

1 光導波路の電磁波理論

1.1 光導波路の構造	1
1.2 モードの概念	2
1.3 マクスウェルの方程式	7
1.4 伝送パワー	10
参考文献	12

2 方形光導波路

2.1 スラブ光導波路	14
2.1.1 基本方程式	14
2.1.2 TE, TM モードの分散方程式	16
2.1.3 伝搬定数の求め方	20
2.1.4 電界分布	23
2.1.5 TM モード	25
2.2 三次元光導波路	27
2.2.1 基本方程式	27
2.2.2 E_{pq}^x および E_{pq}^y モードの分散方程式	28
2.2.3 改良 Marcatili 法	31
2.2.4 等価屈折率法	37
2.3 光導波路の出射パターン	39
2.3.1 フレネル領域とフラウンホーファ領域	40
2.3.2 ガウス状ビームの出射パターン	41
参考文献	45

3 光ファイバ

3.1	基本方程式	46
3.2	ステップ型光ファイバ	48
3.2.1	TEモード	48
3.2.2	TMモード	51
3.2.3	ハイブリッドモード	56
3.3	伝送パワー	56
3.3.1	TEモード	57
3.3.2	TMモード	58
3.3.3	ハイブリッドモード	59
3.4	LPモード	59
3.4.1	LPモードの分散方程式	60
3.4.2	LPモードの分散方程式の特性	63
3.4.3	LPモードの伝送パワー	66
3.5	HE_{11} モード	68
3.6	ステップ型光ファイバの分散特性	72
3.6.1	群速度分散と信号波形ひずみ	72
3.6.2	分散の諸要因	77
3.6.3	分散を表す式	80
3.6.4	波長分散	84
3.6.5	零分散波長	89
3.7	グレーデッド型光ファイバ	91
3.7.1	基本方程式	91
3.7.2	WKB法による多モード光ファイバの解析	95
3.7.3	多モード光ファイバの分散特性	99
3.8	分散の大きさと伝送容量	103
3.9	複屈折光ファイバ	106
3.9.1	単一モード光ファイバ中の二つの直交偏波モード	106
3.9.2	複屈折光ファイバの基本方程式	109

3.9.3	楕円コア光ファイバ	112
3.9.4	モード複屈折率	116
3.9.5	偏波モード分散	119
	参考文献	120

4 モード結合理論

4.1	モード結合方程式	123
4.2	同方向光結合の方向性結合器	131
4.3	逆方向光結合の方向性結合器	133
4.4	モード結合定数	141
4.4.1	スラブ光導波路のモード結合定数	141
4.4.2	三次元光導波路のモード結合定数	143
4.4.3	偶奇モードによる結合定数の計算	144
4.4.4	光ファイバのモード結合定数	147
4.4.5	グレーティングの結合定数	151
4.5	方向性結合器の応用	158
4.5.1	マッハ・ツェンダー型光変調器	158
4.5.2	リング共振器	160
4.5.3	光双安定デバイス	163
	参考文献	165

5 光ファイバ中の非線形光学効果

5.1	光ファイバ中での非線形光学効果の特徴	167
5.2	光カー効果	169
5.2.1	自己位相変調	169
5.2.2	非線形シュレディンガー方程式	172
5.3	光ソリトン	176
5.3.1	光ソリトンの発生条件	176

5.3.2	光直接増幅によるソリトン伝送	180
5.3.3	変調不安定	184
5.3.4	暗い光ソリトン	186
5.4	光パルス圧縮	187
5.5	物質による光の散乱	191
5.5.1	一次元格子の振動	192
5.5.2	フォノンによる光の散乱の選択則	196
5.6	誘導ラマン散乱	198
5.7	誘導ブリルアン散乱	201
5.8	第二次高調波発生	206
	参考文献	208

6 有限要素法

6.1	有限要素法の基本	212
6.2	有限要素法によるスラブ光導波路の解析	213
6.2.1	波動方程式の変分問題への変換	213
6.2.2	界分布の離散化と汎関数	215
6.2.3	停留条件と分散方程式	217
6.2.4	TMモードの解析	220
6.3	有限要素法による光ファイバの解析	224
6.3.1	波動方程式の変分問題への変換	224
6.3.2	界分布の離散化と汎関数	226
6.3.3	停留条件と分散方程式	226
6.3.4	不均一屈折率分布光ファイバの単一モード条件	228
6.3.5	遅延時間 τ	230
6.4	有限要素法による三次元光導波路の解析	234
6.4.1	ベクトル波解析とスカラー波解析	234
6.4.2	波動方程式の変分問題への変換	235
6.4.3	停留条件と分散方程式	240
6.5	有限要素法による応力解析	249

6.5.1 エネルギー原理	249
6.5.2 平面ひずみ問題と平面応力問題	250
6.5.3 基本方程式	250
6.5.4 全ポテンシャルエネルギー	252
6.5.5 変分法による定式化と変位境界条件	257
6.5.6 有限要素法応力解析と導波路解析の組合せ	259
参考文献	264

7 ビーム伝搬法

7.1 ビーム伝搬法の基礎	267
7.1.1 光波動伝搬解析	267
7.1.2 光パルス伝搬解析	268
7.2 BPMによる光導波路の解析	269
7.2.1 BPMの形式的な定式化	269
7.2.2 BPMの具体的な計算	270
7.3 BPMによる光パルス伝搬解析	273
7.4 離散的フーリエ変換	276
7.5 高速フーリエ変換	282
7.6 離散的フーリエ変換を用いたBPMの具体的表現	285
7.7 BPMの応用例	287
参考文献	297

8 階段接続法

8.1 階段近似	299
8.2 接続部の振幅と位相	302
8.3 波長分離合波カプラ	308
8.4 波長フラットカプラ	309
参考文献	315

9 境界要素法

9.1 積分方程式	317
9.2 離散定式化	319
9.3 分散方程式	325
参考文献	326

10 各種の定理および公式

10.1 ガウスの定理	327
10.2 グリーンの定理	331
10.3 ストークスの定理	333
10.4 ヘルムホルツ・キルヒホッフの積分定理	336
10.5 フレネル・キルヒホッフの回折公式	339
10.6 ベクトル算法の公式	342
10.7 円柱座標系および極座標系	345
10.7.1 円柱座標系	345
10.7.2 極座標系	346
参考文献	346

付 録

付録 3 A.1 グレーデッド型光ファイバにおける電磁界方程式	347
付録 3 A.2 式 (3.219) の導出	348
付録 4 A.1 式 (4.8) および (4.9) の導出	350
付録 4 A.2 モード結合方程式 (4.26), (4.27) の厳密解	351
付録 6 A.1 式 (6.59) の導出	352
付録 6 A.2 式 (6.66) の証明	353
付録 9 A.1 式 (9.2) の導出	354

索 引	355
-----------	-----

