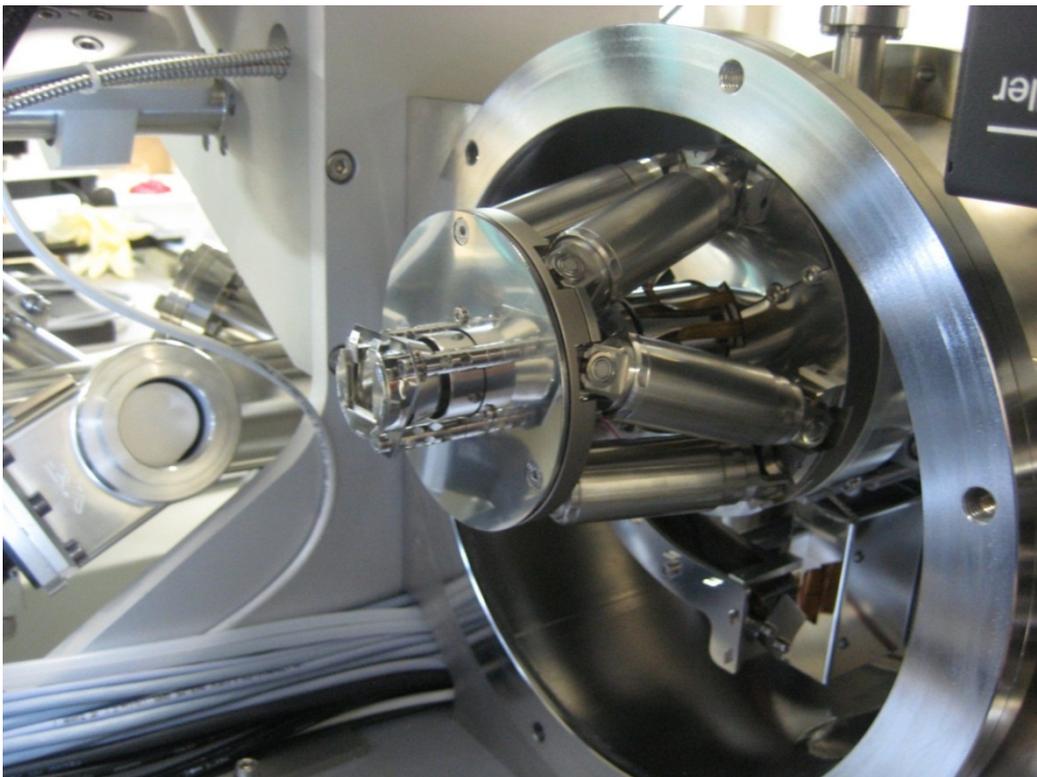


## Hexapoden bewähren sich in Teilchenbeschleunigern

Dünne Schichten in der Vakuumkammer aufbringen



## Hexapoden

Hexapoden erlauben individuelle Positionierungen in allen sechs Achsen. Ihr parallelkinematischer Aufbau ist wesentlich kompakter und steifer als bei seriell gestapelten Mehrachsensystemen. Außerdem gibt es keine Aufsummierung von Führungsfehlern und Verkippungen einzelner Achsen. Der per Softwarebefehl frei definierbare Drehpunkt (Pivot-Punkt) bleibt zudem unabhängig von der Bewegung erhalten.

Für präzise Positionieraufgaben sind Hexapoden deshalb oft das Mittel der Wahl. Sie decken in unterschiedlichen Bauformen verschiedenste Anwendungsbereiche ab und entsprechend ausgelegt sind sogar Einsätze im Hochvakuum für die „Sechsfüßler“ kein Problem.

Hexapoden sind sehr vielseitig (Abb. 1), da sie je nach Ausführung Lasten von einigen Kilogramm bis zu einigen Hundert Kilogramm oder sogar mehrere Tonnen in beliebiger Raumorientierung, also unabhängig von der Montage-Richtung, mit hoher Präzision positionieren. Weil nur eine einzige Plattform bewegt wird, die in der Regel auch noch eine große Apertur hat, ist die bewegte Masse der parallelkinematischen Sechsfüßler wesentlich geringer als bei seriellen, gestapelten Mehrachssystemen.



Abb. 1 Hexapoden sind sehr vielseitig, da sie je nach Ausführung Lasten von einigen Kilogramm bis zu einigen Hundert Kilogramm oder sogar mehrere Tonnen in beliebiger Raumorientierung, also unabhängig von der Montage-Richtung, mit hoher Präzision positionieren (Bild: PI)

Daraus resultieren ein wesentlich schnelleres Ansprechen und eine deutlich höhere Dynamik. Außerdem müssen keine Kabel bewegt werden, was durch zusätzliche Kräfte und Momente die Genauigkeit vermindern würde. Kein Wunder also, dass Hexapoden sich heute in vielen Branchen Anwendungsbereiche erschlossen haben, angefangen vom Maschinenbau und der Werkzeugbearbeitung bis hin zu Halbleiterfertigung, Astronomie, Biotechnologie, Life Sciences oder Materialforschung.

