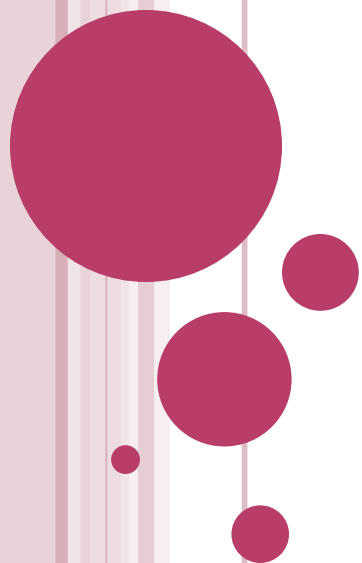


به نام ایزد دانا

الکترونیک خودرو

تهیه و تنظیم
مهرزاد کشتکار
مدرس دروس تخصصی خودرو



فصل چهارم

دیود و ترانزیستورها

تقسیم بندی عناصر

○ موادی که در ساختار اتمی آنها،

در لایه آخر (لایه ی والانس یا ظرفیت) دارای 5 تا 8 الکترون می باشد را مواد عایق گویند.

○ فلزاتی که در لایه آخر، دارای 3

الکترون هستند را هادی یا رسانا گویند.

○ عناصری که اتم های آن در لایه

آخر خود 4 الکترون دارند، نیمه هادی گفته می شود.

عناصر بطور کلی از نظر هدایت الکتریکی به سه دسته تقسیم می شوند.

- هادی

- عایق یا نارسانا

- نیمه هادی یا نیمه رسانا



نیمه هادی ها

نیمه هادی ها در صفر مطلق

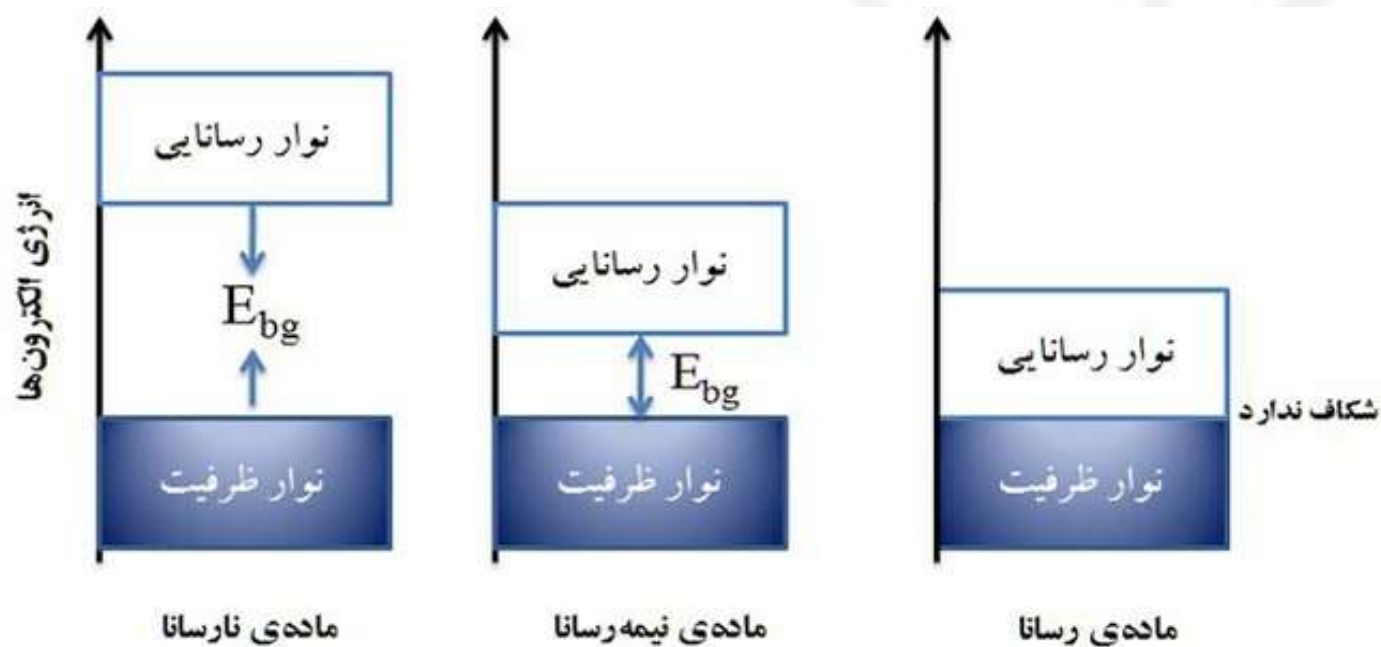
(-273°C) تقریباً عایق هستند. در درجه حرارت معمولی (25°C)، باعث آزاد شدن تعدادی الکترون از لایه آخر شده و هدایت الکتریکی جسم زیادتر می شود.

عناصری مانند کربن، سیلیسیم و ژرمانیم از مهمترین نیمه هادی ها محسوب می شوند.

مواد عایق مانند هوا، شیشه، پلاستیک، کائوچوب و غیره الکترون های لایه آخر خود را به سختی از دست می دهند.

موادی مانند نقره، مس، طلا، آلومینیوم و غیره دارای الکترون های آزاد زیاد می باشند و این الکترون ها به راحتی از اتم جدا می شوند.

باند های انرژی الکترونی در مواد مختلف



ساختار اتمی ژرمانیم و سیلیسیم

سیلیسیم (Si) دارای عدد اتمی 14 می باشد و آرایش الکترونی آن به صورت

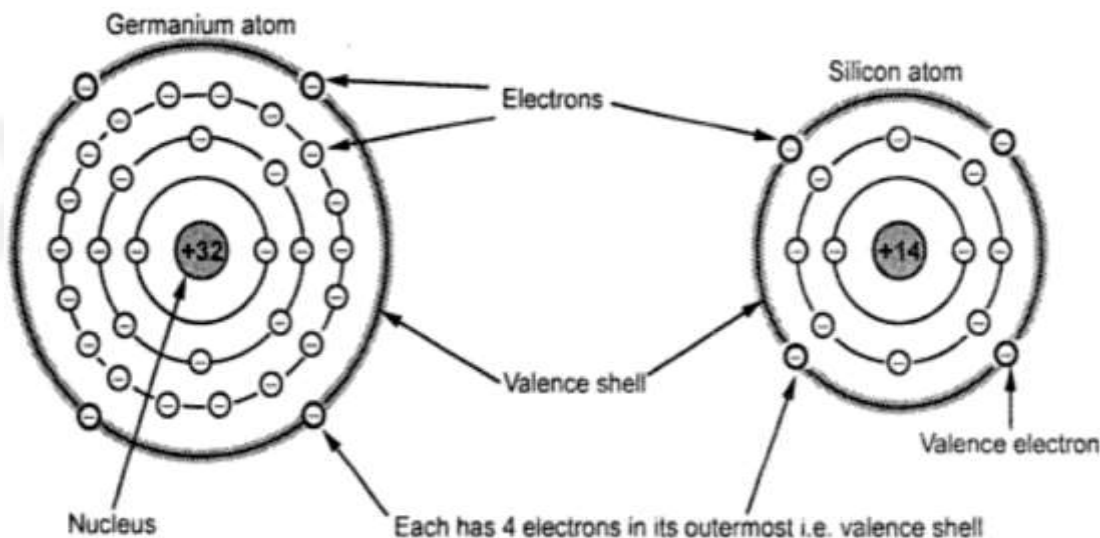
2-8-4

و در لایه آخر فقط 4 الکترون دارد. چگالی آن 2.33 gr/cm^3 بوده و در دمای 1410°C ذوب می شود.

ژرمانیم (Ge) دارای عدد اتمی 32 می باشد و آرایش الکترونی آن به صورت

2-8-18-4

و در لایه آخر فقط 4 الکترون دارد. چگالی آن 5.32 gr/cm^3 بوده و در دمای 937.4°C ذوب می شود.

