

بخش سوم

دیود

هدف کلی :
شناخت انواع دیود و کار برد آن ها

واحد کار	شماره 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 P و N 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.

 ساعت آموزش			توانایی شماره‌ی ۱۰
جمع	عملی	نظری	
۱۰	۴	۶	

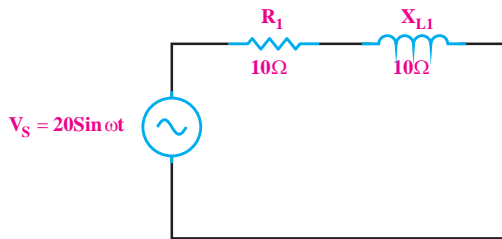


پیش آزمون فصل (۱۰)

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

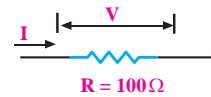
چند دسته‌ی کلی تقسیم می‌شوند؟ نام ببرید.

۱- آمپر متر در مدار به صورت قرار می‌گیرد.

الف) سری (ب) موازی

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

می‌آید؟



ب) $V \cdot I$

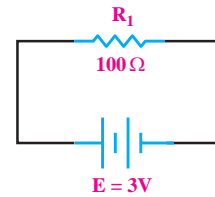
الف) RI^2

د) هر سه مورد

ج) $\frac{V^2}{R}$

۳- انرژی تلف شده در مقاومت 100Ω در شکل زیر در

مدت ۳ دقیقه چند ژول است؟



ب) ۱۸۲

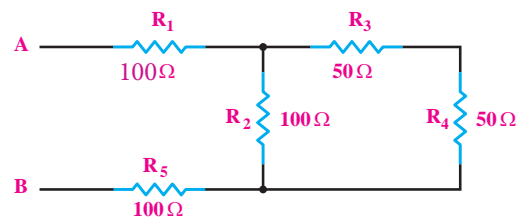
الف) ۱۸/۲

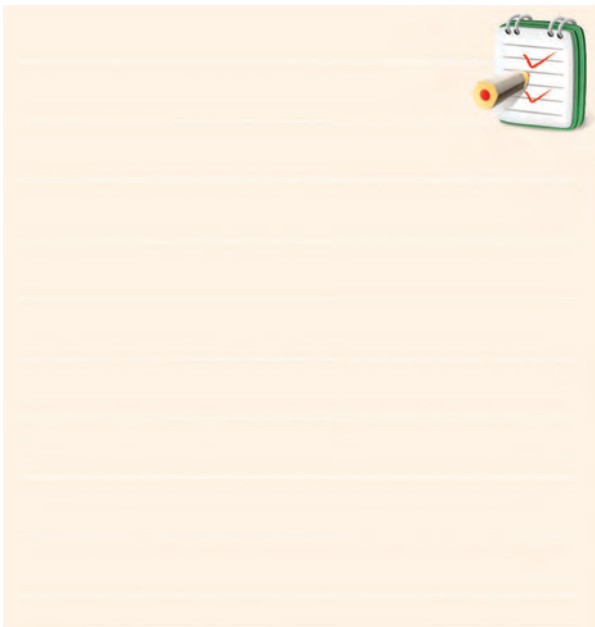
د) ۱۶۲

ج) ۱۶/۲

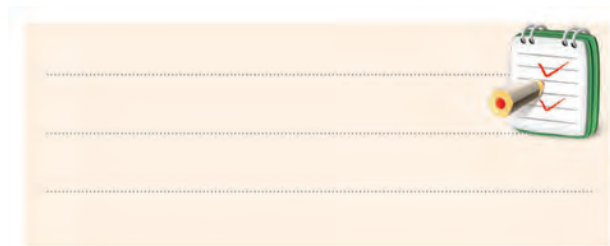
۴- در شکل زیر مقاومت معادل از دو نقطه‌ی A و B چند

اهم است؟





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

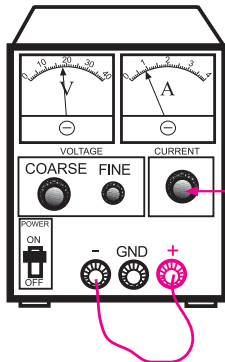


۱۰- تمامی نیمه‌هادی‌ها در آخرین لایه‌ی اتم خود دارای ۴ الکترون هستند.

درست نادرست

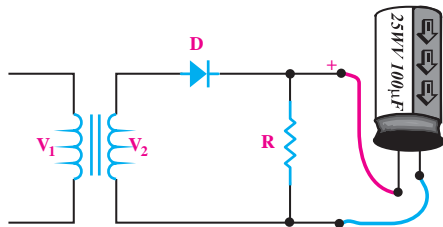
۱۱- مدارهای مربوط به بایاس موافق و بایاس مخالف دیود را رسم کنید.

۵- اگر منبع تغذیه‌ای که با آن کار می‌کنید دارای امکانات Limit Current است، جریان خروجی را حداکثر به 100mA محدود کنید.



باین ولوم جریان خروجی را روی ۱۰۰ میلی آمپر تنظیم کنید

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



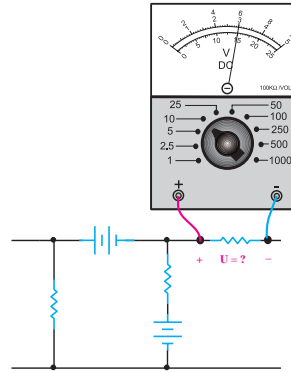
در صورت اتصال خازن الکترولیتی به صورت معکوس به منبع ولتاژ، خازن منفجر می‌شود.

۷- هنگام اتصال دیود به مدار، کاتد و آنده آن را از قبل شناسایی کنید. معمولاً روی کاتد علامت‌هایی مانند یک حلقه‌ی رنگی یا یک نقطه می‌گذارند.

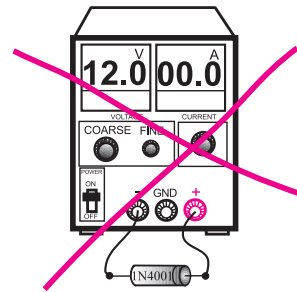
۸- سیم‌های رابط را محکم ببندید تا در اثر لرزش یا برخورد دست قطع نشوند.



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

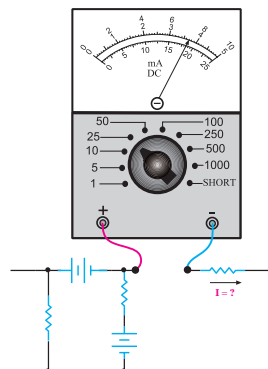


۲- هیچ وقت یک قطعه‌ی نیمه‌هادی مانند دیود را در بایاس موافق با منبع تغذیه به صورت موازی ببندید. در بایاس مخالف نیز به مقدار ولتاژ مجاز دیود توجه کنید.



