

Název a číslo úlohy:	Vlastnosti optických vláken a optické senzory
Datum měření:	2. března 2011
Měření provedli:	Vojtěch Horný, Jaroslav Zeman
Vypracoval:	Vojtěch Horný
Datum:	3. března 2011
Hodnocení:	

Abstrakt

Cílem úlohy bylo seznámit se s principem optických vláknových senzorů a na demonstračních úlohách z plastových a skleněných vláken provést jednoduchá měření za účelem ověření principů.

1 Úvod

Optické vlákna patří k nejmodernějším přenosovým médiím. Jejich vysoká přenosová kapacita a nízký útlum jsou hlavní výhody, které je staví před klasické kabelové a rádiové komunikační prostředky. V této úloze jsme si vyzkoušeli práci s optickým vláknem a zjistili, jak se chová optické vlákno, pokud je různými způsoby ovlivňováno.

2 Pomůcky

optické vlákna (bez konektorů, s konektory), detektor optického výkonu, kolimační optika, kroužky různých průměrů, úhломěr, neutrální filtry, voda, lín, izopropylalkohol, imerzní oleje, neznámá viskózní kapalina

3 Vypracované úkoly

Úkol č. 1

Zadání

Naměřte optický výkon prošlý vláknem a studujte vliv navázání.

Postup a výsledky

Oddělili jsme přibližně 3 cm primární ochrany optického vlákna a zalomili samotné vlákno. Pomocí fokuzáčního objektivu a mikroposuvného stolku jsme navedli laserové záření He-Ne laseru do skleněného optického vlákna upevněného na stolku. Druhý konec vlákna jsme zasunuli do detektoru optického výkonu. Jemným laděním jsme dosáhli maximálního výkonu $69 \mu\text{W}$, přičemž výkon zdroje byl $1,12 \text{ mW}$.

Diskuse

Důvodem relativně malého přeneseného optického výkonu byla především odchylka osy jádra optického vlákna a vstupujícího paprsku. Dále významnou roli hrála nepřizpůsobenost numerické apertury vlákna a vstupního svazku, která byla daná nepřesnou polohou vůči ohnisku objektivu. Další ztráty zapříčinily nepřesnosti koncové plochy vlákna. Tyto plochy nebyly vyleštěny a nepovedlo se je nastavit tak, aby byly kolmé na vstupující paprsek.

Úkol č. 2

Zadání

Změřte vliv ohybů na útlum vlákna.

Postup a výsledky

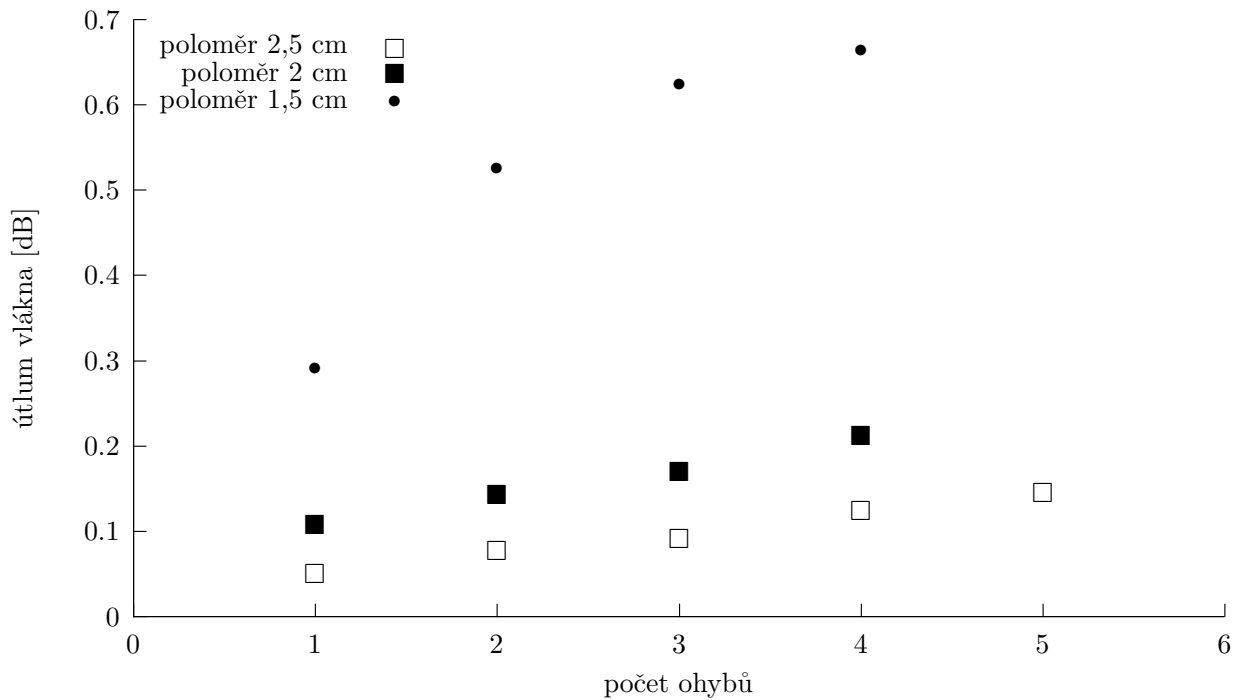
Změřili jsme přiložené válečky a namotávali na ně optické vlákno. Měřili jsme vstupní a výstupní výkon, útlum jsme vypočítali podle vzorce

