

Zavisnost polarizacije snopa od vremena rada lasera

Razmatrana je zavisnosti polarizacije laserskog snopa od vremena proteklog od uključenja lasera. Vršena su merenja intenziteta polarizovanog i nepolarizovanog snopa uz pomoć light-power metra i tražena je veza između promene intenziteta snopa od pomeranja ogledala.

Uvod

Kod Gottlieb-a (1984) je istaknuto da polarizacija laserskog snopa slučajna. Za proveru navedene tvrdnje koristićemo osobine Fabri-Peroovog interferometra (Breck 1989). Ovaj interferometar predstavlja sistem od dva delimično propusna ogledala, koji ima osobinu da maksimalno propušta primljenu svetlost odgovarajuće talasne dužine. Rastojanje između ogledala iznosi $(2n + 1)\lambda/2$ (gde je n prirodan broj, a λ talasna dužina) kada dolazi do konstruktivne interferencije talasa koja daje maksimalni intenzitet. U laseru se nalazi sličan sistem ogledala s tim da je jedno ogledalo, u idealnom slučaju, potpuno reflektivno. Tokom rada lasera, usled zagrevanja, dolazi do širenja rezonatorske kutije. Promenom rastojanja između ogledala dolazi do promene intenziteta laserskog snopa gde se minimalan intenzitet postiže kada je rastojanje između ogledala $n\lambda$, a maksimum u slučaju Fabri-Peroovog interferometra. U He-Ne laseru atomi se kreću haotično sa Maksvelovom raspodelom brzina. U toku tog kretanja atomi interaguju sa fotonima, pri čemu će frekvencija fotona u odnosu na atom sa kojim interaguje, usled Doplerovog efekta, zavisiti od brzine atoma. Sledi da će frekvencije fotona zavisiti od Maksvelove raspodele brzina atoma, pa samim tim i od temperature koja se menja tokom rada lasera.

Izlazni snop lasera čine longitudinalni i transverzalni modova lasera. Projekcije modova duž z-ose (koja se poklapa sa pravcem snopa) predstavljaju longitudinalne modove i ne utiču na intenzitet snopa. U normalnoj xy-ravni prostiru se transverzalni modovi koje možemo projektovati na x i y osu i dodeliti im međusobno normalne vektore polarizacije.

*Jelena Grujić (1979),
Beograd, Nova skolevska 27/12, učenica 2.
razreda Matematičke
gimnazije u Beogradu*

*Ivan Stanić (1979),
Zemun, Prva pruga
11/11, učenik 2.
razreda Matematičke
gimnazije u Beogradu*

Eksperiment

Aparatura

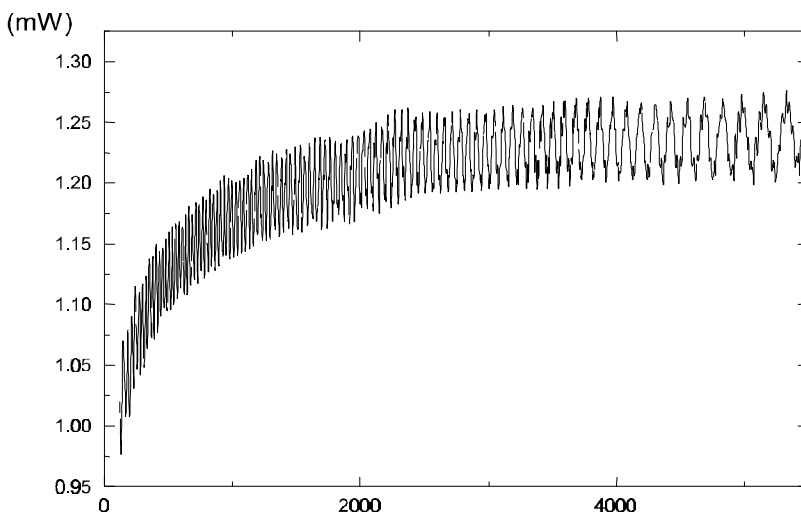
- He-Ne laser snage 10 mW (L1)
- He-Ne laser snage 5 mW (L2)
- light-power-meter
- voltmeter
- računar
- polarizator

Na optičkom stolu postavljeni su laser i light-power-meter, tako da laserski snop ulazi tačno u sondu light-power-metra koji pokazuje intenzitet laserskog snopa u svakom trenutku. On je preko digimetra povezan sa računarom koji tri puta u sekundi beleži vrednost sa light-power-metra.

