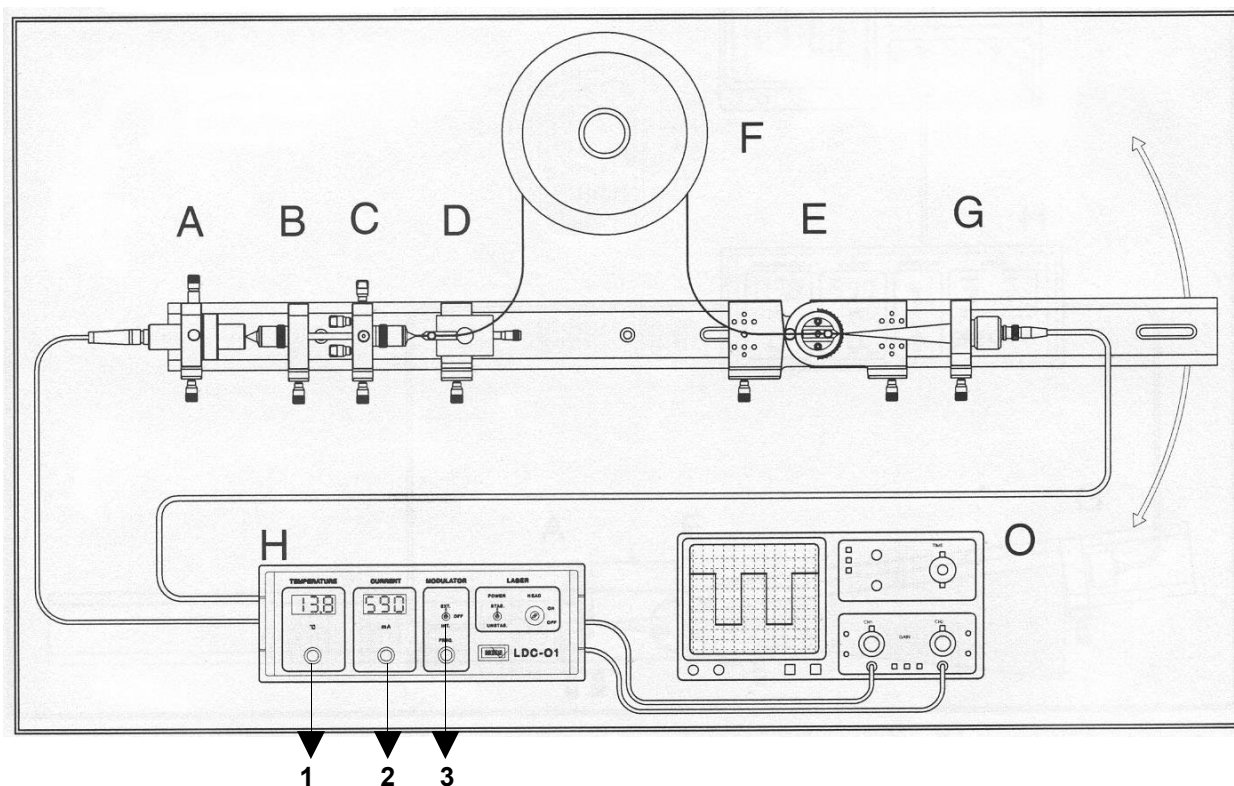
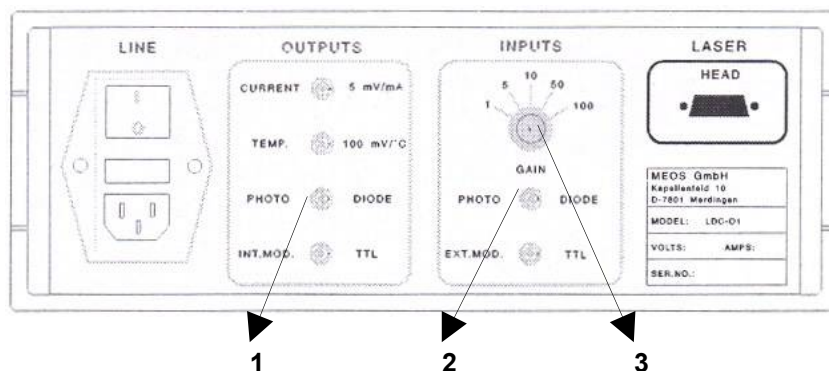


Studium přenosu světelného svazku jednomodovým optickým vláknem.

Měření se provádí v uspořádání, jehož schéma je na obr. 1. Zadní část modulu H je na obrázku 2.



Obr. 1: Schéma experimentálního uspořádání pro jednomodové vlákno.



Obr. 2: Zadní panel řídicí jednotky LDC01

Popis jednotlivých elementů sestavy, viz obr. 1.

Modul A

Laserová dioda je uložena v pouzdře, kterým je možno jemně posouvat v rovině **xy**. V pouzdře je zabudován termistor k měření teploty a Peltierův článek sloužící k chlazení diody. Laserová dioda emituje maximální výkon 50 mW.

