دانشگاه سیستان و بلوچستان

تحصیلات تکمیلی

پایان نامه کارشناسی ارشد در شیمی معدنی

عنوان:

تهیه، شناسایی و مطالعه نانوکریستالهای ارتوفریت استرانسیم

استاد راهنما:

پروفسور مژگان خراسانی مطلق

استاد مشاور:

سونا نیرومند

تحقیق و نگارش:

بهرام آجرلو

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

تیر ۱۳۹۰

بسمه تعالی

این پایان نامه با عنوان تهیه، شناسایی و مطالعه نانوکریستالهای ارتوفریت استرانسیم قسمتی از برنامه آموزشی دوره کارشناسی ارشد شیمی معدنی توسط دانشجو بهرام آجرلو تحت راهنمایی استاد پایان نامه دکتر مژگان خراسانی مطلق 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 می باشد.

بهرام آجرلو و امضاء

این پایان نامه ..... واحد درسی شناخته می شود و در تاریخ ..... توسط هیئت داوران بررسی و درجه ..... به آن تعلق گرفت.

نام و نام خانوادگی **امضاء** **تاریخ**

استاد راهنما:

استاد راهنما:

استاد مشاور:

داور ۱:

داور ۲:

نماینده تحصیلات تکمیلی:

تعهدنامه اصالت اثر

اینجانب بهرام آجرلو تأیید می‌کنم که مطالب مندرج در این پایان نامه 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 پایان نامه 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 می باشد.

نام و نام خانوادگی دانشجو: بهرام آجرلو

امضاء

تقدیم به:

پدر و مادری که جوانی‌ام در سپیدی مویشان و راستی قامتم در خمودگی بدنشان نهفته است آنهایی که در تمام لحظات زندگی جاری اند و بهانه های زیبای زندگی اند.

همسر عزیزم که همواره در تمام لحظات زندگی مشوق و یاورم بوده است و در زمان ناامیدی و یاس مایه انگیزه و دل گرمی ام بود.

برادر و خواهران مهربانم و دوست عزیزم آقای وحید توسلی نسب که همواره در تمام مراحل زندگی همراهم بوده و هیچ کمکی را از بنده دریغ نداشته است.

سپاسگزاری

سپاس خدایی را که هرچه داریم از اوست، خدایی را که ما را می‌بیند ولی ما از دیدنش عاجزیم، خدایی را که آشکار و نهان ما را می‌داند ولی ما چیزی از او نمی‌دانیم، خدایی را که ما حق بندگی و طاعتش را به‌جا نمی‌آوریم ولی ما را مورد لطف و رحمت خویش قرار می‌دهد.

در پایان جا دارد از استاد راهنمای عزیزم سرکار خانم دکتر مژگان خراسانی مطلق که افتخار شاگردی و آموختن علم را از ایشان تشکر کنم. از آقای دکتر نوروزی‌فر که درس اخلاق را به بنده دادند و این اجازه را به اینجانب دادند تا در آزمایشگاه ایشان این پایان‌نامه را به اتمام برسانم تشکر می‌کنم. از آقای دکتر رضوانی داور محترم که قبول زحمت فرمودند و پایان نامه اینجانب را داوری کردند تشکر و قدردانی می‌کنم. از دانشجوی دکتری سرکار خانم سونا نیرومند استاد مشاور گرامی‌ام که زحمت ویرایش پایان نامه اینجانب را به عهده داشتند تشکر و قدردانی می‌کنم. همچنین از دانشجویان دکتری و هم آزمایشگاهی‌هایم کمال تشکر را دارم.

