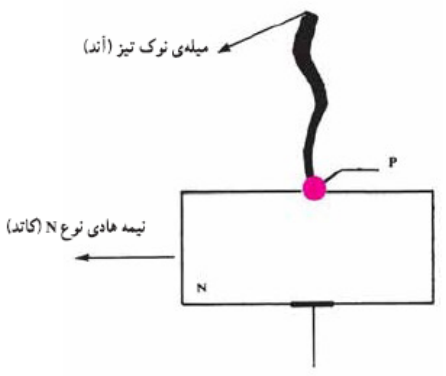
انواع دیودهای نیمه هادی

انواع متعددی ازدیودهای با پیوندPN وجود دارند که از لحاظ نوع کار، مشخصه و زمینه کار برد با هم متفاوت هستند. تعدادی ازاین دیودها ، ازجمله دیود اتصال نقطه ای ، دیود زنر، دیود نوردهنده LED ، دیود واراکتور، دیود تونلی و فتودیوددر این درس مورد بررسی قرارمی گیرند البته دیودهای دیگری نیز وجود دارند که تنها به ذکر نام انها اکتفا می شود به عنوان نمونه دیودهای شاتکی ، فتو کاند اکتیو ، دیود منتشر کننده اشعه مادون قرمز ، دیود کریستال مایع(LCD)، سلول خورشیدی ، ترمیستور و....را می توان اشاره نمود.

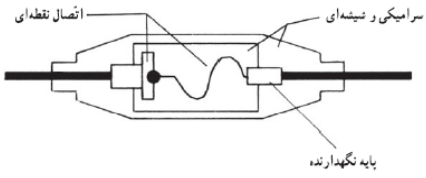
دیود اتصال نقطه ای

دیود های معمولی در بایاس معکوس، ایجاد یک ظرفیت خازنی (حدودپیکوفاراد) را می نمایند.اگر بخواهیم این دیودها را در فرکانس های بالا به کار ببریم ، به علت ظرفیت خازنی در بایاس معکوس ، جریان از مدار عبور می کند(راکتانس خازن کم است) .چون در فرکانس بالا مقاومت معکوس دیود ،کم میشود، از این روباید ظرفیت خازنی پیوند دیودهایی راکه در فرکانس بالا به کار می روند، کم نمود . برای کم کردن ظرفیت خازن ، ساده ترین راه کم کردن سطح اتصال نیمه هادیها(سطح ناحیه تهی) می باشد .لذا دیودهای اتصال نقطه ای را برای فرکانسهای بالا و جریانهای کم می سازند. شکل(24-3)ساختمان ساده یک دیود اتصال نقطه ای را نشان می دهد .



شکل ۲۴ــ۳ــ نمایش ساخت دیود اتّصال نقطه‌ای

برای ساختن این دیود ، کریستال نیمه هادی نوعN(معمولا از جنس ژرمانیم) را به عنوان نیمه هادی پایه انتخاب کرده ، یک سیم نازک مخصوص که خاصیت فنری داشته باشد به آن می چسبانند وسپس یک جریان ضربه ای قوی از آن عبور می دهند(جریان ضربه ای توسط تخلیه سلف یا خازن بزرگ تامین می شود) . در اثر این عمل اولاً کریستال نوع N ذوب می شود ونوک سیم درداخل آن قرارمی گیرد . ثانیاً در اطراف آن یک ناحیه بسیار کوچک P ایجاد می گردد . (تعدادی از اتم ها از سیم جدا شده وارد ماده نوع N می گردند.) علت تبدیل نیمه هادی نوع P آن است که در اثر عبور این جریان از نوک سیم ، اتمهای خارجی وارد کریستال گردیده وآنرا تبدیل به P می نمایند . شکل (25-3) ساختمان داخلی این دیود را نشان می دهد



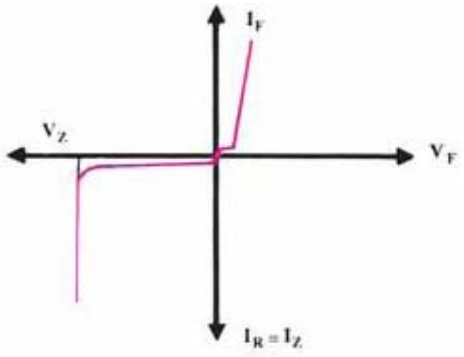
شکل ۲۵ــ۳ــ نمایش داخلی دیود اتّصال نقطه‌ای

از این دیود برای فرکانسهای زیاد ، در آشکارسازی و مخلوط کنندگیها استفاده می شود.

دیود زنر(Zener diode)

ساختمان دیود زنر: دیود زنر مانند دیود معمولی از دو نیمه هادی نوع N,P ساخته می شود.اگریک دیود معمولی رادر بایاس معکوس اتصال دهیم و ولتاژمعکوس را اضافه نما ییم ، در یک ولتاژ خاص ، دیود در بایاس معکوس نیز شروع به هدایت میکند. به ولتاژ زنر معروف است.این ولتاژ در دیودهای معمولی نسبتاً زیاد است. زنر نام شخصی است که اولین بار در سال 1933 این پدیده را کشف کرد. (ولتاژ زنر را با Vz نشان می دهند). پدیده زنر، ناشی از آن است که در جهت معکوس ، و با ولتاژ زیاد - که عملاً در ناحیه قرار می گیرد- میدان الکتریکی E بسیار قوی دراین ناحیه به وجود می آید. این میدان قوی ، قادرخواهد بود که پیوندهای سد را بشکند. در نتیجه شکسته شدن سد ، الکترون آزاد و حفره ایجاد می گردد. الکترون

