

Dizajn i optimizacija pravougaonog optičkog talasovoda genetičkim algoritmom

Optički talasovod predstavlja strukturu koja sprovodi i ograničava elektromagnetni talas primenom totalne unutrašnje refleksije. Cilj rada je konstruisanje i optimizacija optičkog pravougaonog talasovoda sastavljenog od periodične strukture dva različita materijala. Pokazano je da talasovod projektovan na ovaj način, gde se kao jezgro koristi vazduh, može biti približno dobar kao i standardni talasovod gde se kao jezgro koristi neki materijal sa jako velikim indeksom prelamanja poput silicijum-dioksida. Zaključeno je da je dobro osmišljen genetički algoritam efikasan i vrlo upotrebljiv za nalaženje optimalnih uslova za visoke vrednosti reflektanse, pogotovo pri traženju rešenja za konkretne talasne dužine. Kao krajnji cilj i rezultat rada dobijeno je više funkcija zavisnosti najveće dostižne reflektanse u zavisnosti od talasne dužine pri različitoj vrednosti divergencije upadnog ugla talasa, a analizirani su i određeni primeri zavisnosti reflektanse od talasne dužine pri poznatom broju slojeva i upadnom uglu, bez divergencije svetlosti.

Uvod

U elektrotehnici i telekomunikacijama, talasovod predstavlja fizičku strukturu koja sprovodi elektromagnetni talas (tj. strukturu koja ograničava prostiranje istog). Ove strukture danas predstavljaju najefikasniji način prenošenja elektromagnetne energije i koriste se za prenošenje raznih komunikacijskih i drugih signala. Mogu biti konstruisane za prenošenje širokog opsega elektromagnetnog spektra, ali su naročito korisne za prenošenje mikrotalasa i optičkih talasa.

Optičko vlakno, tj. talasovod sastoji se od jezgra i omotača. Jezgro je deo sa najvećim indeksom prelamanja i predstavlja deo u kome je svetlost zarobljena. Omotač obično ima dva sloja, prvi je središnji sloj, koji ograničava jezgro i ima nizak indeks prelamanja, i spoljašnji sloj, koji služi kao „amortizer“ za zaštitu jezgra od oštećenja. Ova struktura se može zaštititi dodatnim plastičnim ili ponekad metalnim slojem („premazom“).

Optički talasovodi predstavljaju primenu unutrašnje totalne refleksije. Totalna refleksija je pojava koja se dešava pri prelazu svetlosnog zraka iz optički gušće u optički ređu sredinu; ukoliko je vrednost upadnog ugla veća od vrednosti graničnog ugla (čija vrednost zavisi od indeksa prelamanja sredine u kojoj se prostire zrak i indeksa prelamanja zidova), svetlost se neće delom prelomiti, već će se u potpunosti odbiti od granične površine. Dakle, jednom zarobljena svetlost u talasovodu se prelama bez gubitaka do drugog kraja talasovoda (slika 1).

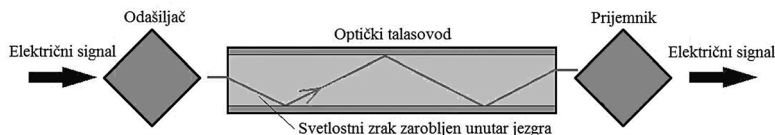
Međutim, kako je jezgro talasovoda daleko veće zapremine od omotača, a materijali sa velikim indeksom prelamanja značajno manje ekonomični od onih sa manjim, od interesa je analiziranje talasovoda u kojima je jezgro sačinjeno od materijala sa manjim indeksom prelamanja ili šuplje. U tom slučaju na razdvojnu površinu jezgra i omotača se lepe tanki filmovi određenih materijala kako bi se obezbedila maksimalna refleksija na željenoj talasnoj dužini, dok se ostale talasne dužine gube. Prilikom projektovanja talasovoda potrebno je odrediti optimalne materijale filmova i broj tankih slojeva za koje će se ostvariti zadate refleksione ili transmisionne karakteristike u potrebnom opsegu upadnih uglova pod kojima svetlost pada na strukturu.

