

目 次

1 序	1
1.1 はじめに——人類と光の関わり	1
1.2 発光と受光に関連するエレクトロニクス技術の発展	2
1.3 本書の構成	5
2 発光・受光の基礎	6
2.1 光と物質が関わる物理的現象	6
2.2 光と電子の相互作用	10
2.2.1 束縛電子と光の相互作用	11
2.2.2 誘電率	12
2.2.3 電気双極子のエネルギー吸収	16
2.2.4 格子振動と光の相互作用	17
2.2.5 自由電子ガスと光の相互作用	20
2.2.6 量子論的取扱いの必要性	21
2.3 光吸収と発光（フォトルミネッセンス）	22
2.3.1 バンド間吸収	22
2.3.2 励起子吸収	26
2.3.3 発光過程（ルミネッセンス）	32
2.4 電界による発光（エレクトロルミネッセンス）	35
2.5 光電効果（光伝導，光電子放出，光起電力）	38
2.5.1 光伝導	38
2.5.2 光電子放出	40
2.5.3 光起電力	42
2.6 電子放出	46
2.6.1 熱電子放出	46
2.6.2 電界電子放出	49

3 無機エレクトロルミネッセンス	52
3.1 無機薄膜 EL 素子の動作原理	52
3.1.1 交流薄膜型無機 EL 素子の構造と基本動作	52
3.1.2 発光層へのキャリア（電子）注入	54
3.1.3 高電界下での電子のエネルギー分布	57
3.1.4 発光中心の直接衝突励起と励起断面積	62
3.2 2 元系硫化物 EL 材料	66
3.2.1 母体材料，発光中心の物性	66
3.2.2 主な 2 元系硫化物 EL 材料の薄膜作製方法と EL 素子特性	71
3.3 多元系硫化物 EL 材料	75
3.3.1 主な多元系硫化物 EL 材料	75
3.3.2 多元系硫化物薄膜の作製	83
3.3.3 多元系硫化物 EL 素子の特性	85
3.4 酸化物 EL 材料	88
3.4.1 酸化物蛍光体	88
3.4.2 酸化物蛍光体薄膜 EL と素子構造	88
3.4.3 Mn 付活酸化物蛍光体	89
3.4.4 他の金属元素付活酸化物蛍光体	96
4 有機エレクトロルミネッセンス	103
4.1 有機 EL デバイスの動作原理	103
4.1.1 有機 EL の動作・発光過程	104
4.1.2 有機 EL からの光取出し過程	112
4.2 低分子有機 EL	118
4.2.1 はじめに	118
4.2.2 素子構造と動作機構	119
4.2.3 有機 EL 材料	122
4.2.4 応用展開	130
4.2.5 おわりに	133
4.3 高分子有機 EL	134
4.3.1 はじめに	134
4.3.2 導電性高分子発光材料	136
4.3.3 発光原理と素子構造	138
4.3.4 高分子発光材料	141
4.3.5 今後の展開	143
5 蛍光体	145
5.1 蛍光体概論	145
5.1.1 はじめに	145

5.1.2 電子遷移	145
5.1.3 結晶中の電子遷移	148
5.1.4 発光現象の種類	151
5.1.5 発光特性の評価	155
5.1.6 代表的な蛍光体	156
5.1.7 おわりに	161
5.2 深紫外励起蛍光体	162
5.2.1 蛍光体としての要件	162
5.2.2 母体励起となる蛍光体	163
5.2.3 局在中心で吸収／発光する蛍光体	165
5.3 窒化物蛍光体	169
5.3.1 ケイ窒化物，ケイ酸窒化物	169
5.3.2 CaAlSiN ₃	176
5.3.3 GaN, AlN	179
5.4 ナノ蛍光体	183
5.4.1 半導体ナノ粒子	183
5.4.2 ナノ粒子蛍光体	191
6 半導体発光デバイス	198
6.1 発光ダイオード，半導体レーザの動作原理	198
6.1.1 発光ダイオードの動作機構	198
6.1.2 発光ダイオードの配光特性	201
6.1.3 発光ダイオードの高効率化技術	202
6.1.4 半導体レーザの動作機構	203
6.1.5 半導体レーザのビーム伝搬特性	207
6.2 GaN 系発光ダイオード，半導体レーザ	209
6.2.1 はじめに	209
6.2.2 GaN 系発光ダイオード	210
6.2.3 GaN 系半導体レーザ	212
6.3 希土類添加半導体発光デバイス	217
6.4 酸化物半導体発光デバイス	227
6.4.1 ZnO 系材料の格子定数とバンドギャップ	228
6.4.2 ZnO の励起子の関与した誘導放出とレーザ発振	229
6.4.3 n 型 ZnO と p 型 GaN 系材料の接合による LED	232
6.4.4 ZnO 系材料の pn 接合による LED	233
6.5 ダイアモンド半導体発光デバイス	237
6.5.1 はじめに	237
6.5.2 ダイアモンド励起子 LED	238

