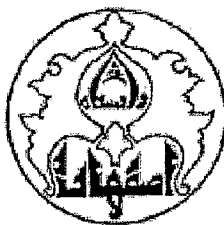


سورة الاحقاف

110724

۸۷/۱۱۰۷۲۷۰

۸۷/۱۲/۲۱



دانشگاه اصفهان

دانشکده علوم

گروه فیزیک

پایان نامه کارشناسی ارشد رشته‌ی فیزیک گرایش ماده چگال

تهیه مکانوشیمیایی گارنت ایتریوم- آهن جانشانی شده با ایندیوم نانومتری و
مطالعه ویژگی‌های مغناطیسی آن

سازمان اطلاعات و ارتباطات
تاسیس ۱۳۵۷

استاد راهنما:

دکتر جمشید عمیقیان

۱۳۸۷ / ۱۲ / ۲۱

پژوهشگر:

ناهید شیرینی

خرداد ماه ۱۳۸۷

۱۱۰۷۲۳

کلیه حقوق مادی مترتب بر نتایج مطالعات، ابتکارات
و نوآوری های ناشی از تحقیق موضوع این پایان نامه
متعلق به دانشگاه اصفهان است.



پژوهش کارشناس پایان نامه
رعایت شده است
تحصیلات تکمیلی دانشگاه اصفهان

دانشگاه اصفهان

دانشکده علوم

گروه فیزیک

پایان نامه ی کارشناسی ارشد رشته ی فیزیک گرایش ماده چگال خانم ناهید شیرینی

تحت عنوان

تهیه مکانوشیمیایی گارنت ایتریوم_ آهن جانشانی شده با ایندیوم نانومتری و مطالعه

ویژگی های مغناطیسی آن

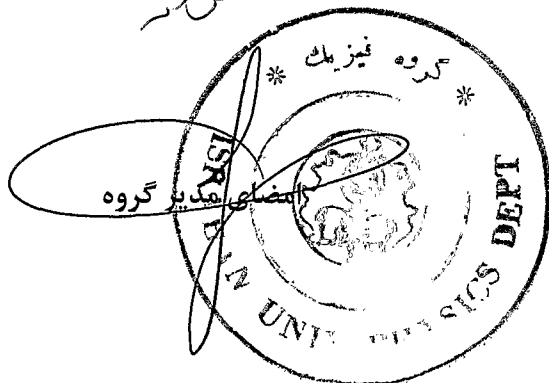
در تاریخ ۸۷/۳/۲۹ توسط هیأت داوران زیر بررسی و با درجه عالی به تصویب نهایی رسید.

امضا
امضا
امضا

۱- استاد راهنمای پایان نامه دکتر جمشید عمیقیان با مرتبه ی علمی استاد

۲- استاد داور داخل گروه دکتر مرتضی مظفری با مرتبه ی علمی استادیار

۳- استاد داور خارج از گروه دکتر احمد حسن پور با مرتبه ی علمی استادیار



ستایش خداوندی را سزاست که نشانه‌های قدرت و بزرگی و عظمت خود را چنان آشکار کرد که دیده‌ها را از شگفتی قدرتش به حیرت آورده و اندیشه‌های بلند را از شناخت ماهیت صفاتش باز داشته است.

نهج البلاغه، ترجمه‌ی خطبه‌ی ۱۹۵

خداوندا مرا همین بس که تو خالق و این بنده مخلوق تو.
چگونه شکر نعمت‌های بی‌پایانت را به‌جا آورم درحالی که خود می‌دانم از عهده‌ی انجام آن ناتوانم.
سپاس تو را که شایسته‌ی حمد و سپاسی؛ یاریم فرما تا من نیز شایسته‌ی بندگی تو باشم.

خدای بزرگ را سپاس می‌گویم که این بار نیز همانند همیشه بر من منت نهاد و مرا در انجام این کار پژوهشی یاری رسانید.

راهنمایی‌های ارزشمند استاد گرانقدرم جناب آقای دکتر عمیقیان را ارج می‌نهم.
از یاری‌ها، همدلی‌ها و مهربانی‌های دوستان عزیزم که مرا در این راه یاری رساندند سپاسگزارم، موفقیت روزافزونشان را از درگاه خداوند بزرگ خواهانم.
حمایت‌ها و همراهی‌های خانواده‌ام در تمامی مراحل امید بخش زندگی‌ام است؛ از کمک‌های بی‌دریغشان سپاسگزارم.

