

TP8- Concentração de portadores e condutividade em SC

1- Considere um semiconductor dopado com dadores (concentração N_d).

- Escreva a equação que expressa a neutralidade local.
- Sabendo que

$$n = \sqrt{N_D N_C} e^{\frac{E_D - E_F}{2kT}}$$

Obtenha a expressão da energia de Fermi, admitindo que o gás eletrónico na banda de condução não é degenerado. Analise a concentração de eletrões na BC em função da temperatura, assim como a posição do nível de Fermi.

2- Admita que numa amostra de semiconductor a concentração intrínseca de portadores de carga é de $8\mu\text{m}^{-3}$. Sem alterar a temperatura, introduzem-se na amostra átomos de impureza do tipo dador, na concentração de $12\mu\text{m}^{-3}$, que ficam totalmente ionizados. Quais serão as concentrações dos eletrões e das lacunas depois do sistema chegar ao equilíbrio térmico?

3- Como varia a mobilidade em função da temperatura se os mecanismos de difusão dominantes são relacionados com a interação dos eletrões com fonões acústicos e impurezas ionizadas? Desenhe qualitativamente um gráfico típico para a mobilidade em função da temperatura.

4 – As concentrações de eletrões (n_i) e buracos (p_i) num semiconductor intrínseco variam em função da temperatura absoluta T de acordo com a expressão:

$$n_i = p_i = n_0 e^{(-E_g/2kBT)}$$

onde n_0 é uma constante (depende do material), kB é a constante de Boltzmann e E_g é a magnitude do gap de energia.

Sabendo que para o Ge: $n_0 = 8 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ e para o Si: $n_0 = 1.7 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$, calcule o valor de n_i à temperatura ambiente para esses materiais (considere os valores de E_g à RT: 0.6 eV (Ge) e 1.12 eV (Si)).

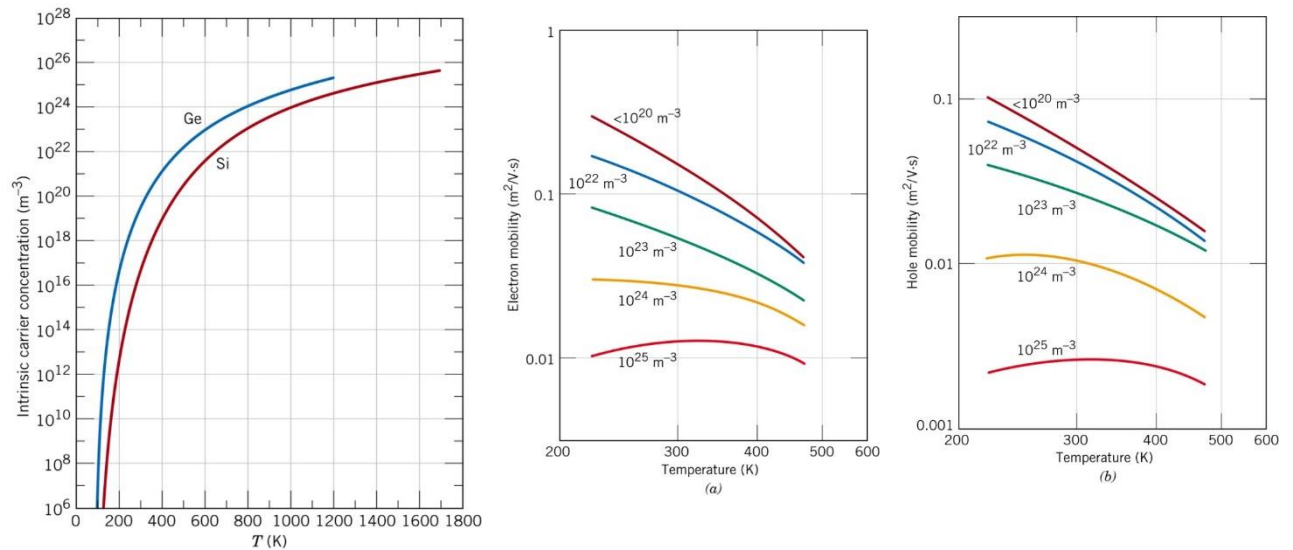
5- Uma barra de Si intrínseco possui 1 cm de comprimento e um diâmetro de 1mm. À temperatura ambiente a concentração intrínseca de portadores é $n_i = 1.5 \times 10^{16} \text{ m}^{-3}$. A mobilidade dos eletrões e lacunas é de $0.13 \text{ m}^2/\text{V s}$ e $0.05 \text{ m}^2/\text{V s}$ respetivamente. Calcule a condutividade do Si e a resistência da barra.

