

Źródła zakłóceń w systemach transmisji światłowodowej

Wykład 12 SMK

Literatura: „Wstęp do współczesnej telekomunikacji światłowodowej”, J. Siuzdak

1. Szumy nadajników i toru światłowodowego

a). szum fazowy i szum natężenia laserów

- przyczyna – emisja spontaniczna zachodząca jednocześnie z akcją laserową; natężenie i faza emitowanego światła ulegają szybkim fluktuacjom

- fluktuacje natężenia pola = powstanie szumu natężenia RIN
= fluktuacje fazy = skończona szerokość linii widmowej

Funkcja korelacji pola emitowanego przez laser:

$$\Gamma_u(\tau) = E\{u(t)u^*(t + \tau)\}$$

$$u(t) = \sqrt{P} \exp[j(2\pi f_o t + \Phi)] - \text{pole optyczne o mocy } P, f_o - \text{częstotliwość środowiska}$$

Widmo emitowanego światła:

$$S(f) = \int_{-\infty}^{+\infty} \Gamma_u(\tau) \exp(-j2\pi f \tau) d\tau; \text{ pomijamy fluktuacje natężenia, fluktuacje fazy są gaussowskie}$$

$$\Gamma_u(\tau) = E\{\exp[j\Delta\Phi(\tau)]\} \exp(-j2\pi f_o \tau) =$$

$$\exp[-\frac{1}{2} E\{\Delta\Phi^2(\tau)\}] \exp(-j2\pi f_o \tau)$$

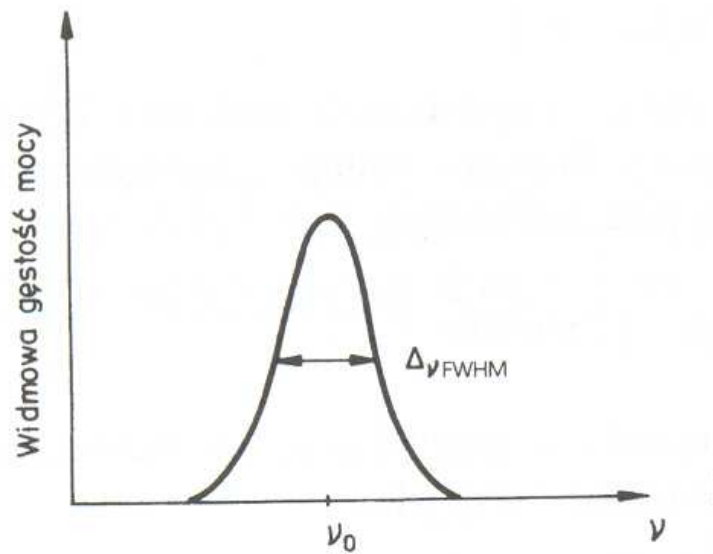
$$\Delta\Phi(\tau) = \Phi(t + \tau) - \Phi(t)$$

$$p(\Delta\Phi) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma_\Phi}} \exp(-\frac{\Delta\Phi^2}{2\sigma_\Phi^2}); \sigma_\Phi^2 - \text{wariancja różnicy faz}$$

$$\sigma_\Phi^2 = 2\pi\Delta\nu_{FWHM} \tau$$

widmo częstotliwościowe lasera:

$$S(f) = \frac{2P}{\pi\Delta\nu_{FWHM} [1 + (\frac{2(f - f_o)}{\Delta\nu_{FWHM}})^2]}$$



