

目 次

1章 レーザーの歴史

1.1	メーザーの発明	5	1.2.2	レーザーの発明	6
1.1.1	誘導放出の研究	5	1.2.3	各種レーザーの開発	8
1.1.2	メーザー	5	1.2.4	レーザー技術の発展	8
1.2	レーザーの発展	6	1.3	レーザー応用	8
1.2.1	メーザーからレーザーへ	6		参考文献	9

2章 レーザーの原理

2.1	誘導放出と吸収	10	2.3.2	定常発振	18
2.1.1	Einstein の A 係数と B 係数	10	2.3.3	Q スイッチ発振	19
2.1.2	コヒーレント相互作用	10	2.3.4	緩和発振	20
2.1.3	誘導放出係数の計算	12	2.4	レーザー発振の半古典論	21
2.1.4	密度行列	12	2.4.1	多モード発振の基礎方程式	21
2.1.5	密度行列のベクトル表示	13	2.4.2	単一モード発振	22
2.2	利得と飽和	14	2.4.3	気体レーザーの発振特性	22
2.2.1	電氣的感受率	14	2.4.4	モード同期	23
2.2.2	増幅定数と利得	15	2.5	レーザー光の特徴	24
2.2.3	飽和効果	15	2.5.1	時間的コヒーレンス	24
2.2.4	不均一広がり	16	2.5.2	空間的コヒーレンス	25
2.2.5	ホールバーニング	17	2.5.3	レーザー光子密度	25
2.3	レーザー発振のレート方程式	18	2.5.4	レーザーの量子力学的理論	25
2.3.1	基礎方程式	18		参考文献	25

3章 共振器とモード

3.1	概 説	27	3.4.2	回折損失	31
3.2	ガウスビームと伝搬マトリクス	27	3.4.3	共振周波数	32
3.2.1	ガウス波	27	3.5	導波路形共振器	32
3.2.2	波面係数の変換	28	3.5.1	2次元誘電体導波路のモード	32
3.2.3	光線マトリクス	29	3.5.2	モード閉込め係数	33
3.3	レーザー共振器の種類と特徴	29	3.5.3	3次元導波路のモード	33
3.4	開放形ファブリ・ペロー共振器	29	3.5.4	共振周波数	34
3.4.1	共振器の安定性	30		参考文献	34

4章 レーザー発振器と増幅器

4.1	概 説	36	4.2	励起方法	36
-----	-----	----	-----	------	----

4・2・1 放電励起	36	4・3・2 最適カップリング条件	43
4・2・2 電子ビーム励起	39	4・4 レーザー増幅器	44
4・2・3 光励起	40	4・4・1 増幅特性	44
4・2・4 化学励起	41	4・4・2 寄生発振	46
4・2・5 その他の励起	41	4・4・3 可飽和吸収体	47
4・3 カップリング法	42	参考文献	47
4・3・1 共振器からのレーザー出力の取出し 方法	42		

目 次

5章 自由空間中の光波伝搬

5・1 概 説	53	5・4 ガウスビーム波	56
5・2 波動方程式	53	5・4・1 基本ビーム波	56
5・3 平面波, 円筒波, 球面波	54	5・4・2 高次ビーム波	57
5・3・1 波動方程式の平面波解	54	5・5 偏 光	57
5・3・2 平面電磁波	55	5・6 幾 何 光 学	58
5・3・3 円筒波	55	参考文献	60
5・3・4 球面波	56		

6章 反射, 屈折, 散乱

6・1 概 説	61	6・5・1 散乱断面積	64
6・2 スネルの法則	61	6・5・2 レイリー散乱	64
6・3 反射係数, 透過係数	61	6・5・3 ミー散乱	64
6・3・1 TE波入射の場合	62	6・5・4 ラマン散乱	64
6・3・2 TM波入射の場合	62	6・5・5 ブリルアン散乱	65
6・3・3 ブルースター角	62	6・5・6 コンプトン散乱	65
6・4 全 反 射	63	6・5・7 蛍光散乱	65
6・5 散 乱	64	参考文献	65

7章 媒質中の光波伝搬

7・1 概 説	66	7・3・9 旋光性	72
7・2 不均質媒質中の光波伝搬	66	7・3・10 電界と応力による異方性	73
7・2・1 レンズ状媒質	66	7・3・11 電気光学効果	73
7・2・2 ルーネベルグレンズ	68	7・4 非相反媒質中の光波伝搬	73
7・3 異方性媒質中の光波伝搬	69	7・4・1 非対称テンソルの異方性	73
7・3・1 誘電率テンソル	69	7・4・2 磁気光学効果の誘電率テンソル	74
7・3・2 異方性結晶中の平面波	69	7・4・3 フララーデ効果	74
7・3・3 波動ベクトルと法線速度面	70	7・4・4 カー効果	74
7・3・4 屈折率楕円体	71	7・5 大気中および水中の光波伝搬	75
7・3・5 光線ベクトルと光線速度面	71	7・5・1 大気中の光波伝搬特性	75
7・3・6 結晶の光学的性質	72	7・5・2 水中の光波伝搬特性	77
7・3・7 1軸異方性	72	7・6 光導波路中の光波伝搬	77
7・3・8 結晶表面での屈折	72	7・6・1 固有モード	77

