

Parallelkinematisches 6-Achsen Positioniersystem im Einsatz:

Ultrapräzises 6D-Messsystem für optische Oberflächen

Besonders hohe Anforderungen an Prüfverfahren stellen Formeinsätze, die in der optischen Industrie verwendet werden. Mit interferometrischen Messeinrichtungen lässt sich diese Aufgabenstellung heute automatisieren. Parallelkinematische Hexapod-Positioniersysteme sorgen dafür, dass der Test direkt in die Fertigung integriert werden kann.



Bild 1: Je weniger Toleranzen ein Produkt zulässt, desto genauer muss das Prüfsystem arbeiten. Besonders hohe Anforderungen stellen hier Formeinsätze, die in der optischen Industrie zur Fertigung von Kunststoff- oder Glaslinsen verwendet werden (Foto: Fraunhofer Institut für Produktionstechnologie IPT)

Die Integration der Formprüfung optischer Bauteile (Bild 1) direkt in die Fertigungszelle verhindert aufwendige und zeitintensive Einrichtearbeiten und kann auch Umspannfehler von vornherein ausschließen. Mit dem neuen Prüfsystem des Fraunhofer-Instituts für Produktionstechnologie IPT in Aachen lassen sich optische Formeinsätze in-line direkt in der

Maschine prüfen (Bild 2). Die Messwerte können nach einem Soll-Ist-Vergleich in den Prozess zurückgeführt und die optischen Oberflächen bei Bedarf automatisch nachbearbeitet werden. Den Schlüssel dazu liefert die automatisierte Formprüfinterferometrie.

Interferometrische Prüfung: berührungslos, schnell und hochgenau

Bei der Formprüfinterferometrie entsteht ein Interferenzmuster (Streifenmuster), das Aufschluss über die Topographie des Prüflings gibt. Mithilfe von Bildverarbeitungsalgorithmen lassen sich Formabweichungen im Nanometerbereich erfassen und auswerten. Dazu ist das Interferometer präzise zur optischen Oberfläche zu positionieren. Die Grobjustierung sorgt dafür, dass die Reflexion von der Prüffläche auf den Sensor der CCD-Kamera trifft. Bei der anschließenden Feinjustierung wird dann ein definiertes Interferenzmuster eingestellt. Die automatisierte Feinjustierung nutzt eine Fast Fourier Trans-

formation (FFT) des Interferenzmusters. Die Justierstrategie ist abgestimmt auf ein am Fraunhofer IPT entwickeltes Auswerteverfahren, das die Topographie aus nur einem einzigen Interferenzmuster bestimmt. Um auch asphärische Prüflinge optimal erfassen zu können, sind sechs Freiheitsgrade der Bewegung erforderlich (Bild 3). Das verwendete parallelkinematische Positioniersystem von PI bietet neben der sehr großen Genauigkeit weitere Vorteile, wie geringere Massenträgheit, gleiche, höhere Dynamik jeder Achse und einen sehr kompakten Aufbau.

Hexapod: Sechs Freiheitsgrade und frei definierbarer Drehpunkt

Der Hexapod M-840 von PI bietet neben kurzen Einschwingzeiten beim Positionieren die Möglichkeit, die Plattform um bis zu ± 50 mm in den Linearachsen und um bis zu $\pm 30^\circ$ in den Rotationsachsen zu bewegen. Dieser Arbeitsraum erlaubt es sphärische Oberflächen mit 100 mm Radius zu messen. Ebenfalls wichtig

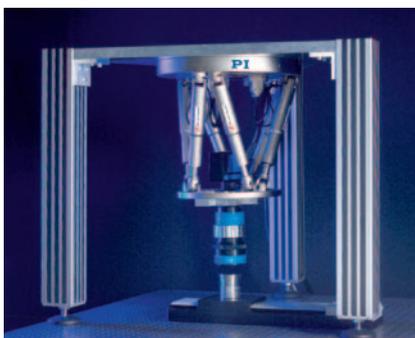


Bild 2: Der Hexapod ist auf einer 20 mm dicken Aluminiumplatte befestigt. Der kompakte parallelkinematische Aufbau ermöglicht die Integration des Interferometers in das Positioniersystem. Die CCD-Kamera nimmt das Bild auf. Es wird digitalisiert, im Rechner gespeichert und ausgewertet. Ein in MatLab geschriebenes Steuerungsprogramm sendet entsprechende Steuerbefehle an den Hexapoden. (Foto: Physik Instrumente (PI) / Fraunhofer Institut für Produktionstechnologie IPT)

für die Grob- und Feinpositionierung dieser Anwendung ist der frei definierbare Drehpunkt (Pivotpunkt), der unabhängig von der Bewegung erhalten bleibt. Dabei erreicht das Formprüfinterferometer beeindruckende Werte: 3 µm in X,Y und 1 µm in Z bei einer Reproduzierbarkeit von ebenfalls 3 µm bzw. 1 µm. Die kleinste Schrittweite bei der Rotationsbewegung liegt mit nur 0,017 Bogenminuten (5 µrad) um Größenordnungen unter der geforderten 1 Bogenminute.

