

<b>DEPARTAMENTO DE FÍSICA APLICADA</b> <b>FUNDAMENTOS FISICOS DE LA INFORMATICA</b> <b>FACULTAD DE INFORMATICA</b>	<b>TEORIA</b> <b>2º Parcial</b> <b>23-Junio-2005</b>
<b>APELLIDOS:</b>	<b>NOMBRE:</b>

1. Un diodo de silicio está dopado con una concentración de  $10^{24} \text{ m}^{-3}$  en la zona n, y  $5 \cdot 10^{24} \text{ m}^{-3}$  en la zona p. Determina las concentraciones de electrones y huecos en ambas zonas del diodo a temperatura ambiente. La concentración intrínseca del silicio a temperatura ambiente es de  $2,36 \cdot 10^{19} \text{ m}^{-3}$ .

1. Un díode de silici està dopat amb una concentració de  $10^{24} \text{ m}^{-3}$  a la zona n, i  $510^{24} \text{ m}^{-3}$  a la zona p. Determina les concentracions d'electrons i buits en ambdues zones del díode a temperatura ambient. La concentració intrínseca del silici a temperatura ambient és de  $2,36 \cdot 10^{19} \text{ m}^{-3}$ .

Un diodo está formado por un cristal semiconductor con dos zonas claramente diferenciadas: Zona P y Zona N. A ambas zonas se les puede aplicar por separado las leyes de neutralidad eléctrica y la de acción de masas:

Zona N:  $n=p+N_D$ . Como  $p < n_i \ll N_D$ ,  $n \approx N_D = 10^{24} \text{ m}^{-3}$ .

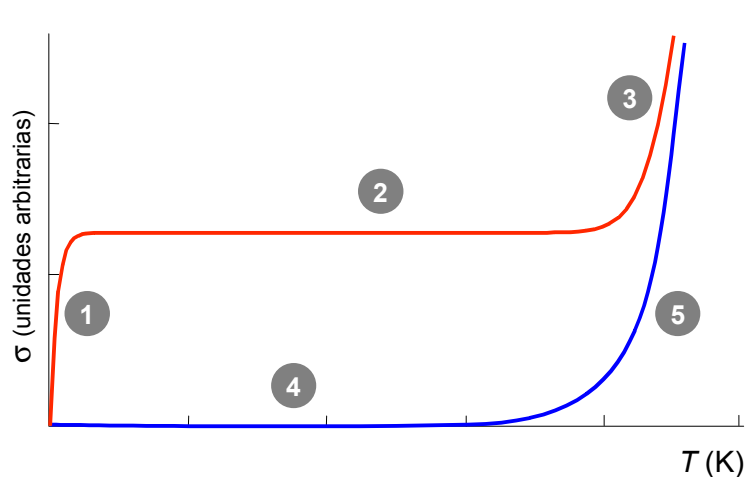
$$n \cdot p = (n_i)^2 \rightarrow p = \frac{(n_i)^2}{n} = \frac{(2,36 \cdot 10^{19})^2}{10^{24}} = 5,57 \cdot 10^{14} \text{ m}^{-3}$$

Zona P:  $n+N_A=p$ . Como  $n < n_i \ll N_A$ ,  $p \approx N_D = 5 \cdot 10^{24} \text{ m}^{-3}$ .

$$n \cdot p = (n_i)^2 \rightarrow n = \frac{(n_i)^2}{p} = \frac{(2,36 \cdot 10^{19})^2}{5 \cdot 10^{24}} = 1,11 \cdot 10^{14} \text{ m}^{-3}$$

2. A partir de la gráfica explica como varía la conductividad de un semiconductor intrínseco y otro extrínseco con la temperatura, y justifica su comportamiento a partir del modelo del enlace covalente. Distingue entre las diferentes zonas señalizadas en la gráfica.

