

VAJA 15. - MERITVE POLARIZACIJE SVETLOBE

15.1. Polarizacija svetlobe

Svetloba je elektromagnetno valovanje in kot taka spada v družino prečnih (transverzalnih) valovanj. Medtem ko je lega vzdolžnih (longitudinalnih) valovanj v prostoru (na primer zvočnega valovanja) natančno opisana s smerjo razširjanja valovanja, potrebujemo za vsa prečna valovanja še dodaten podatek za opis lege in orientacije valovanja v prostoru. Ta dodatni podatek imenujemo polarizacija valovanja.

Čeprav obstaja neskončno mnogo različnih polarizacij za vsako prečno valovanje, lahko poljubno polarizacijo vedno sestavimo kot uteženo vsoto dveh izbranih pravokotnih (ortogonalnih) polarizacij. Najenostavnejša polarizacija je linearna polarizacija. Pri linearni polarizaciji imajo vektorske veličine (na primer električno ali pa magnetno polje) eno samo smer v prostoru. Pri linearni polarizaciji ima pojem pravokotne polarizacije tudi neposreden geometrijski pomen: dve pravokotni polarizaciji imata enakovredni vektorski veličini (električni ali pa magnetni polji) med sabo pravokotni.

Polarizacija valovanja je običajno odvisna le od izbiranega izvora valovanja in se pri prehodu skozi večino snovi ne spreminja. Polarizacija elektromagnetnega valovanja se naprimer ne spreminja pri prehodu skozi prazen prostor ali skozi homogene snovi, ki imajo skalarno dielektričnost in permeabilnost.

Polarizacija se lahko spremeni pri odboju valovanja na meji dveh snovi z različnima valovnima impedancama. Pri poševnem vpadu valovanja na takšno mejo dveh snovi se odbojnost razlikuje za različne polarizacije vpadnega valovanja. Pri določenem vpadnem kotu (Brewster-jev kot) je odbito valovanje povsem linearno polarizirano ne glede na polarizacijo vpadnega valovanja.

Polarizacija valovanja se seveda spreminja pri prehodu valovanja skozi neizotropne snovi. Naprimer, polarizacija elektromagnetnega valovanja se spreminja pri prehodu skozi snovi, kjer sta ali dielektričnost ali permeabilnost ali obe tenzorski veličini.

V frekvenčnem področju vidne svetlobe je relativna permeabilnost večine uporabnih snovi praktično enaka 1. Različne snovi se zato razlikujejo le po različni dielektričnosti, ki je lahko skalarna ali pa tenzorska veličina.

Napravo za spreminjanje polarizacije svetlobe, se pravi polarizator ali analizador, lahko izdelamo tudi samo z uporabo snovi s skalarno dielektričnostjo in odboja pri Brewster-jevem kotu, vendar ima takšen polarizator ali analizador polarizacije velike izgube svetlobe in je uporaben samo v omejenem področju vpadnih kotov svetlobe.

Sodobni polarizatorji so izdelani iz (organskih) snovi, ki imajo neizotropne izgube. Za polarizator izberemo takšno snov, ki ima samo v eni smeri visoke dielektrične izgube. Pri prehodu valovanja skozi takšno snov je ustrezna

linearno polarizirana komponenta močno dušena, nanjo pravokotna linearna komponenta pa prehaja skozi snov z majhnimi izgubami.

Polarizacijo valovanja spreminjajo tudi neizotropne snovi s tenzorsko dielektričnostjo, kjer se različno polarizirano valovanje razširja z različno hitrostjo. Takšne snovi razdelimo na dve skupini: na takšne, ki vrtijo ravnino linearno polarizirane svetlobe in na takšne, ki spreminjajo linearno polarizacijo v krožno in obratno. V snoveh iz prve skupine se razširjata levo in desno krožno polarizirani valovanji z različnimi hitrostmi, v snoveh iz druge skupine pa dve pravokotni linearno polarizirani valovanji z različnimi hitrostmi.

15.2. Seznam potrebnih pripomočkov

Za izvedbo vaje potrebujemo:

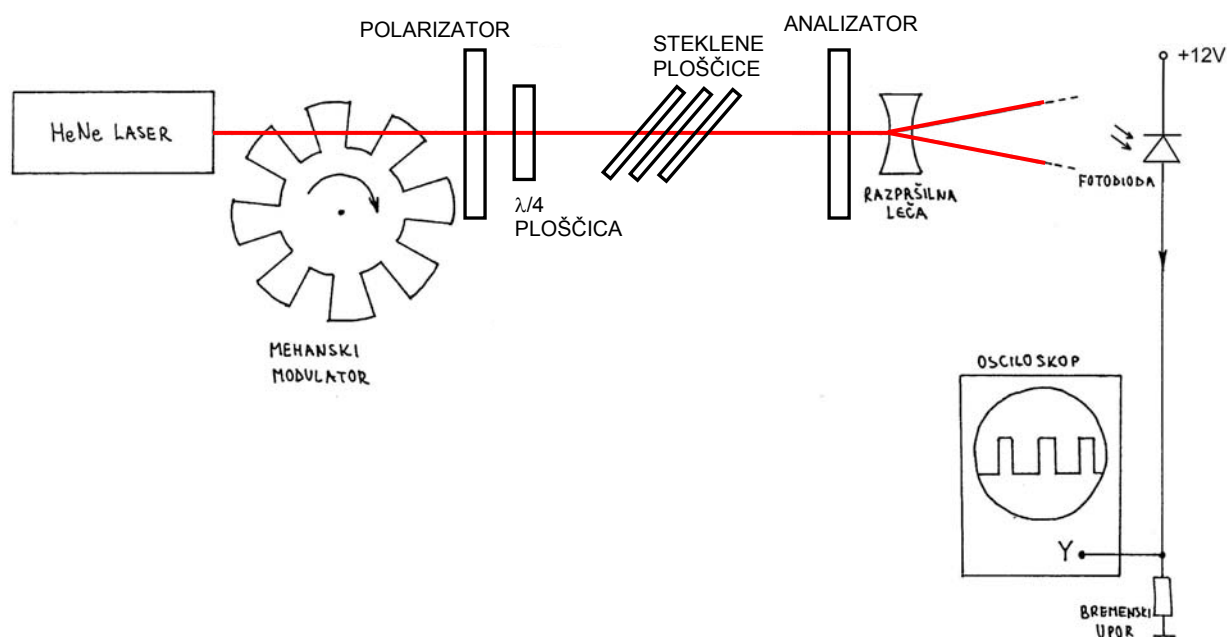
- (1) HeNe laser z napajalnikom in podstavkom.
- (2) Modulator svetlobe - chopper (ventilator s črnimi lopaticami) z napajalnikom in podstavkom.
- (3) Dva linearna polarizatorja/analizatorja svetlobe na vrtečih podstavkih.
- (4) Lambda/4 ploščico (listek sljude) na vrtečem podstavku.
- (5) Steklene ploščice na podstavku.
- (6) Razpršilna leča na podstavku.
- (7) Fotodiodo ali fototranzistor z zaključitvenim uporom in napajalnikom.
- (8) Osciloskop z občutljivostjo do 2 mV/cm.
- (9) Tračnica za sestavljanje optičnih vaj.

Namestitev sestavnih delov je prikazana na sliki 15.1.

15.3. Obrazložitev in opis poteka vaje

Vajo sestavimo na ustrezni tračnici v zaporedju, kot poteka svetlobni žarek iz izvora do fotodiode. Najprej postavimo laserski izvor in modulator. Izvor amplitudno moduliramo zato, da se izognemo vplivu ostale svetlobe v prostoru, ki tudi pada na detektorsko fotodiodo. Za meritve zadošča amplitudna modulacija izvora z razmeroma nizkimi frekvencami, za kar je povsem ustrezen mehanski modulator (chopper). V našem slučaju je to majhen ventilator s petimi črnimi lopaticami, ki prekinja žarek laserja s frekvenco približno 400 Hz.

Na drugi strani tračnice postavimo fotodiodo ali fototranzistor. Pred fotofiodo postavimo razpršilno lečo, da je celotna naprava manj občutljiva na točno nastavitev poti žarka. Napetost na odprtih sponkah fotodiode je sorazmerna logaritmu moči vpadne svetlobe. Če pa fotodiodo priključimo na primeren bremenski upor, na katerem je padeč napetosti dosti manjši od kolena diode (okoli 0,6 V), bo izhodna napetost linearno odvisna od svetlobne moči. Zunanji izvor napajanja omogoča fotouporovni režim delovanja fotodiode in s tem mnogo višjo napetost na bremenskem uporu. Zunanji izvor bi potreboval tudi fototranzistor, ki je bolj občutljiv, ampak manj linearen od fotodiode.

