

目 次

1. メーザー・レーザーの歴史

1.1	メーザーの発明まで	(霜田光一)	1
1.1.1	自然放出と誘導放出		1
1.1.2	熱放射		2
1.1.3	反転分布		2
1.1.4	電波分光学		3
1.1.5	メーザー作用の実験		3
1.2	メーザーの発展	(霜田光一)	4
1.2.1	メーザー分光計		4
1.2.2	メーザーの理論		4
1.2.3	原子時計		4
1.2.4	3準位気体メーザー		4
1.2.5	固体メーザー		5
1.2.6	ミリ波メーザー		6
1.3	レーザーの発明	(霜田光一)	6
1.3.1	ルビーレーザー		7
1.3.2	ヘリウム-ネオンレーザー		8
1.3.3	半導体レーザー		8
1.3.4	液体レーザー		9
1.4	レーザーの発展と非線形光学	(霜田光一)	9
1.4.1	固体レーザーの進歩		10
1.4.2	ジャイアントパルス		10
1.4.3	非線形光学効果		10
1.4.4	気体レーザーの進歩		11
1.4.5	光パラメトリック発振など		11

2. レーザーの基礎

2.1	基礎理論	(霜田光一)	17
2.1.1	電磁波の放出と吸収		17
2.1.2	負温度媒質による増幅		22
2.1.3	レーザー発振の特性		26
2.1.4	レーザー発振の理論		33

2.2 共 振 器	(田幸敏治)...	43
2.2.1 ファブリー-ペロー共振器の基本方程式		44
2.2.2 横モード		47
2.2.3 共振器の損失とQ値		53
2.2.4 ファブリー-ペロー共振器の選択		55
2.2.5 縦モード		56
2.2.6 その他の共振器		57
2.3 過 渡 現 象	(竜岡静夫)...	60
2.3.1 レート方程式		60
2.3.2 ジャイアントパルス		66
2.3.3 モード同期とピコ秒パルス		67
2.4 コヒーレンスと光子統計	(朝倉利光)...	69
2.4.1 コヒーレンスの概念		70
2.4.2 強度相関		78
2.4.3 光子計数		81

3. レーザー材料

3.1 レーザー材料と光物性	(塩谷繁雄)...	95
3.1.1 レーザー材料の条件		95
3.1.2 物質のエネルギー準位と光物性		96
3.1.3 各種レーザー材料の特徴		101
3.2 気体レーザー材料	(島津備愛)...	101
3.2.1 ヘリウム-ネオン系		104
3.2.2 希ガスイオン系		107
3.2.3 金属イオン系		111
3.2.4 分子気体系		114
3.2.5 分子解離系		129
3.2.6 その他の系		131
3.3 固体レーザー材料	(榎田孝司・塩谷繁雄)...	137
3.3.1 固体内希土類イオンのエネルギー準位構造と光スペクトル		138
3.3.2 固体内鉄族イオンのエネルギー準位構造と光スペクトル		141
3.3.3 イオン-フォノン, イオン-イオン相互作用と母体材料		143
3.3.4 固体レーザー材料の種類		147
3.3.5 3価のランタニドイオンを使った材料		147
3.3.6 2価のランタニドイオンを使った材料		152
3.3.7 アクチニドイオンを使った材料		153
3.3.8 鉄族イオンを使った材料		153

3.4	液体レーザー材料	(櫛田孝司・塩谷繁雄)	157
3.4.1	希土類を含む無機液体材料		157
3.4.2	ランタニドの有機キレート化合物		158
3.4.3	色素レーザー材料		159
3.5	半導体レーザー	(櫛田孝司・塩谷繁雄)	163
3.5.1	半導体のエネルギー帯構造とルミネセンス		164
3.5.2	負温度状態と共振器損失		165
3.5.3	半導体レーザー材料		168
3.5.4	注入励起形レーザーの材料		170
3.5.5	電子線励起および光励起形レーザーの材料		172
3.6	波長領域別にみたレーザー材料	(島津備愛)	175
3.6.1	各波長領域におけるレーザー材料		177
3.6.2	光電離による極紫外およびX線レーザー		178
3.6.3	固体によるX線レーザーに関する Gold の提案		179
3.6.4	γ 線レーザーの提案		181
3.6.5	液体キセノンの電子ビーム励起による極紫外レーザー		181

