

# TYPY OPTICKÝCH VLNOVODŮ

---

*Literatura: Dubský, Kucharski: Měření přenosových parametrů optických vláken, kabelů a tras*

Mezinárodní elektrotechnická komise (*International Electrotechnical Commission* – IEC), která se zabývá standardizací elektrotechnických výrobků rozděluje optická vlákna do dvou základních skupin – multivídná vlákna (**skupina A**) a jednovídná vlákna (**skupina B**). Podrobnější třídění a kategorizace jsou pak založeny jednak na jejich geometrických rozměrech a jednak na jejich přenosových parametrech.

Podle průběhu indexu lomu rozeznáváme dvě základní kategorie OV:

- vlákna se skokovou změnou indexu lomu (**SI**, Step Index)
- vlákna gradientní (**GI**, Graded Index).

GI vlákna mají nejčastěji mocninný profil indexu lomu blízký parabolickému průběhu. Vedené paprsky se v těchto vláknech nešíří na základě totálního odrazu, ale šíří se po zakřivených, spirálových drahách. Mají podstatně menší vídnou disperzi a tedy větší přenosovou šířku pásma (paprsky s delší dráhou se šíří rychleji).

### TŘÍDĚNÍ MULTIVIDOVÝCH VLÁKEN

podle IEC se dělí do 4 skupin:

Skupina A1: celoskleněná křemenná gradientní vlákna určená pro telekomunikační účely.

Typ vlákna	A1a	A1b	A1c	A1d
Průměr jádra ( $\mu\text{m}$ )	$50 \pm 3$	62,5	85	100
Průměr pláště ( $\mu\text{m}$ )	$125 \pm 3$	$125 \pm 3$	$125 \pm 3$	140
Průměr ochrany ( $\mu\text{m}$ )	$250 \pm 15$			
Numerická apertura	$0,20 \pm 0,02$	$0,275 \pm 0,03$	$0,22 \pm 0,02$	$0,26 \pm 0,03$
	$0,23 \pm 0,02$		$0,26 \pm 0,03$	$0,29 \pm 0,03$

Gradientní vlákna typu A1a a A1b jsou nejběžnějším typem multividových vláken

Přenosové parametry vláken jsou závislé na tom, pro jakou vlnovou délku byl optimalizován profil indexu lomu jádra (pracovní vlnové délky 850 nm a 1300 nm). V praxi se často vyskytují požadavky na provoz optické trasy na obou vlnových délkách. V takovém případě je nutné použít vlákna, jejichž parametry jsou optimalizovány pro provoz tohoto typu. Při výrobě takových vláken nelze dosáhnout maximální šířky pásma ani pro 850 nm ani pro 1300 nm, a proto je nutné hledat kompromis.

Typ vlákna	A1a		A1b		A1c		A1d	
Vlnová délka (nm)	850	1300	850	1300	850	1300	850	1300
Útlum (db/km max.)	2,7	1,0	3,5	1,5	3,5	1,5	4,5	2,0
	2,5	0,8	3,2	0,9	3,0	1,0	4,0	2,0
	2,4	0,6	3,0	0,7	3,0	0,7	4,0	1,5
Šířka pásma (MHz km max.)	200	400	160	200	100	300	100	100
	200	600	160	500	200	200	100	300
	400	400	200	200	200	300	200	200
	400	600	200	400				
	400	800	200	600				
	400	1000	250	1000				
	400	1200						
	400	1500	300	800				
	600	1000						

*Přenosové parametry gradientních vláken optimalizovaných pro obě vlnové délky 850 nm i 1300 nm.*

## Další vlastnosti optických vláken

**Skupina A2: celoskleněná vlákna se skokovým profilem indexu lomu** určená pro přenosy na krátké vzdálenosti do 2 km.

Typ vlákna	A2a	A2b	A2c
Průměr jádra ( $\mu\text{m}$ )	$100 \pm 4$	$200 \pm 8$	$200 \pm 8$
Průměr pláště ( $\mu\text{m}$ )	$140 \pm 10$	$240 \pm 10$	$280 \pm 10$
Průměr primární ochrany	Není stanoven		

Přenosové parametry pro vlnovou délku 850 nm:

Útlum (db/km max.)	10
Šířka pásma (MHz km min.)	10
Numerická apertura	$0,23 \text{ až } 0,26 \pm 0,03$

**Skupina A3: vlákna s jádrem z čistého křemičitého skla a s polymerním pláštěm** určená pro přenosy na krátké vzdálenosti do 1 km. Nazývají se též PCS (polymer-clad-silica).