Uglješa Stojanović (1991), Beograd, Vranjska 21, učenik 4. razreda Računarske gimnazije u Beogradu

Ana Trišović (1991), Beograd, Mirijeovski venac 6, učenica 4. razreda Računarske gimnazije u Beogradu

MENTOR:

Marko Krstić, asistent na katedri za Mikroelektroniku i tehničku fiziku, Elektrotehnički fakultet Univerziteta u Beogradu



Slika 1.
Prenošenje svetlosnog zraka kroz optičko vlakno

Figure 1. T
Transmission of the light beam through an optical fiber

Svetlosni talas prostire se kroz talasovod refleksijom. Odnos dela energije koja se reflektuje od površine na koju je svetlosni zrak pao i ukupne energije naziva se koeficijent refleksije ili reflektansa. Pojam transmitansa definiše se kao deo energije koji je prošao kroz površinu na koju je zrak pao i ukupne energije. Pri prostiranju svetlosti kroz svaku sredinu dolazi do pretvaranja svetlosne energije u unutrašnju energiju sredine (u većoj ili manjoj meri). Tu pojavu nazivamo apsorpcija. Dakle, pri odbijanju svetlosnog talasa o neku površinu deo talasa se reflektuje, deo transmituje, a deo apsorbuje.

Pri simulaciji realnog prostiranja talasa ne sme mo izostaviti pojavu divergencije. Divergencija elektromagnetnog zraka je pojava pri kojoj se prečnik zraka svetlosti povećava za izvestan ugao ($\Delta\theta$) pri prostiranju talasa. Naime pri prolasku nekog talasna koji se prostire pod uglom θ , uvek će se prostirati i talasi pod uglom od $\theta \pm \Delta\theta$. Intuitivno je jasno da će se bolje karakteristike talasovoda dobiti pri što manjoj divergenciji zraka (Goldstein 2003).

U okviru ovog rada bavićemo se dizajnom optičkog talasovoda koji ćemo, koristeći različite tanke slojeve, pokušati da optimizujemo prema kriterijumima uštede energije i ekonomičnosti. Cilj je optimizovati talasovod za prenos jedne konkretne talasne dužine, tj. potisnuti ostale frekvencije iz spektra upadne svetlosti.

Metoda

U svrhe analize uticaja različitih parametara na refleksione karakteristike periodične slojevite strukture koja se nalazi na podlozi (supstratu) od stakla, korišćene su dve ključne metode. Pre svega za analizu promene smera i energije zraka prilikom jednog prolaska kroz sistem slojeva koji se ispituju, korišćena je metoda transfer matrica. Za optimizaciju dizajna ove slojevite strukture korišćen je genetički algoritam.

Metoda transfer matrica

Metoda transfer matrica koristi se u optici i akustici za analizu prostiranja elektromagnetnih talasa kroz neku prostu ili slojevitu sredinu. Elektromagnetni talas predstavlja niz promenljivih električnih i magnetnih polja, međusobno spregnutih, koji se šire kroz prostor tako što indukuju jedno drugo. Transfer matrica metoda zasniva se na činjenici da, prema Maksvelovim jednačinama, postoje jednostavni uslovi za kontinuitet električnog polja kroz jednu sredinu na drugu. Iz tih uslova sledi da se, pri prolasku kroz neki sloj, vrednosti jačina električnog i magnetnog polja, predstavljeno u matricnom obliku, menjaju prema jednačini:

$$\begin{bmatrix} E_1 \\ H_1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos k_0 h & (i \sin k_0 h) / Y_1 \\ Y_1 i \sin k_0 h & \cos k_0 h \end{bmatrix} \begin{bmatrix} E_2 \\ H_2 \end{bmatrix}$$

gde je E_1 i E_2 električno polje kroz prvi i drugi sloj; H_1 i H_2 magnetno polje kroz prvi i drugi sloj, i imaginarna jedinica, a k_0 talasni vektor, koji je jednak $k_0 = \frac{2\pi}{\lambda}$, λ je talasna dužina posmatranog svetlosnog talasa; i gde je $h = n_1 \cdot d$, a d je širina supstrata. Konstanta Y određena je formulom:

$$Y = \sqrt{\frac{\epsilon_0}{\mu_0}} n \cos \theta$$

gde je θ upadni ugao talasa, a ϵ_0 i μ_0 konstante koje predstavljaju permitivnost i permeabilnost vakuuma.