4. レーザー装置

4.1	気体レーザー装置	(小倉磐夫)	185
4.1.1	気体レーザーの出力		185
4.1.2	ヘリウム-ネオンレーザー		187
4.1.3	希ガスイオンレーザー		191
4.1.4	炭酸ガスレーザー		194
4.1.5	金属蒸気レーザー		196
4.1.6	気体レーザーのコヒーレンス		197
4.2	固体レーザー装置	(吉川省吾)	199
4.2.1	レーザー材料		200
4.2.2	励起源		201
4.2.3	集光器		205
4.2.4	緩和発振とQスイッチ		207
4.2.5	パルス励起固体レーザー装置		208
4.2.6	連続励起固体レーザー装置		210
4.3	液体レーザー装置	(五十嵐隆)	216
4.3.1	色素レーザー		217
4.3.2	その他の液体レーザー		226
4.4	半導体レーザー装置	(難波 進)	228
4.4.1	半導体レーザーの構成		228

4.4.2	GaAs ダイオードレーザー	231
4.4.3	GaAs ダイオードレーザー発振の時間変化	235
4.4.4	変 調	238
4.5	化学レーザーとその装置	(田中郁三) 240
4.5.1	反応による電子的励起	240
4.5.2	反応による振動回転準位の分布の逆転について	242
4.5.3	電子的遷移を用いる方法	243
4.5.4	化学反応による方法	245
4.6	波長領域別にみたレーザー装置	(島津備愛) 254
4.6.1	赤外および遠赤外レーザー	254
4.6.2	近赤外および可視領域レーザー	260
4.6.3	紫外および極紫外レーザー	262
5. レーザーの測定技術		
5.1	モード解析	(浅見茂夫・田幸敏治) 265
5.1.1	モードパターン	265
5.1.2	分光装置による縦モード解析	267
5.1.3	ビート法によるモード解析	270
5.1.4	雑音解析	272
5.2	発振モードの選択と同調	(浅見茂夫・田幸敏治) 276
5.2.1	発振モードの選択	276
5.2.2	可変周波数レーザー	280
5.3	波長安定化	(大井みさほ・田幸敏治) 285
5.3.1	安定度	285
5.3.2	レーザーの発振波長と変動	286
5.3.3	波長安定化と安定度測定	286
5.4	波長と周波数の測定	(大井みさほ・田幸敏治) 294
5.4.1	波長測定	294
5.4.2	周波数測定	296
5.5	ゲインと出力の測定	(桜井健二郎・柏木寛) 299
5.5.1	ゲインの測定法	299
5.5.2	cw レーザーのゲイン測定	300
5.5.3	パルスレーザーのゲイン測定	303
5.5.4	出力の測定法	305
5.5.5	熱的測定法	305

6.3.5	低周波分子線レーザー	368
6.3.6	ミリ波, サブミリ波および赤外分子線レーザー	370
6.4	固体レーザー	(稲場文男) 374
6.4.1	固体レーザーの動作原理と動作方法	374
6.4.2	固体レーザー材料	377
6.4.3	固体レーザーの基本回路	378
6.4.4	固体レーザーの雑音特性	381