## Passende Lösungen für unterschiedlichste Aufgabenstellungen

Physik Instrumente bietet ein breites Programm unterschiedlicher Hexapoden an, die nahezu alle denkbaren Einsatzbereiche abdecken. Die Hexapoden basieren auf elektromechanischen Antrieben und sind damit viel genauer als die hydraulischen Hexapoden, die man von Flug- oder Fahrsimulatoren kennt. Sie werden je nach Anwendungsanforderungen von hochpräzisen Antriebsspindeln und exakt ansteuerbaren DC-Motoren oder direkt von Linearmotoren, z. B. auf Basis von piezokeramischen Aktoren, angetrieben. Die passenden Digitalcontroller (Abb. 2) und umfangreiche Softwareunterstützung erleichtern es dem Anwender, die jeweilige Positionieraufgabe komfortabel umzusetzen.



Abb. 2 Leistungsfähiger Digitalcontroller mit offener Softwarearchitektur (Bild: PI)

Ein Beispiel für einen besonders kompakten Hexapoden, der sich z. B. auch in Hochvakuumanwendungen bewährt hat, ist der H-811 (Abb. 3). Bei einem Durchmesser von nur 130 mm und einer Höhe von 115 mm bietet er Stellwege bis zu 35 mm in der xy-Ebene und bis zu 13 mm in z-Richtung.



Abb. 3 Der kompakte Hexapod ist in einer Version für Vakuumumgebung bis  $10^{-6}$  hPa erhältlich (Bild: PI)

Insbesondere die großen Kippwinkel von bis zu  $20^\circ$  um die x- und y-Achse und bis zu  $40^\circ$  um die Senkrechte machen den Hexapoden sehr vielseitig. Dabei kann er Lasten bis zu 5 kg positionieren und Geschwindigkeiten bis zu 10 mm/s erreichen. Die Positionsauflösung des Einzelbeins liegt bei 40 nm und die Positionen werden mit Genauigkeiten unter  $1 \mu\text{m}$  wiederholbar angefahren.

## Entwicklung funktioneller Dünnschichtmaterialien

Eine interessante Anwendung hat dieser kompakte Hexapod in einem PLD-System (Pulsed Laser Deposition System) für den Einsatz an einer Synchrotron Beamline gefunden.

Bei solchen Teilchenbeschleunigern lassen sich Röntgenbeugung und Reflexionen der Synchrotronstrahlung nutzen, um unter Hochvakuumbedingungen im Rahmen moderner Materialforschung die strukturellen Eigenschaften dünner Filme zu untersuchen.

Dazu wird hochenergetisches und kurzwelliges (UV-)Licht eingesetzt, um das Ausgangsmaterial, ein sogenanntes Feststofftarget, in die Gasphase und anschließend als Schicht auf das Substrat zu bringen.

Für den direkten Einsatz an einer solchen Beamline hat SURFACE jetzt ein neues All-in-one-System entwickelt, das vor allem durch sein kompaktes Design überzeugt (Abb. 4) und sich bereits in einem ersten Projekt bewährt hat, das wissenschaftlichen und kommerziellen Nutzern die Möglichkeit zur Weiterentwicklung innovativer Technologien bietet.



Abb. 4 Neues Beamline PLD-System für In-Situ Synchrotron-Beugung (Bild: SURFACE)

Der in diesem PLD-System integrierte Transfermechanismus ermöglicht die Installation auf einem Goniometer im Synchrotronstrahl innerhalb weniger Minuten. Dadurch kann das ganze System verschoben werden, ohne dass sich die Probenposition verändert. PLD-Wachstumsprozesse können somit Ex-situ optimiert werden, und das Synchrotron wird nur während der eigentlichen In-situ-Analyse belegt.

„Weitere Besonderheiten unseres Beamline-PLD-Systems sind die Laserheizung, die die Substrate bis auf 1200 °C erwärmen kann, sowie die einfache Bestückung,“ ergänzt Wolfgang Stein (Abb. 5), geschäftsführender Inhaber bei SURFACE.



Abb. 5 Dipl.-Ing. Wolfgang Stein, Geschäftsführer von SURFACE  
(Bild: SURFACE)

„Außerdem lässt sich die Vakuumkammer des Systems – z. B. für Wartungsarbeiten – öffnen, ohne die Ausrichtung der Probe zum Goniometer zu verändern. Eine weitere Besonderheit ist der Probenmanipulator, der durch seine schmale Bauweise auch bei niedrigen Substrathöhen den Röntgenstrahlen einen weiten Winkelbereich ermöglicht.“

## Hexapod im Probenmanipulator

Der Probenmanipulator (Abb. 6) hält die 10 x 10 mm<sup>2</sup> großen Substrate. „Der Hexapod, der von PI für den Einsatz im Hochvakuum ausgelegt wurde, übernimmt dann die Positionierung der Probe in Relation zu den einfallenden Röntgenstrahlen“, erläutert Wolfgang Stein.

