



دانشگاه بلوچستان
تحصیلات تکمیلی

پایان نامه کارشناسی ارشد در فیزیک حالت جامد

عنوان:

سنتز و مشخصه یابی نانوذرات اکسید منگنز (Mn_3O_4)

استاد راهنما:

دکتر محمد گشتاسبی راد

استاد مشاور:

دکتر موسی علی احمد

تحقیق و نگارش:

انیسه کافی کنگ

(این پایان نامه از حمایت مالی معاونت پژوهشی دانشگاه سیستان و بلوچستان بهره مند شده است)

خرداد ۱۳۹۰

بسمه تعالی

این پایان نامه با عنوان سنتز و مشخصه‌یابی اکسیدمنگنز Mn_3O_4 قسمتی از برنامه آموزشی دوره کارشناسی‌ارشد فیزیک حالت جامد توسط دانشجو انیسه کافی کنگ با راهنمایی استاد پایان‌نامه دکتر محمد گشتاسبی راد تهیه شده است. استفاده از مطالب آن به منظور اهداف آموزشی با ذکر مرجع و اطلاع کتبی به حوزه تحصیلات تکمیلی دانشگاه سیستان و بلوچستان مجاز می‌باشد.

انیسه کافی کنگ

این پایان‌نامه واحد درسی شناخته می‌شود و در تاریخ توسط هیئت داوران بررسی و درجه به آن تعلق گرفت.

| نام و نام خانوادگی | امضاء | تاریخ |
|--------------------|-----------------------|-------|
| استاد راهنما: | دکتر محمد گشتاسبی راد | |
| استاد مشاور: | دکتر موسی علی احمد | |
| داور ۱: | دکتر محمد سعید هادوی | |
| داور ۲: | دکتر حسن رئیس‌یان | |

نماینده تحصیلات تکمیلی:



تعهدنامه اصالت اثر

اینجانب انیسه کافی کنگ تعهد می‌کنم که مطالب مندرج در این پایان‌نامه حاصل کار پژوهشی اینجانب است و به دستاوردهای پژوهشی دیگران که در این نوشته از آن استفاده شده است مطابق مقررات ارجاع گردیده است. این پایان‌نامه پیش از این برای احراز هیچ مدرک هم سطح یا بالاتر ارائه نشده است.

کلیه حقوق مادی و معنوی این اثر متعلق به دانشگاه سیستان و بلوچستان می‌باشد.

نام و نام خانوادگی دانشجو: انیسه کافی کنگ

امضاء

نقد و تحریف

بدر و ماحور عزیززیر از جانم

و

همسر صبور

سپاسگزاری

حمد و ثنای بیکران خدایی که بنده اش را فکرت آموخت و توفیق کسب علم و دانش نصیبش گردانید.
با سپاس فراوان از خانواده عزیزم که در تمام دوران تحصیلی ام، لحظه ای دست از مساعدت و پشتیبانی ام برنداشتند و همیشه پناه روزگار سختی ام بودند.
بر خود لازم می دانم سپاسگزار کمک های بی دریغ و دلسوزانه استاد گرانقدرم جناب دکتر محمد گشتاسبی راد در مقام استاد راهنما و همراهی استاد مشاور ارجمندم جناب دکتر موسی علی احمد باشم.
فرصت را غنیمت شمرده و از تمامی دوستان و همکلاسی های مهربانم، اساتید گرامی و زحمت کش خود و همچنین کارشناسان محترم گروه فیزیک دانشگاه سیستان و بلوچستان که همواره با راهنمایی های ارزشمندشان مرا در این مسیر یاری نموده اند تشکر و قدردانی نمایم.

چکیده:

اکسید منگنز به دلیل کاربردهای وسیعش در ادوات الکترونیکی، نوری و مغناطیسی ماده‌ی مهمی محسوب می‌شود. اکسید منگنز در ابعاد نانو با توجه به کاهش ابعاد و افزایش نسبت سطح به حجم آن دارای خواص مغناطیسی برجسته‌ای می‌باشد. در این پایان‌نامه نانوذرات اکسید منگنز به روش هم‌رسوبی تهیه و مشخصه‌یابی نمونه‌ها به کمک دستگاه‌های FTIR، XRD، VSM و TEM انجام شده است. برای تهیه نانوذرات ریزتر و خالص‌تر، شرایط تولید از جمله غلظت واکنش دهنده‌ها، PH هیدروکسید، دمای بازپخت، حضور سورفکتانت PVP و اثرات آن‌ها بر اندازه ذره، مورد بررسی تجربی قرار گرفت. بهترین شرایط تهیه نانوذرات اکسید منگنز Mn_3O_4 ، هیدرولیز نمودن نیترات منگنز با هیدروکسید سدیم ۱ مولار، بازپخت در دمای $200^{\circ}C$ و استفاده از سورفکتانت ارزیابی گردید. تصاویر میکروسکوپی نمونه‌ها نشان داد که اندازه بلوری در محدوده ۳۰-۴۰ nm قرار دارد. اندازه‌گیری‌های مغناطیسی به وسیله VSM، رفتار ابرپارامغناطیسی اکسیدهای منگنز در ابعاد نانومتر را نشان داد. در منحنی‌های مغناطش بر حسب میدان مغناطیسی در دمای اتاق، هیچ پسماند و مغناطش اشیاعی حتی در میدان مغناطیسی بالای ۸Koe نیز مشاهده نشد. نتایج بدست آمده نشان داد که مغناطش نانوذرات اکسیدهای منگنز به ترتیب از Mn_5O_8 به Mn_2O_3 و سپس به Mn_3O_4 کاهش یافت و مغناطش Mn_3O_4 با کاهش اندازه نانوذرات افزایش می‌یابد.

