

بسم الله الرحمن الرحيم



دانشگاه پدافند هوایی خاتم الانبیاء (ص)

بررسی ویژگی‌های ساختاری و مغناطیسی فریت‌های نانو ساختار، نیزیوم - منگنز - آلومینیوم

تألیف:

سید تقی محمدی بنهی

سال انتشار: ۱۳۹۵

سرشناسه	محمّدی بنهی، سیدتقی، ۱۳۵۸-
عنوان و نام پدیدآور	بررسی ویژگی‌های ساختاری و مغناطیسی فریت‌های نانوساختار منیزیوم - منگنز - آلومینیوم /
مشخصات نشر	تالیف سید تقی محمدی بنهی.
مشخصات ظاهری	تهران: پژوهش پارس، ۱۳۹۵.
شابک	۱۸۴ص: مصور(رنگی)، جلدول (رنگی)، نمودار(رنگی).
وضعیت فهرست‌نویسی	۳-۵-۹۶۹۹۷-۶۰۰-۹۷۸
یادداشت	فیبا
موضوع	کتابنامه .
موضوع	فریت‌ها (مواد مغناطیسی)
موضوع	Ferrites (Magnetic materials)
موضوع	نانوساختارها -- خواص مغناطیسی
موضوع	Nanostructures -- Magnetic properties
رده‌بندی کنگره	QC۷۶۶/ف۴م۳ ۱۳۹۵
رده‌بندی دیوید	۵۴۶/۶۲۱۲۴
شماره کتابخانه ملی	۴۵۴۱۷۵۵



ناشر	: انتشارات پژوهش پارس
شابک	: ۳-۵-۹۶۹۹۷-۶۰۰-۹۷۸
ویراستار علمی تخصصی	: حسن نعناکار
ویراستار ادبی	: سید علی حسینی مرادی
نوبت چاپ	: اول - ۱۳۹۵
تایپ و صفحه‌آرایی	: سید تقی محمدی بنهی
تعداد صفحه	: ۱۸۴
تیراژ	: ۱۰۰۰ عدد
قیمت	: ۳۰۰۰۰ تومان

هرگونه تکثیر یا اسکن یا کپی‌برداری از تمام یا بخش از این کتاب حتی با ذکر منبع، بدون اجازه کتبی ناشر ممنوع است. هیچ فرد حقیقی یا حقوقی اجازه‌ی تولید و انتشار لوح یا مجموعه‌ی آموزشی از این اثر را به هر نحو ندارد.

۵.....	فهرست مطالب
۱.....	پیشگفتار
۳.....	فصل اول: آشنایی با ویژگی‌های ساختاری مواد
۳.....	۱-۱ مقدمه
۳.....	۲-۱ کاربرد ناهمسانگردی
۴.....	۳-۱ خواص نیم‌رسانایی
۴.....	۴-۱ پدیده دو شکستی
۵.....	۵-۱ خواص ساختاری
۵.....	۶-۱ ساختار برآمده جامدات
۵.....	۷-۱ تقسیم‌بندی پیرده
۶.....	۱-۷-۱ پیوند کووالانسی
۶.....	۲-۷-۱ پیوند یونی
۷.....	۳-۷-۱ پیوند واندروالس
۷.....	۴-۷-۱ پیوند فلزی
۸.....	۸-۱ تقسیم‌بندی بلورها
۸.....	۱-۸-۱ بلورهای کووالانسی (مشبک)
۸.....	۲-۸-۱ بلورهای یونی
۹.....	۳-۸-۱ بلورهای مولکولی
۹.....	۴-۸-۱ بلورهای فلزی
۹.....	۹-۱ انباشتگی کره‌ها
۱۰.....	۱-۹-۱ انباشتگی نزدیک کره‌ها
۱۰.....	۱۰-۱ میکروسکوپ‌های الکترونی
۱۲.....	۱-۱۰-۱ اساس کار میکروسکوپ الکترونی عبوری
۱۲.....	۱-۱۰-۱-۱ برهم‌کنش‌های الکترون با اتم و تفنگ الکترونی
۱۹.....	۲-۱۰-۱ حالت‌های مختلف تصویربرداری
۲۱.....	۳-۱۰-۱ روش‌های آماده‌سازی نمونه

