

Aktuální dění v optických komunikacích a jejich názorná výuka

SEMINÁŘ PRO PEDAGOGY

Praha + Bratislava, 27. 3. + 12. 4. 2012

Martin Hájek, Miroslav Švrček

MIKROKOM, s.r.o.

martin.hajek@mikrokom.cz

miroslav.svrcek@mikrokom.cz

www.mikrokom.cz



MIKROKOM, s.r.o.



- tradice: 20 let v oboru
- laboratoř vláknové optiky
 - měření v terénu, v laboratoři, úřední měření
 - mezinárodně akreditovaná kalibrační laboratoř
- široké spektrum odborných školení
 - akreditovaná vzdělávací instituce dle MŠMT
- zastoupení výrobců měřicí techniky
- výrobce a dodavatel výukových souborů od 1. poloviny 90' let



Praktické aspekty současných optických sítí od místních LAN až po dálkové trasy:

- mnohovidová vlákna – končící zastaralá technologie nebo živé a perspektivní odvětví?
- moderní vlákna odolná na ohyby a praktické aspekty jejich použití
- trendy moderních optických konektorů
- WDM sítě a technologie – páteř dálkových a metropolitních sítí

Názorná výuka: pomůcky, soubory, přístroje

- soubory pro výuku optoelektroniky, optických komunikací a vláknové optiky
- měřicí přístroje a názorné pomůcky pro výuku
- reflektometr OTDR a svařečka – dnes již reálná možnost ve výuce

Praktické ukázky, experimenty, měření, svařování, ...

(předpokl. konec 13:00)

Optická vlákna pro telekomunikace a přenos dat



skleněná vlákna

plastová vlákna (POF)

jednovidová SMF

„singlmódy“

mnohovidová MMF (GI)

„multimódy“

- rozsáhlejší a vysokorychlostní LAN
- přístupové sítě FTTx, PON
- metropolitní sítě (MAN)
- transportní sítě

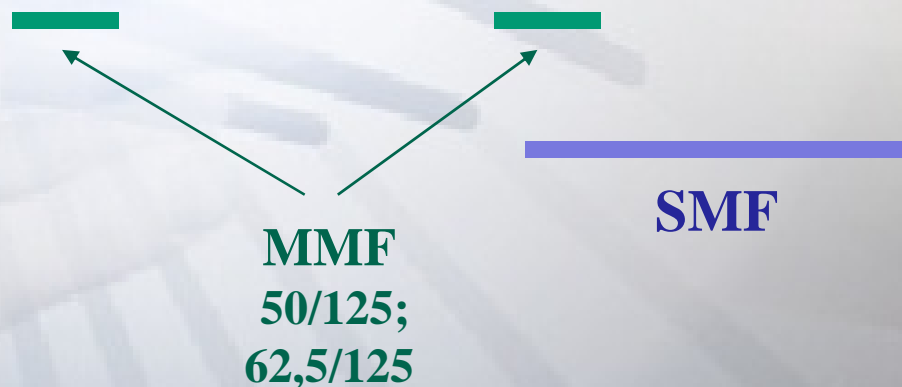
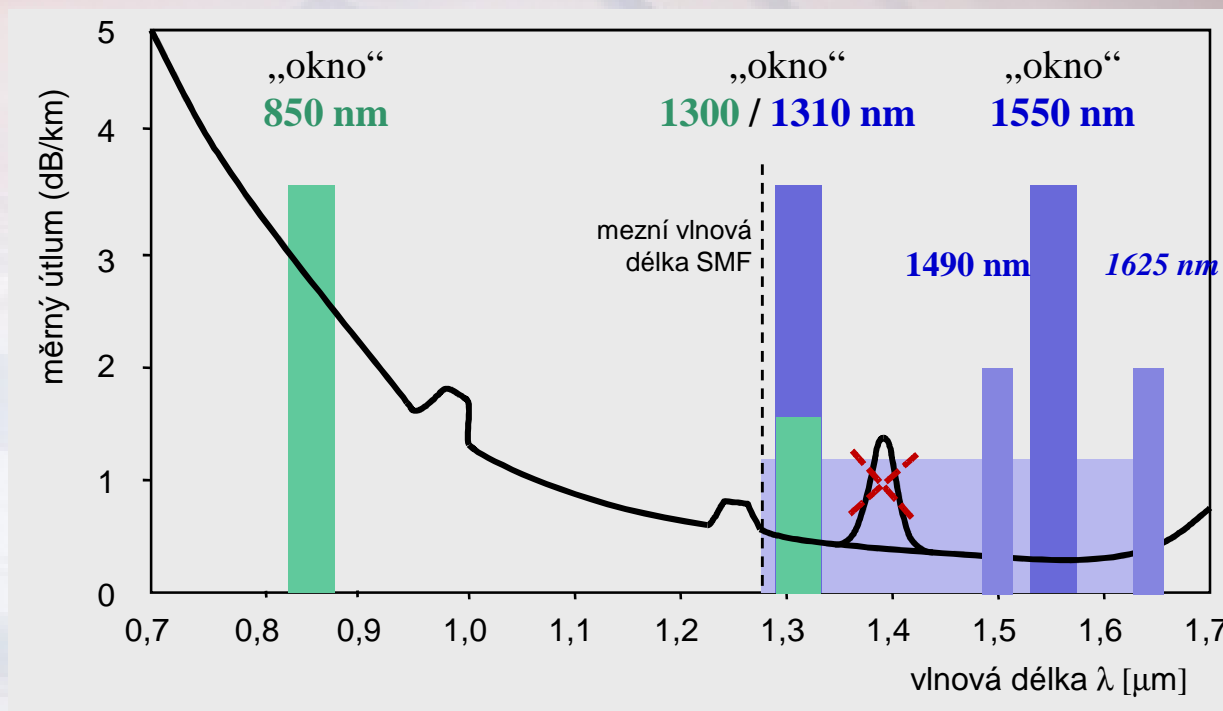
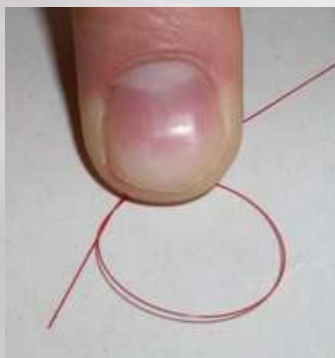
50/125

