بخش سوم

دیود

هدف کلی :

شناخت انواع دیود و کار برد آن ها

واحد کار	شماره‌ی توانایی	عنوان توانایی	زمان آموزش نظری	عملی	جمع
u_3	۱۰	توانایی بررسی مشخصات و خصوصیات دیود	۶	۴	۱۰
u_3	۱۱	توانایی تجزیه و تحلیل مدارهای دیودی	۸	۱۸	۲۶
u_3	۱۲	توانایی کار با دیودهای خاص	۶	۶	۱۲
		جمع کل	۲۰	۲۸	۴۸

فصل دهم

مشخصات و خصوصیات دیود

هدف کلی : تحلیل دیود به زبان ساده

هدف های رفتاری: پس از پایان این فصل از فراگیرنده انتظار می رود که:

۱- تفاوت بین نیمه‌هادی‌ها، عایق‌ها و هادی‌ها را شرح دهد.

۲- ویژگی‌های اتم سیلیسیوم و ژرمانیوم را بیان کند.

۳- نیمه‌هادی نوع N و P و اتصال PN را شرح دهد.

۴- جریان الکترون و حفره را شرح دهد.

۵- لایه‌ی سد در دیود را توضیح دهد.

۶- بایاس مستقیم و معکوس دیود را شرح دهد.

۷- مفهوم شکست در دیودها را شرح دهد.

۸- منحنی مشخصه‌ی ولت- آمپر دیود را در بایاس مستقیم و معکوس رسم کند.

۹- نحوه‌ی تست دیود توسط مولتی‌متر دیجیتالی و عقربه‌ای را شرح دهد.

۱۰- مدار عملی دیود در بایاس مستقیم و بایاس معکوس را ببندد.

۱۱- عملکرد دیود در بایاس مستقیم و معکوس را در مدارها تحلیل کند.

۱۲-کلیه هدف‌های رفتاری در حیطه عاطفی که در فصل اول آمده است را در این فصل نیز اجرا کند.

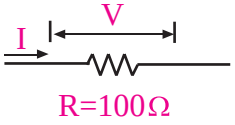
توانایی شماره‌ی ۱۰	ساعت آموزش		
	نظری	عملی	جمع
	۶	۴	۱۰

پیش آزمون فصل (۱۰)

۱- آمپرمتر در مدار به صورت ..... قرار می‌گیرد.

الف) سری ب) موازی

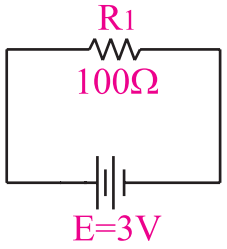
۲- توان تلف شده در مقاومت R از کدام رابطه به دست می‌آید؟



الف) RI^2 ب) $V.I$

ج) $\frac{V^2}{R}$ د) هر سه مورد

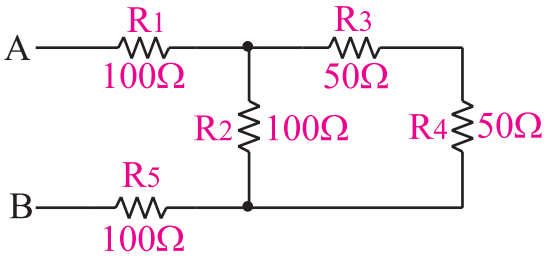
۳- انرژی تلف شده در مقاومت ۱۰۰Ω در شکل زیر در مدت ۳ دقیقه چند ژول است؟



الف) ۱۸/۲ ب) ۱۸۲

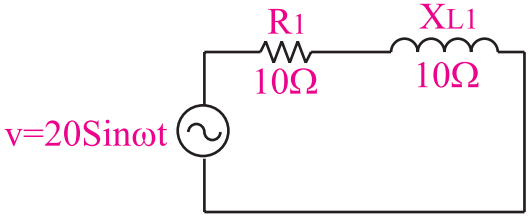
ج) ۱۶/۲ د) ۱۶۲

۴- در شکل زیر مقاومت معادل از دو نقطه‌ی A و B چند اهم است؟



الف) ۴۰۰ ب) ۳۰۰ ج) ۲۵۰ د) ۲۰۰

۵- اختلاف فاز بین جریان و ولتاژ در مدار زیر چند درجه است؟



الف) ۴۵ ب) ۳۰ ج) ۹۰ د) صفر

۶- ناخالصی به کار برده شده در نیمه‌هادی نوع P چند ظرفیتی است؟

الف) ۳ ب) ۴ ج) ۵ د) ۶

۷- شرط هدایت یک دیود کدام است؟

الف) ولتاژ مثبت آند به اندازه‌ی ۰/۶ ولت از کاتد بیشتر باشد.

ب) جریان در مدار به اندازه‌ی کافی وجود داشته باشد.

ج) فقط کافی است ولتاژ آند به اندازه‌ی ۰/۶ ولت مثبت‌تر باشد.

د) موارد الف و ب

۸- اجسام موجود در طبیعت از نظر هدایت الکتریکی به چند دسته‌ی کلی تقسیم می‌شوند؟ نام ببرید.

۹- دو نمونــه از مهم‌تریــن نیمه‌هادی‌هایی که در صنعت الکترونیک مورد استفاده قرار می‌گیرند را نام ببرید.

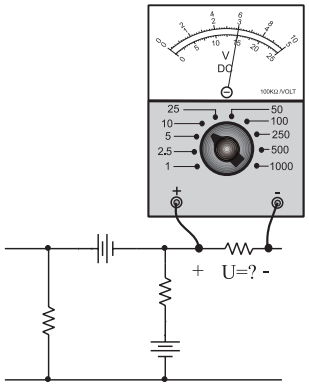
۱۰- تمامی نیمه‌هادی‌ها در آخرین لایه‌ی اتم خود دارای ۴ الکترون هستند.

درست ❐ نادرست ❐

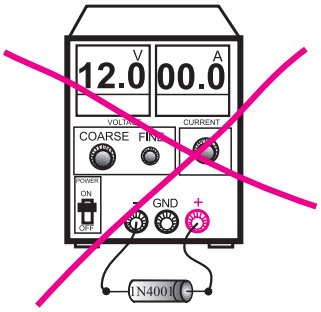
۱۱- مدارهای مربــوط به بایاس موافــق و بایاس مخالف دیود را رسم کنید.

نکات ایمنی (۱)

۱- هنـگام اندازه‌گیری ولتاژ، ولت‌متر را بین دو نقطه‌ی مورد نظر به صورت موازی ببندید.

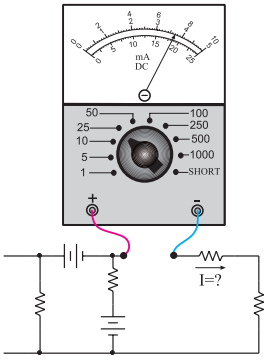


۲- هیـچ وقت یک قطعـه‌ی نیمه‌هادی ماننـد دیود را در بایاس موافق با منبع تغذیه به صورت موازی نبندید. در بایاس مخالف نیز به مقدار ولتاژ مجاز دیود توجه کنید.

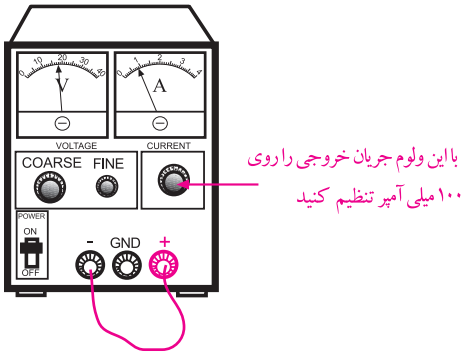


۳- قبل از اتصال مدار بـه منبع تغذیه، ابتدا ولتاژ خروجی منبع تغذیه را صفر کنید.

