



دانشگاه تهران

پردیس علوم

دانشکده فیزیک

عنوان

رشد نانوسیم های اکسیدروی به روش لایه نشانی بخار شیمیایی و بررسی خواص و کاربردها

نگارش

میثم پازکی

استاد راهنما

دکتر عزت الله ارضی

پایان نامه برای دریافت درجه کارشناسی ارشد در

رشته فیزیک حالت جامد

شهریور ۱۳۸۷

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



University of Tehran
Faculty of Sciences
Department of Physics

**Growth of ZnO nanowires using CVD method and
investigating their properties and applications**

By
Meysam Pazoki

Under supervision of
Prof. Ezatollah Arzi

**A thesis submitted to the Graduate Studies Office
in partial fulfillment of the requirements for the degree of M.Sc. in
Solid State Physics**

September 2008

Abstract

In recent years, Nanowires, due to their exceptional electrical and optical properties, have found various and unique applications in nanoelectronics and device fabrication in nanometer scale. The first step towards the implementation of such applications is their growth. In this thesis, Zinc Oxide (ZnO) nanowires that have been grown by Chemical Vapor Deposition method are described and their properties and growth mechanism are widely investigated. The setup of this CVD apparatus is designed and built in our Nano-physics Research Laboratory, the details of which are described. By testing different conditions, vertical and dendrite- which is one of the rare nanostructures of ZnO – nanowires have been synthesized. Dependency of their morphology and size on the growth condition is investigated. Various and unique nucleation structures of gold- which is the catalyst of the nanowire growth –with different conditions are achieved. We have succeeded in forming gold nano-islands on Si substrate with different sizes in the form of hexagons for the first time. The effect of growth conditions on the nucleation of gold is studied. ZnO gas nano-sensors with Field Ionization mechanism are fabricated and sensing ability of ZnO nanowires for oxygen, hydrogen, argon and acetylene is investigated. We believe that these dendrite nanowires can be used in nanogenerators as nanogenerator blades, and hence its feasibility is computationally studied with Fluent 6.0 package. It is found that when fluid hits the nanowire in a direction which makes an angle, other than zero, with preferred axis of nanowire, the nanowire rotates about the preferred axis which we take it as a confirmation of the above mentioned application.

در این جا بر خود لازم می دانم که از زحمت های بی دریغ استاد ارجمندم
جناب آقای دکتر ارضی و دوست و استاد عزیزم جناب آقای دکتر عبدی کمال
تشکر را داشته باشم.

چکیده

امروزه نانوسیم ها کاربردهای فراوان و منحصر به فردی در ساخت قطعات با ابعاد نانو متر و نانو الکترونیک دارند. برای استفاده و بررسی نانوسیم ها قدم اول رشد آنهاست. در پایان نامه حاضر نانوسیم های اکسیدروی به روش لایه نشانی بخار شیمیایی (CVD) رشد داده شده اند و خواص آنها و چگونگی رشد آنها بررسی شده است. چیدمان این دستگاه در آزمایشگاه نانوفیزیک طراحی و ساخته شده است. در شرایط مختلف نانوسیم های عمودی و چندشاخه ای-که از نادر ترین ساختارهای اکسیدروی است- رشد داده شده اند و بستگی شکل و اندازه این نانوسیم ها به شرایط رشد بررسی شده است. همچنین سازوکار رشد این نانوسیم ها بحث شده است. هنگام رشد دانه بندی های مختلف و منحصر به فردی با شرایط مختلف برای طلا، که در این جا کاتالیست واکنش است، پدید آمده است و برای اولین بار نانوذرات طلا با اندازه های مختلف و به شکل شش ضلعی روی زیرلایه سیلیسیوم رشد داده شده اند. اثر شرایط رشد بر این دانه بندی طلا بررسی شده است. نانوحسگرهای گازی اکسیدروی با سازوکار یونیزه کردن میدانی ساخته شده اند و قابلیت حسگری نانوسیم های اکسیدروی برای گازهای اکسیژن، هیدروژن، آرگون و استیلن - با بدست آوردن ولتاژ شکست منحصر بفرد این گاز ها در فشارهای مختلف- بررسی شده است. در پایان برای کاربردی از نانوسیم ها، امکان استفاده نانوسیم های چندشاخه ای به عنوان پره های نانوزنراتورها به شکلی محاسباتی و با برنامه Fluent 6.0 بررسی شده و ثابت شده است که در هنگام برخورد سیال با زاویه به نانوسیم، نانوسیم حول محور ترجیحی می چرخد.