Dakle, jednom sloju kroz koji svetlost prolazi odgovara jedna matrica koja vrednost polja na početku transformiše u vrednost polja na kraju sloja. Sistem od više naslaganih slojeva se može predstaviti kao matrica koja je proizvod matrica svakog od slojeva. Veći broj slojeva p , matricno bismo prikazali kao:

$$\begin{bmatrix} E_1 \\ H_1 \end{bmatrix} = M_1 M_2 \cdots M_p \begin{bmatrix} E_{p+1} \\ H_{p+1} \end{bmatrix}$$

Tako se karakteristike proizvoljnog optičkog sistema dobijaju se u matrici 2×2 kao rezultat proizvoda (u pravilnom redosledu) svih pojedinačnih matrica:

$$M = M_1 M_2 \dots M_p = \begin{bmatrix} m_{11} & m_{12} \\ m_{21} & m_{22} \end{bmatrix}$$

Koristeći tako dobijene koeficijente i konstante $Y_1 = \sqrt{\frac{\epsilon_0}{\mu_0}} n_1 \cos \theta_1$ i $Y_s = \sqrt{\frac{\epsilon_0}{\mu_0}} n_s \cos \theta_s$, gde su n_s i n_1 indeksi prelamanja supstrata na koji se nanose slojevi i prvog sloja, dobijaju se amplitudski koeficijenti refleksije i transmisije, a zatim i sa njima direktno povezane reflektansa i transmitansa celoupnog sistema kroz koji svetlost prolazi, što jesu ključne karakteristike kojima se bavimo.

Važno je napomenuti da svetlosni talas posmatramo kao mešavinu TE i TM polarizacije u razmeri 1 : 1, stoga treba posebno formirati matrice za TM i matrice za TE polarizaciju. Takođe i vazduh i supstrat imaju svoje transfer matrice koje su nezavisne od polarizacije. Kada dobijemo reflektansu i transmitansu za svaku od polarizacija, reflektansu i transmitansu celog sistema računamo po formuli (Hecht 2002):

$$R = \frac{R_{TE} + R_{TM}}{2} \text{ i } T = \frac{T_{TE} + T_{TM}}{2}.$$

Genetički algoritam

Genetički algoritmi su jedan od četiri tipa heurističkih evolucionih algoritama, koji služe za nedeterminističko, ali dovoljno precizno rešavanje složenih problema optimizacije. Svoju ideju crpe iz procesa evolucije. Prisutni su svi važni činioci procesa evolucije koji uključuju: populaciju (jedinke), reproduktivne metode, funkciju dobre koja predstavlja sposobnost preživljavanja jedinke u prirodi, kao i mehanizam selekcije ili opstanak jedinke. Promovisanjem željenih osobina jedinke moguće je usmeravati evoluciju u željenom smeru i na taj način pronaći optimalno rešenje problema čak i u slučajevima kada ne postoji eksplicitno rešenje.

U genetičkom algoritmu termin populacija predstavlja skup jedinki od kojih je svaka jedinka potencijalno rešenje zadatog problema. Početna populacija se može odabrati slučajno ili nekim drugim optimizacionim postupkom.

Funkcija dobre predstavlja prirodnu okolinu koja vrši selekciju nad jedinkama. Što se jedinka

bolje prilagodi na okolinu u kojoj živi, tj. što joj je veća dobrota, veće su joj i šanse za preživljavanje i reprodukciju sa drugim jedinkama. Izbacuju se one jedinke koje imaju ekstremno nisku vrednost dobre unutar posmatrane populacije. Funkciju dobre koristimo pri selekciji – odabiru jedinki koje ulaze u proces reprodukcije.

Dalji cilj je osiguranje opstanka genetskog materijala boljih jedinki, tj. onih koje poseduju veći koeficijent dobre i na taj način promovisati što više željenih osobina. Posmatrajući evoluciju živih bića nailazimo na dva načina stvaranja novog genetskog materijala: ukrštanje i mutacija. Postupak ukrštanja predstavlja polnu reprodukciju dve jedinke (roditelji), prilikom čega dolazi do zamene jednog dela roditeljskog gena delom gena drugog roditelja. Novonastala jedinka (dete) poseduje genetski kod oba roditelja, odnosno kombinaciju njihovih osobina.

Mutacija je trajna promena genetskog materijala, najčešće prouzrokovana spoljašnjim faktorima. Mutacija se odvija nad pojedinačnom jedinkom. Obično nakon postupka ukrštanja svako dete prolazi kroz proces mutacije s proizvoljnom (najčešće malom) verovatnoćom. Ukoliko je jedinka izabrana za mutaciju bira se proizvoljan deo genetskog koda jedinke koji će biti zamenjen nasumičnim nizom.

Iz iteracije u iteraciju jedinke u populaciji poprimaju sve poželjnija svojstva. Algoritam obično završava kada posle određenog broja uzastopnih iteracija ne dođe do poboljšanja rešenja. Kada je uslov završetka ispunjen, iz dobijene populacije odabere se najbolja jedinka i ona predstavlja rešenje problema (Haupt i Haupt 2004; Mitchell 1998).

