

目 次

1. 序 論 [川 澄 博 通]

2. レーザの基本技術

2.1 レーザの原理.....[藤岡知夫].....	5
2.1.1 光の放射.....	5
2.1.2 逆転分布.....	6
2.1.3 レーザの共振器.....	7
2.1.4 小信号利得と飽和係数.....	8
2.1.5 レーザ光の特徴.....	9
2.2 レーザの種類.....	10
2.2.1 固体レーザー.....[嶋田隆司].....	10
a. YAG レーザ.....	11
b. ルビーレーザー.....	15
c. カラスレーザー.....	16
2.2.2 ガスレーザー.....	17
a. He-Ne レーザ.....[小林 功].....	17
b. Ar ⁺ レーザ.....	21
c. CO ₂ レーザ.....[笠松充男].....	26
2.2.3 半導体レーザ.....[米津宏雄].....	37
a. ダブルヘテロ接合構造.....	37
b. モード制御とストライプ構造.....	38
c. 光出力.....	40
2.2.4 新しいレーザー.....[藤岡知夫].....	41
a. HF/DF 化学レーザー.....	41
b. O ₂ -I 化学レーザー.....	43
c. CO レーザ.....	44
d. 希ガスハライドエキシマレーザー.....	45
e. 金属蒸気レーザー.....	46
2.3 共振器およびビーム光学系.....[川 澄 博 通].....	47

2.3.1	共振器およびビームモード	47
a.	共振器	47
b.	モードパターン	49
c.	スポットサイズ	50
d.	発振器の形式およびモード選択法	51
2.3.2	ビーム集光系	52
a.	理想レンズの場合	52
b.	レンズ径が大きくない場合	53
c.	レンズの収差による影響	54
2.3.3	アライメント	56
2.4	レーザ基本測定	[本田辰篤・井上武海] 59
2.4.1	レーザ出力測定	59
a.	連続出力の測定	59
b.	大出力の測定	62
c.	パルス出力の測定	62
2.4.2	光ビームの径測定	63

3. レーザ加工

3.1	レーザ加工の基礎	66
3.1.1	レーザ加工の種類と特徴	[森 昌 幹] 66
a.	レーザ加工の種類	66
b.	レーザ加工の特徴	67
c.	加工用レーザの種類	67
3.1.2	レーザ加工の原理	69
a.	集束光の特性	69
b.	レーザビームと材料との相互作用	70
c.	材料の温度上昇	70
d.	材料の熔融	74
e.	材料の蒸発	75
f.	材料の除去機構	77
3.1.3	材料加工の特性とビーム照射による変化	[池田正幸] 78
a.	材料表面の反射率	79
b.	材料の熱的, 光学的特性	79
c.	表面状態のレーザ光吸収に及ぼす影響	83
d.	加工表面の微細構造	86
3.2	レーザ加工機の現状	[小林 昭] 87

3.2.1	CO ₂ レーザ加工機	87
a.	アメリカにおける現状	87
b.	ヨーロッパにおける現状	92
c.	日本における現状	95
3.2.2	YAG レーザ加工機	99
3.2.3	ガラスレーザ加工機	102
3.3	レーザ加工装置と加工例	102
3.3.1	固体レーザによる加工	[長野 幸隆] 102
a.	固体レーザ	102
b.	YAG レーザ加工の特徴	103
c.	穴あけ	105
d.	切断とスクライビング	108
e.	微量除去	108
f.	溶接	109
3.3.2	CO ₂ レーザによる加工	[島田 弥] 112
a.	加工装置	112
b.	加工例	117
(i)	穴あけ	117
(ii)	切断	121
(iii)	微量除去	129
(iv)	溶接	[神保龍太郎] 134
(v)	表面処理	[川澄博通] 143
3.3.3	レーザ複合加工法	[森 昌幹] 153
a.	超音波振動レーザ加工法	153
b.	レーザ加熱切削法	154
c.	放電によるレーザ加工の強化	155
d.	レーザとケミカルエッチングの複合	155
3.4	光学部品の種類および特性	[宮田 威男] 156
3.4.1	光学部品の種類	156
3.4.2	全反射ミラー	157
a.	金属表面ミラー	158
b.	誘電体膜付ミラー	159
c.	ミラーの表面特性	162
3.4.3	透過形光学部品	165
a.	素材に対する要求	165
b.	ビームガイド用オプティカルファイバ	168
c.	誘電体多層膜コーティング	169