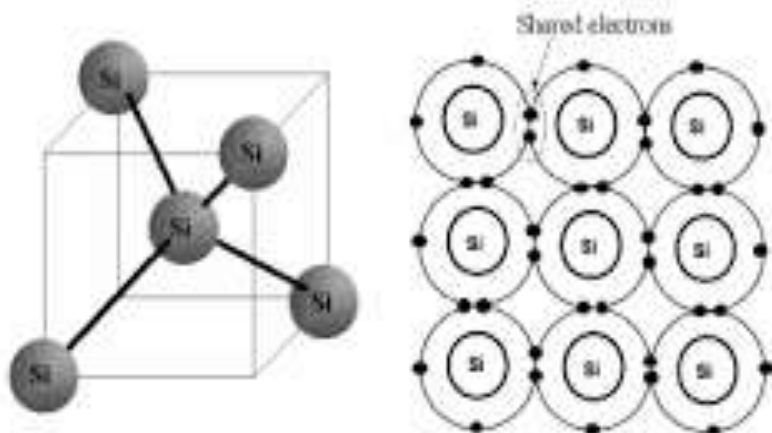


ساختمان کریستالی ژرمانیم و سیلیسیم (پیوند کووالانسی یا اشتراکی)

زمانی لایه آخر یک اتم کامل و پایدار می شود که تعداد الکترون های لایه آخر آن به 8 الکترون برسد.

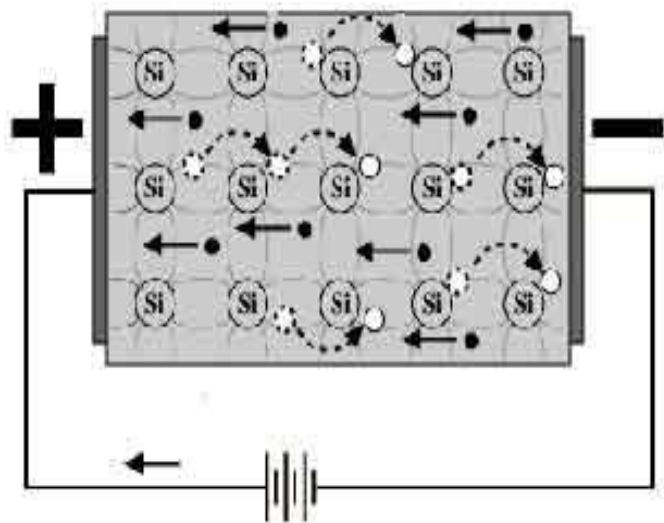
گرچه هنوز هم از ژرمانیم برای ساخت نیمه هادی استفاده می شود، ولی سیلیسیم به خاطر مزایای ویژه ای که دارد کاربرد وسیع تری در الکترونیک پیدا کرده است.

Crystal Structure of Single
Crystal Silicon



با کنار هم قرار دادن اتم های سیلیسیم و اشتراک گذاشتن الکترون در مدار ظرفیت ، لایه آخرشان کامل می شود. به این ترتیب، اتم های سیلیسیم شبکه کریستالی را تشکیل می دهند و چون لایه آخر 8 الکترون دارد در صفر مطلق عایق خوبی هستند.

هدایت الکتریکی در سیلیسیم و ژرمانیم



با افزایش دما انرژی حرارتی باعث ارتعاش الکترون های لایه آخر کریستال ژرمانیم و یا سیلیسیم می شود. با افزایش دما ارتعاشات نیز بیشتر می شود، تا جایی که پیوند اشتراکی می شکند و الکترون ها آزاد می شوند. با افزایش دما تعداد بیشتری از پیوندها می شکند و الکترون های بیشتری که به هیچ اتمی وابسته نیستند جریان الکتریکی را در مدار افزایش می دهند.



تئوری حفره ها (HOLES THEORY)

نیمه هادی ها دارای الکترون و حفره می باشد، و هنگامی که یک ولتاژ بیرونی به آن اعمال شود، هر دو جریان می یابند. و این همان چیزی است که یک نیمه هادی را از یک هادی متمایز می سازد.

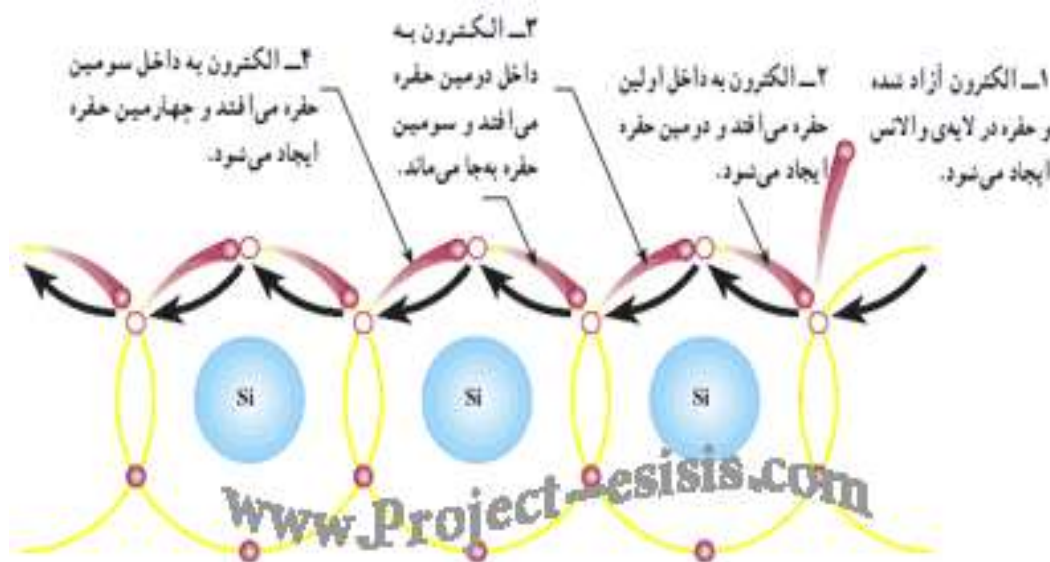


در اثر انرژی خارجی مانند گرما، پیوندهای اشتراکی شکسته شده و الکترون از اتم خود جدا می شود، بنابراین اتم نیمه هادی کمبود الکترون پیدا می کند. جای خالی الکترون در اتم را حفره می گویند. وقتی دما از صفر مطلق بالاتر باشد، اتم ها شروع به ارتعاش می کنند. گاه به گاه یک الکترون ظرفیت آنقدر انرژی کسب می کند که به داخل باند هدایت پرتاب می شود.

نحوه حرکت الکترون ها و حفره ها درون یک کریستال

بعد از شکستن پیوندها و ایجاد الکترون ها و حفره ها، الکترون ها مرتبا جذب حفره ها شده و از حالت آزاد بودن خارج می شوند .

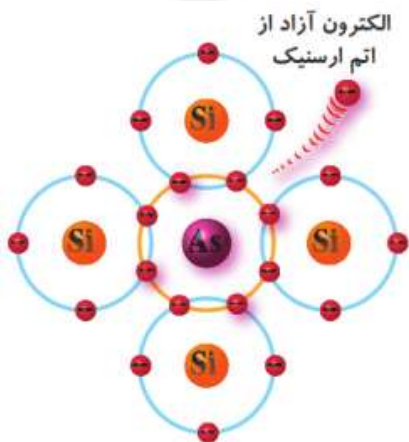
باید دقت نمود که حرکت الکترون ها و حفره ها عکس یکدیگر می باشد. در حالی که عملا حفره ها کاملا ساکن بوده و حرکت نمی کنند فقط در اثر خالی شدن جای یک الکترون، حفره بوجود می آید.



