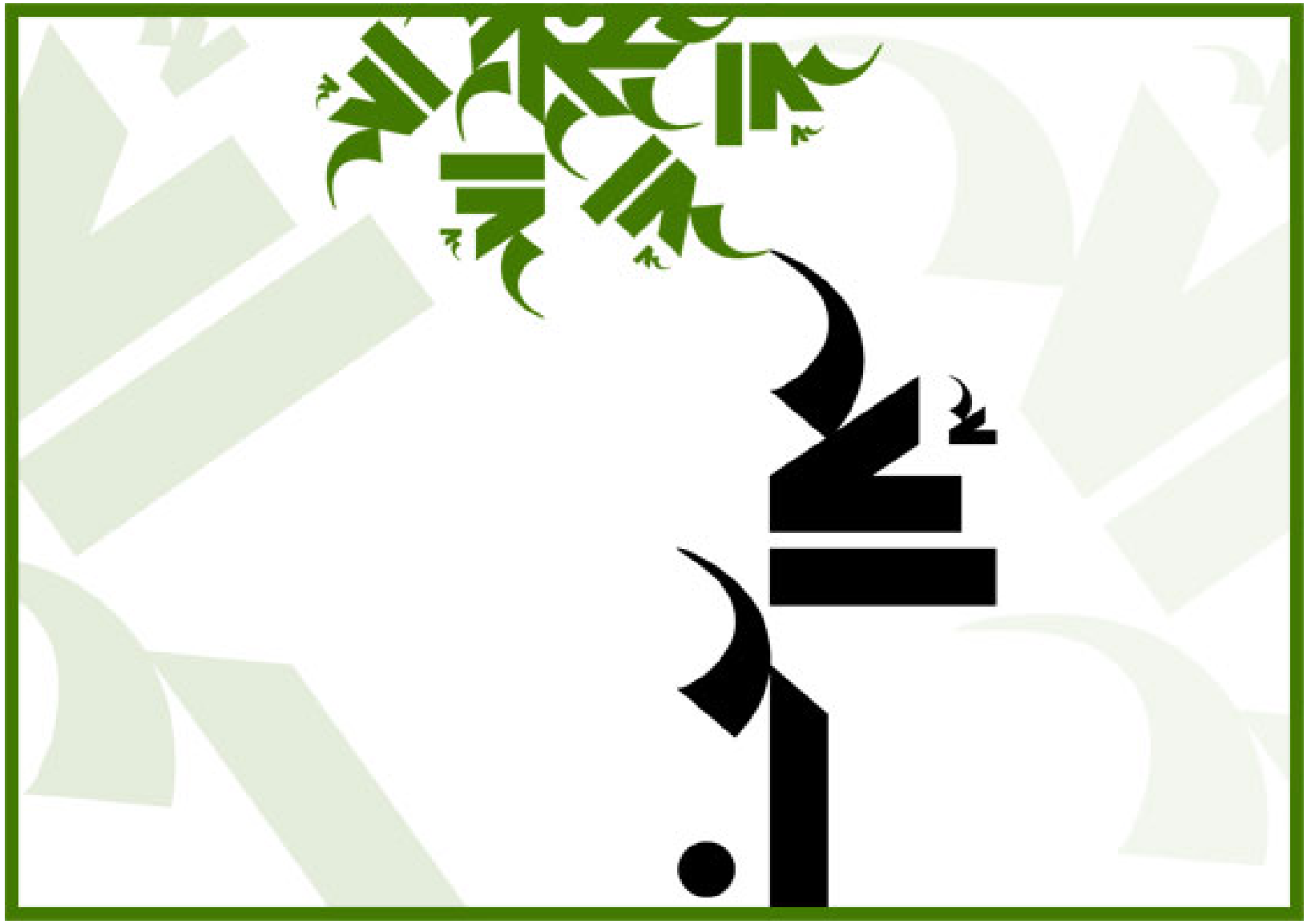

دانشگاه سمنان

دانشکده مهندسی، مواد و صنایع

پایان‌نامه برای اخذ درجه کارشناسی ارشد مهندسی مواد - گرایش انتخاب و شناسایی مواد فلزی

عنوان:

تولید نانو ذرات اکسید روی با روش مکانوشیمیایی

دانشجو:

زهرا سادات بینش‌طریق

اساتید راهنما:

دکتر عباس هنربخش رئوف

دکتر جلیل وحدتی خاکی

زمستان ۱۳۹۰

بنام خدا

دانشگاه سمنان

دانشکده مهندسی

صورت جلسه دفاعیه پایان نامه کارشناسی ارشد

پایان نامه خانم **زهرا سادات بینش‌طریق** برای اخذ کارشناسی ارشد **مهندسی مواد- گرایش انتخاب و شناسایی مواد فلزی** تحت عنوان: **تولید نانو ذرات اکسید روی با روش مکانوشیمیایی**

در جلسه مورخ ۹۰/۱۰/۲۶ بررسی و با نمره **مورد تایید قرار گرفت.**

هیئت داوران :

استاد راهنما : **دکتر جلیل وحدتی خاکی** امضاء .....

استاد راهنما : **دکتر عباس هنربخش رئوف** امضاء .....

استاد داور : **دکتر مردعلی یوسف‌پور** امضاء .....

استاد داور : **دکتر امید میرزایی** امضاء .....

مسئول تحصیلات تکمیلی : **دکتر امید میرزایی** امضاء .....

اینجانب .....متعهد می شوم که محتوای علمی این نوشتار با عنوان

.....

که به عنوان پایان نامه کارشناسی ارشد رشته ..... گرایش .....

به گروه مهندسی ..... دانشکده مهندسی دانشگاه سمنان ارائه شده ، دارای اصالت پژوهشی و حاصل فعالیت های علمی اینجانب می باشد.

در صورتی که خلاف ادعای فوق در هر زمانی محرز شود ، کلیه حقوق معنوی متعلق به این پایان نامه از اینجانب سلب شده و موارد قانونی مترتب به نیز از طرف مراجع زیربط قابل پیگیری است.

نام و نام خانوادگی :

شماره دانشجویی : امضا

تقدیم به

پدر و مادر مهربانم

و

همسر عزیزم

تشکر و قدردانی

سپاس بیکران پروردگار یکتا را، که هستی ام بخشید و مرا به طریق علم و دانش رهنمون و به همنشینی رهروان دانش مفتخرم نمود.

گذر از این راه و فائق آمدن بر دشواری های آن ممکن نبود مگر به عنایت ایزد منان و به یاری عزیزانی که از الطافشان بهره برده ام، از همه این بزرگواران صمیمانه سپاسگزارم .....

پدر و مادر مهربانم، اسوه های زیبایی، مهر و تلاش، که در دوران تحصیل مایه دلگرمی من بودند و مرا یاری نموده اند،

همسر عزیزم، پشتیبان همیشه و همنوزم، به پاس از خودگذشتگی و فداکاری هایش،

جناب آقای دکتر جلیل وحدتی خاکی و جناب آقای دکتر عباس هنرنخش رئوف، اساتید گرانقدرم، به پاس راهنمایی ها، حمایت ها و محبت های بی دریغشان،

جناب آقای دکتر امید میرزایی و جناب آقای دکتر مرد علی یوسف پور، داوران بزرگوار، که زحمت داوری پایان نامه را بر عهده داشتند،

جناب آقای دکتر حبیب اله زاده، مدیر گروه محترم مواد و **جناب آقای دکتر تجلی**، رئیس محترم دانشکده مواد و صنایع،

جناب آقای مهندس شاهی، تکنسین محترم دانشکده مواد، به ویژه جناب آقای **مهندس رضایی** و سرکار **خانم هاشمیان** از دانشگاه فردوسی مشهد، بابت همکاری هایی که در طی انجام این پروژه با اینجانب داشته اند،

در پایان از همه عزیزانی که به نحوی در انجام و پیشرفت این تحقیق، نقش بسزایی داشته و ذکر اسامی ایشان در اینجا مقدور نیست، کمال تشکر و قدردانی را می نمایم.