62,5/125

- místní sítě (LAN)

- propojení počítačů
- automobily

Spektrální oblasti použití skleněných optických vláken:



Aktuální trendy optických komunikací

❑ *stále rostoucí nároky na přenosovou kapacitu*

- LAN: → 1 GbE → 10 GbE
- ostatní sítě: rychlost → 10 Gbit/s // v MAN kapacita → x10 Gbit/s
- dálkové / transportní sítě: rychlost → 10 Gbit/s → 40 Gbit/s // kapacita → x100 Gbit/s

❑ *miniaturizace, flexibilita; jednoduchost, snadnost a rychlost instalace*

- mikrotrubičky, mikrokabely, svazky vláken, bezgelové kabely, ribbony
- miniaturní konektory (SFF); častější mechanické spojky a předpřipravené konektory ?
- častější obousměrný přenos po jednom vláknu
- komunikace volným prostorem FSO ?

❑ *směrování k „celooptickým sítím“*

- v přístupové síti: vlákno do bytu FTTH (FTTx)
- v transportní síti: optické směrování a přesměrování

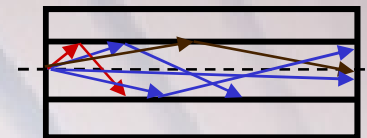
❑ *spolehlivost*

- odolnost na rušení, ochrana přenášených informací
- monitorování, „odolnost proti krádeži“
- rostoucí odolnost na mechanické namáhání

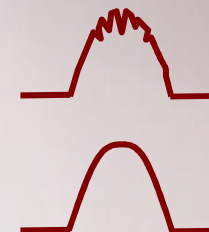
❑ stále klesající cena
přenosové technologie

Perspektivy mnohovidových vláken (MMF)

- ~ 5 % světové produkce vláken
- x SMF: cena technologie
- moderní požadavky: LAN 1 GbE, 10 GbE
 - **50/125** x 62.5/125
 - užití s lasery (**850** / 1310 nm) \Rightarrow nová generace vláken: **OM3** (OM4)
 - MCP (*Mode Conditioning Patchcord*) ?
- tradiční přenosy: x100 Mbit/s na x100 m až x1 km
- moderní možnosti: 1 GbE přes 1 km; 10 GbE přes 500 m



GI profil n



min. šířka pásma [MHz.km]				
vlákno	Ø jádra	OFL		RML (laser)
		850 nm	1300 nm	850 nm
OM-1	62,5	200	500	
OM-2	50	500	500	
OM-3	50	1500	500	2000

OM-4

4700

1 GbE / do 1,1 km
10 GbE / nad 300 m
10 GbE nad 550 m

Odolnost na ohyby

- útlumová – mechanická odolnost
- důraz u MMF i SMF
- SMF:

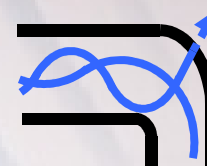
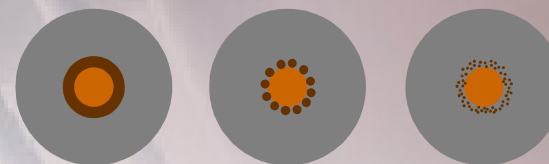
– konvenční vlákno G.652:

100 závitů/průměr 60 mm \Rightarrow nárůst útlumu $< 0,1$ dB / 1625 nm

– **G.657** standardy ITU:

- G.657.A1, 2 – kompatibilita s G.652.D
- G.657.B2, 3 (MFD 6,3-9,5 μ m) \Rightarrow nutná garance kompatibility s G.652.D od výrobce
- G.657.C ???

