

# SPAJAČ OPTIČKIH NITI FITELE S 179A

---

Šesto, Frano

Master's thesis / Specijalistički diplomski stručni

2020

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Split / Sveučilište u Splitu**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:228:832971>

Rights / Prava: [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2025-03-11**



Repository / Repozitorij:

[Repository of University Department of Professional Studies](#)



UNIVERSITY OF SPLIT



**SVEUČILIŠTE U SPLITU**  
**SVEUČILIŠNI ODJEL ZA STRUČNE STUDIJE**

Specijalistički diplomski stručni studij Elektrotehnike

**FRANO ŠESTO**

**ZAVRŠNI RAD**

**SPAJAČ OPTIČKIH NITI FITELE S 179A**

Split, srpanj 2020.

**SVEUČILIŠTE U SPLITU**  
**SVEUČILIŠNI ODJEL ZA STRUČNE STUDIJE**

Specijalistički diplomski stručni studij Elektrotehnike

**Predmet:** Svjetlovodni sustavi

**ZAVRŠNI RAD**

**Kandidat:** Frano Šesto

**Naslov rada:** Spajač optičkih niti FIBER S 179A

**Mentor:** Winton Afrić

**Broj indeksa:** 0243082626

Split, srpanj 2020.

## SADRŽAJ:

Sažetak .....	1
Summary .....	2
1 UVOD .....	3
2 PROBLEMI SPAJANJA OPTIČKIH NITI .....	4
2.1 Problemi kompatibilnosti .....	4
2.2 Gubitak praznine.....	5
2.3 Problemi s usklađivanjem.....	6
2.4 Povezivanje optičkih niti – priprema.....	7
3 FITEL S179 Fusion Splicer.....	10
3.1 Sigurnosne poruke .....	11
3.2 Napajanje .....	11
3.3 Moguće opasnosti prilikom upotrebe .....	11
3.4 Specifikacije .....	12
3.5 Vanjski opis .....	12
3.6 Radni gumbi .....	13
3.7 LED indikatori.....	14
3.8 Zvučni signal .....	15
3.9 Grijač .....	15
3.10 Zaslони.....	16
3.11 Punjenje baterije.....	17
3.12 Učitavanje programa.....	17
3.13 Provjera luka .....	18
3.14 Priprema niti.....	18
4 OPTIČKA TEHNOLOGIJA .....	19
4.1 Značajke svjetlovodnih kabela .....	19
4.2 Metode neovlaštenog prikupljanja informacija iz svjetlovodnih kabela .....	22

4.2.1	Metoda priključnih spojnica.....	23
4.2.2	Metoda djelitelja ili obujmica.....	23
4.2.3	Korištenje posebnih osjetila bez njihovog trajnog učvršćivanja na svjetlovodne niti	24
4.2.4	Korištenje posebnih osjetila koja se trajno učvršćuju na svjetlovodne niti.....	24
4.2.5	Beskontaktne metode .....	24
4.3	Metode zaštite od neovlaštenog pristupa i krađe informacija.....	24
4.3.1	RFTS .....	25
4.3.2	Sustav detekcije promjena.....	25
4.3.3	ODTR .....	25
4.3.4	Enkripcija podataka.....	26
4.4	Kako radi optička nit?.....	26
4.5	Vrste svjetlovodnih kabela .....	26
5	SPAJANJE OPTIČKIH NITI.....	30
5.1	Fuzijsko spajanje optičkih niti .....	30
5.2	Mehaničko spajanje optičkih niti.....	35
5.2.1	V – žlijebljeni spoj .....	35
5.2.2	Spajanje elastičnih cijevi .....	36
6	ZAKLJUČAK .....	39
	LITERATURA.....	40
	POPIS SLIKA .....	41
	POPIS TABLICA.....	42

# SPAJAČ OPTIČKIH NITI FITEL S179A

## Sažetak

Cilj ovog projekta je teoretski objasniti probleme spajanja za sve vrste optičkih niti, opisati svjetlovodne kabele te definirati metode neovlaštenog prikupljanja podataka iz svjetlovodnih kabela, kao i vrste svjetlovodnih kabela. Zatim je obrađen uređaj kojim se spajaju optičke niti Fitel S179A, gdje su opisane glavne karakteristike, dijelovi te način rada uređaja. Na kraju su objašnjene vrste spajanja optičkih niti.

**Ključne riječi:** optička nit, svjetlovodni kabeli, Fitel S179A spajač optičkih niti

## **FUSION SPLICER FITEL S179A**

### **Summary**

The aim of this project is to theoretically explain the connection problems for all types of optical fibers, to describe fiber optic cables and to define methods of unauthorized data collection from fiber optic cables, as well as types of fiber optic cables. Then, the device that connects the optical threads Fitel S179A is processed, where the main characteristics, parts and mode of operation of the device are described. Finally, the types of optical fiber splicing are explained.

**Key words:** optical fiber, fiber optic cables, Fitel S179A fusion splicer

# 1 UVOD

Svrha ovog rada je predstaviti uređaj FITEL S179 te iznijeti temeljne činjenice vezane za proces spajanja optičkih niti. U ovom radu opisan je proizvod FITEL S179 te njegove osnovne karakteristike.

U drugom poglavlju predstavljene su problemi spajanja optičkih niti. Detaljno su predstavljene i opisane su poteškoće s kojima se pojedinac može susresti prilikom spajanja niti. Tako se javljaju problemi kompatibilnosti, gubitak praznine te problemi s usklađivanjem. Osim toga, opisan je način povezivanja optičkih niti.

U trećem poglavlju opisan je sam spajač optičkih niti (FITEL S179). To je uređaj koji služi za spajanje optičkih niti. Može se koristiti za razne primjene, uključujući FTTx, Metro te podatkovne centre. U sklopu samog uređaja opisan je način napajanja, opasnosti prilikom uporabe i sl. Također, opisan je vanjski izgled uređaja, njegovi dijelovi, radni gumbi, LED indikatori, zvučni signal, grijač, zaslone koji se pojavljuju, način punjenja baterije i učitavanja programa, provjera luka te priprema niti.

Četvrto poglavlje odnosi se na optičku tehnologiju. Predstavljene su značajke optičkih kabela, metode neovlaštenog prikupljanja informacija iz svjetlovodnih kabela, metode zaštite od neovlaštenog pristupa i krađe informacija, princip rada optičke niti te su predstavljene vrste svjetlovodnih kabela.

U petom poglavlju opisana je tehnika spajanja optičkih niti koja se koristi za spajanje dvije optičke niti. Postoji fuzijsko spajanje optičkih niti. Spajanje niti korištenjem tehnike fuzije omogućuje dugotrajan kontakt između tih niti. Kod fuzijskog spajanja, dvije niti su termički spojene zajedno. Slijedi mehaničko spajanje optičkih niti. Ono ima sličnu funkciju kao fuzijsko spajanje, s tim što niti drže zajedno mehaničkim sredstvom umjesto tehnikom zavarivanja. Razlikujemo dvije vrste mehaničkog spajanja optičkih niti, a to su V-žlijebljeni spoj te spajanje elastičnih cijevi.

U šestom, zaključnom dijelu, ukratko su opisani najvažniji pojmovi, predstavljene prednosti i nedostaci rada te osvrt na neke važne značajke i činjenice koje su bile ključne za ovaj rad i temu.



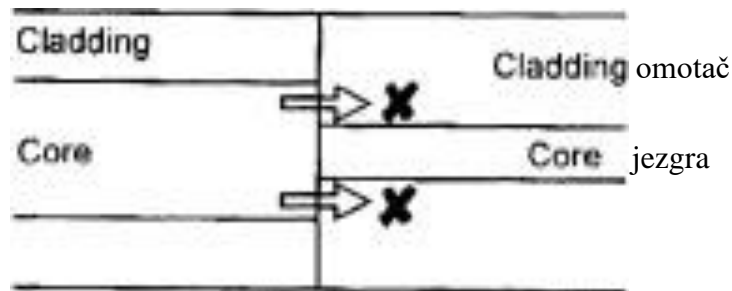
## 2 PROBLEMI SPAJANJA OPTIČKIH NITI

Postoje samo tri stvarna problema u povezivanju optičkih niti:

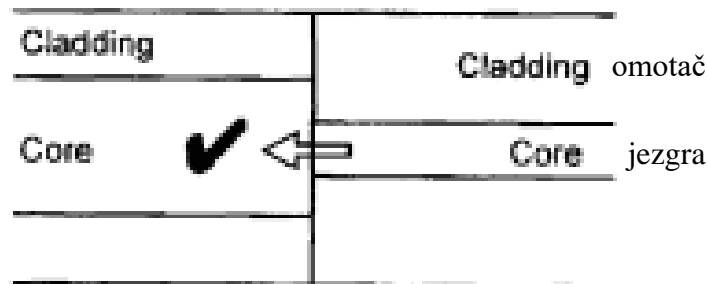
- niti moraju biti kompatibilnih vrsta,
- krajevi niti moraju se sjediniti u neposrednoj blizini i
- moraju se točno uskladiti.

### 2.1 Problemi kompatibilnosti

Zanimljiva značajka ovih problema s kompatibilnošću je ta što oni rezultiraju u stupnju gubitka ovisno o smjeru putovanja svjetlosti duž niti. Do sada smo uvijek smatrali da je pravac svjetla nebitan. Na slikama 2.1. i 2.2. su vidljivi gubici zbog nejednake veličine jezgre.



Slika 2.1. Dio svjetla ne može ući u jezgru



Slika 2.2. Mala jezgra do velike jezgre - bez gubitaka

**Promjeri jezgre:** višemodne niti isporučuju se u raznim veličinama jezgri između 7  $\mu\text{m}$  i 3 mm, od kojih su najčešći 50  $\mu\text{m}$ , 62,5  $\mu\text{m}$ , 85  $\mu\text{m}$ , 100  $\mu\text{m}$ , 200  $\mu\text{m}$ . Industrijski standard je sada 62,5  $\mu\text{m}$  koristeći silicijske niti. Slično je i sa svim plastičnim nitima koji se kreću od 0,25 mm do 3 mm od kojih je 1 mm najčešća. Kad kupujemo komponente, poput lasera, one se često pričvršćuju na duljinu optičke niti (zване pigtail) koju ne možemo razdvojiti. Ako ova nit ima

karakteristike različite od onih u našem glavnom sustavu, tada moramo biti svjesni mogućeg gubitka energije na mjestu spajanja. Jednomodne niti ograničene su na veličinu vrlo blizu 8 μm, tako da problemi s veličinom jezgre nisu česti. Ako povežemo višemodnu nit s velikom jezgrom u jedno s manjom jezgrom, samo će dio svjetlosti koju emitira veća jezgra ući u manju jezgru zbog smanjenog područja preklapanja i doći će do gubitka energije. Ako se, međutim, svjetlost kretala od manje jezgre do veće, sva se aktivna jezgra preklapa i neće doći do gubitaka. Veličina gubitka može se izračunati pomoću formule:

$$\text{Loss} = -10 \log_{10} \left( \frac{\text{core diameter}_{\text{receive}}}{\text{core diameter}_{\text{launch}}} \right)^2 \text{ dB}$$

Treba imati na umu da se ova formula primjenjuje samo kad je promjer niti za pokretanje veći od promjera niti koje prima, jer u suprotnom nema gubitaka.

**Brojčani otvori:** vrlo sličan učinak događa se s promjenama numeričkih otvora. Ako prijemna nit ima brojčani otvor koji je jednak ili veći od lansirne niti, neće doći do gubitaka. Razlog za to je da brojčani otvor otvara konus prihvaćanja. Pretpostavimo tipičnu nit s numeričkim otvorom 0,2, što rezultira time da je konus prihvaćanja od 11,5 ° povezan s niti s NA = 0,25, s konusom prihvaćanja od 14,5 °. Pomoću ovog smjera prijenosa, svi kutevi zraka prihvatit će drugu nit i neće doći do gubitaka. Ako smo, međutim, prenijeli svjetlost u drugom smjeru, svjetlosne zrake s kutevima između 11,5 ° i 14,5 ° nalaze se izvan stošca prihvaćanja prijemne niti i ne bi bile prihvaćene te bi dovele bi do gubitka. Formula izgleda vrlo slično onoj koja se koristi za problem promjera jezgre:

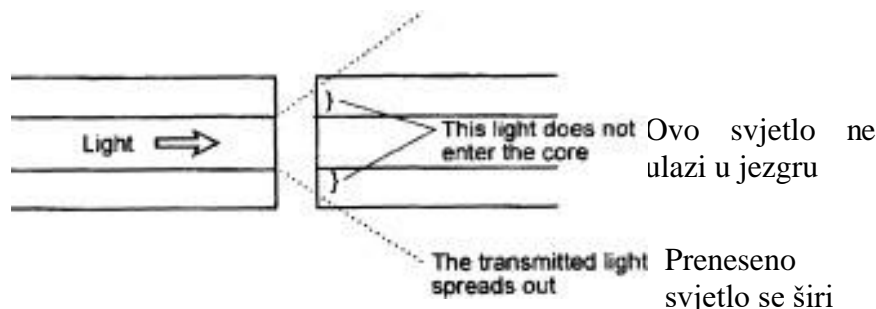
$$\text{Loss} = -10 \log_{10} \left( \frac{NA_{\text{receive}}}{NA_{\text{launch}}} \right)^2 \text{ dB}$$

Treba imati na umu da se formula primjenjuje samo kad je brojčani otvor otvorne niti veći od onog koji prima nit. U suprotnom ne dolazi do gubitaka.

