فصل اول : مدارات دیودی

تقسیم‌بندی عناصر موجود در طبیعت برحسب هدایت جریان الکتریکی

۱) رسانا ۲) نیمه رسانا ۳) نارسانا

مقاومت الکتریکی

به واکنش یک جسم در برابر عبور جریان الکتریکی، مقاومت الکتریکی گفته می‌شود. رابطه مقاومت یک جسم به صورت زیر است :

$$R = \rho.\frac{L}{A}$$

ρ : مقاومت مخصوص جسم L : طول قطعه A : سطح مقطع جسم

تأثیر حرارت محیط بر مقاومت الکتریکی اجسام

حرارت محیط بر روی مقاومت الکتریکی اجسام به دو صورت تأثیر می‌گذارد ، که براساس آن تقسیم‌بندی زیر را برای اجسام داریم :

الف) مواد NTC :

موادی هستند که ضریب حرارتی منفی دارند یا به عبارتی در اثر افزایش حرارت محیط مقاومت الکتریکی آنها کم می‌شود (مانند نیمه هادی‌ها).

ب) مواد PTC :

موادی هستند که ضریب حرارتی مثبت دارند، یا به عبارتی در اثر افزایش حرارت محیط، مقاومت الکتریکی آنها زیاد می‌شود (مانند فلزات).

نیمه هادی‌ها

نیمه هادی‌ها در ساخت قطعات الکترونیک کاربرد فراوانی دارند، که به بررسی خواص و ویژگی‌های آنها می‌پردازیم. نیمه هادی‌هایی که در قطعات الکترونیک بیشتر استفاده می‌شوند، عناصر سیلیسیوم (Si) و ژرمانیوم (Ge) هستند.

خواص نیمه‌هادی‌های Si و Ge

۱ـ عناصر Si و Ge بدون وجود ناخالصی تقریباً نارسانا هستند. اما با تزریق مقدار کمی ناخالصی تغییر زیادی در مقاومت الکتریکی آنها ایجاد شده و آنها به یک نیمه رسانا تبدیل می‌شوند.

۲ـ عناصر Ge و Si جزء مواد NTC هستند.

۳ـ مقاومت مخصوص در عناصر Ge و Si به ترتیب روبرو است : $\rho(Ge) = ۵۰ cm.\Omega \quad , \quad \rho(Si) = ۵۰۰۰۰ cm.\Omega$

لذا دیده می‌شود که مقاومت مخصوص عنصر Si تقریباً ۱۰۰۰ برابر مقاومت مخصوص عنصر Ge است.

۴ـ نسبت الکترون‌های آزاد در Si به Ge به صورت روبرو است : $\frac{\text{نسبت الکترون‌های آزاد در Si}}{\text{نسبت الکترون‌های آزاد در Ge}} = \frac{۱}{۱۰۰۰}$

به عبارتی می‌توان گفت که خاصیت رسانایی Ge از Si بیشتر است.

انواع ناخالصی

ناخالصی نوع N :

عناصری از قبیل آنتیموان (Sb) و فسفر (P) و آرسنیک (As) که در لایه ظرفیت خود ۵ الکترون دارند و اهداکننده الکترون هستند ناخالصی نوع N نامیده می‌شوند.

ناخالصی نوع P :

عناصری از قبیل ایندیم (In) و گالیم (Ga) و بور (B) که در لایه ظرفیت خود ۳ الکترون دارند و پذیرنده الکترون هستند ناخالصی نوع P نامیده می‌شوند.

اتم دهنده یا اهدا کننده :

هر اتم که به سادگی بتواند الکترون آزاد کند اتم دهنده یا اهداکننده نام دارد میزان ناخالصی اتم اهداکننده را N_D می‌نامند.

اتم پذیرنده یا گیرنده :

هر اتم که بتواند به سادگی الکترون بگیرد یا به عبارتی پذیرنده الکترون باشد اتم گیرنده است. میزان ناخالصی اتم پذیرنده را با N_A نمایش می‌دهند.

انواع نیمه‌هادی‌ها

نیمه هادی نوع n :

با اضافه کردن ناخالصی نوع N به یک نیمه‌هادی ، نیمه‌هادی نوع n ایجاد می‌شود.

نیمه‌هادی نوع p :

با اضافه کردن ناخالصی نوع p به یک نیمه‌هادی ، نیمه‌هادی نوع p ایجاد می‌شود.

خواص نیمه‌هادی‌های نوع n و p

۱ـ هر دو از لحاظ بار الکتریکی خنثی هستند.

