

Inhaltsverzeichnis

| | | |
|----------|---|-----------|
| 1 | Einleitung | 1 |
| 2 | Mikromechanik | 4 |
| 2.1 | Klassische Mikromechanik | 4 |
| 2.2 | Mikrosysteme für HF-Anwendungen | 5 |
| 2.2.1 | Induktivitäten | 6 |
| 2.2.2 | Variable Kapazitäten | 7 |
| 2.3 | Stand der Technik bei mikromechanischen Schaltern | 8 |
| 3 | Schalter aus galvanischem Metall | 11 |
| 3.1 | Analytische Beschreibung von Cantileverschaltern | 11 |
| 3.2 | Realisierung der Schalter | 13 |
| 3.2.1 | Design | 13 |
| 3.2.2 | Prozeßablauf | 14 |
| 3.2.3 | Probenmaterial | 14 |
| 3.3 | Messungen an Galvanikschaltern | 14 |
| 4 | Polysilizium-Aktuator | 19 |
| 4.1 | Wippdesign | 20 |
| 4.2 | Dimensionierung des Aktuators | 22 |
| 4.2.1 | Analytische Beschreibung | 23 |
| 4.2.2 | Simulation | 29 |
| 4.3 | Testchip | 32 |
| 4.3.1 | Übersicht | 32 |
| 4.3.2 | Standarddesign | 32 |
| 4.3.3 | Variationen | 35 |
| 4.4 | Prozessierung | 35 |
| 4.4.1 | Prozeßübersicht | 36 |

| | | |
|----------|--|-----------|
| 4.4.2 | Struktur-Polysilizium | 38 |
| 4.4.3 | Freilegung und Antisticking | 38 |
| 4.4.4 | Probenmaterial | 43 |
| 4.5 | Aktuationsmessungen | 45 |
| 4.5.1 | Optische Kontrolle | 45 |
| 4.5.2 | Kapazitive Detektion | 50 |
| 5 | Dynamisches Verhalten der Torsionswippe | 53 |
| 5.1 | Theorie zum dynamischen Verhalten der Wippe | 53 |
| 5.1.1 | Resonanzfrequenz der Torsionswippe | 53 |
| 5.1.2 | Zusammenhang Aktuationsspannung – Schaltzeit | 54 |
| 5.1.3 | Transiente Bewegung | 56 |
| 5.2 | Resonanzmoden | 57 |
| 5.2.1 | FEM-Simulation | 57 |
| 5.2.2 | Meßaufbau Laserinterferometer | 58 |
| 5.2.3 | Meßergebnisse | 61 |
| 5.3 | Transientes Verhalten | 61 |
| 5.3.1 | Numerische Lösung | 61 |
| 5.3.2 | Meßaufbau und Auswertung | 63 |
| 5.3.3 | Ergebnisse | 65 |
| 5.4 | Lebensdauer | 69 |
| 6 | Mikrorelais mit Wippenaktuator | 70 |
| 6.1 | Schaltprinzip | 71 |
| 6.2 | Prozessierung | 72 |
| 6.2.1 | Prozeßablauf | 74 |
| 6.2.2 | Scheibenmaterial | 74 |
| 6.2.3 | Kontakte | 75 |
| 6.3 | Niederfrequenz-Messungen | 79 |

| | | |
|----------|---|-----------|
| 6.3.1 | Schaltspannung | 79 |
| 6.3.2 | Schaltzeit | 81 |
| 6.4 | HF-Charakterisierung | 83 |
| 6.4.1 | Ersatzschaltbild | 83 |
| 6.4.2 | Eintorstreuparameter | 83 |
| 6.4.3 | Transmission bei Zweitorkonfiguration | 84 |
| 7 | Optimierung der Relais-Eigenschaften | 89 |
| 7.1 | Reduzierung der Leitungsparasiten | 89 |
| 7.1.1 | Kapazitive Kopplung | 89 |
| 7.1.2 | Mikrostreifenleitungen | 90 |
| 7.1.3 | Hochohmige Substrate | 92 |
| 7.1.4 | Designvariationen | 92 |
| 7.2 | Kontakteigenschaften | 93 |
| 7.2.1 | Kontaktmaterialien | 94 |
| 7.2.2 | Kontaktkräfte | 95 |
| 8 | Zusammenfassung | 97 |