فهرست مطالب

پیشگفتار..... ۱

فصل اول: نانوسیم ها

۱-۱ رشد نانوسیم ها..... ۴

۱-۱-۱ زدایش..... ۴

۱-۱-۲ فرآیندهای بر پایه محلول ها..... ۵

۱-۱-۳ رشد نانوسیم در فاز بخار..... ۱۱

۲-۱ خواص فیزیکی نانوسیم ها..... ۱۷

۱-۲-۱ خصوصیات نوری..... ۱۷

۲-۲-۱ خواص الکتریکی..... ۱۸

۳-۲-۱ خواص گرمایی..... ۲۰

۴-۲-۱ خواص مکانیکی..... ۲۲

۵-۲-۱ خواص گسیل میدانی..... ۲۳

فصل دوم : نانوسیم های اکسیدروی

۱-۲ اکسیدروی..... ۲۴

۱-۱-۲ ساختمان بلوری..... ۲۵

۲-۱-۲ ساختارباندهای انرژی..... ۳۱

۳-۱-۲ خواص مکانیکی..... ۳۲

- ۳۶.....۴-۱-۲ خواص الکتریکی
- ۳۹.....۵-۱-۲ خواص نوری
- ۴۳.....۶-۱-۲ ضریب شکست و ثابت دی الکتریک

۲-۲ نانساختار های اکسید روی..... ۴۶

- ۴۶.....۱-۲-۲ نانوسیم های اکسید روی
- ۴۹.....۲-۲-۲ نانو لوله های اکسید روی
- ۴۹.....۳-۲-۲ نانو ریسمان های اکسیدروی
- ۵۳.....۴-۲-۲ ساختارهای سلسله مراتبی اکسیدروی

۳-۲ کاربردهای خاص نانوسیم های اکسیدروی..... ۵۴

- ۵۵.....۱-۳-۲ نانولیزرهای اکسیدروی
- ۵۸.....۲-۳-۲ نانوحسگرهای اکسیدروی
- ۵۹.....۳-۳-۲ کاربرد نانوسیم های اکسیدروی در سلول های خورشیدی
- ۶۰.....۴-۳-۲ قطعات الکترونیکی نانوسیم های اکسیدروی
- ۶۳.....۵-۳-۲ نانوژنراتورهای اکسیدروی

فصل سوم : رشد و بررسی نانوسیم های اکسیدروی

- ۶۴.....۱-۳ چیدمان آزمایش
- ۶۴.....۱-۱-۳ دستگاه لایه نشانی به روش بخار شیمیایی
- ۶۷.....۲-۱-۳ آماده سازی زیر لایه
- ۶۷.....۳-۱-۳ بازپخت لایه طلا
- ۶۸.....۴-۱-۳ رشد نانوسیم های اکسیدروی
- ۶۹.....۲-۳ بررسی نتایج

- ۶۹.....۱-۲-۳ نانوذرات طلا.....
- ۷۴.....۲-۲-۳ نانوسیم های عمودی اکسیدروی.....
- ۷۷.....۳-۲-۳ نانوسیم های چندشاخه ای اکسیدروی.....
- ۸۲.....۴-۲-۳ بررسی امکان چرخش نانوسیم های چند شاخه ای در سیالات.....
- ۹۹.....۵-۲-۳ کاربرد نانوسیم های عمودی به عنوان حسگرهای گازی.....
- ۱۰۳.....۳-۳ خلاصه و نتیجه گیری.....
- ۱۰۴.....۴-۳ کارهای آینده.....
- ۱۰۵.....مراجع.....

