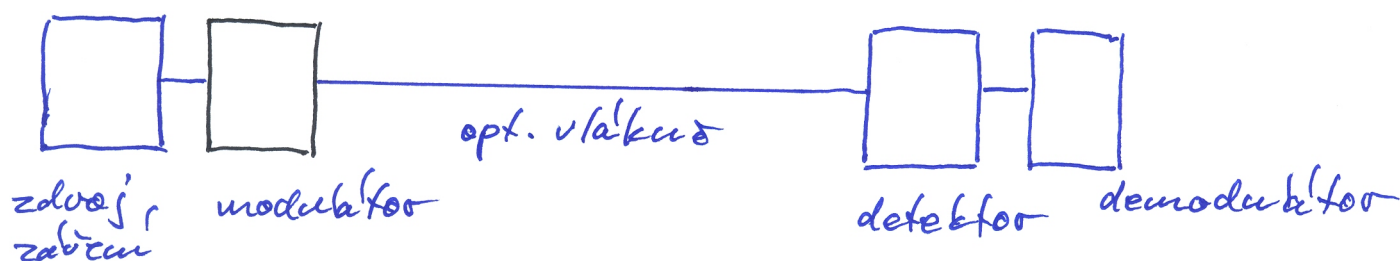


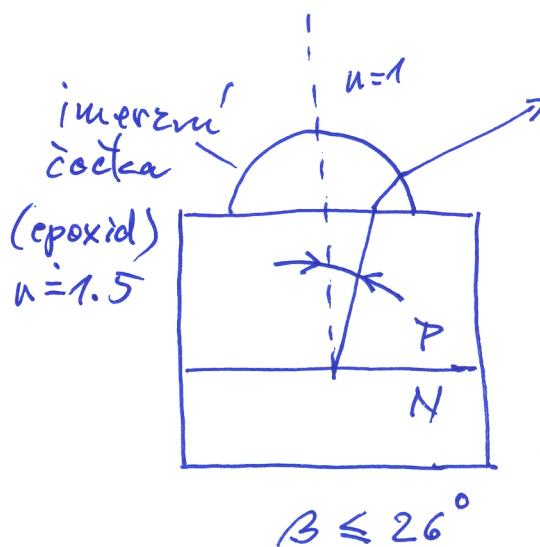
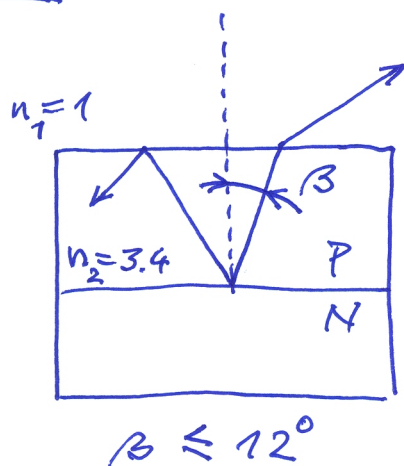
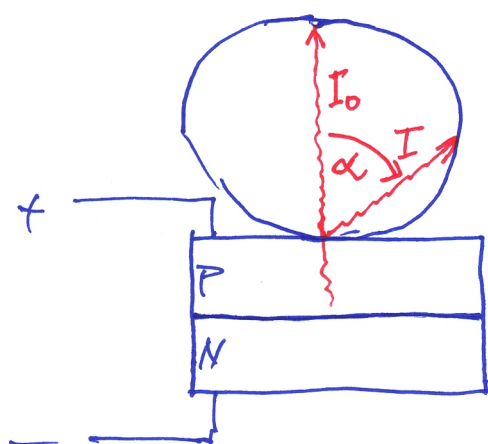
Optické spoje

- galvanické oddělení obvodů
- nevyrábí elmag. záření
- odolné proti rušeni
- vysoká rychlost

