

Problema 05_04_01



Se desea dopar un oblea de Si puro por difusión exponiéndola durante un tiempo determinado a una atmósfera de vapor de fósforo de manera que la concentración de éste en la superficie de la oblea es fija y conocida. Determinando la ionización completa del dopante, determinar:

a) El perfil de concentración del dopante en función de la profundidad una vez terminado el tratamiento

b) La corriente de fuga que circula entre dos tramos de pistas paralelas de aluminio de longitud 20μ , de profundidad 35μ y que están separadas 20μ sobre este sustrato de Si dopado.

temperatura:

$$T = 1430 \text{ K}$$

concentración superficial de fósforo

$$C_s = 3.1 \times 10^{20} \text{ átomos/cm}^3$$

duración del tratamiento:

$$t = 15 \text{ s}$$

difusividad del P en Si a la temperatura del tratamiento:

$$D = 2.0 \times 10^{-12} \text{ m}^2/\text{s}$$

diferencia de potencial entre pistas:

$$\Delta V = 1.3 \text{ V}$$

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70



Problema 05_04_01

El perfil de concentración del problema corresponde al capítulo 4 (difusión de materia). El perfil de concentración en función del tiempo y de la concentración está dado por:

$$\frac{C_s - C(z)}{C_s - C_0} = \operatorname{erf}\left(\frac{z}{2\sqrt{Dt}}\right) \quad \text{con } C_0 = 0 \quad \text{y} \quad C_s = 3.1 \times 10^{20}$$

Después de 15 segundos de tratamiento, la capa límite tiene un espesor: $\delta \approx 4\sqrt{Dt} = 2 \cdot 10^{-5} \text{ m}$

El perfil de concentración evaluando en cinco valores igualmente espaciados de la profundidad (desde la superficie) hasta el espesor de la capa límite (a mayores profundidades el dopaje es muy ligero) la profundidad total de la oblea será aprox. la del Si intrínseco, es decir, muy baja comparada con la de las partes

Es perfectamente aceptable tener en cuenta la contribución a la conducción sólo del espesor de Si intrínseco y la capa límite (20 micras) y no hasta la profundidad total de las pistas (35 micras). El error en el cálculo es muy inferior, por ejemplo, a la incertidumbre experimental en el valor de la difusividad. El perfil de concentración es:

z (m)	$C(z)$ (átomos/cm ³)
0	$3.1 \cdot 10^{20}$
$5 \cdot 10^{-6}$	$1.61 \cdot 10^{20}$
$10 \cdot 10^{-6}$	$0.65 \cdot 10^{20}$
$15 \cdot 10^{-6}$	$0.16 \cdot 10^{20}$
$20 \cdot 10^{-6}$	$0.031 \cdot 10^{20}$

El perfil de concentración puede hacerse igualmente considerando la profundidad total de la pista, aunque de este modo se obtendrían valores innecesarios. Uno de los objetivos del problema es hacer uso del concepto de capa límite e intentar estimar el alcance de un tratamiento superficial por difusión).



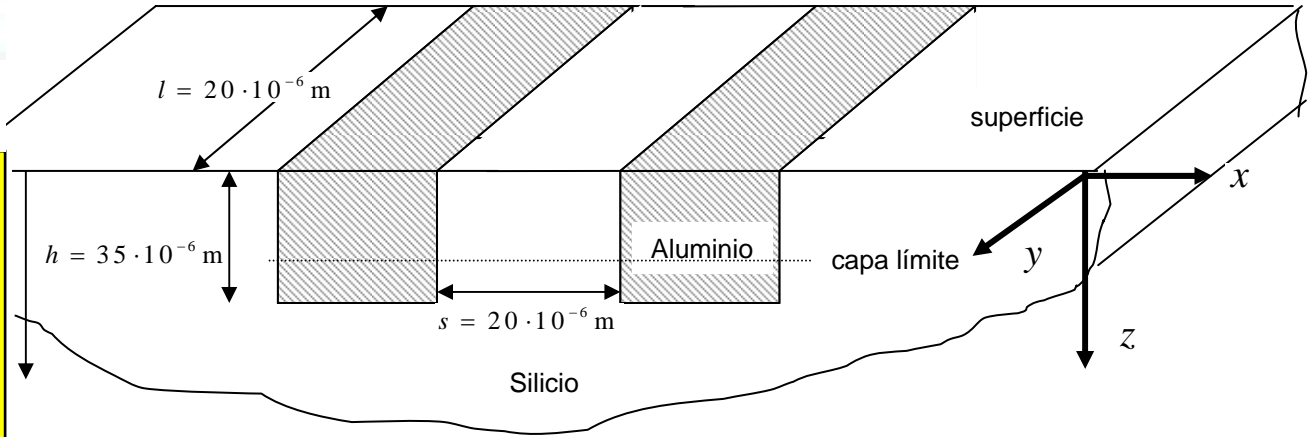
CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
 LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70
 ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
 CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70