کلمات کلیدی: نانوذرات اکسید منگنز - Mn_3O_4 - سورفکتانت - ابرپارامغناطیس

فهرست مطالب

| صفحه | عنوان |
|------|----------------------------------------------------|
| ۱ | فصل اول: مقدمه‌ای بر فناوری نانو و نانو مواد |
| ۲ | ۱-۱- مقدمه |
| ۳ | ۲-۱- پیشینه فناوری نانو |
| ۶ | ۳-۱- حوزه‌ها و کاربرد نانو فناوری |
| ۶ | ۱-۳-۱ ابزار |
| ۶ | ۲-۳-۱ مواد |
| ۶ | ۳-۳-۱ نانو دستگاه‌ها |
| ۷ | ۴-۳-۱ الکترونیک و فناوری اطلاعات |
| ۷ | ۵-۳-۱ علوم زیستی |
| ۷ | ۶-۳-۱ انرژی و فرآوری مواد |
| ۸ | ۴-۱- نانو مواد |
| ۸ | ۱-۴-۱ طبقه بندی نانو مواد |
| ۱۱ | ۵-۱- نانو ذرات |
| ۱۲ | ۶-۱- اکسید منگنز |
| ۱۲ | ۱-۶-۱ منگنز |
| ۱۲ | ۲-۶-۱ منگنز (II) |
| ۱۳ | ۳-۶-۱ منگنز (III) |
| ۱۳ | ۴-۶-۱ اکسید منگنز Mn_3O_4 |
| ۱۴ | ۷-۱- نانوذرات اکسید منگنز |
| ۱۵ | ۸-۱- معرفی فصول پایان نامه |
| ۱۶ | فصل دوم: روش‌های تولید و فرآوری نانوذرات |
| ۱۷ | ۱-۲- مقدمه |
| ۱۸ | ۲-۲- روش‌های تولید و فرآوری نانوذرات |
| ۱۹ | ۳-۲- فرآوری نانوذرات با روش‌های شیمیایی |
| ۲۰ | ۴-۲- روش سل-ژل |
| ۲۱ | ۱-۴-۲ فرآیند سل-ژل |
| ۲۳ | ۲-۴-۲ معایب روش سل-ژل |

| | |
|----|---------------------------------------------------------------------|
| ۲۳ | ۵-۲- روش آبی- حرارتی و حلالی- حرارتی |
| ۲۴ | ۲-۵-۱ ساز و کار واکنش در فرآیند آبی- حرارتی |
| ۲۵ | ۲-۵-۲ مراحل تولید نانوذرات به روش آبی- حرارتی و حلالی- حرارتی |
| ۲۵ | ۲-۵-۳ اثر دما و زمان فرآیند |
| ۲۶ | ۲-۵-۴ اثر PH محلول |
| ۲۶ | ۲-۵-۵ معایب فرآیندهای آبی- حرارتی و حلالی- حرارتی |
| ۲۶ | ۲-۶- روش سونوشیمی |
| ۲۶ | ۲-۶-۱ ساز و کار روش سونوشیمی |
| ۲۷ | ۲-۶-۲ عوامل موثر بر فرآیند سونوشیمی |
| ۲۷ | ۲-۶-۳ معایب روش سونوشیمی |
| ۲۸ | ۲-۷- روش تخریب حرارتی |
| ۲۸ | ۲-۷-۱ انواع تخریب حرارتی |
| ۲۸ | ۲-۷-۲ دلایل کاربرد روش تخریب حرارتی |
| ۲۹ | ۲-۷-۳ تولید نانوذرات به روش تخریب حرارتی کمپلکس فلزی |
| ۳۰ | ۲-۸- روش هم‌رسوبی |
| ۳۱ | ۲-۸-۱ مقدمه‌ای بر واکنش‌های شیمیایی |
| ۳۱ | ۲-۸-۲ واکنش‌های هم‌رسوبی |
| ۳۲ | ۲-۸-۳ ساز و کار تولید ذرات |
| ۳۴ | ۲-۸-۴ عوامل تعیین کننده اندازه ذره |
| ۳۵ | ۲-۸-۵ روش‌های کنترل اندازه ذرات پس از واکنش |
| ۳۶ | ۲-۸-۶ مزایای روش هم‌رسوبی |
| ۳۷ | فصل سوم: اثر اندازه و خواص نانوذرات |
| ۳۸ | ۳-۱- مقدمه |
| ۳۹ | ۳-۲- اثر اندازه |
| ۳۹ | ۳-۲-۱ افزایش تعداد اتم‌های سطحی |
| ۳۹ | ۳-۲-۲ افزایش مساحت سطح |
| ۴۱ | ۳-۳- خواص نانوذرات |
| ۴۱ | ۳-۴- خواص ساختاری |
| ۴۲ | ۳-۵- خواص گرمایی |
| ۴۴ | ۳-۶- خواص الکتریکی |
| ۴۵ | ۳-۷- خواص نوری |
| ۴۶ | ۳-۸- خواص مکانیکی |
| ۴۷ | ۳-۹- خواص مغناطیسی |
| ۴۷ | ۳-۱۰- مروری بر برخی پارامترهای مغناطیسی |
| ۴۷ | ۳-۱۰-۱ شدت میدان مغناطیسی |
| ۴۸ | ۳-۱۰-۲ القای مغناطیسی |
| ۴۸ | ۳-۱۰-۳ گشتاور مغناطیسی |