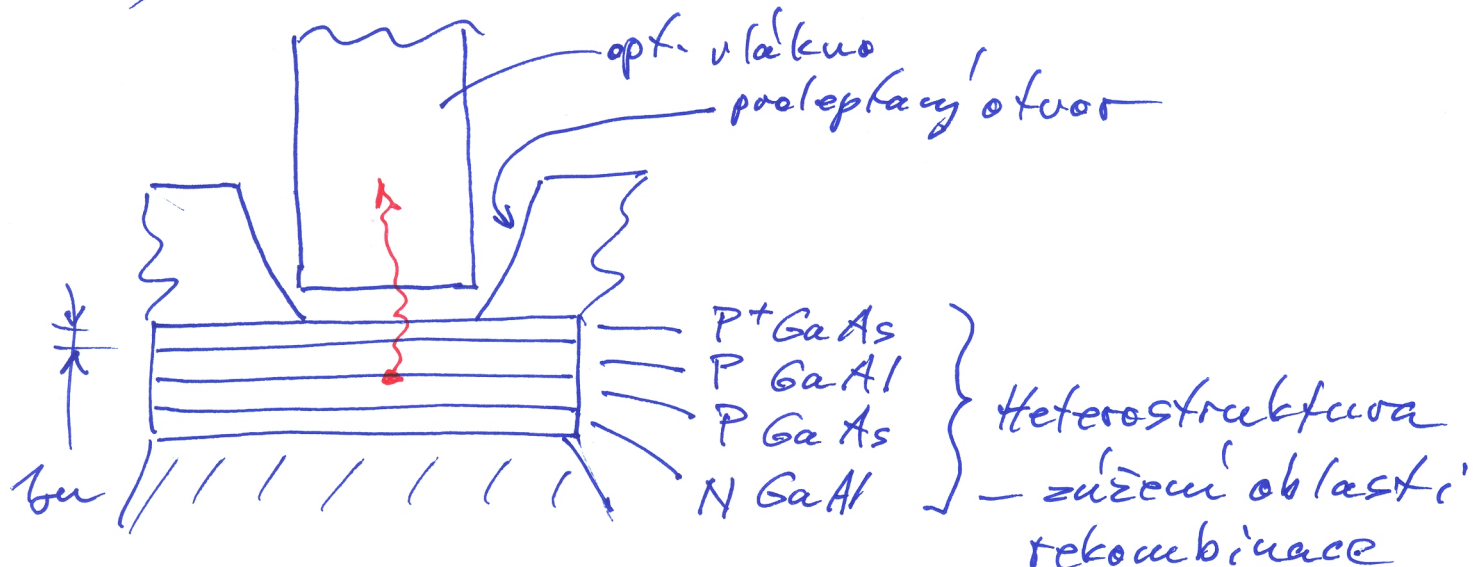


1. Zdroje záření

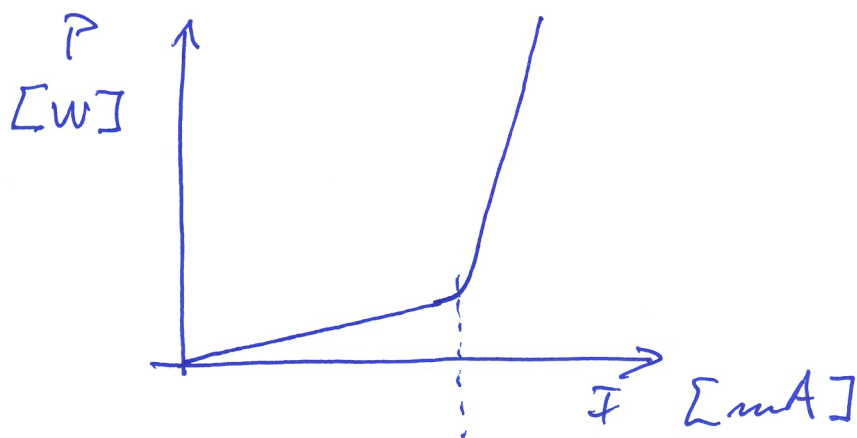
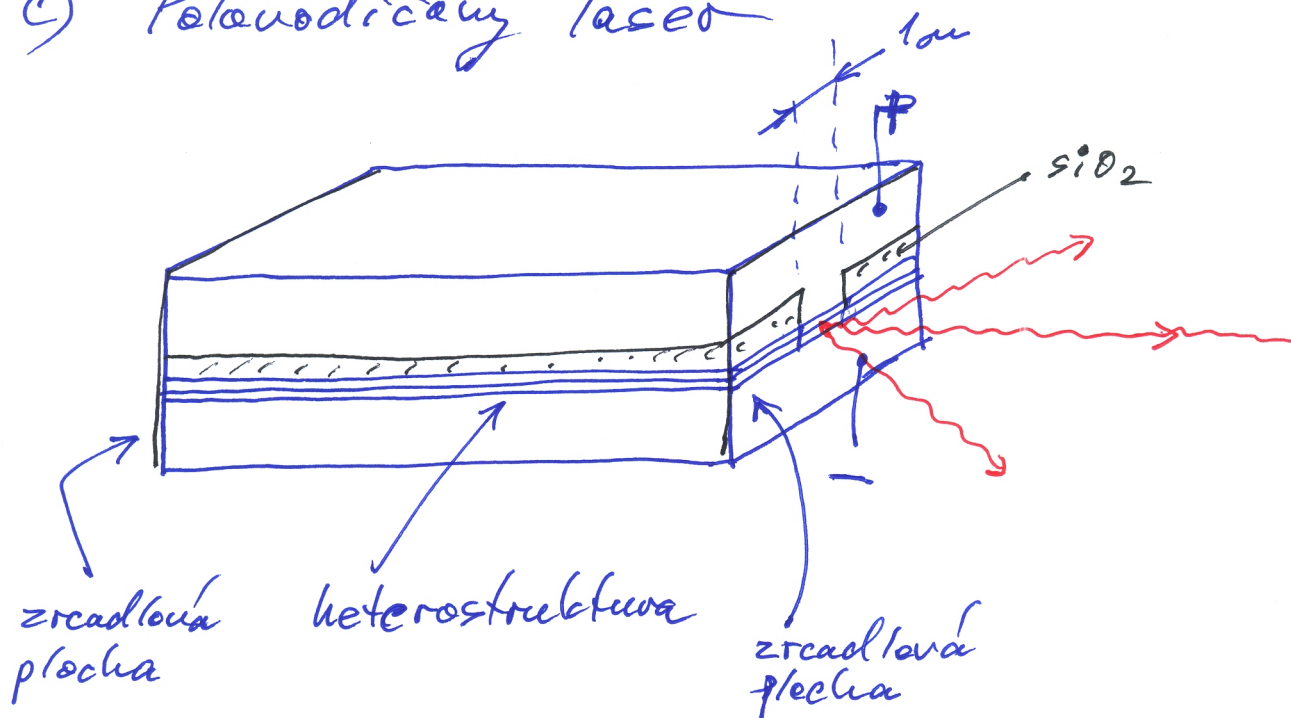
a) Dioda LED



