

$$W = \sqrt{\frac{q \epsilon V_0}{\eta} \left(\frac{1}{N_A} + \frac{1}{N_D} \right)}$$

$$E_{cp} - E_F \equiv q V_0 + (E_{cn} - E_F)$$

$$n = n_i e^{\frac{E_F - E_i}{kT}}$$

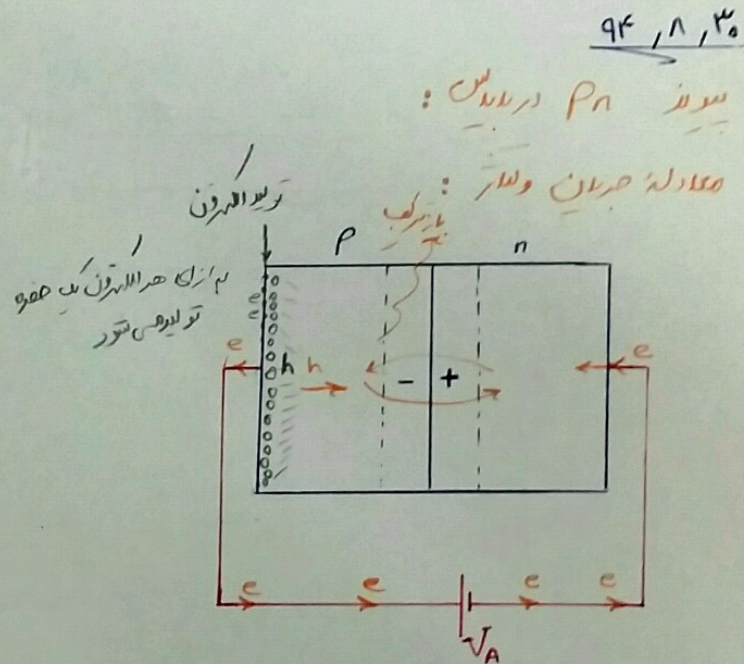
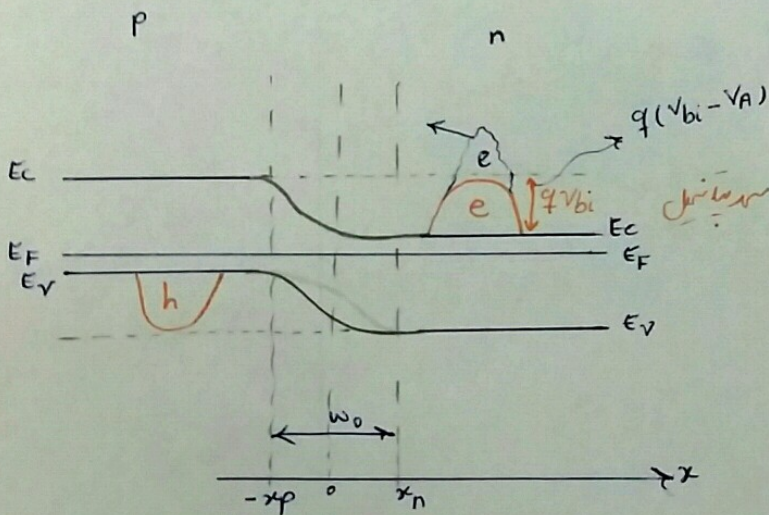
$$p = n_i e^{\frac{E_i - E_F}{kT}}$$

$$E_{g/2} + E_{ip} - E_F = q V_0 + E_{cn} - E_F$$

$$E_{g/2} + kT \ln \frac{p}{n_i} = q V_0 + E_{g/2} - (E_F - E_{in})$$

$$q V_0 = kT \ln \frac{N_A}{n_i} + kT \ln \frac{N_D}{n_i}$$

$$\Rightarrow V_0 = \frac{kT}{q} \ln \frac{N_A N_D}{n_i^2}$$



* باطری دو نوع است: الف) باطری مولتی و ب) باطری تک سلولی

ب) باطری تک سلولی - باطری تک سلولی - باطری تک سلولی

- در زمانی که باطری عمل می کند در هر دو طرف به سمت آخر در حالت تعادل به جایی V_{bi} یا V_0 عبارت $(V_{bi} - V_A)$ است و می شود

- در باطری مولتی عرض ناحیه تخلیه کاهش می یابد

$$W = \sqrt{\frac{q (V_0 - V_A)}{2 \epsilon} \left(\frac{1}{N_A} + \frac{1}{N_D} \right)}$$

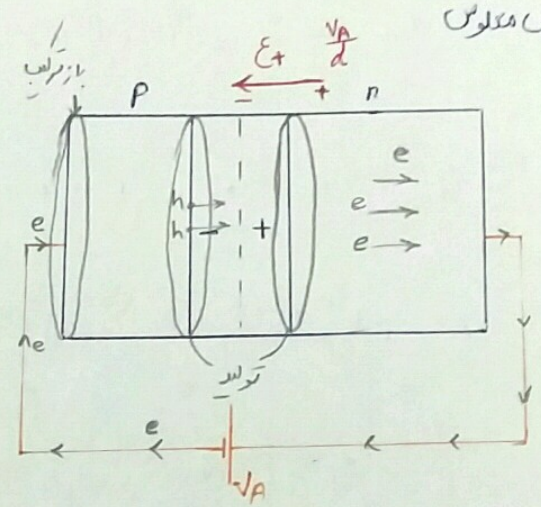
$$V_A > 0 \rightarrow W < W_0$$

$$q V_A = E_{F_{bulk-n}} - E_{F_{bulk-p}}$$

- با افزایش V_A مقدار جریان به دلیل کم شدن سد $(V_o - V_A)$ افزایش میابد

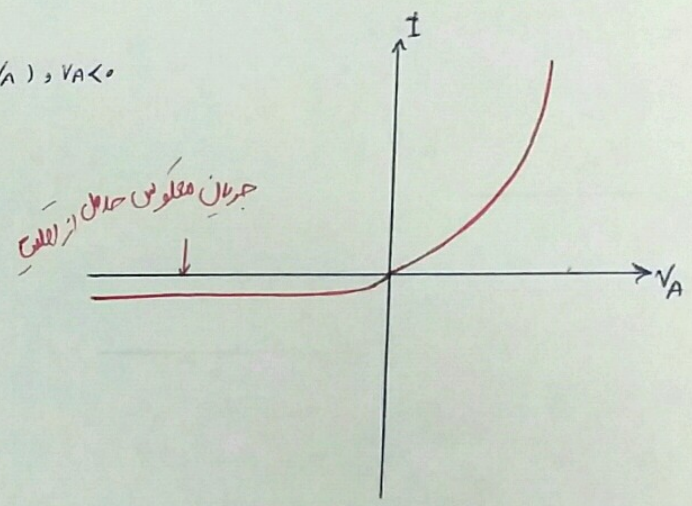
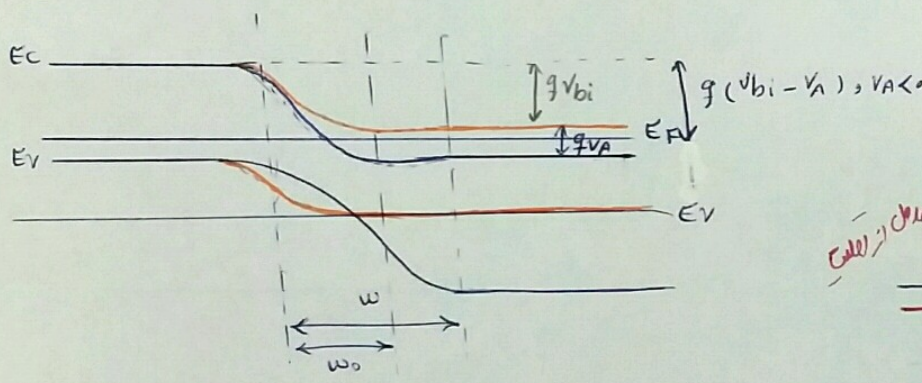
- اگر $V_A > V_o$ شود جریان بهتری خواهد گذشت که موجب سوختن بیوند می شود مابین می کنیم چنین حالتی اتفاق نمی افتد (در مدارات مطلق)

در مدارات مطلق



با اعمال $V_A < 0$ (نسبت از طرف n) در نواحی انرژی جابجایی صورت میگیرد طوری که بهر پتانسیل افزایش میابد زیرا انرژی از طرف n کاهش میابد. $(E = -qV)$

با استفاده از روابط به نسبت ایده ی ناچشم مقدار کم به جای $(V_o - V_A) \rightarrow V_o$ مشاهده می شود که ناحیه خلیه عمیق تر می شود و بهر پتانسیل افزایش میابد.



