

ТЕРМИЧКА СТАБИЛНОСТ И ПЕРФОРМАНСЕ МУЛТИМОДНИХ ПЛАСТИЧНИХ ОПТИЧКИХ ВЛАКАНА СА ЗАРЕЗИМА

THERMAL STABILITY AND PERFORMANCE OF MULTIMODE PLASTIC OPTICAL FIBERS WITH NOTCHES

Тамара Драшковић, Факултет техничких наука, Нови Сад

Област – ЕЛЕКТРОТЕХНИКА И РАЧУНАРСТВО

Кратак садржај – У овом раду је детаљно испитан утицај температуре и механичког стреса на оптичка својства шест мултимодних пластичних оптичких влакана пречника 2 mm. Прате се промене у преносу сигнала кроз влакна са различитим типовима оштећења (зареза). Урађене су четири експерименталне поставке и обрађени су и протумачени прикупљени резултати.

Кључне речи: Оптоелектроника, оптичко влакно, утицај температуре, механички стрес, зарези на оптичким влакнима

Abstract – In this paper, the influence of temperature and mechanical stress on the optical properties of six multimode plastic optical fibers with a diameter of 2 mm was examined in detail. Changes in signal transmission through fibers with different types of damage (notches) are monitored. Four experimental settings were made and the collected results were processed and interpreted.

Keywords: Optoelectronics, optical fiber, temperature effects, mechanical stress, notches on optical fibers

1. УВОД

Оптичка влакна су кључна компонента у савременим комуникационим системима због својих супериорних перформанси у погледу брзине преноса података, ширине појаса и имуности на електромагнетне сметње. Међутим, различити фактори могу утицати на њихов рад, међу којима је температура један од најважнијих. Циљ овог истраживања је да се детаљно испита утицај температуре на оптичка својства мултимодних пластичних оптичких влакана пречника 2 mm са зарезима. Дат је кратак историјски преглед оптичке комуникације, стаклених и пластичних оптичких влакана. Обухваћени су основни принципи оптичких влакана. Садржан је детаљан опис коришћене опреме, припреме узорака и експерименталне процедуре. Такође, корак по корак опис мерења и анализа података, затим обрада и тумачење прикупљених резултата, као и сумирање налаза, значај резултата и предлоге за будућа истраживања.

2. ТЕОРИЈСКИ ДЕО

2.1 Историјски развој оптичке комуникације

Историјски развој оптичке комуникације је прича о напретку технологије и инжењеринга, која је трансформисала начин на који свет преноси информације. Еволуција ове технологије почела је још од античких времена, од основних експеримената са светлом, све до данашњих софистицираних оптичких мрежа које подржавају интернет, телекомуникације и дигиталну економију. Клод Шап је изумео оптички телеграф, што је први покушај коришћења светлости за комуникацију [1]. Пластична оптичка влакна доживљавају технолошки напредак. Услед развоја нових типова пластичних оптичких влакана, постижу се побољшане перформансе, смањени губици и већа брзина преноса.

2.2 Основни принципи оптичких влакана

Оптичка влакна представљају цилиндричне структуре које се састоје од два концентрична слоја. Унутрашњи слој се назива језгро, а спољашњи омотач. Принцип по ком се преноси информација путем оптичког влакна се базира на физичком феномену званом тотална унутрашња рефлексија [2, 3]. Пластична оптичка влакна не могу пренети светлосне импулсе на велике раздаљине попут стаклених оптичких влакана. Одликује их мања брзина преноса података у поређењу са стакленим оптичким влакнима. Ова влакна су једноставна за инсталацију [4]. Мултимодна пластична оптичка влакна се користе у индустријским, аутомобилским и кућним мрежама. Пластична оптичка влакна са зарезима налазе примену и у сензорским системима за детекцију промена у окружењу, као што су температура, притисак или померање. На слици 1 је приказано мултимодно пластично оптичко влакно са зарезима пречника 2 mm.



Слика 1. Мултимодно пластично оптичко влакно са зарезима пречника 2 mm

НАПОМЕНА:

Овај рад проистекао је из мастер рада чији ментор је био др Бранислав Батинић, доцент.

2.3 Утицај температуре на оптичка влакна

Температура има значајан утицај на оптичка влакна што се манифестује кроз губитке сигнала, дисперзију и механичку стабилност. Пластична оптичка влакна испитивана у овом раду су постојана до температуре 60 °C изнад које трпе промене. За рад у екстремним температурним условима потребно је пажљиво бирати материјале како би се обезбедиле оптималне перформансе. Влакна са високом отпорношћу на топлоту су нарочито потребна у одређеним областима аутомобилске технике и технологије аутоматизације [4]. Даљи правци истраживања укључују развој влакана са побољшаним термичким карактеристикама и истраживање нових техника за смањење утицаја температуре.