Modul B

Mikroskopový objektiv v držáku fokusuje svazek laserové diody. Modul dovoluje pouze hrubý posuv po optické lavici ve směru záření.

Modul C

V zásadě je modul C podobný modulu B. Umožňuje však jemné nastavení objektivu v rovině **xy**, kolmé ke směru záření a nastavení úhlů Θ a Φ . Dovoluje tedy nastavit objektiv o menší ohniskové délce tak, aby vhodně soustředil svazek laserové diody a zajistil efektivní navázání do vlákna. Tvar svazku laserové diody je úmyslně zanedbáván, aby se zjednodušil vlastní experiment.

Modul D

Držák vlákna. Dovoluje pouze lineární posuv ve směru záření. Aby bylo vlákno chráněno, je třeba jej umístit do zářezu na modulu a upevnit magnetem.

Modul F

Cívka, na které je navinuto ~ 100 m jednomodového vlákna.

Modul E

Držák druhého konce vlákna. Je připojen kloubem k předchozí části sestavy a dovoluje měření úhlové závislosti výstupního výkonu. Držák neumožňuje lineární posun.

Modul G

Tento modul obsahuje detektor, kterým je PIN fotodioda. Pro připojení předzesilovače ke kontrolní jednotce LDC je použit BNC kabel. Vnitřní hrot konektoru je veden na anodu fotodetektoru.

Modul H

Řídící jednotka LDC01. Napájí laserovou diodu proměnným regulovatelným proudem, stabilizuje a měří teplotu laserové diody, zesiluje signál detekční diody.

Modul O

Dvoukanálový 100 MHz osciloskop.

Sestavení experimentu a postup měření

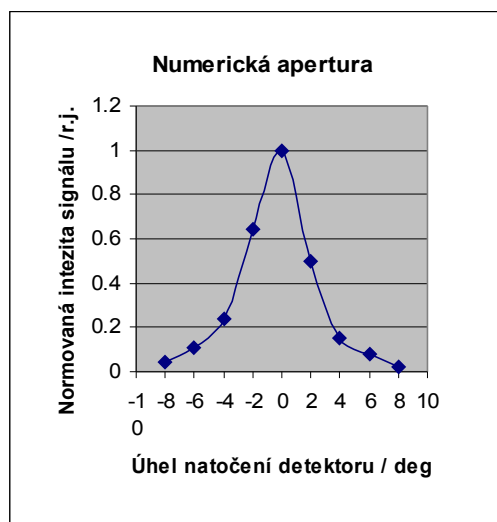
1. Pro navázání svazku z laserové diody je nejprve svazek kolimován modulem B, ve kterém je mikroskopový objektiv. Objektiv je našroubován do držáku, lze ho snadno vyšroubovat a zaměnit. Před začátkem měření nadefinujeme pomocí osciloskopu optickou osu experimentálního uspořádání. Vstupní proud je modulován tak, že na osciloskopu pozorujeme pravoúhlé pulsy. Kolimátor (modul B) nastavíme vůči laserové diodě tak, aby vytvořil téměř rovnoběžný svazek. Pomocí **xy** posuvu modulu A nastavíme svazek tak, aby dopadal na střed detektoru. To se projeví maximem signálu pozorovaného na osciloskopu. Postupujeme opatrně a dbáme na to, aby detektor nedosáhl saturace. Můžeme zmenšit vstupní proud na únosnou velikost. Dalším krokem je optické navázání modulu C.
2. Vzdálenost modulu C od modulu B je více méně libovolná, neboť svazek laserové diody je přibližně rovnoběžný. Doporučujeme 50 mm.

3. Modul D - bez vlákna – umístěte na kolejnici ve vzdálenosti přibližně 10 mm od modulu C. Upevněte opatrně vlákno do modulu D. Druhý konec vlákna upevněte do modulu E. Laserovou diodu napájejte maximálním proudem (obr.1, modul H, potenciometr 2). Zapněte interní modulaci (obr.1, modul H, přepínač 3 do polohy „INT“).
4. Modul G s detektorem upevněte proti výstupu z vlákna. Zkontrolujte, zda kabel z diody je připojen k jednotce LDC01 (obr.2, zdířka 2). Zesilovač kontrolní jednotky (obr.2, přepínač 3) nastavte na maximální zesílení a osciloskop na maximální citlivost. Osciloskopem musíte zaregistrovat modulovaný světelný signál na výstupu vlákna. Nyní můžete jemně měnit polohu vlákna v modulu C v rovině xy a měnit úhly θ , ϕ abyste dosáhli maximální amplitudy. Jestliže je signál příliš velký, snižujeme citlivost osciloskopu a zesílení kontrolní jednotky. Justaci provádějte při malém osvětlení pracovního stolu. Postupujte tak dlouho, až výstupní signál bude maximální. Takto připravená sestava dovoluje měření pracovních úkolů 2 a 3.

Pracovní úkol 2.

