Halbleitertechnologie

Von Dr. rer. nat. W.Harth

Professor an der
Technischen Universität
Braunschweig

1972. Mit 92 Bildern

B.G.Teubner Stuttgart

Inhaltsverzeichnis

	Seite
Einleitung	11
1. Technische Darstellung von Silizium und Galliumarsenid	14
1.1. Silizium	14
1.1.1. Rohherstellung von Si	14
1.1.2. Chemische Vorreinigung von Si	14
1.1.3. Zersetzung der Si-Verbindungen in Si	14
1.2. Galliumarsenid (GaAs)	15
1.2.1. Reinigung der Ausgangsmaterialien	16
1.2.2. Synthese und Kristallisation	16
2. Reinigung beim Erstarren einer Schmelze	18
2.1. Phasendiagramme binärer Systeme	18
2.2. Einfache Erstarrung	21
2.3. Zonenerstarrung	23
2.4. Ausführungsformen des Zonenschmelzens	25
2.4.1. Germanium	25
2.4.2. Silizium	26
2.4.3. Galliumarsenid	27
3. Methoden der Einkristall-Herstellung	27
3.1. Wachstum aus der Schmelze	28
3.1.1. Ziehen aus der Schmelze	28
3.1.1.1. Tiegelziehen (Czochralski-Verfahren)	28
3.1.1.2. Tiegelfreies Zonenziehen	30
3.1.1.3. Herstellung von versetzungsfreien Halbleitern	31
3.1.1.4. Dotierung	33
3.2. Wachstum aus der Lösung	37
3.2.1. GaAs-Epitaxie aus der flüssigen Phase	37
3.3. Wachstum aus der Gasphase	40
3.3.1. Silizium-Epitaxie aus der Gasphase	40
3.3.2. GaAs-Epitaxie aus der Gasphase (Effer)	41
3.3.3. Molekularstrahl-Epitaxie	45
4. Kristallbearbeitung	46
4.1. Sägen	46

4.1.1. Kreissägen	46
4.1.2. Drahtsägen	47
4.2. Oberflächenbehandlung	47
4.2.1. Schleifen	47
4.2.2. Läppen	47
4.2.3. Mechanisches Polieren	48
4.2.4. Reinigung	48
4.2.4.1. Reinigung von Si	49
4.2.4.2. Reinigung von GaAs	49
4.2.5. Ätzen	49
4.2.5.1. Politurätzen	50
4.2.5.2. Strukturätzen	51
5. Herstellung von pn-Übergängen und Leitfähigkeitsprofilen	52
5.1. Übersicht	52
5.2. Legierungsverfahren	55
5.3. Diffusionsverfahren	56
5.3.1. Diffusionstheorie	56
5.3.2. Diffusionskonstante	60
5.3.3. Diffusionsanordnungen	63
5.3.4. Abweichungen von der einfachen Diffusionstheorie	66
5.3.4.1. Zweidimensionale Diffusion	66
5.3.4.2. Feldunterstützte Diffusion	66
5.3.4.3. Einfluß mechanischer Spannungen im Gitter auf die Diffusion ("emitter-push"-Effekt)	68
5.4. Epitaxieverfahren	69
5.5. Ionenimplantation	72
5.6. Charakterisierung von Übergängen und Profilen	75
5.6.1. Bestimmung der Lage des Überganges	75
5.6.2. Auswertung der Profile	76
5.6.2.1. Rechnerische Methode beim pn-Übergang	76
5.6.2.2. Radioaktive Methode	78
5.6.2.3. Vierspitzen-Methode	79
5.6.2.4. Kapazitäts-Methode	79
5.6.3. Beispiele für Profile	81
5.6.3.1. pn-Übergänge	81
5.6.3.2. Lawinenlaufzeit-Diode	83

5.6.3.3.	Doppeldiffundierter npn-Transistor	84
5.6.3.4.	Gunn-Element	85
6.	Planartechnologie	86
6.1.	Übersicht	86
6.2.	Herstellung von Isolatorschichten	88
6.2.1.	Herstellung von SiO_2 -Schichten	88
6.2.1.1.	Thermische Oxydation von Si	88
6.2.1.2.	TEOS-Verfahren	89
6.2.2.	Herstellung von Si_3N_4 -Schichten	90
6.2.3.	Herstellung von Al_2O_3 -Schichten	91
6.3.	Ätzung der Isolatorschichten	91
- 6.4.	Photolack-Technik	92
6.4.1.	Photolack-Prozeß	92
6.4.2.	Photomaschinen-Herstellung	93
6.5.	Ausbeute bei integrierten Schaltungen	95
7.	Kontakte, Montage und Kontaktierung	96
7.1.	Ohmsche und sperrende Metall-Halbleiter- und Halbleiter-Halbleiter-Übergänge	96
7.2.	Kontakte auf Silizium	100
7.2.1.	Ohmsche Kontakte	100
7.2.2.	Sperrende Kontakte	101
7.3.	Kontakte auf GaAs	103
7.3.1.	Ohmsche Kontakte	103
7.3.2.	Sperrende Kontakte	104
7.4.	Montage und Kontaktierung	105
7.4.1.	Montage	105
7.4.2.	Kontaktieren	106
7.4.2.1.	Schneidenkontaktierung	106
7.4.2.2.	Nagelkopfkontaktierung	107
8.	Fertigungsbeispiele	108
8.1.	Planartransistor	108
8.2.	Feldeffekt-Transistoren (FET)	109
8.2.1.	Sperrschicht-FET (JFET)	110
8.2.2.	MSFET	111
8.2.3.	MOSFET	111

8.3. Widerstände	116
8.3.1. Dünnschicht-Widerstände	116
8.3.2. Diffundierte Widerstände	117
8.4. Kondensatoren	117
8.4.1. Dünnschicht-Kondensatoren	117
8.4.2. Verarmungsschicht-Kondensatoren	118
9. Anhang	119
9.1. Zusammenstellung wichtiger physikalischer Daten einiger Halbleiter	119
9.2. Kristallstruktur	120
9.3. Störstellenniveaus in Si und GaAs	121
9.4. Einige Eigenschaften von pn-Übergängen	122
9.5. Lawinendurchbruch am pn-Übergang	123
9.6. Physikalische Konstanten	125
Literaturverzeichnis	126
Liste der wichtigsten Formelzeichen	127
Sachregister	129