

M. K. ...

ДРУШТВО ФИЗИЧАРА СРБИЈЕ



ЗБОРНИК

**предавања, програма радионица,
постер радова и презентација са
XXVIII републичког семинара
о настави физике**

ВРЊАЧКА БАЊА – 2010

Шковчић

ДРУШТВО ФИЗИЧАРА СРБИЈЕ



ЗБОРНИК

**предавања, програма радионица,
постер радова и презентација са
XXVIII републичког семинара о
настави физике**

ВРЊАЧКА БАЊА – 2010

ОРГАНИЗАТОР СЕМИНАРА

Друштво физичара Србије

Стручни одбор:

1. Душанка Обадовић
2. Илија Савић
3. Вера Бојовић
4. Стеван Јокић
5. Јаблан Дојчиловић
6. Божидар Вујичић
7. Мирјана Поповић Божић
8. Бранислав Јовановић

Организациони одбор:

1. Александар Белић
2. Дарко Танасковић
3. Иван Дојчиновић
4. Татјана Марковић Топаловић
5. Наташа Каделбург
6. Николић Слађана
7. Весна Вучић
8. Предраг Давидовић

Уредник зборника:

Илија Савић

Технички уредник:

Душан Тасић

Лектор:

Гордана Давидовић

Издавач:

Друштво физичара Србије

Тираж: 220 примерака

Штампа: „ТОН ПЛУС“, Нови Београд

Мерење коефицијента слабљења у пластичном оптичком влакну

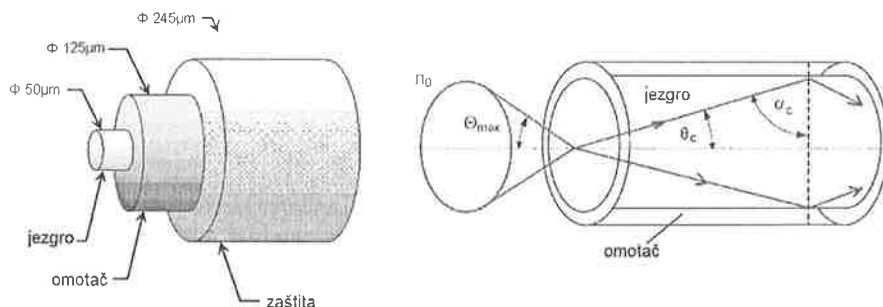
Милан С. Ковачевић¹, Невена Аксић²

Институт за физику, ПМФ Крагујевац
VII разред, ОШ "Радоје Домановић" Крагујевац

Апстракт. У раду је описан експеримент за мерење коефицијента слабљења снаге светлости у пластичном оптичком влакну. Коефицијент слабљења је одређен применом *cut-back* методе. Извршена су мерења за четири таласне дужине светлости из видљивог и инфрацрвеног дела електромагнетног спектра.

Оптичко влакно

Оптичко влакно је диелектрична структура за вођење и транспорт енергије на таласној дужини која одговара видљивом или инфрацрвеном опсегу електромагнетног спектра. Влакна су саграђена од више слојева транспарентног материјала. Централни слој се назива језгро. На њега належе други слој диелектричног материјала, омотач. Ова двослојна вођица обавијена је једним заштитним слојем (Слика 1). Светлост путује дуж језгра оптичког влакна. Материјал језгра влакна има индекс преламања n_1 , а материјал омотача влакна има индекс преламања n_2 . Индекс преламања језгра влакна је већи од индекса преламања омотача влакна. Да би се светлост простирала кроз влакно на принципу тоталне рефлексије, упадни угао светлости у односу на нормалу мора да буде већи од критичног угла α_c . Из Снелловог закона, следи да је $\alpha_c = \sin^{-1}(n_2/n_1)$. Светлосни зраци који упадају под углом $\alpha > \alpha_c$, односно $\theta < \theta_c$, простираће се кроз језгро влакна по принципу тоталне рефлексије светлости.