– patchcordy, pigtaily, přístupové sítě FTTx



	G.657.A1	
průměr (mm)	30	20
počet závitů	10	1
max. A [dB] 1550 nm	0,25	0,75
max. A [dB] 1625 nm	1,0	1,5

...

	G.657.B3	
	15	10
	1	1
	0,08	0,15
	0,25	0,45

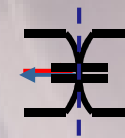
• tahová pevnost

- standard: 100 kpsi / 0,7 GPa / 1 %
- \Rightarrow minimální průměr ... ?
- možná vyšší: 200 kpsi

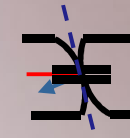


Trendy u optických konektorů

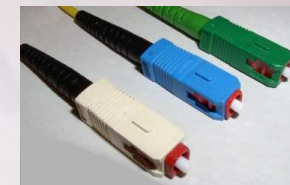
- šikmo / úhlově broušené ferule **APC**
- plastové, zástrčkové konektory
 - **SC, E2000, LC, ...**
- miniaturizace
 - SFF konektory s 1,25 mm ferulí
 - zejména **LC** (MU, ...)
- duplexní konektory
- multivláknové konektory
- kontrola videomikroskopem ?
- předpřipravené konektory ?
- předkonektorované kabely ?
- mechanické spojky ?



PC – rovné



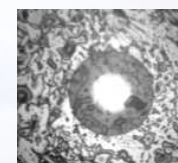
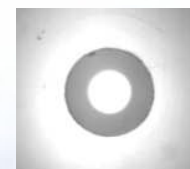
APC - šikmé



SC



E2000



LC



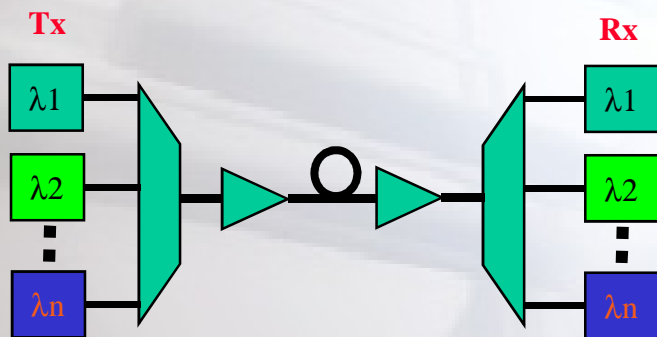
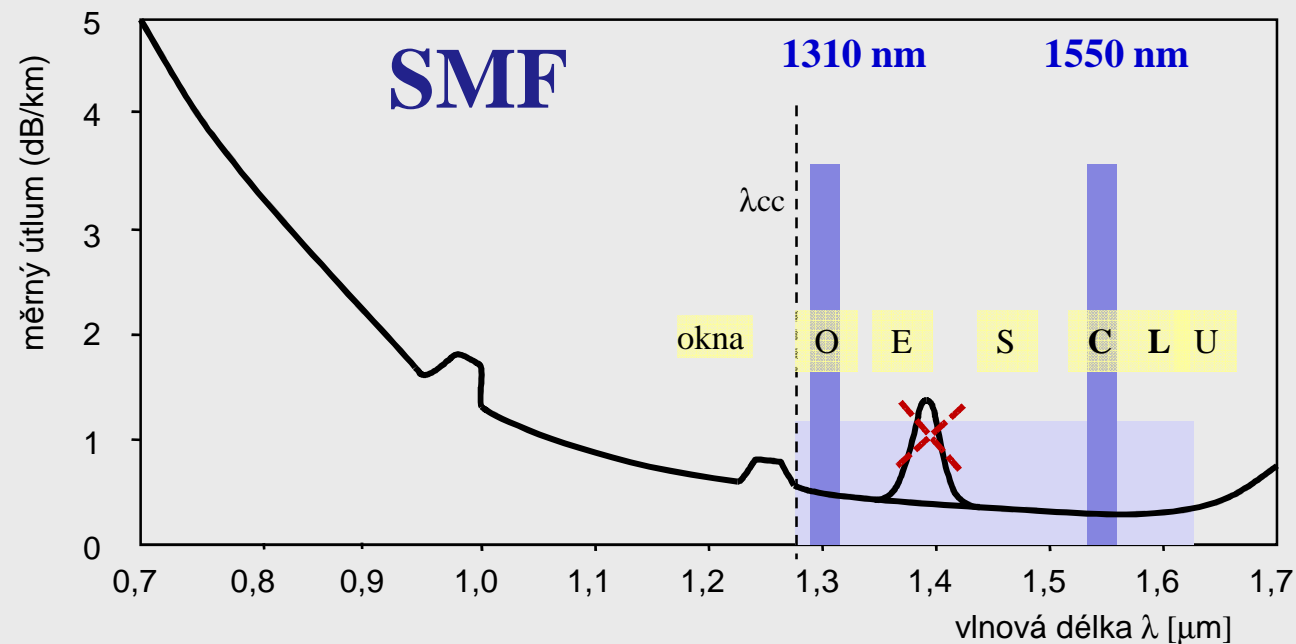
MU