چکیده:

نانوکریستال‌های پرووسکیتی $SrFeO_{3-x}$ (x= ۰/۱۷ ،۰/۰۳) با ساختار مکعبی، با استفاده از سه روش ساده و مؤثر شیمی تَر؛ هم‌رسوبی، هم‌رسوبی همراه با ماکروویو و هم‌رسوبی همراه با فراصوت در حضور دو سورفکتانت مختلف، تهیه شدند. شرایط واکنش از قبیل نوع سورفکتانت، pH محلول و دمای کلسیناسیون بهینه شد. مورفولوژی، پارامترهای شبکه و اندازه‌ی ذرات در این مواد، توسط تکنیک‌های طیف‌بینی تبدیل فوریه (FT-IR)، پراش پرتو ایکس (XRD)، میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM)، طیف‌سنجی تفکیک انرژی (EDX) مورد مطالعه و شناسایی قرار گرفتند. خواص مغناطیسی محصولات توسط مغناطیس‌سنج ارتعاشی نمونه (VSM) در دمای اتاق اندازه‌گیری شد. نانوکریستال‌های ارتوفریت رفتار مغناطیسی قوی را نشان می‌دهند. پرووسکیت‌های سنتز شده در هر تمامی روشها دارای فاز کریستالی نسبتاً خالصی از اورتوفریت استرنسیم می باشند. ولی شکل و اندازه ذرات $SrFeO_{2.97}$ و $SrFeO_{2.83}$ در هر سه روش متفاوت است. نانوذرات بدست آمده از روش هم‌رسوبی به کمک ماکروویو و فراصوت با استفاده از اکتانوئیک اسید به ترتیب صفحه و میله مانند می باشند و نانوذرات تهیه شده از سایر روش‌ها بصورت کروی هستند. همچنین نتایج نشان می‌دهند که با تابش‌دهی امواج ماکروویو و فراصوت می‌توان زمان تولید نانوذرات را بطور قابل ملاحظه‌ای کوتاه کرد.

کلمات کلیدی: ارتوفریت استرانسیم- نانو کریستال- هم‌رسوبی- هم‌رسوبی همراه با ماکروویو- هم‌رسوبی همراه با ماوراء صوت- سورفاکتانت- طیف‌بینی تبدیل فوریه، پراش پرتو ایکس، میکروسکوپ الکترونی روبشی، طیف‌سنجی تفکیک انرژی

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

فصل اول: مقدمه..... ۱

۱-۱- تاریخچه نانو تکنولوژی..... ۲

۱-۱-۱- مزایا و کاربردها..... ۲

۱-۲- انواع نانو تکنولوژی..... ۳

۱-۲-۱- نانو تکنولوژی مرطوب..... ۳

۱-۲-۲- نانو تکنولوژی خشک..... ۳

۱-۲-۳- نانو تکنولوژی تخمینی..... ۳

۱-۳- محدوده ابعادی در حوزه نانو تکنولوژی..... ۳

۱-۴- مقایسه میکرو تکنولوژی و نانو تکنولوژی..... ۴

۱-۵- ابعاد مواد در نانو تکنولوژی..... ۴

۱-۵-۱- مواد صفر بعدی..... ۵

۱-۵-۲- مواد یک بعدی..... ۵

۱-۵-۳- مواد دو بعدی..... ۵

۱-۵-۴- مواد سه بعدی..... ۵

۱-۶- خواص نانو مواد..... ۶

۱-۶-۱- خواص مکانیکی..... ۸

۱-۶-۲- خواص شیمیایی..... ۸

۱-۶-۳- خواص مغناطیسی..... ۸

۱-۷- روش‌های تهیه نانو مواد ۹
۱-۷-۱- ساخت از بالا به پایین ۹
۱-۷-۲- ساخت از پایین به بالا ۹
۱-۸- فرآیندهای تولید نانو مواد ۹
۱-۸-۱- تولید به روش آسیاب مکانیکی (ساخت از بالا به پایین) ۹
۱-۸-۲- روش سل-ژل (ساخت از پایین به بالا) ۱۰
۱-۸-۳- فراصوت ۱۰
۱-۸-۳-۱- تاریخچه ۱۰
۱-۸-۳-۲- صوت و انواع صوت ۱۱
۱-۸-۳-۳- فراصوت چیست؟ ۱۱
۱-۸-۳-۶- مزایای امواج فراصوت ۱۲
۱-۸-۳-۵- کاربردهای امواج فراصوت ۱۳
۱-۸-۳-۶- نمونه‌هایی از کاربرد امواج فراصوت در تهیه نانو مواد ۱۳
۱-۸-۴- هم رسوبی ۱۴
۱-۸-۴-۱- کاربردهای روش هم رسوبی ۱۵
۱-۸-۵- مایکروویو ۱۵
۱-۸-۵-۱- مزایای مایکروویو ۱۶
۱-۸-۵-۲- نمونه‌هایی از کاربرد امواج ماکروویو در تهیه نانو کریستال‌ها ۱۶
۱-۹- شبکه بلور ۱۷
۱-۹-۱- شبکه‌های براوه ۱۷
۱-۱۰- نقص های بلوری ۲۲
۱-۱۱- اندیس‌های میلر ۲۳
۱-۱۲- اکسیدهای مختلط ۲۶