| | |
|-----------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------|
| ۴۸ | ۴-۱۰-۳ مغناطش |
| ۴۹ | ۵-۱۰-۳ نفوذپذیری و پذیرفتاری مغناطیسی |
| ۵۰ | ۶-۱۰-۳ منحنی پسماند |
| ۵۱ | ۱۱-۳-۱۱ دسته بندی مواد مغناطیسی |
| ۵۱ | ۱-۱۱-۳ مواد دیامغناطیس |
| ۵۲ | ۲-۱۱-۳ مواد پارامغناطیس |
| ۵۲ | ۳-۱۱-۳ مواد ابرپارامغناطیس |
| ۵۳ | ۴-۱۱-۳ مواد پادفرومغناطیس |
| ۵۴ | ۵-۱۱-۳ مواد فرومغناطیس |
| ۵۵ | ۱۲-۳-۱۲ حوزه‌های مغناطیسی |
| ۵۶ | ۱-۱۲-۳ دیواره حوزه‌ها |
| ۵۶ | ۲-۱۲-۳ اثر میدان خارجی بر حرکت دیواره حوزه‌ها |
| ۵۷ | ۱۳-۳-۱۳ خواص مغناطیسی نانوذرات |
| ۵۷ | ۱-۱۳-۳ نیروی وادارندگی ذرات ریز |
| ۵۹ | ۲-۱۳-۳ ابرپارامغناطیس |
| فصل چهارم: آشنایی با برخی دستگاه‌ها و روش‌های شناسایی و تعیین مشخصات | |
| ۶۲ | نانوذرات |
| ۶۳ | ۱-۴ مقدمه |
| ۶۳ | ۲-۴ روش‌های شناسایی و آنالیز مواد |
| ۶۴ | ۱-۲-۴ روش‌های شناسایی بر مبنای ماهیت شناسی |
| ۶۵ | ۲-۲-۴ روش‌های شناسایی بر مبنای خاصیت فیزیکی مورد اندازه‌گیری |
| ۶۷ | ۳-۲-۴ روش‌ها تعیین مشخصات مواد بر اساس نحوه عملکرد |
| ۶۸ | ۳-۴ تجهیزات آزمایشگاهی جهت مشخصه‌یابی نانوذرات |
| ۶۸ | ۱-۳-۴ پراش پرتو X (XRD) |
| ۷۳ | ۲-۳-۴ طیف سنجی تبدیل فوریه مادون قرمز (FTIR) |
| ۷۷ | ۳-۳-۴ مغناطیس سنج نمونه ارتعاشی (VSM) |
| ۸۰ | ۴-۳-۴ میکروسکوپ الکترونی عبوری (TEM) |
| ۹۴ | فصل پنجم: تهیه نانوذرات اکسید منگنز |
| ۹۵ | ۱-۵ مقدمه |
| ۹۵ | ۲-۵ تهیه نانوذرات به روش هم‌رسوبی |
| ۹۶ | ۱-۲-۵ مواد خام مورد استفاده |
| ۱۰۰ | ۲-۲-۵ روش کلی تهیه نمونه‌ها |
| ۱۰۱ | ۳-۵ یافتن شرایط بهینه |
| ۱۰۱ | ۱-۳-۵ بررسی اثر غلظت واکنش‌دهنده‌ها |
| ۱۰۲ | ۲-۳-۵ بررسی اثر PH |
| ۱۰۳ | ۴-۵ بررسی اثر دمای بازیخت |
| ۱۰۴ | ۵-۵ بررسی اثر سورفکتانت |