7. 非線形光学

7.1	概 論	(矢島達夫) 393
7.1.1	レーザーと光学的非線形性	393
7.1.2	基本的な定式化	394
7.1.3	古典的モデルと非線形性の起源	396
7.1.4	非線形光学の現象論	397
7.1.5	多光子過程としての非線形光学現象	403
7.2	物質の非線形光学特性	(矢島達夫) 405
7.2.1	対称性からきまる性質	405
7.2.2	非線形定数の量子論	410
7.3	光高調波発生と光混合	(井上久遠) 415
7.3.1	非線形媒質中の波動伝搬	415
7.3.2	光第2高調波発生の実験	419
7.3.3	第3高調波発生と高次効果による高調波発生	421
7.3.4	光 混 合	422
7.3.5	非線形光学定数の大きさ	424
7.4	光パラメトリック発振と光パラメトリック散乱	(稲場文男・伊藤弘昌) 427
7.4.1	パラメトリック相互作用の特徴	427
7.4.2	光パラメトリック増幅	429
7.4.3	光パラメトリック発振	432
7.4.4	光パラメトリック散乱	436
7.5	誘導散乱と非線形ラマン散乱	(伊東敏雄) 440
7.5.1	誘導散乱の定常理論	440
7.5.2	誘導ラマン散乱	441
7.5.3	誘導ブリルアン散乱	447
7.5.4	誘導レイリー翼散乱	449
7.5.5	誘導熱散乱	451

7.5.6	その他の誘導散乱	453
7.5.7	非線形ラマン散乱	454
7.6	非線形屈折率と光の自己集束	(高辻正基) 456
7.6.1	概 論	456
7.6.2	非線形屈折率の機構	458
7.6.3	自己集束	460
7.6.4	パルス幅の狭まりと周波数の広がり	461

8. レーザーの分光学的応用

8.1	概 論	(清水忠雄) 465
8.2	レーザー作用を用いた分光学	(清水忠雄) 467
8.2.1	レーザー発振線の同定およびレーザー発振周波数の絶対測定	468
8.2.2	緩和時間の測定	468
8.2.3	高分解能分光学	469
8.3	赤外・遠赤外レーザーを光源とした分子分光学	(清水忠雄) 470
8.3.1	可変周波数レーザーを用いた分光学	470
8.3.2	シュタルクおよびゼーマン同調分光学	471
8.3.3	レーザーを用いた非線形分光学	472
8.3.4	分子準位のコヒーレンスの測定	473
8.3.5	レーザー光励起によるけい光分光学	474
8.4	レーザー光散乱	475
8.4.1	ラマン散乱	(伊藤光男) 475
8.4.2	ブリルアン散乱とレイリー散乱	(和田昭允) 497
8.5	2光子吸収分光学	(神前 熙) 497
8.5.1	2光子吸収スペクトルの基礎理論	498
8.5.2	2光子吸収分光に用いられる実験装置	502
8.5.3	2光子吸収スペクトルの実例	504
8.6	励起光源への応用	(櫛田孝司) 506
8.6.1	選択的励起の応用	507
8.6.2	高密度励起の応用	511
8.6.3	パルス光励起の応用	512

9. 光波エレクトロニクス

9.1	光 変 調	(長谷川幸雄) 515
9.1.1	光変調の種類	515

9.1.2	結晶の電気光学効果	516
9.1.3	光変調素子としての結晶材料	518
9.1.4	結晶の電気光学効果を利用した光変調器	522
9.1.5	その他の方法による光変調	526
9.2	光 復 調	528
9.2.1	光電子放出	(林 達郎) 528
9.2.2	光電管・光電子増倍管	530
9.2.3	応 用 技 術	531
9.2.4	固 体 装 置	(南日康夫) 534
9.2.5	半導体接合	535
9.2.6	半導体抵抗	538
9.2.7	半導体以外の光検出装置	539
9.2.8	レーザー光の検出	540
9.3	非線形光学装置	(吉川省吾) 541
9.3.1	非線形光学材料と発生条件	541
9.3.2	光高調波発生	543
9.3.3	光パラメトリック発振	546
9.4	光 偏 向	(桜井健二郎・柏木寛) 548
9.4.1	光偏向技術の分類と性能	549
9.4.2	機械的光偏向法	550
9.4.3	電気光学偏向	551
9.4.4	音響光学偏向	554
9.4.5	薄膜光導波管における光偏向	557
9.5	光波回路系と回路素子	(藤井陽一) 559
9.5.1	光波回路系の分類	559
9.5.2	自由空間伝搬路用回路素子	560
9.5.3	光導波線路用回路素子	563
9.5.4	集束伝送路の整合回路の取扱いと回路素子	563
10. 光計測と光情報処理		
10.1	計測制御への応用	569
10.1.1	長さ, 距離の測定	(田中敬一) 570
10.1.2	速度と角度の測定	576
10.1.3	直線基準と形状測定	581
10.1.4	自動読取りおよび自動追跡	582
10.1.5	プラズマ計測	(山中千代衛) 584

