

VAJA 18. - TEMPERATURNA ODVISNOST PRAGOVNEGA TOKA LASERJA

18.1. Polprevodniški laserski moduli

Za razliko od plinskih laserjev, naprimer helij-neonskega laserja, je delovanje laserjev v trdnih snoveh zelo nestabilno in močno odvisno od temperature aktivne laserske snovi. Vsi polprevodniški laserji so zelo odvisni od temperature polprevodnika. Z rastočo temperaturo se niža ojačenje aktivne laserske snovi, večajo se izmere rezonatorja in spreminja se valovna dolžina laserskega ojačenja v snovi. Zato so prvi polprevodniški GaAlAs laserji delovali le pri zelo nizkih temperaturah, s pomočjo umetnega hlajenja in še to le v impulznem režimu.

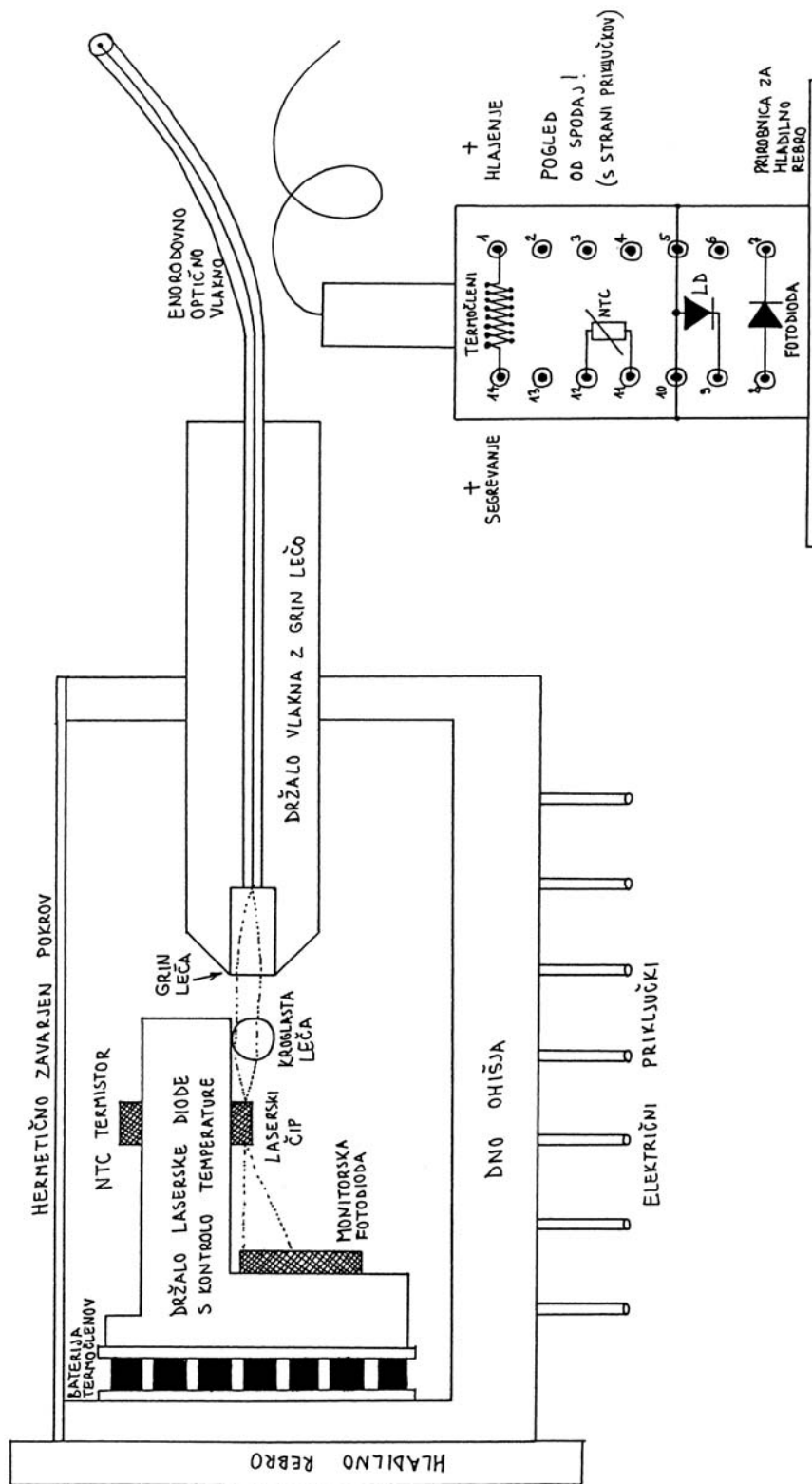
Sodobni polprevodniški laserji, GaAlAs za 800-900nm in InGaAsP za 1300nm ali 1550nm, delujejo v enosmernem režimu pri sobni temperaturi, vse lastnosti laserja pa so še vedno močno odvisne od točne vrednosti temperature čipa. Pri vseh vrstah polprevodniških laserjev s temperaturo hitro narašča pragovni tok laserja. V enostavnih FP laserjih (z zrcali na koncih rezonatorja) s spreminjanjem temperature preskakuje valovna dolžina delovanja med različnimi rodovi rezonatorja. V polprevodniških laserjih s porazdeljeno povratno vezavo (angl. Distributed Feed Back - DFB) lahko s spreminjanjem temperature laserskega čipa celo zvezno uglašujemo laser, v ozkem območju okoli 5nm, na zeleno valovno dolžino.

