



# 第 1 編 半導体の物理

編主任 西 沢 潤 一 (東 北 大 学)

執筆者 青 木 昌 治 (東 京 大 学) 後 川 昭 雄 (東 京 大 学)  
大 貫 正 實 (松 下 電 器) 佐 々 木 亘 (電 子 技 術 総 合 研 究 所)  
武 内 義 尚 (東 北 大 学) 二 井 理 郎 (電 気 通 信 研 究 所)  
三 沢 敏 雄 (ソ ニ ー) 矢 島 達 夫 (東 京 大 学)

## 目 次

### 第 1 章 半導体の電子構造と電気伝導

1.1 周期的ポテンシャルの中の電子 …… 3	1.3 半導体の電気伝導 …… 9
1.1.1 格子と逆格子 …… 3	1.3.1 キャリヤ濃度の温度特性 ……10
1.1.2 バンド理論 …… 3	1.3.2 キャリヤの移動度 ……12
1.2 半導体の電子と正孔 …… 6	1.3.3 電子(正孔)の散乱 ……13
1.2.1 導体, 絶縁体, 半導体 …… 6	1.3.4 磁界の効果 ……15
1.2.2 不純物単位 …… 7	1.3.5 実験の分析, モデルの修正, その他の問題 ……16
1.2.3 電子, 正孔の運動方程式 …… 8	

### 第 2 章 半導体の磁電効果

2.1 ホール効果および比抵抗 ……18	2.3 ズール効果, その他 ……22
2.2 磁気抵抗効果 ……21	

### 第 3 章 半導体中のキャリア拡散と再結合, 捕獲

3.1 熱平衡状態にないキャリアの挙動 ……23	3.2.3 表面再結合 ……26
3.2 再結合の機構 ……24	3.3 寿命の測定法 ……26
3.2.1 直接再結合 ……24	3.4 実験結果 ……27
3.2.2 再結合中心を介する再結合 ……25	3.5 捕獲現象 ……28

### 第 4 章 不均一な半導体と注入, 空間電荷

4.1 拡散電位 ……28	4.3 注入と空間電荷 ……33
4.2 pn 接合と空間電荷 ……30	

### 第 5 章 強い電界の下での現象

5.1 オームの法則と電界の強さ ……38	5.3 電界による電子濃度の変化 ……40
5.2 電子温度と移動度 ……38	5.4 トンネル電流 ……41

## 第6章 ピエゾ抵抗効果

6.1	ピエゾ抵抗係数	.....42	ルギー構造の変化	.....42
6.2	ピエゾ抵抗の原因, 歪力によるエネ			

## 第7章 半導体における電流・電圧増幅現象

7.1	pn フック構造	.....44	7.3.1	エサキ・ダイオード	.....46
7.2	トラップによる電流増幅	.....46	7.3.2	負質量増幅器	.....47
7.3	負性抵抗	.....46			

## 第8章 光電効果

8.1	光によるキャリア密度の変化と電子放出	.....48	8.2.3	光電磁効果	.....54
8.1.1	固体の光吸収と光電導	.....48	8.3	半導体からの光の発生	.....54
8.1.2	光電導	.....50	8.3.1	発光の機構	.....54
8.1.3	光電子放出	.....52	8.3.2	電界発光	.....55
8.2	光による電圧の発生	.....53	8.4	補選 (遷移確率)	.....55
8.2.1	内部に光が吸収された場合	.....53	8.4.1	遷移確率の型式	.....55
8.2.2	pn 接合光起電力	.....53	8.4.2	遷移則	.....56

## 第9章 熱電効果

9.1	ゼーベック効果, ヘルチェ効果, トムソン効果	.....56	9.3	半導体の熱起電力	.....59
9.2	絶対熱起電力	.....58	9.4	比抵抗の温度係数	.....60
	参考文献	.....60	9.5	熱電子放出	.....60





# 第 2 編 材 料

編主任 新 美 達 也 (電気通信研究所)

執筆者 荒木日出磨 (電気通信研究所) 池神一司 (電気通信研究所)  
小竹雄 (電子技術総合研究所) 館野博 (電子技術総合研究所)  
古川吉孝 (電気通信研究所) 三上修 (日本電子)  
水島宜彦 (電気通信研究所)

## 目 次

### 第 1 章 ゲルマニウムおよびシリコンの化学的精製

1.1 ゲルマニウムの精製.....	67	1.2 シリコンの精製.....	71
1.1.1 概 説.....	67	1.2.1 概 説.....	71
1.1.2 原 料.....	67	1.2.2 原 料.....	72
1.1.3 製 法.....	68	1.2.3 製 法.....	72
1.1.4 ゲルマニウムの性質.....	70	1.2.4 シリコンの性質.....	75
1.1.5 純度検定の化学的方法とその 限界.....	70	1.2.5 純度検定の化学的方法とその 限界.....	76

### 第 2 章 ゲルマニウムおよびシリコンの物理的精製

2.1 精製の原理.....	76	2.1.3 帯域溶融法.....	78
2.1.1 偏析係数.....	76	2.2 ゲルマニウム.....	80
2.1.2 単純偏析法.....	77	2.3 シリコン.....	81

### 第 3 章 単 結 晶 製 作

3.1 概 説.....	84	3.3.3 不純物の分布.....	87
3.2 引上法.....	84	3.3.4 実施例.....	87
3.2.1 装 置.....	84	3.4 デンドライト成長.....	88
3.2.2 る つ ぼ.....	85	3.4.1 引上方法.....	88
3.2.3 引上速度.....	85	3.4.2 不純物の分布.....	88
3.2.4 引上軸の回転速度.....	85	3.4.3 結晶内の転位.....	88
3.2.5 雰囲気ガス.....	85	3.5 気相からの結晶成長.....	89
3.2.6 結晶内のひずみ.....	85	3.5.1 真空蒸着法.....	89
3.2.7 不純物分布.....	85	3.5.2 化学分解法.....	89
3.3 ゾーン・レベリング.....	86	3.6 その他の方法.....	89
3.3.1 装 置.....	86	3.6.1 ブリッジマン法.....	89
3.3.2 溶融帯域の移動速度.....	86	3.6.2 溶液からの結晶成長.....	90

## 第 4 章 不 純 物 の 拡 散

4.1 拡散の基礎	90	4.3.2 表面濃度の決定	95
4.2 拡散技術	92	4.4 拡散技術における問題点	97
4.2.1 固相または液相からの拡散	92	4.4.1 平坦な面	97
4.2.2 気相からの拡散	93	4.4.2 熱処理に伴う比抵抗変化	97
4.3 拡散層の測定法	94	4.4.3 表面濃度の制御	98
4.3.1 拡散の深さ	94		

