

Tekutý světlovod

aneb Pár slov o optických vláknech

V. Pacík, T. Grabec

Fakulta jaderná a fyzikálně inženýrská, Břehová 7, 115 19 Praha 1

vojta.pacik@gmail.com, t.grabec@gmail.com

Abstrakt

V rámci našeho projektu jsme se zabývali obecnými poznatky ze současné technologie přenosu dat pomocí optických kabelů. Konkrétně jsme se seznámili se základními principy přenosu dat při použití této metody, jejími výhodami a nevýhodami, základní strukturou optických kabelů a s jejich aplikací v praxi. Vyvrcholením našeho projektu pak byla praktická demonstrace „tekutého světlovodu“ - modelu jednoduchého optického vlákna.

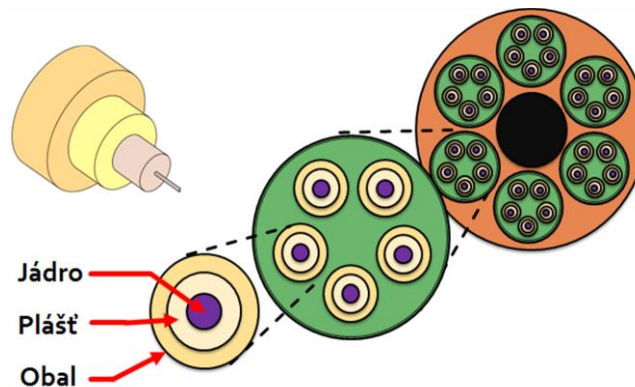
1 Úvod

Díky technickému pokroku má dnes lidstvo možnost zpracovávat a uchovávat stále větší a větší množství dat. S rostoucí kapacitou ale vzniká problém spojený s přenosem těchto dat a roste tak potřeba po stále vyšších přenosových rychlostech.

Již od 60. let 20. století začali vědci a inženýři uvažovat o světelných paprscích jako možném médiu použitelném pro vysokorychlostní přenos dat. Od té doby ušla tato myšlenka dlouhou cestu až na konec druhého tisíciletí, kdy se začaly optické kabely hromadně využívat a dodnes dosahují nejvyšších přenosových rychlostí.

2 Struktura

Podíváme-li se na strukturu optického kabelu, mohli bychom jí rozdělit na tři základní části: jádro, plášť a obal.



Obr. 1 Struktura optického kabelu

Jádro optického kabelu – optické vlákno – je ohebné průhledné vlákno, jehož průměr se pohybuje řádově v mikrometrech, vyrobené nejčastěji ze siliky – oxidu křemičitého. Optické vlákna se dále vyrábějí například ze směsi fluoridů, fosfátů nebo chalkogenů. Výroba samotného optického vlákna je velice náročná a klíčová pro celkovou efektivitu optického kabelu a kvalitu datového přenosu.

Důležitou součástí optického kabelu je pláště, což je vrstva neprůhledného materiálu zpravidla s nižším indexem lomu, než je index lomu vlastního optického vlákna. Funkcí pláště je omezení světelných ztrát během přenosu dat. V praxi se nepoužívá pouze jediná vrstva, ale spíše několik vrstev s různým indexem lomu, čímž se docílí podstatně výraznějšího snížení ztrát.

Vzhledem ke skutečnosti, že kvalitní optická vlákna jsou velice náchylná k mechanickému poškození, tvoří vnější vrstvu kabelu pevný a odolný obal, který slouží i jako ochrana před vlhkostí a dalšími nepříznivými faktory.

Celková struktura optického kabelu závisí na vyžadované kvalitě a jeho využití. Základní segmenty tvořené jedním optickým vlákem, jeho pláštěm a obalem se v závislosti na požadavcích různě kombinují. Ve skutečnosti se v praxi optické kabely tvořené pouze jedním optickým vlákem využívají ojediněle pouze pro speciální účely.

