

I 部 品 篇

目 次

1. 部 品 総 論……………1

1.1 部品の信頼性 …………… 2	1.2.4 衝撃試験 …………… 37
1.1.1 信頼性の概念 …………… 2	1.2.5 振動試験 …………… 38
1.1.1 信頼性の定義と故障分類 …………… 3	1.2.6 気圧試験 …………… 40
1.1.3 信頼度関数の誘導 …………… 4	1.2.7 宇宙環境試験 …………… 41
1.1.4 電子部品の有効寿命 …………… 6	1.2.8 標準試験状態 …………… 42
1.1.5 電子部品の信頼度 …………… 8	
1.2 環境試験 …………… 33	1.3 標準化 …………… 43
1.2.1 温度試験 …………… 33	1.3.1 標準化の意義と目的 …………… 43
1.2.2 湿度試験 …………… 35	1.3.2 標準化の動向 …………… 43
1.2.3 塩水噴霧試験 …………… 36	1.3.3 標準化のための手法および適用 …… 45

2. 配線法ならびに配線用部品……………53

2.1 概 説 …………… 53	2.3.6 配線用工具 …………… 68
2.2 配 線 法 …………… 53	2.4 プリント配線 …………… 71
2.2.1 使用材料の面よりの分類 …………… 53	2.4.1 プリント配線板の製法 …………… 71
2.2.2 接続方法の面よりの分類 …………… 53	2.4.2 部品取付け, ハンダ付け …………… 77
2.2.3 線材による配線 …………… 54	2.4.3 プリント配線板の用途 …………… 78
2.3 ハンダ付け接続 …………… 57	2.5 巻付接続(ワイヤラッピング) …… 80
2.3.1 前 処 理 …………… 57	2.5.1 概 説 …………… 80
2.3.2 ハンダ付け配線の基本工程 …………… 59	2.5.2 ラッピング法 …………… 80
2.3.3 後 処 理 …………… 61	2.5.3 線材と端子 …………… 81
2.3.4 ハンダ付け材料 …………… 62	2.5.4 工具とその保守ならびにラッピング 接続の点検 …………… 82
2.3.5 端 子 類 …………… 67	

2 | 部品篇 目 次

2.5.5 作業者の教育と管理	84	2.7.4 コネクタの性能	94
2.6 溶接接続	85	2.7.5 コネクタの材料	94
2.6.1 溶接その他の接続法	85	2.7.6 コンタクト電線の接続法	96
2.6.2 抵抗溶接法の応用	86	2.7.7 使用上, 取扱い上の注意	97
2.6.3 冷間圧接法の応用	88	2.8 配線検査	98
2.7 コネクタ	89	2.8.1 概 要	98
2.7.1 コネクタの必要性	89	2.8.2 不良内容	98
2.7.2 コネクタの構造	89	2.8.3 検査方法	99
2.7.3 コネクタの種類	91	2.8.4 ハンダ付け接続における品質	100
		2.8.5 ハンダ付け作業教育	100

3. 電線およびケーブル.....103

3.1 概 説	103	3.3.2 線路定数と構造	118
3.2 配線用絶縁電線	104	3.3.3 線路損失と反射	118
3.2.1 導 体	104	3.3.4 電力伝送容量	119
3.2.2 絶 縁 体	105	3.3.5 同軸コードの安定度	120
3.2.3 主な配線用電線の種類と規格	106	3.3.6 遮蔽 (shielding)	121
3.2.4 完成電線の特性	113	3.3.7 複同軸, 平衡型コード	121
3.2.5 ワイヤーハーネス, テープ電線	114	3.3.8 パルスケーブル	122
3.2.6 電源コードおよびキャブタイヤ ケーブル	116	3.3.9 各種同軸コード	123
3.2.7 配線用絶縁電線取扱い上の諸注意	116	3.4 遅延ケーブル, 高インピーダンス ケーブル	125
3.2.8 電線試験法	116	3.4.1 構造と電気特性	125
3.3 同軸コード	117	3.5 ストリップライン	126
3.3.1 用途と種類および周波数帯域	117		

