بسم الله الرحمن الرحيم

دانشگاه مازندران

دانشکده علوم پایه

پایان نامه دوره کارشناسی ارشد در رشته فیزیک حالت جامد

موضوع:

رشد و مطالعه‌ی گیت دی الکتریک نانو ترانزیستور با آمونیاک

استاد راهنما:

دکتر علی بهاری

استاد راهنما:

دکتر نورالدین میرنیا

نام دانشجو:

سمیه توبراری

خرداد ۱۳۸۹

تقدیم به:

پدر و مادر مهربانم که دعای خیرشان همواره بدرقه راهم بوده

و

همسر عزیزم که در تمامی مراحل مشوقم بوده

چکیده:

از زمانی کـه مطـابق قـانون مـور، بکـارگیری اکسیدسـیلیکون حـدود یـک نـانومتر بـرای نانوترانزیسـتورهای اثرمیدان ناممکن شده است.دی الکتریک های بسیاری نظیر اکسید و نیترید آلومینیوم، اکسید زیرکونیـوم، اکسـید هافنیوم، اکسید تیتانیوم و مواد پلیمری مطرح شده اند. مطالعـات بسـیاری در دهـه اخیـر صـورت گرفتـه اسـت تـا قابلیت اینگونه فیلم ها را به عنوان یک کاندیدای مناسب در تولیدات آتـی قطعـات الکترونیکـی را بررسـی کنـد. تقریبا تمام این فیلم ها,یک لایه ی میانی اکسید سیلیکون را مابین خود فیلم و زیرلایه سیلیکونی بوجود آوردنـد. وجود این لایه ی میانی باعث تغییر ظرفیت خازن ایجادی شده است و در واقع مشکلات قبلـی را بـه همـراه خـود دارد.ما در اینجا تلاش کردیم تا به رشد فیلم نیترید سیلیکون با گاز آمونیاک در فشار یـک اتمسـفر بپـردازیم. بـا توجه به امکانات آزمایشگاهی موجود در گروهمان به شیوه ها ی مختلف زیر لایه را تمییز می کنـیم تـا عـاری از هر گونه ناخالصی و کثیفی باشد. گاز آمونیاک پیوندهای ناخواسته ی Si-Hرا جدای از Si-N بوجود می آورد اما مشاهده ی این گونه پیوندهای ناخواسته با تکنیک هایی نظیرAES,XPS ناممکن است.

واژه‌های کلیدی:

نیترید سیلیکون، گاز آمونیاک، ترانزیستور اثر میدانی، طیف سنجی الکترون اوژه، رشد فیلم نیترید سیلیکون.