۱-۱۲-۱- پروسکیت‌ها ۲۶
۱-۱۲-۱-۱- کاربردهای پروسکیت‌ها ۲۸
۱-۱۲-۱-۲- ساختارهای انحراف یافته پروسکیت‌ها ۲۸
۱-۱۲-۲- ایلمنیت ۳۰
۱-۱۲-۳- اسپینل ۳۱
۱-۱۳- ارتوفریت استرانسیم ۳۲
۱-۱۴- هدف ۳۳
فصل دوم: بخش تجربی ۳۵
۲-۱- مواد شیمیایی و دستگاهها ۳۶
۲-۱-۱- مواد شیمیایی ۳۶
۲-۱-۲- دستگاهها ۳۶
۲-۲- روش های تهیه نانو ارتوفریت استرانسیم ۳۷
۲-۲-۱- روش های تهیه نانو ارتوفریت استرانسیم I ۳۷
۲-۲-۲ روش های تهیه نانو ارتوفریت استرانسیم II ۳۷
۲-۲-۳ روش های تهیه نانو ارتوفریت استرانسیم III ۳۸
۲-۲-۴ روش های تهیه نانو ارتوفریت استرانسیم IV ۳۹
۲-۲-۵ روش های تهیه نانو ارتوفریت استرانسیم V ۳۹
۲-۲-۶ روش های تهیه نانو ارتوفریت استرانسیم VI ۳۹
فصل سوم: مطالعه و شناسایی نانو ارتوفریت‌های استرانسیم (I-VI) ۴۱
۳-۱- مطالعه طیف بینی زیر قرمز تبدیل فوریه ۴۲
۳-۱-۱- بررسی طیف FT-IR نانو ارتوفریت استرانسیم I ۴۴
۳-۱-۲- بررسی طیف FT-IR نانو ارتوفریت استرانسیم II ۴۸
۳-۱-۳- بررسی طیف FT-IR نانو ارتوفریت استرانسیم III ۵۱

۳-۱-۴- بررسی طیف FT-IR نانو ارتوفریت استرانسیم IV ۵۴
۳-۱-۵- بررسی طیف FT-IR نانو ارتوفریت استرانسیم V ۵۸
۳-۱-۶- بررسی طیف FT-IR نانو ارتوفریت استرانسیم VI ۶۱
۳-۲- مطالعه طیف XRD نانو ارتوفریت‌های استرانسیم ۶۴
۳-۲-۱- مطالعه طیف XRD نانو ارتوفریت استرانسیم I ۶۶
۳-۲-۲- مطالعه طیف XRD نانو ارتوفریت استرانسیم II ۶۹
۳-۲-۳- مطالعه طیف XRD نانو ارتوفریت استرانسیم III ۷۱
۳-۲-۴- مطالعه طیف XRD نانو ارتوفریت استرانسیم IV ۷۳
۳-۲-۵- مطالعه طیف XRD نانو ارتوفریت استرانسیم V ۷۵
۳-۲-۶- مطالعه طیف XRD نانو ارتوفریت استرانسیم VI ۷۷
۳-۳- بررسی تصاویر میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM) نانو ارتوفریت‌های استرانسیم ۷۹
۳-۳-۱- بررسی تصویر SEM نانو ارتوفریت استرانسیم I ۸۰
۳-۳-۲- بررسی تصویر SEM نانو ارتوفریت استرانسیم II ۸۱
۳-۳-۳- بررسی تصویر SEM نانو ارتوفریت استرانسیم III ۸۲
۳-۳-۴- بررسی تصویر SEM نانو ارتوفریت استرانسیم IV ۸۳
۳-۳-۵- بررسی تصویر SEM نانو ارتوفریت استرانسیم V ۸۴
۳-۳-۶- بررسی تصویر SEM نانو ارتوفریت استرانسیم VI ۸۵
۳-۴- بررسی نتایج طیف‌سنجی تفکیک انرژی (EDS) ۸۶
۳-۴-۱- نتایج EDX نانو ارتوفریت‌های استرانسیم I-VI ۸۷
۳-۵- مطالعه خواص مغناطیسی (VSM) ۹۳
۳-۵-۱- نتایج VSM نانوارتوفریت استرانسیم (III) ۹۴
فصل چهارم: مقدمه ۹۵
۴-۱- مقدمه ۹۶