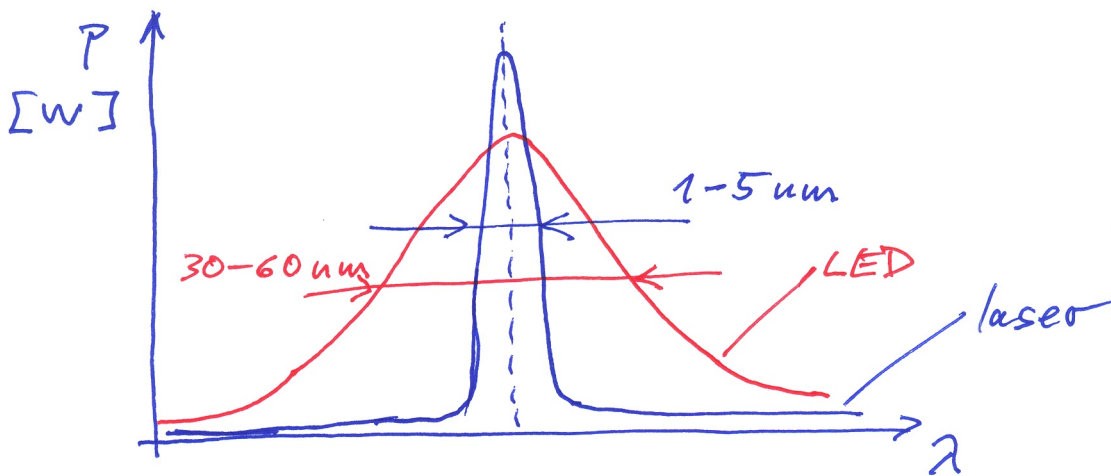
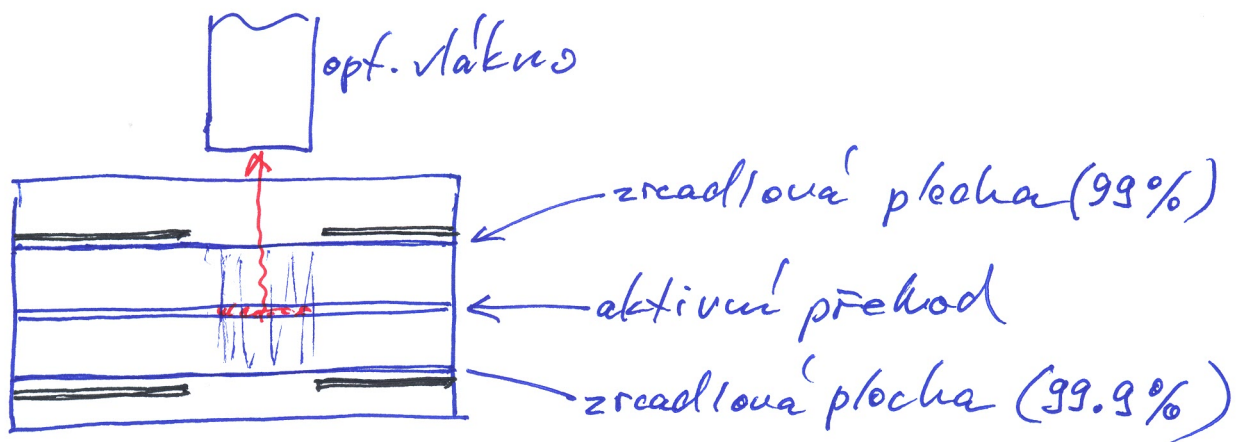
b) Burrowsova dioda



c) Polovodičový laser



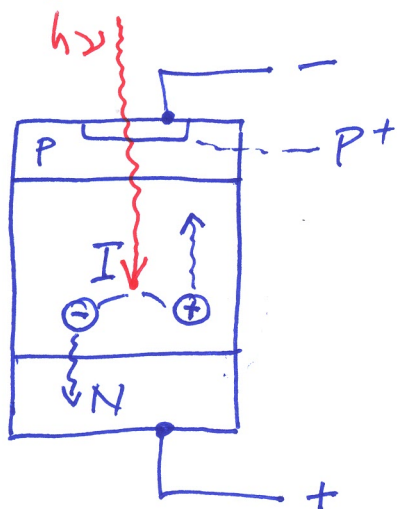
c) Laserová dioda VCSEL (Vertical Cavity surface Emitting Laser)



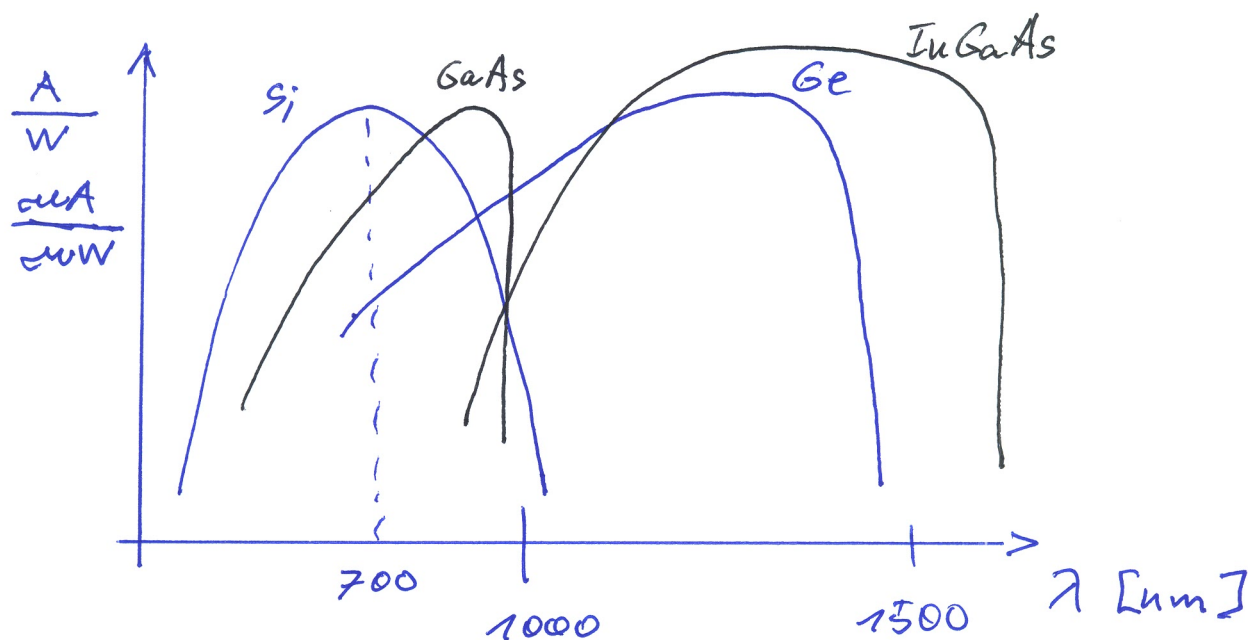
	α [%]	šířka sp.č.	náběh pulsu	max. rychlost	výkon do vlákna
Burrus. d.	0.005	50	10-50	100	1-200 μW
Hracov. em. d.	0.03	50	3-10	100	200-500 μW
Vícevid. laser	1	2	0.3-1	400	5 mW
Jednovid. laser	2	0.1	0.3-1	1000	5 mW
		[nm]	[ns]	[Mbit/s]	

