目　　次

第1章　半導体エレクトロニクスの進歩とその背景

§ 1.1　接合トランジスタの出現以後・1
§ 1.2　半導体エレクトロニクスの概観 8
§ 1.3　トランジスタの進歩に現われた問題・・・・・・・・・・12
§ 1.4　第1章のむすび・・・・・・・・17
第1章　参考文献・・・・・・・・・18

第2章　半導体はどのように役立てられたか

§ 2.1　電気→電気という変換を行なう装置・・・・・・・・・・21
2.1. 1　トランジスタの進歩・・・・21
2.1. 2　ダイオードの進歩・・・・・26
2.1. 3　トンネルダイオード・・・・30
2.1. 4　スイッチ装置・・・・・・・41
2.1. 5　avalanche injection ダイオード・・・・・・・・・・47
2.1. 6　空間電荷制限電流の応用・・48
2.1. 7　クライオサ・・・・・・・・53
2.1. 8　トンネルトロン・・・・・・57
2.1. 9　トンネル・トランジスタ・・59
2.1.10　double injection による負性抵抗・・・・・・・・・・61
2.1.11　その他・・・・・・・・・・64
§ 2.2　電磁的な現象をもとにした装置・・・・・・・・・・・・・65
2.2. 1　Hall 効果を利用する装置・65
2.2. 2　磁気抵抗効果を利用する装置・・・・・・・・・・・・68
2.2. 3　Suhl 効果を利用する装置・70
2.2. 4　Oscillistor ・・・・・・・・70
2.2. 5　ピンチ (pinch) 効果・・・・73
§ 2.3　光から電気への変換装置・・・75
2.3. 1　光電導を利用する装置・・・75
2.3. 2　光起電力を利用する装置・・79
2.3. 3　P.E.M 効果・・・・・・・82
2.3. 4　光点の位置を決める装置・・84
2.3. 5　電子放出現象・・・・・・・86
§ 2.4　電気から光への変換装置・・・87
2.4. 1　ZnSによる電界発光・・・・87
2.4. 2　その他のエレクトロ・ルミネッセンス・・・・・・・94
2.4. 3　エレクトロ・ルミネッセンスの概括・・・・・・・・97
§ 2.5　電子冷却・・・・・・・・・・98
§ 2.6　熱電発電・・・・・・・・・・101
§ 2.7　歪ゲージ・・・・・・・・・・105
§ 2.8　第2章のむすび・・・・・・107
第2章　参考文献・・・・・・・・109

第3章　結晶成長と材料処理技術の進歩

§ 3.1　トランジスタに関連する技術 112
§ 3.2　ゾーン精製・・・・・・・・115
§ 3.3　単結晶の製作・・・・・・・122
3.3. 1　引上法による単結晶製作・123
3.3. 2　均質な単結晶を作る方法・128
§ 3.4　*pn* 接合の製作・・・・・・133

3.4. 1 合金法・・・・・・・・・ 133
3.4. 2 引上法・・・・・・・・・ 138
3.4. 3 rate grown法・・・・・・ 142
3.4. 4 不純物拡散法・・・・・・ 143
3.4. 5 組合わせによる方法・・・ 147
3.4. 6 *pn* 接合の検討・・・・・ 150
§ **3.5** Epitaxial Growth・・・・・ 151
§ **3.6** Dendritic Growth ・・・・ 156
第3章 参考文献・・・・・・・ 160

第4章 半導体材料の進歩

§ **4.1** ゲルマニウム・・・・・・・ 161
4.1. 1 日本での問題・・・・・・ 162
4.1. 2 ゲルマニウムの thermal conversion・・・・・・ 165
4.1. 3 ゲルマニウムとシリコン・ 168
§ **4.2** シリコン・・・・・・・・・ 169
4.2. 1 高純度シリコンへの要求と材料工業としての出発・ 171
4.2. 2 シリコン精製技術・・・・ 172
4.2. 3 B(ホウ素)の問題とフローティング・ゾーン・・・ 173
4.2. 4 シリコン中の酸素原子・・ 175
4.2. 5 転位・・・・・・・・・・ 176
4.2. 6 むすび・・・・・・・・・ 178
§ **4.3** GaAs ・・・・・・・・・・ 178
§ **4.4** InSb ・・・・・・・・・・ 183
§ **4.5** GaP・・・・・・・・・・・ 186
4.5. 1 GaPの結晶作り・・・・・ 187
4.5. 2 GaP の *pn* 接合・・・・・ 194
§ **4.6** その他の化合物半導体・・・ 198
§ **4.7** 第4章のむすび・・・・・・ 203
第4章 参考文献・・・・・・・ 204

