بسم الله الرحمن الرحيم

دانشگاه الزهرا (س)

دانشکده علوم پایه

پایان نامه

جهت اخذ درجه کارشناسی ارشد

رشته‌ٔ فیزیک گرایش ماده چگال

عنوان ساخت و بررسی نظری رسانندگی نانو فریت های آلاییده به Cu و Zn

استاد راهنما

دکتر وحید دادمهر

استاد مشاور

دکتر علی رضاخانی

دانشجو

گلاره علیزاده

بهمن ۱۳۹۱

کلیه دستاوردهای این تحقیق متعلق به

دانشگاه الزهرا(س) است.

به پاس محبت های بی دریغشان که هرگز فروکش نمی کند

این مجموعه را به پدر و مادر عزیزم تقدیم می کنم.

خدای را شاکرم که فرصتی فراروی نهاد و همتم افزود تا نتیجه آموخته هایم را در قالب این پروژه بیان کنم. در آغاز لازم می دانم از زحمات پدر و مادر گرامی ام که در دوران تحصیل همواره مشوق و پشتیبان اینجانب بوده اند کمال تشکر را بنمایم. همچنین تقدیر و تشکر شایسته از استاد فرهیخته و فرزانه آقای دکتر وحید دادمهر که با نکته های دلاویز و گفته های بلند، صحیفه های سخن را علم پرور نمود و همواره راهنما و یاری گرم در اتمام و اکمال این پایان نامه بوده است. از اساتید گرانقدر جناب آقای دکتر علی طایفه رضاخانی و جناب آقای دکتر حسین خسروآبادی که زحمت مشاوره و داوری این رساله را متقبل شدند؛ کمال تشکر و قدردانی را دارم. از زحمات جناب آقای مهندس علی ساداتی، خانم زهرا طالب زاده و اساتید محترم و دانشجویان صمیمی و مهربان دانشگاه الزهرا بویژه خانم ها نیلوفر رمضانی و فاطمه معماریان جهت پیشبرد این پایان نامه سپاس گزارم.

چکیده

در میان نانو مواد، نانو بلور های فریت اسپینلی با فرمول عمومی MFe_2O_4 (که M نشان دهنده یون های فلزی دو ظرفیتی است) دسته مهمی از مواد مغناطیسی هستند که به دلیل خواص الکتریکی و ساختاری در گستره پهناوری از علوم دارای اهمیت می باشند. فریت روی $ZnFe_2O_4$ با خواص کاتالیستی، فوتوکالیستی و کاربرد های فراوان در سنسورهای گازی، رطوبتی و بعنوان ماده جاذب و فریت مس $CuFe_2O_4$ با کاربرد در صنایع الکترونیک و حافظه های مغناطیسی توجه بسیاری را در سالهای اخیر به خود جلب کرده اند. سلول واحد نانو فریت های اسپینلی آرایشی از ۳۲ یون اکسیژن به صورت تنگ پکیده مکعبی می باشد که کاتیون ها هشت بخش تتراهدرال (چهاروجهی) و شانزده بخش اکتاهدرال (هشت وجهی) را اشغال می کنند. این توزیع کاتیونی و جهش الکترونهای ظرفیت میان آنها مکانیزم اصلی رسانش در فریت ها را تعیین می نماید. مطالعه رسانندگی الکتریکی در جامدات به تنهایی یکی از موضوعات مورد علاقه ی محققین است، از آن جهت که مطالعه آن کارایی این مواد را برای کاربرد های مختلف آشکار کرده و رفتار حاملین بار تحت میدان و ساز و کار های رسانش را بررسی می کند.

در مقاله حاضر پس از تهیه نانو بلور های فریت روی آلاییده به مس با درصد های آلایش ۰، ۲۵، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ به روش سل ژل و تهیه تصاویر SEM از نمونه ها و تحلیل الگوی پراش اشعه X هر یک جهت اطمینان از شکل گیری ساختار اسپینلی مورد انتظار، رفتار رسانندگی الکتریکی این مواد را تحت تغییر فرکانس بررسی کردیم و متوجه شدیم که نه تنها رسانندگی الکتریکی AC نانو بلور های فریت روی آلاییده به مس به طور مستقیم به فرکانس وابسته است بلکه میزان این وابستگی با افزایش میزان آلایش مس در نمونه ها بیشتر هم می شود.

