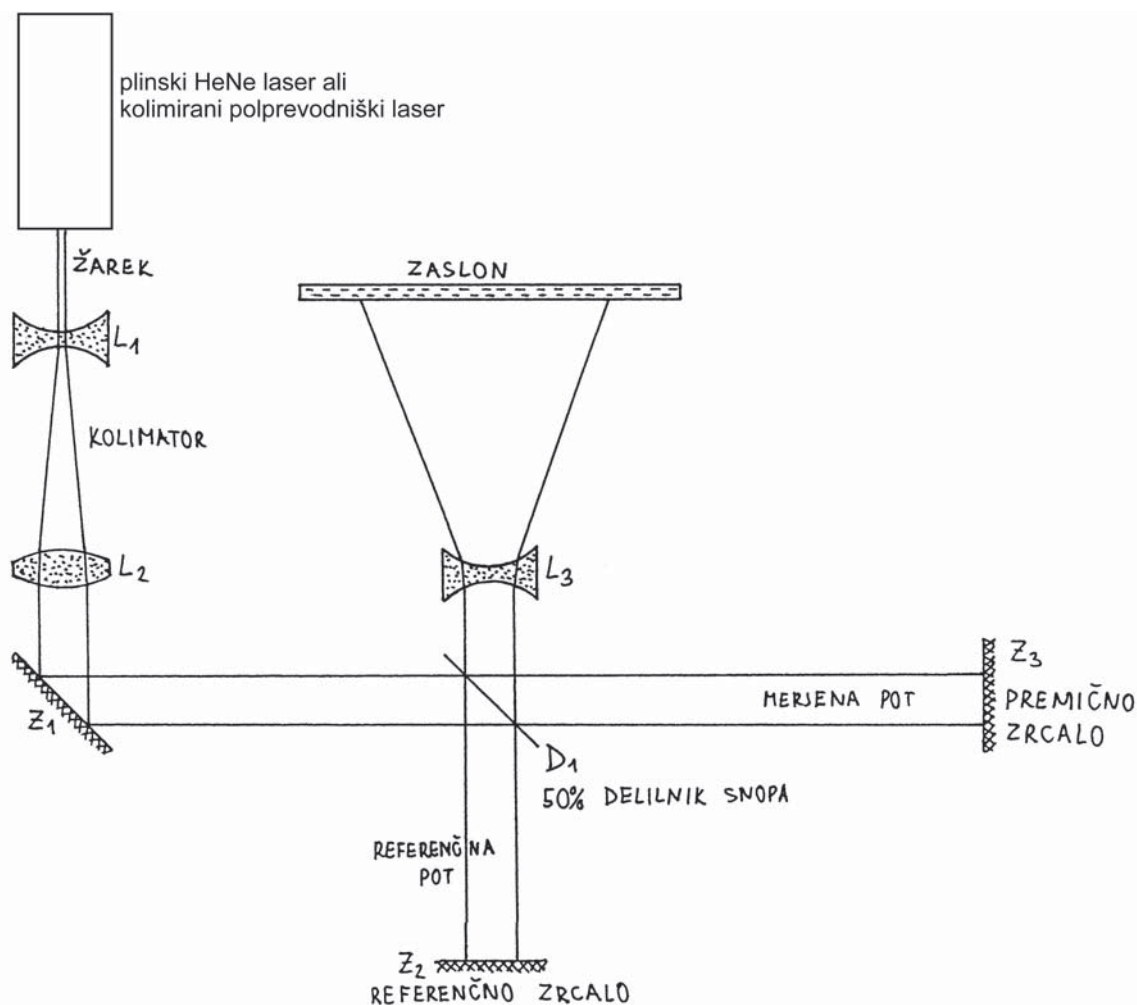


VAJA 16. - MERJENJE KOHERENČNE DOLŽINE Z INTERFEROMETROM

16.1. Delovanje optičnega interferometra

Interferenčne pojave je tem lažje opazovati, čim večje je razmerje med koherenčnimi dolžinami in valovno dolžino uporabljenega valovanja. Pri plinskem laserju je koherenčna dolžina sorazmerna dolžini laserske cevi, se pravi je več kot 10000-krat večja od valovne dolžine vidne svetlobe. Pri tako velikem razmerju med koherenčno in valovno dolžino lahko interferenčne pojave uporabljamo za najrazličnejše meritve.