۲ـ در نوع n ، الکترون‌ها حامل‌های اکثریت هستند و حفره‌ها (مکان‌های خالی الکترون) حامل‌های اقلیت هستند.

۳ـ در نوع p ، حفره‌ها حامل‌های اکثریت هستند و الکترون‌ها حامل‌های اقلیت هستند.

۴ـ در هر دو نوع نیمه هادی نوع n و نوع p اگر چگالی الکترون‌ها (n) و چگالی حفره‌ها (p) باشد ، همواره رابطه زیر برقرار است.

$$n.p = n_i^۲$$

لازم به ذکر است که به چگالی الکترون‌های آزاد (n) و چگالی حفره‌ها (p) در یک نیمه‌هادی خالص n_i گفته می‌شود.

۵ـ در نیمه هادی نوع p اگر چگالی حفره‌ها یا (p) برابر با N_A باشد آنگاه چگالی الکترون‌های آزاد یا (n) از رابطه زیر محاسبه می شود :

$$n = \frac{n_i^2}{N_A}$$

نکته ۱: اگر به یک نیمه هادی خالص ، ناخالصی از نوع N و P با هم اضافه شود چگالی حفره‌ها و الکترون‌ها از رابطه زیر محاسبه می‌شود.

$$p + N_D = n + N_A$$

عوامل ایجاد کننده جریان در یک نیمه‌هادی

۱) تفاوت غلظت حامل‌ها :

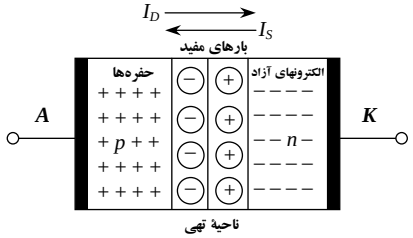
جریان ناشی از تفاوت غلظت حامل‌ها در قسمت‌های مختلف نیمه‌هادی جریان انتشاری نام دارد.

۲) وجود اختلاف پتانسیل در دو سر نیمه‌هادی :

اختلاف پتانسیل الکتریکی موجود در دو سر نیمه‌هادی باعث ایجاد یک میدان الکتریکی می شود که این میدان باعث ایجاد جریانی به نام جریان انتقالی در نیمه هادی می‌شود.

دیود نیمه هادی

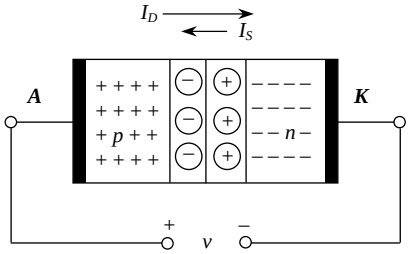
از اتصال یک نیمه هادی نوع n و یک نیمه هادی نوع p یک دیود ایجاد می‌شود. با اتصال این دو نوع نیمه‌هادی یک ناحیه تخلیه یا تهی بین نواحی p و n ایجاد می‌شود. شکل زیر یک اتصال pn را در حالت ایستا و طبیعی نشان می‌دهد.



انواع بایاس دیود

الف) بایاس مستقیم (Forward Bias) :

اگر کاتد دیود یا به عبارتی ناحیه n به ولتاژ منفی و آند دیود یا ناحیه p به ولتاژ مثبت وصل شود دیود در گرایش مستقیم بایاس می‌شود.



خصوصیات بایاس مستقیم

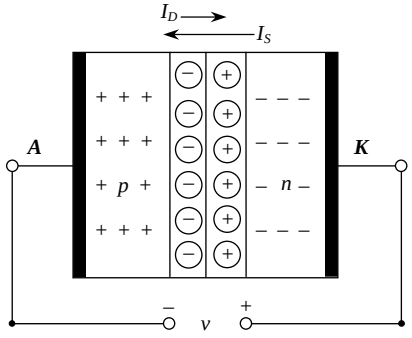
۱ـ در این نوع بایاس عرض ناحیه تخلیه کم می‌شود.

۲ـ با افزایش ولتاژ حامل‌های اکثریت افزایش خواهند داشت و حامل‌های اقلیت تقریباً ثابت می‌مانند.

۳ـ جریان در دیود توسط حامل‌های اکثریت ایجاد می‌شود.

ب) بایاس معکوس (Reverse Bias) :

اگر ناحیه p به ولتاژ منفی و ناحیه n در دیود به ولتاژ مثبت وصل شود دیود در ناحیه معکوس بایاس می‌شود.