4. 回路部 品.....129

4.1 概 説	129	4.2.1 磁性材料	130
4.2 コイルおよび変成器	130	4.2.2 コイル	134
		4.2.3 変成器	137

4.2.4	電源変圧器	143	4.5.2	音さ音片振動子	188
4.3	コンデンサ	146	4.5.3	リードセレクト	190
4.3.1	誘電材料	146	4.5.4	セラミック振動子	194
4.3.2	コンデンサ各論	152	4.5.5	圧電変換子	199
4.4	抵抗器	161	4.5.6	圧磁変換子	203
4.4.1	抵抗材料	163	4.6	ブロック・フィルタ	208
4.4.2	抵抗器用絶縁材料	164	4.6.1	総説	208
4.4.3	固定抵抗器	164	4.6.2	水晶フィルタ	210
4.4.4	可変抵抗器	168	4.6.3	セラミック・フィルタ	215
4.4.5	特殊抵抗器	169	4.6.4	メカニカル・フィルタ	218
4.5	振動素子	182	4.7	遅延回路	225
4.5.1	水晶振動子	182	4.7.1	集中定数形遅延素子	225
			4.7.2	超音波遅延回路	233

5. 電子管.....241

5.1	総論	241	5.4	放電管	281
5.1.1	電子管の主な種類と形名	241	5.4.1	熱陰極放電管	281
5.1.2	電子管の定格と代表的動作例	244	5.4.2	冷陰極放電管	284
5.1.3	信頼性、寿命と使用条件	245	5.4.3	マイクロ波帯の放電管	287
5.2	受信管および送信管	246	5.5	計数および表示管	288
5.2.1	受信管	246	5.5.1	計数用電子管	288
5.2.2	送信管	252	5.5.2	表示用電子管	291
5.2.3	マイクロ波帯の送受信管	257	5.6	映像管	295
5.3	マイクロ波管	258	5.6.1	ブラウン管 (cathode-ray tube)	295
5.3.1	クライストロン	258	5.6.2	光電管と光電子増倍管	299
5.3.2	進行波管および後進波管	268	5.6.3	撮像管	302
5.3.3	磁電管 (マグネトロン)	275	5.6.4	像変換管 (image converter tube)	306
5.3.4	クロスフィールド管	279			

6. 半導体部品……………309

6.1 材 料 ……………309	スタとダイオード ……………340
6.1.1 半導体素子用材料の製法 ……………309	
6.1.2 半導体素子用材料の電氣的性質 ……311	
6.2 トランジスタおよびダイオードの 特性 ……………313	6.5 トランジスタ, ダイオード以外の 半導体部品 ……………346
6.2.1 ダイオード ……………313	6.5.1 光電素子 ……………346
6.2.2 トランジスタ ……………320	6.5.2 熱電素子 ……………349
6.3 トランジスタおよびダイオードの 特性測定法 ……………328	6.5.3 特殊抵抗素子 ……………350
6.3.1 ダイオード試験法 ……………328	6.6 トランジスタとダイオードの使用 法と寿命……………352
6.4 トランジスタとダイオードの構造 各論 ……………331	6.6.1 最大定格 ……………352
6.4.1 ダイオードおよび整流器 ……………331	6.6.2 信頼度と劣化 ……………359
6.4.2 トランジスタ ……………335	6.6.3 信頼度の試験法 ……………364
6.4.3 特殊な構造と特性をもったトランジ	6.7 半導体素子の規格 ……………372
	6.7.1 名称付与法 ……………372
	6.7.2 ダイオードならびにトランジスタの 規格表 ……………372

7. 超小型回路 (集積回路)……………385

7.1 電子回路の超小型化 ……………385	7.3 二次元回路 ……………393
7.1.1 超小型化の目的 ……………385	7.3.1 構成技術と素子 ……………393
7.1.2 種 類, 分 類 ……………385	7.3.2 構成方式例 ……………395
7.1.3 微小化の限界 ……………387	
7.2 高密度組立方式 ……………389	7.4 固 体 回 路 ……………396
7.2.1 モジュール化 ……………389	7.4.1 基本的構成 ……………396
7.2.2 マイクロモジュール ……………389	7.4.2 製作技術 ……………398
7.2.3 その他の方式 ……………392	7.4.3 構成要素 ……………401