10.1.6	高速度写真	587
10.1.7	電気計測	(桜井健二郎・柏木寛) 591
10.2	ホログラフイー	(辻内順平) 594
10.2.1	ホログラフイーの原理	594
10.2.2	ホログラムの種類	597
10.2.3	ホログラムの作成	601
10.2.4	ホログラフイーの特性	610
10.2.5	ホログラフイーの応用	614
10.3	光情報処理	(桜井健二郎・柏木寛) 622
10.3.1	光情報処理の背景	623
10.3.2	基本的考察	623
10.3.3	アナログ光演算	625
10.3.4	光メモリー	628
10.3.5	パターン認識における光学処理	632
10.3.6	デジタル光演算	636
10.4	レーザーディスプレイ	(山田弥彦・山本学) 639
10.4.1	原理と構成	639
10.4.2	技術の現状	641
10.4.3	将来の動向	645

11. 光通信と光伝送, 伝搬

11.1	光通信系の構成と特性	(平野順三) 649
11.1.1	変 調	649
11.1.2	検波方式	651
11.2	光通信方式と情報伝送	(平野順三) 654
11.2.1	空間伝搬による光通信	655
11.2.2	光ケーブル伝送方式	656
11.2.3	レンズガイド伝送方式	657
11.3	光通信装置	(平野順三) 661
11.3.1	SC-FM/IM 光通信装置	661
11.3.2	PCM/IM 光通信装置	662
11.3.3	光空間伝搬通信装置の問題	663
11.3.4	光通信装置の今後の問題	663
11.4	レーザーレーダー	(稲場文男・小林喬郎) 664
11.4.1	レーザーレーダーの原理と基本的特性	665

11.4.2	計測用レーザーレーダー	669
11.4.3	大気観測用レーザーレーダー	672
11.4.4	cw レーザーレーダー	676
11.5	光 伝 送	(平野順三) 678
11.5.1	クラッド形光線路	678
11.5.2	集束形光線路	681
11.5.3	レンズガイド	682
11.6	光 伝 搬	(千葉孝雄) 684
11.6.1	大気中の光散乱, 吸収, 減衰特性	684
11.6.2	大気屈折率の乱れによる光波のゆらぎ	686
11.6.3	水中および海中の減衰特性	689
12. 光エネルギー利用		
12.1	レーザー加工	(難波進・金弼鉉) 691
12.1.1	最小スポット径と集束光の強度	691
12.1.2	レーザー光照射時の材料の温度	692
12.1.3	レーザー加工装置	694
12.1.4	穴あけ加工	695
12.1.5	切断とみぞ切り	698
12.1.6	溶 接	699
12.1.7	レーザー加工の特徴と適用例	702
12.2	レーザー発光分光分析	(松下寿米男) 703
12.2.1	概 論	703
12.2.2	レーザー発光分光分析装置	704
12.2.3	レーザー光による試料の蒸発	705
12.2.4	レーザー発光分光分析の特徴と応用	706
12.3	レーザーフラッシュ法による熱定数の測定	(難波進・金弼鉉) 707
12.3.1	測定原理	707
12.3.2	測定装置	708
12.3.3	結果と考察	709
12.4	気 体 放 電	(川辺和夫) 711
12.4.1	レーザーによる気体放電	711
12.4.2	多光子吸収による電離	712
12.4.3	マイクロ波放電機構	712
12.4.4	逆制動放射とカスケード過程	713

