

Tullio Rozzi - Andrea Di Donato

COMPONENTI & CIRCUITI OTTICI



Pitagora Editrice Bologna

Indice

Capitolo 1	
Introduzione	1
1.1 Guide Dielettriche	1
1.2 Dispositivi Ottici	3
Capitolo 2	
Principi di Elettromagnetismo	7
2.1 Equazioni di Maxwell	7
2.2 Equazione d'Onda in un Mezzo Isotropo	9
2.3 Teorema di Poynting	10
2.4 Propagazione di Onde Piane	12
2.5 Polarizzazione	15
Capitolo 3	
Mezzi Anisotropi	17
3.1 Introduzione	17
3.2 Materiali Utilizzati in Ottica	17
3.3 Caratterizzazione di un Mezzo Anisotropo	19
3.3.1 Tensore Dielettrico	20
3.3.2 Tensore di Impermeabilità Elettrica	23
3.3.3 Ellissoide degli Indici	24
3.3.4 Classificazione dei Cristalli	27
3.4 Propagazione in un Mezzo Anisotropo	30
3.4.1 Propagazione lungo una direzione arbitraria	31
3.4.2 Equazione di Fresnel	35
3.4.3 Modi Normali	41
3.4.4 Relazione di dispersione	43
3.4.5 Determinazione dei modi normali mediante l'ellissoide degli indici	46
3.5 Propagazione nei Cristalli Uniassici	48

3.6 Propagazione dell' Energia nei Cristalli Uniassici	52
3.7 Birifrangenza nei Cristalli Uniassici	56
3.7.1 Legge di Snell.....	57

Capitolo 4**Guide Dielettriche Planari.....** 61

4.1 Introduzione	61
4.2 Barra dielettrica simmetrica	67
4.2.1 Modi TE pari	67
4.2.2 Modi TE dispari	73
4.2.3 Modi TM	77
4.3 Risonanza Trasversa	80
4.3.1 Osservazioni Sul Circuito Equivalente Trasverso.....	86
4.4 Modi Continui in Una Barra Dielettrica Simmetria.....	88
4.4.1 Spettro dei Modi Continui	93
4.5 Ortogonalità tra Modi	98
4.6 Descrizione del Campo Elettromagnetico Generato da una Sorgente	103
4.7 Costante Dielettrica Efficace	106
4.8 Spettro Completo di una Barra Dielettrica Asimmetrica	111
4.9 Modi Guidati in una Barra Dielettrica Asimmetrica.....	116

Capitolo 5**Guide Dielettriche Reali** 121

5.1 Introduzione	121
5.2 Guida a costola	122
5.2.1 Analisi della guida Rib mediante il metodo EDC	128
5.3 Guide Dielettriche Anisotrope	137
5.3.1 Modi Guidati Leaky	137
5.3.2 Condizione di guidaggio	139

Capitolo 6**Fibre Ottiche** 145

6.1 Introduzione	145
6.2 Tipologie di fibre ottiche	145
6.3 Fibre monomodali	147
6.3.1 Approssimazione LP	147
6.3.2 Soluzione dell'equazione d'onda mediante il metodo variazionale	150
6.3.3 Costante di propagazione normalizzata	157
6.3.4 Distribuzione trasversa della potenza	159
6.4 Fibre multimodali	162
6.4.1 Degenerazione modale	162
6.4.2 Soluzione dell'equazione d'onda	166
6.4.3 Distribuzione traversa dei campi	170
6.4.4 Equazione di dispersione	175
6.4.5 Costante di propagazione e taglio dielettrico	177
6.4.6 Distribuzione trasversa della potenza	180
6.5 Analisi rigorosa	184
6.6 Fibra ad indice graduale	186
6.6.1 Equazione d'onda in una guida ad indice graduale	188
6.6.2 Costante di propagazione del modo fondamentale	190
6.6.3 Soluzione in coordinate rettangolari	194
6.6.4 Costante di propagazione dei modi di ordine superiore	196
6.6.5 Soluzione in coordinate cilindriche	197
6.6.6 Polinomi di Laguerre	198
6.7 Meccanismi di perdita in fibra	199
6.7.1 Perdite per assorbimento	200
6.7.2 Perdite per diffrazione (Rayleigh scattering)	200
6.7.3 Perdite per assorbimento di radicali liberi	201
6.7.4 Perdite specifiche delle guide dielettriche	202
6.8 La dispersione nelle fibre ottiche	205
6.8.1 Dispersione del materiale	212
6.8.2 Dispersione dovuta alla guida d'onda	213
6.8.3 Dispersione multimodale	215
6.9 Angolo di accettanza	217
6.10 Fibre birifrangenti	218
6.10.1 Origine del fenomeno	221
6.10.2 Birifrangenza generata dalla geometria della guida	222
6.10.3 Birifrangenza indotta dalla curvatura della fibra	224