Typ vlákna	A3a	A3b	A3c
Průměr jádra ( $\mu\text{m}$ )	$200 \pm 8$	$200 \pm 8$	$200 \pm 8$
Průměr pláště ( $\mu\text{m}$ )	$300 \pm 30$	$380 \pm 30$	$230 \pm 10$
Průměr ochrany ( $\mu\text{m}$ )	$900 \pm 100$	$600 \pm 50$	$500 \pm 50$

Přenosové parametry pro vlnovou délku 850 nm:

Útlum (db/km max.)	10
Šířka pásma (MHz km min.)	5
Max. numerická apertura	$0,40 \pm 0,04$

**Skupina A4: polymerní vlákna** určená pro přenosy na krátké vzdálenosti do 100 m.

Typ vlákna	A4a	A4b	A4c
Průměr jádra je o 10 až 20 $\mu\text{m}$ menší než průměr pláště			
Průměr pláště ( $\mu\text{m}$ )	$1000 \pm 60$	$750 \pm 45$	$500 \pm 30$

Přenosové parametry pro vlnovou délku 650 nm:

Útlum (db/100m max.)	40
Šířka pásma (MHz 100m min.)	10
Numerická apertura	$0,5 \pm 0,15$

Skupiny A2, A3, A4 jsou tvořeny vlákny se skokovou změnou indexu lomu, která jsou určena pro přenos na krátké vzdálenosti, pro lokální sítě nebo pro senzorové použití.

### **TŘÍDĚNÍ JEDNOVIDOVÝCH VLÁKEN**

Přenosové parametry jednovidových vláken jsou v podstatě určeny jejich profilem indexu lomu. Jejich třídění podle tohoto profilu by však bylo velice obtížné.

Kategorizace jednovidových optických bývá proto založena na jiných kritériích, která spolu vždy do jisté míry souvisejí.

Jednovidová vlákna mohou být tříděna podle:

- a) **citlivosti útlumu na ohyby,**
- b) **průběhu disperzní charakteristiky,**
- c) **velikosti průměru vidového pole** (analogie průměru jádra a numerické apertury).

### **Citlivost útlumu na ohyby**

#### **1. Vlákná s přizpůsobeným profilem indexu lomu**

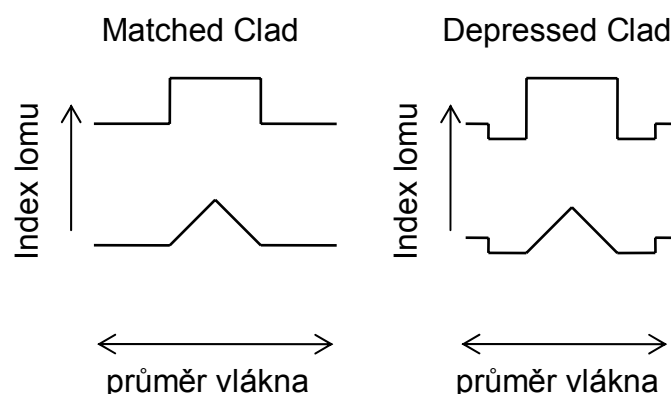
*(matched clad)*

Konstantní hodnota indexu lomu pláště.

#### **2. Vlákná s vnořeným profilem indexu lomu**

*(depressed clad)*

Pokles indexu lomu ve vnitřním plášti. Tento profil je charakterizován větším počtem parametrů a tím je při jeho návrhu k dispozici více stupňů volnosti. Vlákná s vnořeným profilem indexu lomu mají menší průměr vidového pole při zachování všech ostatních přenosových parametrů. Taková vlákna vykazují značně lepší odolnost útlumu proti mikro- nebo makroohybům než vlákna s přizpůsobeným profilem indexu lomu.



### **Základní typy jednovidových vláken**

---

### Průběh disperzní charakteristiky

#### 1. Vlákná konvenční

#### 2. Vlákná s posunutou disperzní charakteristikou

(*Dispersion Shifted, DS*)

Nulová hodnota chromatické disperze je posunuta (speciálním průběhem indexu lomu) do oblasti 1550 nm)

#### 3. Vlákná s plochou disperzní charakteristikou

(*Dispersion Flattened, DF*)

Koeficient chromatické disperze je blízký nule v celém spektrálním intervalu 1300 – 1550 nm. Profil indexu lomu u těchto vláken je zpravidla složitější a nedá se zde proto již rozlišovat mezi vlákny s přizpůsobeným a vnořeným profilem indexu lomu.

