

P2 domande (a)

De digramm  $\alpha = \alpha(\lambda)$  pu Silicio.

$$\lambda = 680 \text{ nm} \quad \alpha = 2000 \text{ cm}^{-1} \quad L_0 = \frac{1}{\alpha} = 5 \mu\text{m}$$

- Diode p-i-n : coeff. di riflessione  $K_R = 0,15$

strato nudo in superficie  $W_S = 1 \mu\text{m}$

strato svuotato  $W_D = 10 \mu\text{m}$

- Efficienza quantica di iniezione

$$\eta = (1 - K_R) e^{-\alpha W_S} (1 - e^{-\alpha W_D}) = 0,60$$

- Responsivita' spettrale

$$S = \eta \frac{\lambda}{\frac{hc}{q}} = \eta \frac{\lambda [\mu\text{m}]}{1,24} = 0,329 \text{ A/W}$$

P2 domande (b)

•  $I_D = 0,2 \text{ pA}$  corrente di buio

$$S_{iD}^{1/2} = \sqrt{2q I_D} = 2,5 \cdot 10^{-16} \text{ A Hz}^{-1/2} = 2,5 \cdot 10^{-4} \text{ pA Hz}^{-1/2}$$

$$\bullet S_{iA}^{1/2} = 1 \text{ pA Hz}^{-1/2}, \quad S_{VA}^{1/2} = 10 \text{ mV Hz}^{-1/2}$$

$$\bullet R_D > 1 \text{ M}\Omega$$

$$\frac{S_{VA}^{1/2}}{R_D} < \frac{10 \text{ mV}}{1 \text{ M}\Omega} = 10 \cdot 10^{-15} \text{ A Hz}^{-1/2} = 10^{-2} \text{ pA Hz}^{-1/2}$$

• Risultato dominante  $S_{iA}$  -

$$S_{i\text{tot}} \approx S_{iA}$$

- Simbolo filtro passa basso

$$\sqrt{m_{iB}^2} = S_{iA}^{1/2} \sqrt{\frac{\pi}{2} f_{PA}} = 12,5 \text{ nA}$$

20/07/2009

2/2

- Si riduce il rumore con filtraggio passobasso, che per poter osservare segnali variabili su millisecondi deve avere un limite di bande per il rumore  $f_s \geq 10 \text{ KHz}$

$$\sqrt{M_{iB}^2} = S_{iA}^{1/2} \sqrt{f_s} = 100 \text{ pA} \quad \text{con } f_s = 10 \text{ KHz}$$

$$\text{Quindi } I_{\text{min}} = \sqrt{M_{iB}^2} = 100 \text{ pA}$$

$$P_{\text{min}} = \frac{I_{\text{min}}}{S} = \frac{100}{0,329} \text{ pW} = 303 \text{ pW}$$

## P2 domande (c)

In presenza di rumore  $1/f$  con  $f_c = 10 \text{ KHz}$ , il suo contributo viene limitato azzerando la linea di base prima di un ciclo di misura.

Effettuando l'esperimento ogni 15-20 minuti.

Si ha un filtraggio passobasso con  $f_i \approx 10^{-3} \text{ Hz}$  in aggiunta al passobasso con taglio a  $f_s$

$$\begin{aligned} \overline{M_{iT}^2} &= \overline{M_{iB}^2} + \overline{M_{i1/f}^2} = S_{iA}^2 (f_s - f_i) + S_{iA}^2 f_c \ln\left(\frac{f_s}{f_i}\right) = \\ &\approx S_{iA}^2 f_s \left[ 1 + \frac{f_c}{f_s} \ln\left(\frac{f_s}{f_i}\right) \right] \end{aligned}$$

$$\sqrt{M_{iT}^2} = \sqrt{M_{iB}^2} \sqrt{1 + \frac{f_c}{f_s} \ln\left(\frac{f_s}{f_i}\right)}$$

$$\text{con } f_c = 10 \text{ KHz}, \quad f_s = 10 \text{ KHz}, \quad f_i = 10^{-3} \text{ Hz}$$

$$\sqrt{M_{iT}^2} = K, 1 \sqrt{M_{iB}^2}$$

Quindi:

$$I_{\min} = \sqrt{I_{i-T}^2} = 410 \text{ pA}$$

$$P_{\min} = \frac{I_{\min}}{S} = 1250 \text{ pW}$$

## P2 domande (d)

Si può modulare parte della emissione ottica del diodo laser aggiungendo alla sua corrente di polarizzazione una corrente sinusoidale, (mantenendo sempre in conduzione diette ed di sopra della soglia laser il diodo). La potenza ottica emessa sarà

$$P = P_0 + P_m \cos \omega_m t \quad \text{con } P_m = K P_0$$

La potenza riflessa varia su tempi di millisecondi quindi occorre avere  $\omega_m \gg 10 \text{ KHz}$ .

Per misurare la ampiezza  $P_m(t)$  delle

componenti modulate si può usare un lock-in,

- con riferimento dato dalle componenti sinusoidali della alimentazione del diodo laser.
- con filtro passabasso avente  $f_s = 10 \text{ KHz}$ .

$$\frac{S}{N} = \frac{I_{m2}}{\sqrt{2 S_{i,bit} 2f_s}} = \frac{I_{m2}}{\sqrt{2 S_{i,uni} f_s}}$$

$$\min(I_{m2}) = \sqrt{2 S_{i,uni} f_s} = S_{iA}^{1/2} \sqrt{2 f_s} \quad | \dots$$

$$\min(I_{m2}) = 140 \text{ pA}$$

$$\min(P_{m2}) = \frac{\min(I_{m2})}{S} = 425 \text{ pW}$$

Rispetto a quanto ottenuto in (b) con potenze costanti e rumore bianco, le minime componenti sinusoidali misurabili ha:

- ampiezze maggiori di un fattore  $\sqrt{2}$
- eguali valori efficaci