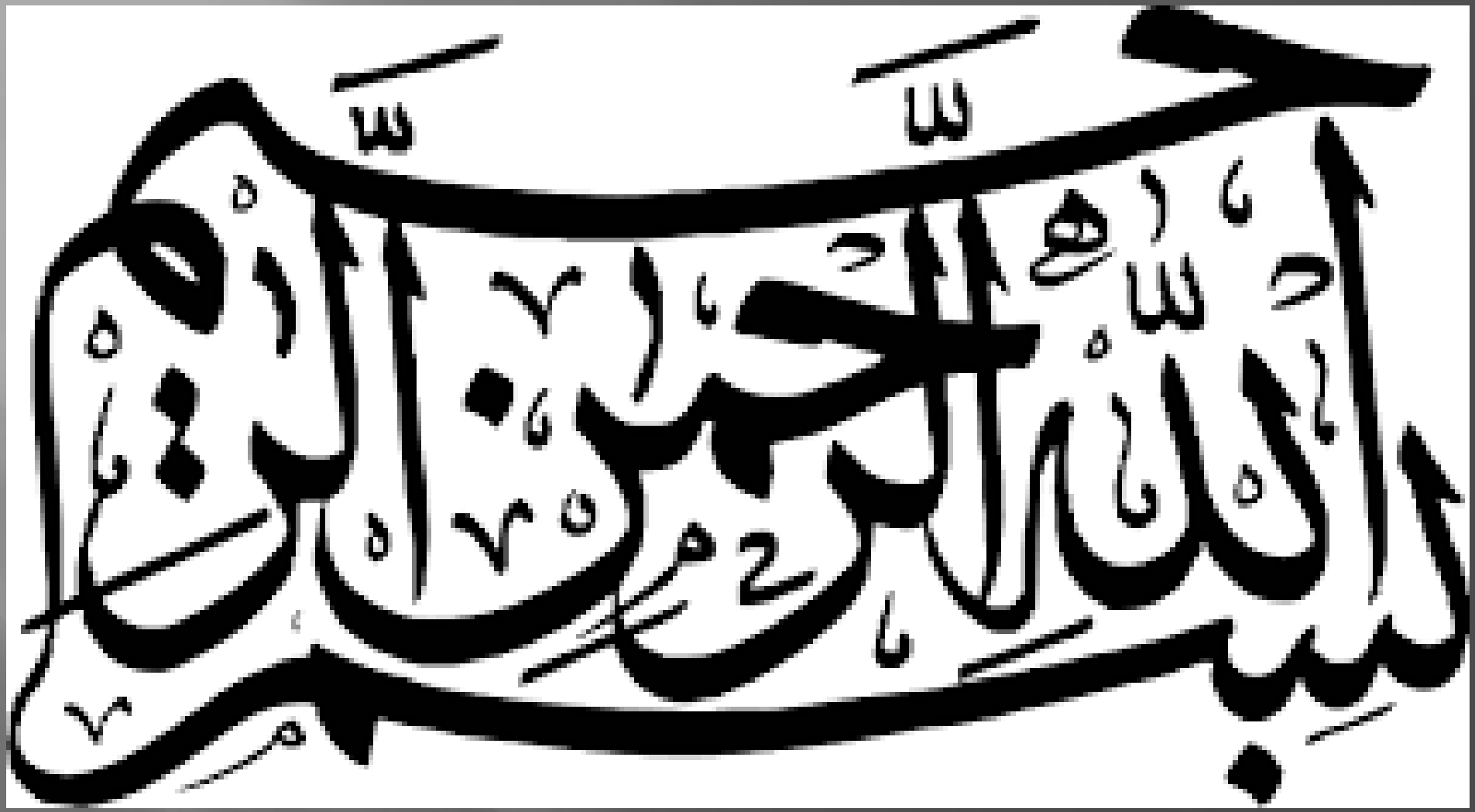

بسم الله الرحمن الرحيم

موضوع تحقیق:

انواع موادمهندسی نیمه هادی

نام استاد:

نام دانشجو:

رشته و مقطع:

فهرست مطالب

مقدمه..... ۴
تعریف مواد نیمه هادی..... ۶
ساختارمواد نیمه هادی..... ۷
چگونگی رسانندگی حفره ها..... ۱۱
آلایش نیمه هادی..... ۱۲
انواع نیمه هادی..... ۱۳
نیمه هادی نوع N..... ۱۵
نیمه هادی نوع P..... ۱۸
کاربرد نیمه هادی..... ۲۰
کاربرد نیمه هادی درصنعت..... ۲۴
طریقه تولید و فناوری..... ۲۵
مزایای نیمه هادی ها..... ۲۷

مقدمه:

تاریخچه مواد نیمه هادی:

رفتار نیمه‌هادی ها اولین بار در میانه سده ۱۹ و اوایل قرن ۲۰ دیده شد. اولین کاربرد نیمه‌رساناها در الکترونیک در سال ۱۹۰۴ و در ساخت آشکارساز کَت-ویسکر (یک دیود نیمه‌رسانای ابتدایی که در ساخت رادیو کاربرد داشت) بود. پیشرفت‌ها در فیزیک کوانتوم به اختراع اولین ترانزیستور در ۱۹۴۷ و اولین تراشه در ۱۹۵۸ انجامید.

* از نظر قابلیت هدایت الکتریکی اجسام و مواد مهندسی را به سه دسته تقسیم می کنند:

۱-مواد هادی ها یا رسانا:(conductor)

عناصر و ترکیباتی هستند که جریان الکتریکی را به راحتی از خود عبور می دهند و رسانایی خوبی دارند.مانند فلزاتی از قبیل مس و آلومینیوم و..

