

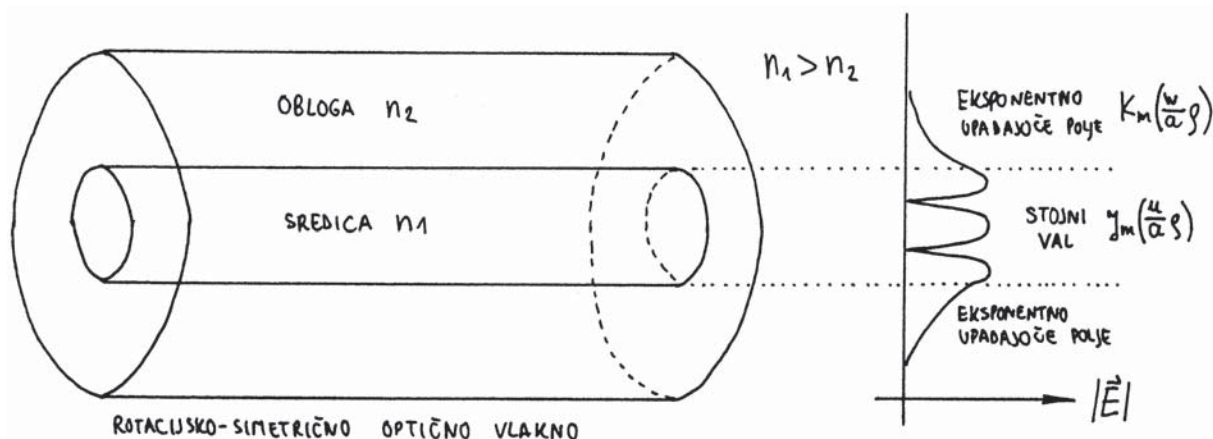
VAJA 12. - KRIVINSKO SLABLJENJE V MNOGORODOVNEM VLAKNU

12.1. Krivinsko slabljenje v dielektričnih valovodih

Osnova delovanja vseh dielektričnih valovodov je popolni odboj valovanja na meji dveh dielektrikov. Ker dielektrični valovodi ne vsebujejo kovinskih delov, so izgube takšnih valovodov lahko zelo majhne, komaj 0.2dB/km v steklenih optičnih vlaknih pri valovni dolžini $1.55\mu\text{m}$.

V kovinskih valovodih je elektromagnetno polje običajno omejeno na notranjost valovoda in prodira v kovino le za vdorno globino, se pravi nekaj mikrometrov. Zunaj kovinskega valovoda je elektromagnetno polje praktično enako nič, ne glede na prečno oziroma vzdolžno obliko valovoda. Elektromagnetno polje kovinskih valovodov je zato običajno zaključeno, razen v nekaterih redkih izjemah (odprti dvovod, Goubau-jev vod).

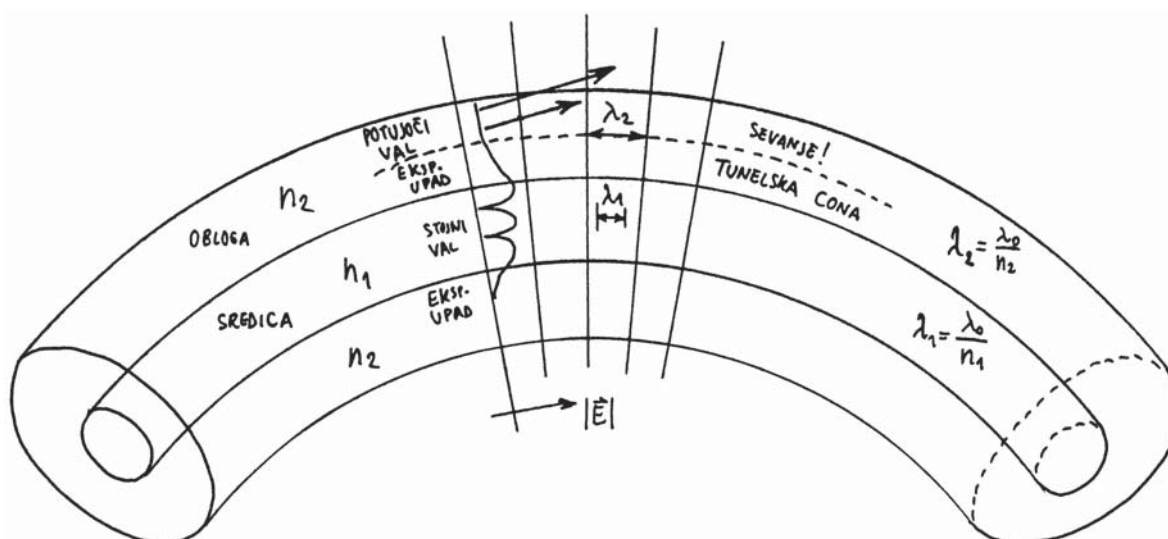
V dielektričnih valovodih obstaja elektromagnetno polje v celotnem prostoru valovoda. V sredici valovoda z višjim lomnim količnikom n_1 ima vodeni val obliko stojnega vala, v oblogi valovoda z nižjim lomnim količnikom n_2 pa ima polje vodenega vala obliko eksponentno upadajočega polja, kot je to prikazano na sliki 12.1 za raven kos dielektričnega valovoda.



