

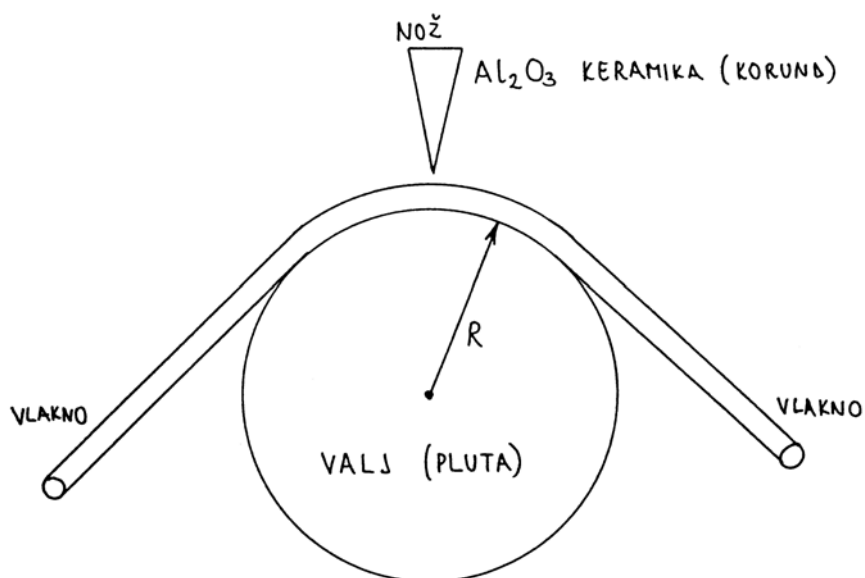
VAJA 11. - REZANJE IN SPAJANJE OPTIČNIH VLAKEN

11.1. Rezanje in spajanje steklenih vlaken

Premer obloge komunikacijskih steklenih optičnih vlaken je danes standardiziran na $125\mu\text{m}$. Medtem ko nas pri preučevanju optičnih lastnosti vlaken zanima predvsem notranjost, to je le jedro vlakna in njegova bližnja okolica, se pri rezanju in spajanju optičnih vlaken v glavnem ukvarjamo z zunanostjo: najprej z odstranjevanjem različnih slojev zaščite, nato z rezanjem samega steklenega vlakna in končno s ponovno zaščito mesta spoja dveh optičnih vlaken.

Pred rezanjem vlakna moramo najprej odstraniti vso zaščito. Vsako stekleno optično vlakno ima vsaj primarno akrilatno zaščito zunanjega premera $250\mu\text{m}$, ki stekleni del ščiti pred praskami. Pri upogibanju vlakna nastanejo v steklu veliki pritiski in vsakršna, še tako majhna zareza na površini stekla se takoj razširi v popolno razpoko preko celotnega preseka vlakna. Golo stekleno vlakno bi bilo zato v praksi povsem neuporabno.

Primarno zaščito in ostale zaščitne sloje lahko odstranimo na vsaj tri načine: mehansko, z ustreznimi kleščami, kemično, z ustreznim topilom ali toplotno, z vročo konico spajkalnika. Vlakno nato narežemo z ostrim nožem, naprimer z nabrušeno keramično ali vidia ploščico. Na površini vlakna naredimo le majhno, skoraj nevidno prasko. Vlakno nato upognemo na določen krivinski polmer R na valju iz mehke snovi (pluta) in praska se bo razširila v razpoko preko celotnega preseka vlakna (glej sliko 11.1).

