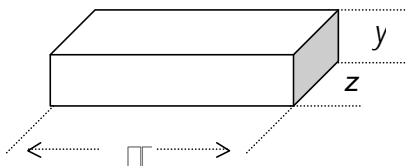
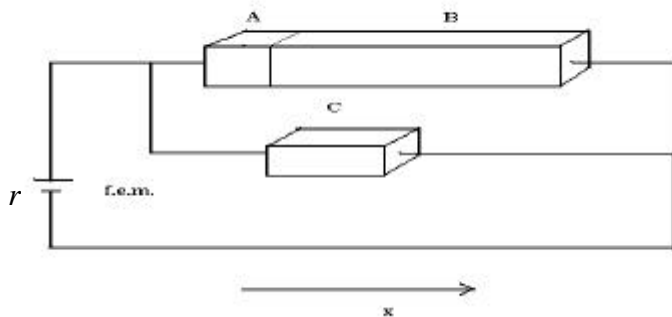


XVI Olimpiada Española de Física
Fase Local. Distrito Universitario de Valladolid
25 de Febrero. Segunda Prueba

Problema N° 1: Ruptura por avalancha

Los materiales semiconductores (Silicio, Arseniuro de Galio, etc ...) constituyen la base de la electrónica de estado sólido que ha dado lugar a los circuitos integrados. En éstos, el tamaño de los componentes llega a ser submicrónico y las corrientes involucradas igualmente muy bajas. Básicamente son unos materiales cristalinos que, desde un punto de vista eléctrico, presentan unos valores de resistividad mucho más altos que los "conductores" aunque inferiores a los "aislantes". Uno de los comportamientos eléctricos característicos de dichos materiales es la "ruptura por avalancha". Este proceso de ruptura tiene lugar cuando en su interior se alcanzan campos eléctricos del orden de 2×10^7 V/m (Silicio). Bajo estos altos campos eléctricos, los átomos que constituyen su red cristalina liberan portadores de carga en exceso dando lugar a una modificación de la resistividad.

En la siguiente figura hemos representado esquemáticamente dos semiconductores de Silicio conectados eléctricamente, mediante materiales perfectamente conductores a una fuente de tensión con resistencia interna de $r = 50 \Omega$. El semiconductor superior presenta dos zonas de distinta resistividad ρ . En la tabla se indican sus dimensiones y resistividades respectivas.



SC	l (?m)	y (?m)	z (?m)	ρ (? cm)
A	2	5	10	5
B	40	5	10	1
C	8	20	20	100

- Recordando que para un conductor de longitud l y sección S su resistencia eléctrica viene dada por $R = \rho \frac{l}{S}$, calcule la resistencia de cada uno de los tramos, del circuito anterior.
- Dibuje el circuito eléctrico correspondiente.
- Calcule la resistencia equivalente.
- Supuesta una fuente de tensión de f.e.m. de 5V determine la corriente que circula por cada semiconductor. Represente el potencial y campo eléctrico en su interior a lo largo de la dirección x .
- ¿ Qué valor de f.e.m. ocasionará la ruptura por avalancha en alguno de los semiconductores y en cuál tendrá lugar?

Problema Experimental: La difusión

Uno de los fenómenos más interesantes de la naturaleza es la tendencia que tiene a distribuir los materiales de forma homogénea. Así cuando en un determinado material existe una cierta concentración de átomos n cuya distribución espacial no es homogénea, tiene lugar un movimiento atómico en la dirección de la concentración más baja. En Física decimos que hay un gradiente de concentración y el movimiento atómico se realiza en la dirección del gradiente. Este fenómeno se denomina DIFUSIÓN.

El fenómeno se puede estudiar midiendo el flujo de átomos que atraviesa la unidad de superficie (perpendicular a la dirección del flujo, por ejemplo el eje x) en la unidad de tiempo y estudiando su dependencia con el gradiente de la concentración.

Si sólo se considera variación de concentración con la coordenada x , el flujo de átomos viene dado por la ecuación:

$$J = -D \frac{dn}{dx} \quad \text{Ecuación 1}$$

donde D es el denominado coeficiente de difusión, que depende de los materiales utilizados en el proceso y de la temperatura. Además tendremos que la concentración depende del tiempo desde que comenzó la difusión.

Vamos a analizar un proceso concreto de difusión mediante el siguiente experimento. En la superficie de un cristal de $AgCl$ se coloca una película de haluro de plata, que contenga una concentración superficial N_0 de átomos de Ag^{110} radiactiva por unidad de superficie. A continuación se coloca el cristal en un horno a la temperatura T de forma que los átomos de plata comienzan a difundir hacia el interior del cristal. Se mide entonces la concentración $n(x,t)$ de dichos átomos en función de la distancia a la superficie x y del tiempo de difusión t .

Se sabe que la solución de las ecuaciones de difusión en determinadas situaciones nos lleva a que la concentración de átomos de plata por unidad de volumen, $n(x,t)$ viene dada por:

$$n(x,t) = \frac{N_0}{\sqrt{4Dt}} \exp\left(-\frac{x^2}{4Dt}\right) \quad \text{Ecuación 2}$$

en donde x es la distancia desde la superficie ($x = 0$) al punto considerado, D el coeficiente de difusión a la temperatura de trabajo, t el tiempo de difusión y N_0 la concentración inicial antes mencionada. Adviértase que $n(x,t)$ decrece cuanto más profundos son los cortes en el cristal, pero la distribución depende del coeficiente de difusión D y del tiempo de difusión t .

Si tomamos logaritmos neperianos en la ecuación (2) llegamos a la expresión final que necesitamos y que es sobre la que tienes que trabajar:

$$\ln \frac{n(x,t)}{N_0} = -\frac{x^2}{4Dt} - \ln \frac{1}{\sqrt{4Dt}} \quad \text{Ecuación 3}$$

Se ha realizado este experimento de difusión de plata en $AgCl$ utilizando técnicas de trazadores radiactivos a una temperatura $T = 429 \text{ }^\circ\text{C}$ y para un tiempo de difusión $t = 500$ segundos y se han obtenido los siguientes valores de n/N_0 para distintas profundidades x .

x (10^{-2} cm)	0'5	1'0	1'5	2'0	2'5	3'0
n/N_0 (cm^{-1})	34'0	31'7	28'1	23'8	19'2	14'8

Análisis de datos experimentales:

Para determinar el valor de D , realiza los pasos siguientes.

- 1°.- Realiza los cambios de variable necesarios en la ecuación (3) para que al representar los datos de la tabla con las modificaciones necesarias obtengas una función lineal.
- 2°.- Dibuja la recta de forma aproximada, con una regla, sobre los puntos experimentales.
- 3°.- Obtén a partir de las características de dicha recta el valor del coeficiente de difusión D en cm^2/s .