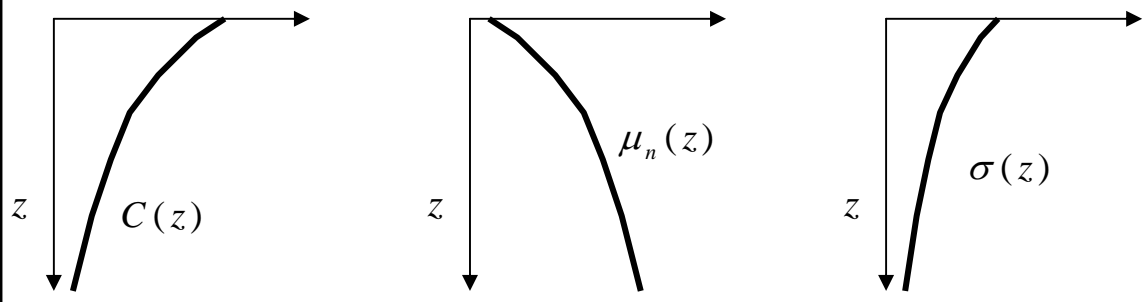
Problema 05_04_01



s:



que circula entre las dos pistas se obtiene integrando las contribuciones a la intensidad del material. Puesto que el dopado varía con la profundidad, la movilidad de los portadores (electrones en también variará con la profundidad y la conductividad del material será diferente a diferentes. Cualitativamente, los perfiles de concentración de dopante (y por tanto de portadores), de trónica y de conductividad son:



CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
 LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

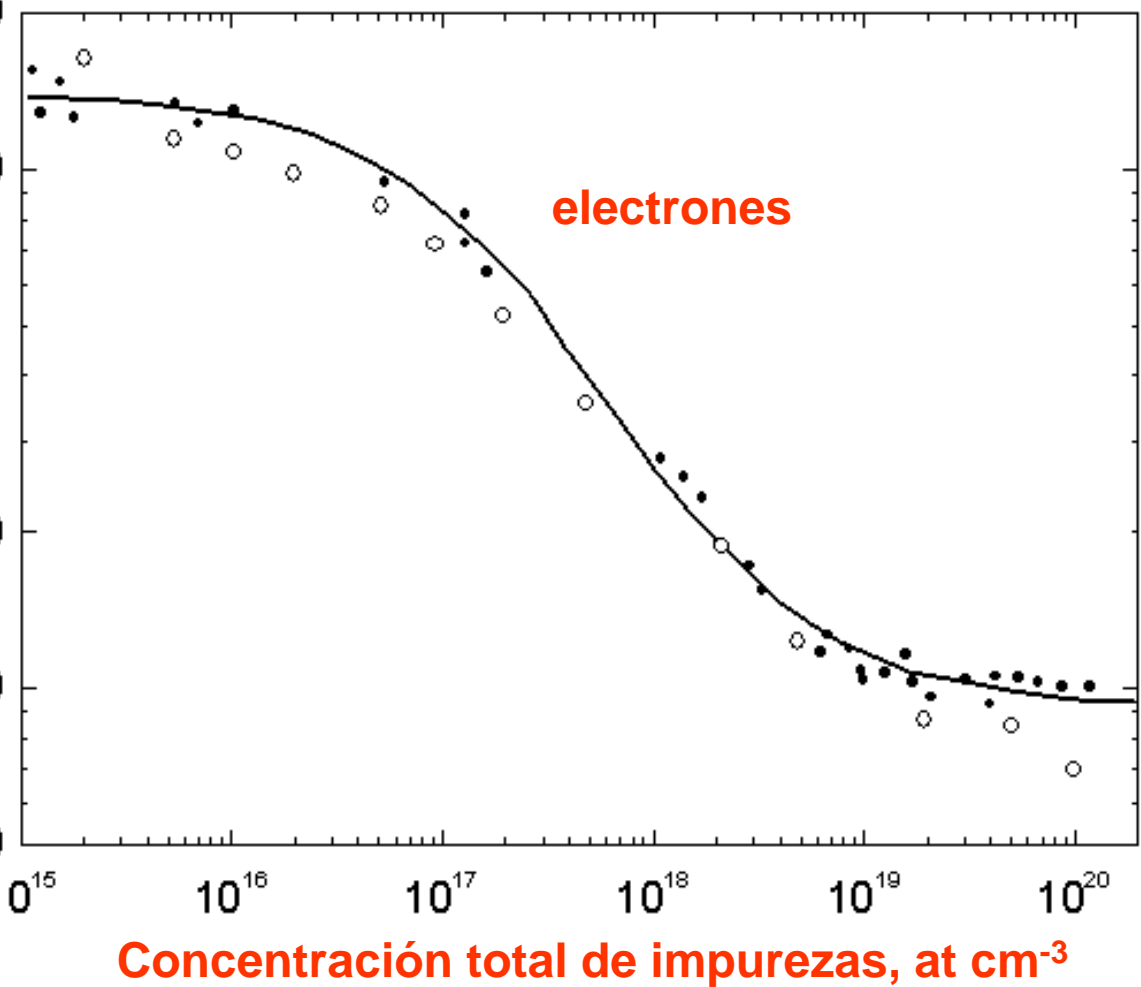
 ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
 CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70