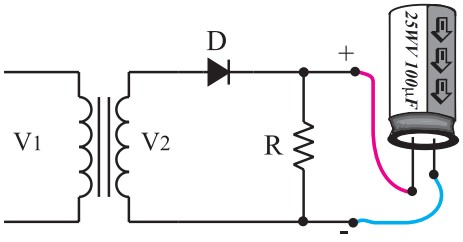
۴- هنـگام اندازه‌گیری جریان در مدار، آمپرمتر را با مدار به صورت سری ببندید.



۵- اگـر منبـع تغذیـه‌ای که بـا آن کار می‌کنیـد دارای امکانات Limit Current اسـت، جریان خروجی را حداکثر به ۱۰۰mA محدود کنید.



۶- هنگام اتصال خازن الکترولیتی به خروجی یکسو کننده‌ها، حتما قطب مثبت خازن را به قطب مثبت خروجی یکسو کننده و قطب منفی را به قطب منفی یکسو کننده وصل کنید.



در صـورت اتصـال خـازن الکترولیتی بـه صورت معکوس به منبع ولتاژ، خازن منفجر می‌شود.

۷- هنـگام اتصال دیود به مـدار، کاتد و آند آن را از قبل شناسـایی کنید. معمـولا روی کاتد علامت‌هایـی مانند یک حلقه‌ی رنگی یا یک نقطه می‌گذارند.

۸- سـیم‌های رابـط را محکـم ببندید تا در اثـر لرزش یا برخورد دست قطع نشوند.

۱–۱۰ دیود Diode

۱–۱–۱۰ ساختمان اتمی نیمه‌هادی‌ها

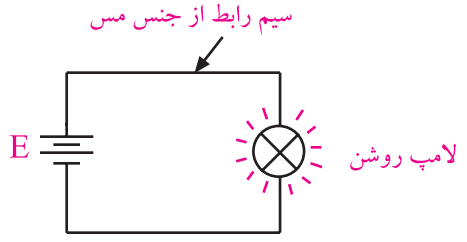
اجسام موجود در طبیعت از نظر هدایت الکتریکی به سه دسته‌ی کلی تقسیم می‌شوند.

الف– هادی‌ها

ب– عایق‌ها

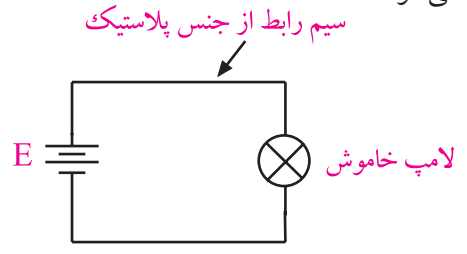
ج– نیمه‌هادی‌ها

هادی‌ها اجسامی هستند که جریان برق را به راحتی از خود عبور می‌دهند. مس، آلومینیوم، سایر فلزات و بعضی از اسیدها جزء هادی‌ها هستند. در شکل ۱–۱۰ سیم رابط از جنس مس است و جریان برق را به راحتی از خود عبور می‌دهد و لامپ را روشن می کند.



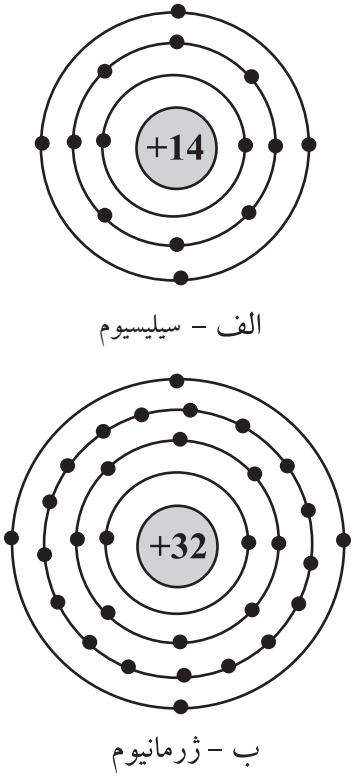
شکل ۱–۱۰ سیم مسی هادی

عایق‌ها اجسامی هستند که جریان برق را به سادگی از خود عبور نمی‌دهند. مواردی مانند شیشه، انواع پلاستیک‌ها و هوا عایق هستند . در شکل ۲–۱۰ سیم رابط از جنس پلاستیک است و جریان برق را از خود عبور نمی‌دهد، در نتیجه لامپ روشن نمی‌شود.



شکل ۲–۱۰ سیم پلاستیکی (مانند طناب) عایق است

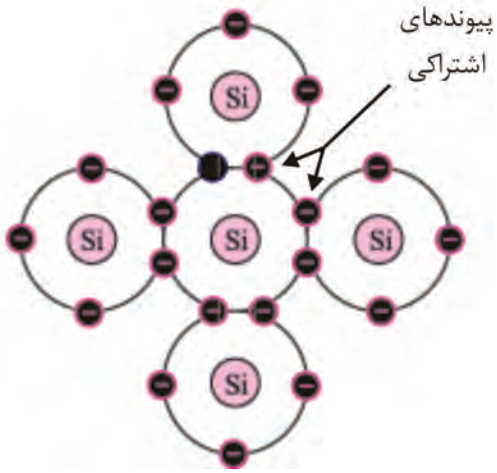
بین عایق‌ها و هادی‌ها اجسامی وجود دارند که نه مانند یک هادی به سادگی جریان برق را از خود عبور می‌دهند و نه مانند یک عایق جریان برق را از خود عبور نمی‌دهند. به این اجسام نیمه‌هادی می گویند. مهم‌ترین نیمه‌هادی‌هایی که در صنعت الکترونیک مورد استفاده قرار می گیرند **سیلیسیوم** (سیلیسیوم را سیلیکون نیز می‌نامند) و **ژرمانیوم** است. تمامی نیمه‌هادی‌ها در آخرین لایه‌ی اتم خود، چهار الکترون دارند. در شکل (۳–۱۰) ساختمان اتمی سیلیسیوم و ژرمانیوم نشان داده شده است.



شکل ۳–۱۰ ساختمان اتمی نیمه‌هادی‌های سیلیسیوم و ژرمانیوم

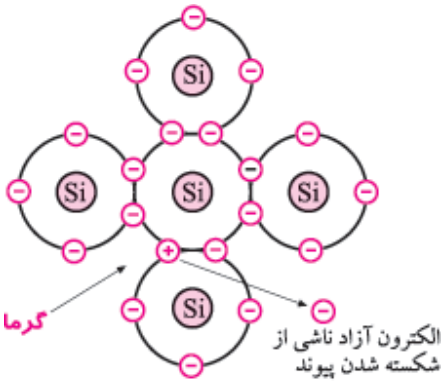
وقتی اتم‌های ژرمانیوم و یا سیلیسیوم در کنار یکدیگر قرار می گیرند و به صورت مولکول در می‌آیند، با یکدیگر پیوند اشتراکی (کووالانسی) تشکیل می‌دهند. یعنی الکترون‌های لایه‌ی آخر خود را به اشتراک می گذارند. بنابراین در حالت عادی می‌توان مولکول سیلیسیوم یا ژرمانیوم را به صورت

یک جسم هشت ظرفیتی در نظر گرفت. در شکل ۴-۱۰ پیوند اشتراکی اتم‌های سیلیسیوم نشان داده شده است.



شکل ۴-۱۰ پیوند اشتراکی اتم‌های سیلیسیوم

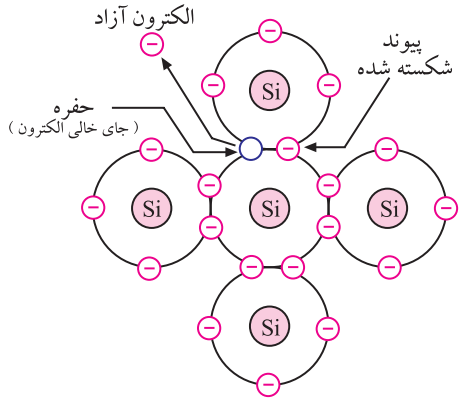
پیوندهای تشکیل شده (پیوندهای اشتراکی) در سیلیسیوم یا ژرمانیوم در دمای صفر درجه‌ی کلوین (تقریباً ۲۷۳- درجه‌ی سانتی‌گراد یا سلسیوس) کاملا محکم هستند. زیرا هیچ گونه انرژی خارجی وجود ندارد که قادر باشد این پیوندها را بشکند. ولی در دمای اتاق (۲۷ درجه‌ی سانتی‌گراد یا ۳۰۰ درجه‌ی کلوین) تعدادی از پیوندها می‌شکنند. به ازای شکست هر پیوند یک الکترون آزاد می‌شود. شکل ۵-۱۰ یک پیوند شکسته شده را نشان می‌دهد که یک الکترون آزاد را به وجود آورده است.