6- Considere que tem que caracterizar um novo material semiconductor sabendo que

a sua condutividade a 20°C é $250 (\Omega\text{m})^{-1}$ e a 100°C é $1100 (\Omega\text{m})^{-1}$.

Qual o valor da energia de gap deste novo SC?

7- Com base nos gráficos abaixo, calcule a condutividade elétrica de Si intrínseco a $T=100^\circ\text{C}$.

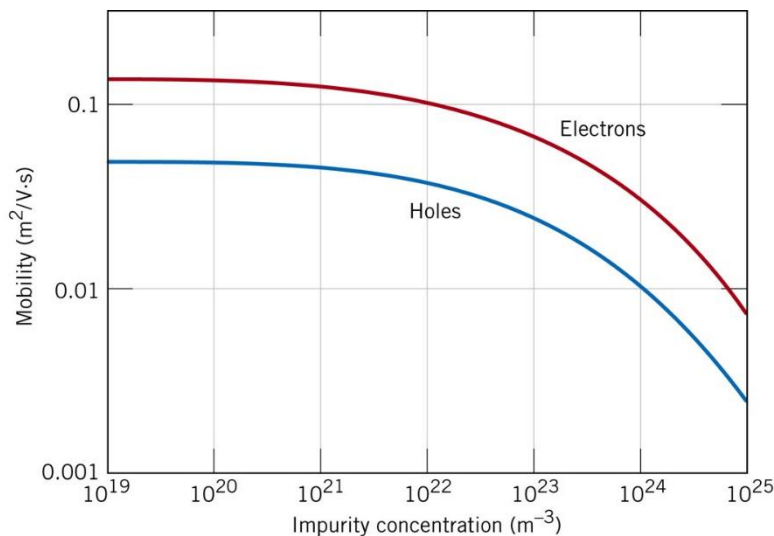


8- Considere que se adicionou ao germânio átomos de Sb ($5 \times 10^{22} \text{ m}^{-3}$). Assim, à temperatura ambiente este SC é extrínseco. Considere que todos os átomos de Sb estão ionizados à temperatura ambiente (ou seja existe um portador de carga por cada átomo de Sb)

(a) Este material é do tipo n ou p?

(b) Calcule a condutividade elétrica deste material à temperatura ambiente, assumindo os seguintes valores para a mobilidade dos elétrons e lacunas, respetivamente: 0.1 e $0.05 \text{ m}^2/\text{Vs}$.

9- Calcular a condutividade elétrica à temperatura ambiente uma amostra de silício dopada com $2 \times 10^{23} \text{ m}^{-3}$ átomos de As- considere que está no regime extrínseco.



10- Um semiconductor extrínseco foi formado a partir da substituição de 1 em cada 1 milhão de átomos de Si (valência 4) por 1 átomo de Sb (valência 5). Assumindo que houve ionização completa das impurezas dadoras, calcule a concentração de elétrons nesse semiconductor. (Dados do Si: densidade = 2,33 g/cm³; NA=6.02x10²³els/mol; 28.1g/mol.)

11- Uma barra de Si extrínseco tem 1cm de comprimento e um diâmetro de 1mm. À temperatura ambiente a concentração de dadores é de 5 x10¹⁴ atoms/cm³ e corresponde a um átomo de impureza em 10⁸ átomos de Si. Aplica-se a esta barra uma corrente de 2A.

Calcule a concentração de elétrons e de lacunas, assim como a condutividade e a diferença de potencial na barra.

Considere a concentração intrínseca: $n_i = 1.01 \times 10^{10} \text{cm}^{-3}$ e a mobilidade dos elétrons e lacunas de 0.13 m²/Vs e 0.05 m²/Vs respetivamente.

12- Considere um SC dopado com dadores e com aceitadores sendo NA<ND. Considere temperaturas nas quais i) as transições inter-bandas são desprezáveis, ii) os níveis dadores estão só parcialmente ionizados e iii) os níveis aceitadores estão totalmente preenchidos. Escreva a equação da neutralidade elétrica.