

MATERIALES Y DISPOSITIVOS ELECTRÓNICOS

SEMICONDUCTORES

Cuestionario Guía N° 3

- 1) Como se generan los portadores en un semiconductor. Explique. ¿Que son los huecos en un semiconductor? Justifique cuidadosamente su definición.
- 2) Cuál es la diferencia entre un material a) amorfo, b) poli cristalino, y c) cristalino. Explique 3) Cuál es la configuración electrónica y la estructura cristalina del Silicio.
- 4) Cuándo un material semiconductor se considera intrínseco? Explique.
- 5) En un semiconductor intrínseco, quien determina la cantidad de portadores libres. Explique
- 6) El Silicio intrínseco tiene, a temperatura ambiente (300 K), $p = n = n_i = 10^{10} \text{ cm}^{-3}$, la movilidad de los electrones es de $1358 \text{ cm}^2/\text{V}\cdot\text{s}$ y la de los huecos del orden de $461 \text{ cm}^2/\text{V}\cdot\text{s}$. La conductividad es $2,96 \times 10^{-6} [1/\text{ohm cm}]$
 - a. ¿Cuánto vale la relación entre las conductibilidades de electrones y huecos?
 - b. ¿Qué campo eléctrico debería aplicar para que circule una $J = 1 \text{ mA}/\text{cm}^2$?
 - c. Recordando la afirmación hecha en clase, que la velocidad de deriva aumenta hasta que el campo eléctrico es del orden de $1\text{E}3 \text{ V}/\text{cm}$. ¿A partir de qué densidad de corriente, en Silicio intrínseco, la velocidad de deriva no aumenta más (satura)? y cuánto vale esta velocidad de deriva.
- 7) La concentración intrínseca n_i en Silicio tiene una dependencia con la temperatura dada por la expresión:
 $n_i (\text{cm}^{-3}) = 3,87 \times 10^{16} \cdot T(\text{°K})^{1,5} \cdot \exp(-1,21/2 \cdot kT)$
 - a. Calcule para qué temperaturas (en K) n_i adopta los siguientes valores:

10^{14} cm^{-3}	10^{15} cm^{-3}	10^{16} cm^{-3}
10^{17} cm^{-3}	10^{18} cm^{-3}	10^{19} cm^{-3}

Nota: por el tipo de funciones, recomendamos que haga iteraciones con una planilla electrónica.

- b. Calcule y tabule $n_i(T)$ para T comprendida entre 50 °K y 500 °K , en saltos de 50 °K .
- 8) A que temperatura cada átomo de silicio aporta un electrón a la banda de conducción. Calcule y explique
- 9) Explique que es el proceso de RECOMBINACION. De qué depende. Explique
- 10) Cuando un semiconductor se encuentra en equilibrio termodinámico. Explique. En la condición de equilibrio termodinámico cuánto vale la concentración de portadores libres.
- 11) Que es un semiconductor EXTRINSECO. Explique.
- 12) Cuantos tipos de semiconductores extrínsecos conoce. Como se genera cada uno de ellos
- 13) En los semiconductores tenemos dos fenómenos de generación de portadores: generación intrínseca y generación extrínseca. ¿Cuáles son las diferencias entre ambos? ¿Qué genera cada uno?
- 14) De la interacción entre generación intrínseca, extrínseca y recombinación, se llega a concentraciones de mayoritarios y minoritarios en equilibrio térmico. Cuando se producen aumentos de temperatura a partir de la temperatura de equilibrio: ¿qué concentración de portadores aumenta porcentualmente más rápido, la de mayoritarios o la de minoritarios? Justifique.
- 15) En los semiconductores extrínsecos, la contaminación con impurezas no varía con la temperatura del semiconductor. Esto es válido para la gama de temperaturas en la que trabajan los semiconductores normales. Supongamos que hemos contaminado Silicio intrínseco con impurezas donadoras con $N_D = 10^{14} \text{ cm}^{-3}$.
 - a. Calcule las concentraciones de mayoritarios n_n y de minoritarios p_n entre 50 °K y 500 °K en saltos de 50 °K .
 - b. Para calcular las concentraciones de mayoritarios y minoritarios en función de las concentraciones, recomendamos aplicar el siguiente criterio:

Si las impurezas son mayores que $100 n_i$ y tienen como límite superior 10^{19} cm^{-3} , valen las relaciones aproximadas

Concentración de mayoritarios = concentración de impurezas

Concentración de minoritarios = n_i^2 / concentración de impurezas

Justifique estos criterios

- c. ¿Para qué temperatura el semiconductor se comporta como intrínseco? ¿Por qué?
- d. Si aumento la contaminación del semiconductor, ¿la temperatura a la que se comienza a comportar como intrínseco aumenta o disminuye? ¿Por qué?