۳- مواد عایق یا نارسانا :(nonconductor)

موادی هستند که جریان الکتریکی را از خود عبور نمی دهند و رسانای جریان الکتریکی در میدان های الکتریکی معمولی نیستند. همانطور که هادی ها در صنعت امروزی به خصوص در زمینه های حرارتی و برودتی کاربردی ویژه یافته اند عناصر نیمه هادی نیز اهمیت زیادی در صنعت الکترونیک و ساخت قطعات پیدا کرده اند. از انجاکه موضوع پروژه در مورد مواد نیمه هادی یا نیمه رسانا می باشد به طور کامل به بحث و تبیین مواد نیمه هادی می پردازم و امیدوارم که این مطالب بتواند برای دوستان عزیز مفید واقع گردد.

۲- مواد نیمه هادی یا نیمه رسانا:(Semiconductor)

موادی هستند که هدایت جریان الکتریکی کمتری نسبت به مواد هادی دارند یا به موادی گفته می شود که نه رسانا باشد نه نارسانا، اما رسانایی این مواد را می‌توان با افزایش دقیق و کنترل‌شده ناخالصی‌ها تغییر داد که رسانایی الکتریکی آن، چیزی بین رسانا (مانند مس) و عایق الکتریکی (مانند شیشه) باشد.

تعریف نیمه هادی:

نیمه‌رسانا یا نیمه هادی عنصر یا ماده ای است که در حالت عادی عایق باشد ولی با افزودن مقداری ناخالصی قابلیت هدایت الکتریکی را پیدا کند نیمه رسانا می گویند(منظور از ناخالصی عنصر یا عناصر دیگری است غیر از عنصر اصلی و پایه) ومقاومت آن بین رساناها و نارساناهاست. نیمه هادی ها بر پایه آرسنیک(AS)، ژرمانیوم(Ge) و سیلیسیم(Si) هستند.از نیمه رساناها برای ساخت قطعاتی نظیر دیود و ترانزیستور و ... استفاده می‌شود. ظهور نیمه رسانا ها در علم الکترونیک انقلاب عظیمی را در این علم ایجاد کرده که اختراع رایانه یکی از دستاوردهای این انقلاب است

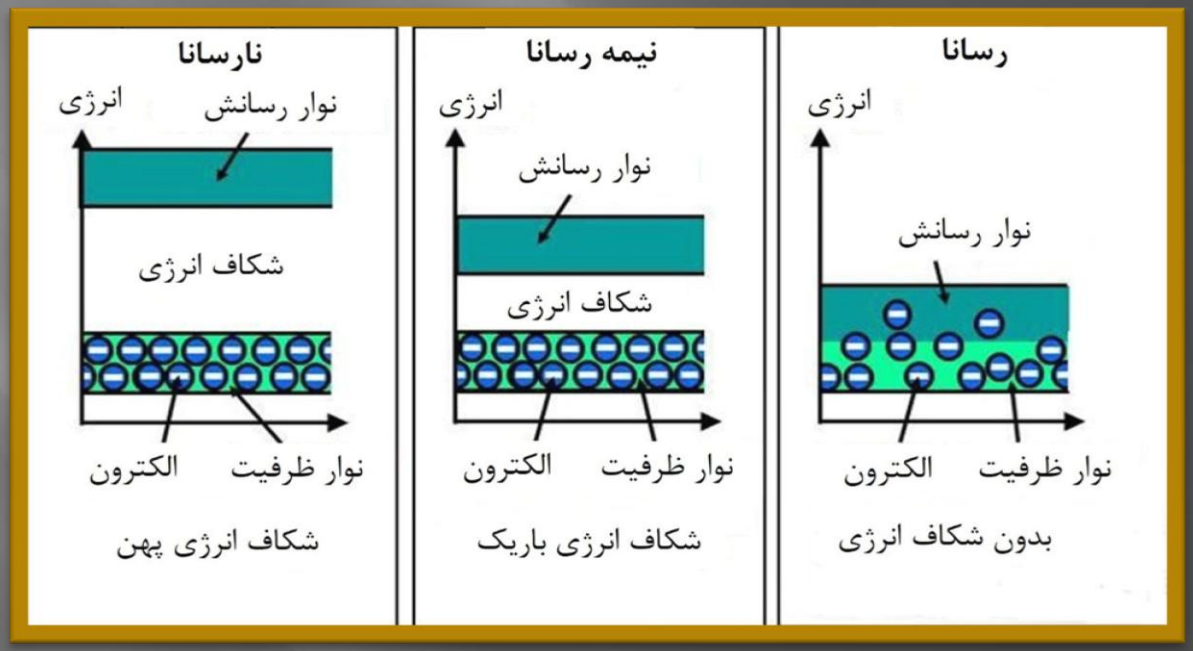
ساختارمواد نیمه هادی (نیمه رسانا):

یکی از ویژگیهای جالب مواد نیمه هادی، که آنها را از مواد رسانا متمایز میکند و باعث کاربرد گسترده آنها برای ساخت دیودها و ترانزیستورها و غیره می شود، چگونگی تغییر مقاومت ویژه ی الکتریکی آنها با تغییرات دما وآلایش آنها است .همان طور که می دانیم افزایش دما موجب افزایش مقاومت ویژه ی الکتریکی مواد رسانا می شود.

