بسم الله الرحمن الرحيم

دانشکده علوم

دانشگاه بیرجند

پایان‌نامه دوره کارشناسی ارشد فیزیک حالت جامد

عنوان:

ساخت و بررسی خواص فیزیکی نانو فریت $Mn_{0.5}Zn_{0.5}Fe_{2-x}Al_xO_4$ در بستر سیلیکا

اساتید راهنما:

دکتر احمد امیرآبادیزاده

دکتر حسین فرسی

نگارش:

سید مجتبی عابدینی

تابستان ۱۳۹۱

تمهيد:

مقدمة

[illegible]

[illegible]

[illegible]

[illegible]

[illegible]:

[illegible]

[illegible]

[illegible]

[illegible]

چکیده

هدف از این پایان نامه ساخت و بررسی خواص فیزیکی نانو فریت $Mn_{./۵}Zn_{./۵}Fe_{۲-x}AL_xO_۴$ در بستر سیلیکا میباشد که این یک روش کاملا نوین می‌باشد، مزیت این روش نسبت به دیگر روشها یکنواختی و کوچکی اندازه ذرات است. این یک روش مناسب برای ساخت این نانو فریت است.

در این روش میزان دمایی که به ماده داده می‌شود، خواص ماده را تغییر می‌دهد به طوریکه در دماهای زیر ۶۵۰ درجه سانتیگراد الگوی XRD برای نمونه آمورف می‌شود ولی در دماهای ۸۰۰ و۱۰۰۰درجه سانتی‌گراد مشاهده می‌کنیم فاز فریتی شکل گرفته است.

منحنی‌های VSM برای دماهای مختلف تغییرات محسوسی با هم دارند به این‌صورت که هرچه دما بالاتر و یا میزان ناخالصی کاهش داده شود، M_S برای نمونه افزایش می‌یابد.

کلید واژه : نانو فریت، $Mn_{./۵}Zn_{./۵}Fe_{۲-x}AL_xO_۴$ ، بستر سیلیکا

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

فصل اول: مقدمه ۱
۱-۱- نانو فن آوری ۲
۱-۲- تعریف نانو تکنولوژی ۲
۱-۳- مواد:ساخت وتولید ۴
۱-۴- معرفی نانو مواد ۶
۱-۵- دسته بندی نانو مواد ۷
۱-۶- ابزار و تجهیزات مورد استفاده در زمینه نانو ۷
۱-۶-۱- طیف سنجی جرمی یون ثانویه ۸
۱-۶-۲- طیف سنجی رامان(RS) ۸
۱-۶-۳- طیفسنج جرمی(MS) ۸
۱-۷- روش ساخت فریتها ۹
۱-۷-۱- تعریف فریت ۹
۱-۷-۲- تاریخچه فریتها ۹
۱-۷-۳- خواص و کاربردها ۱۰
۱-۷-۴- سرامیک های مغناطیسی چیستند وچه کاربردهایی دارند ۱۰
۱-۷-۵- ساختار اسپینلی ۱۱
۱-۷-۶- ساختار اسپینل معکوس ۱۲
۱-۷-۷- چند نکته در مورد فریتها ۱۲
۱-۸- روشهای تهیه نانوفریت ۱۵
۱-۸-۱- روش های فیزیکی ۱۵
۱-۸-۲- روش فیزیکی –شیمیایی ۱۵
۱-۸-۳- روش شیمیایی ۱۶
۱-۹- بستر سیلیکا چیست ۲۰
۱-۱۰- مزیت بستر سیلیکا ۲۱
۱-۱۱- فریت Zn-Mn ۲۱
۱-۱۲- ساختار کریستالی فریت ها ۲۶
۱-۱۲-۱- دسته بندی ساختارهای کریستالی در فریتها ۲۶
۱-۱۳- مغناطش در حوزهها ۳۰
۱-۱۳-۱- طبیعت حوزهها ۳۰