ناهید شیری

خرداد ۱۳۸۷

تقدیم به

پدر و مادر عزیزم

چکیده

در این پژوهش گارنت ایتريوم-آهن جانشانی شده با ایندیوم ($Y_3Fe_{5-x}In_xO_{12}$) حجمی برای مقادیر گوناگون ایندیوم ($x=0.1, 0.2, 0.3, 0.4$) به روش متداول سرامیکی تهیه گردید. منحنی پسماند مغناطیسی نمونه‌ها در دمای اتاق توسط مغناطش‌سنج نمونه‌ی ارتعاشی (VSM) به دست آمد. دمای کوری نمونه‌ها توسط ترازوی فاراده اندازه‌گیری شد. برای تحلیل نتایج حاصل، از بیناب‌سنجی موسبائر استفاده شد. داده‌های مربوط به بیناب‌سنجی موسبائر نشان داد که در گارنت ایتريوم-آهن، یون‌های In^{+3} تمایل به اشغال جایگاه‌های هشت وجهی دارند.

برای تهیه‌ی پودرهای نانومتری گارنت ایتريوم-آهن جانشانی شده با ایندیوم، دو فرآیند مکانوشیمیایی و متداول سرامیکی همراه با آسیاب‌کاری پرانرژی انتخاب شد. پس از تهیه‌ی نمونه‌ها به روش متداول سرامیکی، آنها را تحت عملیات آسیاب‌کاری پرانرژی به مدت ۰/۵، ۱ و ۱/۵ ساعت قرار دادیم. الگوهای XRD نشان داد با افزایش زمان آسیاب‌کاری ابعاد بلورک‌های نمونه کاهش می‌یابد. مغناطش‌اشباعی و نیروی وادارندگی آنها با استفاده از منحنی B-H که توسط دستگاه پرمیامتر به دست آمد، اندازه‌گیری شد.

نتایج حاصل از اندازه‌گیری‌ها نشان داد که نیروی وادارندگی نمونه‌های نانومتری نسبت به همتای حجمی آن بیشتر است و این نیرو با کوچک‌تر شدن اندازه‌ی ذرات افزایش می‌یابد. این تغییرات با استفاده از مدل ولفارت-استونر توجیه شد. مغناطش‌اشباعی نمونه‌های نانومتری نسبت به همتای حجمی آن کمتر است و با کوچک‌تر شدن اندازه‌ی ذرات کاهش می‌یابد. این کاهش با استفاده از مدل پوسته-هسته توضیح داده شد. دمای کوری نمونه‌های حجمی و نانومتری با افزایش جانشانی ایندیوم کاهش می‌یابد که این کاهش با توجه به کاهش نیروهای ابرتبادلی بر اثر جانشانی یون نامغناطیسی In^{+3} توجیه شد. ثابت‌های شبکه‌ی نمونه‌ها نیز با کوچک‌تر شدن اندازه‌ی ذرات افزایش یافت. این افزایش به نیروی دافعه‌ی گشتاورهای دو قطبی در سطح ذرات و همچنین جبران تهی‌جاها توسط تشکیل Fe^{+2} به جای Fe^{+3} نسبت داده شد. روند کاهشی یا افزایشی مغناطش‌اشباعی بر حسب مقدار ایندیوم جانشانی شده در نمونه‌های نانومتری و حجمی متفاوت است. این اختلاف با توجه به آسیاب‌کاری پر انرژی و ایجاد تنش‌های بیشتر در ذرات و در نتیجه تغییر زوایای پیوند توجیه شد.

واژه‌های کلیدی: بیناب‌سنجی موسبائر، پودرهای نانومتری، فرآیند مکانوشیمیایی، گارنت ایتريوم-آهن، مغناطش‌اشباعی، نیروی وادارندگی.