Ustrezno napravo imenujemo interferometer in je prikazana na sliki 16.1. Osnovno načelo interferometrične meritve je v tem, da svetlobo izvora razdelimo v dva snopa. Snopa peljemo po različnih poteh, nato pa ju na zaslonu spet združimo. Na zaslonu dobimo interferenco med snopoma. Če sta obe poti med sabo popolnoma enaki, se snopa seštejeta v fazi. Že zelo majhna razlika v poteh snopov povzroči zaradi majhne valovne dolžine veliko spremembo v fazi, kar takoj opazimo kot konstruktivno ali destruktivno interferenco na zaslonu.



Slika 16.1. – Interferometer za merjenje koherenčne dolžine laserja.

Interferometer vsebuje primeren izvor svetlobe. V našem slučaju je to helij-neonski plinski laser. Takšen laser oddaja snop svetlobe premera manj kot 1mm. V opisanem interferometru bi želeli snop svetlobe premera okoli 1cm, zato je treba laserski žarek razširiti s kolimatorjem. Kolimator je sestavljen iz razpršilne leče (L1) in zbiralne leče (L2) tako, da je izhodni snop svetlobe spet sestavljen iz vzporednih žarkov. Po načinu delovanja je kolimator preprosto narobe obrnjen daljnogled.

Pri polprevodniških laserjih izhaja svetloba iz majhne ploskvice na laserskem čipu. Polprevodniški laserji imajo zato že vgrajen kolimator ali drugačno optiko, da iz njih dobimo uporabnejši snop svetlobe. Žal polprevodniški laserji ne proizvajajo tako kvalitetne svetlobe kot plinski laserji. Koherenčna dolžina polprevodniških laserjev je temu ustrezno manjša oziroma spektralna črta širša kot pri plinskih laserjih.

V najenostavnejšem interferometru uporabljamo en sam delilnik snopa D1. Vhodni snop svetlobe peljemo preko zrcala Z1 samo zato, ker je razpoložljiva miza premajhna, da bi na njej lahko postavili vse sestavne dele v ravno vrsto. Delilnik snopa je sicer steklena ploščica, ki ima na eni strani nanos dielektrika primerne debeline in lomnega količnika, da odbije polovico vpadne svetlobe. Na drugi strani je ista ploščica prevlečena z antirefleksnim slojem.

Delilnik snopa postavimo v snop svetlobe pod kotom 45° in tako dobimo dva enako močna snopa svetlobe. Ta dva snopa peljemo do zrcal Z2 in Z3, ki oba snopa odbijeta nazaj proti delilniku D1. Delilnik seveda enako deli tudi oba odbita snopa: polovica odbitih snopov gre nazaj proti izvoru, druga polovica pa v smeri proti zaslonu. Zaslون je postavljen tako, da ga doseže le del odbitih snopov, ne pa tudi neposredni snop iz izvora.

Pred zaslon postavimo še razpršilno lečo (L3), ki sicer ni nujno potrebna za delovanje interferometra. Razpršilno lečo vstavimo le zato, da dobimo povečano sliko interferenčnega vzorca in tako lažje opazujemo interferenčne pojave. Na zaslonu običajno dobimo bolj ali manj goste interferenčne črte zato, ker valovne fronte obeh odbitih snopov med sabo niso popolnoma vzporedne zaradi netočnosti pri postavljanju zrcal in delilnika snopa.

Interferometer uporabljamo tako, da primerjamo merjeno pot z referenčno potjo. Kakršnakoli razlika med obema potema spremeni obliko ali smer interferenčnega vzorca. Pri velikih razlikah med merjeno in referenčno potjo lahko interferenčni vzorec povsem izgine, saj je koherenčna dolžina izvora omejena.

16.2. Seznam potrebnih pripomočkov

Za izvedbo vaje potrebujemo:

- (1) Polarizirani HeNe laser z napajalnikom in podstavkom.
- (2) Polprevodniški laser (rdeč 670nm) z vgrajenim kolimatorjem, z napajalnikom in podstavkom.

- (3) Kolimator sestavljen iz razpršilne (L1) in zbiralne (L2) leče, obe na podstavkih.
- (4) 50% delilnik svetlobnega snopa (D1) na vrtljivem podstavku.
- (5) Tri zrcala (Z1, Z2 in Z3) na podstavkih, od teh vsaj Z3 na premičnem podstavku. Z2 in Z2 sta lahko tudi dva trirobnika (mačji očesi).
- (6) Razpršilno lečo (L3) na podstavku.
- (7) Zaslon (zid sobe).
- (8) Mizo za sestavljanje optičnih vaj.

Namestitev sestavnih delov je prikazana na sliki 16.1.