فهرست شکل ها

- شکل ۱.۱- ایجاد نانوسیم با استفاده از زدایش ۵
- شکل ۲.۱- نمونه هایی از الگوهای آلومینا با قطر میانگین حفره های ۴۴ نانومتر ۸
- شکل ۳.۱- نانوسیم های Bi_2O_3 رشد داده شده به روش الگو: (الف)- نمای جانبی و (ب)- نمای بالا ۸
- شکل ۱.۴- سازوکار S-L-S ۹
- شکل ۵.۱- نانوسیم های اکسیدروی رشد داده شده به روش حل کردن گرمایی ۱۱
- شکل ۶.۱- نمودار رشد V-L-S به همراه نمودار فاز سیلیسیوم/طلا ۱۲
- شکل ۷.۱- تحول زمانی نانوسیم های ژرمانیوم: (الف تا پ) تشکیل آلیاژ، (ت-ث) شروع رشد و (ج) افزایش طول نانوسیم ۱۲
- شکل ۸.۱- نانوسیم های اکسید سیلیسیوم که با سازوکار V-L-S رشد کرده اند که کاتالیست در نوک آنها دیده می شود ۱۵
- شکل ۹.۱- نانو ریسمان های اکسیدروی با سازوکار رشد VS ۱۶
- شکل ۱۰.۱- (الف) و (ب)- شکل شماتیک ترانزیستور FET، (پ) و (ت)-نمودار ولتاژ جریان ترانزیستور ۱۹
- شکل ۱۱.۱- نمودار رسانش گرمایی نانوسیم ها برحسب دما برای قطرهای مختلف در (الف)- دماهای معمولی و (ب)- دمای پایین ۲۱

- شکل ۱.۲ - ساختمان های مختلف اکسید روی: (الف) - ورتزایتی (ب) - زینک بلندی
- ۲۶ (پ) - نمک طعامی
- ۲۶ شکل ۲.۲ - ساختمان بلوری ورتزایتی اکسید روی
- شکل ۳.۲ - نمودار (EDAX) از اکسید روی که حضور همزمان دو فاز نمک طعامی و ورتزایتی
- ۲۸ را در فشار های $9/6 - 9/1$ GPa نشان می دهد
- شکل ۴.۲ - نمودار نوارهای انرژی برای بلورهای (الف) - کلریدسزیوم، (ب) - نمک طعام
- ۳۲ و (پ) - ورتزایت
- ۴۰ شکل ۵.۲ - نمودار نوارهای انرژی اکسید روی در فاز زینک بلند و ورتزایت
- شکل ۶.۲ - ضریب جذب و ساختار اکسیتونی اکسید روی برای دو نمونه باز پخت شده
- ۴۱ و بازپخت نشده در دمای اتاق
- ۴۲ شکل ۷.۲ - نمودار فوتولومینسانس اکسیدروی در دمای 10 درجه کلوین
- ۴۸ شکل ۸.۲ - نانوسیم های اکسیدروی
- ۵۰ شکل ۲.۹ - نانولوله های اکسید روی
- ۵۲ شکل ۱۰.۲ - صفحات قطبی اکسیدروی
- ۵۲ شکل ۱۱.۲ - برخی از انواع نانو نوار های اکسیدروی
- ۵۳ شکل ۱۲.۲ - نانوشانه و نانو پره اکسیدروی
- ۵۶ شکل ۱۳.۲ - ساختار لیزر نیمرسانا
- ۵۷ شکل ۱۴.۲ - نانوسیم های اکسیدروی برای نانولیزرها
- ۵۷ شکل ۱۵.۲ - تابش نانوسیم ها در زیر آستانه و بالای آستانه تابش لیزر