## 第 5 章 ゲルマニウムおよびシリコンの電気的性質

5.1 エネルギー帯構造	100	5.3 電気的性質	104
5.2 不純物の効果	101	5.4 光学的性質	105

## 第 6 章 化 合 物 半 導 体

6.1 概 説	106	6.6.2 光起電力効果	119
6.2 III—V 族化合物半導体	112	6.6.3 電界発光	120
6.3 硫化物系半導体	116	6.6.4 電子写真	120
6.4 酸化物半導体	118	6.7 熱電材料概説	120
6.5 炭化珪素および珪化物半導体	118	6.8 特殊な半導体 (遷移金属を含む酸 化物)	121
6.6 光電材料概説	119	6.9 特殊な半導体 (有機半導体)	121
6.6.1 光伝導	119		

## 第 7 章 格 子 欠 陥

7.1 空格子点, 割り込み原子	123	7.4 境界面	126
7.2 異種原子	123	7.5 転位, 境界面の電気的性質	127
7.2.1 異種原子の割り込み	123	7.5.1 キャリヤ濃度, 移動度に対す る転位の影響	127
7.2.2 Si 中の酸素	123	7.5.2 キャリヤのライフタイムに対 する転位の影響	128
7.3 転 位	124	7.5.3 境界面の電気的性質	128
7.3.1 ダイヤモンド型格子の転位	124		
7.3.2 転位の観察	124		
7.3.3 転位の生成と消滅	125		

## 第 8 章 再 結 合 と ト ラ ッ プ

8.1 再結合の型式	129	8.2.2 輻射再結合による発光スペク トル分布	130
8.1.1 捕獲中心を介さない再結合	129	8.3 結晶の不完全性と再結合	131
8.1.2 捕獲中心を介する再結合	129	8.3.1 不純物の効果	131
8.2 輻射再結合	130	8.3.2 転位の効果	133
8.2.1 輻射再結合による ライフタイム	130	8.3.3 その他の欠陥による効果	133

8.4	ライフタイムの温度特性	134	8.5	トラップの効果	134
-----	-------------	-----	-----	---------	-----

### 第9章 材料の測定法

9.1	伝導型の判定法	135	9.3.1	拡散距離法	137
9.1.1	熱起電力による方法	135	9.3.2	光伝導減衰法	137
9.1.2	整流特性による方法	135	9.3.3	光伝導法	138
9.2	比抵抗の測定法	135	9.3.4	高周波法	138
9.2.1	2点法	135	9.3.5	ヘインズ・ショックレイ法	138
9.2.2	4点法	135	9.3.6	その他の測定法	139
9.2.3	高周波法	136	9.4	エッチ孔の測定	139
9.3	ライフタイム測定法	137	9.5	エッチ孔による結晶軸の決定	139
参考文献		140			





# 第3編 ダイオードとトランジスタ の動作理論

編主任 菅野卓雄(東京大学)

執筆者 長船廣衛(日本電気) 菅野卓雄(東京大学)  
多田邦雄(東京大学) 徳山 巍(日立製作所)  
三沢敏雄(ソニー) 吉村久乗(電気通信研究所)  
渡辺 誠(電気通信研究所)

## 目 次

### 第1章 金属と半導体との接触

1.1 エネルギー帯構造	145	1.3.1 拡散理論	147
1.2 表面準位	146	1.3.2 二極管理論	148
1.3 電流-電圧特性	147	1.4 少数キャリアの注入	148

### 第2章 pn 接 合

2.1 pn 接合の整流理論	149	2.2.2 順方向バイアスの場合	153
2.1.1 ショットレイの理論	150	2.3 トンネル接合	154
2.1.2 特殊な場合	151	2.4 pn 接合の降服現象	155
2.1.3 各種の接合	152	2.4.1 降服の機構	155
2.2 pn 接合のインピーダンス	153	2.4.2 欠陥構造と降服	156
2.2.1 逆方向バイアスの場合	153		

### 第3章 pn 接合キャリア拡散型トランジスタ

3.1 低注入水準, 一次元モデルのトランジスタのアドミタンス・パラメータ	157	スタの動作	164
3.2 トランジスタの実的な動作状態に対する検討	162	3.4 トランジスタにおける三次元的効果	166
3.2.1 電界無視に対する検討	162	3.4.1 電流増幅率に及ぼす表面再結合の影響	166
3.2.2 境界条件に関する検討	163	3.4.2 電流増幅率の大きさを決定する因子	169
3.2.3 電気的中性の条件に対する検討	164	3.4.3 接合が曲面であるためのしゃ断周波数の低下	170
3.3 任意の注入水準におけるトランジ		3.4.4 ベース抵抗	172

## 第4章 キャリヤ・ドリフト型トランジスタ

4.1 ドリフト・トランジスタ概説……………176	4.2.4 キャリヤ拡散型との比較……………181
4.2 内部領域の4端子パラメータ……………178	4.2.5 電荷制御法による解析……………182
4.2.1 4端子パラメータの算出……………178	4.3 内部領域の4端子パラメータ……………183
4.2.2 $y$ パラメータの周波数特性……………180	4.4 大注入動作……………184
4.2.3 電流増幅率の周波数特性の近似解……………181	4.5 高不純物濃度における諸特性……………186
	4.6 ドリフト・トランジスタの特性……………188

## 第5章 トランジスタの電荷制御解析法

5.1 概説……………189	5.4.2 飽和時定数の測定法……………192
5.2 大振幅動作の基本的な解析……………189	5.5 ベース走行時間の解析……………193
5.2.1 パラメータと等価回路……………189	5.5.1 正孔分布とベース走行時間……………193
5.2.2 パラメータの表式……………190	5.5.2 不純物分布とベース走行時間の関係……………193
5.2.3 スイッチ時間とスイッチ回路の設計……………190	5.5.3 ベース走行時間と $\alpha$ シャ断周波数の関係……………193
5.3 大振幅動作のやや厳密な解析……………191	5.5.4 移動度の不純物密度依存性を考慮した解析……………194
5.3.1 基本方程式……………191	5.5.5 ベース走行時間の注入水準依存性……………194
5.3.2 $q_0$ と $i_c$ の関係……………191	
5.3.3 コレクタ空乏層容量の影響……………192	
5.4 パラメータの測定法……………192	
5.4.1 活性領域時定数の測定法……………192	

## 第6章 pnpn 素子

6.1 pnpn 構造の2つの安定動作モード……………195	6.4.2 注入キャリア到達率の電流による変化……………199
6.2 開閉両状態間の遷移領域……………196	
6.3 pnpn 素子の一般的解析……………197	6.5 スイッチ特性……………200
6.4 電流増幅率 $\alpha$ の電流による変化……………199	6.5.1 閉動作……………200
6.4.1 エミッタ注入率の電流による変化……………199	6.5.2 開動作……………201

## 第7章 可変容量素子

7.1 概論……………202	性……………203
7.2 不純物分布による容量の電圧依存性……………203	
7.3 3端子素子……………206	
参考文献……………207	





# 第4編 ダイオード，トランジスタ

編主任 武田行松(日本電気)

執筆者 川路 昭(日本電気) 佐藤秋比古(日本電気)  
田村 晁男(日本電気) 中村哲郎(日本電気)  
藤江明雄(日本電気) 渡部 寿(日本電気)