| | |
|-----|----------------------------------------------------------------------------|
| ۱۰۵ | فصل ششم: مشخصه‌یابی نمونه‌های تهیه شده و تجزیه و تحلیل داده‌های تجربی |
| ۱۰۶ | ۱-۶ - مقدمه |
| ۱۰۶ | ۲-۶ - بررسی اثر غلظت واکنش‌دهنده‌ها |
| ۱۰۶ | ۱-۲-۶ نتایج طیف‌سنجی FTIR |
| ۱۰۹ | ۲-۲-۶ نتایج حاصل از پراش پرتو X |
| ۱۱۱ | ۳-۲-۶ جمع‌بندی نتایج بررسی اثر غلظت عملکرد |
| ۱۱۱ | ۳-۶ - بررسی اثر PH |
| ۱۱۱ | ۱-۳-۶ نتایج طیف‌سنجی FTIR |
| ۱۱۲ | ۲-۳-۶ نتایج حاصل از پراش پرتو X |
| ۱۱۳ | ۳-۳-۶ بررسی اثر PH بر اندازه نانوذرات |
| ۱۱۵ | ۴-۳-۶ نتایج مغناطیس‌سنجی |
| ۱۱۷ | ۴-۶ - بررسی اثر دمای بازپخت |
| ۱۱۷ | ۱-۴-۶ نتایج حاصل از پراش پرتو X |
| ۱۲۰ | ۲-۴-۶ نتایج مغناطیس‌سنجی |
| ۱۲۲ | ۱-۶ - بررسی اثر حضور سورفکتانت |
| ۱۲۲ | ۱-۵-۶ نتایج حاصل از پراش پرتو X |
| ۱۲۳ | ۲-۵-۶ تصاویر تهیه شده به کمک TEM |
| ۱۲۸ | ۳-۵-۶ تحلیل اندازه ذرات |
| ۱۲۹ | ۴-۵-۶ محاسبه اندازگه ذرات با استفاده از قطر فرت |
| ۱۳۱ | ۵-۵-۶ نتایج مغناطیس‌سنجی |
| ۱۳۳ | فصل هفتم: جمع‌بندی نتایج و پیشنهادات |
| ۱۳۴ | ۱-۷ - جمع‌بندی نتایج |
| ۱۳۶ | ۲-۷ - پیشنهادات |

فهرست جدول ها

| صفحه | عنوان جدول |
|------|----------------------------------------------------------------------------------|
| ۴۰ | جدول ۱-۳. رابطه بین اندازه ذرات و تعداد اتم‌های سطح..... |
| ۴۹ | جدول ۲-۳. بزرگی χ برای دسته‌های مختلف مواد مغناطیسی..... |
| ۶۶ | جدول ۱-۴. طبقه بندی روش‌های آنالیز بر اساس خاصیت فیزیکی مورد اندازه‌گیری..... |
| ۹۶ | جدول ۱-۵. مواد خام مورد استفاده در تهیه نانوذرات..... |
| ۱۰۲ | جدول ۲-۵. نمونه‌های تهیه شده با غلظت‌های متفاوت محلول NaOH..... |
| ۱۰۲ | جدول ۳-۵. نمونه‌های تهیه شده با عمل رسوب‌دهنده متفاوت..... |
| ۱۰۳ | جدول ۴-۵. نمونه‌های بازپخت شده در دماهای متفاوت..... |
| ۱۰۴ | جدول ۵-۵. شرایط تهیه نمونه‌های مورد بررسی اثر سورفکتانت..... |
| ۱۰۷ | جدول ۱-۶. پیوندهای موجود در نمونه A1..... |
| ۱۱۳ | جدول ۲-۶. داده‌های بدست آمده از الگوی پراش نمونه A1..... |
| ۱۱۴ | جدول ۳-۶. داده‌های بدست آمده از الگوی پراش نمونه A6..... |
| ۱۱۵ | جدول ۴-۶. مقایسه اندازه دانه‌ها با تغییر عامل رسوب‌دهنده..... |
| ۱۲۱ | جدول ۵-۶. ارتباط بین مغناطش و نسبت اکسیژن به منگنز در نمونه‌های B2, B3 و B4..... |
| ۱۲۳ | جدول ۶-۶. مقایسه اندازه دانه‌ها در حضور سورفکتانت..... |
| ۱۳۱ | جدول ۷-۶. اندازه میانگین نانوذرات محاسبه شده به روش قطر فرت..... |

فهرست شکل ها

| صفحه | عنوان شکل |
|------|-----------------------------------------------------------------------------------|
| ۲ | شکل ۱-۱. مثال تصویری از مفهوم نانومتر..... |
| ۳ | شکل ۱-۲. شیشه کلیسایی در قرن وسطی که در آن نانوذرات طلا بکار رفته است..... |
| | شکل ۱-۳. کلمه IBM در ۱۹۸۹ به وسیله (STM) با ۳۵ اتم گزنون بر روی سطح نیکل |
| ۵ | نوشته شده است..... |
| ۷ | شکل ۱-۴. نمودار درختی طبقه بندی زمینه‌های مختلف نانو فناوری..... |
| ۱۳ | شکل ۱-۵. نمایش سلول واحد هوسمانیت تتراگونال..... |
| ۱۹ | شکل ۱-۲. طبقه بندی روش‌های تولید و فناوری نانوذرات..... |
| ۲۴ | شکل ۲-۲. ساختار گل مانند اکسید روی (ZnO) تهیه شده به روش حلالی- حرارتی..... |
| ۳۰ | شکل ۲-۳. شماتیک فرایند سنتز نانوذرات Mn_3O_4 به روش تخریب حرارتی کمپلکس فلزی... |
| ۳۴ | شکل ۲-۴. نمودار DLVO انرژی پتانسیل بر حسب فاصله بین سطوح ذرات..... |
| ۴۰ | شکل ۳-۱. مفهوم تصویری از افزایش سطح با کاهش اندازه در یک حجم معین..... |
| ۴۲ | شکل ۳-۲. تغییر ساختار کریستالی با کاهش اندازه ذرات..... |
| ۴۳ | شکل ۳-۳. رابطه بین نقطه ذوب با اندازه ذرات فلز طلا..... |
| ۴۴ | شکل ۳-۴. رابطه بین عکس اندازه ذرات با T/T_m برای چند فلز..... |
| ۴۵ | شکل ۳-۵. تاثیر غلظت سورفکتانت (C_s) بر شدت جذب پلاسمونی نانوذرات نقره..... |
| ۵۰ | شکل ۳-۶. نمودار تصویری منحنی پسماند یک ماده مغناطیسی..... |
| ۵۵ | شکل ۳-۷. نمایش حوزه‌های مغناطیسی..... |
| ۵۶ | شکل ۳-۸. دیواره بلوخ و دیواره نیل بین دو حوزه..... |