Slika 12.1. – Elektromagnetno polje vodenega vala v dielektričnem valovodu.

Elektromagnetno polje dielektričnega valovoda se torej vedno razteza v neskončnost in v matematičnem pogledu ne more biti zaključeno. V vseh praktičnih dielektričnih valovodih izberemo dovolj debelo oblogo n_2 in dovolj hitro eksponentno upadanje polja, da je polje na zunanji meji obloge zanemarljivo majhno. Svetlobna moč, ki uide iz obloge, je sicer izgubljena, vendar je pri primernem načrtovanju dielektričnega valovoda ta moč zanemarljivo majhna.

Opisano delovanje dielektričnih valovodov se poruši na krivinah, kjer valovne fronte niso več vzporedne, pač pa se pahljačasto odpirajo. Na krivini se razmak valovnih front zmanjša na notranji strani krivine in poveča na zunanji strani krivine. Ko postane razmak med valovnimi frontami večji od valovne dolžine v oblogi z lomnim količnikom n_2 , eksponentno upadajoče elektromagnetno polje preide v potujoče valovanje (glej sliko 12.2).



Slika 12.2. – Uhajanje (tunneliranje) dela moči valovanja na krivini dielektričnega valovoda.

Pojav uhajanja (tunneliranja) dela moči na krivinah je še posebno izrazit pri šibkolomnih valovodih, kjer je razlika lomnih količnikov sredice n_1 in obloge n_2 razmeroma majhna. Pri steklenih optičnih vlaknih z zunanjim premerom obloge $125\mu\text{m}$, premerom sredice 10 do $62\mu\text{m}$ ter majhno razliko lomnih količnikov (parameter delta okoli 0.003) je uhajanje moči znatno na krivinah s polmerom manjšim od enega centimetra.

Pri vgradnji optičnih vlaken moramo zato vedno paziti, da vlaken mehansko ne obremenjujemo na tak način, ki bi povzročal krivine z majhnim polmerom. Pri večini optičnih vlaken je dodatno slabljenje zaradi krivin zanemarljivo majhno pri krivinskih polmerih večjih od 10cm. Krivinsko slabljenje je sicer odvisno od točne notranje izvedbe dielektričnega valovoda.

Pri mnogorodovnih optičnih vlaknih je krivinsko slabljenje zelo različno za različne valovodne rodove. Krivinsko slabljenje najbolj prizadene rodove blizu mejne frekvence, saj pri teh polje v oblogi najpočasneje upada. Krivine lahko namerno izrabimo tudi zato, da iz svetlobe v vlaknu izločimo rodove blizu zaporne frekvence.