СЛИКА 8. Геометрија и структура оптичког влакна

Карактеристике процеса преноса светлости кроз оптичко влакно зависе од облика расподеле индекса преламања језгра и омотача влакна. Оптичко влакно са степенастим индексом преламања има константну вредност индекса преламања дуж целог попречног пресека језгра влакна. Путање светлосних зрака у овом влакну су праве линије, при чему се светлосни зраци при проласку кроз влакно тотално рефлектују на граничној површи језгра и омотача, и поново враћају у језгро. Оптичка влакна са градијентним индексом преламања имају језгро чији се индекс преламања мења радијално тако што расте постепено од вредности индекса преламања омотача n_2 до неке максималне вредности n_1 дуж осе влакна. Трајекторија светлости у градијентном оптичком влакну има облик хеликоиде. За више детаља о оптичким влакнима читаоцима препоручујемо референце [1-3].

Да би се светлост простирала дуж језгра оптичког влакна, мора се убацити у влакно под углом $\theta_0 < \Theta_{\max}$, где је Θ_{\max} прихватни угао влакна. Прихватни угао влакна се може изразити помоћу индекса преламања језгра и омотача влакна, као $\sin \Theta_{\max} = \sqrt{n_1^2 - n_2^2}$. Синус прихватног угла оптичког влакна назива се нумеричка апертура и изражава способност оптичког влакна да прихвати светлост коју емитује извор.

Слабљење снаге светлости у оптичком влакну

Када се светлост простире кроз оптичко влакно, долази до слабљења њене снаге. Губитак светлости у влакну мери се у децибелима (dB) и дефинише се као $a = 10 \log(P_{in} / P_{out})$, где је P_{in} снага на улазу у влакно, а P_{out} снага на излазу из влакна. Тако губитак од 10 dB значи да је снага на излазу из оптичког влакна десет пута мања од улазне снаге светлости. Следећа једначина повезује оптичку снагу на почетку и на крају влакна:

$$P(z) = P(0)e^{-\alpha'z} \quad (1)$$

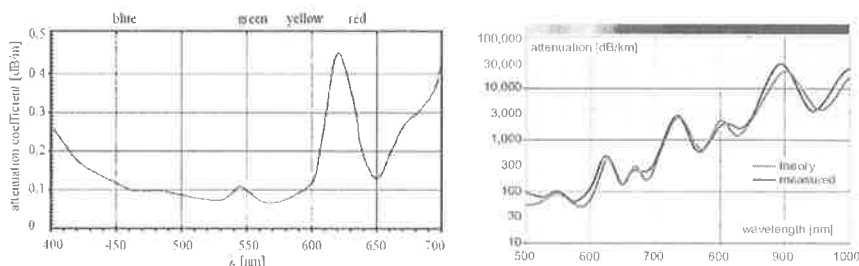
где је $P(0)$ снага светлости на почетку влакна, $z = 0$, $P(z)$ снага светлости на крају влакна, z дужина влакна. Параметар α' назива се коефицијент слабљења (eng. *attenuation constant*). Коефицијент α' има димензије km^{-1} . У пракси је погодније изразити коефицијент слабљења у dB/km:

$$a = 10 \log(P_{in} / P_{out}) = 10(\alpha'z) \log e \quad (2)$$

$$\alpha \equiv a / z = 4.343 \alpha' \quad (3)$$

Слабљење светлости у оптичком влакну настаје услед унутрашњих и спољашњих губитака светлости. Унутрашњи губици настају услед апсорпције и Rayleigh-овог расејања светлости. Спољашњи губици светлости настају услед микроскопских деформација у влакну и савијања влакна при његовој инсталацији. Микроскопске деформације влакна обухватају неравнине које се јављају на граници језгра и омотача, флукуације вредности пречника језгра итд. Ако

анализирамо слабење снаге светлости у влакну у зависности од таласне дужине светлости, постоје три главна минимума који се налазе у инфрацрвеној области електромагнетног спектра, на таласним дужинама: 850 nm, 1310 nm, и 1550 nm. Интервали таласних дужина од 800 nm до 900 nm, од 1250 nm до 1350 nm и од 1500 nm и 1600 nm називају се оптичким прозорима, и у њима се светлост најчешће преноси кроз оптичка влакна. Код пластичних поли-метил-мета-акрилних (PMMA) влакана, која смо користили у нашем експерименту, постоје још три оптичка прозора: 520 nm, 570 nm, и 650 nm, са карактеристичним слабењем оптичког сигнала од 73 dB/km, 64 db/km и 130 dB/km, репективно (Слика 2).