شکل ۵-۱۰ الکترون آزاد

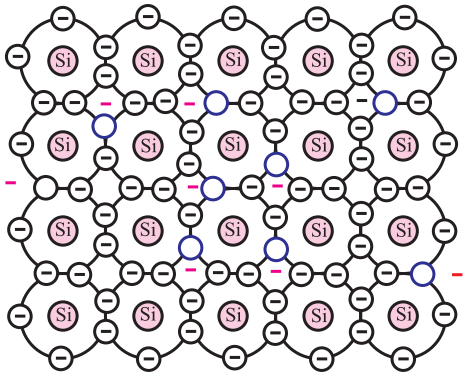
الکترون آزاد به الکترونی گفته می‌شود که به هیچ اتمی وابسته نباشد.

وقتی یک پیوند شکسته می‌شود، یک الکترون آزاد می‌شود. جای خالی الکترون را حفره می‌گویند. شکل ۶-۱۰.



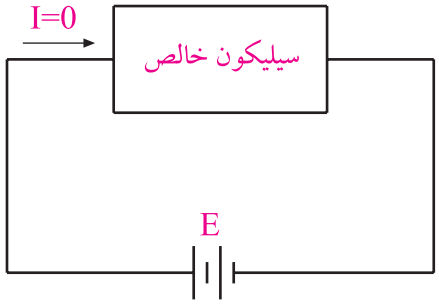
شکل ۶-۱۰ جای خالی الکترون را حفره می‌نامند.

هر قدر انرژی خارجی بیشتری مانند حرارت به اتم داده شود، پیوندهای بیشتری شکسته می‌شوند و الکترون‌های زیادتری را آزاد می‌کنند ، شکل ۷-۱۰.



شکل ۷-۱۰ در اثر حرارت پیوندهای بیشتری می‌شکنند.

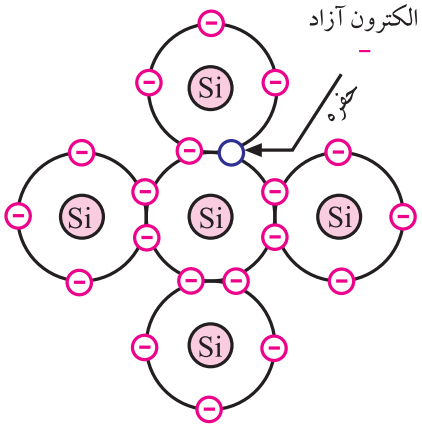
عبور جریان برق از یک جسم به تعداد الکترون‌های آزاد آن جسم بستگی دارد. بنابراین سیلیسیوم یا ژرمانیوم خالص در صفر درجه‌ی کلوین که هیچ الکترون آزادی ندارند، عایق محسوب می‌شوند، شکل ۸-۱۰.



شکل ۸-۱۰ رفتار یک قطعه سیلیسیوم خالص
در دمای صفر درجه‌ی کلوین

یک قطعه سیلیکون خالص در دمای صفر درجه‌ی کلوین هیچ الکترون آزادی ندارد و جریان برق را هدایت نمی‌کند.

ولی در دمای اتاق (۳۰۰ درجه‌ی کلوین)، تعدادی از پیوندهای آن می شکنند و در اثر شکستن پیوندها، تعدادی الکترون آزاد به وجود می‌آید و هدایت سیلیسیوم را بالا می‌برند. بنابراین سیلیسیوم یا ژرمانیوم خالص در دمای اتاق عایق مطلق نیستند و اگر در یک مدار الکتریکی با منبع تغذیه سری شوند، جریان کمی از خود عبور می‌دهند، شکل ۹-۱۰. بنابراین اندازه‌ی هدایت الکتریکی یک قطعه نیمه‌هادی خالص متناسب با درجه حرارت تغییر می‌کند.



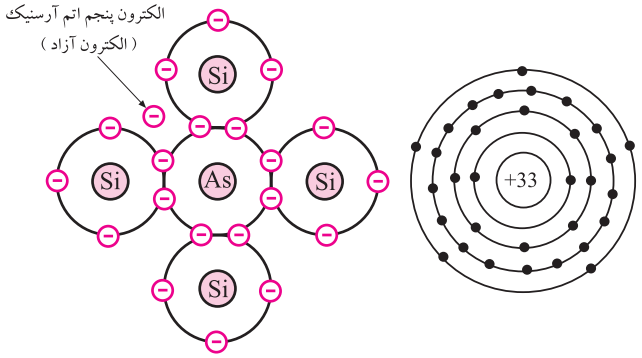
شکل ۹-۱۰ حفره بار الکتریکی مثبت دارد.

لازم به یادآوری است که حفره (جای خالی الکترون) را می‌توان به عنوان یک بار مثبت در نظر گرفت زیرا قادر است الکترون را جذب کند. در عمل وقتی تعدادی پیوند می شکنند الکترون‌های آزاد دائما با حفره‌ها ترکیب می‌شوند.

۲-۱-۱۰ نیمه‌هادی‌های نوع N و P

الف- نیمه‌هادی نوع N

اگر به یک قطعه نیمه‌هادی خالص سیلیسیوم، یک اتم پنج ظرفیتی مانند آرسنیک به عنوان ناخالصی اضافه کنیم، چهار الکترون مدار خارجی اتم آرسنیک با چهار الکترون مجاور اتم‌های سیلیسیوم پیوند اشتراکی تشکیل می‌دهند و الکترون پنجم آرسنیک به هیچ یک از اتم‌ها وابسته نیست. در حقیقت اتم پنجم به عنوان الکترون آزاد محسوب می‌شود. شکل ۱۰-۱۰ اتم آرسنیک را در بین اتم‌های سیلیسیوم نشان می‌دهد.



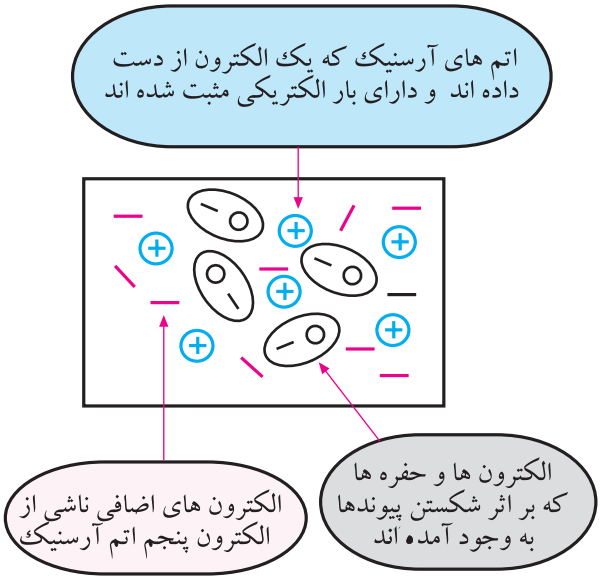
الف- ساختمان اتمی آرسنیک ب- سیلیسیوم ناخالص شده

شکل ۱۰-۱۰ نیمه‌هادی نوع N

یک قطعه سیلیسیوم ناخالص الکترون اضافه دارد. چون بار الکتریکی الکترون منفی است پس هر قطعه سیلیسیوم ناخالص دارای بار الکتریکی منفی است. به نیمه‌هادی‌هایی که ناخالصی پنج ظرفیتی به آن‌ها اضافه شده باشد، نیمه‌هادی

نوع N (Negative– منفی) می‌گویند.