علت این پدیده نیز افزایش تعداد و شدت برخورد الکترونهای آزاد با اتمهای در حال نوسان در جسم رسانا است. با افزایش دما، جنبشِ ذراتِ تشکیل دهنده ی جسم بیشتر می شود و بنابراین تعداد و شدت برخوردالکترونهای آزاد با اتمهای جسم افزایش می یابد . یعنی الکترونها که حاملان بار الکتریکی در جسم جامد رساناهستند، برای انتقال بار الکتریکی با موانع بیشتری برخورد می کنند و در نتیجه رسانایی الکتریکیِ جسم کاهش می یابد.

آزمایش نشان می دهد، برخلاف رسانا، در نیمه رسانا افزایش دما موجب کاهش مقاومت ویژه ی الکتریکیِ نیمه رسانا می شود .توجیه این پدیده در نیمه رسانا تنها با استفاده از نظریه ی نواری امکانپذیر است . در تصویر۱ساختار نواری یک نیمه رسانا نشان داده شده است .همانگونه که در تصویر می بینیم در دماهای پایین نوار ظرفیت نیمه رسانا کاملا پُر از الکترون و نوار رسانش کاملا خالی از الکترون است .از این رو نه نوارظرفیت در رسانش نقشی دارد(چون نوار کاملا پر است و هیچ الکترونی امکان گذار درون نوار را ندارد)و نه درنوار رسانش الکترونی هست تا موجب رسانایی الکتریکی شود .بنابراین در دماهای پایین، نیمه رسانا مشابه نارسانا رفتار می کند .با افزایش دما، تعدادی از الکترونهای نوار ظرفیت به نوار رسانش گذار می کنند .

بدین ترتیب هم الکترونهایی که در نوار رسانش قرار میگیرند، موجب رسانایی الکتریکی می شوند و هم تعدادی ترازخالی در نوار ظرفیت ایجاد می شود .از این رو امکان گذار برای الکترونهای نوار ظرفیت نیز(در همان نوار)فراهم می شود .به بیان دیگر، در این حالت هم نوار رسانش در رسانایی الکتریکی نقش دارد و هم نوار ظرفیت . به همین ترتیب با افزایش دما هم تعداد الکترونهای نوار رسانش بیشتر می شود و هم ترازهای خالی نوار ظرفیت افزایش می یابد .این مسئله سبب افزایش رسانایی الکتریکی نیمه رسانا می شود .اما مسئله به همین جا ختم نمی شود.



تصویر ساختار نواری یک جسم رسانا، نیمه رسا،نا رسانا

آزمایشهای گوناگون نشان میدهد که مقدار جریان الکتریکی در نیمه رسانا بیشتر از آن است که فقط با عبورالکترونها ایجاد شده باشد. این پدیده ایده ی وجود ذرات دیگری را به عنوان حامل بار الکتریکی مطرح می کند.

به عبارت دیگر ما تا کنون فقط الکترونها را به عنوان حاملان بار الکتریکی در نظر می گرفتیم، اما آزمایشهای دقیق تر نشان می دهد ذراتی با بار مثبت و هم جرم الکترون نیز در رسانایی الکتریکی نیمه رساناها نقش دارند.

این اتفاق با استفاده از نظریه ی نواری این چنین توجیه می شود؛ در نیمه رسانا علاوه بر الکترون هایی که در نوار رسانش قرار می گیرند و در رسانایی الکتریکی نقش دارند، جای خالی ایجاد شده در نوار ظرفیت نیز (که به دلیل گذار الکترون ها به نوار رسانش تشکیل شده)، موجب رسانایی الکتریکی می شود .

با گذار الکترون از نوار ظرفیت به نوار رسانش، تعدادی جای خالی الکترون در نوار ظرفیت ایجاد می شود. جای خالی الکترون در نوار ظرفیت را حفره می گوییم.

چگونگی رسانندگی حفره ها:

با ایجاد این جاهای خالی در نوار ظرفیت که در اثر گذار الکترون از نوار ظرفیت به رسانش رخ می دهد،الکترونهای این نوار هم می توانند گذار انجام دهند و از تراز انرژی پایین تر به تراز انرژی بالاتر بروند. این مسئلهموجب رسانایی الکتریکی می شود. به این صورت که گذار الکترون از تراز اولیه ی خود به تراز خالی، مشابه آن است که بگوییم حفره از تراز بالاتر به تراز اولیه ی الکترون گذار کرده است. بنابراین به جای آنکه بگوییم الکترون درون نوار ظرفیت گذار کرده است، میگوییم حفره تراز خود را تغییر داده است. در واقع زیاد بودن تعداد الکترونها، بررسی گذار آنها را دشوار می کند؛ اما چون تعداد حفرهها کم است، در نظر گرفتن آنها ساده تراست. نکته دیگری که باید به آن اشاره کرد، نحوه تعیین بار حفره های نوار ظرفیت است. از آنجاییکه حفره ها،برخلاف الکترونها، از تراز بالاتر به تراز پایین تر گذار می کنند؛ قرارداد میکنیم که بار آنها را مثبت در نظر بگیریم . پس در نیمه رسانا دو نوع حامل بار الکتریکی داریم؛ یکی الکترونهای نوار رسانش و دیگری حفره های نوارظرفیت .

آلایش نیمه رسانا:

نیمه رسانایی را که ناخالصی نداشته باشد، نیمه رسانای ذاتی می گوییم. در نیمه رسانای ذاتی تعداد الکترونهای موجود در نوار رسانش با تعداد حفره های موجود در نوار ظرفیت با هم برابرند .

همانطور که متوجه شدیم با افزایش دما میتوان تعداد حاملان بار الکتریکی و در نتیجه رسانایی الکتریکی را درمواد نیمه رسانا را افزایش داد. علاوه بر افزایش دما، با اضافه کردن مقادیر کمی ناخالصی به ماده ی نیمه رسانا نیزمیتوان تعداد حاملان بار الکتریکی را به طور قابل ملاحظهای افزایش داد. منظور از ناخالصی، اتم های غیرهمجنس با اتم های نیمه رسانا است.

