

Cuprins

Prezentare Proiect	
Fișa de Asamblare	
1. Funcționare	2
2. Schema	2
3. Lista de componente	3
4. PCB	3
5. Tutorial – Dioda Laser	4 - 9

LASER MODULATOR

- Avantaj Pret/Calitate
- Livrare rapida
- Design Industrial
- Proiecte Modificabile
- Adaptabile cu alte module
- Module usor de asamblat
- Idei Interesante

Idei pentru afaceri

Hobby & Proiecte Educationale

O schemă simplă dar extrem de valoroasă, cu care se va înțelege fenomenul „laser” mult mai bine și după care aplicațiile curg lanț. leftin, la îndemână și de perspectivă.

O idee pentru acest Kit: mulți se plâng că raza laser se observă chiar în medii cu densități mari, praf, fum... Ei bine, modulat nu se mai observă, încercați și veți vedea.

Caracteristici:

- Consum max 12-20mA
- Alimentare 5Vcc
- Creșterea puterii în impuls

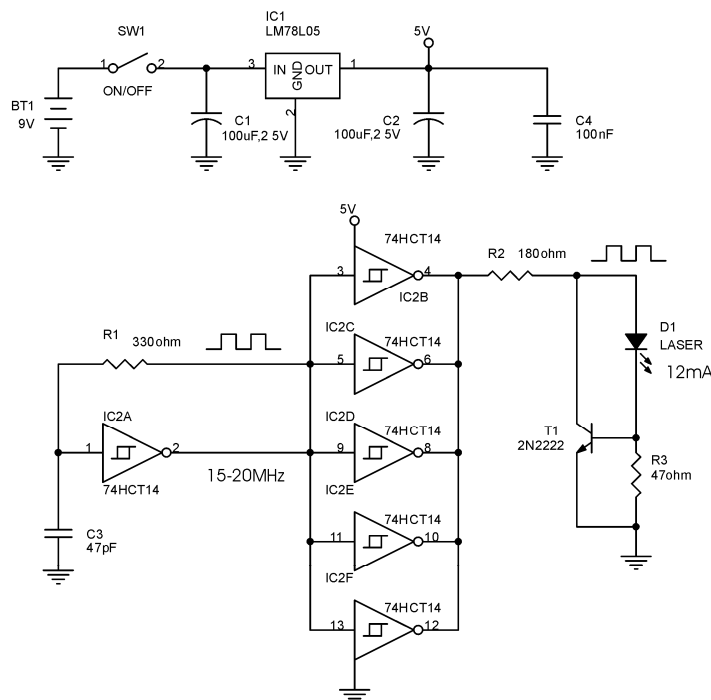
Funcționare

Știm cu toții că efectul laser se bazează pe jocul cu un electron de valență care, primind o energie exterioară, trece pe stratul următor. La dispariția acesteia electronul revine la locul său cedând energia primită sub forma unui foton.

Circuitul nostru nu face decât să aplice o tensiune la capetele unei diode laser, cu un control strict al curentului. Tensiunea este aplicată în impulsuri scurte cu frecvența de 15-20MHz.

De la o baterie sau o sursă de tensiune stabilizată de 5V realizată cu 7805 se alimentează cele șase inversoare, din

