

## 目 次

測定法シリーズ発刊にあたって .....	i
まえがき .....	iii
<b>1章 序 論——固体レーザーの発展</b> .....	小林喬郎… 1
1.1 個体レーザーと分光計測 .....	1
1.2 固体レーザーの歴史 .....	2
1.3 固体レーザーの特徴と波長領域 .....	6
文 献	8
<b>2章 固体レーザーの基礎</b> .....	平等拓範, 小林喬郎…11
2.1 レーザー発振の原理 .....	11
1) 光の放出、吸収と増幅	11
2) レート方程式	12
三準位レーザー	12/四準位レーザー
14/利得の飽和	14
3) レーザー発振特性	15
発振の条件	15/反転分布
18/最適出力結合	19/発振特性
20	
2.2 光共振器 .....	22
1) レーザー共振器と発振モード	22
共焦点共振器	22/共振器の安定性
23/不安定共振器	24/共振
周波数特性	25
2) 単一縦モード発振レーザー	26
進行波型共振器レーザー	28/ツイストモード型共振器レーザー
28/短共振器レーザー	29/マイクロチップレーザー
29	
2.3 レーザー発振器の動作と制御 .....	30

1) LD 励起固体レーザーの発振特性	30
励起光吸収率	31/モードマッチング効果と発振特性
2) 共振器内部 SHG 形レーザー	34
3) Q スイッチ	37
4) 光注入による縦モードの制御法	39
インジェクションロッキング	40/インジェクションシーディング
41	
5) 光増幅器	45
参考文献	46

### 付録 A $M^2$ 因子を用いた LD 端面励起固体レーザーの設計法

.....平等拓範...48

1) $M^2$ 因子による高次横モードを含むレーザー光の取り扱い	48
2) 励起光の取り扱いと集光条件	49
3) レーザー共振器と発振特性	51
参考文献	51

### 3章 固体レーザー材料 .....佐々木孝友...53

3.1 固体レーザー材料の条件	53
3.2 波長可変固体レーザー材料	54
1) 遷移金属イオンレーザーの光物性	54
波長可変性	54/3d 電子のエネルギー準位
55/非輻射遷移	59
2) 波長可変固体レーザー材料	60
$\text{Cr}^{3+}$ レーザー	60/ $\text{Cr}^{4+}$ レーザー
66/ $\text{Ti}^{3+}$ レーザー	69/その
他の遷移金属イオンレーザー	70
3.3 希土類イオンレーザー材料	71
1) 希土類イオンの光物性	71
希土類イオンのエネルギー準位	71/エネルギー増感によるレーザー
の効率化	72
2) 代表的な $\text{Nd}^{3+}$ レーザー	72

Nd:YAG レーザー	74/ $\text{Nd}^{3+}$ :YLF レーザー	75/ $\text{Nd}:\text{Cr}:\text{GSGG}$ レーザー	75
3) 半導体励起固体レーザー	77		
マイクロチップレーザー用材料	77/高出力レーザー用材料	84	
4) 中赤外固体レーザー	86		
$\text{Er}^{3+}$ レーザー	87/ $\text{Tm}$ , $\text{Ho}$ レーザー	88/カラーセンターレーザー	91
5) 可視および紫外固体レーザー材料	91		
文献	92		
<b>4章 固体レーザー装置</b>	.....	鷲尾邦彦	97
4.1 固体レーザーの基本的構成と構成要素	.....		97
1) 固体レーザーの基本的構成	97		
2) 固体レーザーの類別	97		
3) 固体レーザーの構成要素	98		
レーザー媒体	98/励起光源	98/集光器	102/励起ランプ用電源
104/冷却器	105/レーザー発振制御素子	106	
4.2 固体レーザーの熱歪みとビーム品質	.....		107
1) レーザー媒質の熱歪み	108		
2) レーザーのビーム品質と輝度	109		
3) 熱レンズを含んだレーザー共振器構成の最適化	110		
4.3 ランプ励起固体レーザー	.....		113
1) TEM <sub>00</sub> 高出力 Nd:YLF レーザー	113		
2) 単一ロッドマルチモード Nd:YAG レーザー	114		
3) 単一ロッド不安定共振器型レーザー	115		
4) マルチロッドカスケードレーザー	116		
5) スラブレザー	118		
6) チューブレザー	119		
4.4 半導体レーザー励起固体レーザー	.....		120
1) LD 励起固体レーザーの特徴	121		
2) LD 励起固体レーザーの励起方式	121		