8. 機 構 部 品……………405

8.1 概 説……………405

8.2 リレーとスイッチの原理……………405

8.2.1 接 点……………405

8.2.2 ばね系……………410

8.2.3 電磁系……………413

8.3 各種リレーおよびスイッチ……………418

8.3.1 ワイヤスプリングリレー……………419

8.3.2 水平形およびW形継電器……………424

8.3.3 70号形継電器……………426

8.3.4 有極継電器……………427

8.3.5 水銀接点リレー……………430

8.3.6 リード・リレー……………432

8.3.7 小形リレー……………433

8.3.8 クロスバ・スイッチ……………438

8.3.9 回転スイッチ……………440

8.3.10 その他の電磁部品……………442

8.4 構成材料の概要……………442

8.4.1 接点材料……………442

8.4.2 ばね材料……………444

8.4.3 成形（有機）材料……………459

8.5 リレーとスイッチの使い方……………468

8.5.1 リレー，スイッチの選び方と応用例
……………469

8.5.2 接点保護回路……………474

8.5.3 リレー，スイッチ使用上の注意事項
……………475

9. 電 源 装 置……………477

9.1 概 説……………477

9.1.1 経済化の条件……………477

9.1.2 信頼度の問題……………477

9.1.3 電源用部品と使用定格……………478

9.2 整 流 器……………485

9.2.1 整流回路……………485

9.2.2 整流素子一般……………489

9.2.3 シリコン整流素子……………490

9.2.4 シリコン整流器の保護方式……………496

9.2.5 セレン整流素子……………499

9.2.6 整流器一般……………502

9.3 安 定 電 源……………506

9.3.1 安定電源装置の動向……………506

9.3.2 磁気回路による安定電源……………512

9.3.3 真空管による安定電源……………511

9.3.4 トランジスタによる安定電源……………512

9.3.5 大容量直流安定電源……………516

9.4 電力変換装置およびSCR応用回路 ……………518

9.4.1 電力変換用半導体素子……………519

9.4.2 トランジスタインバータ……………521

9.4.3 SCRインバータ，コンバータ……………522

9.4.4 SCR応用回路……………528

9.5 電 池……………529

9.5.1 乾電池	529	9.5.4 アルカリ蓄電池	551
9.5.2 空気湿電池	535	9.5.5 逆電池	553
9.5.3 鉛蓄電池	538	9.5.6 燃料電池	553

10. 計測用部品.....555

10.1 変換器	555	10.2.2 サーボモータ	568
10.1.1 変換方式	555	10.3 指示記録, 調節装置	576
10.1.2 測温材料	558	10.3.1 指示方式	576
10.1.3 ひずみ計, 圧力計材料	563	10.3.2 記録計	576
10.1.4 湿度計素子	564	10.3.3 調節計	581
10.1.5 差動変圧器	564	10.4 特殊材料	586
10.2 駆動装置	565	10.4.1 電熱材料	586
10.2.1 小形電動機	565	10.4.2 軸受材料	587

11. 磁気記録用部品.....589

11.1 概 説	589	11.3.1 磁器録音テープ	603
11.2 ヘッド	589	11.3.2 ビデオテープ	607
11.2.1 録音ヘッド	589	11.3.3 計測用磁気記録媒体	611
11.2.2 VTR用ヘッド	595	11.4 機構部品	614
11.2.3 計測用デジタル磁気ヘッド	598	11.4.1 録音用テープ駆動機構	614
11.3 テープ	603	11.4.2 VTR用機構部品	616

12. 計算機用部品.....621

12.1 概 説	621	12.3 記憶素子および記憶媒体	632
12.2 スイッチング素子	621	12.3.1 内部記憶装置の素子	632
12.2.1 超小形論理回路素子	621	12.3.2 補助記憶装置の媒体	647
12.2.2 磁性素子	625	12.3.3 超伝導素子	657
		12.3.4 その他	661