- شکل ۱۶.۲- نانومیله های اکسیدروی همراه با نمودار ولتاژجریان با ولتاژ ۱ ولت هنگام
- ۵۸ قطع و وصل گاز اوزون
- شکل ۱۷.۲- (الف)- نانوسیم های دو شعبه ای از نسل رشد دوم نانوسیم ها (ب)- نمودار
- ۶۰ ولتاژجریان برای سلول های خورشیدی
- شکل ۱۸.۲- ترانزیستور گسیل میدانی نانوسیم های اکسیدروی
- ۶۱ شکل ۱۹.۲- بلور فوتونیکی نانوسیم های اکسیدروی
- ۶۲ شکل ۲۰.۲- دیود شاتکی نانوسیم های اکسیدروی
- شکل ۲۱.۲- (الف)- نانوسیم های اکسیدروی، (ب)- نمودار ولتاژ دوسرنانوسیم هنگام
- ۶۳ عبور نوک AFM از آنها و پ- نحوه خم شدن نانوسیم ها
- شکل ۱.۳- لایه نشانی بخار شیمیایی (CVD)
- ۶۵ شکل ۲.۳- دستگاه لایه نشانی بخار شیمیایی ساخته شده در آزمایشگاه نانوفیزیک
- ۶۶ شکل ۳.۳ (الف)- نانوذرات طلا (ب)- آنالیز EDX از آنها
- ۷۰ شکل ۴.۳- شش ضلعی های طلا با قطر میانگین (الف)- ۷۰۰ نانومتر و (ب)- ۳۰۰ نانومتر
- ۷۱ که به ترتیب از لایه طلا به ضخامت ۲۰ و ۱۰ نانومتر به دست آمده اند
- شکل ۵.۳- نمونه های بازپخت شده در دماهای (الف)- ۶۵۰ (ب)- ۷۰۰ و (پ)- ۷۵۰ درجه سلسیوس
- ۷۱ شکل ۶.۳- ساختارهای ستاره ای طلا
- ۷۳ شکل ۷.۳- (الف) آنالیز EDX از ناحیه ۱، (ب) از ناحیه ۲ و (پ) از ناحیه ۳ شکل ۶.۳
- ۷۴ شکل ۸.۳- نانوسیم های عمودی اکسیدروی
- ۷۶ شکل ۹.۳- نانوسیم های عمودی که با بازپخت لایه روی رشد کرده اند
- ۷۷

- ۷۸ . شکل ۱۰.۳- نانوسیم های چندشاخه ای
- ۷۹ شکل ۱۱.۳- آنالیز EDX از بدنه یک نانوسیم چند شاخه ای
- ۸۰ شکل ۱۲.۳- نمودار قطر برحسب طول نانوسیم های چندشاخه ای
- ۸۱ شکل ۱۳.۳- تکامل رشد نانوسیم ها
- ۸۲ ۱۴.۳- پدیده گلوگاهی و پیوستن نانوسیم ها به هم
- ۸۳ شکل ۱۵.۳- نانوسیم های چندشاخه ای
- ۸۴ شکل ۱۶.۳- نمایی از برنامه Gambit که mesh محیط اطراف نانوسیم ها را نشان می دهد
- ۸۶ شکل ۱۷.۳- انتهای یک تک پره از نانوسیم چند شاخه ای
- ۹۴ شکل ۱۸.۳- نانوسیم به همراه زائده ها
- شکل ۱۹.۳- سیستم شامل نانوسیم و لوله میکرومتری که سیال بازاویه ۴۵ درجه به نانوسیم
- ۹۵ برخورد می کند
- ۹۷ شکل ۲۰.۳- نانوسیم ها به همراه دیواری از نانولوله ها
- شکل ۲۱.۳- چیدمان حسگر با سازوکار یونیزه کردن میدانی که با نانوسیم های اکسیدروی ساخته
- ۹۹ شده است
- ۱۰۱ شکل ۲۲.۳- نمودار ولتاژ شکست بر حسب فشار برای حسگر گازی اکسیدروی برای گازهای مختلف
- شکل ۲۳.۳- نمودار ولتاژ شکست بر حسب فشار برای حسگر گازی نانولوله های کربنی
- ۱۰۲ برای گازهای مختلف

فهرست جدول ها

- جدول ۱.۲ - ثابت های شبکه ساختمان (الف) - ورتزایتی (ب) - نمک طعامی و
- ۳۰ (پ) - زینک بلندی اکسید روی
- ۳۵ جدول ۲.۲ - برخی از خواص مکانیکی اکسیدروی
- ۳۸ جدول ۳.۲ - خصوصیات الکتریکی اکسید روی
- ۴۳ جدول ۴.۲ - قله های انرژی اکسیتون های مقید در بلور اکسیدروی بر حسب الکترون ولت
- جدول ۵.۲ - ثابت های دی الکتریک استاتیک ϵ_0^a و فرکانس بالا ϵ_0^a اکسیدروی
- ۴۴ برای دو راستای عمود برو موازی محور C
- جدول ۲.۶ - ضریب شکست اکسیدروی برای طول موجهای مختلف در دو راستای
- ۴۵ عمود بر و موازی با محور C
- جدول ۱.۳ ولتاژ شکست گازهای مختلف در حسگر گازی ساخته شده با نانوسیم های اکسیدروی ۱۰۰

