

目 次

【 I 総論編】

序章 電子材料の展望

1 半導体材料	3	6 絶縁材料	5
2 半導体実装材料	3	7 磁性材料	5
3 半導体製造材料	4	8 光材料	5
4 導電材料	4	9 結晶材料	6
5 超導材料	4		

【 II 半導体編】

第1章 シリコン半導体

1 結晶成長法	9	4 シリコン結晶の大口径化	11
2 シリコン(ケイ素)・シリコン単結晶	9	5 シリコン単結晶の製造法	11
3 シリコン同位元素	9	6 シリコン・ウェハーの加工	14

第2章 シリコン単結晶のIC, LSIへの応用

1 真空管に代替する半導体トランジスタ	17	3 n型, p型半導体を利用した電子回路パーツ	19
2 半導体特性を利用したn型, p型, i型化	17	4 集積回路の分類	21

第3章 IC, LSIの製造法

1 微細電子回路の形成	23	5.2 イオンドーピング, イオンインプラン ティーション	41
2 Siウェハーの酸化, 窒化	24	6 デポジション(堆積)	43
3 リソグラフィ(露光転写)	26	6.1 常圧CVD法	43
4 エッチング(食刻)	33	6.2 低圧CVD法	45
4.1 ウエットエッチング	33	6.3 プラズマCVD法	45
4.2 ドライエッチング	35	6.4 スパッタ法による金属薄膜形成	45
5 ドーピング	38	6.5 光CVD法	46
5.1 熱拡散法	38		

第4章 半導体製造材料

1 マスク	48	5 シリサイド	51
2 フォトレジスト	48	6 IC用電極	51
3 フォトレジスト補完材	50	7 半導体用ガス	52
4 サセプター	51	7.1 エピタキシャルガス	53

7.2	ドーピングガス	55	8	超純水	56
7.3	エッチングガス	56			

第5章 三次元回路素子

1	三次元回路素子の概念	59	3	XMOSトランジスタ	60
2	SOI (silicon on insulator) 技術	59			

第6章 耐環境強化素子

1	耐環境強化素子の概念	62	3	SiC半導体の製法と素子化	63
2	炭化ケイ素 (SiC) 半導体の登場	63			

第7章 化合物半導体

1	化合物半導体の概念	65	(HET)	70	
2	化合物半導体単結晶の製造法	67	5	超格子素子	71
2.1	HB法とLEC法	67	6	チャープ超格子	71
2.2	pBNを利用した直接合成法	68	7	分子線結晶生成 (MBE)	73
2.3	MLEC法とスーパー MLEC法	69	8	ファンデルワールス力利用の超格子結晶成長技術	74
3	高速電子移動素子 (HEMT)	70	9	有機金属気相成長 (MO-CVD)	75
4	ホット・エレクトロン・トランジスタ				

第8章 太陽電池素子

1	シリコン単結晶太陽電池素子	77	2	印刷式 II - IV 族化合物半導体薄膜太陽電池	78
---	---------------	----	---	---------------------------	----

第9章 アモルファス・シリコン (a-Si) 半導体

1	アモルファス・シリコン太陽電池	80	開発	82	
2	光電変換率向上への開発動向	81	2.3	多層構造広域集光型セルの開発	83
2.1	ワイドバンドギャップ n 層の開発努力	81	2.4	アモルファス超格子構造の a-Si	83
2.2	p 型 a-SiC/a-Si : H 接合セルの		3	アモルファス半導体の大面積化と単産性	84

第10章 超電導素子

1	ジョセフソン接合の原理	86	4	パラメトロン超電導素子	88
2	ジョセフソン接合の基本構造	86	5	ジョセフソン素子の応用	89
3	ジョセフソン素子の開発動向	87			

【Ⅲ 半導体実装材料編】

第11章 ICパッケージ

1	フラットパッケージ, デュアルインパッケージ	93	6	リードフレーム	98
2	チップキャリア	94	7	ボンディングワイヤ	98
3	フィルムキャリア	95	8	ダイボンディング	99
4	フリップチップ	95	9	封止材料	99
5	パッケージ材料による分類	96	10	ICチップ表面コート材	101

第12章 特殊基板

1	ハイブリッドIC	102	1.3	多様化する実装方式	103
1.1	ハイブリッドICの概念	102	2	SOS (silicon on sapphire) 基板	104
1.2	ハイブリッドICの種類と性質	102	3	SOS (silicon on silicon) 基板	105

第13章 配線板(基板)

