

Efectul LASER

Introducere in problematica LASER

Despre efectul LASER se cunosc deja foarte multe. Aceasta ramura a stiintei s-a dezvoltat foarte mult de la inceputurile sale (1955-1965) si pana in ziua de astazi. Desi bazele teoretice erau mai mult sau mai putin stabilite, primii care reusesc sa concretizeze toate teoriile si presupunerile au fost doi rusi si un american.

In ordine sunt prezentati Charles H. Townes (Massachusetts Institute of Technology (MIT), Cambridge, MA, USA; nascut in 1915), Nicolay Gennadiyevich Basov (Lebedev Institute for Physics Akademija Nauk Moscow, USSR; nascut in 1922) si Aleksandr Mikhailovich Prokhorov (Lebedev Institute for Physics Akademija Nauk Moscow, USSR; nascut in 1916). Cei trei au impartit premiul Nobel atribuit in 1964 pentru "cercetarile fundamentale in domeniul electronicii cuantice care au condus la construirea oscilatoarelor si a amplificatorilor bazati pe principiul maser-laser".

Partea teoretica este usor de gasit in majoritatea manualelor, cursurilor si compendiilor de fizica existente asa ca lucrarea de fata nu se va concentra asupra acestui aspect. Principiul LASER consta in faptul ca atomii elibereaza energie sub forma de fotoni atunci cand parcurg tranzitia de pe un nivel de excitare metastabil spre un nivel de echilibru. Aceasta tranzitie se face sub influenta unui factor declansator si de aceea emisia de energie se numeste emisie stimulata sau emisie indusa. Odata pornita reactia aceasta se propaga sub forma piramidala astfel, un foton emis de un atom dezexcitat va declansa reactia la altul, acesta la randul lui va emite un foton si il va elibera si pe cel incident. Avem doi fotoni care se vor inmulti exponential. Astfel se produce o amplificare a radiatiei luminoase.

Realizarea practica a dispozitivelor LASER. Tipuri de laser.

Partile componente ale unui laser sunt : mediul activ, sistemul de excitare si rezonatorul optic. Partea esentiala a unui dispozitiv laser o constituie mediul activ, adica un mediu in care se gasesc atomii aflati intr-o stare energetica superioara celei de echilibru. In acest mediu activ se produce amplificarea radiatiei luminoase (daca avem o radiatie luminoasa incidenta) sau chiar emisia si amplificarea radiatiei luminoase (daca nu avem o radiatie luminoasa incidenta). Sistemul de excitare este necesar pentru obtinerea de sisteme atomice cu mai multi atomi intr-o stare energetica superioara. Exista mai multe moduri de a realiza excitarea atomilor din mediul activ, in functie de natura mediului. Rezonatorul optic este un sistem de lentile si oglinzi necesare pentru prelucrarea optica a

radiatiei emise. Deși la ieșirea din mediul activ razele laser sunt aproape perfect paralele rezonatorul optic este folosit pentru colimarea mult mai precisă, pentru concentrarea razelor într-un punct calculat, pentru dispersia razelor sau alte aplicații necesare.

După natura mediului activ deosebim mai multe tipuri de laser. Printre acestea regăsim laserul cu rubin, la care distingem bara de rubin tratat drept mediul activ iar ansamblul sursa de lumină plus oglinzi poartă rolul de sistem de excitație. Laserul cu gaz folosește amestecuri de gaze rare (He, Ne, Ar, Kr) sau CO₂ drept mediu activ și o sursă de curent electric legată la doi electrozi iau rolul de sistem de excitație.

LASER-ul cu semiconductori. Aprecieri teoretice.