نیمه هادی نوع N

○ اگر یک اتم آرسنیک را به کریستال سیلیسیم اضافه کنیم اتم آرسنیک با چهار اتم سیلیسیم مجاور خود پیوند اشتراکی ایجاد کرده و از آنجایی که در لایه آخر آرسنیک فقط 8 الکترون موجود می باشند، بنابراین یک الکترون باقی مانده و بصورت الکترون آزاد در می آید. با تنظیم مقدار اتم ناخالصی، تعداد الکترون های آزاد کریستال کنترل می شود.

این کریستال را کریستال منفی یا کریستال نوع N می باشد.

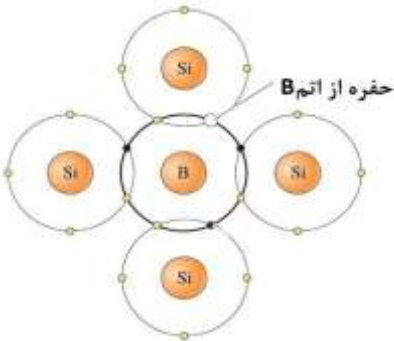


ناخالص کردن با اتم ۵ ظرفیتی

تعداد الکترون های و حفره های ایجاد شده در نیمه هادی ها بر اثر انرژی گرمایی، آنقدر کم است که نمی توانند جریان زیادی

را از خود عبور دهند و کریستال نیمه هادی خالص مانند یک مقاومت اهمی معمولی عمل می کند. لذا برای ساخت یک نیمه هادی واقعی عناصر ناخالص ۵ ظرفیتی مانند آرسنیک (As)، آنتیموان (Sb)، فسفر (p) و یا عناصر ناخالص 3 ظرفیتی مانند آلومینیوم (Al)، بورن (B) و یا ایندیم (In) را به سیلیسیم و ژرمانیم اضافه می کنند.

نیمه هادی نوع P



○ اگر یک اتم 3 ظرفیتی مانند آلومینیوم را به کریستال سیلیسیم اضافه کنیم اتم آلومینیوم با چهار اتم سیلیسیم مجاور خود پیوند اشتراکی ایجاد کرده بنابراین در لایه آخر اتم یک جای خالی یا حفره ایجاد می شود. از آنجایی که حفره معادل یک بار مثبت می باشد و تعداد حفره های موجود در این نیمه هادی به مراتب بیشتر از تعداد الکترون های آزاد می باشد، به آن کریستال مثبت یا کریستال نوع P گفته می شود.

دلایل کاربرد 90 درصدی بیشتر سیلیسیم نسبت به ژرمانیم در صنعت الکترونیک

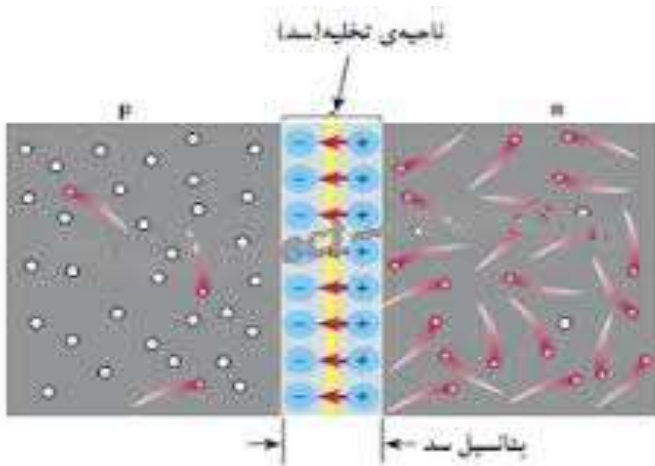
- سیلیسیم به میزان زیاد و به صورت SiO_2 در طبیعت وجود دارد.
- خالص کردن سیلیسیم به مراتب آسان تر از ژرمانیم می باشد.
- ساخت دیود، ترانزیستور، IC و غیره با سیلیسیم ساده تر است.
- تحمل درجه حرارت سیلیسیم زیادتر است.
- چگالی جریان سیلیسیم بیشتر از ژرمانیم می باشد. این مقدار برای سیلیسیم 200 A/mm^2 ولی برای ژرمانیم 150 A/mm^2 می باشد.
- باند ممنوعه سیلیسیم پهن تر است.
- جریان اشباع معکوس سیلیسیم کمتر بوده.
- نقطه ذوب سیلیسیم بالاتر است.

اتصال PN (JUNCTION)

دیود

لحظه ای که دو قطعه نیمه هادی نوع P , N به هم متصل می شوند، الکترون های نیمه هادی N به دلیل بار الکتریکی حفره ها، جذب آنها می گردند. بنابراین در محل اتصال دو نیمه هادی نوع P , N هیچ الکترون آزاد و حفره ای وجود ندارد.

محل اتصال دو نیمه هادی را ناحیه تخلیه یا سد (Depletion Region) می گویند.



بایاس کردن (بایاسینگ دیود)

مقدار پتانسیل سد برای دیودهای سیلیسیمی بین 0.6 تا 0.7 ولت می باشد.

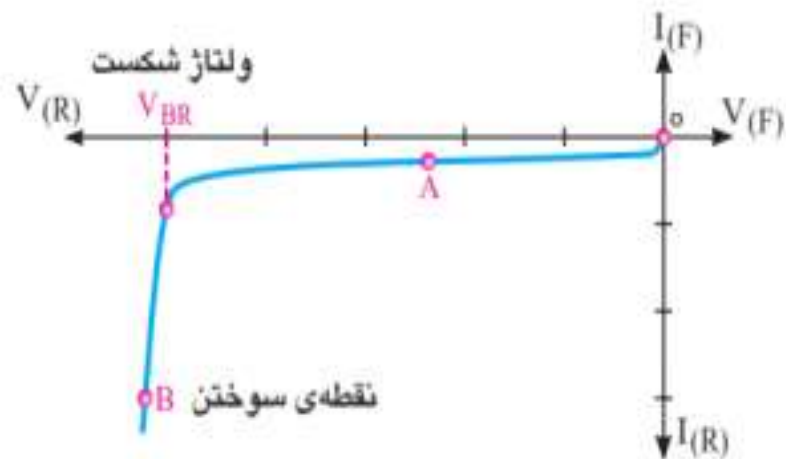
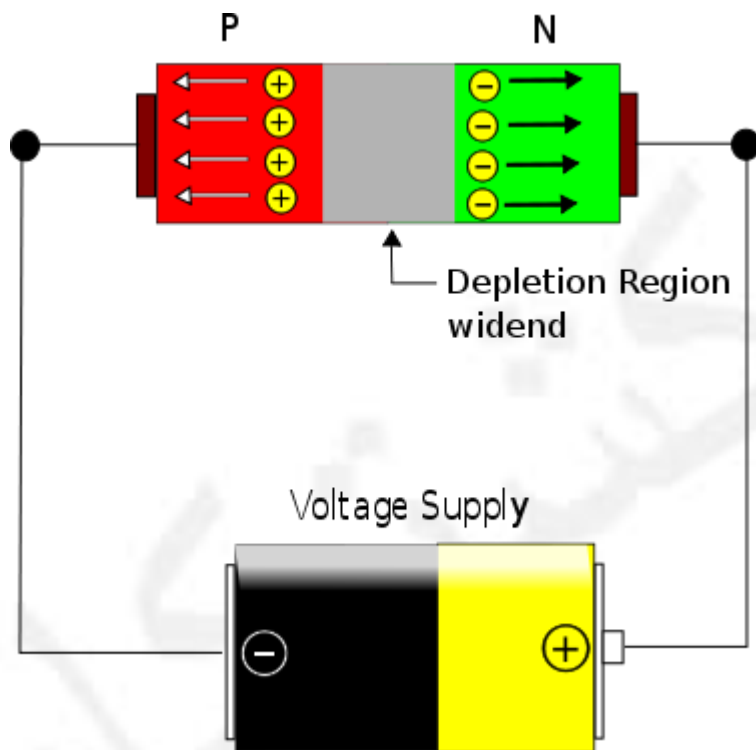
وصل کردن ولتاژ به دیود را بایاس کردن دیود می گویند.