Implementacija

Simulacija je rađena u programu Matlab, a neki njeni delovi su odrađeni u programskom jeziku C.

Posmatramo sistem sastavljen od staklene pločice indeksa prelamanja $n_s = 1.5$, koja se nalazi u vazduhu i prekrivena je periodičnom strukturom tankih filmova. Naizmenično se smenjuju parovi tankih filmova indeksa prelamanja n_1 i n_2 , gde je službena oznaka za materijal 1 – aSimond, materijal 2 – SiNx_LPCVD_nk, a materijal 3, koji koristimo pri analizi rezultata gde postoji apsorpcija SiO₂HF. Debljine filmova su 100 nm.

Podatke o materijalima od kojih su sastavljeni tanki filmovi dobili smo iz Instituta za nuklearne nauke Vinča, i to vrednosti indeksa prelamanja za tri različita materijala u zavisnosti od talasne dužine, pri čemu je dat realni i imaginarni deo indeksa prelamanja.

Podaci su realni i opisuju materijale koji se koriste za fabrikaciju silicijumskih integrisanih talasovoda.

Programska funkcija, čiji su ulazni podaci upadni ugao, jedna kombinacija od dva materijala i proizvoljan broj slojeva, vraća kao izlaznu vrednost reflektansu i transmitansu za zadate ulazne vrednosti u opsegu vidljive svetlosti, tj. od 380 do 750 nm. Funkcija najpre formira matricu za dvoslojnu strukturu (dva tanka filma), a zatim taj postupak ponavlja onoliko puta, koliko ima takvih dvoslojnih struktura (na primer, ako je broj slojeva 6 to znači da postoje 3 para od po dva sloja, pa postupak treba ponoviti 3 puta). Za kompleksnu vrednost indeksa prelamanja izabranog materijala, u zavisnosti od talasne dužine, uzimamo interpoliranu vrednost, dobijenu na osnovu eksperimentalnih podataka.

Genetički algoritam koristi se kako bi se za određenu talasnu dužinu našla najbolja dostižna vrednost reflektanse u zavisnosti od broja slojeva, materijala koji čine slojeve, upadnog ugla i stepena divergencije. Dakle, broj slojeva i upadni ugao se menjaju pri svakoj talasnoj dužini tražeći najbolju vrednost reflektanse. Reflektansa je funkcija dobrote i treba da bude što veća.

Početna populacija sastoji se od 100 slučajno izabranih jedinki čiji su atributi centar intervala uglova pri kojima svetlost ulazi u talasovod i broj i sastav

slojeva omotača, koje u genetičkom algoritmu evoluiraju. Uvek se čuva samo 100 najboljih jedinki. Mutacija je ili pomeranje intervala uglova za slučajnu vrednost od 0° do 2° ili dodavanje/oduzimanje dva sloja. Ukrštanje je proces kada uzimamo dva roditelja (R) na osnovu poželjnih osobina (visoka reflektansa) i zamenjujemo im parametre, konstruišemo nove jedinke, decu (D):

$$R_1(\text{centarIntervala}_1, \text{brojSlojeva}_1) \text{ i} \\ R_2(\text{centarIntervala}_2, \text{brojSlojeva}_2)$$

daju:

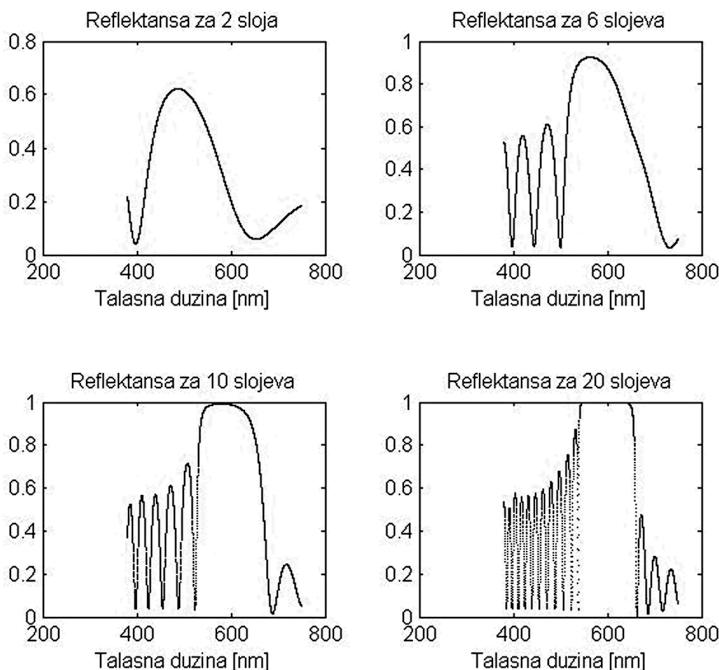
$$D_1(\text{centarIntervala}_1, \text{brojSlojeva}_2) \text{ i} \\ D_2(\text{centarIntervala}_2, \text{brojSlojeva}_1).$$