2. Detektory záření

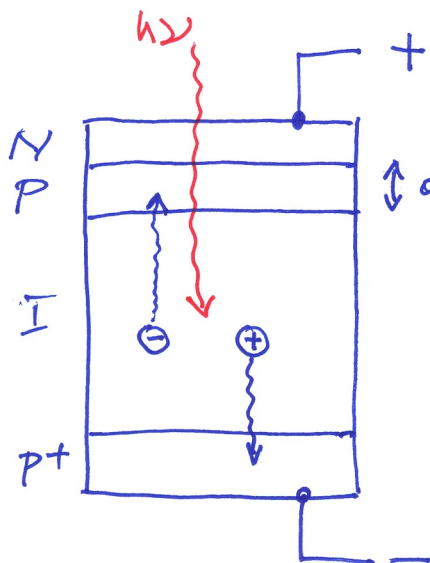
a) Dioda PIN



I ... vrstva s intrinsickou
vodivostí



b) Lavinová dioda (APD)

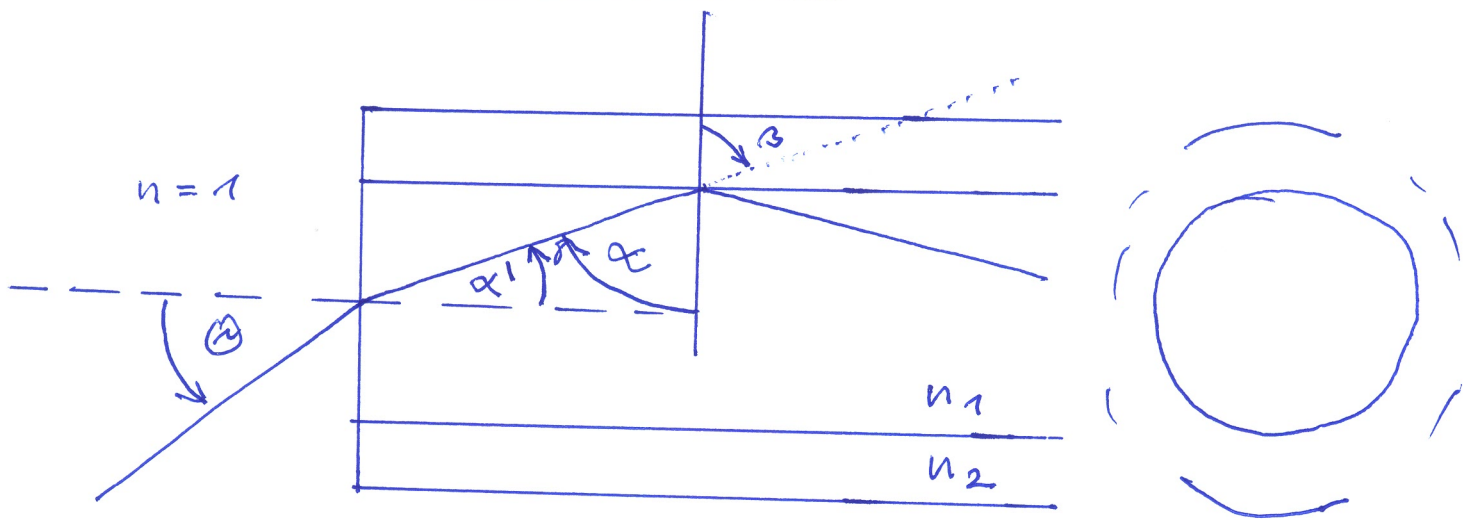


v oblasti násobení dochází
k uvolnění dalších nosičů
=> lavinový jev
=> větší citlivost

Některé vlastnosti PIN a APD :

32

	Si		Ge		In Ga As	
	PIN	APD	PIN	APD	PIN	APD
λ [nm]	400-1100	400-1100	800-1800	800-1800	900-1700	900-1700
$\mu A/\mu W$	0.6	77-130	0.6-0.7	3-28	0.6-0.8	—
kvant. účinnost	65-90%	77%	50-55%	55-75%	60-70%	60-70%
Zesílení	1	150-250	1	5-40	1	10-30
Napětí [V]	45-100	220	6-10	20-35	5	30
Nažeh pulsu [ns]	0.5-1.0	0.1-2.0	0.1-0.5	0.5-0.8	0.06-0.5	0.1-0.5



$$n_1 = 1.515$$

$$n_1 \cdot \sin \alpha = n_2 \cdot \sin \beta \quad n_2 = 1.500$$

$$\beta = 90^\circ \Rightarrow \sin \beta = 1$$

$$n_1 \cdot \sin \alpha = n_2$$

$$\sin \alpha = \frac{n_2}{n_1}$$

$$\alpha' = 90^\circ - \alpha$$

$$\sin \alpha' = \sin(90^\circ - \alpha) = \sqrt{1 - \sin^2 \alpha}$$

$$\sin \alpha' = \sqrt{1 - \frac{n_2^2}{n_1^2}} = \frac{1}{n_1} \sqrt{n_1^2 - n_2^2}$$