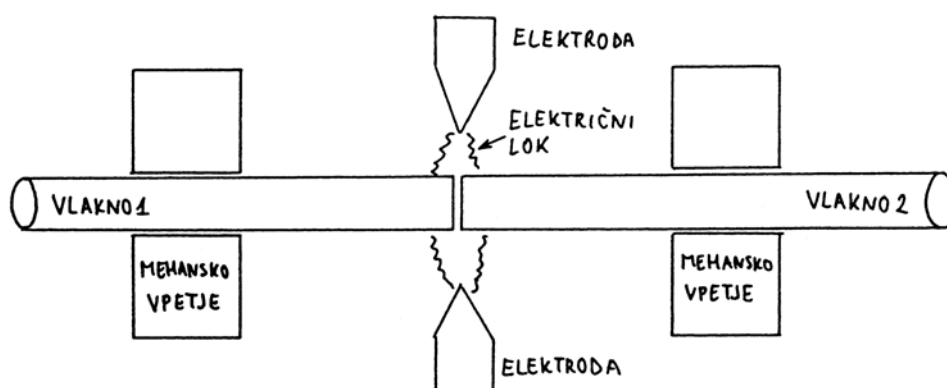


Slika 11.1. – Rezanje steklenega optičnega vlakna.

Uspešnost rezanja preverimo pod mikroskopom v varilniku za optična vlakna. Če z rezultatom rezanja nismo zadovoljni, postopek ponovimo. Naravna razporeditev mehanskih sil v ukrivljenem vlaknu zagotavlja lomljenje natančno pod pravim kotom. Zato tudi različni strojčki in komplicirana orodja za rezanje

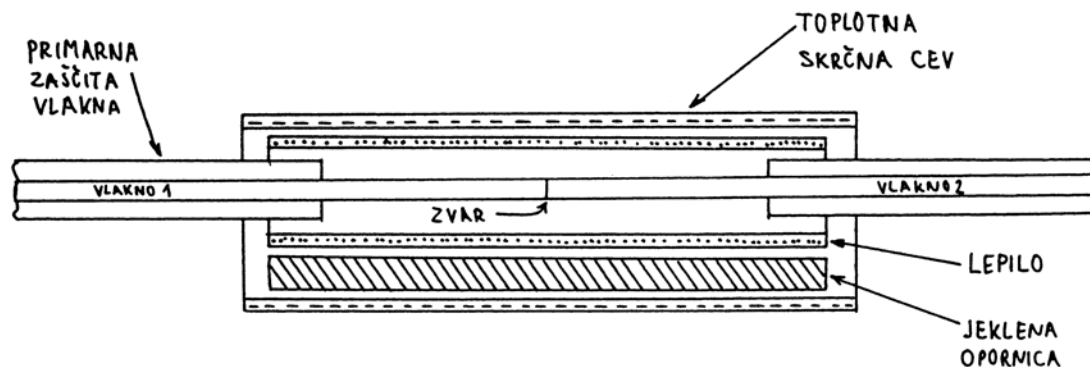
optičnih vlaken delajo vsi na isti osnovi, to je izkoriščanje zakonitosti pri razširjanju razpoke v steklu.

Dva pravilno odrezana konca optičnih vlaken lahko spojimo na več načinov. Najboljši spoj dveh vlaken je zvar. Konca vlaken vpnemo v mikrometrске vijake, jih pod mikroskopom natančno poravnamo in zavarimo s pomočjo električnega loka (glej sliko 11.2). Pri tem površinska napetost raztaljenega stekla in rotacijska simetrija vlaken pomagata držati vlakna v pravilnem položaju med varjenjem. Uspešen zvar prinaša izgube manj kot 0.1dB tudi pri enorodovnih optičnih vlaknih z zelo majhno sredico.