Ukoliko u toku određenog broja iteracija genetskog algoritma ne dođe do značajnog poboljšanja ukupne dobrote populacije, dotadašnje najbolje rešenje uzima se za konačno.

Rezultati i diskusija

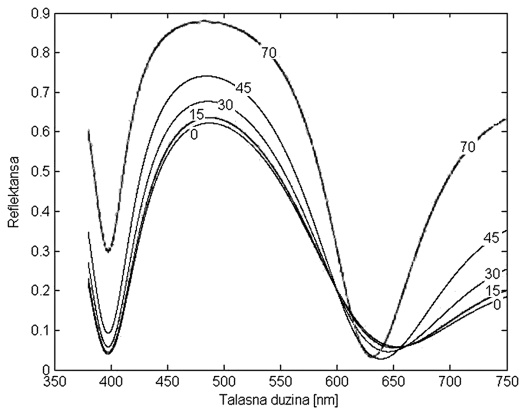
Analiza odabranih rezultata

Metodom transfer matrica analitički je određena zavisnost reflektanse i transmitanse zadanog sistema



Slika 2.
Vrednosti reflektanse pri različitom broju slojeva

Figure 2.
The values of reflectance at a different number of layers (number of layers indicated above each graph)



Slika 3. Vrednosti reflektanse za dva sloja pri različitim uglovima divergencije (0, 15, 30, 45 i 70 stepeni)

Figure 3. Values of reflectance for two layers at different angles of divergence (0°, 15°, 30°, 45° and 70 degrees)

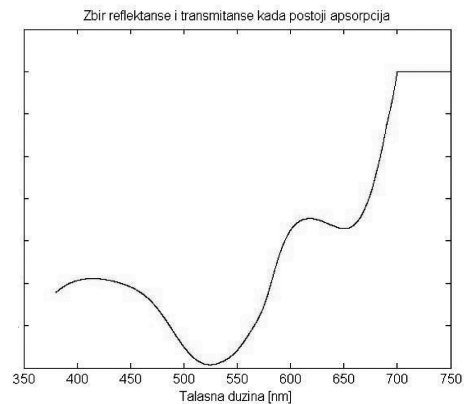
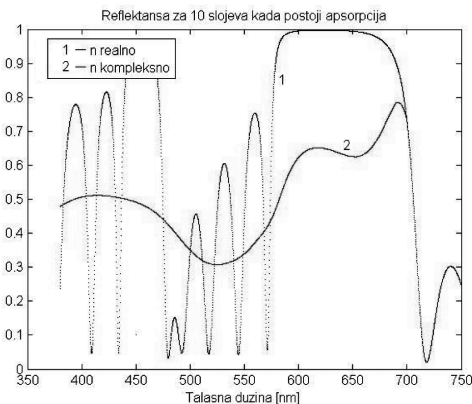
od ulazne talasne dužine pri specifičnim parametrima. Prikazane su promene ove zavisnosti pri ekstremnim vrednostima broja slojeva i upadnog ugla.

Kako povećanje broja slojeva utiče na refleksione mogućnosti sistema vidi se na slici 2, gde su prikazana četiri grafika i to: vrednosti reflektanse za dva, šest, deset i dvadeset slojeva. Primećujemo da kako povećavamo broj slojeva, tako funkcija postaje nepredvidiva, u smislu da umesto jednog maksimuma,

javlja se više lokalnih maksimuma i minimuma. Takođe je očigledno da se maksimalna vrednost reflektanse, pri povećanju broja slojeva, povećava. Za dva sloja reflektansa iznosi oko 60%, za šest slojeva već iznosi oko 90% u okolini talasne dužine od 600 nm, a pri deset, tj. dvadeset slojeva ova vrednost dostiže čak vrednost jedan, tj. 100%.