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

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



۱-۱-۱ دیود Diode

۱-۱-۱-۱ ساختمان اتمی نیمه‌هادی‌ها

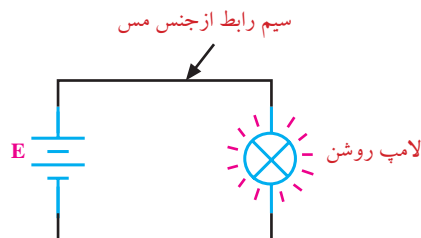
اجسام موجود در طبیعت از نظر هدایت الکتریکی به سه دسته‌ی کلی تقسیم می‌شوند.

الف- هادی‌ها

ب- عایق‌ها

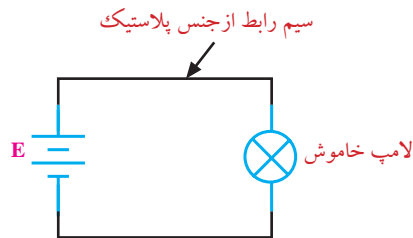
ج- نیمه‌هادی‌ها

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 ۱-۱-۱ سیم رابط از جنس مس است و جریان برق را به راحتی از خود عبور می‌دهد و لامپ را روشن می‌کند.



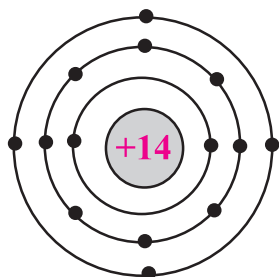
شکل ۱-۱-۱ سیم مسی هادی

عایق‌ها اجسامی هستند که جریان برق را به سادگی از خود عبور نمی‌دهند. مواردی مانند شیشه، انواع پلاستیک‌ها و هوا عایق هستند. در شکل ۱-۱-۲ سیم رابط از جنس پلاستیک است و جریان برق را از خود عبور نمی‌دهد، در نتیجه لامپ روشن نمی‌شود.

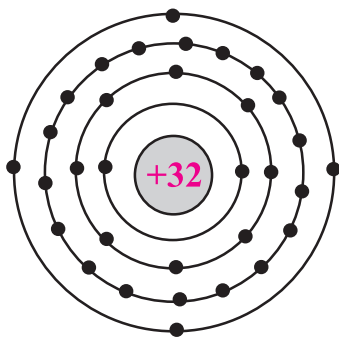


شکل ۱-۱-۲ سیم پلاستیکی (مانند طناب) عایق است

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 می‌گویند. مهم‌ترین نیمه‌هادی‌هایی که در صنعت الکترونیک مورد استفاده قرار می‌گیرند **سیلیسیوم** (سیلیسیوم را سیلیکون نیز می‌نامند) و **ژرمانیوم** است. تمامی نیمه‌هادی‌ها در آخرین لایه‌ی اتم خود، چهار الکترون دارند. در شکل (۱-۳) ساختمان اتمی سیلیسیوم و ژرمانیوم نشان داده شده است.



الف - سیلیسیوم



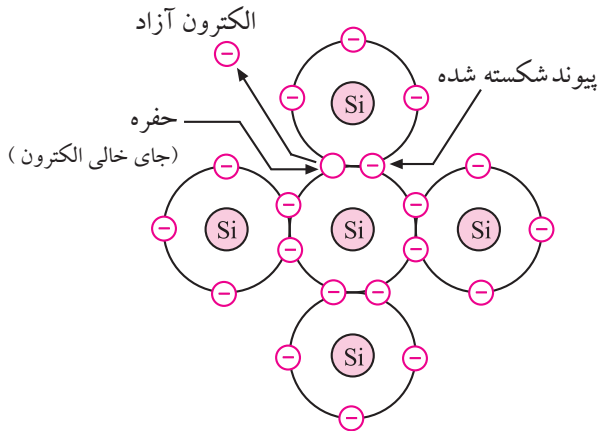
ب - ژرمانیوم

شکل ۱-۳-۱ ساختمان اتمی نیمه‌هادی‌های سیلیسیوم و ژرمانیوم

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

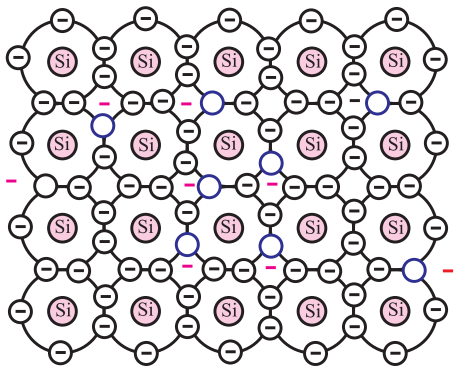
الکترون آزاد به الکترونی گفته می‌شود که به هیچ اتمی وابسته نباشد.

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



شکل ۱۰-۶ جای خالی الکترون را حفره می‌نامند.

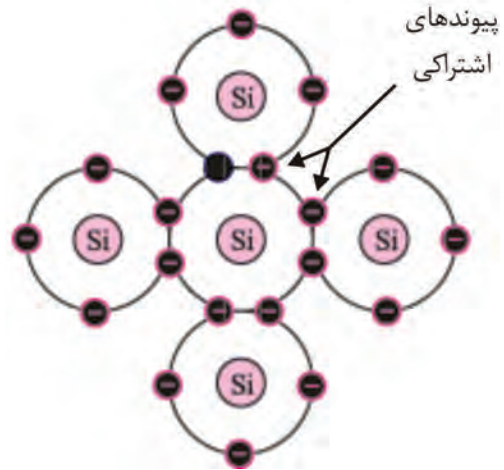
هر قدر انرژی خارجی بیشتری مانند حرارت به اتم داده شود، پیوندهای بیشتری شکسته می‌شوند و الکترون‌های زیادتری را آزاد می‌کنند، شکل ۱۰-۷.



شکل ۱۰-۷ در اثر حرارت پیوندهای بیشتری می‌شکنند.