۴-۲- مقایسه روش‌های مختلف تهیه نانو ارتوفریت استرانسیم ۹۶
۴-۳- مقایسه نتایج **XRD** نانو ارتوفریت‌های استرانسیم با استفاده از سورفکتانت‌های مختلف..... ۹۹
۴-۴- مقایسه اندازه ذرات در روش‌های مختلف تهیه نانوارتوفریت استرانسیم ۱۰۰
۴-۵- مقایسه نتایج SEM ۱۰۱
۴-۶- مقایسه نتایج VSM ۱۰۱
مراجع **۱۰۲**

فهرست جدول‌ها

عنوان جدول **صفحه**

جدول ۱-۱. مقایسه محدوده کاربرد ساختار مواد ۴

جدول ۳-۱. مقایسه FT-IR نانو ارتوفریت های استرانسیم (I-VI) ۶۴

جدول ۳-۲. اندازه ذرات نانو ارتوفریت استرانسیم I ۶۷

جدول ۳-۳. اندازه ذرات نانو ارتوفریت استرانسیم II ۶۹

جدول ۳-۴. اندازه ذرات نانو ارتوفریت استرانسیم III ۷۱

جدول ۳-۵. اندازه ذرات نانو ارتوفریت استرانسیم IV ۷۳

جدول ۳-۶. اندازه ذرات نانو ارتوفریت استرانسیم V ۷۵

جدول ۳-۷. اندازه ذرات نانو ارتوفریت استرانسیم VI ۷۷

جدول ۴-۱. مقایسه اندازه ذرات نانو ارتوفریت‌های استنرانسیم I-VI ۱۰۰

جدول ۴-۲. مقایسه پارامترهای شبکه و میانگین اندازه ذرات نانو ارتوفریت های استرانسیم I-VI ۱۰۱

فهرست شکل‌ها

عنوان شکل **صفحه**

شکل ۱-۱. نحوه تشکیل، رشد و فروپاشی حباب‌ها ۱۲

شکل ۱-۲. نمایشی از (a) نقص کاتیونی و (b) نقص آنیونی ۲۳

شکل ۱-۳. ساختار پروسکیت مکعبی ۲۷

شکل ۱-۴. ساختار پروسکیت مکعبی ۲۷

شکل ۱-۵. ساختار پروسکیت ارتورمبیک ۲۹

شکل ۱-۶. ساختار پروسکیت رمبوهدرال ۲۹

شکل ۱-۷. ساختار $FeTiO_3$ که در سیستم ایلمنیت متبلور می‌شود ۳۰

شکل ۱-۸ ساختار LiV_2O_4 که در سیستم اسپینل نرمال متبلور می‌شود ۳۱

شکل ۱-۹ ساختار AB_2O_4که در سیستم اسپینل معکوس متبلور می‌شود ۳۱

شکل ۱-۱۰. ساختار ارتوفریت استرانسیم با تقارن مکعبی ۳۴

شکل ۲-۱ شماتیک تهیه نانو ارتوفریت های استرانسیم I , II و III ۳۸

شکل ۲-۲. شماتیک تهیه نانو ارتوفریت های استرانسیم IV , V و VI ۴۰

شکل ۳-۱. شماتیک دستگاه FT-IR ۴۳

شکل ۳-۲. طیف FT-IR اکتانوییک اسید ۴۵

شکل ۳-۳. طیف FT-IR پیش ماده قبل از کوره نانو ارتوفریت استرانسیم I ۴۶

شکل ۳-۴. طیف FT-IR نانو ارتوفریت استرانسیم I ۴۶

شکل ۳-۵. طیف‌های a FT-IR) اکتانوییک اسید b) پیش ماده c) نانو ارتوفریت استرانسیم I ۴۷