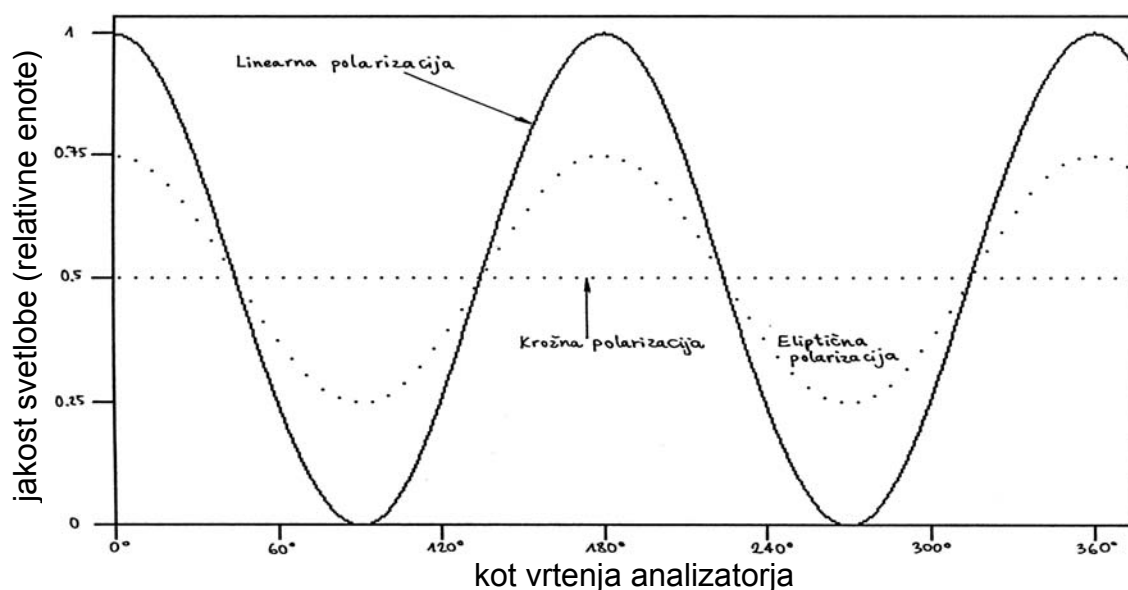


Slika 15.1. – Namestitev merilnih inštrumentov za merjenje polarizacije svetlobe.

Izhodno napetost detektorja opazujemo na osciloskopu, kjer zlahka opazimo razliko med enosmerno komponento nezaželene sobne svetlobe in 400 Hz pravokotnimi impulzi z laserja. S spreminjanjem naklona lopatic ventilatorja lahko tudi nastavimo razmerje pravokotnih impulzov. Enosmerno komponento pa izločimo na osciloskopu tako, da vhod sklopimo preko kondenzatorja.

15.4. Prikaz značilnih rezultatov

Pred detektor najprej vstavimo polarizator, ki bo skozi celotno vajo služil kot analizator polarizacije. Uporabljeni laser ima vgrajen svoj polarizator in je zato linearno polariziran. Z vrtenjem analizatorja dobimo zato dva maksimuma in dva globoka minimuma, kot je to prikazano na sliki 15.2.



Slika 15.2. – Rezultat merjenja polarizacije svetlobe.

Nato dodamo med izvor in analizator še en polarizator na vrtljivem podstavku. Pri vrtenju analizatorja ugotovimo, da prav tako dobimo maksimume in globoke minimume, le da njihova lega ni odvisna od orientacije izvora, pač pa od orientacije prvega polarizatorja.

Polarizator poravnamo s polarizacijo laserja in vstavimo takoimenovano $\lambda/4$ ploščico. Ploščica je izdelana iz dvolomne snovi, v kateri se širita dva pravokotna linearno polarizirana vala z različnimi hitrostmi. Debelina ploščice je izbrana tako, da razlika poti med hitrejšim in počasnejšim valom ustreza četrtini valovne dolžine. $\lambda/4$ ploščico lahko enostavno izdelamo sami iz primerno debelega listka sljude, ki je kristal z neizotropno dielektričnostjo.

Če dvolomno ploščico zasukamo tako, da polarizacija izvora natančno ustreza hitrejšemu ali počasnejšemu valu v ploščici, pri meritvi polarizacije ne opazimo nobene razlike (polarizacija ostane linearna). Če pa zasukamo ploščico za kot $\pi/4$ glede na omenjene smeri, dobimo na izhodu iz ploščice krožno polarizirano valovanje. Pri krožni polarizaciji ne moremo več najti minimumov ali maksimumov, saj se z vrtenjem polarizatorja izhodni signal ne spreminja.

Če nastavimo $\lambda/4$ ploščico na poljuben vmesni položaj, dobimo najbolj splošen slučaj: eliptično polarizacijo. Z vrtenjem analizatorja lahko tedaj izmerimo osno razmerje eliptične polarizacije, ne moremo pa ugotoviti, če je to desna ali leva eliptična polarizacija. Levo/desno bi lahko ugotovili le, če bi vedeli, za katero linearno polarizacijo ima $\lambda/4$ ploščica manjši lomni količnik ter za katero večji lomni količnik.

Končno, za $\lambda/4$ ploščico, ki je nastavljena na kot $\pi/4$, dodamo še tri steklene ploščice pod Brewster-jevim kotom. Ugotovimo, da se je krožna polarizacija po prehodu steklenih ploščic spremenila v linearno polarizacijo.

15.5. Vprašanja in naloge vaje

1. Izmeri spremembe jakosti svetlobe v odvisnosti od zasuka polarizatorja pri linearni, krožni in eliptični polarizaciji v koraku po 15° !
2. Kako določimo debelino $\lambda/4$ ploščice?
3. Kako z $\lambda/4$ ploščico dosežemo levo ali desno krožno polarizacijo?
4. Kakšno polarizacijo dobimo na izhodu steklenih ploščic, ki so postavljene pod Brewster-jevim kotom?

kot	linearna polarizacija na izhodu laserja	krožna polarizacija	eliptična polarizacija	polarizacija na izhodu steklenih ploščic
0°				
15°				
...				
...				
...				
360°				