

目 次

第1章 レーザとは何か	3
1.1 レーザの特長	3
① 単色性	4
② 指向性	4
③ 干渉性	4
④ エネルギー集中度及び高輝度性	4
1.2 レーザの原理	7
1.2.1 ボーアの振動条件	7
1.2.2 レーザ発振の原理	9
(1) 反転分布を必要とするレーザ発振	9
(2) 反転分布を必要としないレーザ発振	13
① 誘導ラマンレーザ	13
② パラメトリック発振	14
1.3 レーザ発振作用の基礎	14
1.3.1 レーザの基本構成	14
① レーザ媒質	15
② 励起源	15
③ 共振器	15
1.3.2 レーザの増幅作用	17
1.3.3 共振器の利得と損失	18
第2章 レーザ光の特性	21
2.1 発振器とモード	23
2.1.1 レーザ発振器	23
2.1.2 安定型光共振器の種類	25
2.2 横モード	27
2.3 縦モード	29
2.4 スペクトル線	30
2.4.1 均一な広がりをもつスペクトル線	30
2.4.2 不均一な広がりをもつスペクトル線	31

2.5 可干渉距離（コヒーレンス長）	33	4.10 偏光	61
2.6 光の速度	35	4.11 偏光消光比	62
2.7 レーザビームの基本操作	36	4.12 時間出力特性と空間出力特性	62
① 曲げる	36	4.13 変換効率	64
② 拡げる	37	4.14 寿命	65
③ 絞る	38	4.15 環境温度依存出力変動率	65
④ 振る	38	4.16 ビーム指向度安定性とビーム位置度安定性	66
⑤ 混ぜる・分割する	39	4.17 立ち上り時間	67
⑥ 受光する	40	4.18 ビーム振幅ノイズ	67
⑦ 散乱させる	40	4.19 ランダム空間ノイズ	68
⑧ 変調する	41	4.20 A/R スポット密度	68
		4.21 ウォームアップ特性	68
		4.22 スペクトル輝度性	68
		4.23 直線性	69
第3章 レーザの種類	43	第5章 市販レーザとその特性	71
3.1 レーザの種類とレーザ媒質	45	5.1 連続発振レーザ	71
3.1.1 気体レーザ	45	5.1.1 アルゴンレーザ及びクリプトンレーザ	71
3.1.2 固体レーザ	46	5.1.2 ヘリウム・ネオンレーザ	85
3.1.3 液体レーザ	47	5.1.3 その他のレーザ	90
3.1.4 半導体レーザ	47	5.2 パルスレーザ	91
3.1.5 その他のレーザ	47	5.2.1 YAGレーザ	92
3.2 レーザの種類と発振波長	48	5.2.2 窒素レーザ	106
第4章 レーザ光の特性と仕様値	49	5.2.3 ルビーレーザ	108
4.1 発振波長	52	5.2.4 金属蒸気レーザ	109
4.2 レーザ出力	52	5.2.5 エキシマレーザ	113
4.3 ビーム径	54	(1) レーザ CVD	126
4.4 ビーム拡り角	55	(2) リソグラフィ	127
4.5 モード間隔	56	(3) レーザマーキング	127
4.6 モード数	57	(4) ワイヤ被覆のストリップ	128
4.7 パルス幅	57	5.3 モードロック/キャビティダンブ レーザ	130
4.8 出力安定性と出力エネルギー安定性	58		
4.9 線幅とスペクトル幅とバンド幅	59		

5.3.1	モードロック YAG レーザ	131
5.3.2	モードロックイオンレーザ	133
5.4	波長可変レーザ (色素レーザ)	139
5.4.1	色素レーザの種類	140
5.4.2	連続発振の色素レーザ	142
5.4.3	パルス発振色素レーザ	148
(1)	Nd:YAG レーザ励起色素レーザ	153
(2)	エキシマレーザ励起色素レーザ	154
(3)	波長域別によるエキシマレーザ励起と YAG レーザ励起色素レーザの比較	155
(4)	窒素レーザ励起色素レーザ	157
(5)	フラッシュランプ励起色素レーザ	158
5.5	波長可変レーザ (その他)	162
(1)	モード同期によるパルス発振の色素レーザ	162
(A)	イオンレーザ	164
(B)	Nd:YAG レーザ	164
(2)	F・センターレーザ	168
(3)	アレキサンドライトレーザ	174
5.6	半導体レーザ	175
5.6.1	半導体レーザの原理	175
5.6.2	市販半導体レーザの種類と特性	178
5.7	波長変換レーザ	182
5.7.1	高調波 (特に第2高調波) 発生装置	183
5.7.2	和周波/差周波発生装置	183
5.7.3	誘導ラマン発振装置 (ラマンレーザ)	185
5.7.4	光パラメトリック発振器	187
5.8	市販レーザの将来への展望	188
5.8.1	エキシマレーザ	188
5.8.2	スラブレーザ	188
5.8.3	その他の固体レーザ	190
5.8.4	半導体レーザ励起固体レーザ	190