$$A [\text{dB}] = -10 \log \left(\frac{P_{out}}{P_{in}} \right).$$

Naměřená data naleznete v tabulce 1 a grafu 1.

Tabulka 1: Vliv ohybů na útlum vlákna

poloměr vlákna [cm]	počet otáček	vstupní výkon [μW]	výstupní výkon [μW]	koeficient útlumu [dB]
2,5	0	6,57	6,57	0,000
	1	6,57	6,49	0,053
	2	6,57	6,45	0,080
	3	6,57	6,43	0,094
	4	6,57	6,38	0,127
	5	6,57	6,35	0,148
2	0	6,5	6,5	0,000
	1	6,5	6,34	0,108
	2	6,5	6,29	0,143
	3	6,5	6,25	0,170
	4	6,5	6,19	0,212
1,5	0	6,5	6,5	0,000
	2	6,5	5,76	0,525
	1	6,5	6,08	0,290
	3	6,5	5,58	0,663
	4	6,5	5,63	0,624



Graf 1: Závislost koeficientu útlumu na počtu ohybů vlákna pro různé poloměry křivosti ohybů.

Diskuse

Potvrzuje se předpoklad, že s počtem závitů roste útlum vlákna, a že větší útlum je pozorován u užších válečku. Křivost ohybu je totiž u nich vyšší.