4. レーザ加工の応用

4.1 鉄鋼製造業における応用例	[佐々木弘明]	175
4.1.1 鉄鋼業におけるレーザー応用の現状		175
4.1.2 鉄鋼業の溶接		175
a. ケイ素鋼帯の溶接		176
b. 冷延鋼帯の溶接		178
4.2 自動車工業における応用例	[石田 繁 夫]	179
4.2.1 自動車工業の特徴		179
4.2.2 切断・穿孔加工の応用例		180
a. 少量生産パネルのトリム		180
b. 仕様差によるパネルの穴加工		181
c. その他		182
4.2.3 溶接の応用例		182
a. キャブレタ関係部品の溶接		182
b. ギヤの組立		182
c. 車体の溶接		183
4.2.4 表面処理の応用例		183
a. ステアリングギヤハウジング内面焼入れ		183
b. その他		184
4.2.5 今後の動向		184
4.3 航空宇宙工業における応用例	[稲川 哲 雄]	185
4.3.1 金属材料への応用		185
a. 金属材料の穿孔		185
b. 金属材料の切断		187
4.3.2 非金属材料への応用		187
a. 新しい複合材料の切断		187
b. 微小量除去		188
4.3.3 表面処理・溶接への応用		189
4.4 電子・半導体工業における応用例	[吉川 省 吾]	189
4.4.1 レーザ光による微細加工の特徴		189
4.4.2 加工用レーザーの性能と加工の種類		190
4.4.3 レーザスクライビング		192
a. 半導体スクライバ		192
b. アルミナセラミックス・スクライバ		192
4.4.4 レーザアニーリング		193

4.4.5	レーザトリミング	194
4.4.6	レーザマーキング	196
4.4.7	レーザリベヤリング	198
4.4.8	レーザ溶接	200
4.5	精密機械工業における応用例	[小林 昭] 200
4.5.1	時計用軸受の穴あけ	200
4.5.2	ガラス, 水晶, セラミックスなどの切断	202
4.5.3	ダイヤモンドのスクライビング	203
4.5.4	ダイナミックバランスとり	203
4.5.5	小型部品のマイクロ溶接	204
4.5.6	マーキング	205
4.6	アパレル産業における応用例	[関山 聡] 207
4.6.1	日本への導入のいきさつ	207
4.6.2	システムの原理	208
4.6.3	レーザ光線裁断システム	210
a.	コンベヤ	211
b.	レーザ	211
c.	自動製図機	211
d.	コンピュータ	212
4.6.4	作業の方法	212
a.	採寸	212
b.	パターン作成	212
c.	マーキング処理	212
d.	裁断	212
4.6.5	省力の効果	213
4.7	紙器製造業における応用例	[横山 四郎] 213
4.7.1	紙器製造における抜型	214
4.7.2	抜型製造のレーザシステム	215
a.	NCによる両軸テーブル駆動	215
b.	ラインフォロージャによるX-Yテーブル駆動	215
c.	2軸光学系駆動方式	215
d.	1軸光学系・1軸テーブル駆動	216
e.	1軸発振器・1軸テーブル駆動	216
f.	その他	216
4.7.3	レーザ加工の実際	216
4.8	木材およびプラスチック彫刻における応用例	[笠置 一彦] 218
4.8.1	レーザ彫刻の長所と短所	218

