

目 次

1. 概 説

1.1 はじめに	1
1.2 光エレクトロニクスの歴史	2
1.2.1 電気通信技術の高周波化	2
1.2.2 電波技術から光波技術へ	4
1.3 レーザの原理と構造	4
1.3.1 レーザの原理	4
1.3.2 He-Ne (ヘリウム・ネオン) レーザ	6
1.3.3 半導体レーザ	8
1.4 本書の構成	12
演習問題	12

2. 波 動 光 学

2.1 マクスウェルの方程式	13
2.2 波動方程式	13
2.3 伝搬定数	15
2.4 z 方向に進む平面波	16
2.5 任意の方向に進む平面波	18
2.6 金属導波管中の波動と表面波	19
2.7 伝送パワー	20
2.8 位相速度と群速度	21
2.9 k - β 図表	22
2.10 偏 光	23
2.10.1 基本式	24

2.10.2	直線偏光	24
2.10.3	円偏光	24
2.10.4	だ円偏光	25
2.11	誘電体の界面における屈折と反射	26
2.11.1	スネルの法則	26
2.11.2	入射光の電界が入射面に垂直な場合	27
2.11.3	入射光の電界が入射面に平行な場合	29
2.11.4	ブルースタ角	29
2.11.5	グースヘンヒェン偏移	31
2.12	干渉とコヒーレンス	31
2.12.1	干渉じまの記録	31
2.12.2	干渉じまの鮮明度	33
2.12.3	コヒーレンスとコヒーレンス長	33
2.12.4	コヒーレンスのより正確な表示	34
2.12.5	半導体レーザの場合	35
2.12.6	He-Ne レーザの場合	36
	演習問題	37

3. 幾何光学

3.1	波動光学と幾何光学	38
3.2	アイコナール方程式	39
3.3	光線方程式	41
	演習問題	43

4. 回折

4.1	歴史的背景	44
4.1.1	ホイゲンスの原理	44
4.1.2	フレネルの回折理論	45
4.2	回折の基礎理論	46
4.2.1	キルヒホッフの積分定理	46
4.2.2	フレネル・キルヒホッフの回折積分	47
4.2.3	フレネル・キルヒホッフの回折積分の物理的意味	48

4.3	近軸上の回折波の伝搬	49
4.3.1	近軸上の回折問題	49
4.3.2	フレネル回折とフラウンホーファ回折	50
4.3.3	各回折像の計算法	52
4.3.4	フラウンホーファ回折像がフーリエ変換像となることの物理的意味	54
4.4	等価的にフラウンホーファ回折像を得るための光学系	55
4.4.1	フーリエ変換光学系(I)	56
4.4.2	フーリエ変換光学系(II)	58
4.5	種々の開口に対するフラウンホーファ回折像	58
4.5.1	方形開口の場合	58
4.5.2	スリット状の開口の場合	60
4.5.3	円形開口の場合	60
4.5.4	正弦波格子の場合	61
4.6	ガウスビーム	62
	演習問題	63

5. 光ファイバの特徴と特性

5.1	光通信と光通信研究の歴史の概観	65
5.1.1	前史 (光通信実用の時代)	65
5.1.2	休止期 (電波開拓の時代)	66
5.1.3	準備期 (模索の時代)	67
5.1.4	光ファイバの登場	69
5.2	光ファイバの特徴	70
5.3	光ファイバの種類と特性	71
5.3.1	多モード光ファイバと単一モード光ファイバ	71
5.3.2	光ファイバにおける「分散」	72
5.3.3	種々の分散の大きさの比較	73
5.3.4	不均一コア光ファイバ	74
5.4	光ファイバの伝送損失	76
5.4.1	損失の諸要因	76
5.4.2	実際の光ファイバの損失の波長特性	78
5.5	光ファイバの製造法	78

5.5.1 製造法の種類	78
5.5.2 二重るつぼ法	79
5.5.3 MCV D 法	79
5.5.4 VAD 法	80
演習問題	81

6. 幾何光学による光ファイバの解析

6.1 ま え が き	82
6.2 幾何光学による均一コア光ファイバの取扱い	83
6.2.1 均一コア光ファイバ中の光線の種類	83
6.2.2 子午光線の解析	84
6.2.3 開口数	84
6.2.4 子午光線の分散	85
6.3 幾何光学による不均一コア光ファイバの取扱い	86
6.3.1 不均一コア光ファイバ中の光線の種類	86
6.3.2 基本方程式	86
6.3.3 解の実例(I)——子午光線	87
6.3.4 均一コアの場合との比較	89
6.3.5 解の実例(II)——らせん光線	90
6.4 ま と め	91
演習問題	91

7. 波動光学による光ファイバの解析

7.1 ま え が き	93
7.2 基本方程式の導出	94
7.2.1 直角座標系における波動方程式	94
7.2.2 円柱座標系における波動方程式	95
7.3 均一コア光ファイバ中の波動	96
7.3.1 波動方程式の一般解	96
7.3.2 コアおよびクラッド中の電磁界の解	97
7.3.3 モードの分類	100
7.3.4 固有方程式(厳密解)	100