第5章 技術的な応用と基礎的な研究とのからみ合い

——その典型的な一例——表面現象

§ **5.1** トランジスタが発見されるまで・・・・・・・・・・・ 207
§ **5.2** 理想的な *pn* 接合・・・・・ 208
§ **5.3** 実際の *pn* 接合の特性・・・ 212
5.3. 1 順方向特性・・・・・・・ 212
5.3. 2 逆方向の洩れ電流・・・・ 213
5.3. 3 Microplasma (マイクロプラズマ)・・・・・・・ 215
§ **5.4** トランジスタの劣化 ——表面現象研究の中興期—— 220
5.4. 1 劣化の発生・・・・・・・ 220
5.4. 2 channel の発見・・・・・ 222
§ **5.5** 表面現象の研究と *pn* 接合の特性・・・・・・・・・・ 225
5.5. 1 表面伝導・・・・・・・・ 226
5.5. 2 *pn* 接合の特性との関連・ 228
5.5. 3 緩和 (relaxation) 効果，二種類の表面準位・・・・ 232
5.5. 4 表面再結合速度の変化・・ 233
5.5. 5 イオン伝導の疑い・・・・ 235
5.5. 6 § 5.5 のまとめ・・・・・ 237
§ **5.6** Real Surface と Real Junction ——Clean Surface の研究の開拓—— 237
5.6. 1 電界効果 (field effect) による実験・・・・・・・ 237
5.6. 2 電界効果の証拠・・・・・ 239
5.6. 3 表面ポテンシャルの変動を

知る実験の例・・・・・ 240
5.6. 4 *pn* 接合の緩和効果・・・ 243
5.6. 5 §5.6 のまとめ・・・・・ 246
第5章 参考文献・・・・・・・ 249

第6章 工業としての半導体エレクトロニクス

——研究所の役割など——

§6.1 トランジスタ工業の最近の動き・・・・・・・・・・・ 251
6.1. 1 娯楽用から計算機用へ・・ 252
6.1. 2 超小型化・・・・・・・・ 254
6.1. 3 その他・・・・・・・・・ 256
§6.2 エレクトロニクスで“研究所”が果す役割・・・・・・・ 258
§6.3 技術的な応用と基礎研究・・ 263
§6.4 研究所の管理・・・・・・・ 266
§6.5 米国の研究所，研究者・・・ 274
第6章 参考文献・・・・・・・ 283

付録1 半導体実験のてびき

§A1.1 一般的な注意・・・・・・ 284
§A1.2 結晶処理のいろいろ・・・ 293
A1.2. 1 結晶を切ること・・・・ 293
A1.2. 2 表面の研磨・・・・・・ 294
A1.2. 3 エッチング・・・・・・ 296
A1.2. 4 水 洗・・・・・・・・ 299
A1.2. 5 *pn* 接合を見ること・・ 301
A1.2. 6 結晶軸の決定・・・・・ 302
A1.2. 7 半導体への電極づけ・・ 303
§A1.3 半導体測定のいろいろ・・ 308
A1.3. 1 一般的な注意・・・・・ 308
A1.3. 2 伝導の型の判定・・・・ 310
A1.3. 3 抵抗率の測定・・・・・ 311
A1.3. 4 ドリフト移動度の測定・ 313
A1.3. 5 ライフタイムの測定・・ 314
A1.3. 6 測定装置類について・・ 316

付録2 半導体エレクトロニクスの参考文献

——学生の読者のために——

§A2.1 半導体関係の論文とその整理・・・・・・・・・・・ 320
§A2.2 半導体エレクトロニクスの文献へのてびき・・・・ 327
A2.2. 1 解説的，総合報告的な文献・・・・・・・・・・ 327
A2.2. 2 *pn* 接合の特性・・・・ 328
A2.2. 3 トランジスタ関係・・・ 329
A2.2. 4 トンネルダイオード・・ 330
A2.2. 5 トンネル・トランジスタ，トンネルエミッション 331
A2.2. 6 化合物半導体関係・・・ 331
A2.2. 7 結晶中の space charge limited current・・・ 332
A2.2. 8 プラズマ現象・・・・・ 332
A2.2. 9 電界発光関係・・・・・ 333
A2.2.10 熱電現象関係・・・・・ 333
A2.2.11 表面現象・・・・・・・ 334

A 2.2.12 結晶成長・・・・・・・ 335
A 2.2.13 不純物拡散・・・・・・ 336
A 2.2.14 表面処理技術・・・・・ 337
A 2.2.15 *pn* 接合部を見えるようにし，測定する方法・ 338
A 2.2.16 化合物半導体結晶の表と裏の問題・・・・・・ 338
A 2.2.17 抵抗率測定法・・・・・ 338
A 2.2.18 ライフタイムの測定法・ 339
A 2.2.19 電極をつける技術・・・ 339
A 2.2.20 一般的な議論・・・・・ 339
A 2.2.21 付け足し・・・・・・・ 340
§ **A 2.3** 参考書・・・・・・・・・ 340

索 引・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 342