12.4 入出力装置	664	12.4.2 電子的入出力装置	671
12.4.1 機械的入出力装置	664		

13. 光関係部品

13.1 電子写真	677	13.3.5 光導電セルの応用	694
13.1.1 概説	677		
13.1.2 電子写真の種類	677	13.4 光源	695
13.1.3 各方式の説明	677	13.4.1 温度放射によるもの	695
13.1.4 電子写真の工程	682	13.4.2 ルミネッセンス	696
13.1.5 応用	683		
13.2 電子発光	684	13.5 検出器	698
13.2.1 電子発光現象	684	13.5.1 検出器の性能表示	698
13.2.2 固有型電子発光	684	13.5.2 熱検出器(thermal detector)	699
13.2.3 注入型電子発光	686	13.5.3 光検出器(photo detector)	700
13.2.4 電子発光(EL)パネル	686		
13.2.5 光増幅器	688	13.6 太陽電池	702
13.2.6 光像反転装置	690	13.6.1 太陽電池の基本動作特性	702
13.2.7 映像表示装置	690	13.6.2 変換効率	702
		13.6.3 シリコン太陽電池	703
13.3 光導電	691	13.6.4 その他の太陽電池	705
13.3.1 光導電セルの感度表示法	692		
13.3.2 光の波長によるセルの分類	692	13.7 レーザ	705
13.3.3 代表的光導電セルの特性	693	13.7.1 固体レーザー	706
13.3.4 光導電セルを使用する上の注意	694	13.7.2 ガスレーザー	708
		13.7.3 半導体レーザー	710

14. 音響部品

14.1 音響材料	713	14.2.1 コンデンサ・マイクロホン	719
14.1.1 振動板材料	713	14.2.2 バイプロメータ	723
14.1.2 磁性材料	716	14.2.3 振動計	725
14.1.3 吸音材料	718	14.2.4 騒音計	726
14.2 音響測定用部品	719		
		14.3 電話機	727

14.3.1 電話機の特異性727
 14.3.2 受話機727
 14.3.3 送話器730
 14.3.4 電話機回路732

14.4 マイクロホン,
 スピーカその他733
 14.4.1 マイクロホン733
 14.4.2 スピーカ736
 14.4.3 ピックアップ739

15. ミリ波およびマイクロ波部品.....741

15.1 概 説741

15.2 ミリ波およびマイクロ波伝送線路
741

15.2.1 同軸管741
 15.2.2 導波管744
 15.2.3 その他の伝送線路749

15.3 立体回路部品751

15.3.1 リアクタンス回路752
 15.3.2 接続用回路755
 15.3.3 多端子回路760
 15.3.4 濾波器と位相器761
 15.3.5 その他の立体回路764

15.4 半導体回路部品.....765

15.4.1 検波器および周波数変換器765
 15.4.2 切換器および変調器766

15.4.3 振幅制限器769

15.4.4 周波数逡倍器および
 パラメトリック増幅器770

15.4.5 エサキ・ダイオード
 を用いた回路部品773

15.5 非相反回路774

15.5.1 フェライトの超高周波特性775
 15.5.2 アイリレータ776
 15.5.3 サーキュレータ778
 15.5.4 フェライトの応用例780

15.6 ミリ波導波管線路782

15.6.1 円形導波管中の伝ばん特性782
 15.6.2 モード変換器785
 15.6.3 各種低損失導波管787
 15.6.4 導波管減衰量測定法789

II 基礎篇

目 次

1. 物性論序論……………1 (791)

1.1 原子・分子…………… 1	1.3.2 ファンデールワールスの力…………… 10
1.1.1 原子・分子…………… 1	1.3.3 イオン間の力…………… 10
1.1.2 原子構造…………… 2	1.3.4 化学的な結合力…………… 10
1.1.3 水素の原子スペクトル…………… 2	1.3.5 結合力による結晶の分類…………… 10
1.2 量子論…………… 2	1.4 結晶構造…………… 12
1.2.1 熱放射…………… 2	1.4.1 結 晶…………… 12
1.2.2 光電効果…………… 3	1.4.2 単 位 格 子…………… 12
1.2.3 コンプトン効果…………… 3	1.4.3 ミラー指数…………… 14
1.2.4 波動と粒子…………… 4	1.4.4 結晶構造の解析…………… 15
1.2.5 ボーアの理論…………… 4	1.4.5 代表的な物質の結晶構造…………… 15
1.2.6 電子のエネルギー状態の詳しい考察…………… 5	1.4.6 結晶の不完全性…………… 17
1.2.7 原子の核外電子配置…………… 6	1.5 固体内の電子状態…………… 18
1.2.8 量子力学…………… 9	1.5.1 ゴンマーフェルト
1.3 原子間の結合力…………… 9	(sommerfeld)の金属模型…………… 19
1.3.1 原子やイオンの間の力…………… 9	1.5.2 金属・半導体・絶縁体…………… 20