16.3. Obrazložitev in opis poteka vaje

Vajo sestavimo na ustrezni mizi v zaporedju, kot poteka svetlobni žarek iz izvora do zaslona. Pri postavljanju leč in zrcal si pomagamo z dejstvom, da se del svetlobe odbija nazaj proti izvoru, ter lahko tako sproti preverjamo pravilno nastavitve posameznih sestavnih delov.

Najprej postavimo izvor - laser in sestavimo kolimator. Pri kolimatorju moramo pravilno nastaviti predvsem razdaljo med obema lečama, da dobimo na izhodu snop vzporednih žarkov. Pri pravilno nastavljenih lečah kolimatorja se presek snopa ne sme spreminjati z oddaljenostjo.

Ko kolimator pravilno deluje, postavimo delilnik snopa, obe zrcali interferometra (Z2 in Z3) in zaslon na svoje dokončno mesto. Na začetku postavimo obe zrcali tako, da sta dolžini merjene in referenčne poti čimbolj enaki. Zrcali interferometra usmerjamo tako, da opazujemo povratni žarek, ki gre nazaj proti izvoru. S tem nastavljanjem bi na zaslonu že morali dobiti interferenčni vzorec, sicer si sliko lahko še povečamo s pomočjo razpršilne leče (L3).

Z natančnim nastavljanjem zrcal in delilnika moči si lahko nastavimo število in smer interferenčnih prog na zaslonu. Smiselno število svetlih ali temnih prog je nekje med 4 in 8. Pri tem številu jih je najlažje opazovati.

Že pri nastavljanju zrcal opazimo izredno občutljivost interferometra na mehanske premike zrcal in delilnika snopa. Seveda je interferometer izredno občutljiv tudi na mehanske tresljaje. Interferometer je zelo občutljiv tudi na kakršnokoli spremembo lomnega količnika v eni od vej. Če pod merjeno pot postavimo roko, na interferenčnem vzorcu opazimo valovanje toplega zraka, ki ima nekoliko drugačen lomni količnik od hladnega zraka.