فهرست مطالب

صفحه

عنوان

فصل اول: گارنت‌ها

۲	۱-۱ ساختار بلوری گارنت
۴	۲-۱ گارنت‌های مغناطیسی
۵	۳-۱ گارنت ایتريوم آهن YIG
۵	۱-۳-۱ ساختار بلوری گارنت ایتريوم-آهن
۵	۲-۳-۱ ساختار مغناطیسی گارنت ایتريوم-آهن
۶	۱-۳-۱ دمای کوری گارنت ایتريوم-آهن
۹	۴-۳-۱ مغناطش گارنت ایتريوم-آهن
۱۲	۴-۱ گارنت‌های خاکی کمیاب
۱۳	۱-۵-۱ ساختار بلوری گارنت‌های خاکی کمیاب
۱۳	۲-۵-۱ ساختار مغناطیسی گارنت‌های خاکی کمیاب
۱۳	۳-۵-۱ دمای کوری گارنت‌های خاکی کمیاب
۱۷	۴-۵-۱ مغناطش گارنت‌های خاکی کمیاب
۱۸	۵-۱ دمای جبران

فصل دوم: گارنت‌های مغناطیسی جانشانی شده

۲۱	۱-۲ جانشانی کاتیون‌ها
۲۴	۲-۲ انتخاب جایگاهی
۲۶	۳-۲ محلول‌های جامد
۲۷	۴-۲ برهمکنش یون‌های مغناطیسی و جایگزینی آن‌ها در YIG
۲۹	۵-۲ آمار برهمکنش مغناطیسی یون Fe^{3+} در گارنت‌های ایتريوم آهن جانشانی شده
۳۲	۶-۲ مغناطش گارنت‌های جانشانی شده
۳۳	۷-۲ دمای کوری گارنت‌های جانشانی شده
۳۴	۸-۲ مروری بر گارنت‌های جانشانی شده
۳۵	۱-۸-۲ گارنت‌های ایتريوم-آهن جانشانی شده با Ce^{3+} و Gd^{3+}

- ۳۵.....YIG در Ce^{3+} یون‌های ۱-۱-۸-۲
- ۳۶.....YIG در Gd^{3+} یون‌های ۲-۱-۸-۲
- ۳۷..... Al^{3+} شده با ۲-۸-۲ گارنت‌های ایتريوم-آهن جانشانی
- ۳۸..... Sm^{3+} شده با ۳-۸-۲ گارنت‌های ایتريوم-آهن جانشانی
- ۴۰..... Bi^{3+} شده با ۴-۸-۲ گارنت‌های ایتريوم-آهن جانشانی

فصل سوم: فناوری نانو و تأثیر اندازه بر ویژگی‌های مغناطیسی مواد

- ۴۳.....۱-۳ بستگی ویژگی‌های بنیادی ماده به ابعاد آن
- ۴۴.....۱-۲-۳ بستگی ویژگی‌های مغناطیسی به اندازه ذره
- ۴۴.....۲-۲-۳ تغییر مغناطش اشباعی
- ۴۵.....۲-۲-۳ تغییر وادارندگی
- ۴۶.....۳-۳ تأثیر اندازه ذره بر ویژگی‌های مغناطیسی گارنت ایتريوم-آهن
- ۴۶.....۱-۳-۳ تأثیر اندازه ذره بر مغناطش اشباعی گارنت ایتريوم-آهن
- ۴۸.....۲-۳-۳ تأثیر اندازه ذره بر وادارندگی گارنت ایتريوم-آهن
- ۴۹.....۴-۳ تأثیر اندازه ذره بر ثابت شبکه‌ی گارنت ایتريوم-آهن
- ۵۱.....۵-۳ روش‌های گوناگون تهیه‌ی ذرات نانومتری
- ۵۱.....۱-۵-۳ روش‌های تهیه از فاز بخار
- ۵۱.....۱-۱-۵-۳ روش رسوب‌گیری فیزیکی از فاز گازی (PVD)
- ۵۲.....۲-۱-۵-۳ چگالش گاز خنثی
- ۵۲.....۳-۱-۵-۳ روش رسوب‌گیری شیمیایی از فاز گازی (CVD)
- ۵۳.....۴-۱-۵-۳ پاشش شعله‌ی احتراقی
- ۵۳.....۵-۱-۵-۳ قوس پلاسما
- ۵۳.....۵-۳ روش‌های تهیه از فاز مایع
- ۵۳.....۱-۵-۳ روش حلال‌های آبی
- ۵۴.....۲-۵-۳ روش‌های غیر آبی
- ۵۴.....۳-۵-۳ روش هیدرولیز
- ۵۴.....۴-۵-۳ روش هم‌رسوبی شیمیایی

۵۵	۵-۵-۳ روش هیدروترمال.....
۵۵	۶-۵-۳ روش نمک‌های مذاب.....
۵۵	۷-۵-۳ روش سل-ژل.....
۵۶	۵-۳ روش‌های تهیه از فاز جامد.....
۵۶	۱-۵-۳ روش متداول سرامیکی.....
۵۶	۲-۵-۳ روش آلیاژسازی.....
۵۷	۳-۵-۳ روش مکانوشیمیایی.....

