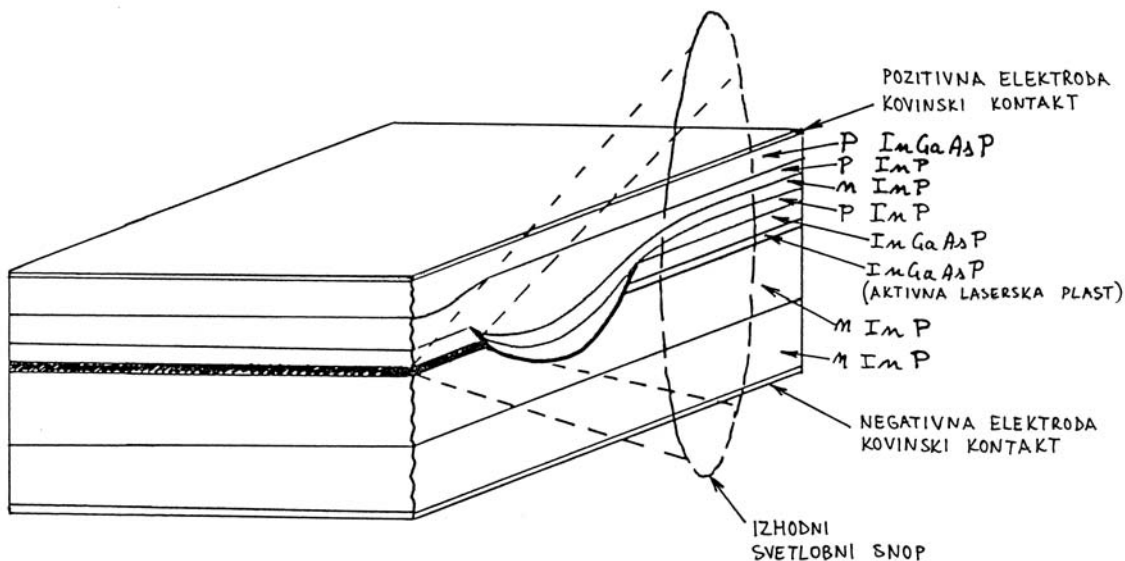


MODULACIJSKA KRIVULJA POLPREVODNIŠKEGA LASERJA

14.1. Polprevodniški laser

Osnovni svetlobni izvori za vse vrste optičnih komunikacij so polprevodniške svetleče diode in laserji. Vsi polprevodniški izvori za optične komunikacije sevajo v bližnjem infrardečem področju. Tehnološko je najlažje izdelati GaAs svetleče diode in GaAlAs laserje za področje valovnih dolžin od 800nm do 900nm. Ker steklena optična vlakna dosegajo nižje slabljenje in manjše popačenje signalov na daljših valovnih dolžinah, so v ta namen razvili tehnološko zahtevnejše svetleče diode in laserje iz kombiniranih polprevodnikov InGaAsP za valovne dolžine 1300nm in 1550nm.

Prerez komunikacijske laserske diode za 1300nm (ali 1550nm) je prikazan na sliki 14.1. Za razliko od običajne svetleče diode je treba izpolniti pri laserski diodi še nekaj pogojev, da naprava deluje kot laser. Za doseganje inverzne naseljenosti energijskih nivojev so potrebne velike gostote toka v polprevodniku. Aktivno področje, ki je sposobno ojačevati svetlobo, se mora hkrati obnašati kot optični valovod. Da hkrati zadosti vsem pogojem, je laserska dioda izdelana kot heterostruktura iz različnih polprevodnikov.



