

[86.03/66.25] Dispositivos Semiconductores
1er Cuatrimestre 2020

Juntura PN

Guia 2. Ej 7: Se tiene una juntura P^+N donde se sabe que sin potencial aplicado el máximo valor alcanzado por el campo eléctrico es $|E_0| = 10 \text{ kV/cm}$ y que $N_D = 4.5 \times 10^{14} \text{ cm}^{-3}$.

a) ¿Cuál es la concentración N_A de la juntura?

Guia 2. Ej 7: Se tiene una juntura P^+N donde se sabe que sin potencial aplicado el máximo valor alcanzado por el campo eléctrico es $|E_0| = 10 \text{ kV/cm}$ y que $N_D = 4.5 \times 10^{14} \text{ cm}^{-3}$.

a) ¿Cuál es la concentración N_A de la juntura?

Recordemos:

- ¿Que significa P^+N ?



$N_A \gg N_D$

Muy asimétrica

Guia 2. Ej 7: Se tiene una juntura P^+N donde se sabe que sin potencial aplicado el máximo valor alcanzado por el campo eléctrico es $|E_0| = 10 \text{ kV/cm}$ y que $N_D = 4.5 \times 10^{14} \text{ cm}^{-3}$.

a) ¿Cuál es la concentración N_A de la juntura?

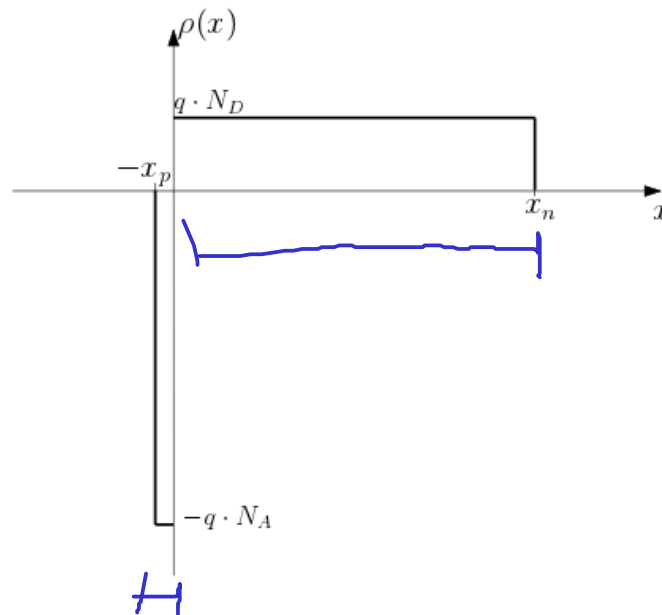
Recordemos:

- ¿Que significa P^+N ?



Muy asimétrica

- ¿ $|E_0|$?

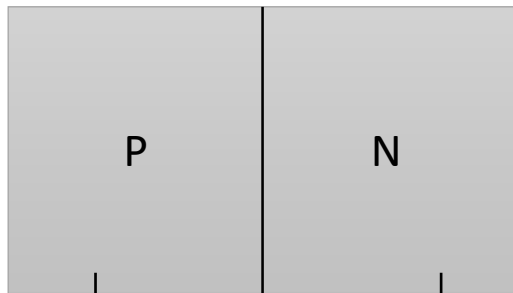


Guia 2. Ej 7: Se tiene una juntura P^+N donde se sabe que sin potencial aplicado el máximo valor alcanzado por el campo eléctrico es $|E_0| = 10 \text{ kV/cm}$ y que $N_D = 4.5 \times 10^{14} \text{ cm}^{-3}$.

a) ¿Cuál es la concentración N_A de la juntura?

