

Berichte aus der Mikromechanik

**Wolfram Geiger**

**Mikrotechnische Drehratengyroskope  
mit hoher Genauigkeit**

D 93 (Diss. Universität Stuttgart)

Shaker Verlag  
Aachen 2002

Die Deutsche Bibliothek - CIP-Einheitsaufnahme

*Geiger, Wolfram:*

Mikrotechnische Drehratengyroskope mit hoher Genauigkeit / Wolfram Geiger.  
Aachen : Shaker, 2002

(Berichte aus der Mikromechanik)

Zugl.: Stuttgart, Univ., Diss., 2002

ISBN 3-8322-0393-1

Copyright Shaker Verlag 2002

Alle Rechte, auch das des auszugsweisen Nachdruckes, der auszugsweisen oder vollständigen Wiedergabe, der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen und der Übersetzung, vorbehalten.

Printed in Germany.

ISBN 3-8322-0393-1

ISSN 0947-2398

Shaker Verlag GmbH • Postfach 101818 • 52018 Aachen

Telefon: 02407 / 95 96 - 0 • Telefax: 02407 / 95 96 - 9

Internet: [www.shaker.de](http://www.shaker.de) • eMail: [info@shaker.de](mailto:info@shaker.de)

## Mikrotechnische Drehratengyroskope mit hoher Genauigkeit, W. Geiger

Mit Gyroskopen wird die physikalische Größe Winkelgeschwindigkeit ohne Verwendung einer äußeren Referenz gemessen. Für viele existierende und neu zu entwickelnde Anwendungen werden mikrotechnische Gyroskope aufgrund ihrer kleinen Baugröße und der bei großen Stückzahlen äußerst kostengünstigen Herstellungsverfahren von großer Bedeutung sein.

In der vorliegenden Arbeit wird, basierend auf verschiedenen potentiellen Anwendungen, eine Targetspezifikation für ein mikromechanisches Gyroskop aufgestellt. Aufbauend auf dem umfassend erläuterten Stand der Technik werden neue Konzepte entwickelt, um diese Spezifikation zu erreichen.

Das entwickelte theoretische Modellsystem ermöglicht eine analytische Beschreibung von mikromechanischen Gyroskopen unter Berücksichtigung von Temperatureffekten und Störbeschleunigungen. Wie der Vergleich mit den dargestellten Messungen zeigt, können mit diesem Modell die Leistungsparameter mikromechanischer Drehratensensoren sehr genau vorherbestimmt werden, wodurch eine effiziente Optimierung möglich ist.

Von entscheidender Bedeutung für die erzielbare Genauigkeit eines mikromechanischen Drehratensensors ist die elektronische Ausleseschaltung. In der vorliegenden Arbeit werden im wesentlichen zwei realisierte Konzepte beschrieben, ein analoges und ein digitales. Bei beiden Konzepten erfolgt die kapazitive Messung der mechanischen Auslenkung der beweglichen Sensorstruktur mit einem sogenannten Amplitudenmodulationsverfahren. Damit sind Abstandsänderungen in der Größenordnung von 10-13 m nachweisbar, die nur ca. 10-mal größer sind als die Genauigkeit einer Tunnelstrecke. Während die analoge Schaltung konzeptionell dem Stand der Technik entspricht, wird mit der digitalen Ausleseelektronik ein neuer Weg bestritten. Durch die digitale Signalverarbeitung werden die Temperaturdriften und das Rauschen der Schaltung minimiert. Außerdem sind komplexe Rechenoperationen möglich, die eine aufwendige, mit analogen Komponenten nicht machbare Fehlerkompensation ermöglichen.

Die Sensorchips wurden im Auftrag bei der Robert Bosch GmbH in Reutlingen durch einen oberflächenmikromechanischen Prozess gefertigt. Als Besonderheit ist eine Dicke des Polysiliziums, aus welchem die beweglichen Strukturen hergestellt werden, von 10  $\mu\text{m}$  zu nennen.

Die realisierten Sensoren besitzen einen Messbereich von  $\pm 200$   $\text{°/s}$ , einen Linearitätsfehler kleiner als 0,1%, bei einer Bandbreite von 50 Hz ein Rauschen kleiner als 0,1  $\text{°/s}$ , eine Auflösung besser als 0,01  $\text{°/s}$ , eine Drift des Nullpunkts beziehungsweise des Skalenfaktors über den Temperaturbereich von  $-40^\circ\text{C}$  bis  $+85^\circ\text{C}$  kleiner als 0,5  $\text{°/s}$  beziehungsweise kleiner als 1% sowie eine Beschleunigungsempfindlichkeit des Nullpunkts beziehungsweise des Skalenfaktors kleiner als 0,1 ( $\text{°/s}$ )/g beziehungsweise kleiner als 0,4  $\text{°/g}$ .

Im Ausblick der Arbeit wird dargestellt, wie mit mikrotechnischen Drehratengyroskopen eine Genauigkeit besser als 0,02  $\text{°/s}$  und damit Leistungsparameter erzielt werden könnten, die derzeit Faseroptische Kreisel mit Marktpreisen im vierstelligen DM-Bereich besitzen. Wesentliche Voraussetzungen dafür sind neue Herstellungsverfahren mit einer größeren Dicke (40  $\mu\text{m}$  bis 100  $\mu\text{m}$ ) der Schicht, aus welcher die beweglichen Strukturen gefertigt werden, eine weitere Verbesserung des Designs des mechanischen Sensorelements sowie das Ausschöpfen des Potentials, welches durch das digitale Ausleseverfahren besteht. Entsprechende Konzepte, teilweise bereits realisiert, werden beschrieben und stützen die Behauptung.