

PARTEA I

1. Introducere

1.1. Scurt istoric

În sens larg, *optica* este o ramură a fizicii care include toate fenomenele asociate cu generarea *luminii*, transmisia și detecția acesteia, dar și interacțiunea cu materia, lumina constituind baza opticii.

Primele noțiuni de optică au fost introduse de Euclid în anul 280 î. +Cr., iar mai târziu de I. Newton care în lucrarea sa, *Opticks* (1704) a elaborat primele teorii asupra luminii. Aceste cercetări au fost continuate de-a lungul anilor și de alți fizicieni bine cunoscuți: G. Galilei, T. Young, A. J. Fresnel, J. Fraunhofer etc.

În anul 1900 Max Planck a reușit să explice distribuția spectrală a intensității radiației emise de corpul negru, renunțând la descrierea clasică a interacției dintre materie și radiație. El a emis ipoteza că *absorbția* și *emisia radiației* de către corpul negru nu are loc în mod continuu ci prin cantități discrete și indivizibile, sau *cuante de energie*. Astfel, energia unui oscilator de frecvență ν este cuantificată, adică, energia emisă sau absorbită de un oscilator poate să ia numai valorile $0, h\nu, 2h\nu$ unde $h=6,625 \cdot 10^{-34}$ J·s este *constantă Planck*, aceasta fiind o constantă fundamentală în natură, baza fizicii cuantice. Sunt posibili numai multipli ai cuantei de energie Planck care are dimensiunile unei acțiuni (energie $\times$ timp, sau impuls $\times$ lungime).

Prin introducerea în schimbul energetic a ipotezei cuantelor de energie, Planck a pus bazele unei discipline noi, *mecanica cuantică*. Ipoteza cuantelor, care în momentul publicării părua fizicienilor foarte îndrăzneată și inacceptabilă, a fost preluată și aplicată mai departe de Albert Einstein la procesele de emisie și propagare a undelor luminoase.

Între anii 1926-1927 P. A. M. Dirac a pus bazele tratării cuantice a proceselor de *absorbție*, *emisie spontană* și *emisie stimulată* a sistemelor atomice observând că dacă se realizează *inversia de populație între două nivele energetice* este posibilă obținerea unui *coeficient de absorbție negativ*.

În anul 1957 C. H. Townes, N. G. Basov și A. M. Prokhorov au descoperit principiul de funcționare al *maserului* (*Microwave Amplification by Stimulated*

Emission of Radiation) cu trei nivele la gaze după o idee sugerată de N. Bloembergen. Între anii 1957-1958 au fost fabricate primele masere cu solid (ioni paramagnetici de Gd^{3+} și Cr^{3+} în cristalul de rubin), care au fost aplicate în radioastronomie, radiolocație etc. Aceste masere au constituit punctul de plecare al fabricării *laserului* (*Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation*).

Extinzând emisia stimulată în domeniul frecvențelor optice în anul 1958 A. L. Schawlow și C. H. Townes au pus bazele teoretice ale laserului optic bazat pe folosirea inversiei de populație, iar în 1960, T. H. Maiman a construit primul laser cu rubin. Primul laser cu gaz în care inversia de populație s-a obținut printr-o descărcare electrică în neon și heliu a fost realizat în anul 1960 (A. Javan, W. R. Bennett Jr., D. R. Herriott).

Între anii 1961-1962 N. Bloembergen, R. V. Klokhllov și alții urmând ideile lui S. I. Vavilov au pus bazele unei noi discipline, *optica neliniară*. În anul 1961 P. A. M. Franken și colaboratorii au obținut generarea celei de-a doua armonici optice, iar G. A. Askar'yan a prezis fenomenul de autofocalizare a luminii.

La noi în țară primul laser (helium-neon) a fost realizat în anul 1962 de către un colectiv condus de prof. I. Agârbiceanu.

În anul 1964, C. H. Townes, N. G. Basov, A. M. Prokhorov au obținut premiul Nobel pentru *Bazele teoretice și inventarea maserelor și laserelor*.

1.2. Obiectul opticii și laserelor

Este cunoscut faptul că energia luminoasă este conținută și transportată în undele electromagnetice. În ceea ce privește undele din domeniul radio și respectiv optic există concepte și reprezentări care sunt comune, cum ar fi de exemplu: frecvență, fază, lungime de undă, viteză de fază și de grup, raport semnal/zgomot.

