

## Fizica laserelor (curs, seminar si laborator)

- Lectii prezentate de Eugen Scarlat la Facultatea de Electronica, an IV -

Introducere.

Obiectivele cursului, mod de examinare, bibliografie.

### I. Procese fizice fundamentale.

1. Structura pe nivele energetice a sistemelor cuantice.
  - 1.1 Notatii spectroscopice ale nivelelor atomice.
  - 1.2 Notatii spectroscopice ale nivelelor moleculare.
2. Interactii rezonante. Tranzitii.
  - 2.1 Tranzitii de dipol electric.
  - 2.2 Reguli de selectie.
  - 2.3 Probabilități de tranzitie si timpi de viată.
  - 2.4 Emisia spontană, emisia stimulată si absorbtia.
  - 2.5 Coeficientii Einstein diferentiali. Relatia Füchtbauer-Ladenburg si importanta ei practica.

**Seminar:** Comparatie între ratele de emisie spontană si stimulată; calculul temperaturii echivalente, de corp negru, a unui laser de laborator; estimarea densității de moduri si a numărului de fotoni pe mod la un laser in comparatie cu un corp negru.

- 2.6 Amplificarea radiatiei si inversia de populatie.
- 2.7 Lărgimea naturală a liniei de emisie si mecanisme care duc la lărgirea acesteia.
- 2.8 Inversia de populatie si temperatura negativă.

**Seminar:** Calculul largimii liniei de emisie la laseri cu gaz. Parametrii liniilor gaussiene si lorentziene.

### II. Principiul de functionare a laserelor.

1. Laserul ca oscilator optic. Reactia pozitiva.
2. Structura functionala a sistemelor laser: sursa de energie, mediul activ, rezonatorul optic.
3. Tipuri de pompaj.
4. Câstig si pierderi; conditia de prag.
  - 4.1 Pierderi prin efect Joule.
  - 4.2 Pierderile cavității.
  - 4.3 Inversia de populatie de prag.

**Seminar:** Estimarea cantitativă a pierderilor prin difractie si prin efect Joule; numărul lui Fresnel. Calculul inversiei de populatie de prag si a puterii de pompaj de prag.

3. Ecuatiile de evolutie temporala.
  - 3.1 Lasere cu trei nivele.
  - 3.2 Lasere cu patru nivele.
  - 3.3 Lasere cu functionare în impulsuri.

### III. Fasciculul laser.

1. Rezonatoare optice.
  - 1.1 Funcțiile proprii gaussiene.
  - 1.2 Structura radială fundamentală: modurile  $TEM_{00}$
  - 1.3 Moduri  $TE_{mn}$ ,  $TM_{mn}$ . Filtrarea spațială.
  - 1.4 Diagrama de stabilitate.

**Seminar:** Calculul taliei, al divergenței și al razei de curbură a fasciculului în cazul rezonatoarelor stabile, respectiv a factorului de mărire în cazul rezonatoarelor instabile. Relațiile de proiectare ale unui laser.

- 1.5 Frecvențele de rezonanță.
- 1.6 Factorul de calitate a rezonatoarelor optice.
2. Calitatea fasciculului.
  - 2.1 Monocromaticitatea. Lasere acordabile.
  - 2.2 Coerența temporală și coerența spațială.
  - 2.3 Puterea, fluenta, intensitatea și strălucirea.
  - 2.4 Laserul ca amplificator. Obținerea impulsurilor gigantice.
  - 2.5 Pulsuri ultra-scurte. Tehnici de compresie ale pulsurilor optice.

**Seminar:** Variația frecvenței cu temperatura; tehnici de stabilizare. Calculul de timpi, de lungimi și de lărgimi de coerență și dependența acestora de factorul de calitate a cavității. Calculul valorilor medii și al valorilor de vârf pentru regimul pulsant.

### IV. Lasere cu semiconductoare.

1. Modelul de benzi energetice. Tranziții directe și indirecte. Rolul dopanților.
2. Lasere cu purtători bipolar.
  - 2.1 Lasere cu jonctiune. Condiția de prag.
  - 2.2 Lasere în configurație de gropi cuantice.
  - 2.3 Lasere cu rezonanță ciclotronică.

**Seminar:** Comparatii cantitative între mecanismele de emisie, caracteristicile cavității și distribuțiile în frecvență ale modurilor de oscilație la lasele cu semiconductoare față de laserele convenționale.

3. Lasere cu purtători unipolari. Cascade cuantice.
4. Porți logice cu maste holografice.

### V. Lasere neconvenționale.

1. Lasere cu electroni liberi.
2. Lasere cu cavități rezonante distribuite.
3. Lasere în medii aleatoare.

**Seminar:** Calculul rezoluției hologramelor optice.

### VI. Aplicații și dezvoltări.

1. Lasere pentru comunicații optice. Cantitatea de informație transmisă pe canalul optic.
2. Aplicații comerciale (tehnica de calcul, medicina).

3. Lasere pentru uzinaj fonic.
4. Lasere de inalta tehnologie pentru aplicatii stiintifice (fuziunea cu laser, racirea cu laser, sisteme cu optica adaptiva, microscopie sub limita de difractie, inginerie genetica, motoare cu laser).

### **Laborator**

1. Comparatie între constructia laserilor cu He-Ne, Cu, Ar<sup>+</sup>, Nd<sup>3+</sup> si cu colorant.
2. Structura gaussiană a fasciculului unui laser cu He-Ne. Rezolvarea modurilor cu ajutorul etalonului Fabry-Perot.
3. Calculul gradului de polarizare a fasciculului unui laser cu He-Ne si a unui laser cu semiconductor.
4. Studiul coerentei temporale si spatiale a laserului cu He-Ne.
5. Parametrii diodei laser.
6. Studiul sursei cu transfer de sarcină a laserului cu vapori de cupru.
7. Efecte neliniare: generarea armonicii a doua în cristalul de KDP (sau studiul efectului Kerr).

### **Bibliografie: .**

1. I. M. Popescu, Fizica si ingineria laserelor, Ed. Tehnică, Bucuresti, 2000.
2. A. M. Preda, Introducere în electronica cuantica, Ed. Stiintifică, Bucuresti, 1995.
3. E. Scarlat, Laseri cu vapori de cupru, Ed. Conphys, Rm. Vâlcea, 2000.
4. Internet, lasere de inalta tehnologie: LULI, PHELIX, VULCAN, ATLAS etc.