۱-۱۴- رفتار حلقه های پسماند ۳۵
فصل دوم ۳۶
۲-۱- کار های اخیراً انجام شده در زمینه ساخت فریت Mn-Zn ۳۸
فصل سوم : عملیات آزمایشگاهی ۵۱
۳-۱- مواد اولیه: ۵۲
۳-۲- محاسبات: ۵۳
۳-۳- روش آزمایش: ۵۶
۳-۴- نمودار ساخت فریت Mn-Zn ۵۹
۳-۵- آنالیزهای آزمایشگاهی انجام شده ۶۰
۳-۵-۱- آنالیز پراکندگی پرتو x: ۶۰
۳-۵-۲- روبش توسط میکروسکوپ الکترونی(SEM): ۶۱
۳-۵-۳- میکروسکوپ الکترونی انتقالی(TEM) ۶۳
فصل جهارم:بحث و نتیجه‌گیری ۶۵
۴-۱- فریت Mn-Zn در بستر سیلیکا ۶۶
۴-۲- تحلیل DTA ۶۹
۴-۳- تحلیل XRD ۷۱
۴-۳-۱- اثر دما بر الگوی پراش ۷۱
۴-۳-۲- اثر ناخالصی بر الگوی پراش ۷۴
۴-۴- تحلیل VSM نمونه های ساخته شده ۸۰
۴-۴-۱- اثر دما ۸۰
۴-۴-۲- اثر ناخالصی ۸۱
۴-۵- تحلیل SEM ۸۴
۴-۵-۱- اثر دما ۸۵
۴-۵-۲- اثر ناخالصی ۸۷
۴-۶- تحلیل TEM ۹۱
۴-۷- نتیجه‌گیری و پیشنهادات ۹۲
فهرست مراجع ۹۳

فهرست شکل‌ها و جداول

جدول۱-۱ کاربرد فریت نرم ۲۳
جدول ۱-۲ مزایا و معایب فریت‌ها نسبت به دیگر مواد مغناطیسی ۲۳
شکل ۱- ۱ نمودار ترکیبی برای فریت Mn-Zn ۲۵
شکل ۱-۲ ساختار فریت Mn-Zn ۲۶
شکل ۱-۳ ساختار کریستالی هگزاگونال Mn-Zn ۲۸
شکل ۱-۴ ساختار کریستالی گارنت ۳۰
شکل ۱-۵ خطوط شار در یک ذره از ناحیه مجزا ۳۱
شکل ۱-۶ کاهش انرژی مغناطیسی با شکل‌گیری دامنه‌ها ۳۱
شکل ۱-۷ منحنی مغناطش اولیه و حلقه پسماند... ..... ۳۶
جدول ۲-۱ خواص مغناطیسی نمونه‌ها ۴۰
شکل ۲-۱ SEM برای نمونه های کلسینه شده..... ۴۱
شکل ۲-۲ SEM برای نمونه Mn-Zn ۴۶
شکل ۲-۳ نمایی از ساخت ذرات مغناطیسی..... ۴۷
شکل۲-۴ الگوی پراش برای فریت Mn-Zn ۴۸
جدول ۲-۲ نتایج سنتز فریت Mn-Zn ۵۰
جدول ۳-۱ مواد اولیه استفاده شده..... ۵۲
جدول ۳-۲ مشخصات دستگاه‌های آنالیز..... ۵۳
شکل ۳-۱ طریقه حرارت دهی در کوره برای دمای ۱۰۰۰درجه..... ۵۸
شکل ۳-۲ نمایش هندسی قانون براگ ۶۱
شکل ۳-۳ نمایی از SEM ۶۲
شکل ۳-۴ نمایی از TEM ۶۴
شکل ۴-۱ نمودار TG و DTA..... ۷۰
شکل ۴-۲ الگوی پراش برای نمونه خالص در دمای ۵۵۰ درجه ۷۱
شکل ۴-۳ الگوی پراش برای نمونه خالص در دمای ۸۰۰ درجه ۷۱
شکل ۴-۴ الگوی پراش برای نمونه خالص در دمای ۱۰۰۰ درجه ۷۳
جدول ۴-۱ مقایسه اندازه نانو بلورک‌ها و ثابت شبکه در دماهای مختلف ۷۴
شکل ۴-۵ الگوی پراش برای نمونه ناخالص۰/۳ ,۰/۱ ,x=۰ در دمای ۸۰۰ درجه ۷۵
جدول ۴-۲ اندازه نانو بلورک ها و ثابت شبکه ۷۵
شکل ۴-۶ الگوی پراش برای نمونه خالص در دمای ۱۰۰۰ درجه ۷۶
شکل ۴-۷ الگوی پراش برای نمونه با ناخالصی x=۰/۱ در دمای ۱۰۰۰درجه..... ۷۶
شکل ۴-۸ الگوی پراش برای نمونه با ناخالصی x=۰/۳ در دمای ۱۰۰۰درجه ۷۷
شکل ۴-۹الگوی پراش برای نمونه با ناخالصی x=۰/۵ در دمای ۱۰۰۰درجه ۷۷
شکل ۴-۱۰ الگوی پراش برای نمونه با ناخالصی x=۰/۱, ۰/۳, ۰/۵ در دمای ۱۰۰۰درجه ۷۸
جدول ۳-۴ اندازه ذرات و ثابت شبکه در دمای ۱۰۰۰ درجه ۷۸
شکل ۴-۱۱ تغییرات اندازه بلورک‌ها بر حسبx ۷۹
شکل ۴-۱۲ تغییرات ثابت شبکه بر حسب x ۸۰
شکل ۴-۱۳ منحنی VSM نمونه خالص ۸۱
جدول ۴-۴ اثر دما برای نمونه خالص..... ۸۱