۴-۱۰-۱	پراش الکترونی	۲۳
۵-۱۰-۱	آزمون EDS	۲۴
فصل دوم: مبانی فن آوری نانو..... ۲۷		
۱-۲	تاریخچه فن آوری نانو.....	۲۷
۲-۲	مقیاس فن آوری نانو.....	۲۷
۳-۲	تعریف فن آوری نانو.....	۲۸
۴-۲	تاریف جامع فن آوری نانو در علوم مختلف.....	۲۹
۵-۲	نانهی فن آوری و کاربردها.....	۳۰
۱-۵-۲	مفهوم مقیاس نانو.....	۳۰
۲-۵-۲	سلول پدید آمدن نانو مواد.....	۳۱
۱-۲-۵-۲	تعریف نانو مواد.....	۳۱
۱-۲-۵-۲	خواص نانو مواد.....	۳۲
۶-۲	دانش نانو مواد.....	۳۳
۷-۲	کاربردهای نانو مواد.....	۳۳
۱-۷-۲	کاربردهای فعلی.....	۳۳
۱-۱-۷-۲	محصولات آرایشی و کرم های ضد آفتاب.....	۳۳
۲-۱-۷-۲	کامپوزیت ها.....	۳۳
۳-۱-۷-۲	سفال ها.....	۳۴
۴-۱-۷-۲	پوشش ها و سطوح.....	۳۴
۵-۱-۷-۲	تجهیزات برش.....	۳۴
۲-۷-۲	کاربردهایی در آینده نزدیک (۵ سال آینده).....	۳۵
۱-۲-۷-۲	رنگ ها.....	۳۵
۲-۲-۷-۲	کاربردهای زیست محیطی.....	۳۵
۳-۲-۷-۲	پیل های سوختی.....	۳۵
۴-۲-۷-۲	نمایشگرها.....	۳۵
۵-۲-۷-۲	باتری ها.....	۳۶
۶-۲-۷-۲	مواد افزودنی به سوخت ها.....	۳۶

۷-۲-۷-۲	کاتالیزورها	۳۶
۳-۷-۲	کاربردهایی در آینده دورتر (۱۵-۵ سال آینده)	۳۶
۱-۳-۷-۲	کامپوزیت‌های نانوتیوب‌های کربنی	۳۶
۲-۳-۷-۲	روان‌کننده‌ها	۳۷
۳-۳-۷-۲	مواد مغناطیسی	۳۷
۴-۳-۷-۲	ایمپلنت‌های پزشکی	۳۷
۵-۳-۷-۲	سرامیک‌های انعطاف‌پذیر	۳۷
۶-۲-۷-۲	تصفیه آب	۳۸
فصل سوم: روش‌های تولید نانوذرات		۳۹
۱-۳	نانولیتوگرافی	۳۹
۱-۱-۳	تعریف و تئوری	۳۹
۲-۱-۳	تقسیم‌بندی روش‌های لیتوگرافی	۳۹
۲-۳	آلیاژسازی مکانیکی	۴۰
۳-۳	روش سل-ژل	۴۱
۴-۳	روش ترسیب شیمیایی	۴۲
۵-۳	روش تخریب حرارتی	۴۲
۶-۳	روش تغییر شکل پلاستیک شدید	۴۳
۷-۳	تفجوشی	۴۴
۸-۳	روش لایه‌نشانی تبخیری با باریکه الکترونی	۴۵
۹-۳	روش هیدروترمال	۴۷
۱-۹-۳	سازوکار کلی روش هیدروترمال	۴۷
۲-۹-۳	اتوکلاو	۴۸
۳-۹-۳	کلسینه کردن	۴۹
۴-۹-۳	انواع روش‌های هیدروترمال	۴۹
۵-۹-۳	روش‌های مبتنی بر استفاده از افزودنی‌های آلی	۵۰
۶-۹-۳	روش‌های مبتنی بر استفاده از قالب	۵۰
۷-۹-۳	روش‌های مبتنی بر استفاده از زیرلایه	۵۱