viii	
3)	固体レーザー励起用 LD 122
4)	LD 励起固体レーザーの構成と特性例 124 端面励起固体レーザー 124/側面励起固体レーザー 127
5)	Nd 系以外の LD 励起超高出力レーザー 130
4.5	大出力パルス固体レーザーシステム .....131
1)	大出力パルス固体レーザーシステムの特徴と設計上の留意点 131
2)	大出力パルス固体レーザーシステムの構成例 134
3)	核融合炉用大出力パルス固体レーザー 136
	文献 136
<b>5章</b>	<b>超短パルス固体レーザー .....猿倉信彦...141</b>
5.1	従来の超短パルスレーザー光源技術 .....141
5.2	超短パルスチタンサファイアレーザー .....142
1)	モード同期チタンサファイアレーザー 142 セルフモード同期 145/再生モード同期 146/可飽和吸収体を用いた受動モード同期 146/同期励起モード同期 146/マイクロドットミラーモード同期 146/アディティブパルスモード同期 146/結合共振器モード同期 147/共鳴受動モード同期 147
5.3	チタンサファイア増幅器 .....148
5.4	チタンサファイアレーザーと新固体レーザーの今後の発展と展望 .....150
	文献 153
<b>6章</b>	<b>高コヒーレント固体レーザー .....中川賢一...157</b>
6.1	LD 励起 Nd:YAG レーザー .....157
6.2	レーザーの周波数安定化の原理 .....159
6.3	LD 励起 Nd:YAG レーザーの周波数安定化 .....161
1)	ショット雑音限界 161
2)	周波数制御素子 162
3)	基準共振器 163
4)	周波数安定度の評価 164
6.4	注入同期法による高コヒーレントレーザーの高出力化 .....166
6.5	原子・分子を用いた周波数安定化 .....169
	文献 172
<b>7章</b>	<b>ファイバー増幅器とレーザー .....中沢正隆...175</b>
7.1	ファイバー増幅器の原理 .....175
1)	光ファイバー増幅の原理 175
2)	増幅特性の解析 177
3)	雑音特性 179
7.2	Er ファイバー増幅器 .....182
1)	希土類添加ファイバーの作製法 182
2)	Er ファイバーの構造 183
3)	EDFA の構成 183
4)	EDFA の増幅特性 186
5)	EDFA の光パルス増幅特性 187
7.3	EDFA の光ソリトン通信への応用 .....189
1)	光ソリトンの原理 189
2)	ダイナミックソリトン通信の原理 190
3)	ソリトン伝送 192
7.4	Er ファイバーレーザー .....195
1)	Er ファイバーレーザーの特徴 195
2)	非線形増幅ループミラーを用いたフェムト秒ファイバーレーザー 195
3)	非線形偏波回転を用いたフェムト秒ファイバーレーザー 199
4)	10 GHz 高周波再生モード同期ピコ秒レーザー 200
	文献 203
<b>8章</b>	<b>波長変換技術 .....岡 美智雄...205</b>
8.1	非線形光学効果 .....205
1)	非線形分極 205

8.2	二次高調波発生	208
1)	位相整合	208
2)	SHG 光源の例	213
	レーザー共振器内 SHG 213/外部共振 SHG 214/紫外領域への SHG	215
8.3	パラメトリック発振	217
1)	光パラメトリック増幅	217
2)	光パラメトリック発振	219
8.4	最近の LD 励起固体レーザーを用いた波長変換の例	222
	参考文献	224
<b>9 章</b>	<b>固体レーザーの応用分野</b>	小林喬郎 227
9.1	波長可変レーザーの励起光源	227
1)	色素レーザー・カラーセンターレーザー	227
2)	ラマンレーザー	229
3)	OPO	230
4)	高次高調波発生	233
9.2	レーザー分光	233
1)	レーザーラマン分光	236
2)	レーザー吸収分光	236
3)	コヒーレント反ストークスラマン分光	239
4)	超短パルス分光	239
9.3	レーザー計測	241
1)	レーザー干渉計	241
2)	光波距離計	244
3)	ライダー	244
	ミー散乱ライダー 245/差分吸収ライダー 247/ドップラーライダー 247/スペースライダー 248	
9.4	レーザー医療	250
1)	Nd:YAG, Ho:YAG レーザー凝固治療器	250

2)	Er:YAG レーザー治療器	250
3)	ルビーレーザー治療器	251
4)	今後のレーザー医療機器	251
9.5	材料プロセス・エネルギー発生	252
1)	レーザープロセス技術	252
	レーザー熱プロセス 253/レーザー光化学プロセス	253
2)	レーザー同位体分離	254
3)	レーザー核融合	254
9.6	光情報通信	255
1)	光ファイバー通信	255
2)	宇宙光通信	257
3)	光入出力機器	257
	文献	258
	索引	261