

VAJA 8. - POJAVI V ENORODOVNEM OPTIČNEM VLAKNU

8.1. Enorodovno optično vlakno

Kljub skrbni izbiri oblike lomnega lika in izdelavi mnogorodovnega optičnega vlakna z gradientnim lomnim likom se mnogorodovne disperzije nikakor ne moremo povsem znebiti. Optične komunikacije na velike razdalje in z velikimi bitnimi hitrostmi omogočajo le enorodovna vlakna. Vsa enorodovna vlakna za telekomunikacije imajo premer obloge standardiziran na $125\mu\text{m}$, glede na vrsto jedra pa jih razdelimo v več skupin.

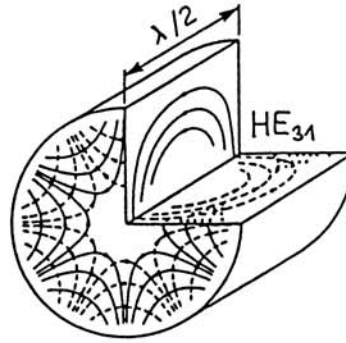
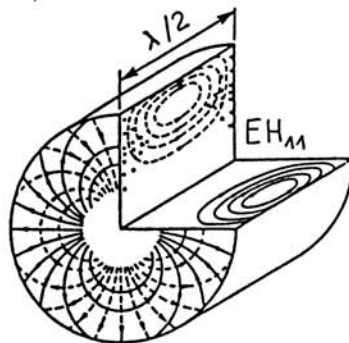
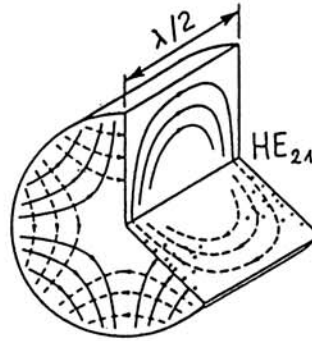
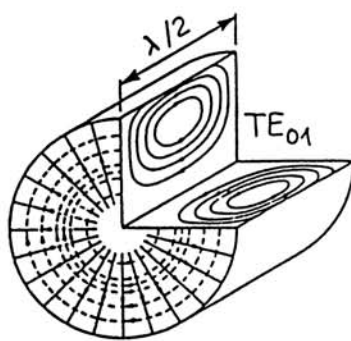
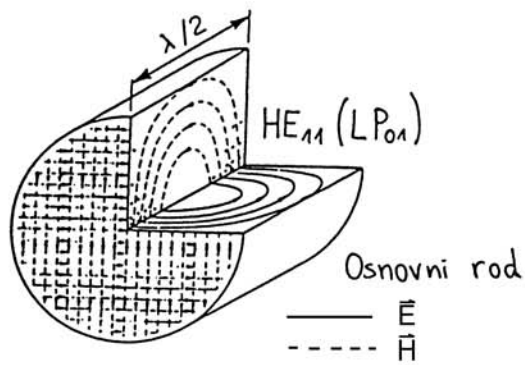
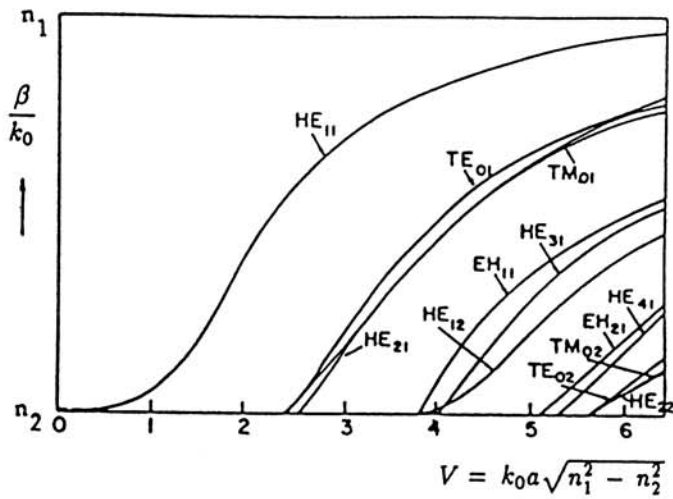
Najpreprostejše enorodovno komunikacijsko vlakno ima stopničast lomni lik ter premer sredice med $8\mu\text{m}$ in $10\mu\text{m}$. Takšno vlakno ima najmanjšo disperzijo v okolici valovne dolžine $1.3\mu\text{m}$, kjer valovodna disperzija osnovnega rodu natančno izniči učinek snovne (barvne) disperzije stekla. Zato je premer jedra izbran tako, da je $1.3\mu\text{m}$ hkrati približno zaporna valovna dolžina za višje valovodne rodove (parameter $V=2.405\dots$). Na ta način ohranimo visoko slabljenje vseh višjih rodov in hkrati dosežemo najnižje slabljenje osnovnega valovodnega rodu.