فصل چهارم: فرآیند مکانوشیمیایی (MCP)

۶۰	۱-۴ مفاهیم ترمودینامیکی.....
۶۵	۲-۴ پارامترهای فرآیند.....
۶۵	۱-۲-۴ دمای آسیاب کاری.....
۶۵	۲-۲-۴ نسبت وزنی گلوله به پودر.....
۶۷	۳-۲-۴ سهم نسبی واکنش‌گرها.....
۶۷	۴-۲-۴ قطر گلوله‌های ساینده.....
۶۸	۳-۴ تشکیل فاز.....
۶۹	۴-۴ واکنش احتراقی.....
۷۰	۵-۴ سازوکار واکنش.....
۷۱	۱-۵-۴ نظریه‌های گرمایی.....
۷۲	۲-۵-۴ واکنش‌های ایجاد شده توسط اصطکاک‌های برشی.....
۷۲	۳-۵-۴ نظریه‌ی حالت‌های فعال سطحی.....
۷۲	۶-۴ سنتز مکانیکی سرامیک‌ها و نانو کامپوزیت‌ها.....

فصل پنجم: فرآیندهای آزمایشی

۷۵	۱-۵ شرح وسایل.....
۷۶	۱-۱-۵ ترازوی دیجیتالی.....
۷۶	۲-۱-۵ هاون دستی.....

۳-۱-۵ کوره‌ها.....	۷۶
۱-۳-۱-۵ کوره‌ی لوله‌ای.....	۷۶
۲-۳-۱-۵ کوره‌ی الکتریکی قابل برنامه ریزی.....	۷۷
۴-۱-۵ آسیاب‌ها.....	۷۷
۱-۴-۱-۵ آسیاب گلوله‌ای اسپکس.....	۷۷
۲-۴-۱-۵ آسیاب سیاره‌ای فریتش.....	۷۸
۵-۱-۵ پرس هیدرولیکی.....	۷۸
۶-۱-۵ قالب.....	۷۹
۷-۱-۵ دستگاه پراش سنج پرتو ایکس.....	۸۰
۸-۱-۵ دستگاه مغناطش‌سنج نوسانی (VSM).....	۸۰
۹-۱-۵ بیناب‌سنج موسبائر.....	۸۰
۱۰-۱-۵ پرمیامتر.....	۸۱
۱۱-۱-۵ ترازوی فاراده.....	۸۲
۲-۵ مواد خام مورد استفاده.....	۸۲
۳-۵ روش تهیه‌ی پودرهای حجمی $Y_3Fe_{5-x}In_xO_{12}$	۸۳
۴-۵ روش تهیه‌ی پودرهای نانومتری $Y_3Fe_{5-x}In_xO_{12}$	۸۳
۱-۴-۵ روش مکانوشیمیایی.....	۸۳
۲-۴-۵ روش متداول سرامیکی و آسیاب‌کاری مکانیکی.....	۸۴
۵-۵ تهیه‌ی پودرهای In-YIG به روش متداول سرامیکی.....	۸۴
۱-۵-۵ محاسبه و تعیین مقدار استوکیومتری.....	۸۴
۲-۵-۵ عملیات مخلوط‌سازی.....	۸۵
۳-۵-۵ عملیات گرمایی.....	۸۶
۶-۵ تهیه‌ی پودرهای In-YIG به روش مکانوشیمیایی.....	۸۶
۱-۶-۵ محاسبه و تعیین مقدار استوکیومتری و تصحیح آن.....	۸۶
۲-۶-۵ مرحله‌ی آسیاب‌کاری.....	۸۶
۱-۲-۶-۵ انتخاب زمان آسیاب‌کاری.....	۸۶
۲-۲-۶-۵ انتخاب نسبت وزنی گلوله به پودر.....	۸۷