2. 固体の力学的性質

2.1 金属の弾性定数転位…………… 21	2.2.3 転位の自己エネルギー…………… 26
2.1.1 結晶のすべり…………… 21	2.2.4 転位間に働く力…………… 27
2.1.2 応力-ひずみの関係…………… 23	2.2.5 転位の増殖(フランク・リード源)…………… 27
2.2 転 位…………… 23	2.2.6 すべりと加工硬化…………… 28
2.2.1 転位の一般的な定義…………… 24	2.2.7 内 部 摩 擦…………… 28
2.2.2 混合転位…………… 25	2.2.8 転位による内部摩擦…………… 29
	2.2.9 変形による双晶…………… 29
	2.2.10 双晶変形の形成機構…………… 30

3. 固体の熱的性質……………31

3.1 定容比熱と定圧比熱…………… 31

- 3.1.1 格子比熱の考え方…………… 31
- 3.1.2 連続体の振動様式…………… 33
- 3.1.3 DEDYE 近似…………… 34
- 3.1.4 格子の配置エントロピー…………… 35

- 3.1.5 温度の関数として空孔と格子原子の
数…………… 36
- 3.1.6 金属における格子欠陥の生成…………… 37
- 3.1.7 金属における拡散…………… 38
- 3.1.8 金属の自己拡散…………… 39

4. 固体の光学的性質……………41

4.1 光と物質との相互作用…………… 41

- 4.1.1 自由空間および媒質中の光の伝播 41
- 4.1.2 光の屈折, 反射…………… 43
- 4.1.3 吸収媒質における単振動の複素平面
表示…………… 44
- 4.1.4 屈折率と誘電定数…………… 45
- 4.1.5 気体の光学定数と Cauchy
の関係式…………… 45
- 4.1.6 金属内の自由電子の光学特性…………… 46

- 4.3.2 フォトルミネッセンス…………… 51
- 4.3.3 KCl:TIのフォトルミネッセンス 51
- 4.3.4 ZnSけい光体のフォトルミネッセ
ンス…………… 52
- 4.3.5 電界発光(エレクトロルミネッセ
ンス)…………… 52

4.2 固体のバンド構造と光学現象 … 47

- 4.2.1 禁止帯幅(E_g)のちがいによる現象 47
- 4.2.2 励起子(exciton)およびけい光 … 47
- 4.2.3 着色中心…………… 48
- 4.2.4 光子エネルギーと波長…………… 48
- 4.2.5 半導体の光学遷移…………… 48
- 4.2.6 バンド間の光学遷移…………… 49
- 4.2.7 直接遷移と間接遷移…………… 49

4.4 レーザ発光…………… 54

- 4.4.1 誘導放出による発光現象…………… 54
- 4.4.2 負温度(negative temperature)… 55

4.3 固体の発光現象…………… 50

- 4.3.1 固体の発光…………… 50

4.5 光電導…………… 56

- 4.5.1 光電導と光電導物質…………… 56
- 4.5.2 光電導体におけるキャリア…………… 57
- 4.5.3 半導帯における電子エネルギー分布 57
- 4.5.4 キャリアの寿命…………… 58
- 4.5.5 光電導の時間的变化…………… 58
- 4.5.6 トラップ準位が1種類の場合の光
電導…………… 59
- 4.5.7 再結合中心とトラップ中心…………… 62

