

Foton jako 1 nebo 0

Tomáš Husák
Gymnázium
Litoměřická, Praha
tomikhusak@sezna
m.cz

Marie Hledíková
Gymnázium Velké
Meziříčí
hledikova@gvm.cz

Lukáš Beneda
Gymnázium Česká,
České Budějovice
Beneda.Lukas@sez
nam.cz

Abstrakt:

V naší práci jsme se seznámili s principem fungování optických vláken a jejich využitím v dnešní době. Naším cílem bylo použít metodu optické reflektometrie k analýze různých typů optických vláken a k zjištění jejich parametrů. Metoda se dále používá při zjištění místa defektu a možnosti její lokalizace. Výsledkem těchto měření bylo zjištění, že každé vlákno má své specifické vlastnosti a tím pádem není vhodné ke všem účelům a zároveň jsme zjistili délky připravených vláken.

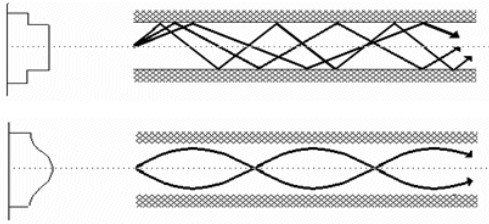
1 Úvod

V posledních letech se snaží lidstvo urychlit telekomunikaci po celém světě. Zatímco na konci minulého století byli lidé sotva schopni poslat e-mail, nyní vyhodnocujeme dotazy na internetu ve zlomcích vteřin. Tuto možnost nám umožnilo zlepšení kvality optických přenosových tras. Vývoj technologie výroby optických vláken (OF) začal v 60. letech 20. století, kdy se objevily první teoretické studie, avšak tehdejší technické vybavení neumožňovalo jejich kvalitní výrobu. Později za pomoci kvalitnějších a čistších materiálů se podařilo tyto myšlenky převést do praxe. Dnes máme natolik kvalitní výrobu, že tyto telekomunikační trasy již nemají konkurenci. I když tyto trasy jsou velice rychlé a spolehlivé, může dojít k přerušení, avšak díky metodě optické reflektometrie (OTDR) není problém velice přesně určit místo vady vlákna, a tak ji jednoduše opravit.

2 Popis vlnovodného principu

Optické vlákno

OF je dielektrický válcový světlovod skládající se z jádra a pláště, jejichž rozměry jsou v řádech mikrometrů. Jádrem OF je oxid křemičitý a plášť bývá vyroben z křemenného skla, respektive polymeru. Takto zhotovená struktura využívá k přenosu informace světelné paprsky, které se podle principu totálního odrazu šíří OF. OF se dělí podle materiálu (křemenná, polymerní, hybridní) nebo podle počtu vidů (jednovidová, vícevidová). Vid můžeme popsat jako paprsek vedený jádrem vlákna. Dalším možným dělením je podle profilu indexu lomu na step-indexová a gradientní.

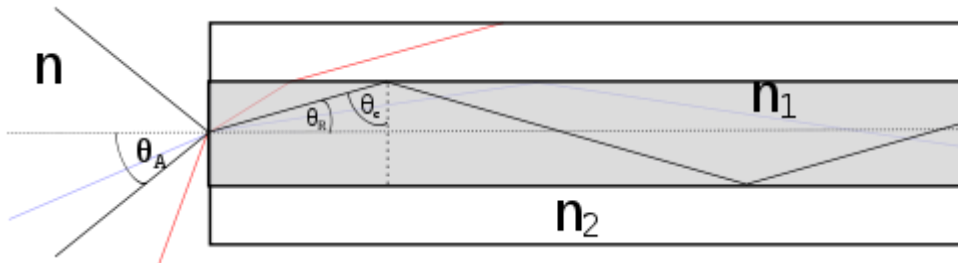


Obr.1 – Rozdělení OF podle profilu indexu lomu [1]

Teorie totálního odrazu

Totální odraz světla vzniká na rozhraní dvou prostředí, v případě, že paprsek dopadá z opticky hustšího prostředí do opticky řidšího prostředí ($n_1 > n_2$). Důsledkem tohoto jevu je skutečnost, že energie zůstává v původním prostředí. Matematicky lze tento jev vyjádřit pomocí Snellova zákona.