| | |
|-----|---------------------------------------------------------------------------------|
| ۵۷ | شکل ۳-۹. تغییر نیروی وادارندگی با اندازه قطر ذره |
| ۶۵ | شکل ۴-۱. دسته‌بندی روش‌های آنالیز و شناسایی مواد..... |
| ۶۹ | شکل ۴-۲. پدیده پراش پرتو X از صفحه‌های اتمی با فاصله d از یکدیگر..... |
| ۷۴ | شکل ۴-۳. نمای شماتیک از دستگاه FTIR..... |
| ۷۶ | شکل ۴-۴. طیف IR از نانوذرات اکسید منگنز Mn_3O_4 |
| ۷۹ | شکل ۴-۵. طرح‌واره‌ای از سیستم VSM..... |
| ۸۳ | شکل ۴-۶. برهم‌کنش باریکه الکترونی با نمونه..... |
| ۸۴ | شکل ۴-۷. نمایی از یک میکروسکوپ الکترون عبوری..... |
| ۸۵ | شکل ۴-۸. اساس گسیل گرمایونی و تولید باریکه الکترونی..... |
| ۸۶ | شکل ۴-۹. نمونه‌ای از لنز الکترومغناطیسی..... |
| ۸۷ | شکل ۴-۱۰. طرح شمایی از قرارگرفتن لنزها در دستگاه TEM..... |
| ۹۰ | شکل ۴-۱۱. مسیر پرتوها در تصویر برداری معمولی..... |
| ۹۰ | شکل ۴-۱۲. مسیر پرتوها در تصویربرداری زمینه روشن..... |
| ۹۱ | شکل ۴-۱۳. مسیر پرتوها در تصویربرداری زمینه تاریک..... |
| ۹۱ | شکل ۴-۱۴. مقایسه تصویر زمینه روشن و زمینه تاریک |
| ۹۳ | شکل ۴-۱۵. تصویر TEM از نانوذرات Mn_3O_4 و نانومیله‌های $MnOOH$ |
| ۹۷ | شکل ۵-۱. ساختار مولکولی نیترات منگنز..... |
| ۹۸ | شکل ۵-۲. هیدروکسید سدیم به صورت جامد سفید رنگ..... |
| ۹۹ | شکل ۵-۳. حالت تعادلی محلول آبی آمونیاک..... |
| ۹۹ | شکل ۵-۴. ساختار واحد سازنده PVP..... |
| ۱۰۱ | شکل ۵-۵. مراحل تهیه نانوذرات..... |
| ۱۰۳ | شکل ۵-۶. کوره استوانه‌ای الکتریکی..... |
| ۱۰۸ | شکل ۶-۱. طیف تبدیل فوریه مادون قرمز از نمونه A1..... |
| ۱۰۸ | شکل ۶-۲. مقایسه طیف‌های تبدیل فوریه مادون قرمز نمونه‌های A1، A2 و A3..... |
| ۱۰۹ | شکل ۶-۳. الگوی پراش پرتو X از نمونه A1..... |

- ۱۱۰ شکل ۴-۶. مقایسه الگوهای پراش نمونه‌های A1، A2 و A3
- ۱۱۱ شکل ۵-۶. مقایسه طیف تبدیل فوریه مادون قرمز نمونه‌های A1 و A6
- ۱۱۲ شکل ۶-۶. مقایسه الگوهای پراش پرتو X نمونه‌های A1 و A6 تهیه شده در دو PH متفاوت...
- ۱۱۶ شکل ۷-۶. منحنی مغناطش دو نمونه A1 و A6
- ۱۱۷ شکل ۸-۶. الگوی پراش نمونه B2
- ۱۱۸ شکل ۹-۶. مقایسه الگوهای پراش پرتو X از نمونه‌های بازپخت شده در دماهای متفاوت...
- ۱۱۹ شکل ۱۰-۶. الگوی پراش پرتو X نمونه B3
- ۱۲۰ شکل ۱۱-۶. الگوی پراش پرتو X نمونه B4
- ۱۲۱ شکل ۱۲-۶. مقایسه رفتار مغناطیسی اکسیدهای منگنز
- ۱۲۲ شکل ۱۳-۶. مقایسه الگوهای پراش پرتو X نمونه‌های C1 و C2
- ۱۲۴ شکل ۱۴-۶. تصویر میکروسکوپی از نمونه C1
- ۱۲۵ شکل ۱۵-۶. دانه‌های انتخابی از تصویر میکروسکوپی نشان‌دهنده ساختار تتراکونال نانوبلورها...
- ۱۲۶ شکل ۱۶-۶. تصویر میکروسکوپی از نمونه C2 تهیه شده در حضور PVP
- ۱۲۷ شکل ۱۷-۶. مقایسه تصاویر میکروسکوپی نمونه C1 و C2
- ۱۲۸ شکل ۱۸-۶. نمایی از روش‌های محاسبه اندازه اشکال نامنظم
- ۱۲۹ شکل ۱۹-۶. تعریف قطرهای فرت
- ۱۳۰ شکل ۲۰-۶. توزیع اندازه نانوذرات در نمونه C1
- ۱۳۰ شکل ۲۱-۶. توزیع اندازه نانوذرات در نمونه C2
- ۱۳۲ شکل ۲۲-۶. منحنی مغناطش دو نمونه C1 و C2