3. ЕКСПЕРИМЕНТАЛНА ПОСТАВКА

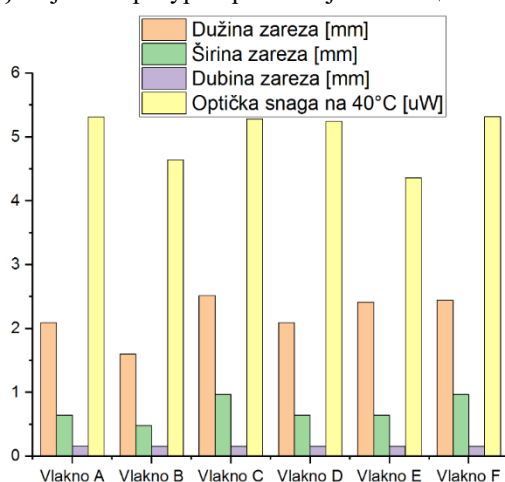
У овом делу рада описана је опрема, припрема узорка, те коришћена пећ и температурни режими.

3.1 Опис опреме

Урађене су четири експерименталне поставке за које је коришћена следећа опрема: стабилизатор извор светлости SLS201L - Thorlabs, спектрофотометар CCS200 - Thorlabs, конвертор модова и оптички мерач снаге PM100 - Thorlabs.

3.2 Узорци за тестирање

За потребе експеримента припремљено је шест мултимодних пластичних оптичких влакана пречника 2 mm са угравираним зарезима. Ради лакшег сналажења влакна ће бити означена са А, Б, Ц, Д, Е и Ф у даљем тексту. Инспекцијом зареза под микроскопом утврђене су промене настале урезивањем зареза. Испитане су димензије и расподела зареза, као и ширина врха глодала, дубина зареза и униформност размака. График који приказује упоредне информације о влакнима са зарезима, заједно са оптичком снагом на одређеној температури приказан је на слици 2.



Слика 2. Упоредне информације о влакнима са зарезима

3.3 Опис пећи и температурних режима

Поставке експеримента захтевају загревање које је изведено коришћењем пећи снаге 3,3 kW. Мерења су вршена почевши од собне температуре до температуре

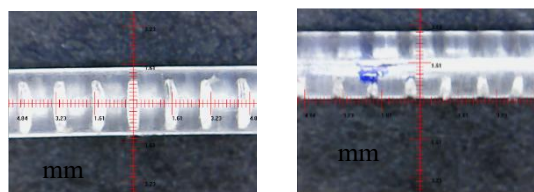
60 °C, коју влакно може издржати. Повећавање температуре је вршено почевши од 25 °C до 60 °C са кораком 5 °C. Време чекања за стабилизацију температуре износи око 10 минута за сваких 5 °C. Пећ садржи два грејача који греју равномерно са горње и са доње стране. Мерне тачке су извучене као четири температурне сонде унутар пећи помоћу којих се прати стабилизација температуре. За постизање тачног праћења температуре у пећи коришћен је додатни инструмент.

4. ЕКСПЕРИМЕНТАЛНИ ПОСТУПАК

У овом делу рада је описана припрема узорка за тестирање и поставка експеримента.

4.1 Припрема узорка за тестирање

Процедура инспекције зареза вршена је коришћењем дигиталног USB микроскопа са увећањем од 50 до 1600 пута. Поступак подразумева постављање шест мултимодних пластичних оптичких влакана пречника 2 mm под микроскоп. Овим поступком добијене су све карактеристике влакана наведене у претходном поглављу. Утврђени су размак између зареза, ширина, дужина и дубина зареза и забележен је приказ добијених резултата у виду фотографија. На слици 3 су приказани зарези на А влакну спреда и из профила посматрани под микроскопом.



Слика 3. А влакно посматрано под микроскопом

4.2 Изводба и значај експерименталних поставки

У овом делу рада изложене су четири истраживачке поставке.

4.2.1 Прва поставка

Извор светлости у овој поставци је лампа Thorlabs SLS201L, иза које је постављен конвертор модова, а затим влакно са зарезима које се испитује. Део влакна са зарезима се налази у пећи која се постепено загрева од собне температуре до 60 °C, са повећањем температуре за 5 °C у сваком кораку. Иза влакна је постављен спектрометар Thorlabs CCS200 који бележи спектралне криве за упоређивање. Поступак је поновљен за свих шест влакана.

4.2.2 Друга поставка

Користи се LED извор светлости на таласној дужини од 633 nm, влакно са зарезима и фотодетектор који показује слабљење сигнала у dBm и оптичку снагу у μW . Део влакна са зарезима се налази у пећи и загрева од собне температуре до 60 °C са кораком 5 °C. Поставка је поновљена за све температуре за свих шест оптичких влакана. Као фотодетектор је коришћено дигитално мерило оптичке снаге PM100 – Thorlabs.