7・6・2 固有モードによる展開	79	参考文献	80
------------------	----	------	----

8章 干渉とコヒーレンス

8・1 概 説	82	8・4 コヒーレンス	90
8・2 二つの波の干渉	82	8・4・1 時間コヒーレンス	90
8・2・1 2平面波の干渉	82	8・4・2 空間コヒーレンス	90
8・2・2 2球面波の干渉	83	8・4・3 部分コヒーレンス	91
8・2・3 ガウスビームの干渉	84	8・5 ランダム干渉——スペckル現象——	92
8・2・4 異なる周波数の2光波の干渉	84	8・5・1 はじめに	92
8・2・5 準単色光の干渉	84	8・5・2 スペckル現象の成因	92
8・2・6 膜の干渉とニュートンリング	85	8・5・3 ランダムウォーク現象としての スペckル	93
8・2・7 2光波の干渉を利用した干渉計	86	8・5・4 スペckルの空間的大きさ	94
8・3 多波干渉	87	8・5・5 スペckルの表面粗さ依存性	95
8・3・1 多スリットによる干渉	87	8・5・6 基本的な諸問題	98
8・3・2 ファブリ・ペロー干渉計	88	参考文献	99
8・3・3 その他の多波干渉	90		

9章 回 折

9・1 概 説	100	9・4・1 方形開口のフラウンホーファ回折	104
9・2 スカラー回折の基礎理論	100	9・4・2 スリットのフラウンホーファ回折	105
9・2・1 Helmholtz-Kirchhoff の積分定理	100	9・4・3 円形開口のフラウンホーファ回折	105
9・2・2 平面スクリーン上の開口による回折-1 (Kirchhoff の方法)	101	9・4・4 円形開口の軸上回折界 (フラウンホーファ回折とフレネル回折)	105
9・2・3 平面スクリーン上の開口による回折-2 (Sommerfeld の方法)	101	9・5 周期構造からのフラウンホーファ回折	106
9・2・4 平面波による展開と伝達関数	102	9・5・1 複スリットの場合	106
9・3 フラウンホーファ回折とフレネル回折	103	9・5・2 N 個のスリット (回折格子) の場合	107
9・3・1 近軸近似	103	9・5・3 厚さゼロの正弦波回折格子の場合	107
9・3・2 フレネル近似	103	9・5・4 有限厚の周期構造の場合	108
9・3・3 フラウンホーファ近似	103	9・6 レンズによる回折, フーリエ変換	109
9・3・4 1次元開口による回折	104	9・6・1 レンズによる位相変換	109
9・4 種々の開口による回折	104	9・6・2 レンズによるフーリエ変換	109
		参考文献	110

目 次

10章 非線形光学

10・1 概 説	115	10・4 波動伝搬と位相整合	119
10・2 非線形分極と非線形感受率	115	10・4・1 基礎方程式と基礎概念	119
10・3 物質の非線形特性	117	10・4・2 位相整合の方法	120
10・3・1 対称性に関する性質	117	10・4・3 非線形過程を支配する他の効果	121
10・3・2 非線形性の起源と簡単なモデル	118	参考文献	121
10・3・3 非線形感受率の量子論	118		

11章 高調波発生と波長変換

11・1 概 説	122	11・2・7 可同調赤外線との発生	125
11・2 非線形光学結晶による高調波発生	123	11・2・8 CO ₂ レーザーの高調波発生	125
11・2・1 はじめに	123	11・3 高次高調波発生	129
11・2・2 Nd: YAG レーザーの第2高調波発生	123	11・3・1 3次の光混合過程と位相整合	130
11・2・3 Nd: YAG レーザーの第3高調波発生	123	11・3・2 第3高調波発生	131
11・2・4 Nd: YAG レーザーの第4高調波発生	123	11・3・3 2光子共鳴光混合	133
11・2・5 Nd: YAG レーザーの第5高調波発生	124	11・3・4 5次以上の高次高調波発生	133
11・2・6 可同調紫外線の発生	124	11・4 波 長 変 換	134
		11・4・1 遠赤外・赤外域への変換	134
		11・4・2 赤外光の可視域波長変換	135
		11・4・3 極端紫外域への波長変換	136
		参考文献	136

12章 光パラメトリック効果と位相共役

12・1 概 説	140	12・4・1 位相共役の意味	145
12・2 光パラメトリック増幅	141	12・4・2 位相共役波の発生法	145
12・3 光パラメトリック発振	143	12・4・3 位相共役の応用	147
12・4 位 相 共 役	145	参考文献	147

13章 誘 導 散 乱

13・1 概 説	149	13・3 誘導ラマン散乱	152
13・2 誘導散乱の簡単な理論	150	13・3・1 誘導ラマン散乱の実験装置の基本的構成	152
13・2・1 誘導ラマン散乱	150	13・3・2 誘導ラマン散乱の実験	152
13・2・2 誘導ブリルアン散乱および誘導レイリー散乱	151	13・3・3 高次の誘導ラマン散乱の実験	153

13・4 誘導ブリルアン散乱	156	13・6 その他の誘導散乱	153
13・4・1 誘導ブリルアン散乱の実験装置の 基本的構成	156	13・6・1 誘導コンプトン散乱	159
13・4・2 誘導ブリルアン散乱の実験	157	13・6・2 誘導トムソン散乱	160
13・5 誘導レイリー散乱	158	参考文献	161