○ بایاس معکوس

اگر قطب مثبت باتری به کریستال N و قطب منفی به کریستال P وصل گردد باعث می شود که قطب منفی باتری حفره ها را به سمت خود می کشد و قطب مثبت نیز الکترون های آزاد موجود در کریستال N را به سمت خود جذب کند. بنابراین عرض لایه تخلیه زیاد می شود.

هنگامی که ولتاژ معکوس اعمال شده و پتانسیل سد و ناحیه تخلیه با هم برابر شدند، عمل دور شدن الکترون ها و حفره ها متوقف می شود. ولی به دلیل انرژی حرارتی، جریانضعیفی در بایاس معکوس از دیود عبور می کند که به آن جریان اشباع معکوس یا نشتی گفته می شود اگر ولتاژ اعمال شده در بایاس معکوس زیاد باشد یا دیود بدون مقاومت سری شده باشد موجب آسیب رساندن به دیود می گردد.

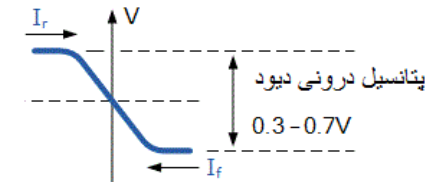
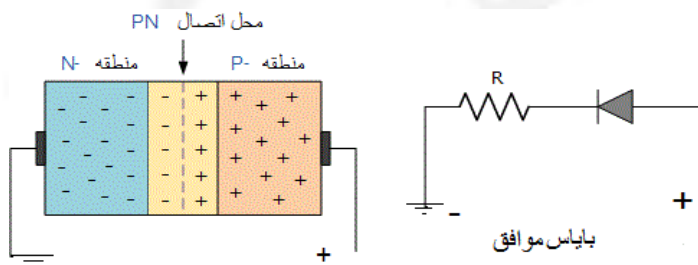
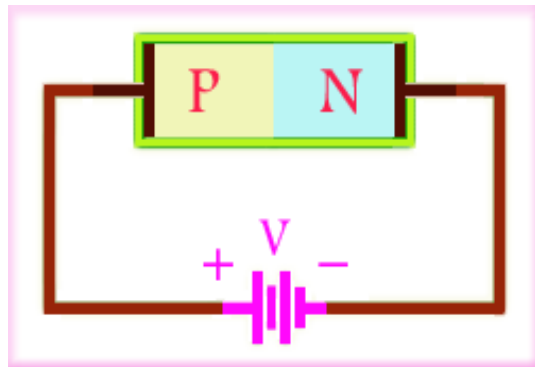
دیود در بایاس معکوس (REVERSE BIAS)



منحنی مشخصه‌ی ولت-آمپر دیود در بایاس معکوس

دیود در بایاس مستقیم (FORWARD BIAS)

بنابراین در بایاس موافق، جریان برق در صورتی که ولتاژ باتری بیشتر از پتانسیل سد باشد، عبور می کند.



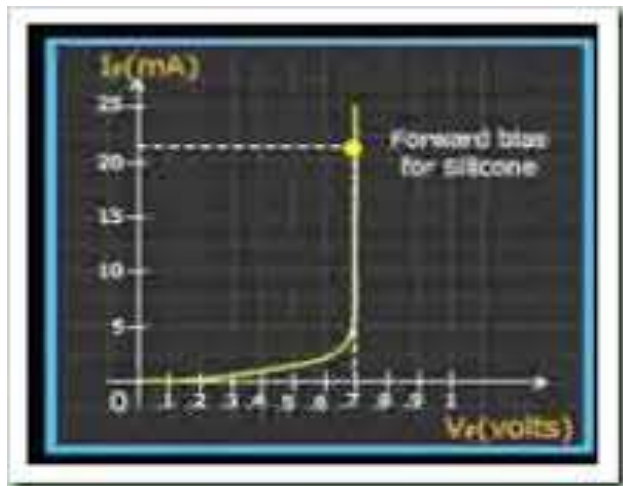
بایاس مستقیم

اگر قطب مثبت باتری به کریستال P و قطب منفی به کریستال N وصل گردد باعث می شود که الکترون های آزاد در نیمه هادی N توسط بار الکتریکی منفی باتری، به سمت محل پیوند رانده شده و از محل پیوند عبور می کنند و بعد از عبور از نیمه هادی نوع P، جذب پتانسیل مثبت باتری می شوند. در همین حال حفره ها نیز توسط ولتاژ مثبت باتری به سمت محل پیوند رانده شده و وارد نیمه هادی نوع N می گردند و جذب قطب منفی باتری می شوند. و در مدار جریان برقرار می شود.

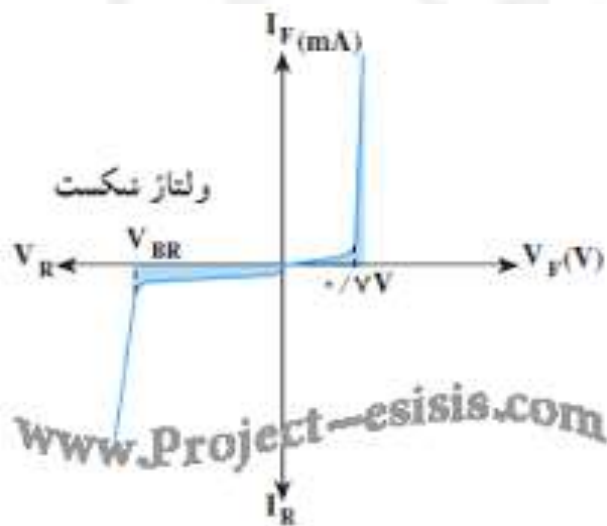
منحنی (ولتاژ – جریان) در دیود ها

مقدار جریان ناشی دیود نیز به مراتب کمتر از جریان عبوری از دیود در بایاس مستقیم می باشد.

ولتاژ شکست دیود در بایاس معکوس به مراتب بیشتر از ولتاژ شکست دیود در بایاس مستقیم می باشد.



همانگونه که ملاحظه می شود، چنانچه ولتاژ باتری یا ولتاژ تحریک دیود در بایاس موافق بیشتر از 0.7 ولت شود، این ولتاژ به پتانسیل سد غلبه کرده و سد شکسته می شود و در نتیجه مقاومت دیود کم شده و جریان عبوری از دیود به طور ناگهانی افزایش می یابد که برای جلوگیری از آسیب دیدن دیود، حتما باید یک مقاومت با دیود به طور سری در مدار قرار گیرد.

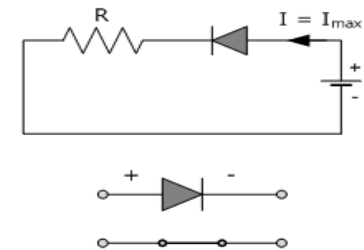
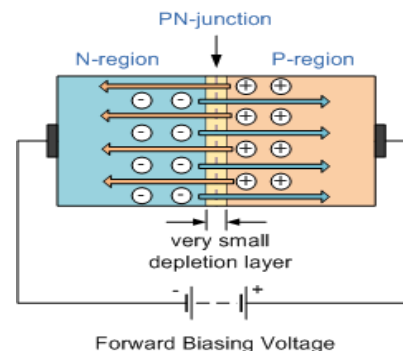
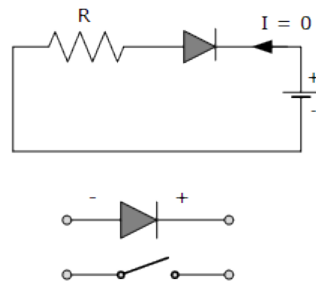
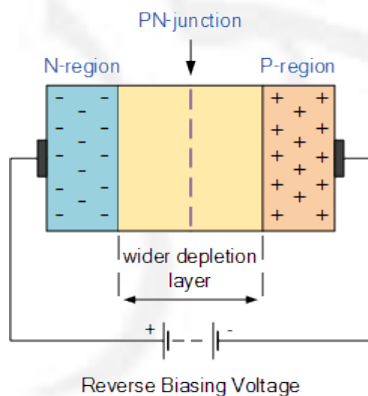


دیود ایده آل

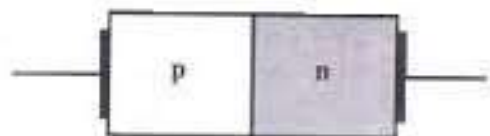
عمل دیود چیست؟

در جهت مستقیم به خوبی هدایت میکند و هدایت آن در جهت معکوس بسیار ضعیف است. در شرایط ایده آل ، وقتی دیود بایاس مستقیم قرار دارد مانند یک رسانای کامل است. این دیود افت ولت در بایاس موافق ندارد، جریان معکوس و شکست ندارد (نشستی در بایاس مخالف).