Ker je slabljenje optičnih vlaken najnižje pri nekoliko daljših valovnih dolžinah, okoli $1.55\mu\text{m}$, se izdelujejo tudi enorodovna vlakna s še manjšim jedrom oziroma bolj kompliciranim lomnim likom (W-vlakna). Takšna vlakna imenujemo disperzijsko premaknjena (angl. dispersion-shifted - DS) vlakna. Pri DS vlaknih s primerno izbrano obliko lomnega lika dosežemo izničenje snovne disperzije z valovodno disperzijo v okolici zanimive valovne dolžine $1.55\mu\text{m}$ oziroma hkrati na obeh zanimivih valovnih dolžinah $1.3\mu\text{m}$ in $1.55\mu\text{m}$.

Za posebne namene se izdelujejo tudi drugačna enorodovna vlakna. V sklopnikih laserskih vlakenskih ojačevalnikov potrebujemo vlakno, ki ostane enorodovno v širokem razponu valovnih dolžin (od 980nm /črpalka do 1550nm /signal). Takšno vlakno ima zelo majhno jedro premera komaj $3\mu\text{m}$, toda zelo visoko razliko lomnih količnikov.

Posebna zvrst enorodovnih vlaken so tudi dvolomna vlakna, ki se od običajnih vlaken razlikujejo po tem, da niso rotacijsko simetrična. Dvolomnost običajno dosežemo z dodatki v oblogi, ki nesimetrično stiskajo jedro vlakna. Dvolomna vlakna ohranjajo polarizacijo svetlobe, da se izognemo polarizacijski disperziji.

V tej vaji si bomo ogledali razširjanje rdeče svetlobe helij-neonskega laserja z valovno dolžino 632.8nm v enorodovnih komunikacijskih vlaknih. Za rdečo svetlobo helij-neonskega laserja znaša parameter V (normirana frekvenca) takšnega vlakna približno 5, zato si bomo lahko ogledali razširjanje osnovnega rodu in nekaj nižjih rodov, ki so prikazani na sliki 8.1.



Slika 8.1. – Valvodni rodovi v vlaknu s stopničastim lomnim likom.

8.2. Seznam potrebnih pripomočkov

Za izvedbo vaje potrebujemo:

- (1) Polarizirani HeNe laser z napajalnikom in podstavkom.
- (2) Zbiralna leča (objektiv mikroskopa) na podstavku in držalo za vlakno z mikrometerskimi vijaki.
- (3) Trije kosi: enorodovnega ($1.3\mu\text{m}$) SI vlakna, DS vlakna in gradientnega vlakna s konektorji na obeh koncih.
- (4) Držalo za drugi konec optičnega vlakna.
- (5) Zaslona.
- (6) Dva polarizatorja za vidno svetlobo na podstavkih.
- (7) Miza za sestavljanje optičnih vaj.
- (8) Kolimator sestavljen iz razpršilne in zbiralne leče.
- (9) Mikroskop z možnostjo povečave vsaj 100.
- (10) Držalo za opazovanje FC konektorja pod mikroskopom.

Namestitvev sestavnih delov je prikazana na sliki 8.2.

