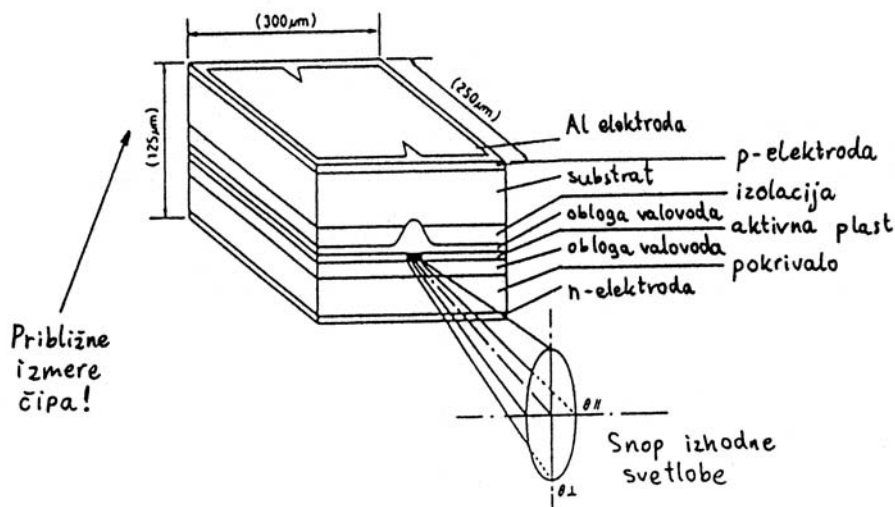


## VAJA 17. - SMERNI DIAGRAM SEVANJA POLPREVODNIŠKEGA LASERJA

### 17.1. Rezonator polprevodniškega laserja

Osnovni svetlobni izvori za večino optičnih komunikacij so polprevodniški laserji z vgrajenim rezonatorjem. Čip polprevodniške laserske diode vsebuje dielektrični valovod pravokotnega prereza, kot je to prikazano na sliki 17.1. Številne dodatne plasti različnih polprevodnikov morajo zagotoviti delovne pogoje laserja. Obloga valovoda mora imeti nižji lomni količnik in širši prepovedan energijski pas, da ne pride do izgub fotonov, ki so nastali v aktivni plasti. Dodatna izolacijska plast poskrbi, da se celoten enosmerni tok napajanja usmeri skozi ozko aktivno plast.



Slika 17.1. – Čip polprevodniške laserske diode.

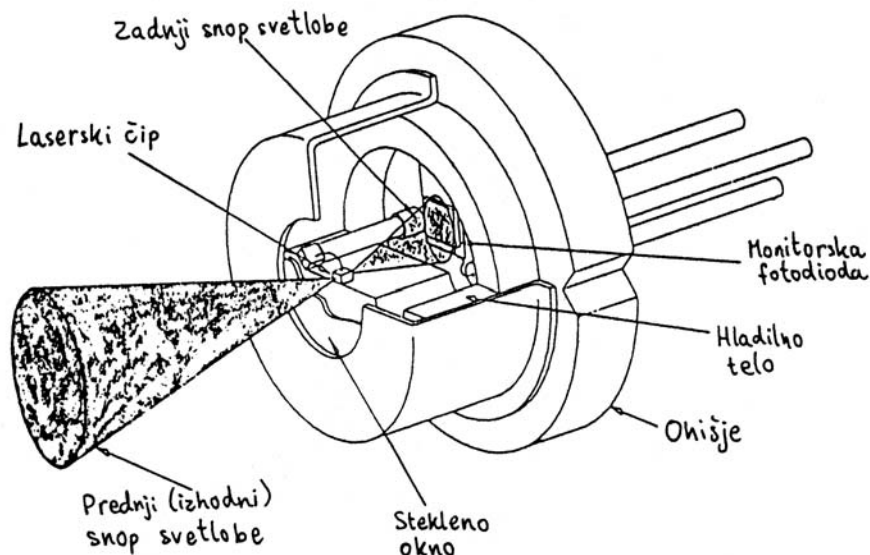
Rezonator polprevodniškega laserja je lahko zaključen z zrcali na obeh koncih čipa (Fabry-Perot) oziroma vsebuje porazdeljeno povratno vezavo (angl. Distributed Feed Back - DFB). Vrsta povratne vezave vpliva na vzdolžne rodove laserja, sama porazdelitev polja po preseku valovoda pa je v obeh slučajih enaka. Pri vseh komunikacijskih laserjih sta valovod sam (angl. index-guided laser) oziroma dovod enosmernega toka (angl. gain-guided laser) načrtovana tako, da laser niha samo na osnovnem prečnem rodu s polarizacijo TE (električno polje vzporedno s sloji polprevodnika).