شکل ۴-۱۴ اثر ناخالصی در منحنی VSM برای x=۰, ۰/۱ در دمای ۶۵۰ درجه..... ۸۲
جدول ۴-۵ اثر ناخالصی بر H_C و M_S در دمای ۶۵۰ درجه ۸۲
شکل ۴-۱۵ منحنی VSMمربوط به نمونه‌ها در دمای ۸۰۰ درجه ۸۳
جدول ۴-۶ اثر ناخالصی بر H_C و M_S در دمای ۸۰۰درجه ۸۳
شکل ۴-۱۶ منحنی VSM مربوط به نمونه های ناخالص در دمای ۱۰۰۰ درجه ۸۴
جدول ۴-۷ اثر ناخالصی بر H_C و M_S در دمای.۱۰۰۰درجه ۸۴
شکل ۴-۱۷ تصویر SEM برای نمونه خالص در دمای ۶۵۰ درجه ۸۵
شکل ۴-۱۸ تصویر SEM برای نمونه خالص در دمای ۸۰۰ درجه ۸۶
شکل ۴-۱۹ تصویر SEM برای نمونه خالص در دمای ۱۰۰۰ درجه ۸۶
شکل۴-۲۰ تصویر SEM برای نمونه خالص در دمای ۶۵۰ درجه ۸۷
شکل۴-۲۱ تصویر SEM برای نمونه x=۰/۱ در دمای ۶۵۰ درجه ۸۸
شکل ۴-۲۲ تصویر SEM برای نمونه خالص در دمای ۱۰۰۰درجه ۸۹
شکل ۴-۲۳ تصویر SEM برای نمونه x=۰/۱ در دمای ۱۰۰۰ درجه ۸۹
شکل ۴-۲۳ تصویر SEM برای نمونه x=۰/۳ در دمای ۱۰۰۰درجه ۹۰
شکل ۴-۲۵ تصویر SEM برای نمونه x=۰/۵ در دمای ۱۰۰۰درجه ۹۰
شکل ۴-۲۶ تصویر TEM برای نمونه خالص در دمای ۱۰۰۰ درجه ۹۱

فصل اول

مقدمه

۱-۱-نـانـو فـن آوری

امروزه علم تا حد دسترسی به اندازه‌هایی زیر محدوده میکرومتر پیشرفت کرده است. در این راستا روش‌ها و تکنیک‌های دست‌یابی به محدوده‌های نانومتری، نانوفن‌آوری نامیده می‌شود. در واقع نانوفن‌آوری ایجاد و بهره‌برداری از مواد، قطعات و سیستم‌ها در مقیاس‌های بسیار ریز و در حد نانومتری یعنی همان مقیاس‌های اتمی و مولکولی است. نانوفن‌آوری به روش‌های مناسب برای ساخت و سرهم‌بندی ساختارهای کارآمد که حداقل دارای یک بعد در اندازه‌های نانومتری می‌باشند، می‌پردازد. این نانوساختارها که از کوچک‌ترین بلوک‌های شناخته شده ساخته می‌شوند، ریزترین اشیاء ساخته شده توسط بشر بوده و دارای خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و زیستی جدیدی هستند. هدف نانوفن‌آوری، آگاهی و بهره‌برداری از این خصوصیات وساخت و استفاده مؤثر از آن‌ها است[۱].