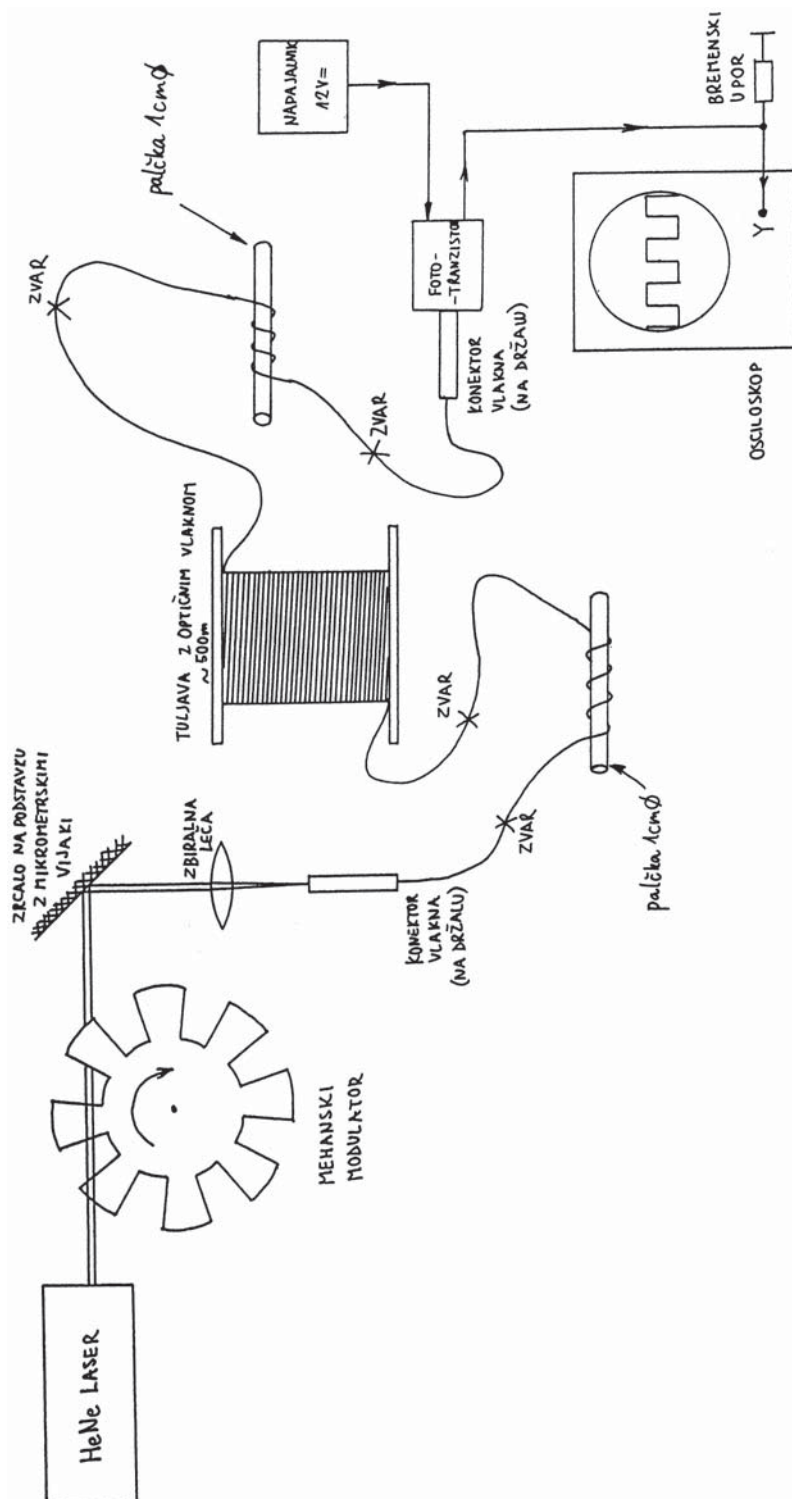
12.2. Seznam potrebnih pripomočkov

Za izvedbo vaje potrebujemo:

- (1) HeNe laser z napajalnikom in podstavkom.
- (2) Modulator svetlobe - chopper (ventilator s črnimi lopaticami) na podstavku z napajalnikom.
- (3) Zrcalo na podstavku z mikrometrskimi vijaki.
- (4) Zbiralna leča na podstavku.

- (5) Dva 5m dolga kosa mnogorodovnega gradientnega optičnega vlakna s konektorji na vsakem koncu, privarjena na tuljavo približno 500m enakega mnogorodovnega vlakna.
- (6) Palčko premera 5mm za navijanje vlakna na predpisani polmer.
- (7) Fotodiodo ali fototranzistor z zaključitvenim uporom in napajalnikom.
- (8) Osciloskop.
- (9) Mizo za sestavljanje optičnih vaj.