## 22 Gubitak praznine

Kako su krajevi niti razdvojeni, svjetlost iz jezgre se širi pod kutem jednakim kutu prihvaćanja. Manje svjetlosti udara u jezgru područja primajuće niti i dolazi do gubitka. Stupanj gubitka nije ozbiljan s vrijednošću manjom od 0,5 dB kada su krajevi niti razdvojeni na

udaljenosti jednakoj promjeru jezgre. Gubitak se još više smanjuje primjenom gela za podudaranje indeksa koji se dodaje u spojnici kako bi vlaknasta jezgra izgledala kontinuirano. Gel za podudaranje indeksa ima indeks loma sličan jezgri optičke niti, a koristi se za popunjavanje praznine između niti kako bi svjetlosni put izgledao kontinuirano. Obično se dodaje za smanjenje Fresnelovih refleksija, ali istovremeno pomaže pri gubitku praznine. Gubitak praznina se linearno povećava s veličinom praznine.



Slika 2.3. Gubitak praznine

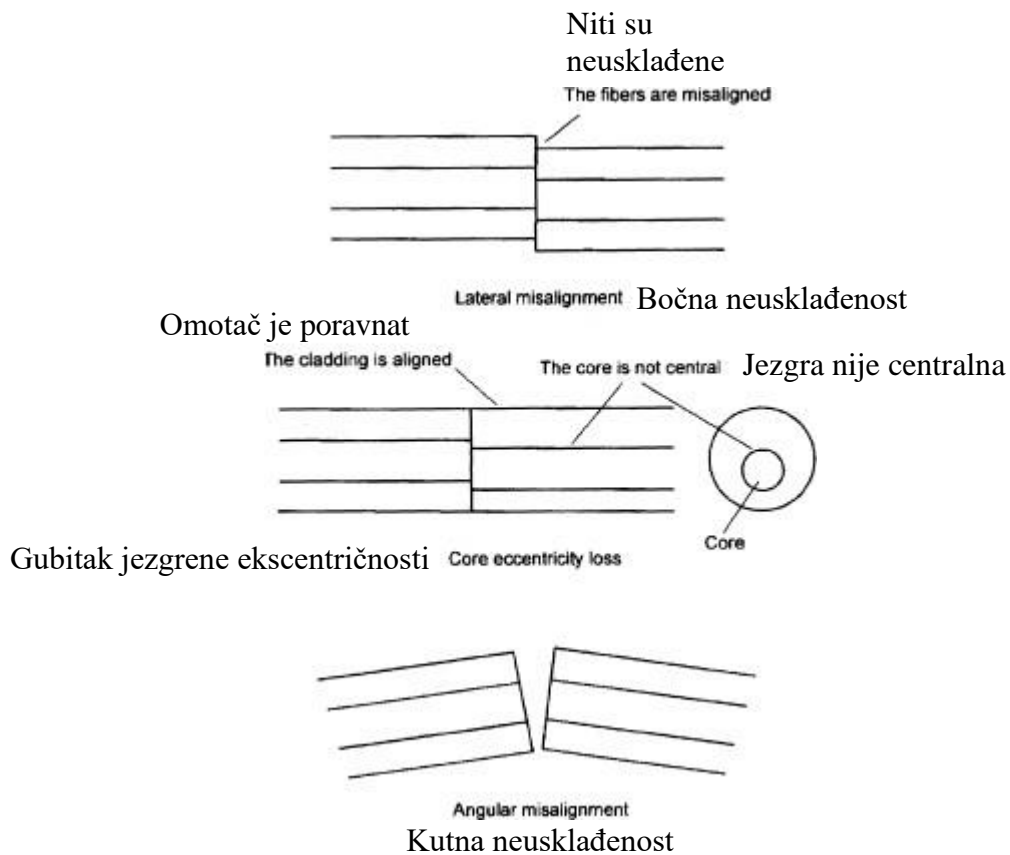
## 23 Problemi s usklađivanjem

**Bočno neusklađivanje:** ima određenu sličnost s gubitkom zbog razlika u veličini jezgre. Kako se niti pomiču, područje preklapanja između dviju jezgara smanjuje se i stoga dolazi do manjeg prijenosa svjetlosti. To je poravnanje prilično kritično, mnogo više od gubitka praznine, a neusklađivanje jedne četvrtine promjera jezgre uzrokovat će gubitak od 1,5 dB. Nakon toga se gubitak brzo povećava nelinearno. To je vidljivo na slici 2.4.

**Poravnavanje jezgre** (gubitak ekscentričnosti): to se događa kada jezgra nije točno smještena u sredini niti. To je vidljivo na slici 2.4. Kada su optičke niti spojene, one se normalno poravnavaju prema odnosu na vanjsku površinu obloge. Ako jezgra nije postavljena središnje unutar niti, rezultat će biti neusklađivanje jezgre, što daje rezultate slične onima uzrokovanim bočnim neusklađivanjem. Korištenjem modernih proizvodnih tehnika, ozbiljni su primjeri ove greške rijetki.

**Kutna neusklađenost:** kako se kutni pomak povećava, svjetlost iz jedne jezgre progresivno propušta drugu kao što je vidljivo na slici 2.4. Sa zračnim razmakom, kutovi neusklađivanja do 3 ili 4 stupnja uzrokuju gubitke manje od 1 dB. Pri povećanim kutovima, gubici se povećavaju bržim stopama na nelinearni način. Upotreba gela za podudaranje indeksa zapravo pogoršava

situaciju jer sprečava širenje učinka konusa prihvaćanja koji bi se obično dogodio u zračnom otvoru.



Slika 2.4. Bočno neusklađivanje, poravnavanje jezgre i kutna neusklađenost

## 24 Povezivanje optičkih niti – priprema

Koju god metodu da odaberemo za povezivanje niti, trebamo pripremiti niti odvajanjem zaštitnog sloja da bismo otkrili oblaganje. Obloga se koristi za pozicioniranje niti kako bi se spriječili gubici neusklađivanja i, ignorirajući gubitak ekscentričnosti, osigurava poravnavanje jezgara. Zaštitni sloj nije dovoljno točan ili stabilan u tu svrhu.

**Točke sigurnosti:** nakon uklanjanja zaštitnog sloja, jezgra i omotač su, naravno, vrlo tanki. To znači da će se blagi pritisak koji se primjenjuje na nit pretvoriti u iznimno visoke koncentracije sile preko krajnjeg dijela niti, lako probijajući kožu, često bez osjećaja da li joj nedostaje živčani završetak. Što je još gore od toga, može se otkinuti unutar vaše ruke. Mi tek moramo otkriti dugoročne medicinske učinke, ali sigurno se neće pokazati korisnima. Potrebno je nositi zaštitu za oči da se spriječi ulazak niti u oči. Ne jesti i piti dok se radi s nitima. Mali komadi lako mogu biti progutani s nepoznatim posljedicama u budućnosti. Potrebno je zaštititi druge ljude, ptice i životinje tako da se pažljivo odlože ostaci niti. Treba biti oprezan te osigurati da ostaci niti

nikad ne završe ni u kome drugome ili ih životinja ili ptica pojedu. Nit treba staviti u trajno zatvoreni spremnik prije odlaganja.

**Uklanjanje zaštitnog sloja:** prvo se otkriva zaštitni sloj uklanjanjem vanjskih omotača. To može značiti nekoliko sekundi pomoću jednostavnog alata za skidanje žice kakav se koristi za električno ožičenje ili sat vremena borbe protiv slojeva oklopa. Postoje dva pristupa uklanjanja zaštitnog sloja - kemijski ili mehanički. Za ovaj zaštitni sloj koristi se raznolika plastika. Bez obzira na upotrijebljenu metodu, cilj je ukloniti oko 50 mm sloja bez grebanja ili udaranja površine obloge jer bi to prouzročilo pucanje niti.

**Kemijsko uklanjanje zaštitnog sloja:** prednost kemijske metode je u tome što nema opasnosti od mehaničkih oštećenja obloge. Tekućina ili gel se utrljaju na površinu sloja i ostave se dvije ili tri minute. Omekšava plastiku koja se nakon toga može obrisati tkivom. Skidanje sredstva nevjerojatno miriše na sredstvo za uklanjanje boje i ispušta jednako neugodne pare. Treba postupati s poštovanjem, pazeći da ne dođe u kontakt s očima, kožom ili golim svjetlima. Potrebno je koristiti rukavice i zaštitne naočale kako bi izbjegli kontakt s kožom i očima.

**Mehaničko uklanjanje zaštitnog sloja:** postoji niz ručnih alata koji mogu pružiti istu uslugu bez upotrebe kemikalija. Njihov rad je u osnovi isti kao skidač bakrene žice, osim što su ugrađeni s puno većom točnošću. Princip je da se sloj probije oštricom koja zaustavlja samo kratko dodirivanje površine obloge. Nit se zatim provlače kroz čeljusti i oštrica uklanja zaštitni sloj. Zbog preciznosti konstrukcije, alati se izrađuju za određene veličine zaštitnih slojeva.

**Čišćenje:** svaki trag zaštitnog sloja ili drugog onečišćenja mora se pažljivo ukloniti. Jedna mrlja sloja, prašine ili masti uzrokovat će neravnomjerno slaganje niti i posljedični gubitak svjetlosti. Najčešća metoda čišćenja je vlaženje neke krpe ili tkiva bez vlakana izopropilnim alkoholom (IPA), presavijanje i povlačenje niti kroz tkivo. Dobro je izbjeći previše kontakta s IPA-om, a upotreba rukavica za ruke je dobra ideja. Aceton se ponekad nudi kao alternativna tekućina za čišćenje, ali zbog opasnosti po zdravlje kože i udisanja pare smatra se gorim (čak i gorim) od izopropilnog alkohola. Miješanje tekućina za čišćenje može biti opasno pa se to ne preporučuje. Ako je kabel napunjen gelom, od presudne je važnosti da gel ne kontaminira alate ili oblaganje. Terpentini ili bijeli duh mogu se koristiti kao sredstvo za čišćenje u ovoj fazi. Nakon što se niti potpuno očiste, potrebno je osigurati da se ponovno ne onečisti. To je tako jednostavno učiniti, gotovo bez razmišljanja. Neki ljudi, nakon što su očistili nit, osjećaju neodoljiv poriv da ga

provuku između prsta i palca samo kako bi bili sigurni, drugi su oprezni da to izbjegnu i pažljivo polože nit na prašjavu radnu površinu.

**Cijepanje niti:** da bi povezali dvije niti, osim što mora biti skinut zaštitni sloj i nit biti potpuno čista, kraj niti mora biti čisto izrezan pod pravim kutom. Taj se postupak naziva cijepanje. Potrebno je da pogreška u ovom kutu ne bude veća od  $1^\circ$ . Svaka veća pogreška uzrokovat će kutne gubitke. Želimo da se nit razbije vrlo čisto, ostavljajući kraj bez nedostataka. Na tržištu postoji mnogo različitih alata za cijepanje koji variraju u veličini, (tvrđenoj) točnosti i cijeni. Razlika u cijeni između vrha i dna asortimana kreće se oko trideset puta. Općenito, mali jeftini se obično teže koriste i zahtijevaju praksu da bi se usavršili. Oni skuplji su lakši za korištenje dajući kvalitetne dijelove svaki put s minimalnim vježbanjem. Dobro je isprobati nekoliko vrsta možda na izložbi ili kad se pohađa tečaj - uvijek postoji raspon mišljenja o tome koji je najbolji. Najbolji je vjerojatno onaj koji nam je najlakši za upotrebu. Savršeno čista nit podupire se u položaju, često pomoću V-žlijeba. Ako je utor u obliku V-žlijeba precizno izrezan u stabilni materijal, nit će pasti na dno i poravnati će se s utorom. Svaka kontaminacija mora se izbjeći pod svaku cijenu - i kanali za oblaganje i niti moraju se pažljivo očistiti jer će se u protivnom pokazati katastrofalnim. U sofisticiranijim cjepačima postoji značajna istraživačka i inženjerska preciznost kako bi se postiglo cijepanje i potpuno je automatski. Na jeftinom kraju tržišta nudi se ručni alat koji se sastoji od umjetnog safira montiranog u držač za olovke. Operator mora podržavati nit jednim prstom dok je olovka nježno premještena po niti. Potrebna je velika praksa da se proizvede točan trag na oblozi. Rezultati su, doslovno, ostavljeni u rukama operatera. Jednom kada je oznaka napravljena, nit se podvlači povlačenjem, a pukotina se širi preko niti i cijepa se. Otpadne niti moraju se odlagati u zatvorene spremnike.