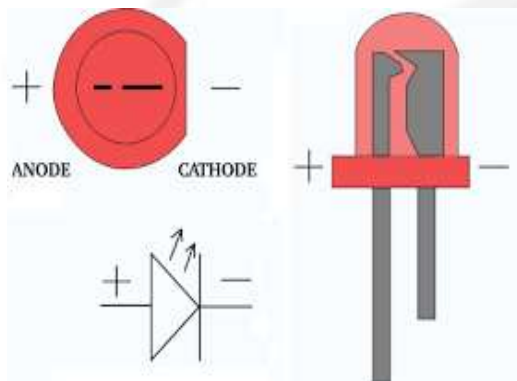
به اصطلاح مداری، دیود ایده آل مانند یک کلید خودکار عمل میکند. وقتی جریان مثبت (قراردادی) در جهت پیکان دیود برقرار باشد کلید بسته است. اگر جریان مثبت بخواهد در جهت مخالف بگذرد، کلید باز است. این ساده ترین مدل است.



شناسایی پایه دیود ها



آند کاتد



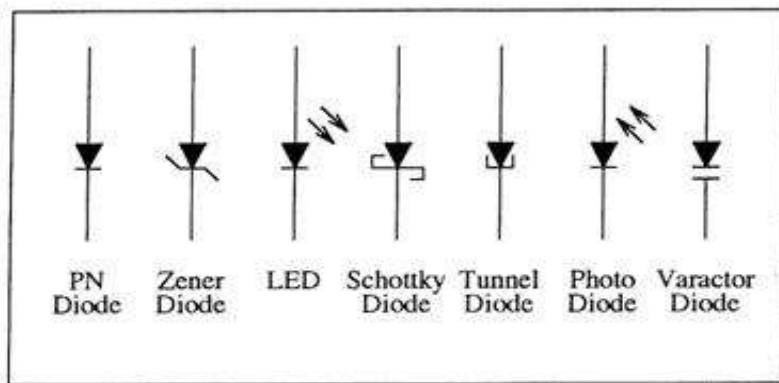
نیمه هادی N را کاتد و نیمه هادی P را آند نیز می نامند.

در عمل برای مشخص کردن پایه های دیود، یا علامت مشخصه دیود را بر روی دیود حک می کنند و یا اینکه در نزدیکی پایه کاتد حرف K، یک نقطه یا خط قرار می دهند.



انواع دیود

کلمه دیود (Diode) از ترکیب کلمه (di) و سه حرف آخر کلمه (electrode) بدست آمده است و معنی آن دو الکترودی می باشد.

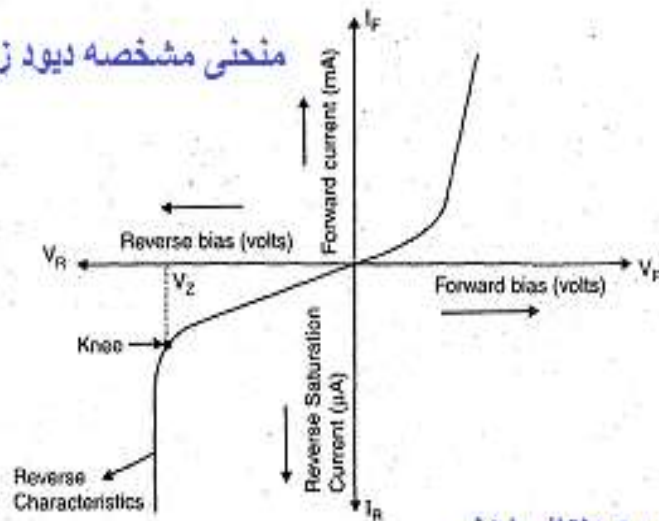


Diode Symbols

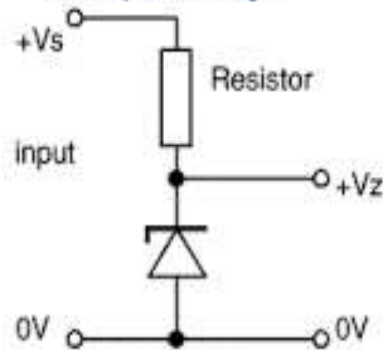
- معمولی (PN Diode)
- زنر (Zener Diode)
- منتشر کننده نور (LED)
- نوری (Photo Diode)
- شاتکی (Schottkey Diode)
- جریان ثابت (Constant Current Diode)
- خازنی (Varactor)
- ورستور (Varistor)
- پین (PIN Diode)
- تونلی

دیود زنر (ZENER DIODE)

منحنی مشخصه دیود زنر



تهیه ولتاژ با زنر



نمای واقعی زنر



- بیشتر در بایاس مخالف قرار می گیرد.
- یک نوع دیود سیلیسیمی است.
- تحت ولتاژ خاصی در بایاس معکوس اجازه عبور جریان را می دهد.
- این دیود برای کار کردن در ناحیه شکست بهینه سازی شده است.
- کاربرد اصلی در رگلاتورهای ولتاژ می باشد.
- دیودهای زنر در ولتاژهای شکست 1.8 تا 200 ولت بخوبی کار می کنند.
- نسبت به دیودهای معمولی ناخالصی بیشتر دارند و تغییر میزان این ناخالصی ها انحناى منحنى را تغییر می دهد.

محاسبات دیود زنر

مقدار های نامی حداکثر

○ تلفات قدرت دیود زنر برابر است با:

$$P_z = V_z \cdot I_z$$

تا زمانی که P_z کمتر از قدرت نامی باشد، دیود زنر می تواند بدون معیوب شدن در ناحیه شکست کار کند. قدرت نامی دیود های زنر تجارتي بين 0.25 تا 50 وات می باشد.

برگ مشخصه های دیود غالبا شامل حداکثر شدت جریانی است که دیود زنر بدون تجاوز از قدرت نامی از خود عبور بدهد.

$$I_{zm} = P_{zm} / V_z$$

I_{zm} : شدت جریان زنر در نقطه سوختن در بایاس معکوس می باشد در نمودارها یک علامت منفی نیز به آن اضافه می کنند که نشان دهنده بایاس معکوس است.

P_{zm} : توان نامی

V_z : ولتاژ زنر

مثال عددی

یک دیود زنر 12v با توان نامی 400mW دارای شدت جریان نامی زیر است:

$$I_{zm} = \frac{P_{zm}}{V_z} = \frac{400}{12} = 33.3mA$$

بنابراین، اگر مقاومت کافی برای محدود کردن شدت جریان دیود زنر به کمتر از 33.3 وجود داشته باشد، دیود زنر بدون این که معیوب شود می تواند در ناحیه شکست کار کند.