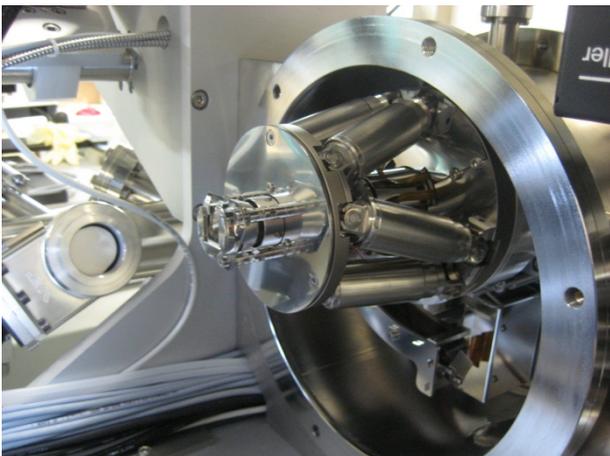


Abb. 6 Der Probenmanipulator ermöglicht durch seine schmale Bauweise auch bei niedrigen Substrathöhen den Röntgenstrahlen einen weiten Winkelbereich (Bild: SURFACE)

Die Probe kann so um +/-5° mit einer Auflösung von 0,001° um die x- und y-Achse geschwenkt werden. Zum Ausgleich unterschiedlicher Substratdicken lässt sie sich zudem in Richtung der z-Achse, also senkrecht zur Probenoberfläche, um bis zu 3 mm verschieben.

„Bewegungen von +/-6 mm in x- und y-Richtung ermöglichen Scans an verschiedenen Stellen der Probenoberfläche“, so Stein weiter. Der Hexapod ist auf einem Drehtisch montiert, der im Bedarfsfall weitere Positionieraufgaben übernehmen kann, z. B. um sogenannte RHEED Messungen (Reflection high-energy electron diffraction) während des Wachstumsprozesses durchzuführen oder den Probenhalter in Richtung Schleusenkammer zu orientieren, wenn ein Probenwechsel vorbereitet wird.

Für die entsprechende Kommandierung des Hexapodsystems kommuniziert der Hexapodcontroller mit der übergeordneten Steuerung des PLD-Systems. Die Positionen werden in kartesischen Koordinaten vorgegeben; alle Transformationen auf die Einzelantriebe übernimmt der Controller.

„Per Softwarebefehl ist die Festlegung eines beliebigen Punktes im Raum als Rotationszentrum möglich. Dieser frei definierbare Drehpunkt bleibt unabhängig von der Bewegung erhalten, die Bewegung der Hexapodplattform lässt sich so präzise auf die jeweilige Aufgabenstellung abstimmen“, so Stein abschließend.

## Autorin



Dipl.-Phys. Birgit Schulze, Markt & Produkte bei Physik Instrumente (PI) GmbH & Co. KG

## Über SURFACE

SURFACE in Hückelhoven, ansässig im Dreieck Köln-Düsseldorf-Aachen, ist einer der führenden Hersteller von Pulsed Laser Depositionssystemen. Diese Dünnschichttechnik hat sich heute vor allem in der Grundlagenforschung einen festen Platz erobert, da sie sehr flexibel und hochpräzise die Abscheidung komplexer Materialien ermöglicht.

Seit 1996 ist die Firma auch im Bereich der Nanometrologie tätig und betreibt seit 1998 mit dem SURFACE NanoLab ein hochmodernes, voll ausgestattetes Labor mit Nanoindentation- und SPM-Tools, das als Dienstleister eine Vielzahl von Methoden zur quantitativen Charakterisierung von unterschiedlichsten Oberflächeneigenschaften anbietet. Für diesen Bereich ist SURFACE auch Hersteller Dioden-Laser-basierter Probenheizsysteme für die Elektronenmikroskopie.

## Über PI

In den letzten vier Jahrzehnten hat sich Physik Instrumente (PI) mit Stammsitz in Karlsruhe zum führenden Hersteller von Positioniersystemen mit Genauigkeiten im Nanometerbereich entwickelt. Das privat geführte Unternehmen ist mit vier Sitzen in Deutschland und fünfzehn ausländischen Vertriebs- und Serviceniederlassungen international vertreten.

Über 850 hochqualifizierte Mitarbeiter rund um die Welt versetzen die PI Gruppe in die Lage, fast jede Anforderung aus dem Bereich innovativer Präzisionspositioniertechnik zu erfüllen. Alle Schlüsseltechnologien werden im eigenen Haus entwickelt. Dadurch kann jede Phase vom Design bis hin zur Auslieferung kontrolliert werden: die Präzisionsmechanik und Elektronik ebenso wie die Positionssensorik.

Die dafür benötigten piezokeramischen Elemente werden bei der Tochterfirma PI Ceramic in Lederhose gefertigt, einem der weltweit führenden Unternehmen auf dem Gebiet aktorischer und sensorischer Piezoprodukte.

Die PI miCos GmbH in Eschbach bei Freiburg ist spezialisiert auf flexible Positioniersysteme für Ultrahochvakuum-Anwendungen sowie parallelkinematische Positioniersysteme mit sechs Freiheitsgraden und Sonderanfertigungen.