١٤٢٦٠٣

دانشگاه شهید بهشتی

دانشکده علوم گروه شیمی

پایان نامه دوره کارشناسی ارشد شیمی (معدنی)

سنتز و شناسایی ترکیبات فلزی – آلی روی به عنوان پیش ماده جهت تهیه اکسید های روی در ابعاد نانو

دانشجو:

الهام ستارزاده خامنه

مرکز اطلاعات مدارک علمی
تبریز

۱۳۸۹/۷/۲۴

استاد راهنما:

دکتر مصطفی محمد پور امینی

تاریخ دفاع:

زمستان ۸۸

۱۴۲۶۰۳

تاریخ .....
شماره .....
پیوست.....

دانشگاه شهید بهشتی

بسمه تعالی

«صورتجلسه دفاع پایان نامه دانشجویان دوره کارشناسی ارشد»

تهران ۱۹۸۳۹۶۳۱۱۳ اوین
تلفن: ۲۹۹۰۱

بازگشت به مجوز دفاع شماره۲۰۰/۱۰۸۷۶/د مورخ ۸۸/۱۰/۲۵ جلسه هیأت داوران ارزیابی پایان نامه خانم الهام ستارزاده خامنه به شماره شناسنامه ۵۲۹۳ صادره از تهران متولد۱۳۶۴ دانشجوی دوره کارشناسی ارشد ناپیوسته رشته شیمی – شیمی معدنی

با عنوان :

سنتز و شناسایی برخی از ترکیبات فلزی – آلی روی به عنوان پیش ماده جهت تهیه اکسیدهای روی در اندازه نانو

به راهنمائی:

آقای دکتر مصطفی محمد پور امینی

طبق دعوت قبلی در تاریخ۱۴ / ۱۱ / ۸۸ تشکیل گردید و براساس رأی هیأت داوری و با عنایت به ماده ۲۰ آئین نامه کارشناسی ارشد مورخ ۷۵/۱۰/۲۵ پایان نامه مزبور با نمره۱۹٫۷۵ درجه عالی مورد تصویب قرار گرفت.

۱ -استاد راهنما : آقای دکتر مصطفی محمد پور امینی

۲- استاد داور: آقای دکترعلیرضا محجوب

۳-استاد داور و نماینده تحصیلات تکمیلی: آقای دکتر ناصر صفری

۴- معاون آموزشی و تحصیلات تکمیلی دانشکده : آقای دکتر خسرو جدیدی

تقدیر و سپاس :

سپاس پروردگار یگانه را که همواره نسبت به بندگانش لطف فراوان دارد.

تقدیر و سپاس فراوان از جناب آقای دکتر پور امینی ، استاد بزرگوارم که همواره با راهنمایی های ارزشمندشان روشنگر راه من بودند. استاد ارجمندی که شاگردی ایشان یکی از بزرگ ترین افتخارات زندگی من می باشد.

از جناب اقای محمد نژاد که در این مدت از هیچ کمکی دریغ نورزیدند و همواره از راهنمایی های ارزنده شان استفاده کردم بسیار ممنون و سپاسگزارم.

از هم ازمایشگاهی های عزیزم خانم ها: وفایی، حاجی اشرفی، کریمی، آدینه و مهرانی، آقایان: فضائلی، نجفی، صادقی و رضایی صمیمانه ترین تشکرات را دارم و همنشینی با این دوستان موهبتی بود الهی.

از تمامی دوستان گرامیم در گروه شیمی ممنون و سپاسگزارم.