## 目 次

### 第1章 トランジスタ

1.1 点接触トランジスタ.....	213	1.3 その他のトランジスタ.....	245
1.2 接合トランジスタ.....	214	1.3.1 電界効果型トランジスタ.....	245
1.2.1 成長接合系.....	214	1.3.2 スペーススタ.....	251
1.2.2 合金接合系.....	220	1.3.3 その他.....	254
1.2.3 拡散接合系.....	231		

### 第2章 ダイオードおよび整流器

2.1 亜酸化銅整流器.....	255	2.6 定電圧ダイオード.....	271
2.2 セレン整流器.....	256	2.7 ダイオード・キャパシタ.....	273
2.3 点接触ダイオード.....	258	2.7.1 シリコン・バリアブル・	
2.3.1 一般用点接触ダイオード.....	258	キャパシタ.....	273
2.3.2 マイクロ波ダイオード.....	261	2.7.2 パラメトリック・	
2.4 ゴールドボンド型ダイオード.....	266	ダイオード.....	274
2.5 接合型ダイオード.....	267	2.8 その他.....	277
2.5.1 信号用接合ダイオード.....	267	2.8.1 放射線カウンタ用	
2.5.2 整流器.....	269	ダイオード.....	277

### 第3章 負性抵抗素子

3.1 ユニジャンクション・		3.4 トンネル・ダイオード.....	284
トランジスタ.....	278	3.4.1 静特性，等価回路.....	284
3.2 4層ダイオード.....	279	3.4.2 ダイオードの製作.....	285
3.3 3端子 pnpn.....	280	3.4.3 トンネル・ダイオードの	
3.3.1 シリコン3端子 pnpn.....	280	諸特性.....	286
3.3.2 サイリスタ.....	281	3.4.4 その他.....	287
3.3.3 ワイドベース pnpn.....	282	3.5 その他.....	287
3.3.4 その他.....	282	3.5.1 デプリスタ.....	287

3・5・2	ネジスタ.....	288	トランジスタ.....	290	
3・5・3	サイラトロン型トランジスタ .....	289	3・5・6	電子なだれ注入ダイオード.....	290
3・5・4	テクネトロン.....	289	3・5・7	半導体パルス移動素子.....	291
3・5・5	合金接合電子なだれ		3・5・8	クライオサ.....	292
参考文献 .....		292			







# 第5編 特殊半導体素子

編主任 酒井善雄 (東京工業大学)

執筆者 穴山汎 (日本電電公社) 大下正秀 (東京工業大学)  
沖村浩史 (東京工業大学) 国岡昭夫 (千葉工業大学)  
高橋清 (東京工業大学)

## 目次

### 第1章 光電効果素子

1.1 光導電セル.....299	1.3 太陽電池.....309
1.1.1 セルの動作機構と光導電性.....299	1.3.1 太陽電池の基本動作.....309
1.1.2 セルの種類と製法.....301	1.3.2 太陽電池の構造ならびに 特性.....310
1.1.3 特性.....302	1.4 原子電池.....312
1.1.4 応用.....304	1.5 電界発光.....312
1.2 光電池.....304	1.5.1 ELセル.....313
1.2.1 光起電力効果の機構.....304	1.5.2 ELの特性.....313
1.2.2 光電池素子.....306	1.5.3 ELの応用.....313
1.2.3 光電池の応用.....308	

### 第2章 半導体抵抗素子

2.1 抵抗体.....316	2.3 バリスタ.....320
2.1.1 種類.....316	2.3.1 種類と特性.....320
2.1.2 特性.....316	2.3.2 応用.....321
2.2 サーミスタ.....317	2.4 ビエゾ抵抗体.....322
2.2.1 種類と製法.....317	2.4.1 種類と特性.....322
2.2.2 特性.....318	2.4.2 応用.....322
2.2.3 応用.....319	

### 第3章 磁電効果素子

3.1 ホール素子.....323	3.2 磁気抵抗素子.....330
3.1.1 動作機構.....323	3.2.1 磁気抵抗効果.....330
3.1.2 種類と特性.....325	3.2.2 磁気抵抗効果の応用.....331
3.1.3 応用例.....327	

### 第4章 熱電効果素子

4.1 基礎理論.....332	4.1.1 熱電効果.....332
------------------	--------------------

4.1.2	熱発電理論	334	4.2.3	耐熱熱電素子	338
4.1.3	熱電冷却理論	335	4.3	熱電素子およびその応用	339
4.2	熱電素子材料	336	4.3.1	電子冷凍	339
4.2.1	単一熱電素子	336	4.3.2	熱発電器	340
4.2.2	複合半導体素子	337	4.3.3	その他	340
参考文献		341			





# 第 6 編 ダイオード・トランジスタの特性

編主任 岡部 豊比古 (東京芝浦電気)

執筆者 島 享 (東京芝浦電気) 田丸 啓吉 (東京芝浦電気)  
垂井 忠明 (東京芝浦電気) 三浦 純一 (東京芝浦電気)  
山賀 威 (東京芝浦電気)

## 目 次

### 第1章 ダイオードの特性

1.1 ダイオードの静特性……………345	1.5 ダイオードの許容損失……………365
1.1.1 一般的静特性……………345	1.5.1 許容電力損失と容器温度 との関係……………365
1.1.2 静特性の温度変化……………347	1.5.2 ダイオードの熱抵抗……………366
1.1.3 高逆電圧における特性……………348	1.6 ダイオードの信頼度, 劣化……………367
1.1.4 高伝導における特性……………352	1.7 ダイオードの雑音……………369
1.2 ダイオードの静電容量……………355	1.7.1 ダイオードの雑音源……………369
1.2.1 不純物濃度分布……………355	1.7.2 パラクタ・ダイオードの雑音…370
1.2.2 静電容量の電圧依存性……………356	1.7.3 トンネル・ダイオードの雑音…371
1.3 ダイオードの周波数特性……………359	
1.4 ダイオードの等価回路……………363	

### 第2章 トランジスタの特性

2.1 トランジスタの静特性……………372	2.3 トランジスタの周波数特性……………385
2.1.1 一般的静特性……………372	2.3.1 $h_{21,b}$ , $h_{21,e}$ , $\alpha$ しゃ断周波数……………385
2.1.2 電子なだれ領域の静特性……………374	2.3.2 $h_{11,e}$ , $h_{11,b}$ の周波数特性……………387
2.2 トランジスタの小振幅定数と その等価回路……………375	2.4 トランジスタの温度特性……………388
2.2.1 4端子回路としての一般表現…375	2.4.1 静特性の温度変化……………388
2.2.2 トランジスタのデバイス・パ ラメータ……………377	2.4.2 熱暴走……………390
	2.4.3 $h$ パラメータの変化……………391
	2.5 トランジスタの雑音……………391