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. Monitorska dioda običajno izkorišča svetlobo, ki izhaja na drugem koncu laserskega čipa. Preko monitorske diode lahko preverjamo delovanje laserja in spremembe pragovnega toka laserske diode popravljamo z nastavljanjem delovnega toka diode. Monitorska dioda žal nič ne pove o valovni dolžini, na kateri dela laser, niti o rodovih v rezonatorju. Signal iz monitorske diode zato ni niti povsem sorazmeren s sklopljeno močjo v optično vlakno in ga lahko uporabljamo le kot pripomoček za vpogled v delovanje laserja, ne pa za točne meritve.

Za delovanje v širšem temperaturnem območju oziroma za zahtevnejše polprevodniške laserje vsebujejo laserski moduli poleg laserja, monitorske fotodiode in optike še Peltier-ovo toplotno črpalko in termistor za merjenje temperature laserskega čipa. Izvedba takšnega popolnejšega laserskega modula je prikazana na sliki 18.1. Toplotna črpalka je izdelana kot baterija termočlenov, ki ohlajajo oziroma segrevajo laser glede na smer enosmerne električne toka.

Ker so termoelektrične napetosti med kovinami zelo majhne, so termočleni izdelani iz polprevodnikov. Praktično so to kockice iz močno dopiranega bizmutovega telurida (BiTe), ki so na konceh prispajkane na kovinske povezave na dveh keramičnih ploščicah, ki poskrbijo za zaporedno vezavo

vseh termočlenov. Kockice so izmenično iz P+ oziroma N+ polprevodnika, da se na eni strani vse ohlajajo in odvedeno toploto sproščajo na drugi keramični ploščici.



Slika 18.1. – Laserski modul s kontrolo temperature.

18.2. Seznam potrebnih pripomočkov

Za izvedbo vaje potrebujemo:

- (1) Polprevodniški laserski modul s toplotno črpalko ter ustreznim zaščitnim vezjem.
- (2) Izvor trikotne napetosti 0-10V.
- (3) Nastavljivi enosmerni izvor 0-5V, 500mA.
- (4) Digitalni ohmmeter 0-200k Ω .
- (5) Osciloskop z možnostjo X-Y delovanja.
- (6) Nekaj odprtih (pokvarjenih) laserskih modulov za opazovanje pod mikroskopom.
- (7) Mikroskop z možnostjo povečave med 10 in 100.

Električna vezava laserskega modula je prikazana na sliki 18.2.

