**MATERIALES ELÉCTRICOS**

**MATERIALES SEMICONDUCTORES**

# TRABAJO PRÁCTICO Nº 4

1. ¿Qué quiere decir que un sólido es policristalino? ¿Qué es un monocristal?
2. ¿Cuál es la diferencia entre un sólido cristalino y uno amorfo?
3. ¿Cuál es la diferencia entre un conductor y un semiconductor a cero grado Kelvin (0 K)?
4. Explicar porqué un semiconductor actúa como un aislante a 0 K y porqué su conductividad aumenta con la temperatura.
5. Para un semiconductor de Silicio Intrínseco, calcular a las siguientes temperaturas T = -50ºC, 0ºC, 50ºC, 100ºC, 150ºC y 200ºC: a) la densidad de electrones y huecos *(Concentración Intrínseca)*, b) Movilidades de huecos y electrones, c) la resistividad del Silicio intrínseco. Recomendamos que use una planilla Excel. Graficar.
6. Para un semiconductor de Silicio Intrínseco a)¿Cuánto vale la relación entre las conductibilidades de electrones y huecos? b) ¿Qué campo eléctrico debería aplicar para que circulara 1 mA/cm2? d)¿A partir de qué densidad de corriente, en Silicio Intrínseco, la velocidad de deriva no aumenta más (satura)? (de Millman y Halkias párrafo 2-5)
7. Calcule para qué temperaturas (en K) ni (concentración intrínseca) adopta los siguientes valores:

1E14 cm-3 1E15 cm-3 1E16 cm-3

1E17 cm-3 1E18 cm-3 1E19 cm-3

Nota: por el tipo de funciones, recomendamos que haga iteraciones con la planilla Excel.

1. Calcular el nivel de Fermi (EF) para el Silicio intrínseco.
2. Que error cometo si considero que en el Silicio intrínseco el nivel de Fermi se encuentra en la mitad de la banda prohibida.
3. En un alambre de Cobre de 1 mm2 de sección, para aproximadamente J = 100 A/cm2 el material se funde. El campo necesario para fusión es del orden de 20 mV/cm. ¿Por qué el silicio soporta campos muchos mayores sin fundirse?
4. Para un semiconductor de Silicio Extrínseco: Calcular la resistividad si se contamina con impurezas donadoras a)ND = 1E14cm-3, ND = 1E15cm-3, ... hasta ND = 1E19cm-3 Todo a 300ºK

**CARACTERÍSTICAS DEL SILICIO EN FUNCIÓN DE LAS CONTAMINACIONES, A 300 K**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **NA ND cm**-3 | **1E14** | **1E15** | **1E16** | **1E17** | **3E17** | **1E18** | **3E18** | **1E19** |
| Mayoritarios | 1E14 | 1E15 | 1E16 | 1E17 | 3E17 | 1E18 | 3E18 | 1E19 |
| Minoritarios | 1E6 | 1E5 | 1E4 | 1E3 | 333 | 100 | 33 | 10 |
| µn cm2/V\*seg | 1358 | 1345 | 1248 | 801 | 521 | 270 | 158 | 115 |
| µp cm2/V\*seg | 461 | 458 | 437 | 331 | 242 | 148 | 93 | 68 |

1. Calcular la resistividad del Si Extrínseco contaminado con impurezas aceptoras con a) NA = 1E14cm-3, NA = 1E15cm-3,... hasta NA = 1E19 cm-3.
2. Corregir por temperatura entre -50ºC y 200ºC las expresiones anteriores.
3. Usando los resultados de los problemas anteriores, hacer un gráfico de resistividad del Si extrínseco en función de la temperatura destacando: a) la temperatura a la cual se ionizan las impurezas extrínsecas b) la zona de funcionamiento extrínseca o metálica y c) la temperatura intrínseca.

**Guía de estudio**

# Semiconductores Intrínsecos

1. ¿Cuál es el origen de las bandas en un sólido?
2. ¿Cuál es la diferencia en la estructura de bandas de un: aislador, semiconductor, metal? Dibujar diagrama y dar órdenes de magnitud de EG.
3. Explicar que se entiende por función de distribución de Fermi-Dirac
4. Definir el nivel de Fermi.
5. Para que tipo partículas se aplica la función de probabilidad de Fermi Dirac.
6. ¿Cuál es la diferencia entre un metal y un semiconductor intrínseco desde el punto de vista de la ubicación del nivel de Fermi, bandas de energía, densidad de portadores y conductividad?
7. Explicar conceptualmente que es un semiconductor intrínseco.
8. Explicar conceptualmente que es un hueco en un semiconductor. Utilizar el modelo de bandas de energía y el modelo corpuscular.
9. De qué manera varía la densidad de estados permitidos N(E) con E para los electrones en un semiconductor? Compare con un metal.
10. Como calcula la densidad de portadores en un semiconductor. Explique.
11. Explicar el significado de ni y su dependencia con T.

# Semiconductores Extrínsecos

1. Explicar conceptualmente que es un semiconductor extrínseco. Aclarar que son Impurezas donadoras y aceptoras. ¿Cuáles son las más utilizadas? Explicar quiénes son los portadores mayoritarios y los portadores minoritarios.
2. ¿Cómo varía la concentración de mayoritarios y minoritarios en un semiconductor extrínseco cuando aumenta la concentración de impurezas? ¿por qué?
3. ¿Cómo varía la concentración de mayoritarios y minoritarios en un semiconductor extrínseco cuando aumenta la temperatura? ¿por qué?
4. ¿Cómo varia la concentración de electrones en un conductor, cuando aumenta la temperatura? ¿por qué?
5. ¿Cómo varía el tiempo medio entre choques con el aumento de la temperatura en un semiconductor? ¿por qué?
6. ¿Cómo varía el tiempo medio entre choques con el aumento de la contaminación de impurezas en un semiconductor? ¿por qué?
7. ¿Cómo varía la movilidad con el aumento del campo eléctrico? ¿por qué? Hacer un grafico
8. ¿Cómo varía la movilidad con la temperatura? ¿por qué? Hacer un gráfico con los valores de la tabla 34- ¿Cómo justifica la gran diferencia de conductibilidad entre el Cobre y el Silicio intrínseco?
9. 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? ¿Cuál mecanismo predomina y por qué?
10. 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 más rápido, la de mayoritarios o la de minoritarios? ¿Por qué?
11. ¿Cuál es la diferencia entre un semiconductor intrínseco y un extrínseco desde el punto de vista de la ubicación del nivel de Fermi?
12. ¿Cómo es el grado de ocupación del diagrama de bandas a cero grado Kelvin en conductores, aisladores y semiconductores? ¿Por qué?
13. ¿Para qué temperatura un semiconductor extrínseco se comporta como intrínseco? ¿por qué?
14. Hacer un gráfico de variación de la resistividad de un semiconductor extrínseco con la temperatura. Mostrar la ionización de las impurezas y la temperatura intrínseca.
15. Si aumento la contaminación de un semiconductor, ¿la temperatura a la que se comienza a comportar como intrínseco aumenta o disminuye? ¿por qué?
16. ¿Qué concentración de portadores crece más rápido cuando aumenta la temperatura: mayoritarios o minoritarios? ¿por qué?
17. ¿Qué relación existe entre el Calor de Joule (P = R\*I2) y el modelo de conducción por movilidad? ¿por qué?
18. Distintos materiales, (Cu y Si) ¿mostrarán diferentes movilidades ante el mismo campo eléctrico aplicado? ¿por qué?
19. ¿En qué casos se manifiesta la saturación de velocidad de deriva por influencia del campo eléctrico? ¿por qué?
20. ¿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?