۱-۲-تـعـریـف نـانـو تـکـنـولـوژی

در زبان علمی"نانو" یک پیشوند برای واحدهای اندازه‌گیری و معادل $۱۰^{-۹}$ می‌باشد. دانشمندان در تعریف فناوری نانو اتفاق نظر ندارند. عدم وجود یک تعریف قطعی، نشان از نوظهور و در حال پیشرفت بودن این عرصه از علم است. علم نانو به مشاهده پدیده‌های مشاهده شده در اشیاء، ساختارها و سیستم‌هایی می‌پردازد که ابعاد آن‌ها حداقل در یک بعد در حد چند نانومتر باشد و خواصشان ناشی از این اندازه‌ی نانومتری آن‌ها باشد به‌طوری که این خواص با خواص یک جسم، سیستم یا ساختار مشابه ما با اندازه بزرگ متفاوت باشد. در این صورت فناوری نانو مجموعه تکنیک‌هایی است که ساخت، مشاهده و اندازه‌گیری اشیاء، ساختارها و سیستم‌های نانومقیاس را میسر می‌سازد، همچنین علم فناوری نانو عرصه مشاهده کاربردهای علم نانو است.

ریچارد فایمن[1] اولین دانشمندی بود که به آنچه ما امروزه علم و فناوری نانو می‌گوییم اشاره کرد. نانوفن‌آوری، تولید مولکولی یا به زبان ساده‌تر، ساخت اشیاء به‌صورت اتم به اتم یا مولکول به مولکول در مقیاس نانو متریک است، پهنایی معادل با قطر ۳ تا ۴ اتم. مهارت مطرح در نانو فن‌آوری، دست‌کاری اتم‌ها به‌طور جداگانه و جای‌دادن دقیق آن‌ها در مکانی است که برای رسیدن به ساختار ایده‌آل مورد نظر است.

نانوفن‌آوری تولید کارآمد مواد، دستگاه‌ها، افزارآلات و سیستم‌هایی با کنترل ماده در مقیاس نانومتر و بهره‌برداری از خواص و پدیده‌های جدیدی است که در مقیاس نانو توسعه یافته‌اند. به‌علاوه این نانو فن‌آوری قابلیت کار در مقیاس اتمی و مولکولی برای ایجاد ساختارهای بزرگ که اساساً از سازماندهی مولکولی جدیدی نیز بهره‌مند خواهند شد، فراهم می‌نماید. در حقیقت یکی از اهداف مهمی که در این نانوفن‌آوری دنبال می‌شود، بهره‌برداری از این خواص بر اساس کنترل ساختارها و افزارآلات ساخته‌شده در سطوح اتمی، مولکولی و سوپرمولکولی است. از اهداف دیگر می‌توان از مجتمع نمودن این نانوساختارها در مقیاس میکرونی و میکروسکوپی نام برد[۱].

رفتارهای جدیدی که در مقیاس نانو مشاهده می‌شوند، لزوماً براساس رفتارهای مشاهده شده در ابعاد بزرگ‌تر قابل پیش‌بینی نیستند. تغییرهای مهم رفتاری عمدتاً ناشی از اثرات کوانتمی کاهش ابعاد (Quantum size effect) به‌علت نزدیکی و قابل مقیاسه بودن اندازه ذرات با ریزساختارها با مقیاس طولی میانگین پدیده‌های شیمیایی و فیزیکی رخ می‌دهد.

خصوصیات موجی شکل (مکانیک کوانتمی) الکترون‌ها در درون مواد و اندرکنش‌های اتمی توسط تغییرات مواد در مقیاس نانومتری تحت تأثیر قرار می‌گیرد. با ایجاد ساختارهای نانومتری، کنترل خصوصیات اساسی مواد مانند دمای ذوب، رفتار مغناطیسی، ظرفیت شارژ و حتی رنگ آن‌ها بدون تغییر

[1] **Richard faynman**

ترکیب شیمیایی مواد، ممکن خواهد بود. سازماندهی سیستماتیک مواد در مقیاس طولی نانومتر، مشخصه کلیدی سیستم‌های زیستی است. نانوفن‌آوری اجازه خواهد داد که اجزاء مجموعه‌ها را داخل سلول‌ها جای داده و مواد جدیدی را با استفاده از روش‌های خودترکیبی طبیعت بسازیم.

