

## Tutoría 2

### Elementos Activos

**Problema 1.** Determine el potencial de contacto y el ancho de la zona de agotamiento ( $x_n$ ,  $x_p$ ,  $W$ ) para un diodo de silicio a 300 K, con  $N_A=10^{17} \text{ cm}^{-3}$  y  $N_D=10^{14} \text{ cm}^{-3}$

**Problema 2.** Para formar contactos MS, se utilizan distintos substratos de germanio a temperatura ambiente ( $n_i=2.5 \times 10^{13} \text{ cm}^{-3}$ ,  $E_G=0.66 \text{ eV}$ ). Dos posibles combinaciones con metales se muestran a continuación.

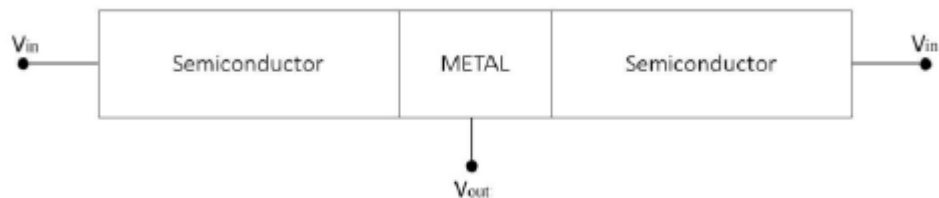
Combinación A	$\phi_M = 4.75 \text{ eV}$	$\chi_{Ge} = 4.00 \text{ eV}$	$N_D = 10^{16} \text{ cm}^{-3}$
Combinación B	$\phi_M = 4.75 \text{ eV}$	$\chi_{Ge} = 4.00 \text{ eV}$	$N_A = 10^{15} \text{ cm}^{-3}$

Dibuje el diagrama de bandas de energía en equilibrio, para las combinaciones A y B.

Para esto determine los siguientes parámetros:

- Nivel de energía de  $E_i$
- Nivel de energía de  $E_F$  con respecto a  $E_i$
- Función de trabajo del semiconductor  $\phi_s$
- Determine si el contacto es de tipo óhmico o Schottky.

**Problema 3.** Cierta empresa requiere diseñar una compuerta OR de dos entradas con diodos Schottky como se muestra en la figura:



Para ello, cuenta con los materiales metálicos enlistados en la siguiente tabla:

Elemento	$\phi_M \text{ [eV]}$
Hafnio	3.9
Tungsteno	4.55
Níquel	5.15

Además, cuenta con silicio dopado con una concentración de donadores  $N_D = 9 \times 10^{15} \text{ cm}^{-3}$ . Se establece que los diodos de la compuerta deben tener un potencial de contacto menor a 0.3 V. Recuerde que la afinidad electrónica del silicio es de 4.05 eV y la banda prohibida tiene un ancho de 1.12 eV. Determine:

- ¿Qué metal debe escogerse para el ánodo de los diodos? Justifique con diagrama de bandas de energía.
- Calcule la barrera Schottky resultante en ambos diodos.

#### Problema 4.

Se tiene una oblea de Si de tipo P dopada con boro, con una concentración de aceptores dada por  $N_A = 2 \times 10^{15} \text{ cm}^{-3}$ . Para fabricar un diodo Schottky (ver Figura 1.1) se requiere dopar una pequeña región con arsénico, con el propósito de invertir su dopado a N, por medio de implantación iónica con una concentración de donadores dada por  $N_D = 4 \times 10^{15} \text{ cm}^{-3}$ . La oblea final está a temperatura ambiente.

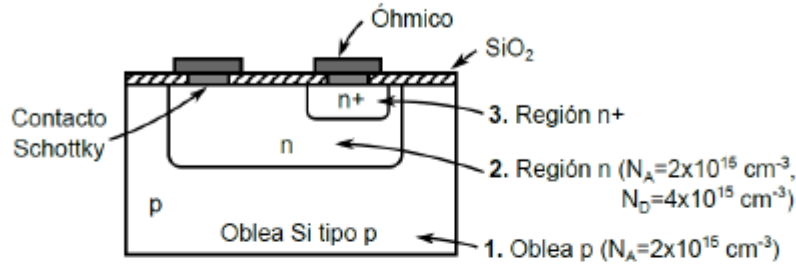


Figura 1.1: Fabricación de un diodo Schottky en una oblea P.

- 1.1. Calcule la concentración de electrones y de huecos en la oblea P original (región 1). 2 Pts
- 1.2. Calcule el dopado efectivo, la concentración de electrones y la concentración de huecos en la región N (región 2), considerando que esta región tiene ambos tipos de dopado. 3 Pts
- 1.3. Calcule la posición del Nivel de Fermi con respecto a  $E_i$  en la oblea P (región 1) y en la región N (región 2). 2 Pts
- 1.4. Calcule la resistividad de la oblea P (región 1) y la resistividad de la región N (región 2). Asuma que el dopado es relativamente ligero en ambas regiones y no afecta el valor de las movilidades intrínsecas ( $\mu_n = 1350 \text{ cm}^2/\text{Vs}$ ,  $\mu_p = 480 \text{ cm}^2/\text{Vs}$ ). 2 Pts
- 1.5. Calcule cuál es la concentración máxima permitida de átomos de arsénico que se podría implantar para crear una región n+ (región 3), cumpliendo la condición de que el silicio siga siendo un material no-degenerado ( $E_C - E_F > 3kT$ ). 1 Pt