www.cartagena99.com no se hace responsable de la información contenida en el presente documento en virtud al Artículo 17.1 de la Ley de Servicios de la Sociedad de la Información y de Comercio Electrónico, de 11 de julio de 2002. Si la información contenida en el documento es ilícita o lesiona bienes o derechos de un tercero háganoslo saber y será retirada.



Problema 05_04_01

la movilidad electrónica con la concentración total de dopantes para el Si se lee de la siguiente gráfica:



Cartagena99

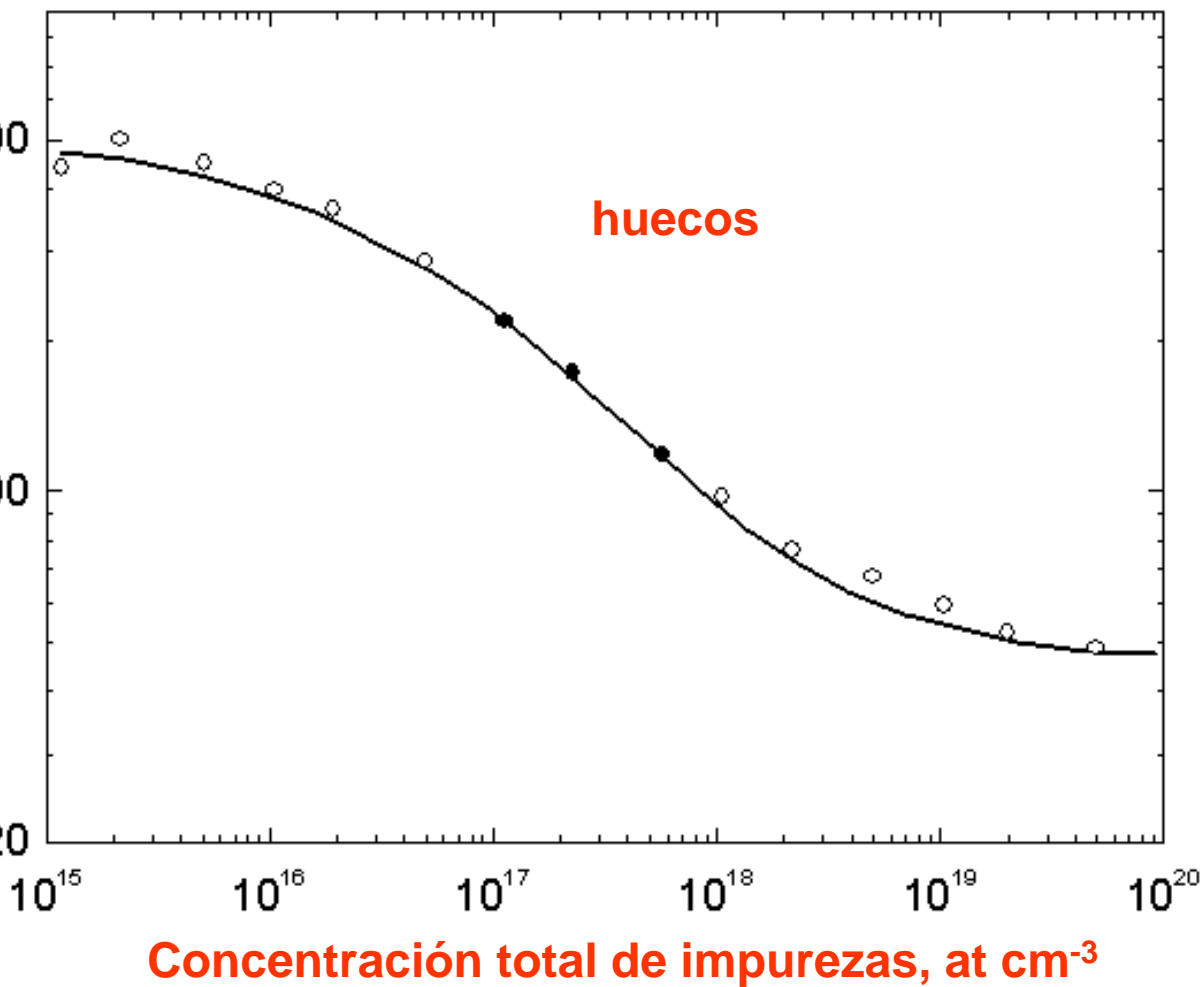
CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70