آزاد بر اثر این میدان قوی ، سرعت گرفته ، می تواند با برخورد به اتمهای دیگر، الکترونهای دیگری را نیز آزاد کند. بدین طریق ، در اثر این پدیده زنجیری تعداد زیادی از پیوندها شکسته شده ، در دیود جریان جاری می گردد(شبیه جریان اشباع معکوس ، با این تفاوت که تعداد پیوندهای شکسته شده ، بر اثر گرما نبوده بلکه به خاطر میدان قوی که در دو سر آن قرار گرفته است می باشد) این پدیده را شکست بهمنی می نامند. در دیودهای زنر، ***با تنظیم ناخالصی*** ، می توان شکسته شدن پیوندها را با میدانهای مختلف(در نتیجه ولتاژهای مختلف) کنترل کرد. لذا می توان با این روش ، دیودهایی ساخت که به ازای یک ولتاژ معین در بایاس معکوس در مدار جریان برقرار گردد. ولتاژی که دیود زنر به ازای آن در بایاس معکوس ، هادی می شود به ولتاژ زنر معروف است. جنس نیمه هادی به کاربرده شده در دیود زنر ، سلیسیم است. این دیود در بایاس مستقیم، مانند یک دیودمعمولی عمل می کند . شکل (3-26) منحنی مشخصه ولت- آمپر یک دیود زنر را نشان می دهد .



دیود زنر ، در بایاس معکوس استفاده می شود و با توجه به اینکه ولتاژ زنر تقریباً در جریانهای مختلف معکوس ثابت می باشد ، از این خاصیت جالب دیود زنر برای تثبیت ولتاژ می توان استفاده نمود . نمای دیود زنر را در مدارات الکترونیکی مطابق شکل (3-27) نشان می دهند .

شکل ۲۷ــ۳ــ نمای مداری دیود زنر

استاندارد ولتاژ زنر : ولتاژ دیودهای زنر را معمولاً به دو استاندارد E_{12} و E_{24} می سازند که سری E_{24} رایجتر است . معمولاً ساخت دیود زنرازولتاژ 2/4 ولت شروع شده تا ولتاژ 200 ولت ادامه می یابد . مقدار ولتاژ زنر سری های فوق ، مانند مقاومتها می باشد. سری E_{12} را با تلرانس 10 درصد و سری E_{24} را با تلرانس 5 درصد می سازند. معمولاً مقدار تلرانس را روی خود دیود زنر می نویسند . برای تلرانس 5 درصد از حرف C و برای تلرانس 10 درصد از حرف D استفاده می کنند . مثلاً ولتاژ دیود زنر BZX32/C3V9 ، 3/9 ولت بوده و تلرانس آن(C)یعنی 5درصد می باشد . علامت V به جای ممیز به کار می رود.

ضریب حرارتی دیود زنر : مقدار ولتاژ دیود زنرمشابه ولتاژشکست معکوس دیودها در اثر گرما تغییر می کند. کارخانجات سازنده برای هر دیود زنر ضریبی تعریف می کنند که به ازای تغییر یک درجه حرارت ، ولتاژ زنر تغییر می کند . این ضریب را ضریب حرارتی دیود زنر می نامند. ضریب حرارتی دیود زنر، با ولتاژ 5/1 و 5/6 ولت تقریباً صفر است (بعنوان مرجع)و برای ولتاژهای کمتر از این مقدار ضریب حرارتی منفی و بیشترازاین مقدار، مثبت می باشد . ضریب حرارتی از رابطهٔ زیر به دست می آید :

$$\Delta V_Z = T_C V_Z \Delta T \quad \rightarrow \%T_C = \frac{\Delta V_Z}{V_Z \Delta T} \times 100$$

$$\Delta V_Z = V_{Z1} - V_Z \quad , \quad \Delta T = T_1 - T_0$$

T_0 دمایی است که درآن V_Z تعریف می شود(معمولاًدمای 25 درجه سانتی گراد) و T_1 دمای ثانویه است.

مثال:ولتاژنامی دیود 1N961دردمای محیط 10 ولت است ولتاژزنری آن در دمای 100 درجه چقدراست؟($\%T_C$=0.072)

مثال:ضریب حرارتی یک دیود زنر 5 ولتی را مشخص کنیداگرولتاژنامی به 4/8 ولت دردمای 100 درجه سانتی گراد افت کند؟

توان زنر:

اگرجریانی که در بایاس معکوس، از دیود زنر عبور می کند زیاد شود باعث سوختن دیود می گردد . زیرا این جریان باعث به وجود آمدن حرارت در محل اتّصال PN می شود. مقدار جریان ماکزیممی که به ازای آن ، دیود معیوب نمی شود ، بستگی به توان دیود زنر و ولتاژ شکست زنر داردتوسط سازنده مشخص می گردد . لذا توان زنراز رابطهٔ زیر به دست می آید :

$$P_{zmax}=V_z \cdot I_{zmax}$$

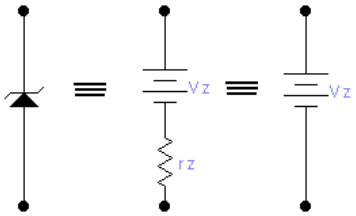
وتوانی که دیودزنر در هر مدار مصرف می کندبرابربا:

$$P_z=V_z \cdot I_z$$

اگرتوان مصرفی بیشتر از توان مجاز باشد دیود زنر معیوب می شود.در نتیجه، هر دیود زنربرای توان خاصّی ساخته می شود که این توانها معمولاً 0/15 W - 0/25 W - 0/3 W - 0/4 W - 0/5 W - 0/75 W - 1W - 1/3 W -2 W- 3W - 5 W - 10 W ، . . . و 50W می باشد.