چکیده

در این مطالعه نانو ذرات اکسید روی به کمک روش مکانوشیمیایی با استفاده از هیدروکسید کربنات روی به عنوان ماده اولیه و نمک به عنوان رقیق کننده، تولید شده است. فرایند مکانوشیمیایی شامل فعال سازی مکانیکی واکنش‌های جانشینی حالت جامد می‌باشد که در دمای پایین و در یک آسیای گلوله‌ای انجام می‌شود. پودر هیدروکسید و نمک را با توجه به مقدار نسبت مولی نمک به پودر هیدروکسید (۷۵ و ۵۰ ، X=۲۵) مخلوط کرده و به مدت یک ساعت در دمای ۱۱۰°C خشک می‌شود. سپس مخلوط پودری به مدت ۱۰ و ۲۴ ساعت آسیا می‌گردد. پودر حاصل از آسیاکاری، برای تجزیه به اکسید روی به مدت ۲ ساعت در دمای ۴۵۰°C قرار گرفته و سپس برای حذف نمک (با استفاده از حمام اولتراسونیک و کاغذ صافی) شستشو شده و بعد ۲ ساعت در دمای ۱۱۰°C قرار می‌گیرد تا خشک شود. ماده حاصل توسط پراش اشعه ایکس (XRD) و میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM) و میکروسکوپ الکترونی عبوری (TEM) آنالیز شده است. اندازه کریستال‌ها و کرنش داخلی به کمک الگوهای XRD و با استفاده از فرمول و منحنی Williamson-Hall اندازه‌گیری شده است. اثر میزان نمک (نسبت مولی نمک به هیدروکسید کربنات روی) و زمان آسیاکاری روی اندازه نانو کریستال‌های اکسید روی بررسی شده است.

حاصل این پژوهش نشان می‌دهد که امکان تولید نانو ذرات اکسید روی با روش مکانوشیمیایی وجود دارد. نتایج تجربی نشان می‌دهد که اندازه نانوکریستال‌های اکسید روی با افزایش نسبت مولی نمک به هیدروکسید کربنات روی و زمان آسیاکاری، کاهش یافته که این موضوع به کمک الگوهای XRD و تصاویر SEM به اثبات رسیده است. نتایج پراش اشعه ایکس نشان می‌دهد که ساختار کریستالی اکسید روی تولید شده هگزاگونال می‌باشد. اندازه متوسط ذرات تولید شده، با توجه به تصویر TEM حدود ۲۵ نانومتر می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: اکسید روی، نانو ذرات، سنتز مکانوشیمیایی، فرمول ویلیامسون ـ هال

فهرست مطالب

عنوان ..... **صفحه**

فهرست جداول ..... د

فهرست شکل‌ها ..... ه

فصل اول- مقدمه ۱

۱-۱. مقدمه ۲

فصل دوم- مروری بر منابع ۵

۲-۱. نانو ذرات ۶

۲-۲. روش‌های تولید نانو ذرات ۱۰

۲-۲-۱. فرایندهای مکانیکی ۱۱

۲-۲-۱-۱. سنتز مکانوشیمیایی ۱۱

۲-۲-۲. فرایندهای شیمیایی (فاز مایع) ۱۶

۲-۲-۲-۱. روش سل- ژل ۱۶

۲-۲-۲-۲. روش رسوبی ۱۷

۲-۲-۲-۳. روش مایسل معکوس ۲۰

۲-۲-۲-۴. روش هیدروترمال ۲۲

۲-۲-۲-۵. سنتز احتراقی در محلول ۲۳

۲-۳. روش‌های تولید نانو ذرات اکسید روی ۲۴

فصل سوم- روش انجام آزمایش ۳۳

۳-۱. تجهیزات و مواد اولیه ۳۴
۳-۲. روند آزمایش ۳۹
فصل چهارم- نتایج و بحث **۴۳**
۴-۱.مقدمه ۴۴
۴-۲. بررسی ساختار کریستالی نانو ذرات ۴۴
۴-۳. بررسی مورفولوژی نانو ذرات ۵۷
۴-۴. بررسی ابعاد نانو ذرات ۶۱
فصل پنجم- نتیجه گیری **۶۳**
۵-۱. نتیجه گیری ۶۴
۵-۴. پیشنهادات ۶۵
فهرست منابع ۶۷
چکیده انگلیسی ۷۰