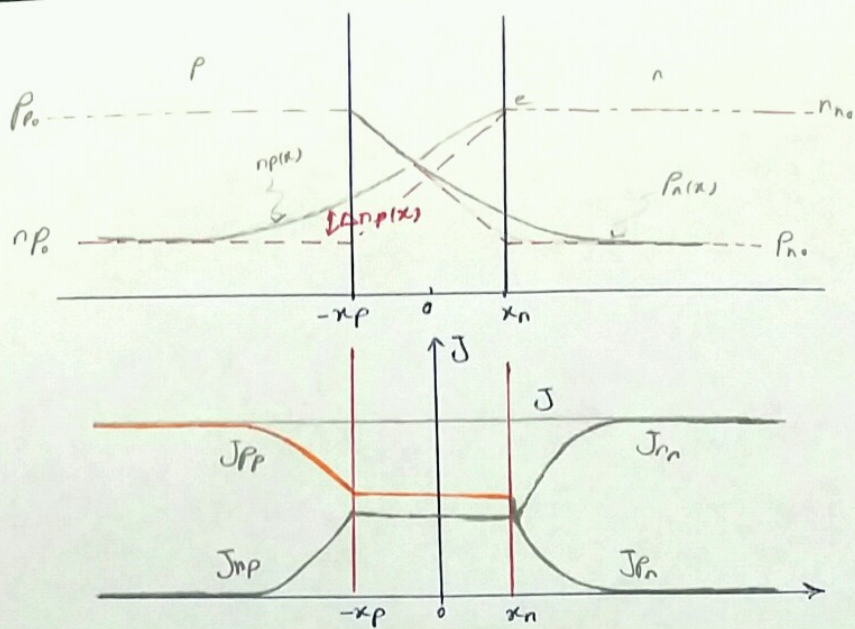
معادله جریان در مدارات :

- ۱- نور و عوامل تولید خازر می نداریم
- ۲- تقریب ناحیه تخلیه استفاده می کنیم
- ۳- حالت پایدار است یعنی هر جا مشتق زمانی را میگیریم صفر می شود $(\frac{d}{dt} = 0)$
- ۴- در ناحیه تخلیه تولید و بازترکیب نداریم
- ۵- تقریب سطح ناچشم است
- ۶- در نواحی با یک میدان میفرست
- ۷- N_D و N_A بر حسب عتاق هستند.

$$J = J_N + J_P$$

$$J_N = q \mu_n n E + q D_n \frac{dn}{dx}$$

$$J_P = q \mu_p p E + q D_p \frac{dp}{dx}$$



* چون در بایک ها $E=0$ عرض شده سین کل جریان در هر بایک جریان نفوذ است .
 عرض شده توزیع سطح یابین با شیبی تقریبی ندارد و مقدار آن ثابت است . شیبی تقریبی دهر دو بایک همفرایست سین جریان
 نفوذ معطاً مربوط به الکتریسیته است . بنابراین لازم است معطاً توزیع حامل های الکتریکی را مناسب کنیم .

$$J = J_{np}(-x_p) + J_{pp}(-x_p)$$

$$J_{pp}(-x_p) = J_{pn}(x_n)$$

$\Rightarrow$

$$J = J_{np}(-x_p) + J_{pn}(x_n)$$

$$\frac{\partial \Delta n_p}{\partial t} = D_n \frac{\partial^2 \Delta n_p}{\partial x^2} - \frac{\Delta n_p}{\tau_n} + \frac{q}{\tau_n}$$

چون بایک پهنای است سین $B=0$ است

$$\Delta n_p = A e^{\frac{-x}{L_n}} + B e^{\frac{+x}{L_n}}$$

* زیرا Δn_p محدود است و با افزایش x نباید زیاد شود

$$\Rightarrow \Delta n_p(x) = A e^{\frac{-x}{L_n}}$$

$$\Delta n_p(x=0) = ?$$

در حالت تعادل

$$V_{bi} = \frac{kT}{q} \ln \frac{n_{n0} p_{p0}}{n_i^2} = \frac{kT}{q} \ln \frac{n_{n0}}{\frac{n_i^2}{p_{p0}}} = \frac{kT}{q} \ln \frac{n_{n0}}{n_{p0}}$$

در حالت بایک

$$V_{bi} \rightarrow V_{bi} - V_A$$

$$n_{p0} \rightarrow n_p$$

$$\Rightarrow V_{bi} - V_A = \frac{kT}{q} \ln \frac{n_{n0}}{n_p} \Rightarrow \frac{n_{n0}}{n_p} = e^{\frac{q(V_{bi} - V_A)}{kT}}$$

$$n_p = n_{n0} e^{\frac{-q(V_{bi} - V_A)}{kT}}$$

$$\Rightarrow n_p = n_{p0} e^{\frac{qV_A}{kT}}$$

$$\Rightarrow n_p = n_{n0} e^{\frac{-qV_{bi}}{kT}} e^{\frac{qV_A}{kT}}$$

$$\Rightarrow \Delta n_p(0) = n_{p0} (e^{\frac{qV_A}{kT}} - 1)$$

$$\Rightarrow \Delta n_p(x) = n_{p0} \left(e^{\frac{qV_A}{kT}} - 1 \right) e^{-\frac{x}{L_n}}$$

نفس الشيء $\Rightarrow \Delta n_p(y) = p_{n0} \left(e^{\frac{qV_A}{kT}} - 1 \right) e^{-\frac{y}{L_p}}$

$$\text{فولتية built-in } V_{bi} = \frac{kT}{q} \ln \frac{n_{n0} \cdot p_{p0}}{n_i^2} = \frac{kT}{q} \ln \frac{n_{n0}}{\frac{n_i^2}{p_{p0}}} = \frac{kT}{q} \ln \frac{n_{n0}}{p_{p0}}$$

$$J_{np}(-x_p) = -q D_n \frac{\partial \Delta n_p(x)}{\partial x} \Big|_{x=0} = q D_n \cdot n_{p0} \left(e^{\frac{qV_A}{kT}} - 1 \right) \frac{1}{L_n}$$

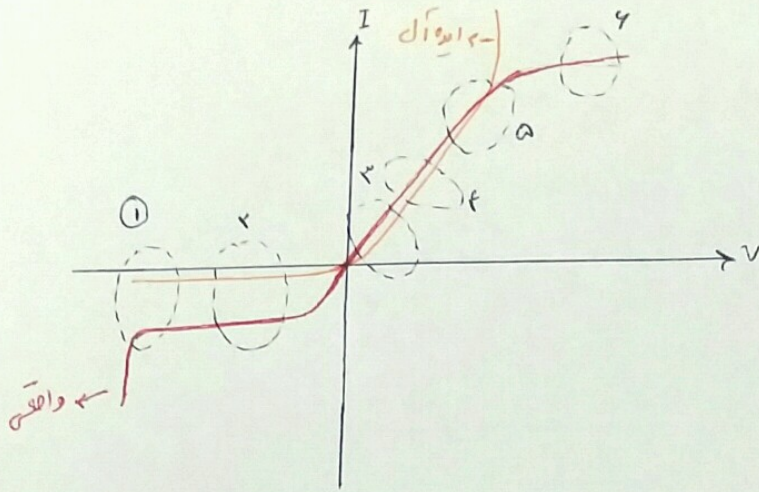
$$J_{pn}(x_n) = -q D_p \frac{\partial \Delta p_n(y)}{\partial y} \Big|_{y=0} = q D_p p_{n0} \left(e^{\frac{qV_A}{kT}} - 1 \right) \frac{1}{L_p}$$

$$J = q \left[\frac{D_n n_{p0}}{L_n} + \frac{D_p p_{n0}}{L_p} \right] \left(e^{\frac{qV_A}{kT}} - 1 \right) \Rightarrow J = J_0 \left(e^{\frac{qV_A}{kT}} - 1 \right)$$

q, q, V

بررسی دیود واقعی

$$I_D = I_0 \left(e^{\frac{qV_A}{kT}} - 1 \right)$$



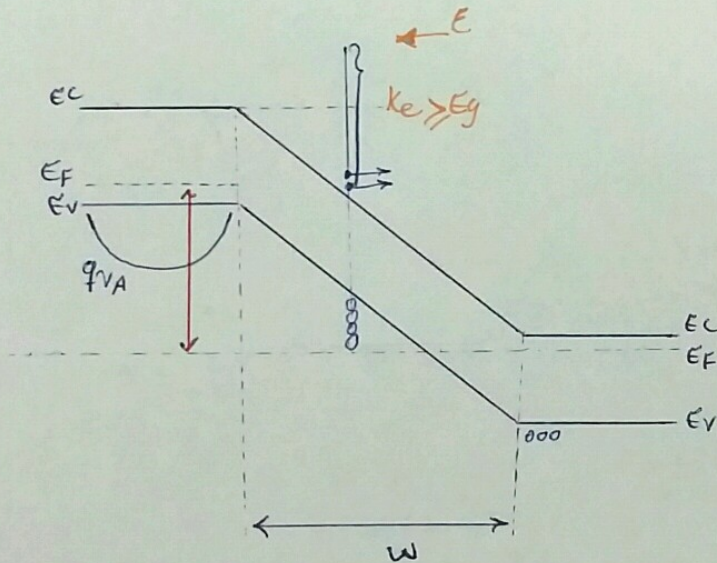
۱- شکست : ۱- جهش

۲- زبری (تولش)

شکست جهش : ناشی از پدیده یونیزاسیون برخوردی است که در اثر آن تعداد زیادی حامل چاه و گور از خنجرهای بی پایان تولید می شود و منجر به تولید جریان ناشی بسیار بزرگ و غیر قابل کنترل می شود.