از طرف دیگر چون اتم آرسنیک یک الکترون از دست داده است لذا دارای بار الکتریکی مثبت است. بنابراین یک قطعه نیمه‌هادی نوع N را می‌توان به صورت شکل ۱۱–۱۰ نشان داد.



شکل ۱۱–۱۰ نیمه‌هادی نوع N

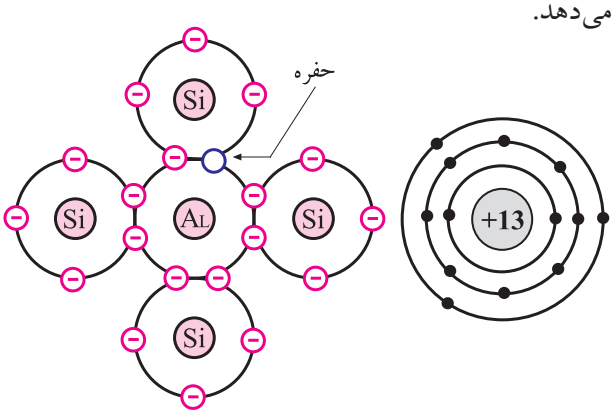
بیشتر بدانید:

میزان ناخالصی موجود در کریستال نوع N، تقریباً تعداد یک اتم آرسنیک در مقابل 10^7 اتم سیلیسیوم است.

ب– نیمه‌هادی نوع P

به یک قطعه نیمه‌هادی خالص سیلیسیوم یا ژرمانیوم، یک اتم سه ظرفیتی مانند آلومینیوم به عنوان ناخالصی اضافه می‌کنیم. در این حالت سه الکترون مدار خارجی اتم آلومینیوم با سه الکترون مجاور اتم‌های سیلیکون پیوند اشتراکی تشکیل می‌دهند. در محل پیوند چهارم بین اتم‌های آلومینیوم و سیلیسیوم یک حفره (جای خالی الکترون) به وجود می‌آید.

شکل ۱۲–۱۰ اتم آلومینیوم را در بین اتم‌های سیلیسیوم نشان می‌دهد.

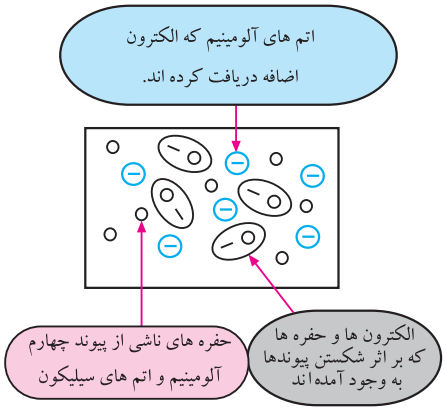


الف– ساختمان اتمی آلومینیوم ب– سیلیسیوم ناخالص شده

شکل ۱۲–۱۰ نیمه‌هادی نوع P

چون این قطعه سیلیسیوم ناخالص شده، یک الکترون کم دارد پس بار الکتریکی آن مثبت است. به نیمه‌هادی‌هایی که ناخالصی سه ظرفیتی به آن‌ها اضافه شده باشد، نیمه‌هادی نوع P (Positive– مثبت) می‌گویند.

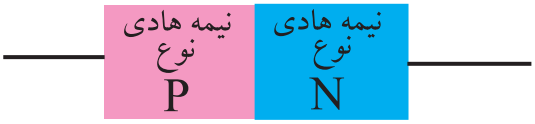
همان‌طور که در شکل ۱۲–۱۰ مشاهده می‌شود در محل پیوند چهارم اتم آلومینیوم با اتم سیلیسیوم یک حفره به وجود آمده است. در این شرایط الکترون‌های ناشی از شکسته شدن پیوندهای دیگر، این حفره را پر می‌کنند، لذا بار الکتریکی اتم آلومینیوم منفی می‌شود. یک قطعه نیمه‌هادی نوع p را می‌توان به صورت شکل ۱۳–۱۰ نشان داد.



شکل ۱۳–۱۰ نیمه‌هادی نوع P

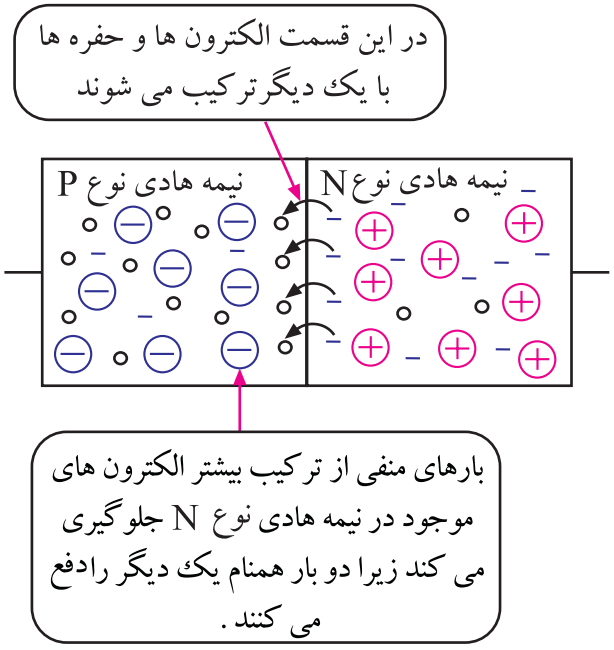
۳-۱-۱۰ اتصال PN (دیود)

اگـر یک قطعه نیمه‌هادی نـوع P و یک قطعه نیمه‌هادی نـوع N را به یکدیگر پیوند دهیم، یـک اتصال PN (دیود) بـه وجود می‌آید. شـکل ۱۴-۱۰ پیوند PN یا دیود را نشـان می‌دهد.

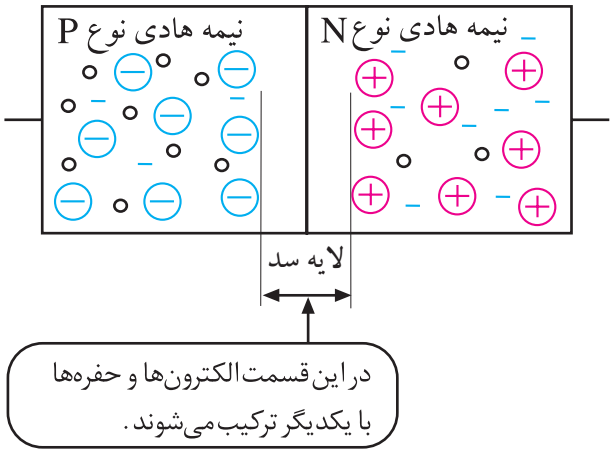


شکل ۱۴-۱۰ اتصال PN یا دیود

منظور از چسباندن دو کریستال به یکدیگر اتصال مکانیکی آن‌ها نیست. برای اتصال کریستال‌ها به یکدیگر معمولا درجه حرارت پیوند را آنقدر بالا می‌برند تا کریستال‌ها ذوب شوند. پس از ذوب شدن، کریسـتال‌ها در محل پیوند، با هم آمیخته می شـوند و از نظر مولکولی حالت واحـد و یکنواختی را به وجـود می‌آورنـد. نیمه‌هادی نـوع N الکترون‌های اضافی و نیمه‌هادی نـوع P حفره‌هـای اضافی دارد. هنـگام پیوند دو نیمه‌هـادی P و N به یکدیگـر در مرز اتصـال الکترون‌های موجـود در نیمه‌هـادی نـوع N بـا حفره‌هـای موجـود در نیمه‌هادی نوع P ترکیب می‌شـوند و یک لایه‌ی بسیار نازک خالی شده از الکترون و حفره به وجود می‌آورند. به این لایه، « **لایه‌ی سد**» می‌گویند، شکل‌های ۱۵-۱۰ و ۱۶-۱۰.