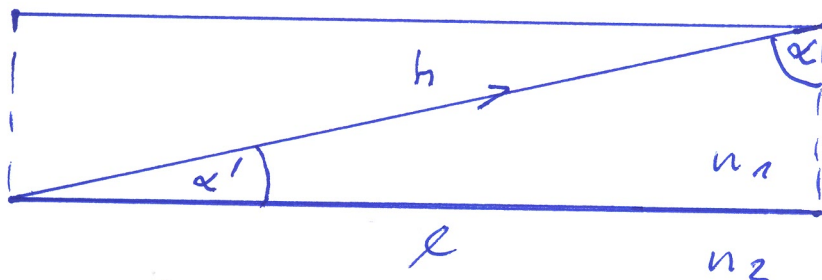
$$\sin \theta = \sin \alpha' \cdot n_1$$

$$\sin \theta = n_1 \cdot \frac{1}{n_1} \cdot \sqrt{n_1^2 - n_2^2}$$

$$\boxed{\sin \theta = \sqrt{n_1^2 - n_2^2}} \quad \text{--- } \sin \theta \text{ je numerická apertura}$$

$$\text{např. pro } n_1 = 1.515, n_2 = 1.500$$

$$\text{je } \sin \theta \doteq 0.2 \Rightarrow \theta \doteq 12^\circ$$



$$h = \frac{l}{\sin \alpha}$$

zpoždění paprsku v ose: $\tau_l = \frac{l}{v} = \frac{l}{\frac{c}{n_1}}$

zpoždění paprsku na dráze h

$$\tau_h = \frac{h}{v} = \frac{\frac{l}{\sin \alpha}}{\frac{c}{n_1}} = \frac{l}{\sin \alpha} \cdot \frac{n_1}{c}$$

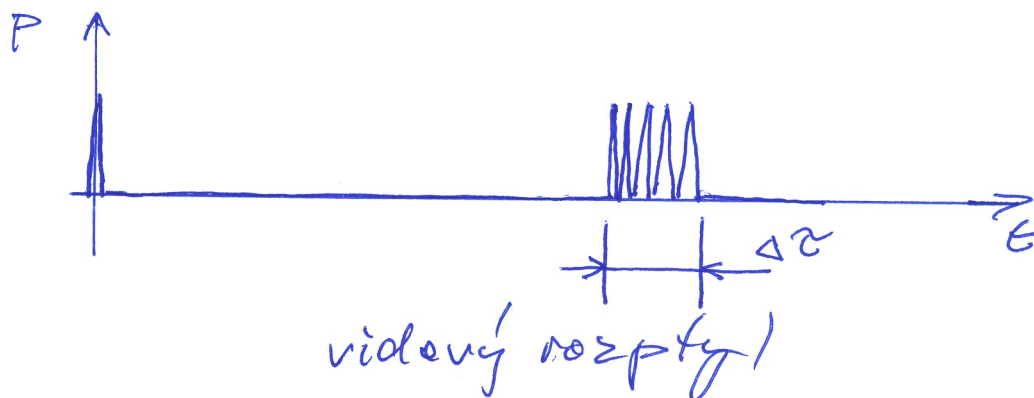
$$\tau_h = \frac{l}{\sin \alpha} \cdot \frac{n_1}{c} = \frac{l}{n_2} \cdot n_1 \cdot \frac{n_1}{c}$$

$$\tau_h - \tau_l = \frac{1}{c} \cdot l \cdot n_1 - \frac{l}{n_2} \cdot n_1 \cdot \frac{n_1}{c} =$$

$$= \frac{l}{c} \cdot n_1 \left(1 - \frac{n_1}{n_2}\right) = \frac{l}{c} \cdot \frac{n_1}{n_2} (n_2 - n_1)$$

$$\Delta \tau = \tau_h - \tau_l = \frac{l}{c} \cdot \frac{n_1}{n_2} (n_2 - n_1)$$

např. $\Delta \tau = 0.051 [\cancel{\text{ns/km}}] [\text{ns/m}]$
 $= 51 \text{ ns/km}$



normovaná frekvence

$$V = \frac{2\pi \cdot a}{\lambda} \cdot \sqrt{n_1^2 - n_2^2} ; a = \text{polákna}$$