1	配線板(基板)の概念	106	11	セラミック多層配線板	133
2	配線板(基板)の分類	107	12	実装部品としての抵抗, コンデンサ	136
3	銅張積層配線板	107	12.1	厚膜抵抗, 厚膜コンデンサ	136
4	多層プリント配線板	115	12.2	チップ抵抗とチップ・コンデンサ	137
5	銅メッキ(フルアディティブ)配線板	118	12.3	チップインダクタ	141
6	フレキシブル配線板(FPC)	121	13	複合配線板	142
7	マルチワイヤ配線板(MWB)	121	13.1	ホーロー配線板	142
8	チップキャリアとSMT基板	123	13.2	メタルコア配線板	143
9	はんだとはんだ付け装置	125	14	アモルファス配線板	143
10	セラミック配線板	130			

【Ⅳ 機能材料編】

第14章 圧電材料, 焦電材料

1	圧電セラミック	149	1.7	表面弾性波(SAW)用圧電単結晶, 薄膜材料	151
1.1	BaTiO ₃	149	1.8	超音波モーターへの応用	151
1.2	Pb(Zr-Ti)O ₃ , (PZT)系	149	2	焦電セラミックス	154
1.3	A(B ₁ , B ₂)O ₃ -PZT系	150	3	圧電フィルム	155
1.4	PbTiO ₃ 系	150	4	焦電フィルム	156
1.5	PbNb ₂ O ₃ 系	151	5	圧電・焦電フィルムの応用	157
1.6	非鉛系圧電セラミックス	151			

第15章 固体電解質

1 固体電解質の概念	159	5 イオン・電子混合導電体	161
2 アルカリイオン導電体	159	6 固体電解質の応用	161
2.1 β -アルミナ, β'' -アルミナ	159	6.1 Na-S電池	161
2.2 Li_3N ほか	160	6.2 Li電池	162
3 Ag^+ および Cu^+ イオン導電体	160	6.3 固体電解質型燃料電池	162
4 O^{2-} イオン導電体	160	6.4 酸素センサー	162
4.1 安定化ジルコニア	160	7 高分子固体電解質	163
4.2 ThO_2 , CeO_2	161		

第16章 磁性材料

1 硬質磁性材料と軟質磁性材料	164	6 ネオジム-鉄磁石	169
2 永久磁石	164	7 パーマロイ	169
3 アルニコ磁石, Fe-Cr-Co磁石, Mn-Al-C磁石	167	8 シート磁石	172
4 フェライト磁石	167	9 磁気冷凍システム	173
5 希土類磁石	168	10 磁性流体材料	175

第17章 磁気記録材料

1 磁気記録のしくみ	177	6 フロッピーディスク	185
2 磁気記録媒体としての微粒子	177	7 磁気ヘッド	187
3 磁気テープ	179	8 アモルファス磁気ヘッド	189
4 デジタルオーディオテープ (DAT)	182	9 垂直磁気記録	190
5 磁気ディスク	184	10 バリウムフェライト	191
5.1 塗膜ディスク	184	11 垂直磁気記録用磁気ヘッド	193
5.2 薄膜ディスク	185	12 磁気バブル記録	195
5.3 酸化物薄膜ディスク	185	13 垂直ブロッホライン・メモリ	196
5.4 金属薄膜ディスク	185	14 磁気カード	198

第18章 熱電変換素子

1 熱電変換材料	200	4 原子力電池	202
2 アモルファス熱電変換素子	202	5 熱電変換材料の応用可能性	203
3 ナトリウムイオン熱電気変換システム	202		

【V オプトエレクトロニクス材料編】

第19章 発光素子 (光半導体素子)

1 レーザー	207	2 LED, 発光ダイオード	209
--------	-----	----------------	-----

3 レーザーダイオード, LD半導体レーザー … 213	3.3 多重量子井戸半導体レーザー…………… 215
3.1 LDのしくみ …………… 213	4 光増幅素子…………… 216
3.2 LDの材質 …………… 213	5 OEIC・光IC …………… 217

第20章 光通信用光ファイバー

1 光ファイバー通信の概念…………… 222	13 赤外線光ファイバー…………… 238
2 光ファイバー通信のメリット…………… 223	13.1 重金属酸化物ガラスファイバー…………… 239
3 光ファイバー通信のデメリット…………… 224	13.2 カルコゲン化物ガラスファイバー…………… 239
4 光ファイバーの材質…………… 224	13.3 ハロゲン化物ガラスファイバー…………… 239
5 光ファイバー通信システム技術の開発指向… 225	13.4 ハライド化合物単結晶ファイバー…………… 239
6 石英ガラス光ファイバー…………… 226	13.5 酸化ゲルマニウム系光ファイバー…………… 239
7 光ファイバーケーブル…………… 230	14 光デバイス…………… 240
8 光コネクタ…………… 231	14.1 分布帰還 (DFB) 型レーザーダイオード…………… 240
9 光ファイバー自動融着接続装置…………… 234	14.2 光スイッチ…………… 240
10 光・電力複合ケーブル…………… 235	14.3 光スターカップラ…………… 241
11 プラスチック光ファイバー…………… 235	14.4 光合波分波器…………… 241
12 偏波面保存光ファイバー, 定偏波光ファイバー (SPF) …………… 237	