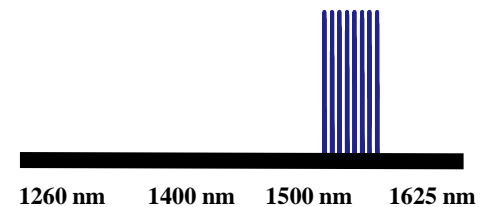
MT-RJ



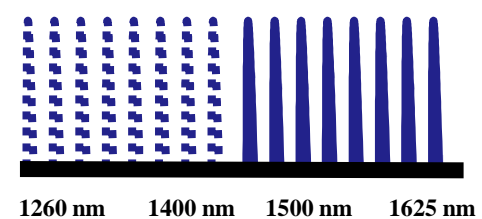
WDM technologie



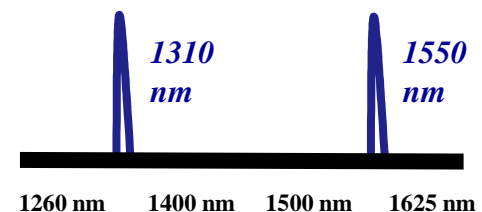
DWDM



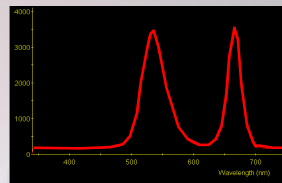
CWDM



základní WDM



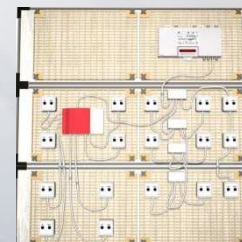
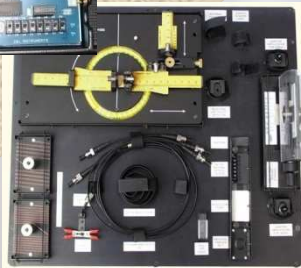
Výukové soubory a učební pomůcky



OPTIKA



TV, DVB-T, telekomunikace, elektronika, analog. a digit. technika, log. obvody, ...

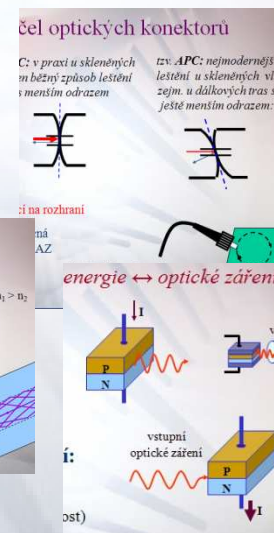


1. Krok do vláknové optiky



- první seznámení s vláknovou optikou
- velmi jednoduchý
- demonstrace základních principů:
 - zdroj světla a jeho navázání do vlákna
 - spojování vláken konektory se spojkou
 - optický pigtail a patchcord

+ prezentace na CD



OPTEL-1

- optoelektronický modulární přenosový výukový systém
- plastová vlákna
- zdroj záření: 660 nm LED (červená)
- přenos analogového / digitálního / audio signálu
- měření útlumu spoje
- desky např.:
 - generátor, modulátor
 - analogový vysílač / přijímač
 - pulsní vysílač / přijímač
 - analog/digital převodníky (paralelní/sériový)
 - filtr, zesilovač