فهرست مطالب

عنوان.....صفحه

فصل ۱- مفاهیم پایه‌ای ۱

۱-۱-. مقدمه..... ۱

۱-۲- پایه گذاری فناوری نانو..... ۳

۱-۳- شاخه های فناوری نانو ۳

۱-۴- اهداف فناوری نانو..... ۴

۱-۵- اهمیت نانو مقیاس..... ۵

۱-۶- سیلیکون ۵

۱-۷- شاخص های میلر..... ۸

۱-۸- تزریق ناخالصی بر سیلیکون ۹

1-8-1 - سطوح سیلیکون ۱۱

۱-۹-۱- کاربرد نیتروژن..... ۱۴

۱-۹-۲- ایزوتوپ ها ۱۴

۱-۹-۳- خطرات..... ۱۴

1-10- آمونیاک ۱۵

۱-۱۰-۱- کاربرد آمونیاک..... ۱۵

۱-۱۰-۲- سنتز آمونیاک..... ۱۵

۱-۱۰-۳- کاتالیزور در سنتز آمونیاک..... ۱۶

۱-۱۰-۴- مراحل تهیه آمونیاک ۱۶

۱-۱۱- نیترید سیلیکون..... ۱۸

1-12- روش های لایه نشانی نیترید سیلیکون..... ۲۲

۱-۱۲-۱- بررسی خواص نوری لایه های نیترید سیلیکون ۲۲

فصل ۲- ترانزیستور ۲۵

۲-۱-. مقدمه... ..... ۲۵

۲-۲- قانون مور ۲۶

2-3- پیوندگاه p-n ۲۷

۲-۴- گاف نواری – تابع کار – تابع فرمی..... ۲۹

۲-۵- اتصالات فلز – نیمه رسانا یا سدهای شاتکی ۳۰

۲-۶- شکست پیوندگاه ۳۰

۲-۶-۱- تونل زنی..... ۳۰

۲-۶-۲- تکثیر بهمنی..... ۳۰

۲-۷- ساختمان ترانزیستور..... ۳۱

۲-۸- طرز کار ترانزیستور ۳۲

۲-۹- ترانزیستور پیوندی دو قطبی ۳۴

۲-۱۰- آرایش بیس مشترک..... ۳۴

۲-۱۱- آرایش امیتر مشترک..... ۳۶

۲-۱۲- آرایش کلکتور مشترک..... ۳۷

۲-۱۳- ترانزیستور اثر میدانی..... ۳۹

2-14- ساختمان MOSFET ۴۲

۲-۱۴-۱- MOSFET نوع تهی..... ۴۴

۲-۱۴-۲- MOSFET نوع افزایشی ۴۶

2-15- نقایص MOSFET..... ۴۹

فصل ۳- تکنیک ها ی تجربی..... ۵۱

۳-۱- .مقدمه..... ۵۱

۳-۲- روش های میکروسکوپی..... ۵۲

۳-۲-۱- میکروسکوپ الکترون عبوری(TEM)..... ۵۲

۳-۲-۲- میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM)..... ۵۵

۳-۳- میکروسکوپ روبشی تونلی (STM)..... ۵۶

3-3-1- اصول کلی عملکرد STM..... ۵۷

۳-۴- پراکنندگی بازگشتی رادرفورد(RBS)..... ۵۹

۳-۴-۱- تجهیزات مورد استفاده در RBS..... ۶۰

۳-۴-۲- مزایا و معایب RBS..... ۶۱

۳-۴-۳- کاربرد های RBS..... ۶۲

۳-۵- آنالیز ساختاری..... ۶۲

۳-۵-۱- روش های مبتنی بر امواج الکترومغناطیسی..... ۶۲

3-5-2- پراش پرتو ایکس (XRD)..... ۶۳

۳-۵-۳- تولید خطوط طیفی پرتو ایکس..... ۶۵

3-6- طیف سنجی الکترون اوژه(AES)..... ۶۸

۳-۷- طیف سنجی فوتوالکترونی اشعه ایکسXPS..... ۶۸

فصل ٤- رشد فیلم نیترید سیلیکون با آمونیاک..... ۷۵

۴-۱- .مقدمه..... ۷۵

۴-۲- رشد فیلم نیترید سیلیکون..... ۷۶

۴-۳- تکنیک حساس به سطح..... ۷۹

۴-۴- کالیبراسیون طیف سنج های اوژه و فوتوالکترون پرتوایکس..... ۸۵

نتیجه گیری..... ۹۴.

پیشنهاد..... ۹۵
منابع..... ۹۶

فهرست مطالب

عنوان.....صفحه

شکل ۱-۱- سه یاخته واحد بلور مکعبی ۶

شکل ۱-۲-سیلیکون دارای ساختار شبکه الماسی می باشد ۷

شکل ۱-۳- شاخص میلر..... ۸

شکل ۱-۴- نیمه رسانای نوع n ۱۰

شکل ۱-۵- نیمه رسانای نوع p ۱۰

شکل ۱-۶- دو تصویر از بلور سیلیکون..... ۱۱

شکل ۱-۷- نمایی از سمت بالا برای 7×7 -Si(۱۱۱) بازآرایی شده..... ۱۲

شکل ۱-۸ - مدل داس 7×7 -Si(۱۱۱) ۱۳

شکل ۱-۹- ساختار های نیترید سیلیکون. (الف) γSi_3N_4 . (ب) βSi_3N_4 .(ج) αSi_3N_4 ..... ۱۸