فهرست علائم

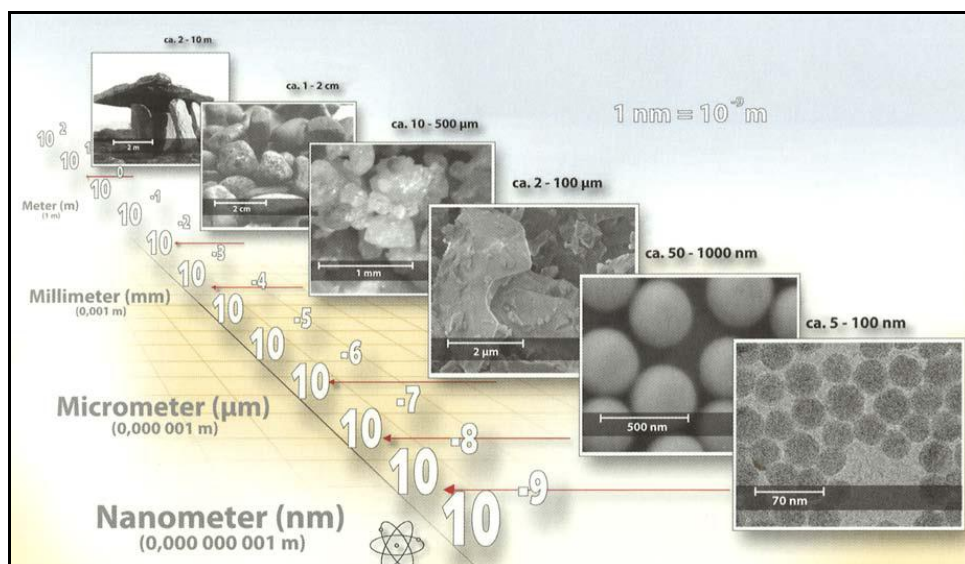
| نشانه | علامت |
|--------------------|-----------------------------|
| شدت میدان مغناطیسی | H(Oe) |
| القای مغناطیسی | B(T) |
| مغناطش | M |
| نفوذپذیری مغناطیسی | μ |
| اشباع مغناطیسی | M_s |
| پسماند مغناطیسی | M_r |
| نیروی وادارندگی | H_c |
| ثابت کوری | C |
| دمای کوری | T_c |
| ثابت همسانگردی | $K(\text{erg}/\text{cm}^3)$ |
| زمان واهلش | τ |
| پذیرفتاری مغناطیسی | χ |

فصل اول

مقدمه‌ای بر فناوری نانو و نانو مواد

۱-۱- مقدمه :

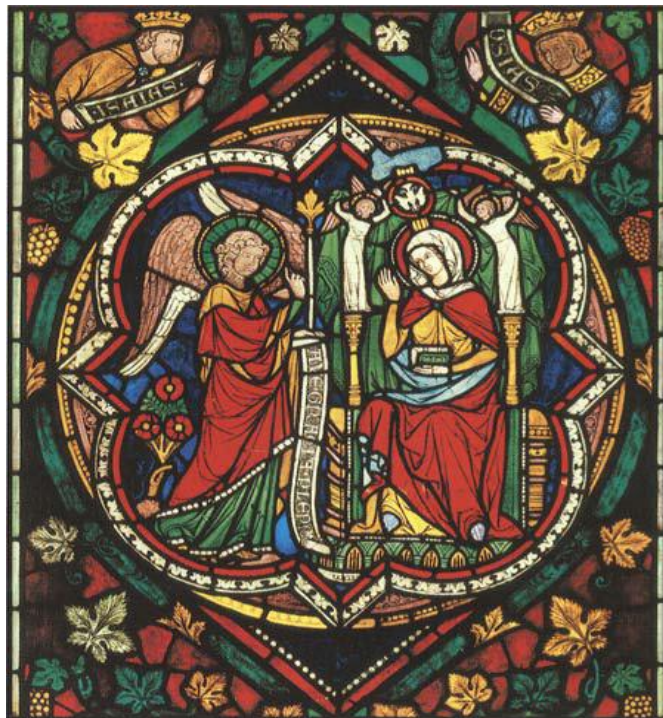
پیشوند نانو به معنای یک میلیاردم (10^{-9}) است. بنابراین، فناوری نانو در حوزه‌هایی کار می‌کند که در آن‌ها ابعاد در محدوده نانومتر است. به عبارت دیگر این فناوری با ساختارهای متنوعی از مواد سروکار دارد که ابعادی در محدوده یک تا صد میلیاردم متر دارند. به بیان دیگر، فناوری نانو طراحی، شناسایی، تولید و کاربرد ساختارها، طرح‌ها و سامانه‌ها با استفاده از کنترل شکل و اندازه مواد در مقیاس نانو می‌باشد. علم و فناوری نانو به صورت بسیار گسترده و چند جانبه به عنوان حوزه پژوهشی با کاربردهای نوظهور در سال‌های اخیر، تشخیص داده شده است. این فناوری که یک رویکرد جدید در تمامی رشته‌هاست، توانایی تولید مواد، ابزار و سیستم‌های نوین را با دستکاری در سطوح اتمی و مولکولی دارد. امروزه حوزه کاربردی این فناوری به تمامی علوم کشیده شده و محبوبیت بین رشته‌ای یافته است. این فناوری روشی نو برای حل مشکلات و پاسخگویی به بسیاری از سوالات مطرح در علوم مختلف ارائه می‌کند که تاکنون بشر موفق به رفع و یا پاسخ دادن به آن نشده است. به همین دلیل، از این فناوری بعنوان انقلاب صنعتی و علمی قرن بیست و یکم یاد می‌کنند. از آنجا که خواص مواد در مقیاس نانومتری به نحو مطلوبی تغییر می‌کند، فناوری نانو پنجره‌ای جدید به دنیای مواد باز نموده است که محصول آن امکان ساخت مواد و تجهیزاتی با کارایی بیشتر است.



