

SPIS TREŚCI

PRZEDMOWA DO WYDANIA DRUGIEGO	9
1. POJĘCIA PODSTAWOWE DOTYCZĄCE POMIARÓW	11
1.1. Proces pomiarowy.....	11
1.2. Charakterystyka przetwarzania	14
1.2.1. Doświadczalne wyznaczanie charakterystyki przetwarzania	15
1.2.2. Charakterystyka przetwarzania mezurandu wieloparametrowego	19
1.3. Dokładność pomiaru	22
1.3.1. Błąd pomiaru.....	22
1.3.2. Propagacja błędów	24
1.3.3. Eliminacja błędów powodowanych wielkościami wpływającymi	25
1.3.4. Eliminacja błędów nieliniowości.....	32
1.3.4.1. Układowe metody linearyzacji.....	32
1.3.4.2. Algorytmiczne metody linearyzacji	33
1.3.5. Niepewność pomiaru	35
1.3.5.1. Wyznaczanie niepewności	37
1.3.5.2. Propagacja niepewności	42
1.4. Objaśnienia niektórych pojęć metrologicznych.....	44
Bibliografia do rozdziału 1.....	47
2. TECHNOLOGIE CZUJNIKÓW POMIAROWYCH.....	49
2.1. Właściwości metrologiczne czujników pomiarowych	49
2.2. Klasyfikacja czujników	49
2.3. Mikromechanika w krzemie	52
2.3.1. Technologia objętościowa	55
2.3.2. Technologia powierzchniowa	58
2.3.3. Technologia LIGA	59
2.3.4. Technologia DRIE	61
2.3.5. Czujniki zintegrowane	61
2.3.6. Pomiarowe zastosowanie technologii MEMS	62

2.4. Technologie nanosensorowe	62
Bibliografia do rozdziału 2.	64
3. PRZETWORNIKI POMIAROWE	65
3.1. Układy pomiarowe współpracujące z czujnikami generacyjnymi	66
3.2. Układy współpracujące z czujnikami parametrycznymi	76
3.2.1. Układy przetwarzania parametru na napięcie.....	76
3.2.2. Układy przetwarzania parametru na częstotliwość	81
3.3. Układy współpracujące z czujnikami o wyjściu częstotliwościowym	84
3.4. Zabezpieczenie IP	86
3.5. Zabezpieczenie przeciwwybuchowe	87
3.6. Kompatybilność elektromagnetyczna	88
Bibliografia do rozdziału 3.	89
4. POMIARY PRZEMIESZCZEŃ I ODLEGŁOŚCI	92
4.1. Czujniki do pomiaru wymiarów geometrycznych	93
4.1.1. Indukcyjnościowe czujniki przemieszczenia	93
4.1.2. Indukcyjnościowe czujniki zbliżeniowe	96
4.1.3. Pneumatyczne czujniki zbliżeniowe	99
4.1.4. Pojemnościowe czujniki przemieszczenia	101
4.1.5. Czujniki inkrementalne	103
4.1.6. Czujniki kodowe	106
4.1.7. Optyczne metody pomiaru przemieszczeń	108
4.2. Pomiary poziomu	109
4.2.1. Metody pływakowe i nurnikowe	110
4.2.2. Poziomomierze ciśnieniowe	112
4.2.3. Poziomomierze ultradźwiękowe	112
4.2.4. Poziomomierze radarowe	113
4.2.5. Poziomomierze pojemnościowe	114
4.3. Mikroskop sił atomowych	114
Bibliografia do rozdziału 4.	118
5. POMIAR PARAMETRÓW RUCHU	119
5.1. Pomiary prędkości obrotowej	119
5.2. Pomiary parametrów ruchu drgającego	123
5.2.1. Pomiar ruchu względnego	123
5.2.2. Pomiar ruchu bezwzględnego	125

5.2.3. Akcelerometry mikromechaniczne	134
5.2.4. Mikromechaniczne czujniki prędkości kątowej	137
Bibliografia do rozdziału 5.	139
6. POMIARY PRZEPŁYWU	141
6.1. Przepływomierze zwężkowe	143
6.2. Przepływomierze z elementami spiętrzającymi	145
6.2.1. Pomiar różnicy ciśnień	147
6.3. Przepływomierze o wyjściu częstotliwościowym	150
6.4. Przepływomierze Coriolisa.....	152
6.5. Ciepłne przepływomierze masowe	154
6.6. Przepływomierze elektromagnetyczne	155
6.7. Wzorcowanie przepływomierzy	157
Bibliografia do rozdziału 6.	157
7. TENSOMETRIA	159
7.1. Tensometry metalowe.....	159
7.2. Pomiary naprężeń w elementach konstrukcyjnych.....	161
7.3. Tensometryczne czujniki wielkości mechanicznych	164
7.3.1. Czujniki siły.....	165
7.3.2. Czujniki momentu	168
7.3.3. Ciśnieniomierze	170
7.4. Układy pomiarowe tensometrii	173
7.5. Czujniki piezorezystancyjne	178
7.5.1. Piezorezystancyjne ciśnieniomierze	182
7.6. Układy pomiarowe czujników piezorezystancyjnych	185
7.7. Tensometria piezoelektryczna	188
Bibliografia do rozdziału 7.	189
8. TERMOMETRIA	190
8.1. Pomiary temperatury	192
8.2. Termometria rezystancyjna	195
8.2.1. Rezystancyjne czujniki wzorcowe	196
8.2.2. Rezystancyjne metalowe czujniki użytkowe	197
8.2.3. Układy pomiarowe termometrów metalowych	198
8.2.4. Czujniki termistorowe.....	202
8.2.5. Czujniki o rezystancji rozproszonej (typu KTY)	203
8.2.6. Czujniki diodowe	205