شکل ۱-۱۰- نیترید سیلیکون..... ۱۹

شکل ۱-۱۱- نیترید سیلیکون یه صورت مثلث مسطح..... ۲۰

شکل ۱-۱۲- نمودار درصد عبور نوری از لایه های نیترید سیلیکون با ضخامت های متفاوت در محیط آرگون ۲۳

شکل ۱-۱۳- نمودار درصد عبور نوری از لایه های نیترید سیلیکون با ضخامت های متفاوت در محیط نیتروژن. ۲۳

شکل ۲-۱- نمودار قانون مور..... ۲۷

شکل ۲-۲- (الف) نیمه رسانا قبل از تشکیل پیوندگاه , (ب) میدان الکتریکی و نمودار انرژی در تعادل گرمایی..... ۲۸

شکل ۲-۳- نمایش نمودار انرژی پیوندگاه p-n در حالت های مختلف، (الف) حالت تعادل گرمایی , (ب) حالت بایاس مستقیم , (ج) حالت بایاس وارون..... ۲۹

شکل ۲-۴- نمودارهای انرژی تحت شرایط شکست پیوندگاه (الف) اثر تونل زنی (ب) تکثیر بهمنی..... ۳۱

شکل ۲-۵- انواع ترانزیستور (الف)pnp ؛ (ب) npn..... ۳۱

شکل ۲-۶- (الف) پیوند با تغذیه مستقیم در ترانزستور pnp ؛ (ب) پیوند با تغذیه معکوس در ترانزیستور pnp..... ۳۲

شکل ۲-۷- شارش حامل های اقلیت و اکثریت در یک ترانزیستورpnp ۳۳

شکل ۲-۸- نمادهای مورد استفاده در آرایش بیس مشترک ۳۴
شکل ۲-۹- مشخصه های کلکتور یا خروجی برای تقویت کننده ترانزیستوری بیس مشترک ۳۵
شکل ۲-۱۰- نمادهای استفاده شده در آرایش امیتر مشترک ۳۶
شکل ۲-۱۱- مشخصات یک ترانزیستور npn در آرایش امیتر مشترک ۳۷
شکل ۲-۱۲- نمادهای استفاده شده در آرایش کلکتور مشترک ۳۸
شکل ۲-۱۳- (الف) نمودار انرژی در تعادل گرمایی , (ب) نمودار انرزی در حالت اعمال بایاس برای ترانزیستورpnp ۳۸
شکل ۲-۱۴- JFET در VGS= 0V و V_{DS} >0 V ۴۰
شکل ۲-۱۵- I_D در مقابل V_{DS} برای V_{GS}=0V ۴۱
شکل ۲-۱۶- مشخصه خروجی یک NJFET ۴۲
شکل ۲-۱۷- ساختار MOSFET ۴۳
شکل ۲-۱۸- (الف) نمودار انرژی در تعادل گرمایی، (ب) نمودار انرزی در حالت اعمال بایاس. ۴۳
شکل ۲-۱۹- ساختار MOSFET نوع تهی ۴۴
شکل ۲-۲۰- طرز کار و مشخصه های NMOS نوع تهی ۴۵
شکل ۲-۲۱- MOSFET نوع تهی کانال P ۴۶
شکل ۲-۲۲- MOSFET نوع افزایشی کانال n ۴۷
شکل ۲-۲۳- مشخصه های MOSFET نوع افزایشی کانال n ۴۷
شکل ۲-۲۴- MOSFET نوع افزایشی نوع P ۴۸
شکل ۳-۱- نمودار شماتیک اجزا اصلی یک میکروسکوپ الکترونی روبشی ۵۵
شکل ۳-۲- نمایش اجزای دستگاه STM ۵۸
شکل ۳-۳- (الف) در مقیاس اتم . (ب) در مقیاس ماکروسکوپی ۵۹
شکل ۳-۴- شماتیک کلیRBS ۶۰
شکل ۳-۵- تصویر شتاب دهنده یونی و ابزارهای RBS ۶۰