فهرست مطالب

عنوان **شماره صفحه**

۱) فناوری نانو و آشنایی با نانو مواد ۱

۱-۱) تعریف فناوری نانو..... ۲

۱-۲) پیشینه نانو فناوری..... ۳

۱-۳) کاربرد های نانو فناوری..... ۵

۱-۴) آشنایی با نانو مواد..... ۶

۱-۴-۱) دسته بندی نانو مواد..... ۶

۱-۵) مواد نانو بلور..... ۹

۱-۶) نانو بلور های فریت..... ۱۰

۱-۷) تهیه نانو مواد..... ۱۲

۱-۸) روش های ساخت نانو بلور های فریت..... ۱۴

۱-۸-۱) روش میکرو و نانو امولسیون..... ۱۵

۱-۸-۲) روش هیدروترمال..... ۱۵

۱-۸-۳) روش هم رسوبی..... ۱۶

۱-۸-۴) روش سل ژل احتراقی..... ۱۷

۱-۸-۵) روش سل ژل..... ۱۷

۲) آشنایی با ساز و کار رسانش در جامدات ۲۰

۲-۱) رسانندگی الکتریکی جامدات بلوری..... ۲۲

۲-۲) رسانندگی الکتریکی فریت ها..... ۲۴

۲-۲-۱) بررسی هدایت پرشی در نانو بلورهای فریت..... ۲۶

۳) آزمایشات تجربی ۲۹

۳-۱) سل ژل ۳۰
۳-۱-۱) تعریف سل و ژل ۳۱
۳-۱-۲) انواع سل ۳۲
۳-۱-۳) مراحل تشکیل سل ۳۳
۳-۱-۴) انواع ژل ۳۳
۳-۱-۵) معایب و مزایای روش سل ژل ۳۴
۳-۱-۶) مراحل روش سل ژل ۳۵
۳-۲) مطالعه ساختاری پراش اشعه x ۳۷
۳-۳) میکروسکوپ الکترونی روبشی ۴۰
۳-۴) ساخت و آماده سازی نمونه ها ۴۲
۳-۴-۱) استوکیومتری ۴۳
۳-۴-۱-۱) استوکیومتری و سنتز فریت روی ۴۴
۳-۴-۱-۲) تهیه محلول ۰/۵ مولار از پیش ماده ها ۴۵
۳-۴-۱-۳) تنظیم pH ۴۵
۳-۴-۲) سنتز نانو بلور فریت مس ۴۷
۳-۴-۳) سنتز نانو بلورهای فریت روی آلاییده به مس ۴۸
۳-۴-۴) سنتز نانو بلور فریت روی با میزان ۰/۱۰ مول آلایش نقره ۵۱
۳-۵) اندازه گیری رسانندگی الکتریکی نانو فریت های روی آلاییده به مس تحت تغییر فرکانس ۵۲
۴) بررسی نتایج و تحلیل داده ها ۵۴
۴-۱) تحلیل ساختاری نمونه های سنتز شده ۵۵
۴-۱-۱) تحلیل الگوی پراش اشعه X نانو بلور $ZnFe_2O_4$ ۵۵
۴-۱-۲) بررسی توزیع کاتیونی نانو بلور $ZnFe_2O_4$ توسط نرم افزار MAUD ۵۶
۴-۱-۳) تحلیل الگوی پراش اشعه X نانو بلور $Zn_{0.75}Cu_{0.25}Fe_2O_4$ ۵۷