14章 その他の非線形光学効果

14・1 概 説	162	14・5・3 パルスの定常的伝搬	174
14・2 ビームの自己集束	162	14・5・4 自己誘導透過の実験	175
14・2・1 はじめに	162	14・6 ホトンエコー	175
14・2・2 非線形屈折率の原因	163	14・6・1 2準位原子系の励起と自由誘導減衰	176
14・2・3 自己集束効果	163	14・6・2 自由誘導減衰の実験	176
14・2・4 自己位相変調と superbroadening	166	14・6・3 ホトンエコー	177
14・2・5 パルス急しゅん化	167	14・6・4 ホトンエコーの実験	178
14・2・6 自己パルス圧縮	167	14・7 超 放 射	178
14・3 多光子吸収過程	168	14・7・1 デイック状態	179
14・4 光 双 安 定 性	169	14・7・2 プロット状態	179
14・4・1 光双安定素子の分類と動作原理	169	14・7・3 細長い試料からの放出	179
14・4・2 光双安定素子の動作特性	171	14・7・4 超放射の時間空間発展	180
14・4・3 光双安定素子の応用の将来性	172	14・7・5 超放射相転移	181
14・5 自己誘導透過	173	14・7・6 超放射の実験	181
14・5・1 面積定理	173	参考文献	181
14・5・2 2準位原子系の励起と光の伝搬	173		

目 次

15章 気体レーザー

15・1 概 説	189	15・7・3 種類と特徴	203
15・1・1 レーザー材料	189	15・7・4 化学レーザー技術と応用	204
15・1・2 発振波長領域	192	15・8 エキシマレーザー	204
15・1・3 気体レーザーにおける基本的事項	193	15・8・1 エキシマレーザーの原理	204
15・2 ヘリウムネオンレーザー	197	15・8・2 エキシマレーザーの励起	205
15・3 イオンレーザー	198	15・8・3 エキシマレーザーの応用	206
15・4 炭酸ガスレーザー	199	15・9 金属蒸気レーザー	206
15・5 窒素レーザー	199	15・10 遠赤外レーザー	207
15・5・1 窒素レーザーの原理	199	15・10・1 遠赤外レーザーの種類	207
15・5・2 窒素レーザーの歴史的背景	200	15・10・2 波長固定遠赤外気体レーザー	208
15・5・3 窒素レーザーの励起技術	200	15・10・3 波長可変遠赤外レーザー	210
15・6 よう素レーザー	201	15・11 紫外レーザー	210
15・7 化学レーザー	202	15・11・1 パルス H ₂ レーザー	210
15・7・1 化学レーザーの原理	202	15・11・2 ハロゲン分子レーザー	211
15・7・2 化学レーザーの歴史的背景	203	参考文献	212

16章 固体レーザー

16・1 概 説	216	16・4・1 概 要	227
16・1・1 特 性	216	16・4・2 レーザーガラス	228
16・1・2 固体レーザーの応用	216	16・4・3 ガラスレーザー発振器	229
16・1・3 レーザー装置の使用法	217	16・4・4 ガラスレーザー増幅器	231
16・2 ルビーレーザー	217	16・4・5 ガラスレーザー用光学部品	233
16・2・1 ルビーの物理・光学的特性	217	16・5 その他の固体レーザー	234
16・2・2 ルビーレーザーとその特長	218	16・5・1 概 要	234
16・2・3 発振器とその構成要素	218	16・5・2 YAlO ₃ : Nd ³⁺	235
16・2・4 ルビーレーザーの応用	219	16・5・3 YLF (LiYF ₄ : Nd ³⁺)	236
16・3 Nd: YAG レーザー	220	16・5・4 アレキサンドライト (BeAl ₂ O ₄ : Cr ³⁺)	237
16・3・1 物理・光学的特性	220	16・5・5 ホノンレーザー	244
16・3・2 レーザー発振の形態	221	16・5・6 色中心レーザー	244
16・3・3 発振器とその構成要素	222	16・5・7 小形化合物レーザー	245
16・3・4 Nd: YAG レーザーの応用	226	参考文献	248
16・4 Nd: ガラスレーザー	227		

17章 液体レーザー

17・1 概 説	253	17・2 色素レーザー	254
----------	-----	-------------	-----

17・2・1 発振機構	254	17・2・5 超短パルス光の発生	263
17・2・2 発振スペクトルとその制御	257	17・3 無機液体レーザー	264
17・2・3 色素レーザー材料	258	参考文献	264
17・2・4 色素レーザー装置	261		