5. 固体の電氣的性質

5.1 金属の電気伝導	65	5.2.8 軟超伝導体・硬超伝導体	80
5.1.1 オームの法則	65	5.2.9 超伝導の機構	80
5.1.2 ブィーデマン・フランツの法則	67	5.3 半 導 体	82
5.1.3 電気伝導のバンド理論による説明	68	5.3.1 真性半導体	82
5.1.4 電気抵抗の原因	71	5.3.2 P形半導体	86
5.1.5 温度の影響	71	5.3.3 n形半導体	89
5.1.6 ジュール熱	72	5.3.4 化学的電荷密度と電氣的補償	90
5.1.7 圧力の影響	72	5.3.5 ドナーとアクセプタとが両方存在 する場合	91
5.1.8 残留抵抗	73	5.3.6 pn積は温度を指定すれば常に一 定	92
5.1.9 合金の抵抗	73	5.3.7 荷電粒子の拡散とドリフト	93
5.1.10 熱電現象	74	5.3.8 半導体と金属の接触	96
5.2 超 伝 導	76	5.3.9 pn接合	97
5.2.1 完全導電性	77	5.3.10 ダイオード	99
5.2.2 完全反磁性	77	5.3.11 半導体の熱電効果	103
5.2.3 磁界による超電導の破壊	78	5.3.12 電流磁気効果	106
5.2.4 磁界侵入の深さ	78	5.3.13 ひずみ抵抗効果	109
5.2.5 高周波域における電気抵抗	79	5.3.14 酸化物半導体	110
5.2.6 凍結磁束	79	5.3.15 焦電気効果と圧電気効果	114
5.2.7 エネルギーギャップ	79	5.3.16 固体の絶縁破壊と劣化	115

6. 固体の誘電的性質

6.1 誘電体の現象論	119	6.2.1 LORENTZ の分子電界	121
6.1.1 誘電体の中の電界	119	6.3 分極の機構	121
6.1.2 誘電率	119	6.3.1 軌導電子の弾性的変位(電子分極)	121
6.1.3 二つの異なった誘電体の境界	120	6.3.2 原子の弾性的変位(イオン分極, 赤 外分極)	122
6.1.4 反電界	120	6.3.3 固有双極子配向による分極(配向分	
6.2 分子電界	120		

極)	122	6.6.3 金属の誘電率	126
6.3.4 イオンの移動による分極	122		
6.3.5 誘電体中に導体あるいは他の誘電 体が混在するときの分極	122	6.7 強誘電体	126
6.4 誘電吸収と誘電損	123	6.7.1 強誘電体の現象論	127
6.4.1 誘電緩和	123	6.7.2 チタン酸バリウム	127
6.4.2 誘電吸収	123	6.7.3 分域構造とヒステレシス	127
6.4.3 誘電分散と誘電損	123	6.7.4 電歪	128
6.4.4 CoLE-CoLE 表示	124	6.8 ピエゾ電気	128
6.5 気体・液体の誘電率	124	6.9 誘電体の電気伝導	129
6.5.1 気体の誘電率	124	6.9.1 誘電体中のイオン伝導	129
6.5.2 液体の誘電率	124	6.9.2 誘電体中の電子伝導	129
6.5.3 水の誘電率	125	6.10 絶縁破壊	131
6.5.4 液体の誘電緩和	125	6.10.1 熱的破壊	131
6.6 固体の誘電率	125	6.10.2 電子的破壊	131
6.6.1 イオン結晶の誘電率	125	6.11 混合系の誘電率	131
6.6.2 分子結晶の誘電率	126	6.11.1 混合系の誘電率	131
		6.11.2 混合系の誘電緩和	132
		7. 固体の磁氣的性質	133
7.1 物質の磁性	133	7.7 磁気ひずみ	140
7.2 反磁性および常磁性	134	7.8 磁区理論	141
7.3 スピン配列と交換相互作用	135	7.9 形状変化に伴う効果	142
7.4 強磁性体	137	7.10 誘導磁気異方性	143
7.5 フェリ磁性体	138	7.11 磁化過程	145
7.6 結晶磁気異方性	139	7.12 時間を伴う効果	146
		8. ガラス・セラミックの物性	149
8.1 ガラス	149	8.1.2 ガラスの性質	149
8.1.1 ガラスの構造と組成	149	8.1.3 熱膨張	150

8.1.4 粘 度150
 8.1.5 応力の発生と除去150
 8.1.6 ガスの透過と放出151
 8.1.7 体積抵抗151
 8.1.8 表面抵抗152
 8.1.9 絶縁破壊152
 8.1.10 誘電的性質152

8.1.11 新しいガラス材料153

8.2 セラミックス154
 8.2.1 高周波絶縁用セラミックス154
 8.2.2 誘電体用セラミック157
 8.2.3 酸化物磁性体159
 8.2.4 酸化物半導体162