$$|V_A| \gg \frac{1}{q} E_g$$

در بیان معکوس



$$\omega = \omega_0 \sqrt{V_{bi} - V_A}$$

شماره

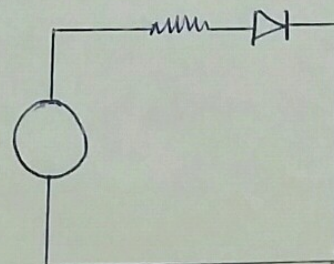
$$F = m^* a = q E$$

$$\frac{1}{2} m^* v^2$$

$$L_n = \sqrt{D_n \tau_n}$$

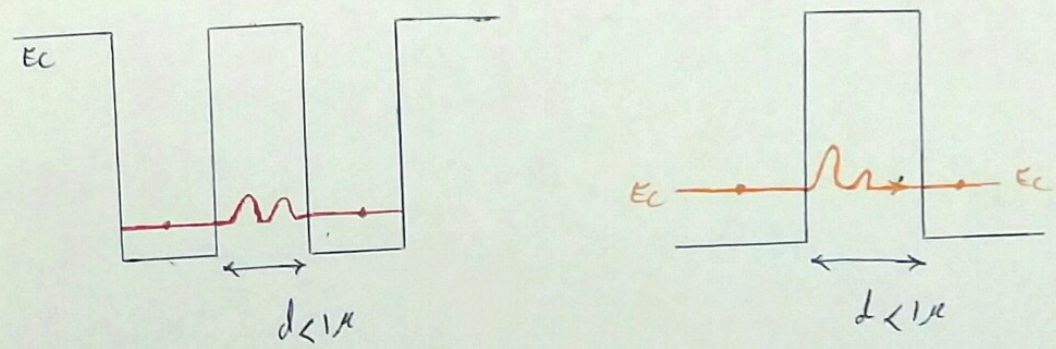
در اثر پدیده یونیزاسیون برخوردی، حاملان که در مدار دیود شکست می خورند، مقاومت مدس به سرعت می کشند و در اثر پدیده یونیزاسیون برخوردی، باعث سوختن دیود می شود. مگر آن که در مدار دیود شکست می خورند، مقاومت مدس به سرعت می کشند و در اثر پدیده یونیزاسیون برخوردی، باعث سوختن دیود می شود.

شکست جهش در دیودهایی که عرض منطقه زیاده داشته باشند رخ می دهد یعنی اگر حالتی p و n به اندازه کافی زیاده باشد این پدیده رخ می دهد زیرا حامل ها باید مسافت زیادی را طی کنند تا یونیزاسیون برخوردی اتفاق بیفتد.



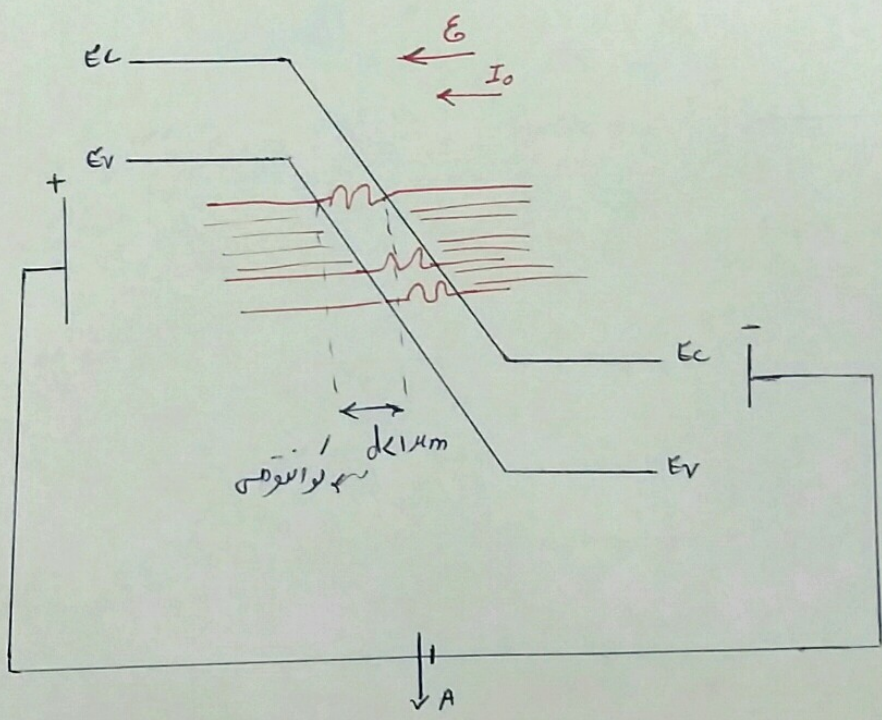
مقدار دشارت نسبت به پهنای درایوید p-n زیاد است مثلاً برای دیود 1N4148 با جریان نامی 100 mA حدود 1000 ولت است.

نسبت زنی: در اندازه‌های توانی (زیر میکرون) معمولاً پهنای‌های توانی می‌افتد یکی از این پهنای‌ها طول زنی است



اگر در دیود p-n با جابجایی زیاد باشد (هر دو طرف) ناحیه تخلیه عرض کم دارد.

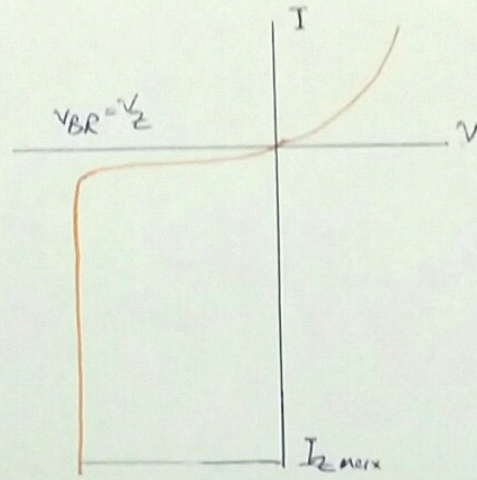
$$\omega_D = \sqrt{\frac{2 \epsilon (V_{bi} - V_A)}{q} \left(\frac{1}{N_A} + \frac{1}{N_D} \right)}$$



* در نسبت زنی چون با جابجایی زیاد است عرض تخلیه کم و در نتیجه مقاومت معادلی ترانزهای جابجایی در نور هدایت n با پهنای‌های پهنای‌ها نسبت طرف p کم است در صورتی که این فاصله کمتر شود حدود 100 nm پهنای‌های طول زنی اتفاق می‌افتد و مقدار بیشتر زنی الکتران نسبت به p به سمت n در اثر میدان اعمال شده ناشی از پهنای معکوس حرکت می‌کند و جریان شدیدی می‌گذرد و این حالت نسبت زنی می‌گردد

* این پهنای در فاصله‌های زیاد و مقدار معکوس کم اتفاق می‌افتد. مقدار دشارت نسبت در این حالت و حالت قبل پهنای‌های تقاضی و آماری است لذا به دقت می‌توان آن‌ها را معادله کنیم.

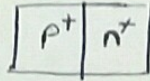
تکلیف زنی قابل کنترل است و می توان با مقدار جاری آن را کنترل کرده و معمولاً منطبق به سوچت نمی شود اساس کار دیودهای زنی همین بریده است.



$$I_{Zmin} = I_{ZK}$$

$$I_{Zmax}$$

$$I_{Zmin} < I_Z < I_{Zmax}$$



$$|I_o| > |I_o| \quad \begin{matrix} \text{ایده آل} \\ \text{واقعی} \end{matrix}$$

در معادله معادله دیود ایده آل فرض کردیم هیچ تولید بار ترکیبی در ناحیه تخلیه اتفاق نیفتد

ولی در عمل در ناحیه تخلیه هر دو بریده اتفاق می افتد. در ناحیه دوم I_A کم می آید معکوس است. دلیل یونیزاسیون بر ضروری در ناحیه تخلیه تولید اتفاق می افتد یعنی مقداری زوج حامل در اثر درجیت انرژی جنبشی حامل های عبوری توسط بریده ایجاد می شود و در نتیجه مقدار I_o زیاد می شود.

مقدار حامل های تولید شده به نسبت کمتری است و به آنقدر نیست که منجر به شکست می شود. حامل های تولید شده چون تحت میدان ناحیه تخلیه قرار دارند به جریان اشباع معکوس اضافه می شوند (از نوع راستی هستند)

$$I = I_o + I_{gen} = I_o + \frac{qAw}{\tau} n_i$$

$A \leftarrow$ سطح مقطع

$n_i \leftarrow$ چگالی حامل ذاتی

$w \leftarrow$ عرض ناحیه

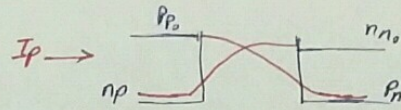
$$\tau = \frac{\tau_n + \tau_p}{2}$$

$$I_D = I_o \left(e^{\frac{qV_A}{kT}} - 1 \right) - q \frac{Aw}{\tau} n_i$$

$$I_o = qA \left[\frac{p_n D_p}{L_p} + \frac{n_p D_n}{L_n} \right]$$

۳ مقدار جریان ولتی از دیواره آل بزرگتر است.