**Kontrola cijepanja:** krajnje stanje provjerava se mikroskopom ili povećalom. Zanima nas krajnji kut i provjeravamo da li postoje šiljci, krhotine ili pukotine. Ako postoji bilo što od navedenog, spriječit će učinkovit prijenos svjetlosti i ne postoji druga opcija nego ponovno započeti cijepanje.

**Plastične niti:** vanjski sloj se skida s parom žičanih skidača, a zatim je kraj niti spreman za cijepanje. Postupak cijepanja zaista je jednostavan - nit se jednostavno reže oštrim nožem. Stvari nisu toliko kritične s plastikom niti su rezultati tako dobri.[11]

### 3 FITEL S179 Fusion Splicer



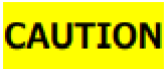
Snažni FITEL S179 ručni spjač optičkih niti donosi brzo i pouzdano spajanje optičkih niti čak i u otežanim uvjetima okoline. Kombinacijom brzine, preciznosti, trajnosti, prenosivosti i vrhunske komunikacije metode u jednoj jedinici, ovaj stroj za spajanje fuzija otvara vrata za potpuno novi asortiman aplikacija. Dizajniran za krajnje korisnike i robusnu upotrebu, FITEL S179 omogućuje brzo spajanje i zagrijavanje za konstantne rezultate, spajanje nakon spajanja. Pogodan za korištenje u neosjetljivim i učinkovitim nitima velike površine, ovaj stroj za spajanje optičkih niti izvrstan je izbor za razne primjene, uključujući podatkovne centre, Metro i FTTx. Širok raspon novih značajki koje poboljšavaju komunikaciju, jednostavnost uporabe, prenosivost i trajnost polja kombiniraju se kako bi S179 postao jedan od najmoćnijih i najprikladnijih strojeva za fuzijsko spajanje koji je danas dostupan. Sustav baterije velikog kapaciteta pomaže uštedjeti vrijeme omogućavajući 200 ciklusa spajanja (spajanje / grijanje) s jednim punjenjem. Dok LCD zaslon širok 4,3 inča s dodirnom pločom nudi jednostavan i intuitivan rad, proporcionalno široka komora za spajanje omogućava optičkim nitima jednostavno učitavanje. Za bolju vidljivost u uvjetima slabog osvjetljenja, 3 + 1 LED svjetla osvjetljavaju cijelu komoru za spajanje. [1]



Slika 3.1. Spjač optičkih niti

### 3.1 Sigurnosne poruke

Tablica 1. Sigurnosne poruke

	Odnosi se na korisnički priručnik za upute o rukovanju i siguran rad s instrumentom.
	Postupak može rezultirati ozbiljnom ozljedom ili gubitkom života ako se ne poštuju sve sigurnosne mjere. Potrebno je osigurati sve uvjete potrebne za sigurno rukovanje i rad.
	Postupak može rezultirati ozbiljnim oštećenjem ili uništenjem instrumenta ako se ne poštuju upute za pravilnu upotrebu. Potrebno je osigurati da su svi uvjeti potrebni za sigurno rukovanje i rad ostvareni prije početka rada.

### 3.2 Napajanje

S179A može raditi iz izmjeničnog izvora sa S979 AC / DC adapterom. S979 adapter može prihvatiti izmjenični izvor s naponom između 100 ~ 240V na frekvenciji 50 ~ 60Hz. Unutarnju bateriju S947 puni S179A kroz S979 izmjenični adapter.

### 3.3 Moguće opasnosti prilikom upotrebe

Fuzijski spajač S179A ne predstavlja toksične opasnosti (pod normalnim uvjetima uporabe, skladištenja i rukovanja). Međutim, u sljedećim uvjetima su potrebne određene mjere opreza:

- **Spaljivanje:** neke od elektroničkih komponenti uključenih u sklop su izrađene od smola i drugih kemikalija koje stvaraju otrovne pare tijekom spaljivanja.
- **Kiseli ili kaustični spojevi:** neke od elektroničkih komponenti u uređaju, posebno elektrolitski kondenzatori, sadrže kisele ili kaustične spojeve. U slučaju da oštećena komponenta dođe u dodir s kožom, potrebno je zahvaćeno područje odmah oprati hladnom vodom. U slučaju kontaminiranja oka, temeljito isprati s pouzdanim sredstvom za pranje i potražiti medicinsku pomoć.
- **Fizička oštećenja:** neke komponente koje se koriste u montaži mogu sadržavati vrlo malo količine toksičnih materijala. Postoji mogućnost da fizički oštećene elektroničke komponente mogu predstavljati toksičnu opasnost. U skladu s mjerama opreza, potrebno je izbjegavati nepotreban kontakt s oštećenim elektroničkim dijelovima i organizirati odlaganje u skladu s lokalnim propisima.



### 3.4 Specifikacije

Tablica 2. Specifikacije Fitel S179A spajača optičkih niti

Artikl	Specifikacije i značajke
Primjenjive niti *1	SMF / MMF / DSF / NZDSF / BIF/UBIF
Duljina cijepanja niti	5 ~ 16mm for 0.25mm fiber 10 ~ 16mm for 0.9mm fiber tight buffer
Promjer premaza	0.1 ~ 3.0mm
Promjer obloge	80 ~ 150µm
Primjenjiva duljina pojasa	20 / 40 / 60mm
Napajanje*2	DC : 11 - 24V AC : 100 - 240V 50/60Hz (AC Adapter)
Težina	Glavno dio: 2,0kg (uključujući bateriju)
Ekološki uvjeti	Temperatura: -10 - +50 ° C Vlažnost: Ispod 90% (Bez kondenzacije)
Radna temperatura	Temperatura: -40 - +60 ° C Vlažnost: Ispod 95%
Tipični gubitak umetanja *3	SMF: 0.02 dB MMF: 0.01 dB DSF: 0.04dB NZDSF: 0.04dB
Vrijeme spajanja	6sec (brzi način rada), 9sec (redovan način rada)
Tipično vrijeme grijanja *4 *5 (kada se koristi AC Adapter)	9sec: Tyco SMOUV1120-01 (način napajanja) 13sec: FITEL S921 250µm (način napajanja) 15sec: FITEL S921 900µm (način napajanja)
Broj dostupnih programa	Spajanje: 300 / Toplina: 100
Maksimalni kapacitet memorije	Spajanje: 20.000 / Slika niti: 100
Ulazni / izlazni terminali	Ulaz / izlaz podataka: USB 2.0

\*1: Primijenjeno na ITU-T standard

\*2: Ne koristiti neprikladni ulazni napon. To može uzrokovati požar, strujni udar ili kvar.

\*3: Ispitan u laboratorijskom okruženju sa sličnim nitima. Nema zajamčenih rezultata.

\*4: Kod rada s baterijom, vrijeme grijanja može biti duže od uobičajenog vremena grijanja. Vrijeme grijanja može se povećati ovisno o vremenskim uvjetima.

\*5: Vrijeme grijanja može se povećati ovisno o korištenim rukavima.[2]

### 3.5 Vanjski opis

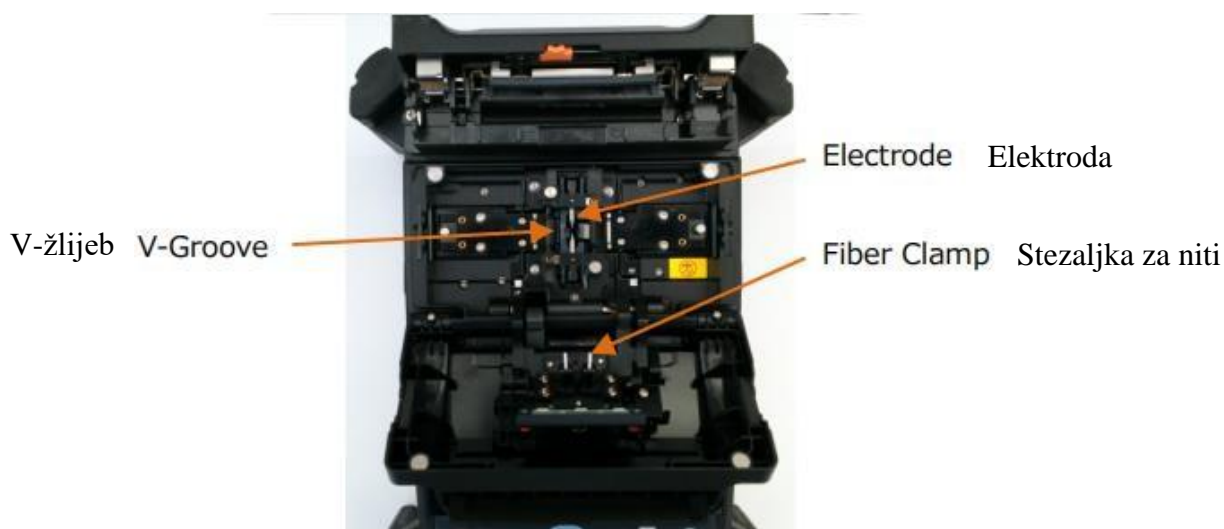
Na slikama 3.2., 3.3., i 3.4. su prikazani dijelovi optičkog spajača niti.



Slika 3.2. Dijelovi spajača optičkih niti



Slika 3.3. Dijelovi spajača optičkih niti



Slika 3.4. Dijelovi spajača optičkih niti

### 3.6 Radni gumbi

Na slici 3.5. prikazani su radni gumbi spajača optičkih niti.




Slika 3.5. Radni gumbi spajača optičkih niti



Tablica 3. Radni gumbi

Indikator	Ime	Glavne funkcije
	Start	Start/ Pauza/ Ponovno pokretanje procesa
	Escape	Otkazi sljedeću akciju
	Enter	Odaberite stavku izbornika / Odredite vrijednost
	Gore	Pomicanje prema gore / Dodavanje dodatnog luka
	Dolje	Pomicanje prema dolje / kontrola svjetline LCD-a kad je spreman status
	Izbornik	Pokaži izbornik
	Grijanje	Pokrenite grijanje / Zaustavite grijanje
	Napajanje	Uključite / isključite napajanje kad dugo pritisnete / Kad kratko pritisnete, vratite se na prethodni zaslon

### 3.7 LED indikatori

Tablica 4. LED indikatori

Indikator	Ime	Boja	Glavne funkcije
	LED za pokretanje	Zelena	Upaljeno: Uključeno Treperi: mirovanje

	LED za grijanje	Crvena	Upaljeno: Za vrijeme grijanja Treperi: Tijekom hlađenja
	LED za napajanje	Narančasta	Upaljeno: Tijekom punjenja Treptanje: Pogreška

### 3.8 Zvučni signal

Zvuk će se oglasiti na pritisak bilo koje tipke. Osim toga, sljedeći zvučni signali pokazuju status rada:

- tipke za rad: jedan zvučni signal,
- poništeno je vraćanje stroja: jedan zvučni signal,
- došlo je do pogreške: tri zvučna signala,
- završeno spajanje: niz zvučnih signala,
- stanka: dva zvučna signala,
- proces grijanja završen: jedan dugački zvučni signal.

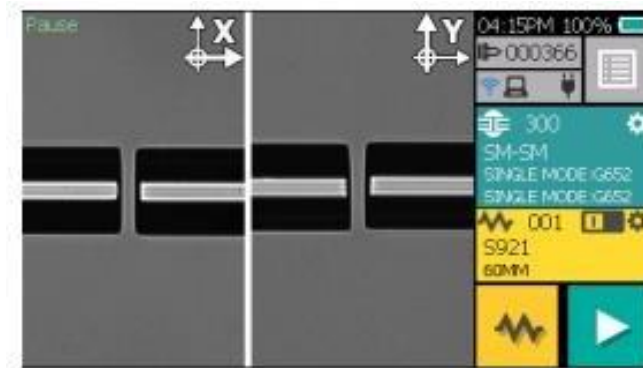
### 3.9 Grijač

S 179A ima nekoliko programa grijača koji su izrađeni za različite tipove zaštitnih slojeva. Postoji prekidač za brzo grijanje, smješten ispod poklopca grijača. Važno je postaviti ovaj prekidač u odgovarajući položaj za odabrani program grijača. Ako je potrebno promijeniti položaj prekidača, S179 će prikazati način prebacivanja. Pomaknuti prekidač prema ekranu kao što je vidljivo na slikama 3.6., 3.7. i 3.8.



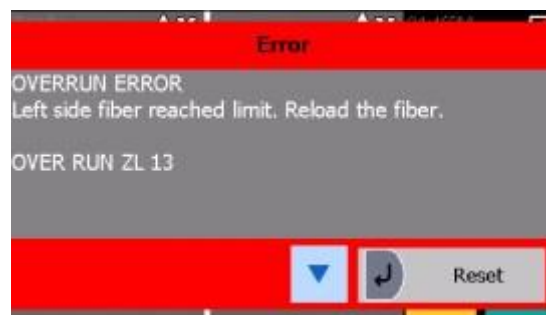
Slika 3.6. Paljenje i gašenje grijača





Slika 3.10. Zaslona za vrijeme spajanja

**Skočni prozor:** ovi skočni prozori pojavljuju se kad se pojavi poruka. Oni također pokazuju upozorenje i poruke o pogrešci kao što je to na slici 3.11. Moguće je sakriti prozor pritiskom na tipku ▼. Tipka ▲ ponovno prikazuje prozor.