شکل ۱۵-۱۰ ترکیب الکترون‌ها و حفره‌ها در مرز پیوند PN



شکل ۱۶-۱۰ نمایش لایه‌ی سد

به خاطـر بارهـای مثبت و منفی بـه وجود آمـده در اثر ناخالصی‌هـای عناصر پنج و سـه ظرفیتی، در دو طرف لایه‌ی سـد، یک اختلاف پتانسـیل (ولتاژ) حـدود ۰/۶ ولت ظاهر می شود.

به اتصال PN دیود می‌گویند.

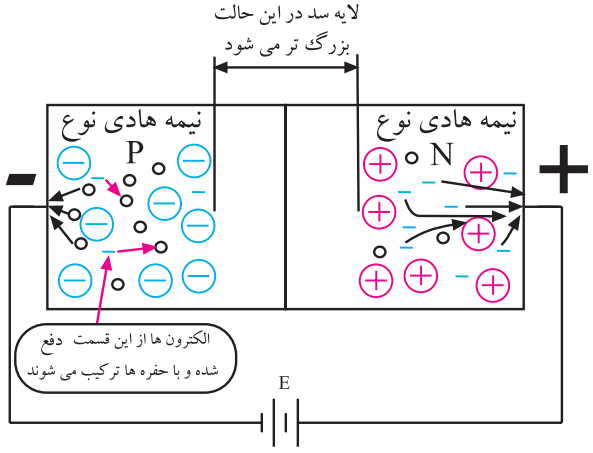
خواص اتصال PN

اگر نیمه‌هادی نوع N را به قطب مثبت باتری و نیمه‌هادی

نـوع P را به قطـب منفی باتـری وصل کنیـم، الکترون‌های موجـود در نیمه‌هادی نوع N به سـمت قطـب مثبت حرکت می‌کنند و حفره‌های موجود در نیمه‌هادی نوع P جذب قطب منفی می شوند.

باید توجه داشته باشیم که حفره‌ها حرکت نمی‌کنند زیرا جای خالی الکترون‌ها هسـتند. هنگامی که قطب منفی باتـری الکترون‌ها را می‌رانـد و آن را بـا حفره‌ها ترکیب می‌کنـد چنین به نظر می‌رسـد که حفره‌ها به سـمت قطب منفی در حرکت هستند.

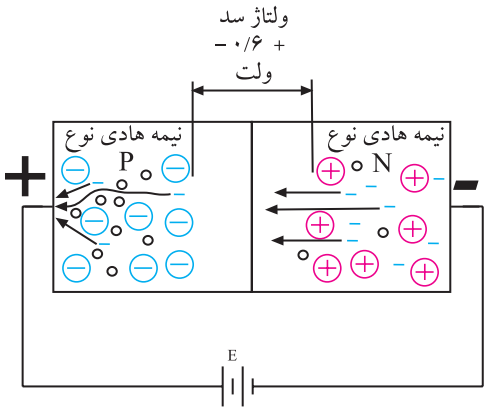
بنابراین در این حالت، در مدار یا در اتصال PN الکترون‌ها حرکت نمی‌کنند و در مدار جریان برقرار نمی‌شـود، شـکل ۱۰-۱۷.



شکل ۱۰-۱۷ اتصال کریستال PN به باتری در حالت مخالف

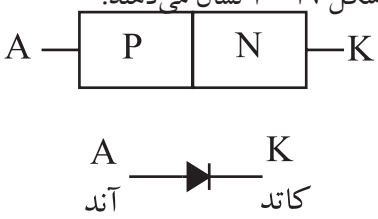
هر قـدر ولتاژ منبع بزرگ‌تر باشـد ضخامت لایه‌ی سـد افزایش می‌یابد. این نوع اتصال را **اتصال مخالف** (معکوس) کریستال PN می‌نامند.

در شکل ۱۰-۱۸ نیمه‌هادی نوع P را به قطب مثبت باتری و نیمه‌هـادی نوع N را به قطب منفی اتصال داده‌ایم. می‌دانیم دو بـار هم‌نام یکدیگـر را دفع و دو بار غیـر هم‌نام یکدیگر را جـذب می‌کننـد. بنابرایـن در این مدار قطـب منفی منبع، الکترون‌هـای موجـود در نیمه‌هادی نـوع N را دفع و قطب مثبت باتری الکترون‌ها را که دارای بار الکتریکی منفی هستند جذب می‌کند. اگر ولتاژ باتری بیشـتر از ۰/۶ ولت باشد، این ولتاژ بر ولتاژ سـد غلبه می‌کند و آن را می‌شـکند. با شکستن لایه‌ی سـد الکترون‌های رانده شـده از قطب منفی باتری در درون نیمه‌هـادی نوع N، از سـد عبور می‌کند و جذب قطب مثبت باتـری می‌شـوند، بدین‌ترتیب جریان در مـدار برقرار می‌شود. این نوع اتصال را **اتصال موافق** (مستقیم) کریستال PN می‌نامند.



شکل ۱۰-۱۸ کریستال PN در حالت موافق

اتصال PN را **دیود** می‌نامند و آن را با علامت قراردادی (نماد فنی) شکل ۱۰-۱۹ نشان می‌دهند.



شکل ۱۰-۱۹ علامت قراردادی دیود

در یک دیود پایه‌ی اتصال داده شـده به نیمه‌هادی نوع P را آند و پایه‌ی اتصال داده شـده به نیمه‌هادی نوع N را کاتد نام‌گذاری می‌کنند. در شکل ۱۰-۲۰ نمونه‌هایی از دیود نشان

داده شده است.

شکل ۲۰-۱۰ نمونه‌هایی از انواع دیودها

نکته‌ی مهم:

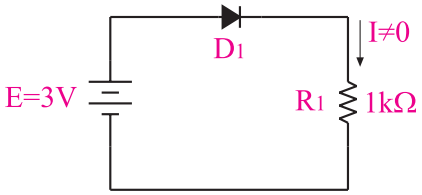
یک دیود هنگامی هدایت می‌کند که دو شرط زیر برقرار باشد.

الف- ولتاژ آند تقریبا ۰/۶ ولت بیشتر از ولتاژ کاتد باشد.

ب- مقدار جریان در مدار به اندازه‌ی کافی باشد.

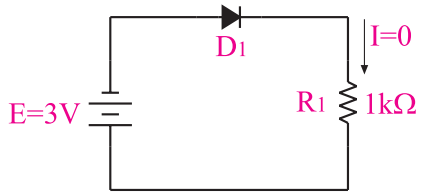
اتصال دیود یا هر قطعه‌ی الکترونیکی دیگر را به ولتاژ DC بایاس می‌گویند.

همان‌طورکه گفته شد در مورد دیود دو نوع بایاس موافق و بایاس مخالف داریم. در شکل ۲۱-۱۰ این دو نوع بایاس نشان داده شده است. بایاس موافق را مستقیم و بایاس مخالف را معکوس نیز می‌گویند. در بایاس معکوس جریان دیود تقریبا صفر است. در بایاس مستقیم با توجه به ولتاژ منبع و مقدار مقاومت، جریان در مدار برقرار می‌شود.



دیود در بایاس موافق قرار گرفته است
لذا در مدار جریان برقرار است .

الف- بایاس موافق



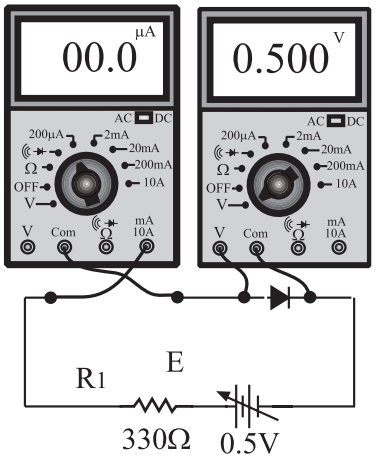
دیود در بایاس مخالف قرار گرفته است
لذا در مدار جریان برابر صفر است .