۳-۶-۵ عملیات گرمایی.....	۸۷
۴-۶-۵ آسیاب کاری مجدد.....	۸۷
۷-۵ تهیه ی پودرهای In-YIG به روش متداول سرامیکی و آسیاب کاری مکانیکی.....	۸۸
۱-۷-۵ تهیه ی پودرهای In-YIG.....	۸۸
۲-۷-۵ مرحله ی آسیاب کاری.....	۸۸
۱-۲-۷-۵ انتخاب زمان آسیاب کاری.....	۸۸
۲-۲-۷-۵ انتخاب نسبت وزنی گلوله به پودر.....	۸۸

فصل ششم: نتایج و بحث

۱-۶ اندازه گیری های مربوط به گارنت های ایتريوم- آهن جانشانی شده با ایندیوم حجمی تهیه شده به روش متداول سرامیکی.....	۹۱
۱-۱-۶ نتایج به دست آمده از پراش پرتو ایکس.....	۹۱
۱-۱-۱-۶ تأثیر جانشانی ایندیوم بر ثابت شبکه گارنت ایتريوم- آهن.....	۹۲
۲-۱-۶ نتایج به دست آمده از منحنی های مغناطش بر حسب دما.....	۹۳
۳-۱-۶ نتایج به دست آمده از منحنی های پسماند مغناطیسی (VSM).....	۹۴
۳-۱-۶ نتایج به دست آمده از بیناب سنجی موسبائر.....	۹۶
۲-۶ اندازه گیری های مربوط به گارنت های ایتريوم- آهن جانشانی شده با ایندیوم نانومتری تهیه شده به روش مکانوشیمیایی.....	۹۸
۱-۲-۶ نتایج به دست آمده از پراش پرتو ایکس.....	۹۸
۱-۱-۲-۶ تأثیر جانشانی ایندیوم بر ثابت شبکه ی گارنت ایتريوم- آهن.....	۱۰۱
۲-۱-۲-۶ محاسبه ی میانگین اندازه ی بلورکها.....	۱۰۱
۲-۲-۶ نتایج به دست آمده از منحنی های مغناطش بر حسب دما.....	۱۰۲
۳-۲-۶ نتایج به دست آمده از منحنی های پسماند مغناطیسی (M-H).....	۱۰۳
۳-۶ اندازه گیری های مربوط به گارنت های ایتريوم- آهن جانشانی شده با ایندیوم نانومتری تهیه شده به روش متداول سرامیکی همراه با آسیاب کاری.....	۱۰۵
۱-۶-۱ نتایج به دست آمده از پراش پرتو ایکس.....	۱۰۵
۱-۱-۳-۶ تأثیر جانشانی ایندیوم بر ثابت شبکه ی گارنت ایتريوم- آهن.....	۱۰۶

- ۱۰۷.....۲-۱-۳-۶ محاسبه‌ی میانگین اندازه‌ی بلورک‌ها.....
- ۱۰۸.....۲-۳-۶ نتایج به دست آمده از منحنی‌های مغناطش بر حسب دما.....
- ۱۰۹.....۳-۳-۶ نتایج به دست آمده از منحنی‌های پسماند مغناطیسی (M-H).....
- ۱۱۱.....۴-۶ مقایسه‌ی ویژگی‌های نمونه‌های حجمی و نانومتری.....