۴-۱-۴) بررسی توزیع کاتیونی نانو بلور $Zn_{0.75}Cu_{0.25}Fe_2O_4$ توسط نرم افزار MAUD ۵۹
۴-۱-۵) تحلیل الگوی پراش اشعه X نانو بلور $Zn_{0.5}Cu_{0.5}Fe_2O_4$ ۶۰
۴-۱-۶) بررسی توزیع کاتیونی نانو بلور $Zn_{0.5}Cu_{0.5}Fe_2O_4$ توسط نرم افزار MAUD ۶۱
۴-۱-۷) تحلیل الگوی پراش اشعه X نانو بلور $Zn_{0.25}Cu_{0.75}Fe_2O_4$ ۶۳
۴-۱-۸) بررسی توزیع کاتیونی نانو بلور $Zn_{0.25}Cu_{0.75}Fe_2O_4$ توسط نرم افزار MAUD ۶۵
۴-۱-۹) تحلیل الگوی پراش اشعه X نانو بلور $CuFe_2O_4$ ۶۶
۴-۱-۱۰) بررسی توزیع کاتیونی نانو بلور $CuFe_2O_4$ توسط نرم افزار MAUD ۶۸
۴-۱-۱۱) تحلیل الگوی پراش اشعه X نانو بلور فریت روی با میزان ۰/۱ مول آلایش نقره ۶۹
۴-۲) بررسی تصاویر SEM نانو بلور فریت روی ۷۲
۴-۳) بررسی تصاویر SEM نانو بلور فریت مس ۷۳
۴-۴) بررسی تصاویر SEM نانو بلور فریت روی با میزان ۰/۱ مول آلایش نقره ۷۴
۴-۵) نتایج حاصل از بررسی وابستگی رسانندگی الکتریکی به فرکانس نانو بلور های فریت $Zn_{1-x}Cu_xFe_2O_4$ ۷۵.
۴-۵-۱) بررسی رسانندگی الکتریکی نانو بلور فریت روی با میزان ۰٪ مول آلایش مس ۷۵
۴-۵-۲) بررسی رسانندگی الکتریکی نانو بلور فریت روی با میزان ۲۵٪ مول آلایش مس ۷۷
۴-۵-۳) بررسی رسانندگی الکتریکی نانو بلور فریت روی با میزان ۰/۵ مول آلایش مس ۷۸
۴-۵-۴) بررسی رسانندگی الکتریکی نانو بلور فریت روی با میزان ۰/۷۵ مول آلایش مس ۸۱
۴-۵-۵) بررسی رسانندگی الکتریکی نانو بلور فریت مس ۸۳
۴-۶) مقایسه رسانندگی نانو بلور های $Zn_{1-x}Cu_xFe_2O_4$ (x = 0, 0.25, 0.5, 0.75, 1) ۸۴
نتیجه گیری ۹۰
پیشنهاد ادامه کار ۹۲
مراجع ۹۳

فهرست جداول

عنوان **شماره صفحه**

جدول ۴-۱) مشخصات و پارامتر های ساختاری قبل و بعد از ظریف سازی نانو بلور $ZnFe_2O_4$ ۵۷

جدول ۴-۲) مشخصات و پارامتر های ساختاری قبل و بعد از ظریف سازی نانو بلور $Zn_{0.75}Cu_{0.25}Fe_2O_4$ ۶۰

جدول ۴-۳) مشخصات و پارامتر های ساختاری قبل و بعد از ظریف سازی نانو بلور $Zn_{0.5}Cu_{0.5}Fe_2O_4$ ۶۳

جدول ۴-۴) مشخصات و پارامتر های ساختاری قبل و بعد از ظریف سازی نانو بلور $Zn_{0.25}Cu_{0.75}Fe_2O_4$ ۶۶

جدول ۴-۵) مشخصات و پارامتر های ساختاری قبل و بعد از ظریف سازی نانو بلور $CuFe_2O_4$ ۶۹

جدول ۴-۶) مقادیر اندازه بلورک و ثابت شبکه نانو فریت روی با میزان ۰/۱۰ مول آلایش نقره و نانو فریت روی خالص ۷۱

جدول ۴-۷) توزیع کاتیونی و مقادیر ثابت شبکه و طول پرش نانو بلور های $Zn_{1-x}Cu_xFe_2O_4$ ۸۷

جدول ۴-۸) مقادیر پارامتر S برای نانو بلورهای $Zn_{1-x}Cu_xFe_2O_4$ ۸۹

فهرست تصاویر

عنوان **شماره صفحه**

شکل ۱-۱) نانو حفره ۹

شکل ۱-۲) نمایش سایت اکتاهدرال و تتراهدرال ۱۱

شکل ۲-۱) نمودار نوار انرژی برای یک نیمرسانا ۲۴

شکل ۲-۲) نمایشی از مدل جهش الکترونی ۲۷

شکل ۳-۱) مراحل روش سل ژل ۳۷

شکل ۳-۲) نمونه اطلاعات ثبت شده از پراش یک نمونه به روش پودری ۳۹

شکل ۳-۳) تجهیزات میکروسکوپ الکترونی روبشی ۴۲

شکل ۳-۴) ترازوی دیجیتالی ۴۳

شکل ۳-۵) دستگاه LCR متر ۵۳

شکل ۴-۱) الگوی پراش اشعه x نانو بلور $ZnFe_2O_4$ ۵۶

شکل ۴-۲) الگوی پراش محاسبه شده توسط نرم افزار و اختلاف دو طیف برای $ZnFe_2O_4$ ۵۷