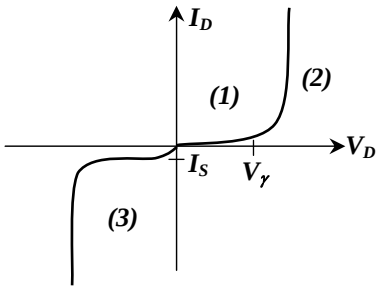
خصوصیات بایاس معکوس :

۱ـ در این نوع بایاس ناحیه تخلیه عرض زیادی پیدا کرده و با افزایش ولتاژ معکوس عرض ناحیه تخلیه بیشتر می‌شود.

۲ـ جریان حامل‌های اکثریت تقریباً صفر می‌شود و جریان حامل‌های اقلیت ثابت می‌ماند.

منحنی مشخصه دیود

منحنی ولت ـ آمپر ($I_D - V_D$) یک دیود در حالت عملی به صورت زیر است ، این منحنی جهت تحلیل به سه ناحیه تقسیم می‌شود و هر ناحیه جدا تحلیل می‌شود.



۱) ناحیه «۱» :

در این ناحیه معادله جریانی دیود به صورت زیر است :

$$I_D = I_S(e^{\frac{V_D}{\eta V_T}} - ۱) \quad , \quad V_T = \frac{K.T}{q}$$

V_D : ولتاژ دو سر دیود — I_D : جریان عبوری از دیود

I_S : جریان اشباع معکوس — K : ثابت بولتزمن ($۱/۳۸ \times ۱۰^{-۲۳}$)

q : بار الکترون ($۱/۶ \times ۱۰^{-۱۹}$ C) — V_T : ولتاژ معادل حرارتی که در دمای اتاق ۲۵ mV می‌باشد.

η : ضریب ثابت

۲) ناحیه «۲» :

در این ناحیه دیود به صورت کامل در گرایش مستقیم بایاس شده است و معادله جریانی دیود به صورت زیر ساده می‌شود.

$$I_D = I_S(e^{\frac{V_D}{\eta.V_T}})$$

۳) ناحیه «۳» :

در این ناحیه دیود در حالت بایاس معکوس است و معادله جریانی دیود به صورت روبرو است. $I_D = -I_S$

نکته ۲: I_S جریان اشباع معکوس دیود است و به جریانی گفته می‌شود که اگر دیود در گرایش معکوس بایاس شود از کاتد به سمت آند جاری می‌شود.

تغییرات I_S یا جریان اشباع معکوس در اثر تغییرات دمای محیط

در اثر افزایش دمای محیط مقدار I_S زیاد می شود و به ازای هر ۱۰ درجه افزایش دمای محیط جریان اشباع معکوس دوبرابر می شود. رابطه تغییرات I_S با دما به صورت روبرو است.

$$I_S(T_۲) = I_S(T_۱) \times ۲^{\frac{T_۲ - T_۱}{۱۰}}$$

مثال ۱: در یک دیود از نوع سیلیسیوم مقدار $I_S = ۱۰nA$ در دمای $۳۰^\circ c$ است اگر دمای محیط به $۵۰^\circ c$ برسد مقدار I_S در این حالت کدام است؟

۱) $۱۰\mu A$ ۲) $۴۰nA$ ۳) $۵\mu A$ ۴) $۱nA$

☑ **پاسخ : گزینه «۲»**

$$I_S(۵۰) = I_S(۳۰) \times ۲^{\frac{۵۰-۳۰}{۱۰}} = ۱۰nA \times ۲^۲ = ۴۰nA \quad , \quad I_S(T_۲) = I_S(T_۱) \times ۲^{\frac{T_۲ - T_۱}{۱۰}}$$

تغییرات V_γ با تغییرات دمای محیط

ولتاژ آستانه هدایت دیود یا V_γ به ازای هر درجه افزایش دمای محیط به اندازه ۲ mV تا ۲/۵ mV کم می‌شود رابطه تغییرات V_γ با دما به صورت روبرو است :

$$V_\gamma(T_2) = V_\gamma(T_1) - 2\,mV \times (T_2 - T_1)$$

مثال ۲: ***مقدار V_γ در یک دیود در دمای $10^\circ c$ برابر ۷۵۰ میلی‌ولت می‌باشد اگر دمای محیط به $110^\circ c$ برسد مقدار V_γ کدام است؟***