18章 半導体レーザー

18・1 概 説	266	18・4・1 電流-光出力特性	281
18・1・1 半導体レーザー	266	18・4・2 横モード	282
18・1・2 半導体レーザーの発振原理	266	18・4・3 縦モード	283
18・1・3 結晶の種類と発振波長	269	18・4・4 動特性	284
18・1・4 レーザーの寿命	271	18・5 半導体ラマン・ブリルアンレーザー	285
18・2 ダイオードレーザー	272	18・5・1 原理・特徴	285
18・2・1 ダイオードレーザーの構造と発光機構	272	18・5・2 半導体ラマンレーザー	286
18・2・2 0.8 μm 帯 AlGaAs レーザー	273	18・5・3 半導体ブリルアンレーザー	288
18・2・3 1~1.7 μm 帯レーザー	274	18・5・4 電流励起法	289
18・2・4 可視光レーザー	275	18・5・5 スピンフリップラマンレーザー	289
18・2・5 光通信用発光ダイオード (LED)	275	18・6 結晶製作法	290
18・2・6 素子の信頼性と劣化機構	276	18・6・1 結晶成長法の種類	290
18・3 集積レーザー	277	18・6・2 液相成長法	290
18・3・1 集積レーザーの構造と特性	277	18・6・3 気相成長法	292
18・3・2 集積化光源	280	18・6・4 分子ビーム成長法 (MBE)	293
18・4 特性測定と制御技術	281	18・6・5 あとがき	294
		参考文献	294

19章 新レーザー

19・1 概 説	298	19・4・1 はじめに	306
19・1・1 新レーザーとは	298	19・4・2 X線の増幅と発振	307
19・1・2 新レーザー材料	298	19・4・3 反転分布の生成機構	308
19・1・3 新レーザーの励起方式	298	19・4・4 レーザープラズマの密度と温度	309
19・1・4 将来の展望	299	19・4・5 研究の現状——利得の測定——	310
19・2 電子ビーム励起レーザー	299	19・4・6 プラズマ以外のX線レーザー	311
19・2・1 電子ビーム励起レーザーの構成	299	19・4・7 X線レーザーの応用	311
19・2・2 電子ビームと物質の相互作用	300	19・5 自由電子レーザー	312
19・2・3 KrF レーザーの電子ビーム励起機構	300	19・5・1 動作原理	312
19・2・4 電子ビーム励起レーザー技術	305	19・5・2 飽和機構とエネルギー変換効率	313
19・3 核励起レーザー	306	参考文献	315
19・4 X線レーザー	306		

目 次

20章 レーザー特性測定

20・1 概 説	321	20・5・1 波長の測定	329
20・2 エネルギーおよびパワー	321	20・5・2 周波数の測定	330
20・2・1 連続波の場合	321	20・6 コヒーレンス長	332
20・2・2 パルスの場合	323	20・7 時間波形	335
20・2・3 光減衰器	324	20・7・1 サブナノ秒より遅いレーザーパルスの測定	335
20・2・4 測定上の注意	324	20・7・2 サブナノ秒より速いレーザーパルスの測定	335
20・3 モードパターン	324	20・8 雑音特性	339
20・3・1 連続発振とパルス発振	324	20・8・1 雑音の原因	339
20・3・2 空間的強度分布	324	20・8・2 AM 雑音の測定	339
20・3・3 測定法の実際	324	20・8・3 FM 雑音の測定	340
20・3・4 波面測定	326	20・9 利 得	341
20・4 発 散 角	326	20・9・1 利得の測定法	341
20・4・1 レーザー光の発散角	326	20・9・2 増幅法による利得測定	341
20・4・2 フラウンホーファ回折とフレネル回折	327	20・9・3 飽和パラメータ	342
20・4・3 発散角の測定	328	20・9・4 多単位系に対する測定	342
20・4・4 半導体レーザー光の発散角	329	参考文献	343
20・5 波長, 周波数	329		

21章 レーザー制御

21・1 概 説	346	21・5・2 ポンピングランプ	358
21・2 発振モード制御	346	21・5・3 電源の設計	358
21・2・1 発振縦モードの単一化技術	346	21・5・4 熱効果	360
21・2・2 発振横モードの単一化技術	347	21・6 Qスイッチ制御	360
21・2・3 不安定共振器	348	21・6・1 はじめに	360
21・3 波 長 同 調	349	21・6・2 Qスイッチの原理	360
21・3・1 はじめに	349	21・6・3 Qスイッチの方法	361
21・3・2 選択同調	350	21・7 ナノ秒, サブナノ秒光パルス発生	363
21・3・3 時間的制御によるスペクトル制御	352	21・7・1 はじめに	363
21・4 連続安定発振	353	21・7・2 レーザー発振制御	363
21・4・1 気体レーザーの出力安定化	353	21・7・3 共振器外パルス整形	364
21・4・2 気体レーザーの周波数安定化	353	21・8 モード同期超短光パルス発生	366
21・4・3 固体レーザーの出力安定化	356	21・8・1 はじめに	366
21・4・4 固体レーザーの周波数安定化	357	21・8・2 自己同期	366
21・5 高繰返しパルス動作の制御	357	21・8・3 強制同期	367
21・5・1 はじめに	357	21・8・4 超短光パルスの高出力化	368

21・9	ビーム形成	369	21・11・1	光偏向器の基礎	375
21・9・1	スペーシャルフィルタ	369	21・11・2	機械的光偏向	378
21・9・2	ソフトアパーチャ	370	21・11・3	電気光学偏向器	379
21・9・3	補償光学系	371	21・11・4	音響光学偏向器	381
21・9・4	位相共役鏡	371	21・11・5	光偏向器の応用	385
21・10	光アイソレーション	371	21・12	光変調	386
21・10・1	光アイソレーションとは	371	21・12・1	変調方式の分類	386
21・10・2	電気光学効果を利用するもの	372	21・12・2	電気光学光変調器	386
21・10・3	ファラデーローテータ	373	21・12・3	音響光学光変調器	391
21・10・4	プラズマシャッタ	375	21・12・4	その他の効果を利用する変調	392
21・11	光偏向器	375		参考文献	393

