

# 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>

**Wang, Y.C. / Shyu, L.H.**

## **Fabry-Perot-Interferometer für Präzisionslängenmessungen im großen Messbereich**

### **Abstract**

Laserinterferometer werden wegen ihrer hohen Auflösung und großen Messbereichen immer mehr für Präzisionslängenmessungen eingesetzt, beispielsweise in der Präzisionsmechanik, Nanometrologie und Präzisionspositionierung. Die Tendenz zeigt, dass insbesondere in der Feinmechanik das Laserinterferometer immer mehr erforderlich wird, um die Präzisionsanforderung bis zum Submikrometerbereich erfüllen zu können.

Fabry-Perot-Interferometer (FPI) werden oft als Spektrum-Analysatoren oder zur Längenmessungen im kleinen Messbereich eingesetzt [1,2,3]. Zur Längenmessungen in großen Messbereichen darf der Messspiegel des FPI während der Messung nicht verkippen. Mit Hilfe einer aktiven Winkelregelung kann dies ermöglicht werden.

In dieser Arbeit werden theoretische Analysen des optischen Aufbau des FPI, der Einfluss der Verkipfung und des Einfallswinkels, die Gestaltung der Winkelmessung und -regelung, Vorstellungen von möglichen Signalverarbeitungssystemen sowie erste experimentelle Untersuchungen dargestellt. Es wird gezeigt, dass dieser Ansatz eine gute Basis für weitere Untersuchungen zur Anwendung des FPI im großen Messbereich darstellt.

### **Entwicklungsproblem**

Die zur Längenmessung verwendeten Interferometer können in Homodyn- und Heterodyn-Interferometer untergliedert werden. Allgemein beruhen sie auf dem Prinzip des Michelson-Interferometers. Gengenüber Heterodyn-Interferometern hat das Homodyn-Interferometer einige Vorteile, wie z.B. der einfachere optische Aufbau. Von Nachteil ist beispielsweise die Amplitudenabhängigkeit. Zur Minimierung von Messfehlern können zusätzlich eine Modulation des Gangunterschiedes und verschiedene Messwertkorrekturen benutzt werden.

Zur Vereinfachung herkömmlicher Messsysteme für Längenmessungen im großen Messbereich und zur Reduzierung von Fehlerquellen sollen hier Untersuchungen auf der Basis des Fabry-Perot-Interferometers durchgeführt werden. Ein erhebliches Problem bei dieser Entwicklung ist die Einhaltung der Parallelität zwischen dem Mess- und Referenzspiegels, bei der Verschiebung eines Planspiegels zwangsläufig bestimmte Verkipfung auftreten. Das führt zu Messfehlern oder kann bei zu großer Verkipfung die Messung sogar unmöglich machen. Um eine hohe Parallelität während der gesamten Verschiebung des Messreflektors zu erreichen, werden ein Winkelsensor zur Messung von Nick- und Gierwinkel sowie eine Regelvorrichtung zur Ausregelung von Verkipfungen im Messsystem eingeführt. Damit wird auch in großen Messbereichen eine Präzisionslängenmessung mit einem FPI ermöglicht.

### **Aufbau des Messsystems**

In der Regel besteht ein Fabry-Perot-Interferometer aus zwei planparallelen und teildurchlässigen Spiegeln, bzw. einem festen Referenzspiegel und einem verschiebbaren Messspiegel. Aus der Vielstrahlinterferenz ergeben sich dann Interferenzstreifen. Wird der Messspiegel verschoben, ändern sich die Interferenzstreifen. Die Intensität und die Schärfe der Interferenzstreife hängen von dem Reflexionsgrad der Spiegel und dem Einfallswinkel des Laserstrahls ab [4,5].

Im hier vorgestellten Messsystem werden Spiegel mit einem bestimmten Reflexionsgrad verwendet, bei welchem die Intensität und die Schärfe der Streife optimal werden. Um die Verkippung zu regeln, werden drei Piezotranslatoren eingesetzt. Mit Hilfe eines aus einer DVD-Pick-up-Einheit aufgebauten Winkelsensors kann die Größe der Verkippung ermittelt werden, die dann für Winkelregelung notwendig ist.

### **Untersuchungen und weitere Arbeiten**

Mit Hilfe einiger theoretischen Untersuchungen können die optimalen Verteilungen der Interferenzstreifen und der Messbereich ermittelt werden. Damit werden der optimale Reflexionsgrad und Einfallswinkel bestimmt. Zur deutlichen Beobachtung der Interferenzstreifen ist ein Justierverfahren der optischen Komponenten erforderlich, das durch experimentelle Erfahrungen ermittelt wurde.

Es konnten die Interferenzerscheinungen in einem großem Messbereich nachgewiesen werden. Damit konnte die Eignung und der Funktionsnachweis der aufgebauten Einrichtung für Präzisionslängenmessungen erbracht werden.

Weitere Arbeiten bestehen darin, die Verschiebung des Messspiegels zu automatisieren, die Eigenschaften der Winkelregelung zu untersuchen und das Modell der Signalverarbeitung zu präzisieren.

#### **Literatur- bzw. Quellenhinweise:**

- [1] Benyong Chen etc.: Nanometer measurement with a dual Fabry-Perot Interferometer, Applied Optics, Vol. 40, No. 31, 1 Nov. 2001, pp 5632-5637
- [2] Zhixia Chao etc.: Fabry-Perot Interferometer used for large range nanometer measurement, ACTA Metrologica Sinica, Vol. 20, No.4, 1999
- [3] Lowell Howard, Jack Stone, Joe Fu: Real-time displacement measurements with a Fabry-Perot cavity and a diode laser, Precision Engineering, 25 (2001) 321-335
- [4] J.M. Vaughan: The Fabry-Perot Interferometer, IOP Publishing Ltd 1989
- [5] E. Hecht: Optik, Oldenbourg Verlag, 2001

#### **Autorenangaben:**

Prof. L.H. Shyu

Department of Electro-Optics Engineering, National Formosa University  
632 Huwei, Yunlin, Taiwan

Tel.: +886-5-6315675

Fax: +886-5-6329257

E-mail: [hyu@sunws.nfu.edu.tw](mailto:hyu@sunws.nfu.edu.tw)

Dr.-Ing. Y.C. Wang

Department of Mechanical Engineering, National Yunlin University of Science and Technology  
640 Douliou, Yunlin, Taiwan

Tel.: +886-5-5342601 ext 4122

Fax: +886-5-5312062

E-mail: [wangyc@yuntech.edu.tw](mailto:wangyc@yuntech.edu.tw)