Laserul cu semiconductori este constituit ca și celelalte tipuri de laser tot pe șablonul mediu activ, sistem de excitație, rezonator optic. În acest caz un amestec semiconductor este folosit ca mediu activ. Cel mai adesea se folosesc combinații de metale din aceleași perioade ale grupelor IIIa și Va. Dintre acestea semiconductorul cel mai folosit este cel format din Galiu și Arsenic (GaAs). Alte medii active au fost obținute atât din amestecuri ale elementelor grupelor IIa și Via (Zinc și Seleniu " ZnSe) cât și din amestecuri de trei sau patru elemente. Ultimele două sunt mai adesea folosite pentru emisia unor radiații mult mai precise din punct de vedere al lungimii de undă. Sistemul de excitație este constituit din două straturi de semiconductori, unul de tip p și unul de tip n. Pentru a înțelege mai bine aceste două noțiuni trebuie amintite câteva considerații teoretice cu privire la fizica solidului, în special principiul semiconductorilor. Semiconductorii sunt o clasă de materiale larg folosite în electronică datorită posibilității controlului proprietăților electrice. Rezistivitatea electrică a unui semiconductor scade odată cu creșterea temperaturii iar valoarea ei poate fi modificată în limite foarte largi (10⁻² - 10⁸ W cm). Într-un semiconductor foarte pur, conductibilitatea electrică este dată de electronii proprii, numiți și conductibilitate intrinsecă, iar în cazul materialelor impurificate avem de-a face cu o conductibilitate extrinsecă. Conductibilitatea intrinsecă poate fi explicată pe scurt astfel. La 0K, electronii sunt așezați în legăturile covalente formate între atomii semiconductorului intrinsec. Odată cu creșterea temperaturii unii electroni se rup din legături fiind liberi să circule în tot volumul cristalului. Se produce un fenomen de ionizare, iar în locul electronului plecat rămâne un gol. Imediat el se ocupă cu un alt electron alăturat, golul se deplasează o poziție. Dacă aplicăm un câmp electric în semiconductor, electronii liberi se vor mișca în sens invers câmpului, dar și golurile vor forma un curent pozitiv de același sens cu câmpul. Cel mai interesant fenomen îl reprezintă modificarea spectaculoasă a rezistivității electrice a semiconductorilor prin impurificare. Astfel, dacă din 10⁵ atomi de Siliciu unul este înlocuit cu un atom de Bor, rezistivitatea siliciului scade, la temperatura camerei,

de 1000 de ori !!! Impurificare reprezinta o problema specifica si fundamentala a fizicii si tehnologiei semiconductorilor. Daca impurificam Germaniul (grupa IVa, patru electroni de valenta) cu un element din grupa a 5-a (cinci electroni de valenta) vom obtine un amestec cu un electron de valenta liber. Aceasta impuritate constituie un donor. Semiconductorul astfel impurificat este de tip n, iar nivelul sau de energie este mai aproape de zona de conductie. Daca impurificarea este facuta cu atomi din grupa a 3-a (trei electroni de valenta), acesta se va integra in retea cristalina cu doar trei legaturi covalente, ramanand, deci, un gol capabil de a captura electroni in jurul atomului trivalent. Din aceasta cauza atomii acestui tip de impuritati au primit numele de acceptori. Intr-un semiconductor astfel impurificat vor predomina sarcinile pozitive, de unde numele de semiconductor de tip p. Jonctiunile p n sunt ansambluri formate prin alipirea unui semiconductor de tip p cu unul de tip n. Zona de separare, interfata, are marimi de ordinul 10^{-4} cm. La suprafata semiconductorului n apare un surplus de electroni iar la suprafata semiconductorului p un surplus de goluri. Astfel apare tendinta de compensare a acestora prin difuzia electronilor de la un semiconductor la celalalt.

Laserul cu semiconductori. Construire. Consideratii practice.

Revenind la laserul cu semiconductori, avand stabilita o baza teoretica minimala putem trece la detalierea practica a principiilor enuntate anterior.

Laserul cu conductori este, de fapt, un sandwich format din 3 straturi de semiconductori la care se adauga elementele sistemului de excitare. La acest tip de laser energia necesara excitarii sistemului de atomi din mediul activ cat si factorul declansator sunt date de curentul electric care se aplica, conform figurii. Datorita faptului ca acest sandwich corespunde modelului clasic de dioda, de aici incolo se va folosi si termenul de dioda. Randamentul unei astfel de diode este in jurul a 30% dar amplificarea este destul de mare. Curentul necesar trebuie sa aiba o densitate de cateva mii de amperi pe centimetru dar avand in vedere ca o dioda laser are marimi foarte mici, curentul necesar este adesea sub 100mA. Pentru a obtine rezultate satisfacatoare, in practica se folosesc mai multe straturi decat se prezinta in figura. Cat priveste stratul activ, lungimea lui nu depaseste 1 mm, iar grosimea sa este, in functie de model, de la 200 pana la 10 nm. In general grosimea stratului activ variaza intre 200 si 100 nm. Datorita faptului ca este atat de subtire, fasciculul emis este foarte divergent (pentru un laser) si astfel laserul cu semiconductori se bazeaza foarte mult pe rezonatorul optic ce trebuie ales cu mare grija si trebuie pozitionat foarte precis pentru a obtine performante maxime. De obicei un sistem format din doua lentile plan-convexe pozitionate cu fetele convexe una spre cealalta la anumite distante calculabile este suficient pentru a obtine un