ساختارهای نانومقیاس نظیر نانوذره‌ها و نانولایه‌ها دارای نسبت‌های سطح به حجم خیلی بالایی هستند و بنابراین اجزاء ایده‌آلی برای استفاده در مواد کامپوزیت، واکنش‌های شیمیایی، انتقال دارو و ذخیره انرژی هستند.

سرامیک‌های نانوساختاری اغلب از سرامیک‌های ساخته شده در ابعاد میکرون که هزار بار بزرگتر از انواع نانومتری است و به‌سختی با چشم انسان قابل رؤیت است، سخت‌تر و محکم‌تر است. کاتالیزورهای نانو، مقیاس بازده واکنش های شیمیایی و احتراق را افزایش داده و همچنین آلودگی و مواد زائد را به میزان قابل ملاحظه‌ای کاهش می‌دهند. بیش از نیمی از داروهای مهم امروزی در مقیاس میکرون در آب قابل حل نیستند در صورتی که به احتمال زیاد، اگر در اندازه‌های نانومتری باشند، در آب حل خواهند شد. بنانراین نانوساختار سازی شانس یافتن داروهای جدید با فرم‌های کاربردی‌تر ارائه خواهد داد[۱،۳].

به‌علت این که نانوساختارها خیلی کوچک هستند، می‌توانند در ساخت سیستم‌هایی به‌کار برده شوند که چگالی خیلی بیشتری نسبت به انواع میکرون دارند. بنابراین مفاهیم تازه قطعات الکترونیکی با مدارات سریع‌تر، عملکردهای پیچیده‌تر و مصرف بسیار کمتر را می‌توان با کنترل واکنش و پیچیدگی نانوساختارها به‌طور هم‌زمان بدست آورد.

۱-۳- مواد: ساخت و تولید

کاربرد نانوفن‌آوری درمواد، ساخت و تولید آن ها شامل عناوین زیر است:

- ❖ شکل دادن فلزات و سرامیک‌های نانوساختاری به‌شکل دقیق بدون استفاده از ماشین.
- ❖ بهبود چاپ رنگی با استفاده از ذرات نانو مقیاس دارای بهترین خواص رنگی و رنگ دانه‌ای.

❖ مواد و نانوروکش‌های کاربیدی روکش شده برای ابزارهای برش و دیگر کاربردهای ساختاری شیمیایی و الکترونیکی.

❖ استانداردهای جدید برای اندازه‌گیری در مقیاس نانو.

❖ ساخت قطعات تراشه در ابعاد نانو مقیاس با سطوح بالایی از پیچیدگی و کاربرد.

❖ نانوالکترونیک و فناوری کامپیوتر.

نقاط عطف نانوالکترونیک و فناوری کامپیوتر شامل موارد زیر است:

❖ قطعات نانوساختاری پردازنده، روند کاهش مصرف انرژی و قیمت را پیگیری کرده و به این طریق کارآیی کامپیوترها را چند میلیون برابر کرده است.

❖ فرکانس‌های بالای انتقال و به‌کارگیری کاراکتر طیف نوری برای تأمین حداقل ده برابر پهنای باند فعلی، با اثرات خود در مشاغل، آموزش، تفریحات و صنایع دفاعی.

❖ قطعات کوچک دخیره داده با ظرفیت‌های چند ترا بیتی.

❖ سیستم های نانوسنسوری مجتمع.

نانوتکنولوژی یکی از جدیدترین و مدرن‌ترین علومی است که امروزه در جهان مطرح است. عمر این فناوری چیزی کمتر از ده سال است. امروزه علم و فن‌آوری در بسیاری از زمینه‌ها تقریباً به مرز نهایی خود نزدیک می‌شود و شاید دیگر جواب‌گوی توقعات روزافزون بشر نباشد. این‌جاست که نانوتکنولوژی قابلیت‌های نهفته خود را یکی پس از دیگری به بشر عرضه نموده و به یکی از مهم‌ترین وجذاب‌ترین زمینه‌های تحقیقاتی بشر در سال‌های اخیر تبدیل شده است. شاید به این جهت که می‌توان با آن به بسیاری از رؤیاهای شیرین بشر دست یافت.