فهرست شکل‌ها

صفحه	عنوان
۲	شکل ۱-۱ موقعیت کاتیون‌ها در جایگاه‌های a, c و d.....
۳	شکل ۲-۱ کاتیون‌ها در یک صفحه از شبکه‌ی گارنت.....
۶	شکل ۳-۱ وارون پذیرفتاری به صورت تابعی از دما در بالای T_{FN} برای YIG و GdIG.....
۱۶	شکل ۴-۱ وارون پذیرفتاری به صورت تابعی از دما مربوط به گارنت‌های Gd و Dy.....
۱۷	شکل ۵-۱ مقادیر تجربی مغناطش ذاتی گارنت‌های ساده‌ی گوناگون به صورت تابعی از دما.....
۱۸	شکل ۶-۱ مغناطش زیرشبکه‌های GdIG در واحد فرمولی به صورت تابعی از دما.....
۲۵	شکل ۱-۲ کسر f_i یون‌های Al^{3+} در جایگاه‌های چهاروجهی $Y_3Fe_{5-x}Al_xO_{12}$ بر حسب x.....
۲۵	شکل ۲-۲ کسر f_i یون‌های Ga^{3+} در جایگاه‌های چهاروجهی $Y_3Fe_{5-x}Ga_xO_{12}$ بر حسب x.....
۲۷	شکل ۳-۲ ثابت شبکه‌ی a بر حسب x برای $Y_3Al_{5-x}Ga_xO_{12}$
۳۲	شکل ۴-۲ تغییرات نظری و تجربی دمای کوری و گشتاور مغناطیسی در $0^\circ K$ مربوط به گارنت‌های $\{Y_{3-y}Ca_y\}[Fe_{2-y}M_y](Fe_3)O_{12}$ به طوری که M=Sn,Zr و $\{Y_3\}[Fe_{2-y}M_y](Fe_3)O_{12}$ به طوری که M=Sc, In.....
۳۶	شکل ۵-۲ الف- تغییرات مغناطش اشباعی (M_S) بر حسب اندازه‌ی ذره (D) ب- مغناطش اشباعی (M_S) بر حسب غلظت Gd.....
۳۷	شکل ۶-۲ مغناطش اشباعی (M_S) بر حسب غلظت Al.....
۳۹	شکل ۷-۲ مغناطش اشباعی (M_S) بر حسب غلظت Sm.....
۴۰	شکل ۸-۲ مغناطش اشباعی (M_S) بر حسب غلظت Bi.....
۴۴	شکل ۱-۳ ضخامت t مربوط به لایه‌ی مرده برای یک ذره‌ی کروی به قطر D.....
۴۷	شکل ۲-۳ تغییرات مغناطش اشباعی بر حسب میانگین اندازه‌ی ذرات در دمای اتاق.....
۴۸	شکل ۳-۳ مغناطش اشباعی به صورت تابعی از دما.....
۴۸	شکل ۴-۳ وادارندگی اندازه‌گیری شده در دماهای متفاوت بر حسب $D^{-3/2}$
۴۹	شکل ۵-۳ وادارندگی بهنجار شده H_c/H_c^0 به صورت تابعی از میانگین اندازه‌ی ذرات D.....
۵۰	شکل ۶-۳ منحنی M-H نانوذرات YIG در دمای ۳۰۰ کلوین.....
۶۰	شکل ۱-۴ طرح واره‌ای از وقوع واکنش شیمیایی میان دو مؤلفه‌ی اکسید فلزی (MO) و احیاگر R در واکنش‌های مکانوشیمیایی.....

- شکل ۲-۴ تغییرات دمای مخزن آسیاب طی آلیاژسازی مکانیکی..... ۶۳
- شکل ۳-۴ نمایش طرح‌واره‌ی منحنی دما-زمان در طی یک واکنش SHS..... ۶۳
- شکل ۴-۴ تأثیر نسبت وزنی گلوله به پودر و دمای آسیاب کاری بر روی زمان مورد نیاز برای تهیه‌ی تیتانیوم
طی احیاء $TiCl_4$ با Mg ۶۶
- شکل ۵-۴ تأثیر زمان آسیاب کاری بر روی سرعت‌های واکنش طی احیاء CuO با گرافیت..... ۶۸
- شکل ۶-۴ نمایش طرح‌واره‌ی تغییرات T_{ig} و T_c با زمان آسیاب کاری..... ۷۰
- شکل ۱-۵ ترازوی دیجیتالی..... ۷۶
- شکل ۲-۵ کوره‌ی الکتریکی قابل برنامه‌ریزی..... ۷۷
- شکل ۳-۵ الف- آسیاب اسپکس مدل 8000M ب- آسیاب سیاره‌ای فریتش..... ۷۸
- شکل ۴-۵ پرس هیدرولیکی..... ۷۹
- شکل ۵-۵ نمایشی از سمبه و ماتریس یک قالب..... ۷۹
- شکل ۶-۵ اجزای مختلف دستگاه پرمیامتر..... ۸۱
- شکل ۱-۶ الگوهای پراش پرتو ایکس مربوط به نمونه‌های $Y_3Fe_{4.9}In_{0.1}O_{12}$ پخت داده شده در دماهای
گوناگون..... ۹۱
- شکل ۲-۶ الگوهای پراش پرتو ایکس مربوط به گارنت‌های ایتریوم-آهن جانشانی شده با ایندیوم
($Y_3Fe_{5-x}In_xO_{12}$) پخت داده شده در دمای ۱۳۵۰ درجه‌ی سانتی‌گراد..... ۹۲
- شکل ۳-۶ نمودار تغییرات ثابت شبکه‌ی $Y_3Fe_{5-x}In_xO_{12}$ تهیه شده به روش متداول سرامیکی بر حسب
مقدار ایندیوم جانشانی شده (x)..... ۹۳
- شکل ۴-۶ منحنی‌های مغناطش بر حسب دمای مربوط به نمونه‌های حجمی برای مقادیر x برابر با الف- 0.1،
ب- 0.2، ج- 0.3، د- 0.4..... ۹۳
- شکل ۵-۶ نمودار تغییرات دمای کوری (T_c) نمونه‌ی $Y_3Fe_{5-x}In_xO_{12}$ تهیه شده به روش متداول سرامیکی
بر حسب مقدار ایندیوم (x)..... ۹۴
- شکل ۶-۶ منحنی‌های پسماند مغناطیسی مربوط به نمونه‌های $Y_3Fe_{5-x}In_xO_{12}$ برای xهای گوناگون، تهیه
شده به روش متداول سرامیکی..... ۹۵
- شکل ۷-۶ تغییرات مغناطش اشباعی (M_s) نمونه‌های $Y_3Fe_{5-x}In_xO_{12}$ تهیه شده به روش متداول سرامیکی
بر حسب مقدار ایندیوم (x)..... ۹۶

