

目 次

第 1 章 レーザーの発展と固体レーザーへの潮流

1.1 レーザー開発の歴史	1
1.1.1 レーザーの発明	1
1.1.2 さまざまなレーザー開発の歴史	2
1.2 固体レーザーの特徴と性能	4
1.2.1 固体レーザーの開発の歴史とその特性	4
1.2.2 固体レーザーの特徴	8
参考文献	10

第 2 章 固体レーザーの基礎

2.1 レーザー発振の原理	15
2.1.1 エネルギー準位と遷移	15
2.1.2 誘導放出と光の増幅	16
2.1.3 反転分布	17
2.1.4 光の増幅	19
2.2 レーザー共振器	20
2.2.1 レーザー共振器の種類と安定性	20
2.2.2 レーザー共振器の損失	22
2.2.3 横モード	23
2.2.4 縦モード	24
2.3 レーザー発振器の動作と制御	25
2.3.1 縦モードの選択	25
2.3.2 パルス発振	27
2.3.3 Q スイッチ発振	28
2.3.4 キャビティダンプ	29
2.3.5 モード同期	30

参考文献	31
第3章 固体レーザー材料	
3.1 高出力固体レーザー材料	33
3.1.1 活性イオンと光学遷移	34
3.1.2 希土類イオン	36
3.1.3 希土類イオンレーザー	45
3.1.4 レーザー母材に求められる特性	53
3.2 セラミックレーザー材料	58
3.2.1 歴史的背景	59
3.2.2 基本特性	63
3.2.3 高機能セラミックレーザー	69
3.2.4 マイクロドメイン制御と次世代セラミックレーザー	77
3.3 波長可変固体レーザー材料	81
3.3.1 遷移金属イオンの特長	81
3.3.2 遷移金属イオンレーザー	83
参考文献	90
第4章 固体レーザー装置	
4.1 固体レーザーの基本構成と構成要素	97
4.1.1 励起光源とその構成	98
4.1.2 構成要素としてのレーザー媒質	100
4.1.3 レーザー共振器の基本構成	104
4.2 固体レーザーの熱歪とビーム品質	116
4.2.1 熱レンズ効果	116
4.2.2 熱複屈折効果	118
4.2.3 熱歪の補償法	120
4.3 半導体レーザー励起固体レーザー	124
4.3.1 固体レーザー発振の基本特性	124
4.3.2 固体レーザーに特徴的な構成	131
参考文献	143

第5章 ファイバレーザー	
5.1 ファイバ光学	149
5.1.1 ファイバの基本構造	149
5.1.2 低損失特性	151
5.1.3 高効率特性	152
5.1.4 高冷却能力	153
5.1.5 高破壊しきい値	153
5.2 半導体レーザー励起ファイバレーザー	154
5.2.1 コア励起ファイバレーザー	154
5.2.2 クラッド励起ファイバレーザー	154
5.2.3 側面励起ファイバレーザー	156
5.2.4 LD 励起 Yb^{3+} ファイバレーザー	157
5.3 高出力ファイバレーザー	158
5.3.1 パワー向上の歴史	158
5.3.2 平均パワー限界	159
5.3.4 ピークパワー限界	161
5.4 フォトニック結晶ファイバレーザー	163
5.4.1 シングルモード大モード面積フォトニック結晶ファイバ	163
5.4.2 フォトニック結晶ファイバレーザー	167
5.4.3 フォトニックバンドギャップファイバレーザー	167
5.5 複数レーザーのビーム結合	171
5.5.1 スペクトルビーム結合	171
5.5.2 コヒーレントビーム結合	173
5.5.3 位相同期マルチコアファイバレーザー	176
5.6 おわりに	180
参考文献	181
第6章 波長変換技術	
6.1 はじめに	185
6.2 波長変換とその効率	185
6.3 位相整合方式による分類	189

6.3.1 擬似位相整合結晶	192
6.3.2 複屈折整合結晶	201
6.4 波長変換形態による分類	203
6.4.1 シングルパス波長変換	203
6.4.2 高効率化手法	204
6.4.3 内部共振器型波長変換	205
6.4.4 外部共振器型波長変換／マルチパス波長変換	206
6.4.5 導波路波長変換	211
6.5 総 括	214
参考文献	214

