

Soluciones a los EJERCICIOS: T3

- 1.- a) Determinar la concentración de electrones y huecos en una muestra de germanio a 300K con una concentración de átomos donantes, $N_D = 2 \cdot 10^{14} \text{cm}^{-3}$ y una concentración de aceptores, $N_A = 3 \cdot 10^{14} \text{cm}^{-3}$ ¿Es tipo P o tipo N?
Sol.: Tipo P, $p=1,05 \cdot 10^{14} \text{cm}^{-3}$, $n=5,46 \cdot 10^{12} \text{cm}^{-3}$.
- b) Repetir el apartado a) para concentraciones de donantes y aceptores iguales a 10^{15}cm^{-3} ¿Es tipo P o tipo N?
Sol.: Compensado, $p=n=n_i=2,4 \cdot 10^{13} \text{cm}^{-3}$.
- c) Repetir la parte a) para una concentración de donantes de 10^{16}cm^{-3} y una concentración de aceptores 10^{14}cm^{-3} .
Sol.: Tipo N, $n=9,9 \cdot 10^{15} \text{cm}^{-3}$, $p=5,8 \cdot 10^{10} \text{cm}^{-3}$.
- 2.- a) Encontrar la concentración de huecos y electrones en una muestra de Ge de conductividad $100 (\Omega \cdot \text{cm})^{-1}$.
**Sol.: Si es de tipo N, $n=1,6 \cdot 10^{17} \text{cm}^{-3}$, $p=3,6 \cdot 10^9 \text{cm}^{-3}$;
si es de tipo P, $p=3,27 \cdot 10^{17} \text{cm}^{-3}$, $n=1,76 \cdot 10^9 \text{cm}^{-3}$;**
- b) Repetir la parte a) para Si tipo N de conductividad $0,1 (\Omega \cdot \text{cm})^{-1}$.
Sol.: Es de tipo N, $n=2,8 \cdot 10^{14} \text{cm}^{-3}$, $p=10^6 \text{cm}^{-3}$.
- 3.- a) Considerar una muestra de Ge intrínseco a 300K ¿Qué tanto por ciento aumenta la conductividad por cada grado de aumento de la temperatura?
Sol.: σ se incrementa un 4,5% por kelvin.
- b) Repetir el apartado a) para Si intrínseco.
Sol.: σ se incrementa un 7,56% por K.
- 4.- Una muestra de Ge está dopada con 10^{14} donantes/ cm^3 y $7 \cdot 10^{13}$ aceptores/ cm^3 . A la temperatura a la que se encuentra el Ge intrínseco tendría una resistividad de $60 \Omega \cdot \text{cm}$. Si se aplica un campo eléctrico de 2V/cm Encontrar la densidad total de corriente.
Sol.: $J=52,5 \text{mA/cm}^2$.
- 5.- La concentración de huecos en una muestra de espesor W varía linealmente entre $p(0)$ en el extremo $x = 0$ y p_o (concentración de equilibrio) en el extremo $x = W$.
- a) Encontrar una expresión para la densidad de corriente de huecos, $J_p(x)$ en el caso de no existir campo eléctrico externo aplicado.
Sol.: $J_p(x) = -qD_p[p_o - p(0)]/W$.
- b) Encontrar una expresión para el campo eléctrico originado por el gradiente de concentración en el caso de que la corriente sea nula.
Sol.: $E(x) = (D_p/\mu_p)[1/p(x)][p_o - p(0)]/W$.
- c) Encontrar la diferencia de potencial entre los puntos $x = 0$ y $x = W$ si $p(0)/p_o = 10^3$.
Sol.: $E(x) = V_T[1/p(x)](dp/dx) \Rightarrow V_W - V_0 = V_T \cdot p(0)/p_o = 0,18 \text{V}$.
- 6.- Para que un dispositivo de silicio funcione correctamente su concentración intrínseca no debe superar, $n_i = 10^{12} \text{cm}^{-3}$. ¿Cuál es la máxima temperatura permitida para el silicio?
Sol.: $T_{\text{máx}} = 388 \text{K}$.

