

Inhaltsverzeichnis

Bezeichnungen und Symbole	XV
1 Einleitung	1
2 Grundzüge der Technologie von Integrierten Schaltungen	3
Literatur zu Kapitel 2	12
3 Schichttechnik	13
3.1 Verfahren der Schichterzeugung	13
3.1.1 CVD-Verfahren	13
3.1.2 Thermische Oxidation	21
3.1.3 Aufdampfverfahren	28
3.1.4 Sputterverfahren	30
3.1.5 Schleuderbeschichtung	35
3.1.6 Schichterzeugung mittels Ionenimplantation	36
3.1.7 Schichterzeugung mittels Wafer-Bonding und Rückätzen	36
3.1.8 Temperverfahren	37
3.2 Die monokristalline Siliziumscheibe	40
3.2.1 Geometrie und Kristallographie von Siliziumscheiben	40
3.2.2 Dotierung von Siliziumscheiben	41
3.2.3 Zonengezogenes und tiegelgezogenes Silizium	42
3.3 Epitaxieschichten	44
3.3.1 Anwendung von Epitaxieschichten	44
3.3.2 Diffusion von Dotieratomen aus dem Substrat in die Epitaxieschicht	46
3.4 Thermische SiO ₂ -Schichten	49
3.4.1 Anwendung von thermischen SiO ₂ -Schichten	49
3.4.2 Die LOCOS-Technik	50
3.4.3 Charakterisierung von dünnen thermischen SiO ₂ -Schichten	57
3.5 Abgeschiedene SiO ₂ -Schichten	62
3.5.1 Erzeugung von abgeschiedenen SiO ₂ -Schichten	63
3.5.2 Anwendung abgeschiedener SiO ₂ -Schichten	64
3.5.3 Spacertechnik	64
3.5.4 Grabenisolation	66

3.5.5	SiO ₂ -Isolationsschichten für die Mehrlagenverdrahtung	67
3.6	Phosphorglasschichten	68
3.6.1	Erzeugung von Phosphorglasschichten	68
3.6.2	Flow-Glas	70
3.6.3	Thermisches Phosphorglas	71
3.7	Siliziumnitridschichten	71
3.7.1	Erzeugung von Siliziumnitridschichten	71
3.7.2	Nitridschichten als Oxidationssperre	72
3.7.3	Nitridschichten als Kondensator-Dielektrikum	72
3.7.4	Nitridschichten als Passivierung	73
3.8	Polysiliziumschichten	74
3.8.1	Erzeugung von Polysiliziumschichten	74
3.8.2	Kornstruktur von Polysiliziumschichten	75
3.8.3	Leitfähigkeit von Polysiliziumschichten	76
3.8.4	Anwendung von Polysiliziumschichten	78
3.9	Silizidschichten	82
3.9.1	Erzeugung von Silizidschichten	82
3.9.2	Polyzidschichten	85
3.9.3	Silizierung von Source/Drain-Bereichen	87
3.10	Refraktär-Metallschichten	88
3.11	Aluminiumschichten	89
3.11.1	Erzeugung von Aluminiumschichten	90
3.11.2	Kristallstruktur von Aluminiumschichten	91
3.11.3	Elektromigration in Aluminiumleiterbahnen	91
3.11.4	Aluminium-Siliziumkontakte	93
3.11.5	Aluminium-Aluminium-Kontakte	95
3.12	Organische Schichten	96
3.12.1	Spin-on-Glasschichten	96
3.12.2	Polyimidschichten	97
3.13	Literatur zu Kapitel 3	99
4	Lithographie	101
4.1	Strukturgröße, Lagefehler und Defekte	102
4.2	Photolithographie	104
4.2.1	Photoresistschichten	104
4.2.2	Ausbildung von Photoresiststrukturen	109
4.2.3	Schwankung der Lichtintensität im Photoresist	112
4.2.4	Spezielle Photoresisttechniken	117
4.2.5	Optische Belichtungsverfahren	123
4.2.6	Auflösungsvermögen der lichtoptischen Belichtungsgeräte	127
4.2.7	Justiergenauigkeit von lichtoptischen Belichtungsgeräten	138
4.2.8	Defekte bei der lichtoptischen Lithographie	141