شکل ۳-۶. طیف FT-IR پیش ماده قبل از کوره نانو ارتوفریت استرانسیم II ۴۹

شکل ۳-۷. طیف FT-IR نانو ارتوفریت استرانسیم II ۴۹

شکل ۳-۸. طیف‌های a FT-IR) اکتانوییک اسید b) پیش ماده c) نانو ارتوفریت استرانسیم II ۵۰
شکل ۳-۹. طیف FT-IR پیش ماده قبل از کوره نانو ارتوفریت استرانسیم III ۵۲
شکل ۳-۱۰. طیف FT-IR نانو ارتوفریت استرانسیم III ۵۲
شکل ۳-۱۱. طیف‌های a FT-IR) اکتانوییک اسید b) پیش ماده c) نانو ارتوفریت استرانسیم III ۵۳
شکل ۳-۱۲. طیف FT-IR اولئیک اسید ۵۵
شکل ۳-۱۳. طیف FT-IR پیش ماده قبل از کوره نانو ارتوفریت استرانسیم IV ۵۶
شکل ۳-۱۴. طیف FT-IR نانو ارتوفریت استرانسیم IV ۵۶
شکل ۳-۱۵. طیف‌های a FT-IR) اکتانوییک اسید b) پیش ماده c) نانو ارتوفریت استرانسیم IV ۵۷
شکل ۳-۱۶. طیف FT-IR پیش ماده قبل از کوره نانو ارتوفریت استرانسیم V ۵۹
شکل ۳-۱۷. طیف FT-IR نانو ارتوفریت استرانسیم V ۵۹
شکل ۳-۱۸. طیف‌های a FT-IR) اکتانوییک اسید b) پیش ماده c) نانو ارتوفریت استرانسیم V ۶۰
شکل ۳-۱۹. طیف FT-IR پیش ماده قبل از کوره نانو ارتوفریت استرانسیم VI ۶۲
شکل ۳-۲۰. طیف FT-IR نانو ارتوفریت استرانسیم VI ۶۲
شکل ۳-۲۱. طیف‌های a FT-IR) اکتانوییک اسید b) پیش ماده c) نانو ارتوفریت استرانسیم VI ۶۳
شکل ۳-۲۲. طیف XRD نانو ارتوفریت استرانسیم I ۶۸
شکل ۳-۲۳. طیف XRD نانو ارتوفریت استرانسیم II ۷۰
شکل ۳-۲۴. طیف XRD نانو ارتوفریت استرانسیم III ۷۲
شکل ۳-۲۵. طیف XRD نانو ارتوفریت استرانسیم IV ۷۴
شکل ۳-۲۶. طیف XRD نانو ارتوفریت استرانسیم V ۷۶
شکل ۳-۲۷. طیف XRD نانو ارتوفریت استرانسیم VI ۷۸
شکل ۳-۲۸. بررسی تصویر SEM نانو ارتوفریت استرانسیم I ۸۰
شکل ۳-۲۹. بررسی تصویر SEM نانو ارتوفریت استرانسیم II ۸۱
شکل ۳-۳۰. بررسی تصویر SEM نانو ارتوفریت استرانسیم III ۸۲

