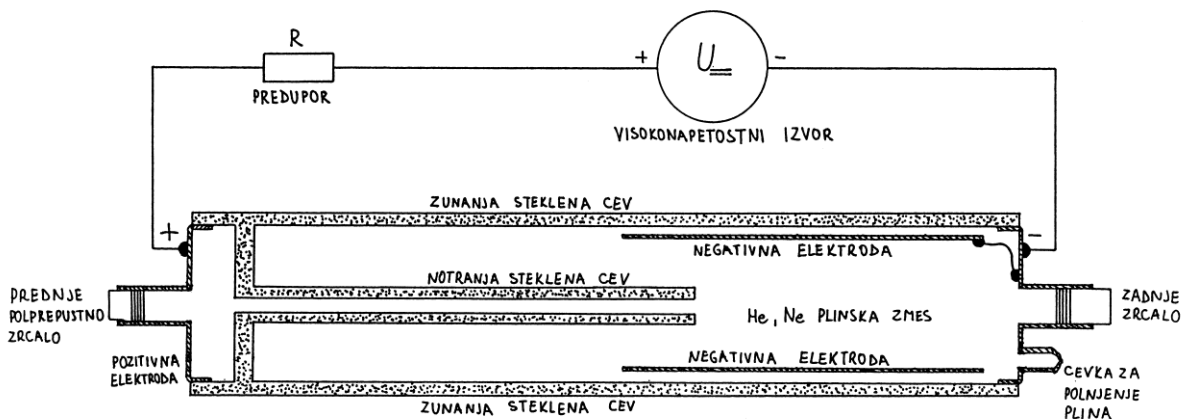


Helij-neonski laser

Helij-neonska laserska cev

Čeprav se helij-neonski (He-Ne) laser običajno ne uporablja za optične komunikacije po svetlovodih, je nekaj laboratorijskih poskusov izvedenih tudi z njim, saj je delovanje tovrstnega laserja zelo podobno delovanju polprevodniškega laserja. Za razliko od polprevodniških laserjev je helij-neonski laser mnogo večji, je ponavadi v steklenem ohišju in običajno oddaja vidno svetlobo. Zaradi slednjega lahko konstrukcijo laserja in vse pojave opazujemo kar s prostim očesom. Poleg tega se helij-neonski laser uporablja kot izvor zelo kvalitetne svetlobe za celo vrsto poskusov v optiki. Zaradi velike dolžine optičnega resonatorja (okoli 30000 valovnih dolžin) je frekvenčni spekter He-Ne laserja zelo ozek, dosti ožji od polprevodniških laserjev.

Ker je aktivna laserska snov zmes plinov, mora biti ohišje laserja hermetično zaprta cev: to je naloga zunanje steklene cevi in dveh kovinskih pokrovov, privarjenih na oba konca cevi. Energijo za delovanje dovajamo v plinsko zmes preko električnega preboja v plinu. Električno gledano je He-Ne laser torej tlivka, z nekaterimi posebnostmi. V He-Ne laserju je aktivna laserska snov plin neon. Dodatek helija znatno izboljšuje izkoristek črpanja ustreznih energijskih nivojev neona, kar omogoči da sploh dosežemo lasersko ojačenje svetlobe.



Slika 1: Zgradba nepolarizirane He-Ne laserske cevi.

Elektrode tlivke so zelo velike, da omejimo segrevanje. V tlivkah se najbolj segreva negativna elektroda zaradi katodnega padca potenciala tik ob površini elektrode. Iz tega razloga kot katoda ne zadošča sam pokrovček cevi, pač pa je v stekleno cev vgrajena dodatna kovinska cev kot negativna elektroda. Če se elektrode He-Ne laserja pregrejejo, to lahko povzroči osvobajanje plinov, ujetih na površini kovin, ki spremenijo sestavo plinov v cevi in preprečijo delovanje laserja.

Za vse vrste laserjev je značilno, da moramo dovesti zelo veliko količino energije na enoto aktivne snovi, da sploh dosežemo uporabno lasersko ojačenje. V plinskem laserju to storimo tako, da pot električnemu preboju zožimo na manj kot kvadratni milimeter s pomočjo dodatne, notranje steklene cevi. Čeprav med delovanjem laserja opazimo žarenje plina tudi drugod, je žarenje plina v notranji cevi dosti močnejše in samo tu pride do pojava laserskega ojačenja svetlobe. Ozka steklena cev je potrebna tudi zato, ker se spodnji energijski nivo neona prazni pri trkih atomov neona ob steno cevi.

