به نام خدا

فیزیک الکترونیک
الکتروستاتیک پیوندهای pn

ارائه دهنده: حسین کرمی طاهری

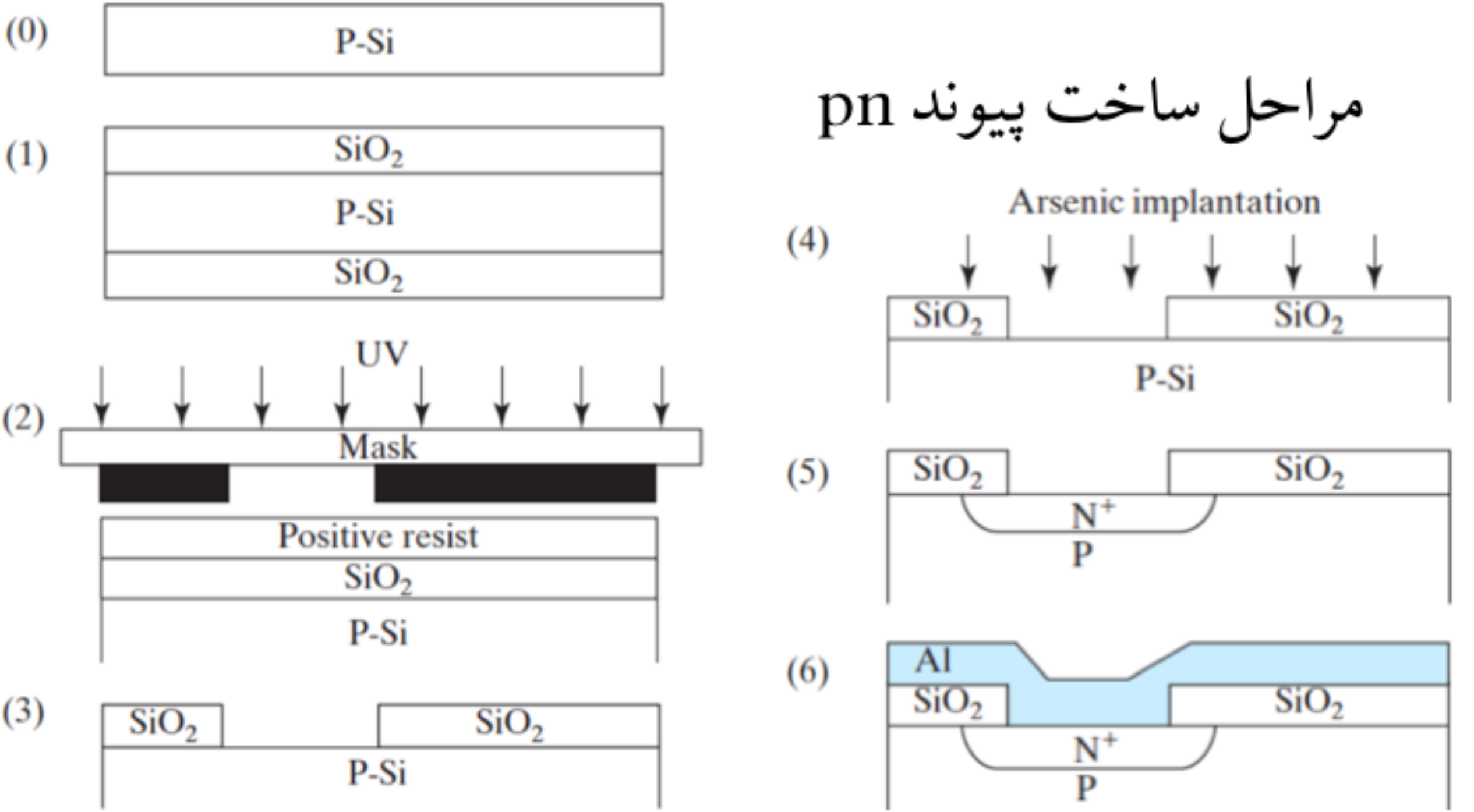
ویفرهای نیمه هادی

300mm and 450mm Si Wafers

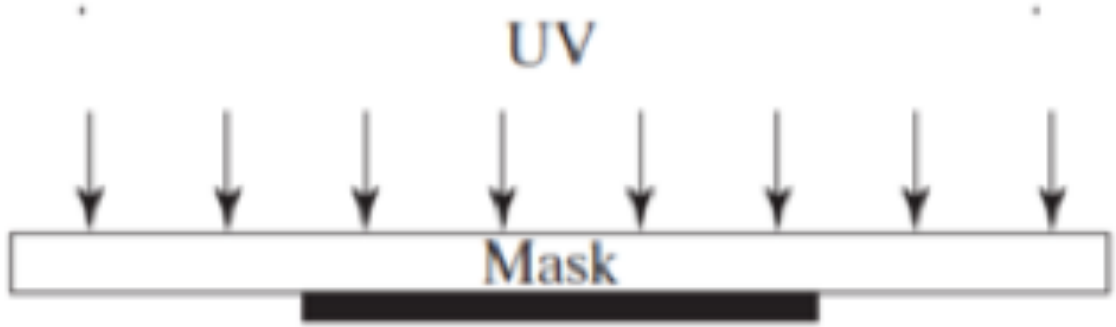
- ادوات نیمه هادی بر روی ویفرهای نیمه هادی ساخته می شوند.