fascicul destul de bine colimat cu razele aproape perfect paralele. Din desenul de mai sus se poate observa ca emisia laser se face in doua directii. Acest fenomen este tratat in mod diferit in functie de necesitati. Se poate crea o cavitate rezonanta prin pozitionarea unei oglinzi perfecte si a unei semitransparente, se poate folosi emisia "din spate" pentru a masura proprietatile fascicului principal, se poate folosi aceeași emisie din spate pentru a masura si controla curentul ce trece prin dioda. Diodele laser sunt foarte sensibile la curenti si de aceea controlul strict asupra acestora este absolut necesar. Uneori este necesara doar o variatie mica a tensiunii sau a puterii si dioda se va arde. Mai jos este un prezentat un montaj clasic de dioda cu posibilitate de control a curentului: Diodele laser sunt poate, cele mai fragile dispozitive de emisie laser. Faptul ca stratul activ are, de fapt, marimea unei bacterii este cel ce sta la baza afirmatiei anterioare. Acest strat poate fi usor distrus prin supunerea la curenti neadecvati, prin influente electrostatice, prin incalzire excesiva. Stratul activ se poate autodistrage chiar si fara prezenta vre-unuia din factorii enumerati mai sus. Simpla emisie a luminii poate vaporiza acest strat minuscul daca lumina emisa este prea puternica. O dioda, desi minuscula, poate dezvolta puteri ale luminii de pana la 3-5 mW. Desi sunt mai rare si mult mai scumpe, diodele ce dezvolta zeci de mii de mW exista si se gasesc in inscriptoarele de CD si in alte instrumente si aparate de profil. In ceea ce priveste divergenta fascicului, in prezent, majoritatea pointerelor reusesc performanta de a pastra divergenta la sub un mm la fiecare 5 metri. Spectrul de culori acoperit de laserii cu semiconductori este in zona rosie 630-780 nm dar nu este limitat numai aici. Laserii verzi sau chiar albastri exista si sunt intens cercetati. Problema este ca diodele de verde si albastru au o viata efemera (cele mai performante ating doar cateva sute de ore) si functioneaza la temperaturi scazute (apropiate de 0K). Fata de clasicul GaAs (care emite in rosu-IR), pentru laserii albastri se prefera ZnSe si GaN. Primul a fost exclus treptat din cercetari datorita rezistivitatii mari, consumului mare de energie, randamentului mic si a multor altor factori descoperiti experimental. Ultimele cercetari s-au concentrat pe GaN, iar de cand prof. Shuji Nakamura a realizat primul montaj practic si fiabil pentru generarea laserului albastru, cercetarile au luat amploare. Un fapt inedit, la data realizarii diodei pentru laserul albastru, in 1993, Shuji Nakamura nu avea nici macar un doctorat in buzunar, era doar un simplu cercetator pierdut intr-un laborator al unei firme japoneze obscure. Recent, prof. Nakamura s-a alaturat colectivului profesoral de la Colegiul de Inginerie al Universitatii Californiene din Santa Barbara, SUA. Revenind la laserii uzuali, trebuie mentionate si o serie de pericole ce pot apare chiar si pe langa laserii cu semiconductori care sunt cunoscuti a fi mai putin puternici. S-a calculat ca o dioda obisnuita are o putere mult mai mare chiar si decat a soarelui la ecuator. Toate amestecurile din stratul activ au o putere de emisie mult mai mare decat a aceleiasi cantitati de suprafata solara. Diodele prezente pe piata fac parte din clasele II si