8.3.	Termometry cyfrowe	207
8.4.	Termometria termoelektryczna	208
8.4.1.	Czujniki termoelektryczne	209
8.4.2.	Układy pomiarowe czujników termoelektrycznych	213
8.5.	Właściwości dynamiczne termometrów	214
	Bibliografia do rozdziału 8.	217
9.	TERMOMETRIA RADIACYJNA	219
9.1.	Detektory promieniowania cieplnego	220
9.1.1.	Czujniki ciepłne	220
9.1.2.	Czujniki fotonowe	225
9.2.	Radiacyjne pomiary temperatury	226
9.3.	Termometry radiacyjne	229
9.4.	Termowizja	234
	Bibliografia do rozdziału 9.	237
10.	POMIARY ANALITYCZNE	239
10.1.	Dokładność pomiarów analitycznych	239
10.2.	Spektrometria	241
10.2.1.	Spektrometry absorpcyjne	242
10.2.1.1.	Fotokolorymetry	242
10.2.1.2.	Analizatory gazu w podczerwieni	245
10.2.2.	Spektrometria fluorescencyjna	251
10.2.3.	Atomowa spektrometria emisyjna AES	253
10.2.4.	Atomowa spektrometria absorcyjna AAS	255
10.3.	Potencjometria.....	258
10.3.1.	pH-metria.....	259
10.3.2.	Jonometria.....	262
10.3.3.	Czujniki ISFET	263
10.3.4.	Dokładność pomiarów potencjometyrycznych.....	265
10.3.5.	Miareczkowanie.....	266
10.4.	Półprzewodnikowe adsorpcyjne czujniki gazów	267
10.5.	Inne techniki analiz chemicznych	269
10.5.1.	Monitorowanie procesu spalania	269
10.5.1.1.	Pomiar zawartości tlenu czujnikiem z dwutlenkiem cyrkonu ...	270
10.5.1.2.	Pomiar stężenia CO ₂ i innych gazów poprzez pomiar przewodności cieplnej	272

10.5.1.3. Katalityczne czujniki CO i innych gazów palnych	274
10.5.1.4. Paramagnetyczny czujnik tlenu	275
10.5.2. Pomiar tlenu rozpuszczonego	277
10.5.2.1. Metody elektrochemiczne	277
10.5.2.2. Czujniki optyczne	280
10.6. Wskaźniki stężenia gazów	281
10.6.1. Wskaźniki lotnych składników organicznych	281
10.6.2. Czujniki stężenia gazów typu ogniwa galwanicznego	283
10.7. Lab-on-a-chip.....	284
Bibliografia do rozdziału 10.....	287
11. BIOSENSORY	289
11.1. Wprowadzenie	289
11.2. Analit	291
11.3. Bioreceptory	291
11.3.1. Bioreceptory enzymatyczne.....	292
11.3.2. Biosensory komórkowych kwasów nukleinowych DNA i RNA	294
11.3.3. Immunoreceptory	299
11.3.4. Bioreceptory bakteryjne	303
11.3.5. Bioreceptory komórkowe i tkankowe	304
11.4. Przetworniki fizykochemiczne stosowane w biosensorach	307
11.4.1. Przetworniki elektrochemiczne	307
11.4.2. Przetworniki optyczne	311
11.4.3. Przetworniki mikrogravimetryczne	315
11.4.4. Przetworniki magnetyczne	317
11.4.5. Przetworniki kalorymetryczne	317
Bibliografia do rozdziału 11.	318
12. SYGNAŁY STANDARDOWE I INTERFEJSY STOSOWANE W PRZETWORNIKACH I SYSTEMACH POMIAROWYCH	320
12.1. Wprowadzenie	320
12.2. Standardowe analogowe układy wyjściowe przetworników pomiarowych	321
12.3. Standardowe mieszane układy wyjściowe przetworników pomiarowych – protokół Hart	323
12.4. Lokalne interfejsy przetworników pomiarowych	323
12.4.1. Interfejs SPI	323
12.4.2. Interfejs I ² C	326
12.4.3. Interfejs 1-wire	328

12.5. Cyfrowe interfejsy stosowane w komputerach osobistych	331
12.6. Interfejs GPIB	332
12.7. Kasetowe i modułowe systemy pomiarowe	332
12.8. Cyfrowe interfejsy stosowane w urządzeniach automatyki przemysłowej	334
12.9. Interfejs IEEE-1451	337
12.10. Interfejs CAN	339
12.11. Interfejs ZigBee	341
Bibliografia do rozdziału 12.	343
BIBLIOGRAFIA DOTYCZĄCA CAŁOŚCI ZAGADNIENÍ	344