شکل ۱-۱. مثال تصویری از مفهوم نانومتر

۱-۲- پیشینه فناوری نانو:

در طول تاریخ بشر از زمان یونان باستان، مردم و به‌خصوص دانشمندان آن دوره بر این باور بودند که مواد را می‌توان آنقدر به اجزاء کوچک تقسیم کرد تا به ذراتی رسید که خردناشدنی هستند و این ذرات بنیان مواد را تشکیل می‌دهند، شاید بتوان دموکریتوس فیلسوف یونانی را پدر فناوری و علوم نانو دانست چرا که در حدود ۴۰۰ سال قبل از میلاد مسیح او اولین کسی بود که واژه اتم را که به معنی تقسیم‌نشدنی در زبان یونانی است برای توصیف ذرات سازنده مواد به کار برد. نقطه شروع و توسعه اولیه فناوری نانو به طور دقیق مشخص نیست. شاید بتوان گفت که اولین نانو تکنولوژیست‌ها شیشه‌گران قرون وسطایی بوده‌اند که از قالب‌های قدیمی برای شکل دادن شیشه‌هایشان استفاده می‌کرده‌اند. البته این شیشه‌گران نمی‌دانستند که چرا با اضافه کردن طلا به شیشه رنگ آن تغییر می‌کند. در آن زمان برای ساخت شیشه‌های کلیساهای قرون وسطایی از ذرات نانومتری طلا استفاده می‌شده است و با این کار شیشه‌های رنگی بسیار جذابی بدست می‌آمده است که نمونه‌ای از آن در شکل ۱-۲ آمده است. رنگ به‌وجودآمده در این شیشه‌ها برپایه این حقیقت استوار است که مواد با ابعاد نانو دارای همان خواص مواد با ابعاد میکرو نمی‌باشند. نکته قابل توجه اینجاست که در برخی منابع ذکر شده است حتی پیش از قرون وسطی، ایرانی‌ها از نانوذرات نقره استفاده می‌کردند.



شکل ۱-۲. شیشه کلیسایی در قرن وسطی که در آن نانوذرات طلا بکار رفته است.

در واقع یافتن مثال‌هایی برای استفاده از نانوذرات فلزی چندان سخت نیست. رنگدانه‌های تزیینی جام مشهور لیکرگوس^۱ در روم باستان (قرن چهارم بعد از میلاد) نمونه‌ای از آنهاست. آنالیز این شیشه حکایت از وجود مقادیر بسیار اندکی از بلورهای فلزی ریز (nm) ۷۰۰ دارد، که حاوی نقره و طلا با نسبت مولی تقریباً ۱۴ به ۱ است حضور این نانوبلورها باعث رنگ ویژه جام لیکرگوس گشته است [۱].

در سال ۱۶۶۱ یک شیمیدان ایرلندی به نام رابرت بویل^۲ به جرم‌های بسیار ریز یا خوشه‌هایی اشاره می‌کند که به سادگی به ذراتی که از آن‌ها ساخته شده‌اند، فروپاشیده نمی‌شوند. در اواخر قرن ۱۸ میلادی دانشمندان انگلیسی توماس و جیوود^۳ و سرهامپری دیوی^۴ موفق به تولید تصاویر عکاسی با استفاده از ذرات بسیار ریز کلرید و نیترات نقره شدند.