به عمل اضافه کردن ناخالصی به نیمه رسانا، "آلایش نیمه رسانا"می گوییم و نیمه رسانایی را که به آن اتم های ناخالصی اضافه شده است، نیمه رسانای غیرذاتی می نامند.

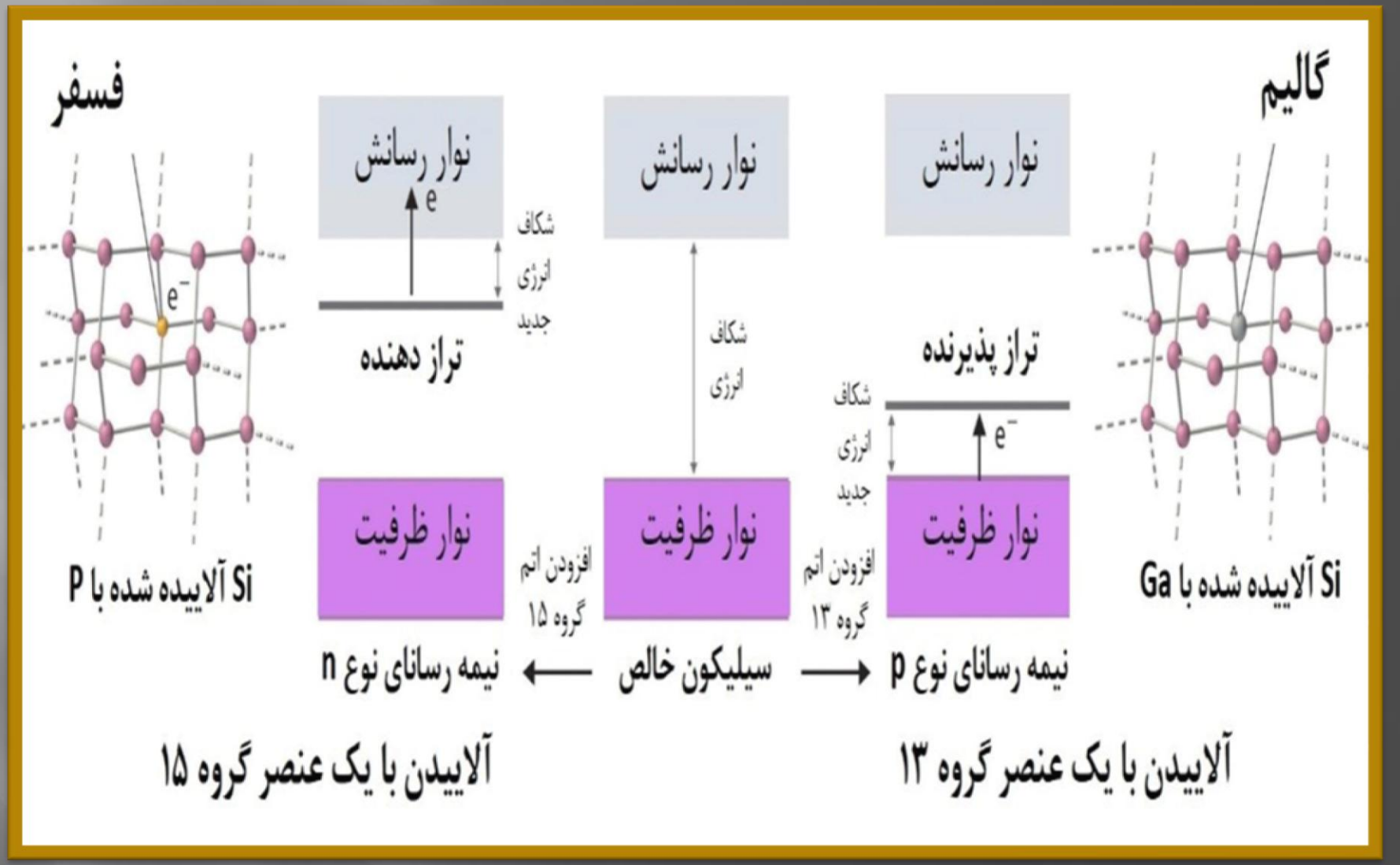
با افزودن ناخالصی به نیمه رسانا، مقاومت ویژه ی الکتریکی آن کاهش می یابد و در نتیجه رسانایی الکتریکی نیمه رسانا به صورت قابل توجهی بیشتر می شود .

آلایش نیمه رسانا به دو روش مختلف انجام می شود. یک روش آن است که اتم ناخالصی یک الکترون ظرفیت بیشتر از اتم های نیمه رسانای ذاتی داشته باشد و روش دیگر آن است که اتم ناخالصی یک الکترون ظرفیت کمتراز اتم های نیمه رسانای ذاتی داشته باشد

انواع نیمه رسانا:

دو نیمه رسانای معروف که در بسیاری از قطعات الکترونیکی استفاده می شوند، عناصر سیلیسیوم (Si) و ژرمانیوم (Ge) هستند که هر دو چهار الکترون ظرفیت دارند چون عناصر گروه چهاردهم جدول تناوبی هستند. با اضافه کردن مقادیری ناخالصی از جنس فسفر (P) یا ارسنیک (As) که دارای پنج الکترون ظرفیت هستند به سیلیسیوم یا ژرمانیوم، نیمه رسانا را به روش اول آلایش کرده ایم. همچنین با افزودن مقادیری ناخالصی از جنس بور (B) یا گالیم (Ga) که دارای سه الکترون ظرفیت هستند به سیلیسیوم یا ژرمانیوم،نیمه رسانا را به روش دوم آلایش کرده ایم .