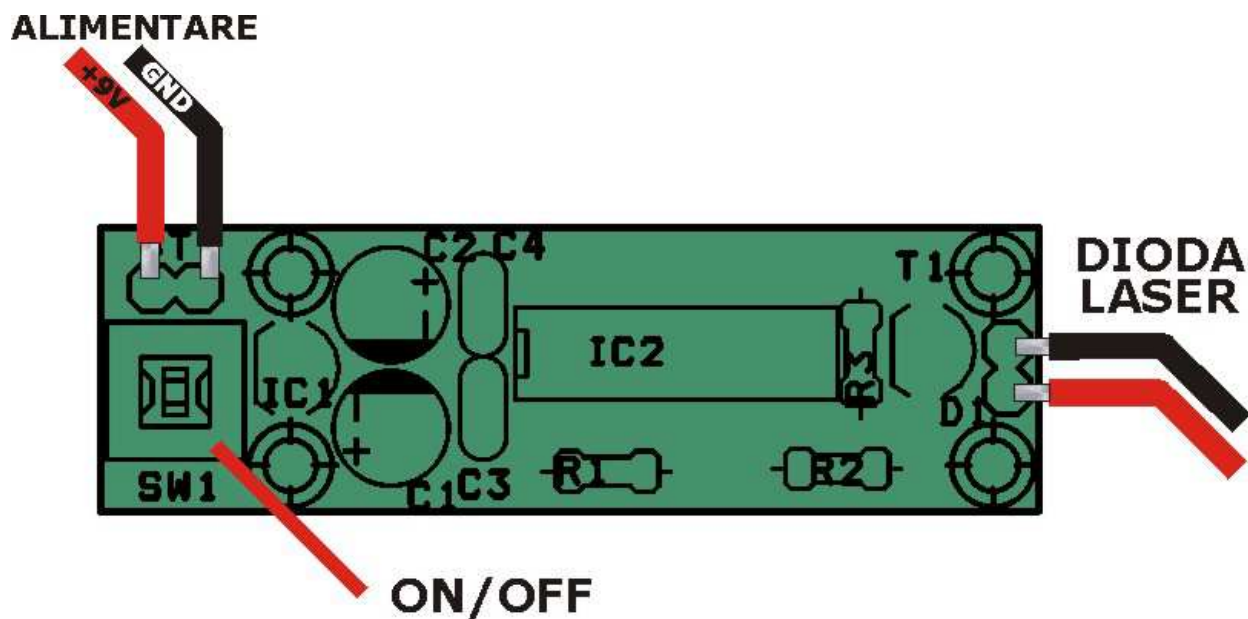
care unul este folosit ca oscilator clasic iar celelalte 5 ca driver, legate în paralel pentru a genera un curent suficient diodei laser. Controlul curentului se face cu un regulator de curent realizat cu un tranzistor pe a cărui bază se aplică o tensiune $U=RI$ proporțională cu curentul ce trece prin diodă. La creșterea curentului prin diodă, tranzistorul se va deschide și va permite trecerea unui curent suplimentar prin circuitul de colector, limitând pe cel din dioda laser.



Schema electrică

Lista de componente

Nr.Crt.	Componenta	Denumire	Valoare	Cant
1	C1,C2	Condensator	100 μ F/25V	2
2	C3	Condensator	47pF	1
3	C4	Condensator	0,1 μ F	1
4	D1	LED	Laser	1
5	IC1	Circuit integrat	78L05	1
6	IC2	Circuit integrat	74HCT14	1
7	R1	Rezistență	330 Ω	1
8	R2	Rezistență	180 Ω	1
9	R3	Rezistență	47 Ω	1
10	T1	Tranzistor	2N2222	1



Amplasarea componentelor

Acest produs se livrează în varianta asamblată sau în varianta circuit imprimat + componente în scopuri educaționale.

Dacă doriți să aflați mai multe despre produsele noastre, vizitați situl www.epsicom.com

Dacă ați întâmpinat probleme cu oricare dintre produsele noastre sau dacă doriți informații suplimentare, contactați-ne prin e-mail office@epsicom.com

Pentru orice întrebări, comentarii sau propuneri de afaceri nu ezitați să ne contactați pe adresa office@epsicom.com

31 Sararilor Street | 200570 Craiova, Dolj, Romania | 0737.377.426, 0723.377.426

Acronimul LASER înseamnă **L**ight **A**mplification by **S**timulated **E**mission of **R**adiation.

Primul laser funcțional a fost construit pe rubin de către americanul Theodore Meiman, în 1960. Fundamentele teoretice și practice pentru această realizare au fost oferite de americanul Charles Townes și rușii Alexander Prokhorov și Nikolay Basov, care au și partajat premiul Nobel în fizică pentru anul 1964.

Interesant este că laserul nu este un amplificator de lumină, așa cum sugerează numele, ci un generator de lumină. Laserul este un dispozitiv care generează lumina prin emisie stimulată de radiație. Ce înseamnă emisie stimulată de radiație ?

Radiație spontană și stimulată

Există două tipuri de radiații: spontană și stimulată.

Spontană înseamnă că radiația are loc fără cauze externe.

Exact acest lucru se întâmplă în LED-uri: electronii excitați din banda de conducție cad, fără nici un stimulent extern, în banda de valențe, producând radiație spontană.