počet možných vidů ve vlákne

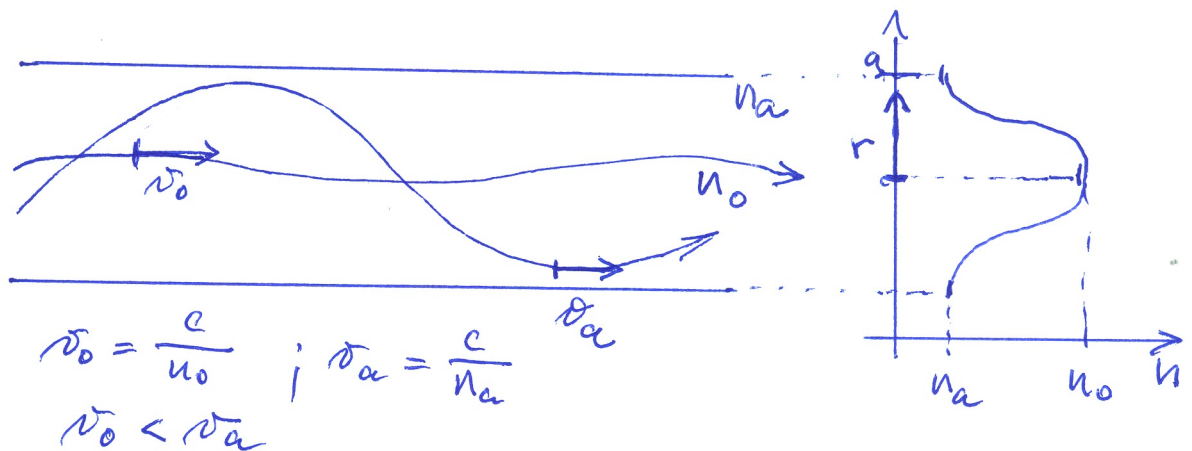
$$N \doteq \frac{V^2}{2}$$

pro existenci jen 1 vidu ve vlákne

musí být $V < 2.405$

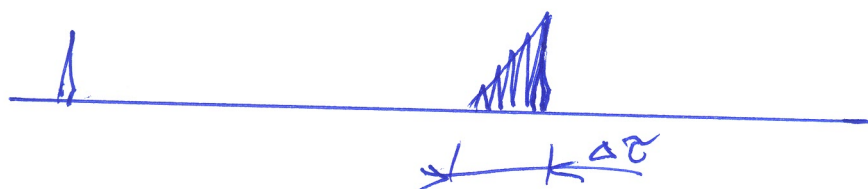
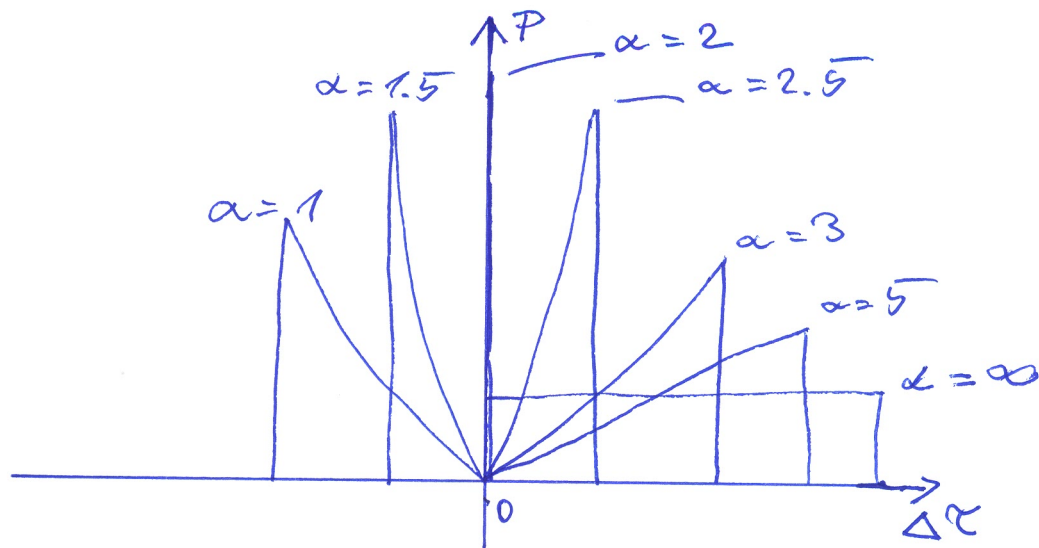
⇓
jednovidové vlákno

Gradientní vlákno:



Profil indexu lomu:

$$n(r) = n_0 \sqrt{1 - \left(\frac{2r}{a}\right)^2 \cdot \Delta} ; \Delta = \frac{n_0 - n_a}{n_0}$$



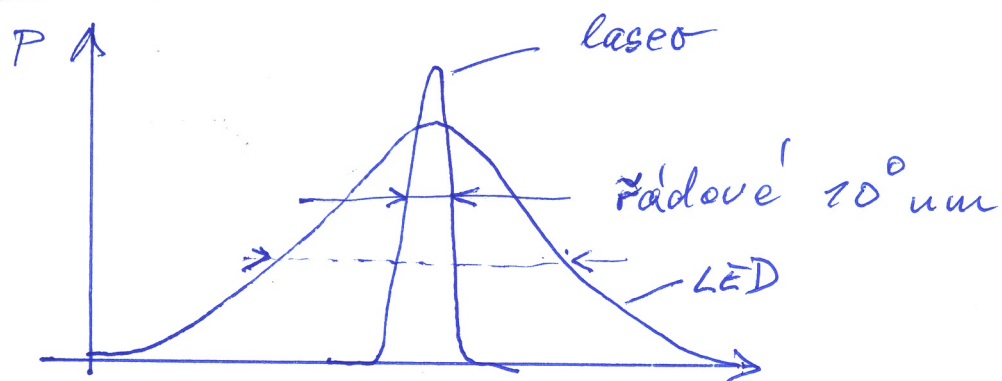
pro $\alpha = 2 - 2\Delta$ je $\Delta\tau = \frac{L \cdot n_0 \cdot \Delta^2}{8c}$