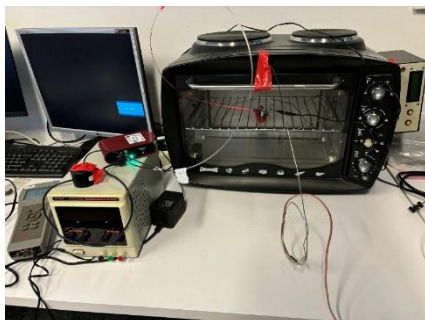
На слици 4 су приказане прва и друга истраживачка поставка.



Слика 4. Прва и друга поставка

4.2.3 Трећа поставка

Трећа поставка је изведена помоћу оптичке рачве. Омогућено је да влакна буду истовремено спојена и на спектрофотометар и на мерач оптичке снаге и слабљења. LED извор светлости на таласној дужини 633 nm се поставља у пећ која се загрева од собне температуре до 60 °C. На LED извор светлости се повезује пластично оптичко влакно са зарезима. На другом крају влакна се поставља оптичка рачва која обезбеђује истовремено спајање влакна на оба инструмента. Испитује се понашање спектралне криве услед тога што је извор изложен температури. Поступак се понавља за све температуре за свих шест испитиваних узорака оптичких влакана. На слици 5 је приказана трећа истраживачка поставка.



Слика 5. Трећа поставка

4.2.4 Четврта поставка

Четврта поставка се бави утицајем савијања влакана на једну, а затим на другу страну у односу на урезане зарезе, како би се испитало како механички стрес утиче на оптичке перформансе влакана. На LED извор светлости на таласној дужини 633 nm повезује се пластично оптичко влакно са зарезима. Са друге стране влакно је повезано на оптичку рачву која омогућава истовремено повезивање оптичког влакна и на спектрофотометар и на мерач оптичке снаге. Резултати су забележени за влакно у нормалном положају и за влакно савијено ка зарезима и од зареза. Поступак је поновљен за свих шест влакана.

5. АНАЛИЗА ПОДАТАКА

У овом делу рада изложено је прикупљање и обрада података, те дискусија резултата.

5.1 Прикупљање података

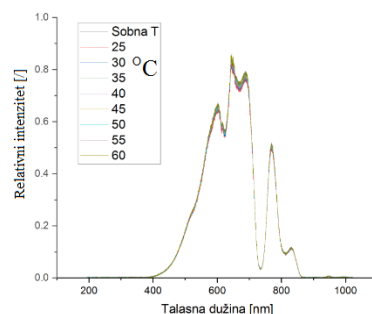
Прикупљање података о оптичким влакнима обухвата прикупљање информација о типу и карактеристикама влакна. Врши се мерење перформанси, при чему се мери слабљење светлости на другом крају влакна. За извршење ових захтева користи се одговарајућа опрема током постављања. Подаци о термичкој стабилности оптичких влакана односе се на њихову способност да задрже своја оптичка и механичка својства при различитим температурама.

5.2 Обрада података и дискусија резултата

За обраду података прикупљених током истраживања о термичкој стабилности и перформансама мултимодних пластичних оптичких влакана са зарезима, могу се применити различите технике анализе и визуализације како би се извукли корисни увиди и закључци. Потребно је извршити претпроцесирање података које подразумева чишћење података, нормализацију и сегментацију.

5.2.1 Обрада података и дискусија резултата прве поставке

На слици 6 је графички приказ који показује како се спектрални одзив влакна А мења са порастом температуре.



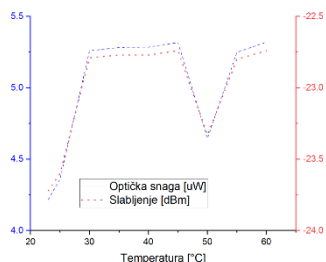
Слика 6. Визуализација спектралних кривих за А влакно

У оквиру ове поставке за свако влакно је дат графички приказ који показује како се спектрални одзив мења са порастом температуре. Извршена је интегрална анализа и добијени су резултати вршних вредности интензитета за свако влакно. Изнети су закључци о процентуалним променама релативног интензитета за свако влакно на кључним таласним дужинама. Такође, извршена је анализа средњих вредности и стандардне девијације интензитета за свако влакно. Изнети су и закључци о резултатима добијеним анализом понашања влакана на граничним температурама (собна температура и 60 °C). На крају је дата упоредна анализа резултата свих шест испитиваних влакана. Влакна А, Ц и Е су се показала као најстабилнија при променама температуре.

