

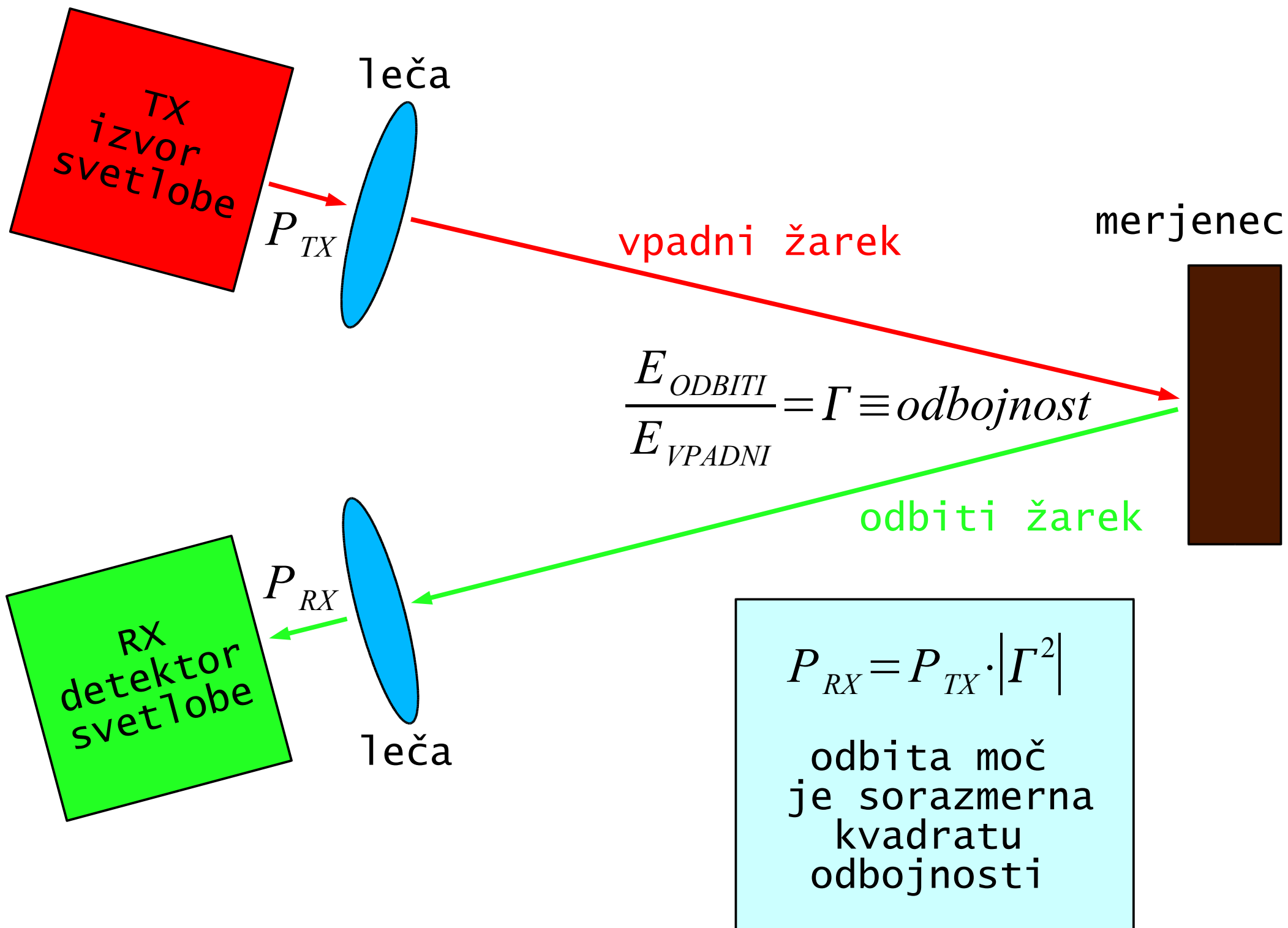
13. Seminar Optične Komunikacije
Laboratorij za Sevanje in Optiko
Fakulteta za Elektrotehniko
Ljubljana, 1. - 3. februar 2006

Svetlobni merilniki odbojnosti

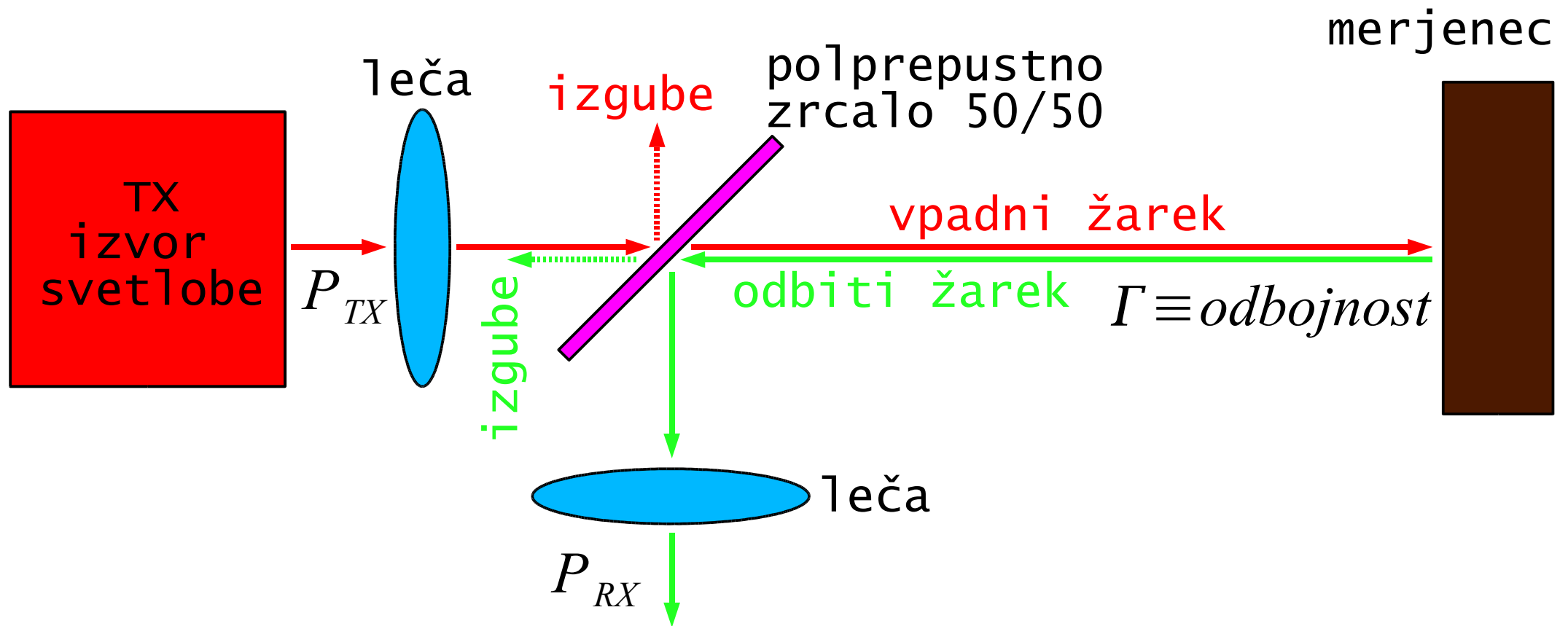
Matjaž Vidmar

Seznam prosojnic:

- Slika 1 – Meritev odbojnosti svetlobe.
- Slika 2 – Polprepustno zrcalo.
- Slika 3 – vlakenski smerni sklopnik.
- Slika 4 – Svetlobni cirkulator.
- Slika 5 – Fresnel-ove odbojnosti.
- Slika 6 – Vrste odbojev.
- Slika 7 – Odbojnosti vlaken.
- Slika 8 – Slabljenje stekla.
- Slika 9 – Vodena moč sipanja.
- Slika 10 – Zgledi jakosti sipanja.
- Slika 11 – Prepustnost zemeljskega ozračja.
- Slika 12 – vlakenski OTDR.
- Slika 13 – Meritev z OTDR.
- Slika 14 – Laserski daljinomer.
- Slika 15 – OFDR s spreminjanjem svetlobne frekvence.
- Slika 16 – Izpopolnjeni OFDR.
- Slika 17 – OFDR s spreminjanjem modulacijske frekvence.
- Slika 18 – Lastnosti merilnikov odbojnosti.