فهرست جداول

عنوان ..... **صفحه**

جدول۲-۱. برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی نانو ذرات ۷

جدول۲-۲. نمونه‌هایی از مطالعات انجام شده در زمینه واکنش‌های مکانوشیمیایی ۱۳

جدول۲-۳. مقایسه بین روش‌های گوناگون سنتز پودرها ۲۴

جدول۳-۱. مشخصات پودر هیدروکسید کربنات روی ۳۴

جدول۴-۱. مقادیر کرنش داخلی و اندازه کریستال‌ها ۵۲

فهرست شکل‌ها

عنوان ..... **صفحه**

شکل ۲-۱. روش‌های متنوع برای ساخت نانو مواد ۱۱

شکل۲-۲. عوامل اصلی انجام واکنش شیمیایی در دمای محیط طی فرایند آسیاکاری مکانیکی ۱۳

شکل۲-۳. فرایند سل- ژل در مسیر کلوئیدی ۱۶

شکل۲-۴. فرایند سل- ژل در مسیر آلکوکسیدی ۱۷

شکل۲-۵. فرایند هسته زایی ۱۹

شکل۲-۶. مولکول سورفکتانت دارای سرقطبی آب‌دوست و دم غیرقطبی آب‌گریز، مایسل نرمال و مایسل معکوس ۲۱

شکل۲-۷. مکانیزم پیشنهادی برای تشکیل نانو ذرات توسط روش مایسل معکوس ۲۲

شکل۲-۸. اثر زمان آسیاکاری روی نانو ذرات اکسید روی برای نمونه‌ای با نسبت مولی $NaCl/ZnCl_2=8$ ۲۶

شکل۲-۹. تصویر TEM نانو کریستال ZnO برای نمونه‌ای با نسبت مولی 8 و آسیا شده طی ۶ ساعت ۲۶

شکل۲-۱۰. میکروگراف TEM نانوذرات ZnO به دست آمده از مخلوط پودری$ZnCl_2 + Na_2CO_3 + 8.6NaCl$ ۲۷

شکل۲-۱۱. تصویر SEM نانو ذرات ZnO ۲۸

شکل۲-۱۲. تصویر TEM نانو ذرات ZnO ۲۸

شکل۲-۱۳. میکروگراف TEM از نانو ذرات ZnO ۲۹

شکل۲-۱۴. روند پروسه سنتز نانو ذرات اکسید روی از طریق P&P ۳۰

شکل۲-۱۵. شماتیک دستگاه چرخش آب فوق بحرانی، PG: فشارسنج و TC: ترموکوپل ۳۱

شکل۲-۱۶. تصویر SEM نانوذرات ZnO تولید شده با محلول نیترات روی و هیدروکسید پتاسیم با روش SHS ۳۱

شکل۲-۱۷. تصویر TEM نانوذرات ZnO تولید شده با محلول نیترات روی و هیدروکسید پتاسیم با روش SHS ۳۲

شکل۲-۱۸. الگوی XRD نانوذرات ZnO تولید شده با محلول نیترات روی و هیدروکسید پتاسیم با روش SHS ۳۲