شکل ۳-۳۱. بررسی تصویر SEM نانو ارتوفریت استرانسیم IV ۸۳
شکل ۳-۳۲. بررسی تصویر SEM نانو ارتوفریت استرانسیم V ۸۴
شکل ۳-۳۳. بررسی تصویر SEM نانو ارتوفریت استرانسیم VI ۸۵
شکل ۳-۳۴. تصویر EDX نانو ارتوفریت استرانسیم I ۸۷
شکل ۳-۳۵. تصویر EDX نانو ارتوفریت استرانسیم II ۸۸
شکل ۳-۳۶. تصویر EDX نانو ارتوفریت استرانسیم II ۸۹
شکل ۳-۳۷. تصویر EDX نانو ارتوفریت استرانسیم IV ۹۰
شکل ۳-۳۸. تصویر EDX نانو ارتوفریت استرانسیم V ۹۱
شکل ۳-۳۹. تصویر EDX نانو ارتوفریت استرانسیم VI ۹۲
شکل ۳-۴۰. نمودار تصویری حلقه هیستریزیس یک ماده مغناطیسی ۹۳
شکل ۳-۴۱. نمودار هیستریزیس نانو ارتوفریت استرانسیم III ۹۴
شکل ۴-۱. طیف‌های XRD نانو ارتوفریت‌های استرانسیم سنتز شده با اکتانوئیک اسید با روش
a) هم‌رسوبی، b) ماکروویو c) اولتراسونیک ۹۷
شکل ۴-۲. طیف‌های XRD نانو ارتوفریت‌های استرانسیم سنتز شده با اولئیک اسید با روش
a) هم‌رسوبی، b) ماکروویو ، c) اولتراسونیک ۹۸
شکل ۴-۳. طیف XRD نانو ارتوفریت های استرانسیم تهیه شده توسط روش هم‌رسوبی با
سورفکتانت‌هایa) اکتانوئیک اسید، b) اولئیک اسید ۹۹

فهرست علائم

علامت	نشانه
Hz	هرتز
KHz	کیلو هرتز
MHz	مگا هرتز
GHz	گیگا هرتز
m	متر
cm	سانتی متر
µm	میکرو متر
s	ثانیه
min	دقیقه
h	ساعت
Atm	اتمسفر
MPa	مگا پاسکال
K	کلوین
°C	درجه سلسیوس
a,b,c	پارامترهای شبکه
h k l	اندیس میلر
m l n	اندیس میلر

t	فاکتور تلورانس
$tons/cm^2$	تن بر سانتیمتر مربع
XRD	پراش پرتو ایکس
SEM	میکروسکوپ الکترونی روبشی
FT-IR	طیف‌بینی زیر قرمز تبدیل فوریه
VSM	مغناطیس‌سنج ارتعاشی نمونه
TEM	میکروسکوپ الکترونی عبوری
EDX	طیف‌سنجی تفکیک انرژی
W	وات
M_S	اشباع مغناطیسی
H_C	نیروی پسماند زدایی
M_r	پسماند مغناطیسی
λ	طول موج
α,β,γ	زوایای شبکه

فصل اول

مقدمه

۱-۱- تاریخچه نانو تکنولوژی

تاریخچه و شکل‌گیری این علم به زمانی باز می‌گردد که ریچارد فایمن فیزیکدان آمریکایی متخصص کوانتوم نظری با سخنرانی معروف خود با عنوان «آن پایین فضای بسیاری هست» به بررسی بعد رشد نیافته مواد پرداخت و توجه اندیشمندان را در جهان به این علم جلب و توانمندی تولید مواد، ابزارها و سیستم‌های جدید با در دست گرفتن کنترل در سطح مولکولی و اتمی را عنوان کرد. مفاهیم بعدی در زمینه نانو توسط اریک درکسلر بوجود آمد. درکسلر ماشینی را تولید کرد که قادر به تولید نانو ساختارها بود. در سال ۱۹۸۳ نوریو تانیگوچی واژه نانو فناوری را بیان کرد. فناوری نانو در جهان از چهل سال پیش تاکنون که نانو تکنولوژی و کاربردهای وسیعی که این فناوری را به عنوان یک زمینه فرا رشته‌ای و فرابخشی مطرح کرده، رشد بسیاری یافته است و می‌توان به کاربردهای آن در مواد، پزشکی و بهداشت، داروسازی، الکترونیک و کامپیوتر، مهندسی، بیوفناوری، محیط زیست، مسائل دفاعی، انرژی، کشاورزی و بسیاری از صنایع مانند نساجی، فولاد، برق و ... اشاره کرد. نانو فناوری در عمل به سه شاخه اصلی (نانو فناوری مرطوب، خشک و محاسباتی) تقسیم شده که امروزه دو تغییر از نانو فناوری؛ یکی حرکت از بزرگ به کوچک شامل کوچک کردن هر چه بیشتر موادی همچون تراشه‌های رایانه‌ای و دیگری حرکت از کوچک به بزرگ به معنای ساخت مواد با کنار یکدیگر قرار دادن تک تک اتم‌ها یا مولکول‌ها در دست است [۴-۱] .