پیشگفتار

نانوساختارها – ساختارهایی که حداقل یک بعد آنها نانومتری است – به دلیل خواص جالب و جدیدی که دارند توجه بسیاری از محققان را به خود جلب کرده اند. با کوچک شدن ابعاد، کاربردهای وسیع تری برای ساختارها پیدا شده است. در صنعت ذخیره سازی اطلاعات کوچک کردن مساوی است با ذخیره حجم بزرگتری از اطلاعات در فضایی کمتر. با کاهش ابعاد در حد نانو متر، خصوصیات منحصر به فردی همچون بستگی تابش فوتو لومینسانس (PI) مواد به اندازه آنها [۱]، رسانایی گسسته^۱ [۲-۳]، بلوکه شدن کولنی^۲ [۴-۵] و گذار از فلز به نارسانا^۳ [۶] در نانو ساختارها دیده می شوند. در

^۱ ballistic conductance

^۲ columb blockade

^۳ metal –insulator transition

حال حاضر نانو ساختار های یک بعدی همچون نانو سیم ها، نانو لوله ها و نانو میله ها به دلیل کاربرد های منحصر به فرد در ساخت ادوات الکترونیکی مورد توجه محققان قرار گرفته اند [۷]. در نانو ساختارهای یک بعدی به خصوص نانو سیم ها، وابستگی رسانایی گرمایی و الکتریکی و خصوصیات مکانیکی به ابعاد به خوبی مشاهده می شود و ابزار مناسبی را برای مهندسی ابعاد ادوات به منظور داشتن خواص مورد نظر مهیا می کند. نانو سیم ها همچنین نقش مهمی را به عنوان واحد های تشکیل دهنده و اتصالات در الکترونیک، اپتو الکترونیک و ابزار های الکترو مکانیکی ایفا می کنند. تا کنون دیودهای p-n [۸]، ترانزیستورهای گسیل میدانی (FET) [۹]، سنسورهای گازی و نوری [۱۱]- [۱۰]، نانو لیزرها [۱۲] و نانوژنراتورها [۱۳] با استفاده از نانو سیم ها ساخته شده اند. روش های مختلفی از جمله فناوری های نانولیتوگرافی [۱۴]، لایه نشانی بخار فیزیکی و شیمیایی [۱۵-۱۶]، روش های شیمیایی [۱۷]، لایه نشانی با لیزر پالسی [۱۸]، رشد به کمک الگو [۱۹]، کندو پاشی [۲۰] و غیره برای ساخت نانو سیم ها استفاده شده است که در این میان لایه نشانی بخار شیمیایی به دلیل ارزانی و کنترل مناسب روی ابعاد ماده یکی از رایج ترین روش ها به شمار می آید. پایان نامه حاضر اختصاص دارد به رشد نانو سیم های اکسید روی و بررسی خواص آنها. نانو سیم های اکسید روی با روش لایه نشانی بخار شیمیایی (CVD) رشد داده شده اند و مکانیسم رشد، بستگی شکل نانو سیم به شرایط رشد، اثر کاتالیست و دانه بندی آن در رشد نانو سیم ها و کاربرد خاصی از نانو سیم های عمودی به عنوان نانو حسگر ها بررسی شده است. فصل اول مقدمه ای است جهت معرفی نانو سیم ها و خواص و روشهای رشد آنها و فصل دوم اختصاص دارد به اکسید روی و خواص منحصر به فرد ساختار های مختلف آن. فصل سوم به کارهای انجام شده در آزمایشگاه نانوفیزیک می پردازد که شامل روش رشد نانو سیم های ZnO و مطالعه رشد و خواص آنها است و در پایان نتیجه گیری کار و کارهای آینده آورده شده است.

فصل نخست

نانوسیم ها

این بخش خلاصه ای از کارهای قبلی دیگران روی مطالعه رشد نانوسیم ها و خواص فیزیکی آنها است. سازوکارهای مختلف رشد نانوسیم ها به همراه معایب و مزایای آنها و همچنین ماده هایی که با این روش ها قابلیت رشد دارند بررسی و سپس مطالعات اخیر روی خصوصیات فیزیکی نانوسیم ها از جمله حمل و نقل الکترون^۱، انتقال فونون، خواص نوری، مکانیکی و گسیل میدانی مرور می شوند.