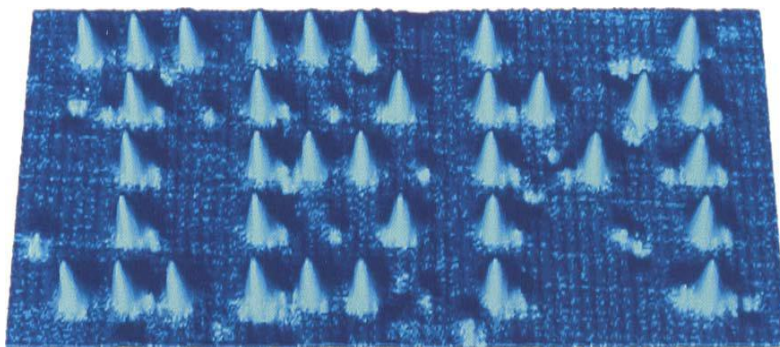
در سال ۱۸۵۷ مایکل فارادی^۵ در مقاله‌ای چگونگی تاثیر ذرات فلزی بر رنگ شیشه کلیسا را توضیح داد [۲]. پس از او گوستاومی^۶ در ۱۹۰۸ درباره وابستگی رنگ شیشه‌ها به اندازه و نوع ذرات فلزی مقاله‌ای منتشر نمود که توصیف زیبایی از پدیده‌های علمی مرتبط با نانو فناوری را بیان می‌کرد [۳].

در سال ۱۹۵۹ ریچارد فاینمن^۷ مقاله‌ای را درباره قابلیت‌های فناوری نانو در آینده منتشر ساخت. با وجود موقعیت‌هایی که توسط بسیاری تا آن زمان کسب شده بود، ریچارد فاینمن را به عنوان پایه‌گذار این علم می‌شناسند. فاینمن که بعدها جایزه نوبل را در فیزیک دریافت کرد در آن سال در یک مهمانی شام که توسط انجمن فیزیک آمریکا برگزار شده بود، سخنرانی کرد و ایده فناوری نانو را برای عموم مردم آشکار ساخت. عنوان سخنرانی وی «فضای زیادی در سطوح پایین وجود دارد»^۸ بود. سخنرانی او شامل این مطلب بود که می‌توان تمام دایره‌المعارف بریتانیا را بر روی یک سنجاق نگارش کرد. یعنی ابعاد آن به اندازه ۱/۲۵۰۰۰ ابعاد واقعیش کوچک می‌شود. او همچنین از دوتایی کردن اتم‌ها برای کاهش ابعاد کامپیوترها سخن گفت در آن زمان ابعاد کامپیوترها بسیار بزرگتر از ابعاد کنونی بودند اما او احتمال می‌داد که ابعاد آنها را بتوان حتی از ابعاد کامپیوترهای کنونی نیز کوچکتر کرد.

-
- 1- Lycurgus
 - 2- Rabert Boil
 - 3- Thomas Wedgewood
 - 4- Sir Hamprey Davy
 - 5- Michel Faraday
 - 6- Gustav Mie
 - 7- Richard Feynman
 - 8- «There is Plenty of Room in the Bottom»

او همچنین در آن سخنرانی توسعه بیشتر فناوری نانو را پیش‌بینی نمود. او به گونه‌ای خیال‌پردازانه، خطوطی حکاکی شده به وسیله باریکه الکترونی و با عرضی به اندازه چند اتم را فرض کرد که در واقع وجود لیتوگرافی توسط باریکه الکترونی را پیش‌بینی می‌کرد که امروزه این لیتوگرافی برای ساخت ویفرهای سیلیکونی استفاده می‌شود. وی همچنین دستکاری اتم‌های منفرد به منظور ساخت ساختارهای کوچک جدید با خواص متفاوت را پیشنهاد کرد که هم‌اکنون این هدف با استفاده از میکروسکوپ‌های تونلی روبشی^۱ محقق شده است. مانند بسیاری از پژوهشگران فناوری نانو، او به وجود نانوساختارها در سیستم‌های زیستی پی برد. اگرچه تفکر فاینمن بازتاب چندانی توسط دانشمندان آن زمان نداشت، هم‌اکنون بسیاری از فرضیات او به واقعیت پیوسته‌اند [۴].

هم‌گام با فاینمن راف لندور^۲ در ۱۹۵۷ ایده‌هایی در مورد نانوالکترونیک داشت و در ۱۹۵۶ اوایل^۳ ساخت سیلیکون متخلخل را گزارش داد. در این دوران نانوذرات فلزات قلیایی به وسیله تبخیر پتاسیم یا سدیم و سپس چگالش آن‌ها بر روی مواد خنک‌کننده‌ای به نام زیر لایه ساخته شدند. سیالات مغناطیسی که فروسیالات نامیده می‌شوند در دهه ۶۰ میلادی تولید شدند. در اوایل ۱۹۷۰ اولین چاه‌های کوانتومی دو بعدی ساخته شدند. در ۱۹۸۱ روشی برای ساخت خوشه‌های فلزی ابداع شد. در دهه ۸۰ میکروسکوپ تونلی روبشی (STM) و میکروسکوپ نیروی اتمی^۴ (AFM) در آزمایشگاه تحقیقاتی IBM در زوریخ ساخته شد. در سال ۱۹۹۰ ایجیما^۵ نانولوله‌های کربنی را ساخت و ابرسانیایی و رفتار مغناطیسی ساختارهای C_{۶۰} کشف شد.



شکل ۱-۳. کلمه IBM در ۱۹۸۹ به وسیله (STM) با ۳۵ اتم گزنون بر روی سطح نیکل نوشته شده است.

-
- 1- Scanning Tunelling Microscope (STM)
 - 2- Ralph Landaver
 - 3- Uhlir
 - 4- Atomic Force Microscope
 - 5- Iijima