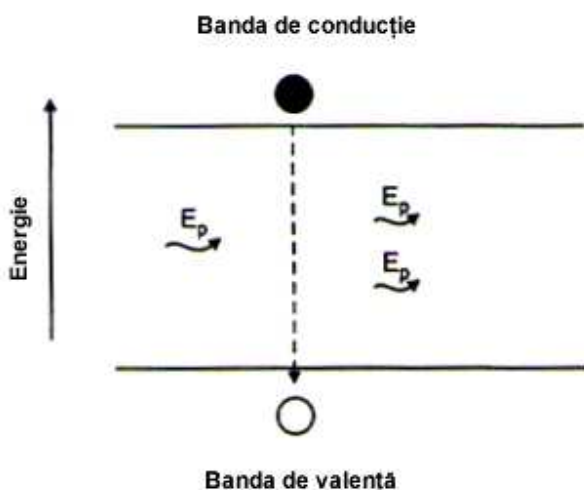
Proprietățile radiației *spontane* sunt următoarele:

1. Saltul electronilor între diferite nivele energetice ale benzii de conducție și benzii de valență determină producerea radiației, ceea ce explică lățimea spectrală așa de mare a acestor surse. Din acest motiv un LED are o lățime spectrală de cca 60 nm pentru o funcționare pe lungimea de undă de 850 nm și de 170 nm pentru funcționarea pe 1300 nm.
2. Deoarece fotonii sunt radiați pe direcții arbitrare, foarte puțini dintre ei participă la crearea luminii pe direcția dorită, ceea ce reduce puterea de ieșire a unui LED. Aceasta înseamnă că conversia current-lumină are loc cu eficiență redusă.
3. Fotonii care contribuie la puterea de ieșire, nu se mișcă strict într-o singură direcție. Prin urmare, ei se propagă în interiorul unui con, ceea ce conduce la o împrăștiere spațială a radiației. Din acest motiv, LED-ul este modelat ca o sursă Lambertiană .
4. Tranziția electronilor, și prin urmare emisia fotonilor, are loc la momente aleatorii de timp, deci fotonii sunt creați independent unul de altul. Prin urmare nu există nici o corelare de fază între fotoni, motiv pentru care radiația este numită necoerentă. Cele patru caracteristici de mai sus ale radiației unui LED, fac din această emițător o componentă inutilizabilă pentru legăturile optice la mare distanță.

Un alt proces are loc atunci când un foton extern lovește un electron excitat, fig.&.1. Interacțiunea dintre ei include o tranziție și o radiație de nou foton. În acest caz, emisia indusă este stimulată de fotonul extern. Prin urmare, această radiație este numită stimulată.

Radiația *stimulată* are următoarele proprietăți:

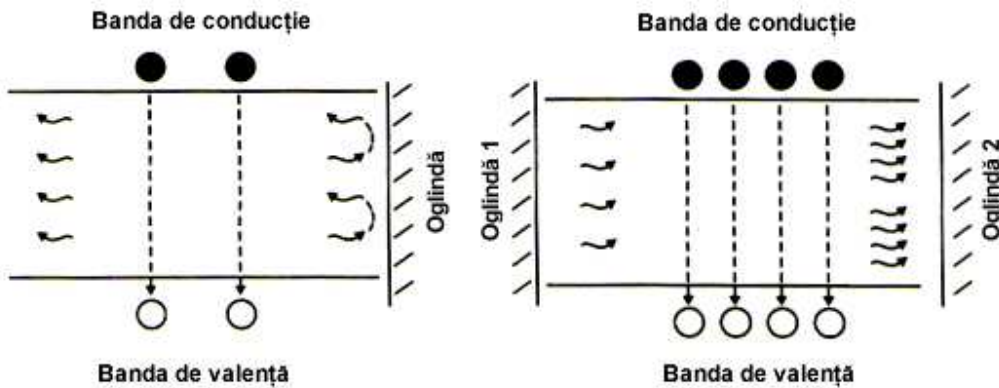
1. Un foton extern forțează emisia unui foton cu energie similară (pE). Cu alte cuvinte, fotonul extern stimulează radiație cu aceeași lungime de undă ca a lui. Această proprietate face ca lățimea spectrală a luminii radiate să fie mai îngustă. Este obișnuit ca la un laser, lățimea spectrală să fie în jur de 1nm, atât la 1300 nm cât și la 1550 nm.