- روابط مربوط به نیمه هادی ها برای بررسی ادوات نیمه هادی مورد استفاده قرار می گیرند

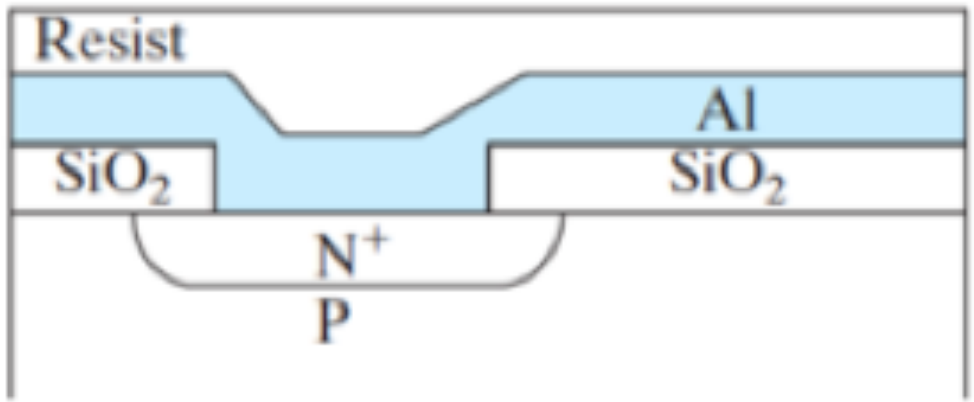
مراحل ساخت پیوند pn



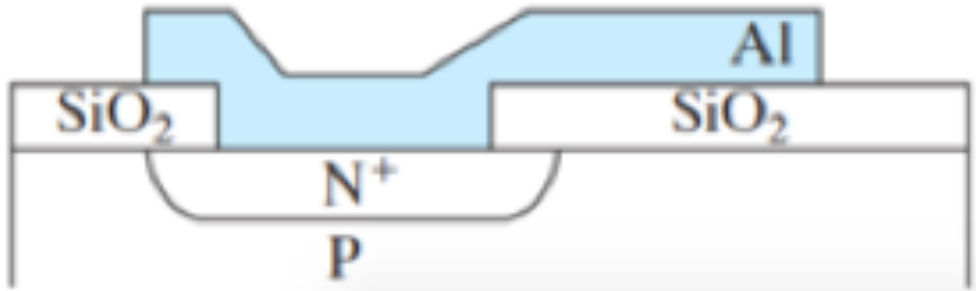
مراحل ساخت پیوند pn



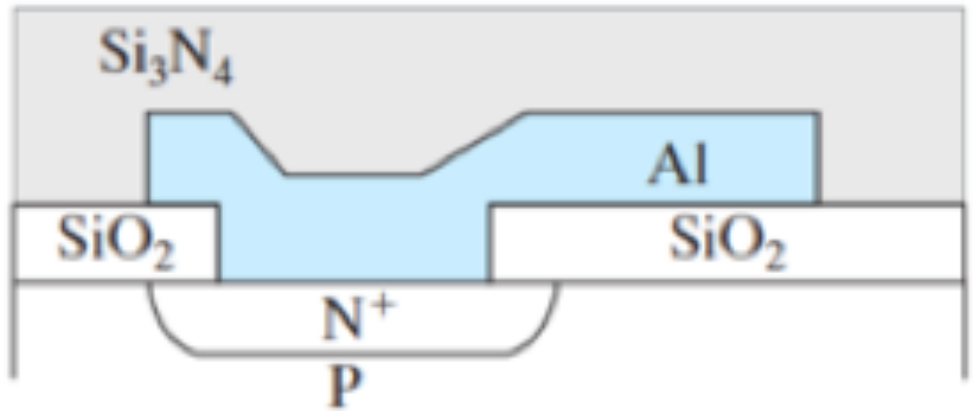
(7)