Metode merenja i rezultati

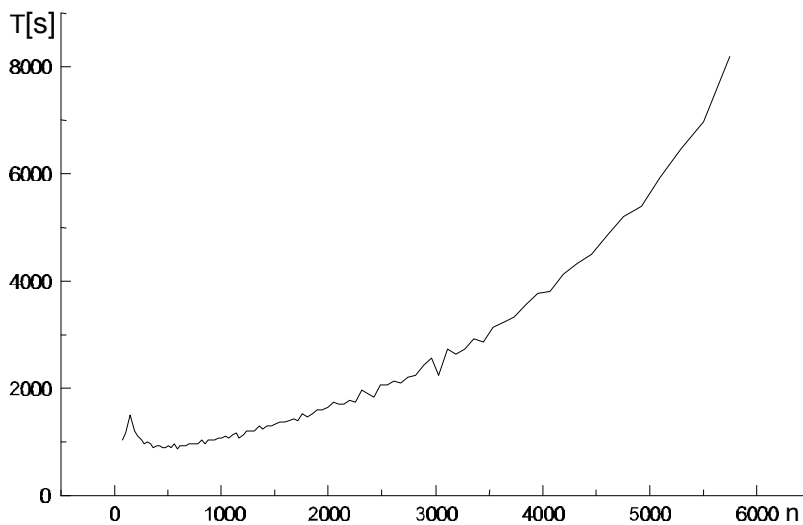
Vršene su tri različite vrste merenja. Dužina merenja tokom kojeg je zabeleženo 5400 vrednosti intenziteta snopa iznosila je 30 min. Pre svakog merenja laser je bio ohlađen, da bi se obezbedili približno isti uslovi rada.

U prvoj vrsti merenja, napravljen je Fabri-Peroov interferometar čije je prednje ogledalo bilo delimično propusno ogledalo rezonatorske kutije lasera. Između ogledala lasera postavljen je beam-splitter koji jedan deo snopa propušta do drugog ogledala a drugi skreće pod uglom od 90° ka sondi light-power-metra. Zabeleženi intenzitet se menja po periodičnoj funkciji, na osnovu koje su određene dužine intervala vremena između dve uzastopne minimalne vrednosti intenziteta snopa (tj. vreme potrebno da ogledalo pređe jednu talasnu dužinu), što je pokazano na slici 1.



*Slika 1.
Zavisnost intenziteta
polarizovanog snopa
od vremena.*

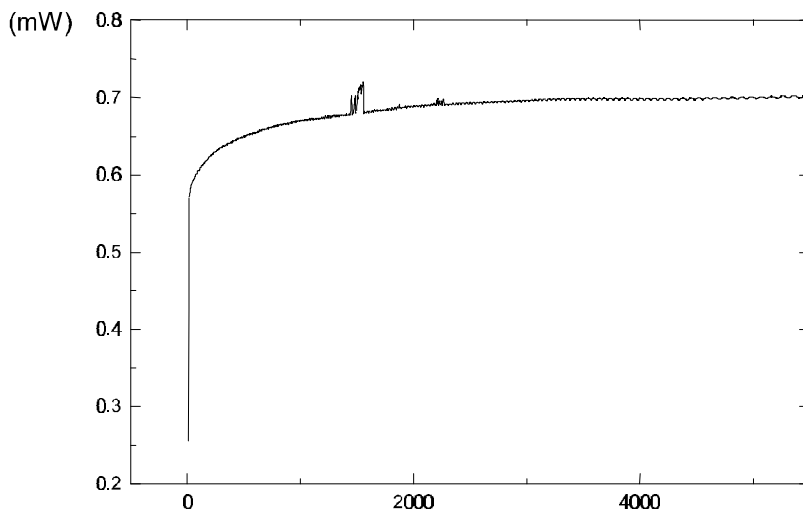
*Figure 1.
Polarized beam
intensity depending
on time.*



Slika 2.
Zavisnost perioda od
njegovog rednog
broja.

Figure 2.
Period dependence
on time.

U drugoj vrsti merenja, na izlazu lasera postavljen je polarizator, i na taj način su izvršena merenja intenziteta polarizovanog snopa u zavisnosti od proteklog vremena (slika 1).