در حالت ولتی در ناحیه تقطیع در هنگام پائین مستقیم چون حامل های دقت شده در این ناحیه مقدار زیادی دارند به نحوی که با هم



بزرگتر می شود

در حالت پائین مستقیم نیز بزرگتر است در ناحیه تقطیع که برابر $\frac{n_i}{2}$ است $(\bar{c} = \frac{\bar{c}_n + \bar{c}_p}{2})$

در کل ناحیه پائین مستقیم این پدیده رخ میدهد و مقدار ناحیه دوم نیز باشد چون این مقدار جریان اقل است و در ولتاژهای کم قابل ملاحظه است و در ولتاژهای زیاد قابل ملاحظه با جریان ایده آل نیست می توان رابطی مثل رابطه زیر برای آن در نظر گرفت.

$$I_{R-g} = \frac{q A W n_i}{2} (e^{\frac{q V_A}{2 k T}} - 1) \quad \text{رابطه برای بزرگترین ولتاژ}$$

$$I_D = I_0 (e^{\frac{q V_A}{k T}} - 1) + \frac{q A W n_i}{2} (e^{\frac{q V_A}{2 k T}} - 1) \quad (*)$$

اگر V_A کوچک باشد جمله دوم غالب است و در V_A بزرگ (پائین مستقیم) جمله اول غالب می شود

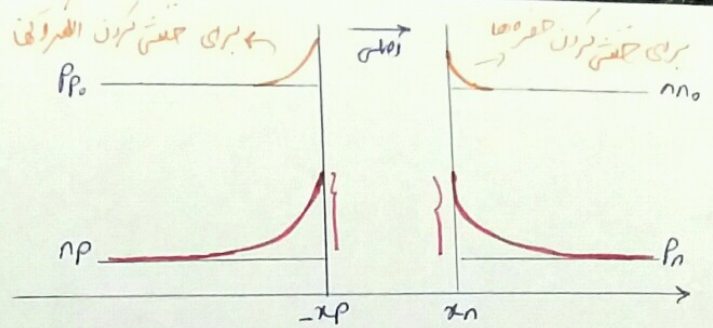
$$I_D = I_0 (e^{\frac{q V_A}{k T}} - 1) \quad \text{رابطه کلی دیود}$$

η ضریب ایده آل است. $1 < \eta < 5$ در ناحیه ۲، ۳، ۴ $\eta = 2$

در ناحیه ۱ که دلیل بزرگترین در هنگام تقطیع حامل ها از سن مهر و ندرت جبران حامل های از دست رفته جریان درونی اثراتش می باشد این اثراتش جریان را جریان بزرگترین در هنگام تقطیع که رابطه آن به صورت فوق است.

۴ در این ناحیه جمله اول رابطه (۳) غالب است و مقدار جریان ولتی و دیواره آل برابر است $(\eta = 1)$

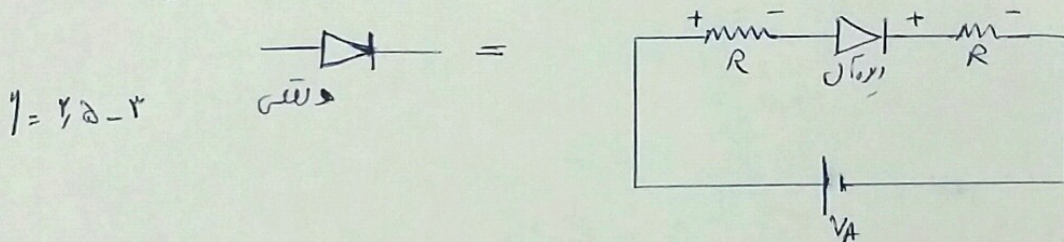
۵ جریان ولتی کمتر از دیواره آل است در این ناحیه مقدار جریان زیاد است یعنی حامل های اکثریت شرکت کننده در جریان زیاد می باشد و تریاق سطح پائین مداریم و تریاق سطح بالا جدا شده بود. یعنی حامل های اکثریت در پائین ثابت نیست



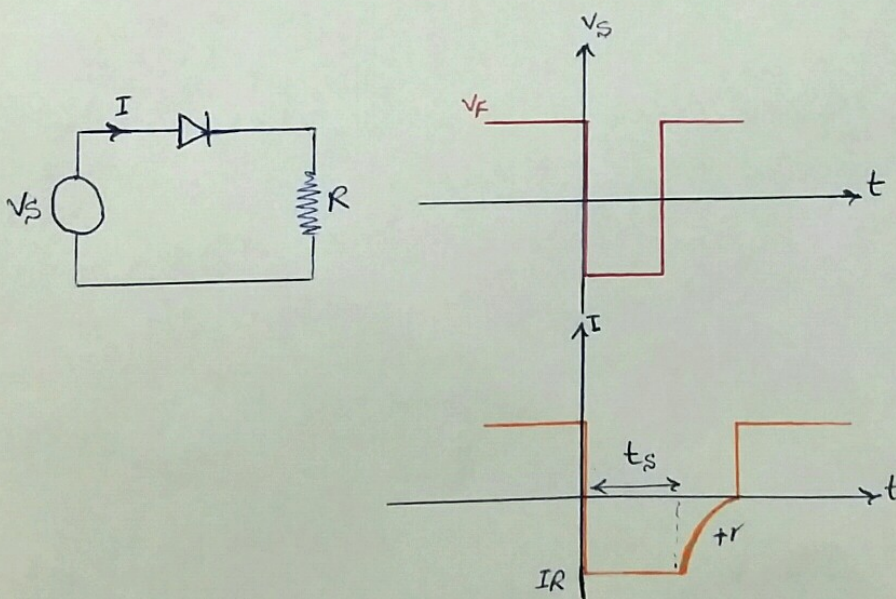
وقتی جریان شد می شود حامل های اقلیت در معادلات ناخالص بقیه قابل مقایسه با اکثریت می شود لذا برای برقرار شدن حالتی بار حامل های اکثریت طوری توزیع می شوند که حالتی بار رخ دهد بنابراین در معادلات بقیه اکثریت اینها همگنی خود را در جهت این انباشتگی باعث تولید جریان نفوذ در جهت مخالف جریان اصلی می شود و جریان کل می شود $(\gamma = 2)$

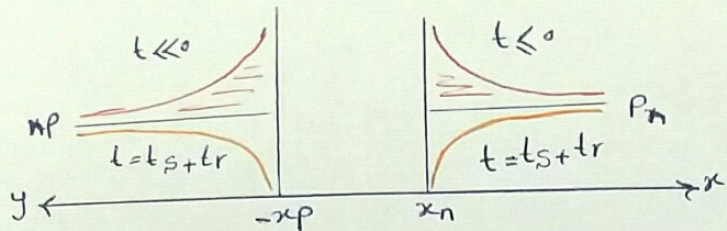
4- جریان واقعی خلیه کمتر از جریان ایده آل است.

علت : علاوه بر تیزری سطح بالا (که اتفاق می افتد) حامل های گم شده بوییم سطح هد و تلفات مقاومت نداشته باشند و V_A به دو سر ما بین قطعه اعمال شود ولی در اصل این نوعی مقاومت دارند که با افزایش جریان لنت ولتاژ روی آن ها قابل توجه می شود و ولتاژ دینود (ناخالص بقیه) کم می شود و در نتیجه جریان کل کاهش می یابد.



فصل هشتم
فلزیست پیوند pn





$$\Delta n_p = n_{p0} (e^{\frac{qV_A}{kT}} - 1) e^{-\frac{x}{L_n}}$$

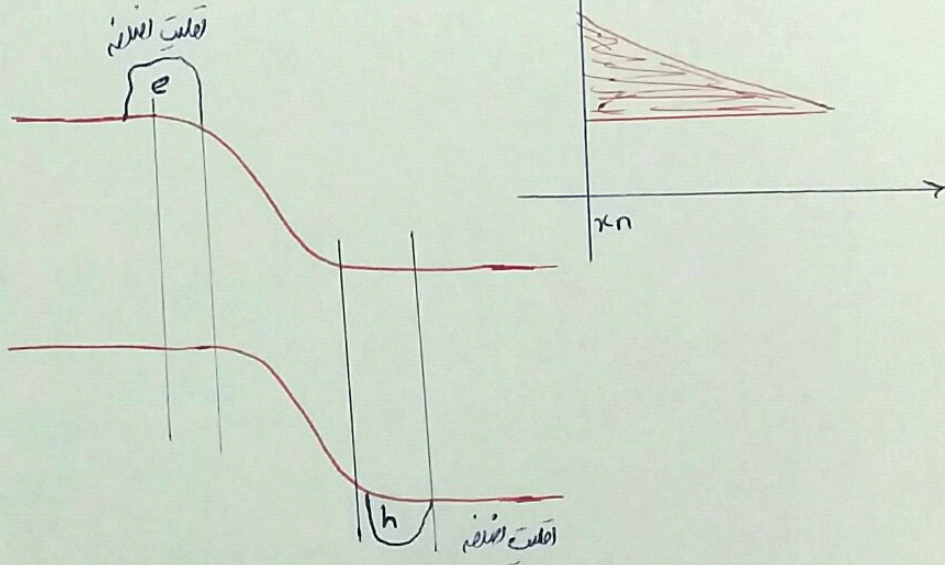
$$\Delta p_n = p_{n0} (e^{\frac{qV_A}{kT}} - 1) e^{-\frac{x}{L_p}}$$

$$I_F = \frac{V_F - V_A}{R} \approx \frac{V_F}{R}$$

$$I_R = \frac{V_R + V_A}{R}$$

$$I_p \propto \left. \frac{d\Delta p_n}{dx} \right|_{x_n}$$

$$I_n \propto \left. \frac{d\Delta n_p}{dx} \right|_{-x_p}$$



t_s ← زمان تاخیر زمانی است که طول می کشد تا حامل ها از منطقه انباشته شده در مجاورت تخلیه در بابل ها از بین ببرند و به حالت تعادل برسد

t_r ← زمانی است که طول می کشد تا آرایش اقلیت از حالت تعادل به حالت پایداری معکوس برسد $t_r \ll t_s$

$$t_s + t_r \approx t_s$$

$$f = \frac{1}{t_s}$$

$$f = \frac{1}{t_s}$$

فرکانس پایداری کلیدزنی در برد

$$qA \times \left(\frac{\partial \Delta p_n}{\partial t} = -\frac{1}{q} \left(\nabla \cdot J_p \right) - \frac{\Delta p_n}{\tau_p} \right)$$