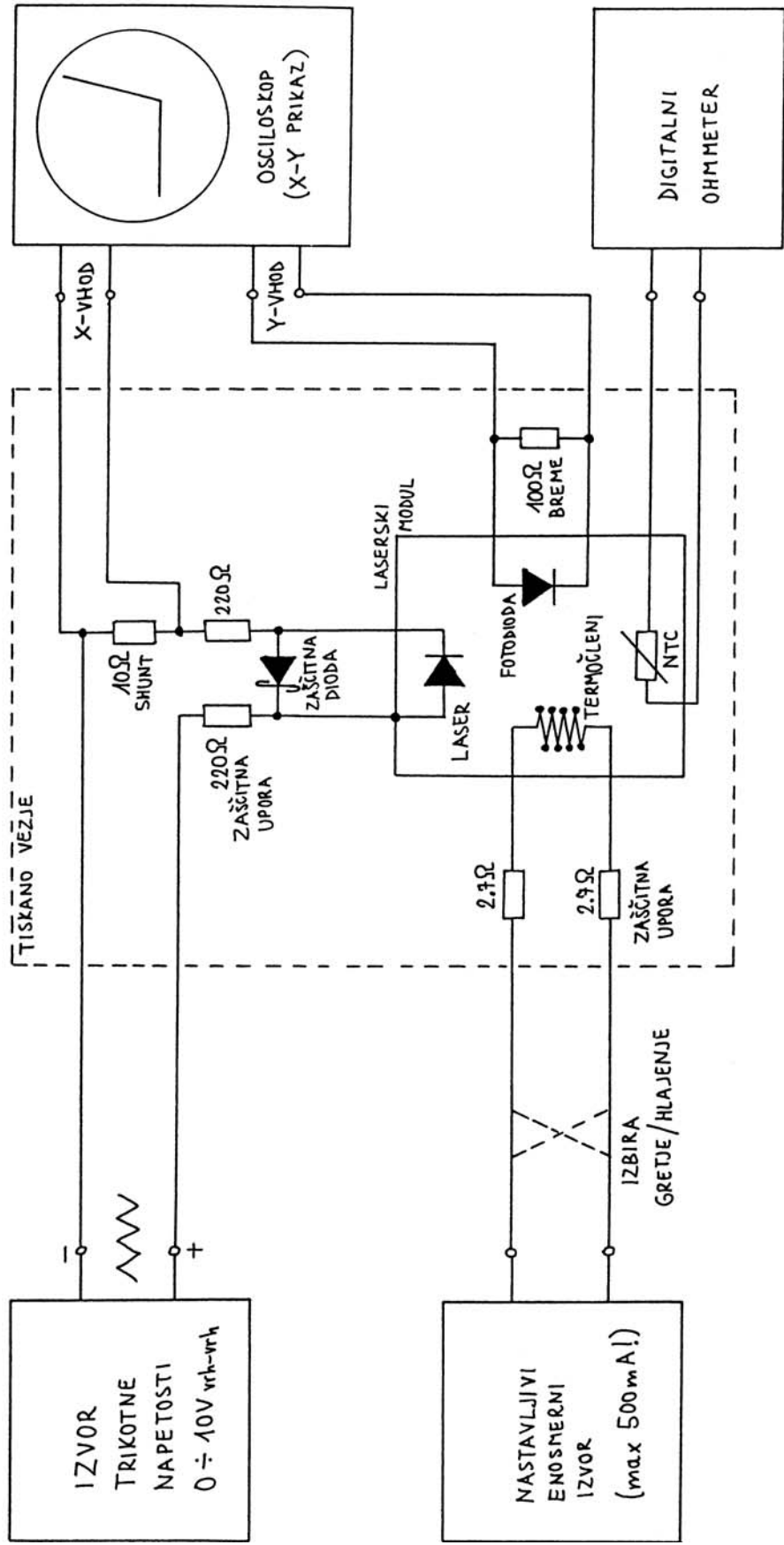
18.3. Obrazložitev in opis poteka vaje

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 μ s preseže dovoljeno mejo.