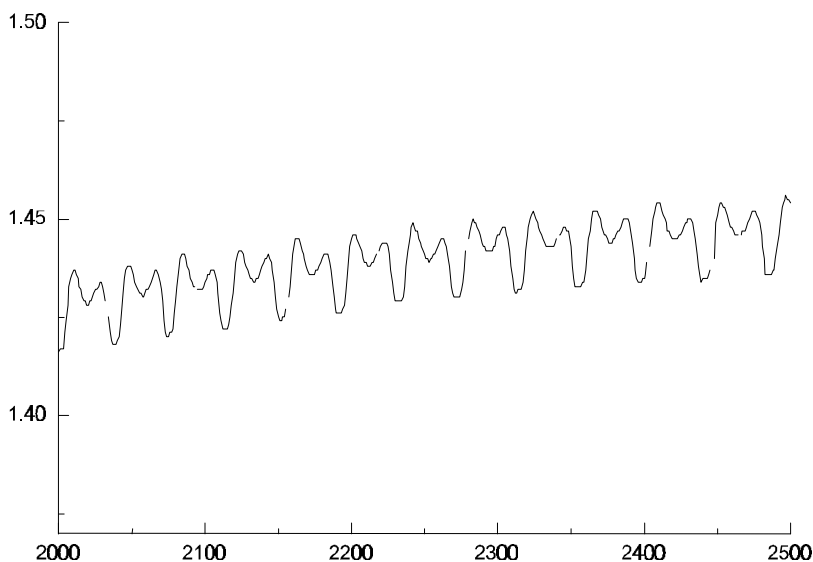


Slika 3.
Grafik promene
intenziteta
nepolarizovanog
snopa.

Figure 3.
Change of
unpolarized beam
intensity over time.

Na kraju je izvršeno je merenje intenziteta nepolarizovanog snopa u zavisnosti od vremena proteklog od početka rada lasera (slika 3).

Male oscilacije na grafiku su manje izražene od odgovarajućih na grafiku urađenom za laser L2, zbog njegove veće stabilnosti (slika 4).



Slika 4.
Zavisnost intenziteta
nepolarizovanog
snopa od vremena
(uvećano).

Figure 4.
Intensity of
unpolarized beam
depending on time
(blow up).

Diskusija i zaključak

Funkcije po kojima se menjaju periodi promene intenziteta kod Fabri Peroovog interferometra i intenziteta polarizovanog snopa (slika 1) su eksponencijalne funkcije vremena (korelacija je veća od 0.99).

S obzirom da intenzitet rezultujućeg snopa kod Fabri-Peroovog interferometra zavisi od rastojanja između ogledala, na osnovu pomenute sličnosti se može naslutiti direktna povezanost između intenziteta polarizovanog snopa i rastojanja između ogledala rezonatorske kutije lasera.

Nepolarizovani snop je linearna kombinacija modova laserskog snopa (vidi uvod). S obzirom da ovi modovi osciluju u međusobno normalnim ravnima, polarizovan snop je zbir projekcija tih modova na ravan polarizacije. Funkcija promene intenziteta nepolarizovanog snopa (slika 4) je kvaziperiodična, odakle sledi da su periodi promene intenziteta modova u malom vremenskom intervalu približno jednaki. Pošto je amplituda oscilacija nepolarizovanog snopa veoma mala, tj. intenzitet je relativno konstantan u toku vremena (slika 3) sledi da je fazna razlika približno π (uz pretpostavku da su intenziteti modova jednaki).

Grafik koji predstavlja zavisnost intenziteta polarizovanog snopa od vremena (slika 1) je rastuća funkcija vremena sa velikom amplitudom oscilovanja, i to u skladu sa činjenicom da predstavlja zbir intenziteta pojedinih modova. Što je ugao pod kojim je postavljena polarizaciona ravan bliži uglu od $\pi/4$ u odnosu na x odnosno y osu, rezultujuća amplituda je manja, što se može iskoristiti pri eksperimentalnom određivanju intenziteta

projekcija modova. Kada se obrtanjem polarizacijske ravni postigne minimalna vrednost amplitude intenziteta snopa, povećavanjem ugla za $\lambda/4$ u pozitivnom odnosno negativnom smeru dobijaju se projekcije modova po x ili y osi.

Literatura

- [1] Gottlieb, Herbert H. 1984. *Experiments Using a Helium-Neon Laser*. New York State Department of Education.
- [2] Breck Hitz, C. 1989. *Understanding Laser Technology – Second Edition*. Tulsa (Oklahoma): PennWell Publishing Company.

Jelena Grujić and Ivan Stanić

Light Polarisation of a Laser Beam Depending on Time

In this paper we have discussed the dependence on time of the polarisation of a laser beam. Intensity of polarised and unpolarised beams has been measured and recorded by a computer in experiments lasting several hours. A relation between resonance cavity mirror positions and intensity of polarised component of laser output has been studied and described.