### Průměr vidového pole

Typ vlákna	Konvenční (310 nm)	DS (1550 nm)	DF
Matched Clad Typ A Typ B	10,0 $\mu\text{m}$ 9,5 $\mu\text{m}$	- 8,1 $\mu\text{m}$	6,0 $\mu\text{m}$ (1310 nm) 7,0 $\mu\text{m}$ (1550 nm)
Depressed Clad	8,8 $\mu\text{m}$	7,0 $\mu\text{m}$	

#### Průměr vidového pole pro základní kategorie jednovíkových OV

Co se týče **útlumu** jednovíkových optických vláken, typická hodnota koeficientu útlumu konvenčních vláken se pohybuje kolem 0,35 dB/km pro 1310 nm a kolem 0,25 dB/km pro 1550 nm. U vláken s posunutou nebo plochou disperzní charakteristikou mohou být tyto hodnoty poněkud horší v důsledku komplikovanějšího profilu indexu lomu a tedy vyšší hodnoty Rayleighova rozptylu.

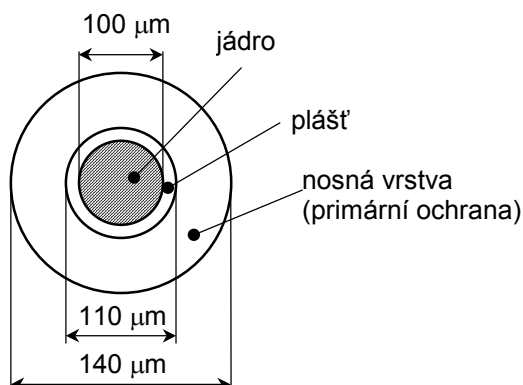
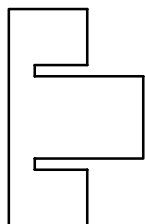
## PŘÍKLADY MULTIVIDOVÝCH VLÁKEN

profil indexu

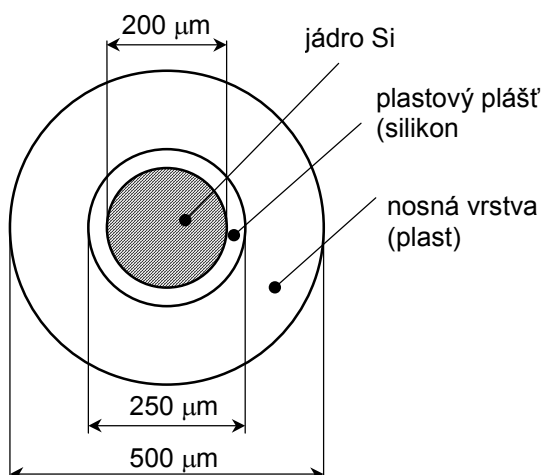
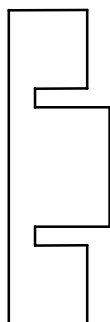
příčný průřez

vlákno

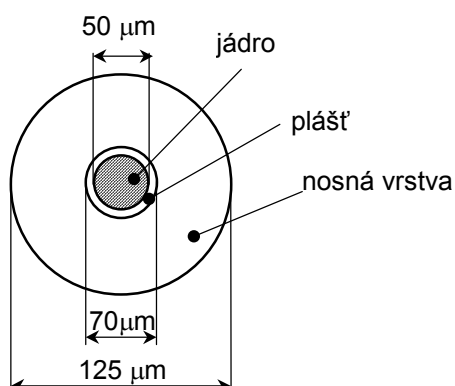
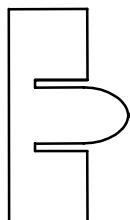
lomu



SI celoskleněné  
 $\text{SiO}_2$



SI  
PCS plast –  
křemen



GI

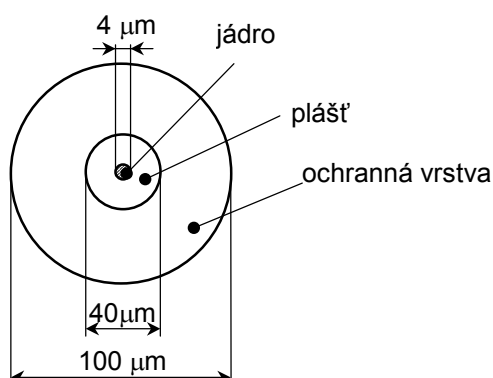
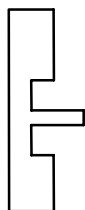
## PŘÍKLADY JEDNOVIDOVÝCH VLÁKEN