تقدیم به :

استوارترین کوه پدرم

مقدس مریم زمین مادرم

برادر و خواهر عزیزم

و

همسر خوبم

که همیشه دعای خیرشان بدرقه راهم بوده است

چکیده :

کمپلکس های جدید ۲- متیل- ۸– کوئینولاتو روی دی کلرید، بیس ۲- متیل -۸- کوئینولین بیس (استاتو متوکسید) روی (II) و بیس استاتو بیس (μ_3- ۸- کوئینولاتو) تترا کیس (μ_2 - ۸- کوئینولاتو) تترا روی (II) دو آبه از نمک های فلز روی به روش لوله جانبی تهیه گردیدند. کمپلکس ها با طیف سنجی های رزونانس مغناطیسی هسته (^{1}H-NMR) و IR شناسایی و ساختار آنها بوسیله پراش اشعه ایکس از تک بلور تعیین گردید. ترکیب ۲- متیل- ۸– کوئینولاتو روی دی کلرید در سیستم مونو کلینیک با گروه فضایی $P2_1/n$ با چهار مولکول در سلول واحد متبلور می شود. پارامتر های سلول واحد عبارتند از: a = 10.0717(2) Å، b = 13.7886(3) Å، c = 15.4828(3)Å و β = 165.48(1)° ، ترکیب بیس۲- متیل -۸- کوئینولین بیس(استاتو متوکسید) روی(II) در سیستم تری کلینیک با گروه فضایی $P\bar{1}$ با یک مولکول در سلول واحد متبلور می شود. پارامتر های سلول واحد عبارتند ازa= 6.9496(1)Å ، b= 9.6262(2)Å ، c= 9.8232(2)Å ، α= 75.241(1)°، β= 89.688(1)°و γ= 86.596(1)° ، ترکیب بیس استاتو بیس (μ_3- ۸- کوئینولاتو) تترا کیس (μ_2- ۸- کوئینولاتو) تترا روی II دو آبه نیز در سیستم تری کلینیک با گروه فضایی $P\bar{1}$ با یک مولکول در سلول واحد متبلور می شود. پارامتر های سلول واحد عبارتند از: a=11.3313(3)Å، b=11.8367(3)Å ، c=13.5379(3)Å ، α=111.070(2)° ، γ= 112.579(2)°، β= 107.740(1)° .

ترکیب دی اتیل روی ($ZnEt_2$) از واکنش $ZnCl_2$ با مشتق گرینیارد EtMgBr تهیه گردید و به عنوان پیش ماده برای تهیه ۲- متوکسی اتوکساید روی [$Zn(OCH_2CH_2OCH_3)_2$]، ۲- اتوکسی اتوکساید روی [$Zn(OCH_2CH_2OCH_2CH_3)_2$] و ۲-(۲-اتوکسی -اتوکسی)-اتوکساید روی[$Zn(OCH_2CH_2OCH_2CH_2OCH_2CH_3)_2$] به کار گرفته شد. اکسید روی از هیدرولیز آلکوکسید های ذکر شده تهیه گردید و محصولات حاصل با طیف سنجی IR و پراش اشعه ایکس (XRD) شناسایی شدند. افزون بر آن دای اتیل روی و کمپلکس بیس۲- متیل -۸- کوئینولین بیس(استاتو متوکسید) روی(II) به ترتیب با روش های هیدرولیز و پیرولیز برای تهیه اکسید روی به کار گرفته شدند. اکسید روی تهیه شده نیز با طیف سنجی IR و پراش اشعه ایکس مورد مطالعه قرار گرفت و مورفولوژی آنها بوسیله میکروسکوپ الکترونی روبشی بررسی گردید. اندازه ذرات روی تهیه شده با روش های مختلف با یکدیگر مقایسه گردید و اثر دما و روش تهیه در خواص نهایی اکسید تهیه شده تعیین گردید

فهرست مطالب:

عنوان ..... صفحه

فصل اول مقدمه

۱- مقدمه: ۱

۱-۱- فناوری نانو ۱

۱-۱-۱ - اکسید های نیمه هادی ۴

۱-۱-۲- Ga_2O_3 ..... ۴

۱-۱-۳- SnO_2 ..... ۶

۱-۱-۴- MgO ۹

۱-۱-۵- GeO_2 ..... ۱۰

۱-۱-۶- ZnO ۱۲

۱-۱-۶-۱- خواص شیمیایی ZnO ۱۳

۱-۱-۶-۲- خواص مکانیکی ZnO ۱۴

۱-۱-۶-۳- خواص الکترونی ۱۴

۱-۱-۶-۴: خواص فیزیکی ۱۴

۱-۱-۶-۵- کاربردهای ZnO ۱۵

۱-۱-۷- روش های تهیه ZnO ۱۶

۱-۱-۷-۱- ته نشینی مستقیم ۱۷
۱-۱-۷-۲- روش گرمابی ۱۹
۱-۱-۷-۳- تبخیر حرارتی ۲۱
۱-۱-۷-۴- تجزیه حرارتی ۲۲
۱-۱-۷-۵- روش استفاده از قالب ۲۵
۱-۱-۷-۶- ته نشست بخار شیمیایی ۲۷
۱-۲- بررسی برخی از کمپلکس های فلز روی با لیگاند ۸-هیدروکسی کوئینولین: ۳۰

فصل دوم تجربی

۲- روش تجربی ۳۵
۲-۱- دستگاه ها ۳۵
۲-۱-۱- دستگاه طیف سنج رزونانس مغناطیسی هسته ۳۵
۲-۱-۲- دستگاه طیف سنج زیر قرمز ۳۵
۲-۱-۳- دستگاه پراش اشعه ایکس از تک بلور ۳۵
۲-۱-۴- دستگاه پراش اشعه ایکس ۳۵
۲-۱-۵- دستگاه میکروسکوپ الکترونی روبشی ۳۶
۲-۱-۶- دستگاه تجزیه حرارتی ۳۶
۲-۱-۷- کوره الکتریکی ۳۶

۲-۱-۸- دستگاه اندازه گیری نقطه ذوب..... ۳۶

۲-۲- مواد اولیه..... ۳۷

۲-۳- خشک کردن حلال ها..... ۳۸

۲-۴- تهیه ترکیبات فلزی آلی روی و تبدیل آن به نانو ذرات اکسید روی..... ۳۸

۲-۴-۱- تهیه $ZnEt_2$ ۳۸

۲-۴-۲- هیدرولیز $ZnEt_2$..... ۳۹

۲-۴-۳- سنتز ۲- متوکسی اتوکساید روی و هیدرولیز آن..... ۴۰

۲-۵- تهیه کمپلکس های روی با لیگاند ۸-هیدروکسی کوئینولین و مشتقات آن (به عنوان پیش ماده جهت سنتز نانو ذرات اکسید روی)..... ۴۱

۲-۵-۱- تجزیه حرارتی ترکیب بیس۲-متیل کوئینولاتو استاتو متوکسید روی..... ۴۱

فصل سوم بحث و نتایج

۳- بحث و نتایج..... ۴۲

۳-۱- شناسایی کمپلکس های روی..... ۴۲

۳-۱-۱- شناسایی کمپلکس ۲- متیل-۸-کوئینولاتو روی دی کلرید..... ۴۲

۳-۱-۱-۱- بررسی نتایج طیف ^1H- NMR..... ۴۲

۳-۱-۱-۲- بررسی نتایج طیف IR..... ۴۲

۳-۱-۱-۳- بررسی نتایج پراش اشعه X از تک بلور:..... ۴۳

۳-۱-۲- شناسایی ترکیب بیس ۲- متیل-۸- کوئینولاتو بیس (استاتو متوکسید) روی (II) ۴۷

۳-۱-۲-۱- بررسی نتایج طیف ^{1}H-NMR ۴۷

۳-۱-۲-۲- بررسی نتایج طیف IR ۴۸

۳-۱-۲-۳- بررسی نتایج پراش اشعه X از تک بلور:..... ۴۸

۳-۱-۳- شناسایی ترکیب بیس استاتو بیس (μ_3- ۸- کوئینولاتو) تتراکیس(μ_2- ۸- کوئینولاتو) تترا روی II دو آبه ۵۲

۳-۱-۳-۱-بررسی نتایج پراش اشعه ایکس از تک بلور..... ۵۲

۳-۲- بررسی ویژگی های اکسید روی حاصل از پیرولیز کمپلکس بیس ۲-متیل-۸- کوئینولاتو بیس (استاتو متوکسید) روی (II)..... ۵۸