^۱ electron transport

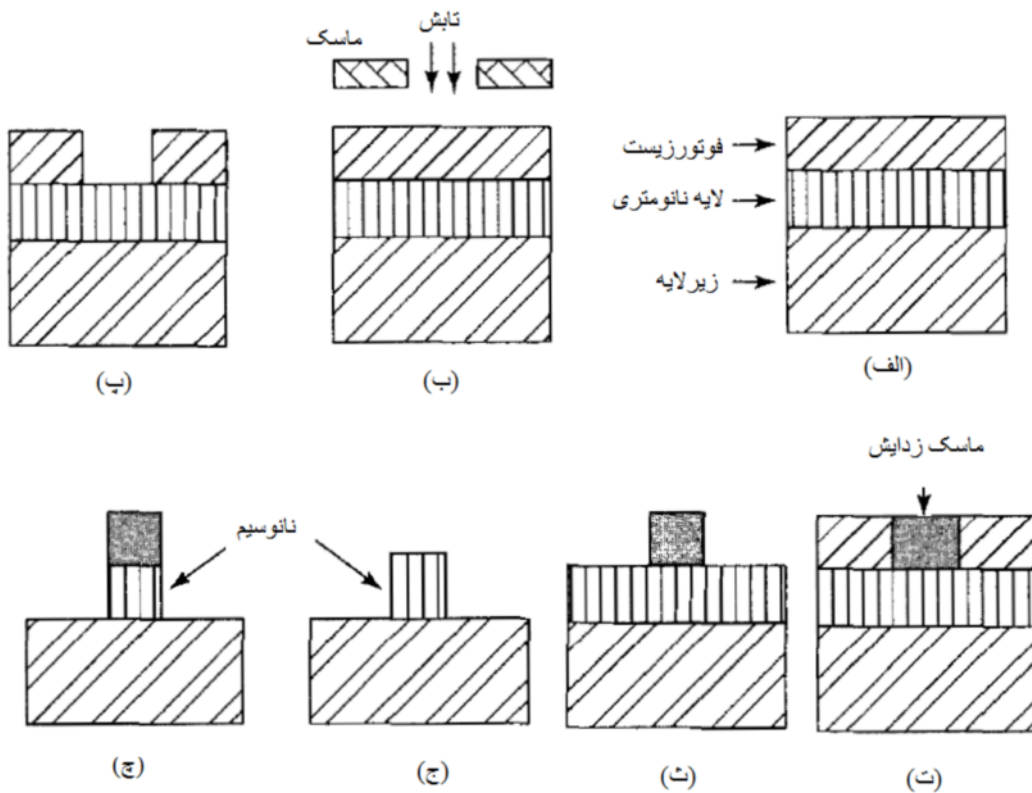
۱-۱ رشد نانوسیم

نکته مهم در ساخت نانوسیم ها این است که چگونه اتم های منفرد را در یک چنین نانوساختار یک بعدی با روشی قابل کنترل و مؤثر جمع آوری کنیم. در دهه گذشته روش های مختلفی برای رشد نانوساختارهای یک بعدی به کار گرفته شده است. بر اساس محیط برهم کنش ، این روش ها می توانند به دو دسته بزرگ تقسیم شوند: فرآیندهای بر پایه فاز بخار و فرآیندهای بر پایه محلول ها. در رهیافتی دیگر مواد کپه ای در ابعادی خورده می شوند تا به نانوساختار تبدیل شوند. زدایش از جمله روشهای این رهیافت است.

