

Berichte aus der Mikromechanik

Felix Petri

**Modellbildung auf Geometrie- und Systemebene
für Squeeze-Film-Dämpfung und Wärmeverlust
in mikromechanischen Sensoren
unter Berücksichtigung ausgedünnter Gase**

D 46 (Diss. Universität Bremen)

Shaker Verlag
Aachen 2007

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

Zugl.: Bremen, Univ., Diss., 2006

Copyright Shaker Verlag 2007

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

Printed in Germany.

ISBN 978-3-8322-6354-6

ISSN 0947-2398

Shaker Verlag GmbH • Postfach 101818 • 52018 Aachen

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

Internet: www.shaker.de • E-Mail: info@shaker.de

Kurzzusammenfassung

In der vorliegenden Arbeit werden Wärmeverlust und Squeeze-Film-Dämpfung in MEMS für ausgedünnte Gase untersucht. Im Fall von schwingenden Sensorelementen (in der Regel komplexe Strukturen) tritt als größter Energieverlust die Squeeze-Film-Dämpfung auf.

Im ersten Abschnitt wird durch Abänderung der DSMC-Methode eine Möglichkeit angegeben, um die Dämpfung von z.B. MEMS-Balken transient zu simulieren. Darauf aufbauend werden Dämpfungseffekte für hohe Geschwindigkeiten untersucht. Weil der verwendete Algorithmus eine hohe statistische Streuung aufweist, werden Verfahren zur Reduktion der Streuung evaluiert. Es zeigt sich, dass die Molecular-Block-Methode unter Verwendung von Fitfaktoren einsetzbar ist, während die IP-Methode falsche Ergebnisse liefert.

Mit der Kopplung des DSMC-Verfahrens und einer neuen stochastischen Differenzialgleichung, wird der Einfluss des Brownschen Rauschens auf einen MEMS Balken untersucht.

Im zweiten Abschnitt wird das Dämpfungsverhalten rechteckig perforierter Platten untersucht. Hier wurde ein Berechnungsverfahren verwendet, das die perforierte Platte in Elementarzellen zerlegt und die Dämpfung des ausgedünnten Gases pro Elementarzelle angibt. Darauf aufbauend konnte durch Kopplung verschiedener strömungsmechanischer Ansätze eine modifizierte Reynoldsgleichung aufgestellt werden, die sowohl die rechteckigen Perforationslöcher als auch die Effekte ausgedünnter Gase berücksichtigt. Die simulierten Ergebnisse wurden mit Hilfe von Messungen an Teststrukturen mit hoher Genauigkeit bestätigt. Auf der Grundlage dieser Dämpfungsberechnung und der Theorie elektrostatischer Streufelder werden Perforationsdesigns hinsichtlich ihres Auswertesignals optimiert.

Der dritte Teil der Dissertation befasst sich mit thermischer Dissipation am Beispiel des Heißfilmluftmassensensors (HFM). Bei einer HFM-Variante befindet sich unter dem Heizer, abgetrennt durch eine Membran, eine evakuierte Kaverne. Der Wärmetransport innerhalb dieser Kaverne wird mit Hilfe der DSMC-Methode untersucht. Die numerische Methode berücksichtigt im Gegensatz zu bisherigen Veröffentlichungen auch den Einfluss des Temperaturprofils und einer durchgebogenen Membran, die sich auf Grund des Druckunterschiedes zwischen Kaverne und Außenwelt ergibt. Es werden Einschwingeffekte, Effekte der Transpiration und Temperatursprungphänomene untersucht. Außerdem wird der Einfluss des Akkomodationskoeffizienten evaluiert.