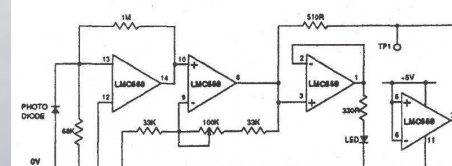


skripta s experimenty



schémata zapojení

Přijímač optického analogového signálu



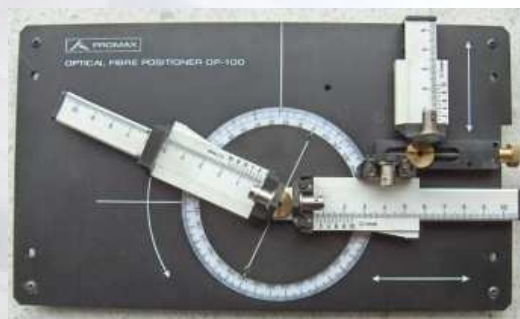
OPTEL-2

rozšíření OPTEL-1

- zkoumání vlastností vláken
 - ohyby, konektorová spojení, NA, odraz, ...
- optické senzory



manipulátor



ohybové kroužky



mikroohybové
destičky

reflexní sonda



U-sonda

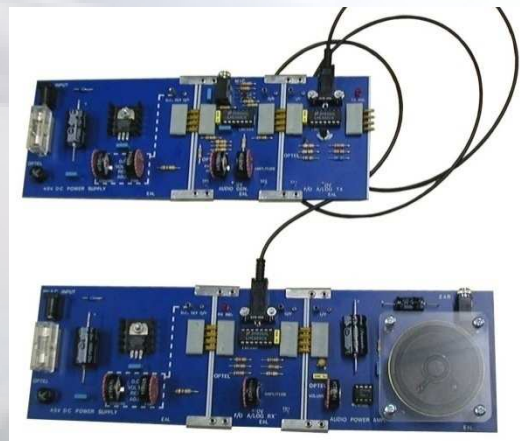
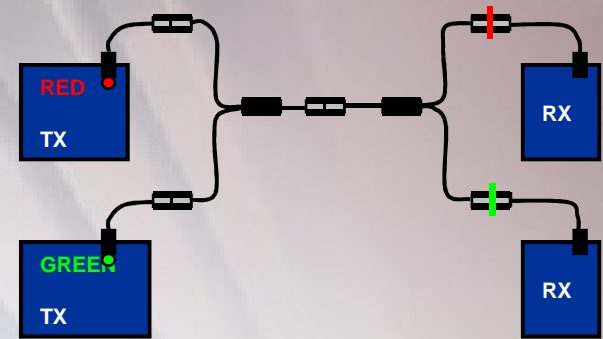


skripta s experimenty

možné rozšířit o další vybavení např. ze souborů EF-970

OPTEL WDM

- využívá desky bloků souboru OPTEL-1
- demonstrace xWDM
 - přenos pomocí 2 vln. délek
- zdroje (2x LED: 660 + 525 nm) \Rightarrow coupler \Rightarrow splitter \Rightarrow filtry \Rightarrow detektory
- přenos:
 - sinus + obdélník signály \rightarrow sledování průběhů na přijímačích pomocí osciloskopu)
 - audiosignálů (mikrofon + rádio; ...) \rightarrow „analýza“ výstupu z reproduktorů

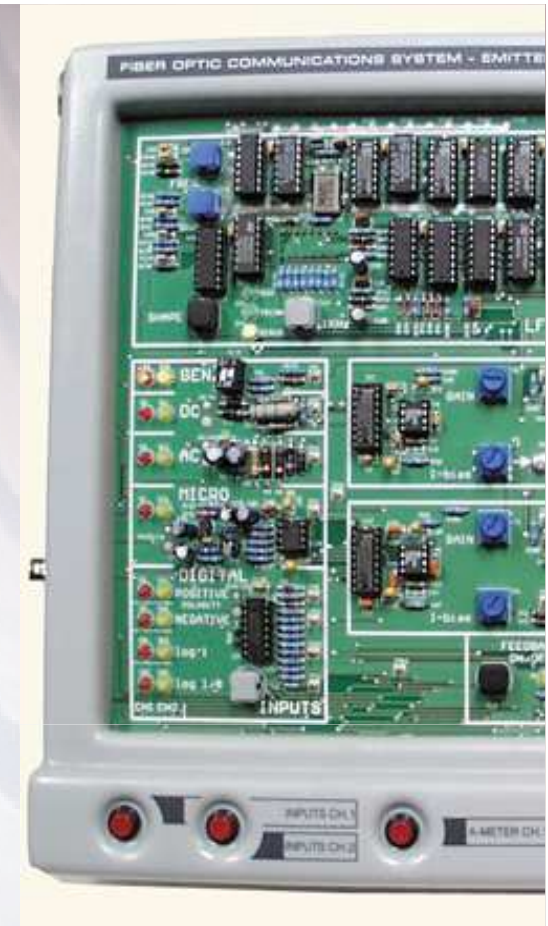


Výukový soubor EF-970

- komplexní výukový optoelektronický komunikační systém
- zkoumání vlastností a parametrů vláken
- optické a optoelektronické součástky
- WDM technologie
- senzory
- plastová vlákna