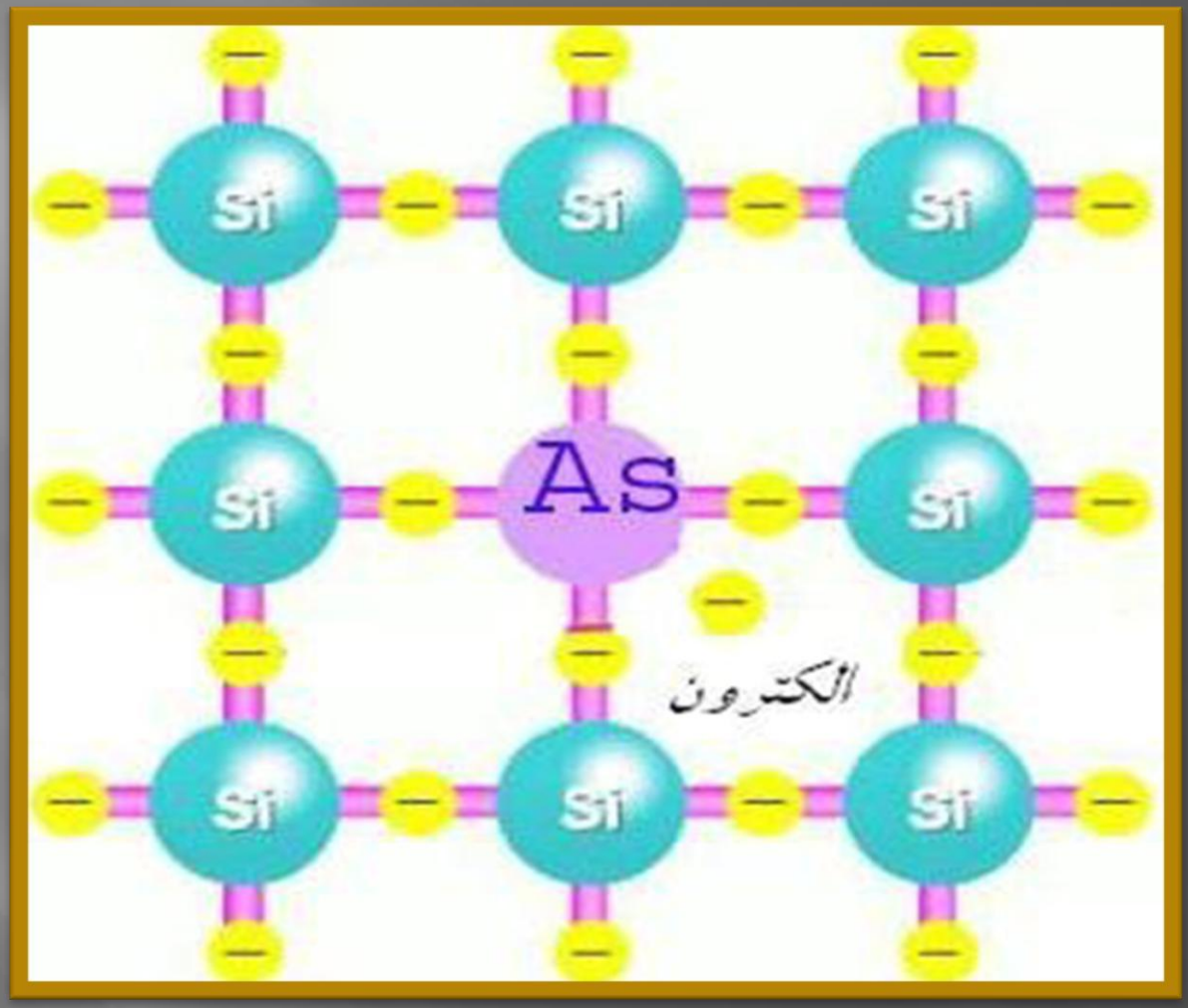
نیمه رسانایی را که به روش اول آلاییده می شود، یعنی اتم ناخالصی یک الکترون ظرفیت بیشتر از اتم نیمه رساناداشته باشد، نیمه رسانای نوع N می گوییم و نیمه رسانایی را که به روش دوم آلاییده می شود، یعنی اتم ناخالصی یک الکترون ظرفیت کمتر از اتم نیمه رسانا داشته باشد، نیمه رسانای نوع P می گوییم.



آلایش نیمه رسانای سیلیکون

الف) نیمه رسانای نوع N:

با افزودن مقادیر کمی ناخالصی از جنس یک اتم پنج ظرفیتی مانند ارسنیک به نیمه رسانای سیلیسیوم که دارای چهار الکترون ظرفیت هست، نیمه رسانای نوع n تشکیل می شود. همانگونه که در تصویر بعد مشاهده می کنیم،چهار تا از الکترون های ظرفیت اتم آرسنیک با اتم های سیلیسیومِ همسایه پیوند تشکیل می دهند و در واقع این چهار الکترون به جای الکترون های اتم سیلیسیوم، نوار ظرفیت را پُر میکنند.