### 第3章 トランジスタの大振幅動作

3.1 大振幅パルスに対する 動作理論(I)……………393	3.2 大振幅パルスに対する 動作理論(II)……………396
3.1.1 動作領域の分類……………393	3.2.1 遅延時間……………397
3.1.2 直流特性……………394	3.2.2 ターン・オン時間……………398
3.1.3 トランジスタ内部の電荷分布…395	3.2.3 蓄積時間……………398

3・2・4	ターン・オフ 時間 ……………	399	3・3・2	表面障壁型 MADT……………	406
3・2・5	電荷制御理論の応用……………	399	3・3・3	メサ型……………	406
3・2・6	任意電流波形によるドライブ…	400	3・3・4	エピタキシャル・メサ型……………	408
3・2・7	コレクタ接合容量およびベ ス内過剰位相推移の考慮……………	401	3・4	トランジスタの正弦波大振幅動作…	408
3・2・8	2, 3 の補遺 ……………	402	3・4・1	C級動作と高調波の発生……………	408
3・3	実際の大振幅スイッチ特性……………	404	3・4・2	大振幅アドミタンス……………	409
3・3・1	合金型, ドリフト型……………	404	3・4・3	大振幅正弦波への小振幅正弦 波の重畳 (周波数変換作用) ……	411

#### 第 4 章 ダイオード・トランジスタの測定

4・1	静特性の測定……………	411	4・3・3	ダイオードの過渡応答……………	422
4・1・1	一般的事項……………	411	4・4	雑音の測定……………	425
4・1・2	直視装置……………	412	4・4・1	SG 法……………	425
4・2	小振幅定数の測定……………	413	4・4・2	雑音源方法……………	426
4・2・1	低周波 4 端子パラメータの 測定……………	413	4・5	熱抵抗の測定……………	426
4・2・2	高周波 4 端子パラメータの 測定……………	414	4・5・1	一般的事項……………	426
4・2・3	デバイス・パラメータの測定…	416	4・5・2	接合部温度測定法 (I)……………	427
4・2・4	$r_{bb}'C_c$ の測定……………	416	4・5・3	接合部温度測定法 (II)……………	427
4・2・5	$f_{ab}, f_T$ の測定 ……………	417	4・5・4	最大許容損失……………	429
4・2・6	超高周波における測定……………	418	4・6	その他のトランジスタ測定……………	429
4・2・7	接合部容量の測定……………	418	4・6・1	$f_{osc\ max}$ の測定……………	429
4・3	大振幅定数の測定……………	419	4・6・2	電力利得の測定……………	429
4・3・1	パルス応動特性の測定……………	419	4・6・3	ひずみ率の測定……………	430
4・3・2	ベース蓄積電荷量の測定……………	422	4・7	特殊ダイオードの測定……………	431
			4・7・1	バラクタの測定……………	431
			4・7・2	トンネル・ダイオードの測定…	434
参考文献	……………	436			







# 第 7 編 半導体回路理論

編主任 大内 淳 義 (日本電気)

執筆者 岡 島 徹 (電気通信研究所) 岸 上 利 秋 (電気通信研究所)  
杉 崎 眞 (日本電気) 高 木 政 晃 (日本電気)  
鳥 崎 俊 助 (小松電子) 中 村 清 (日本電気)  
福 井 初 昭 (ソ ニ ー) 山 崎 勝 一 (富士通)

## 目 次

### 第 1 章 基 礎 回 路 理 論

1.1 トランジスタ回路.....441	1.2.1 通常のダイオード.....470
1.1.1 線形回路.....441	1.2.2 エサキ・ダイオード.....471
1.1.2 非線形回路.....464	1.2.3 SCR.....480
1.2 ダイオードその他の回路.....470	

### 第 2 章 応 用 回 路 理 論

2.1 増幅回路.....481	2.3.3 可変容量ダイオードによる FM 変調.....505
2.1.1 バイアス回路.....481	2.4 スイッチ回路.....506
2.1.2 整合条件と利得.....481	2.4.1 ゲート回路.....506
2.1.3 高出力増幅回路.....487	2.4.2 増幅回路.....506
2.1.4 高周波増幅回路.....488	2.4.3 マルチパイプレータ.....506
2.1.5 帰還増幅回路.....488	2.5 パラメトリック回路.....514
2.1.6 非直線増幅回路.....491	2.5.1 非直線容量回路.....514
2.1.7 分布増幅回路.....491	2.5.2 非直線抵抗回路.....517
2.2 発振回路.....492	2.6 負性インピーダンス回路.....519
2.2.1 正弦波発振回路.....492	2.6.1 負性インピーダンスとその 応用.....519
2.2.2 非正弦波発振回路.....500	2.6.2 負性インピーダンス変換回路.....522
2.3 変調回路.....501	
2.3.1 変, 復調.....501	
2.3.2 ダイオード変調回路.....502	
参考文献 .....526	



# 第 8 編 線 形 増 幅

編主任 高田昇平(日立製作所)

執筆者 阿部善右エ門(日立製作所) 久保田 峻(日立製作所)  
上 妻 冲(日立製作所) 関口 存哉(日立製作所)  
永 田 穰(日立製作所) 成 田 昭(日立製作所)  
二 宮 康 明(電気通信研究所) 宮崎源太郎(日立製作所)  
油 井 重 樹(日立製作所) 渡 辺 宅 治(電気通信研究所)

## 目 次

### 第 1 章 トランジスタ直流増幅器

1.1 緒 言.....	531	1.3.2 トランジスタ・チョッパ.....	542
1.2 直結型直流増幅器.....	533	1.3.3 ダイオード・チョッパ.....	544
1.2.1 不平衡型増幅器.....	533	1.4 複合型直流増幅器.....	544
1.2.2 平衡型差動増幅回路.....	536	1.4.1 複合型回路の構成について.....	544
1.2.3 その他の注意点(段間結合と 出力増幅段).....	540	1.4.2 帰還回路の解析とその問題点.....	545
1.3 変調型直流増幅器.....	541	1.4.3 帰還増幅器の実例.....	546
1.3.1 変調器の現況.....	541	1.5 結 言.....	547

### 第 2 章 トランジスタ低周波増幅器

2.1 RC結合増幅回路.....	547	2.6 特殊回路.....	558
2.1.1 RC結合増幅回路の入力イン ピーダンスおよび利得.....	547	2.6.1 複合回路.....	558
2.1.2 RC結合増幅回路の電力効率.....	549	2.6.2 高入力インピーダンス回路.....	558
2.1.3 RC結合増幅回路の周波数特 性.....	549	2.6.3 低雑音回路.....	559
2.2 トランス結合増幅回路.....	551	2.6.4 特性等化回路.....	560
2.3 A級電力増幅回路.....	552	2.6.5 制限増幅回路.....	560
2.4 B級プッシュプル増幅回路.....	555	2.6.6 OTL 回路.....	561
2.5 トランジスタの放熱装置.....	557	2.7 相補トランジスタを利用した回路.....	562
		2.8 NIC による双方向中継器.....	563

### 第 3 章 トランジスタ広帯域増幅器

3.1 エミッタ接地抵抗結合増幅器.....	564	3.1.2 高周波補償回路.....	566
3.1.1 高周波特性.....	564	3.1.3 低周波特性.....	567