4.8.2	レーザー彫刻	219
a.	原稿のつくり方	219
b.	金属マスクのつくり方	220
c.	機 種	220
d.	被彫刻体(商品別材質)	221
e.	金属マスクの装着	222
f.	90度交差彫刻法	223
g.	浮き彫り	223
h.	送り速度と彫刻深度の関係	223
i.	レーザー彫刻後の処理	223
4.8.3	レーザー彫刻の市場	224

5. レーザ応用計測

5.1	レーザー光の特徴と利用	[斎藤弘義] 227
5.2	ビームとしての利用	229
5.2.1	直線基準, 面基準	[吉澤 徹] 229
5.2.2	レーザー光切断	232
5.2.3	アラインメント	233
5.2.4	レーザー応用測定機器	234
5.2.5	レーザスキャナを応用する測定	[高林 均] 236
a.	レーザスキャナ	236
b.	回転ミラー方式外径測定器	236
c.	音叉振動ミラー方式外径測定器	237
d.	形状測定	237
e.	透明体の厚み測定	238
5.2.6	レーザをプローブとした変位測定	238
a.	ビームウェスト探索法	238
b.	三角計測法(1)	239
c.	三角計測法(2)	240
5.3	干 渉 計 測	242
5.3.1	干 渉 計	[桜井好正] 242
a.	可逆カウンタ	243
b.	コーナキューブ・プリズム	243
c.	光 源	243
d.	空気の屈折率	244
e.	実 例	245

5.3.2	長光路差干渉計	245
5.3.3	ホログラフィ	[鈴木正根] 246
a.	原理	246
b.	技術	247
c.	装置	253
5.3.4	ホログラフィ干渉	[松田浄史] 259
a.	変位および変形測定	259
b.	形状測定	262
c.	振動測定	263
d.	光弾性	264
e.	流れの可視化, その他	265
f.	計算機ホログラムによる非球面検査	266
5.4	パルスレーザ計測	[米村元喜] 268
5.4.1	パルスレーザ光の発生	268
a.	Qスイッチレーザ	268
b.	高調波の発生	269
c.	超短パルス光の発生	269
d.	くり返しパルス光の発生	270
5.4.2	距離測定	271
5.4.3	瞬間写真	271
a.	照明光源	271
b.	光カーシャッター	272
5.4.4	パルスホログラフィ	273
a.	パルスホログラムの撮影法	273
b.	二重露光干渉法	275
c.	実時間干渉法	275
d.	ストロボ干渉法	275
e.	多波長を用いた干渉法	275
f.	映画的記録	276
g.	パルスホログラフィの応用	277
5.5	スペckル応用技術	[山口一郎] 279
5.5.1	スペckルの基本的性質	280
a.	観察位置と条件	280
b.	スペckルの明るさの分布	280
c.	スペckルの大きさの分布	280
d.	スペckルの移動と変形	281
5.5.2	スペckル応用計測分野の概観	282

5.5.3	変位・変形の測定	282
a.	スペックル法の特徴	282
b.	スペックル干渉法	284
c.	スペックル写真法	285
d.	スペックル相関法	287
5.5.4	振動計測	288
5.6	光ビート計測	290
5.6.1	レーザドプラ速度計	[中谷 登] 290
a.	原理	291
b.	流速成分, 方向の測定, ベダスタル除去	292
c.	多次元, 多点同時測定	293
d.	LDV 信号処理	293
e.	散乱粒子	294
f.	LDV の応用	294
5.6.2	ヘテロダイン干渉計	[中島俊典] 295
a.	原理	295
b.	特徴	296
c.	実例	296
d.	ヘテロダイン・ホログラフィ干渉法	297
5.6.3	サニャック干渉計の応用	[藤井陽一] 298
a.	ファイバ・ジャイロスコープ	298
b.	サニャック干渉計による電流測定	299
c.	光ファイバの必要条件	299
d.	リングレーザ・ジャイロスコープ	299
5.6.4	光ヘテロダイン顕微鏡	300
5.7	回折パターン計測	[岩本明人] 300
5.7.1	フーリエ光学系	301
a.	光の伝搬	301
b.	光学的フーリエ変換	302
c.	フーリエ変換の主な特性	303
5.7.2	空間周波数フィルタリング	305
5.7.3	回折パターン直接計測	306
a.	欠陥検査	306
b.	寸法計測	307
c.	投影定理の応用	308
5.7.4	マッチト・フィルタ	308
a.	相関演算の一般化	309

