

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