$$\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{n_2}{n_1} \quad (1)$$



Obr.2 – Princip šíření světelného paprsku OF na základě principu totálního odrazu [2]

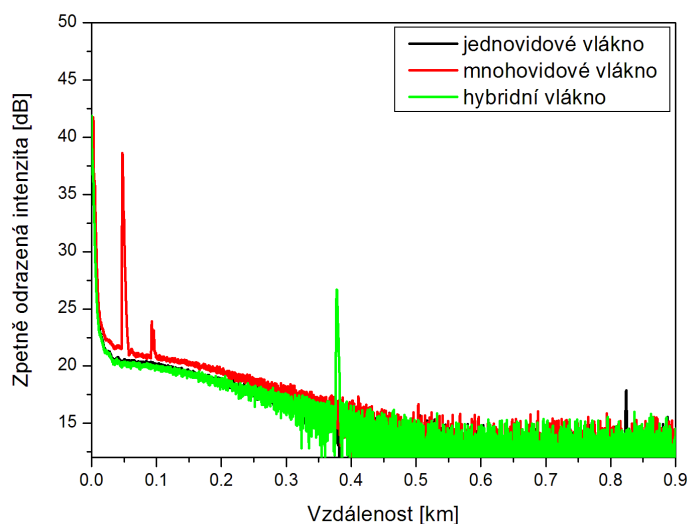
OTDR

Metoda se používá ke zjišťování kvality optických přenosových tras. V našem případě jsme pomocí této metody zjišťovali délku a útlum OF. Vzhledem k tomu, že kolmo dopadající paprsek na rozhraní dvou prostředí (vlákno, vzduch) se částečně odráží zpět, můžeme tuto odraženou intenzitu zaznamenávat a určovat časový interval, který uplyne od vyslání a následné registrace tohoto impulzu. Z této znalosti lze měřit délku OF (ze vzdálenosti dvou Fresnelových reflexí), respektive jeho útlum.

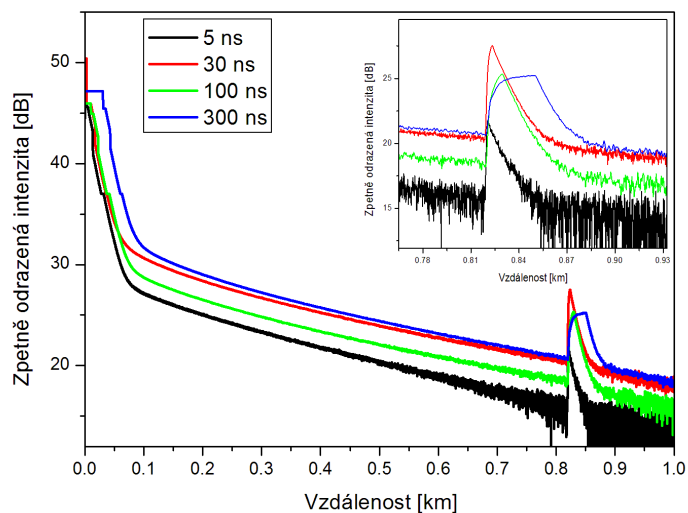
Výsledky a diskuze

Při našem experimentu jsme použili zařízení mini-OTDR-E6000, 3 typy OF (křemenné jednovidové, křemenné vícevidové a hybridní vícevidové), konektory OF (SMA, FC), svářečku a lámačku OF.