b. マッチト・フィルタの応用	309
c. 結合変換	310
5.8 分光計測	[小林 喬郎]…312
5.8.1 レーザレーダ	312
a. 原理と基本特性	312
b. 分光計測方式と動作機能	313
5.8.2 ガス温度の計測	315
5.9 光ファイバ計測	[根本 俊雄]…317
5.9.1 光ファイバの性質	318
a. 光ファイバの導波原理	318
b. 単一モードファイバ	319
c. 偏波面保存ファイバ	319
d. 光ファイバの損失	320
e. 光ファイバの物理特性	320
5.9.2 光ファイバ応用計測	321
a. 光ファイバセンサの形態	322
b. 光ファイバ応用センサ	324

6. レーザ応用計測の応用例

6.1 鉄鋼業におけるレーザ計測	[宮川 一 男]…330
6.1.1 高炉装入物プロフィール測定	330
6.1.2 CC ロール用レーザ直線計	331
6.1.3 レーザ式加熱炉スラブ検出器	331
6.1.4 レーザスラブ幅計	333
6.1.5 鋼板の無張力巻取り制御におけるコイル径検出装置	334
6.1.6 金属材料の表面きず検査装置	334
6.1.7 レーザ超音波探傷	335
6.2 機械工業におけるレーザ計測	[赤 津 利 雄]…336
6.2.1 大型構造物組立用レーザ計測システム	336
a. 大型構造物の水平レベル調整と形状計測作業の現状	337
b. レーザ計測システムの概要	337
6.2.2 機械加工における寸法の自動計測	340
a. スクリューロータ加工設備の概要	341
b. ロータ歯底径測定装置	341
6.3 自動車工業におけるレーザ応用計測	[村 田 正 義]…343
6.3.1 ホログラフィ振動計測法の特徴, 種類および用途	344

6.3.2	エンジン振動計測への応用	345
a.	エンジンの固有振動モード計測	345
b.	運転時エンジンの振動モード計測	346
6.3.3	乗用車ボディ振動計測への応用	348
6.3.4	回転時の冷却ファンおよびブレーキディスク振動計測への応用	349
6.4	航空宇宙工業におけるレーザ計測	[青野比良夫] 351
6.4.1	流れ場の計測	351
a.	レーザホログラフィ	353
b.	蛍光分析法	354
c.	レーザ流速計	354
d.	ラマン分光法	354
6.4.2	機械計測	356
a.	チップクリアランス計測	356
b.	動翼の振動計測	357
6.5	電気・電子工業におけるレーザ計測	[小松忠紀] 360
6.5.1	レーザ計測の利用法	361
6.5.2	レーザ計測の具体例	361
a.	半導体	361
b.	音響・映像機器	363
c.	電気・電子部品	364
d.	照明	364
e.	エネルギー	365
f.	システム	365
6.6	精密機械工業におけるレーザ計測	[吉田庄一郎] 367
6.6.1	レーザ干渉測長器	367
6.6.2	マイクロパターンの計測	368
6.6.3	レーザを用いたアラインメント機構	370
6.6.4	欠陥検査装置	371
6.6.5	インプロセスでの寸法測定	372
6.7	音響機器工業におけるレーザ計測	[米山正秀・藤本潤一郎] 373
6.7.1	カートリッジ	374
6.7.2	トーンアーム	375
6.7.3	レコード盤	375
6.7.4	スピーカ	376
6.7.5	その他	378
6.8	建設産業におけるレーザ計測	[後藤幸一] 378
6.8.1	基準線としての利用	379