Slika 3.11. Poruka upozorenja

### 3.11 Punjenje baterije

Nakon spajanja kabela za napajanje na punjač i priključkom kabela napajanja u utičnicu za izmjeničnu struju, započinje proces punjenja. (Pri spajanju i grijanju, proces punjenja privremeno se zaustavlja, zbog ovog procesa vrijeme punjenja će biti duže. Punjenje se preporučuje kada je uređaj isključen).

### 3.12 Učitavanje programa

Prije početka rada uređaja potrebno je instalirati programe za potrebne radnje. Fitel S179A već u sebi ima pohranjene neke programe, a također se mogu i dodatno instalirati i drugi. Nakon instaliranja programa potrebno je odabrati fuzijski program za spajanje određenih niti. Nakon toga treba izabrati grijač, te operativni jezik.

### **3.13 Provjera luka**

Spajanje optičkih niti je tehnika koja se koristi za spajanje dvije optičke niti. Niti se spajaju i tope na različitim temperaturama stoga je potrebno prilagoditi luk snage kako bi se osigurali optimalni rezultati spajanja. Osim toga, trošenje elektroda, okolišni uvjeti, npr. temperatura, vlaga i nadmorska visina mogu utjecati na rezultate spajanja. Funkcija provjere luka pregledava snagu luka i prilagođava ga ispravnom vrijednošću. Kod provjere luka, spajač rastopi krajeve niti bez spajanja zajedno kako bi se provjerilo stanje taljenja. Ako se greške spajanja pojavljuju neprekidno, potrebno je izvršiti provjeru luka i vidjeti da li je vrijednost napajanja luka ispravna.

### **3.14 Priprema niti**

Na gubitak spoja izravno utječe kvaliteta pripreme niti. Za najbolje rezultate potrebno je da su V-žljebovi čisti i da su krajevi niti pravilno očišćeni. [2]

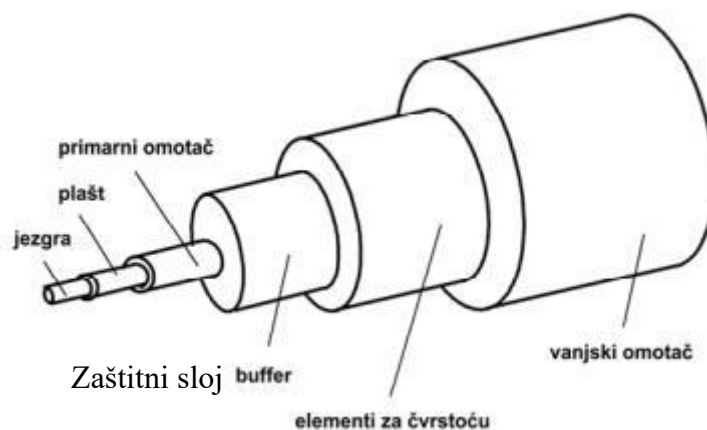
## 4 OPTIČKA TEHNOLOGIJA

Optička nit šalje informacije kodirane snopom svjetlosti niz staklenu ili plastičnu cijev. Prvobitno je razvijen za endoskop 1950-ih godina kako bi pomogao liječnicima da vide unutar ljudskog tijela, a da ga prvo ne moraju prerezati. Šezdesetih godina prošlog vijeka inženjeri su pronašli način korištenja iste tehnologije za prenošenje telefonskih poziva brzinom svjetlosti (obično je to 186.000 milja ili 300.000 km u sekundi u vakuumu, ali usporava na približno dvije trećine ove brzine u svjetlovodnom kabelu). Kabel s optičkim nitima sastoji se od nevjerojatno tankih niti stakla ili plastike poznatih kao optičke niti; jedan kabel može imati samo dvije žice ili čak nekoliko stotina. Svaki pramen je debljine manje od desetine ljudske dlake i može prenijeti negdje oko 25.000 telefonskih poziva, tako da cijeli svjetlovodni kabel lako može prevesti nekoliko milijuna poziva. Svjetlovodni kablovi nose informacije između dva mjesta koristeći se u potpunosti optičkom (svjetlosnom) tehnologijom.

### 4.1 Značajke svjetlovodnih kabela

Svjetlost je transverzalni elektromagnetski val, tj. val u kojem sinusne oscilacije magnetskog polja uzrokuju sinusne promjene jakosti električnog polja. Ne mogu se svi elektromagnetski valovi vidjeti kao svjetlost, već njoj pripada samo jedan malen dio elektromagnetskih valova, čija se valna duljina nalazi u mikrometarskom valnom području.

**Grada svjetlovodnih niti:** zasad se najboljim svjetlovodnim prijenosnim sustavom pokazao sustav koji kao prijenosni medij koristi svjetlovodne niti (eng. Fiber). Svjetlovodna nit je transparentan dielektrični cilindar obavijen drugim transparentnim dielektričnim cilindrom kako je to prikazano slikom 4.1.



Slika 4.1. Svjetlovodna nit



Prijenos energije odvija se na svjetlovodnim valnim duljinama od infracrvenog do ultraljubičastog spektra. Svjetlost se zbog niza refleksija kroz svjetlovodnu nit prenosi od ruba do ruba između jezgre (unutrašnji cilindar) i omotača (vanjski cilindar). Kako bi do refleksije uopće došlo potrebno je ispuniti dva uvjeta. Prvi je veći svjetlosni indeks loma materijala od koga je izrađena jezgra u odnosu na materijal od koga je izrađen omotač, a drugi je dovoljno malen upadni kut svjetlosti u odnosu na svjetlovodnu nit. Ako su oba uvjeta ispunjena, svjetlost se zbog niza refleksija prostire kroz nit od jednoga do drugoga njezina kraja. Svjetlovodna nit se uobičajeno sastoji od staklene jezgre cilindričnog oblika, oko koje je stakleni omotač koji ima različiti indeks loma svjetlosti od jezgre. Kod višesmodnih svjetlovodnih niti sa skokovitim indeksom loma postoji više mogućih putova širenja svjetlosne zrake kroz niti. Ovakvo širenje po višestrukim putovima dovodi do proširenja tj. disperzije zrake svjetlosti koja se širi svjetlovodnom niti, što se izravno odražava na najveću moguću brzinu prijenosa signala. Mnogo složenije višesmodne niti su one s kontinuirano promjenjivim indeksom loma, tzv. gradijentne niti. One imaju manju modalnu disperziju jer im se indeks loma jezgre mijenja u koncentričnim kružnicama. Na taj se način zrake ne odbijaju u diskretnoj točki, nego se postupno zakrivljuju te prate gotovo sinusoidalnu putanju u niti. Zbog manjeg indeksa loma u područjima dalje od središta niti, zrake koje putuju pod većim kutom imaju veću brzinu od onih koje propagiraju pretežno u središnjem djelu niti. Zbog male disperzije kroz ove niti mogu se prenositi signali mnogo većom brzinom. Za prijenos signala najvećim brzinama koriste se jednomodne niti. Kod njih je promjer jezgre reda veličine valne dužine svjetla pa se može širiti samo jedan mod. Osim opisanih svjetlovodnih niti za potrebe prijenosa podataka unutar malih lokalnih mreža mogu se koristiti i tzv. PCS niti (eng. Plastic Clade Silica). To su niti koje imaju staklenu jezgru i plastičnu ovojnici. S obzirom na to da se one koriste za male udaljenosti (do 2 km), promjer jezgre niti i numerički otvor su obično važniji od samog gušenja i širine pojasa propuštanja. Gledajući podatak o promjeru poprečnog presjeka, svjetlovodne niti imaju vrlo male dimenzije. Kako bi se stekla predodžba o prikazanim veličinama, moguće ih je usporediti s jednom vlasu ljudske kose koja ima promjer od oko 100  $\mu\text{m}$ . Vrste svjetlovodnih niti definirane su s dvije brojčane oznake od kojih prva daje podatak o promjeru jezgre, dok druga daje podatak o promjeru omotača. Osim promjera niti vrlo važna dimenzija u specifikaciji kabela je i vanjski promjer plašta. Normirane vrijednosti su promjeri od 250 i 900  $\mu\text{m}$ . Ova dimenzija je važna jer je oprema za zaključivanje svjetlovodnih niti prilagođena ovoj veličini. S obzirom na materijal od kojih su proizvedene, niti se dijele na:

- **staklene** – u najširoj su upotrebi; izrađene su od ultra čistog, ultra transparentnog silicij dioksida ( $\text{SiO}_2$ ), kojem su namjerno dodane nečistoće kako bi se postigao željeni indeks loma; tako npr. germanij ili fosfor povećavaju indeks loma, dok ga bor i fluor smanjuju.
- **staklo - plastične** (eng. Plastic-Clad Silica - PSC) – ove niti imaju staklenu jezgru i plastični omotač.
- **plastične** – imaju plastičnu jezgru i plašt; u usporedbi s ostalim vrstama imaju lošija svojstva što se tiče slabljenja signala i širine prijenosnog pojasa, dok ih s druge strane njihova niska cijena i jednostavnost upotrebe čine zanimljivim za određene primjene.

Osim parametara koji određuju prijenosne karakteristike svjetlovodnih niti, vrlo važne su i njihove mehaničke značajke. Svjetlovodna nit izdržava silu niti dvostruko veću od čelične niti iste debljine. Glavni razlog slabosti svjetlovodnih niti su pukotine na površini koje se pod povećanim opterećenjem šire te u krajnjem slučaju mogu dovesti do puknuća niti. Svjetlovodne niti imaju ograničenja u savijanju te se definira najmanji dopušteni polumjer savijanja. Uz opasnost od mehaničkog oštećenja savijanjem se smanjuje izdržljivost niti na vlačna naprezanja i povećava efekt slabljenja signala. Kako bi se svjetlovodne niti mogle koristiti za komunikacijske svrhe potrebno ih je prije upotrebe na odgovarajući način “zapakirati”. Kabel predstavlja “ambalažu” u koju su zamotane jedna ili više niti. Oni ih zaštićuju od mehaničkih, kemijskih i ostalih utjecaja okoline kroz koju se provlače. Kod električnih vodiča kabel služi i za zaštitu od električnog udara, što nije slučaj kod optičkih kabela. Optički kabela se isporučuju u različitim izvedbama. Svojstva kabela na temelju kojih se vrši izbor su izdržljivost na nit, otpornost prema raznim okolinama, temperaturna stabilnost, fleksibilnost i estetski izgled.

Glavni dijelovi optičkog kabela su:

- svjetlovodna nit,
- zaštitni omotač (eng. Buffer),
- elementi za čvrstoću i
- vanjski omotač.

Zaštitni omotač predstavlja najjednostavniju zaštitu niti koja se nanosi izravno na nit (eng. Jacket). Ovaj sloj je dio niti i njega nanosi proizvođač svjetlovodnih niti. Ova prva zaštita ujedno je i element koji određuje boju niti. Dodatnu zaštitu niti (eng. Buffer) dodaje proizvođač kabela. Vrste ovakve zaštite su :

- **labavi zaštitni omotač** (eng. Loose Buffer) – koristi čvrstu plastičnu cjevčicu čiji je unutrašnji promjer nekoliko puta veći od vanjskog promjera niti. Jedna ili više niti nalaze se u jednoj cjevčici, a cjevčica je ispunjena gelom ili uljem. Cjevčica izolira niti od ostatka kabela te ih štiti od mehaničkih sila koje djeluju na kabel.
- **čvrsti zaštitni omotač** (eng. Tight Buffer) – predstavlja plastičnu zaštitu koja je izravno nanosena na niti. Ovakva konstrukcija omogućuje bolju udarnu otpornost. S druge strane čvrsti zaštitni omotač osjetljiviji na promjene temperature. Zbog različitog temperaturnog koeficijenta uslijed promjene temperature dolazi do mehaničkog opterećenja niti. Ovo može uzrokovati pojavu mikro pregiba u niti. Velika prednost kabela s ovom vrstom zaštitnog omotača su manji dozvoljeni polumjeri savijanja i puno lakše manipuliranje.
- **polučvrsti zaštitni omotač** (eng. Semi Tight ili eng. Micro Loose Buffer) – zaštitni omotač koji objedinjuje dobra svojstva prethodne dvije vrste omotača.