$\nabla \cdot J_p = \frac{dJ_p}{dx}$

معادله t_s

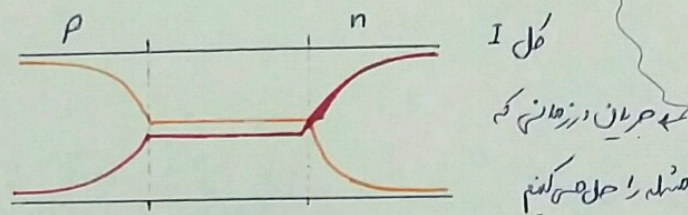
$$q_A \frac{d}{dt} \int_{x_n}^{\infty} \Delta p_n(x) dx = -A \int_{j_P(x_n)}^{j_P(-1)} dj_P - \frac{q_A}{z_P} \int_{x_n}^{\infty} \Delta p_n dx$$

$$q_A p_{n0} (e^{\frac{q_A V_A}{kT}} - 1) l_P = - [I_P(\infty) - I_P(x_n)]$$

$$-\frac{q_A}{z_P} p_n \cdot l_P (e^{\frac{q_A V_A}{kT}} - 1) \quad Q_P(t) = q_A \int_0^{\infty} \Delta p_n(x) dx$$

$$\frac{d}{dt} Q_P(t) = - (I_P(\infty) - I_P(x)) - \frac{Q_P(t)}{t_P}$$

لی در اینجا به شکل درج اول n



جول
← جریان در زمان که
مثلاً، حل می‌کنیم

$$\frac{d}{dt} Q_P(t) = i(t) - \frac{Q_P(t)}{z_P}$$

$$i(t) = I_R - \frac{Q_P(t)}{z_P} \rightarrow \int_{Q_P(0)}^{Q_P(t)} \frac{dQ_P(t)}{I_R - \frac{Q_P(t)}{z_P}} = \int_0^t \quad t \gg 0$$

$$-z_P \ln \left[I_F + \frac{Q_P(t)}{z_P} \right] \Big|_{Q_P(0)}^{Q_P(t)} = t$$

$$Q_P(0^-) = Q_P(0^+) \quad t \leq 0^+$$

$$\frac{dQ_P(t)}{dt} = I_F - \frac{Q_P(t)}{z_P} - Q_P(0^-) = I_P z_P$$

$$-z_P \ln \frac{I_R - \frac{Q_P(t)}{z_P}}{I_R + \frac{I_F z_P}{z_P}} = t$$

$$\frac{I_R - \frac{Q_P(t)}{z_P}}{I_R + I_F} = e^{-\frac{t}{t_P}}$$

در زمان t_P

$$z_P \ln \left(1 + \frac{I_F}{I_R} \right) = t_S$$

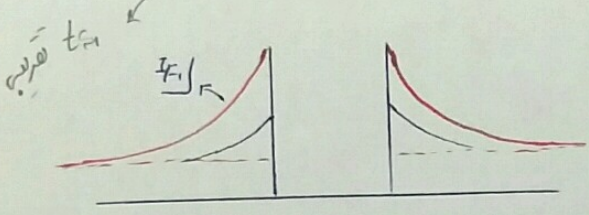
$$\frac{I_R - \frac{Q_P(t_S)}{z_P}}{I_R + I_F} = e^{-\frac{t_S}{t_P}}$$

$$Q_P(t_S) = 0$$

طراحی سولر پنل

$$t_s = \tau \ln \left(1 + \frac{I_f}{I_R} \right)$$

$$\frac{dQ_p(t)}{dt} = i(t) - \frac{Q_p(t)}{\tau_p}$$

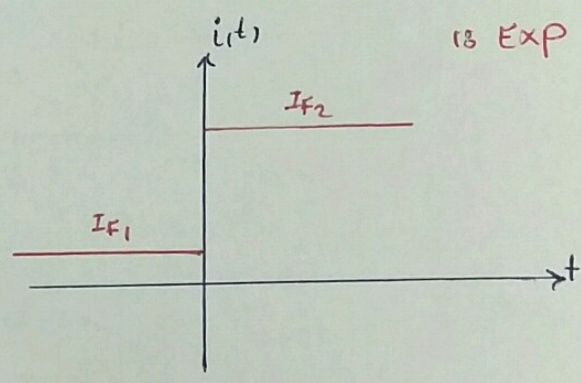


$$\text{erf} \sqrt{\frac{t_s}{\tau_p}} = \frac{1}{1 + \frac{I_R}{I_f}}$$

$$I_R = I_f \Rightarrow t_{s1} = 3 t_{s2}$$

میان یک دیود در مدار طراحی سولر پنل؟ صورت فوق است :

- ۱- کل بار ذخیره شده در هر حالت در زمانی یک ؟ $Q_p(t)$ و $Q_{p1}(t)$
- ۲- زمان ذخیره ؟
- ۳- و سایر دو سوال ؟



$$t < 0 \rightarrow \frac{d}{dt} = 0 \rightarrow \frac{dQ_p(t)}{dt} = i(t) - \frac{Q_p}{\tau_p}$$

$$Q_p(t < 0) = I_{f1} \tau_p \quad Q_p(t = 0^-) = Q_p(t = 0^+) = I_{f1} \tau_p$$

$$t > 0 : \frac{dQ_p(t)}{dt} = I_{f2} - \frac{Q_p(t)}{\tau_p}$$

$$\Rightarrow \int_{t=0}^t \frac{dQ_p}{I_{f2} - \frac{Q_p}{\tau_p}} = \int_0^t dt = t \quad \Rightarrow -\tau_p \ln \left(I_{f2} - \frac{Q_p}{\tau_p} \right) \Big|_{Q_p(0^+)}^{Q_p(t)} = t$$

$$\frac{I_{f2} - \frac{Q_p}{\tau_p}}{I_{f2} - \frac{I_{f1} \tau_p}{\tau_p}} = e^{-t/\tau_p}$$

$$\tau_p I_{f2} - Q_p(t) = \tau_p (I_{f2} - I_{f1}) e^{-t/\tau_p}$$

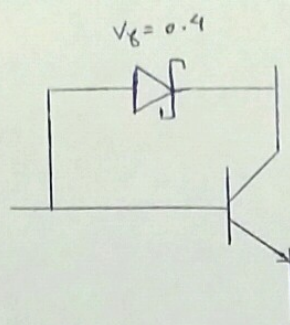
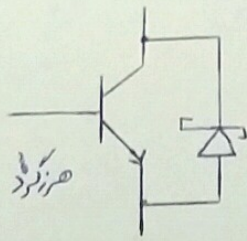
$$Q_p(t) = \tau_p [I_{f2} - (I_{f2} - I_{f1}) e^{-t/\tau_p}]$$

بار ذخیره شده در یک بار

۲- زمان ذخیره در این حالت وجود ندارد

$$Q_p(t) = Q_p(\infty) + [Q_p(0) - Q_p(\infty)] e^{-t/\tau_p}$$

$$t \rightarrow \infty : \frac{d}{dt} = 0 \rightarrow 0 = I_{f2} + \frac{Q_p(\infty)}{\tau_p} \Rightarrow Q_p(\infty) = -I_{f2} \tau_p$$