12.5 固体の破壊	(犬石嘉雄)···714
12.5.1 固体の破壊の特徴	715
12.5.2 破壊電界のパルス幅依存性	716
12.5.3 誘導ブリルアン効果の可能性	716
12.5.4 破壊時の発光とその時間変化	717
12.5.5 破壊電界の絶対値	717
12.5.6 破壊電界の波長依存性	718
12.5.7 破壊電界のF中心濃度依存性	719
12.5.8 光伝導と破壊	719
12.5.9 破壊電界の温度依存性	720
12.5.10 破壊の理論	720
12.6 荷電粒子の発生	(難波 進)···723
12.6.1 加熱面からの熱電子, イオンの放出	724
12.6.2 測定方法	724
12.6.3 測定結果	726
12.7 レーザーによるプラズマ研究	(山中千代衛)···728
12.7.1 レーザープラズマ	728
12.7.2 高出力レーザー	729
12.7.3 非線形プラズマ現象	733
12.8 化学反応	(滝 幸)···740
12.8.1 光化学反応	740
12.8.2 放電反応	741
12.8.3 熱化学反応	742
12.9 レーザー温度ジャンプ法	(西郷敏・和田昭允)···750
12.9.1 温度ジャンプ法の原理	750
12.9.2 レーザー温度ジャンプ法	750
12.9.3 レーザー温度ジャンプ法の特徴	750
12.9.4 おもな装置の試作報告	750
12.9.5 温度の立上り時間	750
12.9.6 温度上昇幅	751
12.9.7 信号の検出	751
12.9.8 今後の課題と発展方向	751

13. レーザー障害と医学的応用

13.1 レーザー障害	(佐藤清祐)···753
-------------------	--------------

13.1.1	眼球の構造	753
13.1.2	眼球における各波長光の吸収	754
13.1.3	光による眼障害	754
13.1.4	網膜凝固しきい値	756
13.1.5	レーザー光による網膜凝固	759
13.2	レーザー装置とレーザー光の危険性と事故	(佐藤清祐) 760
13.3	安全保護対策	(佐藤清祐) 761
13.3.1	眼球保護に関する基本問題	761
13.3.2	減光方法	763
13.3.3	保護眼鏡	763
13.3.4	全般的注意	765
13.4	医学的応用	(野寄達司) 766
13.4.1	レーザーの基礎医学への応用	768
13.4.2	レーザーの臨床医学への応用	768
13.4.3	実際のレーザー装置とその応用	771
13.5	歯学的応用	(山本 肇) 774
13.5.1	歯学への応用	775
13.5.2	今後期待できる歯学への応用とその問題点	778
	索引	781
	資料編	797

5.5.6	光電的測定法	308
5.5.7	その他の測定方法	309
5.5.8	出力較正, 減衰器	310
5.6	レーザーのモード同期	(木村達也) 311
5.6.1	モード同期の理論	313
5.6.2	モード同期の測定	317
5.6.3	モード同期の具体例	318
5.6.4	モード同期の応用	320
5.7	ピコ秒パルス	(霜田光一) 322
5.7.1	レーザーパルス	322
5.7.2	ピコ秒パルスの観測	323
5.7.3	超短パルス発生の機構	326
5.7.4	超短パルスのピコ秒構造	329
5.7.5	ピコ秒パルスレーザー	330
5.7.6	ピコ秒パルスの応用	331
5.8	遠赤外レーザー技術	(吉永 弘) 333
5.8.1	遠赤外レーザーの構造	333
5.8.2	遠赤外レーザー光の測定	336
5.8.3	遠赤外レーザーの種類	339
5.8.4	波長可変遠赤外コヒーレント光源	340

6. 光ポンピングとマイクロ波メーザー

6.1	概 論	(小川 徹) 345
6.2	光ポンピング	(小川 徹) 346
6.2.1	光ポンピングの原理	346
6.2.2	原子の諸定数の測定とその応用	350
6.2.3	緩和現象と横ポンピング	353
6.2.4	真の遷移と見掛けの遷移	356
6.2.5	多重量子遷移	357
6.2.6	着衣の原子	358
6.3	ビームメーザー	(高見道生) 361
6.3.1	原理と特徴	361
6.3.2	集束器	362
6.3.3	周波数標準としてのビームメーザー	364
6.3.4	高分解能分子分光	367