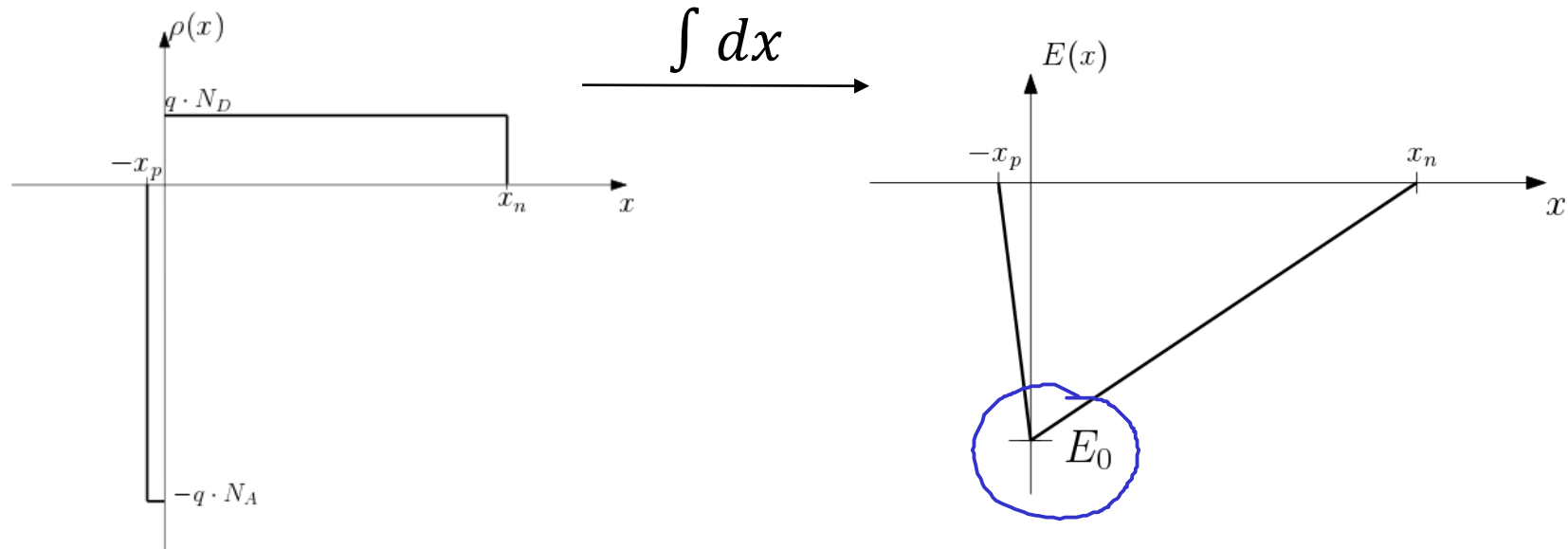
Recordemos:

- ¿Que significa P^+N ?



Muy asimétrica

- ¿ $|E_0|$?