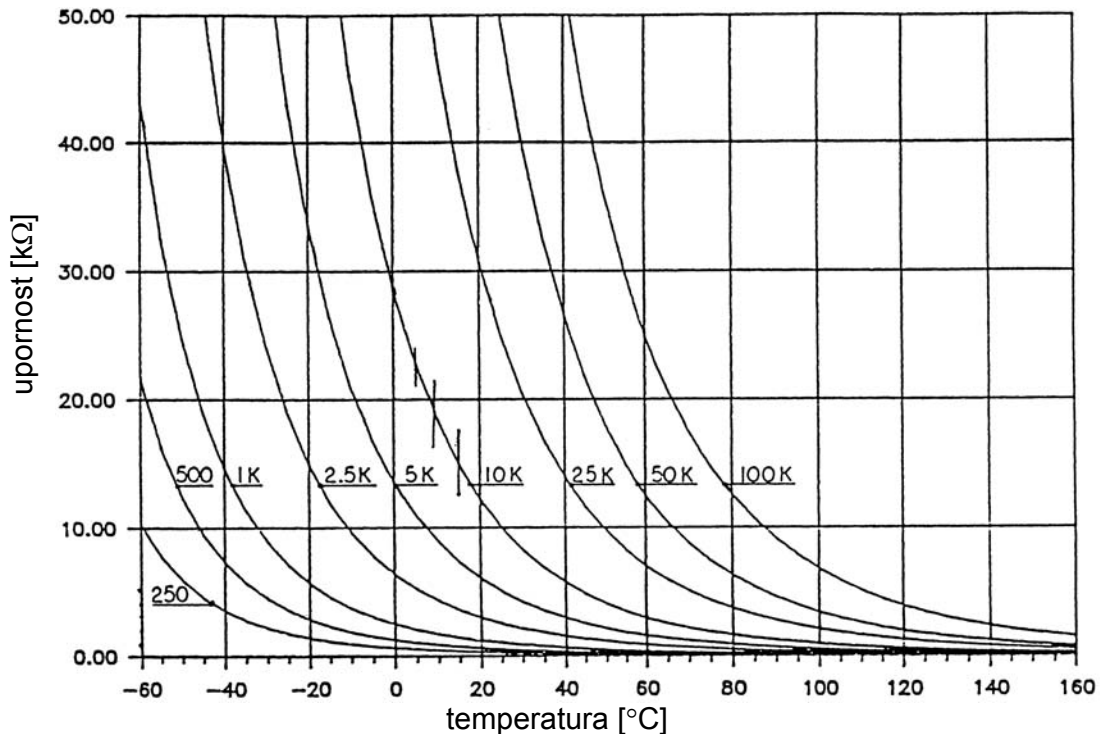
Da preprečimo prezgodnje uničenje laserskega modula, je nekaj zaščitnih sestavnih delov vgrajenih že v sam laserski oddajnik. Kljub temu je pri rokovanju potrebna previdnost, da s statičnimi razelektritvami, s priključevanjem naelektrenih kablov ali pa z napačnimi električnimi signali laserja ne uničimo. Pri priključevanju velja še omeniti, da ima večina polprevodniških laserjev pozitivni pol napajanja (anoda fotodiode) na ohišju (masi)! Pri uporabi modula z vgrajeno toplotno črpalko pazimo tudi na to, da tok skozi baterijo termočlenov ne preseže 500mA. Končno pazimo tudi na to, da mehansko ne poškodujemo občutljivega optičnega vlakna na izhodu laserja.

Pred začetkom meritev si najprej umerimo vodoravno skalo za tok laserske diode na osciloskopu. Za 1300nm lasersko diodo je smiselna skala od 0 do 20mA oziroma 20mV na razdelek pri tokovnem merilnem upor 10 Ω . Vezje na sliki 18.2. najprej priključimo brez toplotne črpalke. Izvor trikotne napetosti nastavimo tako, da na osciloskopu opazimo prag laserja: ostro koleno, nad katerim začne izhodna moč hitro naraščati.

Nato preverimo delovanje ohmmeta. Temperaturna odvisnost NTC upora v laserskem modulu je prikazana na sliki 18.3. V laserske module so običajno vgrajeni NTC upori, ki imajo pri 25°C nazivno vrednost 10k Ω . Pri izvedbi meritve bo treba temperaturo sproti prevajati v upornost oziroma obratno, iz izmerjene upornosti določiti temperaturo laserske diode s pomočjo ustrezne krivulje na diagramu na Sliki 18.3.



Slika 18.2. – Vezava merilnih instrumentov in zaščite za laserski modul.