6.5.3	高い内部量子効率の実現理由	242
6.5.4	ま と め	245
6.6	量子ドット光デバイス, 微小共振器光デバイス	246
6.6.1	発光層としての量子ドットの特徴	246
6.6.2	量子ドットを用いた半導体レーザ	248
6.6.3	量子ドットを用いた光増幅器	249
6.6.4	量子ドットからの単一光子発生と単一光子発生ダイオード	249
6.6.5	微小共振器とその特徴	252
6.6.6	面発光レーザおよび微小共振器レーザ	253
6.6.7	微小共振器に関連する光物性	254
6.7	量子ナノ構造とテラヘルツ光デバイス	256
6.7.1	テラヘルツ電磁波技術とその応用	256
6.7.2	二重障壁共鳴トンネルダイオード	257
6.7.3	半導体超格子とブロッホ利得	258
6.7.4	量子井戸中のサブバンド間遷移と赤外光検出器への応用	262
6.7.5	単一電子トランジスタを用いた超高感度テラヘルツ電磁波検出	265
6.8	中・遠赤外線発光デバイス, 量子カスケードレーザ	268
6.8.1	長波長赤外線レーザの応用	268
6.8.2	バンド間遷移長波長赤外線半導体レーザの特徴	269
6.8.3	量子カスケードレーザ	273
7	白 色 光 源	277
7.1	白色光源の種類と動作原理	277
7.1.1	はじめに	277
7.1.2	白色 LED 開発の歴史と種類	279
7.1.3	構造と配光特性および発光効率	279
7.1.4	白色光の発生と動作原理	281
7.1.5	白色 LED の色調特性	283
7.2	白色 LED の構造と特性	285
7.2.1	はじめに	285
7.2.2	最新技術動向	288
7.2.3	白色 LED 照明技術とその応用	289
7.3	白色 LED の高効率化	292
7.3.1	はじめに	292
7.3.2	白色 LED の高効率化	294
7.3.3	白色 LED の高出力化	298
7.3.4	ま と め	299

8	受光素子, 光触媒	301
8.1	光伝導材料と光伝導型検出器	301
8.1.1	光伝導材料	302
8.1.2	光伝導型検出器	304
8.2	光起電力材料と光起電力型検出器	307
8.2.1	光起電力材料	307
8.2.2	光起電力型検出器	309
8.3	太 陽 電 池	313
8.3.1	はじめに	313
8.3.2	シリコン太陽電池	314
8.3.3	シリコン薄膜太陽電池	315
8.3.4	化合物薄膜太陽電池	318
8.3.5	超高効率太陽電池	319
8.3.6	色 素 増 感	320
8.3.7	今後の展開	321
8.4	光電面デバイス	323
8.4.1	光電面の種類	323
8.4.2	各種の光電面デバイス	327
8.5	紫外線センサ	332
8.5.1	はじめに	332
8.5.2	シリコン系材料	333
8.5.3	窒化ガリウム系材料	335
8.5.4	硫化亜鉛, セレン化亜鉛系材料	337
8.5.5	酸化亜鉛系材料	340
8.6	窒化物光触媒	342
8.6.1	はじめに	342
8.6.2	窒化物光触媒の電気化学評価システム	342
8.6.3	窒化物半導体の電気化学的性質	343
8.6.4	窒化物光触媒による水素発生	345
8.6.5	終わりに	347
9	ディスプレイ	349
9.1	ディスプレイ概論	349
9.1.1	はじめに	349
9.1.2	ディスプレイの動向	351
9.1.3	終わりに	356

9.2	無機 EL ディスプレイ	357
9.2.1	無機 EL ディスプレイの特徴	357
9.2.2	無機 EL ディスプレイの駆動方法	358
9.2.3	単色ディスプレイ	360
9.2.4	マルチカラーディスプレイ	361
9.2.5	フルカラー無機 EL	362
9.3	有機 EL ディスプレイ	366
9.3.1	はじめに	366
9.3.2	有機 EL の素子構造と特徴	367
9.3.3	有機 EL ディスプレイの方式	369
9.3.4	有機 EL ディスプレイの駆動方式	371
9.3.5	まとめ	373
9.4	プラズマディスプレイ	374
9.4.1	はじめに	374
9.4.2	プラズマディスプレイパネルの構造と動作原理	374
9.4.3	AC 型プラズマディスプレイパネルの紫外線発生機構	378
9.4.4	プラズマディスプレイパネル用蛍光体	379
9.4.5	関連材料技術	382
9.4.6	まとめ	384
9.5	電界放出ディスプレイ	384
9.5.1	はじめに	384
9.5.2	スピント型エミッタ FED	386
9.5.3	SED	388
9.5.4	カーボンナノチューブエミッタ FED	391
9.5.5	まとめ	392
9.6	電子ペーパー	393
9.6.1	はじめに	393
9.6.2	電子ペーパーに求める機能, 開発方向	394
9.6.3	電子ペーパーに向けた技術開発	395
9.6.4	終わりに	400
10	光電相互変換の展望——これからの 50 年	402
10.1	光電相互変換のこれからの問題	402
10.2	光電相互変換としての太陽	403
付録	本書に現れる人物名	409
索引		413