2. Deoarece toți fotonii se propagă în aceeași direcție, toți contribuie la puterea luminoasă . Prin urmare, eficiența conversiei curent-lumină este mare și drept consecință și puterea de ieșire va fi la fel. De exemplu, în comparație cu un LED pentru care o putere de ieșire de 1 mW poate necesita un curent direct de până la 150 mA, o diodă laser poate radia 1 mW la doar 10 mA.
3. Fotonii stimulați se propagă în aceeași direcție cu fotonii care i-au stimulat. Prin urmare, lumina stimulată va fi bine direcționată.
4. Deoarece un foton stimulat este radiat doar când un foton extern amorsează această acțiune, ambii fotoni se spune că sunt sincronizați. Aceasta înseamnă că ambii fotoni sunt în fază și astfel radiația stimulată este **coerentă**.

Reacția pozitivă

Pentru a radia lumină stimulată cu putere semnificativă, avem nevoie de milioane de milioane de fotoni. Pentru a stimula o astfel de radiație, se plasează o oglindă la un capăt al regiunii active, ca în figura de mai jos:



Doi electroni, unul extern și unul stimulat, sunt astfel reflectați înapoi înspre regiunea activă. Acești doi electroni vor funcționa acum ca radiție externă și vor stimula emisia altor doi fotoni. Acești patru fotoni sunt reflectați de o a doua oglindă, poziționată la celălalt capăt al regiunii active. Când acești fotoni vor trece prin regiunea activă, ei vor stimula emisia altor patru fotoni. Acești opt fotoni vor fi reflectați înapoi în regiunea activă de prima oglindă și procesul continuă la infinit.

Prin urmare, cele două oglinzi realizează o reacție optică pozitivă. Pozitivă deoarece reacția adună ieșirea (fotonii stimulați) la intrarea fotonii externe). Aceste două oglinzi formează un rezonator.

Trebuie reținut că explicația dată este supersimplificată. Lucrul important de reținut este că am discutat un proces dinamic și aleator. Un număr nedeterminat de fotoni și perechi electron-gol sunt implicate în proces. Excitația și radiația sunt guvernate de legi statistice.

Albert Einstein este cel care a explicat diferența dintre emisia spontană și cea stimulată, introducând parametrii ce-i poartă numele pentru a calcula probabilitățile acestor două tipuri de emisii.

Inversiunea de populație

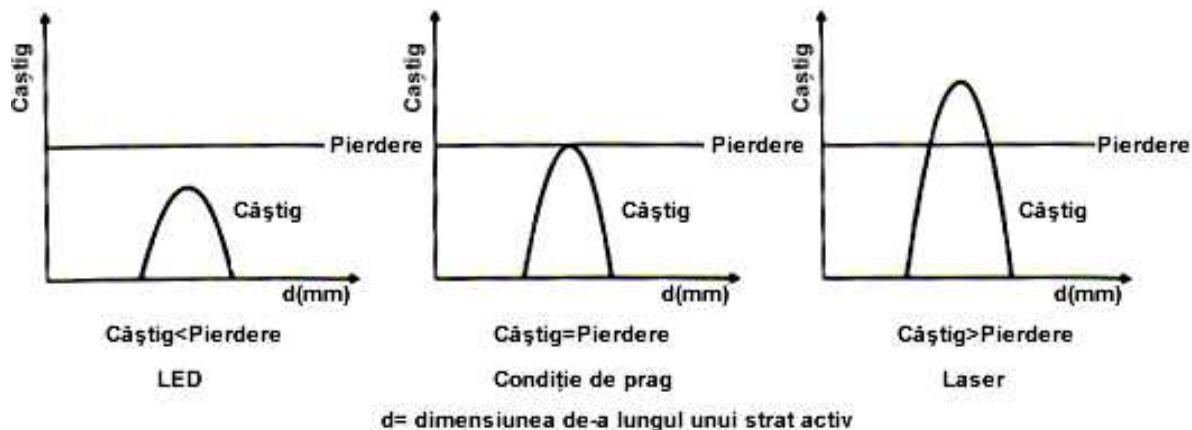
Referindu-ne la de mai sus, de notat cât de repede crește numărul de fotoni stimulați. Pentru a susține acest proces, avem nevoie de un număr mare de electroni excitați disponibili în banda de conducție. Știm că folosind energie externă - curentul direct pentru un LED - este posibil să excităm un număr de electroni. Însă, în laser, golirea benzii de conducție se face mult mai repede decât într-un LED. Prin urmare, avem nevoie să excităm electroni la o viteză mult mai mare decât o facem într-un LED. În fapt, pentru un proces laser avem nevoie să avem mai mulți electroni în banda de conducție decât în banda de valență.