Držák G s PIN fotodiodou je umístěn na pravé kolejnici ne příliš daleko od držáku E na kterém je rotační kloub. Výstupní výkon je možno měřit pod různými úhly v intervalu $-10^0 \div +10^0$. Používáme modulovaný signál, abychom potlačili vlivy okolí. Amplituda je úměrná intenzitě světelného signálu. Příklad naměřené závislosti je na obr. 3. Najdeme úhly, pod kterými klesne signál na $1/e^2$ maximální hodnoty, určíme naměřenou NA.

Výpočtem pomocí indexů lomu (1,465 a 1,462) dostáváme dle $A = \sin \theta_{ec} = \sqrt{n_k^2 - n_m^2}$ teoretickou numerickou aperturu. Oba výsledky porovnejte.



Obr. 3: Typická úhlová závislost intenzity výstupního signálu.

Pracovní úkol 3.

Detektor je připojen přímo do kanálu 1 (CH1) 100 MHz dvoukanálového osciloskopu. Abychom zmenšili náběhovou dobu signálu, připojíme 50 Ω bočník. Kanál 2 (CH2) osciloskopu připojíme ke kontrolní jednotce LDC01 k výstupu napájecího proudu (zdířka 1 na zadním panelu LDC01, obr.3). Uvolníme vlákno z držáků a opatrně uložíme stranou.

Pozor na mechanické poškození vstupního průřezu. Křivka B je na osciloskopu (viz obr. 4) na prvním kanálu. T_1 je stanoveno jako časová vzdálenost křivek A a B v polovině jejich náběžných hran a popisuje časové zpoždění signálu celou soustavou bez optického vlákna. Po stanovení T_1 upevněte opět vlákno do držáku a najděte jeho optimální polohu tak, jak bylo výše popsáno. Pak najděte křivku C a čas T_2 , který představuje zpoždění signálu, je-li vlákno na místě. Řádovou velikost doby průchodu světla 100 m kabelem určíme teoreticky

$$\tau_{\text{světla teor.}} = \frac{L}{c} n_{\text{eff}} = \frac{100}{3 \cdot 10^8} 1,46 \approx 0,5 \mu s$$

Z měření je možno určit

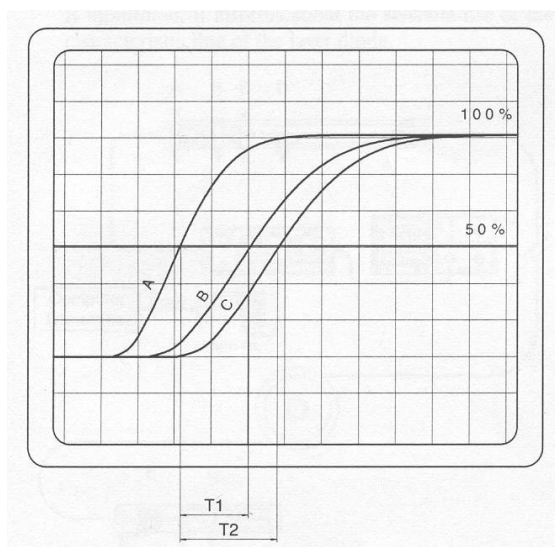
$$\tau_{\text{světla měř.}} = (T_2 - T_1) \mu s$$

Přenosovou rychlost stanovíme

$$V_{\text{světla teor.}} = 100 / \tau_{\text{světla teor.}} (m / s)$$

$$V_{\text{světla měř.}} = 100 / \tau_{\text{světla měř.}} (m / s)$$

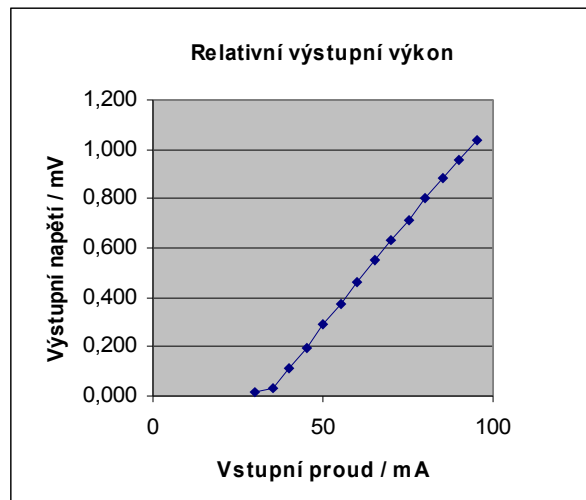
Odhadněte chyby měření a teoretické hodnoty porovnejte s naměřenými.



Obr. 4: Zobrazení časových závislostí na osciloskopu.

Pracovní úkol 4.

PIN diodu nyní umístěte ve vzdálenosti 2 cm před laserovou diodu. Napájecí proud laserové diody je interně modulován. Ujistěte se, že detekční fotodioda není saturována a umožňuje měřit vyšší světelné toky z laserové diody. Proměřte pak závislost výstupního výkonu laserové diody s rostoucím napájecím proudem. Typický výsledek je na obr.5. Ze závislosti je zřetelná existence prahového proudu, nad níž začíná dioda emitovat laserové záření. Nad tímto prahem roste výstupní výkon lineárně s napájecím proudem.



Obr.5: Závislost relativního výkonu laserové diody na napájecím proudu.