مدار معادل دیود زنر:

همانطور که گفته شد ، دیود زنر در بایاس معکوس به کار می رود ، لذا مدار معادل کامل آن ، شامل یک مقاومت کوچک دینامیکی (r_z) و یک ولتاژ dc مساوی با ولتاژ زنر (V_z) میباشد . مقدار r_z از رابطهٔ زیر بدست می آید :

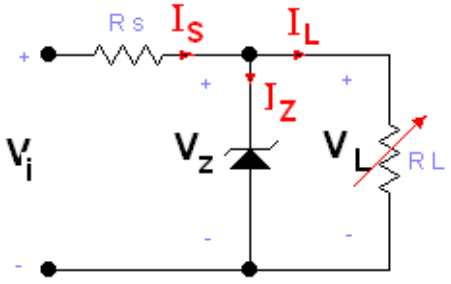


$$r_z=\frac{\Delta V_Z}{\Delta I_Z}=\frac{V_{Z1}-V_{Z2}}{I_{Z1}-I_{Z2}}$$

با فرض اینکه، کلیَه مقاومتهای خارجی متَصل به دیود ، نسبت به r_z بزرگ هستند از مقاومت معادل زنر صرفنظر می شود . شکل مقابل مدار معادل کامل دیود زنر و بدون r_z را نشان می دهد .

کاربردهای دیود زنر :

معمولی ترین کاربرد دیود زنر ، استفاده از آن در تولید یک ولتاژ مرجع ثابت برای اهداف مقایسه و تغذیه می باشد . ساده ترین مداری که می تواند یک ولتاژ نسبتاً ثابتی بدهد ، در شکل (29-3) نشان داده شده است . در این مدار به ازای تغییرات بار (R_L) یا تغییرات ولتاژ ورودی (Vi) در محدوده معَینی ، می توان ولتاژخروجی ثابتی دریافت کرد . حالتهای فوق رابه طور جداگانه مورد بررسی قرارمی دهیم .



الف- حالتی که Vi ثابت و R_L متغیرباشد. محدودهٔ تغییرات R_L- از حداقل تا حداکثر – را می توان مطابق شرح زیر به دست آورد .

در تعیین حداقل RL دیود زنر باید در آستانه هدایت باشد ، یعنی تمام جریان Is از R_L می گذرد . به عبارت دیگر ، چون زنر در آستانهٔ هدایت است و جریان نمی کشد ، بایستی ماکزیمم جریان مدار از حداقل R_L- که می تواند این وضعیّت را به وجود آورد – بگذرد . بنابراین

$$KCL: I_S=I_Z+I_L \qquad (1)$$

$$I_S=\frac{V_i-V_z}{R_S}=cnt \qquad (2)$$

$$I_L=\frac{V_L}{R_L}=\frac{V_Z}{R_L} \qquad (3)$$

با مقایسه رابطهٔ (1) و (2) ، خواهیم داشت :

$$I_S = I_{Z\min} + I_{L\max} \quad \rightarrow R_{L\min} = \frac{V_Z}{I_{L\max}}$$

$$I_S = I_{Z\max} + I_{L\min} \quad \rightarrow R_{L\max} = \frac{V_Z}{I_{L\min}}$$

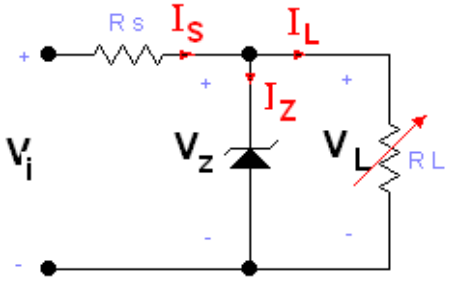
هر مقداری از R_L که بیشتر از R_{Lmin} باشد ، دیود زنر را هادی کرده ، جریانی از آن می گذرددراین صورت جریان عبوری از R_L حداقل است. از لحظهٔ هدایت دیود زنر ، یعنی عبور جریان از آن ، ولتاژ دو سر بار(V_L) که همان ولتاژ دو سر زنر(Vz) است ، ثابت می ماند.

با افزایش R_L و رسیدن به حد ماکزیمم مقدار خود ، جریان عبوری از آن کاهش می یابد ؛ امّا چون جریان عبوری از Rs ثابت است ، بنا چار جریان Iz افزایش خواهد یافت و مقدارش در حد ماکزیمم قرارمی گیرد.

توان زنر نیز از رابطهٔ توان ، یعنی : $P_{z(max)}=V_z \cdot I_{z(max)}$ به دست می آید .