(1)	概要	190
(2)	開発の背景	191
(3)	ランプ励起との比較	191
(4)	動作原理	193
(5)	市販製品の問題点	196
5.8.5	導波路型エキシマレーザ	199
(1)	ホロー光学導波路	199
(2)	電極のないマイクロ波放電方式	200
(3)	エキシマレーザ	201
(4)	導波路型エキシマレーザの今後	202

第6章 ファブリペロー干渉計

6.1	ファブリペローの概略	207
6.2	ファブリペロー干渉計の原理	210
6.2.1	平行平面型ファブリ・ペロー	211
6.2.2	コンフォーカル型ファブリ・ペロー	219
6.2.3	マルチパス・ファブリ・ペロー	219
6.3	応用	221
6.3.1	光学システムとしての応用	221
6.3.2	散乱の研究	224
6.3.3	イントラキャビティへの応用	224
6.3.4	レーザのモード分析への応用	224
6.3.5	天体物理への応用	224
6.3.6	マルチパス型, タンデム型での応用	226

第7章 波長選択素子 (波長同調素子)

7.1	ミラー	231
7.2	プリズム (分散プリズム)	232
7.3	回折格子 (グレーティング)	233
7.4	複屈折フィルター	235
7.5	多重ファブリ・ペローエタロン	236

7.6 くさび型エタロン (チューニング・ウェッジ)	237
第8章 共振器内に使用される光学素子	239
8.1 ファラデーローテータ	241
8.2 ブリュウスタ	243
8.3 1/2波長板と1/4波長板	244
8.4 空間フィルタ	246
第9章 A/OとE/O	249
9.1 A/O素子	251
9.2 E/O素子	254
第10章 レーザ光のパルス化とパルス技術	257
10.1 Q-スイッチ	259
10.2 キャビティダンブ	261
10.3 モードロック (モード同期または位相同期)	264
(A) 受動的モードロック	264
(B) 能動的モードロック	266
(C) 自己モードロック	266
10.4 ピコ秒/フェムト秒レーザ	268
10.4.1 パルスレーザの種類と特性	269
10.4.2 パルスレーザの構造と出力特性	269
(1) CWレーザのスイッチ動作	269
(2) パルス電源	270
(3) Qスイッチ動作	271
(4) モード同期	272
10.4.3 最も重要なパラメーター	273
(A) ノイズ	274
(B) パラメーターおよびその相関関係	274
10.4.4 モード同期システムの性能概要	276
10.4.5 システム構成とコンポーネントの性能	277

(1) 励起レーザ	277
(2) 色素レーザ	280
(3) 増幅器	289

第11章 レーザ光の検出	297
11.1 光検出器の概要	299
11.2 フォトダイオード型の動作原理	299
11.3 サーモパイル型の動作原理	301
11.4 サーマルディスク型の動作原理	302
11.5 パイロ (焦電型) 素子型の動作原理	303
11.6 光パワーメータの選択方法	304

参考資料

I 基本的な単位と式	311
II レーザ用光学部品の取扱い方	313
1. 以下のような取扱いは絶対にしてはならない	313
2. 光学部品を取扱うための前準備	315
3. 光学部品を取扱うに際して	316
4. 購入直後の新しい光学部品	317
5. 光学部品のクリーニング方法	318
6. 光学部品の保存方法について	324
III 光学テーブルの選び方	326
1. 光学品の性能を決めるファクターについて	326
2. 光学テーブル用の防振脚性能について	334
IV ノイズとは何か?	336
1. ノイズとは何か?	336
2. ノイズ源	337
3. 出力スペクトル	337
4. RMSノイズとピーク・ツー・ピーク・ノイズ	339

5. $1/f$ ノイズ	340	
6. 具体的な例	341	
7. ノイズの除去法	341	
8. フィードバックループの例	342	
9. フィードバックループの限界	343	
10. フィードバックループを応用した装置の例	344	
V 市販レーザの特性表	346	
<table border="1"><tr><td>索引</td></tr></table>	索引	353
索引		