Elementi za čvrstoću (eng. Strength Members) daju mehaničku čvrstoću kabele. Za vrijeme instalacije, ali i tijekom eksploatacije, na kabel djeluju vanjske sile koje ne smiju oštetiti svjetlovodnu nit. Danas je najpopularniji materijal za ovu svrhu kevlar, a osnovna mu je prednost izostanak istezanja kod vlačnih opterećenja. Osim kevlara koriste se još čelik i fiberglass, ali uglavnom u kabeleima s više niti. Čelik je po mehaničkim svojstvima bolji, ali Fiberglass omogućuje galvansku odvojenost. Vanjski omotač (eng. Outer Jacket) - štiti od mehaničkih i kemijskih oštećenja kao što su habanje, ulje, kiseline, alkali, glodavci itd. Izbor materijala ovisi o razini zaštite koja se želi postići. Materijali koji se koriste za izvedbu vanjskih omotača su PVC, polietilen, polipropilen, najlon, teflon, i sl.[9]

## **42 Metode neovlaštenog prikupljanja informacija iz svjetlovodnih kabela**

Prilikom projektiranja svjetlovodnih sustava stručnjaci određuju potrebnu snagu signala koja uz sve prisutne gubitke osigurava njegov pouzdan dolazak s jedne na drugu stranu kabela. Ova snaga uvećava se za određeni faktor sigurnosti, kako sustav ni u jednom trenutku, zbog nekih nepredviđenih okolnosti ne bi nepravilno radio. Dobro dizajnirani sustavi mogu kvalitetno prenositi informacije bez gubitaka, neispravnih bitova, prekida signala, ili mrežnih upozorenja unatoč gubicima i anomalijama koje u prijenosni put unose TAP uređaji, te se ova činjenica koristi za neovlašteno prikupljanje informacija i podataka. Postoje tri osnovne metode krađe informacija iz svjetlovodnih niti:

- **Metoda priključnih spojnica** (eng. splice) – svjetlovodna nit se kratkotrajno prekida kako bi se prespojila na uređaj za analizu podataka.
- **Metoda djelitelja ili obujmica** (eng. splitter or coupler) – korištenjem specijalnih prijemnika svjetlosna zraka iz svjetlovodne niti se hvata i ponovo reflektira u svjetlovodnu nit, pri čemu se analizira uhvaćeni signal.
- **Beskontaktna metoda** – metoda kod koje nije potrebno fizičko spajanje na svjetlovodnu nit. Svaka od nabrojanih metoda koristi uređaje za hvatanje i analizu signala koji se u stručnoj terminologiji nazivaju TAP uređaji. Uređaji koji su dostupni na komercijalnom tržištu vrlo su kvalitetni te u svjetlovodne niti unose gubitke manje od 3 dB. Za potrebe vojnih i istraživačkih organizacija razvijeni su uređaji za analizu signala koji unose gubitke manje čak i od 0.3 dB. Iz izloženih svojstava TAP uređaja vidljiva je zahtjevnost njihove detekcije, a pokazuje se da je, čak i uz korištenje najbolje opreme, gotovo nemoguće odrediti točno mjesto njihovog priključenja. Ovu spoznaju uvelike koriste pojedinci i organizacije koje žele neovlašteno doći do vrijednih informacija i podataka.

#### 4.2.1 Metoda priključnih spojnica

Ova metoda je vrlo jednostavan način prikupljanja informacija koje putuju u obliku svjetlosnog signala kroz svjetlovodnu nit. Sastoji se od kratkotrajnog presijecanja optičke niti, njezinog spajanja na posebne priključke i priključivanja TAP uređaja kojim se analizira presretnuti signal. Prekid niti uzrokuje kratkotrajni ispad prijenosnog puta koji se registrira kod davatelja telekomunikacijskih usluga. Budući da je prekid vrlo kratkotrajan, a davatelji usluga u većini slučajeva nisu odgovarajuće opremljeni niti vrše provjeru uzroka kratkotrajnih prekida ova metoda se često koristi, jer omogućuje vrlo siguran i jeftin dolazak do vrijednih informacija i podataka.

#### 4.2.2 Metoda djelitelja ili obujmica

Metoda ima dva načina kojima se vrši prikupljanje informacija:

- korištenjem posebnih osjetila bez njihovog trajnog učvršćivanja na svjetlovodne niti ili
- korištenjem posebnih obujmica s ugrađenim osjetilima koje se trajno fiksiraju na svjetlovodne niti.

### **4.2.3 Korištenje posebnih osjetila bez njihovog trajnog učvršćivanja na svjetlovodne niti**

Metoda koristi pojavu pukotine u refleksnom i zaštitnom sloju svjetlovodne niti prilikom njenog savijanja pod određenim kutem. Dio svjetlosti iz niti se ne reflektira na refleksnom sloju već prolazi kroz pukotinu. Na mjestu gdje on izlazi iz niti postavlja se posebno osjetilo koje hvata signal i prosljeđuje ga na TAP uređaj gdje se signal dalje analiza. Na ovaj način unose se gubici signala manji od 1%, što je nemoguće uočiti bez visoko specijaliziranih uređaja.

### **4.2.4 Korištenje posebnih osjetila koja se trajno učvršćuju na svjetlovodne niti**

Kod ove metode uklanjaju se zaštitni i refleksni sloj koji se nalaze oko jezgre svjetlovodne niti te se postavlja posebno osjetilo koje zamjenjuje uklonjene slojeve. Prilikom prolaska svjetlosti dio se reflektira, a dio se apsorbira na osjetilu i prenosi na TAP uređaj kojim se primljeni signal dalje obrađuje. Na ovaj način u svjetlovodne se niti unosi gubitak od svega 0.5% razine signala, te je nemoguće otkriti neovlašteno prikupljanje informacija i podataka bez visoko sofisticiranih uređaja.

### **4.2.5 Beskontaktne metode**

Postoje dvije metode prikupljanja informacija beskontaktnom metodom koje su opisane u američkom patentu US 6.265.710 i europskom patentu 0 915 356. U ovim patentima koji su javno objavljeni i dostupni na Internetu detaljno se opisuju metode i postupci prikupljanja informacija iz svjetlovodnih niti bez fizičkog kontakta s njima. Uređaji koji se koriste za ovu metodu tapinga i njihov princip rada također su opisani o patentima, ali sami uređaji nisu dostupni u komercijalnoj prodaji.

## **43 Metode zaštite od neovlaštenog pristupa i krađe informacija**

Kvalitetna zaštita od neovlaštenog prikupljanja informacija korištenjem metode koja iziskuje fizički kontakt sa svjetlovodnim nitima uključuje barem jednu od sljedećih nekoliko tehnika:

- **RFTS** (eng. Radio Frequency Testing System),

- **sustav detekcije promjena** (eng. Intrusion Detection System),
- **ODTR** (eng. Optical Time Domain Reflectometer) ili
- **enkripciju podataka.**

Kvalitetna zaštita od neovlaštenog prikupljanja informacija u slučajevima primjene beskontaktnih metode moguća je jedino uz primjenu kvalitetnog sustava enkripcije podataka.

#### **4.3.1 RFTS**

Metoda je prvenstveno namijenjena provjeri sigurnosti tzv. Dark Fibre svjetlovodnih kabela koji povezuju dvije točke bez ikakvih prekida. Metoda omogućava otkrivanje prisutnosti TAP uređaja na svjetlovodnom kabelu, ali samo dok on nije u komercijalnoj eksploataciji, tj. od trenutka kad kabelom počnu teći korisne informacije ova metoda više se ne može primjenjivati. Naknadno se na svjetlovodnom kabelu mogu pojaviti neki TAP uređaji koji za vrijeme provjere nisu bili prisutni, te ova metoda ne daje potrebnu pouzdanost.

#### **4.3.2 Sustav detekcije promjena**

Sustav detekcije promjena prati fizičku i podatkovnu razinu svjetlovodnog prijenosnog sustava i administratora upozorava o mogućoj prisutnosti TAP uređaja. Osnovni princip rada je kontrola protoka informacija i bilježenje svih prekida, odnosno pogrešaka u prijenosu u baze podataka. Sama metoda može raditi na fizičkom ili podatkovnom sloju, no ona nam ne jamči veliku sigurnost od neovlaštenog pristupa informacijama budući da kvalitetno raspoznavanje pokušaja zlouporabe iziskuje stručno, osposobljeno i kvalitetno opremljeno osoblje čemu većina davatelja usluga ne pridaje dovoljno veliku pozornost.

#### **4.3.3 ODTR**

Ova metoda zaštite prvenstveno se koristi kod vrlo osjetljivih i povjerljivih prijenosnih putova, prvenstveno vlade i vojske. Osnovni princip je svakodnevno mjerenje značajki svjetlovodnih niti i kabela te međusobna usporedba dobivenih rezultata kako bi se uvidjelo da li je došlo do znatnije promjene, te tako otkrila moguća prisutnost TAP uređaja. Sama metoda jamči veliku sigurnost od neovlaštenog pristupa informacijama, ali također iziskuje stručno, osposobljeno i kvalitetno opremljeno osoblje koje mora u svakom trenutku biti sposobno pravovremeno i odgovarajuće reagirati kako bi se spriječila krađa povjerljivih informacija.

#### **4.3.4 Enkripcija podataka**

Enkripcija ne štiti fizičku razinu prijenosa tj. same svjetlovodne niti, već podatke koji se njima prenose. Ona povećava sigurnost prijenosa informacija svjetlovodnim nitima i kabelima, a primjenjuje se kako bi se osobi koja uspije preuzeti informacije s nekog komunikacijskog kanala što više otežalo njihovo razumijevanje.[10]

#### **44 Kako radi optička nit?**

Svjetlost putuje niz optički kabl odbijajući se nekoliko puta sa zidova. Svaki sićušni foton (čestica svjetlosti) odskoči niz cijev. Ako svjetlost udari u staklo pod plitkim kutom (manjim od 42 stupnja), ono se ponovo odražava - kao da je staklo zapravo ogledalo. To je pojava koja se naziva totalna unutarnja refleksija. To je jedna od stvari koja održava svjetlost u cijevi. Druga stvar koja zadržava svjetlost u cijevi je struktura kabela, koja je sastavljena od dva odvojena dijela. Glavni dio kabela u sredini zove se jezgra i to je ono malo gdje svjetlost prolazi. Omotano oko vanjske jezgre nalazi se još jedan sloj stakla koji se naziva obloga. Posao obloge je zadržavanje svjetlosnih signala u jezgri. To može učiniti jer je izrađena od drugačije vrste stakla do jezgre. Tehnički gledano, obloga ima niži indeks loma.

#### **45 Vrste svjetlovodnih kabela**

Optičke niti nose svjetlosne signale niz njih u tzv. načinima. To zvuči tehnički, ali to samo znači različite načine putovanja: način je jednostavno put koji svjetlosni snop slijedi niz nit. Jedan način je ići ravno kroz sredinu niti. Drugi je odbijanje niti pod plitkim kutom. Drugi načini uključuju odbijanje niti pod drugim kutovima, više ili manje strmo. Najjednostavnija vrsta optičkih niti naziva se jednomodna. Ima vrlo tanku jezgru promjera oko 5-10 mikrona (milion metara). U nitima s jednim načinom kretanja svi signali kreću se niz sredinu bez odskakanja od rubova. Signali kablovske televizije, interneta i telefona obično se prenose jednosmjernim nitima, zamotani u ogroman snop. Kablovi poput ove mogu slati informacije dužine više od 100 km. Kad je jezgra niti toliko mala da samo svjetlosna zraka pod kutom pada  $0^\circ$  može stabilno proći kroz duljinu niti bez većih gubitaka, ova vrsta niti naziva se jednomodna nit. Osnovni zahtjev za jednomodnu nit je da jezgra bude dovoljno mala da ograničava prijenos u pojedinačni način. Ovaj način najnižeg reda može se širiti u svim nitima s manjim jezgrama (sve dok svjetlost može fizički ući u nit). Najčešća vrsta jednomodnih niti ima promjer jezgre od 8 do 10  $\mu\text{m}$  i dizajnirana je za upotrebu u bliskom infracrvenom stanju (najčešći su 1310 nm i 1550 nm). Treba imati na umu da struktura načina rada ovisi o valnoj duljini upotrijebljene

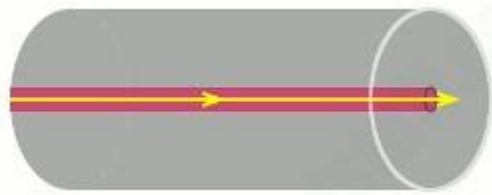
svjetlosti, tako da ta nit zapravo podržava mali broj dodatnih modova na vidljivoj valnoj duljini. Višemodne niti, za usporedbu, proizvode se s promjerom jezgre do 50 $\mu$ m i velikim kao stotine mikrona.

**Promjer jezgre:** tipični promjer jezgre komunikacijskih jednomodnih niti je od 8 ~ 10 $\mu$ m za radnu valnu duljinu od 1,31 $\mu$ m do 1,5 $\mu$ m. Niti promjera jezgre manja od otprilike deset puta veće od valne duljine svjetla za širenje ne mogu se modelirati geometrijskom optikom. Umjesto toga, ona se mora analizirati kao elektromagnetska struktura, rješenjem Maxwell-ove jednadžbe svedene na jednadžbu elektromagnetskog vala. Iako vlaknasta obloga ograničava svjetlost u jezgri niti, neka svjetlost prodire u omotač, usprkos činjenici da nominalno prolazi kroz totalni unutarnji odraz. To se događa i kod jednomodnih i kod višemodnih niti, ali ovaj je fenomen značajniji u jednomodnim nitima. Za Gaussovu raspodjelu snage (laseri koji se koriste u komunikaciji su Gaussova raspodjela snage) u jednomodnim optičkim nitima, promjer polja (MFD) je definiran kao točka u kojoj su jakosti električnog i magnetskog polja smanjene na 1/e od njihove maksimalne vrijednosti, tj. promjer pri kojem se snaga smanjuje na 1/e<sup>2</sup> (0,135) vršne snage (jer je snaga proporcionalna kvadratu jakosti polja). Za niti s jednim modom maksimalna snaga je u središtu jezgre. Slika 4.2. prikazuje jednomodni kabel.