۳-۲-۱- بررسی نتایج طیف IR..... ۵۸

۳-۲-۲- بررسی نتایج الگوی XRD..... ۵۹

۳-۲-۳- بررسی میکروگراف SEM..... ۶۱

۳-۳- بررسی ویزگی های اکسید روی حاصل از هیدرولیز ترکیبات فلزی- آلی روی ۶۲

۳-۳-۱- بررسی نتایج حاصل از هیدرولیز ۲- متوکسی اتوکسید روی[$(CH_3OCH_2CH_2O)_2Zn$]..... ۶۲

۳-۳-۱-۱- بررسی نتایج طیف IR..... ۶۲

۳-۳-۱-۲- بررسی نتایج الگوی XRD..... ۶۴

۳-۳-۲- بررسی ویژگی های اکسید روی حاصل از هیدرولیز ۲- اتوکسی اتوکساید روی و ۲- (۲- اتوکسی اتوکسی)- اتوکساید روی ۶۹

۳-۳-۲-۱- بررسی نتایج طیف IR ۶۹

۳-۳-۲-۲- بررسی نتایج الگوی پراش XRD ۶۹

۳-۲-۳- بررسی ویژگی های اکسید روی حاصل از هیدرولیز مستقیم $ZnEt_2$ ۷۲

۳-۲-۳-۱- بررسی نتایج طیف IR ۷۳

۳-۲-۳-۲- بررسی نتایج الگوی پراش اشعه ایکس ۷۳

نتیجه گیری کلی ۷۶

منابع ۷۸

فصل اول

مقدمه

۱- مقدمه:

۱-۱- فناوری نانو

تعریف واحدی برای فناوری نانو که کاربرد جهانی داشته باشد وجود ندارد. موضوع فناوری نانو، تولید، مطالعه و به کار بستن ساختار هایی است که ابعاد آنها کمتر از صد نانومتر باشد. یک نانو متر برابر یک میلیونیوم یک میلی متر است که برابر 10^{-9} m است. در مقایسه با قطر یک تار مو که برابر ۵۰۰۰۰ nm است مشاهده می شود که یک نانو متر ۵۰۰۰۰ برابر از قطر یک تار مو کوچکتر است همچنین قطر اتم هیدروژن در حدود ۰/۱ nm می باشد.

اصول فناوری نانو بر اساس کاربردهای جدید بدست آمده از ترکیبات با ساختارهای در مقیاس نانو است. این کاربردهای جدید بیشتر از تغییر نسبت سطح به حجم اتم ها و رفتار کوانتوم مکانیکی آنها نتیجه می شود. بعلاوه فناوری نانو به خاطر نوآوری هایی که در صنایع مختلف ایجاد کرده بسیار مورد توجه قرار گرفته است. نانو ذرات، به مواد طبیعی و مصنوعی ساخته شده در صنعت که کوچکتر از صد نانومتر باشند اطلاق می شود. با تولید ذرات کوچکتر از صد نانومتر و بررسی آنها مشاهده می شود که بعضی از خواص و عملکردهای این مواد تغییر می کند. بدین معنی که خواص، وابسته به اندازه ذرات می باشد، در صورتی که تصور می شود که خاصیت یک ماده مشخص ثابت است. برخی از این خواص عبارتند از: رسانایی الکتریکی، خاصیت مغناطیسی، رنگ، سختی مکانیکی، نقطه ذوب، شکاف نواری در نیمه هادی ها، دمای ذوب ویژه و ..... که با تغییر اندازه و ساختار مواد تغییر می کنند. به عنوان مثال می توان به کادمیوم تلوراید (CdTe) اشاره کرد که بسته به اندازه ذرات در بازه ۲ تا ۵ نانومتر در رنگ های مختلف دیده می شود.

همچنین شیمی سطح مواد را به نانو ذرات نسبت داده اند، به طوریکه کشف شده است واکنش پذیری شیمیایی با کاهش اندازه ی ذرات افزایش می یابد [۱] .