شکل ۴-۳) الگوی پراش اشعه x نانو بلور $Zn_{0.75}Cu_{0.25}Fe_2O_4$ ۵۸

شکل ۴-۴) الگوی پراش محاسبه شده توسط نرم افزار و اختلاف دو طیف برای $Zn_{0.75}Cu_{0.25}Fe_2O_4$ ۶۰

شکل ۴-۵) الگوی پراش اشعه x نانو بلور$Zn_{0.5}Cu_{0.5}Fe_2O_4$ ۶۱

شکل ۴-۶) الگوی پراش محاسبه شده توسط نرم افزار و اختلاف دو طیف برای $Zn_{0.5}Cu_{0.5}Fe_2O_4$ ۶۳

شکل ۴-۷) الگوی پراش اشعه x نانو بلور $Zn_{0.25}Cu_{0.75}Fe_2O_4$ ۶۴

شکل ۴-۸) الگوی پراش محاسبه شده توسط نرم افزار و اختلاف دو طیف برای $Zn_{0.25}Cu_{0.75}Fe_2O_4$ ۶۶

شکل ۴-۹) الگوی پراش اشعه x نانو بلور $CuFe_2O_4$ ۶۷

شکل ۴-۱۰) الگوی پراش محاسبه شده توسط نرم افزار و اختلاف دو طیف برای $CuFe_2O_4$ ۶۸

شکل۴-۱۱) الگوی پراش نانو بلور فریت روی و فریت روی آلاییده به نقره ۷۱

شکل ۴-۱۲) تصاویر SEM نانو بلور فریت روی با بزرگنمایی های مختلف ۷۲

شکل ۴-۱۳) تصاویر SEM نانو بلور فریت مس $CuFe_2O_4$ با بزرگنمایی های مختلف..... ۷۳

شکل ۴-۱۴) تصاویر SEM نانو بلور فریت روی با میزان ۱۰ درصد آلایش نقره..... ۷۴

شکل ۴-۱۵) نمودار لگاریتم رسانندگی بر حسب لگاریتم فرکانس برای $ZnFe_2O_4$ ۷۶

شکل ۴-۱۶) نمودار لگاریتم رسانندگی بر حسب لگاریتم فرکانس برای $Zn_{0.75}Cu_{0.25}Fe_2O_4$ ۷۸

شکل ۴-۱۷) نمودار لگاریتم رسانندگی بر حسب لگاریتم فرکانس برای $Zn_{0.5}Cu_{0.5}Fe_2O_4$ ۸۰

شکل ۴-۱۸) نمودار لگاریتم رسانندگی بر حسب لگاریتم فرکانس برای $Zn_{0.25}Cu_{0.75}Fe_2O_4$ ۸۲

شکل ۴-۱۹) نمودار لگاریتم رسانندگی بر حسب لگاریتم فرکانس برای $CuFe_2O_4$..... ۸۴

شکل ۴-۲۰) نمودار لگاریتم رسانندگی بر حسب لگاریتم فرکانس برای$Zn_{1-x}Cu_xFe_2O_4$ ۸۶