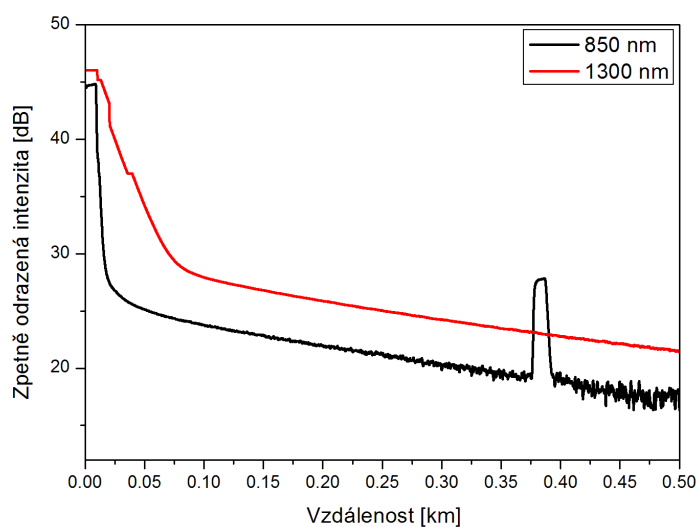
Měřili jsme uvedené typy OF, u kterých jsme určovali jejich délky a útlum. Následně jsme měnili jednotlivé vstupní parametry OTDR jednotky a zjišťovali jsme jejich vliv na výsledný záznam.



a



b



c

Obr.3 – **a** – srovnání jednotlivých délek OF, **b** – vliv délky impulsu na tvar 2. Fresnelovy reflexe, **c** – srovnání průběhu OTDR záznamu pro hybridní OF

Při našem experimentu jsme určili jednotlivé délky OF. Jednovidové vlákno bylo dlouhé $820,35 \pm 1,39$ m. Hybridní vlákno bylo délky $375,93 \pm 0,19$ m. U vícevidového vlákna jsme určili délku na $46,5 \pm 0,23$ m.

Zjistili jsme, že šířka světelného impulsu ovlivňuje tvar 2. Fresnelovy reflexe. Zvolením kratšího impulsu lze docílit větší přesnosti měření ve srovnání s delšími impulsy, avšak na úkor menšího dynamického rozsahu.

Dále se ukázalo, že některá OF jsou vhodná pouze pro určité vlnové délky, což lze demonstrovat neexistencí 2. Fresnelovy reflexe u hybridního OF na Obr.3c.

Tab 1: Naměřené hodnoty OF při různých parametrech

Vlnová délka	Typ vlákna	Délka impulsu(ns)	Délka vlákna(m)	Útlum vlákna(dB)	Útlum vlákna(dB/km)
850	jednovidové dlouhé	5	822,3	41,64	50,63845312
1300	jednovidové dlouhé	5	818,9	27,87	34,03345952
850	jednovidové dlouhé	100	822,2	32,81	39,90513257
1300	jednovidové dlouhé	100	819,7	27,13	33,09747469
1300	jednovidové dlouhé	30	819,1	29,57	36,10059822
1300	jednovidové dlouhé	300	819,9	26,23	31,99170631
850	hybridní 200/280	5	375,8	25,81	68,68014902
850	hybridní 200/280	100	376,2	25,07	66,64008506
850	hybridní 200/280	30	375,8	26,98	71,79350718
1300	hybridní 200/280	100	bez reflexe		
850	Vícevidové 62,5/125	5	46,5	16,34	351,3978495
850	Vícevidové 62,5/125	100	46,6	18,69	401,0729614
850	Vícevidové 62,5/125	30	46,5	20,28	436,1290323
1300	Vícevidové 62,5/125	5	46,1	9,57	207,5921909
1300	Vícevidové 62,5/125	100	46,8	3,33	71,15384615

3 Shrnutí

Testovali jsme různé typy OF, jejichž délky byly pro jednovidové vlákno $820,35 \pm 1,39$ m, pro hybridní vlákno $75,93 \pm 0,19$ m a pro vícevidové vlákno $46,5 \pm 0,23$ m. Ověřili jsme, že každý typ OF je vhodné používat pro jiné průmyslové aplikace.

Poděkování

Závěrem bychom rádi poděkovali Fakultě jaderné a fyzikálně inženýrské ČVUT v Praze a Ing. Vojtěchu Svobodovi, CSc. za organizaci Týdne vědy na Jaderce, dále také našemu supervizorovi Ing. Janu Aubrechtovi za poskytnutí svých znalostí, výpomoc, spolupráci a trpělivost.

Reference:

- [1] <http://www.earchiv.cz/b05/gifs/b0800209.gif>
- [2] <http://hroch.spseol.cz/~nozka/psk/048-opticka-vlakna-IV/NA.png>
- [3] MANUÁL E6000 MINI-OTDR USER'S GUIDE *Agilent Technologies*