۸-۹-۳	شیوه‌های حرارت‌دهی در روش هیدروترمال	۵۱
۱۰-۳	خودآرایی	۵۱
۱-۱۰-۳	خودآرایی در خانه	۵۲
۲-۱۰-۳	خودآرایی به‌وسیله نیروهای موینگی	۵۲
۳-۱۰-۳	خودآرایی به‌وسیله نیروی الکترواستاتیک (الکتریسته ساکن)	۵۴
۴-۱۰-۳	خودآرایی به‌وسیله نیروهای مغناطیسی	۵۵
۱۱-۳	نانولیتوگرافی قلم آغشته	۵۷
۱-۱-۳	ناربردهایی برای DPN	۶۲
۱-۱-۱۱-۳	آرایه‌های مولکول‌های زیستی در ابعاد میکرو و نانو	۶۲
۱۱-۳	ساخت ماسک برای حک کردن طرح‌های نانومتری	۶۳
۲-۱۱-۳	استفاده از جوهرهای خشک	۶۴
۱۲-۳	فتولیتوگرافی	۶۵
۱۳-۳	نانوچیپ‌های آینده	۶۷
۱۴-۳	کلونیدها (نانوذرات قدیمی)	۶۹
۱-۱۴-۳	اندازه‌های کلونیدی	۷۰
۲-۱۴-۳	خواص محلول‌ها، کلونیدها و سوسپانسیون‌ها	۷۱
۳-۱۴-۳	دسته‌بندی کلونیدها	۷۱
۱۵-۳	نانولوله‌های کربنی	۷۲
۱-۱۵-۳	گرافیت	۷۳
۲-۱۵-۳	نانولوله‌ها	۷۴
۱-۲-۱۵-۳	نوع زیگزاگ	۷۴
۲-۲-۱۵-۳	نوع صندلی	۷۵
۳-۲-۱۵-۳	نوع نامتقارن	۷۶
۳-۱۵-۳	خواص نانولوله‌ها	۷۶
۱-۳-۱۵-۳	خواص مکانیکی	۷۷
۲-۳-۱۵-۳	خواص فیزیکی	۷۷
۱۶-۳	نانوصفحات و نانومخروط‌ها	۷۸

فصل چهارم: ویژگی‌های فریت‌های اسپینلی	۷۹
۱-۴ مقدمه	۷۹
۲-۴ معرفی پارامترهای مورد نیاز در صنعت مایکروویو	۸۱
۳-۴ جنبه‌های ساختاری فریت‌های اسپینلی	۸۵
۱-۳-۴ ساختار بلوری فریت اسپینلی	۸۵
۲-۳-۴ برهم‌کنش بین گشتاورهای دوقطبی مغناطیسی در جایگاه‌ها	۸۷
۳-۳-۴ محور توزیع کاتیونی	۸۹
۴-۳-۴ عوامل مؤثر بر توزیع کاتیون‌ها	۹۱
۵-۳-۴ تعیین: اختلاط بلوری	۹۲
۶-۳-۴ ثابت شکست	۹۲
۷-۳-۴ میانگین اندازه بلورکها	۹۳
۸-۳-۴ چگالی تجربی	۹۳
۹-۳-۴ چگالی به دست آمده از پرتو ایکس	۹۴
۱۰-۳-۴ تخلخل	۹۴
۴-۴ ویژگی‌های مغناطیسی فریت‌های اسپینلی	۹۴
۱-۴-۴ مغناطش اشباع	۹۴
۲-۴-۴ تراوایی مغناطیسی اولیه	۹۶
۳-۴-۴ دمای کوری	۹۷
۵-۴ ویژگی‌های مایکروویوی فریت‌های اسپینلی	۹۸
۱-۵-۴ گذردهی الکتریکی مختلط و تراوایی مغناطیسی مختلط	۹۸
۲-۵-۴ اتلاف امواج الکترومغناطیسی	۹۹
فصل پنجم: سابقه تحقیقات و مطالعات انجام گرفته	۱۰۱
۱-۵ تحقیقات جامع در زمینه انواع فریت‌ها	۱۰۱
۲-۵ تحقیقات انجام شده بر روی فریت‌های منیزیم- منگنز	۱۰۳
۳-۵ تحقیقات انجام شده بر روی فریت‌های منیزیم- منگنز- آلومینیوم	۱۰۷

فصل ششم: ساخت فریت منیزیم - منگنز - آلومینیوم	۱۱۱
۱-۶ مقدمه	۱۱۱
۲-۶ مواد اولیه	۱۱۱
۳-۶ تهیه محلول‌ها با آب دو بار یونیزه	۱۱۲
۴-۶ ترکیب محلول‌ها و رسوب‌گیری	۱۱۲
۵-۶ شستشو و جداسازی رسوب‌ها	۱۱۴
۶-۶ خشک‌کردن و سایش رسوب‌ها و تهیه پیش ماده نانوپودر	۱۱۵
۷-۶ سکنده‌ی نمونه‌ها با پیش ماده نانوپودر	۱۱۶
۸-۶ عملیات جاریتی نمونه‌ها	۱۱۸
۹-۶ بررسی مشخصات ساختاری و مغناطیسی نمونه‌ها	۱۱۹
۱-۹-۶ آزمون XRD	۱۱۹
۲-۹-۶ آزمون TEM	۱۱۹
۳-۹-۶ آزمون FESEM	۱۱۹
۴-۹-۶ آزمون EDS	۱۲۰
۵-۹-۶ آزمون AGFM	۱۲۰
۶-۹-۶ اندازه‌گیری دمای کوری	۱۲۰
۷-۹-۶ آزمون منحنی B-H	۱۲۱
۸-۹-۶ آزمون تحلیل گر شبکه برداری VNA	۱۲۲