- شکل ۶-۸ بیناب موسباتر مربوط به نمونه‌های $Y_3Fe_{5-x}In_xO_{12}$ تهیه شده به روش متداول سرامیکی..... ۹۶
- شکل ۶-۹ تغییرات میدان فوق ریز جایگاه‌های a و d ، $Y_3Fe_{5-x}In_xO_{12}$ بر حسب مقدار ایندیوم..... ۹۷
- شکل ۶-۱۰ الگوی پراش پرتو ایکس مربوط به نمونه‌ی $Y_3Fe_{4.8}In_{0.2}O_{12}$ پس از ۱۰ ساعت آسیاب کاری..... ۹۹
- شکل ۶-۱۱ الگوهای پراش پرتو ایکس مربوط به نمونه‌ی $Y_3Fe_{4.8}In_{0.2}O_{12}$ پس از پخت در دماهای گوناگون..... ۹۹
- شکل ۶-۱۲ الگوی پراش پرتو ایکس مربوط به نمونه‌ی $Y_3Fe_{4.8}In_{0.2}O_{12}$ پس از آسیاب کاری مجدد..... ۱۰۰
- شکل ۶-۱۳ الگوهای پراش پرتو ایکس مربوط به گارنت‌های ایتريوم- آهن جانشانی شده با ایندیوم ($Y_3Fe_{5-x}In_xO_{12}$) پس از آسیاب کاری مجدد..... ۱۰۰
- شکل ۶-۱۴ نمودار تغییرات ثابت شبکه‌ی $Y_3Fe_{5-x}In_xO_{12}$ تهیه شده به روش مکانوشیمیایی بر حسب مقدار ایندیوم (x)..... ۱۰۱
- شکل ۶-۱۵ منحنی مغناطش بر حسب دما مربوط به $Y_3Fe_{4.7}In_{0.3}O_{12}$ تهیه شده به روش مکانوشیمیایی..... ۱۰۲
- شکل ۶-۱۶ منحنی مغناطش بر حسب دما مربوط به $Y_3Fe_{4.6}In_{0.4}O_{12}$ تهیه شده به روش مکانوشیمیایی..... ۱۰۳
- شکل ۶-۱۷ تغییرات دمای کوری (T_C) $Y_3Fe_{5-x}In_xO_{12}$ تهیه شده به روش مکانوشیمیایی بر حسب مقدار ایندیوم (x)..... ۱۰۳
- شکل ۶-۱۸ منحنی‌های پسماند مغناطیسی مربوط به نمونه‌ی $Y_3Fe_{5-x}In_xO_{12}$ برای x های گوناگون، تهیه شده به روش مکانوشیمیایی..... ۱۰۴
- شکل ۶-۱۹ نمودار تغییرات مغناطش اشباعی (M_S) نمونه‌های $Y_3Fe_{5-x}In_xO_{12}$ تهیه شده به روش مکانوشیمیایی بر حسب مقدار ایندیوم (x)..... ۱۰۴
- شکل ۶-۲۰ الگوی پراش پرتو x مربوط به نمونه‌ی $Y_3Fe_{4.7}In_{0.3}O_{12}$ پس از پخت در $1350^\circ C$ درجه‌ی سانتی گراد..... ۱۰۵
- شکل ۶-۲۱ الگوهای پراش پرتو ایکس مربوط به $Y_3Fe_{4.7}In_{0.3}O_{12}$ پس از آسیاب کاری در زمان‌های گوناگون..... ۱۰۶
- شکل ۶-۲۲ الگوهای پراش پرتو ایکس مربوط به گارنت‌های ایتريوم- آهن جانشانی شده با ایندیوم ($Y_3Fe_{5-x}In_xO_{12}$) پس از ۰/۵ ساعت آسیاب کاری با اسپکس..... ۱۰۶