فناوری نانو، توانمندی تولید مواد، ابزارها و سیستم های جدید با دردست گرفتن کنترل در سطوح مولکولی و اتمی و استفاده از خواصی است که در آن سطوح ظاهر می شود. از همین تعریف ساده بر می آید که فناوری نانو یک رشته جدید نیست، بلکه رویکردی جدید در تمام رشته هاست. زمانی که برای اولین بار در سال ۱۹۵۹ فایمن فیزیکدان برجسته آمریکایی ایده کار با اتم ها و مولکولها را مطرح کرد، محققان جهان به کار در این عرصه روی آوردند و برای فناوری نانو کاربردهایی را در حوزه های مختلف از غذا، دارو، تشخیص پزشکی و بیوتکنولوژی تا الکترونیک و کامپیوتر، ارتباطات، حمل و نقل، انرژی، محیط زیست، مواد، هوا فضا و امنیت ملی بر شمرده اند. کاربردهای وسیع این عرصه به همراه اثرات اجتماعی، سیاسی و حقوقی آن، این فناوری را به عنوان یک زمینه (فرا رشته ای و فرابخشی) مطرح نموده است. علوم فناوری نانو، عنصری اساسی در درک بهتر طبیعت در دهه های آتی خواهد بود. از جملهِ موارد مهم در آینده، همکاری های تحقیقاتی میان رشته ای، آموزش خاص و انتقال ایده ها به صنعت خواهد بود. بخشی از تأثیرات و کاربردهای فناوری نانو به شرح زیر می باشد[۲ و ۳].

تولید مواد و فرآورده های صنعتی: ساخت مواد سبکتر، مستحکم تر، قابل برنامه ریزی و هوشمند، کاهش هزینه، افزایش عمر، ابزارهای جدید بر پایه اصول و معماری جدید، ساخت مولکولی و .... یکی از ویژگی های فناوری نانو می باشد.

پزشکی، داروسازی و مراقبت های بهداشتی: در زمینه پزشکی، فناوری نانو در توسعه نانوبیوحسگر ها و تکنولوژی تصویر برداری جدید برای تشخیص زودتر و درمان بیماری هایی مثل سرطان، روش بیماری شناسی و درمان کارامدتر و ارزان تر، کمک به بینایی و شنوایی، مواد جدید سازگار با محیط زیست که باعث افزایش زمان نگهداری اندام مصنوعی می گردد، استفاده از دستگاه های پزشکی کوچک و هوشمند، ارسال دارو به طور مستقیم به سلول های آسیب دیده و ..... مورد استفاده قرار می گیرد.

الکترونیک و کامپیوتر: ساخت تراشه ها و کامپیوترهای سریعتر با نانوترانزیستورها، حافظه های با ظرفیت بسیار بالاتر، پهنای باند ارتباطی بالا، نسل جدیدی از ردیاب ها، پردازنده ها و نانو دستگاه ها از دیگر کاربردهای فناوری نانو است.

منابع طبیعی و محیط زیست: در منابع طبیعی، فناوری نانو در تخلیص و نمک زدایی آب، کاهش مصرف بنزین با تغییر در خودرو ها، تایر های سازگار با محیط زیست، استفاده از نانو پودرها برای رفع آلودگی، استفاده از سیستم های نانو روباتیک و هوشمند برای مدیریت فاضلاب های محیط زیستی و .... استفاده می شود.

انرژی: بهبود تبدیل انرژی خورشیدی به الکتریسیته، بهبود تبدیل انرژی هیدروژن به انرژی گرمایی، ذخیره ایمن هیدروژن با فناوری نانو امکان پذیر است.

ابزارهای نظامی و امنیت ملی: در زمینه نظامی از فناوری نانو در ساخت سلاح های جدید، هوشمندی بیشتر مهمات نظامی، ابزارهای محافظت در برابر سلاح های میکروبی و شیمیایی و تسلط بیشتر بر اطلاعات و ..... استفاده می شود.