- ✓ snadná manipulace
- ✓ odolnost na ohyby, namáhání, poškrábání a zašpinění
- ✓ názornost – viditelné světlo
- ✓ ilustrativní optovláknové součástky



EF-970

- **optoelektronické součástky a optický komunikační systém**

- přenos (a měření) signálu optickým vláknem
 - **analogový, audio, video, digitální ...**
- zdroje záření (LED, laser) v rozsahu 520 – 850 / 1300 nm
- detektory: velko- x malo- plošné, Si x InGaAs, PIN x APD
- optoelektronická měření parametrů zdrojů a detektorů



 PROMAX

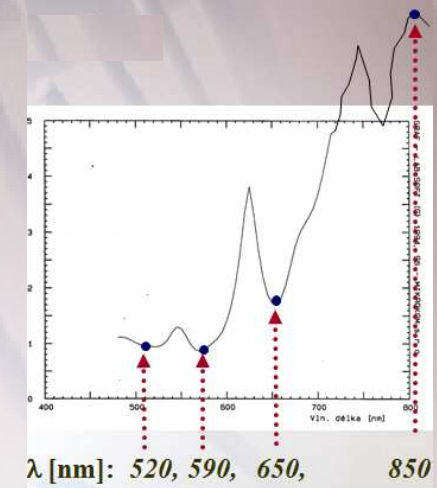


 MIKROKOM®

zkoumání vlastností a parametrů vláken

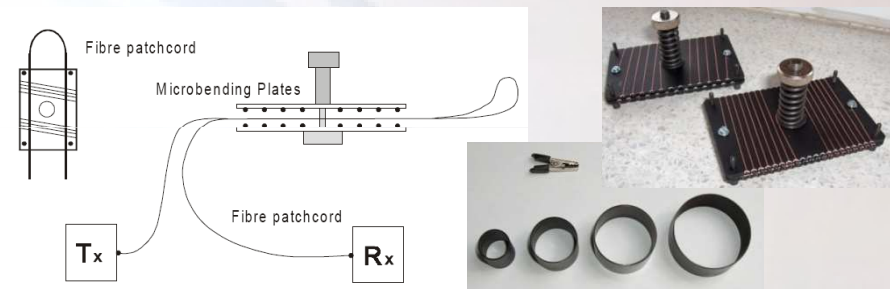
➤ útlum vlákna vč. spektrální závislosti

➤ rušení

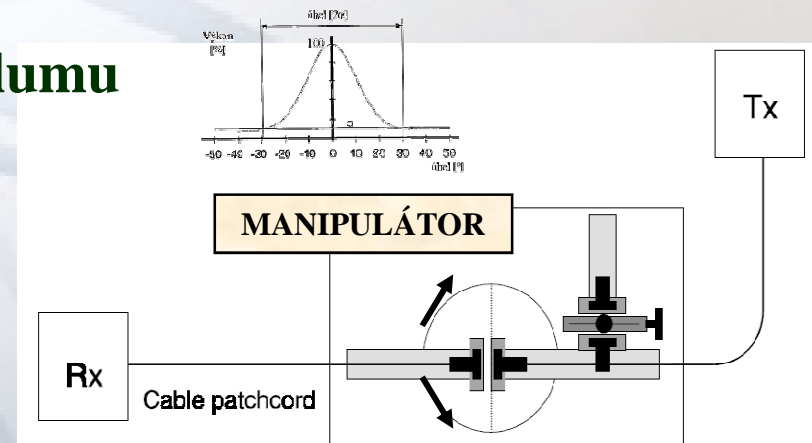
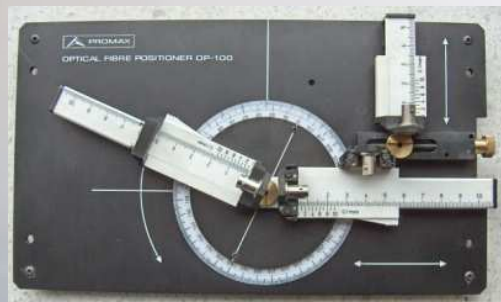