Efectele neliniare și interferența conduc atât în domeniul opticii cât și în cel al radioelectronicii la generarea de armonici de diferite ordine, heterodinarea semnalelor și redresarea optică. Există o analogie între limbajul folosit în *optica modernă* și *electronica cuantică* care poate fi remarcată și în diferite publicații din literatura de specialitate: *I E E E Journal of Quantum Electronics*, *Optical Engineering*, *Applied Optics* etc. De asemenea, alte fenomene ca: dispersia, propagarea undelor, modulația sunt caracteristice atât opticii cât și electronicii. Cercetările științifice efectuate la granița dintre cele două domenii au generat în ultimii douăzeci de ani o nouă disciplină de sine stătătoare, *optoelectronica*.

Electronica cuantică include conform părerii celor mai mulți specialiști domenii ca: fizica și ingineria laserelor, rezonanța magnetică nucleară, rezonanța paramagnetică electronică. În domeniul electronicii cuantice sunt produse *radiații electromagnetice coerente* prin mijloace care pun în joc tranziții între nivele energetice la scară atomică, ionică sau moleculară. De asemenea, tot în cadrul acestui domenii sunt incluse și caracterizarea și utilizarea radiațiilor amintite mai sus [1.1]-[1.8].

Cele mai importante dispozitive cu ajutorul cărora se obțin radiații electromagnetice coerente sunt maserul (în domeniul microundelor) și laserul (în domeniul optic al spectrului care include radiațiile infraroșii, vizibile și ultraviolete.

Între anii 1985-1987 prin utilizarea unor lasere de mare putere ($\sim 10^{12}$ W în regim de vârf) au fost evidențiate amplificări ale radiației având lungimi de undă

$\lambda = 105 \text{ Å}$ (G. Jamelot și H. Guennon) și $\lambda = 20 \text{ Å}$, întrevăzându-se posibilitatea de a se trece privind emisia stimulată de la domeniul radiațiilor X moi la radiațiile X dure.

În ultimii ani au fost create premisele ca astfel de dispozitive să genereze radiații coerente și în domeniul radiațiilor γ .

1.3. Importanța practică a cercetărilor în domeniul opticii și laserelor

În cadrul electronicii cuantice fizica și ingineria laserelor reprezintă partea cea mai dinamică, acest fapt fiind ilustrat atât prin numărul mare de articole științifice cât și al conferințelor internaționale.

De asemenea, interesul manifestat pentru lasere este ilustrat de rapiditatea și diversitatea cu care aceste dispozitive sunt utilizate în știință și tehnică.

Printre aplicațiile cele mai importante ale laserelor în știință se numără și cele din spectroscopia optică.

Astfel, A. Kastler a primit în anul 1966 premiul Nobel pentru fizică pentru descoperirea și dezvoltarea metodelor optice de studiu al rezonanței hertziene în atomi, iar A. L. Schawlow și N. Bloembergen au primit în anul 1981 același premiu pentru contribuții la dezvoltarea spectroscopiei laser.

Și la noi în țară există preocupări în domeniul cercetării asupra laserelor, dispozitivelor optoelectronice integrate, fenomenelor care le guvernează funcționarea precum și aplicațiilor practice ale acestora, obținându-se cu precădere în ultimii ani o serie de rezultate valoroase [1.8].

O importantă contribuție la aprofundarea cunoștințelor privind interacția dintre materie și radiația laser l-au reprezentat metodele de răcire și captare a atomilor cu raze laser pentru care S. Chu, W. Philips și C. Cohen-Tannoudji au primit premiul Nobel pentru fizică în anul 1997.

În paralel cu cercetările din domeniul fundamental al științei au fost dezvoltate și cele din domeniul aplicativ: telecomunicații, producerea plasmelor termionice, fotografiere ultrapidă, separarea izotopilor, uzină fonică, măsurători tehnologice nedistructive, telemetrie, meteorologie, metrologie, biologie, medicină etc. Cercetările privind dispozitivele optoelectronice integrate în domeniul infraroșu al spectrului ($1 \mu\text{m} \div 2 \mu\text{m}$) prezintă mare importanță mai ales datorită aplicațiilor acestora în telecomunicații, în procesarea semnalelor optice, în fabricarea senzorilor optici ș. a.