Problema 05_04_01

la movilidad de huecos con la concentración total de dopantes para el Si se lee en la siguiente gráfica:



Cartagena99

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70

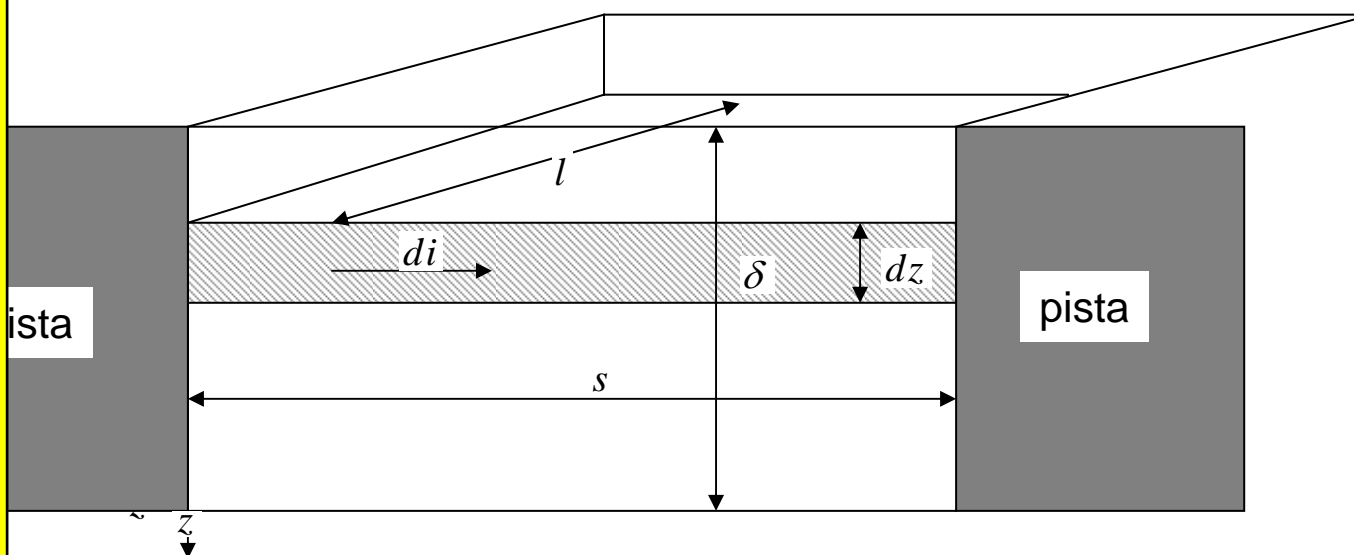
ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
CALL OR WHATSAPP:689 45 44 70



Problema 05_04_01

z (m)	$\mu_n(z)$ ($\text{m}^2/\text{V} \cdot \text{s}$)	$C(z)$ (átomos/ m^3)	$\sigma(z)$ (S/m)
0	$90 \cdot 10^{-4}$	$3.1 \cdot 10^{26}$	$0.45 \cdot 10^6$
$5 \cdot 10^{-6}$	$93 \cdot 10^{-4}$	$1.61 \cdot 10^{26}$	$0.24 \cdot 10^6$
$10 \cdot 10^{-6}$	$95 \cdot 10^{-4}$	$0.65 \cdot 10^{26}$	$0.091 \cdot 10^6$
$15 \cdot 10^{-6}$	$110 \cdot 10^{-4}$	$0.16 \cdot 10^{26}$	$0.028 \cdot 10^6$
$20 \cdot 10^{-6}$	$166 \cdot 10^{-4}$	$0.031 \cdot 10^{26}$	$0.008 \cdot 10^6$

que pasa de una pista a la otra se puede obtener sumando las contribuciones a cada profundidad (los pesos dz se comportan como resistencias en paralelo, todas sometidas a la misma diferencia de potencial di contribuyendo cada una un di a la corriente total):



CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
 LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70
 ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
 CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70



Problema 05_04_01



z (m)	$\mu_n(z)$ ($\text{m}^2/\text{V} \cdot \text{s}$)	$C(z)$ (átomos/ m^3)	$\sigma(z)$ (S/m)
0	$90 \cdot 10^{-4}$	$3.1 \cdot 10^{26}$	$0.45 \cdot 10^6$
$5 \cdot 10^{-6}$	$93 \cdot 10^{-4}$	$1.61 \cdot 10^{26}$	$0.24 \cdot 10^6$
$10 \cdot 10^{-6}$	$95 \cdot 10^{-4}$	$0.65 \cdot 10^{26}$	$0.091 \cdot 10^6$
$15 \cdot 10^{-6}$	$110 \cdot 10^{-4}$	$0.16 \cdot 10^{26}$	$0.028 \cdot 10^6$
$20 \cdot 10^{-6}$	$166 \cdot 10^{-4}$	$0.031 \cdot 10^{26}$	$0.008 \cdot 10^6$

Se obtiene sumando (integrando) las contribuciones de todas las capas. Puesto que la variación de σ se conoce sólo en forma de tabla, es preciso usar una fórmula de integración numérica. La más simple (regla trapezoidal, ver página siguiente):

$$i_{total} = \int_0^{\delta} di(z) = \int_0^{\delta} \frac{\Delta V}{\frac{1}{\sigma(z)} \cdot l} = \frac{l \Delta V}{s} \int_0^{\delta} \sigma(z) dz$$

resistencia de la capa diferencial marcada en la figura de la página anterior

$$i_{total} dz \approx 1.3 \cdot 5 \cdot 10^{-6} \cdot \frac{1}{2} \cdot (0.45 \cdot 10^6 + 2 \cdot 0.24 \cdot 10^6 + 2 \cdot 0.091 \cdot 10^6 + 2 \cdot 0.028 \cdot 10^6 + 0.008 \cdot 10^6) = 3.83 \text{ A}$$

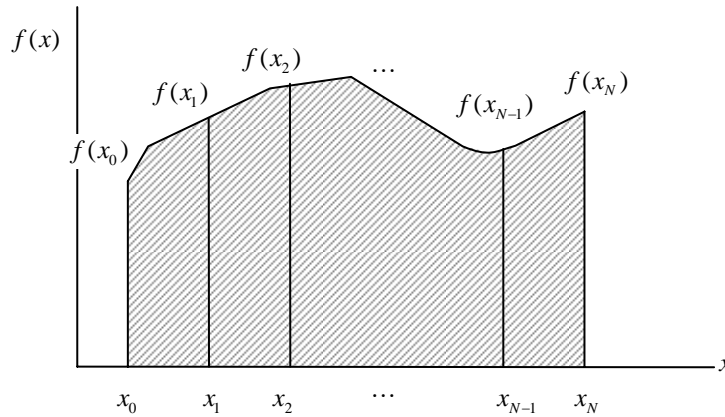
El resultado obtenido es una corriente enorme comparada con las que circulan en un circuito electrónico típico. Indica que la conductividad del semiconductor dopado es apreciable y no aísla las capas de otras. En la práctica es necesario casi siempre recubrir primeramente el sustrato con un aislante (que puede ser el mismo óxido del semiconductor, por sus cualidades como aislante y por la facilidad de fabricación in situ) y luego depositar sobre el aislante las pistas metálicas conductoras.

CLASES PARTICULARES, TUTORÍAS TÉCNICAS ONLINE
 LLAMA O ENVÍA WHATSAPP: 689 45 44 70
 ONLINE PRIVATE LESSONS FOR SCIENCE STUDENTS
 CALL OR WHATSAPP: 689 45 44 70



Problema 05_04_01

modo aproximado la integral de una función en un intervalo finito puede usarse la siguiente fórmula (dal):



$$\left(f(x_0) + 2f(x_1) + 2f(x_2) + \dots + 2f(x_{N-1}) + f(x_N) \right) \quad \text{donde } h \equiv x_1 - x_0 = x_2 - x_1 = \dots = x_N - x_{N-1}$$

los de integración no tienen por qué ser necesariamente iguales. En este caso, la regla trapezoidal es:

$$\frac{1}{2}(f(x_0) + f(x_1))(x_1 - x_0) + \frac{1}{2}(f(x_1) + f(x_2))(x_2 - x_1) + \dots + \frac{1}{2}(f(x_{N-1}) + f(x_N))(x_N - x_{N-1})$$