۴- برای حفاظت از قطعات اصلی

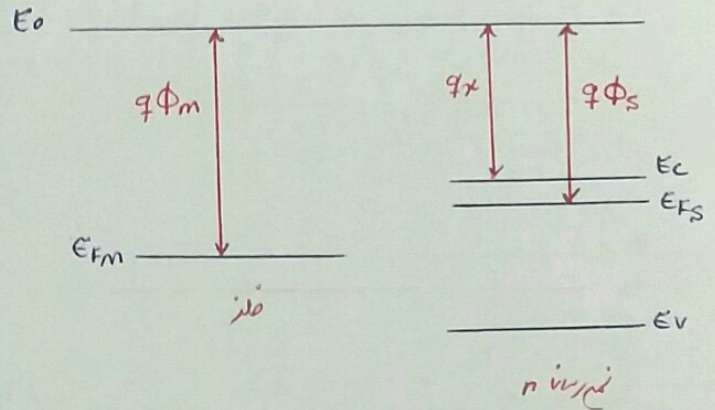
$$V_{BE} = 0.65 \text{ V} \quad \text{Si}$$

$$V_{BC} = 0.5 \text{ V} \quad \text{Si}$$

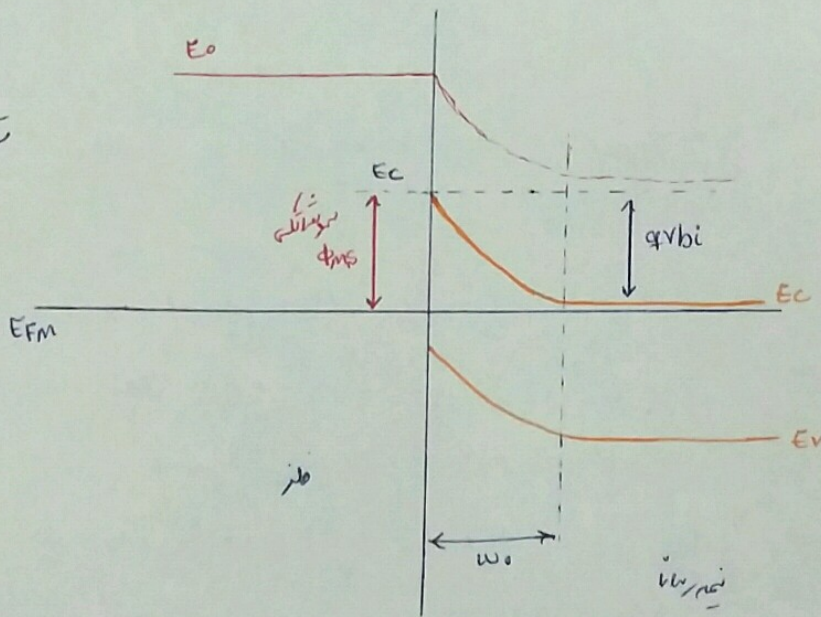
نوع انرژی اتصال M-S در حالت تعادل ۸

$$\phi_m > \phi_s$$

قبل از اتصال



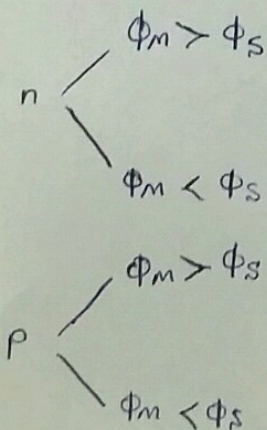
تراز سطحی برش ندارد.



$$q\phi_{ms} = q\phi_m - q\chi$$

* سد شلگی فقط به جهت فلز و نیم رسانا بستگی دارد

* اتصال فلز و نیم رسانا چهار حالت دارد



* فلز همیشگی و اتصال M-S نقش فلز نیم رسانا را بازی می کند

نیم رسانای مغلاف

فلز مثل نیم رسانا است که مقدار ناخالصی یا حامل های آن نسبت به خلوص خیلی بیشتر است.

نیم رسانا

$$\omega = \sqrt{\frac{2\epsilon (V_{bi} - V_A)}{q} \left(\frac{1}{N_A} + \frac{1}{N_D} \right)}$$

نیم رسانا

$$\omega = \sqrt{\frac{2\epsilon (V_{bi} - V_n)}{q N_D}}$$

$$\nabla \epsilon(x) = \frac{\rho}{\epsilon} \rightarrow \epsilon(x) = \int \frac{\rho}{\epsilon} dx$$

فرض می کنیم در داخل فلز و نیم رسانا همان به هم می رسد

$$\epsilon(x) = \int \frac{q N_D}{\epsilon_s} dx = \frac{q N_D}{\epsilon_s} x + A$$

$$\epsilon(x = \omega) = 0 \rightarrow A = -\frac{q N_D}{\epsilon_s} \omega$$

$$\epsilon(x) = \frac{q N_D}{\epsilon_s} (x - \omega)$$

$$V(x) = -\int \epsilon(x) dx = -\int \frac{q N_D}{\epsilon_s} (x - \omega) dx = -\frac{q N_D}{\epsilon_s} \left(\frac{1}{2} x^2 - \omega x \right) + B$$

چون در تعریف بار مثبت استفاده شده و در سطح فلز بار منفی داریم لذا این یک نیم رسانا و فلز اختلاف پتانسیل مثبت وجود دارد. (V_{bi})

$$V_m = 0$$

$$V = V_{bi}$$

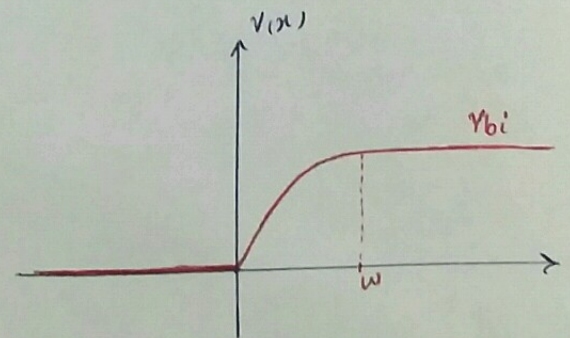
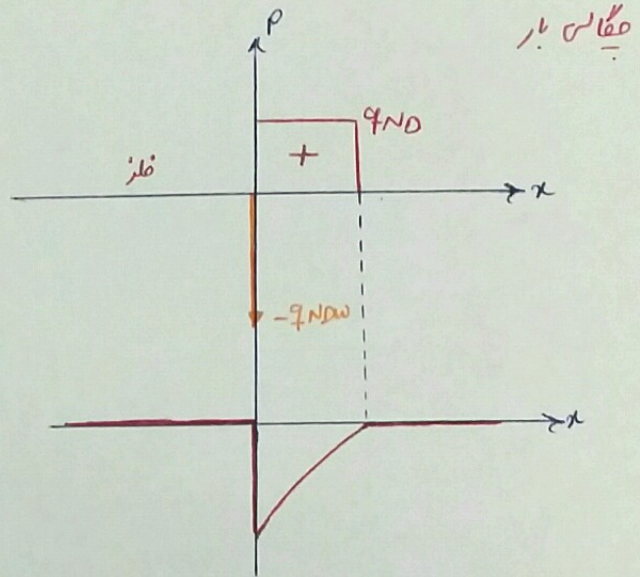
$$x > 0 : V(x = \omega) = V_{bi}$$

$$-\frac{q N_D}{\epsilon_s} \left(\frac{1}{2} \omega^2 - \omega \times \omega \right) + B = V_{bi}$$

$$V(x) = \frac{-q N_D}{2 \epsilon_s} (x - \omega)^2$$

$$\epsilon_c = -q V(x)$$

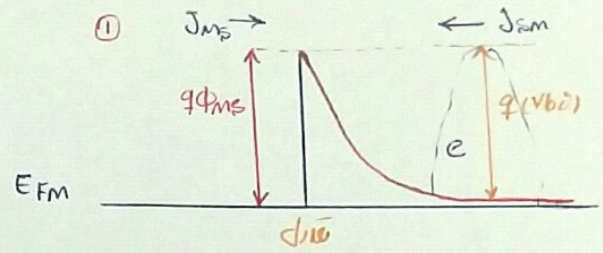
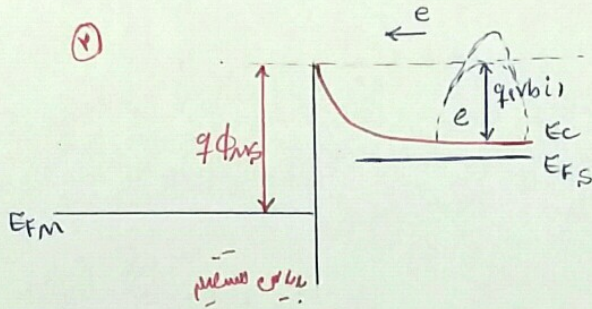
$$q \phi_{ms} = q V_{bi} + (\epsilon_c - \epsilon_{fs})_{bulk}$$