آیا کسی تصور می‌کرد که روزی متخصصان نانوتکنولوژی بتوانند ماشین‌های بسیار کوچکی را بسازند که درون بدن در حال گشت وگذارند و به تعقیب باکتری‌ها و ویروس‌های بد و مضر می‌پردازند؟ و می‌توانند مشکلات ما را با کلسترول و چربی‌ها حل کنند؟ یا ماشین‌های کوچکی که لخته‌های خونی را می‌شکنند وموجب افزایش طول عمر می‌شوند؟

۱-٤-معرفی نانو مواد

با گذر از مقیاس میکرو به نانو، با تغییر برخی از خواص فیزیکی و شیمیایی روبه‌رو می‌شویم که دو مورد مهم از آن‌ها عبارتند از: افزایش نسبت مساحت سطحی به حجم و ورود اندازه ذره به قلمرو اثرات کوانتمی. افزایش نسبت مساحت سطحی به حجم که به تدریج با کاهش اندازه‌ی ذره رخ می‌دهد، باعث غلبه یافتن رفتار اتم‌های واقع در سطح ذره به رفتار اتم‌های درونی می‌شود. این پدیده بر خصوصیات ذره در حالت انزوا و بر تعاملات آن با دیگر مواد اثر می‌گذارد. افزایش سطح، واکنش‌پذیری نانومواد را به شدت افزایش می‌دهد زیرا تعداد مولکول‌ها یا اتم‌های موجود در سطح در مقایسه با تعداد اتم‌ها یا مولکول‌های موجود در توده نمونه بسیار زیاد است به‌گونه‌ای که این ذرات به شدت تمایل به کلوخه‌ای شدن دارند. به‌عنوان مثال در مورد نانوذرات فلزی، به‌محض قرار گرفتن در هوا، به‌سرعت اکسید می‌شوند. در بعضی مواقع برای حفظ خواص مطلوب نانومواد، جهت پیشگیری از واکنش بیشتر، یک پایدارکننده به آن‌ها اضافه می‌شودکه آن‌ها را قادر می‌سازد تا در برابر سایش، فرسودگی و خوردگی مقاوم باشند.

البته این خواص مزایایی هم دارد. مساحت سطحی زیاد، عاملی کلیدی در کارکرد کاتالیزورها و ساختارهایی همچون الکترودها می‌باشد. به‌عنوان مثال با استفاده از این خاصیت می‌توان کارایی کاتالیزورهای شیمیایی را به‌نحو مؤثری افزایش داد و یا در تولید نانوکامپوزیت‌ها با استفاده از این مواد، پیوندهای شیمیایی مستحکم‌تری بین ماده زمینه و ذرات برقرار شده و استحکام آن به شدت افزایش می‌یابد. علاوه بر این افزایش سطح ذرات، فشار سطحی را کاهش داده و منجر به تغییر فاصله بین ذرات یا فاصله بین اتم‌های ذرات می‌شود. تغییر در فاصله بین اتم‌های ذرات و نسبت سطح به حجم بالا در

نانوذرات، تأثیر متقابلی در خواص ماده دارد. تغییر در انرژی آزاد سطح، پتانسیل شیمیایی را تغییر می‌دهد. این امر در خواص ترمودینامیکی ماده تأثیرگذار است. به‌محض آن‌که ذرات به اندازه کافی کوچک شوند، رفتار کوانتمی از خود نشان می‌دهند. خواص نقاط کوانتمی مثالی از این دست است. نقاط کوانتومی کریستال‌هایی در اندازه نانو می‌باشد که از خود نور ساطع می‌کنند. انتشار نور توسط این نقاط در تشخیص پزشکی کاربردهای فراوانی دارد. این نقاط گاهی اتم‌های مصنوعی نامیده می‌شوند؛ چون الکترون‌های آزاد آن‌ها مشابه الکترون‌های محبوس در اتم‌ها، حالات گسسته و مجازی از انرژی را اشغال می‌کنند. علاوه بر این، کوچک‌تر بودن ابعاد نانوذرات از طول موج بحرانی نور، آنها را نامرئی و شفاف می‌نماید. این خاصیت باعث شده است تا نانومواد برای مصارفی چون بسته‌بندی، مواد آرایشی و روکش‌ها مناسب باشند.