آلایش سیلیسیوم با ارسنیک

با ورود ناخالصی به نیمه رسانا، ساختار نواری نیز تغییر میکند و یک تراز انرژی به نام" تراز دهنده "در فاصله ی بسیار کمی، زیر نوار رسانش تشکیل می شود که الکترون پنجمِ اتم ارسنیک در آن قرار می گیرد چون فاصله ی این تراز از نوار رسانش بسیار کم است، الکترونهای موجود در آن با جذب مقدار کمی انرژی وارد نواررسانش می شوند و در رسانایی الکتریکی شرکت می کنند .اتمهای ناخالصی را که یک الکترون اضافی به نواررسانش می دهند،" ناخالصی دهنده "می نامیم .همانطور که متوجه شدیم در این نوع نیمه رسانا حاملان بار الکتریکی بیشتر از نوع الکترونهای نوار رسانش هستند و از آنجایی که الکترونها دارای بار الکتریکی منفی(negative)هستند، این نوع نیمه رسانا را نیمه رسانای نوع n می نامیم.

این نیمه‌هادی‌ها با افزودن اتم‌های ناخالصی پنج‌ظرفیتی (اتم‌های دهنده) به وجود می‌آیند و به دلیل هدایت جریان با حرکت الکترون‌ها، نیمه‌هادی نوع N. نامیده می‌شوند.

در این نوع نیمه‌هادی‌ها:

اتم‌های دهنده بار مثبت دارند.

تعداد بسیار زیادی الکترون آزاد وجود دارد.

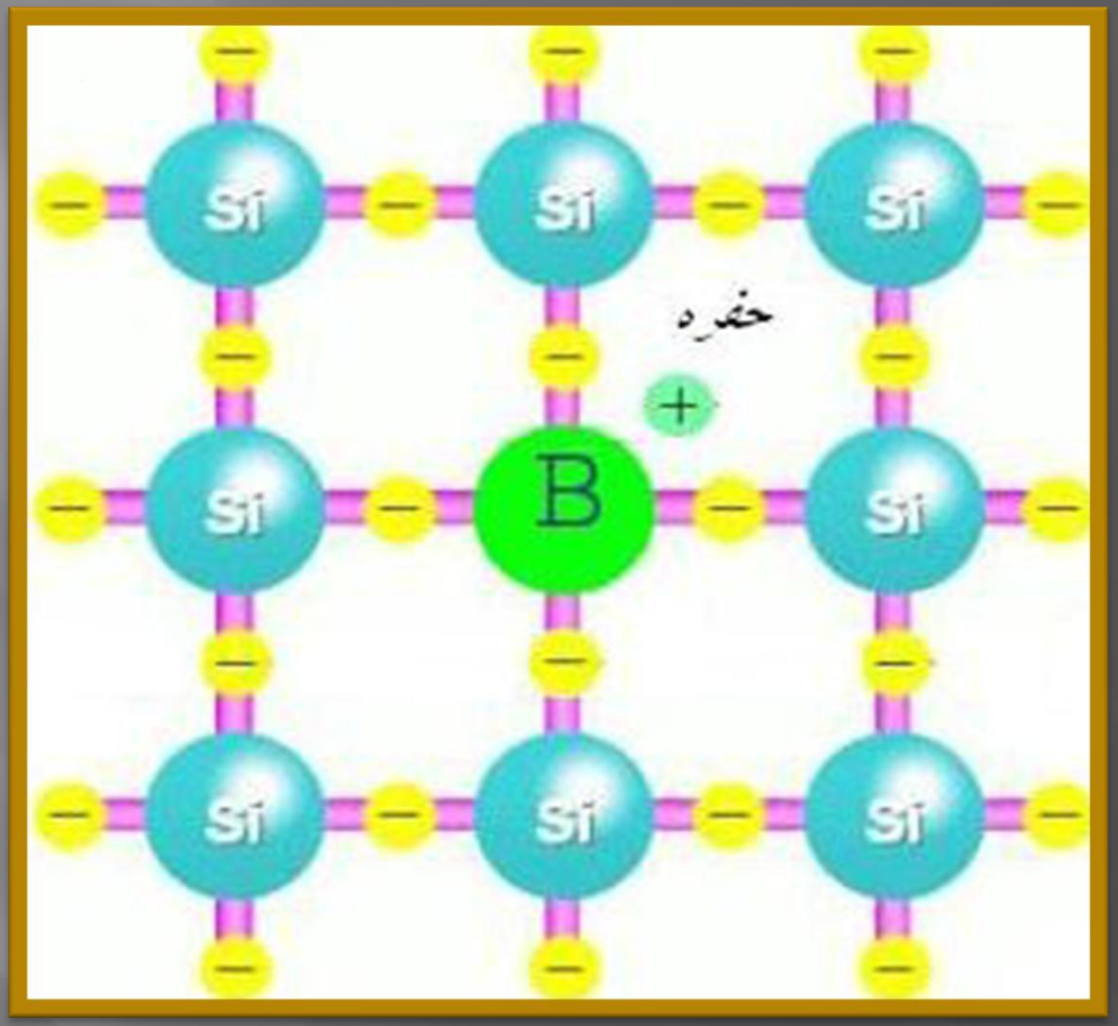
در مقایسه با تعداد الکترون‌های آزاد، تعداد حفره‌ها بسیار کم است.

آلایش نیمه‌هادی، اتم‌های دهنده با بار مثبت و الکترون‌های آزاد با بار منفی ایجاد می‌کند.

تأمین انرژی الکترون‌های آزاد با بار منفی و حفره‌هایی با بار مثبت ایجاد می‌کند.

ب)نیمه رسانای نوع P:

اگر به نیمه رسانایی از جنس سیلیسیوم مقادیر کمی ناخالصی از یک اتم سه ظرفیتی مانند بور اضافه کنیم، مطابق آنچه در تصویربعد مشاهده می کنیم، سه الکترون اتم بور با اتم های سیلیسیومِ همسایه پیوند تشکیل می دهند. برای تکمیل شدن پیوند، الکترونهای موجود در نوار ظرفیت نیمه رسانا، جای یک الکترون ناقص را پرمی کنند تا پیوند کامل شود. بدین ترتیب یک حفره ی اضافی در نوار ظرفیت نیمه رسانا تشکیل می شود .