مثال : در مدار شکل روبرو برای داشتن ولتاژ ثابت 12 ولت ، محدوده R_LوI_L و توان زنر را به دست آورید ، (V_i=50v - Izmax=30mA)

R_S=200



حل :

جریان عبوری از Rsبرابر است با:

$$I_S = \frac{V_i - V_z}{R_S} = \frac{50-12}{200} = 190 \quad mA$$

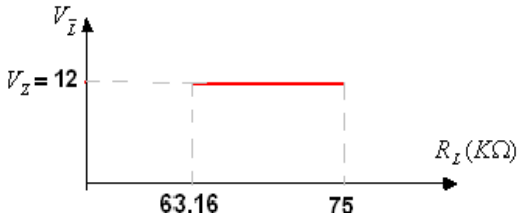
حداکثر جریان باروحداقل مقاومت باربرابر

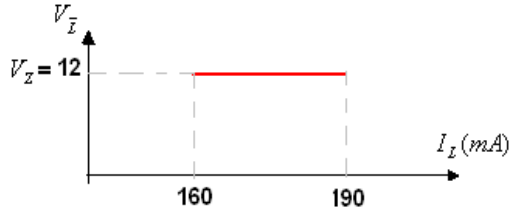
$$I_S = I_{Z\min} + I_{L\max} \rightarrow 190 = 0 + I_{L\max} \rightarrow I_{L\max} = 190mA \rightarrow R_{L\min} = \frac{V_Z}{I_{L\max}} = \frac{12}{190} \cong 63.16\Omega$$

حداقل جریان باروحداکثر مقاومت باربرابر

$$I_S = I_{Z\max} + I_{L\min} \rightarrow 190 = 30 + I_{L\min} \rightarrow I_{L\min} = 160mA \rightarrow R_{L\max} = \frac{V_Z}{I_{L\min}} = \frac{12}{160} = 75\Omega$$

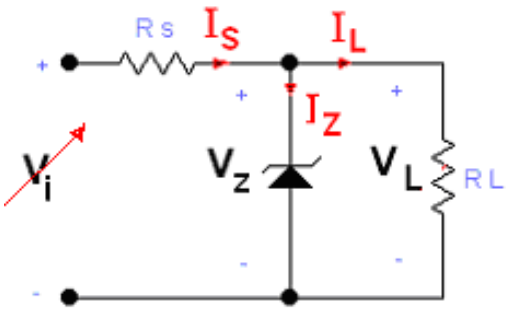
منحنیهای شکل زیر، تغییراتV_L در مقابل R_L وI_L را نشان می دهد.





ب- R_L ثابت و V_i متغیرباشد.

در صورت ثابت بودن R_L ، حداقل ولتاژ ورودی ، باید به اندازه ای باشد که بتواند دیود زنر را در آستانهٔ هدایت قرار دهد . حداقل ولتاژ ورودی از رابطهٔ زیر به دست می آید :



$$I_L = \frac{V_L}{R_L} = \frac{V_Z}{R_L} = cnt$$

$$I_{s\min} = I_{Z\min} + I_L \rightarrow V_{i\min} = R_S I_{S\min} + V_z$$

با افزایش ولتاژ ورودی دیود زنر ، جریان می کشد تا به مقدار حداکثری که ولتاژ دو سر بار ثابت بماند ، برسد . لذا حداکثر Vi توسط حداکثر جریان زنر ، محدود می شود.یعنی

$$I_{s\max} = I_{Z\max} + I_L \rightarrow V_{i\max} = R_S I_{S\max} + V_z$$

مثال: در مدار شکل بالابرای قابت ماندن V_L در 15 ولت با بار $R_L = 1K\Omega$ ، محدودهٔ ولتاژ ورودی را به دست آورید ($P_{Z\max} = 180mw$, $R_S = 200\Omega$).

حل :

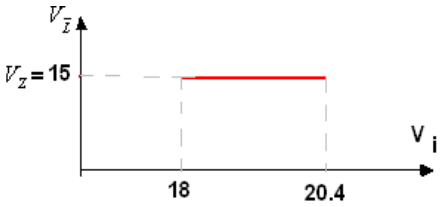
$$I_L = \frac{V_L}{R_L} = \frac{V_Z}{R_L} = \frac{15}{1K\Omega} = 15\ mA \quad , V_l = V_z = 15v$$

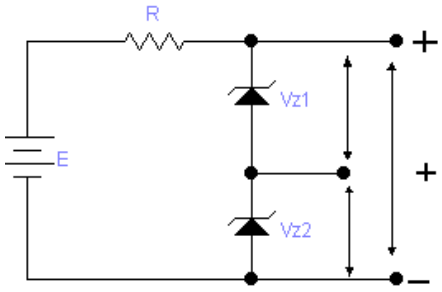
$$I_{s\min} = I_{Z\min} + I_L = 0 + 15 = 15mA \rightarrow V_{i\min} = R_S I_{S\min} + V_z = 0.2 \times 15 + 15 = 18\ v$$

$$I_{Z\max} = \frac{P_{Z\max}}{V_Z} = \frac{180}{15} = 12mA$$

$$I_{s\max} = I_{Z\max} + I_L = 12 + 15 = 27mA \rightarrow V_{i\max} = R_S I_{S\max} + V_z = 0.2 \times 27 + 15 = 20.4\ v$$

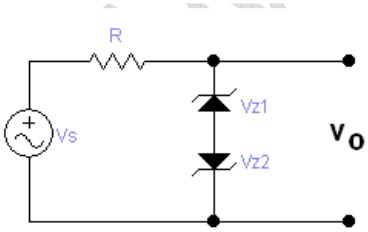
منحنی تغییرات VL در مقابل تغییرات Vi ، در شکل روبرو نشان داده شده است .





می توان با سری کردن دیودهای زنر چند مقدار ولتاژdc را ایجاد کرد.درشکل مقابل درصورتی که E بزرگتر از مجموع ولتاژهای زنری باشد سه سطح ولتاز Vz1 وVz2 وVz1+Vz2 خواهیم داشت.