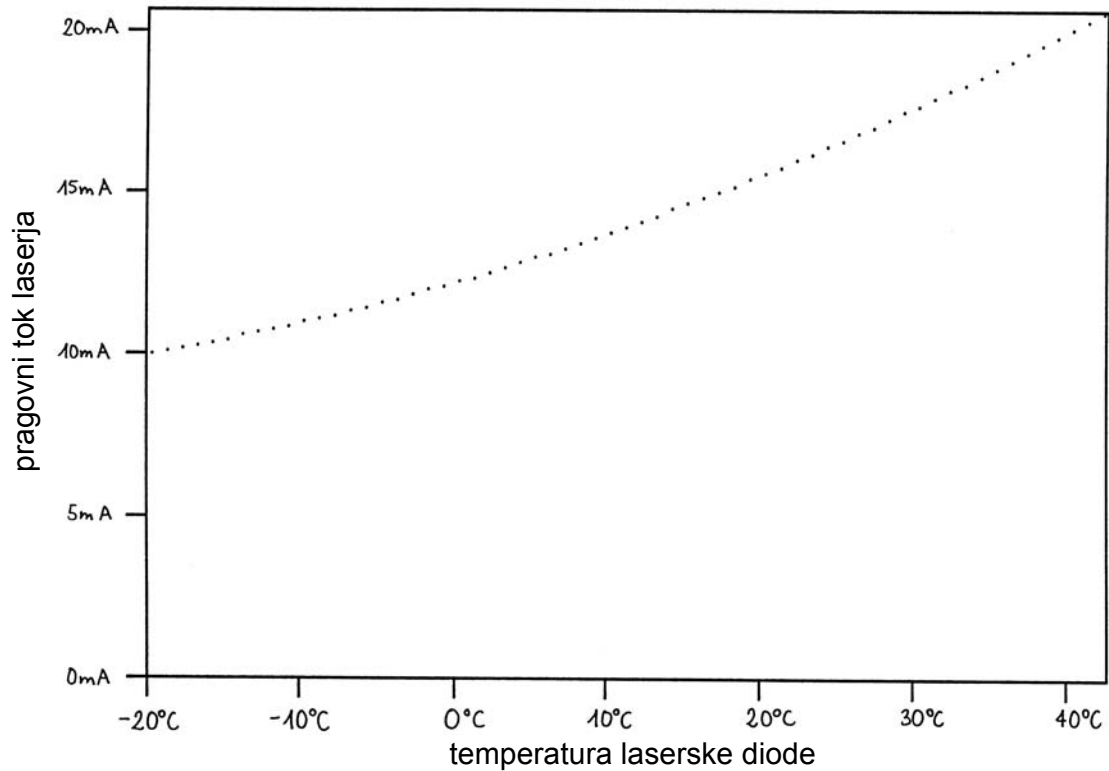
Slika 18.3. – Upornost termistorja kot funkcija temperature.

Končno priključimo na izvor še Peltier-ovo toplotno črpalko. Baterija termočlenov deluje pri zelo nizkih napetostih komaj nekaj voltov in tokovih nekaj sto mA. Glede na polariteto izvora bo toplotna črpalka segrevala oziroma ohlajala lasersko diodo. Kot protiutež je na drugo stran toplotne črpalke privito hladilno rebro, ki odvečno toploto sprošča v prostor oziroma iz prostora jemlje dodatno toploto.

Po priključitvi toplotne črpalke takoj opazimo spreminjanje upornosti NTC termistorja in premikanje kolena tokovne krivulje laserja. Temperatura laserske diode se ustali šele čez kakšno minuto in tedaj lahko odčitamo upornost termistorja in pragovni tok laserja. Kot prag laserja vzamemo točko, v kateri bi podaljšek poševnega dela krivulje na osciloskopu sekal ordinatno os.

18.4. Prikaz značilnih rezultatov

Primer odvisnosti pragovnega toka laserja od temperature je prikazan na sliki 18.4. Peltier-ova toplotna črpalka omogoča temperaturni padec od 60°C do 80°C, ko deluje kot hladilnik v neobremenjenem stanju. Ko mora odvajati tudi proizvedeno toploto v laserju, zmora kvečjemu padec 50°C. Najnižja temperatura, do katere lahko privedemo lasersko diodo, znaša okoli -20°C. Toplotna črpalka je seveda mnogo bolj učinkovit grelec, saj se črpani toploti prištevajo še izgube v sami črpalci. Ker visoka temperatura kvarno vpliva na življenjsko dobo vseh sestavnih delov laserskega modula, pazimo, da nikoli ne presežemo 50°C oziroma da se pri meritvi ustavimo pri upornosti termistorja 3kΩ.



Slika 18.4. – Primer odvisnosti pragovnega toka laserja od temperature.

18.5. Vprašanja in naloge vaje

1. Določite merske enote za vodoravno in navpično skalo zaslona osciloskopa!
2. Izmeri odvisnost pragovnega toka laserja od temperature!
3. Kako krmilimo tok skozi diodo?

upornost NTC [kΩ]	temperatura [°C]	kolenski tok [mA]
5 kΩ		
6,25 kΩ		
7,5 kΩ		
8,75 kΩ		
10 kΩ		
12,5 kΩ		
15 kΩ		
17,5 kΩ		
20 kΩ		
22,5 kΩ		
25 kΩ		
30 kΩ		
35 kΩ		