Bitno je uočiti da se i interval talasnih dužina, pri kome je vrednost reflektanse maksimalna, povećava dodavanjem slojeva struktura. Stoga, kod sistema sa dvadeset slojeva interval pri kome je reflektansa jednaka jedan je od oko 550 nm do oko 650 nm, gde je razlika u talasnoj dužini oko 100 nm. Ovaj talasovod bi bio prilično praktičan zato što bi bilo koji talas iz pomenutog spektra putovao kroz strukturu bez gubitaka. Kod sistema sa deset slojeva, ovaj interval je znatno uži i iznosi od 550 nm do 600 nm, a vrednost reflektanse ne dostiže tačno vrednost jedan.

Upadni ugao pod kojim zrak pada na slojevitu strukturu predstavlja važan faktor u izračunavanju refleksionih mogućnosti sistema. Slika 3 prikazuje vrednost reflektanse pri uglovima od 0°, 15°, 30°, 45° i 70°. Sa slike se može videti da vrednost reflektanse raste sa povećanjem upadnog ugla, i to konkretno u okolini talasne dužine oko 500 nm. S druge strane reflektansa dostiže veći minimum u odnosu na ostale uglove u okolini talasne dužine od oko 650 nm. Dolazimo do zaključka da su veći uglovi optimalniji za talasne dužine od oko 500 nm, dok su manji uglovi optimalniji za talasne dužine od oko



Slika 4. Levo: Reflektansa za 10 slojeva kada postoji apsorpcija; Desno: Zbir reflektanse i transmitanse kada postoji apsorpcija

Figure 4. Left: The value of reflectance at 10 layers when there is absorption; Right: The sum of reflectance and transmittance when there is absorption

650 nm. Bitno je naglasiti da se pri drugačijim strukturama i materijalima slojeva, grafik reflektanse drugačije ponaša.

U realnim situacijama postoje određene talasne dužine pri kojima se javlja apsorpcija svetlosti. To u suštini znači da je indeks prelamanja kompleksna veličina, tj. nakon odabira materijala realnom delu indeksa prelamanja treba pridodati odgovarajući imaginarni deo iz baze karakteristika na sledeći način: $n = n_{\text{real}} - i \cdot n_{\text{img}}$. Time se modeluje apsorpcija, koja će se očigledno odraziti na ukupan zbir reflektanse i transmitanse, pa njihov zbir više neće biti 1 za određene talasne dužine.

Slika 4 prikazuje sistem sastavljen od 10 slojeva, na koji pada svetlost pod uglom od 20° . Na levom grafiku prikazane su reflektanse sistema, i to linijom 1 funkcija reflektanse koja je dobijena interpolacionom metodom za n , i gde se ne uzima u obzir apsorpcija, i sa druge strane, linija 2 predstavlja funkciju reflektanse gde se n takođe dobija interpolacionom metodom, ali i gde postoji apsorpcija.

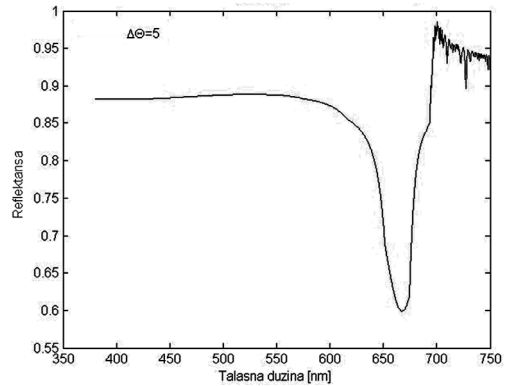
Pad reflektanse kada postoji apsorpcija je evidentan. Ona sa vrednosti od 100%, pri opsegu talasnih dužina od 600 nm do skoro 700 nm, pada na manje od 80% i to pri vrednosti talasne dužine u okolini 700 nm. Primećujemo takođe, da se apsorpcija u ovom slučaju javlja samo kod talasnih dužina manjih od 700 nm, dok pri vrednosti od 700 nm i većim, vrednost reflektanse je ista i u oba slučaja.

Na slici 4 levo prikazan je i grafik zbira reflektanse i transmitanse kada postoji apsorpcija, sa koga se jasno može očitati da se apsorpcija javlja kod talasnih dužina čija je vrednost manja od 770 nm, dok je pri većim zbir jednak 1.

