

Inhalt

1	Einleitung	1
1.1	Sensoren und Sensorik	1
1.1.1	Sensoren als technische Sinnesorgane	1
1.1.2	Der Begriff Sensor	3
1.2	Chemische Sensoren	4
1.2.1	Was sind chemische Sensoren?	4
1.2.2	Elemente chemischer Sensoren	7
	Rezeptor	8
	Transduktor	9
1.2.3	Charakterisierung chemischer Sensoren	12
	Bewertung von Analyseergebnissen	12
	Kenngrößen von chemischen Sensoren	13
1.3	Literatur	14
2	Grundlagen	15
2.1	Sensor-Physik	15
2.1.1	Festkörper	15
	Das Bändermodell des Festkörpers	16
	Gitterdefekte, Ionenleitung, Hopping	18
	Sperrschichten	20
	Strukturen	23
2.1.2	Optik und Spektroskopie	25
	Wechselwirkung Strahlung und Materie	25
	Reflexion und Brechung	29
	Absorption, Photolumineszenz und Chemilumineszenz	30
2.1.3	Piezoelektrizität und Pyroelektrizität	36
2.2	Sensor-Chemie	38
2.2.1	Chemisches Gleichgewicht	37
2.2.2	Kinetik und Katalyse	40
2.2.3	Elektrolytlösungen	41
2.2.4	Säuren und Basen, Fällungen und Komplexe	42
	Säuren und Basen	42
	Fällungs- und Komplexbildungsreaktionen	46
2.2.5	Redoxgleichgewichte	49
2.2.6	Elektrochemie	52

	Elektroden im Gleichgewicht	52
	Elektrolyseprozesse	55
2.2.7	Chemische Wechselwirkungen: Ionenaustausch; Extraktion; Adsorption	72
	Ionenaustausch	73
	Extraktion	75
	Adsorption	77
2.2.8	Besonderheiten biochemischer Reaktionen	78
	Enzymatische Reaktionen	79
	Immunologische Reaktionen	80
	Reaktionen mit Nucleinsäuren	82
2.3	Sensor-Technologien	83
2.3.1	Dickschichttechnik	84
2.3.2	Dünnschichttechnologie und Strukturierungstechniken	85
2.3.3	Oberflächenmodifizierung und geordnete Monoschichten	88
	Oberflächenmodifizierung	88
	Selbstorganisierende Monolagen (Self Assembled Monolayers; SAM)	94
	Langmuir-Blodgett-Filme (LBL)	96
2.3.4	Mikrosystem-Technologien	98
	Integrierte Elektronik	99
	Integrierte Optik	100
2.4	Sensor-Messtechnik	101
2.4.1	Elementare Sensor-Elektronik	101
2.4.2	Elektrische Meßinstrumente	106
2.4.3	Optische Meßinstrumente	107
	Spektrometer	107
	Interferometer und Fourier-Transform-Spektrometer	114
2.5	Literatur	116
3	Strukturierte Halbleiter als chemische Sensoren	117
	Literatur zu Kapitel 3	119
4	Massenempfindliche Sensoren	121
4.1	BAW-Sensoren	122
4.2	SAW-Sensoren	124
5	Leitfähigkeits- und Kapazitätssensoren	127
5.1	Konduktometrische Sensoren	128
5.2	Resistive und kapazitive Sensoren für Gase	130
5.2.1	Gassensoren mit polykristallinen Halbleitern	130
5.2.2	Gassensoren mit Polymeren und Gelen	134
5.3	Resistive und kapazitive Sensoren für Flüssigkeiten	135
5.4	Literatur	137