مواد در مقیاس نانو، رفتار کاملاً متفاوت، نامنظم و کنترل نشده‌ای از خود بروز می‌دهند. با کوچک‌تر شدن ذرات خواص نیز تغییر خواهد کرد. مثلاً فلزات، سخت‌تر و سرامیک نرم‌تر می‌شود [۲].

۱-۵- دسته‌بندی نانو مواد

مواد در مقیاس نانو به دسته‌های زیر قابل تقسیم می‌باشند:

۱- نانولایه‌ها، ۲- نانوپوشش‌ها، ۳- نانوخوشه‌ها، ۴- نانوسیم‌ها، ۵ - نانولوله‌ها، ۶- مواد نانوحفره‌ای، ۷- نانو ذرات[۳].

۱-٦- ابزار و تجهیزات مورد استفاده در زمینه نانو

پیشرفت‌های سریع اخیر در فناوری نانو مربوط به توانایی‌های کسب شده برای اندازه‌گیری و کنترل ساختارهای منفرد در مقیاس نانو می‌باشد. در اینجا با بعضی ابزار که کاربرد بیشتری دارند آشنا می‌شویم.

۱-۶-۱- طیف سنجی جرمی یون ثانویه[۲]

تکنیک‌های آنالیزی بر مبنای یون، به‌دلیل حساسیت و قابلیت آن‌ها برای آشکارکردن تغییرات ترکیب شیمیایی در عمق نمونه(پروفیل عمق) به‌کار می‌روند. در روش (SIMS) پرتوهایی از یون‌های اولیه شامل Cs^+ یا O^+ که می‌توانند تا عمق حدود ۲۰ نانومتر متمرکز شوند، نمونه را آلایش می‌کند و برای بیرون‌انداختن یون‌های ثانویه از نمونه به‌کار می‌رود. یون‌های ثانویه ایجادشده توسط یک سیستم تحلیل‌گر جرمی آشکارسازی می‌شود و بر اساس تغییرات سیگنال هر عضو(M^+) در عمق نمونه، می‌توان نحوه توزیع آن ماده در لایه را مشخص نمود[۲].

۱-۶-۲- طیف سنجی رامان[۳](RS)

برهمکنش نور با ماده در ناحیه زیر قرمز می‌تواند به دو صورت جذب و پراکندگی انجام گیرد. این دو پدیده اساس شناسایی و اندازه‌گیری ترکیبات به دو روش طیف نورسنجی جذبی زیرقرمز و پراکندگی رامان را تشکیل می‌دهند. اتم‌ها و مولکول‌ها در ماده مانند جرم و فنر عمل می‌کنند و یک فرکانس نوسانی ویژه دارند. این فنر می‌تواند نور تابیده شده را جذب کند و یا یک فوتون جدید ساطع کند که هر دو از لحاظ فرکانس و نور تابیده شده اول، فاصله دارند. از روی مقدار شیفت و اندازه پیک‌ها می‌توان اطلاعات لازم را بدست آورد.

۱-۶-۳- طیف‌سنج جرمی[۴] (MS)

طیف‌سنج جرمی دستگاهی است که مولکول‌های گازی باردار را بر اساس جرم آنها دسته‌بندی می‌کند این روش ارتباط واقعی با طیف‌سنجی نوری ندارد ولی نام طیف‌سنجی جرمی برای این روش‌ها انتخاب شده است، زیرا دستگاه‌های اولیه تولید عکس می‌کردند که شبیه به طیف خطی بود[۳].

---

[۲] **Secondary Ion Mass Spectroscopy**

[۳] **Raman Spectroscopy**

[۴] **Mass Spectroscopy**

۱-۷- روش ساخت فریت‌ها

۱-۷-۱- تعریف فریت

به‌طور کلی فریت به آن دسته از مواد مغناطیسی اطلاق می‌شود که اجزاء تشکیل‌دهنده آن‌ها شامل اکسید آهن است و پارامترهای مغناطیسی مطلوبی نظیر نفوذپذیری مغناطیسی، اندوکسیون اشباع و مقاومت ویژه الکتریکی بالا از جمله اصلی‌ترین خصیصه‌های آن‌ها به‌شمار می‌رود. بدین جهت کاربردهای بسیار وسیعی را در زمینه صنایع برق، الکترونیک، مخابرات، کامپیوتر و... به خود اختصاص داده‌اند.

