

TRABAJO PRÁCTICO #1 – DISPOSITIVOS SEMICONDUCTORES

MAESTRÍA EN CIENCIAS DE LA INGENIERÍA – FI UBA

ING. MARIANO MOREL

1. Necesitamos hacer uso la teoría de semiconductores y las ecuaciones que describen la densidad de portadores de carga para el primer inciso, y la resistividad en función de la movilidad, la vida media del portador y la concentración intrínseca, para el segundo inciso.

Primero, resolveremos la parte a para calcular la concentración de electrones y huecos libres.

La densidad intrínseca de portadores de carga (n_i) en un semiconductor intrínseco se puede calcular utilizando la ecuación:

$$n_i = \sqrt{N_c \cdot N_v} \cdot e^{-\frac{E_g}{2kT}}$$

Siendo N_c y N_v :

$$N_c = 2 \left(\frac{2\pi m_n^* kT}{h^2} \right)^{\frac{3}{2}}$$
$$N_v = 2 \left(\frac{2\pi m_p^* kT}{h^2} \right)^{\frac{3}{2}}$$

- N_c y N_v son las densidades efectivas de estados en la banda de conducción y valencia, respectivamente.
- k es la constante de Boltzman ($1.380\,649 \times 10^{-23}$ J/K o 8.6173303×10^{-5} eV/K)
- m_n^* / m_0 y m_p^* / m_0 son las masas efectivas de los electrones y huecos en el semiconductor, respectivamente, respecto a m_0 que es la masa del electrón en reposo $9.10938356 \times 10^{-31}$ kg.
- h es la constante de Planck ($6.626\,070\,15 \times 10^{-34}$ Js).

Por lo tanto:

$$m_p^* = 4.28221247 \times 10^{-31} \text{ kg}$$

$$m_n^* = 6.197619158 \times 10^{-32} \text{ kg}$$

$$N_c = 4.449 \times 10^{23} \text{ m}^{-3}$$

$$N_v = 8.086 \times 10^{24} \text{ m}^{-3}$$

$$n_i = 2.2413 \times 10^{12} \text{ m}^{-3}$$

Para la parte b, se recurre al siguiente procedimiento

Ahora pasemos a la parte (b) para calcular la resistividad del material.

La resistividad de un semiconductor intrínseco se puede calcular utilizando las ecuaciones:

$$\rho = \frac{1}{q \cdot n_i \cdot (\mu_n + \mu_p)}$$

$$n_i = p_i = n_0$$

Dónde:

- q es la carga del electrón ($1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$).
- μ_{ni} y μ_{pi} son las movilidades de electrones y huecos, respectivamente.

Una vez que hayamos calculado n_i , podemos usar las movilidades de electrones y huecos proporcionadas para encontrar la resistividad.

$$\rho = 2.94 \times 10^6 \text{ ohm} \times \text{m}$$

2. Para la parte a, utilizaremos la concentración intrínseca para calcular las concentraciones de portadores después del dopaje. Para cada valor de dopaje N_B , calcularemos las concentraciones de portadores después del dopaje utilizando las ecuaciones:

$$p_o = -\frac{1}{2} (N_d - N_a) + \sqrt{\frac{1}{4} (N_d - N_a)^2 + n_i^2}$$

$$n_o = \frac{n_i^2}{p_o}$$

Siendo $N_B = N_a - N_d > 0$

Para $N_B=10^3 \text{ cm}^{-3}$: $p_0 = 2.241 \times 10^{12} \text{ m}^{-3}$; $n_0 = 2.242 \times 10^{12} \text{ m}^{-3}$

Para $N_B=10^6 \text{ cm}^{-3}$: $p_0 = 2.796 \times 10^{12} \text{ m}^{-3}$; $n_0 = 1.796 \times 10^{12} \text{ m}^{-3}$

