

# Esercitazione n° 8:

Matteo Farronato

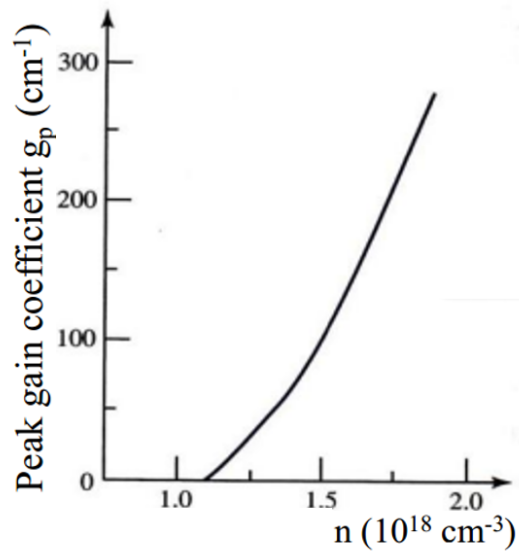
*Corso di Optoelettronica A.A. 2022/2023*

19 Maggio 2023

### Esercizio 1

Si consideri un laser a doppia eterostruttura di tipo edge-emitting con layer attivo in InGaAsP ( $n \approx 3.5$ ) di spessore  $t = 0.2 \mu\text{m}$  che emette alla lunghezza d'onda di riferimento della seconda finestra di trasmissione in fibra ottica. La struttura del laser prevede una cavità Fabry-Perot di larghezza  $W = 8 \mu\text{m}$  avente perdite interne descritte dal coefficiente  $\alpha_s = 10 \text{ cm}^{-1}$ . Sapendo inoltre che la separazione tra i modi longitudinali  $\Delta\lambda_{FSR} \approx 1.23 \text{ nm}$  e che il tempo di ricombinazione spontanea  $\tau_r \approx 5 \text{ ns}$ ,

1. calcolare il tempo di vita medio dei fotoni in cavità;
2. determinare il guadagno di soglia  $g_{th}$ , assumendo un fattore di confinamento  $\Gamma$  unitario;
3. ricavare la corrente di soglia del laser  $I_{th}$  a partire dall'andamento del guadagno di picco del materiale attivo in funzione della concentrazione di portatori iniettati riportato in Figura 1;  
*Suggerimento: si approssimi la curva con una retta avente pendenza  $\sigma = 1.8 \cdot 10^{-16} \text{ cm}^2$ ;*
4. calcolare la slope efficiency  $\eta_{slope}$ ;
5. calcolare la corrente di operazione per cui la potenza ottica emessa dal laser è pari a 10 mW;
6. se la temperatura di operazione del laser aumenta di 20 K, calcolare la corrente di polarizzazione necessaria per ottenere in uscita una potenza ottica uguale a quella del punto precedente.  
( $I_{TH} = A \exp(T/T_0)$ , con  $T_0 = 50 \text{ K}$ ).



**Figura 1** Guadagno di picco del mezzo attivo in *InGaAsP* ( $\lambda = 1310 \text{ nm}$ ) al variare della concentrazione di portatori iniettati.

## Esercizio 2

Si consideri un laser VCSEL avente le seguenti caratteristiche:

- lunghezza d'onda di emissione:  $\lambda_o = 850 \text{ nm}$ ;
- lunghezza della cavità laser:  $L = 1.5 \text{ }\mu\text{m}$ ;
- spessore del layer attivo:  $t = 20 \text{ nm}$ ;
- diametro dell'area attiva:  $D = 8 \text{ }\mu\text{m}$ ;
- tempo di ricombinazione spontanea:  $\tau_r = 1 \text{ ns}$ ;
- riflettività dello specchio DBR AlGaAs/AlAs inferiore:  $\mathfrak{R}_{bottom} = 99.8 \%$ ;
- riflettività dello specchio DBR AlGaAs/AlAs superiore:  $\mathfrak{R}_{top} = 99.5 \%$ .

1. Dimensionare i due specchi multielettrici che delimitano la cavità, sapendo che  $n_H = n_{AlGaAs} = 3.52$ ,  $n_L = n_{AlAs} = 3$ ,  $n_s = n_{GaAs} = 3.6$  e  $n_0 = n_{AlGaAs} = 3.52$ .
2. Calcolare la banda ad elevata riflettività degli specchi DBR.
3. Calcolare la separazione fra i modi longitudinali della cavità  $\Delta\lambda_{FSR}$ , sapendo che l'indice di rifrazione del layer attivo in GaAs è uguale a 3.6. Quanti modi longitudinali sopravvivono in cavità?
4. Valutare la variazione di temperatura che comporta uno spostamento di 5 nm della lunghezza d'onda di emissione del laser, sapendo che  $\frac{1}{n} \cdot \frac{\partial n}{\partial T} = 1.14 \cdot 10^{-4} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$  e che il coefficiente di dilatazione termica lineare del materiale  $\alpha_L = 6 \cdot 10^{-6} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$ .
5. Data una concentrazione di soglia  $n_{th} = 8.78 \cdot 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ , calcolare la corrente di soglia  $I_{th}$  del VCSEL e confrontare il valore ottenuto con la corrente di soglia di un laser edge-emitting.

## COSTANTI FISICHE

Costante di Boltzmann:  $k = 1.38 \cdot 10^{-23} \frac{\text{J}}{\text{K}}$   
Costante di Planck:  $h = 6.626 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$   
Carica dell'elettrone:  $q = 1.6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$   
Velocità della luce nel vuoto:  $c = 3 \cdot 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}}$