UNIVERSIDAD DE VALLADOLID
Departamento de Electricidad y Electrónica

OXIDACIÓN TÉRMICA. PROBLEMAS

1) Calcular el espesor de óxido resultante de la siguiente secuencia: 20 minutos en O_2 seco, seguidos de 20 minutos en O_2 húmedo, ambos a 1100°C. Suponer silicio <100>.

2) Una oblea de Si <100> tipo P con resistividad $\rho = 10\ \Omega\cdot$cm se somete a oxidación térmica húmeda a 1050°C para crecer un capa de óxido de 4500 Å de espesor.

a) Determinar el tiempo necesario para este proceso.

b) Después de la primera oxidación se abre una ventana para crecer un óxido de puerta a 1000°C durante 20 minutos en ambiente seco.
Calcular el espesor del óxido de puerta y del óxido de campo total.

c) Si se añadiera un 3% de HCl durante la oxidación seca del apartado *b)*, ¿cuál sería el espesor de los dos óxidos?

3) Se fabrica una unión lateral N^+P de silicio mediante difusión de fósforo en un substrato de tipo P con orientación <100>. El dopado de ambas zonas es $N_D = 8\cdot10^{20}$ cm^{-3} y $N_A = 10^{15}$ cm^{-3}. Si se realiza una oxidación seca a 900 °C durante 5 horas, calcular la diferencia de espesor del óxido entre los dos lados de la unión.

4) Se necesita obtener un óxido de campo de 1 µm de espesor para aislar los transistores en una cierta tecnología bipolar. Debido a condicionantes relacionados con la difusión de los dopantes y la formación de defectos, la oxidación se debe realizar a 1050°C. Calcular el tiempo necesario para realizar este proceso en ambiente húmedo:

a) A presión atmosférica.

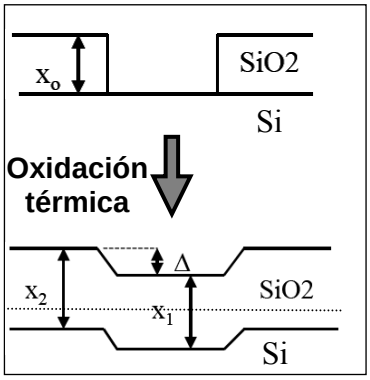
b) A 5 atm y 20 atm de presión, suponiendo que el coeficiente parabólico es proporcional a la presión de la cámara de oxidación.

5) ***a)*** En una cierta tecnología se requiere obtener un óxido de puerta de 1000 Å, mediante una oxidación seca a 1000°C. Si no existe óxido inicialmente, ¿cuánto tiempo será necesario?

b) Por consideraciones tecnológicas, se prefiere realizar la oxidación del apartado anterior en dos pasos. Primero se obtiene un óxido de 500 Å y después se hará una segunda oxidación hasta el espesor total de 1000 Å. Si ambas oxidaciones se realizan a 1000°C en oxígeno seco, ¿cuánto tiempo es necesario para cada una?

c) Suponer que la especie O_2^- tiene un coeficiente de difusión doble que el del O_2 neutro, y una reactividad superficial 10 veces mayor. Los valores para la energía de activación térmica del coeficiente de reacción superficial son los mismos para ambas especies. Repetir el apartado *a)* en una cámara de oxidación a 1 atm de presión de O_2^-.

6) Se está interesado en la diferencia de espesor de óxido ($x_1 - x_2$) después de la oxidación térmica húmeda de una ventana de óxido sobre una oblea de silicio (ver dibujo).



a) Demostrar:

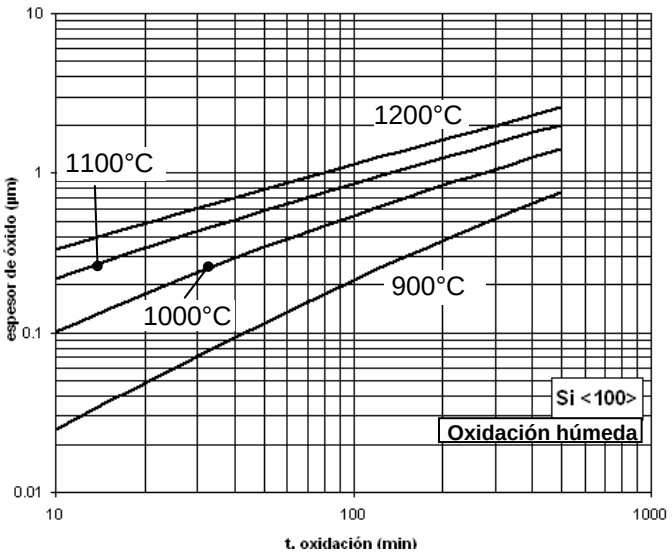
$$(x_2 - x_1) = x_0 \cdot \frac{A + x_0}{A + x_1 + x_2}$$

b) Expresar la diferencia de altura de la superficie del óxido fuera y dentro de la ventana, Δ, en función de x_0, x_1 y x_2.