takže např. pro $\Delta = 0.01$ je $\Delta\tau = 0.06 \text{ ns/km}$

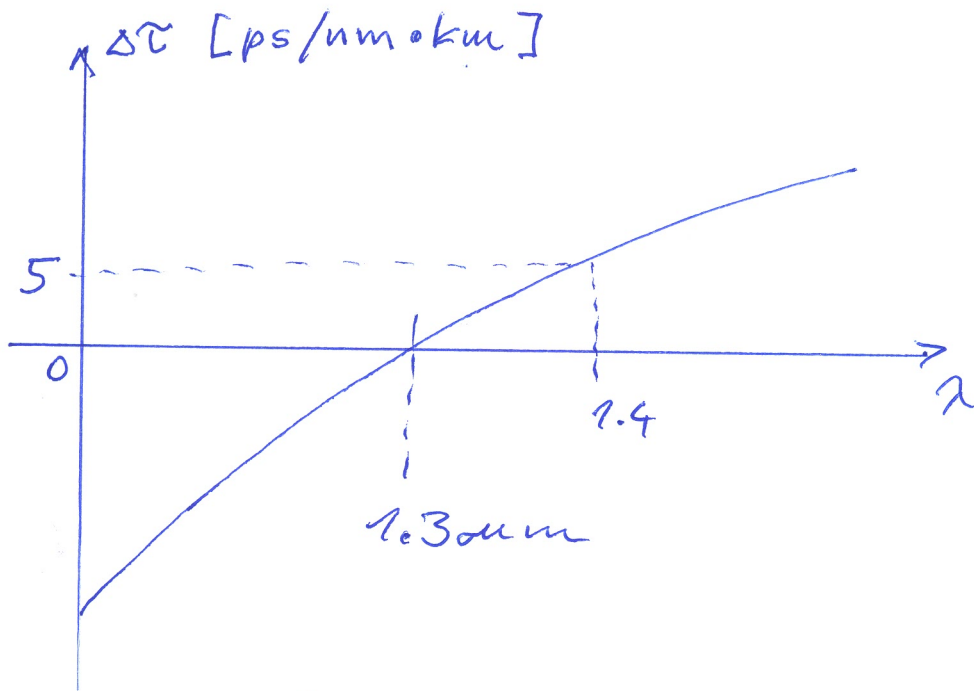
Barvová disperze

rychlost šíření světla je různá pro různé λ (index lomu n je různý pro různé λ).