Slika 1 – Meritev odbojnosti svetlobe.



$$P_{RX} = \frac{1}{4} P_{TX} \cdot |\Gamma^2|$$

z upoštevanjem izgub polprepustnega zrcala 50/50

Smernost \equiv sposobnost razlikovanja med vpadnim ter odbitim valom

smernost polprepustnega zrcala je načeloma neomejeno visoka

slika 2 – Polprepustno zrcalo.



$$P_{prepust} = P_{vstop} \cdot \left(\frac{1}{2} + \frac{1}{2} \cdot \cos\left(2\pi \frac{l}{\Lambda}\right) \right)$$

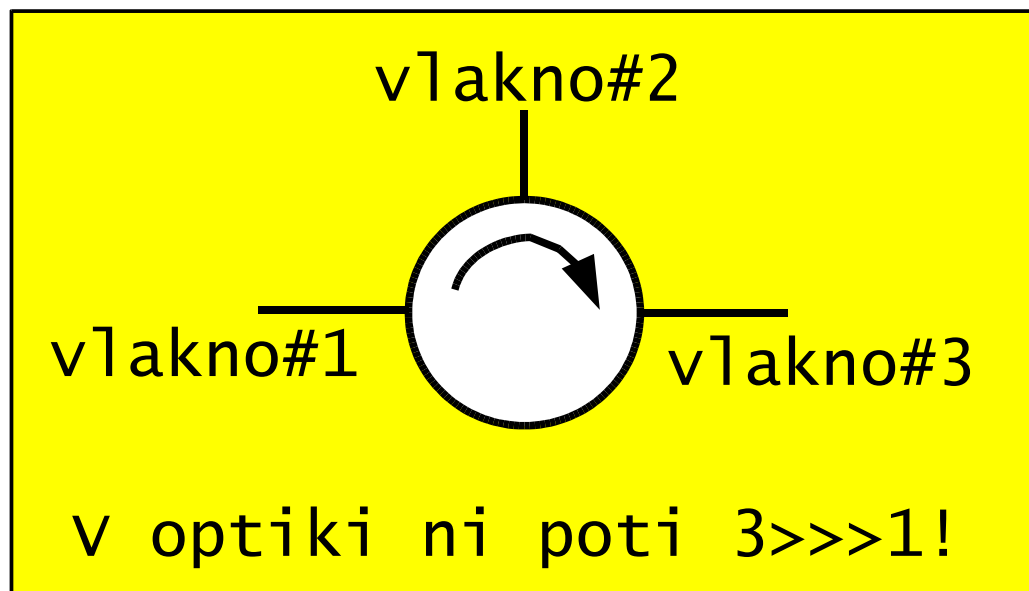
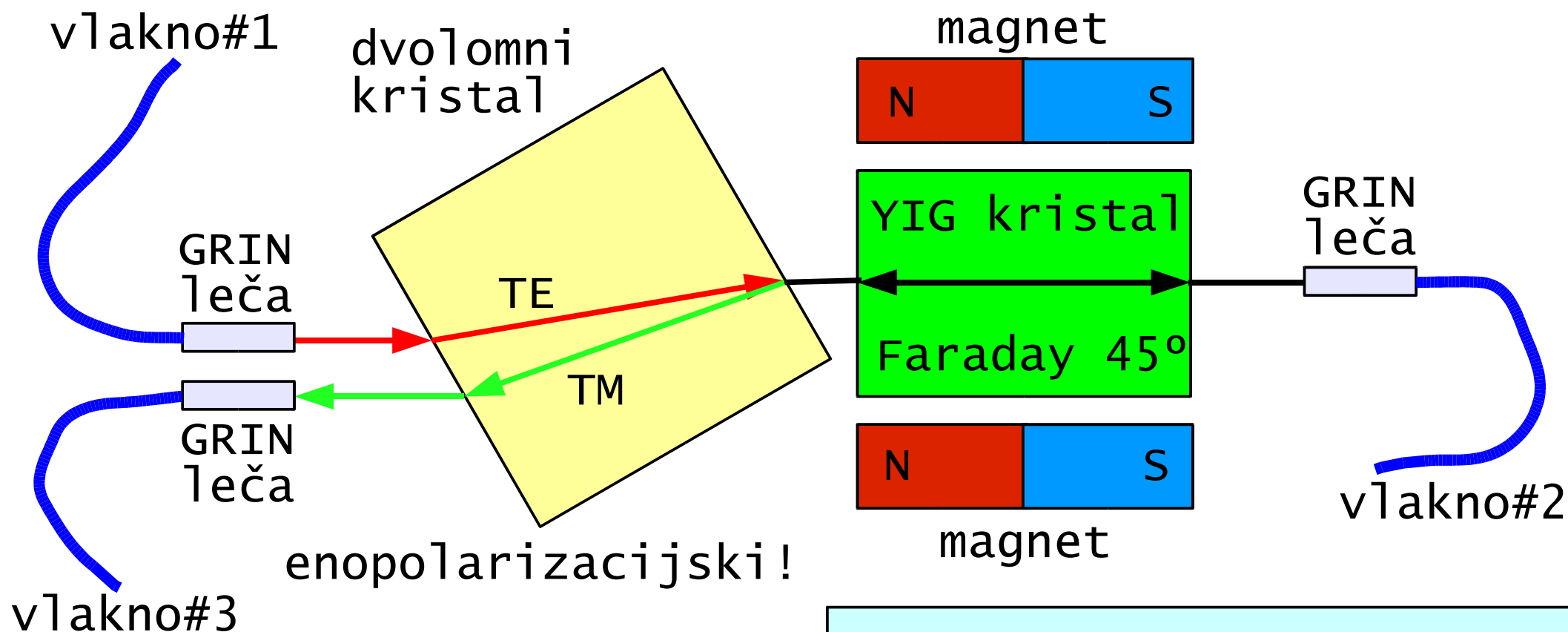
$$P_{sosmerni} = P_{vstop} \cdot \left(\frac{1}{2} - \frac{1}{2} \cdot \cos\left(2\pi \frac{l}{\Lambda}\right) \right)$$

$$Smernost = \frac{P_{sosmerni}}{P_{protismerni}} > 10^7 = 70 \text{ dB}$$

vlakenski sklopnik:
 zelo velika dolžina
 zelo rahel sklop
 nehomogen dielektrik

slab protismerni sklop
 močen sosmerni sklop
 $\Lambda \equiv$ utripna dolžina
 $\Lambda \approx 1000 \lambda \dots 10000 \lambda$

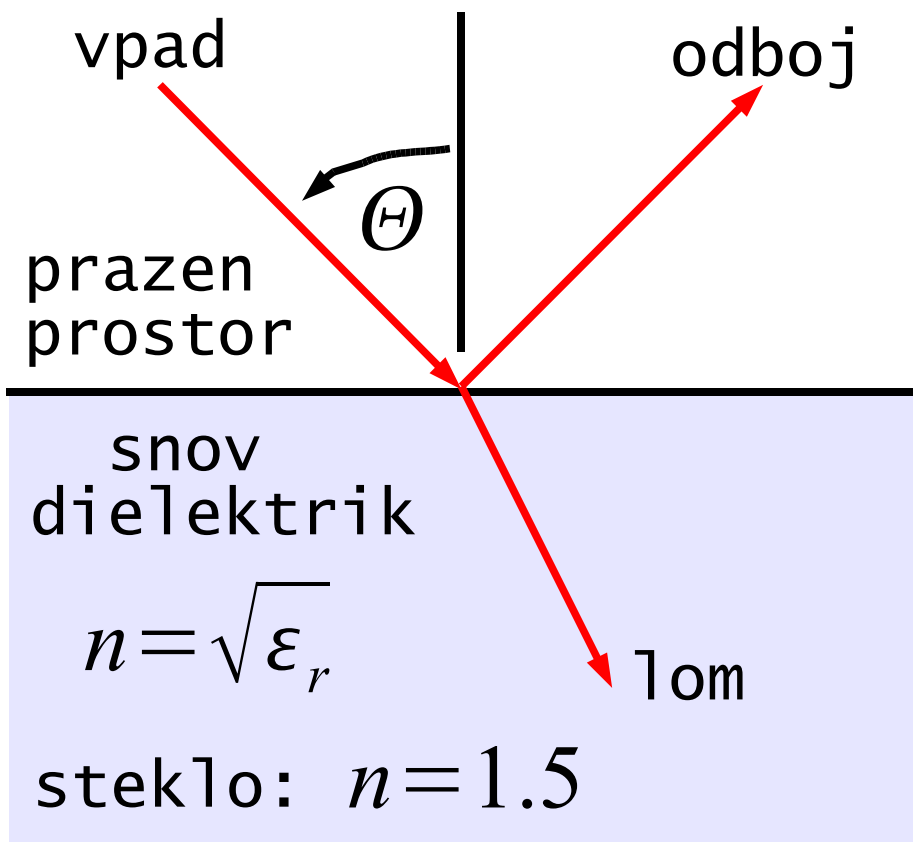
Slika 3 – vlakenski smerni sklopnik.