Această situație se numește inversiune de populație, deoarece, în mod normal, banda de valență este mult mai populată decât banda de conducție. Pentru a crea această inversiune de populație, se trece o densitate mare de curent printr-o regiune activă îngustă.

Inversiunea de populație este o condiție necesară pentru a crea efectul laser deoarece cu cât este mai mare numărul de electroni excitați, cu atât mai mare este numărul de fotoni stimulați care pot fi radiați. Cu alte cuvinte, numărul de electroni excitați determină câștigul diodei laser. Pe de altă parte, o dioda laser introduce și anumite pierderi. Există două mecanisme principale: absorbția și transmisia fotonilor stimulați. Astfel, o parte din fotonii stimulați sunt absorbiți în semiconductor înainte de a ajunge să scape sub forma de radiație. În al doilea rând, oglinzile nu reflectă 100% fotonii incidenti.

Privind la figura de mai sus, s-ar părea că numărul de fotoni stimulați continuă să crească infinit, ceea ce, evident, nu este adevărat. Această figură nu prezintă și pierderile de fotoni. La începutul procesului laser, numărul de fotoni continuă să crească, liniar, cu viteză explozivă dar, pe măsură ce procesul continuă, cu cât sunt mai mulți fotoni stimulați, cu atât sunt mai mulți fotoni pierduți. Din fericire, pierderea este constantă pentru o diodă dată, în timp ce câștigul poate fi modificat, așa cum se poate observa în figura de mai jos.

Creșterea câștigului este obținută prin creșterea curentului direct. La un moment dat, câștigul devine egal cu pierderile, situație numită condiție de prag. (curentul corespunzător se numește curent de prag).



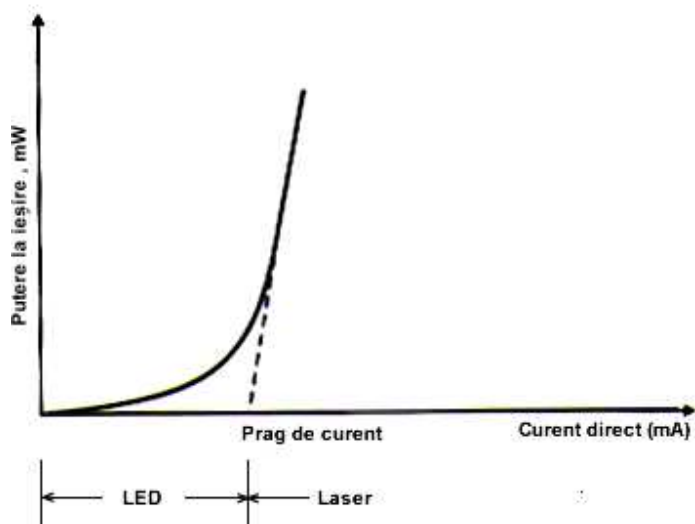
Peste această condiție de prag, dioda începe să se comporte ca o diodă laser. Dacă continuăm să creștem curentul direct, (adică, câștigul) numărul de fotoni emiși stimulat continuă să crească, ceea ce induce și o creștere a puterii luminoase. Se obține astfel o diodă semiconductoră care emite o lumină monocromatică, bine direcționată, foarte intensă și coerentă. De reținut că pentru a face o diodă laser să genereze lumină, câștigul trebuie să depășească pierderile.

Efectul laser și caracteristica intrare-ieșire

Din considerațiile anterioare putem concluziona că o diodă semiconductoră funcționează ca un laser dacă sunt întrunite următoarele condiții:

- Inversiunea de populație
- Emisia stimulată
- Reacția negativă

Să încercăm să construim o caracteristică intrare-ieșire a unei diode laser (figura de mai jos). Intrarea fiind curentul direct (I) și ieșirea puterea luminoasă (P), vom reprezenta caracteristica P-I. Când este aplicat un curent direct mic, sunt excitați un anumit număr de electroni și dioda radiază ca un LED. Astfel ne așteptăm să vedem aceeași dreaptă ca la un LED. Când densitatea de curent devine suficientă pentru a crea inversiunea de populație și se atinge valoarea de prag (când câștigul egalează pierderile), dioda începe să funcționeze ca un laser. În acest moment vom observa o lumină mult mai intensă, de o culoare saturată și bine direcționată. Această creștere de pantă este prezentată în figura de mai jos, care arată că dioda laser emite mult mai multă putere. O dioda laser care emite 1 mW putere are în jur de 30 mA curent de prag și 60 mA curent de comandă.