اگردودیود زنر بصورت پشت به پشت مطابق شکل روبرو به هم متصل شوندمی توانندولتاژمتناوب را از دوطرف تثبیت کنند.(برش گر دوطرفه)



تمرین :اصول کار این مدار راشرح دهید.ولتاژخروجی رابه ازای ورودی سینوسی ترسیم کنید.(شرط اینکه برش گر باشد را بیان کنید)-اگر به جای منبع سینوسی از منبع dc استفاده شود مدار را تشریح کنید.

دیود نور دهنده LED(lighting emitted diode)

همانطور که از نامش پیداست این دیود مولد نور می باشد . دیود نور دهنده ، از دو قطعهٔ نیمه هادی نوع NوP تشکیل شده است . هر گاه بر روی این دیود، در بایاس مستقیم ولتاژی قرار گیرد و شدت جریان به اندازه کافی باشد ، دیوداز خود نور تولید می کند. نور تولیدی در محل اتصال PN به وجود می آید .

نور تولیدی بستگی به جنس به کاربرده شدهٔ نیمه هادی دارد و معمولاً به رنگ مادون قرمز – قرمز – نارنجی – سبز – زرد ساخته شده است . نوعی از این دیودها از جنس گالیم آرسنید (GaAs) و گالیم فسفات (GaP) و گالیم آرسنید فسفات

(GaAsP) می باشد که نور بیشتری نسبت به بقیه دیودها تولید می کنند . نور تولید شده ، نتیجه بعضی ترکیبات بین حفره و الکترون می باشد که به صورت پالسهای نور ظاهر می شود . لازم به ذکر است که این عمل برای دیودهای معمولی نیز اتفاق می افتد لکن فرکانس تولید شده به اندازه ای است که قابل روُیت نمی باشد .

بیشترین نور در محل پیوند PN به وجود می آید زیرا ترکیبات بین الکترون و حفره در محل پیوند به مراتب از جای دیگر دیود بیشتر است . منحنی دیود نور دهنده ، نسبت به جریان عبوری از آن یک خط راست است .

همانطوری که از منحنی پیداست ، منحنی کاملاً خطی است ، بنابراین با دیود LED می توان سیگنالهای الکتریکی را به نور تبدیل نمود ، بدون آنکه در نور به دست آمده اعو جاجی به وجود آید .

مقدار نوری که از یک دیود خارج می شود به وسیله شکل فیزیکی آن کنترل می گردد.شکل نیمکره ای ، قادر به خارج کردن نور بیشتری می باشد. از این رو این شکل فیزیکی بیشتر مورد استفاده قرار می گیرد.

برتریهای LED بر لامپ معمولی . عبارتند از :

1- کوچک بودن و نیاز به فضای کم

2- محکم بودن و داشتن عمر طولانی (حدود صد هزار ساعت کار)

3- قطع و وصل سریع نور 4- تلفات حرارتی کم

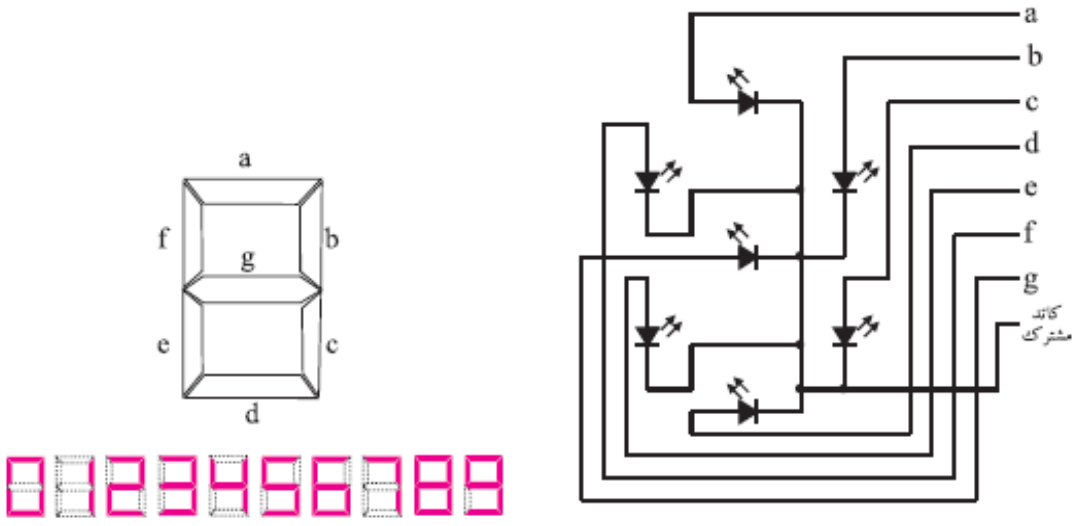
5-ولتاژ کار کم ، بین 1/7 تا 3/3 ولت 6- جریان کم ، حدود چند میلی آمپر بانور قابل روُیت

7-توان کم ، حدود 10 تا 150 میلی وات

نمای مداری دیود نور دهنده را در مدارات ، به صورت شکل (36-3) نشان داده می شود .