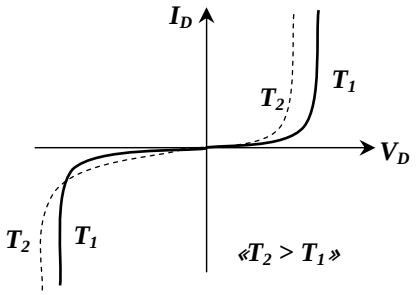
۱) ۵۵۰ m ۲) ۹۵۰ m ۳) ۶۰۰ m ۴) ۶۵۰ m

☑ **پاسخ : گزینه «۱»** همان طورکه گفته شد به ازای هر درجه افزایش دمای محیط مقدار V_γ به اندازهٔ ۲ تا ۲/۵ میلی‌ولت کاهش دارد لذا داریم:

$$V_\gamma(new) = V_\gamma(old) - \Delta T \times 2mv \Rightarrow V_\gamma(new) = 750m - 100 \times 2mv = 550mv$$

تغییرات منحنی (V – I) دیود با تغییرات دما :

منحنی ولت آمپر دیود با افزایش دمای محیط از سمت راست به سمت چپ حرکت می‌کند. یا به عبارتی می‌توان گفت که با افزایش دمای محیط V_γ کاهش و I_S افزایش دارد.



ولتاژ شکست معکوس دیود یا PIV :

حداکثر ولتاژی را که می‌توان به طور معکوس دو سر دیود اعمال کرد تا حدی که دیود آسیب نبیند ولتاژ شکست معکوس دیود می‌نامند.

ولتاژ هدایت دیود در گرایش مستقیم یا V_γ :

حداقل ولتاژ لازم برای روشن شدن دیود در بایاس مستقیم که دو سر دیود افت پیدا می‌کند را V_γ می‌نامند.

ناحیه شکست زنری :

اگر ولتاژ معکوس دو سر دیود از PIV کمی زیادتر شود دیود وارد ناحیه شکست زنری می‌شود. و جریان در جهت عکس I_D شروع به زیاد شدن می‌کند.

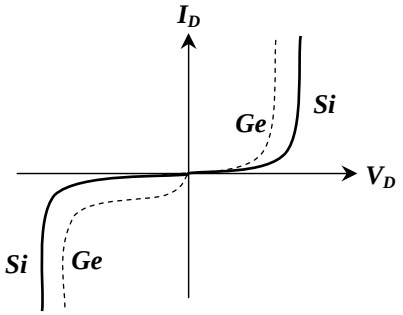
ناحیه شکست بهمنی :

اگر ولتاژ معکوس دو سر دیود از ولتاژ لازم برای شکست زنری زیادتر شود دیود وارد ناحیه شکست بهمنی می‌شود. و شبکه کریستالی دیود آسیب دیده و جریان دیود بسیار زیاد می‌شود.

مقایسه بین دیودهای Si و Ge :

$$\begin{cases} PIV_{max}(Si) = 1000V \\ PIV_{max}(Ge) = 400V \end{cases} , \quad \begin{cases} Max(T)(Si) = 400c \\ Max(T)(Ge) = 100c \end{cases}$$

$$\begin{cases} 0/5 < V_\gamma(Si) < 0/7 \\ 0/2 < V_\gamma(Ge) < 0/3 \end{cases} , \quad \begin{cases} I_S(Si) = 10nA \\ I_S(Ge) = 1 - 2\mu A \end{cases}$$



نکته ۳:

PIV و توان قابل تحمل دیود (Si) از دیود (Ge) بالاتر است.

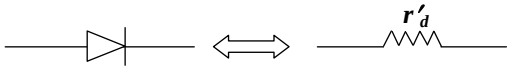
I_S دیود (Ge) زیادتر از I_S دیود (Si) است.

V_γ دیود (Si) زیادتر از V_γ دیود (Ge) است.

مدار معادل دیود

الف) مدار معادل دیود در حالت کار با ولتاژ AC :

مدار معادل دیود در حالت کار با ولتاژ AC به صورت زیر است :



r_B : مقاومت بدنه دیود

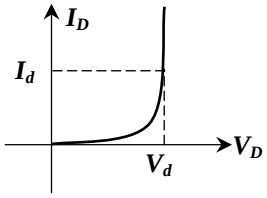
r_d : مقاومت دینامیکی دیود.