شکل ۳-۶- طیف RBS از نمونه PbCu/Si ۶۱
شکل ۳-۷- پراش پرتو x به وسیله یک بلور. ۶۶
شکل ۳-۸- تصویر هندسی دوربین پودری دبای- شرر ۶۶
شکل ۳-۹- پهنای پیک در نصف ارتفاع ۶۷
شکل ۳-۱۰- فرایند XPS ۷۱
شکل ۳-۱۱- شماتیک آزمایش گسیل فوتون ۷۲
شکل ۴-۱- نمونه سیلیکونی از یک طرف سیقل داده شده است ۷۷
شکل ۴-۲- شکل ۴-۲- حمام فراصوت برای تمییز سازی نمونه ۷۸
شکل ۴-۳- یک قسمت از دستگاه CVD ۷۸
شکل ۴-۴- نمودار جهانی طول پویش آزاد میانگین (عمق فرار) الکترون ها ۷۹
شکل ۴-۵- شکل فرایند یونیزاسون تراز هسته ای اتم و بازآریی مجدد اتم که منجر به تولید پرتو-X یا الکترون اوژه ۸۰
شکل ۴-۶- شکل انرژی‌های اصلی اوژه برحسب عدد اتمی ۸۱
شکل ۴-۷- شماتیک یک سیستم اسپکتروسکوپی الکترون اوژه با تحلیل گر CMA. ۸۲
شکل ۴-۸- زمینه الکترونهای ثانویه و قله های اوژه که روی این زمینه قرار دارند. ۸۲
شکل ۴-۹- (الف) طیف مستقیم شدت الکترونهای اوژه، (ب) طیف مشتق شدت الکترون های اوژه. ۸۳
شکل ۴-۱۰- ضرایب حساسیت اوژه برای انرژی فرودی KeV ۳ ..... ۸۴
شکل ۴-۱۱- نمودار کلی از عملکرد تعدیل باریکه دوتایی در طیف سنج IR ۸۶
شکل ۴-۱۲- اپتیک الکترونی یک طیف سنج مدل XPS ۸۷
شکل ۴-۱۳- چگونگی تجزیه و تحلیل طیف ها به وسیله XPS ,AES ۸۸
شکل ۴-۱۴- طیف اوژه از نیترید سیلیکون با گاز آمونیاک در دمای اتاق ۸۹
۴-۱۵- طیف اوژه از فیلم نیترید سیلیکون با گاز آمونیاک در دمای اتاق ۷۰۰ درجه سانتی گراد ۹۰

شکل ۴-۱۶- طیف کندوپاش شده ی نیترید سیلیکون (دمای رشد فیلم دمای اتاق بوده است). ۹۱

شکل ۴-۱۷- طیف کندوپاش شده ی فیلم نیترید سیلیکون (دمای رشد فیلم 700^0c بوده است). ۹۲

لیست علائم و اختصارات

STM	Scanning Tunneling Microscopy
DAS	Dimmer Adtom Stacking fault
BJT	Bipolar Junction Transistor
JFET	Junction Field Effect Transistor
MOSFET	Metal Oxid Semiconductor Field Effect Transistor
STM	Scanning Tunneling Microscopy
AES	Auger Electron Spectroscopy
XPS	X-Ray Photoelectron Spectroscopy
ESCA	Electron Spectroscopy for Chemical Analysis
UPS	Ultra Violet Photoelectron Spectroscopy
CMA	Cylindrical Mirror Analyzer
EELS	Electron Energy Low Spectroscopy
CVD	Chemical Vapor Depositttion