۱-۷-۲- تاریخچه فریت‌ها

تحقیقات علمی راجع به فریت‌ها از اواسط قرن نوزدهم آغاز شد. پس از آن تحقیقات به‌طور جدی توسط دو دانشمند ژاپنی به نام‌های تاکشی[۵] و یوگورو[۶] جهت کاربردهای صنعتی دنبال شد نتایج تحقیقات آن‌ها روی فریت‌های مس وکبالت در سال ۱۹۳۲ ارائه گردید[۲].

پس از جنگ جهانی دوم در سال ۱۹۴۶ شخصی به نام اسنوک[۷] وجود ماده‌ای مغناطیسی از نوع سرامیک (فریت) را با خاصیت نفوذپذیری مغناطیسی بسیار بالا، مقاومت الکتریکی خوب و تلفات هدایتی کم جهت استفاده در رادارها کشف و در سال ۱۹۴۷ نتیجه تحقیقات خود را منتشر کرد. درسال ۱۹۴۸ شخصی به نام نیل[۸] نظریه خود را بر مبنای فری‌مغناطیس ارائه داد. پس از آن تحقیقات مغناطیس بر اساس فریت‌ها گسترش یافت و دانشمندان دیگر توانستند ترکیبات مختلفی از مخلوط اکسیدهای آهن، نیکل، منگنز و روی را مورد آزمایش قرار دهند و به نتایج بسیار مطلوبی از نظر مقاومت الکتریکی بالا در مقایسه با فلزات دست یابند[۳].

---

[۵] **Takashi**

[۶] **yugarro**

[۷] **Snock**

[۸] **Neel**

۱-۷-۳- خواص و کاربردها

با وجودی که آلیاژهای مغناطیسی و سیستم‌های فلزی، بالاترین ضریب نفوذپذیری مغناطیسی را دارا می‌باشند اما به‌دلیل مقاومت الکتریکی پایین، امکان استفاده از آن‌ها در فرکانس‌های بالاتر از ۱KHZ عملاً میسر نیست و بنابراین امکان استفاده از فریت‌های مغناطیسی سرامیکی از این حیث در محدوده فرکانسی وسیعی وجود دارد. بر این اساس ترکیبات متعددی با ساختارهای کریستالی متفاوت برای کاربردهای مختلف معرفی شده اند[۴].

۱-۷-٤- سرامیک های مغناطیسی چیستند وچه کاربردهایی دارند

مواد مغناطیسی از جمله مواد مهندسی بسیار مهمی هستند که کاربردهای مختلفی را به‌خود اختصاص داده‌اند. به‌طور مثال می‌توان به کاربرد آن‌ها در سیستم‌های الکترونیکی اشاره کرد که هر روزه از آن‌ها استفاده می‌کنیم.

به‌طور کلی مواد مغناطیسی به دو دسته سخت مغناطیس(نظیر آهنرباهای دائم) و نرم مغناطیس(نظیر مواد مغناطیسی با پسماند مغناطیسی کم) تقسیم‌بندی می‌شوند:

۱- آهنربای دائم سرامیکی: مواد مغناطیسی دائم به دسته‌ای از مواد اطلاق می‌شود که خاصیت مغناطیسی خود را پس از حذف میدان مغناطیسی خارجی حفظ می‌کند و کاربردهای وسیعی را به‌خود اختصاص داده‌اند[۵].

فریت‌های سخت(آهنربا) یا هگزافریت‌ها خانواده‌ای از آهنرباهای دائم سرامیکی با فرمول عمومی $MFe_{12}O_{19}$ و همچنین محلول‌های جامد آن‌ها، مثلاً $N_xMFe_{12}O_{19(x-1)}$ هستند(که M وN یکی از عناصر pb، Ba یا Sr هستند). از آن‌جایی که این مواد به‌صورت اکسید بوده و جزء مواد سرامیکی هستند، پس از لحاظ مکانیکی نیز سخت می‌باشند. اما واژه "فریت‌های سخت" ناشی از سختی مکانیکی آن‌ها نبوده و به‌علت قابلیت تبدیل این مواد به آهنرباهای دائم با نیروی وامغناطیسی قابل توجه است.