2. A partir de la gráfica explica com varia la conductivitat d'un semiconductor intrínsec i un altre extrínsec amb la temperatura, i justifica el seu comportament a partir del model de l'enllaç covalent. Distingeix entre les diferents zones senyalitzades en la gràfica.



Los materiales semiconductores, silicio y germanio, son tetravalentes. En su estructura cristalina un átomo comparte los cuatro electrones de valencia con cuatro átomos vecinos, para completar con 8 electrones la última capa electrónica. La mayor o menor conductividad de un material depende de la movilidad de las cargas en su interior. En un material semiconductor intrínseco (curva 4-5), la conductividad a temperaturas muy bajas será prácticamente nula, dado que los electrones permaneces ligados a los átomos y carentes de movimiento. A medida que la temperatura se incrementa, aumenta la energía del cristal semiconductor y algunos electrones se pueden liberar del enlace dejando en el mismo un hueco: tanto el electrón como el hueco generados se comportan como partículas de diferente signo que participan en la conducción. Desde 0K hasta temperatura ambiente la velocidad de generación de pares electrón hueco se incrementa lentamente (4). Al llegar a temperaturas próximas a temperatura ambiente, la energía de la red cristalina es suficiente como para incrementar considerablemente la velocidad de generación de carga libre (pares e-h), lo que se manifiesta con un incremento acusado de la conductividad (5).

Semiconductor extrínseco: Si en la red cristalina de un material intrínseco se introducen algunos átomos de impurezas de material pentavalente, éste mantiene los cuatro enlaces propios del material intrínseco sobrándole un electrón que permanece a 0 K débilmente ligado al átomo. Si la impureza es trivalente, lo que tendremos es el defecto de un electrón (o sea, un hueco) en uno de los cuatro enlaces con átomos vecinos que permanece, a 0 K, débilmente ligado al átomo. Con muy poca energía los electrones o huecos de las impurezas se liberan del átomo para moverse libremente por la red cristalina, participando en la conducción. Por ello aparece la subida de la conductividad (1) en la gráfica. Durante un amplio rango de temperaturas (2) la conductividad del material depende de las partículas liberadas en el proceso anterior, cuyo número no varía, y de las pocas generaciones de pares electrones-hueco que sucedan en el material semiconductor. Por ello la conductividad varía poco hasta llegar a temperaturas próximas a temperatura ambiente, donde la energía de la red cristalina permite incrementar la velocidad de generación de carga libre lo suficiente como para que se manifieste con un incremento acusado de la conductividad del material extrínseco (5).

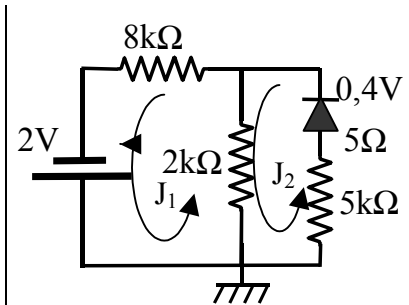
**3. Describe de forma cualitativa los fundamentos físicos que caracterizan la unión p-n en equilibrio: la distribución de los portadores de carga, la densidad volumétrica de carga  $\rho$ , el campo eléctrico  $\vec{E}$ , y la diferencia de potencial de contacto  $V_0$  que están presentes en la denominada zona de transición de la unión p-n.**

**3. Descriu de forma qualitativa els fonaments físics que caracteritzen la unió p-n en equilibri: la distribució dels portadors de càrrega, la densitat volumètrica de càrrega  $\rho$ , el camp elèctric  $\vec{E}$ , i la diferència de potencial de contacte  $V_0$  que estan presents en la denominada zona de transició de la unió p-n.**