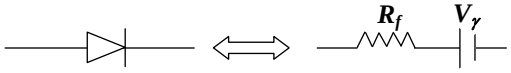
$$r_d = \frac{\delta V_d}{\delta I_d} = \frac{\eta V_T}{I_D} \quad , \quad r'_d = r_d + r_B$$

اگر r_B صفر فرض شود در نتیجه داریم : $(r_d = r'_d)$

ب) مدارمعادل دیود در حالت کار با ولتاژ DC :

مدار معادل دیود در حالت کار با ولتاژ DC به صورت زیر است :



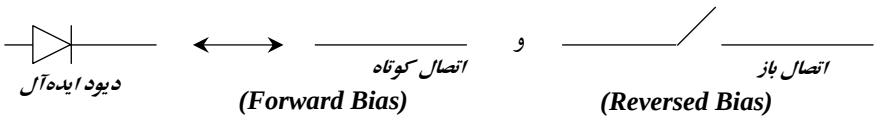


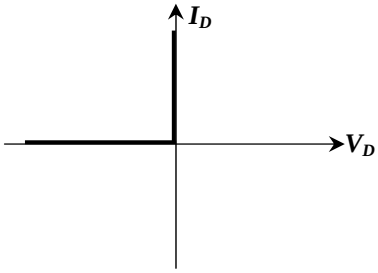
R_f : مقاومت استاتیکی دیود

$$R_f = \frac{V_D}{I_D}$$

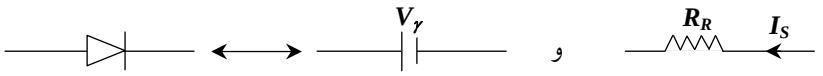
نکته ۴: R_f از روی منحنی دیود و باتوجه به نقطه کار دیود به دست می‌آید.

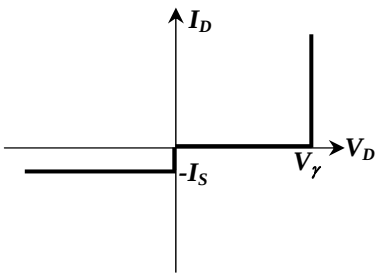
مدار معادل دیود و منحنی‌های مربوطه در حالت‌های مختلف :



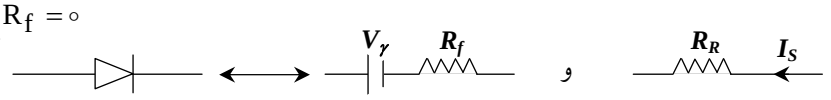


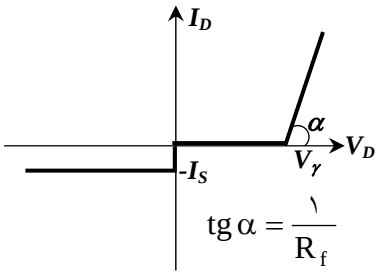
$$\begin{cases} V_\gamma = 0 \\ I_S = 0 \\ R_f = 0 \end{cases}$$





$$\begin{cases} V_\gamma \neq 0 \\ I_S \neq 0 \\ R_f = 0 \end{cases}$$





$$\begin{cases} V_\gamma \neq 0 \\ I_S \neq 0 \\ R_f \neq 0 \end{cases}$$

$$\tan\alpha = \frac{1}{R_f}$$

تغییرات مقاومت دینامیکی دیود برحسب تغییرات دما

نحوه تغییرات مقاومت دینامیکی دیود با دما بر طبق فرمول زیر است :

$$\frac{r_d(T_1)}{r_d(T_2)} = \frac{T_1^{K}}{T_2^{K}} = \frac{\theta_1^{\circ c} + ۲۷۳}{\theta_2^{\circ c} + ۲۷۳}$$

T : دمابرحسب درجه کلوین

θ : دما برحسب درجه سانتیگراد

مثال ۳: *در دمای $۲۷^\circ C$ مقاومت دینامیکی یک دیود چنداهم باشد تا اگر دمای محیط به $۱۲۷^\circ C$ برسد مقاومت دینامیکی آن ۴۰Ω شود؟*

۱) ۲۰ ۲) ۳۰ ۳) ۴۰ ۴) ۵۰

☑ **پاسخ : گزینه «۲»**

$$\begin{cases} \theta_1 = ۲۷^\circ C \\ \theta_2 = ۱۲۷^\circ C \\ r_d(T_2) = ۴۰\Omega \end{cases} \Rightarrow \frac{r_d(T_1)}{۴۰} = \frac{۲۷ + ۲۷۳}{۱۲۷ + ۲۷۳} \Rightarrow r_d(T_1) = ۳۰\Omega$$

$$\frac{r_d(T_1)}{r_d(T_2)} = \frac{\theta_1 + ۲۷۳}{\theta_2 + ۲۷۳} \quad ,$$

ظرفیت خازنی دیود

الف) خازن انتقالی (C_T) :