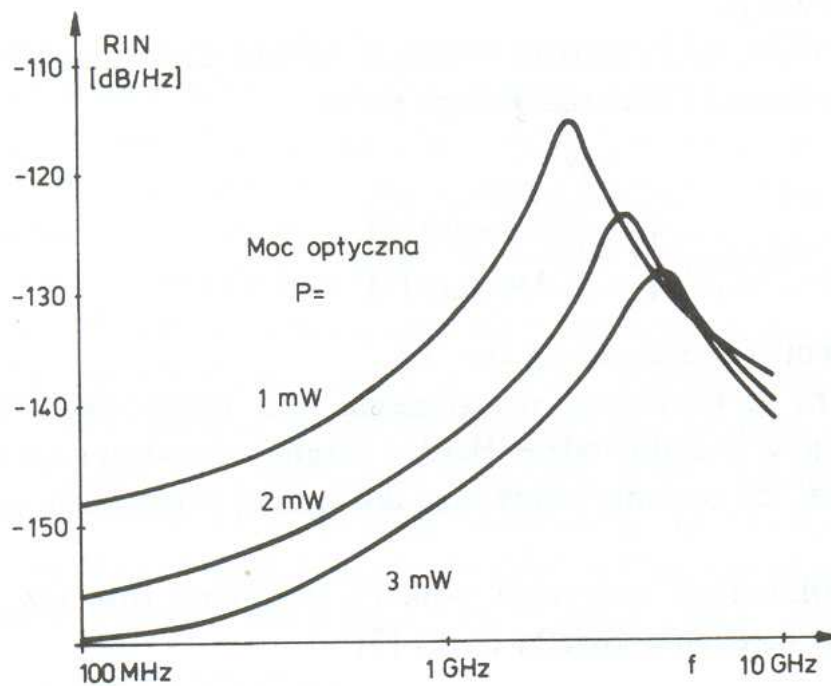
Kształt widma Lorentza

Funkcja autokorelacji natężenia światła:

$$C_I(\tau) = \frac{E\{\delta P(t)\delta P(t+\tau)\}}{P_o^2}; P_o - \text{wartość średnia}, \delta P = P - P_o - \text{fluktuacja natężenia światła}$$

gęstość widmowa szumu natężenia:

$$RIN(f) = \int_{-\infty}^{+\infty} C_I(\tau) \exp(-j2\pi f\tau) d\tau$$

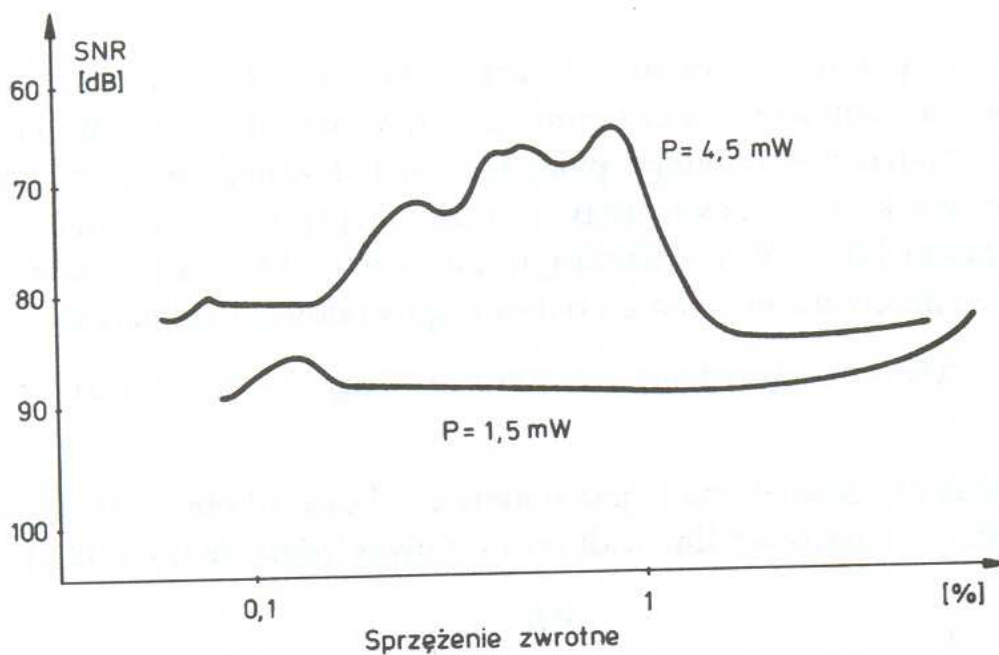


Widmo szumu natężenia RIN dla kilku poziomów mocy typowego lasera 1.55 μm.

