

目 次

1章 半導体レーザーの理論的基礎

1・1 二重ヘテロ構造半導体レーザーの基本構造と特性	1
〔1〕 光導波路としての半導体レーザー	2
〔2〕 pn接合による電流注入	7
〔3〕 レート方程式近似による半導体レーザーの特性解析	10
1・2 光増幅媒質としての半導体	12
〔1〕 複素誘電率を持つ媒質中の電磁波の伝搬	12
〔2〕 密度行列による複素分極率の求め方	13
〔3〕 半導体の屈折率分散, 自然放出, 誘導放出	14
〔4〕 半古典理論による半導体レーザー特性の記述	16
1・3 量子力学的レーザー方程式の半導体レーザーへの適用	18
〔1〕 半導体レーザーの機能化とより高い制御性への要求	18
〔2〕 半導体レーザーに対する量子力学的レート方程式と強度雑音	19
〔3〕 半導体レーザーに対する量子力学的ファンデルポール 方程式と周波数雑音およびスペクトル幅	23
参考文献	25

2章 半導体レーザーの周波数雑音, スペクトル幅とその制御

2・1 はじめに	27
2・2 周波数雑音とその制御	27
〔1〕 雑音を表わす尺度	27
〔2〕 フリーランニング状態の雑音	29
〔3〕 制御による雑音抑圧	32
2・3 スペクトル幅とその制御	38
〔1〕 スペクトル幅の現状	38
〔2〕 制御によるスペクトル幅の抑圧	43
2・4 おわりに	46

参考文献	47
------	----

3章 半導体レーザーの周波数変調と周波数雑音

3.1 はじめに	49
3.2 半導体レーザーの周波数変調	49
〔1〕 変調効率と位相遅れ	49
〔2〕 α パラメータのキャリア密度依存性	52
〔3〕 α パラメータの空間的不均一性の周波数変調特性への影響	54
〔4〕 分割電極を有する周波数変調半導体レーザーの プッシュプル動作	56
3.3 半導体レーザーの位相変調	57
3.4 半導体レーザーの振幅および周波数雑音	59
〔1〕 雑音スペクトル, 光子計数分布, スペクトル幅	59
〔2〕 量子力学的ランジュバン方程式	61
3.5 レーザー光の内部雑音と外部雑音	66
3.6 光減衰によるレーザー光雑音の変化	68
3.7 注入同期	69
3.8 周波数負帰還と位相同期ループ	71
3.9 おわりに	75
参考文献	75

4章 半導体レーザーの強度雑音

4.1 はじめに	77
4.2 モードホッピング雑音	78
〔1〕 実験結果	78
〔2〕 実用上の障害	81
〔3〕 発生原因に関する考察	81
4.3 モードホッピング雑音の抑圧	84
〔1〕 単一モード安定化による雑音低減	84
〔2〕 多モード化による雑音低減	87
4.4 おわりに	90
参考文献	90

5章 半導体レーザーの戻り光誘起効果

5.1 代表的な戻り光誘起効果	93
5.2 複合共振器モデル	93
〔1〕 基礎方程式	94
〔2〕 静特性への戻り光効果	95
〔3〕 動特性への戻り光効果	97
〔4〕 戻り光による雑音増大	100
5.3 モードホッピングと低周波雑音	100
〔1〕 ファブリペロー共振器レーザー	101
〔2〕 DFB レーザー	102
5.4 戻り光によるレーザー発振の不安定化	105
〔1〕 定常解の安定性	105
〔2〕 レーザー動作の不安定化とモードホッピング	105
〔3〕 軸モード間競合	107
〔4〕 不安定領域での出力の時間変化と雑音	107
5.5 戻り光誘起雑音の低減	108
〔1〕 レーザー共振器モードの安定化	109
〔2〕 干渉効果の低減	109
〔3〕 端面反射率の制御	109
〔4〕 光アイソレータの使用	110
5.6 おわりに	110
参考文献	111

6章 動的単一モード半導体レーザー

6.1 はじめに	113
6.2 動的単一モード動作の条件	113
6.3 ブラッグ導波路の反射・共振特性	115
6.4 分布反射型レーザー	120
6.5 分布帰還型レーザー	123
6.6 おわりに	130
参考文献	131

7章 量子井戸レーザーの理論的基礎

7・1 はじめに	133
7・2 バルク結晶における発光	134
7・3 量子井戸における発光	140
〔1〕 単一量子井戸 (single quantum well) 構造	140
〔2〕 多重量子井戸 (multi-quantum well) 構造	143
〔3〕 量子井戸におけるバンドテイリング	146
〔4〕 振動子強度の偏波面依存性	147
7・4 将来の展開とむすび	156
参考文献	157

8章 超格子構造の光物性と量子井戸レーザー

8・1 はじめに	161
8・2 超格子構造の光物性	163
〔1〕 発光波長のポテンシャル井戸層厚依存性	163
〔2〕 狭い発光半値幅	164
〔3〕 屈折率の構造依存性	164
〔4〕 室温励起子	165
8・3 量子井戸 (quantum well, 略して QW) レーザー	171
〔1〕 QW レーザーの研究の歴史	171
〔2〕 QW レーザーの発振特性	173
〔3〕 QW レーザー研究の最近の展開	178
8・4 おわりに	180
参考文献	180

9章 光双安定と半導体レーザー

9・1 はじめに	183
9・2 物質の光非線形応答	184
〔1〕 バンド間吸収	184
〔2〕 束縛電子および自由キャリアの非線形応答	185
〔3〕 励起状態の半導体の光非線形性	185

〔4〕 新しい光非線形材料	186
9・3 全光型光双安定と光論理	187
〔1〕 全光型光双安定	187
〔2〕 全光型光論理	190
9・4 双安定半導体レーザー	193
〔1〕 不均一励起半導体レーザー	193
〔2〕 半導体レーザー増幅器	199
〔3〕 注入同期半導体レーザー	201
9・5 光双安定素子・光論理素子の応用	204
〔1〕 時分割光交換用メモリ	204
〔2〕 データスイッチング	205
〔3〕 再生増幅器	205
9・6 おわりに	206
参考文献	206

10章 超短光パルスと半導体レーザー

10・1 はじめに	209
10・2 半導体レーザーによる超短光パルス発生の基礎	210
10・3 半導体レーザーによる超短光パルス発生法	214
〔1〕 Qスイッチング法	214
〔2〕 利得スイッチング法	216
〔3〕 モード同期法	222
10・4 おわりに	225
参考文献	227

11章 光電子集積回路 (OEIC)

11・1 はじめに	229
11・2 OEIC の概念	229
〔1〕 OEIC の定義・特徴	229
〔2〕 OEIC の基本技術	233
11・3 OEIC の現状	235
〔1〕 OEIC 光送信器	235

〔2〕 OEIC 光受信器	240
11・4 OEIC の可能性と課題	244
〔1〕 OEIC の可能性	244
〔2〕 OEIC の課題	246
11・5 おわりに	249
参考文献	249
終章 半導体レーザーの将来	
A. 半導体レーザーの開発の歴史	253
デバイス技術の発達	253
日本人研究者の果たした役割	254
B. 半導体レーザーに残された問題点	256
キャリアノイズ	256
量産技術	257
新材料	259
C. 光通信以外への応用	259
センサとして——波長範囲の拡大	260
イノベーションな発展への期待	261
D. 今後の展望	262
索引	265