第21章 レーザー材料

1 固体レーザー…………… 243	2 波長可変レーザー…………… 247
1.1 Nd ³⁺ 添加YAGレーザー…………… 243	3 SHG (第2高調波発生) …………… 248
1.2 Nd:Cr添加GSGGレーザー …………… 243	4 自由電子レーザー (FEL) …………… 250
1.3 Nd添加GGGレーザー, Nd, Ce: YLFレーザー…………… 244	5 エキシマレーザー…………… 252
1.4 Nd添加ガラスレーザー …………… 245	6 化学レーザー…………… 255
1.5 LNAレーザー, BELレーザー …………… 246	7 X線レーザー…………… 256
	8 色素レーザー…………… 257

第22章 レーザー加工機, レーザーメス

1 レーザー加工機の種類…………… 260	4 ガスレーザー加工機の開発動向…………… 264
2 レーザー加工機の種類…………… 262	5 3次元レーザー加工システム…………… 265
3 固体レーザー加工機の開発動向…………… 263	6 レーザーメス…………… 266

第23章 光記録材料

1 デジタルオーディオディスク (DAD)…………… 268	6 非球面レンズ…………… 283
2 ビデオ・ディスク (VD) …………… 274	6.1 非球面レンズの概念…………… 283
3 光ディスク, CD・ROM…………… 277	6.2 CD (コンパクトディスク) への応用 …… 283
4 書き替え可能の光ディスク…………… 279	6.3 ガラス, プラスチックレンズの得失…………… 285
5 多ビーム半導体レーザー…………… 282	7 磁気カー効果利用の光磁気ディスク…………… 285

8 光化学ホールバーニング (PHB) メモリ.....	292	9 光カード.....	294
------------------------------	-----	-------------	-----

第 24 章 光プリンター材料

1 レーザープリンター.....	295	1.4 OPC感光ドラム.....	297
1.1 プリンターのしくみ.....	295	1.5 デジタルレーザープリンター.....	298
1.2 アモルファス・セレン感光ドラム.....	295	2 液晶 (シャッター) プリンター.....	299
1.3 a-Si 感光ドラム.....	296	3 LEDプリンター.....	300

第 25 章 ディスプレー材料

1 LED, SLD.....	302	4.5 強誘電性液晶.....	314
2 陰極管, CRT.....	303	4.6 液晶テレビ.....	316
3 蛍光体.....	305	5 蛍光表示管, VFD.....	318
4 液晶, LCD.....	306	6 プラズマディスプレイ.....	319
4.1 液晶の概念と特性.....	306	7 ECD.....	321
4.2 スメクチック液晶.....	310	8 EL.....	321
4.3 ネマチック液晶.....	310	9 タッチパネル.....	325
4.4 コレステリック液晶.....	312		

第 26 章 受光素子

1 光センサーの種類.....	328	2.2 CCDの電荷転送方式.....	331
2 CCD (charge coupled device) ・電荷結合素子.....	330	2.3 固体撮像素子としてのCCD.....	331
2.1 CCDの概念.....	330	2.4 CCDの応用.....	333

第 27 章 有機非線形光学材料

1 有機非線形光学材料の概念.....	335	3 有機非線形光学材料の特徴.....	338
2 有機非線形光学材料の特性.....	336	4 有機非線形光学材料の開発動向.....	339

【VI センサー材料】

第 28 章 センサー材料

はじめに.....	343	6 酸素センサー.....	354
1 温度センサー.....	343	7 湿度センサー.....	355
2 焦電型赤外線センサー (パイロセンサー).....	345	8 受光センサー.....	355
3 磁気センサー.....	347	9 除霜センサー.....	355
4 圧力センサー.....	348	10 光ファイバー応用センサー.....	355
5 ガスセンサー.....	353	11 検出用スイッチセンサー.....	357
		12 超音波センサー.....	358

13	バイオセンサー	359	15	インテリジェントセンサー, スマートセンサー	363
14	味覚, 嗅覚センサー (バイオミメテックスセンサー)	362			

【VII 金属材料編】

第29章 高融点金属

1	高融点金属の一般特性	369	4	タンタル	371
2	ニオブ	370	5	タングステン	372
3	モリブデン	370			

第30章 超電導材料

1	超電導材料の概念	373	4	金属間化合物	376
2	超電導材料の一般特性	373	5	極低温材料	378
3	ニオブ-チタン合金	375			

第31章 形状記憶合金

1	形状記憶合金の概念	380	3	形状記憶合金の応用例	382
2	形状記憶合金の一般特性	380			

第32章 水素吸蔵金属

1	水素吸蔵金属の特性	384	2	水素吸蔵金属の応用	386
---	-----------	-----	---	-----------	-----

第33章 アモルファス金属

1	アモルファスの概念	388	5	アモルファス磁気ヘッド	397
2	アモルファス金属の製法	388	6	アモルファス鉄心トランス	398
3	アモルファス金属の特性	392	7	アモルファス巻鉄心	400
4	アモルファス金属繊維	395	8	アモルファスフェライト	401