vstavitevno slabljenje
 $1 \ggg 2$ oziroma $2 \ggg 3$
 okoli 0.2-0.5dB
 (izgube GRIN prehodov)

smernost ali povratno slabljenje
 $2 \ggg 1$ oziroma $3 \ggg 2$
 okoli 35-40dB
 (učinkovitost AR slojev)

Slika 4 – svetlobni cirkulator.



$$\Gamma_{TE} = \frac{\cos \Theta - \sqrt{n^2 - \sin^2 \Theta}}{\cos \Theta + \sqrt{n^2 - \sin^2 \Theta}}$$

$$\Gamma_{TM} = \frac{n^2 \cdot \cos \Theta - \sqrt{n^2 - \sin^2 \Theta}}{n^2 \cdot \cos \Theta + \sqrt{n^2 - \sin^2 \Theta}}$$

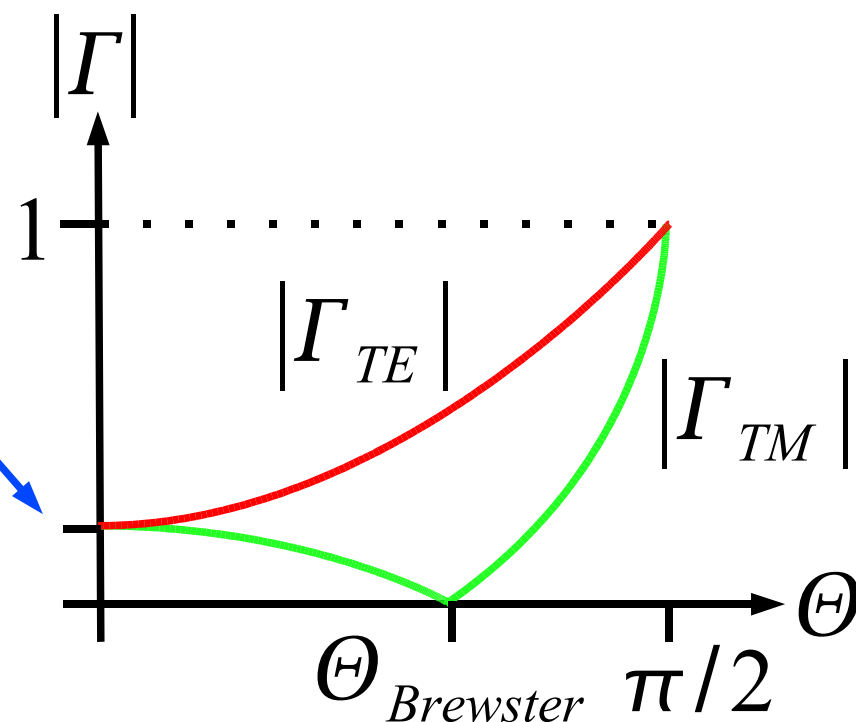
pravokotni vpad

$$\Theta = 0$$

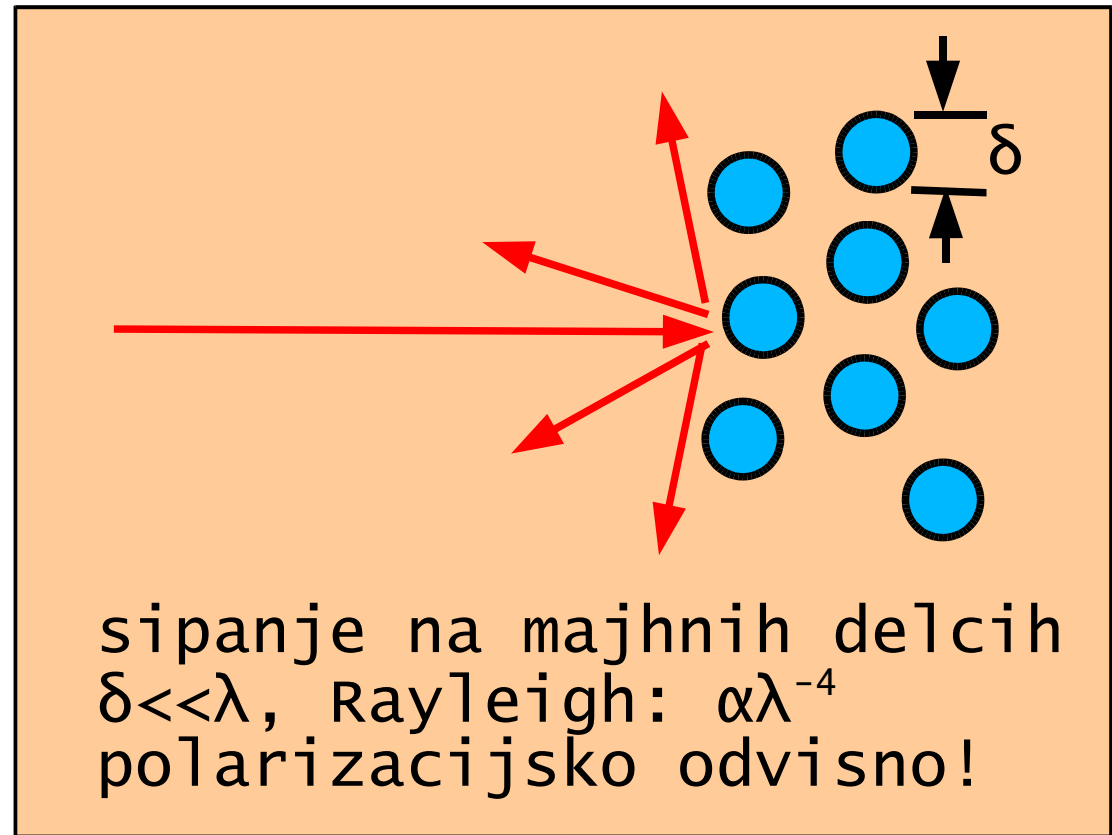
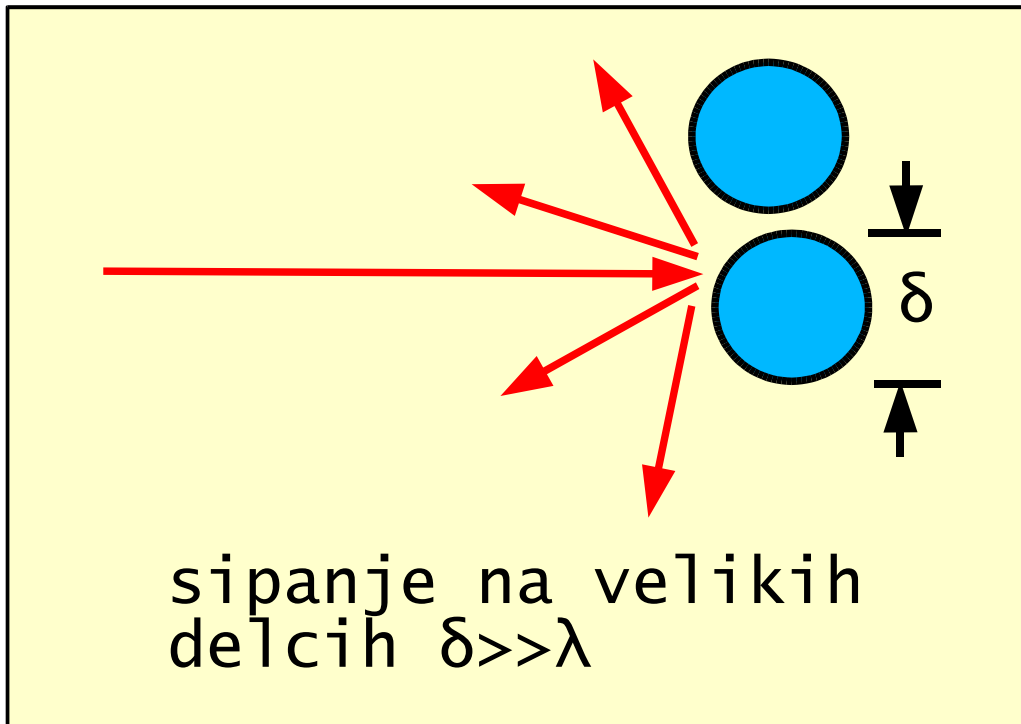
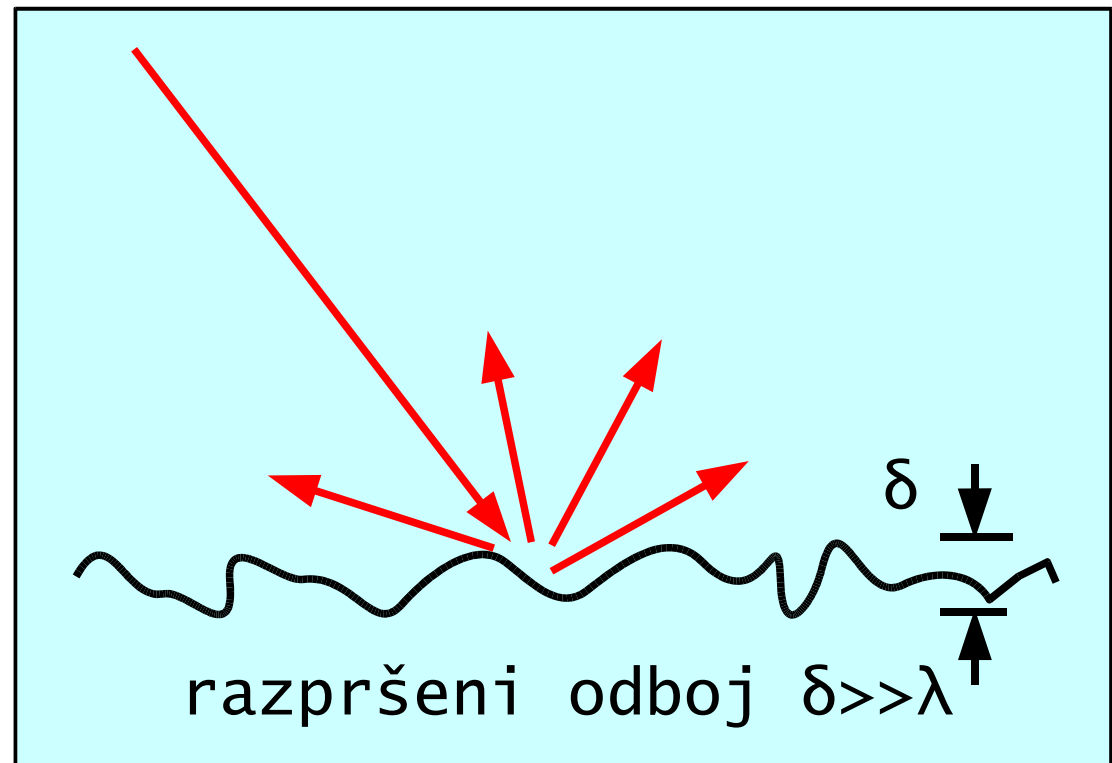
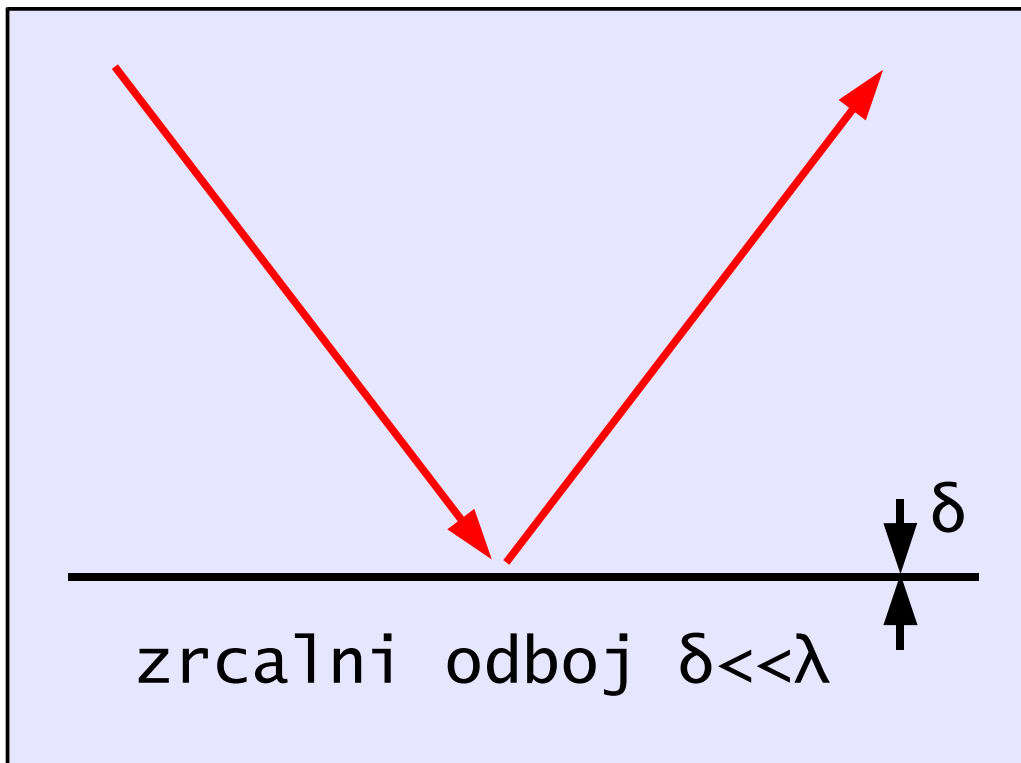
$$|\Gamma| = \left| \frac{n-1}{n+1} \right|$$