علوم مهندسی نانو، منجر به درک بهتر طبیعت، پیشرفت در پژوهش و آموزش پایه و تغییرات عمده در تولیدات صنعتی، اقتصاد، بهداشت، مدیریت محیط زیست و حفظ منابع طبیعی خواهد شد. به گونه ای که در ۱۰ تا ۱۵ سال آینده یک بازار جهانی بیش از ۱۰۰۰ میلیارد دلاری را ایجاد خواهد کرد و جهان را برای رسیدن به توسعه پایدار امیدوار ساخته است [۲].

۱-۱-۱ - اکسید های نیمه هادی

در طول دهه ی گذشته، پیشرفت های بسیار زیادی در زمینه ی نانو ذرات صورت گرفته است. به ویژه اکسید های نیمه هادی، به علت توانایی خوب آنها برای کاربردهای حفاظت محیطی، بسیار مورد توجه قرار گرفته اند. کاربردهایی مانند تصفیه هوا، تصفیه آب، گندزدایی و ضد عفونی کردن آب، بازسازی ضایعات و زباله های مضر و ...[۴] .

همچنین اکسید های فلزی نیمه هادی نانو، به خاطر خواص نوری و الکتریکی خود و کارایی آنها در تجهیزات الکتریکی و الکترو نوری، بسیار مورد توجه قرار گرفته اند. از جمله GeO_2 ، Ga_2O_3 ، SnO_2 ، MgO و ZnO .

۱-۱-۲- Ga_2O_3 :

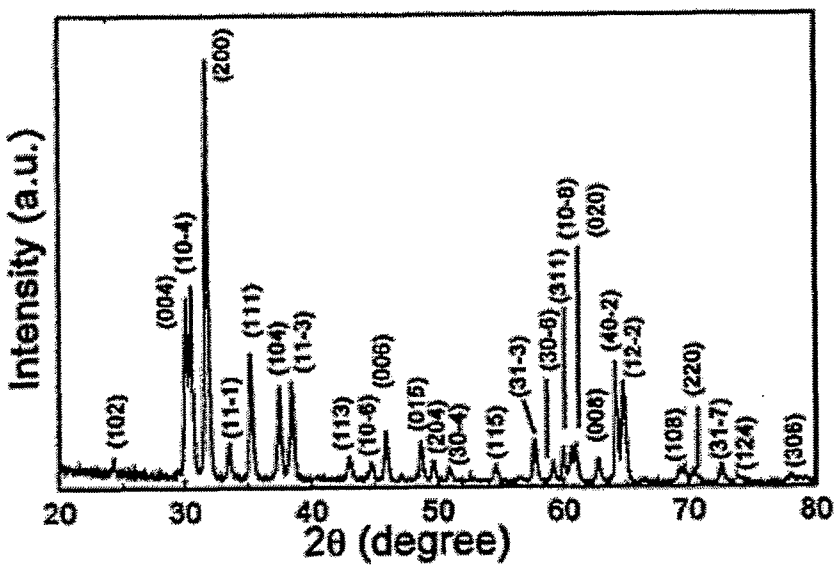
ساختار های با ابعاد نانوی این ماده به علت خواص مکانیکی، الکتریکی و نوری قابل توجه و خوبی که دارد، توجهات بسیار زیادی را به خود اختصاص داده است. اکسید گالیم مونوکلینیک (β-Ga_2O_3) یک نیمه هادی با شکاف نواری حدود ۴/۹eV است. این ماده خاصیت هدایت و لومینسانس از خود نشان می دهد و قابلیت به کارگیری در تجهیزات الکترونوری و سنسورهای گازی پایدار در دماهای بالا را دارا می باشد. اکسید گالیم در اندازه های نانو، با نسبت سطح به حجم بالا دارای خواص نوری و هدایتی قابل توجهی می باشد. به تازگی β-Ga_2O_3 به روش های متنوعی سنتز شده است. از جمله تخلیه قوس الکتریکی (روشی که بر پایه ی مکانیسم رشد کاتالیستی است) ، تبخیر فیزیکی (طی فرایند بخار- جامد یا VLS) ، میکروویو، اکسایش حرارتی، ته نشست بخار شیمیایی مواد فلزی - آلی (MOCVD) و ...[۵ و ۶].