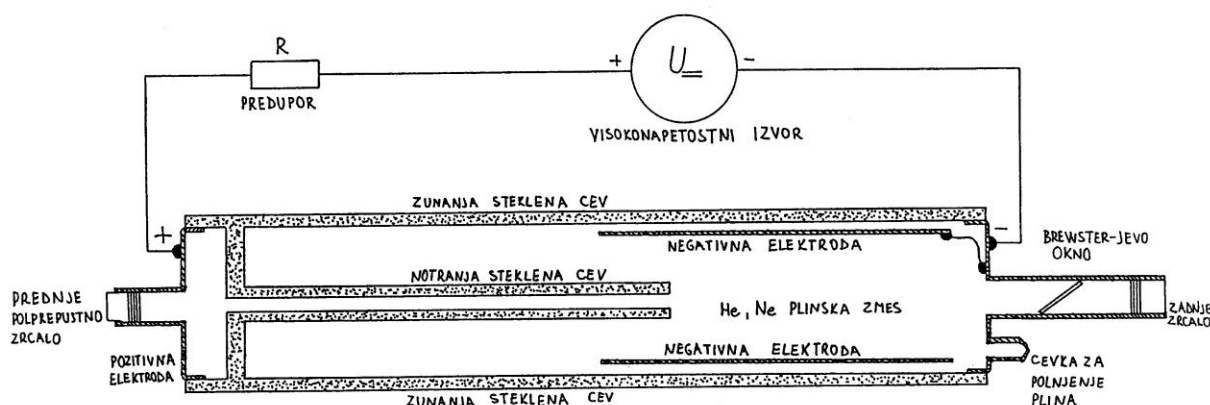
Da dosežemo samostojno nihanje laserja, moramo aktivno lasersko snov vstaviti v resonator, ki daje na določenih frekvencah zadosti močno povratno vezavo. Resonator sestavimo iz dveh zrcal na obeh koncih cevi. Zrcala so izdelana iz stekla, ki je na notranji strani prevlečeno z več plastmi različnih dielektrikov. Debeline in lomni količniki teh plasti so tako izbrani, da dosežemo odboj na želeni valovni dolžini in preprečimo odboj na drugih valovnih dolžinah.

Če bi izdelali resonator He-Ne laserja z idealnimi zrcali, ki enako odbijajo vse valovne dolžine, bi takšen laser deloval v bližnjem infrardečem (nevidnem) področju, ker je tu ojačenje aktivne snovi največje. Da dosežemo delovanje laserja na valovni dolžini 632,8 nm (rdeča svetloba), potrebujemo zrcala, ki dobro odbijajo to valovno dolžino in hkrati čim manj odbijajo infrardečo svetlobo. S primernimi (frekvenčno-odvisnimi) zrcali dosežemo nihanje laserja tudi na drugih valovnih dolžinah v vidnem spektru (oranžna, rumena ali zelena svetloba).

He-Ne laserska cev je običajno dolga okoli 20 cm. Pri tej dolžini cevi potrebujemo za optimalno delovanje laserja na eni strani polprepustno zrcalo, ki prepušča približno 5% vpadne svetlobe ter odbija preostalih 95% svetlobe nazaj v laser. Na drugi strani laserskega resonatorja bi želeli idealno zrcalo za delovno valovno dolžino 632,8 nm, vendar v praksi dobimo tudi tu nekaj prepuščene svetlobe.

Zaradi rotacijsko-simetrične konstrukcije laserske cevi je polarizacija He-Ne laserja nedoločena. Zaradi pozitivne povratne vezave v laserju bo tudi najmanjša dvolomnost zrcal povzročila, da bo laser rajši nihal z določeno polarizacijo. Ravnina polarizacije je nestabilna in se s segrevanjem laserske cevi počasi spreminja.

Delovanje He-Ne laserja s povsem določeno linearno polarizacijo dosežemo z vgradnjo steklene ploščice v resonator, ki mora biti nagnjena za Brewsterjev kot glede na smer žarka v resonatorju. Izvedba polarizirane Brewsterjevo okno sicer odbija komaj kakšnih 10% svetlobe z nezaželeno polarizacijo, vendar je to povsem zadosti, da prepreči nihanje laserja z neželeno polarizacijo.