Capitolo 7	
Teoria dei Modi Accoppiati.....	225
7.1 Introduzione	225
7.2 Accoppiamento Tra Guide Dielettriche	225
7.3 Teorema Di Lorentz.....	228
7.4 Ortogonalità Tra Modi	234
7.5 Equazioni dei Modi Accoppiati	238
7.5.1 Guide Accoppiate	242
7.6 Accoppiatore Direzionale	248
7.6.1 Andamento delle Potenze	250
7.6.2 Calcolo del Coefficiente di Accoppiamento	254
7.7 Reticoli Ottici.....	257
7.8 Filtri a Reiezione di Banda.....	261
7.8.1 Analisi mediante la teoria dei modi accoppiati	262
7.9 Accoppiamento tra un Modo Guidato ed un'Onda Piana.....	276
7.9.1 Accoppiamento mediante prisma	277
7.9.2 Accoppiamento mediante reticolo	282
7.10 Accoppiamento tra Guide mediante Reticoli	285
7.11 Accoppiamento tra Onde Piane mediante Reticoli	286
Capitolo 8	
Effetto Elettro-Ottico.....	289
8.1 Introduzione	289
8.2 Effetto Elettro-Ottico	289
8.3 Effetto Elettro-Ottico nei Mezzi Anisotropi	293
8.4 Tensore di Impermeabilità Elettrica in presenza di un Effetto Elettro-Ottico Lineare	297
8.5 Ellissoide degli Indici	299
8.6 Modi Normali in presenza di un Effetto Elettro-Ottico Lineare	301
8.7 Calcolo Analitico dei Modi Normali in un Cristallo Uniassico	302

Capitolo 9	
Modulatori Ottici	309
9.1 Introduzione	309
9.2 Modulatori di Fase	310
9.3 Modulatori di Fase Longitudinali	313
9.4 Modulatori di Fase Trasversali	319
9.5 Modulatori di Ampiezza	323
9.6 Limiti della Modulazione	327
9.6.1 Effetti capacitivi	327
9.7 Modulazione ad Alta Frequenza	329
9.7.1 Tempo di transito	333
9.8 Modulatori di Fase ad Onda Viaggiante	335
9.9 Modulatori Indipendenti dalla Polarizzazione	337
9.10 Modulatore ad Elettro-Assorbimento	339
9.11 Modulatore Bi-canale	341
9.12 Modulatore ad Effetto Bragg	345
9.13 Comutatore Monocanale	351
Capitolo 10	
Laser a Semiconduttore	355
10.1 Introduzione	355
10.2 Principi di Meccanica Quantistica	356
10.2.1 Equazione di Schrodinger	357
10.2.2 Principio di indeterminazione	360
10.2.3 Energia di un sistema di particelle	361
10.2.4 Livelli energetici in un cristallo di semiconduttore	363
10.2.5 Densità degli stati	367
10.2.6 Probabilità di occupazione	369
10.2.7 Transizione tra banda di conduzione e di valenza	371
10.2.8 Rata di transizione	373
10.2.9 Rata netta di emissione stimolata	376
10.2.10 Emissività totale	379
10.2.11 Tempo di riassetto elettronico	383
10.2.12 Guadagno ottico	384
10.3 Fenomeno di Emissione Stimolata	385

10.3.1 La giunzione p-n.....	385
10.3.2 La doppia eterogiunzione	387
10.3.3 Geometria interna di una cavità laser	389
10.3.4 Confinamento elettromagnetico	391
10.4 Guadagno di Soglia.....	393
10.5 Equazioni di Rata	396
10.5.1 Soluzione in regime stazionario	400
10.5.2 Curva caratteristica di emissione	403
10.5.3 Efficienza di emissione	404
10.5.4 Termine di generazione spontanea	407
10.6 Selezione della Frequenza di Emissione.....	408
10.7 Selezione della Polarizzazione di Emissione	413
10.8 Diodi ad Emissione Luminosa (LED).....	417
10.9 Amplificatori Ottici.....	419
10.10 Modello con Diffusione di Carica.....	422
10.10.1 Modello a due regioni	422
10.11 Coefficiente di Riflessione e Diagramma di Radiazione	430
10.12 Diagramma di Radiazione	434
10.13 Il Laser come Risonatore	435
10.14 Variazione della Frequenza di Emissione	440
10.15 Confinamento Ottico mediante Indice di Rifrazione Complesso ...	444
10.16 Modulazione delle Sorgenti Laser	451
10.17 Risposta ad un Gradino di Corrente	456
10.18 Stabilità di una Sorgente Laser	457
10.19 Modello di un Laser con Guadagno Non Uniforme	462
10.20 Modello Autoconsistente di un Laser	467
10.21 Laser con guida a Costola	473
10.22 Fronti d'Onda Concavi e Convessi	475
10.23 Coerenza di una Sorgente Laser	478
 Bibliografia	489
 Indice Analitico	491