22章 レーザー用光学部品

22・1	概説	397	22・3・3	反射防止コーティング	409
22・2	光学素子	397	22・3・4	高反射コーティング	410
22・2・1	偏光素子	397	22・3・5	多層膜キューブ偏光器と1/4波長板	411
22・2・2	位相差板	401	22・3・6	ビームスプリッタ	413
22・2・3	回折格子	403	22・4	光学部品の使用方法	414
22・2・4	光導波路	405	22・4・1	光学部品の種類と用途	414
22・2・5	光導波路結合素子	406	22・4・2	光学部品の仕様と検査	415
22・2・6	光導波路レンズ	406	22・4・3	小出力レーザー用光学部品	416
22・3	誘電体膜コーティング	407	22・4・4	連続大出力レーザー用光学部品	417
22・3・1	光学薄膜材料	407	22・4・5	パルス大出力レーザー用光学部品	420
22・3・2	透明薄膜における光の干渉	408		参考文献	421

23章 光検出器

23・1	概説	423	23・5	赤外面像センサ	437
23・2	光電管および光電子増倍管	425	23・5・1	はじめに	437
23・2・1	光電陰極と波長特性	425	23・5・2	赤外面像装置	437
23・2・2	光電子増倍管の特性	426	23・5・3	赤外面像用センサ	440
23・2・3	bi-planar 光電管	428	23・5・4	パイロビジコン	442
23・3	半導体検出器	428	23・5・5	赤外面像装置の応用分野	442
23・3・1	はじめに	428	23・6	超高速測定	443
23・3・2	光導電検出器	429	23・6・1	超短光パルスの測定法	443
23・3・3	ホットダイオード	430	23・6・2	ストリークカメラ	444
23・3・4	アバランシェホットダイオード	431	23・6・3	非線形相関法	444
23・3・5	光トランジスタ	432	23・6・4	光カーシャッタによる方法	446
23・3・6	ホトンドラッグ検出器	433	23・7	極微光検出	446
23・4	可視画像センサ	435	23・7・1	光電子計数統計	446
23・4・1	撮像管	435	23・7・2	ホトンカウンティング法の特徴	447
23・4・2	固体撮像素子	436	23・7・3	システム構成例	448
23・4・3	1次元センサ	437		参考文献	450

24章 レーザー損傷

24・1 概 説	452	24・4・2 分相性ガラス	467
24・2 光損傷の物理	452	24・4・3 誘電体多層蒸着膜	468
24・2・1 気体のレーザー放電	452	24・4・4 結 晶	469
24・2・2 固体のレーザー損傷	454	24・4・5 パルス幅依存性	469
24・3 赤外レーザー用素子の光損傷	459	24・5 紫外レーザー用素子の光損傷	470
24・3・1 赤外物質のレーザー損傷	459	24・6 半導体レーザーの光劣化現象	472
24・3・2 赤外蒸着膜のレーザー損傷	464	24・7 その他の光学素子の光損傷	473
24・3・3 赤外反射鏡・回折格子のレーザー損傷	465	24・7・1 光ファイバの光損傷	473
24・4 可視レーザー用素子の光損傷	466	24・7・2 非線形光学素子の光損傷	474
24・4・1 ガラス素子	466	参考文献	475

目 次

25章 レーザーによる工業計測

25・1 概 説	485	25・4 流体の速度計測	492
25・2 寸法・形状・角度の計測	485	25・4・1 レーザードップラー法	493
25・2・1 長さ標準と波長安定化レーザー	485	25・4・2 ルミネセンス法	495
25・2・2 レーザー干渉計と寸法の測定	487	25・5 産業における応用例	496
25・2・3 角度・角速度の測定	488	25・5・1 半導体微細プロセスの自動検査	496
25・2・4 その他の応用例	489	25・5・2 レーザー溶接点の位置決め	498
25・3 変位と振動の計測	489	25・5・3 機械の精密位置決めと静的精度検査	499
25・3・1 変位のパターン計測	489	25・5・4 大形構造物の形状測定	500
25・3・2 振動のパターン計測	491	25・5・5 金属表面の検査	501
25・3・3 変位と振動のポイント計測	492	参考文献	503

26章 レーザーによる科学計測

26・1 概 説	505	26・3・3 熱的性質の測定	511
26・2 基礎定数計測	506	26・3・4 超音波伝搬速度, 吸収係数の測定	512
26・2・1 真空中の光の速さ	506	26・3・5 固体材料の物性計測	512
26・2・2 Rydberg 定数	508	26・4 プラズマ計測	515
26・2・3 地球の重力定数と重力加速度	509	26・4・1 概 説	515
26・3 物 性 測 定	510	26・4・2 プラズマ屈折率を利用した計測法	516
26・3・1 光吸収係数の測定	510	26・4・3 散乱を利用した計測法	519
26・3・2 蛍光収率の測定	511	参考文献	523