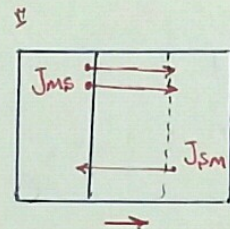
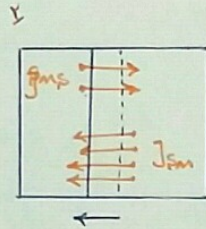
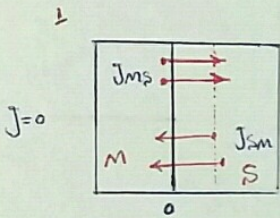
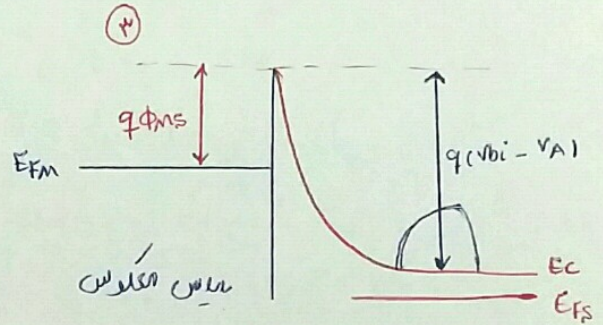
$$q(\phi_m - \phi_s) = q V_{bi} + \frac{e g}{r} - (\epsilon_{fs} - \epsilon_i)_{bulk} = q V_{bi} + \frac{e g}{r} - kT \ln \frac{N_D}{n_i}$$

$$V_{bi} = \phi_{ms} - \frac{E_g}{2q} + \frac{kT}{q} \ln \frac{N_D}{n_i} \quad \text{MS}$$

$$V_{bi} = \frac{kT}{q} \ln \frac{N_D N_A}{n_i^2} \quad \text{MS (PMS)}$$



$$J = J_{sm} + J_{ms}$$



$$J_{M-S} \propto n_S = N_D e^{-\frac{qV_{bi}}{kT}}$$

حساب الکترون في منطقة اتصال

$$n = N_D = n_i e^{\frac{E_F - E_i}{kT}} = n_i e^{\frac{E_{g/2} - (E_C - E_F)}{kT}} \quad \text{بالت}$$

$$n_S = n_i e^{\frac{E_{g/2} - [(E_C - E_i) - qV_{bi}]}{kT}} = N_D e^{-\frac{qV_{bi}}{kT}}$$

$$J_{ms} = -k_1 N_D e^{-\frac{qV_{bi}}{kT}}$$

k_1 ضرب جانسون

~~التي~~

$$|J_{ms}| = |J_{sm}| \rightarrow J_{sm} = k_1 N_D e^{-\frac{qV_{bi}}{kT}} \quad \text{در حال}$$

$$n_S = N_D e^{-\frac{qV_{bi}}{kT}} = N_C e^{-\frac{q\phi_{ms}}{kT}}$$

J_{ms} ثابت است و ولت V_A عوض
تغییر

$$J_{MS} = +k_1 N_C e^{\frac{-q\phi_{MS}}{kT}}$$

$$J_{SM} = -k_1 N_D e^{\frac{-q(V_{bi} - V_A)}{kT}}$$

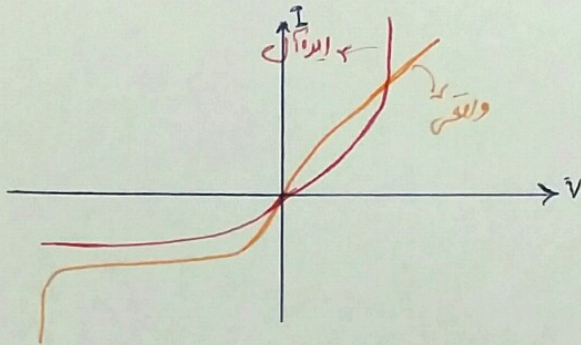
$$J = J_{SM} + J_{MS} = -k_1 N_D e^{\frac{-q(V_{bi} - V_A)}{kT}} + k_1 N_C e^{\frac{-q\phi_{MS}}{kT}}$$

$$J = k_1 N_C e^{\frac{-q\phi_{MS}}{kT}} (-1 + e^{\frac{qV_A}{kT}})$$

$$J = J_0 (e^{\frac{qV_A}{kT}} - 1)$$

$$J_0 = k_1 N_C e^{\frac{-q\phi_{MS}}{kT}}$$

معادله دیفرانسیال ولتاژ و جری



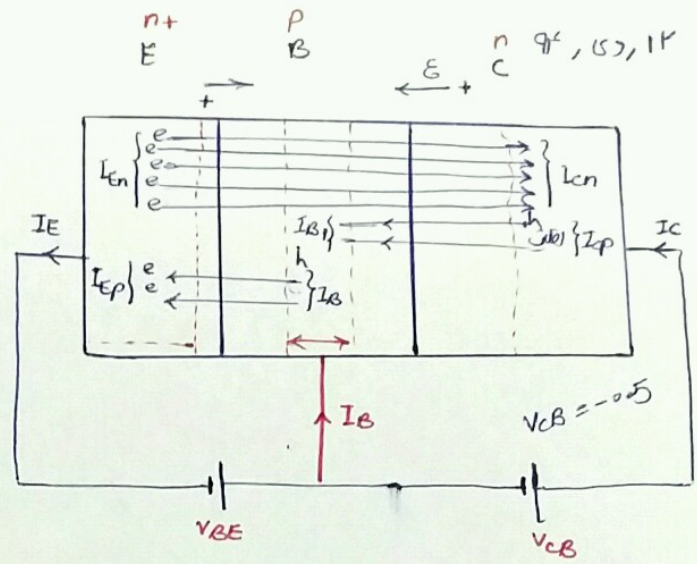
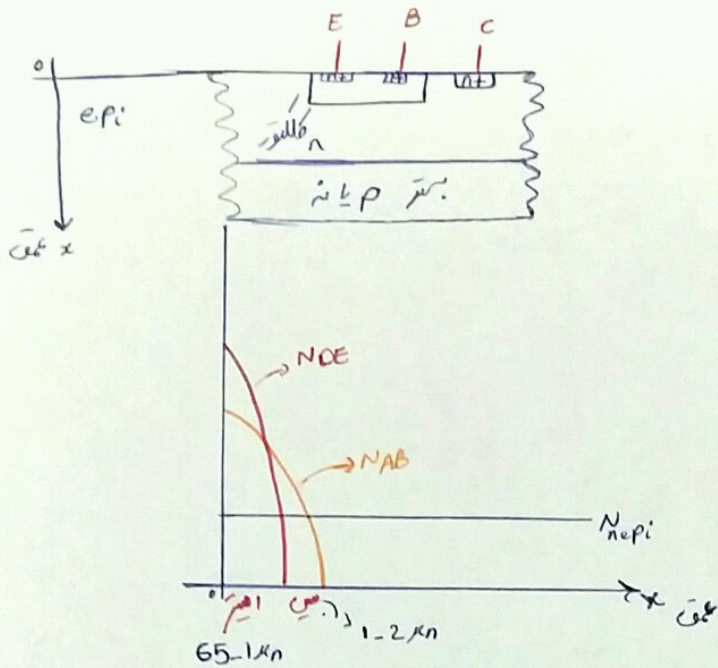
و $\phi_M < \phi_S$

* اگر در برابر حرکت حامل‌های اکثریت نیم رسانا به سمت فلز سرد وجود داشته باشد به آن اتصال نیکوساز یا شاتکی گویند و غیر این صورت اتصال اهمی است

در مدارهای فوق در برابر حرکت الکترون‌ها از نیم رسانا به فلز هیچ سری وجود ندارد به این اتصال اتصال غیر نیکوساز یا اهمی می‌گویند و به اتصال قلیج در $(\phi_M > \phi_S)$ اتصال نیکوساز یا شاتکی گویند.

سری آن که اتصال نیکوساز را به اهم تبدیل کنیم در فصل اتصال ناهمبندی را زیاده می‌کنیم تا ناحیه تخلیه بارهای نوری و حامل‌ها تولید کنند

تمرین ۱۵: مدارهای انرژی در حالت سری نیم رسانا ی نوع P را رسم کنید. کدام نیکوساز و کدام اهمی است؟



حالت السو $V_{BE} > 0$, $V_{CB} > 0 \rightarrow$

$$I_C = \beta I_B$$

در حالت السو ترانزیستور تقویت کننده جریان است

مؤلفه های جریان ترانزیستور در حالت السو :

بالک بین بایر بارک است در حدود طول نفوذ حامل های آمده از اسیتر است .

مقدار حامل های آمده از اسیتر که در بین باز ترکیب می شوند به مقدار کم حامل های اسیتر وابسته اند یعنی هر چه حامل های فرستاده

شده از اسیتر بیشتر باشد این حامل های باز ترکیب شده در بین هم بیشتر خواهد شد

$$\alpha = \frac{I_{En}}{I_{En} + I_{Ep}} = \frac{I_{En}}{I_E}$$

راندمان فرزنی اسیتر $\leftarrow$

$$\beta = \frac{\alpha}{1 - \alpha}$$

α نزدیک 1 است $\leftarrow$

جریان اشباع منکولس BC همیشه ثابت است

$$I_C = I_{cn} + I_{cp} \simeq I_{cn}$$

$$\beta = \frac{I_C}{I_B} = \frac{I_{cn} + I_{cp}}{I_{B1} + I_{B2} + I_{B3}}$$

بجهو جریان $\leftarrow$

* I_{B3} ثابت است و با ولتاژ تغییر قابل توجهی ندارد

* I_{B2} مقدار بسیار کوچکی دارد و تغییرات آن قابل توجه نیست. پس با تغییر جریان بیس جریان I_{B1} تغییر زیادی خواهد کرد یعنی

با تغییر I_B میزان I_B تغییر دارد

مذکور این طبق آن می گفته شده اثر I_{a1} عوض شود I_{a2} تغییر خواهد کرد و جریان کلکترا با جریان می کنترل می شود.