**Prednosti jednomodnog optičkog kabela:** niti s jednim modom nemaju modalnu disperziju, modalni šum i druge efekte koji dolaze s višemodnim prijenosom; niti s jednim modom mogu prenositi signale s mnogo većom brzinom od višemodnih niti. Standardni su izbor za velike brzine prijenosa podataka ili telekomunikacije na velikim daljinama (dulje od nekoliko kilometara) koje koriste opremu za prijenos optičkih niti zasnovanu na laserskoj diodi.

**Nedostaci jednomodnog optičkog kabela:** budući da je jezgra niti u jednom modu puno manja od jezgre višemodnih niti, spajanje svjetla u jednomodnim nitima zahtijeva puno strože tolerancije od spajanja svjetla u većim jezgrama višemodnih niti. Međutim, ta čvršća odstupanja pokazala su se ostvarivim. Komponente i oprema niti u jednom modu također su skuplja od njihovih multimodnih kolega, pa se multimodne niti široko koriste u sustavima gdje se veze moraju napraviti jeftino, a udaljenosti i brzine prijenosa su skromne.



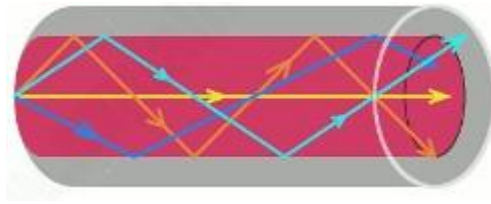


Slika 4.2. Jednomodni kabel

Druga vrsta kabela s optičkim nitima naziva se višemodni. Svaka optička nit u višemodnom kabeu je otprilike 10 puta veće od jednog u jednomodnom kabeu. To znači da svjetlosne zrake mogu prolaziti kroz jezgru slijedeći različite staze odnosno u više različitih načina. Kabeli s više načina mogu slati informacije samo na relativno kratkim udaljenostima i koriste se (između ostalog) za povezivanje računalnih mreža. Višemodni kabel sastoji se od staklenih niti zajedničkog promjera u rasponu od 50 do 100 mikrona za element koji nosi svjetlost. Najprisutnija veličina je 62,5 mikrona. Plastična optička nit moderni je plastični kabel koji osigurava performanse poput staklenog kabela za kratke staze, ali je ekonomičan. Suprotno tome, jednomodni kabeli uključuju malu staklenu jezgru, obično blizu 9 mikrona. S jednomodnim nitima podaci se mogu prenositi velikom brzinom na veće udaljenosti. Višemodni kabeli su osjetljiviji na prigušenje u usporedbi s nitima s jednim modom. Višemodni kabeli pružaju korisnicima veliku propusnost pri velikim brzinama na umjerenim udaljenostima. Svjetlosni valovi se šire u različite načine ili putove dok putuju jezgrom kabela, obično pri 850 ili 1300 nm. S druge strane, u dugim kabelskim stazama (npr. Više od 3000 stopa) različite svjetlosne staze mogu dovesti do izobličenja signala na prijemnom kraju. To u konačnici rezultira dvosmislenim i nepotpunim prijenosom podataka. Višemodni kabeli nisu prikladni za brzi prijenos podataka. Također nije preporučljivo miješati i slagati niti. Pokušaj povezivanja niti u jednom modu s višemodnim nitima može rezultirati gubitkom od 20 dB, što je 99% ukupne snage. Slika 4.3. prikazuje višemodni kabel.

**Prednosti višemodnih optičkih kabela:** višemodni kabeli jeftiniji su za uporabu, instalaciju i održavanje. Ostvaruju veliku brzinu i propusnost na kratkim udaljenostima. Dopušta istovremeno slanje više optičkih signala od jednom.

**Nedostaci višemodnih optičkih kabela:** višemodni kabeli ograničeni su i u brzini i u udaljenosti. Maksimalna brzina OM4 višemodnog kabela je 100G, ovisno o udaljenosti, a samo do udaljenosti od 400 do 550 metara. Za niti OM3 maksimalna udaljenost je 300 metara. Na 2 kilometra može emitirati samo 100Mbit.



Slika 4.3. Višemodni kabel

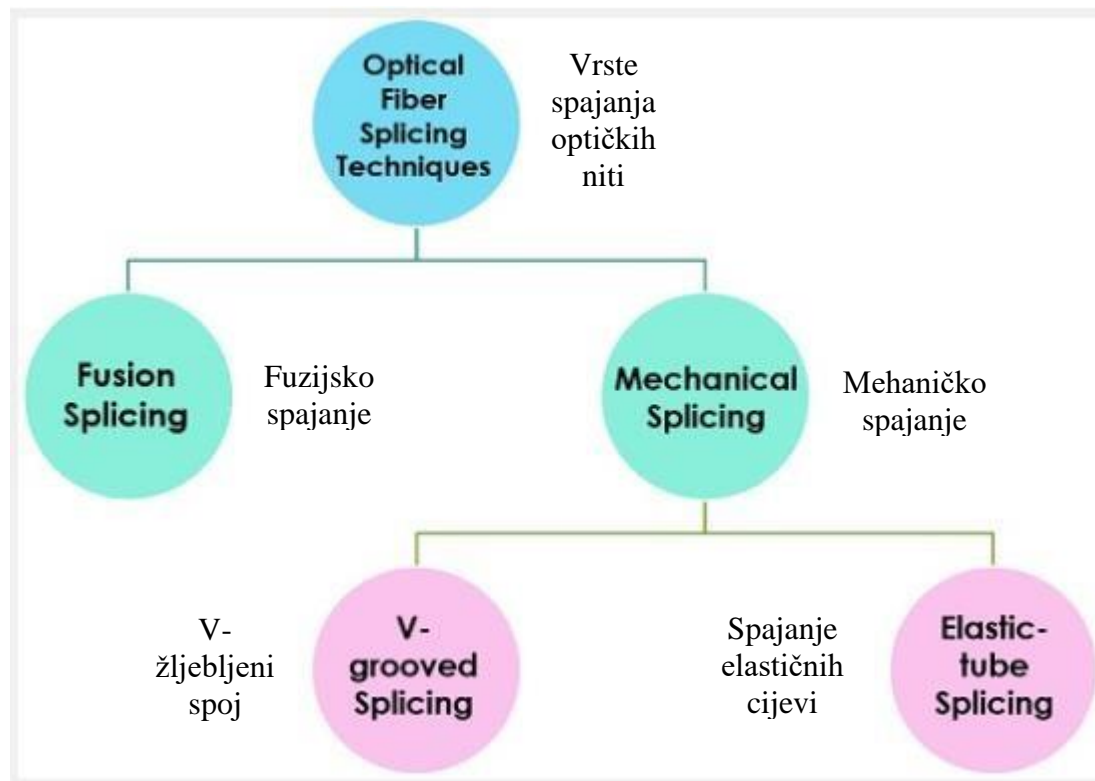
Čak se i deblje niti koriste u medicinskom alatu nazvanom gastroskop (vrsta endoskopa). Gastroskop je gusti svjetlovodni kabel koji se sastoji od mnogih optičkih niti. Na gornjem kraju gastroskopa nalaze se okular i svjetiljka. Svjetiljka svijetli jednim dijelom kabela u bolesnikov želudac. Kad svjetlost dopre do želuca, ona se odbija od stomačnih zidova u leću na dnu kabela. Zatim vraća drugi dio kabela liječniku u okular. Ostale vrste endoskopa djeluju na isti način i mogu se koristiti za pregled različitih dijelova tijela. Tu je i industrijska inačica alata, koja se zove fibroskop, a koja se može koristiti za ispitivanje stvari poput nepristupačnih dijelova strojeva u motorima aviona te dijelovima tijela. Fibroskop je fleksibilni snop optičkih niti s okularom na jednom kraju i lećom na drugom koji se koristi za ispitivanje i pregled malih, teško dostupnih mjesta poput unutrašnjosti strojeva, brava i ljudskog tijela. Fleksibilan fibroskop prvi je put korišten za intubaciju dušnika tijekom kasnih 1960-ih. Od tog vremena, tehnološki razvoj fibroskopije bio je značajan. Najnoviji napredak bilo je uvođenje video fibroskopa. Ovi fibroskopi pružaju širokokutnu sliku dišnih puteva visoke rezolucije i neprocjenjivi su za intubaciju dušnika pacijenata s rakom grkljana i pacijenata koji su zadobili traumu gornjeg dišnog puta. Primarne prednosti fleksibilnog fibroskopa su da je uređaj u skladu s pacijentovom anatomijom i da se njime može kretati kroz najviše anatomski abnormalnih dišnih puteva. Fleksibilni fibroskop također se može koristiti kao dijagnostički alat za ispitivanje dišnih putova kada nije poznato porijeklo abnormalnosti. Nedostatak fleksibilne niti je da ne može osigurati ventilaciju. Mnogi anesteziolozi danas su vješti u korištenju fleksibilnog fibroskopa, a instrument je postao okosnica za upravljanje dišnim putovima u operacijskoj sali.[9]

## 5 SPAJANJE OPTIČKIH NITI

Spajanje optičkih niti je tehnika koja se koristi za spajanje dvije optičke niti. Ova se tehnika koristi u komunikaciji optičkim nitima, kako bi se stvorili dugi optički linkovi za bolji i daleki optički prijenos signala. Spliceri su u osnovi spojnice koji tvore vezu između dvije niti ili snopa niti. U vrijeme spajanja dvije optičke niti, geometrija niti, njihovo pravilno poravnanje i mehanička čvrstoća moraju se uzeti u obzir.

Postoje dvije vrste spajanja optičkih niti:

1. Fuzijsko spajanje optičkih niti
2. Mehaničko spajanje optičkih niti

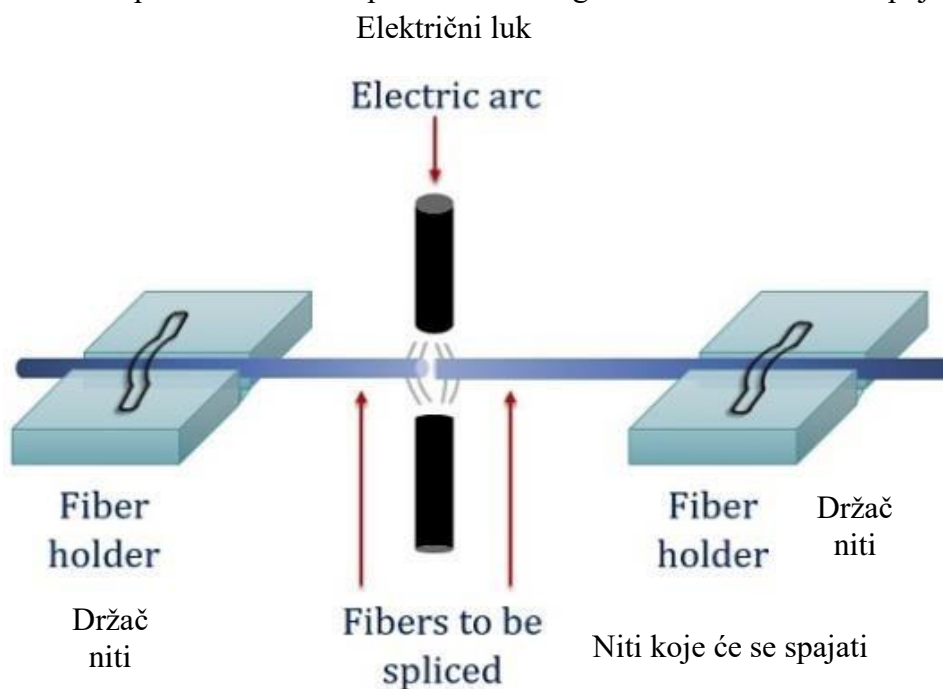


Slika 5.1. Vrste spajanja optičkih niti

### 5.1 Fuzijsko spajanje optičkih niti

Fuzijsko spajanje je trajna metoda najnižih i najmanjih gubitaka povezivanja optičkih niti. U osnovi su ta dvije niti jednostavno poravnate, a zatim spojene električnim lučnim zavarivanjem. Rezultirajuća veza ima gubitak manji od 0,05 dB, što je oko 1% gubitka energije. Većina fuzijskih spojnice može rukovati i jednomodnim i višemodnim nitima u raznim

veličinama, ali, zbog gubitaka koji su uključeni, spajamo samo višemodne u višemodne ili jednomodne na jednomodne. Postoje i spajачи koje mogu automatski spajati i do 12 niti odjednom. Spajanje bilo koje niti korištenjem tehnike fuzije osigurava se trajni kontakt između dvije niti. U spajanju fuzije, dvije niti su termički spojene zajedno. U ovoj određenoj tehnici nužno se koristi električni instrument (u ovom slučaju S179A) koji djeluje kao električni luk tako da tvori toplinsku vezu između niti. Prvo, dvije niti su poravnate i poravnate na način njihovog spajanja, ovo poravnanje se vrši u držaču niti. Nakon toga električni luk dolazi u akciju kao kad se uključi, onda proizvodi neku energiju koja zagrijava spojnicu. Učinak zagrijavanja istopi krajeve niti, a zatim se dva međusobno vežu. Nakon što ta dva oblika tvore spoj, njihov spoj je prekriven ili polietilenskom ili plastičnom oblogom kako bi se zaštitio spoj. [5]



Slika 5.2. Fuzijsko spajanje optičkih niti

**Priprema vlakana:** da bi se rezervnim nitima omogućio lak pristup i omogućilo nekoliko pokušaja, treba ukloniti duljinu sloja od najmanje pet metara. Zaštitni sloj se odvaja samo do oko 25 mm. Točna duljina određuje se fuzijskim spajačem koji se koristi. Kvaliteta cijepanja je od najveće važnosti. Koliko god novca trošimo na kupovinu najsofisticiranijeg aparata za spajanje, sve ćemo izgubiti ako ne uspijemo precizno cijepati niti. I cjepači i spajачи dolaze u raznim cijenama. Nikada nije dobro uštedjeti novac kupnjom neprimjerenog cjepača - uvijek je bolje kupiti cjepač koji je kvalitetan i u koji imamo povjerenja, a zatim, ako je potrebno, uštedjeti novac kupnjom malo jeftinije verzije spajača. Većina spajača danas mjeri točnost cijepanja i mora ga se spojiti tako da zadovolji standard cijepanja. Većina spajača smatra krajnji kut bolji od oko  $3^\circ$  kao zadovoljavajući.