فصل اول

فناوری نانو و آشنایی با نانو مواد

۱-۱ تعریف فناوری نانو

اغلب گفته می شود فناوری نانو، فناوری اشیاء کوچک است، اشیاء خیلی کوچک و در واقع استفاده و تولید ماده در مقیاس ریز مولکولی است که در این ابعاد اتم‌ها و مولکول‌ها به شکلی متفاوت از ابعاد بزرگتر عمل میکنند و گستره ای ازکاربردهای جالب و شگفت‌انگیز را فراهم میکنند. می توان اصطلاح "فناوری مولکولی" را برای فناوری نانو استفاده کرد، چرا که ابعاد نانو ابعاد کارایی مولکولها است. نانو فناوری واژه‌ای است کلی که به تمام فناوری های پیشرفته در عرصه کار با مقیاس نانو (ابعادی در حدود ۱ تا ۱۰۰ نانومتر) اطلاق میشود. به دستکاری کنترل شده، جاگیری دقیق، اندازه گیری، مدلسازی و تولید مواد در مقیاس نانو می گویند و هدف آن تولید مواد، ابزار و سیستم هایی با ویژگی‌های بنیادی و عملکردهای جدید می باشد. نانوفناوری، توانمندی تولید و ساخت مواد، ابزار و سیستم های جدید با در دست گرفتن کنترل در مقیاس نانومتری یا همان سطوح اتمی و مولکولی، و استفاده از خواصی است که در این سطوح ظاهر میشوند. در حالی که تعاریف زیادی برای فناوری نانو وجود دارد، تعریفی برای آن ارائه می شود که در برگیرنده سه تعریف ذیل است:

۱. توسعه فناوری و تحقیقات در سطوح اتمی ، مولکولی و یا ماکرومولکولی در مقیاس اندازه ای ۱ تا ۱۰۰ نانومتر.

۲. خلق و استفاده از ساختارها و ابزار و سیستمهایی که به خاطر اندازه کوچک ، خواص و عملکرد نوینی دارند.

۳. توانایی کنترل یا دستکاری در سطوح اتمی.

به علاوه فناوری نانو یک روش مناسب برای تولید ساختارهایی با حداقل یک بعد نانو متری است.

نانوفناوری یک رشته جدید نیست، بلکه رویکردی جدید در تمام رشته هاست. برای نانوفناوری کاربردهایی را در حوزه های مختلف از غذا، دارو، تشخیص پزشکی و بیوتکنولوژی تا الکترونیک، کامپیوتر، ارتباطات، حمل و نقل، انرژی، محیط زیست، مواد، هوافضا و امنیت ملی برشمرده اند. هر چند آزمایش ها و تحقیقات پیرامون نانوفناوری از ابتدای دهه ۸۰ قرن بیستم به طور جدی پیگیری شد، اما اثرات تحول آفرین، و باورنکردنی آن در

روند تحقیق و توسعه باعث گردید که نظر تمامی کشورهای بزرگ به این موضوع جلب گردد و فناوری نانو را به عنوان یکی از مهمترین اولویت های تحقیقاتی خویش طی دهه اول قرن بیست و یکم محسوب نمایند.

۱-۲ پیشینه نانو فناوری

در طول تاریخ بشر از زمان یونان باستان، مردم و به خصوص 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 ٤٠٠ سال قبل از میلاد مسیح او اولین کسی بود که واژه اتم را که به معنی تقسیم نشدنی در زبان یونانی است برای توصیف ذرات سازنده مواد به کاربرد. نقطه شروع و توسعه اولیه فناوری نانو به طور دقیق مشخص نیست. شاید بتوان گفت که اولین نانو تکنولوژیست ها شیشه گران قرون وسطایی بوده‌اند. در آن زمان برای ساخت شیشه های کلیسا های قرون وسطایی از ذرات نانومتری طلا استفاده می شده است و با این کار شیشه های رنگی بسیار جذابی بدست می آمده است. این قبیل شیشه‌ها هم‌اکنون در بین شیشه های بسیار قدیمی یافت میشوند. رنگ به وجودآمده در این شیشه ها برپایه این حقیقت استوار است که مواد با ابعاد نانو دارای همان خواص مواد با ابعاد میکرو نمی باشند. البته این شیشه گران نمی دانستند که چرا با اضافه کردن طلا به شیشه رنگ آن تغییر میکند. در واقع یافتن مثالهایی برای استفاده از نانو ذرات فلزی چندان سخت نیست. رنگدانه های تزیینی جام مشهور لیکرگوس در روم باستان (قرن چهارم بعد از میلاد) نمونه‌ای از آنها است. این جام هنوز در موزه بریتانیا قرار دارد و بسته به جهت نور تابیده به آن رنگهای متفاوتی دارد. نور انعکاس یافته از آن سبز است ولی اگر نوری از درون آن بتابد، به رنگ قرمز دیده میشود. آنالیز این شیشه حکایت از وجود مقادیر بسیاراندکی از بلورهای فلزی ریز ۷۰۰ نانو متری دارد، که حاوی نقره و طلا با نسبت مولی تقریبا ١٤ به ١ است حضور این نانوبلورها باعث رنگ ویژه جام لیکرگوس گشته است.