۱-۱-۱- مزایا و کاربردها

فناوری نانو توانسته با تولید مواد و محصولات صنعتی و امکان تغییر بنیانی در ساخت مواد و ابزارها در آینده، مانند توانایی سنتز بلوک‌های ساختمانی نانو با اندازه و ترکیب کنترل شده، انقلابی را در مواد و فرآیندهای تولید به وجود آورده و بسترساز ابزارهای نوین بر پایه اصول و معماری جدید شود. افزایش توان درمانی داروها و آزاد سازی دارو، تهیه مواد زیست سازگار با کارایی بالا و مقیاس نانومتر در شیمی، فیزیک، زیست شناسی و شبیه‌سازی رایانه‌ای و دوام پذیری منابع کشاورزی و آب، با بهره‌گیری از امکان بازیافت و استفاده مجدد از انرژی نیز با بهره‌گیری از علم نانو فراهم خواهد شد [۱].

۱-۲- انواع نانو تکنولوژی

۱-۲-۱- نانو تکنولوژی مرطوب

این شاخه به مطالعه سیستم‌های زیست محیطی که اساسا در محیط‌های آبی پیرامون وجود دارد، می‌پردازد و چگونگی مقیاس نانومتری مواد ژنتیکی، غشاها و سایر ترکیبات سلولی را مورد مطالعه قرار می‌دهد. این شاخه در برگیرنده علوم پزشکی، دارویی، زیست محیطی و کلاً علوم مربوط به بیو است [۱].

۱-۲-۲- نانو تکنولوژی خشک

نانو تکنولوژی خشک، از رشته‌های علوم پایه همانند شیمی و فیزیک مشتق می‌شود و به تمرکز روی ساختارهای کربنی، سیلسیم و دیگر ترکیبات غیر آلی می‌پردازد. قابل تامل است که فناوری خشک-مرطوب، استفاده از مواد نیمه هادی‌ها را نیز شامل می‌شود. الکترون‌های آزاد و انتقال دهنده در این مواد، آن‌ها را برای محیط‌های مرطوب مناسب می‌سازد. اما همین الکترون‌ها محیط فیزیکی فراهم می‌کنند که ساختارهای خشک، از این محیط در الکترونیک، مغناطیس و ابزارهای نوری استفاده می‌کنند [۱].

۱-۲-۳- نانو تکنولوژی تخمینی

نانو تکنولوژی تخمینی یا محاسبه‌ای به مطالعه، مدل‌سازی و ساختن ظاهر ساختمان‌های پیچیده در مقیاس نانو توجه دارد. نانو تکنولوژی تخمینی، پلی است برای ارتباط بین علوم مهندسی، کامپیوتر وفناوری جدید، با توجه به ساختارهای عنوان شده برای نانو تکنولوژی، تاثیر متقابل آن‌ها بر یکدیگر و لزوم مشارکت هر سه ساختار برای خلق و توسعه اکثر محصولات نانویی [۱].

۱-۳- محدوده ابعادی در حوزه نانو تکنولوژی

کلمه نانو دارای ریشه یونانی است و در این زبان به معنی کوتاه و کوتوله است و در کاربردهای علمی به عنوان یک پیشوند به معنی یک میلیاردم واحدی است که پس از آن آورده شده است. به عبارت دیگر می‌توان گفت مقیاس نانو از ۱ تا ۱۰۰ نانومتر است. به عنوان مثال یک نانومتر برابر است با یک میلیاردم متر و برابر با طولی است که اگر چند اتم (مثلا ده اتم هیدروژن) به طور شانه به شانه در کنار یکدیگر قرار بگیرند، ایجاد خواهند کرد. ساختارهای مورد مطالعه در نانو تکنولوژی را می‌توان با توجه به محدوده ابعادی، به سه بخش