شکل (36-3) نمای مداری LED

از دیودهای نور دهنده با رنگهای مختلف (قرمز ، سبز ، زرد ، سفید و جدیداً آبی)



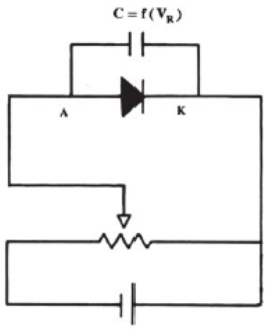
شکل ۳۳ــ۳ــ نمایش دیودی و اعداد حاصل از سون سگمنت

می توان برای نمایش الفبای عددی استفاده نمود ، که مهمترین آنها سون سگمنت (هفت قطعه ای) می باشد که برای نمایش اعداد به کار می برند . شکل (33-3) نمای دیودی و نمایش اعداد حاصل از اعمال ولتاژ مناسب به دیودهای هفت قطعه ای را نشان می دهند .جدیداً سون سگمنت های خاصَی ساخته شده که در آن از دو LED استفاده گردیده است . اگر ولتاژ تغذیهُ آن معکوس شود رنگ آن از قرمز به سبز یا بالعکس عوض می شود .

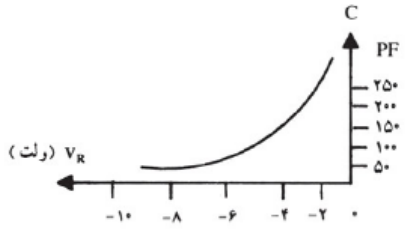
دیود خازنی (واراکتور)

دیود خازنی ، مانند یک دیود معمولی است و از دو قطعه نیمه هادی نوع P و N که معمولاً از جنس سیلیسیم است ، ساخته می شود . همانطور که قبلاً یاد گرفتیم ، دیود معمولی ، بدون اینکه آنرا بایاس کنیم در محل اتَصال یک لایه سد بوجود می آمد(این لایه به عنوان یک عایق بین نیمه هادیهای P وN بود) اگر دو نیمه هادی P وN را به عنوان عایق به حساب بیاوریم ، مجموعه دیود به عنوان یک خازن می باشد . (خازن عملاً در منطقهُ تخلیه به وجود می آید) . ظرفیت خازن منطقه تخلیه حدود پیکوفاراد (PF) است .

اگر دیود را در بایاس معکوس به کار ببریم ، عرض ناحیه تخلیه بیشتر می شود و عایق بین دو نیمه هادی نیز افزایش می یابد ، در نتیجهُ ظرفیت خازن کمتر می گردد . بنابراین می توان با تغییر مقدار ولتاژ معکوس ، ظرفیت خازن را تغییر داد . پس ، دیود خازنی همیشه در بایاس معکوس قرار می گیرد . دیود خازنی ، اندکی با دیودهای معمولی تفاوت دارد . اولاً جریان اشباع معکوس آن فوق العاده کم است و در ثانی ، سطح دو نیمه هادی را طوری انتخاب می کنند که حداکثر بتواند خازنی با ظرفیت 2/5 نانوفاراد ، ایجاد کند . دیودهای خازنی 300PF ، از رایج ترین دیودهای این نوعند . شکل (35-3) مدار معادل دیود واراکتور با تغذیه معکوس را نشان می دهد .

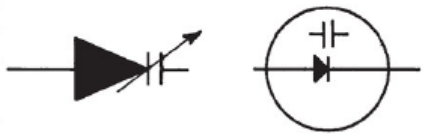


شکل ۳۵ــ۳ــ مدار معادل دیود واراکتور با تغذیه معکوس



شکل ۳۶ــ۳

در مدارات الکترونیکی، دیود خازنی را مطابق شکل ۳۷ــ۳ نشان می‌دهند.



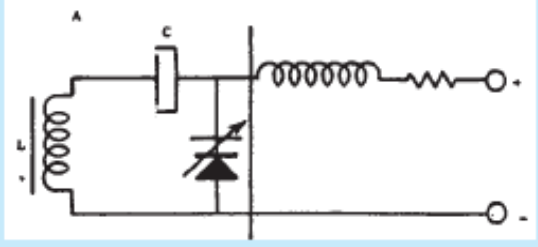
شکل ۳۷ــ۳ــ نمای مداری دیود واراکتور

از این دیودها ، در مدارات رادیو و تلویزیون به عنوان یک خازن متغیَر استفاده می شود ،زیرا دارای حجمی بسیار کم ، ظریف و محکم می باشند . شکل(36-3) منحنی تقریبی ظرفیت خازن نسبت به ولتاژ معکوس را نشان می دهند.

در مدارات الکترونیکی ، دیود خازنی را مطابق شکل (37-3) نشان می دهند.

یکی از کاربردهای مهم دیود خازنی ، در مدارات کنترل فرکانس و تبدیل تغییرات ولتاژ dc به تغییرات فرکانس می باشد. به عنوان مثال ، مدار شکل (38-3) ، مدار موازی LC در حالت رزنانس می باشد که فرکانس رزنانس آن با ولتاژ dc ورودی تغییر می کند.