4.3	Röntgenlithographie	143
4.3.1	Wellenlängenbereich für die Röntgenlithographie	144
4.3.2	Röntgenresists	145
4.3.3	Röntgenquellen	146
4.3.4	Röntgenmasken	151
4.3.5	Justiervverfahren der Röntgenlithographie	153
4.3.6	Strahlenschäden bei der Röntgenlithographie	153
4.3.7	Chancen der Röntgenlithographie	154
4.4	Elektronenlithographie	154
4.4.1	Elektronenresists	155
4.4.2	Auflösungsvermögen der Elektronenlithographie	156
4.4.3	Elektronenstrahlanschreiber	158
4.4.4	Elektronenprojektionsgeräte	163
4.4.5	Justiervverfahren der Elektronenlithographie	164
4.4.6	Strahlenschäden bei der Elektronenlithographie	164
4.5	Ionenlithographie	166
4.5.1	Ionenresists	168
4.5.2	Ionenstrahlanschreiben	169
4.5.3	Ionenstrahlprojektion	170
4.5.4	Auflösungsvermögen der Ionenlithographie	173
4.6	Strukturherstellung ohne Lithographie	178
4.7	Literatur zu Kapitel 4	178
5	Ätztechnik	181
5.1	Naßätzen	182
5.1.1	Naßchemisches Ätzen	183
5.1.2	Chemisch-Mechanisches Polieren	183
5.2	Trockenätzen	186
5.2.1	Physikalisches Trockenätzen	186
5.2.2	Chemisches Trockenätzen	188
5.2.3	Chemisch-Physikalisches Trockenätzen	190
5.2.4	Chemische Ätzreaktionen	200
5.2.5	Ätzgase	201
5.2.6	Prozeßoptimierung	203
5.2.7	Endpunkterkennung	206
5.3	Trockenätzprozesse	210
5.3.1	Trockenätzen von Siliziumnitrid	210
5.3.2	Trockenätzen von Polysilizium	211
5.3.3	Trockenätzen von monokristallinem Silizium	213
5.3.4	Trockenätzen von Metallsiliziden und Refraktär-Metallen	214
5.3.5	Trockenätzen von Siliziumdioxid	215
5.3.6	Trockenätzen von Aluminium	217
5.3.7	Trockenätzen von Polymeren	219
5.4	Literatur zu Kapitel 5	220

6	Dotiertechnik	223
6.1	Thermische Dotierung.	224
6.2	Dotierung mittels Ionenimplantation	225
6.2.1	Ionenimplantationsanlagen	226
6.2.2	Implantierte Dotierprofile	228
6.3	Aktivierung und Diffusion von Dotieratomen	236
6.3.1	Aktivierung implantierter Dotieratome	236
6.3.2	Intrinsische Diffusion von Dotieratomen	237
6.3.3	Diffusion bei hohen Dotieratomkonzentrationen	240
6.3.4	Oxidationsbeschleunigte Diffusion.	241
6.3.5	Diffusion von Dotieratomen an Grenzflächen.	242
6.3.6	Diffusion von Dotieratomen in Schichten.	244
6.3.7	Schichtwiderstand von dotierten Schichten	246
6.3.8	Diffusion am Rand von dotierten Bereichen.	248
6.4	Diffusion von nichtdotierenden Stoffen	249
6.5	Literatur zu Kapitel 6	252
7	Reinigungstechnik	253
7.1	Verunreinigungen und ihre Auswirkungen.	253
7.2	Reine Räume, Materialien und Prozesse.	257
7.2.1	Reinräume	257
7.2.2	Reine Materialien	260
7.2.3	Saubere Prozeßführung.	263
7.3	Scheibenreinigung.	263
7.4	Literatur zu Kapitel 7	267
8	Prozeßintegration	269
8.1	Die verschiedenen MOS- und Bipolar-Technologien	269
8.1.1	Die aktiven Bauelemente in Integrierten Schaltungen.	269
8.1.2	Systematik der MOS- und Bipolar-Technologien.	269
8.1.3	Die passiven Bauelemente in Integrierten Schaltungen	271
8.2	Architektur der Gesamtprozesse	271
8.2.1	Architektur der MOS-Technologien	271
8.2.2	Architektur der Bipolar- und BICMOS-Technologien	274
8.3	Transistoren in Integrierten Schaltungen	275
8.3.1	Aufbau der MOS-Transistoren und ihrer Isolation	275
8.3.2	Aufbau der DMOS-Transistoren.	283
8.3.3	Aufbau der Bipolar-Transistoren und ihrer Isolation.	285
8.4	Speicherzellen.	288
8.4.1	Aufbau von statischen Speicherzellen.	288
8.4.2	Aufbau von dynamischen Speicherzellen	290
8.4.3	Aufbau von nichtflüchtigen Speicherzellen	293

8.5	Mehrlagenmetallisierung	297
8.5.1	Einebnung von Oberflächen in Integrierten Schaltungen	298
8.5.2	Kontakte in Integrierten Schaltungen.	303
8.5.3	Leiterbahnen in Integrierten Schaltungen.	306
8.5.4	Passivierung von Integrierten Schaltungen.	307
8.6	Detaillierte Prozeßfolge ausgewählter Gesamtprozesse	308
8.6.1	0,4 µm-Digital-CMOS-Prozeß	308
8.6.2	0,7 µm-BICMOS-Prozeß	319
8.6.3	Höchstfrequenz-Bipolar-Prozeß	319
8.6.4	0,25 µm-DRAM-Prozeß	319
8.7	Literatur zu Kapitel 8	348
Sachverzeichnis		351