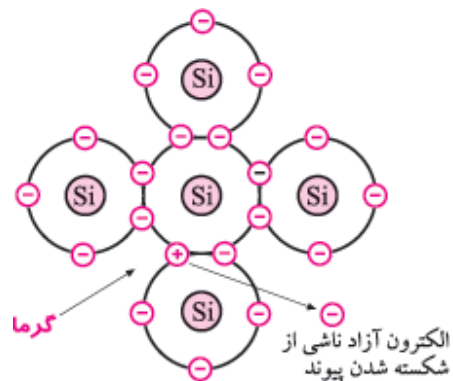
عبور جریان برق از یک جسم به تعداد الکترون‌های آزاد آن جسم بستگی دارد. بنابراین سیلیسیوم یا ژرمانیوم خالص در صفر درجه‌ی کلون که هیچ الکترون آزادی ندارند، عایق محسوب می‌شوند، شکل ۱۰-۸.

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



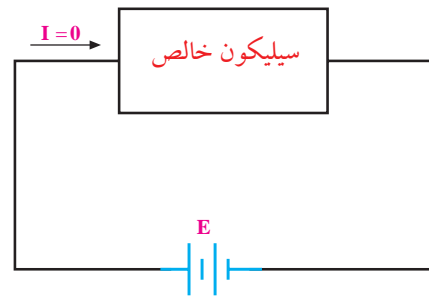
شکل ۴-۱۰ پیوند اشتراکی اتم‌های سیلیسیوم

پیوندهای تشکیل شده (پیوندهای اشتراکی) در سیلیسیوم یا ژرمانیوم در دمای صفر درجه‌ی کلون (تقریباً ۲۷۳- درجه‌ی سانتی‌گراد یا سلسیوس) کاملاً 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 کلون) 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

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 می‌شکنند الکترون‌های آزاد دائماً با حفره‌ها ترکیب می‌شوند.

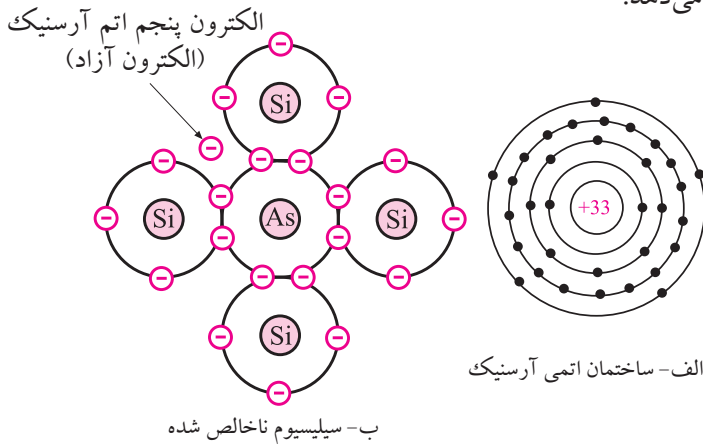


شکل ۸-۱۰ رفتار یک قطعه سیلیسیوم خالص در دمای صفر درجه‌ی کلونین

۲-۱-۱۰ نیمه‌های نوع N و P

الف- نیمه‌های نوع N

اگر به یک قطعه نیمه‌های 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.

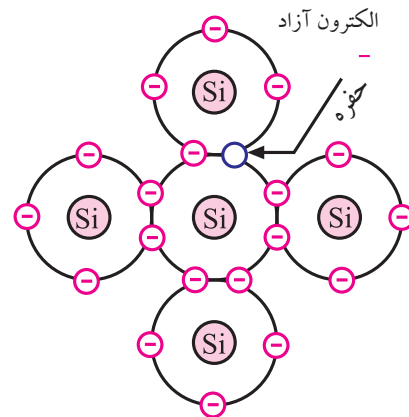


شکل ۱۰-۱۰ نیمه‌های نوع N

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

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

ولی در دمای اتاق (۳۰۰ درجه‌ی کلونین)، تعدادی از پیوندهای آن می‌شکنند 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 نیمه‌های خالص متناسب با درجه حرارت تغییر می‌کند.

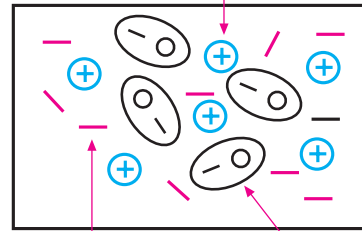


شکل ۹-۱۰ حفره بار الکتریکی مثبت دارد.

نوع N (منفی - Negative) می گویند.

از طرف دیگر چون اتم آرسنیک یک الکترون از دست داده است لذا دارای بار الکتریکی مثبت است. بنابراین یک قطعه نیمه هادی نوع N را می توان به صورت شکل ۱۰-۱۱ نشان داد.

اتم های آرسنیک که یک الکترون از دست داده اند و دارای بار الکتریکی مثبت شده اند



الکترون ها و حفره ها که بر اثر شکستن پیوندها به وجود آمده اند

الکترون های اضافی ناشی از الکترون پنجم اتم آرسنیک

شکل ۱۰-۱۱ نیمه هادی نوع N

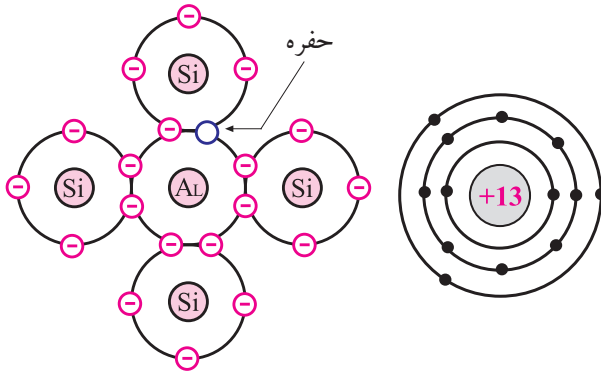
بیشتر بدانید:

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

ب- نیمه هادی نوع P

به یک قطعه نیمه هادی خالص سیلیسیوم یا ژرمانیوم، یک اتم سه ظرفیتی مانند آلومینیوم به عنوان ناخالصی اضافه می کنیم. در این حالت سه الکترون مدار خارجی اتم آلومینیوم با سه الکترون مجاور اتم های سیلیکون پیوند اشتراکی تشکیل می دهند. در محل پیوند چهارم بین اتم های آلومینیوم و سیلیسیوم یک حفره (جای خالی الکترون) به وجود می آید.

شکل ۱۰-۱۲ اتم آلومینیوم را در بین اتم های سیلیسیوم نشان می دهد.



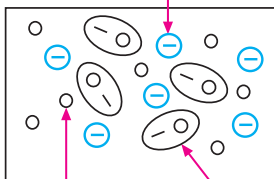
الف- ساختمان اتمی آلومینیوم ب- سیلیسیوم ناخالص شده

شکل ۱۰-۱۲ نیمه هادی نوع P

چون این قطعه سیلیسیوم ناخالص شده، یک الکترون کم دارد پس بار الکتریکی آن مثبت است. به نیمه هادی هایی که ناخالصی سه ظرفیتی به آنها اضافه شده باشد، نیمه هادی نوع P (مثبت - Positive) می گویند.

