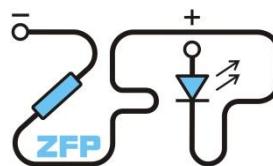


Kabinet výuky obecné fyziky, UK MFF

Fyzikální praktikum III



Úloha č. 26

Název úlohy: Vláknová optika

Jméno: Ondřej Skácel

Obor: FOF

Datum měření: 13.4.2016

Datum odevzdání:

Připomínky opravujícího:

	Možný počet bodů	Udělený počet bodů
Práce při měření	0 - 5	
Teoretická část	0 - 1	
Výsledky měření	0 - 8	
Diskuse výsledků	0 - 4	
Závěr	0 - 1	
Seznam použité literatury	0 - 1	
Celkem	max. 20	

Posuzoval:.....

dne:

Pracovní úkoly

- 1) Navažte laserový svazek do vlákna a seřídte jednotlivé moduly tak, abyste dosáhli maximálního výkonu na výstupu z vlákna.
- 2) Změřte numerickou aperturu vlákna, zpracujte graficky.
- 3) Změřte dobu průchodu světla vláknem, určete rychlost světla ve vlákně.
- 4) Změřte světelné charakteristiky laseru pro tři různé teploty laserového modulu, sledujte vliv teploty na prahový proud.

Teoretická část

Optické vlákno je tvořeno skleněným jádrem s indexem lomu n_k , obklopeným skleněným pláštěm o indexu lomu n_m , který je nižší než n_k . Světlo se pohybuje v jádře tak, aby docházelo na rozhraní s pláštěm k totálnímu odrazu. Vlákno lze charakterizovat numerickou aperturou, která je dána jako

$$A = \sin \theta_{max} \quad (1)$$

kde θ_{max} je maximální úhel, pod kterým z vlákna vystupuje světlo. Platí pro ni [1]

$$A = \sqrt{n_k^2 - n_m^2} \quad (2)$$

Experimentálně ji lze odhadnout sledováním závislosti intenzity výstupního světla na úhlu a odhadnutím θ_{max} jako úhlu, při němž intenzita poklesne na $1/e^2$ maximální hodnoty.

Navázání laserového svazku do vlákna probíhá tak, že se laserový svazek nejprve kolimuje a pak zaostří do jednoho bodu, do něhož je vložen odizolovaný konec vlákna.

Výsledky měření

Vnější podmínky neměly vliv na výsledky měření, protože teplota laseru byla udržována termostatem.

Chybu určení výstupního úhlu lze odhadnout jako $u_\theta = 1^\circ$.

Index lomu jádra je $n_k = 1,465$ (podle studijního textu [1], viz diskuzi).

Index lomu pláště je $n_m = 1,462$.

Délka vlákna je $l = 1212m$.

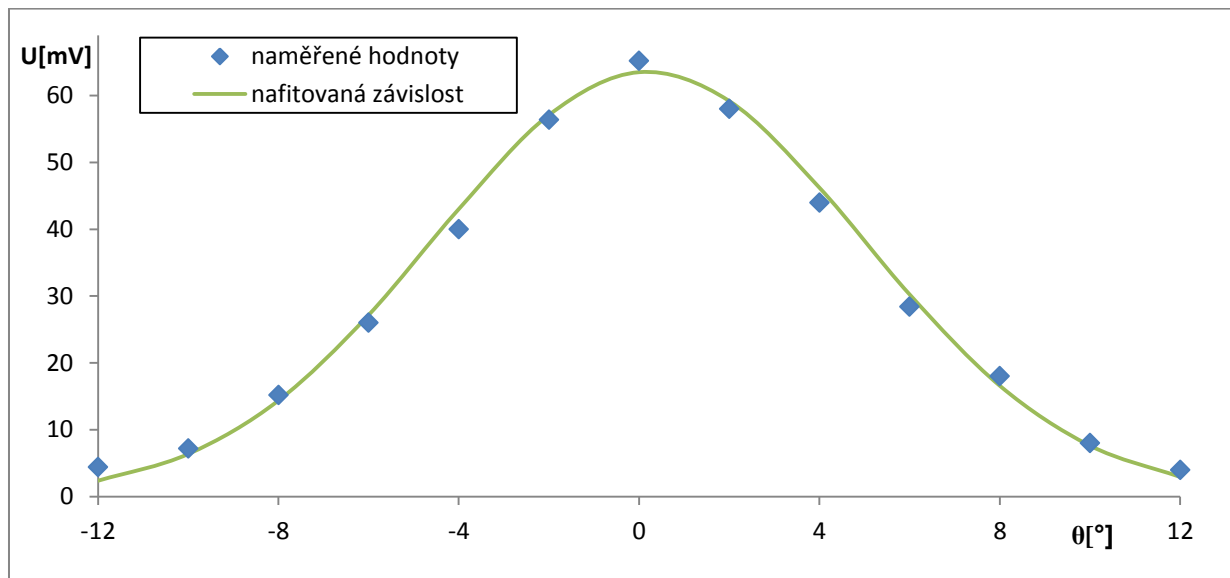
Vlnová délka laseru je $\lambda = 815nm$.

