

Scuola di Dottorato in Ingegneria “Leonardo da Vinci”

Anno 2011

Laser: caratteristiche, principi fisici di funzionamento, applicazioni

Docente: Francesco Fuso

E-mail: fuso@df.unipi.it

Durata del corso: 24 ore

Contenuti del corso

1. RICHAMI DI OTTICA ONDULATORIA E CORPUSCOLARE: descrizione del campo elettromagnetico attraverso onde piane, fronti d'onda, vettore di Poynting ed intensità. Onde stazionarie e modi longitudinali del campo elettromagnetico in una cavità. Descrizione del campo elettromagnetico attraverso fotoni: energia, quantità di moto e momento angolare dei fotoni, funzioni d'onda. Trattazione classica dell'interazione radiazione/materia (dielettrica): relazioni di assorbimento e dispersione.
2. ELEMENTI DI MECCANICA QUANTISTICA: cenni alle statistiche classiche e quantistiche; radiazione incoerente di corpo nero: energia e proprietà spettrali. Sistemi materiali con livelli discreti di energia e transizioni ottiche. Cenni alla trattazione Hamiltoniana dell'interazione radiazione/materia e alla regola di Fermi. Probabilità e rate di transizione: ragionamento e coefficienti di Einstein di assorbimento, emissione spontanea e stimolata.
3. AMPLIFICAZIONE E MEZZO ATTIVO: inversione di popolazione e amplificazione ottica; pompaggio del mezzo attivo: equazioni di bilancio e soluzioni stazionarie; master equations per sistemi a tre o più livelli, comportamento a soglia. Metodi e tecnologie di pompaggio in vari tipi di laser. Efficienza complessiva dei laser.
4. RISONATORI LASER: retroazione ottica ed oscillazioni laser; perdite per diffrazione; cavità ottiche a specchi piani paralleli e cavità confocali: modi trasversali e stabilità dei risonatori; modi longitudinali e free spectral range; forma di riga di guadagno: allargamento omogeneo e disomogeneo, operazione multimodo e singolo modo. Tecnologia dei risonatori e strategie per la riduzione della larghezza di riga e per la sintonizzabilità.
5. PROPRIETÀ DELLA LUCE LASER: monocromaticità, coerenza temporale, coerenza spaziale, brillantezza; limiti tecnologici e fondamentali nei vari tipi di laser. Laser impulsati: tecniche di Q-switching e mode-locking per la generazione di impulsi brevi e ultra-brevi.
6. APPLICAZIONI DEI LASER: cenni sulle norme di sicurezza nell'uso dei laser. Applicazioni avanzate dei laser, come ad esempio^(*): misure ottiche non distruttive; trattamento laser di materiali e superfici (laser cutting, welding, annealing, ablation); applicazioni per optical data storage e telecomunicazioni; tecnologia dei laser a diodo (DBF, DBR, VCSEL; laser a cascata quantica).

Ulteriori dettagli sul programma e le trasparenze delle lezioni saranno disponibili sul sito <http://www.df.unipi.it/~fuso/dida>

^(*) L'approfondimento di argomenti specifici riguardanti applicazioni dei laser verrà definito in accordo con gli studenti e sulla base dei loro interessi di ricerca.

Testi di riferimento:

1. A.E. Siegman, Lasers (USB, 1986).
2. O. Svelto, Principles of Lasers (Plenum Press, 1998).
3. W. Demtroeder, Laser Spectroscopy (Springer-Verlag, 1991).
4. R. Eisberg and R. Resnick, Quantum Physics of... (Wiley, 1985).
5. E. Hecht and A. Zajac, Optics (Addison-Wesley, 1974).
6. J. Hecht, Understanding lasers (IEEE Press, 2003).
7. R. Waser (ed.), Nanoelectronics and information technology (Wiley-VCH, 2003).
8. E. Arimondo, Struttura della Materia (ETS, 2006).
9. R. Pratesi, Dispense di Fisica dei Laser, Università di Firenze ed INO, (<http://www.ino.it/home/pratesi/DispenseL&A.htm>).