Ojačenje za TM rodove je nižje, zato na tej polarizaciji laser običajno ne niha. FP laserji običajno nihajo na več vzdolžnih TE rodovih hkrati, ki imajo vsi približno enako prečno sliko polja osnovnega valovodnega rodu. DFB laserji seveda nihajo samo na enem vzdolžnem TE rodu.

Smerni diagram sevanja laserske diode dobimo preprosto tako, da odprti konec valovoda obravnavamo kot antensko odprtino. Ker je valovod sploščen,

je tudi snop izhodne svetlobe sploščen v pahljačo. Pahljača je sploščena v E ravnini ( $\theta_{\parallel}$  na sliki 17.1) in razširjena v H ravnini ( $\theta_{\perp}$  na sliki 17.1).

Iz laserskega čipa izhajata dva snopa svetlobe na obeh koncih dielektričnega valovoda. Običajno izkoristimo le en snop svetlobe, drugi snop pa je že v samem ohišju laserske diode usmerjen na monitorsko fotodiodo za nadziranje delovanja laserja, kot je to prikazano na sliki 17.2. Laserski čip in čip fotodiode sta vgrajena v hermetično zaprto ohišje, ki ima na prednji strani stekleno okno za izhod svetlobe.



Slika 17.2. – Polprevodniški laser v ohišju.

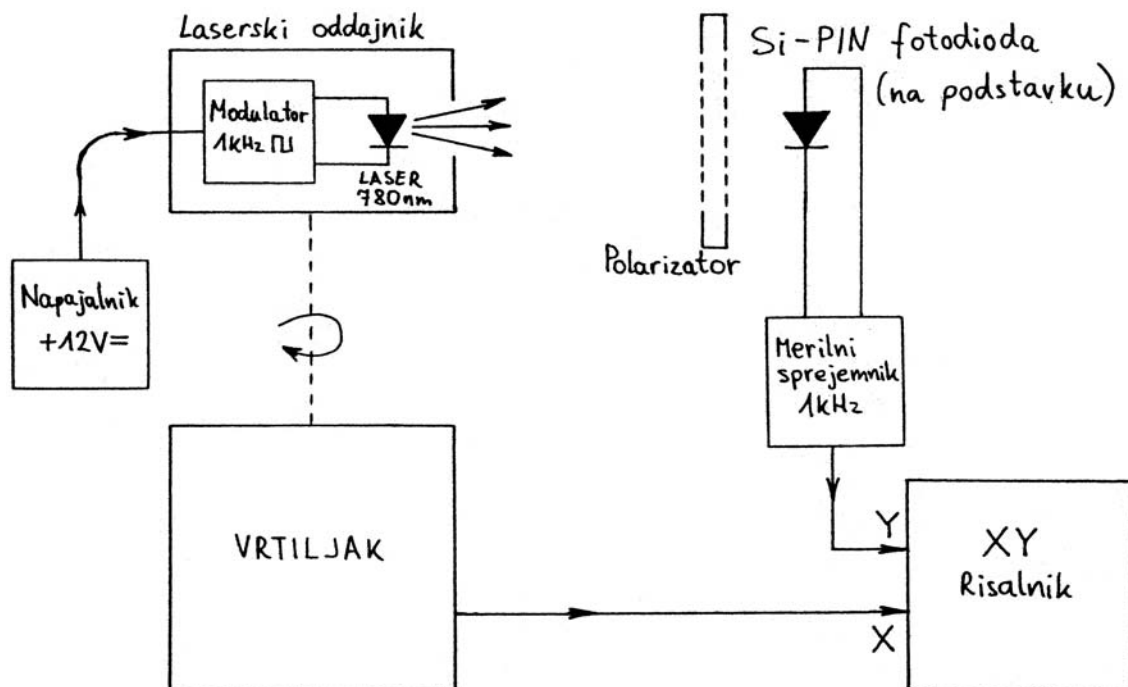
Pahljača izhodnega snopa svetlobe je široko odprta. Snop svetlobe ima lahko širino  $\pi/4$  ( $45^\circ$ ) v H ravnini, v E ravnini pa je nekajkrat ožji. Polprevodniški laserji zato potrebujejo kompliciran sistem leč, da svetlobo sklopimo v optično vlakno, še posebno v enorodovno vlakno, oziroma kolimator, da dobimo vzporeden izhodni žarek.