steklo: $|\Gamma| = 0.2$

$$P_{odboj} = 0.04 \cdot P_{vpad} = P_{vpad} - 14 \text{ dB}$$



Slika 5 – Fresnel-ove odbojnosti.

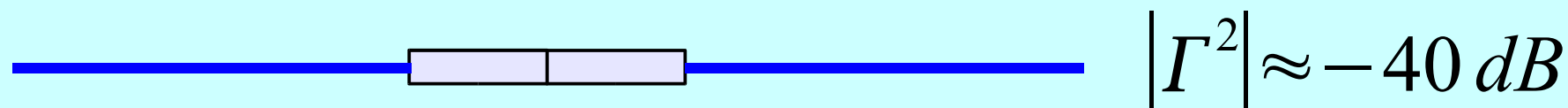


slika 6 – vrste odbojev.

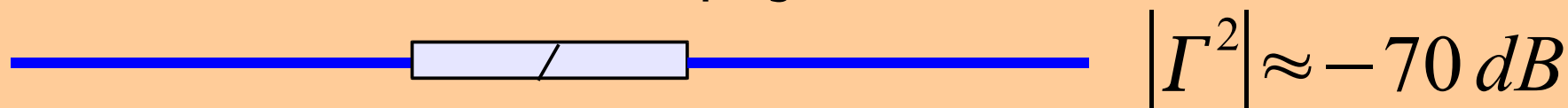
prosti konec vlakna (odprti konektor)



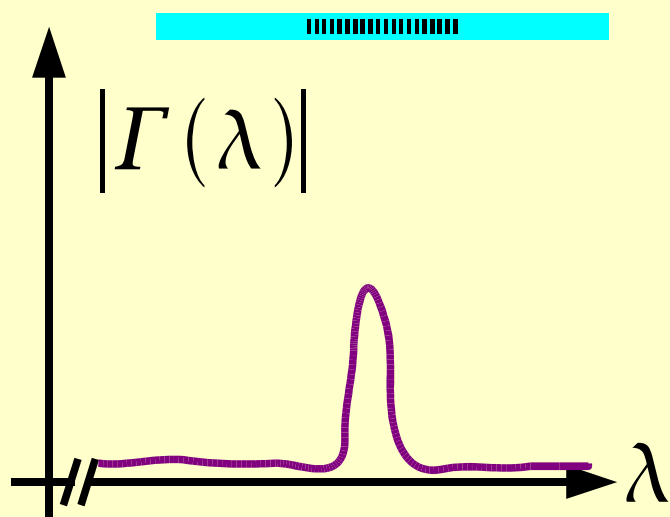
FC-PC konektorski spoj (krivinsko brušene ferule)



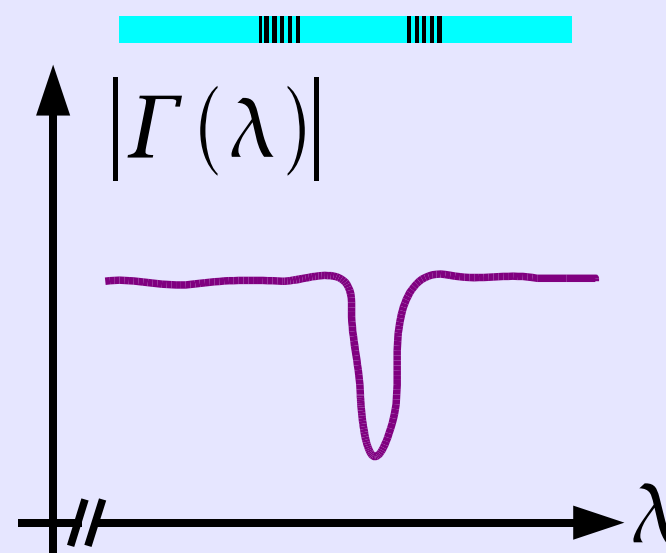
FC-APC konektorski spoj (kotno brušene ferule)