Einfache Integration

In die applikationsspezifische Automatisierungsumgebung ließ sich der Hexapod erstaunlich einfach integrieren. Seine Ansteuerung wird durch eine offene Softwarestruktur erleichtert, die eine Vielzahl von Hochsprachenbefehlen über fertige Treiber zulässt (COM-Objekt oder DLL). Der Hexapod-Controller akzeptiert daher auch Bewegungsbefehle, die externe

Programme vorgeben. Beim beschriebenen Messgerät beispielsweise können die zur Berechnung der Bildverarbeitungs-Algorithmen verwendeten MatLab-Programme direkt über eine serielle Schnittstelle mit der Steuerung des Hexapoden kommunizieren. Dabei werden automatisch die Bewegungen zur Grob- und Feinpositionierung in Abhängigkeit der Daten der Bildverarbeitung gesteuert. Die Anpassungsfähigkeit des Hexapoden hat wesentlich dazu beigetragen, dass jetzt erstmals eine auto-

matische Prüfeinrichtung für optische Bauteile mit komplexen Geometrien realisiert werden konnte, die sich direkt in die Fertigung integrieren lässt. Verbesserung und Vereinfachung der Qualitätssicherung sind die Folge.

Dipl.-Ing. Karl Vielhaber,
Wissenschaftlicher Mitarbeiter beim
Fraunhofer Institut für Produktionstechnologie IPT in Aachen,
Ellen-Christine Reiff, M.A.,
Redaktionsbüro Stutensee

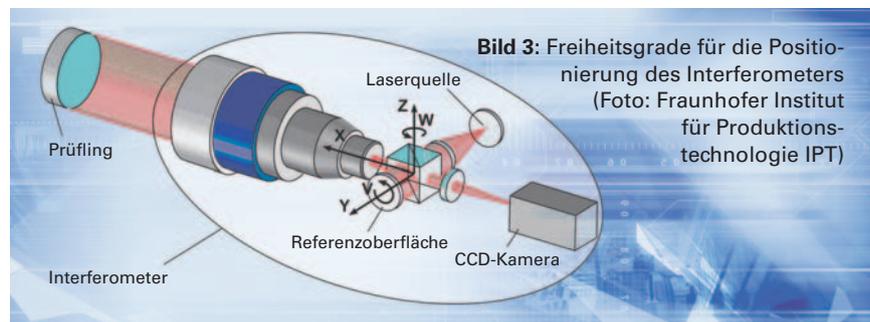


Bild 3: Freiheitsgrade für die Positionierung des Interferometers
(Foto: Fraunhofer Institut für Produktionstechnologie IPT)

Physik Instrumente (PI) GmbH & Co. KG

Auf der Römerstraße 1
D-76228 Karlsruhe
Tel. +49 721 4846-0
Fax +49 721 4846-100
info@pi.ws
http://www.pi.ws

JAPAN

PI-Japan Co., Ltd.
2-38-5 Akebono-cho
Tachikawa-shi
J-Tokyo 190-0012
Tel. +81 42 5267300
Fax +81 42 5267301
Hanahara Dai-ni-Building #703
4-11-27 Nishinakajima,
Yodogawa-ku, Osaka-shi
J-Osaka 532
Tel. +81 6 63045605
Fax +81 6 63045606
info@pi-japan.jp
http://www.pi-japan.jp

USA

PI (Physik Instrumente) L.P.
16 Albert Street
Auburn, MA 01501
Tel. +1 508 832 3456
Fax +1 508 832 0506
5420 Trabuco Road, Suite 100
Irvine, CA 92620-5743
Tel: +1 949 679 9191
Fax: +1 949 679 9292
info@pi-usa.us
http://www.pi-usa.us

CHINA

Physik Instrumente (PI Shanghai) Co., Ltd.
Building No. 7-301
Longdong Avenue 3000
201203 Shanghai
Tel. +86 21 68790008
Fax +86 21 68790098
info@pi-china.cn
http://www.pi-china.cn

FRANCE

Polytec PI S.A.
32 rue Delizy
F-93694 Pantin Cedex
Tel. +33 1 48103930
Fax +33 1 48100803
pi.phot@polytec-pi.fr
http://www.polytec-pi.fr

GREAT BRITAIN

Lambda Photometrics Ltd.
Lambda House · Batford Mill
GB-Harpden, Hertfordshire
AL5 5BZ
Tel. +44 1582 764334
Fax +44 1582 712084
pi@lambdaphoto.co.uk
http://www.lambdaphoto.co.uk

ITALY

Physik Instrumente (PI) S.r.l.
Via G. Marconi, 28
I-20091 Bresso (MI)
Tel. +39 02 66501101
Fax +39 02 66501456
info@pionline.it
http://www.pionline.it