IIIa, ceea ce inseamna ca prezinta risc scazut de vatamare la operarea conforma cu manualul si la expunerea fugara, efemera a ochiului in raza laser. Totusi, trebuie avut in vedere ca orice expunere indelungata produce vatamari punctiforme ale retinei si nu este nevoie de efecte imediate pentru ca retina sa fie vatamata. Regula numarul unu in lucrul cu laserii, nu se priveste direct in raza laser chiar daca nu se simte nici o durere sau chiar daca raza este palida. **CULOAREA SI STRALUCIREA RAZELOR LASER NU AU NICI O LEGATURA CU PUTEREA RADIATIEI.** Aceste doua proprietati sunt date de lungimea de unda a radiatiei care nu influenteaza in mod decisiv puterea laserului. Pot exista laseri cu o culoare roz palida care sa fie mai nocivi decat cei mai aprinsi si rosiatici laseri. Intre "laseristi" exista o gluma: "Regula numarul unu in lucrul cu laserii: Nu te uita niciodata direct in raza laser cu unicul ochi ramas intreg !".

Utilizarea laserilor cu semiconductori. Aspecte pozitive si negative ale acestei tehnologii.

Diodele sunt larg raspandite. Faptul ca sunt ieftin de produs, usor de folosit si foarte ieftin de folosit duce la producerea lor in masa si includerea lor in cele mai multe aparate electronice ce au nevoie de laseri. Lecturatoarele de cd, fie ele CD-ROM-uri sau CD-playere, sunt toate prevazute cu diode laser. Playerele DVD au, deasemenea, diode laser, doar ca acestea emit fascicule mult mai fine. CD-Writer-ele si CD-ReWriter-ele folosesc diode ce emit laseri apropiati de IR (800 nm) si puteri de cativa W. Aceleasi diode, dar de puteri ceva mai mici, sunt prezente si in imprimantele cu laser. Alte produse care folosesc laseri emisi de diode sunt cititoarele de coduri de bare (Bar-Code Readers), unele Scannere, Pointerele etc. Poate cel mai important folos, dupa CD/DVD-playere, este cel adus in comunicatiile prin fibra optica. In cadrul fiecarui emitor pe fibra optica se afla o dioda laser. Mai nou s-a inceput folosirea diodelor si in medicina si in holografie. Diodele nu sunt folosite in aplicatiile militare (Radar, ghidare rachete, transmisiuni de date prin eter etc.), aplicatiile astronomice (distanta cosmice si determinari de compozitii), efectele speciale de anvergura si holografia de mare intindere datorita puterii limitate relativ mici pe care o dezvolta.

Concluzii.

Laserul cu semiconductori este o alternativa ieftina si fiabila la laserii cu gaz. Marimile reduse, costurile mici de fabricatie si utilizare cat si longevitatea lor confera diodelor atuuri importante in "lupta" cu celelalte dispozitive de emisie laser. Singurele dezavantaje fiind puterile relativ mici si fragilitatea, diodele sunt si vor fi cercetate extensiv pentru a fi imbunatatite. Pentru noi este important sa intelegem cum functioneaza un

astfel de dispozitiv, la ce este folosit si incotro se indreapta cercetarile pentru a ne familiariza inca de pe acum cu acest tip de laser pe care il vom intalni din ce in ce mai des in viata noastra de zi cu zi. Este important sa cunoastem pericolele pe care le aduce cu sine o dioda laser precum si factorii care pot perturba buna functionare a acesteia pentru a sti cum sa ne aparam si cum sa o protejam.

Laserul cu semiconductori este un domeniu ale carui orizonturi abia acum ni se deschid, cu un viitor sigur si cu implicatii puternice in viata de zi cu zi.

Bibliografie

1. D.Ciobotaru si colectivul, Manual de fizica, clasa a XII-a, EDP, Bucuresti, 1997
2. I.Bunget si colectivul, Compendiu de fizica pentru admiterea in invatamantul superior, Ed. Stiintifica, Bucuresti, 1971
3. Richard P. Feynmann, Fizica Moderna, vol III, Editura Tehnica, Bucuresti 1970
4. Arach T&A Corp., Laser Theory, Internet, 1999
5. , Semiconductor Laser Diodes, Internet
6. Power Technology, Inc., Advantages of Semiconductor Laser Diodes, Internet, 1998-1999
7. Sam Goldwasser, Sam Goldwassers Lasers Frequently Asked Questions, Internet, 16 Martie 2000
8. Web Science Resources, Laser Tutorial- Laser Diode, Internet, 1997
9. University of California Santa Barbara press release, 1999
10. 1964 Nobel Prize Winners, Nobel Prizes, Internet 2000