5.2.2 Обрада података и дискусија резултата друге поставке

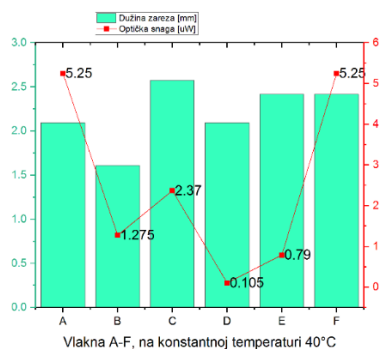
Зареци на влакнима варирају у ширини, дужини и дубини. Ове карактеристике утичу на начин на који светлост интерагује унутар влакна, што може допринети различитим термичким реакцијама. Влакна

са дубљим или дужим зарезима могу имати већа слабљења или губитке у оптичкој снази на вишим температурама. Дати су графици оптичке снаге и слабљења за свих шест оптичких влакана. На слици 7 је дат график оптичке снаге и слабљења А влакна.



Слика 7. Оптичка снага и слабљење А влакна

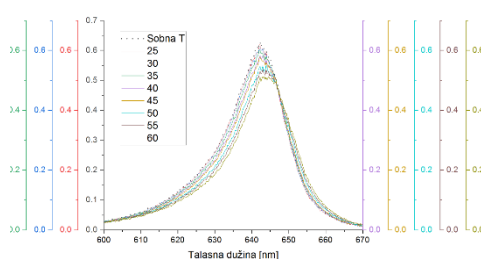
Анализирајући графике оптичке снаге за сва влакна у зависности од температуре, могу се приметити различити трендови који зависе од карактеристика сваког влакна. Дат је преглед перформанси на температури од 40 °C. График утицаја дужине влакана на оптичку снагу при 40 °C је приказан на слици 8.



Слика 8. Утицај дужине влакана на оптичку снагу при 40 °C

5.2.3 Обрада података и дискусија резултата треће поставке

Приказани су графици оптичке снаге и слабљења за свако влакно добијени за ову поставку. Такође, приказане су спектралне криве за свако испитивано влакно. На слици 9 је приказана спектрална крива за влакно А.

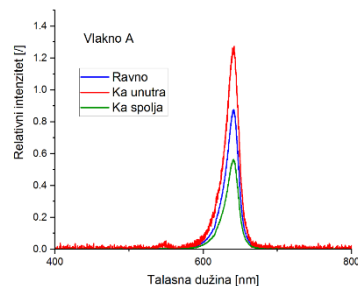


Слика 9. Спектрална крива за влакно А

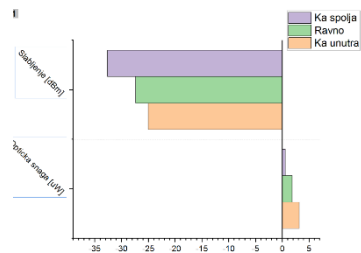
5.2.4 Обрада података и дискусија резултата четврте поставке

За четврту поставку мерења, добијени графици приказују како се релативни интензитет светла и оптичке перформансе (слабљење и оптичка снага) мењају када је влакно савијено ка зарезима, од зареза и када се налази у равном положају. Дати су графици који приказују утицај савијања влакана на интензитет

(слика 10) и на оптичку снагу и слабљење (слика 11) за влакно А.



Слика 10. Утицај савијања на интензитет за влакно А



Слика 11. Утицај савијања на оптичку снагу и слабљење за А влакно

Закључак

Анализом прве поставке закључено је да су влакна А, Ц и Е најстабилнија у свим температурним опсезима. У другој поставци се показало да су влакна А, Б, Ц, Д и Ф стабилнија на вишим температурама (45 °C и 50 °C), а влакно Е на нижим температурама (25 °C). Резултати треће поставке показују да влакна А, Б, Ц и Ф имају мању стабилност на вишим температурама, док су влакна Д и Е стабилнија при повишеним температурама. У складу са очекивањима, савијањем влакана од зареза, у свим случајевима у четвртој поставци, смањене су перформансе оптичких влакана.

Литература

- [1] Mohammad D. Al-Amri, Mohamed M. El-Gomati, M. Suhail Zubairy, "Optics in Our Time", SpringerOpen, 2016 [август 2024]
- [2] Ј. С. Бајић, „Оптоелектроника“, Факултет техничких наука, Универзитет у Новом Саду, Р. Србија, 2021 [октобар 2024]
- [3] Gerd Keiser, "Optical Fiber Communications", Second Edition, International Edition, 1991 [септембар 2024]
- [4] Olaf Ziemann, Jürgen Krauser, Peter E. Zamzow, Werner Daum, "POF Handbook, Springer-Verlag Berlin, 2008 [октобар 2024]

Кратка биографија



Тамара Драшковић рођена је 2000. године у Осијеку, Р. Хрватска. Дипломски рад на Факултету техничких наука у Новом Саду из области методи оптимизације – Оптимизација распореда пуњења електричних возила у паметној електричној мрежи одбранила је 2023. године.

Контакт: draskovictamara00@gmail.com