

Inhaltsverzeichnis

Formelzeichen und Naturkonstanten	XIII
1 Halbleiter-Grundlagen	1
1.1 Halbleitermaterialien	1
1.2 Bindungsmodell	3
1.2.1 Gitterstruktur	3
1.2.2 Eigenleitung	4
1.2.3 Störstellenleitung	7
1.3 Bändermodell	8
1.3.1 Aufbau des Bändermodells	9
1.3.2 Bänderstruktur im Energie-Impuls-Raum	11
1.3.3 Bänderbesetzung	11
1.3.3.1 Zustandsdichte	12
1.3.3.2 Besetzungswahrscheinlichkeit	12
1.3.3.3 Ladungsträgerverteilung	13
1.3.4 Entartete Halbleiter	15
1.4 Ladungsträgertransport	16
1.4.1 Driftstromdichte	16
1.4.2 Diffusionsstromdichte	18
1.4.3 Konvektionsstromdichte	19
1.5 Halbleiter im Nichtgleichgewicht	20
1.5.1 Majoritätsträgerinjektion	20
1.5.2 Minoritätsträgerinjektion	21
1.5.3 Minoritäts- und Majoritätsträgerinjektion	22
1.5.4 Minoritätsträgerdiffusion	24
1.5.5 Ladungsträgerbilanz	26
1.6 Weitere Halbleitereffekte	27
1.6.1 Lawineneffekt	27
1.6.2 Thermoeffekt	28
1.6.2.1 Thermospannung im homogenen Halbleiter	28
1.6.2.1 Thermospannung zwischen verschiedenen Materialien	29
1.6.3 Halleffekt	29
2 Halbleiterdioden	32
2.1 pn-Übergang	32
2.1.1 Abrupter pn-Übergang im thermodynamischen Gleichgewicht	32

2.1.2 Abrupter pn-Übergang unter Vorspannung	35
2.1.2.1 Raumladungszone des pn-Übergangs.....	36
2.1.2.2 pn-Übergang in Flusspolung	38
2.1.2.3 pn-Übergang in Sperrpolung	41
2.2 Diodenkennlinien.....	42
2.2.1 Kennlinie der idealen Diode.....	42
2.2.2 Kennlinie der realen Diode.....	43
2.2.3 Diodenkennlinie mit 2-Geraden-Näherung	43
2.3 Durchbruchmechanismen	44
2.3.1 Lawineneffekt.....	44
2.3.2 Zener-effekt	46
2.3.3 Thermischer Durchbruch.....	46
2.4 Technologische Realisierung	47
2.5 Netzwerkmodelle der pn-Diode.....	48
2.5.1 Sperrschicht- und Diffusionskapazität	48
2.5.2 Großsignalersatzschaltbild	50
2.5.3 Kleinsignalersatzschaltbild.....	50
2.6 Schaltverhalten der pn-Diode	51
2.6.1 Schalten ohmscher Lasten	51
2.6.2 Schalten induktiver Lasten	53
2.7 Diodentypen	54
2.7.1 pin-Diode	54
2.7.2 Z-Diode.....	57
2.7.3 Tunneldiode.....	58
2.7.4 Schottky-Diode.....	59
2.7.5 Kapazitätsdiode	61
2.7.6 Fotodiode	62
2.7.7 Solarzelle.....	64
2.7.8 Lumineszenzdiode	67
2.8 Dioden-Grundsaltungen.....	71
2.8.1 Einweggleichrichter	71
2.8.2 Zweiwegbrückenschaltung.....	72
2.8.3 Spannungsvervielfacher	73
2.8.4 Frequenzmodulation	74
2.8.5 Spannungsbegrenzung	75
3 Bipolartransistoren	77
3.1 Aufbau und Funktionsweise des Bipolartransistors	77
3.1.1 Aufbau des Bipolartransistors.....	77
3.1.2 Bipolartransistor im thermodynamischen Gleichgewicht.....	78
3.1.3 Bipolartransistor in Vorwärtsbetrieb.....	79
3.1.4 Beschaltungsarten	82
3.2 Strom-Spannungs-Charakteristik des Bipolartransistors	84
3.2.1 Transistorkennlinie	84
3.2.2 Basisweitenmodulation	85
3.3 Durchbruchmechanismen	86