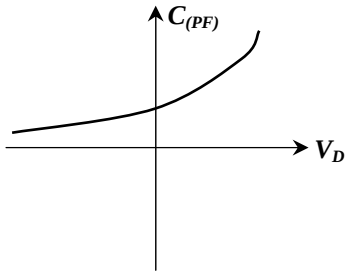
در اثر اتصال دو ماده p و n یک ظرفیت خازنی به نام خازن انتقالی ایجاد می‌شود و بر طبق فرمول زیر محاسبه می‌شود.

$$C_T = k\varepsilon_\circ \frac{A}{d}$$

d : عرض ناحیه تخلیه A : سطح مقطع نیمه هادی $k\varepsilon_\circ$: ضریب دی الکتریک ماده

ب) خازن نفوذی (C_D) :

در اثر حرکت حامل‌ها در دیود یک ظرفیت خازنی به نام خازن نفوذی ایجاد می‌شود. که مقدار آن طبق فرمول زیر محاسبه می‌شود.



$$c_d = \frac{\tau_T}{V_T}.I_d$$

I_d : جریان دیود در نقطه بایاس

τ_T : زمان گذر متوسط (متوسط زمان لازم برای نفوذ حفره‌ها از یک طرف به طرف دیگر ماده است).

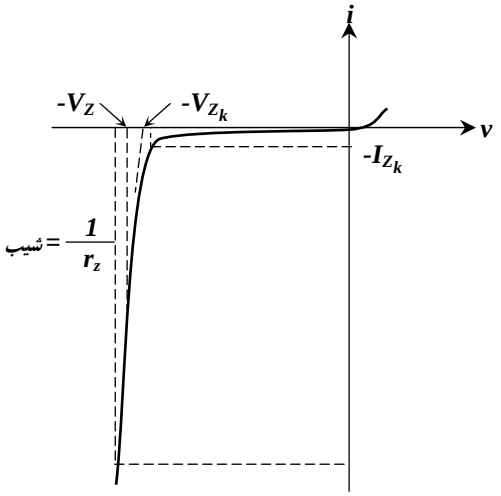
نکته ۵: در گرایش معکوس $C_T > C_D$ و در گرایش مستقیم $C_D > C_T$ می‌باشد.

نکته ۶: طبق نمودار روبرو با افزایش اندازه ولتاژ معکوس ظرفیت خازنی دیود کم می‌شود.

نکته ۷: در بایاس معکوس خازن C_D تقریباً ناچیز است.

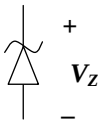
دیود زنر

اگر با تغییرات مقادیر ناخالصی در دیود معمولی PIV آن را کاهش بدهیم و همچنین با اعمال تغییراتی شرایطی ایجاد کنیم که دیود پس از وارد شدن در ناحیه زنری آسیب نبیند ، در این حالت یک دیود زنر ساخته شده است. لازم به ذکر است دیود زنر اکثراً از جنس (Si) ساخته می‌شود.



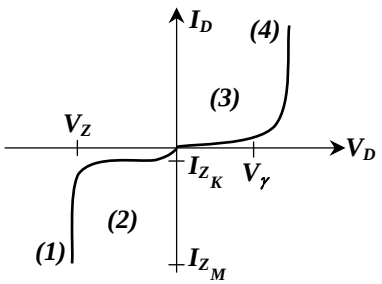
بایاس مناسب برای دیود زنر

دیود زنر برای کار در ناحیه زنری باید به صورت مقابل بایاس شود :



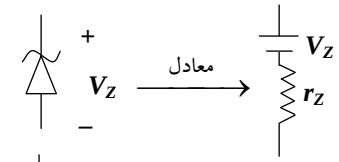
نواحی کار دیود زنر

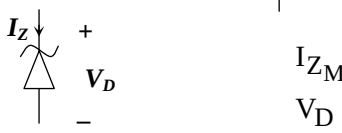
برای یک دیود زنر ۴ ناحیه کاری به صورت زیر موجود است ، که آنها را به ترتیب زیر بررسی می‌نماییم :



الف) ناحیه زنری (1) :