8.3. Obrazložitev in opis poteka vaje

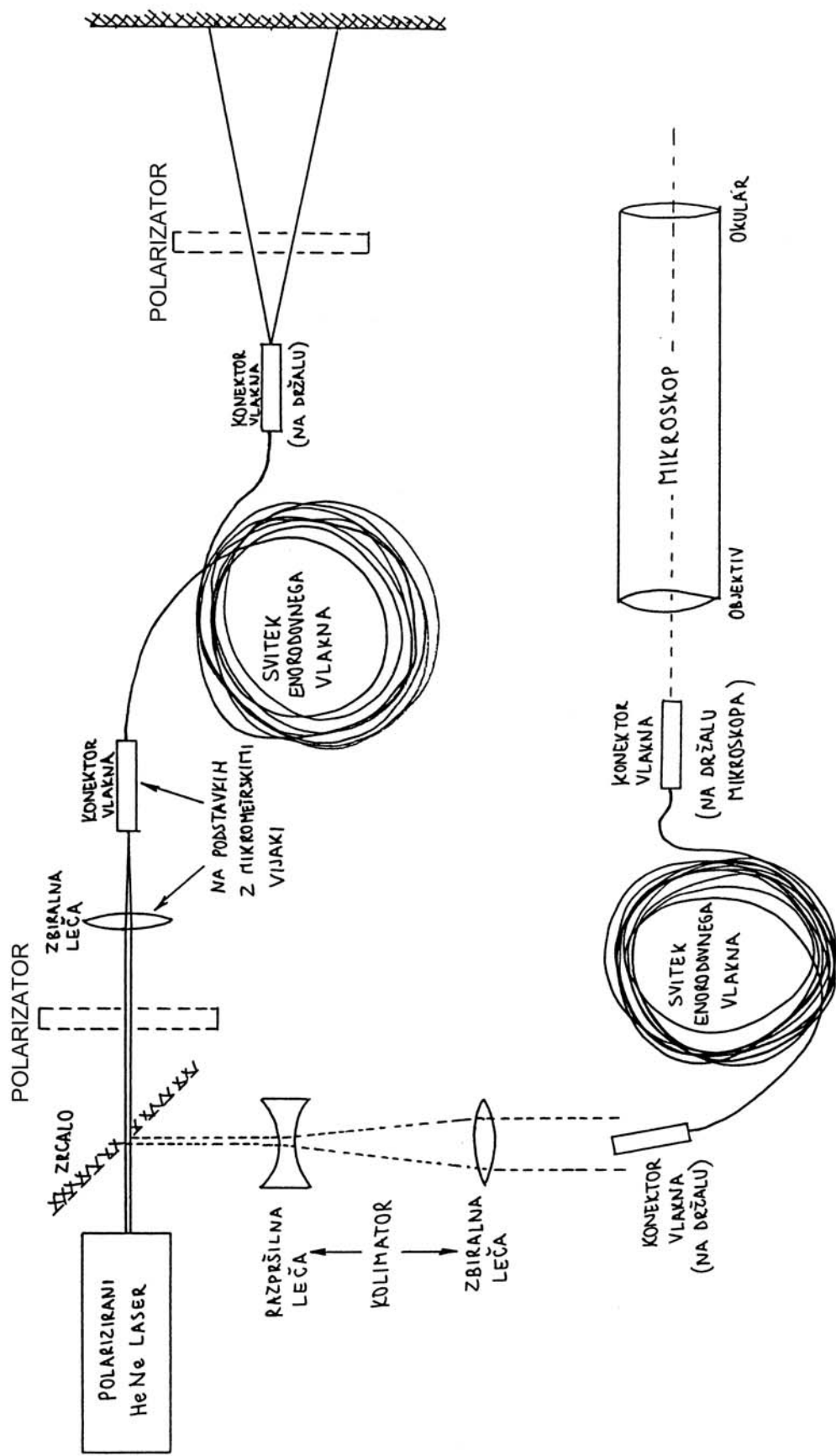
Vajo sestavimo na ustrezni mizi v zaporedju, kot poteka svetlobni žarek od izvora do zaslona. Svetlobni snop na izhodu HeNe laserja je sicer tanek (premer okoli 1mm), vendar je to še vedno 100-krat več, kot je premer sredice enorodovnega optičnega vlakna. Laser zato sklopimo na vlakno z zbiralno lečo z majhno goriščno razdaljo (objektiv mikroskopa).