6.8.2	距離測定への利用	382
6.9	環境産業におけるレーザ計測	[小林 喬郎] 384
6.9.1	ミ-散乱方式レーザレーダ	385
6.9.2	差分吸収方式レーザレーダ	387
6.9.3	ポイントモニタリング法	388
6.10	医学におけるレーザ計測	[西坂 剛] 391
6.10.1	計測方法の分類	391
6.10.2	生体の光物性的性質	393
6.10.3	レーザによる生体計測	394
6.10.4	レーザによる検体計測	394
6.10.5	医学用レーザ機器の特質	395

7. レーザ応用機器

7.1	光情報機器	398
7.1.1	レーザプリンタ	[福田洋二・平野正浩] 398
a.	原理と装置の構成	398
b.	レーザプリンタ装置	402
7.1.2	マイクロプリンタ	[高橋常彦] 402
a.	記録の方式	402
b.	COM装置	403
c.	メモリ・伝送応用など	405
7.1.3	レーザファクシミリ	[斎藤孝之] 406
a.	概説	406
b.	ファクシミリにおけるレーザの必要性	406
c.	新聞紙面電送装置	407
d.	写真電送装置	408
e.	今後の課題	410
7.1.4	光ディスクメモリ	[久保高啓] 410
a.	概要	410
b.	記録・再生の原理	411
c.	記録・再生装置の構成	413
d.	光ディスクの特徴	414
7.1.5	POS用バーコードリーダー	[宮澤生行] 415
7.2	光ファイバ通信	[米田悦吾] 420
7.2.1	光通信システムの構成	420
a.	発光器	421

b.	光ファイバケーブル	422
c.	受光器	424
7.2.2	光ファイバ通信の特徴	425
7.2.3	伝送容量と中継間隔	425
7.2.4	光通信システムの適用例	426
7.3	レーザー製版システム	[梶 光 雄] 427
7.3.1	レーザー製版装置の機能概要	427
a.	読取部	430
b.	記録部	431
7.3.2	光学系と走査機構	432
a.	平面走査	432
b.	円筒走査	435
7.3.3	レーザーと記録材料	436
a.	記録材料とレーザーの組合せ	436
b.	走査記録材料の記録特性	436
c.	印刷シリンダ加工など	443
7.4	ディスプレイ機器	[中島 真人] 445
7.4.1	ディスプレイホログラフィ	445
a.	ディスプレイ用ホログラムの条件	446
b.	各種ディスプレイ用ホログラム	448
c.	ディスプレイ用ホログラムの課題	454
d.	応用分野	457
e.	ディスプレイ用ホログラムの現状と将来	458
7.4.2	レーザービーム・スキャニング・ディスプレイ (LBSD)	459
a.	LBSD システム	460
b.	LBSD の現状と問題点	461
7.5	医療機器	463
7.5.1	レーザーによる診断法	[崎田隆夫・熊谷博彰・福富久之] 463
a.	総論	463
b.	各論	464
c.	将来の予想と期待	467
7.5.2	治療へのレーザー応用技術	470
a.	メス	[末永徳博] 470
b.	レーザー光凝固装置	[庵原章良] 475
c.	歯科	[南里嶽仁] 477

8. 安 全 [本田辰篤]

8.1 レーザ光による障害	481
8.2 最大許容露光量	483
8.3 レーザ装置のクラス分類	486
8.4 安全対策	488
8.5 レーザ安全基準	492
8.6 レーザ安全用語	493

9. 新しいレーザー応用技術 [川澄博通]

9.1 レーザケミカルエッチング	496
9.2 蛍光活性化生物細胞分類法	499
9.3 レーザによるオフ輪インキの乾燥法	500
a. レーザ乾燥の原理	500
b. 実験方法	501
9.4 レーザマイクロ結合加工	502
9.5 レーザ補助加熱による難削材加工	503
9.6 新しい大出力レーザーの用途	503

10. 資 料

10.1 レーザ加工に関する文献集	505
10.2 メーカーと取扱店	516
10.3 関連会社連絡先	521

索 引	525
-----	-----

資料編 広告	533
--------	-----