

50. Internationales Wissenschaftliches Kolloquium

September, 19-23, 2005

**Maschinenbau
von Makro bis Nano /
Mechanical Engineering
from Macro to Nano**

Proceedings

Fakultät für Maschinenbau /
Faculty of Mechanical Engineering

Startseite / Index:

<http://www.db-thueringen.de/servlets/DocumentServlet?id=15745>

Impressum

- Herausgeber: Der Rektor der Technischen Universität Ilmenau
Univ.-Prof. Dr. rer. nat. habil. Peter Scharff
- Redaktion: Referat Marketing und Studentische Angelegenheiten
Andrea Schneider
- Fakultät für Maschinenbau
Univ.-Prof. Dr.-Ing. habil. Peter Kurtz,
Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr. med. (habil.) Hartmut Witte,
Univ.-Prof. Dr.-Ing. habil. Gerhard Linß,
Dr.-Ing. Beate Schlütter, Dipl.-Biol. Danja Voges,
Dipl.-Ing. Jörg Mämpel, Dipl.-Ing. Susanne Töpfer,
Dipl.-Ing. Silke Stauche
- Redaktionsschluss: 31. August 2005
(CD-Rom-Ausgabe)
- Technische Realisierung: Institut für Medientechnik an der TU Ilmenau
(CD-Rom-Ausgabe) Dipl.-Ing. Christian Weigel
Dipl.-Ing. Helge Drumm
Dipl.-Ing. Marco Albrecht
- Technische Realisierung: Universitätsbibliothek Ilmenau
(Online-Ausgabe) [ilmedia](#)
Postfach 10 05 65
98684 Ilmenau
- Verlag:  Verlag ISLE, Betriebsstätte des ISLE e.V.
Werner-von-Siemens-Str. 16
98693 Ilmenau

© Technische Universität Ilmenau (Thür.) 2005

Diese Publikationen und alle in ihr enthaltenen Beiträge und Abbildungen sind urheberrechtlich geschützt.

ISBN (Druckausgabe): 3-932633-98-9 (978-3-932633-98-0)
ISBN (CD-Rom-Ausgabe): 3-932633-99-7 (978-3-932633-99-7)

Startseite / Index:

<http://www.db-thueringen.de/servlets/DocumentServlet?id=15745>

S. Hesse / C.Schäffel / H.-U. Mohr / M. Katzschmann

Untersuchungen zur erreichbaren Positionierunsicherheit bei elektrodynamischen Direktantrieben mit aerostatischer Führung

Im Rahmen des DFG Forschungsprojektes SFB 622 „Nanopositionier- und Nanomessmaschinen“ werden grundlegende Untersuchungen zur Gestaltung und Auslegung der Funktionsgruppen von Antriebssystemen mit dem Ziel einer Reduzierung der Positionierunsicherheit bis in den Nanometerbereich bei gleichzeitiger Realisierung großer Verfahrbereiche (> 200 mm) durchgeführt.

Aerostatische Führungen

Bezüglich der Führungen konnte bereits anhand eines eigenen Messaufbaus die Eignung aerostatischer Führungselemente für diese Anforderungen bestätigt werden. Die Ergebnisse zeigen, dass spezielle aerostatische Führungselemente mit poröser Luftaustrittsschicht ein Restrauschen von lediglich ± 1 nm, konventionelle Düsenlager je nach Belastung und Speisedruck Schwingungsamplituden von ± 10 nm aufweisen.

Messsystem

Beim Betrieb eines Direktantriebssystems in einem geschlossenen Regelkreis leistet das eingesetzte Messsystem einen entscheidenden Beitrag zur Verringerung der Positionierunsicherheit. Auf Basis des aerostatisch geführten Direktantriebssystems PMS100-3 [3] mit einem Verfahrbereich von $\varnothing 100$ mm und einer Positionierunsicherheit von $u = 1\mu\text{m}$, wurde hierzu eine