۱-۱-۱ زدایش

یکی از روشهای رشد نانوسیم ها زدایش است که در واقع رهیافت بالابه پایین^۱ است. در رهیافت بالا به پایین نمونه های کپه ای مواد در یک ، دو یا سه بعد تا حد چند نانومتر خورده می شوند تا نانو ورقه، نانو سیم یا نانو ذره تولید شود. برای این کار جهت مشخص کردن قسمت هایی از نمونه که باید خورده شود ما احتیاج به لیتوگرافی داریم. شکل ۱.۱ رهیافتی را که برای تولید نانوسیم با استفاده از این روش به کار می رود نشان می دهد. ابتدا لایه ای نانومتری از ماده ای که می خواهیم نانوسیم شود را روی زیر لایه می نشانیم سپس روی آن فوتورزیست می نشانیم و با لیتوگرافی، قسمتی از فوتورزیست را که باید خورده شود حذف می کنیم. لیتوگرافی شامل تابش نور ماورای بنفش به فوتورزیست و شستن فوتورزیست در حلالی است که فقط فوتورزیست تحت تابش را در خود حل می کند. سپس در آن قسمت ، لایه ماسک زدایش را می نشانیم و پس از حذف باقیمانده فوتورزیست، ماده را تحت زدایش قرار می دهیم. آن قسمت ماده که ماسک دارد تحت زدایش محافظت و بقیه آن

^۱ top-down



شکل ۱-۱- ایجاد نانوسیم با استفاده از زدایش.

خورده می شود. در نهایت با حذف ماسک نانو سیم ما باقی می ماند. با این روش تقریباً هر ماده

ای را می توان به شکل نانوساختار در آورد [۲۱].

۲-۱-۱ فرآیندهای بر پایه محلول

(۱) رشد بر اساس الگو

رشد بر اساس الگو یک روش فراگیر و مناسب برای ایجاد نانوساختارهای یک بعدی است. در این

روش الگو به عنوان قالبی است که مواد مختلف با شکل های یکسان در آن رشد می کنند. این الگوها

کانال‌های نانومتری شبیه آلومینای متخلخل یا غشاءهای پلی کربناید^۱ هستند که با استفاده از محلول‌ها یا با استفاده از روش سل-ژل^۲ یا با روش الکتروشیمیایی^۳ پر می‌شوند و اشیاء یک بعدی نانومتری ایجاد می‌کنند. نانوسیم‌های تولید شده با حذف الگوی میزبان می‌توانند آزاد شوند. روش رشد به کمک الگو ویژگی‌های جالب و مفیدی دارد: خیلی عمومی و رایج است. این روش ابتدا توسط Martin و Moskovitz ابداع شد [۲۲]. محققان امروزه از این روش برای رشد نانوسیم‌ها، نانو لوله‌ها و نانو رشته‌ها که از پلیمرهای رسانا، فلزات، نیمرساناها، کربن و بسیاری مواد دیگر تشکیل شده‌اند استفاده می‌کنند. نانوساختارهایی با ابعاد فوق العاده کوچک هم با این روش می‌توانند ایجاد شوند به عنوان مثال، Wu و Bein [۲۳] با این روش نانورشته‌های پلیمری با قطر ۳ نانومتر را در سیلیوم متخلخل رشد داده‌اند. با روش لیتو گرافی نانوساختارهایی با این ابعاد قابل حصول نیستند. در نهایت، نانوساختارهای لوله‌ای و رشته‌ای که در داخل حفره‌ها رشد داده می‌شوند می‌توانند از الگو جدا شده و جمع‌آوری شوند و مجموعه‌ای از نانوساختارها حاصل شود.

میزبان‌های متعددی به عنوان الگو در این روش استفاده می‌شوند. یکی از آن‌ها غشاء تصفیة پلیمری نانو متخلخل^۳ است که با روش زدایش مسیر^۴ ایجاد می‌شود. حفره‌هایی تا ابعاد ۱۰ نانومتر و چگالی حفره‌های^۹ ۱۰^۹ حفره بر سانتیمتر مربع ایجاد می‌شوند. رایج‌ترین ماده از این نوع برای تولید الگو پلی کربنات است. آلومینای متخلخل ماده مناسب دیگری به عنوان ماده میزبان است که شکل ۲.۱ نمونه‌ای از این الگو را نشان می‌دهد. حفره‌های روی آن روی شبکه منظم شش‌گوشی چیده می‌شوند. حفره‌های با چگالی^{۱۱} ۱۰^{۱۱} حفره بر سانتیمتر مربع می‌توانند ایجاد شوند. بسیاری از مواد با استفاده از این حفره‌ها به شکل نانوسیم رشد داده می‌شوند. موادی مانند طلا، نقره، پلاتین، اکسید

^۱ polycarbonate membrane

^۲ sol-gel

^۳ nano-porous polymeric filtration membrane

^۴ track-etch