➤ makro a mikro ohyby

➤ NA – numerická apertura



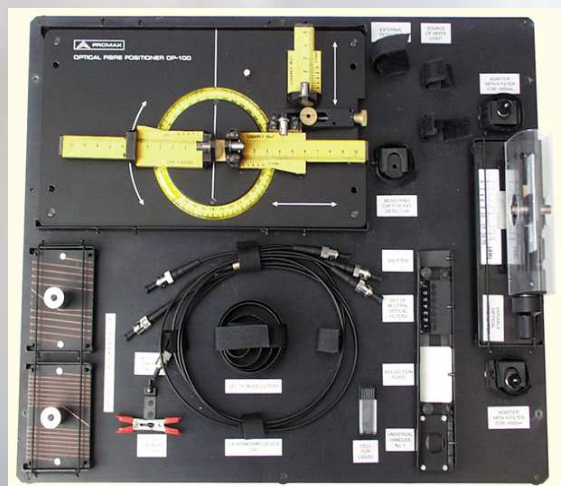
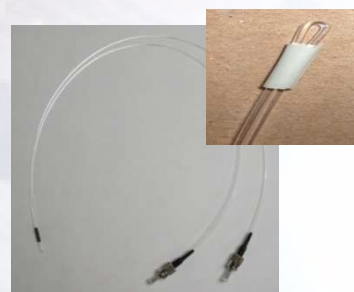
➤ konektorové spojení a zdroje jeho útlumu



optické a optoelektronické součástky

EF-970

- konektory (ST), rozbočnice / splittery
- atenuátory a *proměnný atenuátor*
- filtry
- **senzory**



ÚLOHY:

EF-970

Měření optického výkonu

Měření útlumu optických vláken: metoda vložných ztrát

Měření útlumu optických tras

Spektrální závislost útlumu optického vlákna

Vliv okolního optického záření

Spojení optických vláken použitím ST konektorových spojek: měření opakovatelnosti spojení

Měření převodních (W/A) charakteristik zdrojů optického záření

Měření stability výkonu zdrojů optického záření

Měření V/A charakteristik zdrojů optického záření

Modulační vlastnosti zdrojů optického záření

Spektrální závislost fotodetektorů

Citlivost fotodetektorů: závěrné napětí na fotodetektorech

Šířka pásma fotodetektorů

Přenos analogového signálu

Přenos audio signálu

Přenos video signálu

Přenos digitálního signálu

Přenos dat rozhraní RS-232 optickým vláknem

skripta s desítkami experimentů

+ PLASTIC (EF-970-01)

Vliv ohybu na útlum optického vlákna (makroohyb)

Vliv ohybu na útlum optického vlákna (mikroohyb)

Vyzařovací charakteristika optických vláken: měření numerické apertury

Vliv neideálního konektorového spojení optických vláken na jeho útlum

Měření optické rozbočnice

Měření proměnné optické rozbočnice

Měření neutrálních optických filtrů

Měření útlumu proměnného optického atenuátoru

Spektrální závislost útlumu proměnného optického atenuátoru

Porovnání šumových vlastností různých detektorů optického záření

WDM: Multiplexování a demultiplexování

WDM systém

WDM přenos

Transmisní senzor

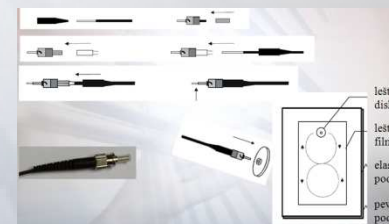
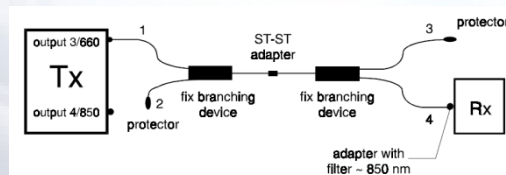
Reflexní senzor

Senzor hladiny kapaliny

Transmisní senzor přítomnosti kapaliny

+ KONEKTOROVACÍ SOUPRAVA (EF-970-02)

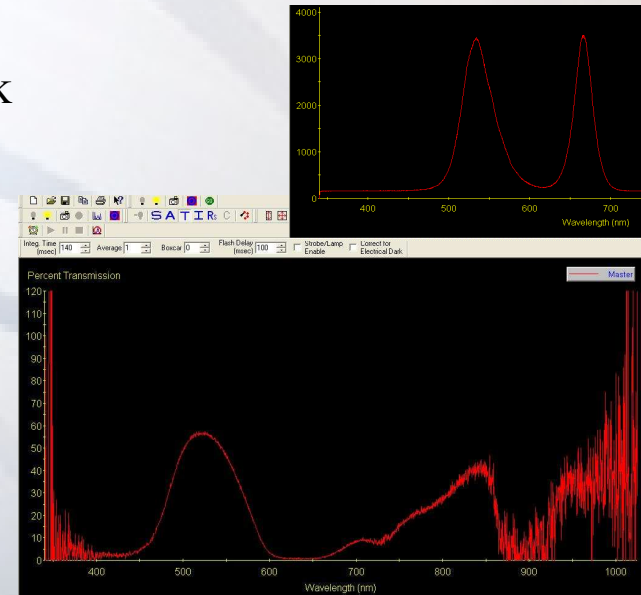
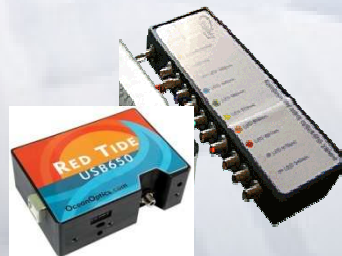
Konektorování optických vláken