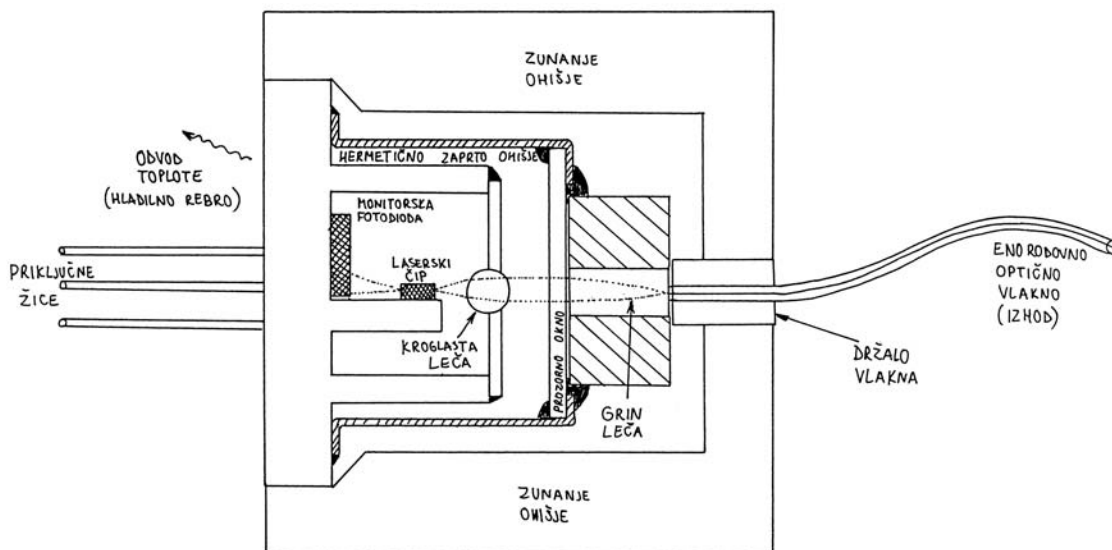
Slika 14.1. – Prerez 1300nm laserske diode.

Presek aktivne laserske plasti je zelo majhen: laserska plast je trak debeline komaj $0.5\mu\text{m}$, širine $3\mu\text{m}$ do $5\mu\text{m}$ in dolžine nekaj $100\mu\text{m}$. Ker imajo uporabljeni polprevodniki visok lomni količnik (okoli 3.5), za povratno vezavo zadošča že sam odboj svetlobe na obeh koncih laserskega čipa. Glede na vrsto rezonatorja imenujemo takšne laserje tudi Fabry-Perot (FP) laserji. Ker

ima takšen laser dve enaki zrcali na obeh koncih čipa, se celotna proizvedena svetlobna moč deli na dva snopa, ki izhajata vsak na svojem koncu laserskega čipa.

Za razliko od plinskih (HeNe, Ar-ioni) laserjev imajo polprevodniški laserji razmeroma dober izkoristek pretvorbe električne energije v svetlobno, ki lahko pri nekaterih vrstah laserjev preseže 20%. Polprevodniške laserje tudi enostavno moduliramo z elektičnim tokom, ki teče skozi lasersko diodo, vse do frekvenc nekaj GHz. Podobno kot plinski laserji pa tudi polprevodniški FP laserji nihajo hkrati na več rezonančnih črtah in pri amplitudni modulaciji preskakujejo med različnimi načini nihanja. Zaradi manjših dimenzij rezonatorja je frekvenčni spekter svetlobe dosti širši kot pa pri plinskih laserjih.

Za praktično uporabo v optičnih komunikacijah se polprevodniški laserji vgrajujejo v laserske module, ki poleg laserske diode vsebujejo vsaj še monitorsko fotodiodo in leče za prilagoditev laserskega izhoda na optično vlakno, kot je to prikazano na sliki 14.2. Ker ima aktivna plast v laserju obliko traku, izhodni svetlobni snop ni rotacijsko simetričen in zahteva komplicirano optiko iz dveh leč za prilagoditev na optično vlakno. Svetloba, ki izhaja na drugem koncu laserskega čipa je seveda izgubljena, zato jo delno izkoristi le monitorska fotodioda.



Slika 14.2. – Prerez polprevodniškega laserskega modula.

