

Inhaltsverzeichnis

Vorwort	5
Einleitung und Überblick	11
1. Begriffe der Festkörperelektronik	13
1.1 Grundlagen der Festkörperphysik	13
1.1.1 Stromleitung im Halbleiter	13
1.1.1.1 Atomgitter	14
1.1.1.2 Energiebänder	16
1.1.1.3 Gitterstörungen	20
1.1.1.4 Energieterme	23
1.1.2 Elektrische Materialkenngrößen	26
1.1.2.1 Eigenleitungsichte	26
1.1.2.2 Dichte der Ladungsträger	29
1.1.2.3 Beweglichkeit der Ladungsträger	32
1.1.2.4 Lebensdauer der Ladungsträger	34
1.1.3 Bestimmung der Materialkenngrößen	38
1.1.3.1 Elektrische Leitfähigkeit	38
1.1.3.2 Hallkoeffizient	41
1.1.3.3 Injektion von Ladungsträgern	43
1.2 Grundsätzliche Festkörperstrukturen	44
1.2.1 Der PN-Übergang	44
1.2.1.1 Abrupter Übergang	52
1.2.1.2 Kontinuierlicher Übergang	54
1.2.2 Der bipolare Transistor	56
1.2.2.1 Aufbau und Wirkungsweise	57
1.2.2.2 Kennlinien und Betriebsbereiche	58
1.2.3 Der MOS-Kondensator	62
1.2.3.1 Anreicherungstyp	63
1.2.3.2 Verarmungstyp	66
1.2.4 Der Feldeffekt-Transistor	68
1.2.4.1 Aufbau und Wirkungsweise	69
1.2.4.2 Kennlinien und Betriebsbereiche	71
1.3 Grundbegriffe der Festkörpertecnologie	74
1.3.1 Kristallwachstum	75
1.3.1.1 Diamantgitter	75
1.3.1.2 Halbleiterreinigung	77
1.3.1.3 Einkristallziehen	78
1.3.1.4 Epitaxiales Aufwachsen	80
1.3.1.5 Dotierung	80
1.3.2 Kristallbearbeitung	81
1.3.2.1 Mechanische Bearbeitung	81
1.3.2.2 Chemische Bearbeitung	82
1.3.3 Diffusion	83
1.3.3.1 Diffusionsprofile	84
1.3.3.2 Mehrfache Diffusion	86
1.3.3.3 Dotierungsstoffe	88
1.3.4 Maskierung	91
1.3.4.1 Oxidation	91
1.3.4.2 Photolithographie	91

1.3.5	Metallisierung	94
1.3.5.1	Subtraktives Verfahren	94
1.3.5.2	Additives Verfahren	95
1.3.5.3	Siebdruck	95
1.3.6	Passivierung	96
1.3.7	Gehäusemontage	97
1.3.7.1	Flip-Chip Methode	97
1.3.7.2	Dual-In-Line Verpackung	99
1.3.7.3	TOS-Style Gehäuse	100
2.	Begriffe der Mikroelektronik	101
2.1	Integrationstechniken der Mikroelektronik	101
2.1.1	Hybrid-Prozesse	102
2.1.1.1	Dickschichtverfahren	102
2.1.1.2	Dünnsschichtverfahren	103
2.1.2	Planar-Prozesse	104
2.1.2.1	IC mit Sperrschiicht-Isolation	105
2.1.2.2	IC mit dielektrischer Isolation	110
2.1.3	IGFET-Prozesse	112
2.1.3.1	MOS-Prozeß	113
2.1.3.2	SNOS-Prozeß	116
2.2	Bauelemente der Mikroelektronik	118
2.2.1	Widerstände	119
2.2.1.1	Dünnschicht- und Dickschicht-Widerstände	119
2.2.1.2	Diffundierte Widerstände	120
2.2.1.3	Widerstände in MOS-Technik	123
2.2.2	Kondensatoren	126
2.2.2.1	Dünnsschicht-Kondensatoren	126
2.2.2.2	Diffundierte Kondensatoren	127
2.2.2.3	Kondensatoren in MOS-Technik	129
2.2.3	Dioden	130
2.2.3.1	Diffundierte Dioden	130
2.2.3.2	Dioden in MOS-Technik	132
2.2.4	Transistoren	134
2.2.4.1	Normale Planar-Transistoren	134
2.2.4.2	Inverse Planar-Transistoren	137
2.2.4.3	Laterale Planar-Transistoren	138
2.2.4.4	Multi-Emitter-Transistoren	139
2.2.4.5	Transistoren in MOS-Technik	140
2.3	Ersatzschaltbilder integrierter Bauelemente	141
2.3.1	Aktive Bauelemente	144
2.3.1.1	Planar-Transistoren	144
2.3.1.2	IGFET-Transistoren	147
2.3.2	Passive Bauelemente	148
2.3.2.1	Diffundierte Widerstände	149
2.3.2.2	Diffundierte Kondensatoren und Dioden	150
2.3.2.3	Oxid-Kondensatoren	152
2.4	Digitale integrierte Grundschaltungen	153
2.4.1	Bipolare Transistoren als Schalter	154
2.4.1.1	Emitterschaltung	154
2.4.1.2	Emitterfolger	157
2.4.2	Feldeffekt-Transistoren als Schalter	157
2.4.2.1	Sourceschaltung	158
2.4.2.2	Sourcefolger	160