27章 レーザーレーダ

27・1 概 説	527	27・2・5 蛍光レーザーレーダ	533
27・1・1 まえがき	527	27・3 環境計測(Ⅱ)——超高層大気への応用	533
27・1・2 レーザーレーダ方程式	527	27・3・1 まえがき	533
27・1・3 システムの概要	528	27・3・2 成層圏エアロゾル層の観測	533
27・1・4 相互作用の種類	528	27・3・3 成層圏オゾン層の観測	533
27・1・5 検出感度・到達距離	528	27・3・4 中間圏上部金属元素層の観測	534
27・1・6 レーザーレーダの種類	529	27・3・5 超高層大気観測の動向	535
27・1・7 空間データの表示法	529	27・4 測距への応用	535
27・2 環境計測(Ⅰ)——対流圏現象への応用	530	27・4・1 月と人工衛星の測距	535
27・2・1 対流圏の現象	530	27・4・2 地上の測量への応用	537
27・2・2 ミー散乱レーザーレーダ	530	27・4・3 レーザー測距装置	537
27・2・3 ラマン散乱レーザーレーダ	532	27・5 防衛への応用	539
27・2・4 差分吸収散乱法レーザーレーダ	532	27・5・1 軍用測距装置	539

27・5・2	目標捕捉・標定	542	参考文献	544
27・5・3	レーザー誘導	543		

28章 レーザー分光

28・1	概 説	546	28・4・1	コヒーレント過渡分光	554
28・2	線形分光学	547	28・4・2	量子ビート	556
28・2・1	固定周波数レーザーを用いた分光法	547	28・5	固体分光	557
28・2・2	周波数可変レーザーを用いた分光法	547	28・5・1	励起子ポラリトンのダイナミクス	557
28・3	非線形分光学	549	28・5・2	励起子分子	560
28・3・1	飽和分光	549	28・5・3	励起子の自己捕獲と格子欠陥生成	562
28・3・2	2光子吸収分光	552	28・5・4	ホットキャリアの緩和と 電子-正孔プラズマ	562
28・3・3	2重共鳴分光	552	参考文献	565	
28・3・4	ラムゼイ共鳴	553			
28・4	時間分解分光	554			

目 次

29章 光 通 信

29・1 概 説	573	29・5・10 その他の微小光学回路	590
29・1・1 光通信の生い立ち	573	29・6 光 源	590
29・1・2 光ファイバ通信の進歩	573	29・6・1 光通信用光源の条件と種類	590
29・1・3 空間伝搬光通信	573	29・6・2 光源の構造	591
29・2 光ファイバ中の光波の伝搬特性	574	29・6・3 特 性	591
29・2・1 光ファイバの種類	574	29・6・4 モジュール	593
29・2・2 光ファイバの伝送損失	574	29・6・5 LDの雑音特性	594
29・2・3 幾何光学による光ファイバの解析	575	29・6・6 今後の課題	595
29・2・4 波動光学による光ファイバの解析	576	29・7 光 検 出 器	595
29・2・5 光ファイバの伝送帯域	578	29・7・1 光通信用光検出器	595
29・2・6 モード変換と伝送特性	580	29・7・2 光受信系のSN比	596
29・3 光ファイバの材料と製造法	580	29・7・3 今後の課題	597
29・3・1 光ファイバの材料	580	29・8 光 導 波 素 子	597
29・3・2 光ファイバの製造法	581	29・8・1 導波路	597
29・4 光ファイバケーブル	583	29・8・2 光スイッチ・変調器	598
29・4・1 光ファイバ心線構造	583	29・8・3 光分波器・同調フィルタ	599
29・4・2 光ファイバケーブル構造	584	29・8・4 入出力結合器	599
29・4・3 光ファイバケーブルの接続	585	29・8・5 光集積回路	600
29・5 光ファイバの関連技術および部品	586	29・9 光ファイバ通信システム	601
29・5・1 概 説	586	29・9・1 特 徴	601
29・5・2 光ファイバ端面処理技術	586	29・9・2 方式設計	601
29・5・3 光ファイバ永久接続技術	586	29・9・3 適用例	604
29・5・4 光ファイバコネクタ	587	29・10 その他の光ファイバ応用	609
29・5・5 光源・光ファイバ結合回路	587	29・10・1 光ファイバ計測	609
29・5・6 光分岐・挿入回路	588	29・10・2 光ファイバの非線形光学効果	611
29・5・7 光多重・分波回路	588	29・10・3 光パワー伝送と新材料光ファイバ	612
29・5・8 光スイッチ	589	参考文献	613
29・5・9 光非相反回路	590		

30章 ホログラフィ

30・1 概 説	617	30・2・1 物体光の種類による分類	620
30・1・1 序 論	617	30・2・2 記録の形式による分類	621
30・1・2 ホログラフィの原理	617	30・3 ホログラムの記録材料	623
30・1・3 ホログラムの構造	618	30・4 ホログラムの作製技術	624
30・1・4 ホログラフィの特性	618	30・4・1 フレネルホログラム	624
30・2 ホログラムの種類	620	30・4・2 フーリエ変換ホログラム	624

