

## Spis treści

Spis ważniejszych akronimów .....	7
<b>1. Wstęp</b> .....	9
<b>2. Określenie i podział mikrosensorów gazów</b> .....	11
Literatura .....	12
<b>3. Rozwój technologii sensorów gazów</b> .....	14
3.1. Materiały czułe chemicznie jako warstwy receptorowe .....	15
3.2. Mikrosensory na podłożu ceramicznym .....	15
3.3. Wpływ technologii LTCC .....	18
3.4. Podsumowanie .....	23
Literatura .....	24
<b>4. Wpływ technologii mikromechanicznej na miniaturyzację sensorów</b> .....	25
4.1. Elementy technologii mikromechanicznej.....	25
4.2. Mikromechaniczne podłoża dla sensorów gazów.....	28
4.3. Wybrane przykłady mikromechanicznych sensorów gazów .....	33
4.4. Mikromechaniczne sensory gazów wytwarzane w kraju.....	34
4.4.1. Technologia zintegrowanej membrany krzemowej.....	35
4.4.2. Naniesienie warstwy gazoczułej i montaż końcowy.....	37
Literatura .....	38
<b>5. Półprzewodnikowe rezystancyjne sensory gazów</b> .....	40
5.1. Wstęp .....	40
5.2. Rezystancyjne elementy gazoczułe o praktycznym znaczeniu .....	43
5.3. Podstawowe technologie elementu gazoczułego .....	43
5.3.1. Kryształy i warstwy epitaksjalne .....	43
5.3.2. Materiały ceramiczne i warstwy grube .....	44
5.3.3. Cienkie warstwy polikrystaliczne .....	45
5.4. Zjawiska termiczne w strukturze mikrosensora.....	47
5.4.1. Procesy wymiany ciepła.....	48
5.4.2. Symulacyjne badania rozkładu temperatury w mikrosensorze.....	50
5.5. Przewodnictwo elektryczne półprzewodników tlenkowych.....	53
5.5.1. Model barierowy .....	53
5.5.1.1. Dynamika oddziaływania z atmosferą gazową i jej wpływ na przewodnictwo.....	55

5.5.2. Wpływ mikrostruktury, model płaskich pasm .....	57
5.5.3. Wpływ domieszkowania na przewodnictwo.....	59
5.5.4. Proces dyfuzji gazu do warstwy sensorowej.....	61
5.6. Charakterystyki statyczne i dynamiczne sensorów cienkowsarstwowych.....	64
Literatura.....	68
<b>6. Pomiary podstawowych parametrów sensorów rezystancyjnych .....</b>	<b>72</b>
6.1. Pomiary laboratoryjne.....	72
6.1.1. Instalacja gazowa i komory pomiarowe.....	73
6.1.2. Układy pomiarowe z wybranym trybem zasilania grzejnika sensora ....	74
6.2. Pomiary czułości w warunkach eksploatacyjnych.....	76
6.3. Standaryzacja sensorów gazów.....	81
Literatura.....	83
<b>7. Półprzewodnikowe struktury polowe jako mikrosensory gazów .....</b>	<b>85</b>
7.1. Tranzystory polowe.....	85
7.1.1. Tranzystory krzemowe z ciągłą bramką.....	86
7.1.2. Tranzystory polowe z ultracienką bramką metalową (TMOS).....	88
7.2. Kondensatory MISCAP .....	89
7.3. Diody Schottky'ego .....	90
7.4. Wybrane struktury polowych sensorów gazów .....	94
7.5. Pomiary z wykorzystaniem struktur polowych.....	96
Literatura.....	98
<b>8. Sensory kalorymetryczne .....</b>	<b>100</b>
8.1. Sensory katalityczne .....	100
8.1.1. Efekty termiczne .....	101
8.1.2. Pomiary z użyciem pelistorów .....	102
8.1.3. Sensory mikrokatalityczne .....	104
8.2. Sensory termokonduktometryczne (katarometry).....	105
8.2.1. Działanie sensora .....	106
8.2.2. Detektor termokonduktometryczny w technologii MEMS.....	107
8.2.3. Sensory kalorymetryczne w detekcji metanu.....	109
Literatura.....	110
<b>9. Sensory z falą akustyczną.....</b>	<b>112</b>
9.1. Wstęp .....	112
9.2. Sensory z wykorzystaniem fal objętościowych BAW (mikrowagi) .....	112
9.2.1. Zarys teorii rezonatora kwarcowego.....	113
9.2.2. Sensor gazu oparty na rezonatorze kwarcowym.....	115
9.3. Sensory z akustyczną falą powierzchniową SAW .....	117
9.3.1. Akustyczne fale powierzchniowe .....	117
9.3.2. Linie opóźniające i rezonatory .....	119
9.3.3. Detekcja gazów z użyciem sensorów z akustyczną falą powierzchniową.....	121
Literatura.....	125