Soubor OSA (Optical Spectrum Analyzer)



- měření spektrálních charakteristik optic. signálů
- samostatný soubor nebo rozšíření OPTEL nebo EF-970
- možnosti spektrálních měření (v pásmu 350 – 1000 nm)
 - zdrojů záření (vln. délka a šířka, příp. OSNR)
 - filtrů (barevný x neutrální, útlum užitečného x parazitního signálu)
 - útlumu vlákna
 - spektrální a výkonové poměry v různých míst spoje
 - u WDM poměry po sloučení a oddělení vln. délek a vyrovnanost kanálů
- připojení na PC (USB) software pro PC
- + sada 10ti zdrojů záření



OPTEL PROFI

- šíření záření ve skleněných telekomunikačních vláknech
- vlastnosti vláken a konektorů
- přenosové parametry vláken
- měření optických tras
- obsahuje:
 - optické šňůry (ST konektory) MMF 50/125; 62,5/125; SMF 9/125
 - 1000 m optická trasa (MMF 50/125)
 - 2 konektorové spojky
 - ohybové válečky + vidový filtr
 - útlumové články: 5, 10, 15, 20 dB
 - čištění + lupa
 - zdroj bílého světla

výukový soubor pro telekomunikační skleněná optická vlákna

(zejm. MMF 50/125 a 62,5/125)

skripta s experimenty

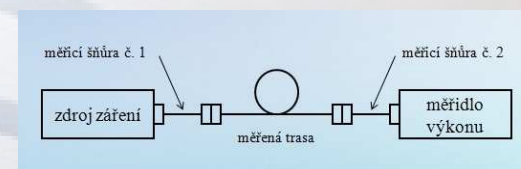
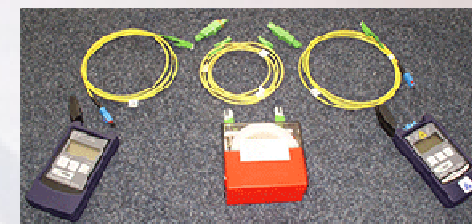


OPTEL PROFI

zdroj:
JDSU



- k souboru: **měřidlo výkonu a MMF zdroj záření (LED 850/1300 nm)**
- rozšíření: **SMF zdroj záření (laser 1310/1550 nm) + měřicí trasa**
- úlohy
 - měření optického výkonu a výkonu navázaného do vlákna
 - pro různé typy vláken: MMF 62,5/125; 50/125; SMF
 - z různých zdrojů záření: **LED, laser**
 - citlivost vláken na ohyby (MMF, SMF)
 - vliv buzení na útlum vlákna
 - LED x laser; použití vidového filtru
 - útlum spojení konektorů
 - spojování různých typů vláken
 - vliv různých zdrojů záření
 - vliv buzení na útlum optického konektoru
 - opakovatelnost spojení dvou konektorů
- **měření útlumu optické trasy (standardizované metody)**
- optické útlumové články
 - spektrální závislost, vliv buzení

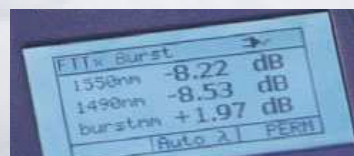


Základní vybavení pro údržbu optické sítě

- pomůcky pro čištění optických konektorů
 - čistící kapesníčky, isopropylalcohol, čistící pásky, tyčinky, stlačený vzduch, ...
- VFL - vizuální zaměřovač poruch
 - laser ~ 650 nm
- mikroskop, příp. videomikroskop
- měřidlo výkonu
 - použitelné pro všechna pásma MMF i SMF (850 - 1625 nm)
- selective FTTX power meter



zdroj: JDSU



zdroj: JDSU



Základní měřicí metody / přístroje

- metoda přímá / transmisní

- viz výuk. soubory (např. , OPTEL PROFÍ)
- měření celkového útlumu trasy
- obvyklá u MMF i SMF tras



- metoda reflektometrická / OTDR

- měření profilu útlumu trasy (vč. útlumu svarů, konektorů, kabelových úseků, ...)
- měření útlum odrazu ORL
- obvyklá zejména u SMF tras
- u všech typů tras (SMF i MMF) lokalizace a diagnostika poruch



- měřicí vlnové délky:

- SMF: **1310**, **1550**, 1625
- MMF: 850, 1300