**Zaštita niti:** Kod zaštite spajача u fazi pripreme nitima je uklonjena sva njihova mehanička i vodootporna zaštita. Nakon što su niti spojene, potrebno je obnoviti određenu zaštitu jer će postupak spajanja smanjiti čvrstoću niti na manje od 30% njegove prethodne vrijednosti. To se postiže uređajem koji se naziva štitnik spajача. Sastoji se od kratke duljine (oko 60 mm) rukavca hladnjaka koji obuhvaća vrućeg topljenog ljepila i žice od nehrđajućeg čelika. Prije spajanja niti, zaštitni čep se natakne na nit. Nakon završetka spajanja štitnik je centriran preko spoja i zagrijavan, obično u namjenski ugrađenoj pećnici, iako se može koristiti pištolj s vrućim zrakom. Pećnica je jednostavna ladica s poklopcem, grijačem i timerom koji su obično ugrađeni u svojstva spajача. Vruće ljepilo održava štitnik u položaju dok šipka od nehrđajućeg čelika osigurava da ne bi došlo do eventualnog savijanja. Vanjska čahura nudi opću mehaničku i vodenu zaštitu da bi zamijenila sloj koji je uklonjen. Da bi se nit u potpunosti zaštitila po svojoj duljini, najmanje 10 mm štitnika mora preklapati primarni sloj na svakom kraju spajanja.

Nakon što je spajanje dovršeno, preostaje nam duljina niti lišena njegove vanjske jakne kod zaštite kućišta. Niti moraju biti zaštićene od mehaničkih oštećenja i od vode. Dizajn i troškovi kućišta ovise o okruženju u kojem će niti živjeti. Bitno je da se nit dobro podupire u spremniku tako da se izbjegne gubitak savijanja. To se postiže tako što se nit namota naokolo, poput koluta, ili barem nekoliko isječaka koji podupiru nit i spojeve. Lako su dostupne u različitim veličinama za držanje svega od 4 do 240 niti. Svaka nit mora biti identificirano. To se postiže pričvršćivanjem naljepnica na vlakna ili štitnike za spajanje i korištenjem obojenih štitnika za spajanje. Treba uzeti u obzir i neke druge čimbenike: Sigurnost podataka. Ako je uklonjen vanjski sloj, na nit se može zakačiti jednostavan detektor živih niti i svi podaci koji se prenose mogu se kopirati, pristup kućištu je jednostavan način sabotiranja komunikacijskog sustava, postoji opasnost da svjetlost uđe u sustav, pa spremnik treba biti otporan na svjetlost, pristup za popravke ili za potrebe ispitivanja itd.

**Držanje i pomicanje niti u spajачu:** niti se drže u V-žljebovima izrežanim u čelične ili keramičke blokove. Kao i obično, čistoća je najvažnija. Niti se čiste i cijepaju, a zatim se V-žljeb čisti krpom, tkaninom bez vlakna ili "pamučnim pupoljkom" namočenim izopropilnim alkoholom. Ne preporuča se korištenje sredstva za čišćenje komprimiranog zraka, jer će ih svako onečišćenje pretvoriti u prah i oštetiti kritične dimenzije V-žljebova. Nit semagnetskom ili gravitacijskom stezaljkom nježno pritisne u V-žljeb. Jednom kada se niti sigurno stegnu u V-žljebove, oni se premještaju, skupa s V-žljebovima sve dok se niti ne poravnaju i postave

izravno ispod elektroda iz kojih će se proizvesti električni luk. Cilj je postizanje pozicioniranja s točnošću većom od 1  $\mu\text{m}$ . U najmanje preciznim spajateljima, pogodnim samo za višemodne niti, to se može postići jednostavnim mikropogonima koji se ručno upravljaju. Potrebna je veća preciznost za jednomodne niti jer je jezgra toliko manja. Pogreška od 1  $\mu\text{m}$  u pozicioniranju 8  $\mu\text{m}$  jezgre uzrokuje bočno neusklađivanje od 12,5%, dok bi ista pogreška na većoj jezgri od 62,5  $\mu\text{m}$  u višemodnim nitima predstavljala bočno neusklađivanje manje od 2%. Dodatna preciznost postiže se korištenjem stepper motora. Steper motor je električni motor koji se ponaša drugačije od "normalnog" električnog motora. Obično zamišljamo kako se električni motori okreću u krugu kad se napaja snaga. Stepper motori, umjesto toga, okreću postavljeni broj stupnjeva i zatim se zaključavaju u tom položaju. Količina za koju se pretvara može se precizno kontrolirati digitalnim ulaznim signalima i, zajedno sa zupčanikom, može pružiti izuzetno precizno poravnavanje niti.

### **Promatranje poravnanja:**

Svi fuzijski spajaci opremljeni su nekim sredstvima za promatranje položaja niti i stanja elektroda. To se postiže ili mikroskopom ili CCD kamerom (CCD = uređaj povezan s nabojem - poluvodički svjetlosni senzor) i zaslonom s tekućim kristalima (LCD). Trend je prema CCD kamerama jer su one ugodnije za korištenje i imaju sigurnosnu prednost čuvanja naših očiju od infracrvenog svjetla što može prouzročiti nepopravljivu štetu ako slučajno promatramo aktivnu nit kroz mikroskop. Optički sustav omogućuje gledanje iz dva kuta jer se niti u suprotnom mogu sakriti jedno iza drugoga i čini se da su poravnate.

### **Automatsko pozicioniranje:**

Razlikujemo dvije metode:

#### **PAS –sustav poravnanja profila:**

Ovo je standardna metoda poravnavanja niti u modernim fuzijskim spajateljima. Ideja je vrlo jednostavna. Svjetlost svjetluca kroz nit i otkriva je CCD kamerom. Promjena intenziteta svjetlosti na rubu obloge i u jezgri zbog promjena indeksa loma omogućava sustavu da detektira njihove položaje. Uzima se nekoliko očitavanja iz svake niti i izračunavaju se prosječno kako bi se smanjile eventualne male pogreške. Nakon otkrivanja položaja, aktiviraju se mali stepper motori da bi se dvije niti uskladile. Kut gledanja prebacuje se preko 90 ° kako bi se sustavu omogućila provjera u obje ravnine i potrebna su daljnja mala podešavanja dok spajatelj nije sasvim zadovoljan. Cijeli postupak je obično automatski, ali možemo pratiti postupak na zaslonu s tekućim kristalima. Budući da sustav može otkriti položaj jezgre, kao i oblaganje, može se nadoknaditi svaka ekscentrična greška u jezgri.

## **LID - sustav ubrizgavanja i otkrivanja svjetlosti**

Na ulaznoj strani spojnice uvodi se zavoj i kroz zaštitni sloj se ubrizgava u nit. Svjetlost putuje niz nit i preskače razmak druge niti. Sličan zavoj na drugoj duljini niti omogućuje svjetlu da pobjegne. Steper motor koristi se za pomicanje jedne od niti vodoravno, a izlazno svjetlo se nadgleda kako bi se otkrila točka maksimalnog prijenosa svjetlosti. To znači da su jezgre poravnate, barem u jednoj ravnini. Nit se zatim pomiče u vertikalnoj ravnini sve dok se još jednom ne otkrije točka maksimalnog prijenosa svjetlosti. Cijeli se postupak ponavlja jednom ili dvaput, potrebna su detaljna prilagođavanja sve dok se ne uđe u mjesto najboljeg prijenosa svjetlosti. Kad se to postigne, niti se spajaju.

### **Prednosti i nedostaci fuzijskog spajanja:**

Koristeći tehniku spajanja fuzijom, gubici nastali spajanjem su vrlo mali. Raspon gubitka leži između 0,05 do 0,10 dB, kako u slučaju jednog načina rada tako i višemodne optičke niti. Niti s više modova mogu se teže spojiti jer je veće jezgre s mnogo slojeva stakla koje proizvode gradijentni indeks ponekad teže uskladiti, osobito s nitima različitih vrsta ili proizvođača.

Fuzijski spajati možemo jednu po jednu nit ili cjelovitom vrpcom od niti odjednom. [6]

Prednosti fuzijskog spajanja optičkih niti:

- fuzijsko spajanje nudi niži varijabilni trošak po fuzijskom spoju,
- nudi manji gubitak umetanja i pruža bolje performanse, tipični gubitak umetanja je <0,1 dB, stoga ima vrlo nizak utjecaj na ukupne performanse veze,
- omogućuje bolje, sigurnije okruženje tako da postoje minimalni kvarovi kabela i slabi signali,
- pruža vrlo kompaktno i uredno rješenje te omogućuje najniži povratni odraz,
- spoj koji proizvodi je vrlo jak i ima najveću mehaničku čvrstoću,
- u usporedbi s drugim metodama, spajanje koje proizvodi je trajno,
- fuzijsko spajanje može preživjeti izuzetno visoke i različite temperature,
- sprječava ulazak prašine i drugih onečišćenja u optički put,
- to je tehnika spajanja koja je brza i bez brige i
- fuzijsko spajanje je najbolji izbor za jednonamjenske aplikacije.

Nedostaci fuzijskog spajanja optičkih niti:

- troškovi fuzijskog spajanja su vrlo visoki, uglavnom zbog skupog uređaja za fuzijsko spajanje,
- fuzijsko spajanje zahtijeva stalno napajanje i neke posebne alate,

- postoje neke situacije u kojima spajanje fuzija nije praktično ili možemo reći da je nemoguće, pa kao alternativu moramo koristiti mehaničko spajanje,
- fuzijsko spajanje je dugotrajan proces i ne može se koristiti za privremene veze,
- fuzijski spajajući trebaju povremeno održavanje što uključuje redovito čišćenje, poravnavanje elektroda i povremenu zamjenu i
- fuzijsko spajanje uglavnom se koristi s jednosmjernim nitima za razliku od mehaničkog spajanja koje radi za jednosmjerne niti, kao i za višeslojne niti. [7]

## 5.2 Mehaničko spajanje optičkih niti

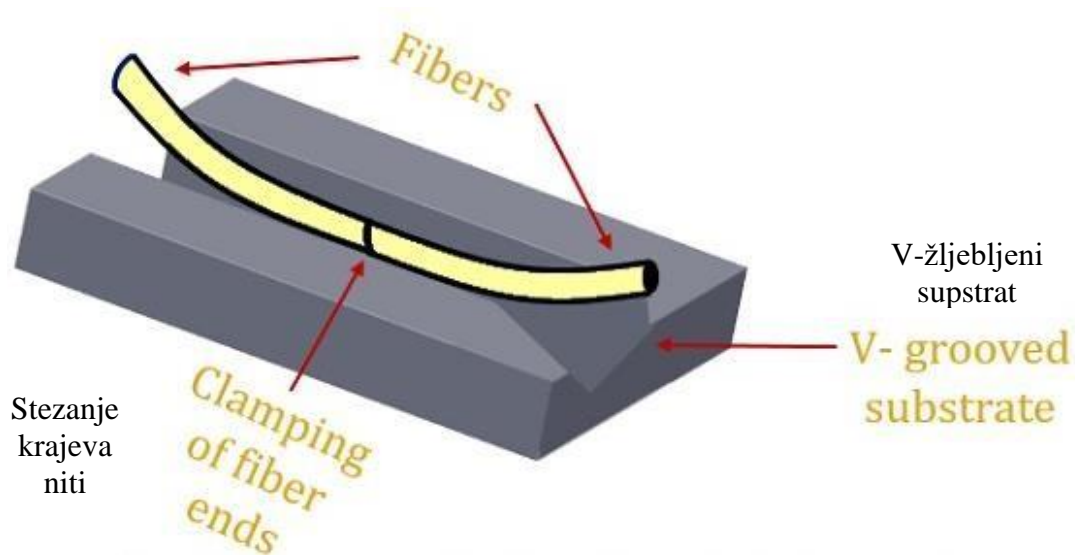
Mehaničko spajanje optičkih niti ima sličnu funkciju kao fuzijski spoj, osim što niti drže zajedno mehaničkim sredstvom, a ne tehnikom zavarivanja. Mehanički spojevi pomalo nalikuju zaštitnim slojevima s fuzijskim spojnicama. U mehaničkom spoju dva cijepljena vrha niti mehanički su međusobno usklađena posebnim kućištem. Obično se gel za podudaranje indeksa nalazi između vrhova niti kako bi se maksimiziralo spajanje i minimizirao povratni odraz. Mehaničko spajanje optičkih niti može biti:

- v-žlijebljeni spoj i
- spajanje elastičnih cijevi.