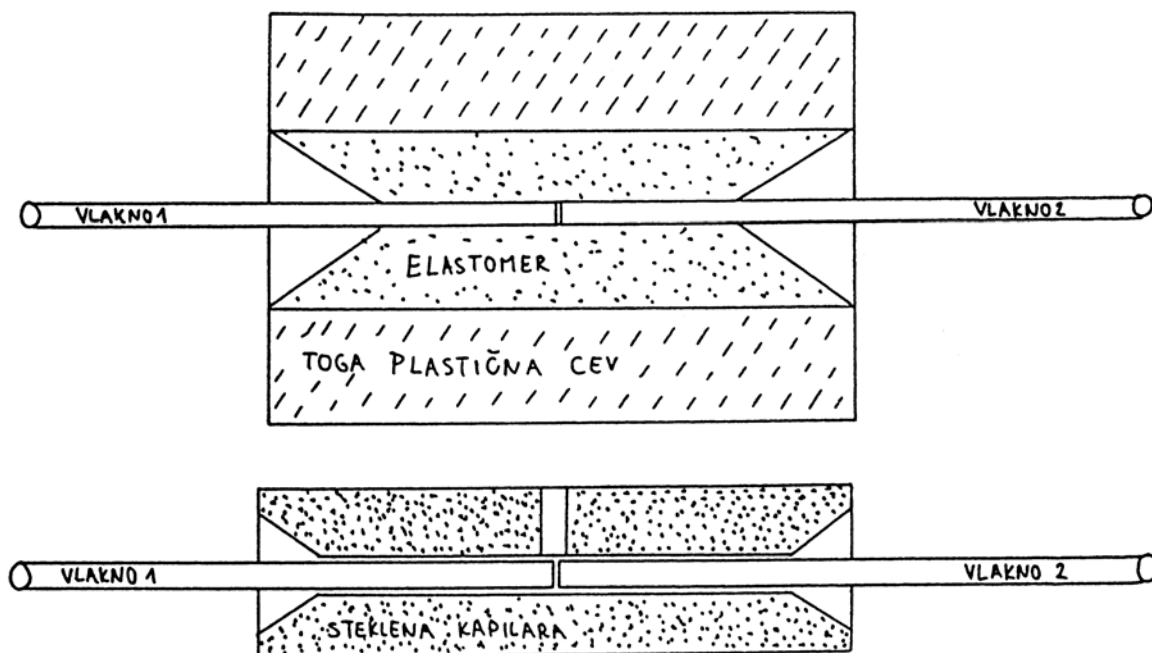
Slika 11.2. – Varjenje steklenih vlaken.

Zavarjena konca vlaken sta seveda brez vsakršne zaščite, zvar sam pa je v vsakem slučaju mehansko najbolj oslABLjeno mesto. Mesto zvara je treba takoj zaščititi, kot je to prikazano na sliki 11.3, sicer se bo tam vlakno kmalu spet odlomilo. Zvar zaščitimo s toplotno skrčno cevjo, ki jo navlečemo preko zvara in golih koncev obeh vlaken. Skrčna cev vsebuje tudi lepilo - zalivko v obliki tanjše notranje cevi in jekleno opornico, ki bo ščitila zvar pred lomljenjem. Ko vse skupaj segrejemo, se lepilo stali in zalije mesto zvara, skrčna cev pa pritisne vlakno ob jekleno opornico.



Slika 11.3. – Zaščita zvara.

Zvar vlaken je najboljša in trajna rešitev spajanja optičnih vlaken, njegova izvedba pa vzame kar nekaj dela in časa. Za meritve na optičnih vlaknih in sestavnih delih, ki so opremljeni z vlakenskimi priključki potrebujemo enostavnejši način začasnega spajanja vlaken. Začasne spoje izvedemo tako, da pravilno odrezana konca vlaken le približamo z elastomerjem ali kapilarno cevko, kot je to prikazano na sliki 11.4.

