

# Inhaltsverzeichnis

<b>Physikalische Größen</b> . . . . .	<b>XIV</b>
<b>Einleitung (W. Heywang)</b> . . . . .	<b>1</b>
<b>Literatur zur Einleitung</b> . . . . .	<b>5</b>
<b>Einzeleffekte</b> . . . . .	<b>6</b>
<b>1 Überblick über genutzte Effekte (W. Heywang)</b> . . . . .	<b>6</b>
Literatur zu Kapitel 1 . . . . .	8
<b>2 Thermische Effekte (M. Breitner und W. Heywang)</b> . . . . .	<b>9</b>
2.1 Elektrische Temperaturmessung . . . . .	9
2.2 Thermoelemente . . . . .	10
2.3 Dioden und Transistoren als Temperatursensoren . . . . .	11
2.4 Monolithisch integrierte Temperatursensoren nach dem Transistorprinzip . . . . .	13
2.5 Si-Temperatursensoren nach dem Prinzip des Ausbreitungswiderstands . . . . .	15
2.6 Heißeiter . . . . .	18
2.7 Kaltleiter . . . . .	19
2.8 Linearisierung von Halbleiter-Temperatur-Sensoren . . . . .	21
2.8.1 Linearisierung bei Temperatur-Meßtransistoren . . . . .	22
2.8.2 Passive Linearisierung von Heißeitern und Si-Temperatursensoren . . . . .	22
2.9 Literatur zu Kapitel 2 . . . . .	24
<b>3 Optische Effekte (E. Klement und H. Bartelt)</b> . . . . .	<b>25</b>
3.1 Einleitung . . . . .	25
3.2 Erzeugung und Nachweis von Licht mit Halbleiterbauelementen . . . . .	26
3.2.1 Lumineszenzdioden . . . . .	26
3.2.2 Laserdioden . . . . .	28
3.2.3 Photodetektoren . . . . .	28
	<b>IX</b>

3.2.4	Photodiodenarrays	31
3.3	Lichtwellenleiter	31
3.3.1	Stufenprofil- und Gradientenfasern	31
3.3.2	Polarisationserhaltende Fasern	34
3.4	Mikrotechnologien für die optische Sensorik	36
3.4.1	Integrierte Optik	36
3.4.2	Mikrostrukturtechnik in Silizium	37
3.5	Beispiele optischer Sensoren	39
3.5.1	Grundprinzipien	39
3.5.2	Lichtmessung und Lichtschranken	40
3.5.3	Optische Abstands- und Entfernungsmessung	41
3.5.4	Messung von Brechungsindexsprüngen	46
3.5.5	Optische Temperaturmessung durch Änderungen der spektralen Eigenschaften von Festkörpern mit der Temperatur	47
3.5.6	Polarisationsmessung	51
3.5.7	Messung von Absorptions- oder Transmissionsänderungen	54
3.5.8	Sensoren mit optisch angeregten mechanischen Resonanzen	55
3.5.9	Verteilte optische Sensorsysteme	56
3.5.10	Hybride Sensoren	57
3.6	Ausblick	59
3.7	Literatur zu Kapitel 3	60
<b>4</b>	<b>Magnetische Effekte (H. Baltes)</b>	<b>62</b>
4.1	Einleitung	62
4.1.1	Anwendungen	62
4.1.2	Feldstärkebereiche	63
4.1.3	Spezifikationen	64
4.1.4	Effekte und Materialien	64
4.1.5	Technologien für magnetische Mikrosensoren	66
4.1.6	Literatur	67
4.2	Galvanomagnetische Effekte in Halbleitern	67
4.2.1	Ladungsträgertransport im Magnetfeld	67
4.2.2	Hall-Feld, Lorentz-Ablenkung und geometrischer Magnetowiderstand	69
4.2.3	Potential- und Stromlinien-Verteilung	70
4.2.4	Materialauswahl	72
4.3	Integrierte Hall-Sensoren	73
4.3.1	Hall-Spannung	74
4.3.2	Geometrie-Effekte	75
4.3.3	Horizontale und vertikale Strukturen	76
4.3.4	Charakterisierung	79

