

Appunti del Corso di Applicazioni di Elettromagnetismo

Tullio Bressani e Elena Botta
Dipartimento di Fisica Sperimentale

Anno Accademico 2007–2008

Indice

1 La formula di Planck per lo spettro di corpo nero	6
1.1 Radiazione di corpo nero	6
1.2 La legge di Wien	11
1.3 Legge di Stefan–Boltzmann	12
1.4 Ipotesi di Planck e quantizzazione del campo em. (Facoltativo)	12
2 Principi di funzionamento del Laser	15
2.1 Emissione spontanea, stimolata ed assorbimento	15
2.2 Concetto fisico del laser	18
2.3 Proprietà del fascio laser	20
2.4 Inversione di popolazione	23
3 Interazione radiazione–materia	26
3.1 Assorbimento	26
3.2 Emissione stimolata	33
3.3 Emissione spontanea	35
3.4 Decadimento non radiativo	38
3.5 Allargamento omogeneo e non omogeneo delle righe spettrali .	38
3.5.1 Cause di allargamento inomogenee	40
3.6 Saturazione	43
4 Processi di Pompaggio	48
4.1 Efficienza di pompaggio	49
4.2 Pompaggio elettrico	49
5 Risonatori ottici passivi	52
5.1 Risonatore di Fabry–Perot	56
5.2 Metodi di selezione del modo di operazione	59
5.3 Elementi di ottica matriciale	61
5.4 Condizione di stabilità'	65

6 Comportamento statico del laser	68
6.1 Equazioni di bilancio	68
6.1.1 Laser a tre livelli	68
6.1.2 Laser a quattro livelli	72
6.2 Comportamento statico del laser	73
6.2.1 Laser a tre livelli	73
6.2.2 Il laser a rubino: dimensionamento del dispositivo	75
6.2.3 Laser a quattro livelli	78
6.2.4 Il laser YAG: dimensionamento del dispositivo	79
6.2.5 Il laser He–Ne: dimensionamento del dispositivo	81
6.2.6 Accoppiamento ottimo	82
6.2.7 Limite di monocromaticità e fenomeno dell’ attrazione di frequenza	84
6.2.8 Laser a impulsi giganti: Q–switching	85
6.3 Agganciamento di fase dei modi oscillanti	89
6.3.1 Descrizione nel campo della frequenza	90
6.3.2 Descrizione nel campo del tempo	93
7 Tipi di Laser	95
7.1 Laser a cristalli ionici o a stato solido	95
7.1.1 Laser a rubino	97
7.1.2 Laser a neodimio	98
7.2 Laser a gas	99
7.2.1 Laser a gas atomici neutri	100
7.2.2 Laser a gas ionizzati	103
7.2.3 Laser a gas molecolari	106
7.2.4 Livelli energetici di una molecola	106
7.2.5 Laser vibrazionali–rotazionali	109
7.2.6 Il laser ad Azoto	112
7.2.7 Il laser ad Idrogeno molecolare	114
7.3 Laser ad eccimeri	115
7.4 Laser a liquidi (Dye)	119
7.4.1 Proprieta’ fotofisiche dei coloranti organici	120
7.4.2 Caratteristiche dei laser a coloranti	123
7.5 Laser a semiconduttore	125
7.5.1 Semiconduttori intrinseci	125
7.5.2 Inversione di popolazione in un semiconduttore	129
7.5.3 Quantum wells, quantum wires, quantum dots	134
7.5.4 Principi di funzionamento dei laser a semiconduttore: laser a omoginuzione	138
7.5.5 Laser a eteroginuzione	141

7.5.6	Laser a Quantum Well	148
7.5.7	Dispositivi e proprietà	150
7.5.8	Laser DFB e DBRs	152
7.5.9	Laser VCSEL	153
8	Applicazioni dei laser	155
8.1	Applicazioni alle Scienze Fondamentali	156
8.1.1	Fisica	156
8.1.2	Spettroscopia atomica laser	157
8.1.3	Chimica	162
8.1.4	Biologia	162
8.2	Applicazioni alle Scienze Applicate	162
8.2.1	Medicina	163
8.2.2	Interferometria	164
8.2.3	LIDAR	165
8.2.4	Telecomunicazioni: amplificatori a fibra attiva	167
8.3	Laser e sicurezza	171
8.3.1	Classificazione delle sorgenti laser (norma CEI 76-2)	171
8.3.2	Effetti biologici della radiazione laser	172
8.3.3	Rischi collaterali e misure di sicurezza	173
9	Luce di Sincrotrone	176
9.1	Introduzione	176
9.2	Proprietà della luce di sincrotrone	177
9.3	Distribuzione angolare della LS	180
9.4	Composizione spettrale della LS	182
9.5	Struttura temporale	184
9.6	Struttura dell' AA	184
10	Applicazioni della luce di sincrotrone (Facoltativo)	188
10.1	Ricerche con luce di sincrotrone	188
10.2	Fisica atomica e molecolare	188
10.3	Fisica dello stato solido	189
10.4	Diffrazione di raggi X	190
10.5	Spettroscopia EXAFS	190
10.6	Free Electron Laser (FEL)	195
10.6.1	Introduzione	195
10.6.2	Il processo FEL: emissione spontanea	197
10.6.3	Il processo FEL: emissione stimolata (regime di piccolo guadagno).	200

10.6.4 Caratteristiche del fascio di elettroni e guadagno FEL . 202