En la unión P-N en equilibrio, en la zona de transición hay un defecto de huecos y electrones debido al proceso de recombinación inicial que dio lugar a esta zona, quedando una carga neta distinta de cero debido a la presencia de las impurezas ionizadas: positivas en la zona N de la transición (átomos donadores) y negativas en la zona P (átomos aceptores). Fuera de la transición la carga neta es nula cumpliéndose la ley de neutralidad eléctrica. Esta distribución de carga en la zona de transición da lugar a la presencia de un campo eléctrico responsable de que se alcance el equilibrio al oponerse a las corrientes de difusión a través de la transición, generando a su vez las corrientes de desplazamiento a través de la misma. Esto implica, asimismo, la existencia de una diferencia de potencial entre ambos lados de la unión P-N. La concentración de electrones varía de forma continua en la transición desde su valor en equilibrio en el lado N, donde es portador mayoritario, hasta su valor en P, donde es minoritario. La concentración de huecos variará desde su valor en la zona P, donde es mayoritario hasta su valor en la zona N. Los electrones y huecos en la zona de transición son aquellos que participan en las corrientes de difusión o desplazamiento que atraviesan esta zona.

**4. Calculeu el corrent que circula per la resistència de  $2\text{k}\Omega$  en el circuit de la figura, suposant una tensió de colze per al díode de  $0.4\text{V}$ , i una resistència de  $5\Omega$ .**

**4. Calcula la corriente que circula por la resistencia de  $2\text{k}\Omega$  en el circuito de la figura, suponiendo una tensión de codo para el diodo de  $0.4\text{V}$ , y una resistencia de  $5\Omega$ .**



Considerando corrientes de mallas en sentido antihorario (ver figura) y teniendo en cuenta la polaridad de la tensión del diodo, al aplicar el método de las mallas tenemos:

$$\begin{pmatrix} 10 & -2 \\ -2 & 7,005 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} J_1 \\ J_2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 2 \\ -0,4 \end{pmatrix}, \text{ siendo la intensidad buscada: } I = J_1 - J_2, \text{ sentido hacia arriba}$$

$$J_1 = \frac{\begin{vmatrix} 2 & -2 \\ -0,4 & 7,005 \end{vmatrix}}{\begin{vmatrix} 10 & -2 \\ -2 & 7,005 \end{vmatrix}} = \frac{13,21}{66,05} = 0,2\text{mA} \quad J_2 = \frac{\begin{vmatrix} 10 & 2 \\ -2 & -0,4 \end{vmatrix}}{\begin{vmatrix} 10 & -2 \\ -2 & 7,005 \end{vmatrix}} = \frac{0}{66,05} = 0\text{mA}$$

Por lo que  $I = 0,2\text{ mA}$

**5. a) Define el momento magnético  $\vec{m}$  de una bobina. b) Calcula dicho momento magnético para una bobina circular de radio 0,5 m., 30 espiras, situadas paralelas al plano XY, por la que circula una intensidad de 2 A., sentido horario. c) Si se aplica un campo magnético uniforme  $\vec{B} = B\vec{i}$  ¿Qué efecto tendrá sobre la bobina?**

**5. a) Defineix el moment magnètic d'una bobina. b) Calcula tal moment magnètic per a una bobina circular de radi 0,5 m., 30 espiras, situades paral·leles al pla XY, per la que circula una intensitat de 2 A amb sentit horari. c) Si s'aplica un camp magnètic  $\vec{B} = B\vec{i}$  ¿quin efecte tindrà sobre la bobina?**

- a) Se define el momento magnético  $\vec{m}$  de una bobina como un vector cuyo módulo es el producto del número de espiras por la corriente que circula por la bobina y por la sección de cada espira. La dirección de dicho vector es perpendicular a la sección de la bobina, y sentido el indicado por la corriente según la regla de la mano derecha.

$$\vec{m} = N I \vec{S}$$

b)  $\vec{m} = 30 \cdot 2 \cdot (-\pi \cdot 0,5^2 \vec{k}) = -15 \cdot \pi \cdot \vec{k} \text{ A} \cdot \text{m}^2$

- c) La hará girar hasta que quede situada en el plano YZ, de modo que  $\vec{m}$  y  $\vec{B}$  queden paralelos.