همان طور که در شکل ۱۰-۱۲ مشاهده می شود در محل پیوند چهارم اتم آلومینیوم با اتم سیلیسیوم یک حفره به وجود آمده است. در این شرایط الکترون های ناشی از شکسته شدن پیوندهای دیگر، این حفره را پر می کنند، لذا بار الکتریکی اتم آلومینیوم منفی می شود. یک قطعه نیمه هادی نوع P را می توان به صورت شکل ۱۰-۱۳ نشان داد.

اتم های آلومینیوم که الکترون اضافه دریافت کرده اند.



الکترون ها و حفره ها که بر اثر شکستن پیوندها به وجود آمده اند

حفره های ناشی از پیوند چهارم آلومینیوم و اتم های سیلیکون

شکل ۱۰-۱۳ نیمه هادی نوع P

۳-۱-۱۰ اتصال PN (دیود)

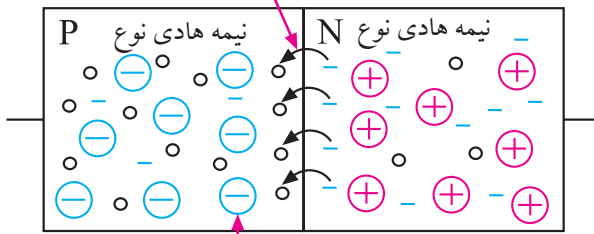
اگر یک قطعه نیمه‌هادی نوع P و یک قطعه نیمه‌هادی نوع N را به یکدیگر پیوند دهیم، یک اتصال PN (دیود) به وجود می‌آید. شکل ۱۴-۱۰ پیوند PN یا دیود را نشان می‌دهد.



شکل ۱۴-۱۰ اتصال PN یا دیود

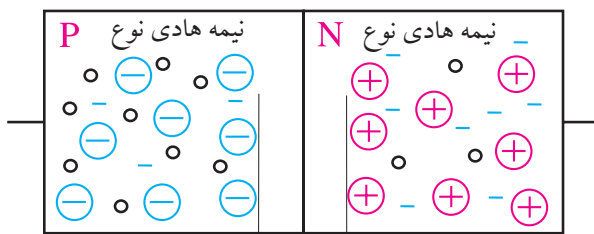
منظور از چسباندن دو کریستال به یکدیگر اتصال مکانیکی آن‌ها نیست. برای اتصال کریستال‌ها به یکدیگر معمولاً درجه حرارت پیوند را آنقدر بالا می‌برند تا کریستال‌ها ذوب شوند. پس از ذوب شدن، کریستال‌ها در محل پیوند، با هم آمیخته می‌شوند و از نظر مولکولی حالت واحد و یکنواختی را به وجود می‌آورند. نیمه‌هادی نوع N الکترون‌های اضافی و نیمه‌هادی نوع P حفره‌های اضافی دارد. هنگام پیوند دو نیمه‌هادی P و N به یکدیگر در مرز اتصال الکترون‌های موجود در نیمه‌هادی نوع N با حفره‌های موجود در نیمه‌هادی نوع P ترکیب می‌شوند 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.

در این قسمت الکترون‌ها و حفره‌ها با یک دیگر ترکیب می‌شوند



بارهای منفی از ترکیب بیشتر الکترون‌های موجود در نیمه‌هادی نوع N جلوگیری می‌کند زیرا دو بار هم‌نام یک دیگر را دفع می‌کنند.

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



در این قسمت الکترون‌ها و حفره‌ها با یکدیگر ترکیب می‌شوند.

شکل ۱۶-۱۰ نمایش لایه‌ی سد

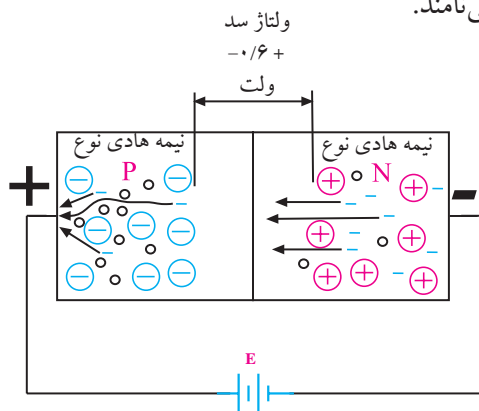
به خاطر بارهای مثبت و منفی به وجود آمده در اثر ناخالصی‌های عناصر پنج و سه ظرفیتی، در دو طرف لایه‌ی سد، یک اختلاف پتانسیل (ولتاژ) حدود ۰/۶ ولت ظاهر می‌شود.

به اتصال PN دیود می‌گویند.

خواص اتصال PN

اگر نیمه‌هادی نوع N را به قطب مثبت باتری و نیمه‌هادی

را جذب می کنند. بنابراین در این مدار قطب منفی منبع، الکترون های موجود در نیمه هادی نوع N را دفع و قطب مثبت باتری الکترون ها را که دارای بار الکتریکی منفی هستند جذب می کند. اگر ولتاژ باتری بیشتر از 0.6 ولت باشد، این ولتاژ بر ولتاژ سد غلبه می کند و آن را می شکند. با شکستن لایه ی سد الکترون های رانده شده از قطب منفی باتری در درون نیمه هادی نوع N، از سد عبور می کند و جذب قطب مثبت باتری می شوند، بدین ترتیب جریان در مدار برقرار می شود. این نوع اتصال را **اتصال موافق** (مستقیم) کریستال PN می نامند.



شکل ۱۸-۱۰ کریستال PN در حالت موافق

اتصال PN را **دیود** می نامند و آن را با علامت قراردادی

(نماد فنی) شکل ۱۹-۱۰ نشان می دهند.



شکل ۱۹-۱۰ علامت قراردادی دیود

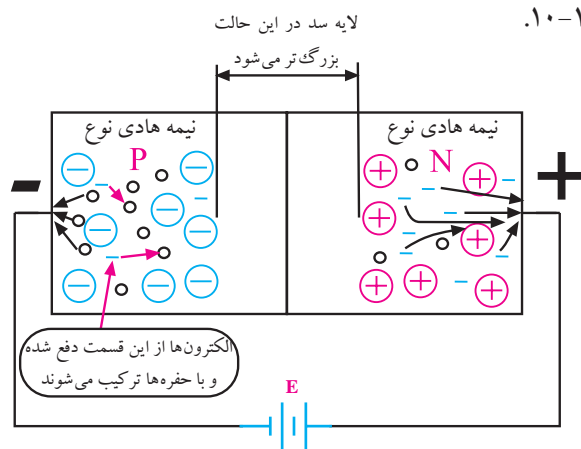
در یک دیود پایه ی اتصال داده شده به نیمه هادی نوع P را آند و پایه ی اتصال داده شده به نیمه هادی نوع N را کاتد نام گذاری می کنند. در شکل ۲۰-۱۰ نمونه هایی از دیود نشان داده شده است.