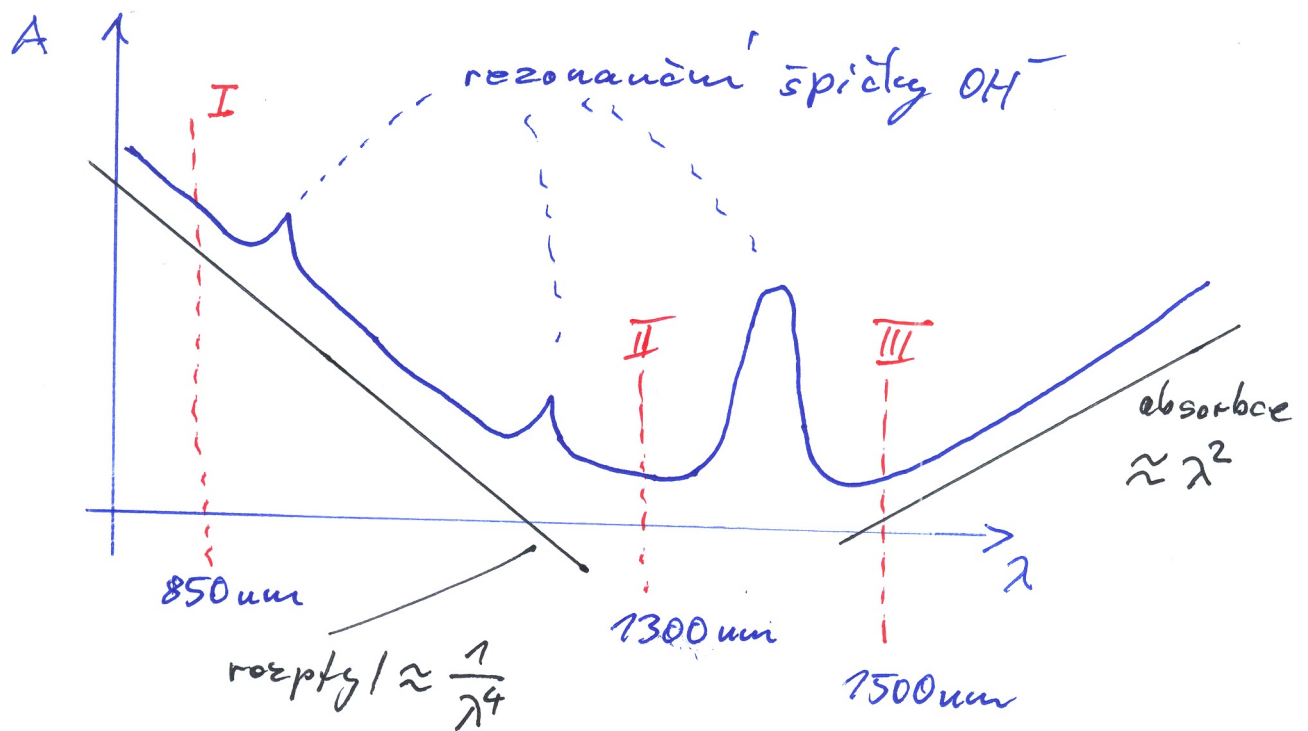
Řešení: použití monochrom. zdroje



u LED je šířka λ
 sp. oblasť cca 30-50 nm
 řádově 10^1 nm

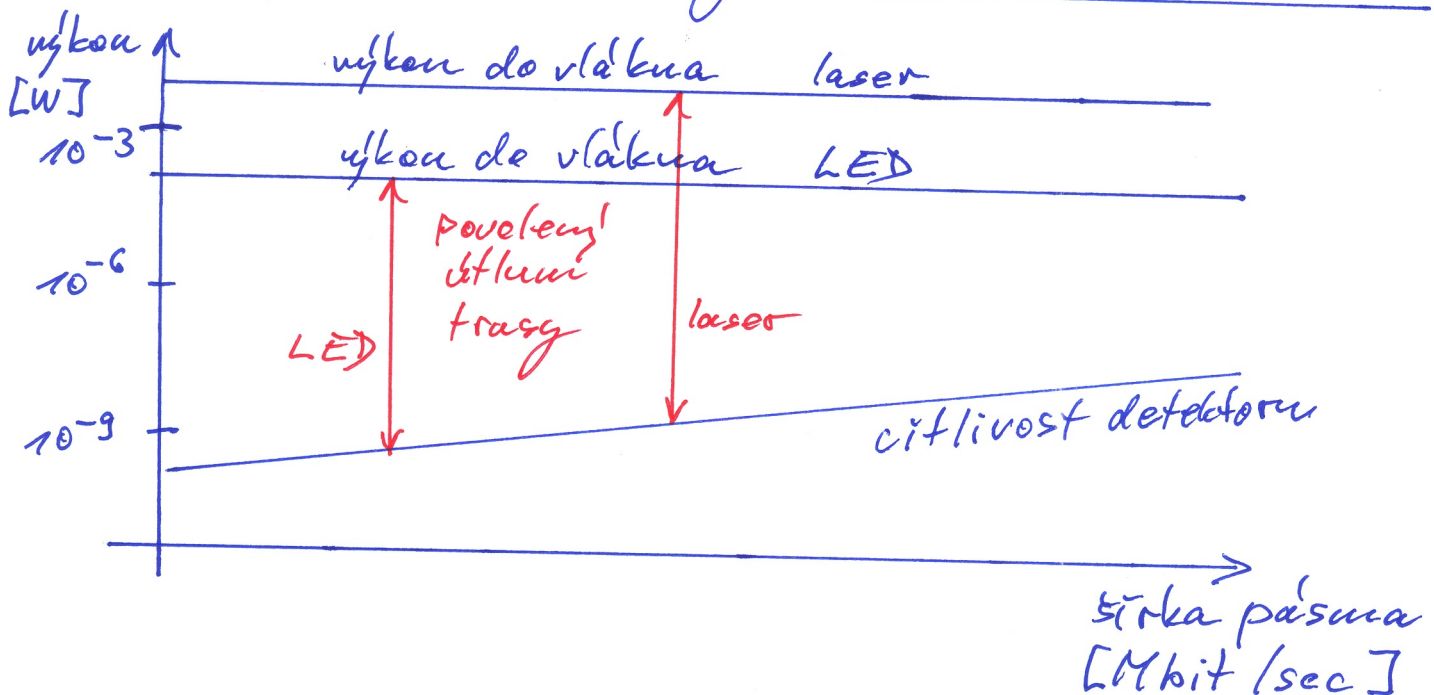


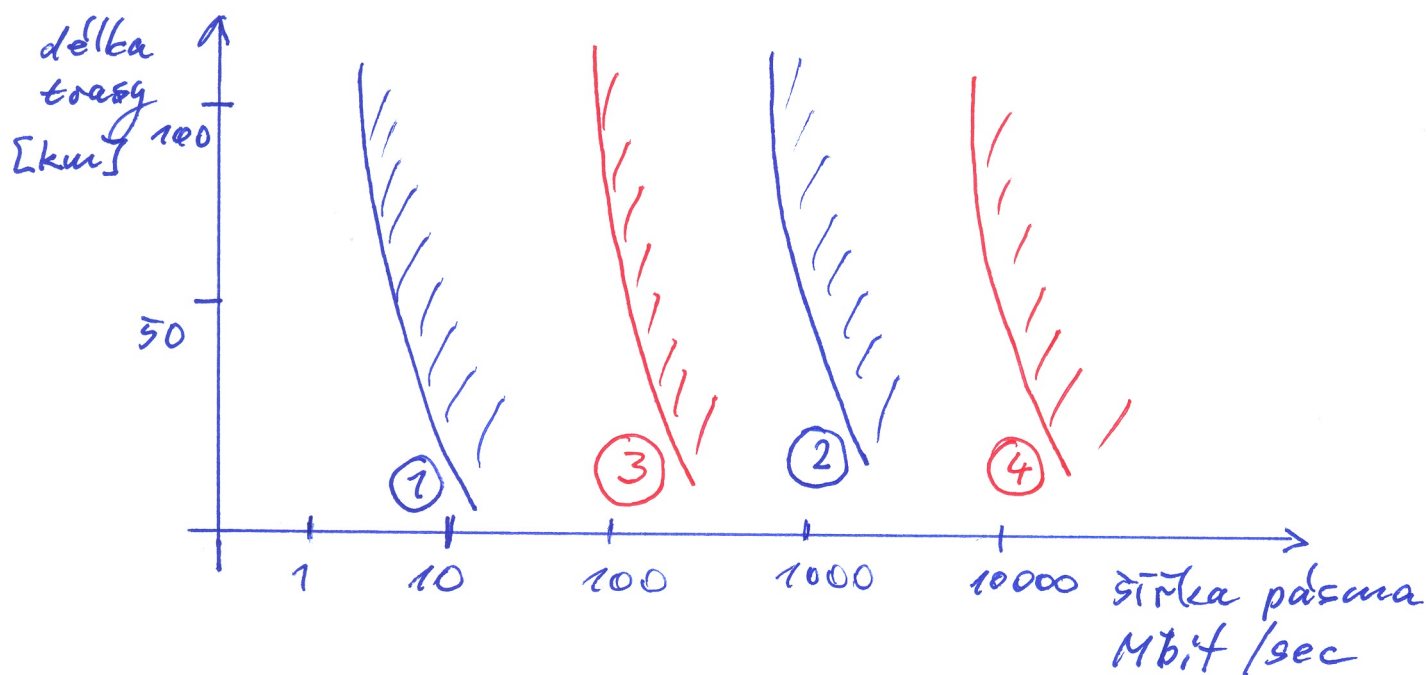
útlum vlákná



	vícetřídové vlákno	jednotřídové vlákno	gradientní vlákno	
$\lambda = 0.85$	2.6-50	—	0.2-10	dB/km
útlum $\lambda = 1.3$	—	0.35	0.5	dB/km
$\lambda = 1.5$	—	0.20	0.25	dB/km
šířka pásma	6-5	100 000	300-1500	MHz·km
Ø jádra	50-100	4	50	um

Výkonové poměry na přenosové trase





- ① omezení vidova disperzi vicevid. vlakna
- ② omezení vidova disperzi gradient. vlakna
- ③ omezení barevna disperzi pro LED
- ④ omezení barevna disperzi pro laser