Analiza luminii unei diode laser

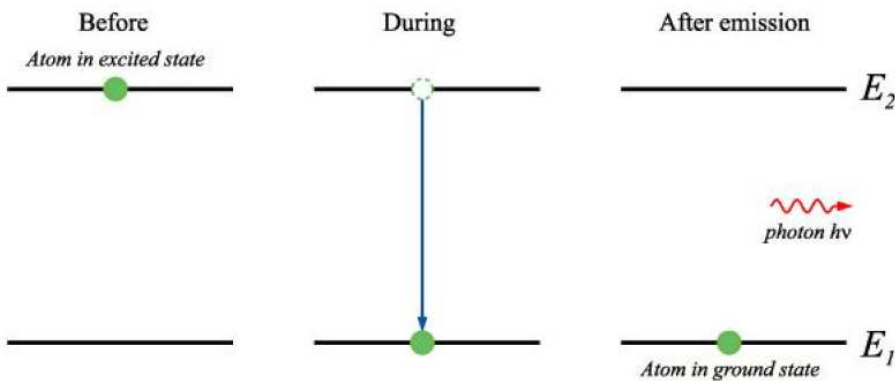
O diodă laser emite lumină care poate fi caracterizată astfel:

1. *Monocromatică.* Lățimea spectrală a radiației este foarte îngustă. Aceasta poate fi o zecime sau chiar o sutime dintr-un nm.
2. *Bine direcționată.* O diodă laser radiază un fascicol îngust, bine direcționat, care poate fi ușor lansată într-o fibră.
3. *Foarte intensă și eficientă.* O diodă laser poate radia sute de mW. Cel mai nou tip de laser poate radia 1 mW la 10 mA curent direct, ceea ce înseamnă că avem o conversie curent-lumină de 10 ori mai eficientă decât la un LED.
4. *Coerentă.* Lumina radiată de o diodă laser este coerentă, adică toate oscilațiile sunt în fază. Această proprietate este importantă pentru transmisia și detecția informației.

De reținut este că doar combinația dintre un rezonator și un mediu activ produce lumina cu aceste proprietăți remarcabile. Pentru controlul luminii, diodele laser au încorporate în capsulă o fotocelulă ce furnizează semnale sistemului de control al alimentării diodei laser.



- Ce determină frecvența de emisie?
- De ce există un prag de curent?
- Care este diferența față de o diodă obișnuită?



$$h\nu = E_2 - E_1$$

Emisia spontană descrie procesul în care un electron, într-o stare excitată, revine la starea de bază. Energia fotonului emis de acest proces este dată de diferența de energie dintre starea excitată E_2 și starea de bază E_1 . Rata de recombinare τ este dată de:

$$\tau = \frac{1}{W}$$

unde W este timpul de recombinare.

Diferența dintre un LED și dioda laser

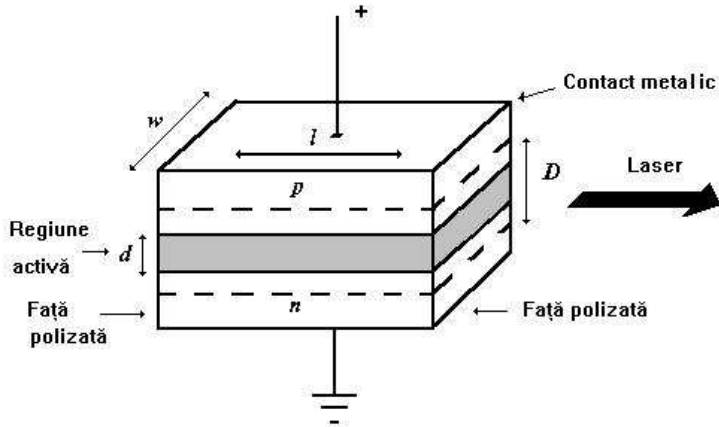
Diferența esențială dintre aceste două diode este că în timp ce un LED obișnuit folosește emisia spontană pentru a genera lumină, dioda laser folosește o emisie stimulată pentru a genera lumină coerentă. Pentru LED este bine să genereze cât mai multă lumină, în timp ce într-o diodă laser, este necesar să se producă un număr mare de fotoni, cu scopul de a obține o emisie stimulată.