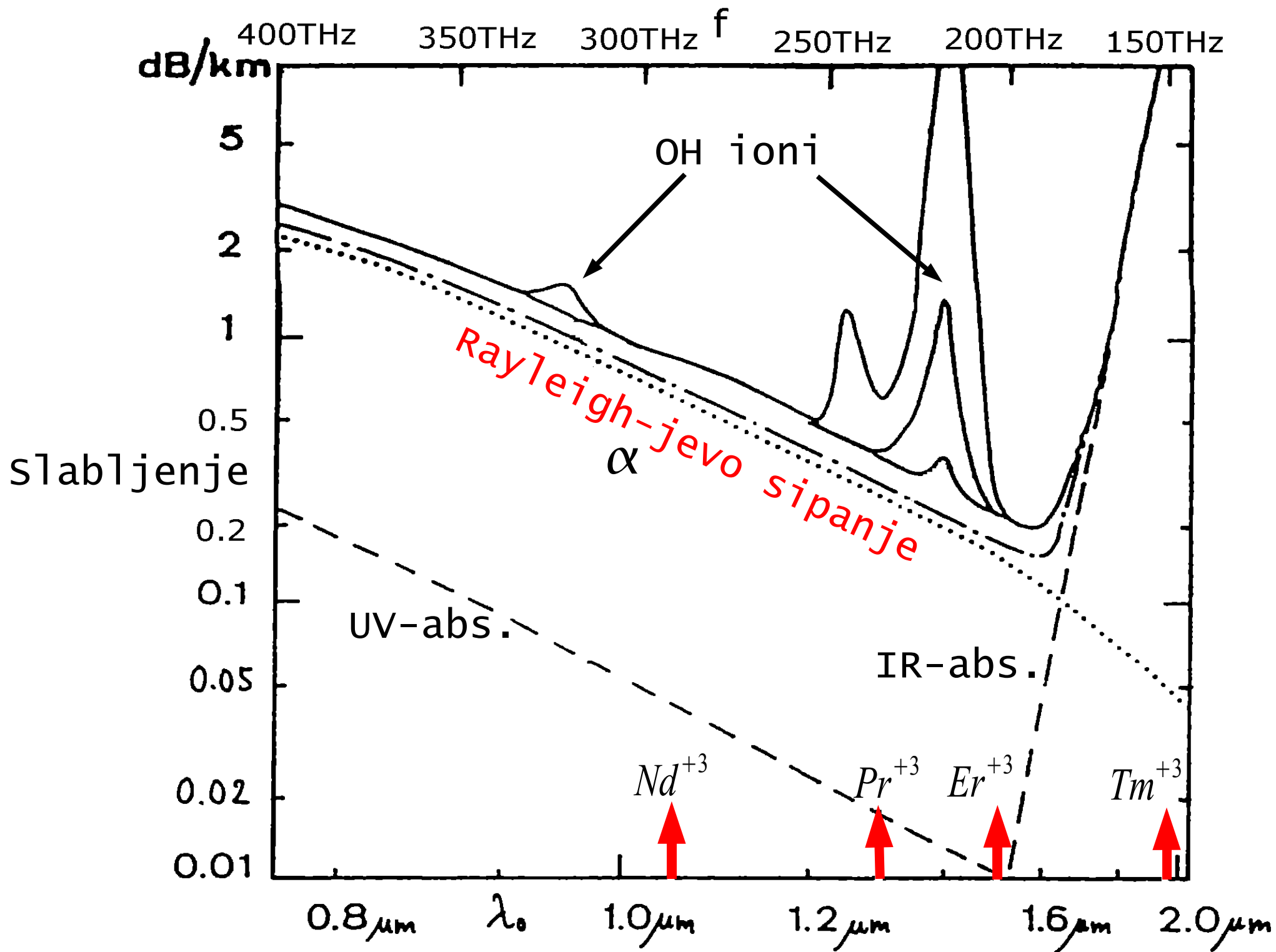
uklonska mrežica



FP rezonator



slika 7 – Odbojnosti vlaken.



slika 8 – slabljenje stekla.

$$P_{\text{odbiti}} = P_{\text{vpadni}} \cdot 0.23 \cdot \alpha \cdot S_c \cdot \Delta z$$

$\Delta z \equiv \text{dol. vlakna}$

$\alpha \equiv \text{slabljenje sipanja [dB/m]}$

$S_c \equiv \text{koeficient ujetja sipane svetlobe nazaj v jedro vlakna}$

mnogorodovno
stopničasto
vlakno

$$S_c = \frac{3}{8} \cdot \frac{NA^2}{n_1^2}$$

$$NA = \sqrt{n_1^2 - n_2^2} \equiv \text{num. apertura}$$

mnogorodovno
gradientno
vlakno

$$S_c = \frac{1}{4} \cdot \frac{NA^2}{n_1^2}$$

$n_1 \equiv \text{lomni kol. jedra}$

enorodovno
vlakno

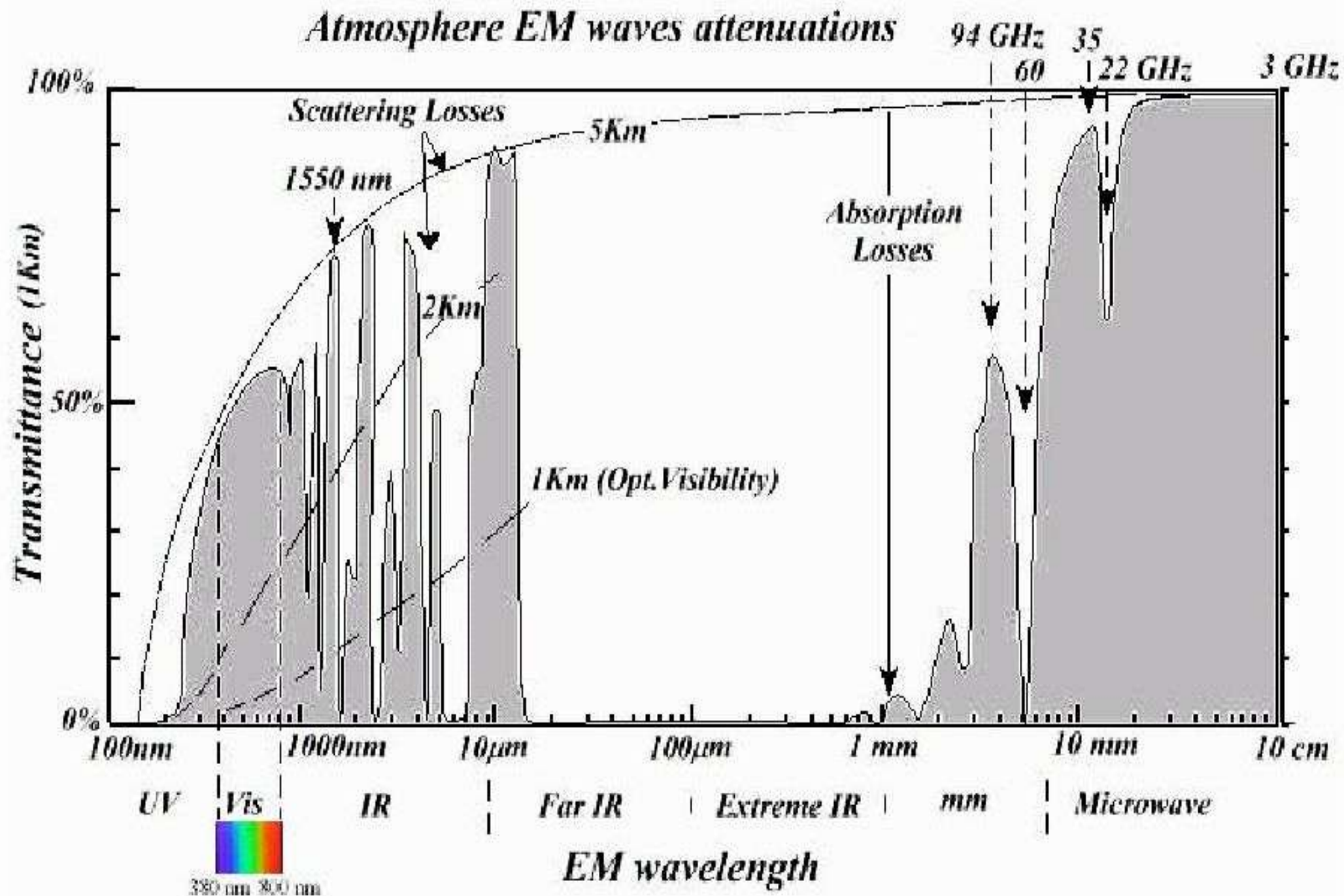
$$S_c = \frac{3}{8} \cdot \left[\frac{\lambda}{\pi \cdot n_1 \cdot w} \right]^2$$