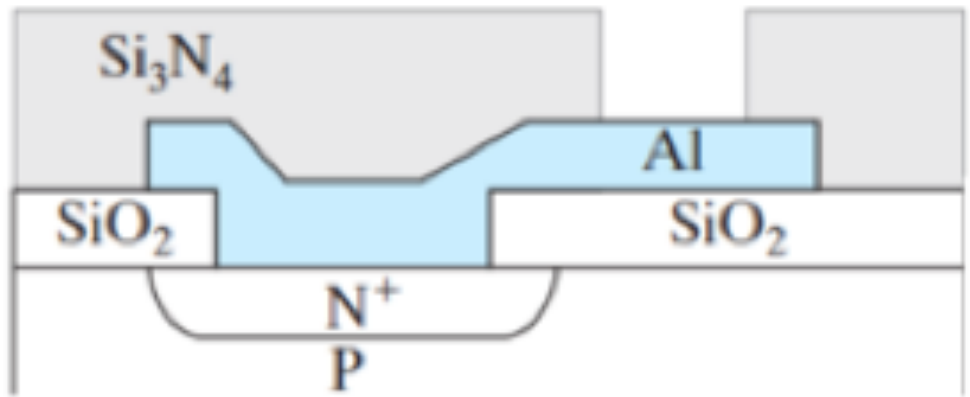
(8)



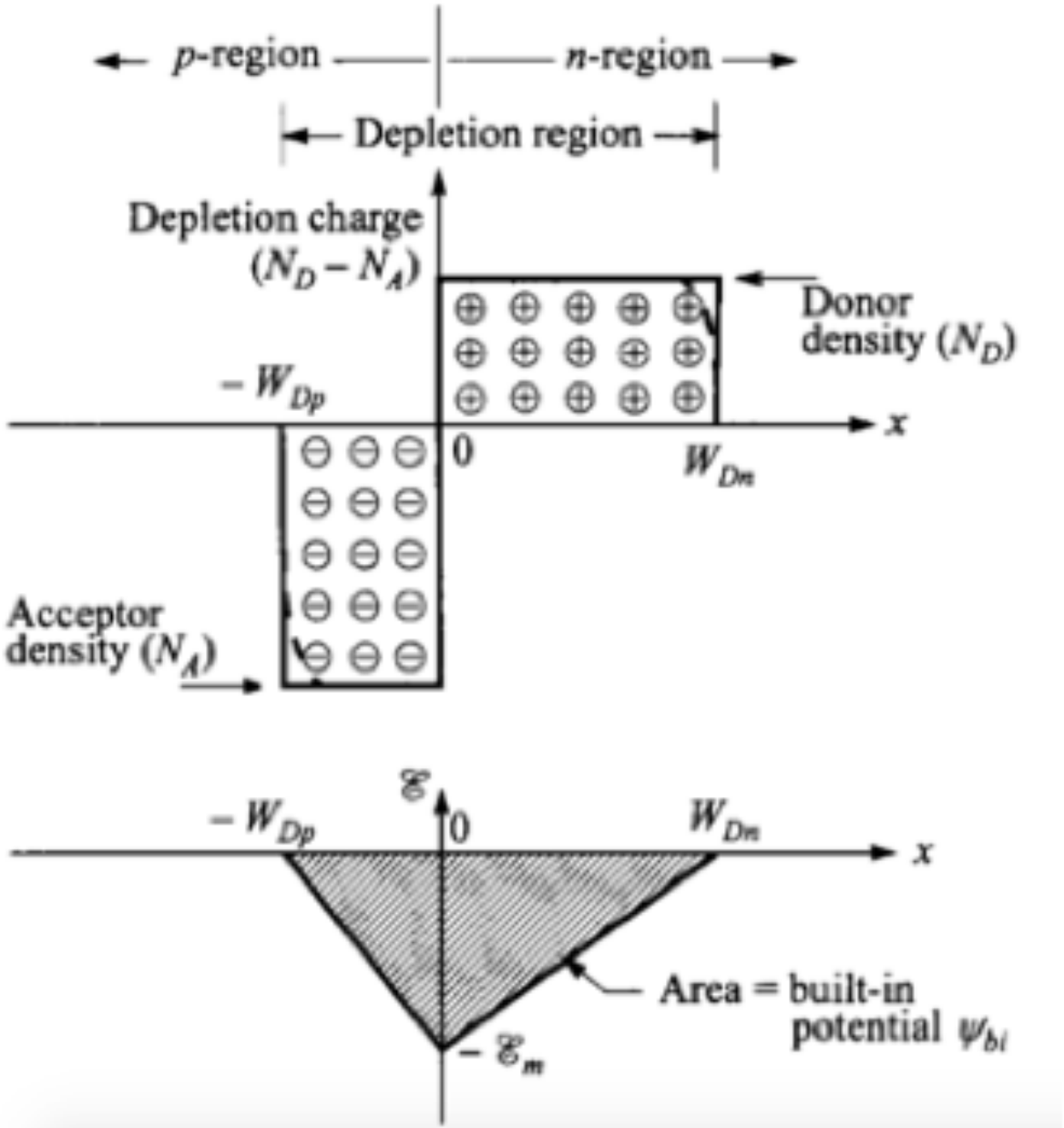
(9)