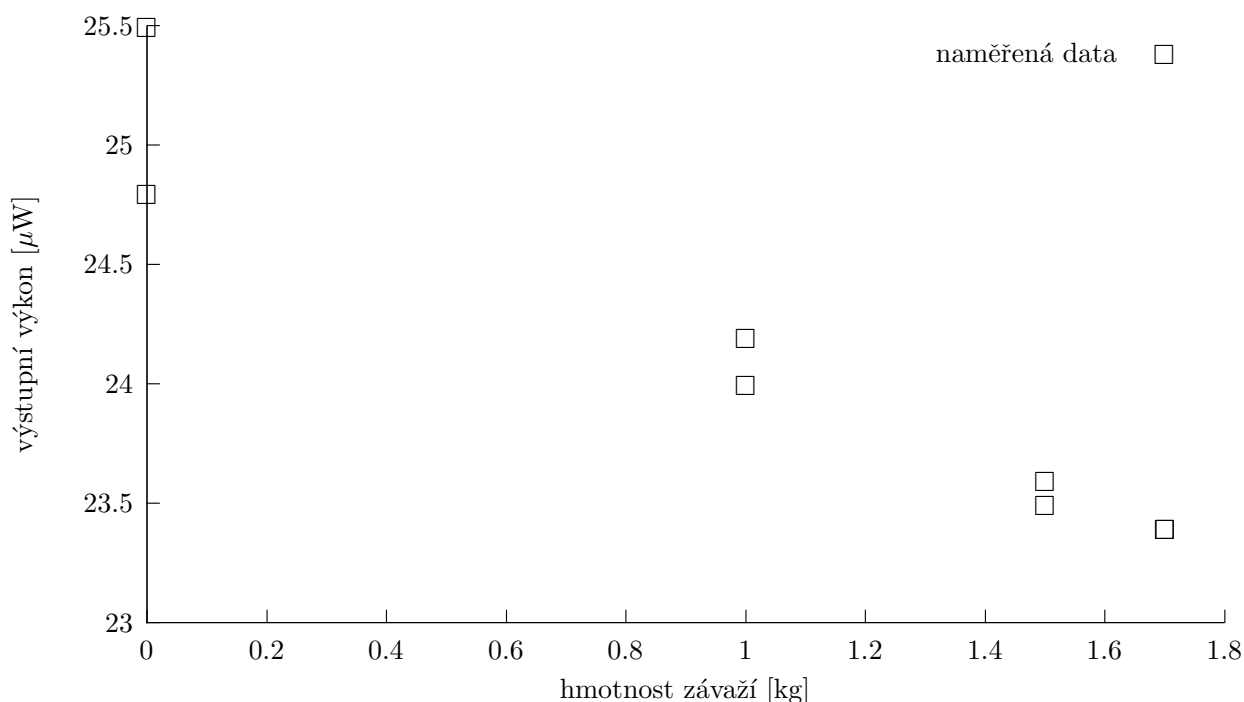
Úkol č. 3

Zadání

Změřte vliv mikroohybů na útlum vlákna.

Postup a výsledky

Mikroohyby znamenají periodicky se opakující změnu zakřivení osy optického vlákna s malou amplitudou ohybu. Vložili jsme část optického vlákna mezi mikroohybové podložky a zkoumali závislost výkonu na výstupu na hmotnosti závaží přiloženého na podložky. Měření jsme provedli opakovaně, výsledky jsou v grafu 2.



Graf 2: Mikroohyby - závislost výstupního výkonu na hmotnosti závaží na podložce.

Diskuse

Se zvyšováním tlaku mikroohybové podložky na optické vlákno dochází očekávaně ke snížení výstupního výkonu. Zkusili jsme ještě zvyšovat tlak (tlačili jsme na podložku rukou) a sledovali jsme klesající údaj na wattmetru. Při určitém tlaku vlákno prasklo.

Úkol č. 4

Zadání

Změřte transmisní senzor. Demonstrujte vliv polohy předmětu v optické dráze mezi dvěma vlákny na přenesený výkon.

Postup a výsledky

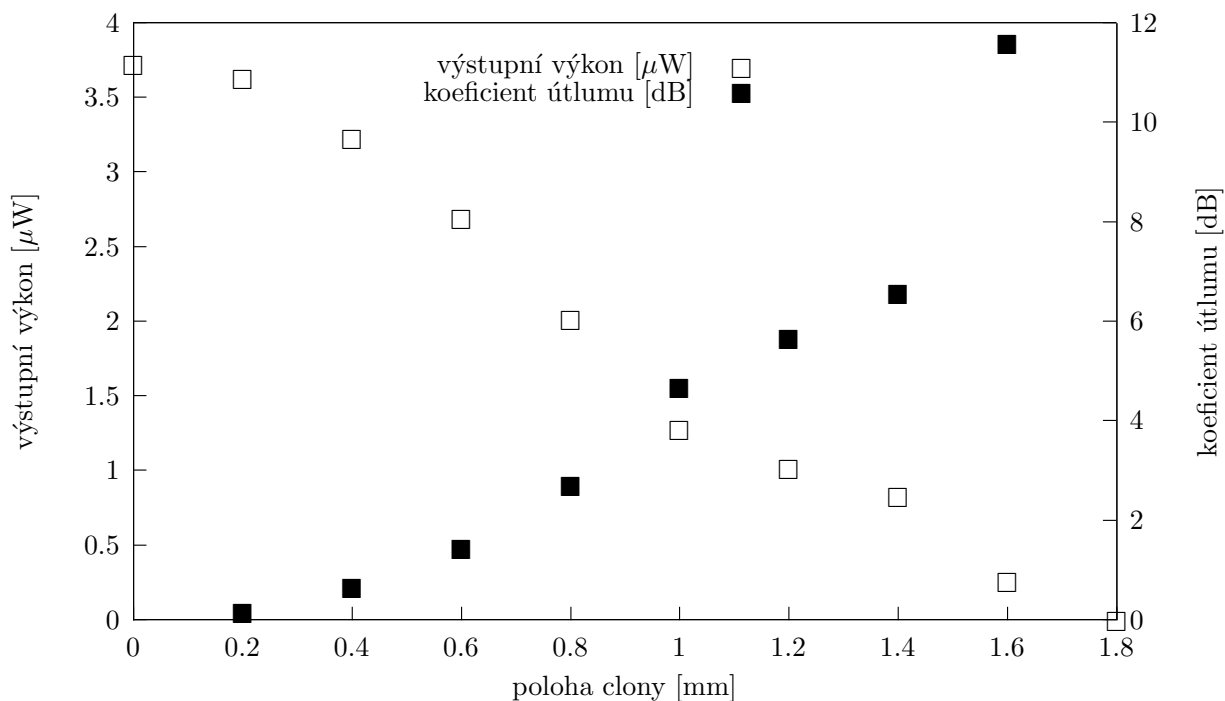
Mezi dvě optická vlákna jsme nejprve postupně zasouvali clonu a sledovali závislost útlumu na poloze okraje clony. Naměřené hodnoty a závislosti naleznete v tabulce 2 a grafu 3. Stejně měření jsme provedli se soustavou neutrálních filtrů. Naměřené hodnoty naleznete v grafu 3 a 4.