$w \equiv \text{rodovni polmer}$

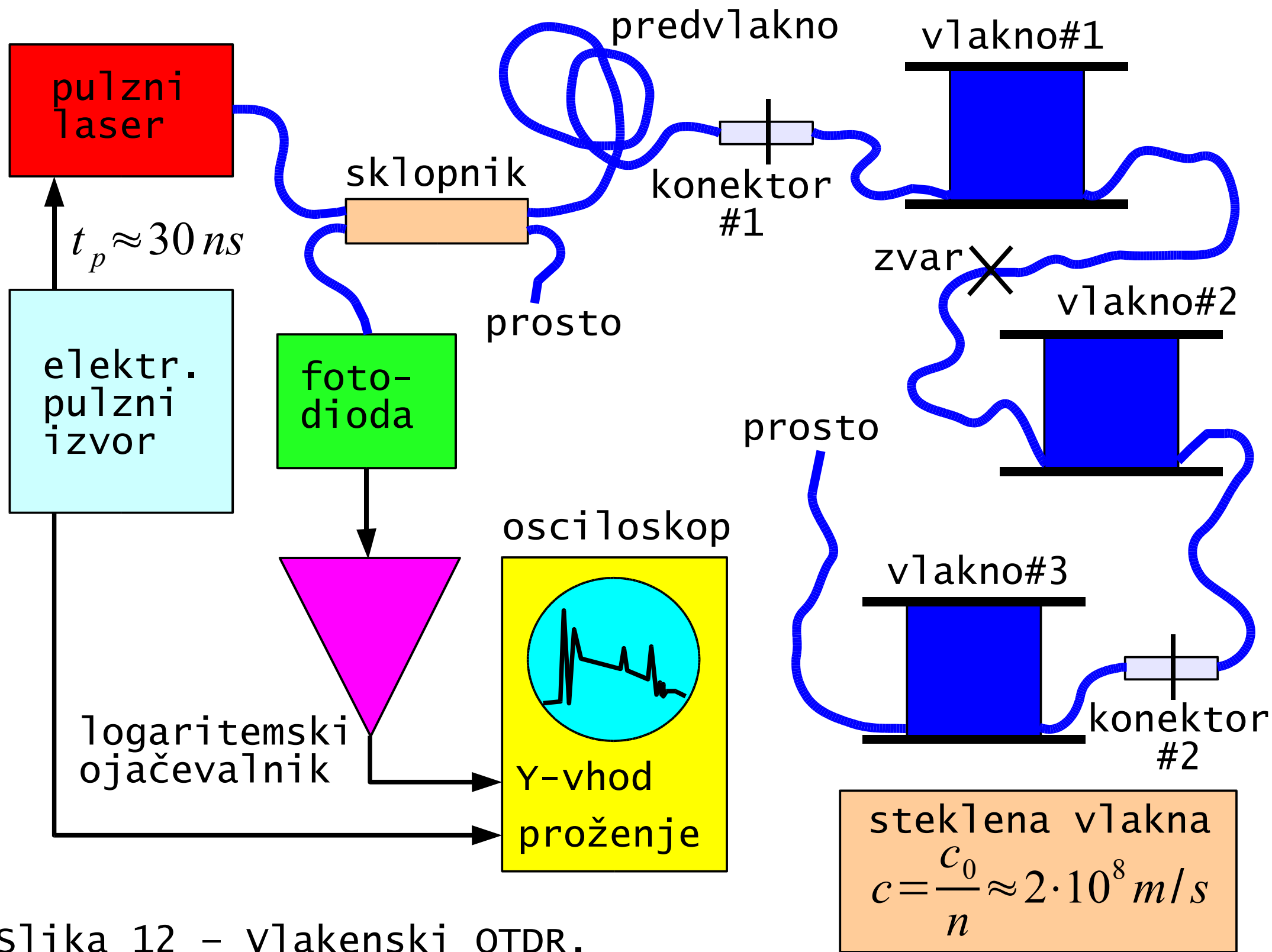
Slika 9 – vodena moč sipanja.

vrsta vlakna	λ	$0.23 \cdot \alpha$ dB/m	S_c	P_{odbiti} / P_{vpadni} $\Delta z = 1 m$
mnogorodovno SI NA=0.2	850nm	0.70E-3	6.6E-3	-53dB
	1300nm	0.12E-3		-61dB
mnogorodovno GI NA=0.2	850nm	0.70E-3	4.4E-3	-55dB
	1300nm	0.12E-3		-63dB
enorodovno SI G.652	1300nm	0.070E-3	1.3E-3	-70dB
	1550nm	0.045E-3		-72dB
enorodovno DSF G.653	1300nm	0.070E-3	2.2E-3	-68dB
	1550nm	0.045E-3		-70dB

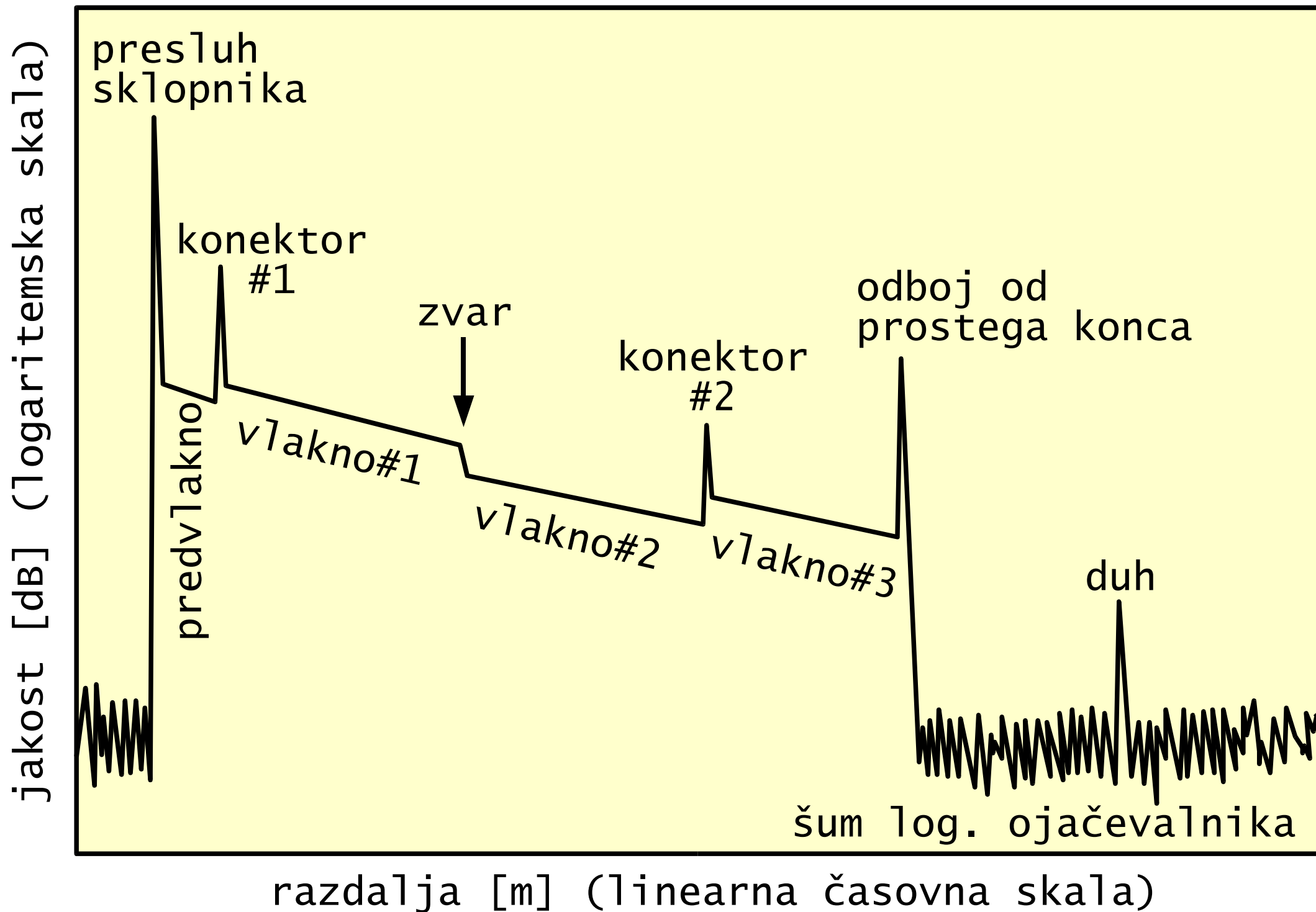
slika 10 – Zgledi jakosti sipanja.