7.3.5 固有方程式 (弱導波近似解)	102
7.3.6 固有方程式の統一形式	102
7.4 均一コア光ファイバの諸性質	104
7.4.1 伝搬モード, 放射モード, 漏洩モード	104
7.4.2 各モードの伝搬特性の決定	105
7.4.3 モード番号 l の意味と遮断周波数	106
7.4.4 LP モード	107
7.4.5 分散曲線	109
7.4.6 単一モード光ファイバと多モード光ファイバ	110
7.4.7 電磁界分布	112
7.5 均一コア光ファイバの分散特性	113
7.5.1 分散の諸要因	113
7.5.2 群遅延を表す式	114
7.5.3 多モード分散	116
7.5.4 波長分散	116
7.5.5 導波路分散	117
7.5.6 材料分散	118
7.5.7 種々の分散の大きさの比較	119
7.6 不均一コア光ファイバの解析と伝搬特性	120
7.6.1 種々の解析法	120
7.6.2 波動光学的な解析の必要性	121
7.6.3 分散特性と群遅延特性の解析例	122
演習問題	123
8. 光通信システム	
8.1 光通信システムの基本形と種々の形式	126
8.1.1 空間伝搬形光通信と光ファイバ通信	126
8.1.2 用途による分類	127
8.1.3 デジタル変調方式とアナログ変調方式	127
8.2 構成部品と使用波長帯	128
8.2.1 光源	128
8.2.2 変調器	129
8.2.3 光ファイバ	130
8.2.4 光検出器	132

8.2.5	各構成部品の特性と使用波長帯との関連	132
8.3	変調と符号化	133
8.3.1	アナログ変調の諸形式	133
8.3.2	アナログ予変調の諸形式	134
8.3.3	デジタル変調の諸形式	135
8.3.4	デジタル信号の再符号化 (冗長化符号)	136
8.4	光通信回線の設計	136
8.4.1	信号対雑音比 (SN 比) と符号誤り率	136
8.4.2	損失制限と帯域制限	137
8.5	周波数多重光通信とヘテロダイン形光通信	138
8.5.1	周波数多重光通信	138
8.5.2	ヘテロダイン形光通信	139
8.6	光通信に用いられる光回路部品	139
	演習問題	140

9. ホログラフィの原理と特性

9.1	ホログラフィとは何か	141
9.2	ホログラフィの歴史	145
9.2.1	ガボアの提案	145
9.2.2	リース・ウパートニクスの二光束法	147
9.2.3	二光束法登場以後のホログラフィ研究の展開	149
9.3	ホログラフィの原理の説明(I)——局所的平面波を仮定する理論	149
9.3.1	干渉じまの記録	149
9.3.2	干渉じまによる回折	150
9.4	ホログラフィの原理の説明(II)——波面再生の理論	151
9.5	ホログラフィの種々の形式	154
9.5.1	干渉じまの次元による分類	154
9.5.2	干渉じまの記録方式による分類	156
9.5.3	記録時の波面による分類	157
9.6	厚い感光材料の中でのホログラムの形成	159
9.6.1	基本式	159

9.6.2	二次元ホログラムの場合	160
9.6.3	三次元ホログラムの場合	161
9.7	三次元ホログラムからの像再生	162
9.7.1	ブラッグ回折の条件	163
9.7.2	物体光, 参照光, 再生用照明光の関係	164
9.7.3	波長選択性と角度選択性の応用	165
9.8	ホログラフィの再生光効率	165
9.8.1	振幅形二次元回折格子の回折効率	166
9.8.2	位相形二次元回折格子の回折効率	167
9.8.3	三次元的な回折格子の回折効率	169
9.8.4	種々の回折格子の回折効率の実測値	169
9.9	ホログラフィにおける再生像の解像限界	170
9.10	ホログラフィの情報理論	172
9.10.1	概 説	172
9.10.2	基礎的諸概念	173
9.10.3	ホログラムの情報量の計算	173
9.11	感光材料	179
	演習問題	180
10. ホログラフィとコヒーレント光学の応用		
10.1	種々の光メモリとその分類	181
10.2	ホログラムメモリ	182
10.2.1	ホログラムメモリの構成	183
10.2.2	ホログラムメモリの特徴	185
10.2.3	ホログラムメモリの記憶容量限界	186
10.3	刻印方式の光メモリ	191
10.3.1	刻印方式光メモリシステムの構成例	192
10.3.2	実際のシステムと種々の変形	193
10.4	コヒーレント光情報処理	194
10.4.1	概 説	194
10.4.2	フーリエ変換を行うコヒーレント光学系	195
10.4.3	簡単なコヒーレント光フィルタ	196

10.4.4	ホログラフィックフィルタ	198
10.5	コヒーレント光計測技術	198
10.5.1	古典的な干渉計測技術	198
10.5.2	ホログラフィ計測技術の特徴と分類	200
10.5.3	単一露光法	200
10.5.4	二重露光法	202
10.5.5	時間平均法	203
10.5.6	等高線形成法	203
10.6	三次元画像技術としてのホログラフィ	204
10.6.1	概 説	204
10.6.2	線状フィラメント光源によるイメージホログラフィ	205
10.6.3	全周形マルチプレックスホログラフィ	206
	演習問題	207
	演習問題略解	208
	索 引	215