نوع P را به قطب منفی باتری وصل کنیم، الکترون های موجود در نیمه هادی نوع N به سمت قطب مثبت حرکت می کنند و حفره های موجود در نیمه هادی نوع P جذب قطب منفی می شوند.

باید توجه داشته باشیم که حفره ها حرکت نمی کنند زیرا جای خالی الکترون ها هستند. هنگامی که قطب منفی باتری الکترون ها را می راند و آن را با حفره ها ترکیب می کند چنین به نظر می رسد که حفره ها به سمت قطب منفی در حرکت هستند.

بنابراین در این حالت، در مدار یا در اتصال PN الکترون ها حرکت نمی کنند و در مدار جریان برقرار نمی شود، شکل

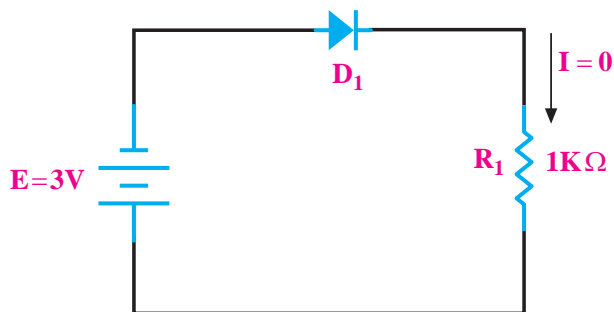
۱۷-۱۰.



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

هر قدر ولتاژ منبع بزرگ تر باشد ضخامت لایه ی سد افزایش می یابد. این نوع اتصال را **اتصال مخالف** (معکوس) کریستال PN می نامند.

در شکل ۱۸-۱۰ نیمه هادی نوع P را به قطب مثبت باتری و نیمه هادی نوع N را به قطب منفی اتصال داده ایم. می دانیم دو بار هم نام یکدیگر را دفع و دو بار غیر هم نام یکدیگر



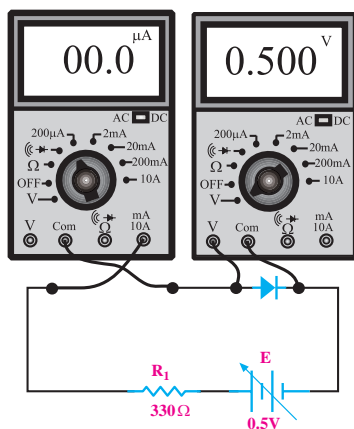
دیود در بایاس مخالف قرار گرفته است
لذا در مدار جریان صفر است.

ب- بایاس مخالف

شکل ۲۱-۱۰ بایاسینگ دیود

۴-۱-۱۰ منحنی مشخصه دیود

اگر یک دیود از جنس سیلیسیم 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 نمی کند و میلی آمپر متر صفر را نشان می دهد.



شکل ۲۲-۱۰

حال اگر ولتاژ منبع تغذیه را به آرامی زیاد کنیم، مادامی که ولت متر کمتر از ۰/۵ ولت را نشان می دهد، میلی آمپر متر هم چنان جریان صفر را نشان خواهد داد. چنان چه ولتاژ را



شکل ۲۰-۱۰ نمونه هایی از انواع دیودها

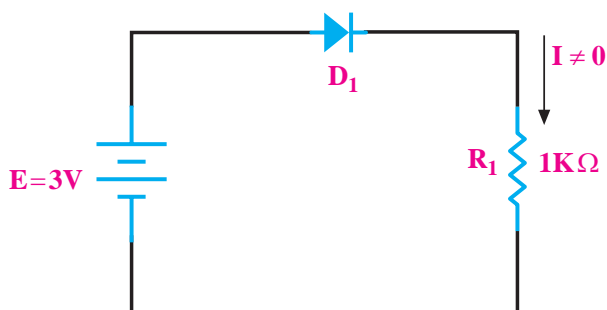
نکته ی مهم:

یک دیود هنگامی هدایت می کند که دو شرط زیر برقرار باشد.

- الف- ولتاژ آند تقریباً ۰/۶ ولت بیشتر از ولتاژ کاتد باشد.
- ب- مقدار جریان در مدار به اندازه ی کافی باشد.

اتصال دیود یا هر قطعه ی الکترونیکی دیگر را به ولتاژ DC بایاس می گویند.

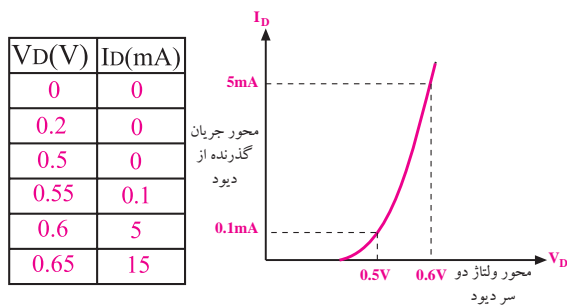
همان طور که گفته شد در مورد دیود دو نوع بایاس موافق و بایاس مخالف داریم. در شکل ۲۱-۱۰ این دو نوع بایاس نشان داده شده است. بایاس موافق را مستقیم و بایاس مخالف را معکوس نیز می گویند. در بایاس معکوس جریان دیود تقریباً صفر است. در بایاس مستقیم با توجه به ولتاژ منبع و مقدار مقاومت، جریان در مدار برقرار می شود.



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

الف - بایاس موافق

دیود می‌گویند. این منحنی را معمولاً کارخانه‌ی سازنده‌ی دیود در اختیار مصرف‌کنندگان قرار می‌دهد.