6	Thermometrische und kalorimetrische Sensoren	139
6.1	Sensoren mit Thermistoren und Pellistoren	139
6.2	Pyroelektrische Sensoren	141
6.3	Sensoren auf der Basis anderer thermischer Effekte	142
6.4	Literatur.....	142
7	Elektrochemische Sensoren	143
7.1	Potentiometrische Sensoren	144
7.1.1	Selektivität potentiometrischer Sensoren	147
7.1.2	Ionenselektive Elektroden (ISE).....	147
	Potentiometrische Sensoren mit Festkörpermembran	148
	Potentiometrische Sensoren mit Flüssigmembran	153
	Die Glaselektrode	159
	Die Lambda-Sonde	162
7.1.3	Der ionenselektive Feldeffekttransistor (ISFET).....	165
7.1.4	Messungen mit potentiometrischen Sensoren.....	168
	Meßgeräte	168
	Experimentelle Bedingungen	169
	Kalibrierung.....	170
	Bestimmung des Selektivitätskoeffizienten.....	173
7.2	Amperometrische Sensoren	173
7.2.1	Selektivität amperometrischer Sensoren.....	174
7.2.2	Bauformen und Beispiele	176
7.2.3	Messungen mit amperometrischen Sensoren.....	181
7.3	Sensoren auf der Basis anderer elektrochemischer Meßmethoden.....	182
7.4	Elektrochemische Biosensoren	183
7.4.1	Grundlagen	183
	Biologische Erkennung als Selektivitätsprinzip	183
	Immobilisierung bioaktiver Substanzen	183
7.4.2	Arten elektrochemischer Biosensoren	187
	Enzymsensoren.....	187
	Immunosensoren	195
	Sensoren mit ganzen Zellen, Mikroorganismen und Organteilen	197
	Nucleinsäure-Sensoren	199
7.5	Literatur.....	205
8	Optische Sensoren	207
8.1	Lichtleiter als Basis optischer Sensoren.....	207
8.2	Fasersensoren ohne chemischen Rezeptor (Mediator)	210
8.3	Optoden: Fasersensoren mit chemischem Rezeptor	217
8.3.1	Übersicht	213
8.3.2	Optoden mit einfachen Rezeptorschichten	217

8.3.3	Optoden mit komplexen Rezeptorschichten.....	220
8.4	Sensoren mit planaren optischen Transduktoren.....	221
8.4.1	Planare Wellenleiter	221
8.4.2	Oberflächenplasmonenresonanz und Resonanzspiegel-Prismenkoppler.....	223
8.5	Optische Biosensoren.....	224
8.5.1	Grundlagen.....	224
8.5.2	Optische Enzymsensoren.....	225
8.5.3	Optische Bioaffinitätssensoren.....	227
8.5.4	Optische DNA-Sensoren	230
8.6	Sensorsysteme mit integrierter Optik.....	233
8.7	Literatur	234
9	Chemische Sensoren als Detektoren und Indikatoren	237
9.1	Indikatoren für Titrationsprozesse	238
9.2	Durchflußdetektoren für kontinuierliche Analysatoren und für Trennmethoden	239
9.2.1	Kontinuierliche Analysatoren.....	240
9.2.2	Trennmethoden.....	245
	Chromatographie	247
	Kapillarelektrophorese	248
9.3	Literatur	250
10	Sensor-Arrays und miniaturisierte Totalanalysatoren.....	251
10.1	Zwei Entwicklungsrichtungen und ihre Ursachen	251
10.2	Intelligente Sensoren und Sensor-Arrays.....	252
10.2.1	Intelligenz in Sensorsystemen	252
	Warum Intelligenz?	252
	Selbst-Test, Selbst-Diagnose und Selbst-Kalibrierung	252
10.2.2	Sensor-Arrays.....	255
	Warum Sensor-Arrays?	255
	Mehrdimensionale und Mehrkomponenten-Analyse	256
	Elektronische Nasen, elektronische Zungen (ENoses; ETongues)	258
10.3	Miniaturisierte Totalanalysatoren.....	264
10.3.1	Entstehungsgeschichte.....	264
	Vorläufer	265
	μ -TAS und Lab-on-a-Chip	267
10.3.2	Technologien.....	268
10.3.3	Charakteristische Operationen und Prozesse in Mikro-Total-Analysatoren.....	270
	Elektroosmose in Mikrokanälen.....	270
	Probenahme und Probenvorbehandlung.....	270
	Probeninjektion und Detektion.....	272

10.3.4	Beispiele für μ -TAS.....	273
	Kapillar-Elektrophorese	273
	Titrationsvorrichtungen	274
10.4	Literatur.....	275
	Stichwortverzeichnis	277