آلایش سیلیسیوم با بور

در این نوع آلایش، برخلاف نوع قبل، تراز انرژی به نام" تراز پذیرنده "در فاصله ی کمی بالای نوار ظرفیت نیمه رسانا تشکیل می شود؛ به گونه ای که الکترون ها با جذب مقدار کمی انرژی و به منظور کامل کردن پیونداتمی، به این تراز گذار می کنند و موجب تشکیل حفره های اضافی در نوار ظرفیت نیمه رسانا می شوند . این نوع اتم های ناخالصی را که یک الکترون اضافی از نوار ظرفیت میگیرند،" ناخالصی پذیرنده "می نامیم .از

آنجایی که حاملان بار الکتریکی در این نوع نیمه رسانا بیشتر از نوع حفره های نوار ظرفیت و با بار الکتریکی مثبت (positive)هستند، این نوع نیمه رسانا را نیمه رسانای نوع p می نامیم.

این نیمه‌هادی‌ها با افزودن اتم‌های ناخالصی سه‌ظرفیتی (اتم‌های پذیرنده) به وجود می‌آیند و به دلیل هدایت جریان با حرکت حفره‌ها، نیمه‌هادی نوع P نامیده می‌شوند.

در این نوع نیمه‌هادی‌ها:

اتم‌های پذیرنده بار منفی دارند.

تعداد بسیار زیادی حفره وجود دارد.

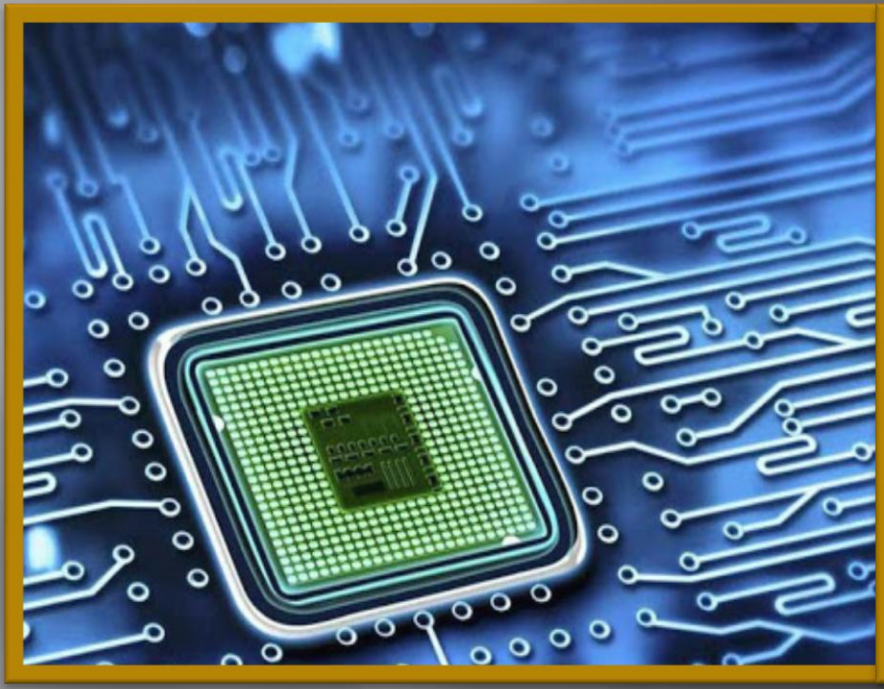
در مقایسه با تعداد حفره‌ها، تعداد الکترون‌های آزاد بسیار کم است.

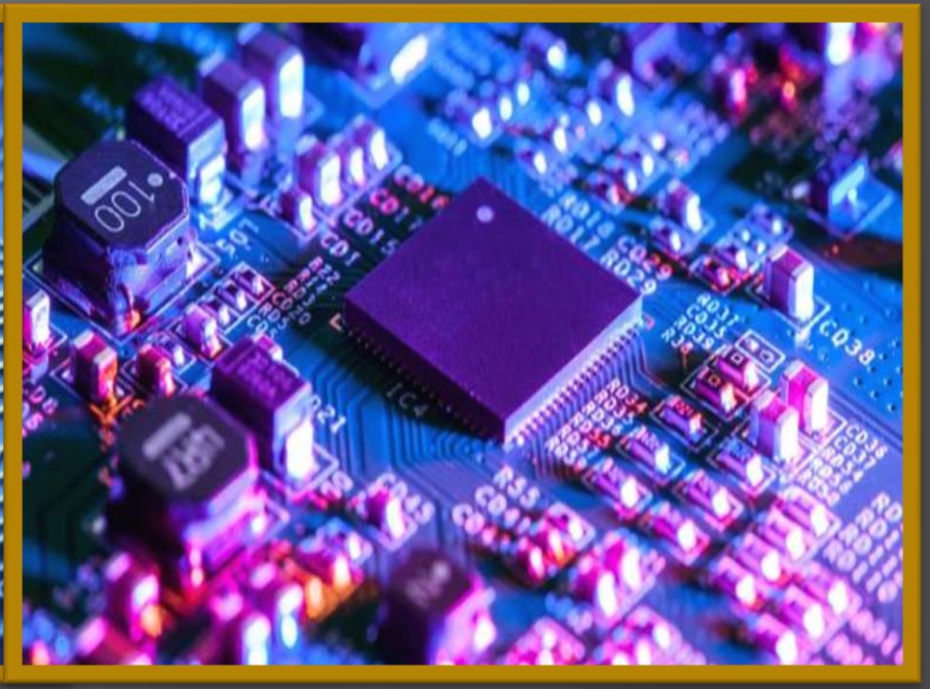
آلایش نیمه‌هادی، اتم‌های پذیرنده با بار منفی و حفره‌هایی با بار مثبت ایجاد می‌کند.