اکسید گالیم در اندازه نانو، در مقایسه با پودر اکسید گالیم توده ای ، دارای نشر نور آبی شدیدتری است. برای تهیه نانوساختار اکسید گالیم، حتی وقتی از کاتالیزور فلزی و یا منبع گالیم فلزی

استفاده می شود ، اجتناب از سیستم های واکنش بسیار پیچیده و دمای واکنش بالا جهت سنتز به روش های ذکر شده ، ممکن نیست (دماهای بالاتر از دمای ذوب منابع گالیم مورد استفاده از جمله GaN و GaAs).

یک روش ساده ی سنتز اکسید گالیم، تبخیر فیزیکی است که به اختصار به شرح آن پرداخته می شود: از بلورهای GaAs که بر روی لایه ای از Au نشانده شده است به عنوان پیش ماده استفاده می شود. در این روش GaAs را درون یک لوله سرامیکی قرار می دهند و سیستم تا دمای ۱۲۴۰°C حرارت می بیند که این دما کمی بالاتر از نقطه ذوب GaAs است و ترکیب به مدت یک ساعت در این دما تحت جریان ثابت مخلوط گازهای Ar/O_2 به نسبت ۴:۱ قرار می گیرد. ماده ی قرمز رنگی در جداره ی لوله ایجاد می شود که همان اکسید گالیم است، که سیم هایی به قطر ۵۰-۲۰ nm و به طول چندین میکرو متر هستند [۶] . میکروگراف و الگوی پراش اشعه ایکس یک نمونه از اکسید گالیم که به این روش تهیه شده است به ترتیب در شکل های ۱-۱ و ۱-۲ نمایش داده شده است.

شکل ۱-۱: شکل TEM نانو ذرات Ga_2O_3 [۶] .



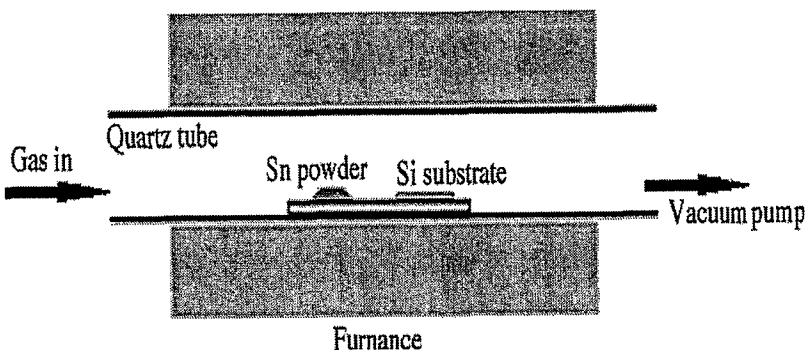
شکل ۱-۲: الگوی پراشXRD نانوسیم های سنتز شده [۶].

SnO_2 -۳-۱-۱:

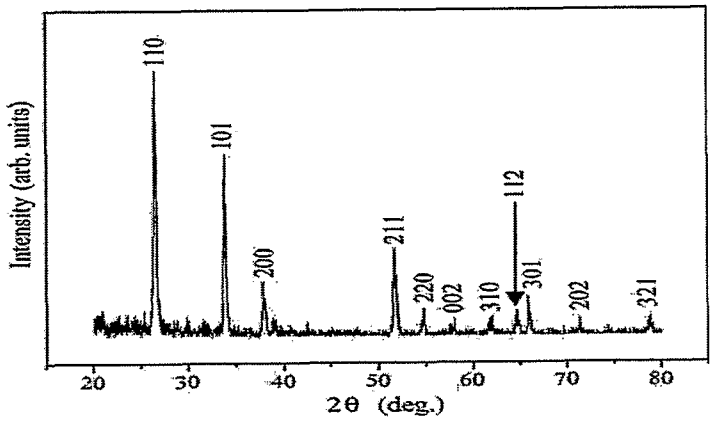
اکسید قلع IV ، یک اکسید فلزی نیمه هادی با شکاف نواری eV ۳/۶ و خاصیت آمفوتری می باشد. از این اکسید به عنوان یک اکسید نیمه رسانا در تجهیزات الکترونوری استفاده می شود. مطالعات اخیر نشان داده است که نانو ساختارهای SnO_2 می توانند به عنوان شناساگر گازهای مختلف به کار گرفته شوند. به کار بردن چنین نانو بلورهایی به عنوان سنسور گازی، چندین برتری دارد از جمله : دمای عمل پایین، نسبت سطح/ حجم بالا و ....[۷].