محاسبات دیود زنر

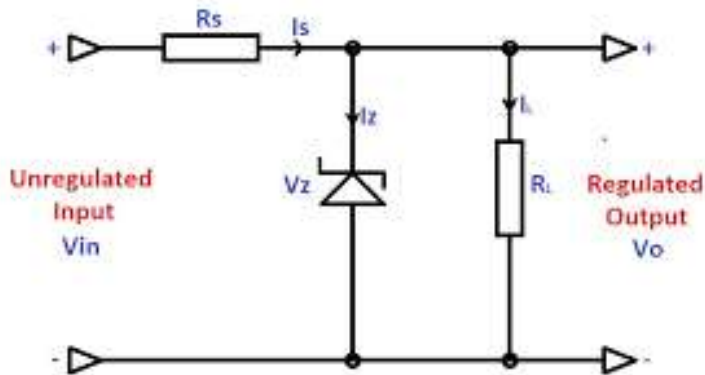
مثال عددی

ولتاژ منبع متغیر و بین 30v تا 48

ولتاژ شکست زنر 12v

مقاومت سری شده 1.8KΩ

جریان عبوری از مقاومت یا دیود زنر I_s



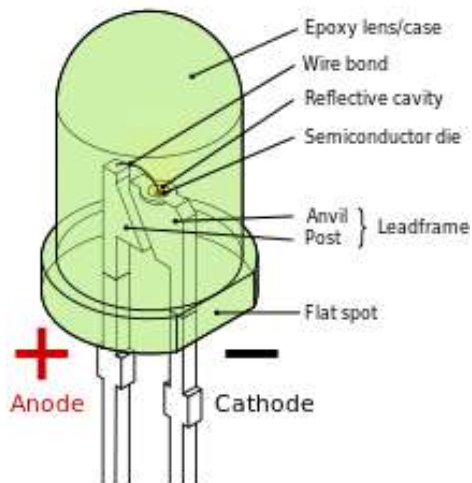
$$I_s = \frac{V_{in} - V_z}{R_s}$$

$$I_s = \frac{30v - 12v}{1.8k\Omega} = 10mA$$

$$I_s = \frac{48v - 12v}{1.8k\Omega} = 20mA$$

تنظیم ولتاژ

دیود زنر را بعضی اوقات دیود تنظیم ولتاژ می نامند، زیرا ولتاژ خروجی را با تغییر شدت جریان آن ثابت نگه می دارد. برای کارکردن عادی دیود زنر باید در بایاس معکوس اتصال داد شود و افزون بر این، برای تولید عمل شکست ولتاژ منبع V_{in} باید بزرگتر از ولتاژ شکست V_z باشد. برای کمتر کردن شدت جریان زنر از حداکثر شدت جریان نامی آن همیشه یک مقاومت اهمی R_s بطور سری به دیود متصل می گردد. جریان عبوری از دیود و مقاومت با یکدیگر برابر هستند.



دیود منتشر کننده نور

LIGHT EMITTING DIODE (LED)

مشخصه LED ها

- در بایاس موافق در مدار قرار می گیرد.
- در دیودهای ژرمانیم و سیلیسیم انرژی به صورت حرارتی آزاد می شود ولی در LED ها انرژی به صورت نورانی منتشر می شود.
- در LED ها از گالیم آرسنیک (Ga As)، گالیم آرسنیک فسفات (Ga AsP) و گالیم فسفات (GaP) استفاده می شود.
- با انتخاب ترکیبات مختلف از عناصر فوق می توان طول موج نور ایجاد شده را تعیین نمود.
- جریان مجاز LED ها 30mA و حداکثر ولتاژ معکوس قابل تحمل 5V می باشد.
- تغییرات جریان LED ها با تغییرات ولتاژ منبع نسبت مستقیم خطی دارد.

جداول مشخصه LEDها

Color	Material	Wavelength (nm)	V-forward
Super Red	GaAlAs	660	1.8
Green	GaP	565	2
Red	GaAsP	635	2
Red	AlInGaP	636	2
Orange	AlInGaP	610	2
Yellow	AlInGaP	590	2
Amber	GaAsP	605	2.1
Red	GaP	700	2.1
Green	GaP	555	2.1
Green	AlInGaP	574	2.2
Blue	SiC	430	3.5
Green	InGaN	505	3.5
Blue	InGaN	470	3.5
White	InGaN		3.5
Green	InGaN	525	3.7
Green	InGaN	525	4
Blue	SiC	430	4.5

○ دیود TIL221 از گالیم آرسنیک فسفید ساخته شده و نور قرمز منتشر می کند.

○ دیود TIL222 از گالیم فسفرید تشکیل شده و نور سبز منتشر می کند.



دلایل استفاده روز افزون از LED ها در خودرو

- محکم بودن و طول عمر طولانی (صد هزار ساعت)

- کوچک بودن و نیاز به فضای کم

- قطع و وصل سریع نور

- تلفات حرارتی کم

- ولتاژ کاری کم در حدود 1.7 تا 3.3 ولت

- جریان مصرفی کم

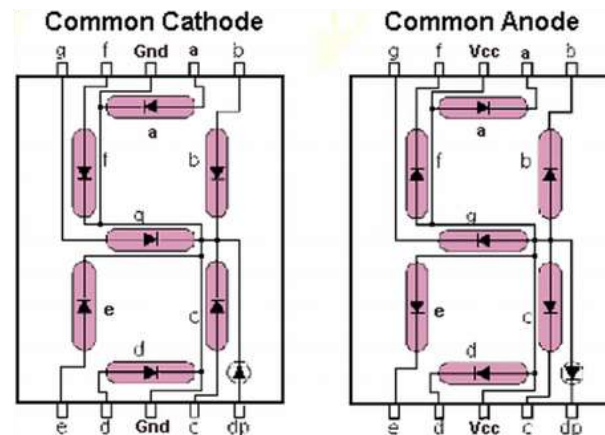
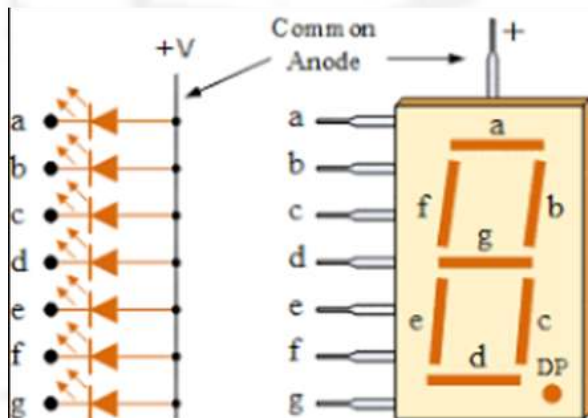
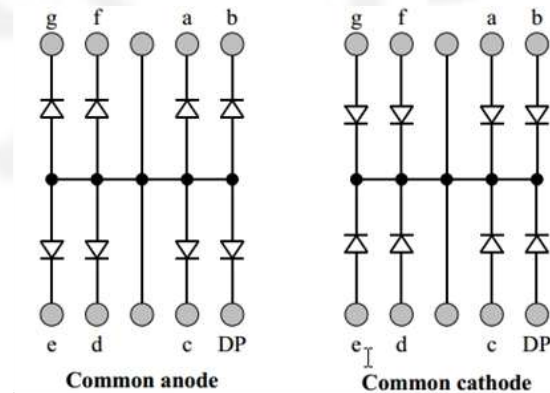
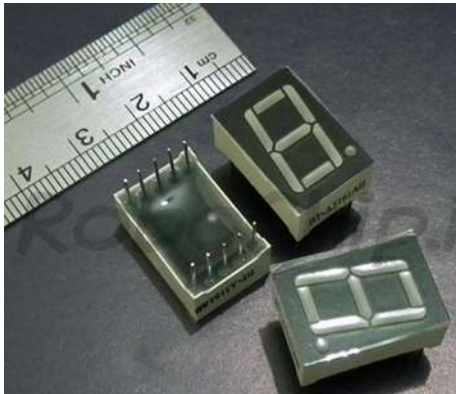
- توان کم در حدود 10mV تا 150