第34章 レアメタル

		404
--	--	-----

【VII ファインセラミック, 無機材料編】

第35章 セラミックス

1	セラミックス ファインセラミックスの概念	409
---	----------------------	-----

2	ファインセラミックスの高機能化	409	4	ワイブル係数	414
3	セラミックスの格子欠陥の制御	411			

第36章 セラミックスの製造技術

1	原料粉体微粒子の製法	415	4	加工法	418
2	成型法	415	5	セラミックスの非破壊検出法	418
3	焼成	416			

第37章 ファインセラミックス

1	窒化ケイ素 (Si ₃ N ₄)	420	7	炭窒化ホウ素	427
2	炭化ケイ素 (SiC)	423	8	コーージェライト	429
3	サイアロン	424	9	透明セラミックス	429
4	窒化アルミニウム	425	10	PLZT (ランタン酸・ジルコン酸・チタン酸鉛)	430
5	ジルコニア, 部分安定性ジルコニア (PSZ)	425			
6	窒化ホウ素 (ボロンナイトライド)	426			

第38章 無機高分子

1	無機高分子の概念	433	3	架橋, 層状無機高分子	433
2	直鎖状無機高分子	433	4	網状無機高分子	434

第39章 結晶材料

1	合成水晶	435	6	BSO	445
2	合成サファイア	438	7	BGO	446
3	合成ダイヤモンド	439	8	YAG	446
4	立方晶窒化ホウ素	444	9	アレキサンドライト	447
5	GGG	445			

第40章 希土類 レアアース

1	希土類の概念	448	2	希土類の種類	452
---	--------	-----	---	--------	-----

【IX有機材料編】

第41章 エンジニアリングプラスチック

1	エンジニアリングプラスチックの種類	457		からみた材料選択	459
2	エンジニアリングプラスチックの要求特性				

第42章 熱可塑性エンジニアリングプラスチック

1	ポリアミド	462	13	ポリフェニレンサルファイド (PPS)	486
2	ポリアミドイミド	464	14	フッ素樹脂	488
3	ポリアセタール	466	15	AAS樹脂	492
4	ポリカーボネート (PC)	467	16	ABS樹脂	492
5	変性ポリフェニレンオキサイド (変性PPO)	468	17	ACS樹脂	495
6	ポリエチレンテレフタレート (PET)	471	18	AES樹脂	495
7	ポリブチレンテレフタレート (PBT)	472	19	AS樹脂	499
8	ポリアリレート	474	20	ポリメチルペンテン (TPX) (メチルペン テンポリマー)	499
9	ポリサルフォン	476	21	超高分子量ポリエチレン (UHMW-PE)	501
10	ポリエーテルサルフォン (PES)	478	22	アイオノマー樹脂	501
11	ポリエーテルエーテルケトン (PEEK)	481	23	ポリエステルエラストマー	503
12	ポリエーテルイミド	484			

第43章 熱硬化性エンジニアリングプラスチック

1	フェノール樹脂	508	5	シリコン樹脂	515
2	ジアリルフタレート (DAP)	508	6	ポリイミド樹脂	517
3	不飽和ポリエステル樹脂	511	7	ポリイミドフィルム	520
4	エポキシ樹脂	512			

第44章 特殊フィルム材料

1	感光性フィルム	523	3	透明導電性フィルム	527
2	偏光フィルム	525			

第45章 導電性高分子材料

1	導電性プラスチック (30%以上カーボン 添加)	530	5	有機化合物超電導体	539
2	導電性プラスチック (フィラー添加)	532	6	有機光半導体 (OPC)	541
3	導電性接着剤	533	7	電磁波シールド材料	542
4	有機半導体	535	8	電波暗室	547
			9	電波吸収複合材料	547

【X バイオ材料編】

第46章 酵 素

1	酵素の概念	553	3	酵素の分類	554
2	酵素の特性	553	4	導電性酵素膜	557

第 47 章 モノクローナル抗体

..... 558

第 48 章 分子ダイオード

..... 559

第 49 章 バイオチップ

1	バイオチップの概念.....	562	3	ホロニックコンピューター, バイオホロニックコンピューター.....	563
2	バイオニクス.....	563			

第 50 章 ラングミュア・プロジェクト膜 (LB膜)

1	LB膜の概念	565	2	LB膜利用技術の開発動向	565
---	--------------	-----	---	--------------------	-----

【XI 資料編】..... 569

【索引】..... 577