شکل ۳-۱. الگوی XRD پودر هیدروکسید کربنات روی ۳۵

شکل ۳-۲. کارت ASTM مربوط به پودر هیدروکسید کربنات روی ۳۶

شکل ۳-۳. آسیاب گلوله‌ای ماهواره‌ای مورد استفاده ۳۷

شکل ۳-۴. گلوله‌های مورد استفاده در سه سایز مختلف ۳۷

شکل ۳-۵. آون مورد استفاده برای خشک کردن مواد ۳۸

شکل ۳-۶. حمام اولتراسونیک مورد استفاده ۳۸

شکل ۳-۷. چارت روند کلی فرایند ۴۰

شکل ۴-۱. کارت ASTM مربوط به اکسید روی ۴۵

شکل ۴-۲. نتایج پراش اشعه ایکس (XRD) نمونه شماره ۱ (X = 25, t = 10 h) ۴۶

شکل ۴-۳. نتایج پراش اشعه ایکس (XRD) نمونه شماره ۲ (X = 50, t = 10 h) ۴۶

شکل ۴-۴. نتایج پراش اشعه ایکس (XRD) نمونه شماره ۳ (X = 75, t = 10 h) ۴۷

شکل ۴-۵. نتایج پراش اشعه ایکس (XRD) نمونه شماره ۴ (X = 25, t = 24 h) ۴۷

شکل ۴-۶. نتایج پراش اشعه ایکس (XRD) نمونه شماره ۵ (X = 50, t = 24 h) ۴۸

شکل ۴-۷. نتایج پراش اشعه ایکس (XRD) نمونه شماره ۶ (X = 75, t = 24 h) ۴۸

شکل ۴-۸. نمودار FWHM برحسب X برای بلندترین پیک مربوط صفحه (۱۰۱) ۴۹

شکل ۴-۹. الگوی XRD نانو ذرات اکسید روی تولید شده در ۱۰ ساعت ۵۰

شکل ۴-۱۰. الگوی XRD نانو ذرات اکسید روی تولید شده در ۲۴ ساعت ۵۱

شکل ۴-۱۱. الگوی XRD نانو ذرات اکسید روی تولید شده با X=25 ..... ۵۲

شکل ۴-۱۲. منحنی Williamson - Hall برای اکسید روی تولید شده در ۱۰ ساعت ۵۳

شکل ۴-۱۳. منحنی Williamson - Hall برای اکسید روی تولید شده در ۲۴ ساعت ۵۴

شکل ۴-۱۴. نمودار اندازه کریستال‌ها برحسب X ۵۵

شکل ۴-۱۵. الگوی XRD نمونه شسته شده بعد از آسیاکاری به مدت ۱۰ ساعت با نسبت مولی ۵۰ ..... ۵۶

شکل ۴-۱۶. الگوی XRD نمونه شسته شده بعد از آسیاکاری به مدت ۲۴ ساعت با نسبت مولی ۵۰ ..... ۵۶

شکل۴-۱۷. تصویر SEM مربوط به نمونه شماره ۱ (X = 25, t = 10 h) ۵۸

شکل۴-۱۸. تصویر SEM مربوط به نمونه شماره ۲ (X = 50, t = 10 h) ۵۸

شکل ۴-۱۹. تصویر SEM مربوط به نمونه شماره ۳ (X = 75, t = 10 h) ۵۹

شکل ۴-۲۰. تصویر SEM مربوط به نمونه شماره ۴ (X = 25, t = 24 h) ۵۹

شکل ۴-۲۱. تصویر SEM مربوط به نمونه شماره ۵ (X = 50, t = 24 h) ۶۰

شکل ۴-۲۲. تصویر SEM مربوط به نمونه شماره ۶ (X = 75, t = 24 h) ۶۰

شکل ۴-۲۳. میکروگراف TEM نانوذرات اکسیدروی تولید شده از آسیاکاری مخلوط پودری با بزرگنمایی ۸۰۰۰۰ برابر ۶۱

شکل ۴-۲۴. میکروگراف TEM نانوذرات اکسیدروی تولید شده از آسیاکاری مخلوط پودری با بزرگنمایی ۵۰۰۰۰ برابر ۶۲

فصل۱

مقدمه

۱-۱. مقدمه

امروزه مباحث متعددی پیرامون نانو تکنولوژی مطرح می‌گردد با این موضوع که، تکنولوژی مذکور چگونه می‌تواند صنایع اتومبیل، هوا و فضا، نساجی، صنایع دارویی، الکترونیک، حمل و نقل، ارتباطات و کامپیوتر، امنیت ملی و محیط زیست را متحول سازد. کاربردهای مواد نانو روز به روز بیش‌تر شده و طیف وسیعی از کاربردها را شامل می‌گردد، لذا سرمایه‌گذاری در این تکنولوژی شدت بیش‌تری به خود گرفته است [۱].

