

## Úloha 3. týdne – měření numerické apertury (NA)

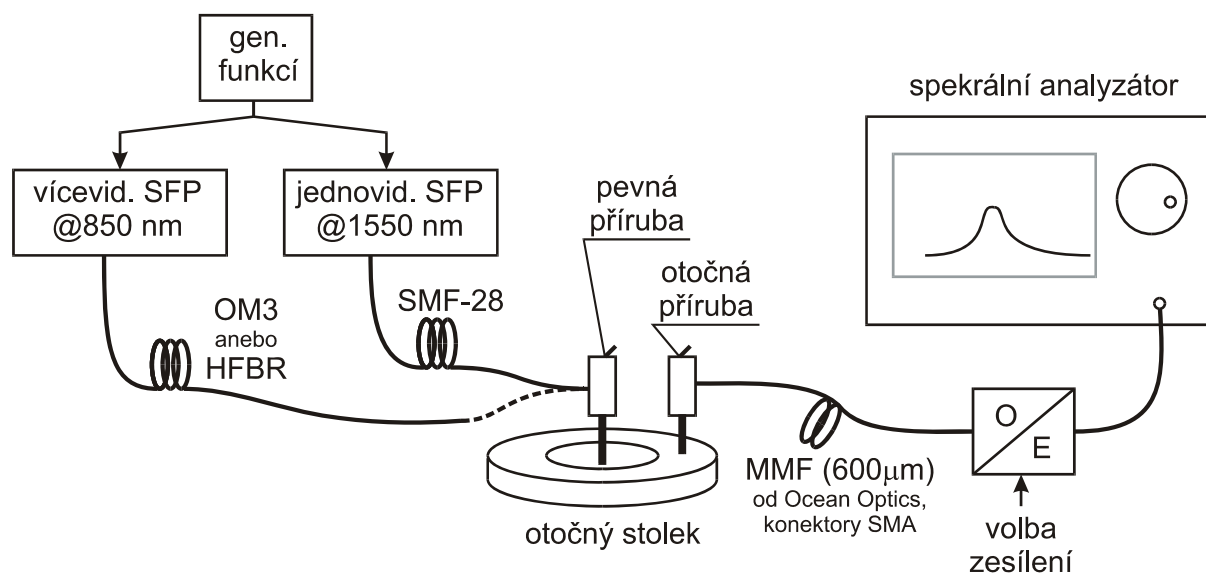
### Cíle cvičení

- Zapojit přístroje pro měření numerické apertury (NA) vláken s využitím modulovaného signálu.
- Pro každé z předložených vláken (křemenné jednovidové typu SMF-28, křemenné vícevidové typu OM3, plastové vícevidové typu HFBR-RUS100) zjistit křivku detekovaného výkonu při odklánění detekčního vlákna od osy měřeného vlákna. Z křivky určit NA a porovnat s údajem výrobce.
- Pro jednovidové vlákno najít šířku Gaussova svazku v rovině čela detekčního vlákna.

### Popis zapojení

K měření NA využijeme jako zdroj signálu moduly SFP (angl. *Small Form Pluggable*), které se používají pro datové komunikace. Moduly jsou buzeny generátorem obdélníkového signálu na 100 kHz. Na přijímací straně je signál převeden na elektrický signál a díky modulaci je možno ho odlišit od šumu a okolního světla. Selekcí provádí spektrální analyzátor.

Blokové schéma ukazuje obr. 1. Generátor funkcí budí modul na 850 nm (pro vícevidová vlákna), resp. modul na 1550 nm (pro jednovidové vlákno). Druhý konec měřeného vlákna je upnut uprostřed otočného stolku. Záření z konce se rozbíhá do prostoru a jeho část zachycuje čelní plocha druhého vlákna, které vede signál k optoelektronickému převodníku s nastavitelným zesílením. Čelo tohoto druhého vlákna lze odklánět a díky širokému jádru se do něj naváže dostatečný výkon.. Posledním stupněm je spektrální analyzátor (SA), který selektivně vybere modulovaný signál.



Obr. 1: Blokové uspořádání přístrojů pro měření numerické apertury.

### Volba komponent a nastavení přístrojů

1. Měření křemenného vícevidového vlákna typu OM3 (50/125 μm):

Buzení na 850 nm, měřený kabel kvůli absenci přímého kabelu sestává ze dvou úseků s konektory LC-SC a SC-ST (oranžových), zesílení převodníku O/E nastaveno na 40 dB, referenční úroveň na SA kolem -50 dBm.

## 2. Měření plastového vícevidového vlákna typu Avago HFBR-RUS100:

Buzení opět na 850 nm, vlákno (s černou bužírkou) přidáme za vlákno z ad 1). Zdroj nevybudí tak velké jádro, pomůžeme si alespoň zařazením dvou 1-metrových úseků měřeného vlákna za sebou, i tak bude NA menší, než udává výrobce.

## 3. Měření jednovidového vlákna typu SMF-28:

Buzení na 1550 nm (druhá vývojová deska pro SFP), měřený kabel (žlutý) má konektory LC a ST, referenční úroveň SA kolem 0 dBm.

## **Zjištění úhlu akceptance ze změřené křivky**

Pro každé vlákno získáme křivku, jak klesá úroveň složky na 100 kHz při odklání od osy. Úroveň nejprve normujeme na 0 dB v maximu. Pak křivku vystředíme podle úhlu  $0^\circ$ . Úhel akceptance (zjistíme jej zvlášť pro levou a zvlášť pro pravou část křivky a hodnoty zprůměrujeme) budeme odečítat pro pokles na 1/20 (tj. na 5%) výkonu vůči maximu. Otázkou je, jaký je to decibelový pokles na SA. K tomu slouží tato úvaha:

Výstupní napětí O/E převodníku je úměrné vstupnímu optickému výkonu, proto výstupní napětí rovněž poklesne na 1/20. Výkon na svorkách SA proto poklesne na  $(1/20)^2$ , tedy o  $-10 \cdot \log[(1/20)^2] = 26$  dB.

Numerickou aperturu určíme podle

$$NA = \sin(\Theta_{akceptance}) \quad (1)$$

## **Určení šířky Gaussova svazku**

Vlnu z konce jednovidového vlákna lze výborně aproximovat Gaussovým svazkem. Intenzita svazku je v určité vzdálenosti  $z$  od počátku svazku popsána v příčné rovině jako funkce vzdálenosti  $r$  od osy takto

$$I(r) = konst \cdot e^{-\frac{2r^2}{w^2(z)}} \quad (2)$$

kde  $w(z)$  je šířka svazku.

Pokud znáte vzdálenost mezi čely konektorů (změřte ji), pak dokážete přepočítat úhel odklonu na vzdálenost  $r$  a získat šířku svazku  $w(z)$  proložením např. v Excelu či MathCadu.

## **Použité přístroje**

Generátor funkcí Motech FG 503, laboratorní zdroj, vývojové desky Finisar FDB-1027 pro modul SFP na 850 nm (vícevidový) a 1550 nm (jednovidový), otočný stolek Thorlabs XYR1, příruby Thorlabs SM1ST a související úchyty LMR1 a sloupky TRT2 a TR30/M, experimentální deska Throlabs MB4560/M, optoelektronický převodník Thorlabs PDA10CS se zdrojem, spektrální analyzátor Advantest R3131A, měřená vlákna, vlákno s jádrem 600µm OceanOptics QP600-2-VIS-BX s konektory SMA, koaxiální kabely.