(10)



پیوند تیز– Abrupt



$$\rho = \begin{cases} -qN_A & -W_{Dp} < x < 0 \\ +qN_D & 0 < x < W_{Dn} \\ 0 & Otherwise \end{cases}$$

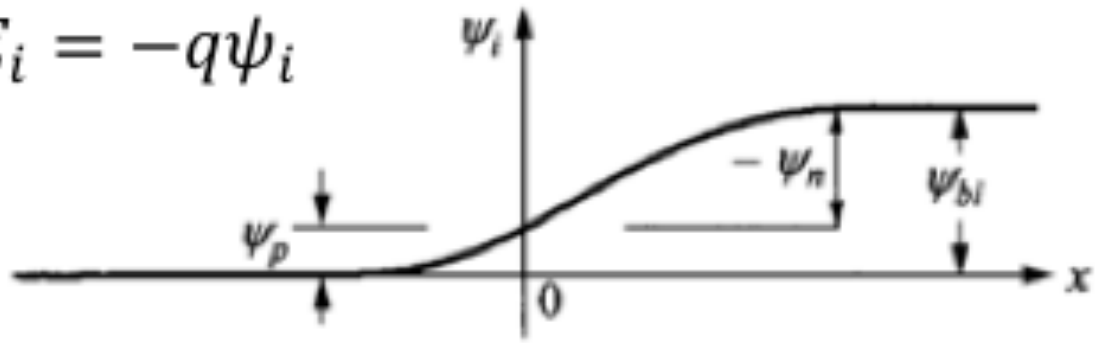
$$\frac{d^2\psi_i}{dx^2} = -\frac{dE}{dx} = -\frac{\rho}{\varepsilon_s}$$

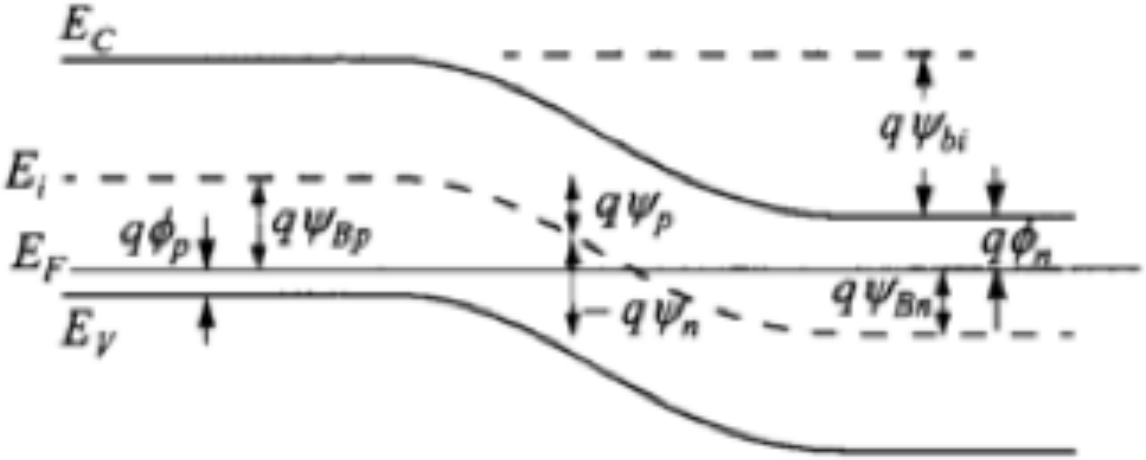
$$E = \begin{cases} -\dfrac{qN_A(x + W_{Dp})}{\varepsilon_s} & -W_{Dp} < x < 0 \\ -E_m + \dfrac{qN_D x}{\varepsilon_s} & 0 < x < W_{Dn} \\ 0 & Otherwise \end{cases}$$