3. Digitale Verknüpfungsschaltungen	162
3.1 Begriffe der Informationsverknüpfung	162
3.1.1 Elementare logische Grundfunktionen	163
3.1.1.1 Konjunktion (AND)	163
3.1.1.2 Disjunktion (OR)	164
3.1.1.3 Negation (NOT)	165
3.1.2 Komplexe logische Grundfunktionen	166
3.1.2.1 Negierte Konjunktion (NAND)	166
3.1.2.2 Negierte Disjunktion (NOR)	167
3.2 Verknüpfende Schaltkreise	168
3.2.1 Logische Spannungspiegel	168
3.2.1.1 Positive Logik	169
3.2.1.2 Negative Logik	169
3.2.1.3 Gemischte Logik	170
3.2.2 Logische Grundschaltungen	171
3.2.2.1 Passive Grundschaltungen	171
3.2.2.2 Aktive Grundschaltungen	173
3.3 Gebräuchliche Verknüpfungsschaltungen	176
3.3.1 Logik mit bipolaren Transistoren	177
3.3.1.1 Direkt gekoppelte Transistor-Logik (DCTL)	177
3.3.1.2 Widerstandsgekoppelte Transistor-Logik (RCTL)	180
3.3.1.3 Widerstands-Transistor-Logik (RTL)	181
3.3.1.4 Dioden-Transistor-Logik (DTL)	182
3.3.1.5 Transistor-Transistor-Logik (TTL)	184
3.3.1.6 Emittergekoppelte Logik (ECL)	186
3.3.1.7 Komplementär-Transistor-Logik (CTL)	189
3.3.2 Logik mit Feldeffekt-Transistoren	190
3.3.2.1 Statische FET-Logik	191
3.3.2.2 Komplementär-FET-Logik	195
3.3.2.3 Dynamische FET-Logik	196
4. Digitale Specherschaltungen	200
4.1 Begriffe der Informationsspeicherung	201
4.1.1 Elementare Schaltwerke	201
4.1.1.1 Set-Reset-Flipflop	201
4.1.1.2 Delay-Flipflop	202
4.1.1.3 JK-Flipflop	203
4.1.1.4 Trigger-Flipflop	204
4.1.2 Grundlagen der Selektion	204
4.1.2.1 Adressierung	205
4.1.2.2 Dekodierung	206
4.2 Speicher-Anordnungen	207
4.2.1 Zellen	207
4.2.1.1 Grund-Flipflops	208
4.2.1.2 Speicher-Flipflops	210
4.2.1.3 Auffang-Flipflops	211
4.2.2 Register	212
4.2.2.1 Schieberregister	213
4.2.2.2 Umlaufregister	214
4.2.2.3 Registerstufen	214
4.2.3 Matrizen	216
4.2.3.1 Lese/Schreib-Speicher	216
4.2.3.2 Festwert-Speicher	217

4.3 Gebräuchliche Speicherschaltungen	218
4.3.1 Speicherzellen mit bipolaren Transistoren	219
4.3.1.1 Multi-Emitter-Speicherzelle	219
4.3.1.2 Invers-Transistor-Speicherzelle	220
4.3.2 Speicherzellen mit Feldeffekt-Transistoren	221
4.3.2.1 Statische FET-Speicherzellen	221
4.3.2.2 Dynamische FET-Speicherzellen	224
Anhang	227
Literaturverzeichnis	253
Sachregister	255