$$|E_0| = \sqrt{\frac{2 q \phi_B N_A N_D}{\epsilon_{Si} (N_A + N_D)}}$$



$\phi_B \rightarrow$ Potencial de built-in o de juntura

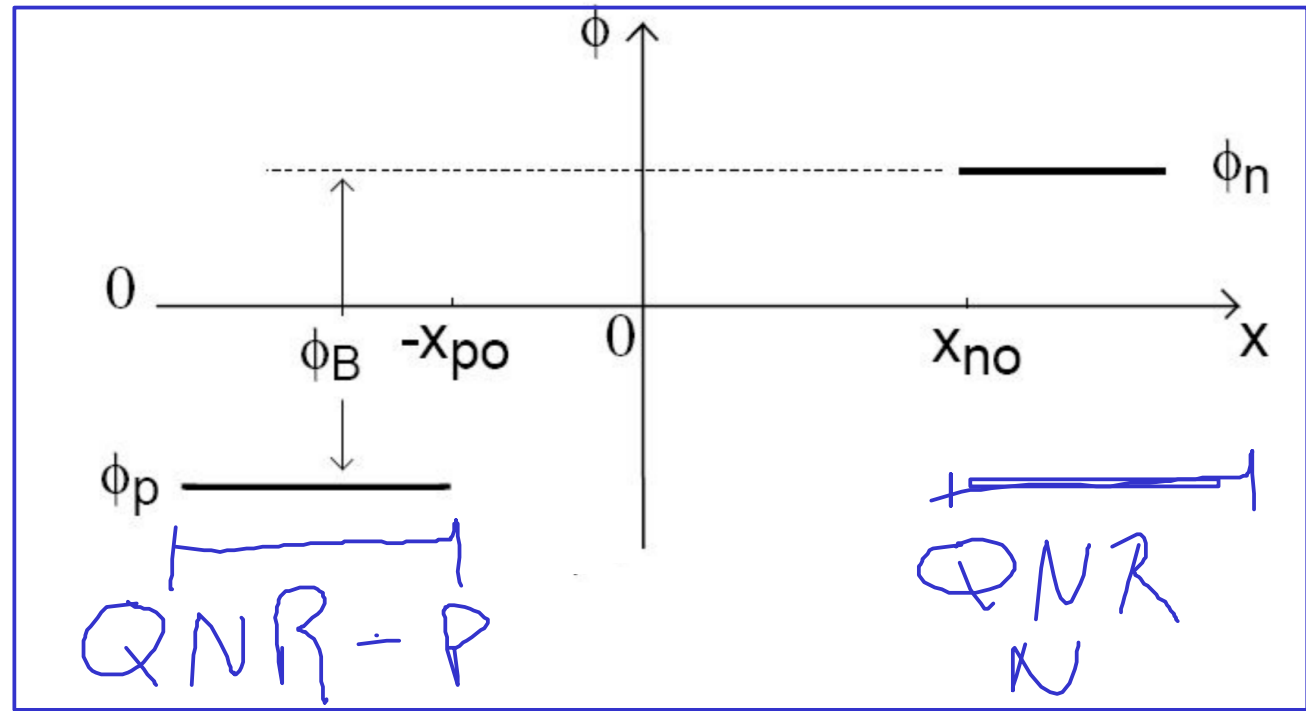
$$\epsilon_{Si} = 11.7 \epsilon_0$$

$$|E_0| = \sqrt{\frac{2 q \phi_B N_A N_D}{\epsilon_{Si} (N_A + N_D)}} \longrightarrow \begin{array}{l} \phi_B \rightarrow \text{Potencial de built-in o de juntura} \\ \epsilon_{Si} = 11.7 \epsilon_0 \end{array}$$

Para simplificar la resolución notemos que si $N_A \gg N_D \rightarrow (N_A + N_D) \approx N_A$

$$|E_0| \underset{N_A \gg N_D}{\approx} \sqrt{\frac{2 q \phi_B \cancel{N_A} N_D}{\epsilon_{Si} \cancel{N_A}}} \longrightarrow \phi_B = 718 \text{ mV}$$

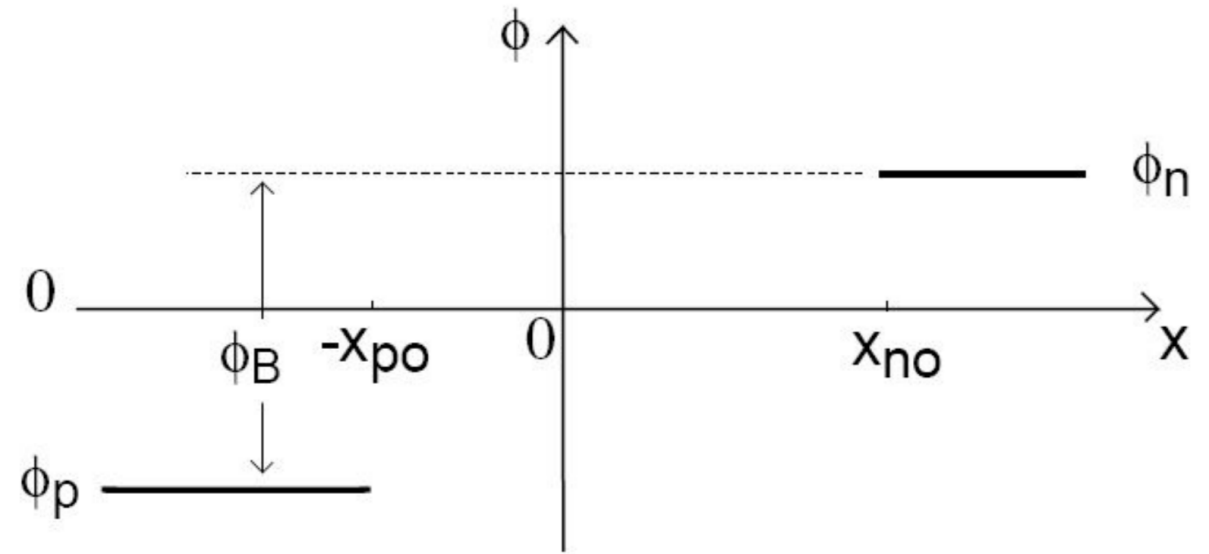
$$\longrightarrow \phi_B = \phi_n - \phi_p$$