نخستین بار امکان دستکاری ماده در سطح نانومتری توسط ریچارد فاینمن[1] در محافل علمی مطرح شد، فاینمن در طول کنفرانس خود با عنوان "فضای زیادی در آن پایین وجود دارد" استفاده از آجربنای اتمی برای تجمع در سطح مولکولی را شرح داد و عنوان کرد:

" تا آنجا که می دانیم، اصول فیزیکی، حرکت اتم به اتم روی اشیا را غیرممکن نمی داند و ما هم سعی نداریم قانونی را از اعتبار ساقط کنیم. در اصل این کاری است که میتوان انجام داد، ولی تا کنون درعمل انجام نشده است، زیرا فکر می کنم ما خیلی بزرگ هستیم".

سالها بعد زمینه فناوری نانو از سوی اریک درکسلر[2] و ریچارد اسمالی[3] بنا نهاده شد، و چاد میرکین[4] نیز حوزه بیونانوفناوری را شروع کرد. دکتر ریچارد اسمالی، استاد رشته شیمی دانشگاه رایس از پیشگامان نانوفناوری بود و در سال ۱۹۹٦ به خاطر ابداع باکی بال ها، جایزه نوبل دریافت کرد. او نقش برجسته ای در فناوری نانو داشته است. گروه تحقیقاتی وی موفق به ابداع یک روش کاربردی برای تولید انبوه نانو لوله های کربنی شدند. اریک درکسلر در سال ۱۹۹۱ درجه دکترای خود را در فناوری نانو مولکولی دریافت کرد، که اولین دکترای نانو است. چاد میرکین پروفسور سازمان شیمی و مؤسسه نانوفناوری دانشگاه نورث وسترن[5]، از پیشگامان عرصه بهبود شیمیایی توسط نانوسیستم‌ها برای پیشرفت بیونانوفناوری به شمار میرود، کار تحقیقاتی وی روی تک لایه های خود تجمع یافته، طراحی وسایل الکترونیکی با اساس مولکولی، نانولیتوگرافی، سنتز نانوذرات و سنتز هدفمند DNA توانسته است پایه هایی برای تحقیقات فناوری نانو در بسیاری از حوزه‌های گوناگون کاربردی فراهم آورد.

1. Richard Feynman
2. Eric Drexler
3. Richard Smalley
4. Chad Mirkin
5. North western

۱-۳ کاربرد های نانو فناوری

دانشمندان برای فناوری نانو کاربردهای خاصی را متصورند که جایگاه و اهمیت آن را در منافع اقتصادی ممتاز می کند و آن ها را به تحقیق در مورد کاربرد های مختلفی مثل محیط زیست، نفت و پتروشیمی، الکترونیک، خودرو، پوشاک، بهداشت و... هدایت می کند. با حذف آلاینده به کمک ذراتی با ابعاد نانومتر (نانوذرات) می توان بهبود زیادی را در محیط زیست فراهم ساخت. می توان از نانوذرات برای انتقال دارو به یک نقطه هدف در بدن بیمار بهره برد. در خودرو مهمترین مولفه، وزن و هزینه قطعات مختلف است که با فناوری نانو می توان آن را تغییر داد. مهندسی سطح و بافت در مقیاس نانو کمک به ساخت محصولاتی با ویژگی های مکانیکی، رطوبتی، دمایی، زیستی، الکترونیکی، نوری، و شیمیایی بهتری میکند، که برخی از آنها را در زیر لیست کرده ایم:

۱- سلول های خورشیدی کوچکتر و کارآمدتر

۲- سطوح ضدانعکاس

۳- حسگرهای مقاوم به آهنربا و حافظه اطلاعات

٤- سازه های کوچک برای ترانزیستورها

۵- کاشت های زیست سازگار و بسیاری محصولات مفید دیگر.