3.2 負帰還広帯域増幅器.....567	3.3 その他の広帯域増幅器回路例.....571
3.2.1 多重搬送電話中継器用負帰還 増幅器.....567	3.3.1 低雑音増幅回路.....571
3.2.2 テレビジョンに使用する負帰 還広帯域増幅器.....569	3.3.2 受像管駆動用高電圧出力回路...572
	3.3.3 数 10 Mc 以上の広帯域増幅 器.....573

#### 第 4 章 トランジスタ高周波および中間周波増幅器

4.1 トランジスタの電力利得.....574	4.10.1 概 要 .....589
4.2 単方向化.....575	4.10.2 構 造 .....589
4.3 安定度.....578	4.10.3 高周波増幅 .....589
4.4 段間結合回路.....579	4.10.4 混 合 .....591
4.5 利得制御.....581	4.10.5 発 振 .....591
4.6 温度特性.....582	4.11 テレビジョン用中間周波増幅器 ..591
4.7 雑音指数.....583	4.11.1 概 要 .....591
4.8 ラジオ用高周波増幅および混合回 路.....584	4.11.2 単位回路 .....592
4.9 ラジオ用中間周波増幅器.....586	4.11.3 利得制御 .....593
4.10 テレビジョン・チューナ回路 .....589	4.11.4 出力回路 .....593

#### 第 5 章 トランジスタ超高周波増幅器

5.1 普通の超高周波増幅回路.....594	回路.....594
5.2 同軸型トランジスタを用いた増幅	5.3 特殊な増幅回路.....596

#### 第 6 章 トンネル・ダイオード増幅器

6.1 トンネル・ダイオードの一般特性...596	6.2.1 直接型.....598
6.1.1 トンネル・ダイオードのイン ピーダンス特性.....596	6.2.2 サークュレータ型.....598
6.1.2 トンネル・ダイオードの雑音 特性.....597	6.2.3 ハイブリッド型.....599
6.1.3 トンネル・ダイオードのバイ アス法.....597	6.2.4 1/4 波長型.....599
6.2 トンネル・ダイオード増幅器.....598	6.2.5 分布型.....600
	6.3 トンネル・ダイオード・ダウン・ コンバータ.....600

#### 第 7 章 電界効果型トランジスタを用いた増幅器

7.1 低周波増幅器.....602	7.2 高周波増幅器.....602
参考文献 .....602	





# 第 9 編 発 振

編主任 伊 藤 糾 次 (早稲田大学)

執筆者 伊 藤 糾 次 (早稲田大学) 内 山 明 彦 (早稲田大学)  
三 宅 康 友 (日本大学) 宮 地 長 礼 (日本信号)

## 目 次

### 第 1 章 トランジスタ発振器の基本型式

1.1 概 説	607	1.2.2 負性抵抗発振回路	610
1.2 トランジスタ発振器の一般回路	607	1.2.3 トランジスタ発振回路の最高 発振周波数	613
1.2.1 帰還型発振回路	607		

### 第 2 章 自 励 型 発 振 器

2.1 $LC$ 発振回路	613	2.2.1 電流型 $CR$ 位相推移発振回路	618
2.1.1 コルピッツ発振回路およびハ ートレー発振回路	614	2.2.2 電圧型 $CR$ 位相推移発振回路	620
2.1.2 $LC$ 発振回路の周波数安定度 と安定化	615	2.2.3 不平衡ブリッジ型発振回路	621
2.1.3 反結合型発振回路	617	2.2.4 平衡ブリッジ型発振回路	625
2.2 $CR$ 発振回路	618	2.2.5 電圧制御型発振回路	626
		2.3 負性抵抗型発振回路	628

### 第 3 章 トランジスタ水晶発振器

3.1 帰還型水晶発振回路	630	3.2 負性抵抗型水晶発振回路	632
---------------	-----	-----------------	-----

### 第 4 章 特 殊 発 振 回 路

4.1 リンギング回路	633	4.4 音片発振回路	636
4.2 パルスド・オシレータ	634	4.5 音叉発振回路	636
4.3 遅延線路発振回路	635		

参考文献	636
------	-----





# 第10編 変, 復 調

編主任 生 田 滋 (富士通信機)

執筆者 雄 城 雅 嘉 (富士通信機) 勝 丸 国 三 (富士通信機)  
川 島 将 男 (富士通信機) 橋 本 綱 彦 (富士通信機)  
藤 森 昇 治 (富士通信機) 山 崎 晃 一 (富士通信機)  
山 崎 勝 一 (富士通信機)

## 目 次

### 第1章 連続波変調

1.1 振幅変調.....	639	1.2.1 概 説.....	644
1.1.1 概 説.....	639	1.2.2 変 調 器.....	645
1.1.2 両側帯波変復調器.....	639	1.2.3 FM 復調器.....	647
1.1.3 残留側帯波変復調器.....	640	1.2.4 周波数弁別器.....	649
1.1.4 単側帯波変復調器.....	640	1.2.5 その他の復調器.....	650
1.2 周波数変調.....	644		

### 第2章 パルス変調

2.1 概 説.....	651	2.4.1 PCM および $A-M$ 変調装置 の機能構成.....	666
2.2 パルス変復調理論.....	653	2.4.2 PAM 変復調回路.....	668
2.3 パルス変復調回路.....	662	2.4.3 瞬時圧伸回路.....	668
2.3.1 PAM 変復調回路.....	662	2.4.4 電圧保持回路.....	668
2.3.2 PWM 変復調回路.....	663	2.4.5 符号器回路.....	670
2.3.3 PPM 変復調回路.....	664	2.4.6 復号器回路.....	673
2.3.4 PNM 変復調回路.....	665	2.4.7 符号再生中継回路.....	674
2.4 パルス符号変調.....	666		

### 第3章 電信符号変調

3.1 概 説.....	676	3.5.3 高速度の振幅変調.....	682
3.2 符号型式.....	676	3.6 周波数変調.....	684
3.3 変調方式.....	677	3.6.1 変 調 器.....	684
3.4 変復調と半導体回路.....	678	3.6.2 復 調 器.....	686
3.5 振幅変調.....	678	3.6.3 高速度の周波数変調.....	689
3.5.1 変 調 器.....	678	3.7 位相変調.....	691
3.5.2 復 調 器.....	681	3.7.1 変 調 器.....	691

3・7・2 復 調 器.....	692	3・8 トランジスタ・リレー.....	693
3・7・3 特殊な変復調方式.....	692		
参考文献 .....	695		





# 第11編 パルス回路

編主任 遠藤 一郎 (電気通信研究所)

執筆者 川 又 晃 (電気通信研究所) 沢 辺 弘 (電気通信研究所)  
清 水 祐 信 (電気通信研究所) 伏 見 和 郎 (電気通信研究所)