مدار قسمت A یک مدار رزنانس است. خازن C جهت جلوگیری از عبور ولتاژdc به سلف (L) به کار برده شده است . در ضمن ، این خازن با ظرفیت

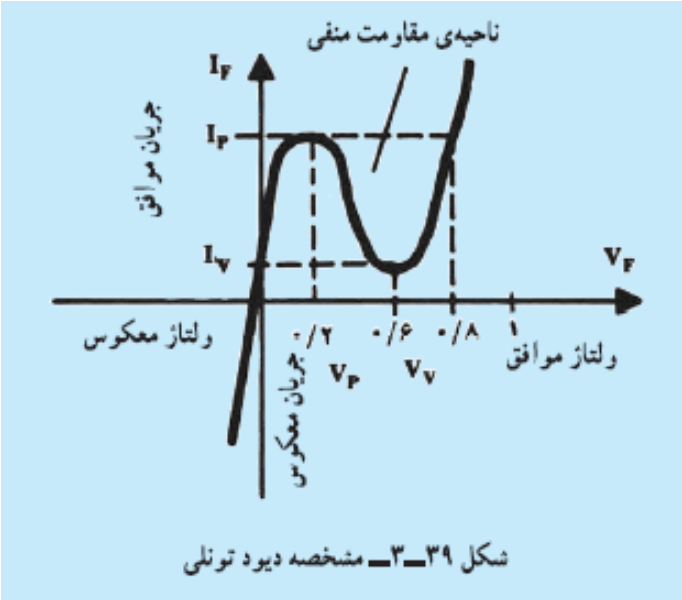


شکل ۳۸ــ۳ــ کاربرد دیود واراکتور در کنترل فرکانس

خازنی دیود سری شده است تا از تغییرات شدید فرکانس ، جلوگیری به عمل آید.

دیود تونلی

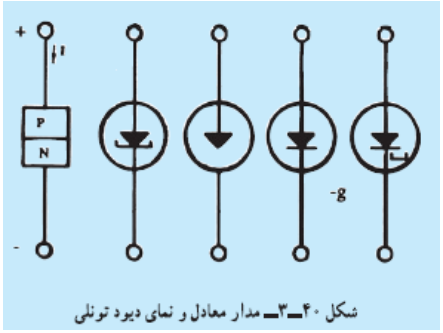
دیود تونلی از دو قطعه نیمه هادی نوع P و N که غالباً از جنس ژرمانیم و گالیوم آرسنید می باشد ساخته شده است و دارای یک ناحیه مقاومت منفی می باشد. میزان ناخالصی در دیود تونلی ، نسبت به دیود معمولی بسیار زیاد است (حدود چندهزار برابر) که این خود باعث به وجود آمدن یک ناحیهُ تهی بسیار نازک ، در محل پیوند می شود . ناحیهُ نازک تهی سبب می شود تا حاملهای زیادی به جای اینکه در ولتاژهای پایین عبور نمایند از آن تونل بزنند . شکل (39-3) مشخصهُ یک دیود تونلی را نشان می دهد . با افزایش ولتاژ موافق ، از صفر تا Vp ، بر خلاف دیود معمولی جریان عبوری تا Ip افزایش سریع دارد . از Vp به بعد با افزایش ولتاژ موافق تا Vv جریان کاهش سریع دارد . فاصله ولتاژ پیک (Vp) تا ولتاژ دره (Vp) را ناحیه مقاومت منفی گویند .



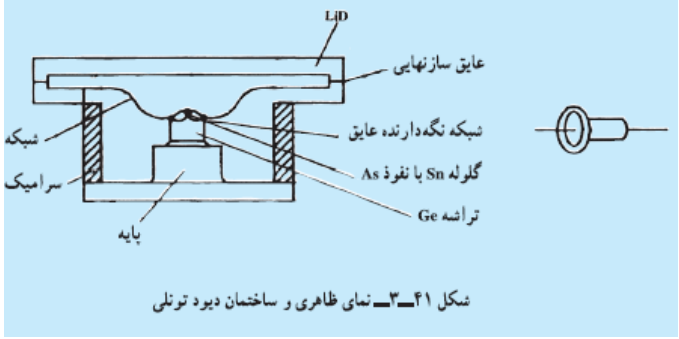
شکل ۳۹ــ۳ــ مشخصه دیود تونلی

پدیده تونل بدین صورت است که در بایاس موافق ، الکترونها (حاملهای اکثریت) قبل از رسیدن به ناحیه تهی به طور آزاد و مستقیم حرکت می کنند . به محض رسیدن به ناحیهُ تهی به صورت نمایی به طرف پایین منحرف می شوند تا از ناحیه تهی بگذرند . این پدیده ، نمایشگر همان زدن تونل است که الکترون با سرعت زیادتر از حاملها ، در دیود معمولی از ناحیه تهی بگذرند . نسبت جریان پیک (Ip) به جریان دره (Iv) در کاربردهای این دیود بسیار مهم است . این نسبت برای ژرمانیم 10/1 و برای گالیوم آرسنید 20/1 می باشد .

جریان پیک (Ip) در دیود تونلی ، می توانند بین چند میکرو آمپر تا چند صد آمپر متغَیر باشد. در حالیکه ولتاژ دره (Vv) دو سر دیود از حدود 0/6 ولت تجاوز نمی کند . به همین دلیل است که اتَصال ولت متری با اِبتری 1/5 ولت ، به طور نادرست به دو سر دیود تونلی به آن صدمه می زنند .



شکل ۴۰ــ۳ــ مدار معادل و نمای دیود تونلی



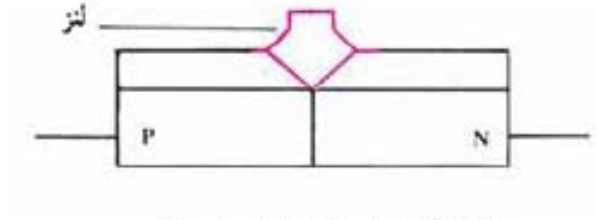
شکل ۴۱ــ۳ــ نمای ظاهری و ساختمان دیود تونلی

مدار معادل دیود تونلی و نماهای مداری آن در شکل (40-3) کشیده شده است .

