

FRESNELOVE ENAČBE

NALOGA

Izmeri optično odbojnost v odvisnosti od kota za steklo in silicij in iz meritev določi lomni količnik in realni in imaginarni del dielektrične konstante.

UVOD

Na meji dveh sredstev se raven elektromagnetni val deloma odbije, deloma pa lomi v sredstvo. Pri tem velja lomni zakon

$$\frac{\sin \vartheta_1}{\sin \vartheta_2} = \frac{n_2}{n_1}$$

Amplitudo odbitega vala dobimo s pomočjo Fresnelovih enačb. Pri tem moramo upoštevati, da je odboj odvisen od polarizacije. Če je ta pravokotna na vpadno ravnino, ki jo določa vpadni valovni vektor in normala na mejo obeh sredstev, je odbita amplituda električne poljske jakosti

$$E_{\perp} = \frac{n_1 \cos \vartheta_1 - n_2 \cos \vartheta_2}{n_1 \cos \vartheta_1 + n_2 \cos \vartheta_2} E_0$$

V primeru polarizacije v vpadni ravnini je odbita amplituda

$$E_{\parallel} = \frac{n_2 \cos \vartheta_1 - n_1 \cos \vartheta_2}{n_2 \cos \vartheta_1 + n_1 \cos \vartheta_2} E_0$$

V drugem primeru je odbita amplituda pri Brewsterjevem vpadnem kotu ϑ_B enaka nič. Velja

$$\tan \vartheta_B = \frac{n_2}{n_1}$$

Pri Brewsterjevem kotu velja $\vartheta_1 + \vartheta_2 = \pi/2$.

Gornji izrazi so veljavni tudi v primeru, ko je sredstvo prevodno, če dovolimo, da je lomni količnik kompleksen. Prevodno sredstvo lahko opišemo s kompleksno dielektrično konstanto

$$\epsilon_c = \epsilon' + i\epsilon'',$$

Kompleksni lomni količnik je

$$n_c = \sqrt{\epsilon_c} = \sqrt{\epsilon' + i\epsilon''} = n + i\kappa$$

Ko postavimo kompleksni lomni količnik v Fresnelove enačbe, dobimo zelo zamotane izraze za koeficient odbojnosti, to je razmerje med vpadno in odbito gostoto svetlobnega toka. Naj bo na vpadni strani sredstvo kar zrak z lomnim količnikom 1. Lomni kot, ki nastopa v Fresnelovih enačbah, moramo izraziti preko

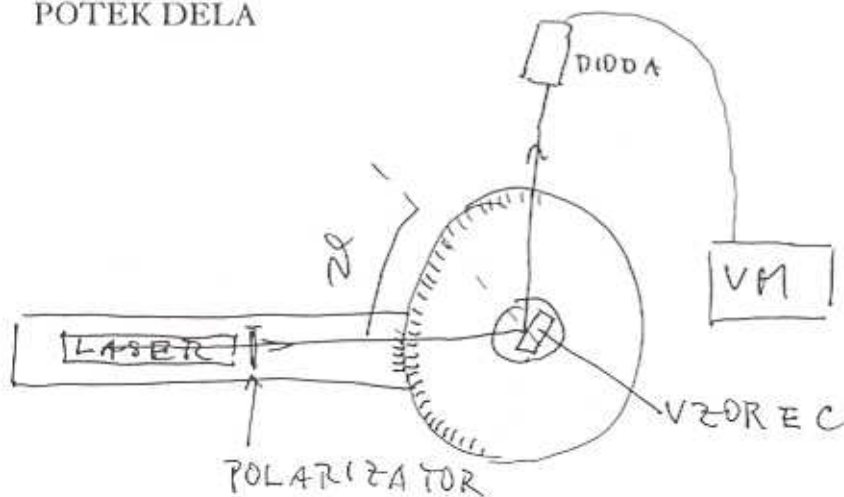
lomnega zakona z vpadnim kotom, zaradi česar dobimo člen oblike $\sqrt{n^2 - \sin^2 \vartheta_1}$.

