

# Inhaltsverzeichnis Teil I

<b>1</b>	<b>Halbleitermaterialien</b> .....	<b>1</b>
	Bearbeiter: Dr. Konrad Reuschel und Dr. Günter Winstel	
1.1	Einleitung und geschichtlicher Überblick .....	1
1.2	Silizium, Siliziumtechnologie .....	2
1.2.1	Eigenschaften und Darstellung .....	2
1.2.2	Polykristallines Silizium .....	11
1.2.3	Kristallzüchtung aus dem Tiegel .....	13
1.2.4	Tiegeelfreies Kristallziehen .....	14
1.2.5	Flächenverfahren .....	15
1.2.6	Dotierungsverfahren .....	17
1.2.7	Kristallbaufehler – Kristallqualität .....	20
1.2.8	Kristallorientierung .....	22
1.2.9	Weiterverarbeitung der Kristalle .....	23
1.2.10	Epitaktische Kristallschichten .....	23
1.3	III-V-Verbindungen .....	25
1.3.1	Darstellung und Kristallzucht .....	25
1.3.2	Abscheideverfahren für Schichten .....	28
1.3.3	Dotierung .....	30
1.4	Germanium .....	31
1.5	Amorphe Halbleitermaterialien .....	31
1.6	Meßverfahren zur Kristallbeurteilung .....	34
1.6.1	Bestimmung des Leitungstyps .....	34
1.6.2	Messung des spezifischen Widerstandes, Zweisonden-Gleichstrom-Verfahren .....	35
1.6.3	Messung der Minoritätsträgerlebensdauer .....	37
	Literatur zu Abschnitt 1.1 .....	37
	Literatur zu Abschnitt 1.2 .....	38
	Literatur zu Abschnitt 1.3 .....	39
	Literatur zu Abschnitt 1.4 .....	39
	Literatur zu Abschnitt 1.5 .....	39
	Literatur zu Abschnitt 1.6 .....	40
<b>2</b>	<b>Halbleiterphysik</b> .....	<b>41</b>
	Bearbeiter: Dr. Günter Winstel	
2.1	Einleitung .....	41
2.2	Festkörperphysikalische Beschreibung des Halbleiters .....	51
2.2.1	Kristalline Halbleiter .....	51
2.2.2	Mischkristall und Supergitter .....	58
2.2.3	Amorphe Halbleiter .....	60
2.3	Stationäre elektronische Prozesse .....	62
2.3.1	Elektrische Leitfähigkeit .....	62
2.3.2	Hochfeldeffekte .....	69
2.3.2.1	Sättigungsgeschwindigkeit .....	69
2.3.2.2	Stoßionisation .....	70
2.3.2.3	Zenereffekt .....	71
2.3.2.4	GUNN-Effekt .....	73

2.3.3	Weitere Transportprozesse .....	73
2.4	Dynamische elektronische Prozesse .....	75
2.4.1	Rekombinationsprozesse (Anwendung auf Bauelemente) ...	75
2.4.2	Räumliche Ladungsträgerausgleichsvorgänge .....	81
2.5	Halbleitergrenzflächen, Bauelementegrundlagen .....	83
2.5.1	Eigenschaften des pn-Übergangs .....	84
2.5.1.1	Diffusionsspannung .....	87
2.5.1.2	Kapazität .....	87
2.5.1.3	Strom-Spannungs-Charakteristik (ohne Rekombination in der Raumladungszone) .....	90
2.5.1.4	Strom-Spannungs-Charakteristik (mit Rekombination in der Raumladungszone) .....	92
2.5.1.5	Durchbruchsspannung .....	93
2.5.2	Heteroübergänge .....	93
2.5.3	Der Metall-Halbleiter-Übergang (Schottky-Barriere) .....	98
2.5.4	Der Metall-Isolator-Halbleiterübergang (MIS) .....	101
	Literatur zu Abschnitt 2 .....	105
	Verwendete Bezeichnungen .....	106
	Naturkonstanten .....	106
	Bezeichnungen physikalischer Größen .....	106
	Wichtige Indizes .....	107
<b>3</b>	<b>Halbleiter-Dioden</b> .....	<b>108</b>
	Bearbeiter: Dr. Otto Macek† und Prof. Dr. Erich Pehl	
3.1	Halbleiter-Dioden. Allgemeine Eigenschaften .....	108
3.1.1	Kennlinien und Begriffe .....	109
3.1.1.1	Theoretische Diodenkennlinie .....	109
3.1.1.2	Durchlaßkennlinien und Sperrkennlinien von Dioden .....	110
3.1.1.3	Reihenschaltung einer Diode mit einem Lastwiderstand .....	111
3.1.1.4	Die Durchbruchspannung .....	113
3.1.1.5	Maßstäbe bei der Darstellung der Diodenkennlinien .....	113
3.1.1.6	Der Einfluß der Temperatur auf die Dioden-Kennlinie .....	113
3.1.2	Systematik der Kennzeichnung von Dioden .....	113
3.1.3	Die konstruktive Ausführung von Halbleiter-Dioden .....	114
3.1.3.1	Spitzendioden und Flächen-Sperrschicht-Dioden .....	114
3.1.3.2	Die Formen der Gehäuse und Anschlüsse .....	116
3.1.4	Technische Größen von Dioden .....	116
3.1.4.1	Grenzlastintegral .....	116
3.1.4.2	Sperrverzögerungszeit, Sperrerholungszeit .....	116
3.1.4.3	Durchlaßverzögerungszeit .....	117
3.1.4.4	Träger-Speicher-Effekt (TSE) .....	117
3.1.4.5	Grenzdaten .....	118
3.1.4.6	Kenndaten .....	118
3.1.5	Belastbarkeit und thermisches Verhalten von Dioden .....	118
3.1.6	Der transiente Wärmewiderstand .....	119
3.2	Die Diode als Gleichrichter .....	121
3.2.1	Gleichrichterschaltungen ohne Siebung .....	121
3.2.1.1	Einweggleichrichtung mit Diode .....	121
3.2.1.2	Vollweg-Gleichrichtung mit zwei Dioden .....	124
3.2.1.3	Vergleich von Vollweg- und Halbweg-Gleichrichtung .....	126