نانو مواد به ذراتی اطلاق می‌شود که در محدوده ۱ تا ۱۰۰ نانومتر قرار گیرند. این مواد می‌توانند فلزات، سرامیک‌ها و یا پلیمرها باشند. در این بین نانو ساختارهای سرامیکی به دلیل داشتن خواص ویژه از مهم‌ترین و کاربردی‌ترین شاخه‌های نانو مواد محسوب می‌شوند. زمان ظهور نانو سرامیک‌ها را می‌توان دهه ۹۰ میلادی دانست. در این زمان بود که با توجه به خواص بسیار مطلوب پودرهای نانومتری اکسید فلزات، توجهاتی به سمت آن‌ها جلب شد، اما روش‌های فراوری آن‌ها چندان آسان و

مقرون به صرفه نبود. با پیدایش نانو تکنولوژی، نانو سرامیک‌ها هر چه بیش‌تر اهمیت خود را نشان دادند. در حقیقت نانو تکنولوژی با دیدگاهی که ارائه نمود، تحلیل بهتر پدیده‌های حاکم و دست یافتن به روش‌های بهتر برای تولید اکسیدهای فلزی نانومتری را ممکن ساخت [۲].

از بین نانو سرامیک‌ها، نانو ذرات اکسید روی به خاطر خواص بی‌نظیر نوری و الکترونیکی و پیزو الکتریکی که دارند، مورد مطالعه و توجه بیش‌تری قرار گرفته‌اند. اکسید روی یک نیمه رسانای نوع n (از گروه II-VI) با باند گپ ۳/۳۷ eV در دمای اتاق می‌باشد که بیش‌تر با ساختار Wurzite و با تقارن هگزاگونالی کریستالیزه می‌شود. در مقایسه با دیگر نیمه رساناهای با باند گپ پهن مثل GaS و ZnSe، انرژی برانگیختگی[1] ZnO بسیار بالا (۶۰ MeV) است که باعث می‌شود حالات برانگیخته شده در دمای اتاق هم پایدار باشد [۳-۹].

اکسید روی یک ماده منحصر به فرد است که هر سه ویژگی نیمه رسانایی، پیزو الکتریک و پیرو الکتریک را همزمان دارد [۵]. به دلیل ویژگی‌های الکتریکی، اپتیکی و نیز پایداری مکانیکی و شیمیایی بالا، سمی نبودن و فراوانی آن در طبیعت، اکسید روی در صنایع مختلف کاربرد فراوانی یافته است [۶]. لذا ZnO ماده‌ای است بالقوه و مناسب برای بسیاری از کاربردها، از قبیل وریستورها[2]، کاتالیزورها، سنسورهای گازی، سلول‌های خورشیدی [۸،۷]، وسایل آرایشی- بهداشتی مانند ضد آفتاب‌ها [۹] و غیره.

برای سنتز نانو اکسید روی روش‌های متعددی مانند سل- ژل، هیدروترمال، سنتز احتراقی، پیرولیز افشانه‌ای، چگالش فاز بخار، تبخیر گرمایی و ... بررسی شده است. در این بین، روش مکانوشیمیایی روشی است ساده، ارزان و مناسب برای تولید نانو مواد [۸].

فرایند مکانوشیمیایی شامل فعال سازی مکانیکی واکنش‌های جانشینی حالت جامد در دمای پایین در یک آسیاب گلوله‌ای (Ball Mill) می‌باشد. از این روش برای تولید رنج گسترده‌ای از نانو مواد از قبیل ZnS، CdS، SiO_2، CeO_2 و ZnO استفاده شده است [۸،۷]. خواص نانو پودرهای تولید شده

---

1. Exciton energy

۲. Varistors، ابزار سرامیکی الکترونیکی هستند که تغییر ولتاژ را با استفاده از هدایت قوی ولتاژ شکست (Vc) محدود می‌کنند. هر وریستور از تعدادی قرص برقگیر تشکیل شده است.

توسط روش آسیاکاری به پارامترهای مختلفی چون زمان آسیاکاری، سرعت چرخش دستگاه، نسبت گلوله به پودر، درصد ماده رقیق کننده و غیره بستگی دارد. این روش تنها روش سنتز نانو ذرات با رویکرد از بالا به پایین می‌باشد [۸].

در این پژوهش نانو ذرات اکسید روی را با روش مکانوشیمیایی تولید و تأثیر زمان آسیاکاری و میزان نمک (نسبت مولی نمک به پودر هیدروکسید) بر روی شدت پیک‌های XRD و اندازه کریستالیت‌های اکسید روی بررسی شده است. اکسید روی در این مطالعه از تجزیه مخلوط پودری هیدروکسید کربنات روی به عنوان ماده اولیه و نمک به عنوان رقیق کننده، در دمای حدود ۴۵۰ درجه سانتی‌گراد تولید می‌گردد.