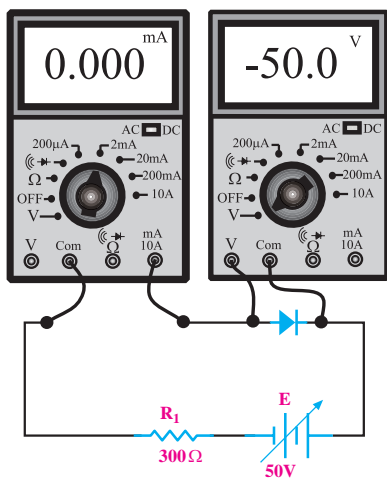
ب- جدول مقادیر جریان و ولتاژ دو سر دیود

الف- منحنی مشخصه دیود

شکل ۲۵-۱۰

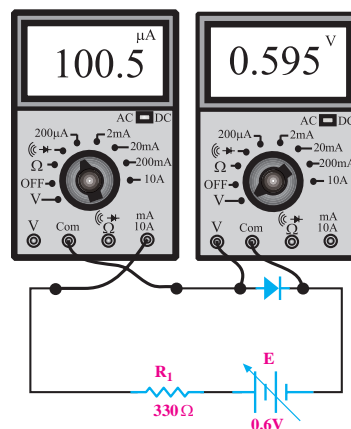
از منحنی مشخصه‌ی ولت- آمپر دیود می‌توانیم مقدار جریان عبوری از دیود را برای ولتاژهای مختلف به دست آوریم. هم‌چنین می‌توانیم در برابر عبور مقدار مشخصی جریان از دیود، افت ولتاژ دو سر آن را تعیین کنیم.

اگر مدار شکل (۲۶-۱۰) را ببینیم و ولتاژ منبع تغذیه را زیاد کنیم، حتی به ۵۰ ولت برسانیم، میلی‌آمپر متر عبور هیچ جریانی را نشان نمی‌دهد. حال اگر ولتاژ را خیلی زیاد کنیم دیود ناگهان هادی می‌شود و می‌سوزد.



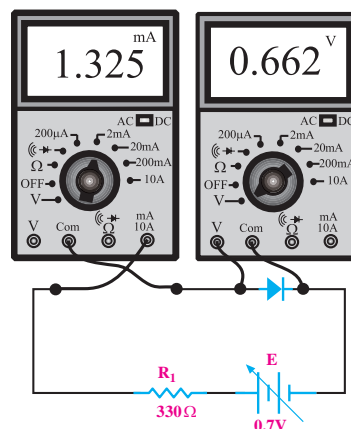
شکل ۲۶-۱۰ مدار ترسیم منحنی مشخصه‌ی دیود در بایاس معکوس

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 مثلاً حدود ۰/۱ ولت به آن بیفزاییم، ناگهان میلی‌آمپر متر جریان زیادی را نشان می‌دهد، شکل ۲۴-۱۰.

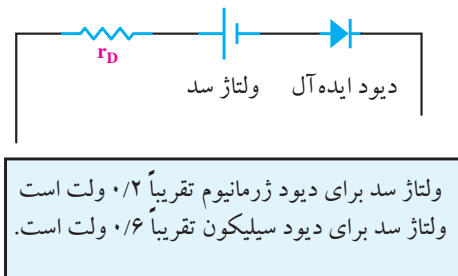


شکل ۲۴-۱۰

در صورتی که مراحل بالا را برای ولتاژهای مختلف تکرار کنیم و برای هر مقدار از ولتاژ دو سر دیود، (مثلاً ۰/۱، ۰/۲ و ولت) جریان گذرنده از دیود را همانند شکل ۲۵-۱۰-ب در جدول یادداشت کنیم، می‌توانیم منحنی مشخصه‌ی دیود را در محورهای مختصات رسم کنیم، شکل ۲۵-۱۰الف. به منحنی شکل ۲۵-۱۰الف منحنی مشخصه‌ی «ولت- آمپر»

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

در دیود علاوه بر مقاومت ها، ولتاژ لایه ی سد نیز وجود دارد. از طرفی چون دیود فقط در یک جهت جریان را از خود عبور می دهد لذا می توان مدار معادل شکل ۲۹-۱۰ را در مورد دیود به کار برد.



شکل ۲۹-۱۰ مدار معادل دیود

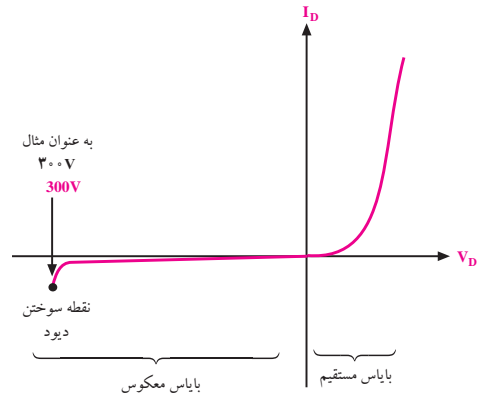
۱۰-۲ تشخیص پایه های دیود و سالم بودن آن به

وسیله ی اهم متر

۱-۲-۱ استفاده از اهم متر عقربه ای

برای تشخیص پایه های دیود، اهم متر عقربه ای را به دو سر دیود وصل کنید و اهم آن را اندازه بگیرید. سپس اتصال دیود را بر عکس کنید و دوباره اهم آن را اندازه بگیرید. در یک حالت، اهم متر مقاومت کم و در حالت دیگر اهم متر مقاومت زیاد را نشان می دهد. در حالی که مقدار مقاومت کم است، دیود از طریق باتری داخلی اهم متر، در بایاس مستقیم قرار می گیرد. در حالی که اهم متر، مقاومت زیادی را نشان می دهد، دیود از طریق باتری داخلی اهم متر در بایاس معکوس قرار دارد. در این شرایط اصطلاحاً می گویند «دیود از یک طرف راه می دهد و از طرف دیگر راه نمی دهد». در شکل ۳۰-۱۰ این دو حالت نشان داده شده است.

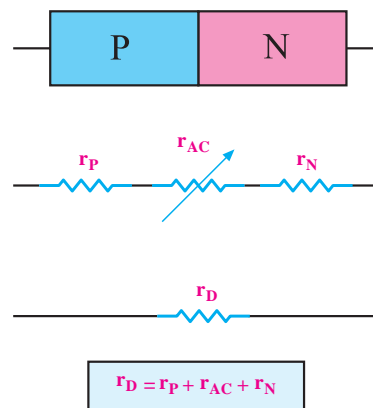
شکل ۲۷-۱۰ منحنی مشخصه ی ولت-آمپر دیود را هنگامی که دیود در بایاس مستقیم و در بایاس معکوس، قرار دارد نشان می دهد.



شکل ۲۷-۱۰ منحنی مشخصه ی دیود در بایاس موافق و مخالف

مدار معادل دیود

برای یک دیود معمولی می توان یک مدار معادل رسم کرد. با توجه به شکل ۲۸-۱۰ نیمه هادی نوع P دارای مقاومت اهمی r_p ، نیمه هادی نوع N دارای مقاومت اهمی r_n ، لایه ی سد نیز دارای یک مقاومت اهمی است که آن را با r_{AC} نشان می دهند، مجموعه ی این مقاومت ها را r_D می نامند.