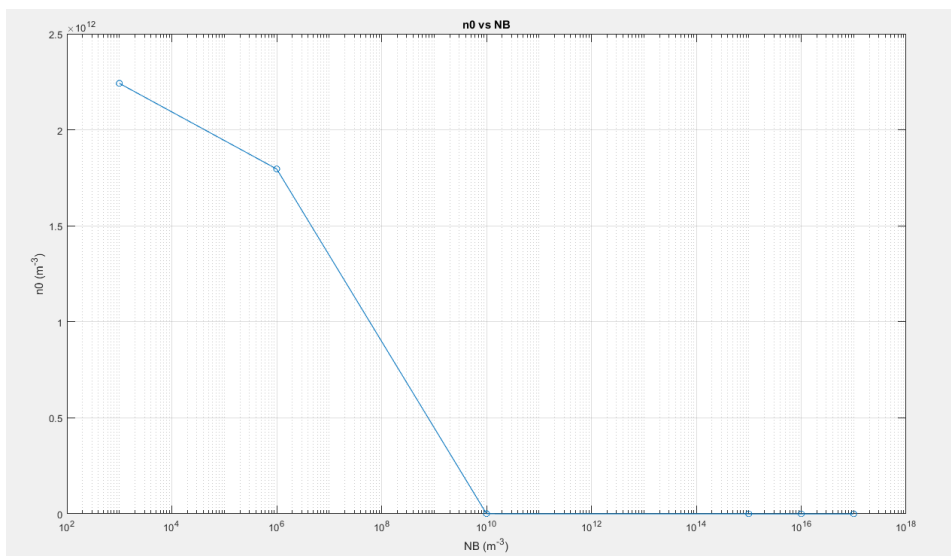
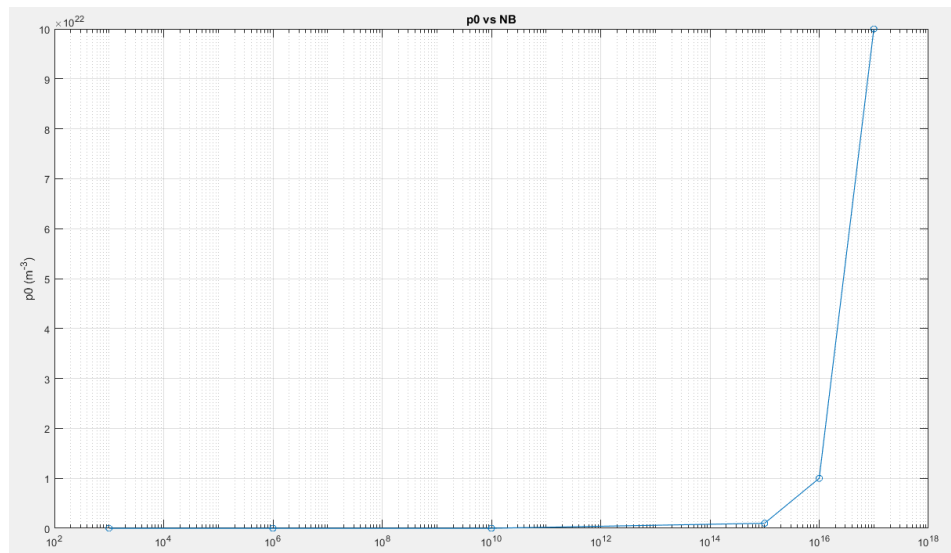
Para $N_B=10^{10} \text{ cm}^{-3}$: $p_0 = 1 \times 10^{16} \text{ m}^{-3}$; $n_0 = 5.023 \times 10^8 \text{ m}^{-3}$

Para $N_B=10^{15} \text{ cm}^{-3}$: $p_0 = 1 \times 10^{21} \text{ m}^{-3}$; $n_0 = 5.023 \times 10^3 \text{ m}^{-3}$

Para $N_B=10^{16} \text{ cm}^{-3}$: $p_0 = 1 \times 10^{22} \text{ m}^{-3}$; $n_0 = 0.502 \times 10^3 \text{ m}^{-3}$

Para $N_B=10^{17} \text{ cm}^{-3}$: $p_0 = 1 \times 10^{23} \text{ m}^{-3}$; $n_0 = 50,23 \text{ m}^{-3}$

Las gráficas de los resultados obtenidos en escala semilogarítmica:



Para la parte b, aplico lo mismo que en el ejercicio 1.