## 17.2. Seznam potrebnih pripomočkov

Za izvedbo vaje potrebujemo:

- (1) Polprevodniški laserski oddajnik za 780nm z modulatorjem (1kHz) in ustreznim napajalnikom.
- (2) Vrtiljak za laserski oddajnik.
- (3) Si-PIN fotodiodo z veliko površino, na podstavku.
- (4) Merilni sprejemnik za 1kHz.
- (5) XY risalnik.
- (6) Polarizator za 780nm.
- (7) Mikroskop z možnostjo povečave med 10 in 100.

Razporeditev in vezava merilnih pripomočkov je prikazana na sliki 17.3.



Slika 17.3. – Razporeditev in vezava merilnih pripomočkov.

### 17.3. Obrazložitev in opis poteka vaje

Polprevodniški sestavni deli, laserji in fotodiode, so zelo občutljivi elektronski sestavni deli, ki zahtevajo nežno natančno rokovanje. Laserski oddajnik je pri tej vaji že opremljen z modulatorjem (1kHz) in stabiliziranim napajalnikom, ki mu od zunaj privedemo kar 12V=. Paziti moramo le na pravilno vgradnjo oddajnika na vrtiljak, da ga ne poškodujemo. Ker je električno vezje odprto, lahko laser poškodujemo tudi z dotikom s statično razelektrivijo. Pred dotikanjem vezja oddajnika se obvezno z roko najprej dotaknemo ohišja!

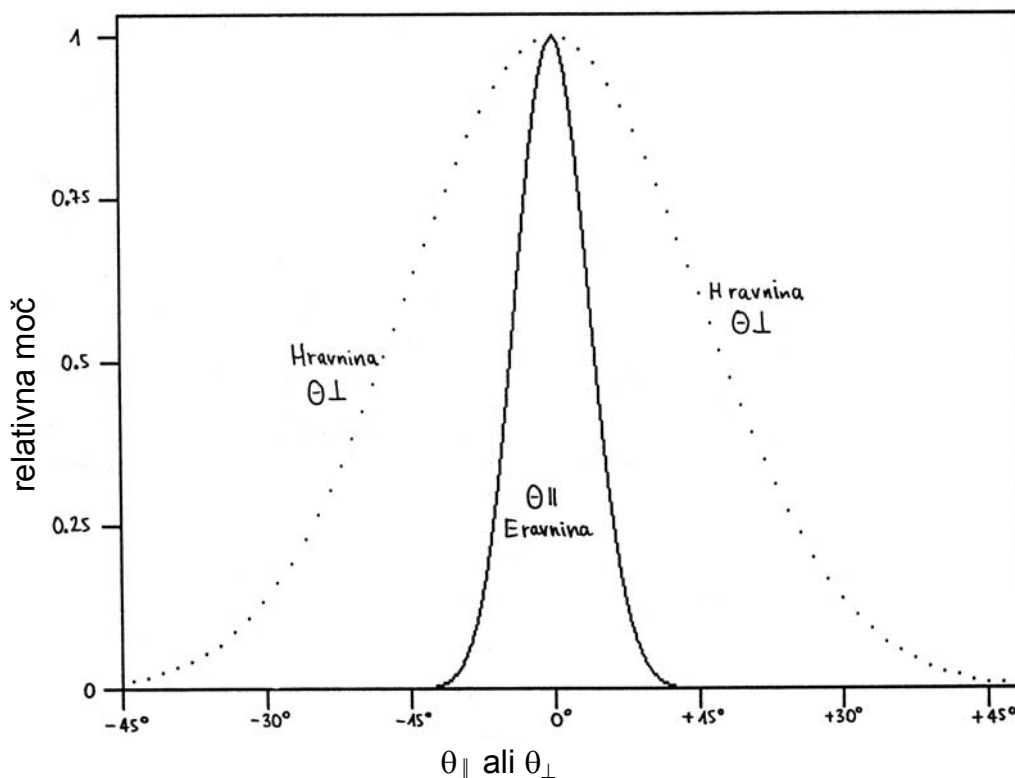
Kot sprejemnik svetlobe uporabimo silicijevo PIN fotodiodo, ki je občutljiva na svetlobo laserja 780nm. Šibko sevanje laserja sicer opazimo tudi s prostim očesom, vendar nikoli ne glejmo od blizu v laser! Nevidna infrardeča svetloba 780nm lahko povzroči resne poškodbe očesa.