- 16) En un semiconductor:
- ¿Cómo varía el tiempo medio entre choques con el aumento de la contaminación de impurezas? ¿Por qué?
 - ¿Cómo varía el tiempo de vida media de los minoritarios con el aumento de la contaminación de impurezas? ¿Por qué?
 - ¿Por qué midiendo la corriente con un amperímetro, no puedo distinguir si está producida por electrones o por huecos? ¿Qué método de medición debería usar para detectar la diferencia de portador?
- 17) En los semiconductores cual es el orden de magnitud del Campo Eléctrico para el cual la velocidad de deriva de los electrones es constante. Justifique. Repita el cálculo para los huecos y compare el resultado
- 18) ¿Cómo varía la movilidad con la concentración de impurezas? ¿Por qué? ¿Depende la movilidad del tipo de impureza con que contamine?
- 19) ¿Cómo varía la movilidad con la temperatura en un semiconductor extrínseco. Que fenómenos se presentan en la variación de la movilidad con la temperatura. Explique
- 20) Para Silicio contaminado con 10^{16} cm^{-3} impurezas de Fósforo, calcule el tiempo medio entre choques y el camino libre medio (considere $v_{th} = 10^7 \text{ cm/s}$).
- 21) Repita el problema anterior para silicio contaminado con la misma concentración de impurezas de Boro. (Considere $m_e/m_h = 1.48$ relación entre la masa del electrón y el hueco). Compare los resultados.
- 22) Una oblea de silicio tiene 5 cm de diámetro y contiene 10^{15} cm^{-3} átomos de arsénico. ¿Qué espesor deberá tener la oblea para que la resistencia entre las caras sea 0.1 Ohm?
- 23) En un semiconductor extrínseco, cuando aplico una variación de su temperatura respecto al tiempo en forma de escalón
- ¿Cómo varía la concentración de portadores?
 - ¿De qué depende la velocidad con que llega al equilibrio la concentración de portadores?
 - ¿Qué portadores varían más, los mayoritarios o minoritarios? Justifique. Justifique cada respuesta
- 24) Corriente por Difusión
- Explique el fenómeno de Difusión.
 - ¿Qué es la corriente por Difusión?
 - Escriba la ecuación de corriente por difusión de electrones y huecos en un semiconductor.
 - ¿Por qué el transporte de corriente por difusión depende de la temperatura? Explique
 - Que es la constante D de la ecuación y como la calcula.
- 25) La concentración de electrones de una oblea de silicio tipo n a temperatura ambiente varía linealmente desde 10^{17} cm^{-3} para $x = 0$ a $6 \times 10^{16} \text{ cm}^{-3}$ para $x = 2 \text{ }\mu\text{m}$. La oblea está alimentada por electrones para mantener esta concentración constante con el tiempo. Calcule la densidad de corriente de electrones en la oblea sin campo eléctrico aplicado Considere $\mu_n = 1000 \text{ cm}^2/\text{V}\cdot\text{s}$ y $T = 300 \text{ }^\circ\text{K}$
- 26) Describa en palabras la ecuación de continuidad.
- 27) En una oblea de Si contaminado con $N_A = 10^{16} \text{ cm}^{-3}$ circula una corriente por difusión $J_{Dn} = 1 \text{ mA/cm}^2$
- Calcular la concentración de electrones al comienzo de la oblea ($x = 0$) $n_p(0)$.
 - Calcular el Campo Eléctrico que generaría una corriente de huecos por movilidad, tal que compense la J_{Dn} . Establecer la dirección y sentido.
- 28) Una oblea de Si ($N_A = 10^{16}$) tiene un largo de 30 mm ($x = W = 30 \text{ mm}$) con una sección de 1 cm^2 . Por la izquierda ($x = 0$) inyectamos electrones a razón de 10 mA/cm^2 .
- Calcular la concentración de electrones inyectados en $x = 0$.
 - ¿A qué distancia de $x = 0$ la $J_{Dn}(x)$ se hace 0,001 de la J_{Dn} inyectada?
 - ¿A qué distancia de $x = 0$ las corrientes $J_{Dn}(x)$ y la $J_{\mu p}$ por movilidad se hacen iguales? d. ¿Cuánto vale la J_p en $x = W$?
 - ¿Cuánto vale el Campo Eléctrico que mueve a los mayoritarios en $x = W$?
 - Tabular en función de x , los valores de $J_{Dn}(x)$; $J_{\mu p}(x)$; Campo $E(x)$; Caída de Tensión $V(x)$. Tabular para cada 5 mm a partir de $x = 0$.
 - Observando la tabla de f), proponer una modificación en la oblea para minimizar la caída de tensión V , que solo resulta en calentamiento sin agregar otro valor. ¿Sufre alguna influencia este cambio en la corriente J_{Dn} ?