ترکیبات نانو متری دارای نسبت سطح به حجم بسیار زیادی هستند (حجم کمی دارند اما سطح زیادی را پوشش می دهند) و لذا استفاده از آنها در مواد کامپوزیتی و ذخیره انرژی به شکل شیمیایی (مانند گاز طبیعی و هیدروژن) بسیار ایده آل خواهد بود. به طور کلی خصوصیات مواد در اندازه های نانو متری دچار تغییراتی می شود و با طراحی مواد نانو متری تغییر در خصوصیات ماکروسکوپیک و میکروسکوپیک ماده مانند رنگ، خواص مغناطیسی، دمای ذوب و ..... بدون تغییر ترکیبات شیمیایی آن ممکن می شود. بر اساس خواصی که به آن اشاره شد، هر یک از ساختارهای نانومتری استعداد کاربرد ویژه ای را دارند که در هر زمینه قابل بررسی است [2] .

۱-۴ آشنایی با نانو مواد

موادی که حداقل یکی از ابعاد آنها در مقیاس ۱ الی ۱۰۰ نانومتر باشد، مواد نانویی یا نانو مواد خوانده می‌شوند. به طور کلی منظور از یک ماده ی نانو ساختار، جامدی است که در سراسر بدنه آن انتظام اتمی، بلور های تشکیل دهنده و ترکیب شیمیایی در مقیاس چند نانومتری گسترده شده باشند. در حقیقت این مواد متشکل از بلورها یا دانه های نانومتری هستند که هر کدام از آنها ممکن است از لحاظ ساختار اتمی، جهات کریستالوگرافی یا ترکیب شیمیایی با یکدیگر متفاوت باشند. همه مواد از جمله فلزات، نیمه هادی ها، شیشه ها، سرامیک ها و پلیمرها در ابعاد نانو می توانند وجود داشته باشند. همچنین محدوده فناوری نانو می تواند به صورت ذرات بی شکل، کریستالی، آلی، غیر آلی و یا به صورت منفرد، مجتمع، پودر، کلوییدی و سوسپانسیونی باشد.

۱-۴-۱ دسته بندی نانو مواد:

۱. نانوذرات

نانو ذره از ده ها یا صدها اتم یا مولکول و با اندازه ها و مورفولوژی های مختلف (آمورف، کریستالی، کروی شکل، سوزنی شکل و غیره) ساخته شده است. اغلب نانوذرات که به طور تجاری مورد استفاده قرار می گیرند، به شکل پودر خشک و یا به صورت بخش مایع می باشند. البته نانوذرات آمیخته شده در یک محلول آلی یا آبی که به شکل سوسپانسیون یا خمیری شکل است نیز مورد توجه می باشد. این ذرات در شکل ها و مورفولوژی های گوناگونی یافت می شوند، ساختارهایی از کروی گرفته تا فلسی، ورقه ای، شاخه ای، لوله ای و میله ای.

۲. نانو لوله ها

نانولوله، لوله ای است که در مقیاس نانو بوسیله نانوذرات ساخته میشود. نانولوله ها از خانواده ی فولرن ها محسوب می شوند . قطر یک نانو لوله در حدود چند نانومتر است. در حالی که طول آن می تواند به چندین میلی متر برسد. استحکام کششی ۱۰۰ برابر فولاد ، رسانایی حرارتی نسبت به سایر ترکیبات به استثنای الماس خالص، رسانایی الکتریکی بسیار بالا، توانایی حمل جریانی بالاتر از مس، ممان مغناطیسی بسیار بزرگ و قابلیت

گسیل و جذب نور از ویژگی های برجسته نانو لوله ها است. نانو لوله ها کاربردهای زیادی در فناوری و صنعت دارند. یکی از مهم‌ترین انواع نانو لوله ها، نانو لوله های کربنی هستند. نانو لوله های کربنی در ۲ گروه اصلی : تک دیواره و چند دیواره وجود دارند. از مزایای کلیدی نانولوله‌های کربنی توانایی آن ها در عبور از غشاهای پلاسما است. نانو لوله در مواردی همچون رسانایی الکتریکی، انعطاف و استحکام، خواص قابل توجهی دارد. نانو لوله ها به عنوان پر کننده در نانو کامپوزیت ها استفاده می شوند.