تأمین انرژی، حفره‌هایی با بار مثبت و الکترون‌های آزاد با بار منفی ایجاد می‌کند.

در کل هر دو نیمه‌هادی نوع N و P به خودی خود خنثی هستند.

دوکاربرد مهم نیمه هادی





ساخت ادوات الکترونیکی با نیمه‌رسانا:

۱) ساخت دیود از نیمه‌رساناها

از پیوند نیمه‌رسانای نوع n با نوع p، قطعه‌ای به نام دیود بدست می‌آید که خاصیت یکسوسازی آن کاربرد بسیاری را در الکترونیک دارد.

خاصیت دیود

دیود از نوع سیلیسیم تا ولتاژ حدود ۰/۷ ولت عایق بوده و بعد از آن به یک رسانای خوب تبدیل می‌شود. این ولتاژ آستانه ی تحریک برای دیودهای مختلف متفاوت است و مثلاً برای دیودهای ژرمانیومی حدود ۰/۲۵ ولت است؛ یعنی برای روشن شدن دیود سیلیسیومی ۰/۷ ولت نیاز است ولی برای روشن شدن دیود ژرمانیومی ۰/۲۵ ولت لازم است.

۲) ساخت ترانزیستور از نیمه‌رساناها

ترانزیستور از پرکاربردترین و اصلی‌ترین عناصر در مدارات الکترونیکی و مجتمع می‌باشد. اگر نوع p را با نوع n و دوباره با نوع p پیوند دهیم عنصر بدست آمده ترانزیستور pnp نام خواهد داشت. برعکس اگر نوع n را با نوع p و دوباره با نوع n پیوند دهیم عنصر بدست آمده ترانزیستور npn نام خواهد داشت که بیشتر از ترانزیستور pnp در صنعت کاربرد دارد.

کاربرد نیمه رسانا در صنعت:

روز به روز با افزایش نیاز به نیمه رسانا، تکنولوژی نیز بهبود می‌یابد. طبق خواسته‌های صنعت، امروزه بسیاری از دستگاه‌های جدید با کمک مواد نیمه رسانا کشف می‌شوند. بدون مدار ترانزیستور و مدارهای مجتمع زندگی مدرن بسیار دشوار خواهد بود.

خواص مواد نیمه رسانا باعث شگفتی‌های فنی بسیاری از جمله میکروچیپ، سلول‌های خورشیدی و نمایشگرهای LED می‌شوند. با ریزپردازنده میتوان عملکرد خودروها، قطارها و وسایل نقلیه فضایی را کنترل کرد. ریزپردازنده توسط تعداد زیادی ترانزیستور و سایر دستگاه‌های کنترل کننده ایجاد می‌شود که توسط مواد نیمه رسانا ساخته شده است.

طریقه تولید و فناوری:

نیمه رساناها برای ساختن دستگاه الکترونیکی بسیار کوچکی مفید هستند که با آن امکان تکامل الکترونیک مدرن وجود دارد. نیمه رساناها با دو ترمینال، سه ترمینال و چهار ترمینال ساخته می‌شوند.

دستگاه دوترمینال(اتصال P-N):

دیود گان، دیود IMPATT ،دیود لیزر،دیود زنر، دیود شاتکی، دیود پین، دیود تونل، دیود ساطع کننده نور (LED)،ترانزیستور عکس، فوتوسل، سلول خورشیدی دیود خنثی‌ساز-ولتاژ-گذرا

دستگاه سه ترمینال(اتصال P-N-P):

ترانزیستور دو قطبی، ترانزیستور اثر میدان ترانزیستور دارلینگتون ،یکسوساز کنترل شده با سیلیکون

دستگاه چهار ترمینال (P-N-P-N):

تریستور، فتوکوپلر، سنسور جلوه هال (سنسور میدان مغناطیسی)

مزایای نیمه هادی ها:

در اینجا برخی از مزایای نیمه رساناها بیان شده است که باعث می‌شود نیمه رسانا در زندگی روزمره ما مفید واقع شود:

۱) نیمه رساناها نیازی به گرم کردن رشته ندارند، بنابراین دستگاه‌های نیمه رسانا مانند ترانزیستور تقریباً در تمام برنامه‌های کاربردی لوله خلاء اتفاق می‌افتند؛ زیرا لوله‌های خلاء رشته‌ای برای کار کردن به گرما نیاز دارند.

۲) دستگاه‌های نیمه رسانا دستگاه‌هایی با حالت جامد هستند، بنابراین ضد ضربه هستند.

۳) دستگاه‌های نیمه رسانا به اندازه‌ای کوچک هستند که باعث می‌شوند به راحتی قابل حمل باشند.

۴) نسبت به لوله خلاء هزینه کمتری دارد.

۵) دستگاه‌های نیمه رسانا برای کارکرد به نیروی ورودی کمتری نیاز دارند.

۶) در طول عمکلکرد، هیچ صدایی ایجاد نمی‌کنند، بنابراین می‌توانیم بگوییم دستگاه‌های نیمه رسانا دستگاه‌های بدون سر و صدایی هستند.

۷) مواد نیمه رسانا طول عمر بیشتری دارند، آنها تقریباً زندگی نامحدودی دارند