

→ Th. Fabala
21.9.92

Zwischenbericht zum Verbundvorhaben

"Einsatz der Mikromechanik zur Herstellung frequenzanaloger Sensoren"

Laufzeit: 1.7.1989 - 31.12.1992

Berichtszeitraum: 1.1.1992 - 30.6.1992

Verbundpartner: Bizerba-Werke, Balingen
Bosch GmbH, Stuttgart
GMS mbH, St. Georgen
Moto Meter AG, Leonberg
Hahn-Schickard-Institut für Mikro- und
Informationstechnik, Villingen-Schwenningen

Ziel des Vorhabens ist die Erarbeitung von Technologien zur Herstellung miniaturisierter Resonatoren aus Quarz und Silizium und die Untersuchung ihrer Eignung als frequenzanaloge Sensoren. Über die im Zeitraum 1.1.1992 - 30.6.1992 durchgeführten Arbeiten haben die Verbundpartner auf dem Statusseminar am 25.6.1992 in Denkingen ausführlich berichtet (siehe die schriftlichen Einzeldarstellungen). Die wichtigsten Resultate werden im folgenden kurz zusammengefaßt.

1. Der technologische Prozeß zur Herstellung **thermisch angeregter Silizium-Balkenstrukturen** wurde weiterentwickelt, so daß nun mit guter Ausbeute solche Strukturen hergestellt werden können. Muster dieser resonanten Kraftsensoren wurden experimentell charakterisiert, indem das Amplitudenspektrum vermessen wurde. Dabei erfolgte die Anregung elektrothermisch, die Abtastung optisch mit Hilfe eines Laservibrometers. Bei diesen Messungen zeigte sich, daß die Resonanzfrequenzen sich in Abhängigkeit von der Heizleistung ändern. Weitere detaillierte Untersuchungen des thermischen Verhaltens sind erforderlich. Darüberhinaus wurden verschiedene Varianten des standardmäßig verwendeten Kontaktsystems Ti/Pd/Au untersucht. Eine signifikante Verbesserung der thermischen Beständigkeit konnte jedoch nicht erzielt werden.
2. Für piezoelektrisch angeregte Quarzmembranen wurde ein verbessertes FEM-Modell erstellt und daraus wichtige Design-Regeln für einen resonanten Drucksensor abgeleitet. Die zur Herstellung der Membranen erforderliche doppelseitige Quarzätztechnik und eine einfach ansteuerbare Laserstrukturierung der Elektroden wurden aufgebaut. Für den Betrieb der neuen Sensorelemente wurde eine Druckmeßkammer entwickelt. Messungen mit dem Laservibrometer zeigten, daß der Gesamtaufbau eine gute Druckempfindlichkeit besitzt. Die Schwingungsanregung ist jedoch für den praktischen Einsatz noch zu gering und muß verbessert werden.
3. Es wurden Batchprozesse zur Herstellung **resonanter Silizium-Kraftsensoren** mit piezoelektrischem ZnO erfolgreich durchgeführt. Für den letzten Prozeßschritt, das Freilätzen der Biegebalken aus den fertig prozessierten 100 μm dicken Membranen, wurden zwei Varianten entwickelt. Da eine KOH-beständige Passivierung der Metallisierung nicht erreicht werden konnte, wurde eine ätzbeständige Metallisierung über der Passivierung aufgebracht. Der alternative Ansatz ersetzt den letzten naßchemischen Ätzschritt durch ein Trockenätzverfahren (Propagation Ion Etching). Beide Ansätze konnten erfolgreich realisiert werden. Darüberhinaus wurde die Elektrodengeometrie optimiert, so daß eine modenselektive Schwingungsanregung erreicht werden konnte.
Die Eignung dieser resonanten Kraftsensoren für den Einsatz in Waagen wurde mit Hilfe einer neu entwickelten Krafteinleitung mit elastischer Kraftuntersetzung untersucht. Dabei konnte die grundsätzliche Eignung der Sensoren nachgewiesen werden. Der Fehler, der sich nach Linearisierung mit einem Polynom 2. Grades ergibt, ist jedoch für den Einsatz in 6000 d Waagen noch zu groß.
4. **Resonante Drucksensormembranen** mit piezoelektrischem ZnO wurden modenselektiv angeregt und optisch (Laservibrometer) und piezoelektrisch (Gain-Phase-Analyzer) charakterisiert. Die Druckempfindlichkeit der Resonanzfrequenzen, der Temperaturgang und das Langzeitverhalten bei Last- und Temperaturwechseln wurden

untersucht. Fertig prozessierte Drucksensorchips konnten ohne Beeinträchtigung ihrer Funktionsfähigkeit anodisch auf Pyrexglasplatten gebondet werden.

5. Der Prozeß zur Herstellung **piezoelektrisch angeregter Silizium-Dreifachbalkenstrukturen** wurde weiterentwickelt. Insbesondere wurde die naßchemische Strukturierung von ZnO untersucht und optimiert.
6. Der Einfluß des Dickenverhältnisses von resonanter Siliziumstruktur zum ZnO-Dünnschicht wurde mit Hilfe **piezoelektrischer FEM-Berechnungen** untersucht. Ein wichtiges Ergebnis dieser Simulationen ist, daß bei Anregung höherer Schwingungsmoden bei gleichem Dickenverhältnis eine effektivere piezoelektrische Energieeinkopplung in die Bimorph-Resonatorstruktur erfolgen kann.

In den verbleibenden sechs Monaten der Projektlaufzeit sind schwerpunktmäßig folgende Arbeiten vorgesehen:

Thermisch angeregte Silizium-Biegebalken:

- Optimierung des DMS-Layouts,
- Untersuchung der Frequenzverschiebungen als Folge von Kraft-, Strömungs- und Temperatureinflüssen,
- Versuche mit in Wägezellen applizierten Sensoren.

Piezoelektrisch angeregte Quarzmembranen:

- Verbesserung der Schwingungsanregung und des Abgriffes durch konstruktive Änderungen am Gesamtaufbau der Druckmeßzelle,
- Entwicklung einer geeigneten Anregeschaltung.

Resonante Silizium-Kraftsensoren mit piezoelektrischem ZnO:

- Optimierung des Herstellungsprozesses,
- Optimierung der Oszillatorelektronik,
- Versuche mit in Wägezellen applizierten Sensoren.

Piezoelektrisch angeregte Silizium-Dreifachbalkenstrukturen:

- Optimierung des Herstellungsprozesses,
- Untersuchung der Eignung als frequenzanaloger Kraftsensor.

Simulation:

- Berechnung verschiedener Stegquerschnitt-Geometrien und deren Einfluß auf die Eigenschaften von Kraftsensoren,
- piezoelektrische FEM-Berechnungen zur Optimierung der Elektrodengeometrie und der Dickenverhältnisse ZnO/Siliziumbalken.

S. Büttgenbach

Prof. Dr. S. Büttgenbach
Projektkoordinator