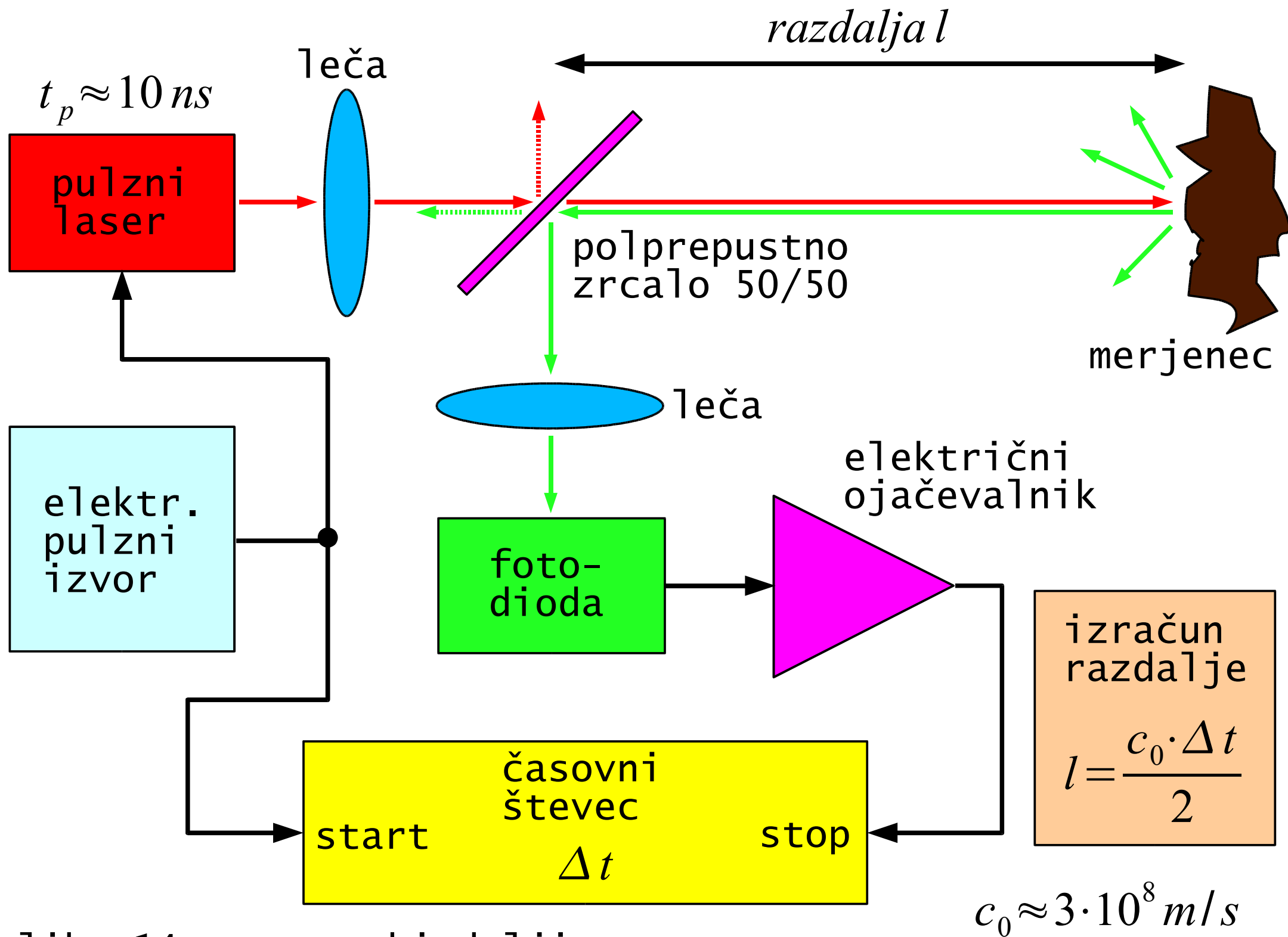
slika 11 – Prepustnost zemeljskega ozračja.



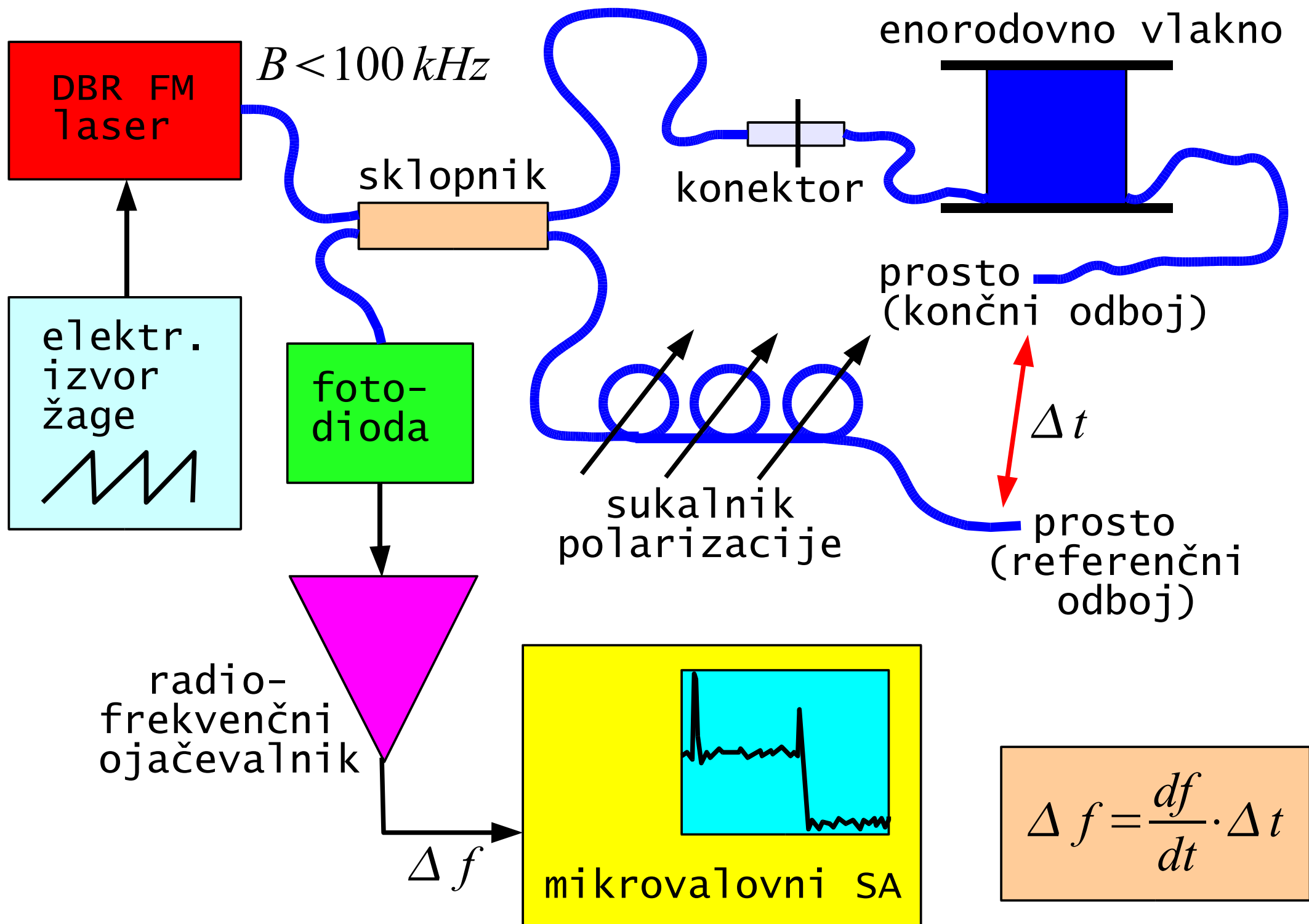
slika 12 – vlakenski OTDR.



