

# Inhaltsverzeichnis

<u>Bezeichnungen und Symbole</u>	11
<u>1 Einleitung</u>	17
<u>2 Grundlagen</u>	19
2.1 Prinzip des FET	19
2.2 Ausführungsformen von FET	26
2.3 Der Metall-Halbleiter-Übergang	29
2.3.1 Austrittsarbeit und Elektronenaffinität	30
2.3.2 Metall-Halbleiter-Kontakt	31
2.3.3 Oberflächenzustände und Barrierenhöhe	33
2.3.3.1 Halbleiter mit hoher Oberflächenzustandsdichte	36
2.3.3.2 Halbleiter mit geringer Oberflächenzustandsdichte	37
2.3.4 Stromtransport im Metall-Halbleiter- Kontakt	39
2.3.4.1 Majoritätsträgerstrom	39
2.3.4.2 Minoritätsträgerstrom	45
2.3.5 Die Kapazität des Metall-Halbleiter- Kontakts	46
2.4 Der $p^+n$ -Übergang	47
2.4.1 Diffusionsspannung des abrupten $p^+n$ -Übergangs	47
2.4.2 Strom-Spannungs-Charakteristik	50
2.4.3 Einfluß von Generation und Rekombination in der Raumladungszone	51
2.4.4 Diffusionskapazität	53

2.5 Die MIS-Struktur . . . . .	55
2.5.1 Die ideale MIS-Struktur. . . . .	55
2.5.2 Einfluß von Austrittsarbeit des Metalls, von Ladungen im Isolator und von Ober- flächenzuständen auf die MIS-Charakteristik. . . . .	62
<u>3 Theorie des Ladungstransports. . . . .</u>	66
3.1 Vorbemerkung . . . . .	66
3.2 Kennlinien von JFET und MESFET . . . . .	69
3.2.1 Die "gradual channel"-Näherung . . . . .	69
3.2.2 Der Einsatz der Sättigung. . . . .	73
3.2.3 Sättigungsbereich. . . . .	74
3.2.4 Vereinfachtes Modell . . . . .	82
3.3 Kennlinien von MISFET. . . . .	83
3.3.1 Normally-on-MISFET . . . . .	84
3.3.2 Normally-off-MISFET. . . . .	89
3.4 Einfluß der Zuleitungswiderstände. . . . .	95
3.5 Numerische Lösungen der Poisson-Gleichung. . . . .	98
<u>4 GaAs-MESFET. . . . .</u>	107
4.1 Kleinsignalverhalten . . . . .	107
4.1.1 Ersatzschaltbild . . . . .	107
4.1.2 Steilheit $g_m$ . . . . .	110
4.1.3 Drainwiderstand des inneren FET $r_d$ . . . . .	113
4.1.4 Innenwiderstand $r_i$ . . . . .	115
4.1.5 Source-Gate-Kapazität $C_{sg}$ . . . . .	117
4.1.6 Gate-Drain-Kapazität $C_{gd}$ . . . . .	122
4.1.7 Source-Drain-Kapazität $C_{sd}$ . . . . .	123
4.1.8 Sourcewiderstand $R_s$ und Drainwiderstand $R_d$ .	124
4.1.9 Gatewiderstand . . . . .	124
4.2 Rauschen . . . . .	126
4.2.1 Das Rausch-Ersatzschaltbild und die minimale Rauschzahl des inneren FET. . . . .	127
4.2.2 Drainrauschen (innerer FET). . . . .	129
4.2.2.1 Kanalteil I. . . . .	129
4.2.2.2 Kanalteil II . . . . .	130

4.2.3 Gaterauschen (innerer FET) . . . . .	133
4.2.3.1 Kanalteil I. . . . .	133
4.2.3.2 Kanalteil II . . . . .	135
4.2.4 Korrelationskoeffizient zwischen Gate- und Drainrauschen. . . . .	136
4.2.5 Rauschzahl des FET mit parasitären Widerständen . . . . .	137
4.2.6 Minimale Rauschzahl. . . . .	142
4.2.7 Empirische Beziehungen für $F_{\min}$ . . . . .	145
4.3 Kleinsignal-FET: Stand 1988. . . . .	148
4.4 Leistungs-FET. . . . .	157
4.4.1 Kenngrößen des Leistungs-FET . . . . .	158
4.4.2 Struktur des Leistungs-FET . . . . .	160
4.4.3 Anpassung. . . . .	169
4.4.4 Leistungs-FET: Stand 1988. . . . .	174
<u>5 GaAs-Planartechnologie</u> . . . . .	177
5.1 Herstellung von semiisolierendem Gas . . . . .	178
5.2 Herstellung der aktiven Schichten. . . . .	180
5.2.1 Gasphasenepitaxie. . . . .	180
5.2.2 Ionenimplantation. . . . .	183
5.2.3 Chrom-Umverteilung . . . . .	185
5.2.4 Profile von n-Typ-Dotierstoffen. . . . .	187
5.2.5 Anwendung der Ionenimplantation bei der Herstellung des FET. . . . .	188
5.3 Herstellung der Bauelementestruktur. . . . .	190
5.3.1 Schichtstrukturierung. . . . .	190
5.3.2 Kontaktherstellung . . . . .	191
5.3.3 Passivierung . . . . .	193
5.3.4 Struktur und geometrische Daten eines Kleinsignal-FET. . . . .	194
<u>6 Stabilität und Zuverlässigkeit von GaAs-MESFET</u> . . . . .	196
6.1 Materialeinflüsse. . . . .	197
6.1.1 Tiefe Störstellen. . . . .	197
6.1.2 Burnout. . . . .	201

6.2 Einfluß der Metallisierung . . . . .	206
6.2.1 Schottky-Kontakt . . . . .	207
6.2.2 Ohmscher Kontakt . . . . .	209
6.3 Zuverlässigkeitsdaten. . . . .	210
<u>7 Ternäre und quaternäre Halbleiter für</u>	
<u>Hochfrequenz-FET</u> . . . . .	214
7.1 Einfachschicht-Strukturen. . . . .	215
7.2 Mehrfachschicht-Strukturen . . . . .	223
7.2.1 Übergitterstrukturen . . . . .	224
7.2.2 MESFET mit zweidimensionalem Elektronengas (HEMT: high electron mobility transistor). .	227
<u>8 Ausblick: Monolithisch integrierte Schaltungen</u>	
<u>auf GaAs</u> . . . . .	234
8.1 Analoge Schaltungen. . . . .	234
8.2 Digitale Schaltungen . . . . .	237
<u>Anhang</u> . . . . .	244
A1 Smith-Diagramm . . . . .	244
A2 S-Parameter. . . . .	248
A3 Kenngrößen von Netzwerken. . . . .	252
<u>Literaturverzeichnis</u> . . . . .	257
<u>Sachverzeichnis</u> . . . . .	276