

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>

H.-J. Büchner / V. Mandryka / G. Jäger

Stehende-Wellen-Interferometer: Ein neues interferometrisches Konzept

Die bisher bekannten Interferometerkonzeptionen basieren ausschließlich auf der Überlagerung von Strahlen gleicher Ausbreitungsrichtung. - Es wird ein neues Konzept vorgeschlagen, das auf der Interferenz von Strahlen entgegengesetzter Ausbreitungsrichtung beruht. Ein auf einen Spiegel orthogonal gerichteter Strahl erzeugt in der Überlagerung mit dem am Spiegel reflektierten Strahl im Raum vor dem Spiegel eine stehende Welle. Die stehende Welle ist charakterisiert durch Intensitätsmaxima und -minima. Das erste Intensitätsminimum befindet sich am Spiegel und ist mit diesem fest verkoppelt. Verschiebt man den Spiegel in Richtung der stehenden Welle, dann schiebt bzw. zieht der Spiegel die stehende Welle mit sich. Bezeichnet man die Intensität der zum Spiegel hinlaufenden Welle mit I_1 und die der reflektierten Welle mit I_2 , dann ist die Intensität der stehenden Welle

$$I = I_1 + I_2 + 2\sqrt{I_1 I_2} [-\cos(2kz)], \quad (1)$$

wobei $k = 2\pi/\lambda$ und $z =$ Ausbreitungsrichtung der stehenden Welle.

Ordnet man in der stehenden Welle zwei virtuelle transparente Ebenen achsenrecht und in einem gegenseitigen Abstand von einer Viertel Intensitätsperiode an und verschiebt den Spiegel, dann wandern die Intensitätsperioden durch beide Ebenen mit einer gegenseitigen Phasenverschiebung von 90° , bezogen auf eine Intensitätsperiode, hindurch. Versieht man die Ebenen mit der Eigenschaft „fotolektrisch“, dann können die Intensitätsperioden als sin/cos-Signale detektiert werden. Damit ist eine Konzeption gefunden, mit der Längenmessungen in einer optischen stehenden Welle nach dem Vorwärts-Rückwärts-Zählverfahren durchgeführt werden können [1].

Die Realisierung des Stehende-Wellen-Interferometers stellt die Aufgabe, einen teilweise transparenten und fotolektrisch aktiven Fotosensor zu entwickeln. Geeignet ist ein TCO-kontaktiertes und auf der Basis von amorphem Silizium (a-Si:H) als pin Fotodiode konzipiertes Bauelement [2]. Der Fotostrom wird in der i-Schicht generiert. Auf einem gemeinsamen Glassubstrat werden zwei Fotodioden technologisch integriert. Die Bauelementstruktur ist dann:

$$\text{TCO}_1 - (\text{pin})_1 - \text{TCO}_2 - (\text{pin})_2 - \text{TCO}_3 \quad (2)$$

Das Bauelement wird auf einem Glassubstrat erzeugt. Die TCO-Schichten (transparent contact oxide) werden durch Magnetron Sputtering von ZNO:Al aufgetragen. Die pin-Schichten bestehen aus dotiertem amorphen Si (a-Si:H) und werden durch PECVD-Verfahren (Plasma enhanced chemical vapour deposition) niedergeschlagen. Der Abstand zwischen den Schichten i_1 , i_2 wählt aus dem Phasenspektrum eine Phasendifferenz zwischen den Fotosignalen aus, vorzugsweise $\varphi = 90^\circ$ (phase selective photodiode, PSP).

Die stehende Welle breitet sich durch die Schichtstruktur der PSP hindurch aus und existiert in jeder Schicht. An jedem Grenzübergang zwischen benachbarten Schichten entstehen Reflexe, die Vielstrahlinterferenzen innerhalb der Fotodiode verursachen und das Intensitätsprofil der stehenden Welle beeinflussen. Diese Reflexe werden am Beispiel der Einzeldiode weitestgehend unterdrückt, wenn die Schichtdicken der Einzelschichten der Bedingung

$$d(\text{TCO})_1 = \frac{I_0}{4n_{\text{TCO}1}}, d(\text{pin}) = \frac{I_0}{2n_{\text{pin}}} \text{ und } d(\text{TCO})_2 = \frac{I_0}{4n_{\text{TCO}2}} \quad (3)$$

genügen. Für die Dicke der i-Schicht muss gelten: $d < \lambda_0/2n_i$. Optimale Schichtdicken sind $40 \text{ nm} < d_i < 50 \text{ nm}$. Bei $\lambda = 633 \text{ nm}$ (He-Ne-Laser) und einer Strahlungsleistung von $0,8 \text{ mW}$ wurden in den Maxima und Minima des Intensitätsprofils Fotoströme $i_{\text{max}} = 11,34 \text{ mA}$ bzw. $i_{\text{min}} = 2,83 \text{ mA}$ gemessen [3]. Die Entwicklung der PSP wurde in einem von der DFG geförderten Forschungsvorhaben in Zusammenarbeit mit der Forschungszentrum Jülich GmbH durchgeführt. Das Stehende-Wellen-Interferometer wurde auf der Hannover-Messe-Industrie 2003 mit Verfahrensgeschwindigkeiten des Messspiegels bis zu 30 mm/s als Labormuster vorgeführt.

Literatur:

- [1] H.-J. Büchner: Stehende-Wellen-Interferometer zur Messung von optischen Gangunterschieden Deutsches Patent DE 33 00 369 (1983)
- [2] H. Stiebig, H.-J. Büchner, E. Bunte, V. Mandryka, D. Knipp, G. Jäger: Standing wave detection by thin transparent n-i-p diodes of amorphous silicon *Thin Solid Films* 427 (2003) 152-156
- [3] An optical standing-wave interferometer for displacement measurements H.-J. Büchner, H. Stiebig, V. Mandryka, E. Bunte, G. Jäger *Meas. Sci. Technol.* 14 (2003) 311-316

Autorenangabe:

Dr.-Ing. Hans-Joachim Büchner
 Dipl.-Ing. Victor Mandryka
 Prof. Dr.-Ing. habil. Gerd Jäger
 Technische Universität Ilmenau
 PF 100 565, 98684 Ilmenau
 Tel.: 03677 69 1453
 Fax: 03677 69 1412
 E-mail: hans.buechner@mb.tu-ilmenau.de