Laser, lečo in konec vlakna, ki je opremljen z ustreznim konektorjem, je treba seveda mehansko zelo točno postaviti. Natančna postavitvev je še posebno potrebna pri koncu vlakna glede na lečo. Iz tega razloga postavimo lečo na mizo za sestavljanje optičnih vaj, konec optičnega vlakna pa pritrdimo na podstavek z mikrometerskimi vijaki za natančno premikanje po vseh treh koordinatnih oseh.

Drugi konec vlakna (konektor) vpnemo na stojalo, da bo izhodna svetloba osvetlila zaslon. V pravilno montiranem konektorju je vlakno odrezano natančno pod pravim kotom, površina konektorja pa je spolirana. Zato moramo s tako obdelanim koncem vlakna ravnati previdno, da obdelane površine ne poškodujemo. Ko vlakna ne uporabljamo, nataknejo na proste konektorje ustrezne pokrovčke, ki ohranjajo konec konektorja čist in ga varujejo pred mehanskimi poškodbami.

8.4. Prikaz značilnih rezultatov

Ko je vaja sestavljena, vključimo izvor in poskušamo nastaviti mikrometerske vijake za čimboljši sklop izvora na vlakno. Slika na zaslonu je seveda odvisna od tega, katere rodove vzbudimo v vlaknu in v kakšni medsebojni fazi so rodovi. Različne rodove vzbudimo z majhnimi premiki leče. Zaradi majhnega števila rodov je slika, ki jo dobimo na zaslonu, precej drugačna od tiste, ki smo jo dobili s podobnim poskusom z mnogorodovnim gradientnim vlaknom.



Slika 8.2. – Opazovanje pojavov v enorodnem (malorodnem) optičnem vlaknu.

Posamezne rodove poskušamo vzbuditi z majhnimi premiki vzbujanja. Pred zaslonom lahko rodove ločimo tudi s polarizatorjem. Končno se tudi v enorodovnem (bolj točno malorodovnem) vlaknu medsebojna faza rodov spreminja z ukrivljanjem vlakna v svitku. Poskus ponovimo še z DS vlaknom, ki pri valovni dolžini helij-neonskega laserja tudi dopušča razširjanje manjšega števila valovodnih rodov.

Pri obeh vzorcih enorodovnega valakna izmerimo še numerično aperturo (NA), ki je pomemben podatek optičnega vlakna. Numerično aperturo izračunamo iz velikosti slike na zaslonu in oddaljenosti prostega konca optičnega vlakna od zaslona. Numerična apertura se vedno podaja kot sinus vpadnega kota svetlobe v praznem prostoru (lumni količnik enak enoti).

Končno si konektor optičnega vlakna ogledamo še na mikroskopu. Za razliko od opazovanja slike na zaslonu potrebujemo za mikroskop le minimalno količino svetlobe v vlaknu. Snop na izhodu laserja zato razširimo s kolimatorjem in z razširjenim snopom osvetlimo drugi konec vlakna. S spreminjanjem kota med konektorjem in snopom svetlobe poskusimo vzbuditi različne rodove v vlaknu. Za primerjavo si na isti način oglejmo še konektor z gradientnim vlaknom 50/125, ki ima dosti večje jedro.

8.5. Vprašanja in naloge vaje

1. Kako je polarizirana svetloba na vhodu enorodovnega vlakna?
2. Kako je polarizirana svetloba na izhodu enorodovnega vlakna?
3. Izmeri numerično odprtino enorodovnega vlakna in podaj njeno pomembnost!
4. Izračunaj normirano frekvenco v primeru uporabe HeNe laserja (632.8nm), pri vlaknu s polmerom jedra $a=4,5\mu\text{m}$!
5. S pomočjo grafa določi število rodov, ki se pri uporabi HeNe laserja širijo skozi vlakno.
6. Koliko naj znašala valovna dolžina vstopne svetlobe, da se bo po vlaknu širil samo en rod (polmer jedra vlakna $a=4,5\mu\text{m}$)?