فصل هفتم: یافته‌های تحقیق و تجزیه و تحلیل آن‌ها	۱۲۳
۱-۷ مقدمه	۱۲۳
۲-۷ اندازه‌گیری‌های ساختاری فریت‌های $Mg_xMn_yAl_zFe_{3-(x+y+z)}O_4$	۱۲۳
۳-۷ اندازه ذرات و مورفولوژی پیش ماده فریت $Mg_xMn_yAl_zFe_{3-(x+y+z)}O_4$	۱۲۴
۱-۳-۷ آزمون STM	۱۲۴
۲-۳-۷ آزمون FESEM	۱۲۴
۳-۳-۷ آزمون EDS	۱۲۶
۴-۷ اندازه‌گیری‌های مغناطیسی فریت‌های $Mg_xMn_yAl_zFe_{3-(x+y+z)}O_4$	۱۲۷
۱-۴-۷ آزمون AGFM فریت‌های $Mg_xMn_yAl_zFe_{3-(x+y+z)}O_4$	۱۲۷

۲-۴-۷	اندازه‌گیری دمای کوری فریت‌های $\text{Mg}_x\text{Mn}_y\text{Al}_z\text{Fe}_{3-(x+y+z)}\text{O}_4$	۱۳۳...
۳-۴-۷	اندازه‌گیری منحنی B-H فریت‌های $\text{Mg}_x\text{Mn}_y\text{Al}_z\text{Fe}_{3-(x+y+z)}\text{O}_4$	۱۳۵..
۵-۷	تخمین توزیع کاتیونی فریت‌های $\text{Mg}_x\text{Mn}_y\text{Al}_z\text{Fe}_{3-(x+y+z)}\text{O}_4$	۱۴۶.....
۶-۷	اندازه‌گیری مقادیر گذردهی الکتریکی و تراوایی مغناطیسی	۱۴۷.....
۷-۷	محاسبه مقادیر تانژانت اتلاف فریت‌های $\text{Mg}_x\text{Mn}_y\text{Al}_z\text{Fe}_{3-(x+y+z)}\text{O}_4$	۱۵۶...
۸-۷	محاسبه مقادیر اتلاف بازتابی فریت‌های $\text{Mg}_x\text{Mn}_y\text{Al}_z\text{Fe}_{3-(x+y+z)}\text{O}_4$	۱۶۰....
	فصل هشتم جمع‌بندی و نتیجه‌گیری	۱۶۷.....
۱-۸	جمع‌بندی	۱۶۷.....
۲-۸	نتیجه‌گیری	۱۶۸.....
	منابع مراجعه	۱۷۱.....

پیشگفتار

فن آوری نانو فرصت‌هایی را برای پیشرفت و بهبود زندگی فراهم می‌کند. بسیاری از مسائل موجود در زندگی روزمره از جمله بیماری، فقر، گرسنگی و آلودگی را می‌توان با کمک این فن آوری حل کرد. البته رسیدن به فن آوری نانو خطرهایی را در پی دارد که باید با برنامه‌ریزی و مدیریت صحیح، با آن‌ها مواجه شد. در دو دهه آینده، فن آوری اطلاعات، فن آوری زیستی، علوم هوافضا و دیگر رشته‌های نوین، تأثیر بیشتری را بر جامعه ما خواهند گذاشت. هر کدام از آن‌ها علی‌رغم آن که نه تنها به سوی پیشرفت هستند، اما نگرانی‌هایی را در حوزه امنیت به وجود می‌آورند. نانو فن آوری یکی از مدرن‌ترین فن آوری‌های روز دنیاست که دارای خصوصیتی منحصر به فرد، با کاربردهای بسیار گسترده در زمینه‌های علم و فن آوری است. همین کاربردهای وسیع فن آوری نانو که از آن به عنوان «ژنی در رشته‌ای یاد می‌شود، عامل مهمی در فراگیر شدن این پدیده جدید است. این فن آوری، که علت آن تمند در به کارگیری طبیعت در سطح اتم و مولکول بوده و بر روی خصوصیات، سنتز و در تکرار ساختار زیستی و غیرزیستی در مقیاس‌های کمتر از ۱۰۰ نانومتر متمرکز شده است. علت اهمیت این مقیاس از طول، خواص موجی شکل (مکانیک کوانتومی) الکترون‌های داخل ماده و اثر متقابل اتم‌ها در مقیاس نانومتر است. با تولید ساختارهایی در مقیاس نانومتر، امکان کنترل خواص ذاتی مواد از جمله ذوب، خواص مغناطیسی، ظرفیت و حتی رنگ مواد بدون تغییر در ترکیب شیمیایی، به وجود می‌آید.