3.3.1 Lawinendurchbruch	86
3.3.2 Durchbruch zweiter Art (thermischer Durchbruch)	87
3.3.3 Punch-Through-Effekt	87
3.4 Technologische Realisierung	88
3.5 Netzwerkmodelle des Bipolartransistors	89
3.5.1 Sperrschicht- und Diffusionskapazität	89
3.5.2 Großsignalersatzschaltbild	90
3.5.3 Kleinsignalersatzschaltbild	91
3.5.4 Grenzfrequenzen	93
3.6 Schaltverhalten des Bipolartransistors	94
3.7 Bipolartransistor-Grundsaltungen	97
3.7.1 Darlington-Schaltung	97
3.7.2 Stromquelle und Stromspiegel	99
3.7.3 Differenzverstärker	102
4 Feldeffekttransistoren	105
4.1 MOS-Struktur	105
4.1.1 MOS-Struktur im thermodynamischen Gleichgewicht	105
4.1.2 MOS-Struktur im Flachbandfall	106
4.1.3 MOS-Struktur in Akkumulation	107
4.1.4 MOS-Struktur in Verarmung	108
4.1.5 MOS-Struktur in Inversion	109
4.1.6 Kapazität der MOS-Struktur	111
4.1.7 Komplementäre MOS-Strukturen	113
4.2 Aufbau und Funktionsweise des MOS-Feldeffekttransistors	115
4.2.1 Aufbau des MOSFETs	115
4.2.2 Funktionsweise des MOSFETs	115
4.3 Strom-Spannungs-Charakteristik des MOSFETs	117
4.3.1 Theorie der Ladungssteuerung	117
4.3.2 Einsatzspannung des MOSFETs	120
4.3.3 Substratsteuerung des MOSFETs	121
4.3.4 Unterschwellstrom des MOSFETs	122
4.3.5 Thermisches Verhalten des MOSFETs	122
4.4 Geometrieabhängigkeit von MOSFET-Parametern	123
4.5 Durchbruchmechanismen und Degradation	124
4.6 Technologische Realisierung	126
4.7 Netzwerkmodelle des MOSFETs	127
4.7.1 MOSFET-Kapazitäten	127
4.7.2 Großsignalersatzschaltbild	128
4.7.3 Kleinsignalersatzschaltbild	129
4.8 MOSFET-Grundsaltungen	130
4.8.1 Einfache Verstärkerschaltungen	130
4.8.1.1 Source-Schaltung	130
4.8.1.2 Drain- und Gate-Schaltung	132
4.8.2 CMOS-Inverter	132
4.8.2.1 Statisches Übertragungsverhalten	132

4.8.2.2 Schaltverhalten des CMOS-Inverters	134
4.8.3 Transmissiongate	136
4.8.4 Stromspiegel	137
4.8.5 Differenzverstärker	140
4.8.6 Operationsverstärker	141
4.9 Vergleich von Bipolartransistor und MOSFET	144
4.9.1 Technologischer und parametrischer Vergleich	144
4.9.2 Einsatzkriterien von Bipolar- und Feldeffekttransistoren	145
5 Leistungsbaulemente	146
5.1 psn-Leistungsdioden	146
5.2 Leistungsbipolartransistor	148
5.3 Leistungs-MOSFET	150
5.4 Thyristor	154
5.4.1 Aufbau und Wirkungsweise des Thyristors	154
5.4.2 Thyristorkennlinie	156
5.4.3 Zündverhalten des Thyristors	157
5.4.4 Schaltverhalten des Thyristors	159
5.4.5 Weitere Thyristortypen	161
5.4.5.1 Fotothyristor	161
5.4.5.2 GTO-Thyristor	161
5.4.6 Anwendung des Thyristors	162
5.5 IGBT	164
5.5.1 Aufbau und Wirkungsweise des IGBTs	164
5.5.2 Kennlinie des IGBTs	166
5.5.3 Schaltverhalten des IGBTs	166
5.5.4 Weitere IGBT-Typen	168
5.5.4.1 Punch-Through-IGBT	168
5.5.4.2 Trench-IGBT	169
5.5.5 Anwendung des IGBTs	170
5.6 Latch-up-Effekt	170
6 Halbleitersensoren	172
6.1 Temperatursensoren	172
6.1.1 Grenzflächen-Temperatursensoren	172
6.1.2 Spreading-Resistance Si-Temperatursensoren	174
6.1.3 Thermopiles	177
6.2 Magnetosensoren	178
6.3 Optische Sensoren	182
6.4 Chemosensoren	187
6.4.1 Metalloxid-Gassensoren	187
6.4.2 Chemosensitiver Feldeffekttransistor	190
6.5 Sensoren für mechanische Größen	192
6.5.1 Piezoresistive Kraft- und Drucksensoren	193
6.5.1.1 Halbleiter-Dehnungsmessstreifen	193
6.5.1.2 Piezoresistiver Drucksensor	195

6.5.2 Kapazitiver Drucksensor	196
7 Integrierte Schaltungen.....	197
7.1 CMOS-Grundsaltungen	197
7.1.1 Statische CMOS-Logik	197
7.1.1.1 Realisierung logischer Verknüpfungen	197
7.1.1.2 Tristate-Treiber	201
7.1.1.3 Addierer	202
7.1.2 Dynamische CMOS-Logik.....	204
7.1.2.1 Dynamisches Latch	204
7.1.2.2 Dynamisches Schieberegister	204
7.2 Speicher.....	205
7.2.1 Nichtflüchtige Speicher.....	205
7.2.1.1 ROM.....	206
7.2.1.2 PROM	207
7.2.1.3 EPROM	207
7.2.1.4 EEPROM.....	209
7.2.1.5 Flash-EPROM.....	211
7.2.1.6 FRAM	211
7.2.2 Flüchtige Speicher	213
7.2.2.1 SRAM	213
7.2.2.2 DRAM.....	214
7.3 Integrierte Logik-Bausteine.....	216
7.3.1 PLD.....	216
7.3.1.1 PAL und GAL.....	217
7.3.1.2 CPLD	218
7.3.1.3 FPGA	218
7.3.2 ASIC	220
7.3.2.1 Gate-Array	220
7.3.2.2 Standardzellen-IC.....	220
7.3.2.3 Voll-kundenspezifischer IC	221
Literaturverzeichnis.....	222
Sachverzeichnis	227

Mikroelektronik

Halbleiterbauelemente und deren Anwendung in
elektronischen Schaltungen

Tille, Th.; Schmitt-Landsiedel, D.

2005, XX, 240 S., Hardcover

ISBN: 978-3-540-20422-0