3.2.1.4	Brücken-Gleichrichter .....	126
3.2.1.5	Drehstrom-Gleichrichterschaltungen .....	128
3.2.2	Filterung der Ausgangsspannung von Gleichrichterschaltungen .....	131
3.2.2.1	Der Einweg-Diodengleichrichter mit Ladekondensator .....	131
3.2.2.2	Siebschaltungen .....	136
3.2.3	Gleichrichterschaltungen mit einer Serieninduktivität am Eingang des Filterkreises .....	137
3.2.4	Zweiweg-Gleichrichter mit Induktivität und Kapazität .....	142
3.2.5	Die Spannungsverdoppler-Schaltung nach Greinacher .....	144
3.2.6	Halbwellen-Spannungsverdoppler-Schaltung .....	144
3.2.7	Spannungsvervielfacher mit Dioden .....	145
3.2.8	Spannungsvervielfacher mit Nichtsinusspannungen .....	147
3.3	Spezial-Dioden .....	148
3.3.1	Stoßspannungsfeste Silizium-Gleichrichterdioden .....	148
3.3.2	Z-Dioden .....	148
3.3.2.1	Der Durchbruch-Effekt .....	148
3.3.2.2	Gleichspannungsstabilisierung, Bemessungsformeln .....	151
3.3.3	Ionenimplantierte Dioden .....	153
3.3.4	Schottky-Leistungsdioden .....	153
3.3.5	Mehrschicht-Dioden .....	154
3.3.5.1	Der DIAC .....	154
3.3.5.2	Die Vierschichtdiode (Shockley-Diode) .....	155
3.3.6	Magnet-Dioden .....	156
3.3.7	Regel-Diode, Variode .....	157
3.3.8	Schalt-Dioden .....	157
3.3.9	Selen-Gleichrichter-Dioden .....	158
3.4	Das Verhalten der Diode in Schaltungen .....	158
3.4.1	Die Diode als nichtlineares Schaltglied, Oberwellenerzeugung und Frequenzwandlung .....	158
3.4.2	Das Schaltverhalten von Dioden .....	161
3.4.2.1	Ersatzschaltbild der Diode für höhere Frequenzen .....	161
3.4.2.2	Sperrstrom beim Abschalten .....	161
3.4.3	„Schnelle“ Schaltdioden .....	163
3.4.3.1	Die Technologien der Herstellung von „schnellen“ Leistungsdioden .....	163
3.4.3.2	Die für den Schaltbetrieb wichtigen Parameter von Schaltdioden .....	163
3.4.4	Die Diode als logisches Schaltelement .....	170
3.4.4.1	Schalt-Gatter oder Koinzidenz-Gatter (Switching Gate) .....	170
3.4.4.2	Und-Kreis .....	171
3.4.4.3	Oder-Kreis .....	171
3.5	Mikrowellendioden und Gunnelemente .....	173
3.5.1	Schottkydioden .....	173
3.5.2	PIN-Dioden .....	177
3.5.3	Varakterdioden (Kapazitätsdioden) .....	181
3.5.3.1	Sperrschichtvaraktoren .....	181
3.5.3.2	Speichervaraktordioden, Speicherschaltdioden .....	184
3.5.4	Rückwärtsdioden (Backwarddioden) .....	189
3.5.5	Aktive Halbleiterzweipole .....	190

3.5.5.1	Schwingungserzeugung und -verstärkung mit aktiven Zweipolen .....	190
3.5.5.2	Tunneldioden .....	195
3.5.5.3	Laufzeitdioden .....	201
3.5.5.3.1	Lawinenlaufzeitdioden (Impatt-, Trapattdioden) .....	202
3.5.5.3.2	Barittdioden .....	213
3.5.5.4	Gunnelemente .....	215
	Literatur zu Abschnitt 3 .....	229