شکل ۲۸-۱۰ مقاومت معادل دیود

۲-۲-۱۰ استفاده از مولتی متر دیجیتالی برای آزمایش دیود

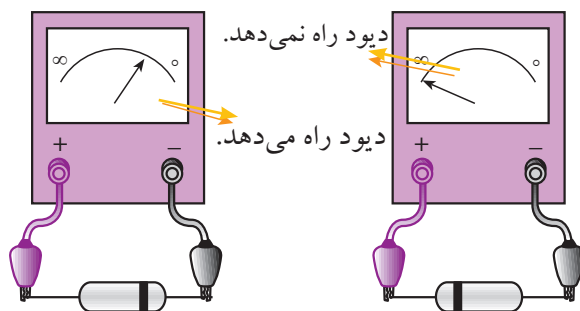
اغلب مولتی مترهای دیجیتالی دارای وضعیت آزمایش دیود هستند. هر گاه کلید سلکتور مولتی متر دیجیتالی را در وضعیت تست دیود قرار دهیم و دیود به وسیله مولتی متر در بایاس موافق قرار گیرد، مولتی متر دیجیتالی ولتاژ بایاس موافق دیود را نشان می دهد. مقدار ولتاژ موافق برای دیودهای سیلیسیومی در حدود 0.7 ولت و برای دیودهایی از جنس ژرمانیوم حدود 0.2 ولت است. شکل ۳۲-۱۰ این حالت را نشان می دهد.



شکل ۳۲-۱۰ دیود در بایاس موافق

اگر دیود به صورت بایاس مخالف به مولتی متر دیجیتالی وصل شود، معمولاً مولتی متر ولتاژ بایاس مخالف اعمال شده به وسیله مولتی متر دستگاہ را که در دو سر دیود افت می کند، نشان می دهد. این ولتاژ ممکن است در دستگاہهای مختلف از $1/5$ تا 3 ولت باشد.

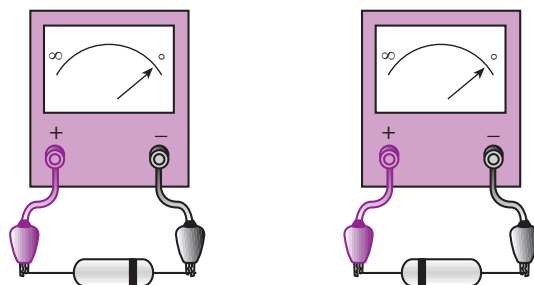
شکل ۳۳-۱۰ این حالت را نشان می دهد.



شکل ۳۰-۱۰ تشخیص پایه های دیود

در حالتی که اهم متر مقاومت کمی را نشان می دهد، ترمینال مثبت اهم متر به آند دیود و ترمینال منفی اهم متر به کاتد دیود اتصال دارد. به این ترتیب می توانیم آند و کاتد دیود را تعیین کنیم. توجه داشته باشید، مقدار مقاومتی که اهم متر نشان می دهد به حوزه کار (رنج) کلید سلکتور اهم متر بستگی دارد. در مولتی مترهای عقربه ای ممکن است قطب های خروجی اهم متر معکوس باشد، یعنی پایانه مثبت اهم متر به قطب منفی باتری داخلی و پایانه منفی اهم متر به قطب مثبت باتری داخلی اهم متر وصل باشد. در این صورت قطب های دیود برعکس می شود.

اگر دیود معیوب، مثلاً قطع شده باشد، در این صورت اگر اهم متر را به پایه های دیود اتصال دهیم، در هر دو حالت اهم متر مقاومت ∞ (بی نهایت) را نشان می دهد. چنانچه دیود معیوب اتصال کوتاه شده باشد، در هر دو حالت اتصال ترمینال های اهم متر به دیود، اهم متر مقاومت صفر را نشان می دهد. شکل ۳۱-۱۰ این دو حالت را نشان می دهد.



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



دیود قطع

شکل ۱۰-۳۴ تست دیود معیوب (قطع)

اگر دیود اتصال کوتاه باشد، در هر دو حالت روی صفحه‌ی نمایش دستگاه، ولتاژ صفر نشان داده می‌شود. شکل ۱۰-۳۵ این حالت را نشان می‌دهد.



دیود اتصال کوتاه

شکل ۱۰-۳۵ تست دیود معیوب (اتصال کوتاه)



شکل ۱۰-۳۳ دیود در بایاس مخالف

در برخی از مولتی مترها وقتی دیود در حالت مخالف قرار می‌گیرد روی صفحه‌ی نمایش عدد ۱ یا شرایط دیگری ظاهر می‌شود. شرایط نمایش صفحه را در کاتالوگ دستگاه می‌نویسند.

در حالتی که دیود در بایاس موافق قرار دارد، سیم منفی (سیم مشترک یا COM) به کاتد دیود و سیم مثبت به آنند دیود وصل است. اگر دیود ناسالم مثلاً قطع باشد، در هر دو حالت، روی صفحه‌ی نمایش مولتی متر، ولتاژ باتری داخلی نشان داده می‌شود. در شکل ۱۰-۳۴ این دو حالت دیده می‌شود.

۳-۱۰ آزمایش شماره (۱)

زمان اجرا: ۴ ساعت آموزشی

۳-۱۰-۱ هدف‌های آزمایش

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

۳-۱۰-۲ تجهیزات و قطعات مورد نیاز آزمایش

ردیف	نام و مشخصات	تعداد/ مقدار
۱	مولتی متر دیجیتالی	یک دستگاه
۲	مولتی متر 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	سیم رابط یک سرگیره سوسماری	دو رشته
۸	سیم رابط دو سرگیره سوسماری	دو رشته
۹	بردبرد	یک عدد
۱۰	ابزار عمومی کارگاه الکترونیک	یک سری

۳-۱۰-۳ مراحل اجرای آزمایش

- کلید سلکتور اهم متر عقربه‌ای را روی $R \times 10$ قرار دهید.
- قطب مثبت اهم متر 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.

$$R = \dots\dots\dots \Omega$$

- قطب‌های اهم متر را عوض کنید و سپس مقاومت دیود را اندازه بگیرید و یادداشت کنید.


$$R = \dots\dots\dots \Omega$$

- با توجه به قطب‌های اهم متر 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					

کنید و جدول را کامل کنید.

- مراحل آزمایش را با اهم متر دیجیتالی انجام دهید و آند و کاتد دیود را مشخص کنید.