Radiația laser poate fi produsă și în urma recombinației electronilor și golurilor într-o joncțiune semiconductoră p-n (diodă laser) dacă câștigul depășește pierderile. Diodele laser constituie unicul sistem laser în care emisia stimulată a radiației electromagnetice poate fi modulată în amplitudine direct, prin modularea energiei de pompaj. Astfel, prin modularea temporală a densității de curent electric de injecție, se realizează modularea temporală simultană a intensității radiante a unei laser, ceea ce permite transmiterea informației pe cale optică, cu ajutorul unui fascicul laser modulată pe baza unui procedeu care nu este foarte complicat.

Într-un cristal semiconductor, nivelurile energetice posibile ale electronilor în cristal sunt distribuite în banda de valență și în banda de conducție, benzi energetice separate printr-o bandă interzisă de până la 3eV. Pentru creșterea artificială a conductivității electrice la temperatura camerei, semiconductorul poate fi dopat cu impurități donoare de electroni, iar cristalul semiconductor are electronii ca purtători de sarcină majoritari, sau cu impurități acceptoare de electroni, iar semiconductorul are golurile (absențele

electronilor) ca purtători majoritari. Considerăm cazul unui dopaj peste o anumită limită a concentrației de impurități, atât donoare cât și acceptoare, astfel încât, atât în banda de valență cât și în banda de conducție, electronii nu pot avea energii decât până la anumite valori, denumite cvasiniveluri Fermi, W_{FC} în banda de conducție și respectiv, W_{FV} în banda de valență. Acesta este cazul unui așa-numit semiconductor extrinsec degenerat.

Cele mai importante caracteristici ale diodelor laser sunt determinate de dimensiunile foarte mici (câțiva μm) ale acestor dispozitive precum și de posibilitatea modulării radiației prin varierea curentului. Pentru a descrie funcționarea unei *diode laser homojoncțiune* se consideră joncțiunea *p-n* având grosimea zonei active prezentată în figura de mai jos



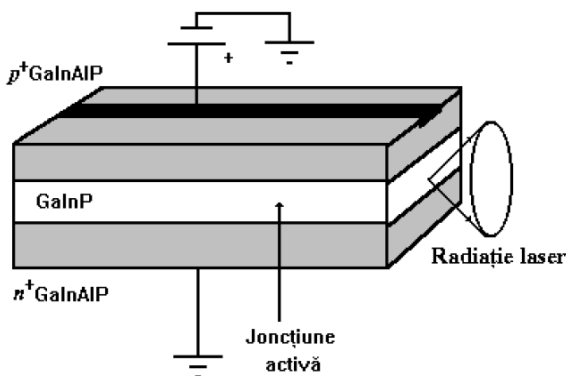
În *zona activă* de lățime, numită și *distanța de confinare* (de aproximativ $1\ \mu\text{m}$) se produce un număr suficient de mare de electroni și respectiv goluri pentru ca dispozitivul să aibă un câștig pozitiv. Dimensiunea zonei active este mai mică decât cea corespunzătoare modului câmpului ($D > d$).

În cazul unei diode laser, câștigul la prag se poate exprima în funcție de curentul prin diodă. Valoarea de prag a curentului electric pentru inversia de populație într-o diodă laser rezultă dintr-un sistem de două ecuații asociate, și respectiv: condiția de prag la un parcurs complet al radiației în cavitate și, relația dintre amplificarea optică și densitatea curentului electric de pompaj.

Conform *condiției de prag*, intensitatea a radiației electromagnetice I_0 rezultate prin emisia stimulată trebuie să rămână neschimbată după un parcurs complet al cavității laser.

Diode laser cu dublă heterostructură

O îmbunătățire a performanțelor diodelor laser s-a realizat prin fabricarea de medii active din material semiconductor cu *dublă heterostructură*. *Heterostructura* reprezintă o joncțiune între două cristale semiconductoare cu compoziție chimică diferită și cu dopaje de tip diferit. Dubla heterostructură este o structură formată din trei straturi de material semiconductor, cele de la extremități având formulă chimică și conductivitate electrică (dopaj) diferite față de cel din mijloc.