### 5.2.1 V – žlijebljeni spoj

Spajanje s V-žljebovima je vrlo jednostavno i dobro funkcionira. Djeluju za pojedinačne niti ili za vlaknaste vrpce. Pločice za poravnavanje žlijeba mogu se izrađivati od mnogih vrsta materijala i prilično su jeftine. U ovoj tehnici spajanja prvo se uzima podloga u obliku slova V, a dva kraja niti su urezana u utor kao što je vidljivo na slici 5.3. Kad se njih dvoje smjeste unutar brazde u odgovarajućem položaju, tada ih se lijepi ljepilom ili gelom za podudaranje indeksa. Ovo ljepilo omogućuje pravilno prijanjanje na spoju. V supstrat može biti izrađen od plastike, silikona, keramike ili bilo kojeg metala. Međutim, gubici niti su u slučaju ove tehnike veći u usporedbi s tehnikom fuzije. Također, ti gubici uglavnom ovise o promjeru jezgre i oplata kao i položaju jezgre u odnosu na središte. Ovdje treba napomenuti da te dvije niti ne tvore neprekidnu glatku vezu kao u prethodnom slučaju. Također, spoj je polu-trajan. [3]

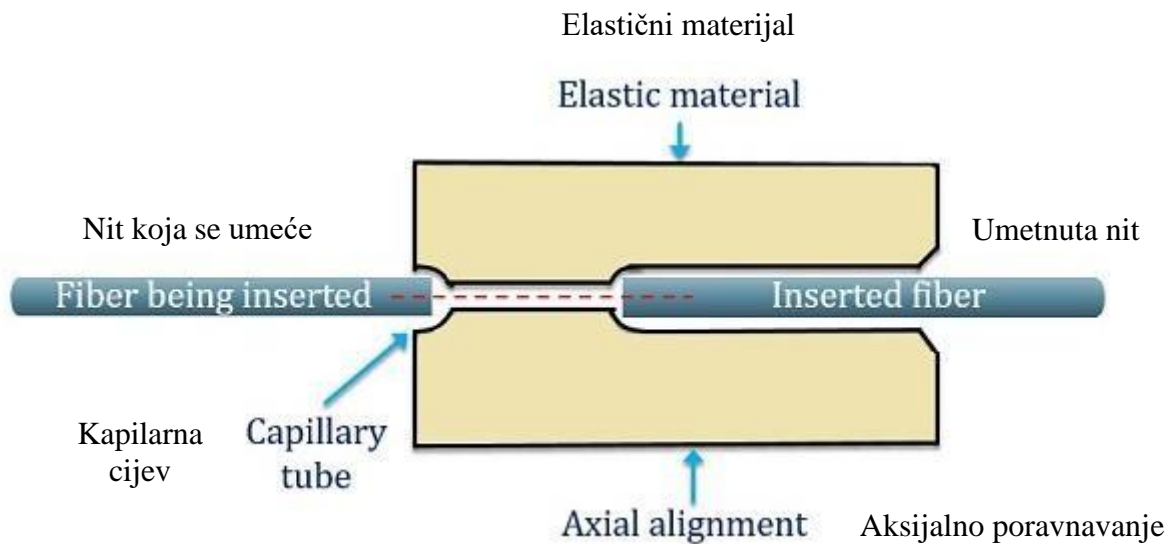




Slika 5.3. Spajanje optičkih niti V-žlijebom

### 5.2.2 Spajanje elastičnih cijevi

To je tehnika spajanja niti uz pomoć elastične cijevi i uglavnom pronalazi svoju primjenu u slučaju višemodne optičke niti. Gubitak niti, u ovom slučaju, gotovo je sličan gubitku u tehnici fuzije. Međutim, potreba za opremom i vještinom nešto je manja od tehnike spajanja fuzija. U osnovi, elastični materijal je guma, unutar koje se nalazi mala rupa. Promjer ove rupe nešto je manji od promjera niti koje treba zalijepiti. Također, suženje se vrši na krajevima obje niti kako bi se omogućilo jednostavno umetanje u cijev. Dakle, kada se nit s nešto većim promjerom od rupe umetne unutar rupe, tada se s vremenom proširuje dok materijal na nit djeluje simetrično. Zbog ove simetričnosti postiže se pravilno poravnavanje između dvaju niti. U ovoj se metodi mogu povećati različiti promjeri niti, jer se nit ovdje kreće prema osi cijevi kao što je vidljivo na slici 5.4. [4]



Slika 5.4. Spajanje optičkih niti elastičnom cijevi

Prednosti mehaničkog spajanja optičkih niti:

- mehanički spojevi ne zahtijevaju napajanje,
- mnogi dizajni mehaničkih niti ne zahtijevaju dodatne alate osim sredstva za skidanje niti i dijelova niti,
- mogu se koristiti u situacijama u kojima fuzijsko spajanje nije praktično ili nije moguće i
- mehanička spajanja mogu se izvesti u roku od nekoliko minuta, što ga čini idealnim za privremene veze.

Nedostaci mehaničkog spajanja optičkih niti:

- veći gubitak umetanja. Tipični gubitak umetanja za mehanički spoj je oko 0,2dB što je značajno veći od gubitka 0,02dB za tipično fuzijsko spajanje,
- mehanički spojevi tipični su za višesmodne niti. Čvrsta tolerancija poravnavanja za jednosmjerne niti otežavaju mehaničko spajanje,
- mehaničko spajanje skuplje je od fuzijskog spajanja. Ali ako se uzmu u obzir skupi strojevi koji su potrebni za fuzijsko spajanje, prosječni trošak je zapravo mnogo niži za mehaničko spajanje ako se napravi samo nekoliko spajanja,
- budući da indeks loma većine spojeva indeksa varira s temperaturom, tako optička učinkovitost mehaničkog spajanja može biti osjetljiva na temperaturu okoline,
- smatra se da mehanički spojevi nisu tako pouzdani kao fuzijski spojevi tijekom dugog vremenskog razdoblja i

- mehanički spojevi koriste se samo u relativno dobroćudnim okruženjima, poput uredske zgrade. [8]

## 6 ZAKLJUČAK

Cilj ovog rada bio je upoznati se sa spajačem optičkih niti Fitel S179A. Također, trebalo je opisati sve njegove karakteristike, opasnosti na koje trebamo obratiti pozornost prilikom upotrebe uređaja, način napajanja te nabrojiti sve njegove dijelove. Isto tako, trebalo je objasniti i nabrojiti vrste spajanja optičkih niti te navesti prednosti i nedostatke svakog od njih.

Fitel S179A je uređaj za brzo i dosljedno spajanje niti s izvrsnim performansama. Veoma je jednostavan za upotrebu. Jako je brz i jednostavan za održavanje. Veliki kapacitet baterije omogućava do 200 ciklusa spajanja u jednom punjenju. Širok raspon novih značajki koje poboljšavaju komunikaciju, jednostavnost uporabe, prenosivost i trajnost polja kombiniraju se kako bi S179 postao jedan od najmoćnijih i najprikladnijih strojeva za fuzijsko spajanje koji je danas dostupan.

Spajanje optičkih niti je tehnika koja se koristi za spajanje dvije optičke niti. Ova se tehnika koristi u komunikaciji optičkim nitima, kako bi se stvorili dugi optički linkovi za bolji i daleki optički prijenos signala. Spajanje optičkih niti se može obaviti fuzijski i mehanički.

Optička nit šalje informacije kodirane snopom svjetlosti niz staklenu ili plastičnu cijev. Svjetlost je transverzalni elektromagnetski val, tj. val u kojem sinusne oscilacije magnetskog polja uzrokuju sinusne promjene jakosti električnog polja.

Sveučilišni odjel za stručne studije u Splitu nabavlja Fitel S179A za laboratorij iz kolegija Svjetlovodni sustavi. Ovaj uređaj je značajan za stjecanje praktičnih znanja studenata Sveučilišta u Splitu.

## LITERATURA

- [1] Fitel S179A, Internet, [https://www.furukawa.co.jp/en/product/catalogue/pdf/s179\\_j449.pdf](https://www.furukawa.co.jp/en/product/catalogue/pdf/s179_j449.pdf), 30.06.2020.
- [2] Fitel S179A, Internet, [https://User%20Manual\\_Fitel\\_S179A.pdf](https://User%20Manual_Fitel_S179A.pdf), 01.07.2020.
- [3] Spajanje optičkih niti, Internet, <https://illustrationprize.com/hr/295-splicing-of-optical-fibers.html>, 02.07.2020.
- [4] Spajanje optičkih niti, Internet, <https://www.thefoa.org/tech/ref/termination/mechsplice.html>, 02.07.2020.
- [5] Spajanje optičkih niti, Internet, <https://circuitglobe.com/splicing-of-optical-fibers.html>, 03.07.2020.
- [6] Spajanje optičkih niti, Internet, [https://www.rp-photonics.com/fusion\\_splicing\\_of\\_fibers.html](https://www.rp-photonics.com/fusion_splicing_of_fibers.html), 02.07.2020.
- [7] Spajanje optičkih niti, Internet, <https://gaotek.com/gaotek-news/the-ins-and-outs-of-fusion-splicing/>, 02.07.2020.
- [8] Spajanje optičkih niti, Internet, <https://www.fiberoptics4sale.com/blogs/archive-posts/95052358-fiber-optic-mechanical-splices>, 02.07.2020.
- [9] Optička tehnologija, Internet [https://www.explainthatstuff.com/fiberoptics.html?fbclid=IwAR2CVrXPhy7C2zK3KdwVzUnGux\\_SCA2f2HxkkBbEG9eemd6ICRsrPadSNkU](https://www.explainthatstuff.com/fiberoptics.html?fbclid=IwAR2CVrXPhy7C2zK3KdwVzUnGux_SCA2f2HxkkBbEG9eemd6ICRsrPadSNkU), 06.07.2020.
- [10] Optička tehnologija, Internet <https://www.cert.hr/wp-content/uploads/2007/07/CCERT-PUBDOC-2007-06-195.pdf>, 04.07.2020.
- [11] Problemi spajanja optičkih niti, Internet [https://\(IDC%20Technology\)%20John%20Crisp%20%20Introduction%20to%20Fiber%20Optics-Newnes%20\(2001\).pdf](https://(IDC%20Technology)%20John%20Crisp%20%20Introduction%20to%20Fiber%20Optics-Newnes%20(2001).pdf), 06.07.2020.

## POPIS SLIKA

Slika 2.1. Dio svjetla ne može ući u jezgru .....	4
Slika 2.2. Mala jezgra do velike jezgre - bez gubitaka.....	4
Slika 2.3. Gubitak praznine .....	6
Slika 2.4. Bočno neusklađivanje, poravnavanje jezgre i kutna neusklađenost .....	7
Slika 3.1. Spajač optičkih niti.....	10
Slika 3.2. Dijelovi spajача optičkih niti .....	13
Slika 3.3. Dijelovi spajача optičkih niti .....	13
Slika 3.4. Dijelovi spajача optičkih niti .....	13
Slika 3.5. Radni gumbi spajача optičkih niti.....	14
Slika 3.6. Paljenje i gašenje grijača.....	15
Slika 3.7. Postavljanje prekidača na lijevu stranu .....	16
Slika 3.8. Postavljanje prekidača na desnu stranu.....	16
Slika 3.9. Spajač optičkih niti spreman za rad .....	16
Slika 3.10. Zaslona za vrijeme spajanja .....	17
Slika 3.11. Poruka upozorenja.....	17
Slika 4.1. Svjetlovodna nit .....	19
Slika 4.2. Jednomodni kabel.....	28
Slika 4.3. Višemodni kabel.....	29
Slika 5.1. Vrste spajanja optičkih niti.....	30
Slika 5.2. Fuzijsko spajanje optičkih niti .....	31
Slika 5.3. Spajanje optičkih niti V-žlijebom .....	36
Slika 5.4. Spajanje optičkih niti elastičnom cijevi .....	37

## **POPIS TABLICA**

Tablica 1. Sigurnosne poruke .....	11
Tablica 2. Specifikacije Fitel S179A spajača optičkih niti.....	12
Tablica 3. Radni gumbi .....	14
Tablica 4. LED indikatori.....	14