

目 次

序 章 量子エレクトロニクスの歴史

(1) マイクロ波スペクトル	1
(2) メーザー	3
(3) メーザーからレーザーへ	6
(4) 非線形光学とレーザーの発展	8
序 章 参考文献	14

第1章 電磁波と物質との相互作用

§ 1.1 電磁波と光子	18
(1) マクスウェル方程式と電磁波のモード	18
(2) 電磁場の量子化	21
(3) 電磁波の二重性と不確定関係	23
§ 1.2 電磁波と原子の相互作用エネルギー	25
§ 1.3 自然放出, 誘導放出, 吸収	28
§ 1.4 電磁波と物質粒子とのコヒーレントな相互作用	35
§ 1.5 高次放射現象と多重量子遷移	42
§ 1.6 スペクトル線の幅	47
§ 1.7 緩和時間	51
§ 1.8 密度行列と運動方程式	56
§ 1.9 飽和現象	63
(1) レート方程式による記述	63
(2) 密度行列による記述	65
(3) 不均一な拡がりとは飽和	68
第1章 参考文献	69

第2章 レーザーの基礎

§ 2.1 誘導放出による増幅と発振	70
(1) 2準位系の共鳴過程	70

(a)	2 準位モデル	70
(b)	運動方程式	71
(c)	幾何学的表示	74
(d)	緩和過程と定常解	78
(2)	誘導放出による増幅	81
(a)	レーザー媒質の利得と負温度	81
(b)	反転分布の生成	84
(3)	メーザー・レーザーの定常発振	88
(a)	発振開始条件	88
(b)	発振振幅と周波数はどのようにきまるか	92
(c)	メーザーとレーザーの出力	94
§ 2.2	レート方程式によるレーザー理論	98
(1)	レート方程式の導入とその近似の性質	98
(a)	まえがき	98
(b)	半古典的理論の基礎方程式と回転波近似	98
(c)	単一モード発振の基礎方程式	103
(d)	レート方程式近似の導入	105
(e)	レート方程式の近似性の検討	107
(2)	レート方程式の定常解と発振の開始	109
(a)	Threshold, 出力, 最適結合, 効率	109
(b)	発振の開始	111
(3)	ジャイアントパルス	115
(a)	回転鏡などによる Q スイッチ	115
(b)	可飽和色素による Q スイッチ	120
(4)	緩和発振	124
§ 2.3	半古典的レーザー理論	127
(1)	単一モードの定常発振	127
(2)	単一モードの非定常発振	129
(3)	van der Pol の方程式	131
(4)	単一モード発振に対する外部信号の影響 I (共鳴の場合)	135
(a)	まえがき	135
(b)	周波数に対する影響	136
(c)	振幅に対する影響	139
(d)	強磁性体の相転移とレーザーの threshold との類似性	142
(5)	単一モード発振に対する外部信号の影響 II (非共鳴の場合)	144

(a)	計算結果	144
(b)	計算方法	146
(6)	2モードの発振	149
(a)	2モード発振の基礎方程式	150
(b)	結合調分極の発生と frequency pushing	153
(c)	多モード発振の一般的摂動計算法	156
(d)	モード競合	159
(7)	モード同期	166
(a)	まえがき	166
(b)	時間領域と周波数領域	169
(c)	強制同期の基礎方程式	175
(d)	AM 変調による同期	181
(e)	FM 変調による同期	185
(f)	時間領域におけるモード同期理論	194
(8)	気体レーザーの理論	199
(a)	3次近似理論	203
(b)	大振幅気体レーザー (高次理論)	209
§ 2.4	レーザー共振器	216
(1)	共振器内部の電磁場	216
(a)	スカラー場の基本解	216
(b)	分布関数 $S(x, y)$ の近似解法	218
(2)	共振器の特性	221
(a)	スポットサイズと位相面の曲率	221
(b)	一般の球面系	224
(c)	共振モード	227
(d)	共振器損失	232
(3)	共振器の等価的な扱い	234
第2章	参考文献	240