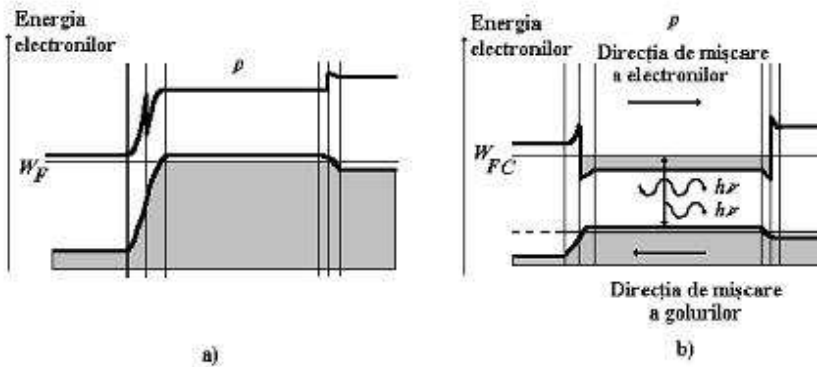


De asemenea, indicele de refracție al materialului central este mai mare decât al straturilor laterale, ceea ce mijlocește ghidarea radiației rezultate din emisia stimulată, prin zona activă a diodei.

Cele două caracteristici esențiale ale unei duble heterostructuri semiconductoare, ca mediu activ laser, sunt:

- posibilitatea *ghidării undelor electromagnetice* prin zona activă cu indice de refracție mai mare,
- posibilitatea realizării *inversiei de populație cu un curent electric de pompaj cu intensitate redusă*. Aceste proprietăți fac ca o configurație cu dublă heterostructură să prezinte o mai mare eficiență a generării emisie stimulate, față de dioda laser cu material omogen în zona activă.

O configurație practică pentru obținerea inversiei de populație într-un mediu activ semiconductor este aceea a unei diode cu joncțiune $p-n$ în care regiunile p și n sunt obținute prin doparea până la degenerare a aceluiași cristal semiconductor. Cvasinivelul Fermi al materialului de tip p se află în banda de valență, iar acela al materialului de tip n în banda de conducție. În absența unei diferențe de potențial electric la bornele diodei, cele două cvasinivelurile Fermi coincid (condiția de echilibru termodinamic).



Structura de benzi a unei duble heterostructuri; a) la echilibru, b) la prag.

La aplicarea unei diferențe de potențial V , acestea se separă printr-un interval energetic eV (unde e este sarcina electrică elementară). În zona de sarcină spațială a joncțiunii se produce o inversie de populație între electroni și goluri. Acest fenomen face posibilă amplificarea radiației prin emisie stimulată, la recombinarea radiativă dintre un electron și un gol.

Indicele de refracție al majorității materialelor semiconductoare, pentru lungimile de undă ale emisiei acestora, este suficient de mare astfel încât, la interfața semiconductor/aer, coeficientul de reflexie pentru radiația emisă să aibă valori ridicate pentru a determina formarea unei *cavități Fabry-Pérot* pe fețele cristalului perpendiculare pe direcția emisiei. În multe tipuri de diode laser de mică putere, nu este necesară nici șlefuirea nici depunerea de straturi reflectoare pe capetele mediului activ, întrucât clivajul cristalului după planuri atomice determină fețe cu suprafețe foarte netede. Acestui tip de configurație de cavitate rezonantă laser i se aplică teoria generală a rezonatoarelor.

Modularea direct prin curent a laserelor cu semiconductoare

Una dintre cele mai importante aplicații ale laserelor cu semiconductori este ca sursă optică în telecomunicațiile optice. Modularea semnalului laser cu viteză mare în vederea obținerii unor rate de informații ridicate este de mare importanță tehnologică și se poate realiza prin variația curentului de alimentare care produce variația puterii emise aproape instantaneu. Astfel, fasciculul de ieșire poate fi modulată în amplitudine până la frecvențe de ordinul sutelor de MHz.

Dacă doriți să aflați mai multe despre produsele noastre, vizitați situl www.epsicom.com

Dacă ați întâmpinat probleme cu oricare dintre produsele noastre sau dacă doriți informații suplimentare, contactați-ne prin e-mail office@epsicom.com

Pentru orice întrebări, comentarii sau propuneri de afaceri nu ezitați să ne contactați pe adresa office@epsicom.com

31 Sararilor Street | 200570 Craiova, Dolj, Romania | 0737.377.426, 0723.377.426