Slika 2: Zgradba polarizirane He-Ne laserske cevi.

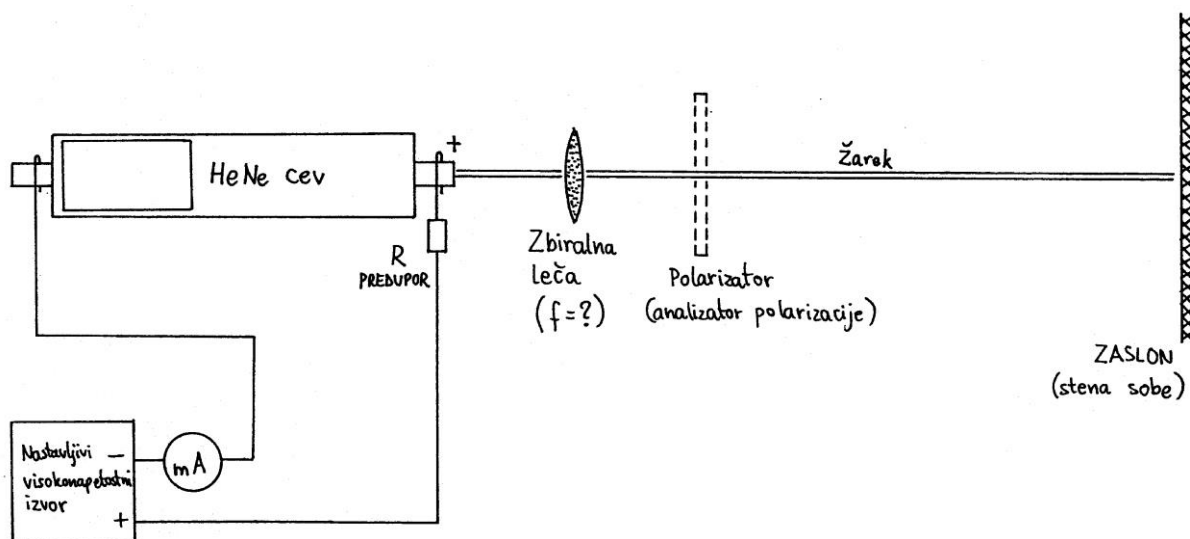
Seznam potrebnih pripomočkov

Za izvedbo vaje potrebujemo:

- Običajno, nepolarizirano He-Ne lasersko cev (brez ohišja)
- Polarizirano He-Ne lasersko cev (z ohišjem)
- Visokonapetostni izvor za napajanje cevi

- Miliampermeter
- Več različnih preduporov 100 k Ω - 5 M Ω
- Več zbiralnih leč z goriščnimi razdaljami 100-300mm
- Nastavljivi polarizator svetlobe (uporabljen kot analizator)
- Optično klop s podstavki za sestavljanje vaje

Postavitev merilnih pripomočkov prikazuje Slika 3, razporeditev pa Slika 4.



Slika 4: Skica vezave merilnih pripomočkov

Slika 5: Slika vezave merilnih pripomočkov

Opis poteka vaje

Za napajanje laserske cevi potrebujemo ustrezen visokonapetostni izvor. Laserska cev dane dolžine potrebuje za vžig napetost okoli 6 kV, med normalnim delovanjem pa znaša padec napetosti na cevi okoli 1200 V. Idealen izvor za napajanje laserske cevi je tokovni generator, praktično pa uporabljamo napetostni izvor z zaporedno vezanim preduporom.

Pri priključitvi cevi pazimo na polariteto. Laserska cev bi sicer delovala tudi z obratno polariteto oziroma pri napajanju z izmeničnim tokom, vendar bi se zaradi prekomernega segrevanja elektrod življenjska doba cevi precej zmanjšala.

Med delovanjem cevi opazimo močno svetlo-roza-rdečo svetlobo predvsem v notranjosti tanke notranje cevi. Ta svetloba vsebuje več povsem različnih spektralnih črt in je odvisna izključno od plinske zmesi ter jakosti toka skozi cev. Vzdolžna in prečna koherenčna dolžina te svetlobe so zelo majhne in ustrezajo svetlobi tlivke, zato s takšno svetlobo težko opazimo interferenčne pojave.