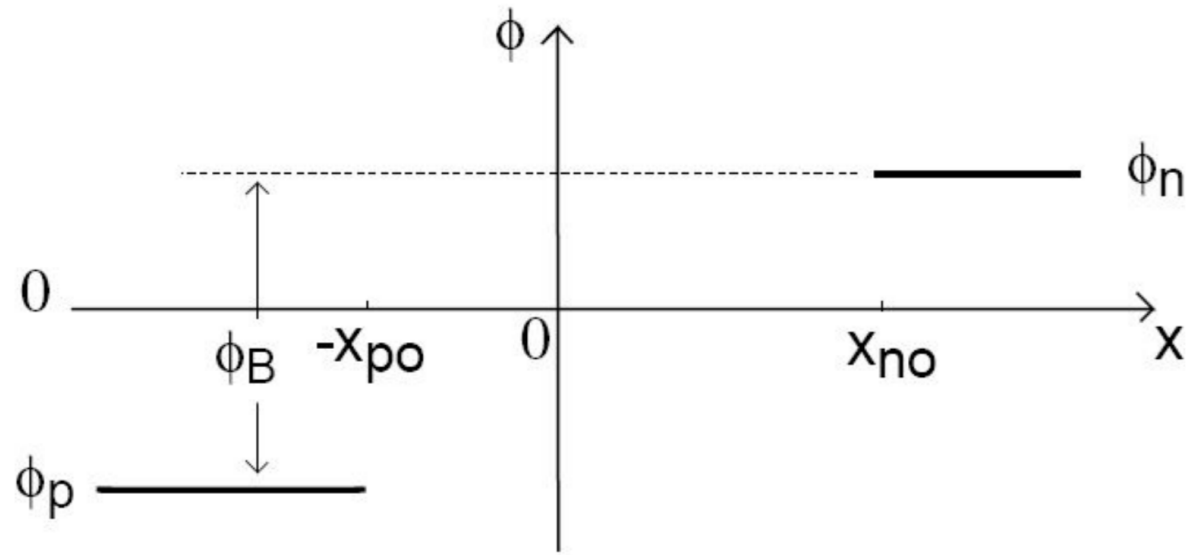
$$\longrightarrow \phi_B = \phi_n - \phi_p$$

$$\phi_p = -V_{th} \ln \frac{p_o}{n_i}$$

$$\phi_n = V_{th} \ln \frac{n_o}{n_i}$$



$$\longrightarrow \phi_B = \phi_n - \phi_p = 718 \text{ mV}$$



$$\phi_p = -V_{th} \ln \frac{p_o}{n_i} \stackrel{\substack{\text{En QNR-P: } p_o = N_A \\ \uparrow}}{=} -V_{th} \ln \frac{N_A}{n_i}$$

$$\boxed{\phi_n = V_{th} \ln \frac{n_o}{n_i} \stackrel{\substack{\downarrow \\ \text{En QNR-N: } n_o = N_D}}{=} V_{th} \ln \frac{N_D}{n_i}}$$

$$N_A, N_D \gg n_i$$

$$\longrightarrow \phi_B = \phi_n - \phi_p = 718 \text{ mV}$$

$$\phi_n = V_{th} \ln \frac{N_D}{n_i} = 277 \text{ mV}$$

Datos:

- $T = 300 \text{ K}$
- $n_i = 10^{10} \text{ cm}^{-3}$
- $V_{th} = \frac{kT}{q} = 25.9 \text{ mV}$
- $N_D = 4.5 \times 10^{14} \text{ cm}^{-3}$

$$\longrightarrow \phi_B = \phi_n - \phi_p = 718 \text{ mV}$$

$$\phi_n = V_{th} \ln \frac{N_D}{n_i} = 277 \text{ mV}$$

Datos:

- $T = 300 \text{ K}$
- $n_i = 10^{10} \text{ cm}^{-3}$
- $V_{th} = \frac{kT}{q} = 25.9 \text{ mV}$
- $N_D = 4.5 \times 10^{14} \text{ cm}^{-3}$

$$\phi_p = \phi_n - \phi_B = -441 \text{ mV}$$

$$\longrightarrow \phi_p = -V_{th} \ln \left(\frac{N_A}{n_i} \right)$$

$$N_A = n_i \exp \left(-\frac{\phi_p}{V_{th}} \right) = 2.5 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$$

$$\longrightarrow \phi_B = \phi_n - \phi_p = 718 \text{ mV}$$

$$\phi_n = V_{th} \ln \frac{N_D}{n_i} = 277 \text{ mV}$$

$$\phi_p = \phi_n - \phi_B = -441 \text{ mV}$$

$$\longleftarrow N_A = n_i \exp\left(-\frac{\phi_p}{V_{th}}\right) = 2.5 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$$

Notemos que se cumple que $N_A \gg N_D$

Datos:

- $T = 300 \text{ K}$
- $n_i = 10^{10} \text{ cm}^{-3}$
- $V_{th} = \frac{kT}{q} = 25.9 \text{ mV}$
- $N_D = 4.5 \times 10^{14} \text{ cm}^{-3}$

P⁺N

b) Sabiendo que el $|E|$ de ruptura del silicio es 170 kV/cm, ¿cuál es el máximo valor de N_A que puede utilizarse en esta juntura?

b) Sabiendo que el $|E|$ de ruptura del silicio es 170 kV/cm, ¿cuál es el máximo valor de N_A que puede utilizarse en esta juntura?