Tabulka 2: Závislost výstupního výkonu, relativního výstupního výkonu a útlumu na poloze okraje clony

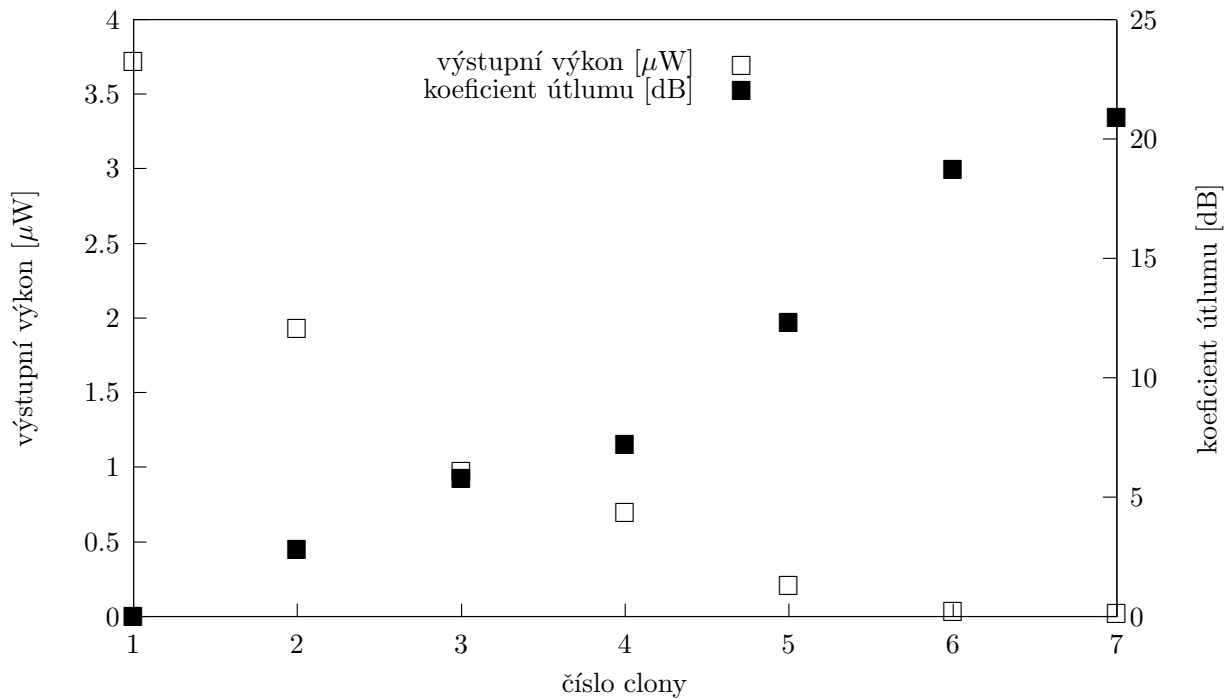
poloha clony [mm]	výstupní výkon [μW]	relativní výkon [%]	útlum [dB]
0	3,73	100	0
0,2	3,63	97	0,1
0,4	3,23	87	0,6
0,6	2,69	72	1,4
0,8	2,02	54	2,7
1,0	1,28	34	4,6
1,2	1,02	27	5,6
1,4	0,83	22	6,5
1,6	0,26	7	11,6
1,8	0	0	

Tabulka 3: Závislost výstupního výkonu, relativního výstupního výkonu a útlumu druhu neutrálního filtru.