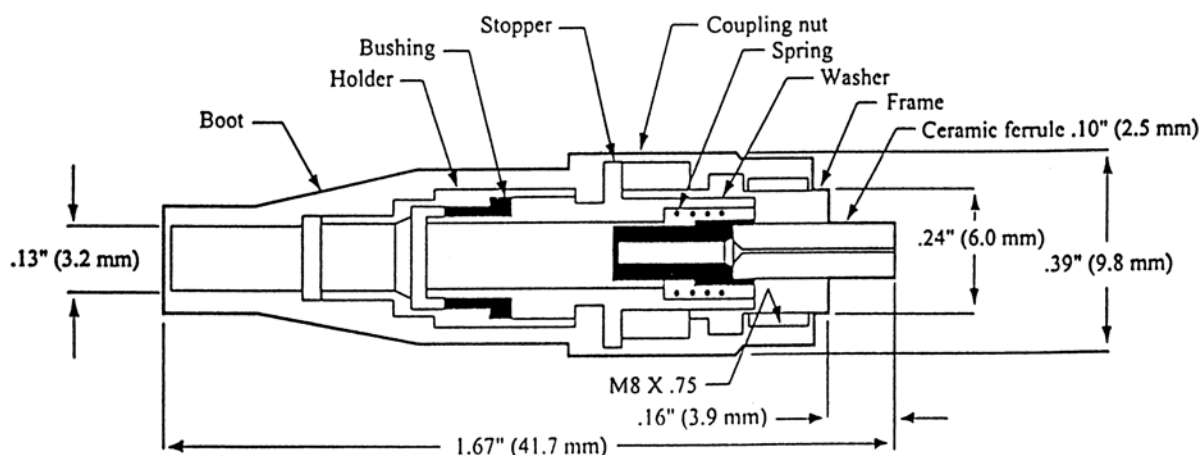


Slika 11.4. – Začasen spoj vlaken z elastomerom oziroma stekleno kapilaro.

Spoj z elastomerjem ali kapilarno cevko seveda ni trajen niti mehansko trden ter prinaša večje izgube od zvara. Upoštevati je treba tudi odboj svetlobe na prehodu steklo-zrak-steklo med konci vlaken. Odboj znatno oslabimo z uporabo prozorne masti, ki ima podoben lomni količnik kot steklo.

Končno potrebujemo pri meritvah in tudi v operativnih napravah spoje, ki jih lahko poljubno razstavljamo in nazaj sestavljamo s smiselno mero ponovljivosti. Takšen spoje lahko dosežemo le s konci vlaken, ki so vgrajeni v konektorje. Za spajanje optičnih vlaken je bilo do danes razvitih večje število različnih vrst konektorjev, med njimi tudi komplicirani z lečami in takšni, ki so potrebovali sprotno mazanje z mastjo za izenačevanje lomnih količnikov in s tem preprečevanje odbojev na koncih vlaken.

Od vseh vrst konektorjev so se v telekomunikacijski tehniki najbolj uveljavili FC konektorji japonskega porekla. Presek FC konektorja je prikazan na sliki 11.5. Osnova FC konektorja je ferula - natančno brušena cevka iz jekla ali keramike z notranjim premerom $125\mu\text{m}$ in zunanjim premerom $2500\mu\text{m}$ (2.5mm). V notranjost ferule zalepimo golo optično vlakno, dve feruli pa spojimo s pomočjo okrogle vzmeti v spojnem konektorju.



Slika 11.5. – Presek FC vlakenskega konektorja.

FC konektorji omogočajo izredno majhne izgube pod 0.5dB tudi pri spajanju zahtevnih enorodovnih vlaken s sredico manjšo od $10\mu\text{m}$. Izgube spoja so pravzaprav primerljive s samim odbojem svetlobe na meji steklo-zrak-steklo. Poleg tega sama zasnova FC konektorja omogoča povsem kompatibilne izboljšave, kot so FC-PC konektorji ali najnovejši, poševno brušeni FC-AC konektorji za zmanjševanje vpliva odbitih valov.

