

目 次

第1章 光の本性

| | | |
|-----|--------------|----|
| 1.1 | 光の波動性 | 1 |
| 1.2 | 光の粒子性 | 5 |
| 1.3 | エネルギーの不連続性 | 9 |
| 1.4 | 波動と粒子の二重性の意味 | 13 |

第2章 半導体のエネルギー状態

| | | |
|-------|------------|----|
| 2.1 | 結晶構造とフォノン | 16 |
| 2.1.1 | 結晶構造 | 16 |
| 2.1.2 | 格子振動 | 18 |
| 2.2 | エネルギー帯構造 | 21 |
| 2.3 | 不純物状態 | 31 |
| 2.4 | 励起子 | 34 |
| 2.4.1 | 自由励起子 | 34 |
| 2.4.2 | 励起子複合体 | 35 |
| 2.4.3 | ポラリトン | 37 |
| 2.5 | ドナー・アクセプタ対 | 37 |

第3章 光の吸収

| | | |
|-------|----------------|----|
| 3.1 | 基礎吸収 | 39 |
| 3.1.1 | 直接遷移 | 41 |
| 3.1.2 | 間接遷移 | 42 |
| 3.1.3 | 強い電界があるときの基礎吸収 | 45 |
| 3.2 | 励起子吸収 | 47 |
| 3.3 | 等電子トラップによる吸収 | 51 |

| | | |
|-----|----------|----|
| 3.4 | 不純物による吸収 | 53 |
| 3.5 | その他の吸収 | 55 |

第4章 発光のメカニズム

| | | |
|---------|--------------------|----|
| 4.1 | 放出と吸収の関係 | 56 |
| 4.2 | 基礎遷移による発光 | 59 |
| 4.2.1 | 励起子再結合による発光 | 59 |
| 4.2.1.1 | 自由励起子 | 59 |
| 4.2.1.2 | 束縛励起子 | 63 |
| 4.2.2 | 伝導帯から価電子帯への遷移による発光 | 65 |
| 4.2.2.1 | 直接遷移 | 67 |
| 4.2.2.2 | 間接遷移 | 67 |
| 4.3 | 不純物の関与した遷移 | 68 |
| 4.3.1 | エネルギー帯不純物間遷移による発光 | 68 |
| 4.3.1.1 | 浅い不純物に関係した遷移 | 68 |
| 4.3.1.2 | 深い不純物に関係した遷移 | 72 |
| 4.3.2 | ドナー・アクセプタ対遷移による発光 | 72 |
| 4.3.3 | 等電子不純物での励起子発光 | 75 |
| 4.4 | 非放射再結合 | 76 |
| 4.4.1 | 多フォノン過程 | 76 |
| 4.4.2 | 表面再結合 | 76 |
| 4.4.3 | オージェ再結合 | 78 |

第5章 発光デバイス

| | | |
|---------|---------------|----|
| 5.1 | Pn 接合 | 79 |
| 5.2 | 発光ダイオード | 81 |
| 5.3 | 誘導放出 | 85 |
| 5.4 | 半導体レーザー | 89 |
| 5.4.1 | 利得と自然放出の割合 | 89 |
| 5.4.1.1 | k 空間で垂直な遷移 | 90 |
| 5.4.1.2 | k が保存されない場合 | 92 |
| 5.4.2 | 接合レーザーの発振条件 | 93 |

| | | |
|-------|--------------|----|
| 5.4.3 | ダブル・ヘテロ構造レーザ | 96 |
| | 参考文献 | 98 |

著者紹介

こゑ だ しゆん いち
権 田 俊 一

電子技術総合研究所
電波電子部
オプトエレクトロニクス研究室
工学博士