۳. نانو سیم ها

عموماً سیم به ساختاری گفته می شود که در یک جهت (جهت طولی) گسترش داده شده باشد و در دو جهت دیگر بسیار محدود شده باشد. ساخت سیم هایی در ابعاد نانومتری، هم از جهت تکنولوژیکی و هم از جهت علمی بسیار مورد علاقه می باشد، زیرا در ابعاد نانومتری خواص غیر معمولی از خود بروز میدهند. نانوسیم نانوساختاری با قطری در مقیاس نانومتر و طولی نامشخص است. نانوسیم ها ساختارهای تک بعدی ناهمسانگرد هستند که قطر کوچکی دارند و نسبت سطح به حجم آنها زیاد است. بنابراین، خواص فیزیکی آنها با سایر ساختارها متفاوت است. انواع مختلفی از نانو سیم ها وجود دارد، شامل فلزی (مثل نیکل، پلاتین، طلا)، نیمه‌رسانا (مثل سیلیسیم، ایندیوم فسفاید، نیترید گالیوم و ...)، و نارسانا (مثل سیلیس، تیتانیا). مثال هایی از کاربرد نانوسیم ها عبارتند از: وسایل مغناطیسی، سنسورهای شیمیایی و بیولوژیکی، نشانگرهای بیولوژیکی و اتصالات داخلی در نانوالکترونیک مانند اتصال دو قطعه ابر رسانای آلومینیومی که توسط نانوسیم نقره صورت می گیرد.

۴. نانو خوشه ها

در اوایل دهه ۸۰ میلادی، دانشمندان فیزیک کشف کردند که اتم های گازی فلزی به شکل حباب هایی پایدار و با تعداد اتم های مشخصی، مجتمع می شوند. در دهه ۹۰، آنها اثر مشابهی را در کار بر روی سطوح مشاهده کردند، اتم های گازی می توانند به شکل خوشه هایی با اندازه های ویژه روی سطح بچسبند. با توجه به تحقیقات و محاسبات، محققین به این نتیجه رسیدند که اتم ها، سطح را برای پیدا کردن مکانی برای رسیدن به کمترین مقدار

انرژی جست و جو می کنند. همان طور که میدانیم نانو مواد به موادی گفته می شود که حداقل یک بعد آن ها در حد نانو باشد، حال اگر مجموعه ای از اتم های مقید شده را طوری کنار هم قرار دهیم که هر سه بعد ماده در حد نانو باشد و تعداد اتم ها هم زیاد نباشد یعنی کمتر از عدد آووگادرو باشد ما یک نانو خوشه یا نانو کلاستر خواهیم داشت. اگر خوشه ها، دارای خاصیت مغناطیسی شوند، می توانند برای وسایل ذخیره اطلاعات که بسیار فشرده هستند و کاتالیست ها برای واکنش های شیمیایی، استفاده شوند.

۵. نانو لایه ها

در دنیای کنونی تغییرات سطحی به یک فرایند مهم و اساسی تبدیل شده است. در این مورد روش هایی شامل ایجاد لایه های نازک یا پوشش ها بر روی سطوح، افزایش کارآیی و محافظت سطوح را به دنبال دارد. رسوب یک لایه نازک (نانولایه) برای پوشش دهی در اکثر صنایع جایگاه مهمی یافته است. نانولایه ها دارای یک ساختار نانو ذره ای می باشند که این ساختار یا از توزیع نانوذرات در لایه ایجاد می شود و یا به وسیله یک فرایند کنترل شده، یک نانو ساختار در حین رسوب ایجاد می شود. فیلم های نانویی لایه نازک، که بر روی سطح یک زیر لایه نشانده می شوند همانند زیرلایه ها، خازن ها، قطعات حافظه، آشکارسازهای مادون قرمز و راهنماهای موجی کاربردهای عمدتاً الکترونیکی دارند.

۶. نانو پوشش ها

پوشش ها دارای کاربردهای متنوعی از صنایع اتومبیل گرفته تا صنایع لوازم خانگی هستند. پوشش ها سطوحی را که در معرض آسیب های محیطی مانند باران، برف، نمک ها، رسوب های اسیدی، اشعه ماوراء بنفش، نور آفتاب و رطوبت می باشند را محافظت می نماید. نانو پوشش های حفاظتی برای افزایش مقاومت در مقابل خوردگی، افزایش سختی سطوح و حفاظت در مقابل عوامل مخرب محیطی می باشند. علاوه بر آن، فناوری نانو از خش برداشتن، تکه تکه شدن و خورده شدن روکش ها جلوگیری می کند. از موارد استفاده نانو پوشش ها می توان به