ب- بایاس مخالف

شکل ۲۱-۱۰ بایاسینگ دیود

۴-۱-۱۰ منحنی مشخصه‌ی دیود

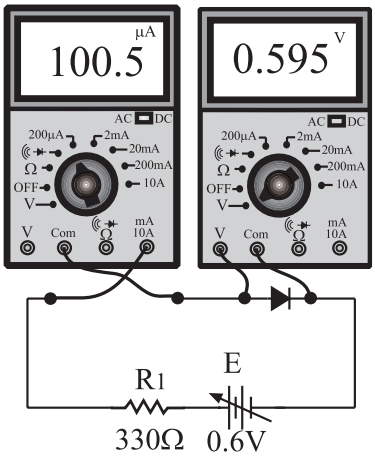
اگر یک دیود از جنس سیلیسیوم را مانند شکل ۲۲-۱۰ در بایاس مستقیم قرار دهیم و ولتاژ منبع تغذیه را روی صفر تا ۰/۵ ولت تنظیم کنیم، جریانی از مدار عبور نمی‌کند و میلی‌آمپر متر صفر را نشان می‌دهد.



شکل ۲۲-۱۰

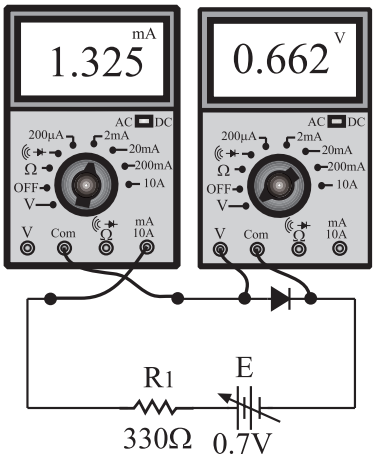
حال اگر ولتاژ منبع تغذیه را به آرامی زیاد کنیم، مادامی که ولت‌متر کمتر از ۰/۵ ولت را نشان می‌دهد، میلی‌آمپر متر

هم‌چنـان جریان صفر را نشـان خواهـد داد. چنان‌چه ولتاژ را کمی از نیم ولت بیشتر کنیم، میلی‌آمپر متر جریان خیلی کمی را نشان می‌دهد، شکل ۲۳-۱۰.



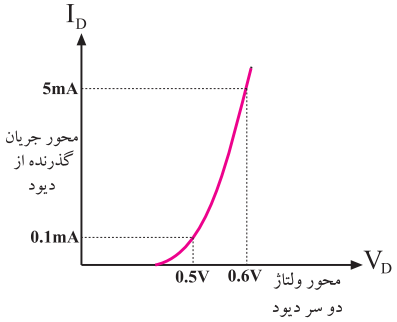
شکل ۲۳-۱۰

اگر به افزایش ولتاژ ادامه دهیم مثلا حدود ۰/۱ ولت به آن بیفزاییم، ناگهان میلی‌آمپر متر جریان زیادی را نشان می‌دهد، شکل ۲۴-۱۰.



شکل ۲۴-۱۰

در صورتی که مراحل بالا را برای ولتاژهای مختلف تکرار کنیم و برای هر مقدار از ولتاژ دو سر دیود، (مثلا ۰/۱، ۰/۲ و ..... ولت) جریان گذرنده از دیود را همانند شکل ۲۵-۱۰-ب در جدول یادداشـت کنیم، می توانیم منحنی مشخصه‌ی دیود را در محورهای مختصات رسـم کنیم، شـکل ۲۵-۱۰الف. به منحنی شـکل ۲۵-۱۰ الف منحنی مشـخصه‌ی « ولت- آمپر» دیـود می گویند. این منحنی را معمولا کارخانه‌ی سـازنده‌ی دیود در اختیار مصرف کنندگان قرار می دهد.



الف- منحنی مشخصه دیود

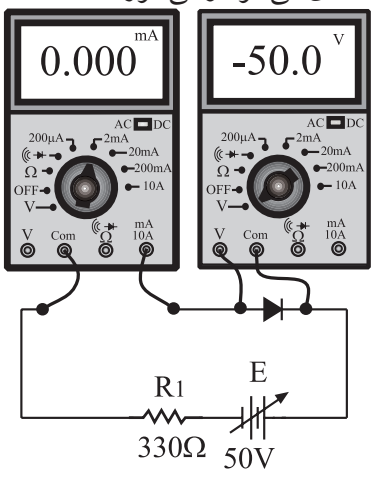
V_D(V)	I_D(mA)
0	0
0.2	0
0.5	0
0.55	0.1
0.6	5
0.65	15

ب- جـدول مقادیر جریان و ولتاژ دو سر ریود

شکل ۲۵-۱۰

از منحنی مشـخصه‌ی ولت- آمپر دیـود می‌توانیم مقدار جریـان عبوری از دیـود را برای ولتاژهای مختلف به دسـت آوریـم. هم‌چنین می‌توانیـم در برابر عبور مقدار مشـخصی جریان از دیود، افت ولتاژ دو سر آن را تعیین کنیم.

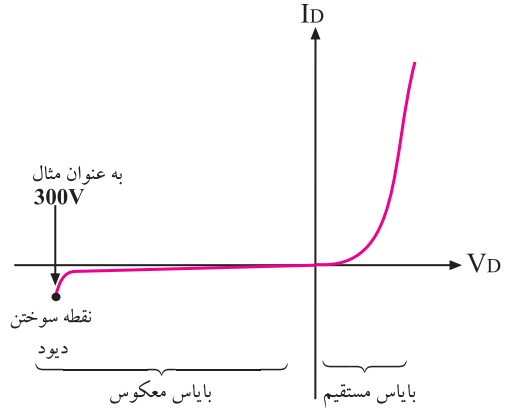
اگر مدار شـکل (۲۶-۱۰) را ببندیم و ولتاژ منبع تغذیه را زیاد کنیم، حتی به ۵۰ ولت برسـانیم، میلی‌آمپر متر عبور هیچ جریانی را نشـان نمی‌دهد. حال اگـر ولتاژ را خیلی زیاد کنیم دیود ناگهان هادی می‌شود و می‌سوزد.



شکل ۲۶-۱۰ مدار ترسیم منحنی مشخصه‌ی دیود در بایاس معکوس

در حالت معکوس جریان بسیار کمی از دیود عبور می کند که بسیار ناچیز و قابل صرف‌نظر کردن است.

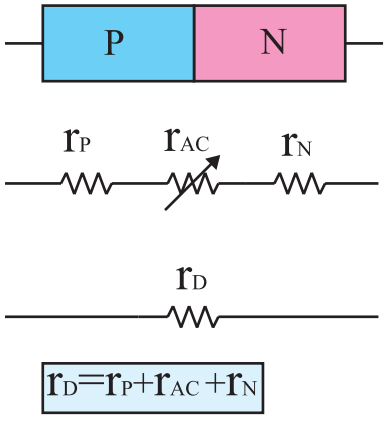
شکل ۱۰-۲۷ منحنی مشخصه‌ی ولت- آمپر دیود را هنگامی که دیود در بایاس مستقیم و در بایاس معکوس، قرار دارد نشان می دهد.



شکل ۱۰-۲۷ منحنی‌مشخصه‌ی دیود در بایاس موافق ومخالف

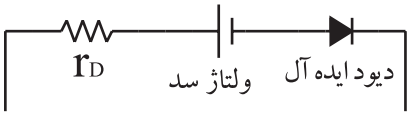
مدار معادل دیود

برای یک دیود معمولی می‌توان یک مدار معادل رسم کرد. با توجه به شکل ۱۰-۲۸ نیمه‌هادی نوع P دارای مقاومت اهمی r_p، نیمه‌هادی نوع N دارای مقاومت اهمی r_N، لایه‌ی سد نیز دارای یک مقاومت اهمی است که آن را با r_{AC} نشان می‌دهند، مجموعه‌ی این مقاومت‌ها را r_D می‌نامند.