Na obeh koncih laserske cevi pa izhaja svetloba povsem drugačne rdeče barve. Ker so rodovi v laserskem resonatorju skoraj TEM, nihajo zaključne ploskve resonatorja – zrcala skoraj povsem sofazno in je laserska svetloba usmerjena v obliko tankega žarka, ki po premeru

ustreza premeru notranje steklene cevi v laserski cevi. Zaradi velike vzdolžne in prečne koherenčne dolžine opazimo interferenčne pojave (migotanje, zrnatost) na vseh predmetih, ki so obsijani z lasersko svetlobo.

Izkoristek He-Ne laserja je zelo majhen. Cev dolžine 20 cm normalno deluje pri toku 5 mA in napetosti 1200 V, se pravi troši električno moč 6 W, izhodna svetlobna moč v obliki laserske svetlobe pa znaša komaj 2 mW. Kljub majhni moči je laserska svetloba nevarna za človeško oko, ker zaradi velike prečne koherenčne dolžine oko fokusira lasersko svetlobo v eno samo točko na mrežnici.

Pri He-Ne plinskem laserju lahko enostavno opazujemo ter izmerimo prag laserja. Prag laserja je tista moč vzbujanja laserja, ki ravno zadošča za nihanje laserja. Pri laserjih z električnim vzbujanjem (plinski, polprevodniški) običajno definiramo tok praga laserja. Če laser vzbujamo z manjšim tokom od praga, bo ojačenje laserja premajhno za vzdrževanje laserskega nihanja in naprava bo oddajala le običajno svetlobo tlivke ali svetleče diode. Električni ekvivalent te zadnje vrste svetlobe je šum ojačevalnika, ki ima preslabotno povratno vezavo, da bi nihal kot oscilator.

Pri 20 cm dolgem He-Ne laserju znaša običajni delovni tok 5 mA, prag delovanja laserja pa zagotavlja proizvajalec manj kot 3 mA. Praktično lahko prag laserja izmerimo tako, da zaporedno z lasersko cevjo vežemo miliampermeter in spreminjamo predupor. Pri zadosti velikem preduporu laserska svetloba izgine, ostane pa običajna svetloba tlivke.

S pomočjo izmerjenega delovnega toka, ocenjene napajalne napetosti 1200 V in iz laserja prebrane izhodne optične moči izračunamo izkoristek He-Ne laserja.

Večina He-Ne laserskih cevi ne uporablja ravnih zrcal na koncih rezonatorja, pač pa rahlo ukrivljena, zbiralna zrcala. Uporaba zbiralnih zrcal dopušča večje napake pri nastavljanju zrcal, kar poenostavlja proizvodnjo. Zaradi krivljenih zrcal ima izhodni žarek laserja obliko odprtega stožca, kar z lahkoto popravimo z dodatkom ustrezne zbiralne leče. Pri vaji preprosto poiščemo tisto zbiralno lečo, ki zbere lasersko svetlobo v najmanjšo svetlečo piko na oddaljenem zaslonu (zidu sobe).

Polarizacijo laserske cevi preverimo s pomočjo polarizatorja svetlobe, ki ga vstavimo kot analizator v izhodni svetlobni snop. Pri polarizirani laserski cevi lahko z vrtenjem polarizatorja poiščemo oster minimum, ki se s časom ne spreminja. Pri nepolarizirani cevi lahko sicer tudi najdemo minimum, ki pa začne slabeti, povsem izgine in se čez čas spet prikaže na istem mestu, to je pri istem kotu zasuka analizatorja.

Naloga

1. Izmerite pragovni in delovni tok He-Ne laserske cevi.
2. S pomočjo ocenjene napajalne napetosti 1200 V izračunajte električno moč, ki se troši na He-Ne laserju.
3. S pomočjo ocenjene izhodne optične moči izračunajte izkoristek He-Ne laserske cevi.
4. Določite polarizacijo, ki izhaja iz rotacijsko simetričnega He-Ne laserja.
5. Določite polarizacijo, ki izhaja iz He-Ne laserja z vgrajenim Brewsterjevim oknom.
6. Zapišite od česa je odvisna barva svetlobe, ki jo oddaja He-Ne laser.