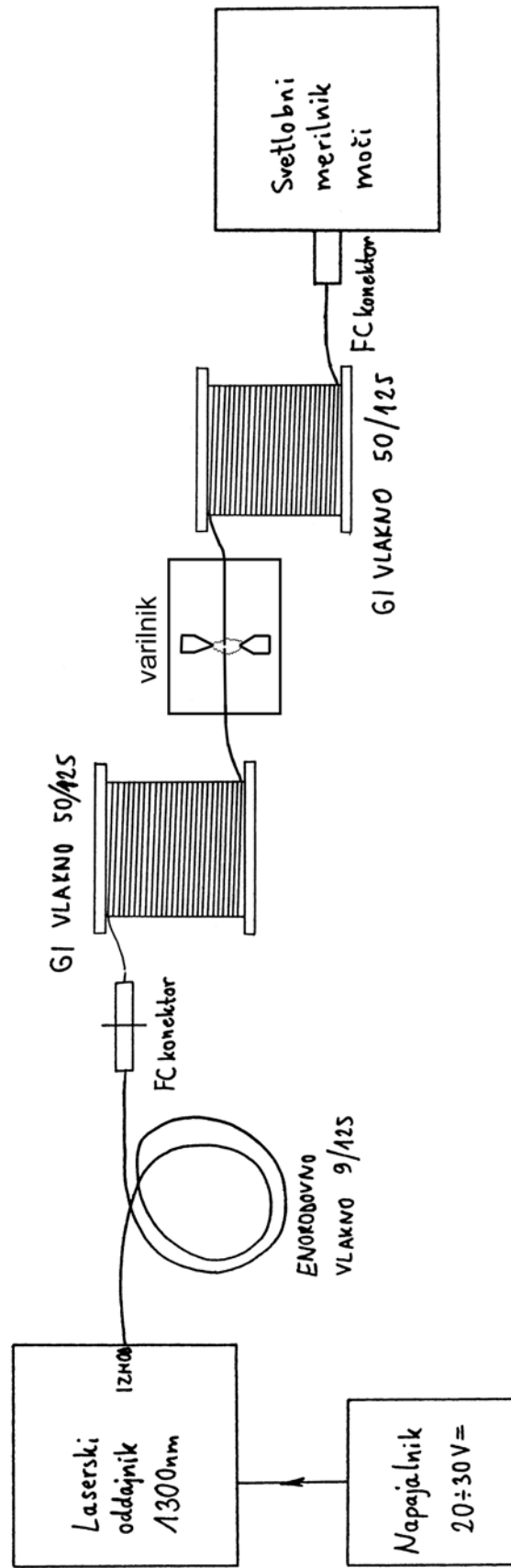
V zadnjem času se, predvsem pri računalniških komunikacijah, vse več uporabljajo cenejši SC konektorji. Odlikuje jih predvsem hitrejšo spajanje in izklapljanje, kot omogočajo FC konektorji, ki imajo spojno matico.

11.2. Seznam potrebnih pripomočkov

Za izvedbo vaje potrebujemo:

- (1) Dva koluta mnogorodovnega optičnega vlakna s FC konektorjem na enem koncu in prostim drugim koncem.
- (2) Orodje za odstranjevanje primarne zaščite.
- (3) Orodje za rezanje vlakna.
- (4) Nekaj elastomerov in/ali kapilarnih cevk.
- (5) Varilnik za optična vlakna z vgrajenim mikroskopom.
- (6) Laserski oddajnik za 1300nm z ustreznim napajalnikom.
- (7) Optični merilnik moči za 1300nm, -60dBm do +3dBm.
- (8) Mikroskop z možnostjo povečave vsaj 100-krat.

Vezava pripomočkov za merjenje slabljenja spojev optičnega vlakna je prikazana na sliki 11.6.



Slika 11.6. – Merjenje slabljenja začasnih zvarov in konektorjev.

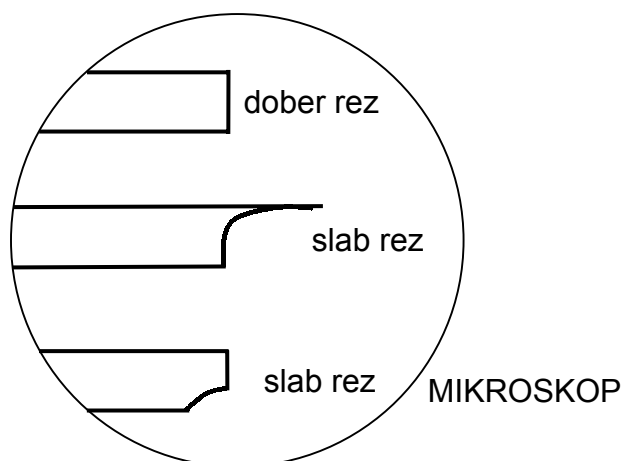
11.3. Obrazložitev in opis poteka vaje

Polprevodniški sestavni deli za komunikacije preko optičnih vlaken so zelo občutljivi elektronski sestavni deli, ki zahtevajo nežno in natančno rokovanje. Polprevodniški laserski modul lahko poškodujemo električno ali mehansko. Pri laserskem oddajniku in pri optičnem merilniku moči pazimo predvsem na to, da ne poškodujemo FC konektorjev, predvsem njegove prednje brušene površine.