ساختارهایی از نانوذرات و نانولایه‌ها، دارای نسبت سطح به حجم بالایی هستند که آن‌ها را برای استفاده در مواد کامپوزیتی، واکنش‌های شیمیایی، تهیه دارو، ذخیره انرژی و سایر کاربردها ایده‌آل می‌سازد. فن آوری نانو می‌تواند در مواردی مانند افزایش مقاومت نفوذ در پوشش‌ها، افزایش ویژگی‌های مکانیکی، حرارتی، شیمیایی و میکروبی دیواره‌ها و مواد، افزایش مقاومت در برابر گرما، تولید و گسترش ضد میکروب‌های فعال و سطوح ضد قارچ کارساز باشد.

در ادامه مباحث ارائه شده در کتاب "ساخت فریت‌های نانو ساختار منیزیم- منگنز به روش هم‌رسوبی" در این کتاب، نانوپودرهای فریت منیزیم- منگنز- آلومینیوم با فرمول ترکیبی $Mg_xMn_yAl_zFe_{3-(x+y+z)}O_4$ که در آن x دارای مقادیر ۰، ۰/۲، ۰/۴، ۰/۶، ۰/۸، ۱ و y دارای مقادیر ۰، ۰/۱، ۰/۱۳، ۰/۲، ۰/۴، ۰/۶، ۰/۸، ۱ و z دارای مقادیر ۰، ۰/۱، ۰/۲، ۰/۳، ۰/۴ است،

به روش هم‌رسوبی تولید و سپس با دستگاه پرس هیدرولیکی به قرص و حلقه تبدیل شدند. بعد از آن درون کوره در دمای 1250°C به مدت سه ساعت تفجوش شدند و ویژگی‌های ساختاری و مغناطیسی آن‌ها به‌منظور ماده مغناطیسی قابل کاربرد در گستره‌ی امواج مایکروویو و همچنین اثر جان‌شانی یون‌های Mg^{2+} ، Mn^{2+} و Al^{3+} در آن‌ها، مورد بررسی قرار گرفت.

ویژگی‌های ساختاری و مغناطیسی نمونه‌های فریت مذکور، توسط دستگاه‌های پراش‌سنج پرتو ایکس (XRD)، میکروسکوپ تونلی روبشی (STM)، میکروسکوپ الکترونی روبشی گسیل میدانی (FESEM)، طیف‌سنج پراش انرژی پرتو ایکس (EDS)، مغناطش‌سنج گرادیان نیروی متناوب (AGFM)، دستگاه اندازه‌گیری دمای کوری، دستگاه اندازه‌گیری منحنی B-H و دستگاه تحلیل گر سیکل برداری (VNA) مورد مطالعه قرار گرفتند. با توجه به گزارش‌ها و تحقیقات موجود و مطالعات صورت گرفته، تاکنون چنین ترکیب سه‌تایی با گستردگی استوکیومتری سه‌گانه و با روش هم‌رسوبی انجام نگرفته است.

در فصل اول این کتاب به ویژگی‌های ساختاری مواد آشنا می‌شویم و در فصل دوم مبانی فن‌آوری نانو، در فصل سوم روش‌های تولید نانوذرات و در فصل چهارم ویژگی‌های فریت‌های اسپینلی بیان می‌شوند. سابقه تحقیقات و مطالعات مشابه انجام‌شده در فصل پنجم و نحوه انجام تحقیق شامل روش و مراحل ساخت فریت من‌زب - منگنز - آلومینیوم، مراحل قالب‌گیری و تفجوشی در فصل ششم ارائه شده است. یافته‌های تحقیق شامل نتایج حاصل از اندازه‌گیری‌های XRD، STM، FESEM، EDS، AGFM، منحنی B-H، دمای کوری و منحنی اتلاف بازتابی و جذب نمونه‌ها و تجزیه و تحلیل آن‌ها شامل جدول‌ها و نمودارها، نیز در فصل هفتم آورده شده و به‌صورت کامل مورد بررسی قرار گرفته است. سرانجام در فصل هشتم نتایج پژوهش جمع‌بندی شده و نتیجه‌گیری از آن‌ها بیان شده است.