نمای ظاهری و ساختمان این دیود ، در شکل (41-3) آمده است . هر چند که کاربرد دیودهای تونلی در دستگاههای فرکانس بالا ، امروزه به علت ساخت قطعا ت دیگری که در فرکانس بالا کار می کنند کمتر شده ولی هنوز به خاطر سادگی ، تغذیهٔ خیلی کم و ضریب بالای اطمینان آن موارد استفاده زیادی دارد.

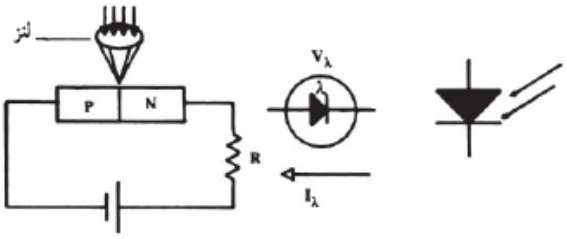
فتو دیود

ساختمان فتو دیود ، مانند یک دیود معمولی با اتَصال PN می باشد . با این تفاوت که محل پیوند PN ، جهت تابانیدن نور به آن از مواد پلاستیکی سیاه پوشیده نمی باشد ، بلکه توسَط شیشه و یا پلاستیک شفاف پوشیده می گردد تا نور بتواند به آسانی به آن بتابد. روی اکثر فتو دیودها ، یک لنز بسیر کوچک نصب می شود تا بتواند نور تابانیده شده به آن را متمرکز کرده ، به محل پیوند برساند. شکل (42-3)ب



شکل ۴۲ــ۳ــ فتودیود همراه با لنز

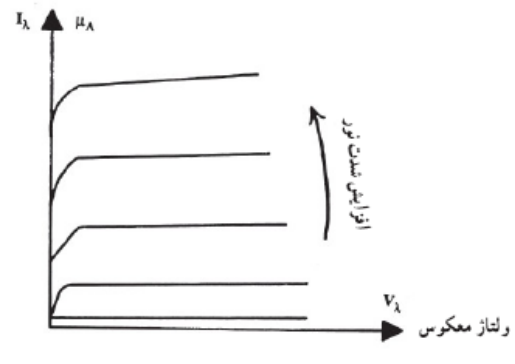
فتو دیود همیشه در بایاس معکوس به کار می رود و تابش نور به محل پیوند آن ، جریان معکوس آن افزایش می یابد (افزایش جریان به علت شکستن پیوندها با انرژی نئر می باشد) . هر چه نور تابانیده شده به محل پیوند PN بیشتر باشد مقدار جریان معکوس آن نیز بیشتر می شود و بر عکس ، هر چقدر نور تابانیده شده به آن کمتر باشد مقدار جریان معکوس آن کمتر می شود . شکل (43-3) نمای مداری و بایاسینگ این دیود را نشان می دهد .



شکل ۴۳ــ۳ــ نمای مداری و بایاسینگ فتودیود

جریان معکوس فتو دیود علاوه بر اینکه با تغییر شدت نور ، تغییر می کند ، با تغییر طول موج نیز تغییر می کند . علاومت روی علامت اختصاری فتو دیود همین مطلب را می رساند .

منحنی مشخصهٔ یک فتو دیود در شکل (44-3) رسم شده است. این منحنی فقط به ازای طول موج ثابت و شدت روشناییهای مختلف رسم شده است. همانطوری که از منحنی پیداست با افزایش شدت نور ، جریان I& نیز افزایش پیدا می کند و تقریباً در ولتاژهای مختلف معکوسی که دو سر آن قرار گرفته است ، در یک نور مشخص ثابت می ماند ، مقدار آن فقط بستگی به نور تابایده شده به محل پیوند PN دارد. درضمن همیشه حدود چند دهم ولت ولتاژ دو سر اتَصال PN ، در حالت بدون بایاسینگ به وجود می آید.



شکل ۴۴ــ۳ــ منحنی مشخصهٔ فتودیود به ازای تغییرات شدت روشنایی

از این دیود برای تشخیص نور و همچنین سنجش نور در دستگاههای نورسنج ، شمارش سریع یا سویچ کردن و موارد مشابه دیگر استفاده می شود. ولتاژ معکوس این دیودها ، حدود 50-20 ولت و توان آنها حدود چند صد میلی وات و جریان معکوس آنها در تاریکی حدود چند نانو آمپر است. به عنوان مثال المان شمارهٔ TIL 413 یک فتو دیود می باشد که ولتاژ معکوس آن 30 ولت و توان آن

150 میلی وات و جریان معکوس آن در تاریکی حدود 5 نانو آمپر می باشد (این همان جریان اشباع معکوس در دیودهای معمولی است).

لازم به تذکر است که فتو رزیستانس نیز می تواند در بعضی موارد جایگزین فتو دیود شود ، زیرا مقاومت هر دو تابع نور می باشد. تفاوت این دو المان ، در سرعت کار آنها است. فتو دیود سرعت عمل بسیار بیشتری نسبت به فتورزیستانس دارد. البته ناگفته نماند که فتو دیود در محدودهُ فرکانس وسیع تری نیز نسبت به فتو رزیستانس می تواند کار کند.

تمرین :دررگولاتور زنری می خواهیم ولتازبار در 18 ولت تثبیت گرددااگر $R_S = 300\Omega \ , V_i = 50v$ وحدود تغییرات جریان دیود زنر $20 \le I_Z \le 400mA$ باشد.محدوده توان باررابه گونه ایی تعیین کنید که رگولاتور آسیب نبیند؟

AMROLL.BLOGFA.COM