

Eine präzise Fertigung der Systemkomponenten und höchste Positionierleistung sind Voraussetzung für aussagekräftige hochauflösende Messergebnisse in der Oberflächeninspektion und damit für eine zuverlässige Qualitätssicherung in der industriellen Fertigung. PI miCos bietet nun mit dem MCS eine Positionierlösung an, die hohe Führungs- und Positioniergenauigkeit mit Traglasten bis 20 kg und hoher Dynamik vereint, und so den Anforderungen der Applikationsumgebung gerecht wird. Anwendungsgebiete des MCS sind beispielsweise Topologiemessungen an Werkstücken und Optiken oder Strukturmessungen an Halbleiterwafern. Die hohe Belastbarkeit von 20 kg ermöglicht außerdem die Montage weiterer Achsen, z.B. von Drehverstellern, Hubmodulen und Kippverstellern auf der Plattform.

Die gezielte Zusammenführung präzisionsgefertigter Bauteile aus dem Hause PI miCos mit mechanischen und elektronischen Präzisionskomponenten zu einem System sorgt für die hervorragenden Leistungsmerkmale. Wird beispielsweise der PIOne Linearencoder, der auf einem neuartigen interferometrischen Wegmesssystem basiert, eingesetzt, kann eine Auflösung von 5 Nanometern erreicht werden bei einer Wiederholgenauigkeit von 0,2 µm und einer Positioniergenauigkeit von 3 µm auf den gesamten Stellweg von 102 mm je Achse. Weitere beeindruckende Messdaten sind die geringen Geradheits- und Ebenheitsabweichungen in der XY-Bewegungsebene von unter 2 µm.

Der MSC bietet verschiedene Antriebsmöglichkeiten, vom ökonomischen Schrittmotor bis hin zum magnetischen Linearantrieb. Im System mit dem SMC Hydra Controller erreicht der MCS Geschwindigkeiten von bis zu 200 mm/s, ist aber auch in der Lage, sich mit Geschwindigkeiten von weniger als 1 µm/s konstant zu bewegen.

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 miCos GmbH
 Freiburger Str. 30
 79427 Eschbach
 Tel. +49 (7634) 5057-0
 Fax +49 (7634) 5057-99
 info@pimicos.de
 www.pimicos.de

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.
 Auburn, MA 01501
 info@pi-usa.us
 www.pi-usa.us

USA (West) & MEXIKO

PI (Physik Instrumente) L.P.
 Irvine, CA 92620
 info@pi-usa.us
 www.pi-usa.us

JAPAN

PI Japan Co., Ltd.
 Tachikawa
 info@pi-japan.jp
 www.pi-japan.jp

PI Japan Co., Ltd.
 Osaka
 info@pi-japan.jp
 www.pi-japan.jp

ENGLAND & IRLAND

PI (Physik Instrumente) Ltd.
 Cranfield, Bedford
 uk@pi.ws
 www.physikinstrumente.co.uk

ITALIEN

Physik Instrumente (PI) S. r. l.
 Bresso
 info@pionline.it
 www.pionline.it

FRANKREICH

PI France S.A.S.
 Montrouge
 info.france@pi.ws
 www.pifrance.fr

CHINA

Physik Instrumente (PI Shanghai) Co., Ltd.
 Shanghai, China
 info@pi-china.cn
 www.pi-china.cn

SÜDOSTASIEN

PI (Physik Instrumente) Singapore LLP
 Singapore
 info-sg@pi.ws
 www.pi-singapore.sg
 For ID / MY / PH / SG / TH

KOREA

PI Korea Ltd.
 Seoul
 info-kr@pi.ws
 www.pi-korea.ws