فصل ۱- مفاهیم پایه‌ای

۱-۱- مقدمه

درک و ماهیت مواد و ساختار آن ها دارای اهمیت زیادی می باشد. در ابتدا بشر توجه زیادی به ساختارهای بزرگ و کوچک مواد نداشته بود.اما امروزه آن چه که انسان از گذشته تا به امروز دنبال می کرد دیگر نمی تواند نیاز بشر را جواب گو باشد . بنابراین برای حل مشکلی به بزرگی کوچک کردن اندازه مواد در حد اتم اقدام کردند.

به فن آوری که در حد مولکولی یا اتمی انجام می شود ، فناوری نانو اطلاق می شود.فناوری نانو واژه ای است که به تمام فناوری های پیشرفته در عرصه کار با مواد در مقیاس نانو بیان می شود.

فناوری نانو قادر به تولید مواد، ابزار ها و سیستم های جدید با در دست گرفتن کنترل در سطوح مولکولی و اتمی است و با استفاده از خواصی است که در آن سطوح ظاهر می شود. از این تعریف ساده می توان نتیجه گرفت که فناوری نانو یک رشته جدید نیست بلکه رویکردی جدید در تمام رشته ها می باشد.فناور ی نانو یا نانوتکنولوژی امروزه به دلیل گستردگی حوزه های کاربرد، تاثیر گذاری مستقیم بر اغلب صنایع و علوم به یک فناوری اولویت دار در کشور تبدیل شده است.

یکی از پیشوندهای مقیاس اندازه گیری در سیستم SI نانو به معنی یک میلیاردم واحد آن مقیاس است.

نانو از لغت نانوس به معنای کوتوله گرفته شده است و در اصل، علمی است که درباره اجسام بسیار کوچک مطالعه می کند.

مقیاس نانوابعادی در حد ۱ تا ۱۰۰ نانومتر می باشد.هر یک نانومتر یک میلیاردم متر است . می توان بیان کرد که یک نانومتر ۱/۸۰۰۰۰ قطر موی انسان می باشد .اما با توجه به این که ضخامت موی انسان ها با توجه به خصوصیات فردی آن ها متفاوت است نیاز به یک استاندارد برای بیان این مفهوم خواهیم داشت. به صورت فیزیکی می توان بیان کرد که یک نانومتر برابر قطر ۱۰ اتم هیدروژن و یا ۵ اتم سیلیکون می باشد.

در سال ۱۹۸۱ پژوهشگران شرکت آی بی ام نوعی میکروسکوپ ساختند که نام آن STM[1] بود . این دستگاه می توانست پستی و بلندی هایی در مقیاس نانو را نشان دهد. میکروسکوپ STM این امکان را به دانشمندان داد که برای اولین بار اتم ها و مولکول ها را ببینند.(توضیح بیشتر درباره این دستگاه در فصل سوم داده می شود.)

علم نانو به مطالعه پدیده های مشاهده شده در اشیا، ساختارها وسیستمهایی می پردازد که :

۱- ابعاد آن ها حداقل در یک بعد در حدود نانومتر باشد.

[1] -Scanning Tunneling Microscopy

۲- خواص آن ها ناشی از اندازه نانومتری آن ها باشد، به طوری که این خواص با خواص یک شی، سیستم یا ساختار مشابه اما اندازه ی بزرگ متفاوت است.

۱-۲- پایه گذاری فناوری نانو

اولین جرقه فناوری نانو در سال ۱۹۵۹ زده شد. در این سال ریچارد فاینمن مقاله ای درباره قابلیت های فناوری نانو در آینده منتشر کرد. ریچارد فاینمن را به عنوان پایه گذار این علم می شناسند . فاینمن که بعد ها جایزه نوبل را در فیزیک دریافت کرد طی یک سخنرانی با عنوان "فضای زیادی در سطوح پایین وجود دارد " ایده فناوری نانو را مطرح کرد[۱].