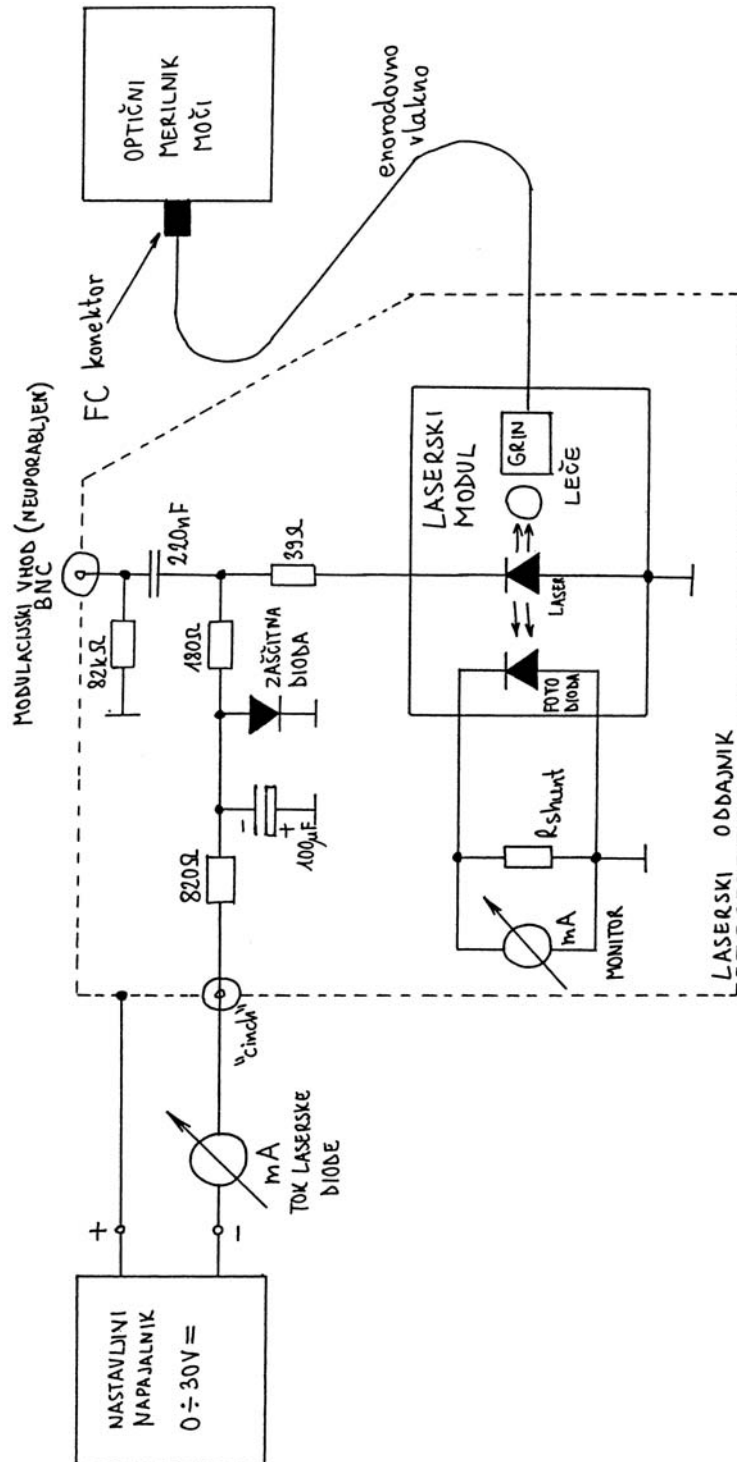
14.2. Seznam potrebnih pripomočkov

Za izvedbo vaje potrebujemo:

- (1) Polprevodniški laserski modul z ustreznim zaščitnim vezjem ter izhodnim enorodovnim optičnim vlaknom s FC konektorjem.
- (2) Nastavljivi enosmerni izvor 0-30V z miliampermetrom 0-50mA.
- (3) Optični merilnik moči za 1300nm, -60dBm do +3dBm.

- (4) Nekaj odprtih (pokvarjenih) laserskih modulov za opazovanje pod mikroskopom.
- (5) Mikroskop z možnostjo povečave med 10 in 100.

Električna vezava laserskega modula je prikazana na sliki 14.3.



Slika 14.3. – Vezava laserskega oddajnika za merjenje izhodne moči.

14.3. Obrazložitev in opis poteka vaje

Polprevodniški sestavni deli za komunikacije preko optičnih vlaken so zelo občutljivi elektronski sestavni deli, ki zahtevajo nežno in natančno rokovanje. Polprevodniški laserski modul lahko poškodujemo električno ali mehansko. Zaradi velike gostote toka v razmeroma majhnem laserskem čipu so polprevodniški laserji občutljivi že na majhne električne preobremenitve. Pri FP polprevodniških laserjih zlahka pride do poškodbe (zažiga) zrcal na konceh čipa, če izhodna svetlobna moč le za nekaj mikrosekund preseže dovoljeno mejo.

Da preprečimo prezgodnje uničenje laserskega modula, je nekaj zaščitnih sestavnih delov vgrajenih že v sam laserski oddajnik. Kljub temu je pri rokovanju potrebna previdnost, da s statičnimi razelektritvami, s priključevanjem naelektrenih kablov ali pa z napačnimi električnimi signali laserja ne uničimo. Pri priključevanju velja še omeniti, da ima večina polprevodniških laserjev pozitivni pol napajanja na ohišju!