$$\beta = \frac{I_c}{I_B} = \frac{I_c}{I_E - I_c} = \frac{I_{cN} + I_{cP}}{I_{EN} + I_{EP} - I_{cN} - I_{cP}} = \frac{\frac{I_{cN} + I_{cP}}{I_{EN}}}{\frac{I_{EN} + I_{EP}}{I_{EN}} - \frac{I_{cN} + I_{cP}}{I_{EN}}}$$

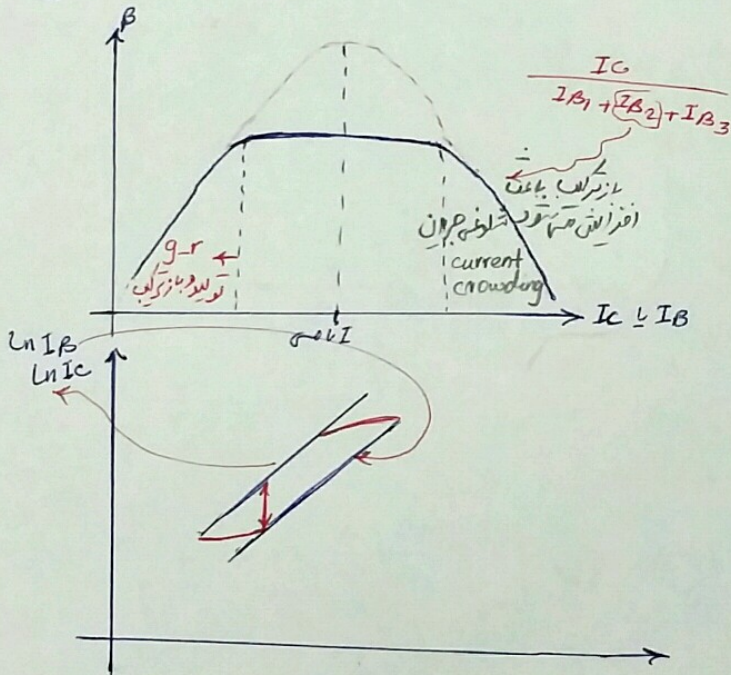
$$\beta \approx \frac{\frac{I_{Cn}}{I_{En}}}{1 - \frac{I_{Cn}}{I_{En}}} = \frac{\alpha}{1 - \alpha}$$

حضرت مرزا علی

* با کسرال عرق من پس هر توان بم را بقیسم داد هر چه عرق من پس گفته باشد بم بزرگتر است و پس اگر عرق من پس را خلیص کم کنیم نواصیه و خلیصه

در طرف C و E به هم می‌رسند و تراشیده کار نمی‌کنند و E به C راه میدهد (بدون سد ممانعی می‌شود) به این پدیده همبستگی (punch through) گویند که باعث می‌شود حوزه کار ولتاژ قابل نقل تراشیده کم شود.

$$\beta = \frac{I_c}{I_B}$$



$$\ln I_C - \ln I_B = \ln \frac{I_C}{I_B} = \ln \beta$$

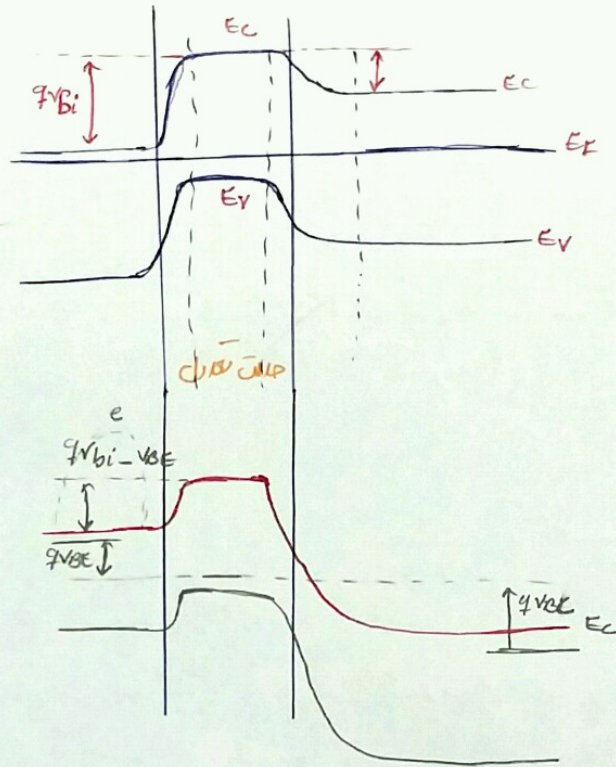
* در جبروت های زیاد جبروتان ظاهر از آن چه مورد نظر است به دلیل شکوه جبروتان کمتر شود. شکوه جبروتان باعث می شود تفاوت های جبروتان

باز شود و لذت دستان جلی تو جایی شود لذا بحکم دلالت رسیده بر انقلاط ماهش هم باید و جریان الهی و در نیت ملتوت ماهش باید

و چون مرغان می تغییر نفسی کند لذا با جادهش می باید

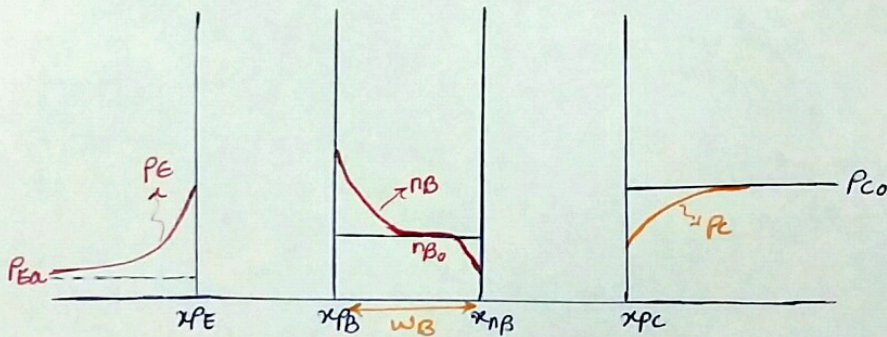
در صبرین ها کم همان قدر در دود P_n تقسیم تولید و باز ترکیب در ناحیه تخلیه [باز ترکیب] در صبرین (همه غایب است) و کل صبرین

اذاً β مورد انتظار است بیشتر می شود مدار این نسبت $\frac{I_C}{I_B}$ کاهش میابد



$$\beta \gg 1 \leftarrow N_E > N_B > N_C$$

السؤال



$$J_E = q D_E \left. \frac{\partial p_E}{\partial x} \right|_{x_{PE}} + q D_B \left. \frac{\partial n_B}{\partial x} \right|_{x_{PB}} = \frac{-q D_E}{L_E} p_{E0} \left(e^{\frac{q V_{BE}}{kT}} - 1 \right) + q \frac{D_B}{L_B} n_{B0} \rightarrow$$

$$p_E = p_{E0} e^{\frac{q V_{BC}}{kT}} e^{-\frac{x}{L_E}}$$

$$n_B = A e^{\frac{-y}{L_B}} + B e^{\frac{y}{L_B}}$$

$$n_B(y=0) = n_{B0} \left(e^{\frac{q V_{BE}}{kT}} - 1 \right)$$

$$n_B(y = x_{NB}) = n_{B0} \left(e^{\frac{q V_{BE}}{kT}} - 1 \right)$$

$$\rightarrow \frac{1}{\sinh \frac{w_B}{L_B}} \left[\left(e^{\frac{q V_{BE}}{kT}} - 1 \right) - \cosh \frac{w_B}{L_B} \left(e^{\frac{q V_{BE}}{kT}} - 1 \right) \right]$$

$$J_E = - \left[\frac{q D_{PE}}{L_{PE}} P_{E0} + \frac{q D_{nB}}{L_{nB}} n_{B0} \coth \frac{w_B}{L_{nB}} \right] \left(e^{\frac{q V_{BE}}{kT}} - 1 \right) + \frac{q D_{nB}}{L_{nB}} \frac{n_{B0}}{\sinh \frac{w_B}{L_{nB}}} \left(e^{\frac{q V_{BC}}{kT}} - 1 \right)$$

$$J_C = - \frac{q D_{nB} n_{B0}}{L_{nB} \sinh \frac{w_B}{L_{nB}}} \left(e^{\frac{q V_{BE}}{kT}} - 1 \right) + \left[\frac{q D_{PC}}{L_{PC}} P_{C0} + \frac{q D_{nB} n_{B0}}{L_{nB}} \coth \frac{w_B}{L_{nB}} \right] \left(e^{\frac{q V_{BC}}{kT}} - 1 \right)$$

$$J_B = J_E - J_C$$

$$\beta = \frac{J_C}{J_B} = \frac{J_C}{J_E - J_C} = \frac{1}{\frac{J_E}{J_C} - 1} = \frac{1}{\frac{\frac{q D_{PE} (P_{E0})}{L_{PE}} + \frac{q D_{nB} (n_{B0})}{L_{nB}} \coth \frac{w_B}{L_{nB}}}{\frac{q D_{nB} (n_{B0})}{L_{nB} \sinh \frac{w_B}{L_{nB}}}} - 1}$$

أقلية الحاملات $P_{E0} \ll n_{B0}$ أقلية الحاملات

أكثرية الحاملات $n_{E0} \gg P_{B0}$ أكثرية الحاملات