Numerická apertura

Intenzita byla měřena pomocí detektoru s výstupem na osciloskop, na němž bylo zobrazováno napětí U , které jí je přímo úměrné.

Tabulka 1 – závislost intenzity/napětí na úhlu θ

$\theta [^\circ]$	-12	-10	-8	-6	-4	-2	0	2	4	6	8	10	12
$U [mV]$	4.4	7.2	15.2	26.0	40.0	56.4	65.2	58.0	44.0	28.4	18.0	8.0	4.0



Graf 1 - závislost intenzity vycházejícího světla na úhlu θ proložená nafitovanou závislostí

Data byla nafitována obecnou gaussovskou závislostí (θ je úhel ve stupních)

$$U = \alpha e^{-\beta\theta^2 + \gamma\theta} \quad (3)$$

Výsledné parametry jsou

$$\begin{aligned} \alpha &= (62,5 \pm 1,0) mV \\ \beta &= (0,022 \pm 0,01) \\ \gamma &= (0,009 \pm 0,005) \end{aligned}$$

Podle nich byl určen θ_{max} jako

$$\theta_{max} = (9,5 \pm 0,4)^\circ$$

Numerická apertura je pak podle (1)

$$A = (0,165 \pm 0,007)$$

Podle (2) za použití hodnot ze studijního textu [1] vychází

$$A = 0,094$$

Rychlost světla

Na oscilátoru byla změřena časová vzdálenost τ křivek napájecího proudu laseru a intenzity na detektoru v polovině jejich náběžných hran s vláknem a bez něho.

S vláknem :

$$\tau_1 = (7,5 \pm 0,1)\mu s$$

Bez vlákna :

$$\tau_2 = (0,2 \pm 0,1)\mu s$$

Rychlost světla ve vlákně tedy je

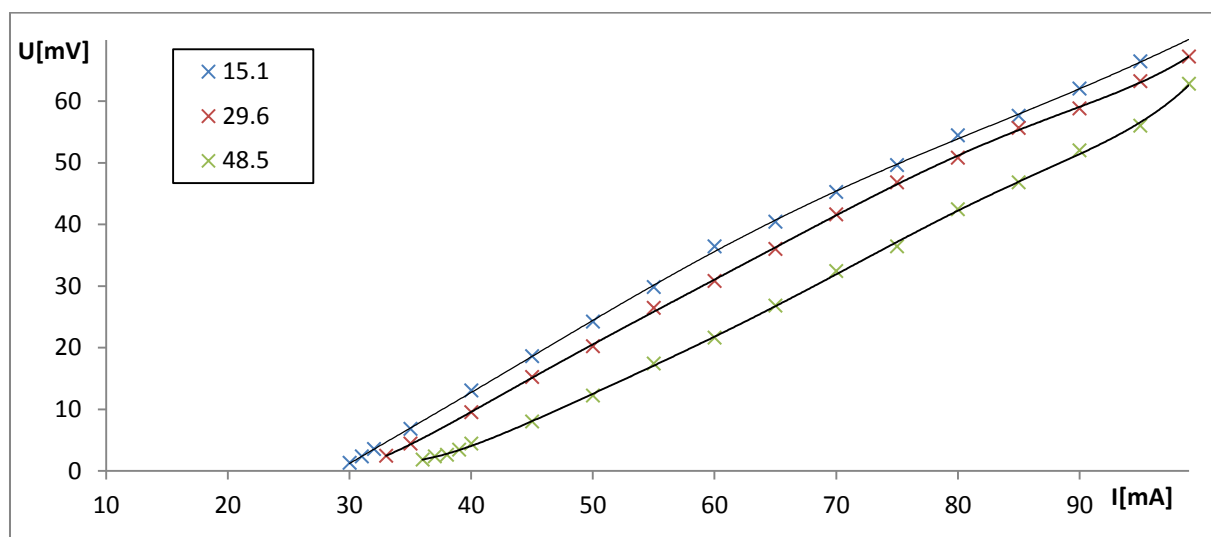
$$v = \frac{l}{\tau_1 - \tau_2} = (166 \pm 3)10^6 m/s$$