پیوند تیز– Abrupt

$$\psi_i = \begin{cases} \dfrac{qN_A}{2\varepsilon_s}\left(x + W_{Dp}\right)^2 & -W_{Dp} < x < 0 \\ \psi_i(0) + \dfrac{qN_D x}{\varepsilon_s}\left(W_{Dn} - \dfrac{x}{2}\right) & 0 < x < W_{Dn} \\ \psi_{bi} & x > W_{Dn} \end{cases}$$

$$E_i = -q\psi_i$$





$$\psi_p = \frac{qN_A W_{Dp}^2}{2\varepsilon_s} \qquad \psi_n = \frac{qN_D W_{Dn}^2}{2\varepsilon_s}$$

$$\psi_{bi} = \psi_p + \psi_n = \psi_i(W_{Dn}) = \frac{E_m}{2} W_D$$

$$W_D = W_{Dp} + W_{Dn}$$

$$E_m = \frac{qN_A W_{Dp}}{\varepsilon_s} = \frac{qN_D W_{Dn}}{\varepsilon_s}$$

عرض نواحی تخلیه

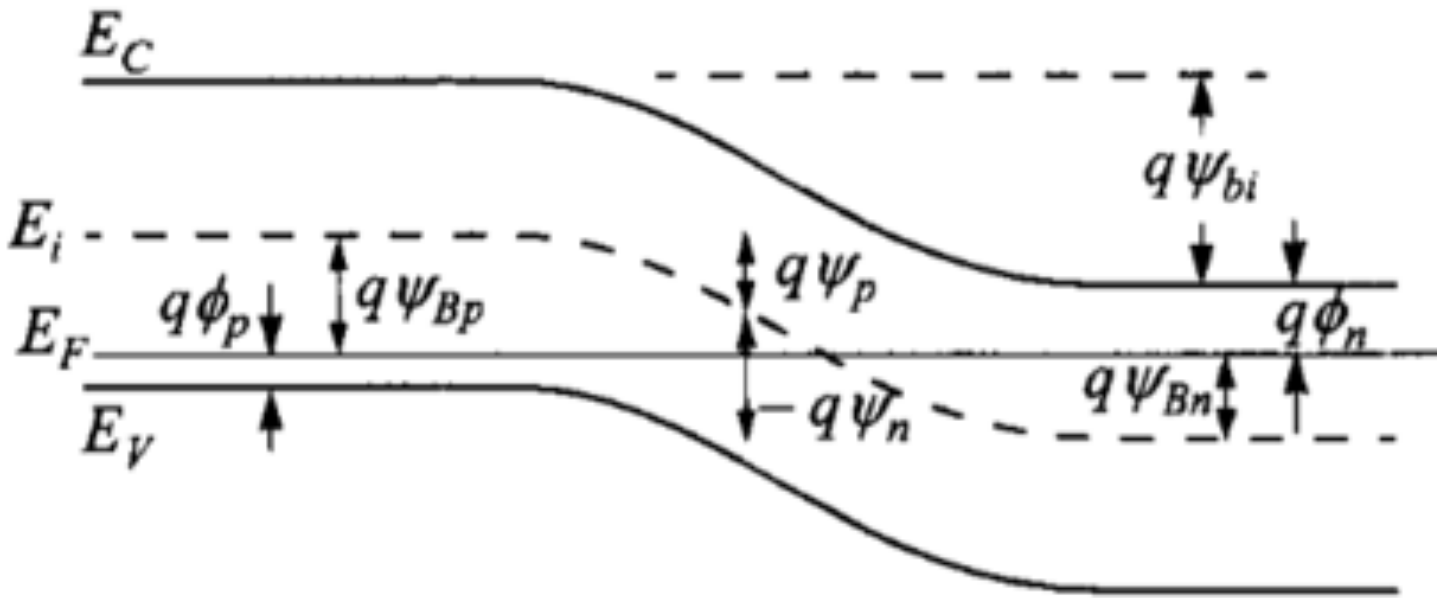
$$\psi_{bi} = \frac{E_m}{2} W_D \ , \ E_m = \frac{qN_A W_{Dp}}{\varepsilon_s}$$

$$W_D = W_{Dp} + W_{Dn} \ , \ N_A W_{Dp} = N_D W_{Dn}$$

$$W_{Dp} = \sqrt{\frac{2\varepsilon_s(\psi_{bi} - V)}{q} \frac{N_D}{N_A(N_A + N_D)}}$$

$$W_{Dn} = \sqrt{\frac{2\varepsilon_s(\psi_{bi} - V)}{q} \frac{N_A}{N_D(N_A + N_D)}}$$

$$W_D = \sqrt{\frac{2\varepsilon_s(\psi_{bi} - V)}{q} \frac{N_A + N_D}{N_A N_D}}$$



$$q\psi_{bi} = E_g - q\phi_n - q\phi_p \Longrightarrow \psi_{bi} = \frac{k_B T}{q} \ln \frac{N_A N_D}{n_i^2}$$