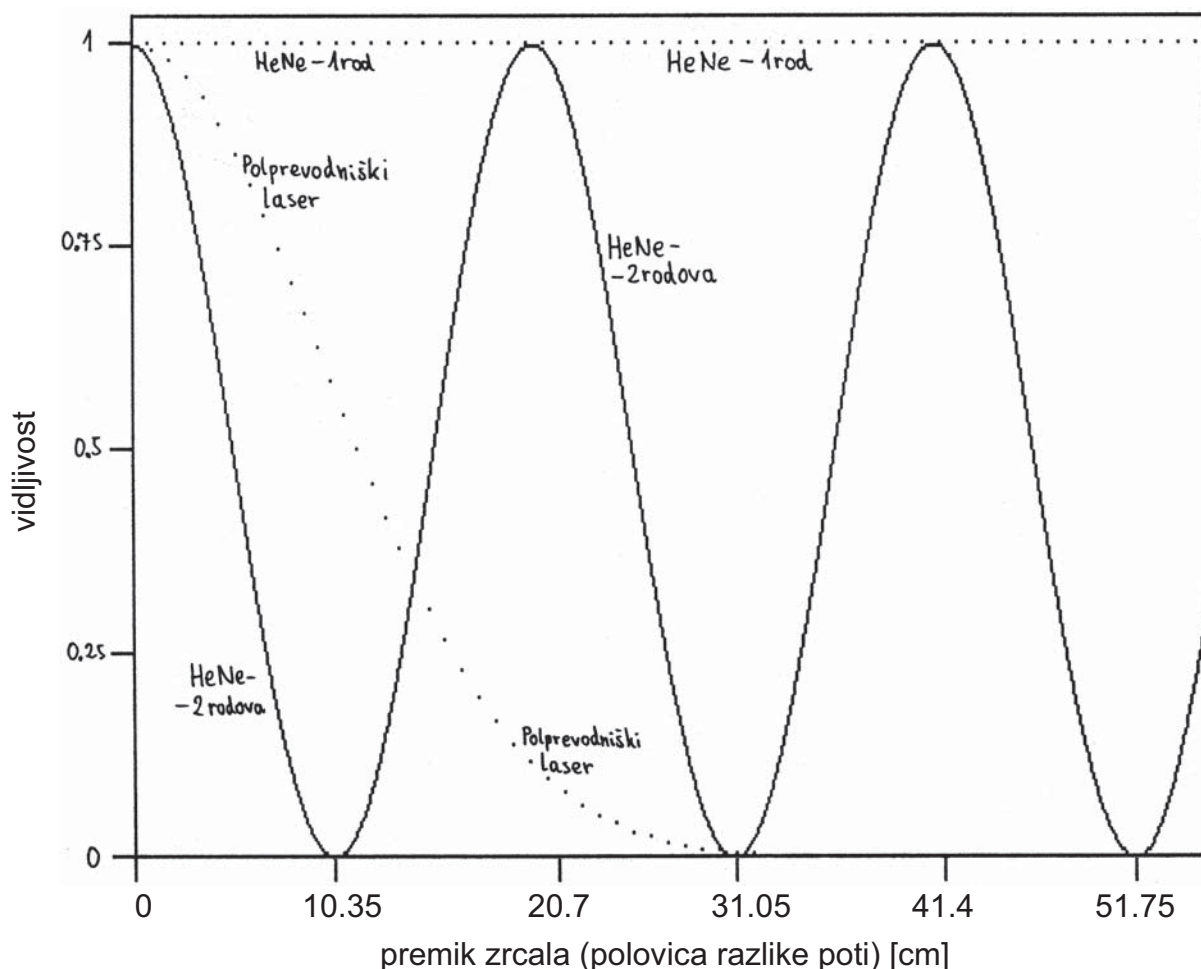
16.4. Prikaz značilnih rezultatov

Spekter HeNe plinskega laserja je sestavljen iz nekaj (dveh ali treh) spektralnih črt, ki so zelo blizu skupaj, širina vsake črte posebej pa je zelo majhna. Zaradi takšnega spektra dobimo pri meritvi koherenčne dolžine periodičen rezultat: močno interferenco takrat, ko je razlika poti enaka celoštevilskemu mnogokratniku dvakratne dolžine laserskega rezonatorja ter

zelo spremenljivo interferenco takrat, ko je razlika poti enaka lihemu mnogokratniku dolžine rezonatorja.

Spekter polprevodniškega laserja za 670nm je sestavljen iz ene močne in več šibkejših črt. Interferenco daje v glavnem močna črta, ki je precej širša od črt HeNe laserja. Interferenca svetlobe polprevodniškega laserja izgine pri razliki poti nekaj centimetrov, vidljivost interference HeNe svetlobe pa se periodično ponavlja tudi za razliko poti nekaj sto metrov, kot je to prikazano na sliki 16.2.

vidljivost
$$V = \frac{S_{\max} - S_{\min}}{S_{\max} + S_{\min}}$$



Slika 16.2. – Vidljivost interferenčnih prog za HeNe in polprevodniški laser.

Pri merjenju koherenčne dolžine spremenimo eno od poti. Pri premikanju zrcala Z3 je treba seveda to zrcalo spet natančno usmeriti, da sploh dobimo interferenčni vzorec na zaslonu. Naloga je enostavnejša, če na mestu Z2 in Z3 uporabimo dva triobnika (mačji očesi), ki odbijata vpadno svetlobo točno v tisti smeri, od koder je prišla. Ko je razlika poti v interferometru enaka dolžini HeNe laserske cevi, začne interferenčni vzorec presihati. Kontrast se slabša, vzorec povsem izgine in se nato na novo prikaže.

Opazovani pojav je v resnici preskakovanje HeNe laserja med različnimi rodovi nihanja, ker se razdalja med zrcali laserja povečuje zaradi segrevanja cevi. Vsak rod daje svojo interferenčno sliko. Vidljivost skupne slike lahko povsem izgine, ko sta dva enako močna interferenčna vzorca premaknjena ravno za pol periode.

Z opisanim interferometrom lahko v resnici izmerimo le koherenčno dolžino polprevodniškega laserja. Spekter polprevodniškega laserja vsebuje eno samo močno črto, zato bo rezultat meritve ustrezal širini glavne črte.

16.5. Vprašanja in naloge vaje

1. Koliko je valovna dolžina laserske svetlobe, ki jo oddaja HeNe plinski laser?
2. Koliko je koherenčna dolžina laserske svetlobe, ki jo oddaja HeNe plinski laser?
3. Od česa je odvisna sprememba interferenčnih prog oziroma na kaj vse je občutljiv interferometer?
4. Od česa zavisi zasuk in gostota interferenčnih prog?
5. Kakšen interferenčni vzorec dobimo, ko je razlika poti med navideznima izvoroma sodi mnogokratnik dolžine HeNe laserske cevi in kakšno, ko je lihi mnogokratnik?
6. Koliko je koherenčna dolžina laserske svetlobe, ki jo oddaja polprevodniški laser?