وی این نظریه را ارئه داد که در آینده ای نزدیک می توانیم اتم ها و مولکول ها را به صورت مستقیم دستکاری کنیم . سخنرانی او شامل این مطلب بود که می توان فرهنگ لغت بریتانیا را برروی یک سنجاق جاگذاری کرد. او همچنین درباره دوتایی کردن اتم ها برای کاهش دادن ابعاد رایانه ها سخن گفت.

۱-۳- شاخه های فناوری نانو

از آنجا که علوم نانو بخش وسیعی از مباحث فیزیک، شیمی، بیولوژی، پزشکی، مهندسی و الکترونیک را در برمی گیرد گروه بندی آن بسیار مشکل است .دانشمندان علوم نانو را به ۴گروه طبقه بندی کرده اند که شامل : ۱)مواد ، ۲) مقیاس ها ، ۳) تکنولوژی الکترونیک ، اپتوالکترونیک ، اطلاعات و ارتباطات ، ۴) بیولوژی و پزشکی می باشد.

یکی از این گروه ها لایه ها هستند . لایه ها یک بعدی هستند که در دو بعد دیگر توسعه می یابند مانند فیلم های نازک و پوشش ها. گروه بعدی شامل موادی هستند که دارای دو بعد هستند و در یک بعد دیگر گسترش می یابند که شامل لوله ها وسیم ها می شوند. گروه مواد سه بعدی در نانو شامل ذرات نقطه های کوانتومی می باشند.

ممکن است فناوری نانو رشته ای گسسته بـه نظـر آیـد کـه موضـوعات آن هـیچ ارتبـاطی بـا هـم ندارنـد . برخـی محققین فناوری نانو ، این حوزه را به سه رشته تقسیم می کنند که عبارتند از :

الف : نانوفناوری مرطوب

این شاخه به مطالعه سیستم های زنده می پردازد که بیشتر در محیط های آبی وجود دارند. این شاخه در بر گیرنده علوم پزشکی ، دارویی و به طور کلی علوم و روش های مرتبط با فناوری زیست می باشد.

ب: نانوفناوری خشک:

این شاخه مربوط به علوم پایه فیزیک و شیمی می باشد و به مطالعه ساختارهای مواد از قبیل کربن ، سیلیکون و مواد غیرآلی و فلزی می پردازد. به عنوان نمونه طراحی میکروسکوپ هایی که بتوان با استفاده از آن مواد را در ابعاد نانومتری مورد مطالعه قرار داد.

پ: نانوفناوری محاسباتی

در بعضی موارد ابزارهای آزمایشگاهی برای انجام آزمایش های نانومتری مناسب نیستند بنابراین از رایانه ها برای شبیه سازی فرایندها و واکنش اتم ها استفاده می کنند.

۱-۴- اهداف فناوری نانو

در زیر برخی از اهداف فناوری نانو را بیان می کنیم:

۱- توسعه فناوری نانو و تحقیقات در سطوح اتمی و مولکولی در مقیاس اندازه های ۱ تا ۱۰۰ نانومتر است.

۲- خلق و استفاده از ساختار ها ، ابزارها وسیستم هایی که به خاطر اندازه کوچک آن ها خواص و عملکـرد جدیدی دارند.

۳- توانایی کنترل یا دستکاری در سطوح اتمی [2].

۱-۵- اهمیت نانو مقیاس

دلایل زیادی برای اهمیت نانو مقیاس وجود دارد که بعضی از آن ها به شرح زیر می باشد:

۱- خصوصیات مواد در اندازه های نانومتری دچار تغییراتی می شود و با طراحی مواد نانومتری تغییر درخصوصیات ماکروسکوپیک و میکروسکوپیک ماده مانند رنگ ، خواص مغناطیسی و دمای ذوب،.. بدون تغییر ترکیبات شیمیایی آن ممکن است.