- 7.- Una muestra homogénea de GaAs a temperatura ambiente contiene $N_D = 10^{16} \text{cm}^{-3}$ y $N_A = 0$.
- a) Calcular las concentraciones de electrones y huecos en equilibrio térmico;
Sol.: $n=N_D=10^{16} \text{cm}^{-3}$, $p=0$.
- b) Si se aplica un campo eléctrico de 10V/cm , calcular la densidad de corriente de arrastre;
Sol.: $J_{dn}=-136 \text{A/cm}^2$.
- c) Repetir los apartados a) y b) si $N_D = 0$ y $N_A = 10^{16} \text{cm}^{-3}$.
Sol.: $p=N_A=10^{16} \text{cm}^{-3}$, $n=0$; $J_{dp}=-6,4 \text{A/cm}^2$.
- 8.- La concentración de electrones en Si a $T = 300 \text{K}$ está dada por: $n(x) = 10^{16} \cdot \exp(-x/18) \text{cm}^{-3}$, donde x se mide en micras y está limitada entre, $0 < x < 25 \text{micras}$. El coeficiente de difusión de electrones es $D_n = 25 \text{cm}^2/\text{s}$, y la movilidad $\mu_n = 960 \text{cm}^2/(\text{V} \cdot \text{s})$. La densidad de corriente total en el semiconductor es, $J_n = -40 \text{A/cm}^2$. Dicha corriente consta de componente de arrastre y componente de difusión. Determinar el campo eléctrico en función de x que debe existir en el semiconductor.
Sol.: $E(x) = \{14,5 - 26,0 \cdot \exp[x/(18 \cdot 10^{-4} \text{cm})]\} \text{V/cm}$.
- 9.- En una muestra de un semiconductor intrínseco al pasar de 20°C a 30°C su conductividad aumenta un 60%.
- a) Calcular la energía de la banda prohibida E_G
Sol.: $E_g=0,72 \text{eV}$.
- b) Sabiendo que la energía de la banda prohibida del silicio es, $E_G = 1,12 \text{eV}$, ¿cuál es el porcentaje de cambio de su conductividad al pasar de 20 a 30°C ?
Sol.: incremento del 108%.
- 10.- En una muestra de Silicio se introduce una concentración $5 \cdot 10^{16} \text{cm}^{-3}$ de átomos de boro. Calcular la posición del nivel de Fermi con respecto a la banda de valencia.
Sol.: $E_F = E_V + 0,14 \text{eV}$.
- 11.- Calcular la concentración de huecos y electrones en una muestra de Ge tipo P si se sabe que su conductividad es $100 (\Omega \cdot \text{cm})^{-1}$. Datos: $n_i(300 \text{K}) = 2,4 \cdot 10^{13} \text{cm}^{-3}$; $\mu_p = 1800 \text{cm}^2/(\text{V} \cdot \text{s})$.
Sol.: $p=3,47 \cdot 10^{17} \text{cm}^{-3}$, $n=1,66 \cdot 10^9 \text{cm}^{-3}$.
- 12.- Calcular la concentración de huecos y electrones de una muestra de Si tipo N cuya conductividad es, $\sigma = 0,1 (\Omega \cdot \text{cm})^{-1}$. Datos: $n_i(300 \text{K}) = 1,45 \cdot 10^{10} \text{cm}^{-3}$; $\mu_n = 1300 \text{cm}^2/(\text{V} \cdot \text{s})$.
Sol.: $n=4,8 \cdot 10^{14} \text{cm}^{-3}$, $p=4,4 \cdot 10^9 \text{cm}^{-3}$.
- 13.- Una muestra de Ge de 5mm^2 de sección y $0,5 \text{cm}$ de longitud y con una concentración de donantes, $N_D = 10^{15} \text{cm}^{-3}$ se encuentra a temperatura ambiente.
- a) Calcular la resistencia de la muestra
Sol.: $R=16,4 \Omega$.
- b) Calcular la velocidad de desplazamiento de los electrones si se aplica un voltaje de $0,5 \text{V}$ entre sus extremos.
Sol.: $v_{dn}=3800 \text{cm/s}$.
 Datos: $n_i(300 \text{K}) = 2,4 \cdot 10^{13} \text{cm}^{-3}$; $\mu_n = 3800 \text{cm}^2/(\text{V} \cdot \text{s})$.

14.- Suponer que tres muestras de Ge, Si y GaAs tienen las mismas concentraciones de donantes, $N_D = 10^{13} \text{cm}^{-3}$, y de aceptores, $N_A = 2,5 \cdot 10^{13} \text{cm}^{-3}$. Para cada uno de los materiales:

a) ¿Es tipo P ó tipo N?

Sol.: Todas son de tipo P, siendo además la de Ge cuasi-intrínseca.

b) Calcular las concentraciones n_o y p_o .

Sol.:

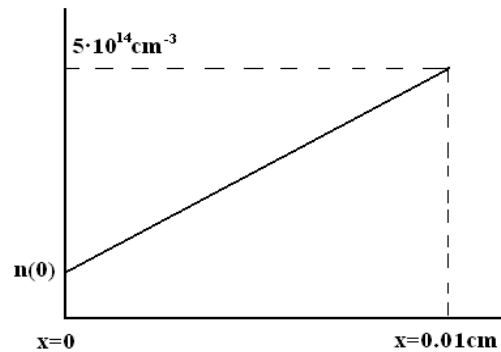
Ge: $p=3,26 \cdot 10^{13} \text{cm}^{-3}$, $n=1,76 \cdot 10^{13} \text{cm}^{-3}$;

Si: $p=1,50 \cdot 10^{13} \text{cm}^{-3}$, $n=1,40 \cdot 10^7 \text{cm}^{-3}$;

GaAs: $p=1,50 \cdot 10^{13} \text{cm}^{-3}$, $n=2,2 \cdot 10^{-1} \text{cm}^{-3} \approx 0$.

Datos a 300K: $n_i(\text{Ge}) = 2,4 \cdot 10^{13} \text{cm}^{-3}$; $n_i(\text{Si}) = 1,45 \cdot 10^{10} \text{cm}^{-3}$; $n_i(\text{GaAs}) = 1,8 \cdot 10^6 \text{cm}^{-3}$

15.- Considerar una muestra de silicio a $T=300\text{K}$. Suponer que la concentración de electrones varía linealmente con la distancia desde $n(0)$ en $x = 0$ hasta $5 \cdot 10^{14} \text{cm}^{-3}$ en $x = 0,01\text{cm}$ como se indica en la figura.



a) Si la densidad de corriente de difusión es $J_n = 0,19 \text{A/cm}^2$ y el coeficiente de difusión es $D_n = 25 \text{cm}^2/\text{s}$, encontrar la concentración de electrones $n(0)$.

Sol.: $n(0)=2,5 \cdot 10^{13} \text{cm}^{-3}$.

b) Si la muestra está en circuito abierto, indicar el sentido del campo eléctrico en la muestra

Sol.: De derecha a izquierda.

c) Si la muestra está en circuito abierto, calcular la diferencia de potencial entre $x = 0$ y $x = 0,01\text{cm}$.

Sol.: siendo $W=0,01\text{cm}$, $V_W-V_0=7,76 \cdot 10^{-2}\text{V}$.