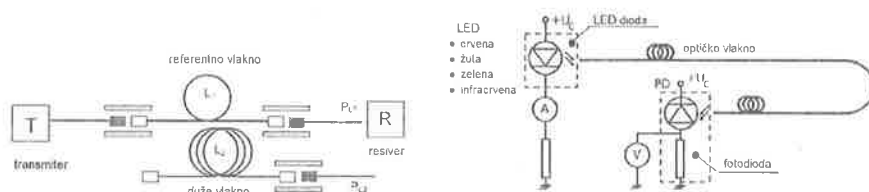
СЛИКА 2. Крива слабења оптичког сигнала у PMMA пластичном оптичком влакну [5]

Експеримент

Постоји више метода за одређивање коефицијента слабења сигнала у оптичком влакну. Једна метода позната је још и као cut-back метода [4]. Суштина ове методе је у следећем: претпоставимо да имамо два влакна, једно краће, дужине L_1 , и дуже влакно, чија дужина износи L_2 . Ако претпоставимо да је снага светлости на улазу у влакно P_{in} , помоћу једначине (2) лако налазимо да је

$$\alpha = \frac{10}{L_2 - L_1} \log \frac{P_{L1}}{P_{L2}} \quad (4)$$

где су P_{L1} и P_{L2} снаге светлости на излазу краћег и дужег влакна, репективно.



СЛИКА 3. Метода и шематски приказ експеримента.

Резултати и дискусија

Шема експеримента је приказана на Слици 3. Мерења су извршена са четири диоде чије су таласне дужине редом: $\lambda_1 = 550 \text{ nm}$, $\lambda_2 = 625 \text{ nm}$, $\lambda_3 = 700 \text{ nm}$ и $\lambda_4 = 850 \text{ nm}$. Референтни напон фотодиоде износио је 5.47 V. Мерењем пада напона на фотодиоди за кратко и дугачко влакно, добијени су резултати који су приказани у Табели 1. Затим се коефицијент слабљења израчунава применом формуле (4).

ТАБЕЛА 1. Коефицијент слабљења за РММА пластичном влакну

Таласна дужина λ (nm)	Краће влакно	Дуже влакно	α (dB/m)
	$L_1 = 0.5 \text{ m}$ ΔU (V)	$L_2 = 8 \text{ m}$ ΔU (V)	
550	0.16	0.13	0.12
625	0.45	0.23	0.38
650	0.19	0.14	0.17
850	4.32	0.44	1.32

Израчунате вредности за коефицијент слабљења приближно одговарају вредностима које се могу прочитати са Слике 2. На основу израчунатих вредности јасно се уочава зависност коефицијента слабљења од таласне дужине светлости која се преноси кроз оптичко влакно. Описани експеримент се може реализовати у школским кабинетима из физике и исти укључити у програм додатне наставе.

Захвалница

Аутори се захваљују Др Саши Симићу на помоћи у вези са техничким решењем поставке експеримента.

Литература

1. Cherin A. H., *Introduction to optical fibers*, New York, McGraw-Hill, 1983.
2. Ковачевић М., *Шта сваки професор физике треба да зна о оптичком влакну*, Зборник предавања и постер радова, XXV Републички семинар, В. Бања, 2007, стр. 182-187.
3. Ковачевић М., *Доприноси моделовању простирања светлости кроз мултимодна оптичка влакна*, (Докторска дисертација), Крагујевац, 2007.
4. Marcuse D., *Principles of Optical Fiber Measurements*, New York, Academic Press, 1981.
5. Zeimann O., Krauser J., Zamzow P.E., Daum W., *POF Handbook*, Berlin, Springer-Verlag, 2008.