- b) zakłócenia wywołane odbiciami wstecznymi
- zmiana szerokości linii widmowej lasera
 - zwiększenie szumu względnego natężenia RIN

$$\Delta G = -2k_e \cos(\omega t_e), \delta\omega = \omega - \omega_o = -k_e [\sin(\omega t_e) + \alpha \cos(\omega t_e)]$$

$$\mathcal{J} = \frac{\mathcal{J}_o}{[1 + \sqrt{1 + \alpha^2 k_e t_e \cos(\omega t_e + \frac{1}{\text{tg}\alpha})}]^2}, \mathcal{J}_o - \text{szerokość widmowa lasera bez odbić}$$



Przykładowa zależność stosunku mocy sygnału do szumu lasera od poziomu optycznego sprzężenia zwrotnego.

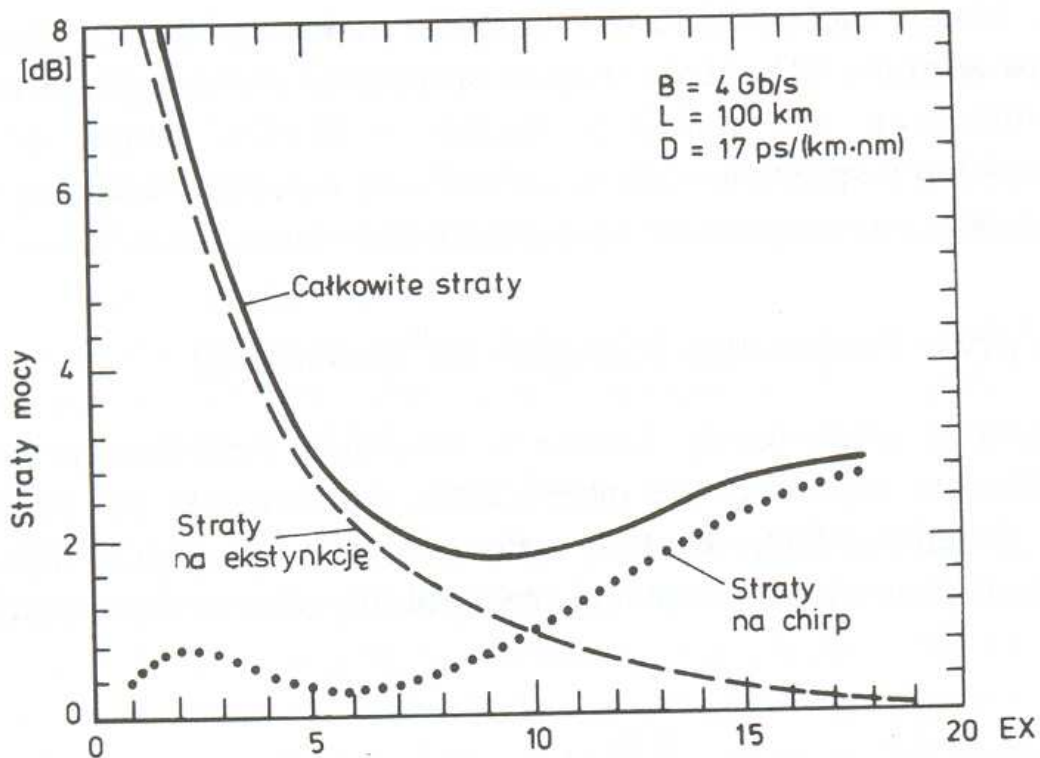
c). wpływ migotania (chirpu) na transmisję

Straty mocy spowodowane chirpem:

$$DP = -10 \lg_{10}(1 - 4DL\Delta\lambda B)$$

Współczynnik ekstynkcji:

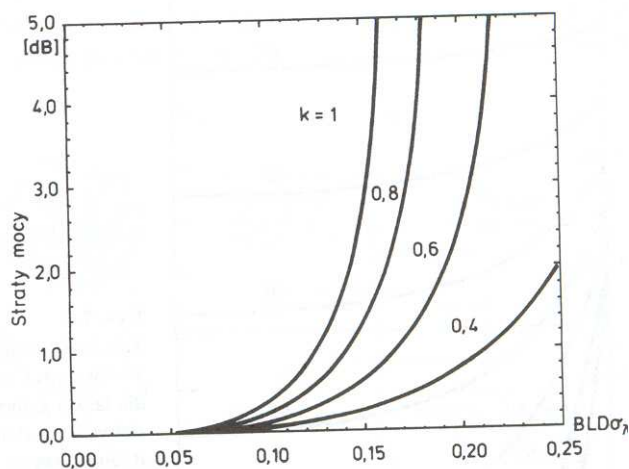
$$EX = 10 \lg_{10} P_1 / P_o \text{ [dB]}$$



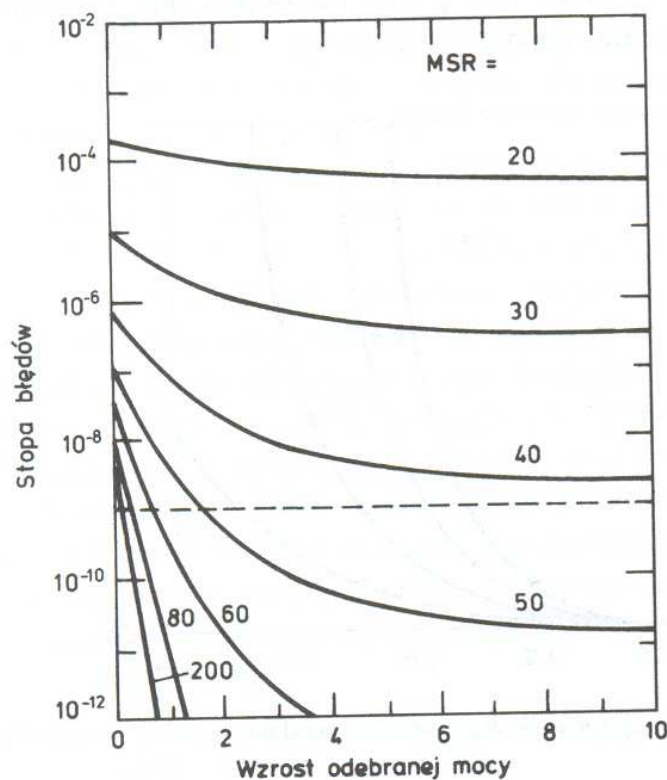
Straty mocy spowodowane chirpem i zmianami współczynnika ekstynkcji

d). szum partycji modowej

polega na tym, że moc indywidualnych modów podłużnych podlega dużym fluktuacjom, podczas gdy całkowita moc emitowana przez laser pozostaje stała (przyczyna – ujemna korelacja pomiędzy modami)

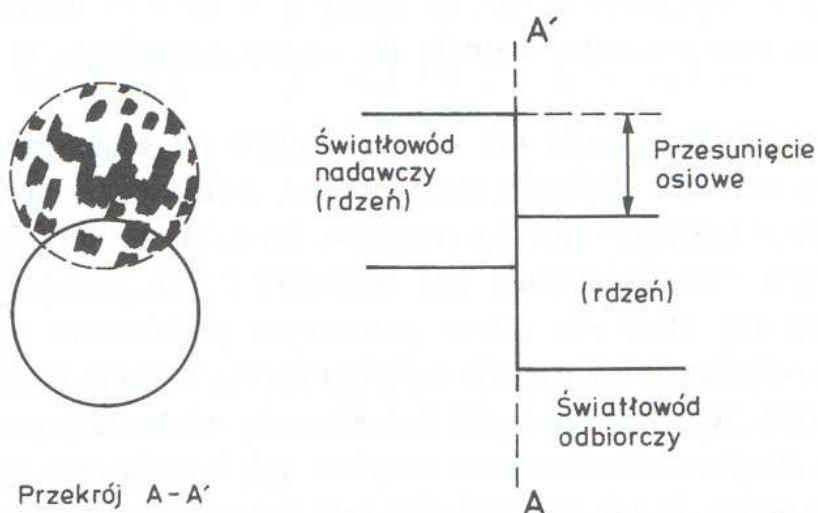


Straty mocy spowodowane szumem modalnym



Zależność stopy błędów BER w obecności szumu partycji dla lasera jednomodowego ze słabymi modami bocznymi; MSR – współczynnik stłumienia modów bocznych.