شکل ۱۰-۲۸ مقاومت معادل دیود

در دیود علاوه بر مقاومت‌ها، ولتاژ لایه‌ی سد نیز وجود دارد. از طرفی چون دیود فقط در یک جهت جریان را از خود عبور می‌دهد لذا می‌توان مدار معادل شکل ۱۰-۲۹ را در مورد دیود به کار برد.



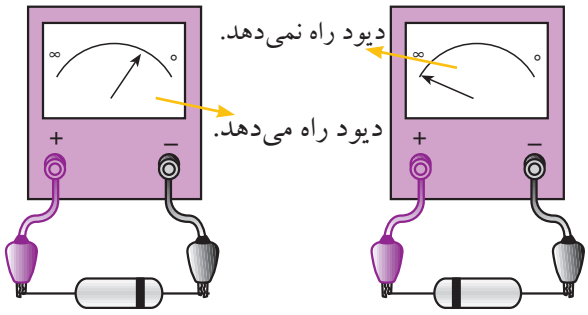
ولتاژ سد برای دیود ژرمانیوم تقریباً ۰/۲ ولت است
ولتاژ سد برای دیود سیلیکون تقریباً ۰/۶ ولت است

شکل ۱۰-۲۹ مدار معادل دیود

۱۰-۲ تشخیص پایه‌های دیود و سالم بودن آن به وسیله‌ی اهم‌متر

۱۰-۲-۱ استفاده از اهم‌متر عقربه‌ای

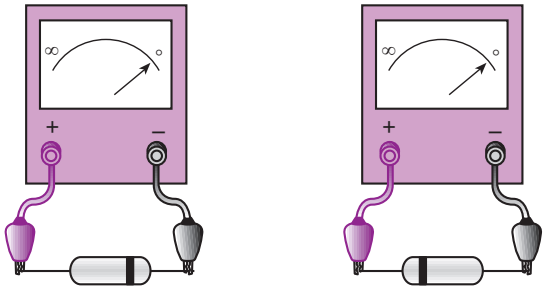
برای تشخیص پایه‌های دیود، اهم‌متر عقربه‌ای را به دو سر دیود وصل کنید و اهم آن را اندازه‌بگیرید. سپس اتصال دیود را بر عکس کنید و دوباره اهم آن را اندازه بگیرید. در یک حالت، اهم‌متر مقاومت کم و در حالت دیگر اهم‌متر مقاومت زیاد را نشان می‌دهد. در حالتی که مقدار مقاومت کم است، دیود از طریق باتری داخلی اهم‌متر، در بایاس مستقیم قرار می‌گیرد. در حالتی که اهم‌متر، مقاومت زیادی را نشان می‌دهد، دیود از طریق باتری داخلی اهم‌متر در بایاس معکوس قرار دارد. در این شرایط اصطلاحا می گویند « **دیود از یک طرف راه می‌دهد و از طرف دیگر راه نمی‌دهد.**» در شکل ۱۰-۳۰ این دو حالت نشان داده شده است.



شکل ۳۰-۱۰ تشخیص پایه‌های دیود

در حالتی کـه اهم‌متـر مقاومت کمی را نشـان می‌دهد، ترمینال مثبـت اهم‌متر به آند دیود و ترمینـال منفی اهم‌متر به کاتد دیـود اتصال دارد. به این ترتیـب می‌توانیم آند و کاتد دیود را تعیین کنیم. توجه داشـته باشـید، مقدار مقاومتی که اهم‌متر نشـان می‌دهد به حـوزه‌ی کار (رنج) کلید سـلکتور اهم‌متر بسـتگی دارد. در مولتی‌مترهای عقربه‌ای ممکن است قطب‌های خروجی اهم‌متر معکوس باشد، یعنی پایانه‌ی مثبت اهم‌متر به قطب منفـی باتری داخلی و پایانه‌ی منفی اهم‌متر به قطب مثبت باتری داخلی اهم‌متر وصل باشـد. در این صورت قطب‌های دیود برعکس می شود.

اگر دیود معیوب، مثلا قطع شده باشد، در این صورت اگر اهم‌متر را به پایه‌های دیود اتصال دهیم، در هر دو حالت اهم‌متر مقاومت ∞ (بی‌نهایت) را نشان می‌دهد. چنان‌چه دیود معیوب اتصال کوتاه شده باشـد، در هر دو حالت اتصال ترمینال‌های اهم‌متر به دیود، اهم‌متر مقاومت صفر را نشـان می‌دهد. شکل ۳۱-۱۰ این دوحالت را نشان می‌دهد.



شکل ۳۱-۱۰ دیود معیوب شده و اتصال کوتاه است.

۲-۲-۱۰ استفاده از مولتی‌متر دیجیتالی برای آزمایش دیود

اغلب مولتی‌مترهای دیجیتالـی دارای وضعیت آزمایش دیود هسـتند. هر گاه کلید سـلکتور مولتی‌متر دیجیتالی را در وضعیت تسـت دیود قرار دهیم و دیود به وسـیله‌ی مولتی‌متر در بایـاس موافق قرار گیرد، مولتی‌متـر دیجیتالی ولتاژ بایاس موافق دیود را نشان می‌دهد. مقدار ولتاژ موافق برای دیودهای سیلیسـیومی در حدود ۰/۷ ولت و بـرای دیودهایی از جنس ژرمانیوم حدود ۰/۲ ولت اسـت. شـکل ۳۲-۱۰ این حالت را نشان می‌دهد.

شکل ۳۲-۱۰ دیود در بایاس موافق

اگـر دیود به صورت بایاس مخالف به مولتی‌متر دیجیتالی وصل شود، معمولا مولتی‌متر ولتاژ بایاس مخالف اعمال شده به وسـیله‌ی باتری دستگاه را که در دو سر دیود افت می کند، نشـان می‌دهد. این ولتاژ ممکن است در دستگاه‌های مختلف از ۱/۵ تا ۳ ولت باشد.

شکل ۳۳-۱۰ این حالت را نشان می‌دهد.

شکل ۳۳-۱۰ دیود در بایاس مخالف

در برخـی از مولتـی مترها وقتی دیـود در حالت مخالف قرار می‌گیرد روی صفحه‌ی نمایش عدد ۱ یا شـرایط دیگری ظاهر می شود. شرایط نمایش صفحه را در کاتالوگ دستگاه می‌نویسند.

در حالتی که دیود در بایاس موافق قرار دارد، سـیم منفی (سـیم مشـترک یا COM) بـه کاتد دیود و سـیم مثبت به آند دیود وصل اسـت. اگر دیود ناسـالم مثلاً قطع باشـد، در هـر دو حالت، روی صفحه‌ی نمایـش مولتی‌متر، ولتاژ باتری داخلی نشـان داده می شود. در شـکل ۳۴-۱۰ این دو حالت دیده می‌شود.

دیود قطع

شکل ۳۴-۱۰ تست دیود معیوب (قطع)

اگـر دیود اتصـال کوتاه باشـد، در هـر دو حالت روی صفحه‌ی نمایش دستگاه، ولتاژ صفر نشان داده می‌شود. شکل ۳۵-۱۰ این حالت را نشان می‌دهد.

دیود اتصال کوتاه

شکل ۳۵-۱۰ تست دیود معیوب (اتصال کوتاه)

۳-۱۰ آزمایش شماره (۱)

زمان اجرا: ۴ ساعت آموزشی

۳-۱-۱۰ هدف‌های آزمایش

بررسی وضعیت دیود در بایاس مستقیم و معکوس و چگونگی آزمایش آن

۳-۲-۱۰ تجهیزات و قطعات مورد نیاز آزمایش

ردیف	نام و مشخصات	تعداد/ مقدار
۱	مولتی‌متر دیجیتالی	یک دستگاه
۲	مولتی‌متر عقربه‌ای	یک دستگاه
۳	دیود ۱N۴۰۰۱ یا مشابه	یک عدد
۴	دیود ژرمانیوم	یک عدد
۵	مقاومت ۱KΩ	یک عدد
۶	منبع تغذیه ۰- ۱۵V	یک دستگاه
۷	سیم‌رابط یک سرگیره سوسماری	دو رشته
۸	سیم‌رابط دو سرگیره سوسماری	دو رشته
۹	بردبرد	یک عدد
۱۰	ابزار عمومی کارگاه الکترونیک	یک سری

۳-۳-۱۰ مراحل اجرای آزمایش

■ کلید سلکتور اهم‌متر عقربه‌ای را روی R×۱۰ قرار دهید.