9. 有機物性165

9.1 序 説165

9.2 高分子の種類165

9.2.1 オレフィン系高分子(分類A-1) 167
 9.2.2 ジエン系高分子(A-2)167
 9.2.3 ビニル系およびビニリデン系高分子
 (A-3)167
 9.2.4 フッ素化合物高分子(A-5)167
 9.2.5 ポリアミド, ポリペプチドおよび
 ポリウレタン(B-1, B-2,
 B-3)167
 9.2.6 ポリエステル, ポリカーボネート
 (B-4, B-5)168
 9.2.7 ポリエーテル(B-6)168
 9.2.8 シリコン系高分子(C)168
 9.2.9 セルロース系高分子(D)168
 9.2.10 三次元構造を造る高分子(E) ...168

9.3 高分子の分子構造168

9.3.1 重合度168
 9.3.2 立体規則性, 立体異性169
 9.3.3 架 橋169
 9.3.4 共重合体169

9.3.5 混合物170

9.4 高分子材料の構造170

9.4.1 高分子の単結晶170
 9.4.2 高分子の多結晶構造170
 9.4.3 無定形高分子171

9.5 無定形高分子の物性171

9.5.1 マクロブラウン運動, 高分子の流
 動171
 9.5.2 ミクロブラウン運動とゴム弾性 ...171
 9.5.3 主 分 散172
 9.5.4 ガラス転移172
 9.5.5 ガラス状態の高分子の物性173

9.6 高分子結晶の物性173

9.6.1 高分子単結晶の物性173
 9.6.2 多結晶高分子の物性174

9.7 高分子の電気伝導174

9.7.1 高分子のイオン伝導174
 9.7.2 導電性高分子175
 9.7.3 高電界下での高分子の電気伝導 ...175

10. 気体物性……………177

- | | |
|--------------------------|----------------------------|
| 10.1 気体の分子運動論 ……………177 | 10.2.2 原子の電離 ……………188 |
| 10.1.1 気体の状態方程式 ……………177 | 10.2.3 多原子分子の解離 ……………190 |
| 10.1.2 気体の容積変化 ……………179 | 10.2.4 熱平衡状態の高温の気体(熱電離)191 |
| 10.1.3 輸送現象……………180 | |
| 10.1.4 分子の速度分布 ……………183 | 10.3 気体の電気的特性 ……………192 |
| 10.1.5 エネルギー等配則 ……………185 | 10.3.1 誘電率 ……………192 |
| 10.2 分子の構造の変化 ……………187 | 10.3.2 暗流(絶縁抵抗) ……………193 |
| 10.2.1 原子の励起と復帰 ……………187 | 10.3.3 火花放電(絶縁破壊) ……………195 |
| | 10.3.4 電気伝導……………196 |

11. 薄膜の物性……………199

- | | |
|----------------------------|----------------------------|
| 11.1 薄膜の形成 ……………199 | 11.3.1 膜厚と電気抵抗 ……………204 |
| 11.1.1 真空蒸着法 ……………199 | 11.3.2 電気抵抗の温度依存性 ……………206 |
| 11.1.2 臨界基板温度, 臨界蒸着速度 …199 | 11.3.3 電気抵抗の経時変化 ……………206 |
| 11.1.3 結晶核の発生と島構造 ……………200 | 11.3.4 金属薄膜抵抗素子 ……………207 |
| 11.1.4 予備蒸着の効果 ……………201 | 11.3.5 絶縁体薄膜を通しての電気伝導 209 |
| 11.1.5 斜め蒸着……………201 | 11.3.6 薄膜の誘電的性質 ……………210 |
| 11.1.6 単結晶薄膜 ……………202 | 11.3.7 薄膜の超電導 ……………212 |
| 11.2 薄膜の力学的性質 ……………203 | 11.4 薄膜の磁气的性質 ……………215 |
| 11.2.1 蒸着膜の強さ ……………203 | 11.4.1 一軸異方性 ……………215 |
| 11.2.2 内部応力……………204 | 11.4.2 磁区構造……………215 |
| 11.3 薄膜の電気的性質 ……………204 | 11.4.3 磁化の反転と履歴曲線 ……………216 |
| | 11.4.4 記憶素子への応用 ……………217 |