۲- از جمله خصوصیت مواد بیولوژیکی و زنده سازماندهی منظم آن ها در ابعاد نانومتری است و توسعه در زمینه نانوفناوری به ما جازه خواهد داد که مواد نانو ابعادی ساخت بشر را در داخل سلول های زنده قرار دهیم .

۳- ترکیبات نانومتری دارای نسبت سطح به حجم بسیار زیادی هستند.

۴- سیستم های ماکروسکوپیک ساخته شده از نانو ساختارها می توانند چگالی بسیار بیشتری نسبت به مواد ساخته شده از میکروساختارها داشته باشند و همچنین هدایت الکتریکی بهتری دارند.

۱-۶- سیلیکون[۱]

قبل از اختراع ترانزیستور دوقطبی در سال ۱۹۴۷ نیمه رسانا فقط به عنوان قطعات دوپایانه و دیودهای نوری مورد استفاده قرار می گرفتند.

در اوایل سال ۱۹۵۰ ژرمانیوم مهم ترین ماده نیمه رسانا بود.پس از مدتی طی آزمایش هایی متوجه شدند که ژرمانیوم برای بسیاری از کاربردها مناسب نیست ، زیرا قطعات ژرمانیوم در دماهایی که به صورت طبیعی بالا

---

[۱]- Silicon

می روند نشت جریان بالایی را خواهند داشت و اکسید ژرمانیوم در آب قابل حل می باشد و برای قطعات مناسب نخواهد بود.بنابراین از سال ۱۹۶۰ به بعد سیلیکون یک جانشین مناسب برای ژرمانیوم معرفی شد.

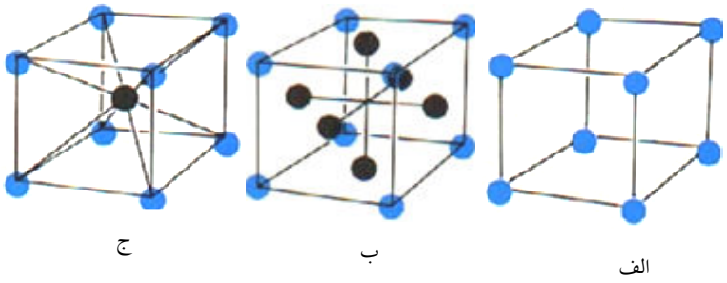
از آنجایی که در ترانزیستورها از زیرلایه سیلیکون استفاده می شود بنابراین به برخی از ویژگی های سیلیکون می پردازیم.

سیلیکون از واژه لاتین Silex گرفته شده است.سیلیکون از نظر فراوانی دومین عنصری است که روی زمین یافت می شود.قابل ذکر است که سیلیکون هرگز در طبیعت به صورت خالص یافت نمی شود.

ساختار بلوری

مواد نیمه رسانای مورد مطالعه، تک بلورهایی می باشند که در آن ها اتم ها به طریق سه بعدی دوره ای آرایش یافته اند.آرایش دوره ای اتم ها در بلور شبکه نامیده می شود. در نیمه رساناها، یک یاخته واحد که نماینده تمام شبکه می باشد وجود دارد که با تکرار یاخته در سراسر بلور می توان تمام شبکه را ایجاد نمود.

شکل (۱-۱ یاخته های واحد مکعبی را نشان می دهد.



شکل ۱-۱- سه یاخته واحد بلور مکعبی . الف) یاخته بسیط مکعبی ساده (SC)، ب)یاخته قراردادی مکعبی مرکز سطحی(FCC)، ج) یاخته قراردادی مکعبی مرکز حجمی(BCC)

نیمه رساناهایی مانند سیلیکون و ژرمانیوم دارای یک ساختار شبکه الماسی نظیر شکل(۱-۲) می باشد. این ساختار را می توان به صورت دو شبکه FCC که در هم نفوذ کرده اند، بیان کرد.