Ker je fotodioda občutljiva tudi na sobno svetlobo, laserski oddajnik amplitudno moduliramo (vklapljamemo in izklapljamemo) s pravokotnim signalom frekvence 1kHz. Na sprejemni strani ojačujemo samo izmenično komponento signala, ki jo dodatno očisti pasovno sito za 1kHz v merilnem sprejemniku. Merilni sprejemnik poskrbi tudi za primerno prednapetost in bremenski upor za fotodiodo.

Merilni sprejemnik vsebuje tudi usmernik za 1kHz signal in daje na izhodu enosmerno napetost, ki je sorazmerna vpadni moči modulirane svetlobe na fotodiodo. Izhod sprejemnika krmili Y odklon na risalniku, X odklon pa krmili kar elektronika vrtiljaka. Vrtiljak nastavimo tako, da se zavrti v področju  $\pi/2$  ( $90^\circ$ ), saj nima smisla meriti smernega diagrama sevanja laserja v celotnem področju  $360^\circ$ .

### 17.4. Prikaz značilnih rezultatov

Za vajo poskusimo izmeriti dva značilna prereza smernega diagrama sevanja laserja, kot je to prikazano na sliki 17.4. Da lahko merimo smerni diagram v dveh ravninah, moramo zasukati in ponovno pritrditi na vrtiljak celoten laserski oddajnik. Pred začetkom vsake meritve poiščemo maksimum smernega diagrama v ravnini vrtiljaka in pravokotno nanjo z višino fotodiode.



Slika 17.4. – Značilna prereza smernega diagrama sevanja laserja.

Izmerjeni smerni diagrami bodo verjetno nagrbnčeni iz več razlogov. Svetloba potuje iz laserskega čipa skozi izstopno okno v ohišju, nagajajo pa tudi drugi odboji v neposredni bližini laserskega čipa. Ker je delovanje polprevodniškega laserja močno vezano na temperaturo, počakamo par minut po vklopu laserja, da se izhodna moč stabilizira, preden začnemo meriti smerni diagram.

Končno preverimo še polarizacijo svetlobe, ki izhaja iz polprevodniškega laserja tako, da med laser in fotodiodo postavimo polarizator. Seveda si izključen laser na koncu vaje ogledamo pod mikroskopom.

### 17.5. Vprašanja in naloge vaje

1. Kakšno obliko ima snop izhodne svetlobe iz čipa polprevodniškega laserske diode?
2. Kakšen rezultat bi dobili za polprevodniški laser, ki niha na več rodovih?
3. Kakšna je polarizacija laserske svetlobe?