číslo clony	výstupní výkon [μW]	relativní výkon [%]	útlum [dB]
1	3,73	100,0	-0
2	1,94	52,0	2,8
3	0,99	26,5	5,8
4	0,71	19,0	7,2
5	0,22	5,9	12,3
6	0,05	1,3	18,7
7	0,03	0,8	20,9



Graf 3: Závislost optického výkonu a koeficientu útlumu na poloze okraje clony.



Graf 4: Závislost výstupního výkonu, relativního výstupního výkonu a útlumu druhu neutrálního filtru.

Diskuse

Pozorovali jsme pokles přeneseného výkonu a vzestup koeficientu útlumu se zvětšováním plochy clony mezi dvěma optickými vlákny. Závislost přeneseného výkonu bychom mohli proložit lineární závislostí. Také jsme proměřili tyto závislosti pro neutrální filtry. Jelikož o filtrech nic bližšího nevíme, nemůžeme stanovit z naměřených hodnot žádný závěr.

Úkol č. 5

Zadání

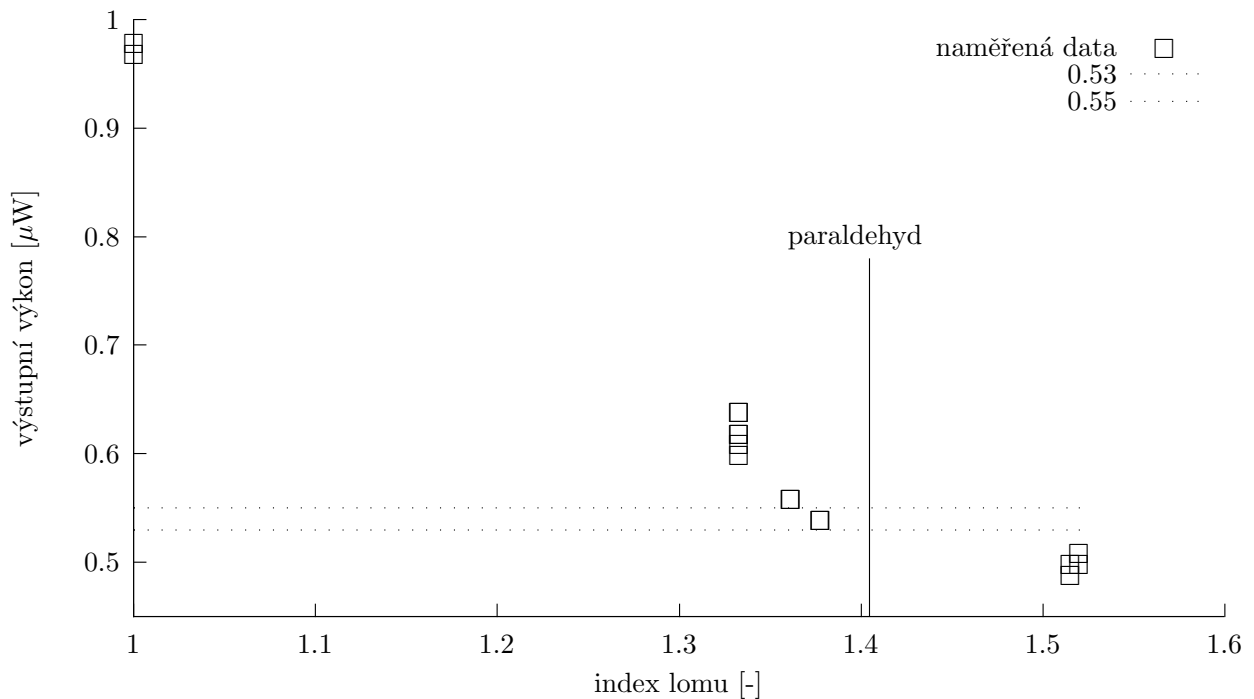
Použijte senzor hladiny kapaliny a určete přenesený výkon senzorem v jednotlivých kapalinách. Pokuste se na základě naměřených hodnot rozpoznat neznámou viskózní kapalinu.