- زیبایی و تنوع در رنگ و طراحی آسان



هفت علامتی

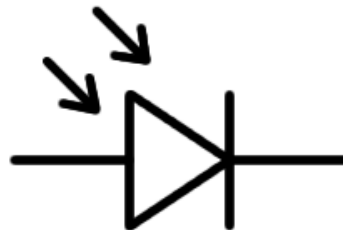
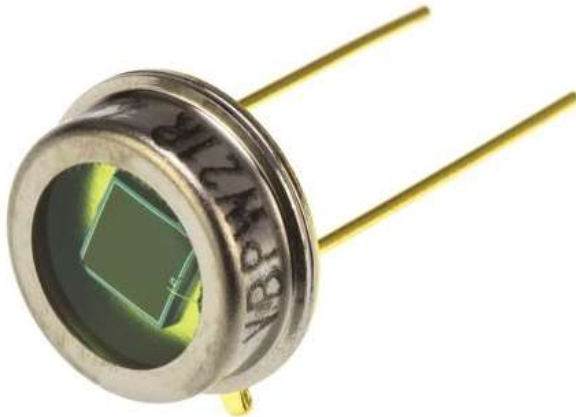
یکی از کاربرد های مهم دیود های نوری (LED) ساخت هفت علامتی می باشد. با کنار هم قرار دادن هفت دیود نوری مانند شکل می توان اعداد و حروف مختلفی را با روشن و خاموش کردن LED ها ایجاد کرد.



فتو دیود

فتو دیود ها معمولی در ولتاژ معکوس 10 v و در حالت کم نوری جریانی در حدود چند دهم میکرو آمپر را عبور می دهند و در نور زیاد جریان عبوری از آن به حدود $50\mu A$ می رسد.

این نوع دیود در بایاس مخالف در مدار قرار می گیرد و تا زمانی که به اندازه کافی نور بر آن تابیده نشود، اجازه عبور جریان برق را نمی دهد. از فتو دیود ها در دلقو سیستم های انژکتوری دلقودار (مانند سیستم انژکتوری کیا) جهت اندازه گیری دور موتور و دور میل بادامک ، سیستم اتولایت و سنسور باران استفاده شده است.



دیود شاتکی (SCHOTTKY DIODE)



در دیود شاتکی از اتصال یک فلز (معمولا از جنس نقره، پلاتین، یا طلا) و یک نیمه هادی (معمولا نوع N) ساخته می شود.

در فرکانس های پایین دیود های معمولی بسادگی می توانند در زمان تغییر بایاس خاموش شوند ولی با افزایش فرکانس جریان، دیود های معمولی نمی توانند با سرعت کافی خاموش بشوند مفهوم این عبارت این است که دیود های معمولی یکسو کنندگی خوبی در فرکانس های بالا نمی باشند. از دیودهای شاتکی در مدارهای با فرکانس بالا استفاده می شود.

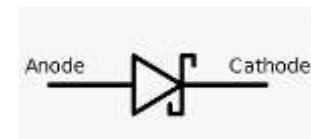
○ در بایاس مستقیم با اختلاف پتانسیل $0.25V$ جریان برق را از خود عبور می دهد (قابلیت هدایتی بیشتر).

○ در بایاس معکوس تا $100V$ اختلاف پتانسیل را تحمل می کند.

○ توانایی عبور $100A$ جریان برق را دارد.



Image of a Schottky diode



دیود جریان ثابت

- استفاده در بایاس مستقیم
- ولتاژ کاری (جهت تثبیت جریان) در حدود 1.5 تا 6 ولت شروع می شود.
- در بایاس معکوس در ولتاژ حدود یک ولت شکست پیدا کرده و آسیب می بیند.

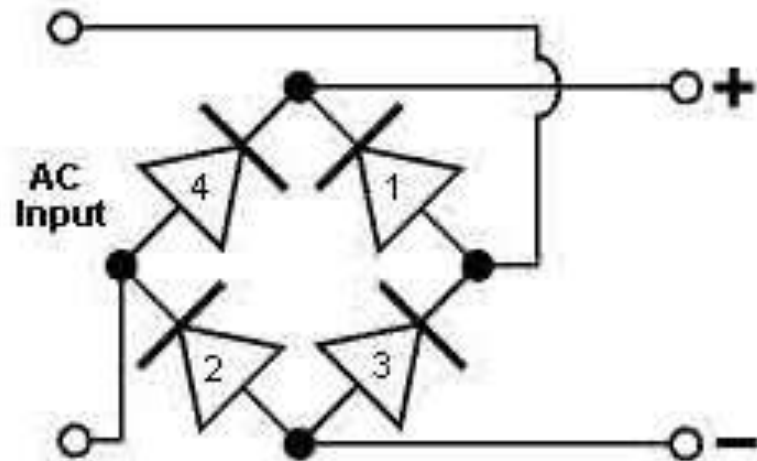
این دیود ها که به آن ها دیودهای رگلاتور جریان نیز گفته می شود، بر خلاف دیود زنر که ولتاژ را ثابت نگه می دارد، جریان مدار را ثابت نگه می دارد.



دیود

پل دیود:

مداری است که با تغییر دادن پلاریته تغذیه ورودی آن، پلاریته خروجی تغییر نمی کند و معمولاً برای یکسو سازی جریان متناوب و بدست آوردن جریان مستقیم تمام موج استفاده می شود.
پل دیودی شامل چهار دیود معمولی است که مدار آن بصورت زیر است :



شماره گذاری دیودها

با مراجعه به جدول دیودها می توان مشخصات دیود را شناسایی کرد. در زیر مشخصات مهم دیود که در جداول آمده است.

سه استاندارد برای شماره گذاری دیود ها وجود دارد.

- ولتاژ معکوس VR
- ولتاژ معکوس تکرار شده VMPPR
- ولتاژ معکوس در حالت کار عادی VWPR
- حداکثر جریان در بایاس مستقیم $I_F \text{ max}$
- جریان در بایاس مخالف I_R
- حداکثر جریان در بایاس مستقیم تکراری $I_F \text{ RPF}$
- حداکثر جریان لحظه ای $I_M \text{ SF}$

بطور مثال برای دیود پر کاربرد 1N4001 مشخصات زیر از جدول شناسایی دیود ها می توان استخراج کرد.

$$V_R = 50V$$

$$I_R = 10\mu A$$

$$I_F = 1A$$

- آمریکایی با 1N شروع می شود و با یک عدد سه یا چهار رقمی ختم می شود.
- ژاپنی با 1S شروع می شود با یک عدد سه یا چهار رقمی ختم می شود.
- اروپایی با دو حرف شروع می شود ، حرف اول جنس دیود و حرف دوم نوع دیود.

تعریف مشخصات دیود

در اثر عبور جریان در محل اتصال دیود P-N حرارت تولید می شود که اگر بصورت عادی دفع نشود باید دیود را روی گرماگیر (Heat sink) نصب کرد.

- ولتاژ معکوس (VR): حداکثر ولتاژ DC اعمال شده به دو سر دیود در بایاس معکوس که دیود می تواند تحمل کند.
- حداکثر ولتاژ معکوس تکرار سیکل ها (VMPRR): حداکثر ولتاژ معکوس که به صورت تکرار سیکل ها در دو سر دیود قرار می گیرد، بدون آسیب رسیدن به دیود.
- ولتاژ معکوس قابل تحمل در وضعیت کار عادی (VWPR): حداکثر ولتاژ معکوس در وضعیت کار عادی دیود.
- حداکثر جریان مستقیم IF MAX: حداکثر جریان مستقیم DC یا متوسط که در بایاس مستقیم از دیود عبور می کند بدون اینکه آسیبی به آن برسد.
- حداکثر جریان بایاس مستقیم تکراری (IMRPF): حداکثر جریانی عبوری از دیود به صورت تکرار سیکل در بایاس مستقیم بدون آسیب رسیدن و اختلال در کار دیود.
- حداکثر جریان لحظه ای (IMSF): حداکثر جریانی که در زمان بسیار کوتاه (میکرو ثانیه) می تواند از دیود عبور کند بدون آسیب به آن.