Analiza rezultata dobijenih genetičkim algoritmom

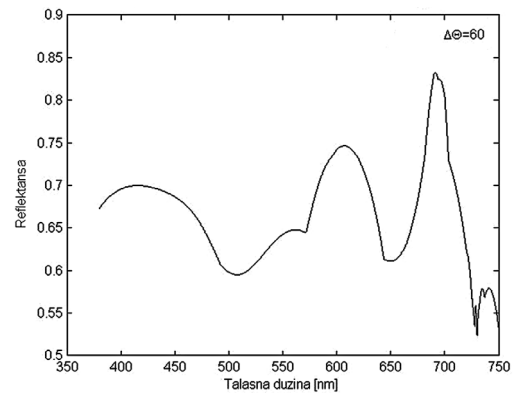
U daljoj analizi rezultata predstavljene su najbolje funkcije reflektanse dobijene genetičkim algoritmom, gde je posmatran sistem ukoliko je ugao divergencije mali (oko 5°) i ukoliko je ugao divergencije veliki (oko 60°).

Posmatrajući ugao divergencije od samo 5° , slika 5, dolazi se do zaključka da se odgovarajućom kombinacijom broja slojeva i upadnog ugla, mogu dobiti veoma visoke vrednosti reflektanse. Naime, za sve talasne dužine koje su manje od 600 nm ova vrednost dostiže skoro 90%, dok za talasne dužine reda 700 nm i više dostiže vrednost više od 95%. Vrednost reflektanse najmanja je pri talasnoj dužini od oko 660 nm.



Slika 5. Najbolje vrednosti reflektanse pri divergenciji zraka $\Delta\theta = 5^\circ$

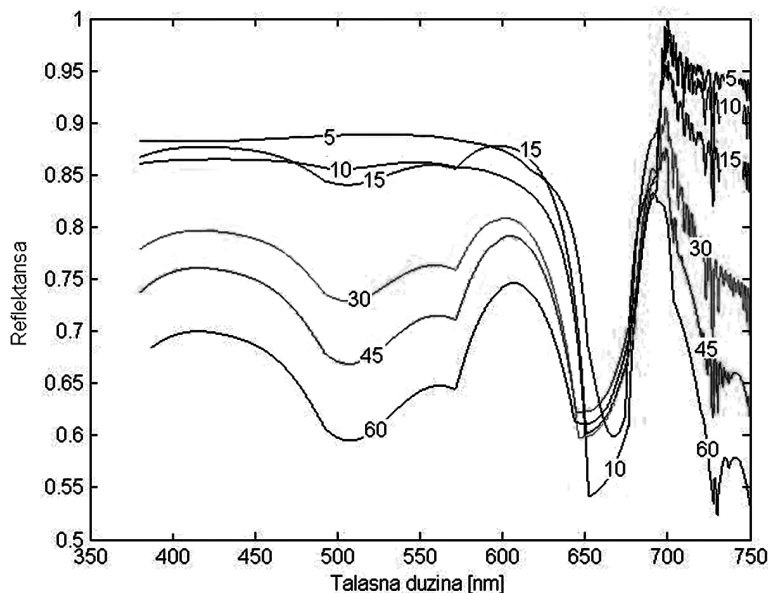
Figure 5. The best value of reflectance in ray divergence $\Delta\theta = 5^\circ$



Slika 6. Najbolje vrednosti reflektanse pri divergenciji zraka $\Delta\theta = 60^\circ$

Figure 6. The best value of reflectance in ray divergence $\Delta\theta = 60^\circ$

Funkciju reflektanse pri uglu divergencije od čak 60° prikazuje slika 6. Ova funkcija je dosta nepredvidiva, zato što pri celom intervalu od oko 360 do 750 nm talasne dužine ima više različitih lokalnih minimuma i maksimuma. Svoju najveću vrednost od samo 83% dostiže pri talasnoj dužini od 700 nm; najmanja zabeležena optimalna vrednost je 52% pri talasnoj dužini od oko 730 nm.



Slika 7.
Najbolje vrednosti
reflektanse pri različitim
uglovima divergencije (u
stepenima)

Figure 7.
The best values of
reflectance at different
angles of divergence (in
degrees)