第3章 各種レーザー

§ 3.1	固体レーザー	243
(1)	固体レーザーのエネルギー準位	244
(a)	3準位光励起レーザー	244
(b)	4準位光励起レーザー	245

(2) 固体レーザーの構成素子	246
(a) 固体レーザー材料	246
(b) 反射鏡	249
(c) 励起光源	250
(d) ポンピング空洞	252
(3) 固体レーザー物質の分光学的性質	254
(a) 3価の希土類イオン	256
(b) 2価の希土類イオン	264
(c) アクチニドイオン	265
(d) 遷移金属イオン	266
(e) レーザー過程における増感現象	271
(4) 固体レーザー発振の特徴	272
(a) 多モード発振	272
(b) 緩和発振	273
(c) 連続発振	274
(d) 出力光のコヒーレンス時間	275
(e) フィラメント構造	276
(5) ルビーレーザー	276
(a) ルビーレーザーの最大出力	277
(b) レーザー増幅器	277
(c) くり返し発振	278
(6) ネオジム YAG レーザー	279
(7) ガラスレーザー	280
(a) ガラスレーザーの増幅度	282
(b) 大出力ガラスレーザー	283
(c) 連続発振ガラスレーザー	284
§ 3.2 液体レーザー	284
(1) 有機キレートレーザー	287
(2) 無機液体レーザー	289
(3) 色素レーザー	291
§ 3.3 気体レーザー	298
(1) 気体レーザーの励起機構	299
(a) 放電による励起	299
(b) 電子線による励起	317
(c) 光励起	318

(d)	光解離と化学反応	320
(e)	熱励起と気体運動力学的励起	324
(2)	気体レーザーの発振	327
(a)	レーザープラズマパラメーター	327
(b)	気体レーザーの定常発振出力	329
(c)	気体レーザー装置	330
(3)	各種の気体レーザー	336
(a)	He-Ne レーザー	336
(b)	CO ₂ レーザー	338
(c)	その他の気体レーザー	342
§ 3.4	半導体レーザー	343
(1)	半導体レーザーの特徴	343
(2)	半導体のエネルギー準位と発光	345
(a)	エネルギー準位	345
(b)	電子の統計分布	347
(c)	光の吸収と発生	347
(3)	半導体レーザーにおける分布反転と励起	350
(a)	反転条件	350
(b)	励起法	352
(4)	接合型半導体レーザー	353
(a)	基本構造と発振条件	353
(b)	出力光の一般的な性質	357
(c)	連続発振	359
(d)	パルス発振	360
(e)	いろいろな接合型レーザー	362
(5)	電子線励起半導体レーザー	364
(6)	光励起半導体レーザー	366
第3章	参考文献	367

第4章 コヒーレンスと雑音

§ 4.1	まえがき	373
§ 4.2	熱雑音, 熱放射	374
(1)	低周波回路の熱雑音	374
(2)	Planck の熱放射式	376

§ 4.3	メーザーの雑音	378
(1)	量子雑音	378
(2)	メーザー増幅器の雑音	379
(3)	雑音のある発振器の基礎方程式	383
(4)	メーザーの AM 雑音	386
(5)	メーザーの FM 雑音	387
§ 4.4	古典的な光のコヒーレンス	389
(1)	光の複素表示とコヒーレンス関数	390
(2)	Young の実験	392
(3)	時間的コヒーレンスと空間的コヒーレンス	393
§ 4.5	高次のコヒーレンス	394
(1)	強度干渉	394
(2)	単色光源と熱放射のゆらぎ	394
(3)	高次のコヒーレンス関数	396
§ 4.6	光のコヒーレンスの量子論	397
(1)	光電場と光の強さ	397
(2)	干渉	400
(3)	コヒーレント状態	400
(4)	P 表現	402
§ 4.7	レーザー発振器の雑音	403
(1)	レーザー光の周波数のゆらぎ	404
(2)	レーザー光の強度のゆらぎ	406
(a)	実験結果	406
(3)	レーザー光のスペクトルの幅と形	408
§ 4.8	量子力学的レーザー理論	412
(1)	一般論	412
(2)	Langevin の式	415
(a)	Threshold 以下のレーザー	417
(b)	Threshold 以上のレーザー	418
(3)	光子の密度行列の Master Equation	418
(4)	Fokker-Planck の式	423
§ 4.9	光子計数統計	429
(1)	計数分布関数	429
(a)	振幅一定のコヒーレント光	431
(b)	熱放射単色光	431

(c)	コヒーレント光と熱放射単色光の重ね合わせ	432
(d)	レーザー光の光子計数統計 (理論)	433
(e)	測定時間が長いときの計数分布	433
(2)	光子計数統計の実験	434
(a)	Threshold 以下のレーザー	435
(b)	Threshold 付近および以上のレーザー	436
第4章	参考文献	439
索引		442