profil indexu

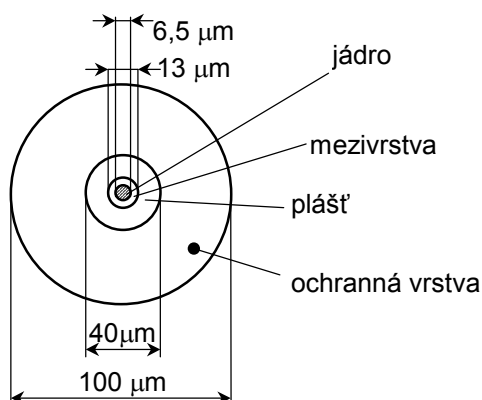
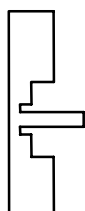
příčný průřez

vlákno

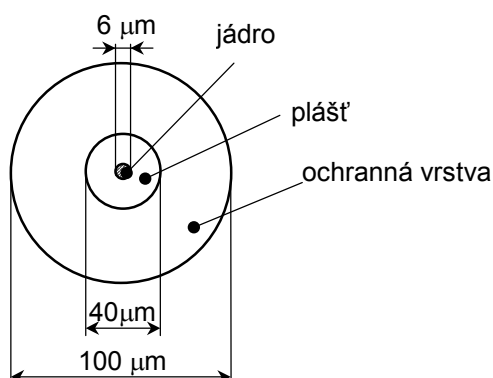
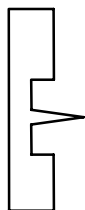
lomu



SI celoskleněné  
 $\text{SiO}_2$



SI  
PCS plast –  
křemen



GI



# OPTOELEKTRONICKÁ POLARIZAČNÍ VLÁKNA

PANDA – Polarization – Maintaining and Absorption Reducing Optical Fibres.

Vlákna mají vysokou hodnotu optického dvojlomu. Ve směru napětí leží optická osa. Dvojlom ve vláknu indikují napěťové inkluze. Jedná se o jednovidové eliptické vlákno s jádrem 6-8  $\mu\text{m}$ .

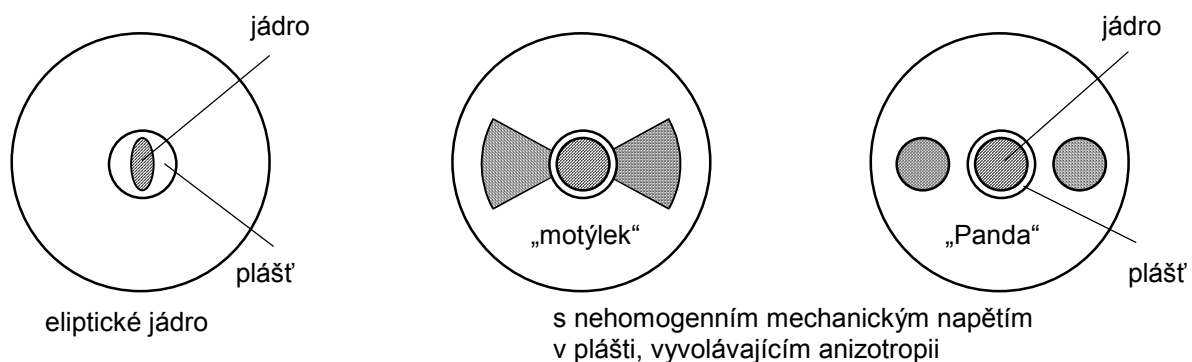
Plášť je z čistého  $\text{SiO}_2$ , jádro je dopováno  $\text{GeO}_2$ , s přídavnými napěťovými inkluzemi  $\text{B}_2\text{O}_3$ . Teoretický útlum (mez) – 0,27 dB/km; dosaženo 10 dB/km, dnes už 5 dB/km, u jednovidových ještě menší útlum.

PANDA má útlum pod 1 dB/km.

Dvojlom – geometrický (elipticita)

- napěťový ten je důležitý u vláken PANDA

U vlákna PANDA „vidí“ plášť vlákna pouze paprsek s horizontální polarizací. Paprsek s vertikální polarizací plášť „nevidí“.



Jednovidová vlákna zachovávající polarizaci

Vlnovod se ztrátovým jádrem – tlumí přednostně vidy ostatní kromě dominantního.