جداول دیود زنر

ضریب دما

با بالا رفتن دمای محیط، ولتاژ دیود زنر کمی تغییر می کند. در جداول تاثیر دما تحت عنوان ضریب دما (Temperature coefficient) ارائه شده است. ضریب دمایی منفی مفهومی است که با افزایش دما، ولتاژ شکست کاهش می یابد.

ELECTRICAL CHARACTERISTICS* @ 25°C

JEDEC TYPE NO. (NOTE 1)	NOMINAL ZENER VOLTAGE $V_Z @ I_{ZT}$ (NOTE 2)	ZENER TEST CURRENT I_{ZT}	MAXIMUM ZENER IMPEDANCE $Z_{ZT} @ I_{ZT}$ (NOTE 3)	MAXIMUM REVERSE CURRENT I_R @ $V_R = 1$ VOLT		MAXIMUM ZENER CURRENT I_{ZM} (NOTE 4)	TYPICAL TEMP COEFF. OF ZENER VOLTAGE α_{VZ}
				@25°C	@+150°C		
				μA	μA		
1N4370	2.4	20	30	100	200	150	-.085
1N4371	2.7	20	30	75	150	135	-.080
1N4372	3.0	20	29	50	100	120	-.075
1N746	3.3	20	28	10	30	110	-.066
1N747	3.6	20	24	10	30	100	-.058
1N748	3.9	20	23	10	30	95	-.046
1N749	4.3	20	22	2	30	85	-.033
1N750	4.7	20	19	2	30	75	-.015
1N751	5.1	20	17	1	20	70	+/- .010
1N752	5.6	20	11	1	20	65	+.030
1N753	6.2	20	7	.1	20	60	+.049
1N754	6.8	20	5	.1	20	55	+.053
1N755	7.5	20	6	.1	20	50	+.057
1N756	8.2	20	8	.1	20	45	+.060
1N757	9.1	20	10	.1	20	40	+.061
1N758	10.0	20	17	.1	20	35	+.062
1N759	12.0	20	30	.1	20	30	+.062

JEDEC Registered Data

NOTE 1: Standard tolerance on JEDEC types shown is +/- 10%. Suffix letter A denotes +/- 5% tolerance; suffix letter C denotes +/- 2%; and suffix letter D denotes +/- 1% tolerance.

NOTE 2: Voltage measurements to be performed 20 seconds after application of dc test current.

NOTE 3: Zener impedance derived by superimposing on I_{ZT} , a 60 cps, rms ac current equal to 10% I_{ZT} (2mA ac). See MicroNote 202 for typical zener impedance variation with different operating currents.

NOTE 4: Allowance has been made for the increase in V_Z due to Z_Z and for the increase in junction temperature as the unit approaches thermal equilibrium at the power dissipation of 400 mW.

چند نمونه جداول شناسایی دیود ها

واحد	1N4001	1N4002	1N4003	1N4004	1N4005	1N4006	1N4007	حروف اختصاری	
ولت V								V_{RRM}	حداکثر ولتاژ معکوس تکراری
	۵۰	۱۰۰	۲۰۰	۴۰۰	۶۰۰	۸۰۰	۱۰۰۰	V_{RWM}	حداکثر ولتاژ معکوس در حال کار
								V_R	حداکثر ولتاژ معکوس DC
ولت V	۶۰	۱۲۰	۲۴۰	۴۸۰	۷۲۰	۱۰۰۰	۱۲۰۰	V_{RSM}	ولتاژ ماکزیمم معکوس غیر تکراری
ولت V	۳۵	۷۰	۱۴۰	۲۸۰	۴۲۰	۵۶۰	۷۰۰	$V_{R(rms)}$	ولتاژ معکوس مؤثر
آمپر A	۱/۰							I_F	معدل جریان یکسوس شده در بایاس موافق در درجه حرارت محیط $T_A = 75^\circ C$
آمپر A	۳۰ (for 1 cycle)							I_{FSM}	حداکثر جریان لحظه ای غیر تکراری
$^{\circ}C$ درجه سانتی گراد	-۶۵ to +۱۷۵							T_j	درجه حرارت پیوند

چند نمونه جداول شناسایی دیود ها

Maximum Ratings and Electrical Characteristics @ $T_A = 25^\circ\text{C}$ unless otherwise specified

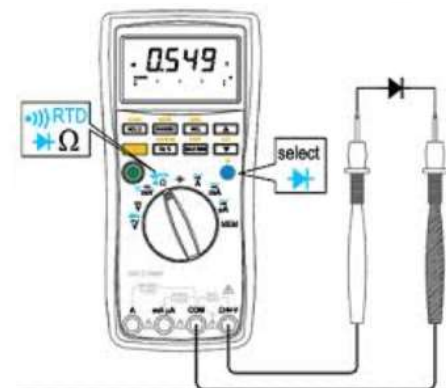
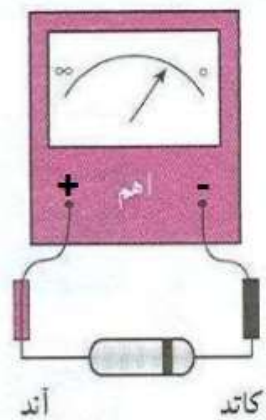
Single phase, half wave, 60Hz, resistive or inductive load.

For capacitive load, derate current by 20%.

Characteristic	Symbol	1N4001	1N4002	1N4003	1N4004	1N4005	1N4006	1N4007	Unit
Peak Repetitive Reverse Voltage	V_{RRM}								
Working Peak Reverse Voltage	V_{RWM}	50	100	200	400	600	800	1000	V
DC Blocking Voltage	V_R								
RMS Reverse Voltage	$V_{R(RMS)}$	35	70	140	280	420	560	700	V
Average Rectified Output Current (Note 1) @ $T_A = 75^{\circ}\text{C}$	I_O	1.0							A
Non-Repetitive Peak Forward Surge Current 8.3ms single half sine-wave superimposed on rated load	I_{FSM}	30							A
Forward Voltage @ $I_F = 1.0\text{A}$	V_{FM}	1.0							V
Peak Reverse Current @ $T_A = 25^{\circ}\text{C}$	I_{RM}	5.0							μA
at Rated DC Blocking Voltage @ $T_A = 100^{\circ}\text{C}$		50							
Typical Junction Capacitance (Note 2)	C_j	15				8			pF
Typical Thermal Resistance Junction to Ambient	$R_{\theta JA}$	100							K/W
Maximum DC Blocking Voltage Temperature	T_A	+150							$^{\circ}\text{C}$
Operating and Storage Temperature Range	T_J, T_{STG}	-65 to +150							$^{\circ}\text{C}$

- Notes:
1. Leads maintained at ambient temperature at a distance of 9.5mm from the case.
 2. Measured at 1.0 MHz and applied reverse voltage of 4.0V DC.
 3. EU Directive 2002/95/EC (RoHS). All applicable RoHS exemptions applied, see EU Directive 2002/95/EC Annex Notes.

تست دیود



تست بوق در دیود

در حالی که دیود روی بورد است از آن تست بوق (تست اتصال کوتاه) بگیرید اگر صدای بوق (بازر) شنیده شد دیود خراب می باشد.

تست دیود با مولتی متر:

در ابتدا دیود را از مدار جدا کنید. سلکتور **مولتی متر** را روی دیود قرار داده و پروب قرمز را به سر آند و پروب مشکی را به سر کاتد (سمت نوار سفید روی دیود) وصل کنید در این حالت مولتی متر مقداری را بر حسب ولت نشان می دهد. حال اگر جای پروب ها را عوض کرده و پروب مشکی را به آند و پروب قرمز را به کاتد دیود وصل کنید که باید مولتی متر مقدار بینهایت را بصورت OL نشان دهد یعنی دیود جریانی را در جهت عکس خود عبور نمی دهد