پیوند یک طرفه

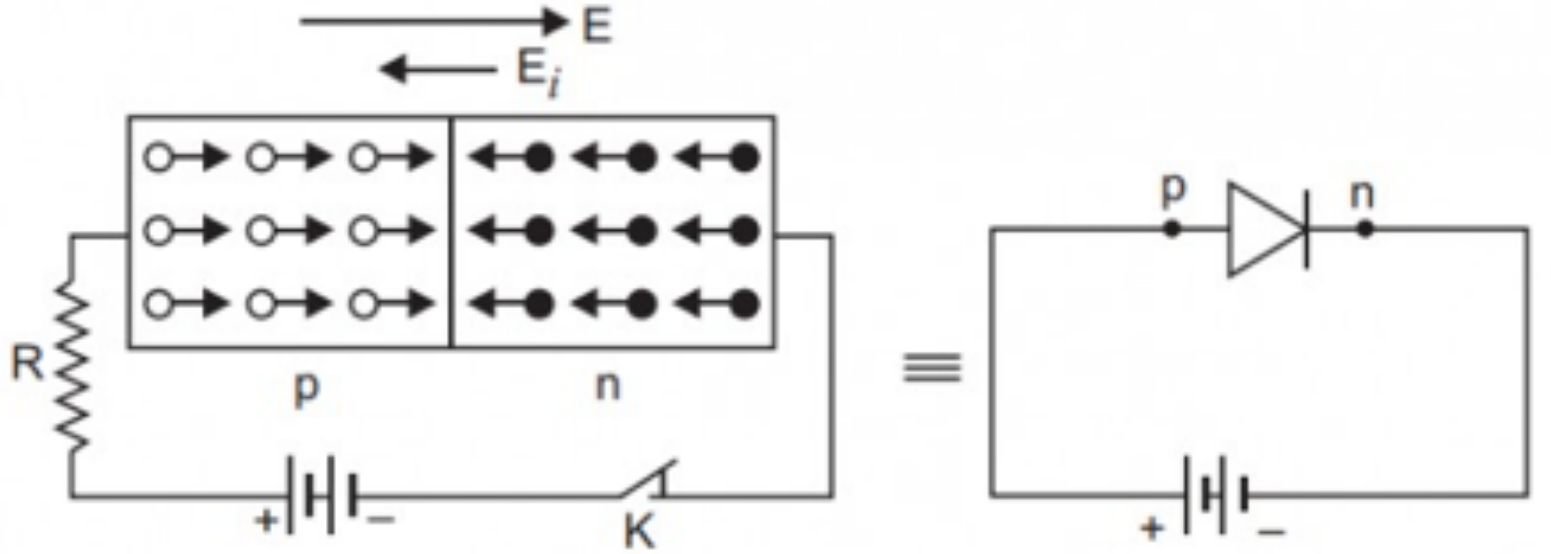
- دوپینگ در یک سمت بسیار بیشتر است: $n^+p\ ,\ p^+n$

- عرض ناحیه تخلیه در سمتی که دوپینگ بیشتر است قابل صرف نظر کردن است:

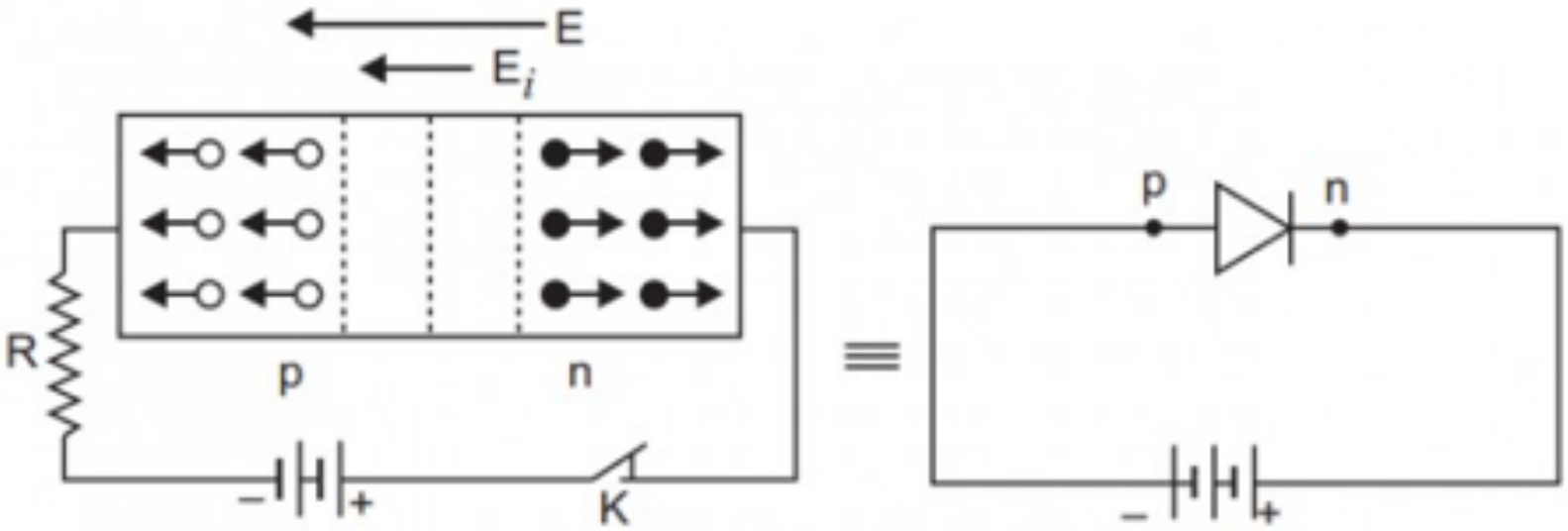
$$N_A W_{Dp} = N_D W_{Dn}$$

- عرض ناحیه تخلیه در سمتی که دوپینگ کمتر است قرار می‌گیرد: $W_D = \sqrt{\frac{2\varepsilon_s(\psi_{bi}-V)}{qN}}$

اعمال ولتاژ



Forward current



Reverse current

Reverse biasing

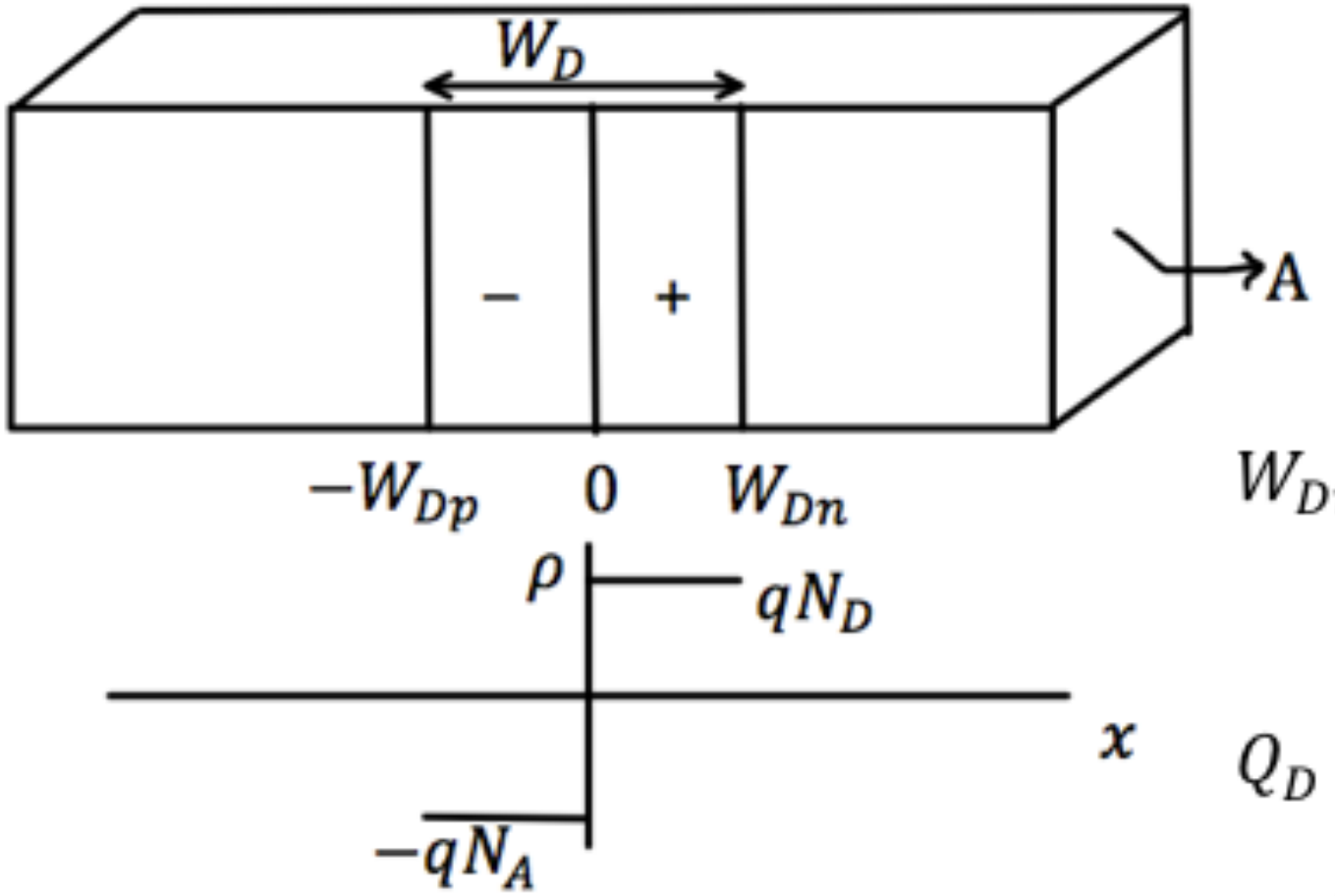
$$W_{Dp} = \sqrt{\frac{2\varepsilon_s(\psi_{bi} - V)}{q}\frac{N_D}{N_A(N_A + N_D)}}$$