Usando el mismo procedimiento de antes, se obtiene un valor de $\phi_B = 207 V...$

b) Sabiendo que el $|E|$ de ruptura del silicio es 170 kV/cm, ¿cuál es el máximo valor de N_A que puede utilizarse en esta juntura?

Usando el mismo procedimiento de antes, se obtiene un valor de $\phi_B = 207 V...$

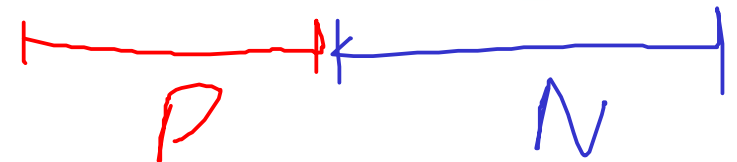
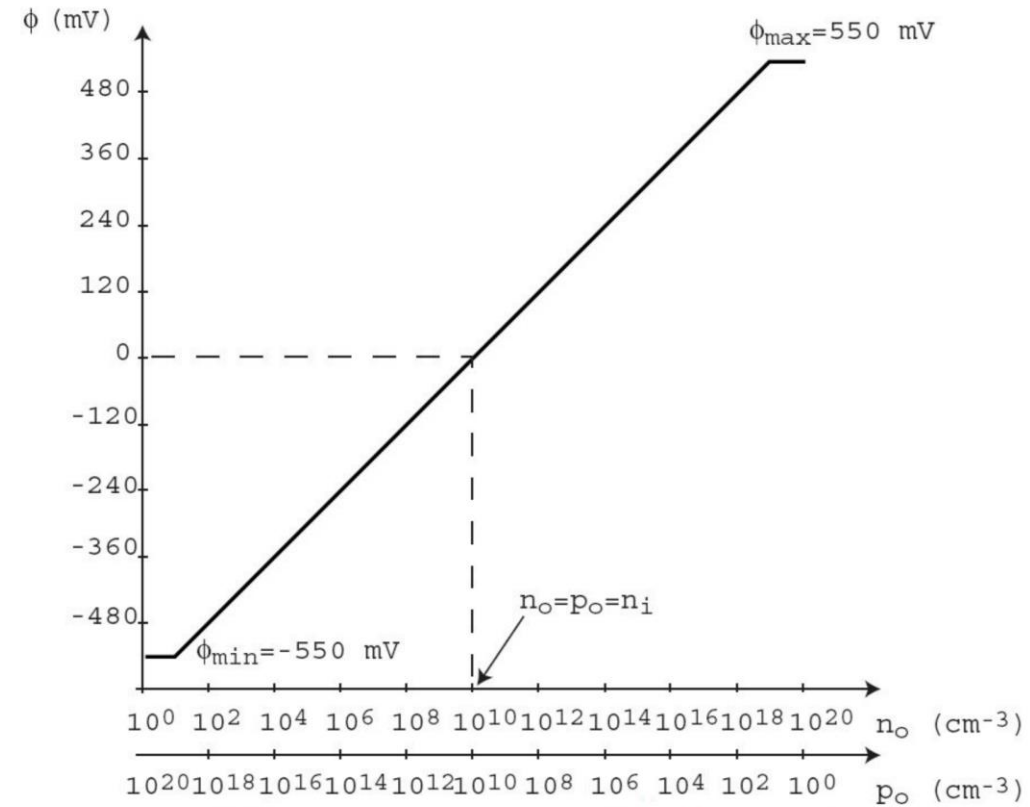
↳ Es un valor absurdo de $\phi_B...$

b) Sabiendo que el $|E|$ de ruptura del silicio es 170 kV/cm, ¿cuál es el máximo valor de N_A que puede utilizarse en esta juntura?

Usando el mismo procedimiento de antes, se obtiene un valor de $\phi_B = 207 V...$