Bild 1 PMS100-3 mit Lasermesssystem

Reihe von Untersuchungen durchgeführt. Hierfür wurde der Planarmotor zusätzlich mit einem laserinterferometrischen Messsystem mit 1 nm Messauflösung ausgerüstet (Bild 1). Als Reflektor dient eine thermisch stabile Zerodur –Spiegelecke, montiert auf den Läufer des PMS100-3. Auf diese Weise konnte durch die Kalibrierung der Flächenmaßverkörperung des internen Messsystems die Positionierunsicherheit auf $u = 0,1\mu\text{m}$ reduziert werden. Des weiteren wurden in dieser Konfiguration grundlegende Experimente zum Betrieb des elektrodynamischen Antriebssystems ausschließlich mit einem laserinterferometrischen Messsystem durchgeführt. Untersucht wurde insbesondere, inwiefern eine Inbetriebnahme der Laserinterferometer, die eine hohe Winkelstabilität

von $\Delta\varphi_z \leq 0,5'$ voraussetzt, mit dem „freien“ Läufer des PMS100-3 möglich ist. Die Messungen zeigen, dass eine spezielle Ansteuerung der sechs Antriebsspulen eine stabile, reproduzierbare Zentrierung des Läufers auf dem Stator ermöglicht. Die so erzielbare Winkelstabilität des Reflektors liegt im Bereich von $\Delta\varphi_z \leq \pm 15''$ und ermöglicht eine sichere Initialisierung des Lasermesssystems. Darüber hinaus erlaubt die Anordnung der Direktantriebe aus dieser Position heraus eine gezielte Drehung des Läufers und somit hinsichtlich der Signalqualität eine optimale Ausrichtung des Reflektors auf die einjustierten gestellfesten Interferometer.

Elektrodynamische Antriebselemente

Ansätze zur Gestaltung der Antriebsbaugruppe werden anhand einer 200 mm Linearachse untersucht. Der Läufer wird hier über lineare aerostatische Führungen abgestützt und trägt die Zerodur-Spiegelecke als Reflektor für das Lasermesssystem. Das System dient der Untersuchung des thermischen Verhaltens der Antriebselemente und dessen Einfluss auf die Positionierunsicherheit. In einem ersten Schritt wurden hierzu die Antriebsspulen in einem Kühlkörper mit Wasserkühlung gekapselt, wobei das Ziel nicht nur in der Aufnahme der Verlustwärme sondern vielmehr in der Temperierung der Baugruppe auf die Referenztemperatur von 20 °C besteht. Erste Messergebnisse zeigen in der derzeitigen Konfiguration bei einer Vorlauftemperatur von 20°C und einer Verlustleistung von 70 W eine Maximaltemperatur von 31 °C an der Oberfläche der Baugruppe. Ziel der weiteren Arbeiten anhand der Linearachse ist Optimierung dieser Temperierung im tatsächlichen Betrieb, sowie die Minimierung des Einflusses der Antriebserwärmung auf die Positionierunsicherheit.

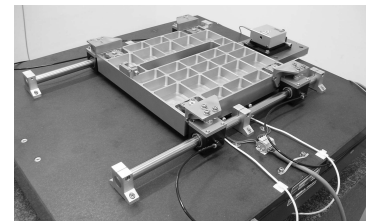


Bild 2 200 mm Linearachse (ohne Spiegelecke)



Bild 3 Spulenkühlung

Literatur- bzw. Quellenhinweise:

- [1] Ruijl, T.: Ultra Precision Coordinate Measuring Machine; Design, Calibration and error Compensation. s.e., 2002, ISBN: 90-6464287-7
- [2] T. Hausotte, Nanopositionier – und Nanomessmaschine, Diss. TU Ilmenau 2002
- [3] Planar Motion System PMS100-3 Technische Spezifikation, IMMS gGmbH, 98693 Ilmenau

Autorenangaben:

Dipl.-Ing. Steffen Hesse

Dr.-Ing. Christoph Schäffel

Dipl.-Ing. Hans-Ulrich Mohr

Dipl.-Ing. Michael Katzschmann

Institut für Mikroelektronik- und Mechatronik-Systeme gGmbH, Ehrenbergstraße 27

98693, Ilmenau

Tel.: 0049 3677 6655-67

Fax: 0049 3677 6655-15

E-mail: steffen.hesse@imms.de