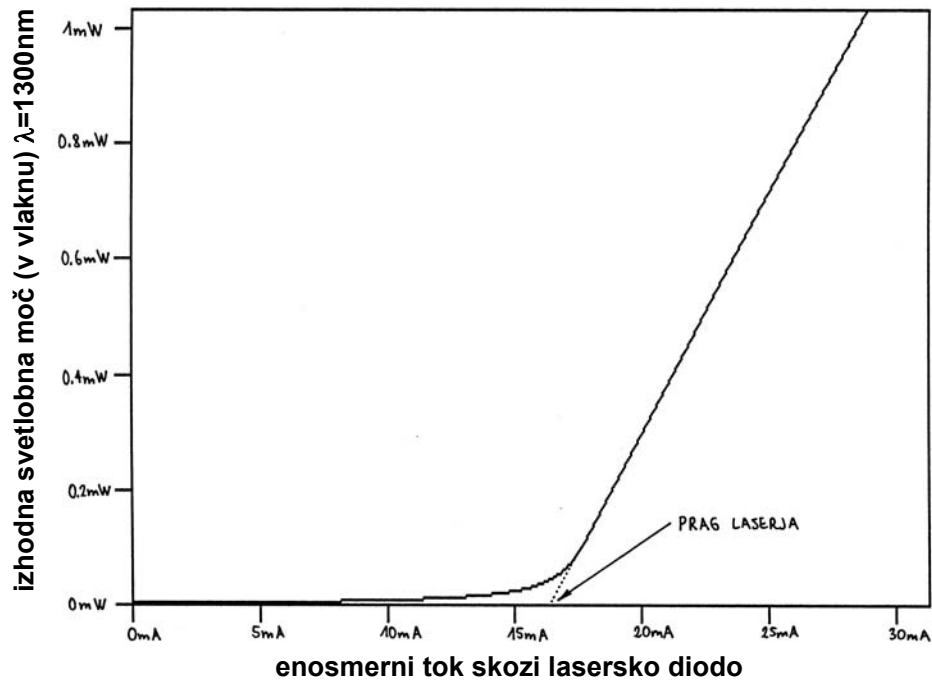
Optično vlakno na izhodu laserja je sicer mehansko zaščiteno, vendar še vedno zahteva pazljivejše ravnanje, še posebno FC konektor na koncu vlakna. Optični konektor je treba pred vstavljanjem očistiti s krpico, namočeno v alkoholu. Optičnega konektorja ne smemo nikoli vtikati oziroma čistiti, ko je laser vključen, ker lahko izredno velika gostota moči v optičnem vlaknu vžge črn madež ravno sredi konektorja.

Pred začetkom meritve je najprej treba nastaviti optični merilnik moči na valovno dolžino 1300nm in umeriti ničlo merilnika. Nato vključimo napajalnik laserja in počasi večamo tok skozi lasersko diodo ter si zapisujemo moč, ki jo kaže merilnik. Tok večamo vse dotlej, dokler izhodna moč laserja ne doseže 1mW ali 0dBm, oziroma do najvišje možne napetosti iz napajalnika.

14.4. Prikaz značilnih rezultatov

Modulacijska krivulja 1300nm InGaAsP laserja je prikazana na sliki 14.4 v linearnem merilu. Pri vseh polprevodniških laserjih je zelo izražen pojav prag laserja, ko delovanje diode preide iz navadne svetleče diode v lasersko nihanje. Od praga naprej izhodna moč strmo narašča po ravni krivulji, kar omogoča linearno modulacijo izhodne moči laserja. Žal merjena krivulja ne prikazuje preskakovanja med različnimi spektralnimi črtami in resnični izhodni optični signal še zdaleč ni lepo linearno moduliran.

Za vajo izrišemo diagram izhodne optične moči FP laserja v linearnem (v μW) in v logaritemskem merilu (v dBm).



Slika 14.4. – Izhodna moč polprevodniškega laserja.

14.5. Vprašanja in naloge vaje

1. Izriši diagram izhodne optične moči polprevodniškega FP laserja (v linearnem in logaritemskem merilu) v odvisnosti od napajalnega toka!
2. Določi pragovni tok laserja iz izmerjene krivulje!
3. Kaj se dogaja z izhodno močjo laserja pri največjem toku?

| tok [mA] | P [dBm] | P [mW] |
|----------|---------|--------|
| 0,0 | | |
| 2,5 | | |
| 5,0 | | |
| 7,5 | | |
| 10,0 | | |
| 12,5 | | |
| 15,0 | | |
| 17,5 | | |
| 20,0 | | |
| 22,5 | | |
| 25,0 | | |
| 27,5 | | |
| 30,0 | | |