**6. Enuncia el teorema de Ampère y aplícalo para calcular el campo magnético creado por un hilo rectilíneo indefinido por el que circula una intensidad  $I$ , a una distancia  $r$  del hilo.**

**6. Enuncia el teorema d'Ampère i aplica'l per a calcular el camp magnètic creat per un fil rectilini indefinit pel que circula una intensitat  $I$ , a una distància  $r$  del fil.**

El teorema de Ampère dice que la circulación del campo magnético a lo largo de una curva cerrada es igual al producto de  $\mu_0$  por la suma algebraica de todas las corrientes que atraviesan cualquier superficie limitada por la curva cerrada.

Si tomamos como curva cerrada una circunferencia de radio  $r$  perpendicular al hilo rectilíneo y cuyo centro esté situado en el hilo, el campo magnético provocado por el hilo es, en todo punto, tangente a la circunferencia definidaç, por lo que la circulación del campo magnético a lo largo de dicha circunferencia es:

$$\oint \vec{B} \cdot d\vec{l} = \oint B \cdot dl = B \oint dl = B \cdot 2\pi r$$

Y según el teorema de Ampère:

$$B \cdot 2\pi r = \mu_0 I \Rightarrow B = \frac{\mu_0 I}{2 \cdot \pi \cdot r}$$

7. Un generador de corriente alterna está formado por una bobina plana de 100 espiras y  $50 \text{ cm}^2$  de superficie que gira con una velocidad angular  $\omega = 2\pi \cdot 50 \text{ rad/s}$  en un campo magnético uniforme de 0,1 T.

- a) Halla la fem inducida en función del tiempo.  
b) La fem máxima.

7. Un generador de corrent altern està format per una bobina plana de 100 espires i  $50 \text{ cm}^2$  de superfície que gira amb una velocitat angular  $\omega = 2\pi \cdot 50 \text{ rad/s}$  en un camp magnètic uniforme de 0,1 T.

- a) Troba la fem induïda en funció del temps.  
b) La fem màxima.

a)  $\varepsilon = N \cdot B \cdot S \cdot \omega \cdot \sin(\omega t) = 100 \cdot 0,1 \cdot 50 \cdot 10^{-4} \cdot 2\pi \cdot 50 \cdot \sin(100\pi t) = 5\pi \cdot \sin(100\pi t) \text{ V}$   
b)  $\varepsilon_{\max} = 5\pi \text{ V}$

8. Por un circuito compuesto por dos elementos puros en serie alimentados por una fuente de tensión

$u(t) = 100 \cos(1000t + 10^\circ) \text{ V}$ , circula una intensidad de corriente  $i(t) = 20 \cos(1000t + 30^\circ) \text{ A}$ . Determina cuales son estos elementos y calcula sus valores.

8. Per un circuit compost per dos elements purs en sèrie alimentats per una font de tensió  $u(t) = 100 \cos(1000t + 10^\circ) \text{ V}$ , circula una intensitat de corrent  $i(t) = 20 \cos(1000t + 30^\circ) \text{ A}$ . Determina quals són aquests elements i calcula els seus valors.

El desfase entre tensión e intensidad es  $\varphi = \varphi_u - \varphi_i = 10^\circ - 30^\circ = -20^\circ$

Como el desfase es negativo, los dos elementos son una resistencia y un condensador.

$$Z = \frac{U_{\max}}{I_{\max}} = \frac{100}{20} = 5\Omega$$

Luego:

$$R = Z \cdot \cos \varphi = 5 \cdot \cos(-20^\circ) = 4,7\Omega$$

y

$$X = -X_c = -\frac{1}{C\omega} = Z \cdot \sin(\varphi) = 5 \cdot \sin(-20^\circ) \Rightarrow C = -\frac{1}{1000 \cdot 5 \cdot \sin(-20^\circ)} = 584\mu\text{F}$$