Vliv teploty na prahový proud

Byla měřena závislost intenzity světla laseru na napájecím proudu I (respektive napětí zobrazeného na osciloskopu) pro tři různé teploty T . 0,0 v tabulce znamená, že signál nebyl rozlišitelný od šumu.

Tabulka 2 – Napětí U [mV] zobrazené na osciloskopu v závislosti na napájecím proudu pro různé teploty

I [mA]	$T = 15.1^\circ\text{C}$	$T = 29.6^\circ\text{C}$	$T = 48.5^\circ\text{C}$	I [mA]	$T = 15.1^\circ\text{C}$	$T = 29.6^\circ\text{C}$	$T = 48.5^\circ\text{C}$
10	0.0	0.0	0.0	40	13.0	9.5	4.4
15	0.0	0.0	0.0	45	18.6	15.2	8.0
20	0.0	0.0	0.0	50	24.2	20.2	12.2
25	0.0	0.0	0.0	55	29.8	26.4	17.4
30	1.3	0.0	0.0	60	36.4	30.8	21.6
31	2.3	-	-	65	40.4	36.0	26.8
32	3.5	-	-	70	45.2	41.6	32.4
33	-	2.4	-	75	49.6	46.8	36.4
34	-	-	-	80	54.4	50.8	42.4
35	6.8	4.4	0.0	85	57.6	55.6	46.8
36	-	-	1.8	90	62.0	58.8	52.0
37	-	-	2.3	95	66.4	63.2	56.0
38	-	-	2.6	99	70.0	67.2	62.8
39	-	-	3.4				



Graf 2 - Napětí U [mV] v závislosti na napájecím proudu pro jednotlivé teploty proložené polynomy 6. stupně.

Prahový proud I_p lze odhadnout jako nejmenší hodnotu proudu, pro kterou bylo napětí odpovídající signálu alespoň 2mV .

Tabulka 3 – Závislost prahového proudu na teplotě laseru.

	$T = 15.1^\circ\text{C}$	$T = 29.6^\circ\text{C}$	$T = 48.5^\circ\text{C}$
I_p [mA]	31	33	39

Diskuze výsledků

Navázání laserového svazku do vlákna proběhlo bez výraznějších problémů.

Naměřená numerická apertura zcela neodpovídá hodnotám indexu lomu vlákna uvedeným v studijním textu, stejně jako změřená rychlost světla. Ve studijním textu jsou pravděpodobně uvedeny hodnoty pro vlákno, které již není používáno. Pro toto vlákno by dobře seděly hodnoty řádově $n_k = 1,807$, $n_m = 1,799$.

Prahový proud roste s teplotou laseru, závislost intenzity laseru na napájecím proudu je po překročení prahového proudu ve zkoumaném rozmezí přibližně lineární.

Závěr

Do optického vlákna byl navázán laserový svazek.

Numerická apertura je

$$A = (0,165 \pm 0,007)$$

Rychlost světla ve vlákne je

$$v = (166 \pm 3)10^6 m/s$$

Světelná charakteristika laseru byla změřena, vliv teploty na prahový proud viz tabulku 3.

Seznam použité literatury

[1] studijní text dostupný na

http://physics.mff.cuni.cz/vyuka/zfp/_media/zadani/pokyny/mereni_326.pdf