## 目 次

### 第1章 基本回路

1.1 トランジスタのスイッチ特性……………699	1.3 基本スイッチ回路……………705
1.1.1 トランジスタ・スイッチの静 特性……………699	1.3.1 マルチパイプレータ……………705
1.1.2 トランジスタ・スイッチの過 渡特性……………700	1.3.2 ブロッキング・オシレータ……………714
1.2 パルス増幅器……………701	1.4 パルス回路設計上の一般的注意……………716
1.2.1 インバータ……………701	1.4.1 パルス回路用トランジスタ……………716
1.2.2 エミッタ・ホロワ……………704	1.4.2 電源, バイアスの選び方……………717
1.2.3 多段増幅器……………705	1.4.3 その他の注意……………718
	1.5 パルス回路用トランジスタの測定……………719

### 第2章 波形発生回路, 波形変換回路

2.1 パルス波形の定義と解析手段……………720	2.4 振幅選択回路およびゲート回路……………733
2.2 線形波形変換回路……………724	2.5 能動回路による波形発生回路……………738
2.2.1 微積分回路……………724	2.6 振幅比較回路および分周回路……………739
2.2.2 遅延回路……………727	2.7 特殊波形発生回路……………742
2.2.3 遅延回路によるパルスの発生……………730	2.7.1 パルス・ハートレー回路……………742
2.3 回路の周波数特性と動作波形の対 応……………731	2.7.2 階段波発生回路……………743
	2.7.3 のこぎり波発生回路……………744

### 第3章 パルス回路の応用

3.1 パルス発生器……………745	3.2.4 周波数カウンタ……………752
3.1.1 電圧パルス発生器……………745	3.3 電子交換用パルス回路……………754
3.1.2 プログラム・パルス発生器……………748	3.3.1 電子交換方式の概要……………754
3.2 計数回路……………749	3.3.2 空間分割方式用パルス回路……………754
3.2.1 2進計数回路……………749	3.3.3 走査回路……………755
3.2.2 10進計数回路……………750	3.3.4 時分割方式用パルス回路……………756
3.2.3 可逆計数回路……………752	3.4 アナログ-デジタル変換器……………757

3・4・1	アナログ-デジタル変換器 の機能……………757	3・6・4	掃引回路……………768
3・4・2	アナログ-デジタル変換器 の諸方式……………757	3・6・5	水平増幅器……………769
3・5	テレビジョン用パルス回路……………762	3・6・6	ブラウン管回路……………770
3・5・1	同期分離および増幅回路……………762	3・6・7	電源回路……………770
3・5・2	同期パルス発生回路……………762	3・6・8	トランジスタ式サンプリング ・オシロスコープ用回路……………770
3・5・3	垂直偏向回路……………763	3・7	アナログ計算機用半導体回路……………772
3・5・4	水平偏向回路……………765	3・7・1	掃選演算器……………772
3・6	トランジスタ化シンクロスコープ…766	3・7・2	演算増幅器……………773
3・6・1	シンクロスコープの回路……………766	3・7・3	掛算器……………776
3・6・2	垂直増幅回路……………767	3・7・4	関数発生器……………778
3・6・3	同期回路……………768	3・8	波高分析器……………779

#### 第4章 負性抵抗素子を用いたパルス回路

4・1	エサキ・ダイオードを用いたパル ス回路……………783	4・2・1	3端子ダイナトロン型負性抵 抗素子回路……………789
4・1・1	無安定マルチバイブレータ……………783	4・2・2	4端子ダイナトロン型負性抵 抗素子回路……………790
4・1・2	1安定マルチバイブレータ……………785	4・3	放電管型負性抵抗素子回路……………791
4・1・3	2安定マルチバイブレータ……………786	4・3・1	2端子放電管型負性抵抗素子 回路……………791
4・1・4	対回路……………786	4・3・2	3端子放電管型負性抵抗素子 回路……………791
4・1・5	遅延線を有する回路……………787		
4・1・6	エサキ・ダイオード, トラン ジスタ組合わせ回路……………788		
4・2	ダイナトロン型負性抵抗素子回路…789		
参考文献	……………793		







# 第12編 デジタル回路

編主任 西野博二（電子技術総合研究所）

執筆者 石井治（電子技術総合研究所） 加藤雄士（電子技術総合研究所）  
高島堅助（電気通信研究所） 西野博二（電子技術総合研究所）

## 目次

### 第1章 基本回路

1.1 基本回路の役割	799	1.4.1 飽和反転回路	809
1.2 論理回路	800	1.4.2 ダイナミック回路	811
1.2.1 ダイオード論理回路	800	1.4.3 電流スイッチング回路	812
1.2.2 ダイオード論理回路の多段接続	802	1.4.4 NOR 回路および NAND 回路	814
1.2.3 トランジスタ論理回路	804	1.4.5 古典的フリップ・フロップ	815
1.3 トランジスタによる増幅整形回路	805	1.5 その他の回路	816
1.3.1 スタティック回路とダイナミック回路	805	1.5.1 エサキ・ダイオードによる回路	816
1.3.2 飽和回路と非飽和回路	806	1.5.2 磁心とトランジスタを用いた回路	821
1.3.3 エミッタ・ホロワ	807	1.5.3 パラメトロン信号変換回路	823
1.4 各論	809		

### 第2章 記憶装置用の回路

2.1 記憶装置の概説	824	2.3 記憶装置用回路に用いられる半導体の特性	839
2.1.1 記憶装置とは	824	2.4 エサキ・ダイオード記憶装置	839
2.1.2 記憶装置の構成	825	2.4.1 記憶装置としてのエサキ・ダイオード	839
2.1.3 記憶装置の種類	826	2.4.2 記憶素子の構成	840
2.2 記憶装置用の回路の種類と特長	830	2.4.3 エサキ・ダイオード記憶装置の実例	842
2.2.1 書込み回路	831		
2.2.2 読出し回路	834		
2.2.3 選択回路	836		
参考文献	844		



# 第13編 電 源

編主任 宮 本 慶 己 (新 電 元 工 業)

執筆者 秋 浜 晴 彦 (新 電 元 工 業) 北 野 公 男 (新 電 元 工 業)  
木 下 清 宣 (逢 鹿 産 業) 小 谷 野 謙 (新 電 元 工 業)  
竹 田 正 (日 本 電 気) 長 谷 川 治 郎 (新 電 元 工 業)  
宮 本 慶 己 (新 電 元 工 業)

## 目 次

### 第1章 電 源 の 種 類

1.1 概 説	851	1.2 直流電源の利用	851
1.1.1 直流電源装置	851	1.3 交流電源の利用	852
1.1.2 交流電源装置	851		

### 第2章 整 流 回 路 方 式

2.1 单相整流回路方式	852	2.2.2 三相全波整流回路	854
2.1.1 单相半波	852	2.2.3 六相半波 (星形六相) 整流回路	855
2.1.2 单相センタ・タップ	853	2.2.4 六相二重星形相間リアクトル付整流回路	855
2.1.3 单相ブリッジ	853	2.2.5 六相全波 (組合わせ三相全波) 整流回路	855
2.1.4 その他の单相整流回路	853		
2.2 三相整流回路	853		
2.2.1 三相半波整流回路	853		

