

# Erfolgsversprechender Einsatz faserbasierter Laserinterferometrie in der Mikrofertigungstechnik

Silka Grimske, Nanxi Kong

Helmut-Schmidt-Universität, Hamburg, Germany

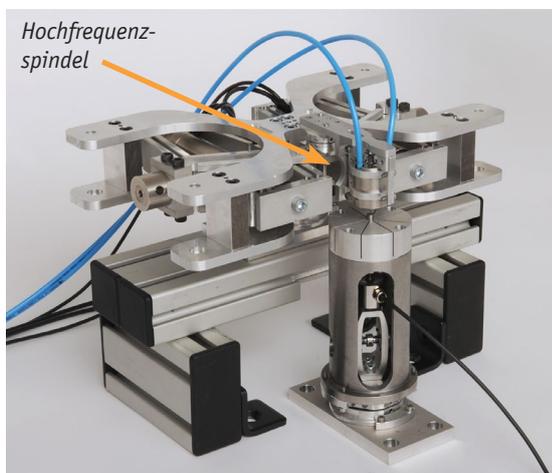
Martin Zech

attocube systems AG, Munich, Germany

Kontinuierlich steigende Anforderungen an Genauigkeit und Werkstückgrößen in der Mikrofertigungstechnik haben in den letzten Jahren die Entwicklung höchstpräziser Bearbeitungsmaschinen vorangetrieben. Ein besonders vielversprechender Ansatz hierbei ist das sogenannte „Square Foot Manufacturing“, welches den standardisierten Einsatz von miniaturisierten, modularen Bearbeitungseinheiten verfolgt. Aufgrund der hohen Anforderungen an die Genauigkeit der jeweiligen Einheit, ist hierbei die interferometrische Vermessung der Positionen und Winkel der sich bewegenden Komponenten wie z.B. der Vorschubeinheit unerlässlich.

In den vergangenen Jahrzehnten haben sich die mechanischen Toleranzen der zerspanenden Fertigungstechnik signifikant reduziert, hauptsächlich aufgrund der hohen Anforderungen aus den Anwendungsgebieten der Medizintechnik, Optik, Biotechnik, Mechatronik, Fluidik sowie des (Mikro-)Formen- und Werkzeugbaus. Hierbei hat sich – wie auch ursprünglich bei der Feinwerktechnik – ein eigenständiger Forschungsbereich etabliert, der sich ausschließlich mit der Thematik der Mikrofertigungstechnik beschäftigt.

Ein sehr erfolgsversprechender Ansatz der höchstpräzisen Fertigungstechnik wird an der Helmut-Schmidt-Universität in Hamburg verfolgt: Das als SFM bzw. „Square Foot Manufacturing“ bezeichnete Konzept teilt bisherige Bearbeitungszentren in Subgruppen geringer Baugröße auf, die nahezu beliebig miteinander kombiniert werden können. Diese Aufteilung erlaubt nicht nur die zukünftige Integration neuer Produktionsmethoden, sondern – aufgrund der geringeren Dimensionen der diversen Subgruppen – auch die Anwendung von Materialien und Technologien, die bis dato in Werkzeugmaschinen nicht zu Anwendung kamen, produktionstechnisch aber große Vorteile bieten. Die Subgruppen sind hierbei in ihren Schnittstellen standardisiert – nicht nur was die Stromversorgung und Datenübertragung sondern z.B. auch die Aufnahme von Werkzeugen angeht.



**Abbildung 1:** Mögliche Konfiguration eines Mikro-Fräsaufbaus mit Hochfrequenzspindel

In diesem Zusammenhang wurde eine mechanische Schnittstelle entwickelt, welche darauf ausgelegt ist, höchstwiederholbar Module wie Werkzeuge zu montieren und auszutauschen. Anschließend sind hierbei u.a. luftgetriebene Hochfrequenzspindeln, ein Laserschweißkopf oder neuartige Schleifwerkzeuge (Abbildung 1). Um die Reproduzierbarkeit dieser Einheit zu messen, wird das miniaturisierte, faserbasierte Interferometer der Firma attocube systems AG verwendet (Abbildung 2). Ein spezielles Differenzverfahren erlaubt hierbei die genaue Charakterisierung von sowohl translatorischen als auch rotatorischen Fehlern, welche in diesem Fall besser als  $0.16 \mu\text{m}$  bzw.  $8.22$  Bogensekunden sind.

Eine weitere Schlüsselfunktion spielt die Laserinterferometrie auch in den Vorschubeinheiten des Konzepts. Anstatt üblicher Stellmotoren und Spindelantrieben wird hier auf ein monolithisches, piezobasiertes Design gesetzt, welches mit Festkörpergelenken ausgestattet ist. Hierbei wird ein Arbeitsbereich von bis zu  $2300 \mu\text{m} \times 1015 \mu\text{m}$  erreicht. Die intrinsische Wiederholbarkeit des Systems liegt hierbei bei ca.  $360 \text{ nm}$  (open-loop), wobei ein geschlossener Regelkreis mit interferometrischer Sensorik eine Wiederholbarkeit im einstelligen Nanometerbereich verspricht.

## Quellen:

- [1] S. Grimske, N. Kong, B. Röhlig, and J. P. Wulfsberg, Square Foot Manufacturing – Advanced Design and Implementation of Mechanical Interfaces, Proceedings of the 11th euspen International Conference, Como, Italy, p. 313 (2011).
- [2] N. Kong, S. Grimske, B. Röhlig, and J. P. Wulfsberg, Flexure Feed Unit – A Progress Report, Proceedings of the 11th euspen International Conference, Como, Italy, p. 331 (2011).
- [3] S. Grimske, B. Röhlig, N. Kong, and J. P. Wulfsberg, Repeatable Positioning Accuracy of Mechanical Interfaces for Micro Manufacturing, Proceedings of the 12th euspen International Conference, Stockholm, Sweden, p. 209 (2012).
- [4] N. Kong, S. Grimske, B. Röhlig, and J. P. Wulfsberg, Flexure Based Feed Unit for Long Feed Ranges: Concept and Design, Proceedings of the 12th euspen International Conference, Stockholm, Sweden, p. 403 (2012).



**Abbildung 2:** Das 3-Achsen Echtzeitinterferometer attocube FPS3010 bietet  $25 \text{ pm}$  Positionsauflösung und eine Messbandbreite von  $10 \text{ MHz}$ . Die faserbasierten Messköpfe sind – je nach Einsatzzweck – in verschiedenen Größen von  $4$  bis  $14 \text{ mm}$  Durchmesser erhältlich und sowohl mit Ultrahochvakuum als auch kryogenen Umgebungsbedingungen kompatibel.