<b>10. Sensory elektrochemiczne .....</b>	<b>127</b>
10.1. Wstęp .....	127
10.2. Sensory potencjometryczne z elektrolitem stałym .....	128
10.2.1. Podstawy teoretyczne zjawiska .....	129
10.2.2. Techniczna realizacja sensorów potencjometrycznych .....	130
10.2.2.1. Tlenowa sonda lambda .....	131
10.2.2.2. Potencjometryczne struktury cienkowarstwowe .....	132
10.3. Sensory amperometryczne z elektrolitem stałym .....	134
10.3.1. Mikrostruktury cienkowarstwowe .....	137
10.4. Sensory typu ogniwo paliwowe .....	138
Literatura .....	138
<b>11. Sensory optyczne .....</b>	<b>140</b>
11.1. Wstęp .....	140
11.2. Podstawy przetwarzania optycznego .....	141
11.2.1. Odbicie i załamanie światła .....	142
11.2.2. Rozpraszanie światła .....	145
11.2.3. Absorpcja .....	146
11.2.4. Interferencja .....	150
11.2.5. Fluorescencja .....	152
11.3. Falowody i światłowody w technice sensorowej .....	154
11.3.1. Typy światłowodów .....	155
11.3.2. Fale zanikające .....	157
11.3.3. Rodzaje sensorów światłowodowych .....	158
11.4. Wybrane przykłady optycznych sensorów gazów .....	160
Literatura .....	165
<b>12. Problem selektywności, rozpoznawanie wzorca i analiza wieloskładnikowa ....</b>	<b>167</b>
12.1. Wstęp .....	167
12.1. Obróbka wstępna danych i ekstrakcja cech .....	168
12.3. Analiza danych z wykorzystaniem procedur matematycznych .....	169
12.3.1. Tabelaryzacja .....	169
12.3.2. Metody iteracyjne .....	170
12.3.3. Aproksymacja funkcji kalibracyjnych .....	170
12.4. Analiza z użyciem metod statystycznych .....	171
12.4.1. Analiza głównych składowych PCA .....	171
12.4.2. Analiza klastrów CA .....	175
12.5. Analiza z wykorzystaniem metod sztucznej inteligencji .....	177
12.5.1. Sieci neuronowe w analizie gazów .....	177
12.5.1.1. Ilustracja wykorzystania sieci neuronowych do analizy składu mieszaniny gazowej .....	181
12.5.2. Metody logiki rozmytej i algorytmy genetyczne .....	185
12.5.1.2. Ilustracja wykorzystania procedur typu <i>geno-fuzzy</i> w technice sensorowej .....	190

12.6 Nos elektroniczny .....	193
12.6.1. Działanie nosa elektronicznego .....	194
12.6.2. Stan aktualny i przyszłość rozwoju technologii nosa elektronicznego .....	196
Literatura .....	198
<b>13. Moduły i mikrosystemy pomiarowe gazów</b> .....	201
13.1. Moduł z wykorzystaniem tablicy danych LUT .....	201
13.2. Moduł pomiarowy z sensorami o aproksymowanych charakterystykach .....	204
13.3. Mikrosystemy z sensorami gazów .....	206
Literatura .....	208
<b>14. Przyszłość rozwoju mikrosensorów gazów</b> .....	210
Literatura .....	211
<b>Dodatek A. Stany powierzchniowe</b> .....	212
Literatura .....	213
<b>Dodatek B. Zarys teorii efektu polowego w odniesieniu do detektorów gazów</b> .....	214
B.1. Kondensatory MOS .....	214
B.1.1. Wzbogacenie .....	214
B.1.2. Zubożenie .....	215
B.1.3. Inwersja .....	216
B.1.4. Zmiany pojemności kondensatora MOS .....	217
B.2. Tranzystor MOS .....	219
B.2.1. Napięcie progowe .....	219
B.2.2. Prąd tranzystora MOS .....	221
Literatura .....	222