Es un valor absurdo de $\phi_B...$

ϕ de silicio no puede exceder 550 mV o ser menor a -550 mV

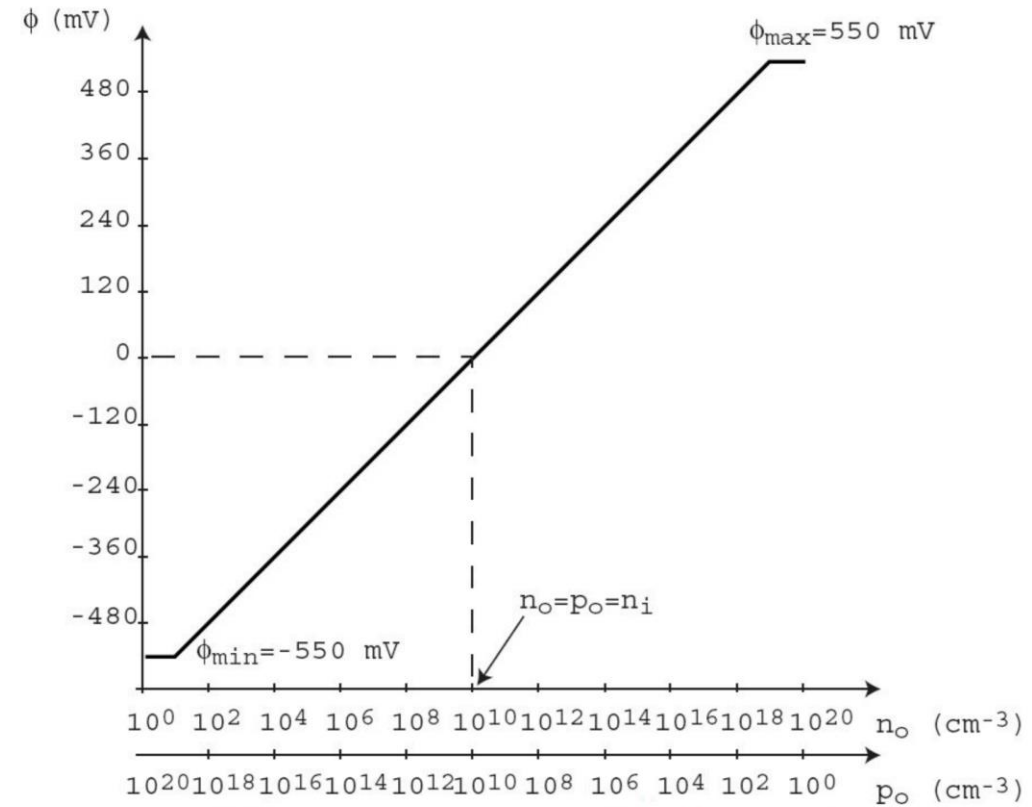


b) Sabiendo que el $|E|$ de ruptura del silicio es 170 kV/cm, ¿cuál es el máximo valor de N_A que puede utilizarse en esta juntura?

Usando el mismo procedimiento de antes, se obtiene un valor de $\phi_B = 207 V...$

↳ Es un valor absurdo de $\phi_B...$

→ ϕ de silicio no puede exceder 550 mV o ser menor a -550 mV



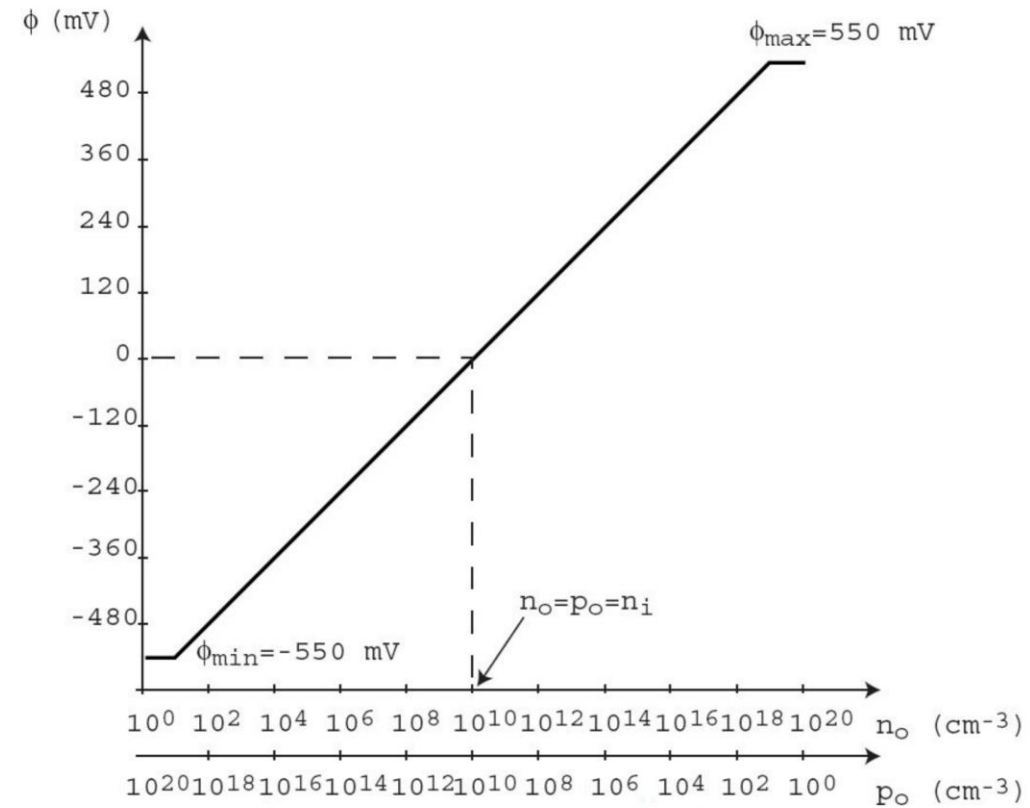
b) Sabiendo que el $|E|$ de ruptura del silicio es 170 kV/cm, ¿cuál es el máximo valor de N_A que puede utilizarse en esta juntura?