30・5	プログラムメモリ	625	30・7・2	回折パターンの利用	631
30・5・1	基本的な光学系	625	30・8	光学素子への応用	632
30・5・2	プログラムメモリの応用	626	30・8・1	光偏向素子への応用	632
30・6	3次元像ディスプレイ	626	30・8・2	回折格子への応用	632
30・6・1	フレネルプログラム	627	30・8・3	計算機プログラム	632
30・6・2	イメージプログラム	627	30・8・4	ホログラフィックレンズ	632
30・6・3	レインボウプログラム	627	30・9	ホログラフィの演算作用の応用	633
30・6・4	リップマンプログラム	628	30・10	光以外の波のホログラフィ	633
30・6・5	ホログラフィックステレオグラム	628	30・10・1	超音波・音響ホログラフィ	633
30・6・6	ディスプレイ用プログラム感材	629	30・10・2	マイクロ波ホログラフィ	633
30・7	ホログラフィ計測	629	参考文献		633
30・7・1	干渉の利用	629			

31章 スペックルとその応用

31・1	概 説	635	31・3・4	速度測定	638
31・2	スペックルの基本的な性質	635	31・3・5	変位と変形の測定	638
31・2・1	スペックルの種類	635	31・3・6	振動の計測	640
31・2・2	性質の定量的評価	635	31・3・7	形状の計測	640
31・2・3	通常のスペックル	636	31・3・8	透明体の内部変位の計測	640
31・2・4	スペックルの性質	636	31・3・9	流速分布の計測	641
31・3	スペックルの応用	636	31・3・10	運動軌跡の計測	641
31・3・1	概 要	636	31・4	ま と め	641
31・3・2	光学系の定数と性能	636	参考文献		641
31・3・3	表面粗さとその変化	637			

32章 光情報処理

32・1	概 説	643	32・3	入出力周辺部品	648
32・2	光 演 算	644	32・3・1	光情報処理システムの周辺素子	648
32・2・1	光学的画像処理	644	32・3・2	入出力周辺部品	650
32・2・2	光学的論理演算	647	参考文献		651

33章 レーザーによる情報処理応用機器

33・1	概 説	653	33・4・2	白黒スキャナ, 写真植字機	653
33・2	光メモリ装置	653	33・4・3	平版製版機	658
33・2・1	画像ファイル装置	653	33・4・4	フレキシソ製版機, グラビア製版機	659
33・2・2	超高速デジタル記録装置	654	33・5	バーコード読取り装置	659
33・3	レーザーファクシミリとレーザープリンタ	655	33・6	レーザーディスクプレーヤ	661
33・4	レーザー印刷製版機	657	33・7	その他の機器	662
33・4・1	カラースキャナ	657	参考文献		662

目 次

34章 レーザー加工

34・1 概 説	669	34・3・4 動つりあい修正	689
34・1・1 はじめに	669	34・4 レーザーアニール	690
34・1・2 レーザー加工のメカニズム	669	34・4・1 レーザーアニール方法, 特長および	
34・1・3 まとめ	675	機構	690
34・2 切断と溶接	676	34・4・2 半導体のレーザーアニール	692
34・2・1 切断	676	34・4・3 金属のレーザーアニールと	
34・2・2 溶接	680	新物質合成	697
34・2・3 加工装置と加工例	684	34・5 超硬物質の加工	697
34・3 微細加工	684	34・5・1 超硬物質の穴あけ	697
34・3・1 スクライビング	684	34・5・2 超硬物質の溶接	699
34・3・2 トリミング	686	34・6 新しい薄膜加工技術	700
34・3・3 マーキング	688	参考文献	701

35章 医学への応用

35・1 概 説	706	35・4・4 レーザーホログラフィによる	
35・2 レーザーと生体組織	706	生体診断	719
35・2・1 生体組織によるレーザー光吸収	707	35・4・5 超音波ホログラフィの診断への応用	720
35・2・2 生体組織によるレーザー光散乱	707	35・4・6 レーザー光散乱による生体細胞識別	721
35・2・3 生体組織内の光減衰係数と吸収係数	708	35・5 医用への適用例	722
35・2・4 レーザー光の種類と生体組織への		35・5・1 CO ₂ レーザー	723
浸透深さ	709	35・5・2 YAG レーザー	723
35・3 レーザーによる治療の基礎	710	35・5・3 アルゴンレーザー	724
35・3・1 レーザーメス	711	35・5・4 ルビーレーザー	724
35・3・2 レーザー凝固	712	35・5・5 色素レーザー	725
35・3・3 YAG レーザーとアルゴンレーザーの		35・5・6 レーザー鍼	725
生体組織に与える熱効果の比較	713	35・6 医用レーザー装置	725
35・3・4 レーザーエネルギーの光化学的利用	714	35・6・1 医用レーザー装置に要求される条件	725
35・4 レーザーによる診断	715	35・6・2 導光路	726
35・4・1 レーザー干渉縞視力測定	716	35・6・3 医用レーザー装置の概観	727
35・4・2 レーザーस्पекトルパターンによる		35・6・4 各種医用レーザー装置の現状	729
眼の屈折力測定	716	35・6・5 医用レーザー装置の問題点	730
35・4・3 レーザードップラーによる		参考文献	735
血液流速測定	717		