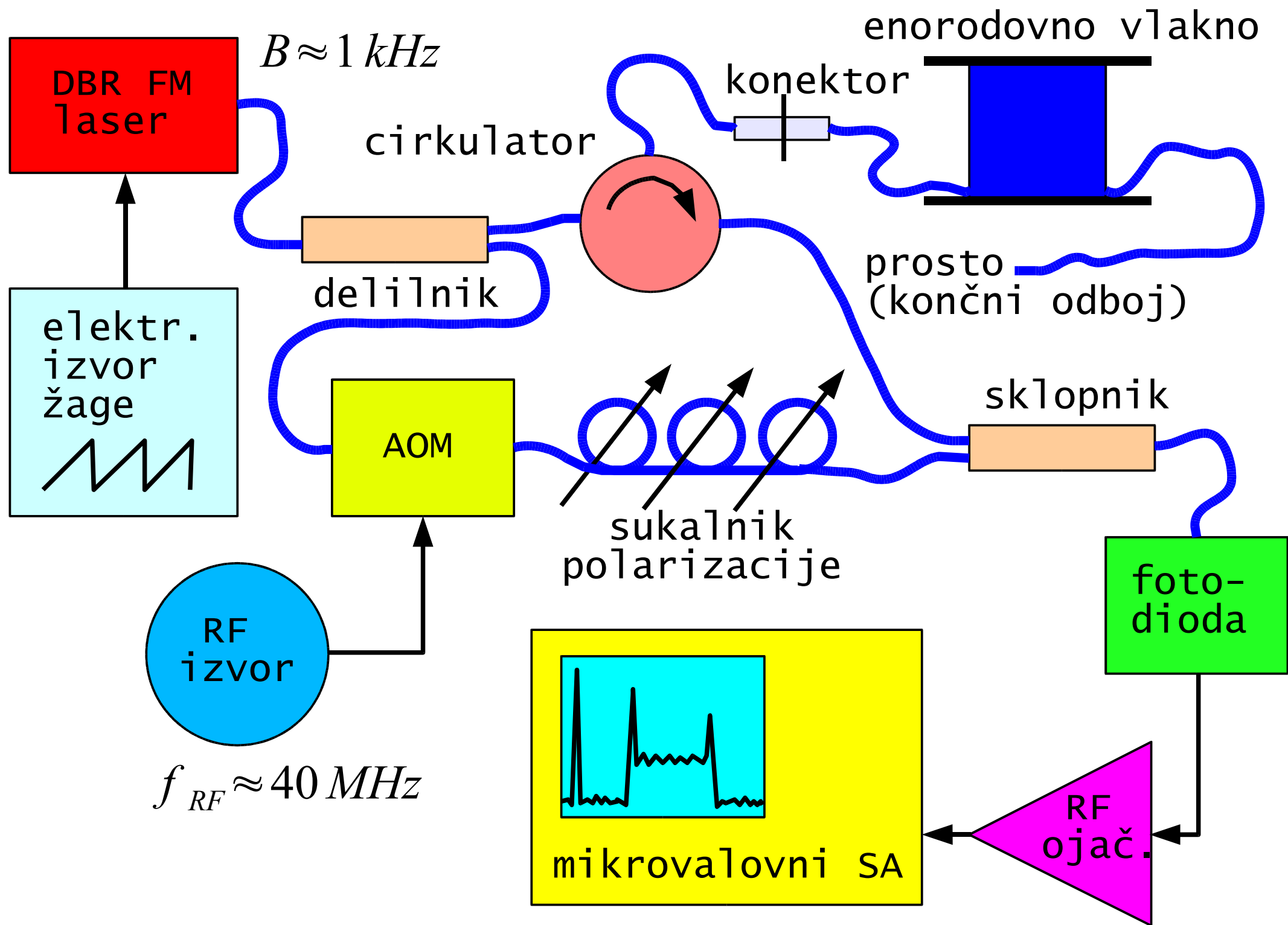
Slika 13 – Meritev z OTDR.



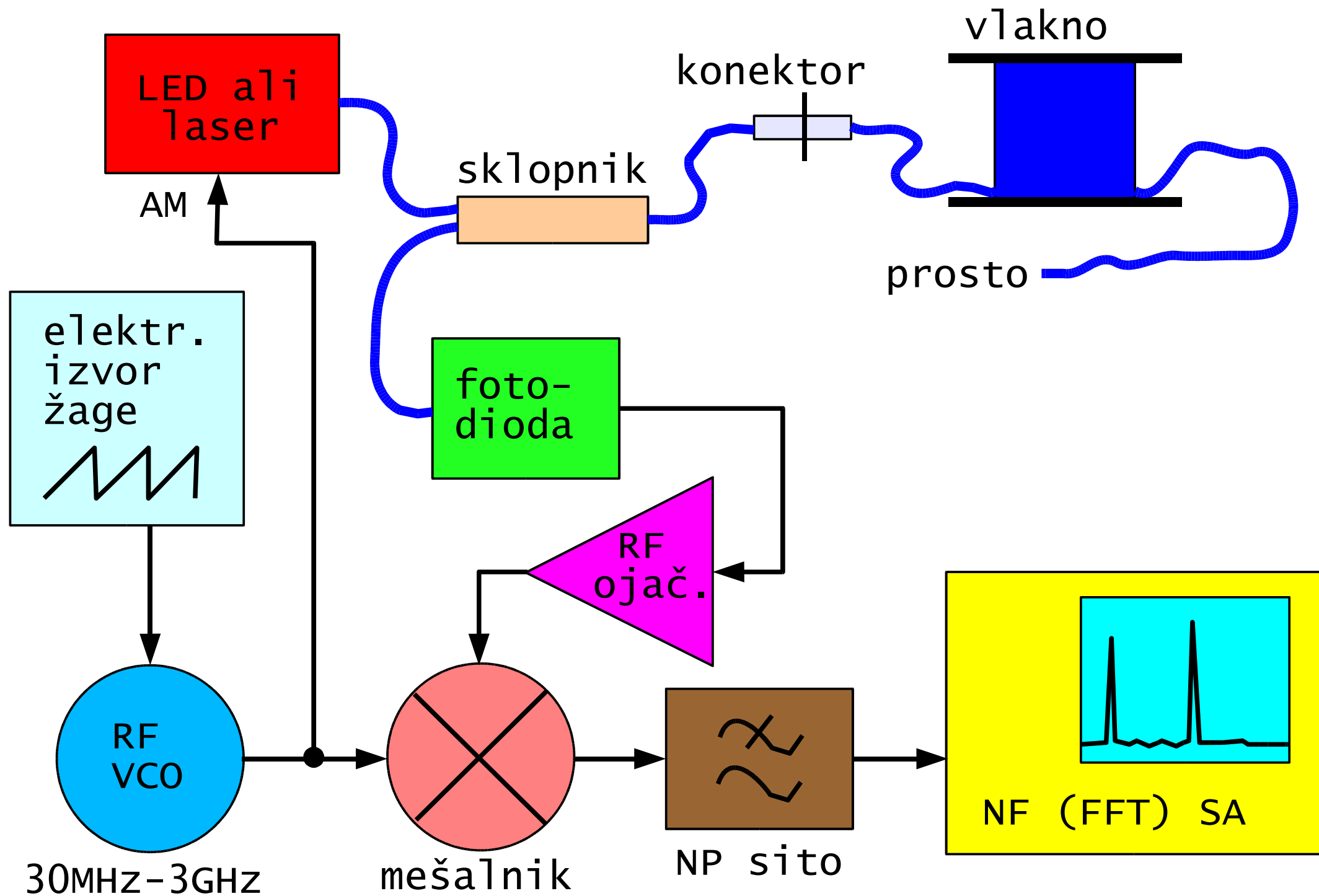
Slika 14 – Laserski daljinomer.



Slika 15 – OFDR s spreminjanjem svetlobne frekvence.



slika 16 – Izpopolnjeni OFDR.



Slika 17 – OFDR s spreminjanjem modulatorske frekvence.

Meritev odbojnosti:

- dostop iz ene same strani vlakna / točke v prostoru
- porazdeljeni odboji: slabljenje vlakna / ozračja
- diskretni odboji: nezveznosti, konektorji, napake, sestavni deli, tipala (uklonske mrežice, rezonatorji)

OTDR:

- mnogorodovna in enorodovna vlakna, prazen prostor
- velik domet do 100km
- srednja ločljivost do 1m (trajanje impulza)
- visoka občutljivost za opazovanje Rayleigh-jevega sipanja v steklu / ozračju

OFDR svetlobni:

- samo enorodovna vlakna, občutljivost na polarizacijo
- visoka občutljivost zaradi koherentnega sprejema
- visoka ločljivost do 1mm (pasovna širina FM laserja)
- majhen domet omejen s koherentno dolžino izvora <1km

OFDR modulacijski:

- mnogorodovna in enorodovna vlakna, enostavna izvedba
- ločljivost do 3cm (pasovna širina RF VCO)
- majhen domet <1km (slaba občutljivost)
- slaba občutljivost (ne vidi Rayleigh-ejevega sipanja)

Slika 18 – Lastnosti merilnikov odbojnosti.