Usando el mismo procedimiento de antes, se obtiene un valor de $\phi_B = 207 V...$

↳ Es un valor absurdo de $\phi_B...$

→ ϕ de silicio no puede exceder 550 mV o ser menor a -550 mV

→ Para el caso de una juntura PN significa que: $\begin{cases} 0 \leq \phi_n \leq 550 \text{ mV} \\ 0 \geq \phi_p \geq -550 \text{ mV} \end{cases}$



b) Sabiendo que el $|E|$ de ruptura del silicio es 170 kV/cm, ¿cuál es el máximo valor de N_A que puede utilizarse en esta juntura?

Usando el mismo procedimiento de antes, se obtiene un valor de $\phi_B = 207 V...$

Es un valor absurdo de $\phi_B...$

ϕ de silicio no puede exceder 550 mV o ser menor a -550 mV

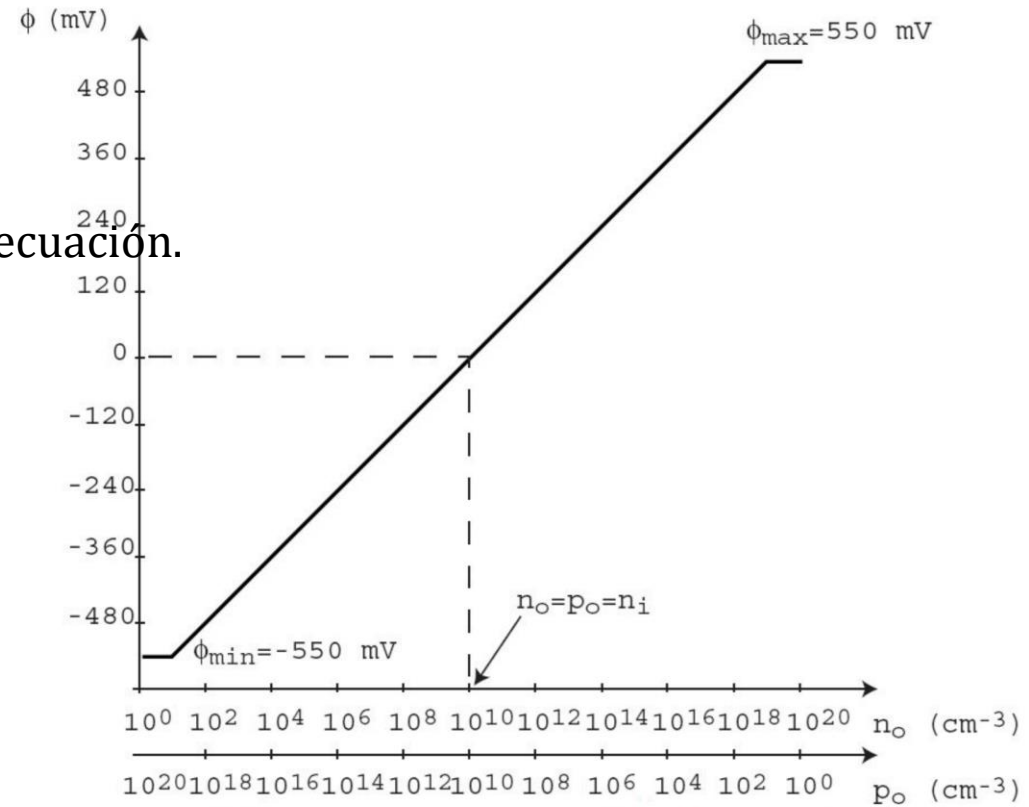
Escriba aquí la ecuación.