Kadar je imaginarni del kompleksne dielektrične konstante majhen v primerjavi z realnim, si lahko pomagamo z razvojem korena. V primeru paralelne polarizacije dobimo koeficient odbojnosti v obliki

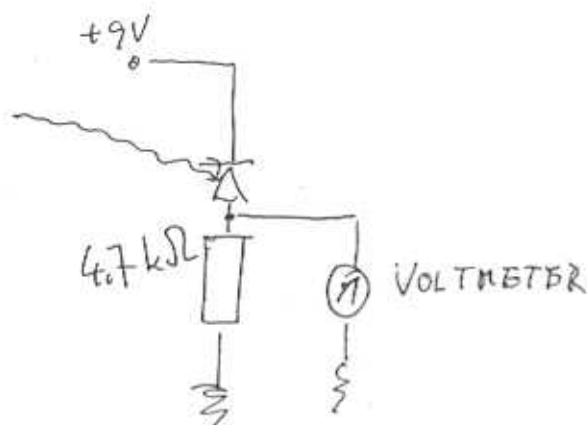
$$R_{\parallel} = \left| \frac{E_{\parallel}}{E_0} \right|^2 = R_{\parallel 0} + \left(\frac{\cos \vartheta - \frac{1}{2\sqrt{\epsilon - \sin^2 \vartheta}}}{\epsilon \cos \vartheta + \sqrt{\epsilon - \sin^2 \vartheta}} \right)^2 \left(\frac{\sigma}{\epsilon_0 \omega} \right)^2$$

kjer je R_0 odbojnost za realni del dielektrične konstante. Ta je pri Brewsterjevem kotu nič. Zato ima tudi celotna odbojnost pri tem kotu minimum. Velikost Brewsterjevega kota nam da realni del dielektrične konstante, iz vrednosti odbojnosti v minimumu pa lahko izračunamo po gornji formuli še imaginarni del.

POTEK DELA



Merilna priprava je prikazana na sliki. Moč svetlobnega snopa iz He-Ne laserja, ki se odbije od površine vzorca, izmerimo s silicijevo fotodiodo. Ta da električni tok, ki je sorazmeren s svetlobno močjo. Zato dobimo na delovnem upor napetost, ki jo izmerimo z voltmetrom. Pri meritvi mora biti napetost na diodi v zaporni smeri, za kar skrbi električna baterija.



Nastavi najprej vrtljivo roko z laserjem na kot nič, odstrani vzorec in izmeri z diodo moč laserja pri obeh položajih polarizatorja. Ker je laser nepolariziran, signal nekoliko fluktuira, zato ga odčitaj nekajkrat zapored in naredi povprečje. Enako povprečuj tudi pri meritvi odbite moči.

Najprej izmeri kotno odvisnost odbojnosti vzorca stekla. V primernih korakih spreminjaj kot roke in zavrti vzorec tako, da bo odbiti snop padel na sredino merilne diode. To lahko določiš tako, da opazuješ odboj od površine merilne diode in dosežeš, da se odbije nazaj proti laserju. Pri nastavljanju vzorca pazi, da ti laserski snop ne pade v oko. Izmeri odbito moč pri obeh položajih polarizatorja. Posebej skrbno pomeni odbojnost v bližini Brewsterjevega kota. Izmeri tudi ozadje signala zaradi ostale svetlobe in ga odštej od meritev odbite moči.

Ponovi meritev še z vzorcem silicija. Odbojnost blizu Brewsterjevega kota je majhna, vendar merljiva, zato bodi tam posebej skrben, da boš iz meritev lahko določil tudi imaginarni del dielektrične konstante.

Nariši odvisnost odbojnosti, to je razmerje med vpadno in odbito svetlobno močjo, od vpadnega kota za obe polarizaciji. Določi Brewsterjev kot. Pri tem lahko za večjo natančnost meritvam v okolici minimuma prilagodiš polinom tretje stopnje (parabola je slabša, ker odbojnost ni simetrična okoli minimuma). Izračunaj lomni količnik stekla in realni in imaginarni del dielektrične konstante silicija. Za silicij izračunaj še obe komponenti kompleksnega lomnega količnika. Z dobljenimi vrednostmi iz Fresnelovih enačb izračunaj odbojnosti v odvisnosti od kota za obe polarizaciji in preveri, kako dobro se prilegajo meritvam.