



Technische
Universität
Braunschweig



Poröses Silizium als Opferschicht

Herstellung schwebender Strukturen

Leonard Göhrs, 14. Juni 2018

Motivation

- Manche mechanischen Mikrosysteme fordern schwebende Strukturen
- Prozessierung kann nur auf bestehenden Schichten stattfinden
- Deshalb: Schichten einführen, die später wieder entfernt werden „Opferschichten“
- Opferschichten sollen anschließend möglichst sauber entfernt sein
- Poröses Silizium ist deutlich schneller Ätzbar als andere Schichten
- Deshalb: Einsatz von porösem

Opferschicht

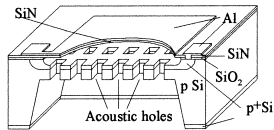


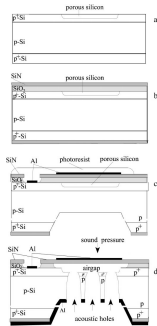
Abbildung 1: Mikrofon Querschnitt¹

¹ Single-chip condenser microphone using porous silicon as sacrificial layer for the air gap
Kronast, Müller, Siedel, Stoffel
Sensors and Actuators A 87 (2001) 188-193

Gliederung

1. Beispiel: poröse Silizium Opferschicht in einer MEMS-Mikrofonkonstruktion
2. Herstellung von porösem Silizium

Beispiel Mikrofon



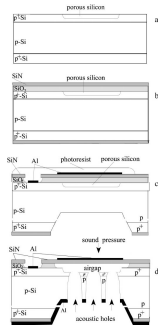
Vor Schritt a) in Abbildung 2 wurden bereits:

- Beide Seiten des Wafers p⁺ dotiert
- Eine Ätzmaske aus Siliziumnitrid aufgebracht
- Selektiv poröses Silizium nahe der Oberfläche hergestellt
- Die Ätzmaske entfernt

Abbildung 2: Mikrofon Aufbau¹

¹ Single-chip condenser microphone using porous silicon as sacrificial layer for the air gap
Kronast, Müller, Siedel, Stoffel
Sensors and Actuators A 87 (2001) 188-193

Beispiel Mikrofon



In den Schritten b) und c) werden eine Mikrofonmembran und Kontaktflächen aufgebracht

Abbildung 3: Mikrofon Aufbau¹

- ¹ Single-chip condenser microphone using porous silicon as sacrificial layer for the air gap
Kronast, Müller, Siedel, Stoffel
Sensors and Actuators A 87 (2001) 188-193

Beispiel Mikrofon

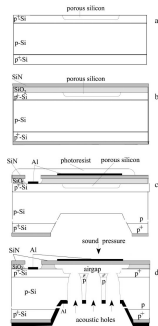


Abbildung 4: Mikrofon Aufbau¹

¹ Single-chip condenser microphone using porous silicon as sacrificial layer for the air gap
Kronast, Müller, Siedel, Stoffel
Sensors and Actuators A 87 (2001) 188-193

Abschließend werden von der Unterseite des Wafers aus Kanäle per reactive ion etchin (RIE) geätzt. Durch diese Kanäle wird das poröse Silizium mit Kaliumhydroxidätzen (KOH) entfernt.

Die umgebenden Materialien (auch Bulk Silizium) bleiben weitestgehend intakt.

Die Membran ist nun beweglich und der Aufbau als Kondensatormikrofon nutzbar.

Zusammenfassung Beispiel

- Schwebende Strukturen machen Opferschichten notwendig
- Ätzrate in porösem Silizium verglichen mit normalem Silizium sehr hoch
- Dadurch gut definierte Strukturen herstellbar

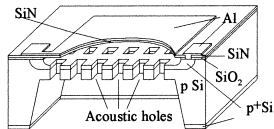


Abbildung 5: Mikrofon Querschnitt¹

¹ Single-chip condenser microphone using porous silicon as sacrificial layer for the air gap
Kronast, Müller, Siedel, Stoffel
Sensors and Actuators A 87 (2001) 188-193

Herstellungsprozess

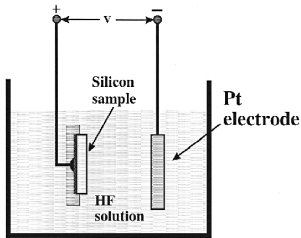


Abbildung 6: Anodisches Ätzen²

² Porous silicon as a sacrificial material

T E Bell et al 1996 J. Micromech. Microeng. 6 361

- Poröses Silizium wird durch ätzen in einem Flusssäurebad (Hydrofluoric acid / HF) hergestellt
- Silizium normalerweise unempfindlich gegen HF
- Ätzprozess findet mit einer angelegten Biasspannung statt (anodisches Ätzen)

Herstellungsprozess

- Biasspannung bewegt positive Ladungsträger (Löcher) an den Silizium-HF Übergang
- Das macht Silizium angreifbar für die F^- -Ionen in der Flusssäure
- Wenn die Ladungsträger nicht zum Übergang fließen können findet auch kein Ätzprozess statt
- Also: anodisches Ätzen nur mit durch Dotierung leitfähigem Silizium möglich

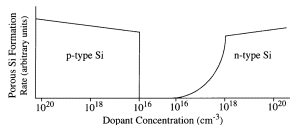


Abbildung 7:
Dotierungsabhängigkeit
Ätzprozess²

² Porous silicon as a sacrificial material
T E Bell et al 1996 J. Micromech. Microeng. 6 361

Herstellungsprozess

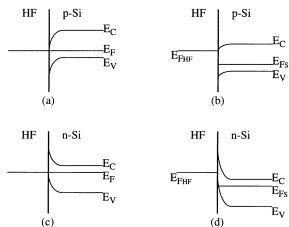


Abbildung 8: Bändermodell
Ätzprozess²

² Porous silicon as a sacrificial material
T E Bell et al 1996 J. Micromech. Microeng. 6 361

- Trennschicht zwischen Silizium und HF bildet Schottky Kontakt
- p-Dotiertes Silizium mit angelegter Biasspannung (Abbildung 8 b)) stellt Ladungsträger für Ätzprozess zur Verfügung
- n-Dotiertes Silizium stellt erst bei hoher Dotierung Ladungsträger durch Tunneln zur Verfügung
- In schwach dotiertem n-Silizium können durch Bestrahlung mit Licht Ladungsträger freigesetzt werden

Betrachtung Mikrofon

- Nutzt p-Dotierten Wafer als Ausgangsmaterial (Leitfähigkeit)
- Porös zu machende Schicht wird zusätzlich p^+ dotiert (Ätzrate)
- Siliziumnitridschicht wird als HF-resistente Maske verwendet um Opferschicht zu strukturieren
- Die in Abbildung 9 obere Seite ist beim Ätzen mit HF in Kontakt, andere Seiten müssen geschützt werden

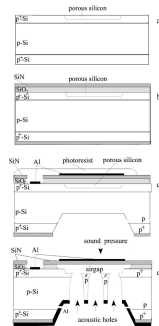


Abbildung 9: Mikrofon Aufbau¹

¹ Single-chip condenser microphone using porous silicon as sacrificial layer for the air gap
Kronast, Müller, Siedel, Stoffel
Sensors and Actuators A 87 (2001) 188-193

Single-chip condenser microphone using porous silicon as sacrificial layer for the air gap¹

Kronast, Müller, Siedel, Stoffel

Sensors and Actuators A 87 (2001) 188-193

Porous silicon as a sacrificial material²

T E Bell et al

1996 J. Micromech. Microeng. 6 361