Razporeditev in vezava merilnih pripomočkov je prikazana na sliki 12.3.



Slika 12.3. – Razporeditev in vezava merilnih pripomočkov.

12.3. Obrazložitev in opis poteka vaje

V tej vaji bomo izmerili vpliv krivin z majhnim polmerom (5mm) na izgube moči v mnogorodovnem gradientnem optičnem vlaknu (50/125). Meritev izvedemo za vajo s HeNe laserjem kot izvorom svetlobe na 632.8nm, ker je z uporabo vidne svetlobe nastavljanje vseh sestavnih delov dosti enostavnejše in lahko izgube na krivinah opazujemo s prostim očesom.

Vajo sestavimo na ustrezni mizi v zaporedju, kot poteka svetlobni žarek od izvora svetlobe do detektorja -fototranzistorja. Svetlobni snop na izhodu HeNe laserja je sicer tanek (premer okoli 1mm), vendar je to še vedno 20-krat več, kot je premer sredice gradientnega optičnega vlakna. Za boljši sklop laserja na vlakno si zato pomagamo z zbiralno lečo, fokusirani žarek pa nastavimo natančno na sredino konektorja vlakna s pomočjo zrcala na mikrometrskih vijakih.

Izvor svetlobe moduliramo (400Hz) zato, da izločimo vpliv drugih izvorov svetlobe na detektor. Izhodni signal iz detektorja opazujemo na osciloskopu, kjer z lahkoto ločimo želeni signal (pravokotni impulzi) od enosmerne komponente sobne (dnevne) svetlobe.

Izgube na krivinah opazimo takoj po vklopu laserja na več mestih. Izgube so jasno največje takoj po vstopu svetlobe v vlakno, saj se tudi primarna akrilatna zaščita vlakna obnaša kot obloga dielektričnega valovoda, ki ima za sredico stekleno vlakno premera 125 μ m. Vodenje valovanja med steklom in akrilatno zaščito ima seveda velike izgube in povsem izgine po nekaj desetih centimetrih vlakna.

Če prostor zatemnimo, lahko opazimo izgube svetlobe tudi na celotni tuljavi optičnega vlakna. Svetlikanju so vzrok izgube na mikrokrivinah, ker vlakno ni povsem enakomerno navito na tuljavnik, ter izgube zaradi Rayleigh-ovega sipanja svetlobe v steklu. Večje izgube svetlobe takoj opazimo, če pritisnemo s prstom na optično vlakno.

12.4. Prikaz značilnih rezultatov

Pri vaji izmerimo vpliv krivin na slabljenje vlakna na dva različna načina. V obeh slučajih navijemo določeno število ovojev vlakna na palčko premera okoli 5mm. V prvem slučaju to storimo pred tuljavo z večjo dolžino vlakna (500m), v drugem slučaju pa za tuljavo.

Razlika je v porazdelitvi svetlobe med različne rodove v gradientnem mnogorodovnem optičnem vlaknu. V prvem slučaju imamo porazdelitev, ki jo določajo lastnosti žarka laserja in leče, v drugem slučaju pa imamo enakomerno porazdelitev med sabo dobro premešanih rodov, ki se sama ustvari po določeni dolžini vlakna.

V obeh slučajih si najprej zapišemo jakost signala brez dodatnih krivin, nato pa slabljenje za en cel ovoj, dva ovoja, tri ovoje, vse do 10 ovojev. Rezultat, ki ga odčitamo v linearnih enotah moči na osciloskopu, pretvorimo v decibele.

12.5. Vprašanja in naloge vaje

1. Izmeri slabljenje na krivinah pred in za kolutom!
2. Pretvori rezultate iz mV v dB.
3. Kako moramo navijati vlakno, da krivinski radij res ustreza polmeru palčke?
4. Kakšno razliko opazimo med slabljenjem pred in za kolutom vlakna?

Premer palčke: _____ mm				
ovoji	pred kolutom		po kolutu	
	U [mV]	U[dB]	U [mV]	U[dB]
0				
2				
4				
6				
8				
10				
12				
14				
16				
18				
20				
22				
24				
26				
28				
30				