- در جدول ۱-۱۰ وضعیت دیود را از نظر سالم و ناسالم بودن، بررسی کنید.
- مراحل آزمایش را برای دو نمونه‌ی دیگر دیود تکرار

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

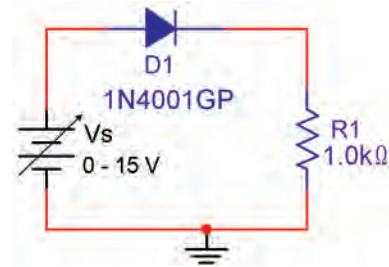
جدول ۱۰-۲

ردیف	شماره فنی دیود	شکل ظاهری دیود	ولتاژ دو سر دیود در گرایش مستقیم	ولتاژ دو سر دیود در گرایش معکوس	وضعیت دیود
۱	1N4007		۰/۶۵۵	۲/۶	سالم
۲					
۳					

■ مدار شکل ۱۰-۳۶ را روی بردبرد ببندید. دیود را 1N4001 انتخاب کنید. با استفاده از رابطه $R_D = \frac{V_D}{I_D}$ مقاومت دیود را در گرایش مستقیم محاسبه و یادداشت کنید.

■ مدار شکل ۱۰-۳۶ را روی بردبرد ببندید. دیود را 1N4001 انتخاب کنید.

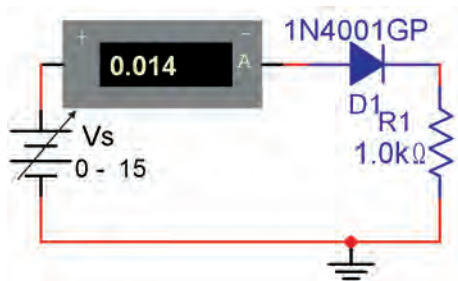
$$R_D = \frac{V_D}{I_D} = \frac{\dots\dots\dots}{\dots\dots\dots} = \dots\dots\dots$$



شکل ۱۰-۳۶

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

■ ولتاژ منبع تغذیه V_S را آنقدر تغییر دهید تا ولتاژ دو سر برابر با ۵ ولت شود. به وسیله ولت متر ولتاژ دو سر دیود را اندازه بگیرید و آن را یادداشت کنید.



شکل ۱۰-۳۷

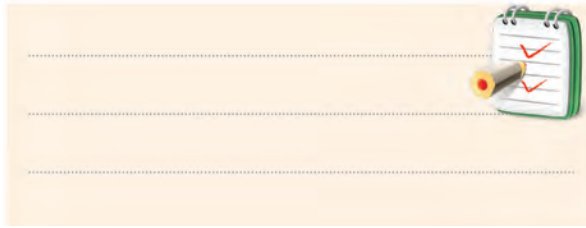
ولت $V_D = \dots\dots\dots$

$I_D = \dots\dots\dots$ mA

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

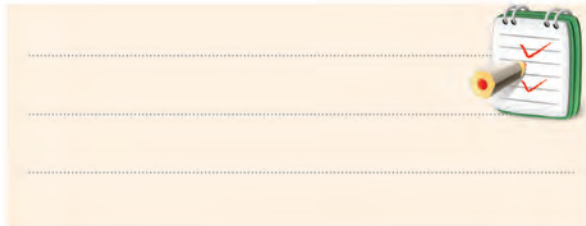
$$I_D = \frac{V_{RL}}{R_L} = \frac{\dots\dots\dots}{\dots\dots\dots} = \dots\dots\dots$$

■ جریان اندازه گیری شده توسط آمپر متر و جریان محاسبه شده از رابطه $\frac{V_{RL}}{R_L}$ را با هم مقایسه کنید.

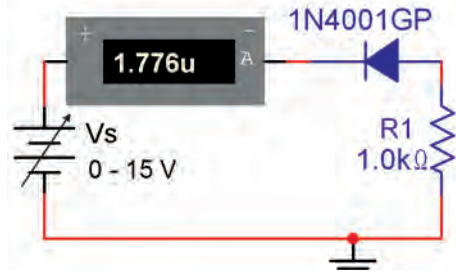


۴-۳-۱۰ نتایج آزمایش: نتایج حاصل از این آزمایش

را به طور خلاصه در ۴ سطر بنویسید.



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



شکل ۱۰-۳۸

■ ولتاژ منبع ولتاژ V_s را مطابق جدول ۱۰-۳ تغییر دهید و

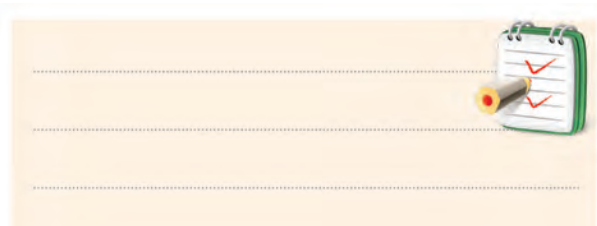
با اندازه گیری ولتاژ دو سر دیود و اندازه گیری جریان عبوری از دیود جدول ۱۰-۳ را کامل کنید.

جدول ۱۰-۳

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

سؤال ۱: آیا از دیود در بایاس مخالف جریانی عبور

می کند؟



سؤال ۲: آیا ولتاژ دو سر دیود در بایاس مخالف با ولتاژ

منبع (V_s) برابر است؟



آزمون پایانی فصل (۱۰)

الف) ۰/۲ ب) ۰/۷
ج) صفر د) بی نهایت

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



۶- برای هدایت دیود چه شرایطی لازم است؟ توضیح

دهید .

۲- در یک قطعه سیلیکون خالص، حفره چگونه به وجود

می‌آید؟ شرح دهید.



۷- بایاس دیود را توضیح دهید.

۳- توضیح دهید که در اتصال PN چگونه در یک جهت

جریان به راحتی عبور می‌کند و در جهت دیگر جریان عبور

نمی‌کند.

۸- چگونگی تشکیل لایه‌ی سد در اتصال PN را توضیح

دهید.

۴- تعداد حفره‌های نیمه‌هادی نوع P نیمه‌هادی

نوع N است.

الف) بیشتر از ب) کمتر از

ج) مساوی د) دو برابر

۵- در بایاس مستقیم افت ولتاژ دو سر دیود ایده‌آل چند

ولت است؟

۹- مقدار پتانسیل سد برای نیمه‌هادی نوع سیلیسیومی و

ژرمانیومی چند میلی‌ولت است؟



۱۰- مدار معادل دیود معمولی را رسم کنید.



۱۱- منحنی مشخصه ی ولت- آمپر دیود معمولی را در بایاس موافق (مستقیم) و بایاس مخالف (معکوس) رسم کنید.



۱۲- ساختمان اتمی ژرمانیوم و سیلیسیوم را شرح دهید.