La ecuación a utilizar es:

$$\rho = \frac{1}{q \cdot \mu_n \cdot n_i + q \cdot \mu_p \cdot p_i}$$

Siendo p_0 y n_0 calculados p_i y n_i respectivamente

Para $N_B = 10^3 \text{ cm}^{-3}$: $\rho = 2.94 \times 10^6 \text{ ohm} \times \text{m}$

Para $N_B = 10^6 \text{ cm}^{-3}$: $\rho = 3.581 \times 10^6 \text{ ohm} \times \text{m}$

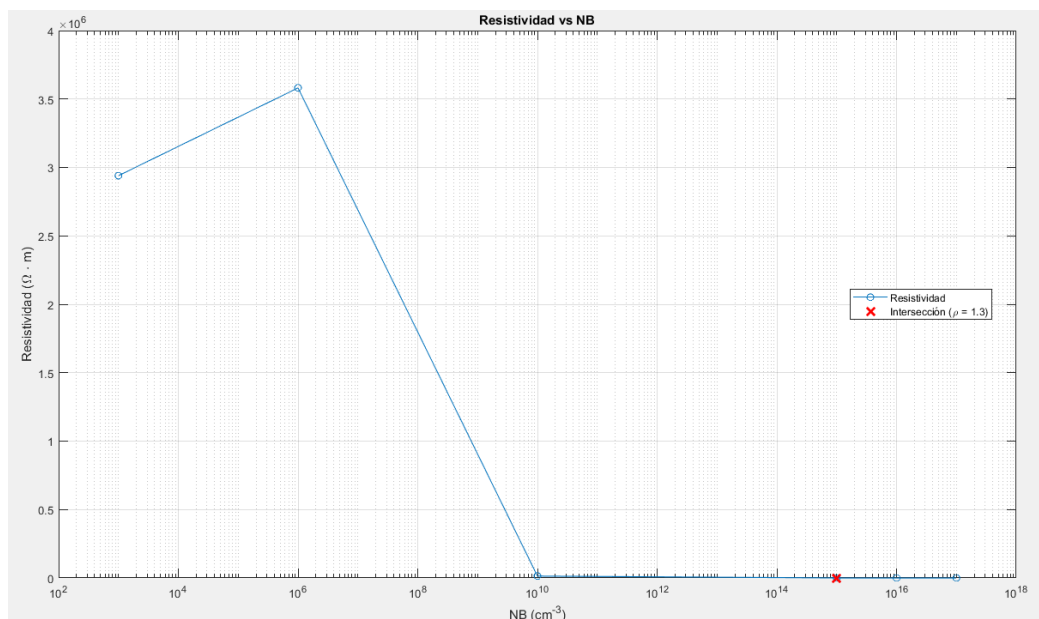
Para $N_B = 10^{10} \text{ cm}^{-3}$: $\rho = 1.359 \times 10^4 \text{ ohm} \times \text{m}$

Para $N_B = 10^{15} \text{ cm}^{-3}$: $\rho = 0.136 \text{ ohm} \times \text{m}$

Para $N_B = 10^{16} \text{ cm}^{-3}$: $\rho = 0.014 \text{ ohm} \times \text{m}$

Para $N_B = 10^{17} \text{ cm}^{-3}$: $\rho = 0.0014 \text{ ohm} \times \text{m}$

La gráfica de los resultados obtenidos en escala semilogarítmica:



3. Se debe usar la ley de ohm ($R = V/I$) y la ecuación de la resistividad ($R = \rho \times L/A$) para calcular el dopaje de la muestra. Sin embargo, el ejercicio pide que se estime del gráfico anterior. Por lo tanto el nivel de dopaje para una resistividad calculada de $\rho = 1.3 \text{ohm} \times \text{m}$, es de $N_B = 10^{15} \text{cm}^{-3}$