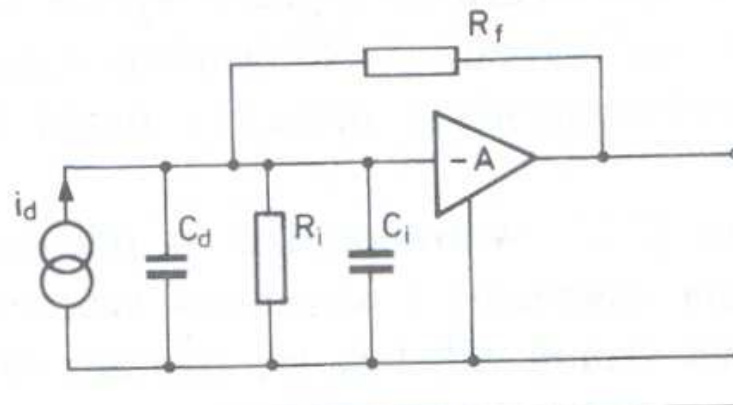
d). szum modalny – związany wyłącznie ze światłowodami wielomodowymi



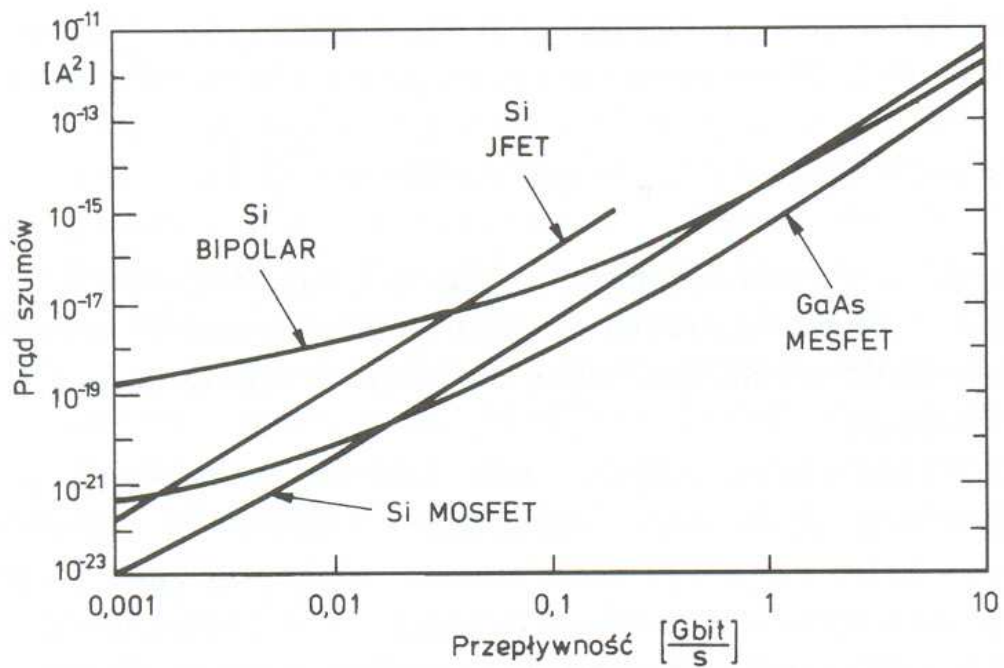
Filtracja przestrzenna wzoru plamkowego w złączu światłowodowym

2. Szumy odbiorników

a). szumy odbiorników optoelektronicznych



Schemat zastępczy odbiornika transimpedancyjnego



Własności szumowe różnych typów przedwzmacniaczy tranzystorowych

b). szumy wzmacniaczy optycznych

$$\sigma^2 = E\{i_s^2\} = \sigma_c^2 + \sigma_s^2 + \sigma_{sp-sp}^2 + \sigma_{sig-sp}^2 + \sigma_{s-sp}^2$$

$$SNR = \frac{P^2}{h^2 v^2 \Delta f F_o \left(2 \frac{P}{h\nu} + B_o F_o\right)}$$