第7章 超短パルス固体レーザー

7.1 フェムト秒チタンサファイアレーザー	221
7.1.1 超短パルス発生	221
7.1.2 超短パルスレーザーの歴史	222
7.1.3 超短パルスレーザー媒質としてのチタンサファイア	223
7.1.4 モード同期法	224
7.1.5 チタンサファイアレーザーでのモード同期	228
7.1.6 チタンサファイアレーザー光源の応用技術	229
7.2 超短パルスファイバレーザー	231
7.2.1 ファイバレーザーにおけるモード同期	231
7.2.2 8の字型ファイバレーザー	231
7.2.3 偏光回転による単一方向リング型ファイバレーザー	233
7.3 チャープパルス増幅器	234
7.3.1 超短パルスレーザーの増幅	234
7.3.2 チャープパルス増幅法	234
7.3.3 再生増幅法	236
7.3.4 超短パルス増幅の問題点	238
7.3.5 光パラメトリックチャープパルス増幅	239
7.4 広帯域パルス発生	239
7.4.1 スペクトルの広帯域化	239

7.4.2 位相補償	241
7.5 波長変換	245
7.5.1 超短パルスレーザー光による第二高調波発生	245
7.5.2 周波数混合	247
7.5.3 光パラメトリック増幅	247
7.5.4 非同軸光パラメトリック増幅	249
7.6 高次高調波発生とアト秒光パルス	253
7.6.1 固体レーザーと高次高調波発生	253
7.6.2 三段階モデル	254
7.6.3 単一アト秒パルス光発生	255
7.6.4 アト秒パルス列の発生	257
参考文献	258

第8章 固体レーザーのレーザー加工応用

8.1 レーザー加工の基礎	263
8.1.1 はじめに	263
8.1.2 レーザーと物質の相互作用	263
8.1.3 レーザー加工	268
8.1.4 おわりに	271
8.2 レーザー加工	272
8.2.1 はじめに	272
8.2.2 レーザー加工分野の誕生とものづくり	272
8.2.3 表面加工	275
8.2.4 溶 接	278
8.2.5 切断加工	282
8.2.6 薄膜形成	289
8.2.7 微粒子形成	292
8.2.8 レーザー表面改質	296
8.2.9 3次元加工	298
8.2.10 バイオ応用	304
8.3 レーザー加工によるものづくり	306

8.3.1 太陽電池産業	306
8.3.2 ディスプレイ産業	313
8.3.3 電子部品産業	322
8.3.4 自動車・重工業	333
8.3.5 その他の分野	341
8.4 レーザー加工機	348
8.4.1 LED サファイヤ基板のレーザースクライバ	348
8.4.2 レーザーパターニング装置	352
8.4.3 レーザー切断・溶接機	355
参考文献	360

第9章 レーザー医用応用

9.1 レーザー光と組織との相互作用	371
9.1.1 生体組織の各種特性	371
9.1.2 レーザー生体相互作用	375
9.2 レーザー治療	378
9.2.1 光線力学療法	378
9.2.2 経皮的レーザー椎間板減圧術	384
9.2.3 レーザー血管形成術	386
9.2.4 下肢静脈瘤血管内レーザー治療	391
9.3 レーザーイオン化質量分析	394
9.3.1 質量分析の原理	395
9.3.2 マトリックス支援レーザー脱離イオン化	396
9.3.3 イメージング質量分析	398
参考文献	401

第10章 高出力レーザーの応用—レーザー核融合—

10.1 レーザー核融合の成り立ち	409
10.1.1 レーザーの発明と核融合研究の意義	410
10.1.2 わが国のレーザー核融合研究の歴史	419
10.1.3 国際協力と競争	439

10.2 レーザー核融合動力炉	443
10.2.1 炉の概念設計	443
10.2.2 炉心プラズマ	448
10.2.3 炉工学	479
10.2.4 核融合エネルギー開発ロードマップ	492
参考文献	496
索引	501