36章 化学への応用

36・1 概 説	737	36・5・2 励起状態の吸収スペクトル	749
36・2 多光子過程	738	36・5・3 分子内回転緩和, 配向緩和	750
36・2・1 はじめに	738	36・5・4 励起エネルギー移動	750
36・2・2 多光子過程の遷移確率	739	36・5・5 光電荷移動, 電子移動, プロトン移動	751
36・2・3 種々の多光子過程	739	36・5・6 光解離反応	752
36・3 ラマン過程	742	36・5・7 光異性化反応	752
36・4 レーザー誘起化学反応	743	36・6 準弾性光散乱法	753
36・4・1 状態選択分子の化学反応	743	36・6・1 原理と測定法	753
36・4・2 赤外多光子励起	746	36・6・2 高分子溶液系への応用	753
36・4・3 高次倍音振動の直接励起	747	参考文献	754
36・5 高速化学反応	747		
36・5・1 実験法	747		

目 次

37章 レーザー核融合

37・1 概 説	761	37・6・1 ディフラグレーション波と アブレーション	768
37・2 核融合によるエネルギー開発	761	37・6・2 衝撃圧縮と等エントロピー圧縮	770
37・3 核融合反応	762	37・6・3 圧縮の一様性と レイリー・テイラー不安定性	771
37・4 レーザー核融合の条件	763	37・6・4 核融合反応の点火と燃焼	772
37・5 吸収と輸送	764	37・7 診 断	774
37・5・1 レーザーとプラズマの相互作用	765	参考文献	777
37・5・2 エネルギー輸送	768		
37・6 爆縮と点火	768		

38章 核融合用大出力レーザー

38・1 概 説	780	38・3・2 発振器	786
38・2 大出力ガラスレーザー	781	38・3・3 主増幅器	786
38・2・1 システム構成	781	38・3・4 大出力炭酸ガスレーザーの 技術的な問題点	787
38・2・2 空間強度リップルの防止対策	782	38・4 よう素レーザー	789
38・2・3 高 SN 比パルスの発生—— 先駆パルスおよび寄生発振の抑制	784	38・4・1 大出力システム構成	789
38・2・4 信頼性に対する方策	784	38・4・2 先駆パルスおよび寄生発振の抑制	790
38・3 炭酸ガスレーザー	785	参考文献	790
38・3・1 レーザーシステム	785		

39章 レーザー核融合炉

39・1 概 説	792	39・3 レーザー核融合炉の概念設計	795
39・2 燃料ペレット設計	792	39・3・1 核融合炉の概念	795
39・2・1 はじめに	792	39・3・2 レーザー核融合炉の概念	800
39・2・2 高利得ペレットとその比例則	792	39・3・3 システムエネルギーバランス	801
39・2・3 流体力学的不安定性	794	39・3・4 レーザー集光系最終ミラー	803
39・2・4 高速電子しゃへい	795	参考文献	805
39・2・5 まとめ	795		

40章 レーザー同位体分離

40・1 概 説	807	40・3 水素同位体分離	810
40・2 各種分離技術	808	40・3・1 光解離法	810
40・2・1 同位体シフト	808	40・3・2 光化学反応法	810
40・2・2 LIS の基本的方法	808	40・3・3 赤外多光子解離法	810

目	次
40・4 ウラン同位体分離……………813	40・5・3 炭素同位体の分離……………817
40・4・1 ウラン原子の光電離による方法……………813	40・5・4 窒素同位体の分離……………820
40・4・2 ウラン分子による方法……………815	40・5・5 酸素同位体の分離……………820
40・4・3 レーザー法の経済性……………816	40・5・6 いおう同位体の分離……………821
40・4・4 原子核励起によるウラン濃縮……………816	40・5・7 ハロゲン原子同位体の分離……………821
40・5 その他の同位体分離……………817	40・5・8 その他の原子同位体の分離……………821
40・5・1 はじめに……………817	参考文献……………823
40・5・2 ほろ素同位体の分離……………817	

目 次

41章 レーザーの安全性

41・1 概 説	829	41・4 安全の確保	832
41・2 生体への影響	829	参考文献	833
41・3 危険度による分類	830		

42章 安全基準

42・1 概 説	834	42・3・1 レーザー製品に対する基準	835
42・2 基準制定機関	834	42・3・2 ユーザに対する基準	837
42・3 安全基準の内容	834	参考文献	838

目 次

付1. 基礎物理定数	841	付7. 代表的な医用レーザー装置	875
付2. 単位換算表	841	〔1〕 CO ₂ レーザー (波長 10.6 μm)	875
付3. 物 性 表	842	〔2〕 YAG レーザー (波長 1.06 μm)	876
〔1〕 透過物質	842	〔3〕 Ar レーザー (波長 0.457~0.515 μm)	876
〔2〕 光検出器特性	849	〔4〕 He-Ne レーザー (波長 0.633 μm)	877
〔3〕 ホトカソード感度特性	852	付8. 主なレーザー関係雑誌一覧	877
付4. 気体, 蒸気のレーザー波長表	852	付9. 主なレーザー関係国際会議の動向	880
付5. 活性イオンを含む固体レーザー材料の 誘導放出遷移	855	付10. レーザー学会紹介	887
付6. 公 式 集	870	〔1〕 レーザー学会の活動	887
〔1〕 ベクトル	870	〔2〕 レーザー学会10年小史	888
〔2〕 電磁気学	872	〔3〕 レーザー学会定款	889
〔3〕 静電磁気学	872	〔4〕 会誌「レーザー研究」投稿規定	892
〔4〕 電気力学	873	〔5〕 レーザー学会会員所属機関	896
〔5〕 光 学	873	付11. 光・量子エレクトロニクス専門用語集	916