

---

## Inhaltsverzeichnis

<b>1 Einleitung</b> .....	<b>1</b>
1.1 Mikroelektronik-kompatible Peripheriebausteine sind nötig .....	1
1.2 Sensoren und Aktuatoren mit der Siliziumtechnologie herstellen .....	2
1.3 Arbeitsziele und Inhaltsübersicht .....	4
<b>2 Mikromechanische piezoresistive Beschleunigungssensoren</b> .....	<b>6</b>
2.1 Funktionsprinzip und Modellierung .....	6
2.2 Wichtige mechanische Kenngrößen .....	8
2.2.1 Quasistatische Empfindlichkeit in Normalenrichtung .....	8
2.2.2 Empfindlichkeit auf Querschleunigungen .....	13
2.2.3 Frequenzverhalten .....	16
2.2.4 Temperaturverhalten .....	18
2.3 Silizium-Piezowiderstände .....	20
2.3.1 Der Piezowiderstandseffekt .....	20
2.3.2 Wichtige Kenngrößen .....	21
2.4 Zusammenfassung .....	23
<b>3 Prozesse der Silizium-Mikromechanik</b> .....	<b>25</b>
3.1 Die Siliziumplanartechnik und ihre Modifikationen .....	25
3.2 Der anisotrope, selektive nasschemische Siliziumätzprozeß .....	27
3.2.1 Anisotropie .....	27
3.2.2 Selektivität .....	28
3.2.3 Ätzmedien .....	30
3.3 Die Tiefenlithographie und galvanische Abformung .....	32
<b>4 Beschreibung des verwendeten CMOS-Prozesses</b> .....	<b>33</b>
<b>5 Erweiterungen des CMOS-Prozesses zur Sensorintegration</b> .....	<b>35</b>
5.1 Siliziumätzung mit Ätzstopp an hoch-Bor-dotierten Schichten .....	35
5.1.1 Substratherstellung .....	35
5.1.2 Gesamtprozeß für monolithisch integrierte Sensoren .....	36
5.1.3 Ätzstoppverhalten .....	39
5.1.4 Auswirkungen auf Bauelementeparameter .....	40

---

5.2	Siliziumätzung mit elektrochemischem pn-Ätzstopp .....	42
5.2.1	Substratherstellung .....	42
5.2.2	Ätzstopp-Prozeß .....	43
5.2.3	Auswirkungen auf Bauelementeparameter .....	46
5.3	Siliziumätzung mit Ätzstopp an vergrabenen Isolatorschichten .....	46
5.3.1	Motivation .....	46
5.3.2	Substratherstellung .....	47
5.3.3	Ätzstoppverhalten .....	47
5.3.4	Ergebnisdiskussion .....	50
5.4	Vergleichende Bewertung der drei Ätzstoppverfahren .....	51
5.5	Die Beständigkeit von Metallen in KOH-Ätzlösungen .....	52
5.6	Passivierschichten für den nasschemischen Siliziumätzprozeß .....	53
5.7	Vergleichende Bewertung der verwendeten Ätzlösungen .....	59
5.8	Realisierung der Piezowiderstände .....	60
5.9	Erhöhung der seismischen Masse der Sensoren .....	61
5.9.1	Motivation und generelle Überlegungen .....	61
5.9.2	Mittels lokaler Goldgalvanik .....	62
5.9.2.1	Prozeßablauf .....	62
5.9.2.2	Auswirkungen auf Bauelemente .....	62
5.9.3	Erhalten einer Siliziummasse .....	67
5.9.3.1	Prozeßablauf und Maskendesign .....	67
5.9.3.2	Kompensationsstrukturen für konvexe Ecken .....	69
5.9.4	Zusammenfassung .....	76
<b>6</b>	<b>Herstellung monolithisch integrierter Beschleunigungssensoren .....</b>	<b>78</b>
6.1	Testchipdesign .....	78
6.1.1	Der Testchip MX900 .....	78
6.1.2	Der Testchip MX901 .....	85
6.2	Prozeßdesign .....	90
6.3	Experimentelle Ergebnisse mit den Sensoren und Diskussion .....	95
<b>7</b>	<b>Vorschläge für Prozeßweiterentwicklungen .....</b>	<b>99</b>
<b>8</b>	<b>Zusammenfassung .....</b>	<b>103</b>
<b>9</b>	<b>Literaturverzeichnis .....</b>	<b>105</b>