### 第3章 整 流 器 の 構 造

3.1 構 成	855	3.2 冷却方式	856
---------	-----	----------	-----

### 第4章 直 並 列 運 転

4.1 直列運転	856	4.2 並列運転	857
----------	-----	----------	-----

### 第5章 整流器の電圧変化方式

5.1 変圧器タップ切換	858	5.3 スライド変圧器	859
5.2 誘導電圧調整器	859	5.4 可飽和リアクトル	860

### 第6章 定 電 圧, 定 電 流 方 式

6.1 検出回路	861	6.1.2 電圧検出回路	862
6.1.1 概 説	861	6.1.3 電流検出回路	864

6.2 操作方法……………	864	方式……………	866
6.2.1 電動機操作の場合……………	864	6.3 乱調の防止……………	869
6.2.2 可飽和リアクトルなどによる			

### 第7章 リップルの除去法

7.1 平滑用フィルタ一般……………	871	7.2.2 単一コンデンサの場合の特性…	875
7.2 平滑用フィルタの設計……………	874	7.3 使用部品の設計, その他……………	875
7.2.1 逆L多段フィルタの設計……………	874		

### 第8章 半導体整流器の保護装置

8.1 シリコンおよびゲルマニウム整流器の過電圧保護……………	876	8.3 その他の保護回路……………	882
8.1.1 過電圧保護……………	876	8.4 保護に用いる回路要素……………	882
8.1.2 過電流保護……………	878	8.4.1 サージ・アブゾーバ……………	882
8.2 セレン整流器の保護回路……………	881	8.4.2 高速度ヒューズ……………	883

### 第9章 整 流 素 子

9.1 素子の種類……………	883	9.3 ゲルマニウム整流素子……………	888
9.2 シリコン整流素子……………	884	9.4 セレン整流素子……………	889

### 第10章 パワー・トランジスタの応用

10.1 パワー・トランジスタの種類 ……	892	10.4 自励インバータ ……	896
10.2 パワー・トランジスタ特性 ……	893	10.5 他励インバータ ……	899
10.3 直列トランジスタ電圧降下制御による安定化電源 ……	895	10.6 パワー・トランジスタの応用例 ……	899

### 第11章 SCR 応 用 電 源

11.1 SCR の構造と特性……………	903	11.3 整流回路 ……	907
11.1.1 構造 ……	903	11.4 インバータ ……	908
11.1.2 特性 ……	903	11.5 コンバータ ……	910
11.2 制御方法 ……	905	11.5.1 周波数通昇変換器 ……	910
11.2.1 点弧特性 ……	905	11.5.2 直流チョップ ……	910
11.2.2 点弧回路 ……	906	11.6 充電器および無停電電源装置 ……	910

### 第12章 シリコン太陽電池電源

12.1 素子の構造, 動作および特性 ……	911	12.1.4 変換効率 ……	912
12.1.1 構造 ……	911	12.1.5 出力特性 ……	912
12.1.2 動作 ……	911	12.1.6 温度特性 ……	913
12.1.3 波長感度特性 ……	911	12.2 電源装置 ……	913

12.2.1	太陽の輻射エネルギー ……913	量 ……913
12.2.2	基本回路 ……913	12.2.4 太陽電池出力電圧 ……914
12.2.3	太陽電池電源装置の出力容	12.2.5 蓄電池 ……914

### 第13章 各種直流電源の実例

13.1	高電圧電源 ……914	13.4.2	自励復巻同期発電機の自励 用電源 ……919
13.1.1	電気集塵用(コットレル) 整流器 ……914	13.4.3	鉸山防爆型電源 ……919
13.1.2	直流高電圧応用電源 ……915	13.5	SCR 応用変換器 ……920
13.2	電気化学用電源 ……915	13.6	通信用直流電源 ……920
13.2.1	電気分解用電源 ……915	13.6.1	電話交換機用直流電源 ……921
13.2.2	メッキ用, 電解研磨用電源 ……917	13.6.2	搬送電話用直流電源 ……921
13.2.3	電気防食用電源 ……917	13.6.3	電信用整流装置 ……921
13.3	アーク用電源 ……917	13.6.4	構内電話交換用電源 ……922
13.3.1	アーク炉用電源 ……917	13.7	電子計算機用電源 ……922
13.3.2	放電加工用電源 ……917	13.7.1	アナログ・コンピュータ用電 源 ……923
13.3.3	溶接用, 映写機用電源 ……917	13.7.2	デジタル・コンピュータ用 電源 ……923
13.4	電動機用電源 ……918		
13.4.1	電鉄変電所用電源 ……918		
参考文献	……924		



# 第14編 マイクロ波回路

編主任 増田 孝雄 (電気通信研究所)

執筆者 喜田 昭一 (電気通信研究所) 二宮 康明 (電気通信研究所)

## 目 次

### 第1章 概 説

### 第2章 マイクロ波検波器

2.1 検波特性.....928	2.3 温度特性.....932
2.1.1 2乗検波特性.....928	2.4 耐電力性.....932
2.1.2 電流感度の周波数特性.....930	2.5 マイクロ波インピーダンス.....933
2.2 雑音特性.....930	2.6 ビデオ検波.....933
2.2.1 熱雑音.....930	2.7 検波器用ダイオードの構造.....935
2.2.2 散弾雑音.....931	2.8 マイクロ波検波回路の実例.....936
2.2.3 フリッカ雑音.....931	

### 第3章 周波数変換器

3.1 周波数変換器の種類.....936	3.5.1 局発電力およびバイアス電圧 の影響.....945
3.2 変換器の理論.....938	3.5.2 温度特性.....945
3.2.1 変換損失.....938	3.5.3 受信周波数変換器用ダイオー ドの規格.....946
3.2.2 変換器の雑音.....941	3.6 送信周波数変換器.....946
3.3 変換器用ダイオード.....942	3.7 周波数変換器の遅延特性.....948
3.3.1 半導体の種類と比抵抗.....942	3.8 周波数変換器回路の実例.....950
3.3.2 ダイオードの構造.....943	3.8.1 平衡型.....950
3.4 変換器用ダイオードの試験法.....944	3.8.2 不平衡型.....951
3.4.1 変換損失の測定.....944	3.8.3 高調波受信.....952
3.4.2 雑音温度比の測定.....944	
3.5 受信変換器の特性.....945	

### 第4章 周波数逡倍器

4.1 逡倍理論.....953	4.3 周波数逡倍器の特性.....957
4.2 逡倍器の雑音.....956	4.4 周波数逡倍器の応用例.....959



## 第5章 エサキ・ダイオードを用いた回路

5.1 増幅器	963	5.2 発振器	970
5.1.1 エサキ・ダイオードの高周波特性	963	5.2.1 発振器	970
5.1.2 基本回路の安定条件	964	5.2.2 エサキ・ダイオードの性能指数	974
5.1.3 増幅器の特性	966	5.3 周波数変換器	974
5.1.4 分布定数回路	969	5.4 検波器	976