Para el caso de una juntura PN significa que: $\begin{cases} 0 \leq \phi_n \leq 550 \text{ mV} \\ 0 \geq \phi_p \geq -550 \text{ mV} \end{cases}$

Existe un $\phi_{B_{MAX}} = \phi_{n_{MAX}} - \phi_{p_{MIN}} = 1.1 V \ll 207 V$

$$N_D = 10^{20} \text{ cm}^{-3}$$

$$N_A = 10^{20} \text{ cm}^{-3}$$



Para nuestro caso con $N_D = 4.5 \times 10^{14} \text{ cm}^{-3}$:

Para nuestro caso con $N_D = 4.5 \times 10^{14} \text{ cm}^{-3}$:

$$\phi_{B_{MAX}} = 277 \text{ mV} - (-550 \text{ mV}) = 827 \text{ mV} \ll 207 \text{ V}$$



$$\rightarrow N_A = 10^{20} \text{ cm}^{-3}$$

Para nuestro caso con $N_D = 4.5 \times 10^{14} \text{ cm}^{-3}$:

$$\phi_{B_{MAX}} = 277 \text{ mV} - (-550 \text{ mV}) = 827 \text{ mV} \ll 207 \text{ V}$$

Con ningún $N_A \leq 10^{20} \text{ cm}^{-3}$ llego al campo máximo.

Para nuestro caso con $N_D = 4.5 \times 10^{14} \text{ cm}^{-3}$:

$$\phi_{B_{MAX}} = 277 \text{ mV} - (-550 \text{ mV}) = 827 \text{ mV} \ll 207 \text{ V}$$

Con ningún $N_A \leq 10^{20} \text{ cm}^{-3}$ llego al campo máximo.

El máximo valor sería $N_A = 10^{20} \text{ cm}^{-3}$

c) Suponiendo ahora que $N_D = 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ ¿Cuál es máximo valor de N_A que puede utilizarse en la juntura?

c) Suponiendo ahora que $N_D = 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ ¿Cuál es máximo valor de N_A que puede utilizarse en la juntura?

→ Volvamos a la formula de $|E_0|$:

$$|E_0| = \sqrt{\frac{2 q \phi_B N_A N_D}{\epsilon_{Si} (N_A + N_D)}} < \underbrace{170 \frac{\text{kV}}{\text{cm}}}$$

c) Suponiendo ahora que $N_D = 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ ¿Cuál es máximo valor de N_A que puede utilizarse en la juntura?

→ Volvamos a la formula de $|E_0|$:

$$|E_0| = \sqrt{\frac{2 q \phi_B N_A N_D}{\epsilon_{Si} (N_A + N_D)}} < 170 \frac{\text{kV}}{\text{cm}}$$

→ En principio suponemos que sigue siendo P^+N . Despejando obtenemos $\phi_B < 935 \text{ mV}$ ($< 1,1 \text{ V}$).

↳ $N_A \gg N_D$

c) Suponiendo ahora que $N_D = 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ ¿Cuál es máximo valor de N_A que puede utilizarse en la juntura?

→ Volvamos a la formula de $|E_0|$:

$$|E_0| = \sqrt{\frac{2 q \phi_B N_A N_D}{\epsilon_{Si} (N_A + N_D)}} < 170 \frac{\text{kV}}{\text{cm}}$$

→ En principio suponemos que sigue siendo P^+N . Despejando obtenemos $\phi_B < 935 \text{ mV}$ ($< 1,1 \text{ V}$).

→ Con el nuevo valor de $\phi_n = 417 \text{ mV}$ obtenemos $\phi_p = -533 \text{ mV}$ $< -530 \text{ mV}$

$$N_A = 1.82 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3} < 10^{20} \text{ cm}^{-3}$$

→ $N_A \gg N_D$

c) Suponiendo ahora que $N_D = 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ ¿Cuál es máximo valor de N_A que puede utilizarse en la juntura?

→ Volvamos a la formula de $|E_0|$:

$$|E_0| = \sqrt{\frac{2 q \phi_B N_A N_D}{\epsilon_{Si} (N_A + N_D)}} < \underbrace{170 \frac{\text{kV}}{\text{cm}}}$$

$$\frac{N_D = 4,5 \times 10^{14} \text{ cm}^{-3}}{N_A = 10^{20}}$$

→ En principio suponemos que sigue siendo P^+N . Despejando obtenemos $\phi_B < 935 \text{ mV}$ ($< 1,1 \text{ V}$).

→ Con el nuevo valor de $\phi_n = 417 \text{ mV}$ obtenemos $\phi_p = -533 \text{ mV}$

$$\boxed{N_A = 1.82 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}} < 10^{20} \text{ cm}^{-3}$$

Concentraciones altas de N_A y N_D aumentan el campo en la juntura.