مشخصات پودرهای حاصل توسط پراش اشعه ایکس ($XRD, Cu\text{-}K_{\alpha}$)، میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM) و میکروسکوپ الکترونی عبوری (TEM) آنالیز می‌شود.

در ادامه، ابتدا توضیحاتی در مورد نانو ذرات و روش‌های تولید آن‌ها ارائه شده و در فصل سوم چگونگی روند انجام آزمایشات بیان شده است. در دو فصل بعدی نتایج حاصله و بحث بر روی آن‌ها ارائه شده و در نهایت نتیجه‌گیری، به طور خلاصه بیان می‌شود.

فصل ۲

مروری بر منابع

۲-۱. نانو ذرات

پیشوند نانو در اصل از کلمه یونانی نانوس[1] گرفته شده که معادل لاتین این کلمه دوارف[2] به معنی کوتوله و قد کوتاه است. این پیشوند در علم مقیاس‌ها به معنی یک میلیاردم است. بنابراین یک نانومتر یک میلیاردم متر است. اندازه یک اتم بین ۰/۱ تا ۰/۲ نانومتر است. ۱۰ اتم هیدروژن در یک خط، یک نانومتر را می‌سازند. یک نانومتر ۱۰۰۰۰۰ بار از قطر موی انسان کوچک‌تر است. (با فرض این که قطر موی انسان= 0.1mm است) [۱۰].

نانو ذرات موادی هستند که اندازه آن‌ها از ۱ تا ۱۰۰ نانومتر متغیر است. متداول‌ترین نانو ذرات عبارتند از: نانو ذرات نیمه رسانا (نقاط کوانتومی)، نانو ذرات سرامیکی (مانند نانو ذرات اکسید فلزات) و نانو ذرات فلزی. در جدول ۲-۱ برخی از ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی نانو ذرات ارائه شده است [۱۱].

1. Nanos
2. Dwarf

جدول۲-۱. برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی نانو ذرات [۱۰]

خصوصیات	مثال
کاتالیستی	اثر کاتالیستی بهتر، به دلیل نسبت سطح به حجم بالاتر
الکتریکی	افزایش هدایت الکتریکی در سرامیک‌ها و نانو کامپوزیت‌های مغناطیسی، افزایش مقاومت الکتریکی در فلزات
مغناطیسی	افزایش مغناطیسیته با اندازه بحرانی دانه‌ها، رفتار سوپر پارامغناطیسیته ذرات
نوری	خصوصیات فلوئورسنتی، افزایش اثر کوانتومی کریستال‌های نیمه هادی
بیولوژیکی	افزایش نفوذپذیری از بین حصارهای بیولوژیکی (غشاء و سد مغز خون و غیره) و بهبود زیست سازگاری

نقطه کوانتومی یک ناحیه از بلور نیمه رسانا است که الکترون‌ها، حفره‌ها و یا هر دوی آن‌ها (که اگزیستون خوانده می‌شود) را در سه بعد در بر می‌گیرد. این ناحیه از چند نانومتر تا چند صد نانومتر را شامل می‌شود. در نقاط کوانتومی الکترون‌ها درست مثل وضعیت یک اتم موقعیت‌های گسسته‌ای از انرژی را اشغال می‌کنند. به همین علت به آن‌ها لفظ اتم‌های مصنوعی نیز اطلاق می‌شود. نقاط کوانتومی نیمه هادی با تحریک الکتریکی یا توسط گستره وسیعی از طول موج‌ها در فرکانس‌های کاملاً مشخصی به فلورسانس می‌پردازند، به این شکل که فرکانسی از نور را جذب کرده و در فرکانسی مشخص- که تابع اندازه آن‌هاست- نور را منتشر می‌کند. این ذرات همچنین می‌توانند برحسب ولتاژ اعمال‌شده به انعکاس، انکسار یا جذب نور بپردازند. این ویژگی کاربردهایی در مواد فوتوکرومیک و الکتروکرومیک[۱] و پیل‌های خورشیدی خواهد داشت [۱۱].

۱. موادی که به ترتیب بر اثر اعمال نور یا الکتریسیته تغییر رنگ می‌دهند.