c) Razonar muy brevemente cuál sería la variación de Δ si:

(i) el espesor inicial del óxido fuese mayor

(ii) se aumentase el tiempo de oxidación, con el mismo espesor inicial de óxido.

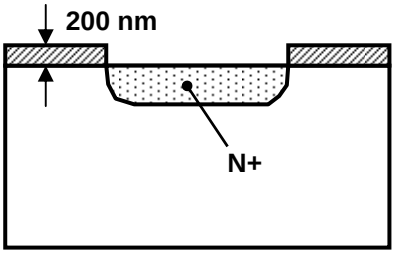


7º) Sobre la superficie plana de una oblea de Si se han depositado 4000 Å de óxido de campo. En él se abre una ventana para realizar la difusión de base de un transistor. Esta difusión se realiza en ambiente oxidante húmedo durante 33 minutos a 1100°C.

- ***a)*** Al final de la difusión/oxidación, ¿cuál es el espesor del óxido en las regiones de base y de óxido de campo?
- ***b)*** Si se elimina totalmente el óxido, ¿de qué altura es el escalón que queda entre las dos regiones en la superficie del silicio?

Usar la gráfica adjunta.

8) Se desea oxidar la oblea de la figura a 900°C en ambiente húmedo. Se puede suponer una constante lineal 4 veces mayor en la zona N+ que en la zona cubierta por el óxido. ¿En algún momento el espesor de los óxidos en las dos zonas será igual? Si es así, ¿qué tiempo se tardaría en alcanzar esta condición? ¿Es razonable pensar que la constante parabólica en las dos zonas será similar?



9) Sobre la superficie plana de una oblea de silicio <100> con un dopado bajo se deposita 1 µm de óxido y se abre una ventana dejando en ella el silicio al descubierto. Seguidamente se introduce la oblea en el horno de oxidación a 1000°C en ambiente húmedo.

- ***a)*** Calcular el tiempo necesario t_{tot} para que el espesor de óxido en la ventana sea el 40% del que haya fuera de ella.
- ***b)*** Seguidamente se elimina todo el óxido. ¿Cuál es la diferencia de altura del silicio entre las dos zonas?
- ***c)*** Si antes de hacer la oxidación se hace una implantación con dosis muy alta en la oblea, ¿el tiempo t_{tot} sería mayor o menor que en el apartado a)?

10) En una oblea de silicio (100) tipo P se ha difundido fósforo. La unión PN resultante tiene una profundidad de 0.125 µm. Los dopados de las dos zonas no son elevados.

- ***a)*** Una vez formada la unión, se forma sobre la oblea un óxido de alta calidad a 1200°C durante una hora. ¿Cuál es el espesor de óxido después de este paso?
- ***b)*** Después del proceso anterior la oblea se vuelve a oxidar. No es necesario que este nuevo óxido sea de calidad, y sin embargo, sí que es importante que el crecimiento sea rápido. El espesor final del óxido es 0.12 µm más ancho que el obtenido en el paso (a). ¿Qué tiempo se necesita para el segundo paso?
- ***c)*** Después de (b), ¿todavía puede existir la unión PN?

11) Se crea una trinchera de 1µm de anchura mediante grabado en una oblea de silicio tipo N. Las caras de la trinchera son planos <100>. Se realiza una oxidación húmeda a 1100°C de forma que la trinchera quede totalmente llena de óxido. Debido a la relación de aspecto, se puede despreciar el óxido que crece en el fondo de la trinchera, y considerar sólo la oxidación de las caras laterales.

- **a)** ¿Qué tiempo se tarda en completar la oxidación?
- **b)** Suponer que antes de la oxidación se ha hecho una implantación oblicua que introduce un dopado N^+ en la cara izquierda de la trinchera, lo que incrementa la constante lineal en un factor 4 en esa zona. Si se realiza una oxidación en las mismas condiciones que el apartado anterior, ¿cuánto tiempo tardará? ¿Cuál será el espesor de óxido crecido en cada una de las caras? Realizar las aproximaciones que se consideren convenientes para resolver este apartado.