3 Základní principy přenosu dat

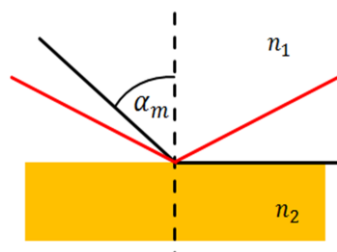
Jednou z hlavních podmínek pro úspěšný přenos datové informace pomocí optického kabelu je schopnost „udržet“ světelný paprsek uvnitř samotného kabelu. Podívejme se na Snellův zákon (1) – jeden ze základních zákonů paprskové optiky popisující chování světelného paprsku na rozhraní dvou vrstev s různými indexy lomu světla.

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

Položíme úhel β roven 90° , dostaneme nový vztah (2) pro tzv. mezní úhel. Dopadá-li paprsek na rozhraní dvou prostředí pod úhlem větším než je mezní úhel, pak mluvíme o tzv. totálním odrazu, což je takový odraz, při kterém v ideálním případě nedochází k lomu, což zjednodušeně znamená, že nám paprsek neopustí optický kabel a je tak schopen přenášet datovou informaci.

$$\sin \alpha_m = \frac{n_2}{n_1} \quad (2)$$

Aby měl výraz (2) smysl, musí být index lomu pláště nižší, než je index lomu optického vlákna – což jsme zmínili v předchozí kapitole.



Obr. 2 Totální odraz

Laserový paprsek přenášející datovou informaci se na rozhraní vlákna a pláště odráží (s minimálními ztrátami) a tak prochází optickým kabelem, aniž by došlo ke ztrátě přenášené informace.

Způsob, jakým je informace přenášena pomocí paprsků, je podobný jako přenos elektrického signálu. Datové informace jsou prezentovány jako směr jedniček a nul, které jsou pak transformovány do sekvence „blikání“ zdrojového laseru, jehož paprsky jsou pak přenášeny skrze optický kabel, na jehož konci je pak tento signál dekodován zpět a přečten opět jako posloupnost jedniček a nul.

4 Tekutý světlovod

Přestože používání optických kabelů můžeme považovat za relativní novinku, první myšlenky spojené s touto tematikou – vedení světla využitím totálního odrazu – se objevily již v polovině 19. století.

V roce 1842 švýcarský vědec Jean-Daniel Colladon a jeho francouzský kolega Jacques Babinet poprvé demonstrovali tzv. „světelnou fontánu“ (označovanou také jako „tekutý světlovod“). Jednalo se o jednoduchou aparaturu složenou z nádoby s otvorem a zdroje světla. Aparatura byla sestavena tak, aby byly paprsky světla zaostřeny právě do otvoru v nádobě. Po naplnění nádoby vodou, začala voda vytékat otvorem ven a sloužila jako jednoduché optické vlákno.



Obr. 3 Tekutý světlovod

Při naší demonstraci jsme provedli v podstatě stejný experiment jako Colladon s Babinetem, ovšem s odlišnou aparaturou – jako nádobu jsme použili průhlednou PET lahev a jako zdroj světla helium-neonový laser.

5 Závěr

I přesto, že jsme během sestavování aparatury čelili několika technickým komplikacím, převážně s konstrukcí dostatečně velkých a vyhovujících zásobních nádob, úspěšně jsme nakonec náš cíl – demonstrovat funkční model tekutého světlovodu – zvládli.

Poděkování

Rádi bychom poděkovali panu ing. Svobodovi, CSc. za jeho ochotu a zapůjčení pomůcek pro demonstraci tekutého světlovodu.

Reference

- [1] J. Peterka, Optická vlákna, <http://www.earchiv.cz/a96/a645k150.php3>
- [2] How does a fiber optic cable work, <http://electronics.howstuffworks.com/question402.htm>
- [3] kol. autorů, Optical fiber, http://en.wikipedia.org/wiki/Optical_fiber