این ناحیه با اعمال ولتاژ مناسب مطابق با پلاریته ذکر شده در قسمت قبل در دو سر دیود زنر ایجاد می‌شود و با روشن شدن دیودزنر ولتاژ دو سر آن ثابت می‌ماند. شرایط روشن بودن یک دیود زنر و کار در ناحیه زنری مطابق موارد زیر است:

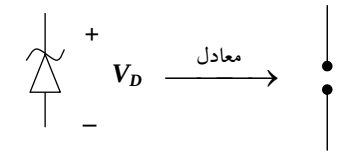




$$\left.\begin{matrix} I_{Z_M} > I_Z > I_{Z_K} \\ V_D \geq V_Z \end{matrix}\right\}$$

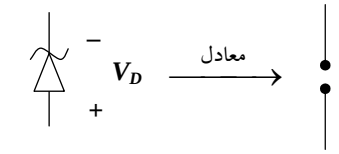
ب) ناحیه خاموشی دیود زنر (2) :

اگر ولتاژی کمتر از ولتاژ نامی دیود زنر در دو سر آن مطابق با حالت ذکر شده در قبل در دو سر دیود زنر باشد دیود زنر روشن نخواهد شد. به عبارتی دیود مانند یک اتصال باز عمل می‌کند.



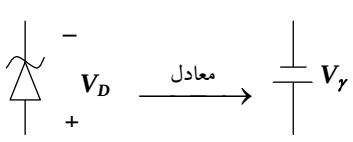
ج) ناحیه خاموشی زنر و هدایت به صورت دیود عادی (3) :

در این ناحیه بایاس دیود زنر به صورت روبرو است ولی ولتاژ کافی برای روشن شدن به صورت دیود عادی وجود ندارد لذا مدار معادل آن به صورت اتصال باز است.



د) ناحیه عمل مانند دیود معمولی (4) :

اگر مطابق با پلاریته روبرو به دیود زنر ولتاژ وارد شود مانند یک دیود عادی در دو سر آن V_γ افت خواهد کرد.



رابطه توان تلفاتی در دیود زنر

I_Z : جریان عبوری از دیود زنر

$$P_z = V_{z_n} \cdot I_z$$

محدودیت‌ها در کارکرد دیود زنر

$I_{z_{max}}$: حداکثر جریان عبوری از دیود زنر

$I_{z_{min}}$: حداقل جریان عبوری از دیود زنر برای روشن ماندن

$P_{z_{max}}$: حداکثر توان قابل تحمل دیود زنر $(P_{Z_{max}} = I_{Z_{max}} . V_Z)$

$$I_{z_{min}} < I_z < I_{z_{max}}$$

$$P_z < P_{z_{max}}$$

تغییرات ولتاژ زنری با تغییرات دمای محیط :

V_{z_n} : ولتاژ نامی دیود زنر

ΔT : تغییرات دمای محیط

T_C : ضریب حرارتی دیود زنر

$$T_C = \frac{\Delta V_Z}{V_{z_n} \cdot \Delta T}$$

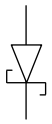
$$\Delta V_z = T_C \cdot V_{z_n} \cdot (T_۲ - T_۱)$$

$$\begin{cases} \text{if} \quad T_C > ۰ \quad \Rightarrow \quad V_{z_{new}} = V_{z_n} + \Delta V_z \quad \text{(برای شکست بهمنی)} \\ \text{if} \quad T_C < ۰ \quad \Rightarrow \quad V_{z_{new}} = V_{z_n} - \Delta V_z \quad \text{(برای شکست زنری)} \end{cases}$$

انواع دیگر دیود

۱) دیود شاتکی (دیود با حامل‌های داغ)

در این دیود اتصال بین یک نیمه هادی و یک فلز صورت می‌گیرد و حامل‌ها در این نوع دیود فقط الکترون‌ها هستند و کاربرد آن در آشکارسازها و سوئیچ‌های سریع است.



مقایسه دیود شاتکی با دیود (Si) :

۱ـ PIV دیود شاتکی کمتر از PIV دیود (Si) است.

۲ـ I_S دیود شاتکی زیادتر از I_S دیود (Si) است.

۳ـ توان مصرفی دیود شاتکی کمتر از توان مصرفی دیود (Si) است.

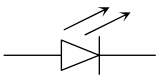
۲) تانل دیود :

تفاوت این دیود با دیودهای عادی در چگالی بسیار بالای ناخالصی در نیمه هادی نوع p و n است. در این نوع دیود عرض ناحیه تخلیه بسیار کمتر از دیودهای عادی است و در حدود ۰/۰۱ برابر آنها می‌باشد. همچنین سرعت قطع و وصل این دیود بسیار زیاد است. مطابق با منحنی زیر در نواحی خاصی این دیود دارای مقاومت منفی است و کاربرد آن در نوسان سازها می‌باشد.