Na slici 7 prikazana je zavisnost optimalne vrednosti reflektanse u zavisnosti od talasne dužine, pri različitim divergencijama zraka. Linijom 5 prikazana je funkcija reflektanse pri divergenciji od 5°, i pri tome funkcija dostiže maksimalnu vrednost od oko 98%; linijom 10 funkcija pri divergenciji od 10° i ovaj rezultati se pokazao kao najbolji, zato što vrednost reflektanse dostiže tačno 100% pri talasnoj dužini od oko 700 nm. Linijom 15 prikazana je vrednost reflektanse pri divergenciji od 15°, koja dostiže svoj maksimum, 95%, pri talasnoj dužini u okolini od 700 nm; linijom 30 označena je reflektansa pri divergenciji od 30°, sa maksimumom od 90% pri talasnoj dužini od 700 nm, a linijama 45 i 60 reflektanse pri divergenciji od 45° i 60°, čije su maksimalne vrednosti 86% i 83%. Talasna dužina od 700 nm pokazala se kao najzahvalnija pri svim divergencijama uglova, zato što su svi maksimumi u okolini te talasne dužine. Svi najlošiji optimumi reflektanse uglavnom su pri talasnoj dužini od oko 650 nm, sem pri divergenciji od 60° gde je minimum pri talasnoj dužini od 730 nm. Pokazano je da većim vrednostima divergencije ugla odgovara manja maksimalna vrednost reflektanse, što je logično i očekivano.

Zaključak

U ovom radu simulirana su osnovna svojstva otičkog talasovoda u cilju nalaženja njegovih optimalnih

karakteristika, pri kojima se javlja najveća vrednost reflektanse. Pri projektovanju standardnih talasovoda kao jezgro kroz koje prolazi talas koristi se materijal sa velikim indeksom prelamanja poput silicijumdikoksida, što ga čini povoljnim za prenošenje talasa pod bilo kojim upadnim uglom. Ukoliko postoji potreba da se prenese velika energija, za ovakav talasovod se mora izdvojiti velika količina resursa. Pokazali smo da talasovod projektovan pomoću slojevite strukture materijala, gde se kao jezgro koristi vazduh, može biti približno dobar kao i standardni talasovod, gde je razlika u ceni projektovanja evidentna.

Razmatran je talasovod u čijoj strukturi se nalazi omotač koji se sastoji od više slojeva na koje pada talas pod određenim uglom, kao i slučajevi kada dolazi do apsorpcije pri nekim talasnim dužinama. Interpolacija je korišćena za dobijanje onih vrednosti indeksa prelamanja koje nam nisu u startu date, na osnovu onih koje jesu.

Kao krajnji rezultat dobijeno je više funkcija zavisnosti najviše dostižne reflektanse od talasne dužine, pri različitim vrednostima divergencije. Ovi rezultati dobijeni su korišćenjem prilagođenog genetičkog algoritma, gde je svaka jedinka potencijalno rešenje koje karakterišu broj tankih slojeva u omotaču, upadni ugao i njegova divergencija. Takođe, zaključeno je da je dobro osmišljen genetički algoritam efikasan i vrlo upotrebljiv za nalaženje optimalnih uslova za visoke vrednosti reflektanse, pogotovo pri traženju rešenja za konkretne talasne dužine.

Dalje istraživanje na temu optimizacije optičkog talasovoda podrazumevalo bi unapređivanje genetičkog algoritma, uvođenje novih materijala, kao i eksperimentalna potvrda dobijenih rezultata.

Zahvalnost. Zahvaljujemo se mentoru Marku Krstiću sa katedre za Mikroelektroniku i tehničku fiziku na Elektrotehničkom fakultetu u Beogradu, na idejama, sugestijama i ključnim delima koje smo koristili kao literaturu.

Literatura

Goldstein D. 2003. *Polarized Light*. Florida: Marcel Dekker

Haupt R., Haupt S. E. 2004. *Practical Genetic Algorithms*. New York: Wiley

Hecht E. 2002. *Optics*. San Francisco: Addison Wesley

Mitchell M. 1998. *An Introduction To Genetic Algorithms*. Cambridge: Massachusetts Institute of Technology

Simons R. 2001. *Coplanar Waveguide Circuits, Components, and System*. New York: Wiley

Uglješa Stojanović and Ana Trišović

Design and Optimization of Rectangular Optical Waveguides Using the Genetic Algorithm

Optical waveguides are structures that guide and limit the propagation of electromagnetic waves. The goal of this project is to design and optimize rectangular optical waveguides with periodic, layered structures composed of two different materials. It is shown that a waveguide designed this way, with air being used as the core material, can be nearly as good as the standard waveguide where the core consists of a material with a very high refractive index such as silicon dioxide. It was concluded that a well-designed genetic algorithm is highly effective at finding the optimal conditions for high values of reflectance, especially at searching for solutions at specific wavelengths. The final result of the project is represented by multiple plots of the highest attainable reflectance depending on the wavelength, at different values of the divergence angle of the incident wave. Examples of reflectance depending on the wavelength at a constant number of layers and angle of incidence, with no divergence, were analyzed as well.