■ قطب مثبت اهم‌متر را به یک سر دیود و قطب منفی آن را به سر دیگر دیود وصل کنید و مقدار مقاومت دیود را اندازه بگیرید و یادداشت کنید.

مقاومت دیود R = ... Ω

■ قطب‌های اهم‌متر را عوض کنید و سپس مقاومت دیود را اندازه بگیرید و یادداشت کنید.

مقاومت دیود R = ... Ω

■ با توجه به قطب‌های اهم‌متر آند و کاتد دیود را تشخیص دهید و در کنار پایه‌های دیود بنویسید.

■ مقدار مقاومت دیود در گرایش مستقیم و معکوس را اندازه بگیرید و جدول ۱-۱۰ را کامل کنید.

جدول ۱-۱۰

ردیف	شماره فنی دیود	شکل ظاهری دیود	اهم در گرایش مستقیم	اهم در گرایش معکوس	وضعیت دیود
۱	۱N۴۰۰۴				
۲					
۳					

■ در جدول ۱-۱۰ وضعیت دیود را از نظر سالم و ناسالم بودن، بررسی کنید.

■ مراحل آزمایش را برای دو نمونه‌ی دیگر دیود تکرار کنید و جدول را کامل کنید.

■ مراحل آزمایش را با اهم‌متر دیجیتالی انجام دهید و آند و کاتد دیود را مشخص کنید.

■ با اندازه‌گیری ولتاژ دیود در گرایش مستقیم و معکوس و تعیین وضعیت دیود از نظر سالم یا ناسالم بودن توسط اهم‌متر دیجیتالی، جدول ۲-۱۰ را کامل کنید.

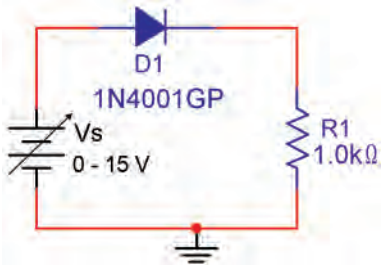
■ ردیف ۱ جدول ۲-۱۰ به عنوان نمونه تکمیل شده است.

جدول ۲-۱۰

ردیف	شماره فنی دیود	شکل ظاهری دیود	ولتاژ دو سر دیود در گرایش مستقیم	ولتاژ دو سر دیود در گرایش معکوس	وضعیت دیود
۱	1 N۴۰۰۷		۰/۶۵۵	۲/۶	سالم
۲					
۳					

■ مدار شکل ۳۶-۱۰ را روی بردبرد ببندید.

دیود را ۱N۴۰۰۱ انتخاب کنید.



شکل ۳۶-۱۰

■ ولتاژ منبع تغذیه‌ی V_S را آن قدر تغییر دهید تا ولتاژ دو سر بار برابر با ۵ ولت شود.

■ به وسیله‌ی ولت‌متر ولتاژ دو سر دیود را اندازه بگیرید و آن را یادداشت کنید.

V_D = ... ولت

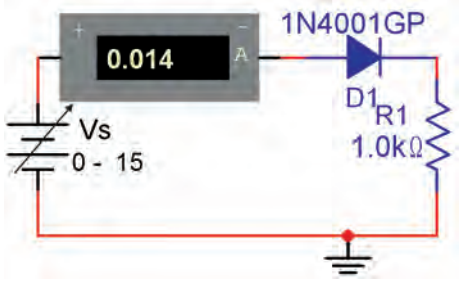
■ با توجه به رابطه‌ی $I_D = \frac{V_{RL}}{R_L}$ جریان عبوری از دیود را محاسبه کنید.

$$I_D = \frac{V_{RL}}{R_L} = \frac{.....}{.....} = ...$$

■ با استفاده از رابطه‌ی $R_D = \frac{V_D}{I_D}$ مقاومت دیود را در گرایش مستقیم محاسبه و یادداشت کنید.

$$R_D = \frac{V_D}{I_D} = \frac{.....}{.....} = ...$$

■ آمپر متر را مطابق شکل ۳۷-۱۰ با مدار سری کنید. ولتاژ منبع را آن‌قدر تغییر دهید تا ولتاژ دو سر بار برابر با ۵ ولت شود و جریان عبوری از دیود را اندازه بگیرید.

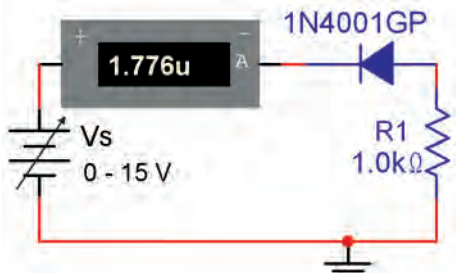


شکل ۳۷-۱۰

I_D = ... mA

■ جریان اندازه‌گیری شده توسط آمپرمتر و جریان محاسبه شده از رابطه‌ی $\frac{V_{RL}}{R_L}$ را با هم مقایسه کنید.

■ جهت دیود را مطابق شکل ۳۸-۱۰ عوض کنید.



شکل ۳۸-۱۰

■ ولتاژ منبع ولتاژ V_S را مطابق جدول ۳-۱۰ تغییر دهید و با اندازه‌گیری ولتاژ دو سر دیود و اندازه‌گیری جریان عبوری از دیود جدول ۳-۱۰ را کامل کنید.

جدول ۳-۱۰

ردیف	V_S (ولت)	ولتاژ V_D	I_D
۱	۲		
۲	۴		
۳	۸		
۴	۱۲		
۵	۱۵		

سوال ۱: آیا از دیود در بایاس مخالف جریانی عبور می‌کند؟

سوال ۲: آیا ولتاژ دو سر دیود در بایاس مخالف با ولتاژ منبع (V_S) برابر است؟

۴-۳-۱۰ نتایج آزمایش: نتایج حاصل از این آزمایش را به طور خلاصه در ۴ سطر بنویسید.

آزمون پایانی فصل (۱۰)

۱- ساختمان نیمه‌هادی‌های نوع N و p را شرح دهید.

۲- در یک قطعه سیلیکون خالص، حفره چگونه به وجود می‌آید؟ شرح دهید.

۳- توضیح دهید که در اتصال PN چگونه در یک جهت جریان بـه راحتی عبور می‌کند و در جهت دیگر جریان عبور نمی‌کند.

۴- تعداد حفره‌های نیمه‌هادی نـوع P ..... نیمه‌هادی نوع N است.

الف) بیشتر از　　ب) کمتر از

ج) مساوی　　د) دو برابر

۵- در بایاس مسـتقیم افت ولتاژ دو سر دیود ایده‌آل چند ولت است؟

الف) ۰/۲　　ب) ۰/۷

ج) صفر　　د) بی‌نهایت

۶- برای هدایت دیود چه شـرایطی لازم اسـت؟ توضیح دهید .

۷- بایاس دیود را توضیح دهید.

۸- چگونگی تشکیل لایه‌ی سد در اتصال PN را توضیح دهید.

۹- مقدار پتانسـیل سـد برای نیمه‌هادی نوع سیلیسیومی و ژرمانیومی چند میلی‌ولت است؟

۱۰- مدار معادل دیود معمولی را رسم کنید.

۱۱- منحنی مشخصه‌ی ولت- آمپردیود معمولی را در بایاس موافق(مستقیم) و بایاس مخالف (معکوس) رسم کنید.

۱۲- ساختمان اتمی ژرمانیوم و سیلیسیوم را شرح دهید.