*ناحیه مقاومت منفی : **

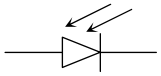
۳) دیود نورانی :

دیودهای نورانی معمولاً از کریستال نیمه هادی‌های گالیم ـ ارسنیک (Ga – As) ساخته می‌شود و تفاوت آنها با دیودهای عادی در ولتاژ V_γ آنها می‌باشد. برای مثال ولتاژ on شدن دیود نورانی یا (LED) قرمز رنگ تا سبزرنگ بین ۱/۵ تا ۲/۹ ولت تغییر دارد.



۴) دیود نوری :

در این نوع دیود جریان اشباع معکوس تقریباً متناسب با شدت نور تابیده شده به سطح دیود می‌باشد لذا به عنوان آشکارسازی نوری از آن استفاده می‌شود. لازم به ذکر است دیود نوری به طور معکوس بایاس شده و در مدار قرار می‌گیرد.

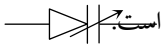


۵) دیودهای قدرت :

دیودهای قدرت همان دیودهای نوع Si هستند با این تفاوت که توان قابل تحمل آنها به دلیل وسعت سطح اتصال pn در آنها زیادتر از دیودهای معمولی است.

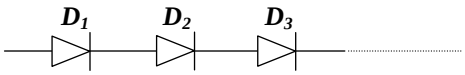
۶) دیود واراکتور :

در پیوند pn در حالت بایاس معکوس اثر ذخیره شدن بار باعث ایجاد خازنی به نام خازن C_j می‌شود که این خازن تابعی از ولتاژ معکوس V_R است. لذا دیود واراکتور دیودی است که با تغییر V_R دو سر آن ظرفیت خازنی آن عوض می‌شود بنابراین به عنوان خازن متغیر با ولتاژ عمل می‌کند و کاربرد آن در تنظیم خودکار گیرنده‌های رادیویی می‌باشد. محدودهٔ ظرفیت این دیودها در حدود ۲۵۰۰ PF است.



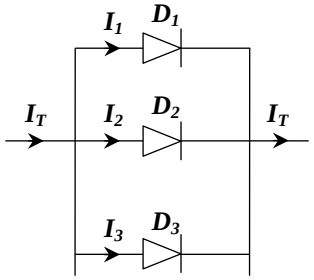
سری موازی کردن دیودها

هدف از سری کردن دیودها ، افزایش PIV در دیود معادل آنهاست به نحوی که : $PIV_T = PIV_1 + PIV_2 + \ldots$



هدف از موازی کردن دیودها افزایش جریان عبوری از کل مجموعهٔ دیودهاست به نحوی که :

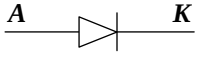
$I_T = I_1 + I_2 + I_3 + \ldots$



نکات مهم تستی در تحلیل مسائل دیودها

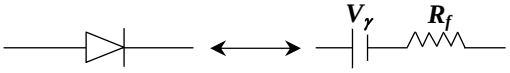
نکته ۸: برای حل مسائل دیودی باید دقت شود که ابتدا باید نوع بایاس دیود مشخص شود. حال بسته به نوع بایاس دیود معادل آن را در مدار قرار می‌دهیم.

دقت شود شرط هدایت دیود به صورت روبرو است :



$V_A \geq V_K + V_\gamma$

پس از هدایت دیود باید به جای دیود مدار معادل روبرو را قرار داد.



دقت شود که پلاریته منبع ولتاژ V_γ باید به صورتی باشد که پایه مثبت منبع V_γ به سمت آند باشد. یا به عبارتی جریان تولیدی توسط V_γ در جهت خلاف فلش دیود باشد.

در اکثر مسائل از مقاومت R_f صرف‌نظر می‌شود لذا کافی است به جای دیود فقط یک منبع ولتاژ به نام V_γ لحاظ شود.

اگر هیچ‌کدام از مقادیر V_γ و R_f داده نشده بود آنها را صفر فرض کرده و دیود را ایده‌آل در نظر می‌گیریم ، لذا در گرایش مستقیم به جای دیود اتصال کوتاه و در گرایش معکوس اتصال باز قرار می‌دهیم.

لازم به ذکر است که مدار معادل دیود در حالت کار با ولتاژ ac فقط یک مقاومت به نام r_d می‌باشد.