Pri rezanju in obdelavi koncev optičnih vlaken moramo biti zelo previdni, ker imamo opraviti z zelo majhnimi deli. Paziti moramo tudi na čistočo, saj že zrnce prahu povsem pokvari spoj dveh optičnih vlaken. Končno pazimo na to, da se nam tanko optično vlakno oziroma različni odrezki na mizi ne zapičijo v kožo, saj je odstranjevanje steklenih drobcev iz kože zelo boleče.

Za vajo najprej naravnost pomerimo izhodno moč laserskega oddajnika. Nato vstavimo med laser in merilnik moči še zaporedno vezavo dveh kolutov mnogorodovnega vlakna s kapilarnimi spoji oziroma začasnimi zvari. Slabljenje pomerimo v obeh smereh, ker pri preskoku iz enorodovnega vlakna laserja na mnogorodovna vlakna z različnimi srednicami in končno nekoherentno detekcijo merilnika moči, recipročnost nujno ne velja.

Nato razdremo kapilarni spoj oziroma zlomimo začasni zvar. Vlakno nato na novo odrežemo: odstranimo primarno zaščito s kleščami, zarežemo vlakno s keramično ploščico, odlomimo na ukrivljeni plutovinasti ploščici in končno rezultat rezanja preverimo pod mikroskopom v varilniku za optična vlakna (glej sliko 11.7). Če je rez uspel, ponovno sestavimo kapilarni spoj in ponovno izmerimo slabljenje v obeh smereh. Če rez ni uspel, postopek rezanja ponovimo.



Slika 11.7. – Primeri dobo in slabo odrezanega optičnega vlakna opazovani pod mikroskopom.

Če razpolagamo z varilnikom, ne razdiramo in ponovno sestavljamo kapilarni spoj, pač pa poskusimo narediti nov zvar. V ta namen je treba na novo odrezati in pripraviti konca dveh vlaken, preveriti opravljeno rezanje ter konca

pravilno vstaviti v varilnik. V varilniku vlakni najprej približamo in poravnamo z mikrometerskimi vijaki. Še razmaknjena konca očistimo s kratkotrajnim lokom (0.1s).

Ko sta očiščena konca vpeta in približana v varilniku, lahko že pomerimo vstavitveno slabljenje še pred varjenjem. Nato nastavimo čas varjenja in sprožimo postopek s pritiskom na ustrezno tipko. Če z zvarom nismo zadovoljni, lahko isti spoj segrejemo še enkrat in ponovno pomerimo vstavitveno slabljenje. Prekomerno segrevanje (večkratno varjenje) seveda poveča slabljenje zvara, ker se sredica in obloga vlakna pri taljenju medsebojno premešata.

11.4. Prikaz značilnih rezultatov

Kot rezultat vaje si zabeležimo slabljenje optične poti pred in po ponovnem spajanju istih vlaken. S kvalitetnim spajanjem lahko celo zmanjšamo slabljenje prvotno kapilarnih spojev ali zvarov.

Na koncu vaje si pod mikroskopom ogledamo še druge vrste spajanja optičnih vlaken: prednjo površino FC konektorja na ustreznem podstavku, elastomer, kapilarno cevko z vlakni in zaščiten zvar dveh optičnih vlaken.

11.5. Vprašanja in naloge vaje

1. Zakaj je potrebno pred varjenjem odstraniti primarno izolacijo?
2. Koliko znaša slabljenje pred in po varjenju?
3. Koliko znaša slabljenje na celotni trasi v mW in dB?
4. Kako med sabo ločimo konektorja FC-PC in FC-APC?
5. Na kaj moramo paziti pri spajanju konektorjev?
6. Kako pravilno očistimo konektor?