روش های متنوعی برای سنتز SnO_2 وجود دارد از جمله : سل- ژل [۸] ، سنتز شیمیایی [۹] ، تبخیر حرارتی [۱۰] ، تجزیه حرارتی یکی از نمک های قلع [۱۱] ، فرایند V-L-S [۱۲] و اکسید کردن بخار قلع [۱۳] و ....

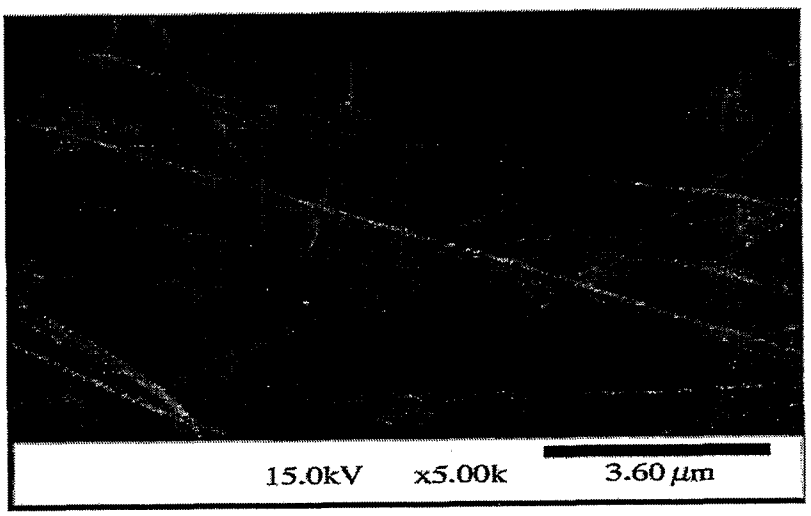
یکی از روش های سنتز اکسید قلع که انتقال فاز بخار است به اختصار شرح داده می شود : مقداری از پودر Sn دریک لوله ی کوارتزی ریخته می شود و کمی هم از پودر Si در پایین دست پودر قلع در جهت جریان گاز آرگون قرار می داده می شود . سیستم به سرعت تا دمای $800^{\circ}C$ حرارت می بیند، پودر Sn در این دما تبخیر می شود و نمونه به مدت دو ساعت در این دما مانده و جریان گاز اکسیژن هم اضافه می شود. بعد از دو ساعت نمونه تا دمای محیط خنک می شود . ذرات SnO_2 سنتز شده بر روی Si ، نانو سیم هایی با طول چند ده نانومتر هستند. شکل ۱-۳ فرایند تهیه این اکسید را به روش انتقال فاز بخار نشان می دهد [۱۴]. الگوی پراش اشعه ایکس و مورفولوژی یک نمونه از اکسید قلع که به این روش تهیه شده است به ترتیب در شکل های ۱-۴ و ۱-۵ نشان داده شده است.



شکل ۱-۳ : پودر قلع و لایه Si به فاصله ۱۰ mm از هم در مرکز لوله کوارتزی قرار داده شده اند [۱۴].



شکل ۱-۴ : الگوی پراش محصول SnO_2 [۱۳].



شکل ۱-۵ : میکروگراف SEM نانو سیم های SnO_2 سنتز شده در $800^{\circ}C$ بر روی بستر سیلیکاتی [۱۴].