$$W_{Dn} = \sqrt{\frac{2\varepsilon_s(\psi_{bi} - V)}{q}\frac{N_A}{N_D(N_A + N_D)}}$$

$$W_D = \sqrt{\frac{2\varepsilon_s(\psi_{bi} - V)}{q}\frac{N_A + N_D}{N_A N_D}}$$

ولتاژ اعمالی با پلاریته قراردادی: V

خازن ناحیه تخلیه:



$$W_{Dn} = \sqrt{\frac{2\varepsilon_s(\psi_{bi} - V)}{q}\frac{N_A}{N_D(N_A + N_D)}}$$

$$Q_D = \int_0^{W_{Dn}} \rho dx$$

$$= \int_0^{W_{Dn}} qN_A dx = qN_A W_{Dn}$$

خازن تخلیه بر واحد سطح:

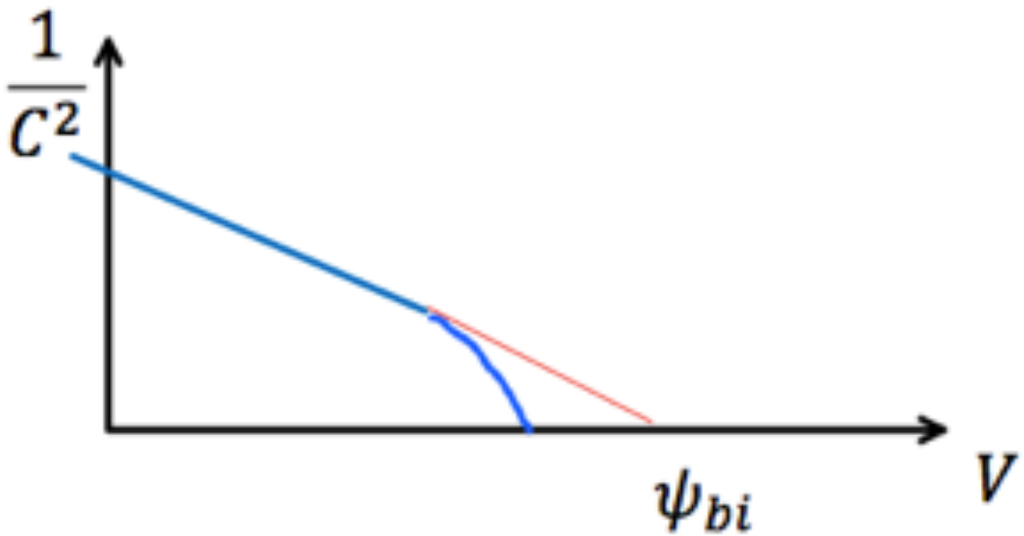
$$C_D = \frac{dQ_D}{dV} = \frac{\varepsilon_s}{W_D}$$

خازن ناحیه تخلیه در پیوند یک طرفه:

$$W_D = \sqrt{\frac{2\varepsilon_s(\psi_{bi} - V)}{qN}}$$

$$C_D = \frac{\varepsilon_s}{W_D} = \sqrt{\frac{q\varepsilon_s N}{2(\psi_{bi} - V)}}$$

$$\frac{1}{C_D^2} = \frac{2}{q\varepsilon_s N}(\psi_{bi} - V)$$



خازن دیگری نیز در مدل پیوند pn وجود دارد که در بایاس مستقیم خود را بیشتر نشان می دهد.