4.4	Andere Halbleiter-Magnetfeldsensoren	81
4.4.1	Magnetotransistoren (VMT, LMT)	82
4.4.2	Vektorsensoren	85
4.4.3	Hallsensor-Varianten (DAMS, MAGFET)	85
4.4.4	Magnetodioden (MD) und Trägerdomänen-Magnetometer (CDM)	87
4.4.5	Magnetowiderstände (MR) oder Feldplatten	88
4.5	Ferromagnetische Dünnschichtsensoren	90
4.5.1	Magnetoelastische Sensoren	90
4.5.2	Fluxgate-Magnetometer	90
4.5.3	Magnetoresistive Sensoren	91
4.6	Wertung und Ausblick	92
4.7	Literatur zu Kapitel 4	93
<b>5</b>	<b>Piezowiderstandseffekte (O. Jäntschi und M. Poppinger)</b>	<b>95</b>
5.1	Einleitung	95
5.2	Beschreibung des Effekts	96
5.2.1	Longitudinal-, Transversal- und Schereffekt	97
5.2.2	Nichtlinearität des Piezowiderstandseffekts	99
5.3	Physikalische Deutung des Piezowiderstandseffekts	100
5.4	Piezowiderstandseffekt in Inversionsschichten	101
5.5	Piezowiderstandseffekt in Polysilizium	102
5.6	Dehnungsmeßstreifen	103
5.6.1	Integrierte DMS	105
5.7	Anwendung bei Drucksensoren	106
5.7.1	Kreisplatte	108
5.7.2	Brückendesign	109
5.7.3	Meßtechnische Eigenschaften von DMS-Brücken	111
5.8	Herstellverfahren von Drucksensoren	112
5.8.1	Ätzverfahren	112
5.8.2	Kontrolle der Plattendicke	113
5.9	Weitere Anwendungen	115
5.10	Literatur zu Kapitel 5	116
<b>6</b>	<b>Piezo- und Pyroelektrische Effekte (P. Kleinschmidt und H. Winter)</b>	<b>119</b>
6.1	Einleitung	119
6.2	Materialien und Technologien	121
6.3	Berechnungsgrundlagen	122
6.3.1	Materialgleichungen	122
6.3.2	Piezo- und pyroelektrische Kopplungsfaktoren	125
6.3.3	Sensorleistung	128
6.3.4	Rauschen	130
6.4	Konzepte und Beispiele	133
6.4.1	Elektrische und mechanische Impedanzen	133

6.4.2	Möglichkeiten der Impedanzanpassung	135
6.4.3	Resonante Piezosensoren	138
6.4.4	Pyrosensoren	142
6.5	Literatur zu Kapitel 6	143
<b>7</b>	<b>Chemische Effekte (P. Tischer und H. Kimmel)</b>	<b>144</b>
7.1	Allgemeines über chemische Sensoren	144
7.2	Feststoff-Ionenleiter	145
7.2.1	Zugrundeliegendes Prinzip	145
7.2.2	Funktionaler Zusammenhang zwischen EMK und Partialdruck	146
7.2.3	Experimentelle Ergebnisse	147
7.3	Ionensensitiver Feldeffekttransistor	150
7.3.1	Physikalisches Prinzip	150
7.3.2	Experimentelle Ergebnisse	151
7.4	Änderung der Austrittsarbeit bei Metallen durch Gasadsorption	152
7.4.1	Physikalisches Prinzip	152
7.4.2	Funktionaler Zusammenhang von Spannungsänderung und Partialdruck	153
7.4.3	Meßergebnisse an MOS-Kapazitäten mit Palladium	155
7.5	Metalloxid-Gassensoren	159
7.5.1	Physikalisches Prinzip	159
7.5.2	Funktionaler Zusammenhang von Leitfähigkeit und Sauerstoffpartialdruck	160
7.5.3	Funktionaler Zusammenhang von Leitfähigkeit und dem Partialdruck reduzierender Gase	161
7.5.4	Meßergebnisse an Metalloxid-Gassensoren	163
7.6	Feuchteempfindliche Kondensatoren	166
7.7	Indirekte Methoden	168
7.8	Ausblick	171
7.9	Literatur zu Kapitel 7	173
<b>8</b>	<b>Meßsignalverarbeitung (H.R. Tränkler)</b>	<b>175</b>
8.1	Einleitung: Aufgaben der Sensorsignalverarbeitung	175
8.2	Analoge Signalumformung	176
8.2.1	Meßbrücken	176
8.2.2	Signalverstärkung	178
8.2.3	Meßoszillatoren	181
8.3	Digitalumsetzung	183
8.3.1	Analog-Digital-Umsetzung	183
8.3.2	Frequenz-Digital-Umsetzung	188
8.4	Signalübertragung	189
8.4.1	Amplitudenanaloge Übertragung	190

8.4.2	Frequenzanaloge Übertragung	190
8.4.3	Digitale Übertragung	190
8.4.4	Bussysteme	191
8.5	Digitale Signalverarbeitung	191
8.5.1	Physikalische Modellfunktionen	192
8.5.2	Mathematische Modelle	194
8.5.3	Korrektur von Einflußgrößen	198
8.6	Beispiel zur digitalen Signalverarbeitung	199
8.6.1	Induktiver Sensor	199
8.6.2	System zur induktiven Wegmessung	202
8.7	Ausblick	204
8.8	Literatur zu Kapitel 8	206
<b>9</b>	<b>Sensorsysteme (F. Breimesser)</b>	<b>207</b>
9.1	Einleitung	207
9.2	Systemauslegung	208
9.2.1	Übergang vom Einzelsensor zum Sensorsystem	208
9.2.2	Intelligente Sensoren	210
9.2.3	Sensornetze	212
9.3	Systeme mit mehreren Sensoren für eine physikalische Größe	214
9.3.1	Anordnungen	215
9.3.2	Ausleseverfahren	216
9.3.3	Signalaufbereitung	217
9.4	Systeme mit Sensoren für verschiedene physikalische Größen	218
9.4.1	Beispiele zu Sensorkombinationen	218
9.4.2	Verknüpfung mehrerer Meßwerte	219
9.4.3	Anwendungsbeispiel	221
9.5	Mikrosystemtechnik	223
9.6	Ausblick	224
9.7	Literatur zu Kapitel 9	225
	<b>Sachverzeichnis</b>	<b>227</b>