

Inhaltsverzeichnis

1 Einleitung.....	1
1.1 Der Begriff „Mikrosystemtechnik“.....	3
1.2 Aufbau eines Mikrosystems.....	5
1.2.1 Monolithische Integrationstechnik.....	5
1.2.2 Hybride Mikrosysteme.....	7
1.3 Ausbeute- und Zuverlässigkeitsaspekte.....	9
1.4 Entwurfsablauf für Mikrosysteme.....	11
2 Prozesstechnik.....	15
2.1 Substratmaterialien.....	15
2.2 Verfahren der Halbleiterprozesstechnik.....	16
2.2.1 Fotolithografie.....	17
2.2.1.1 Kontaktbelichtung.....	19
2.2.1.2 Abstandsbelichtung.....	20
2.2.1.3 Projektionsbelichtung.....	21
2.2.1.4 Weitere Belichtungsverfahren.....	22
2.2.2 Oberflächenbeschichtung.....	23
2.2.2.1 Epitaxie.....	24
2.2.2.2 Thermische Oxidation.....	25
2.2.2.3 CVD-Verfahren.....	28
2.2.2.4 Aufdampfen.....	33
2.2.2.5 Kathodenstrahlzerstäubung.....	34
2.2.3 Ätzverfahren.....	35
2.2.3.1 Nasschemisches Ätzen.....	36
2.2.3.2 Trockenätzen.....	39
2.2.4 Dotierung.....	49
2.2.4.1 Diffusion.....	50
2.2.4.2 Ionenimplantation.....	50

2.3 Techniken der Mikromechanik.....	51
2.3.1 Anisotrope nasschemische Ätzung.....	51
2.3.2 Trockenätztechnik zur dreidimensionalen Strukturierung...60	
2.3.3 Wafer-Bonding.....	63
2.4 Abformtechniken.....	65
2.4.1 LIGA-Technik mit Röntgentiefenlithografie.....	66
2.4.2 Silizium-Abformtechnik.....	70
2.4.3 Abformtechnik mit Standard-Lithografie (HARMS).....	70
2.4.4 Imprint-Technik zur Strukturierung.....	71
3 Basisprozesse der Mikrosystemtechnik.....	74
3.1 Mikroelektronische Integrationstechniken.....	74
3.1.1 Grundlagen der CMOS-Prozesstechnik.....	75
3.1.2 Bipolare Integrationstechnik.....	80
3.2 Mikromechanik.....	84
3.2.1 Volumenmikromechanische Grundstrukturen.....	85
3.2.2 Oberflächenmikromechanik.....	90
3.2.3 Trockenätzverfahren in der Mikromechanik.....	93
3.2.4 Berechnung mechanischer Grundstrukturen.....	96
3.2.4.1 Einseitig befestigter Biegebalken.....	96
3.2.4.2 Mechanische Spannungen in einer Membran.....	97
3.3 Integrierte Optik.....	100
3.3.1 Theorie der Wellenleitung.....	101
3.3.1.1 Strahlenoptische Betrachtung.....	101
3.3.1.2 Wellenoptische Betrachtung.....	102
3.3.2 Wellenleiter für den sichtbaren Spektralbereich.....	106
3.3.3 Wellenleiter für die optische Datenübertragung.....	116
3.3.4 Miniaturisierte Optische Elemente.....	120
4 Sensor- und Aktoreffekte.....	125
4.1 Sensoreffekte.....	126
4.1.1 Thermische Effekte.....	126
4.1.2 Magnetische Effekte.....	134
4.1.3 Fotoelektrische Effekte.....	137
4.1.4 Piezoresistiver Effekt.....	138

4.1.5 Piezoelektrischer Effekt.....	146
4.1.6 Fotoelastischer Effekt.....	148
4.1.7 Chemische Sensoreffekte.....	149
4.2 Aktoreffekte.....	151
4.2.1 Elektrostatische Aktoren.....	152
4.2.2 Elektromagnetische Antriebe.....	154
4.2.3 Thermoelektrische Aktorik.....	154
4.2.4 Piezoelektrische Antriebstechnik.....	155
4.2.4 Formgedächtnis-Legierungen.....	156
4.2.5 Magnetostriktiver Effekt.....	157
5 Anwendungen der Mikrosystemtechnik.....	158
5.1 Drucksensoren.....	158
5.1.1 Drucksensor in Volumen-Mikromechanik.....	159
5.1.2 Drucksensoren in Oberflächenmikromechanik.....	165
5.1.3 Trockenätztechnik für Drucksensoren.....	171
5.2 Beschleunigungssensoren.....	173
5.2.1 Volumenmikromechanische Beschleunigungssensoren....	174
5.2.2 Oberflächenmikromechanischer Beschleunigungssensor..	176
5.3 Drehratensensoren.....	179
5.4 Mikrosystemtechnische elektronische Bauelemente.....	182
5.4.1 Temperatursensoren.....	182
5.4.1.1 Ausbreitungswiderstandssensor.....	183
5.4.1.2 Grenzflächentemperatursensor.....	184
5.4.2 Relais und RF-Schalter.....	185
5.4.3 Hochspannungsschalter.....	187
5.5 Mikrospiegel.....	194
5.5.1 Elektrostatische Spiegel.....	195
5.5.2 Elektrothermisch gesteuerte Spiegel.....	198
5.6 Tintendruckköpfe.....	205
5.6.1 Piezojet-Druckköpfe.....	205
5.6.2 Bubblejet-Druckkopf.....	207

5.7 Mikromotoren.....	209
5.7.1 Mikromotor mit Rotor/Stator-Antrieb.....	209
5.7.2 Elektrostatischer Hubantrieb.....	211
5.8 Optische Schalter.....	212
5.9 Mikrooptik.....	214
5.9.1 Integrierte Optik auf Silizium.....	214
5.9.2 Optischer Modulator für die Datenübertragungstechnik...	226
5.10 Gassensoren.....	228
5.10.1 Integrierte Pellistoren.....	228
5.10.2 Metalloxidgassensoren.....	230
5.10.3 Amalgamsensor.....	231
5.11 Neigungssensoren.....	235
5.12 OFW-Strukturen.....	238
6 Hybride Systeme.....	244
6.1 Systemträger.....	244
6.2 Chipbefestigung.....	246
6.3 Einzeldraht-Bonden.....	247
6.3.1 Thermokompressionsverfahren.....	248
6.3.2 Ultraschallbonden.....	250
6.3.3 Thermosonic-Verfahren.....	252
6.4 Komplettkontaktierung.....	253
6.4.1 Spider-Kontaktierung.....	253
6.4.2 Flipchip-Kontaktierung.....	256
6.4.3 Chip-Size Packages.....	258
6.5 Aufbau hybrider Mikrosysteme.....	259
7. Literaturverzeichnis.....	261
8. Stichwortverzeichnis.....	265