## 第6章 その他のマイクロ波回路

6.1 振幅制限器	976	6.3.2 自動周波数制御	982
6.2 切換器, 変調器および移相器	978	6.4 マイクロ波パルスの発生と再生	983
6.2.1 切換器および変調器	978	6.5 マイクロ波計算機	984
6.2.2 移相器	980	6.6 その他の半導体素子の応用	987
6.3 自動振幅制御および自動周波数制御	981	6.6.1 電力計	987
6.3.1 自動振幅制御	981	6.6.2 減衰器および変調器	991
参考文献	993		





# 第15編 パラメトリック増幅器

編主任 増田 孝雄 (電気通信研究所)

執筆者 岡島 徹 (電気通信研究所) 喜田 昭一 (電気通信研究所)

## 目 次

### 第1章 概 説

- 1.1 歴史的背景 .....997 概説 .....997  
1.2 パラメトリック増幅器の分類と名

### 第2章 基 礎 理 論

- 2.1 非直線リアクタンスの基本的 線容量の特性 .....1000  
特性 ..... 999  
2.1.1 上側帯波を用いる方式 .....1000  
2.1.2 下側帯波を用いる方式 .....1000  
2.2 小信号理論による解析 .....1000  
2.2.1 周波数  $f_p$  で励振された非直 2.2.2 不要側帯波を外部回路ですべ  
て短絡した場合の解析 .....1001  
2.2.3 不要側帯波を外部回路ですべ  
て開放した場合の解析 .....1002  
2.3 変調と復調 .....1003

### 第3章 パラメトリック増幅器用ダイオード

- 3.1 非直線容量ダイオードの理論 .....1004  
3.1.1 空乏層容量 .....1004  
3.1.2 拡散容量 .....1005  
3.2 パラメトリック増幅器用ダイオードの設計 .....1005  
3.2.1 ダイオードの特性定数 .....1005  
3.2.2 有能指数の検討 .....1006  
3.3 ダイオードの特性の測定法 .....1009  
3.3.1 インピーダンスの測定 .....1009  
3.3.2  $Q$ およびしゃ断周波数の測定 1010  
3.4 ダイオードの特性 .....1012  
3.4.1 インピーダンス特性 .....1012  
3.4.2 雑音特性 .....1013  
3.4.3 温度特性 .....1014  
3.4.4 特性の一覧表 .....1014  
3.5 新しい型のダイオード .....1015  
3.5.1 直列抵抗を減少させる構造 .....1015  
3.5.2 パラメータ励振率を大にする  
構造 .....1016  
3.5.3 進行波型 .....1018

### 第4章 下側帯波パラメトリック増幅器

- 4.1 ダイオードの有能指数 .....1018  
4.1.1 不要側帯波を外部回路ですべ  
て短絡した場合の解析 .....1018  
4.1.2 不要側帯波を外部回路ですべ  
て開放した場合の解析 .....1019  
4.1.3 パラメトリック増幅器の等価  
回路 .....1020  
4.2 負性抵抗 .....1021  
4.3 増幅回路の構成 .....1022  
4.4 増幅利得 .....1022

4.4.1 直接増幅	1023	4.7 安定度	1029
4.4.2 変換増幅	1023	4.7.1 励振電力の変動	1030
4.4.3 両増幅器の比較	1024	4.7.2 励振周波数の変動	1030
4.5 帯域幅	1024	4.7.3 ダイオードの温度特性	1030
4.6 雑音指数	1025	4.7.4 バイアス電圧の変動	1030
4.6.1 変換増幅	1025	4.7.5 サーキュレータの温度特性	1030
4.6.2 直接増幅	1026	4.7.6 直接増幅と変換増幅との安定度の比較	1030
4.6.3 下側帯波パラメトリック増幅器の雑音指数最小の条件	1027	4.7.7 安定度対策	1031
4.6.4 $R_L$ が存在するときの雑音指数	1027	4.8 設計例	1031
4.6.5 両側帯波受信の雑音指数	1027	4.8.1 直接増幅	1032
4.6.6 最適動作点	1028	4.8.2 変換増幅	1034
4.6.7 冷却による低雑音化	1029	4.8.3 両側帯波受信	1034

### 第5章 上側帯波パラメトリック増幅器

5.1 増幅利得	1035	5.5 帯域ならびに安定度	1037
5.2 雑音指数最小の条件	1035	5.6 設計例	1038
5.3 増幅利得最大の条件	1036	5.7 送信周波数変換器	1038
5.4 全雑音指数最小の条件	1037		

### 第6章 進行波型パラメトリック増幅器

6.1 位相条件	1040	6.2 増幅特性	1042
6.1.1 入力が $f_1$ および $f_2$ の両成分よりなる場合の利得	1040	6.2.1 増幅利得の単方向性	1042
6.1.2 進行波型パラメトリック増幅器の位相条件	1042	6.2.2 帯域, 雑音指数	1042
		6.3 設計例	1043

### 第7章 特殊方式

7.1 上下側帯波共用方式	1044	7.2.2 Hoganの方法	1045
7.2 低周波励振方式	1044	7.3 振幅制限器としての動作	1046
7.2.1 Changの方法	1045	7.4 非可逆素子としての動作	1046
参考文献	1047		



# 第 16 編 デ ー タ

編主任 猪 瀬 博 (東京大学)

執筆者 武 市 武 (電子機械工業会)

## 目 次

### 1. 数 表

1.1 常用数値およびその対数 ……………1051	び常用対数 ……………1056
1.2 4 桁常用対数 ……………1052	1.5 指数関数および双曲線関数 ……………1061
1.3 4 桁自然対数 ……………1054	1.6 ベッセル関数 ……………1064
1.4 ラジアン, 三角関数の真数およ	

### 2. 物 理 諸 表 お よ び 単 位

2.1 物質構成粒子表 ……………1067	2.3 物質定数表 ……………1069
2.2 物理定数 ……………1068	2.4 元素周期律表 ……………1071
2.2.1 基礎定数 ……………1068	2.5 単位略号 ……………1072
2.2.2 重要定数 ……………1069	2.6 基本量換算表 ……………1073

### 3. 材 料 諸 表

3.1 半導体エッチング液一覧表 ……………1075	3.2 各種状態図 ……………1076
----------------------------	---------------------

### 4. 半 導 体 素 子 規 格 表

4.1 国産ダイオード規格表 ……………1078	4.1.4 スイッチング用ダイオード ……1093
4.1.1 ダイオード (一般用) ……………1078	4.1.5 UHF ミキサ用ダイオード ……1094
4.1.2 定電圧ダイオード ……………1085	4.2 国産トランジスタ規格表 ……………1095
4.1.3 電圧可変容量ダイオード ……1091	

### 5. 回 路 諸 表

5.1 リアクタンス図表 ……………1168	5.3 デシベル算出表 ……………1171
5.2 時定数算出図表 ……………1170	