Postup a výsledky

Nořili jsme část vlákna ve tvaru U postupně ve vodě, etanolu, isopropylalkoholu a dvou imerzních olejích. Zaznamenávali jsme naměřené hodnoty výkonu. Naměřené hodnoty a příslušné hodnoty indexu lomu jsou k dispozici v tabulce 4. Zajímavý pohled nabízí i graf 5.

Tabulka 4: Závislost přeneseného výkonu na indexu lomu jednotlivých kapalin

	index lomu [-]	přenesený výkon [μW]
vzduch	1,0002	0,98; 0,97
voda	1,333	0,6; 0,64; 0,64; 0,61; 0,62; 0,62
etanol	1,3614	0,56; 0,56
isopropylalkohol	1,3776	0,54; 0,54
imerzní olej 1	1,515	0,50; 0,49
imerzní olej 2	1,520	0,51; 0,50
neznámá kapalina	1,38 až 1,41	0,55; 0,53; 0,53



Graf 5: Závislost výstupního výkonu na indexu lomu různých kapalin. Dle průběhu naměřených dat a s ohledem na databázi [2] se domníváme, že neznámou kapalinou byl paraldehyd.

Diskuse

Naměřili jsme hodnoty přeneseného výkonu v různých prostředích. Extrapolovali jsme hodnotu indexu lomu na (1,38;1,41). V databázi [2] jsme našli, že paraldehyd má index lomu 1,405. Vzhledem k tomu, že i ostatní vlastnosti paraldehydu nejsou v rozporu s vlastnostmi neznámé látky, domníváme se, že onou neznámou látkou je skutečně paraldehyd.

Úkol č. 6

Zadání

Změřte vyzařovací charakteristiku vlákna - numerickou aperturu.

Postup a výsledky

Numerickou aperturu jsme určovali z vyzařovací charakteristiky. Měřili jsme normovaný přenesený výkon v závislosti na úhlu, který svírají dvě vlákna. Data z měření jsou v grafu tabulce 5. Výkon klesne na 5% při úhlu 29°, pro numerickou aperturu proto platí

$$NA = \sin(29^\circ) \approx 0,48.$$

Diskuse

Naměřili jsme numerickou aperturu vlákna podle vzorce uvedeném v [1].

Tabulka 5: Vyzařovací charakteristika vlákna - výpočet numerické apertury.

úhel [°]	přenesený výkon [μW]	normovaný výkon [-]
0	3,43	1,00
5	2,79	0,81
10	1,86	0,54
15	1,34	0,39
20	0,73	0,21
25	0,35	0,10
29	0,17	0,050
30	0,16	0,047
32	0,11	0,03
34	0,08	0,02
35	0,07	0,02

Domácí úkol

Zadání

Najděte tři optické senzory používané v praxi - uveďte aplikaci a webové stránky.

Vypracování

Tiskárna Senzor detekuje, zda je v tiskárně ještě papír.

- firma Avago Technologies
- http://www.avagotech.com/pages/en/optical_sensors/ [cit. 3. března 2011]

Meteorologie Senzor měří viditelnost do dálky na meteorologické stanici.

- firma Sten Löfving Optical sensors
- <http://www.opticalsensors.se/applications.html> [cit. 3. března 2011]

Inteligentní chemické detektory Využívají se místo tradičních elektrod k detekci různých chemických látek.

- firma Ocean Optics Sensors
- <http://www.oceanopticsensors.com/> [cit. 3. března 2011]
- <http://www.youtube.com/watch?v=7n3oGTXJXnk> [cit. 3. března 2011]

4 Závěr

Seznámili jsme se s principem optických vláknových senzorů a na demonstrativních úlohách z plastových a skleněných vláken jsme provedli jednoduchá měření za účelem ověření principů.

Všechny požadované úkoly byly splněny.

Reference

- [1] *Návod k úloze 8* [online], [cit. 2. března 2011], http://optics.fjfi.cvut.cz/files/pdf/ZPOP_08.pdf
- [2] *Refractive index of optical materials 2.5.8* [online], [cit. 2. března 2011], http://www.kayelaby.npl.co.uk/general_physics/2_5/2_5_8.html