

Neue Membransensoren mit porösem Silizium

Dissertation

zur Erlangung des Grades
des Doktors der Ingenieurwissenschaften
der Naturwissenschaftlich - Technischen Fakultät II
- Physik und Mechatronik -
der Universität des Saarlandes

von

Kathrin Gutsche

Saarbrücken
2013

Tag des Kolloquiums: 23.09.2013

Dekan: Prof. Dr. Christian Wagner

Prüfungsausschuss

Vorsitzender: Prof. Dr. Michael Vielhaber

Gutachter: Prof. Dr. Helmut Seidel
Prof. Dr. Andreas Schütze

Akademischer Beisitzer: Dr. Martin Straub

Aktuelle Berichte aus der Mikrosystemtechnik
Recent Developments in MEMS

Band 26

Kathrin Gutsche

Neue Membransensoren mit porösem Silizium

Shaker Verlag
Aachen 2014

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.: Saarbrücken, Univ., Diss., 2013

Copyright Shaker Verlag 2014

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

Printed in Germany.

ISBN 978-3-8440-3044-0

ISSN 1862-5711

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

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis	5
Kurzfassung	9
Abstract	11
1 Einleitung	13
1.1 Mikromechanische Drucksensoren	13
1.2 Zielsetzung der Arbeit	15
2 Mikromechanische Grundlagen	17
2.1 Ätzprozesse	17
2.1.1 Anisotropes Siliziumätzen - Trenchprozess	17
2.1.2 Plasmaloses Trockenätzen mit ClF_3	19
2.1.3 Isotropes Ätzen von Oxidschichten - HF - Gasphasenätzen	21
2.2 Erzeugung einkristalliner Siliziummembranen	22
2.2.1 Poröses Silizium	22
2.2.2 Prozess mit doppelter poröser Siliziumschicht	24
2.2.3 <i>N</i> - Gitter - Prozess	27
2.3 Selektive Epitaxie	30
3 Kapazitiver Drucksensor mit Boss-Membran	33
3.1 Drucksensorkonzept	33
3.2 Prozessfluss	34
3.3 Technologieentwicklung	37
3.3.1 Prozess und Layout	37
3.3.2 Auslegung des dielektrischen Schichtsystems	41

3.3.3	Auslegung und anisotropes Ätzen der Zugangslöcher	47
3.3.4	Freistellung der Boss-Membran	48
3.3.5	Verschluss der Zugangslöcher	52
3.4	Metallisierung und Kontaktierung	53
3.5	Fazit und Diskussion	55
4	Kapazitiver Drucksensor mit doppelter Epitaxie	59
4.1	Absolutdrucksensor	59
4.1.1	Drucksensorkonzept	59
4.1.2	Herstellungsprozess	61
4.1.3	Technologieuntersuchung und Prozessoptimierung	67
4.1.3.1	Prozessüberblick	67
4.1.3.2	Layout und Design	69
4.1.3.3	Ergebnisse	74
4.2	Differenzdrucksensor	80
4.2.1	Drucksensorkonzept	80
4.2.2	Prozessfluss des Membranaufbaus	81
4.2.3	Technologieuntersuchungen zum Rückseitenzugang	84
4.2.3.1	Design des n -Gitters und erste Epitaxie	84
4.2.3.2	Oxidation und Verschluss der n -Gitterlöcher	87
4.2.3.3	Strukturierung der Oxidschicht und selektive Epitaxie	89
4.2.3.4	Rückseitentrench und Gasphasenätzen	92
4.3	Zusammenfassung	94
5	Charakterisierung des Absolutdrucksensors	97
5.1	Aufbau- und Verbindungstechnik	97
5.2	Auswerteprinzip	99
5.3	Messplatz	101
5.4	Druckabhängigkeit der Sensorelemente	102
5.5	Vergleich mit Simulationen	107
5.5.1	Simulationsmodell und Durchführung	108
5.5.2	Simulation der Druckabhängigkeiten	111
5.6	Zusammenfassung	113
6	Zusammenfassung und Ausblick	115

Literaturverzeichnis	121
Veröffentlichungen und Patente	128
Danksagung	131