- شکل ۶-۲۳ نمودار تغییرات ثابت شبکه (a) بر حسب مقدار ایندیوم جانشانی شده (x)..... ۱۰۷
- شکل ۶-۲۴ منحنی‌های مغناطش بر حسب دمای مربوط به نمونه‌های نانومتری برای مقادیر X برابر با الف- 0.1، ب- 0.2، ج- 0.3، د- 0.4..... ۱۰۸
- شکل ۶-۲۵ نمودار تغییرات دمای کوری $Y_3Fe_{5-x}In_xO_{12}$ تهیه شده به روش متداول سرامیکی همراه با آسیاب‌کاری بر حسب مقدار ایندیم (x)..... ۱۰۹
- شکل ۶-۲۶ منحنی‌های پسماند مغناطیسی مربوط به $Y_3Fe_{5-x}In_xO_{12}$ برای xهای گوناگون تهیه شده به روش متداول سرامیکی همراه با آسیاب‌کاری $Y_3Fe_{4.8}In_{0.2}O_{12}$ ۱۱۰
- شکل ۶-۲۷ نمودار تغییرات مغناطش اشباعی (M_s) نمونه‌های $Y_3Fe_{5-x}In_xO_{12}$ تهیه شده به روش متداول سرامیکی همراه با آسیاب‌کاری بر حسب مقدار ایندیوم (x)..... ۱۱۰
- شکل ۶-۲۸ نمودار تغییرات مغناطش اشباعی گارنت ایتریوم-آهن بر حسب مقدار جانشانی ایندیوم، تهیه شده به روش‌های گوناگون..... ۱۱۱
- شکل ۶-۲۹ نمودار تغییرات نیروی وادارندگی گارنت ایتریوم-آهن بر حسب مقدار جانشانی ایندیوم، تهیه شده به روش‌های گوناگون..... ۱۱۲
- شکل ۶-۳۰ نمودار تغییرات ثابت شبکه‌ی گارنت ایتریوم-آهن بر حسب مقدار جانشانی ایندیوم، تهیه شده به روش‌های گوناگون..... ۱۱۲

فهرست جدول‌ها

عنوان	صفحه
جدول ۱-۱ داده‌های مربوط به چند گارنت ساده.....	۱۵
جدول ۱-۲ کاتیون‌های شناخته شده برای جانشانی به جای Fe^{3+} در جایگاه‌های چهاروجهی گارنت ایتريوم- آهن.....	۲۲
جدول ۲-۲ کاتیون‌های شناخته شده برای جانشانی به جای Fe^{3+} در جایگاه‌های هشت‌وجهی گارنت ایتريوم- آهن.....	۲۳
جدول ۳-۲ کاتیون‌های شناخته شده برای جانشانی به جای Y^{3+} در جایگاه‌های دوازده‌وجهی گارنت ایتريوم- آهن.....	۲۳
جدول ۱-۴ واکنش‌های شیمیایی به دست آمده به روش آلیاژسازی مکانیکی.....	۶۲
جدول ۱-۶ داده‌های مربوط به نمونه‌های $Y_3Fe_{5-x}In_xO_{12}$ تهیه شده به روش متداول سرامیکی همراه با آسیاب کاری در مدت‌های آسیاب کاری گوناگون.....	۱۱۳

فصل اول

گارنت ها

مقدمه

از زمان کشف گارنت‌های فری مغناطیسی در سال ۱۹۵۶، انگیزه‌های علمی و فنی زیادی برای مطالعه‌ی آن‌ها به وجود آمده است، زیرا این مواد به علت داشتن مقاومت بالا، در ساخت وسایل کهموجی کاربرد زیادی دارند. با وجود کاربرد بسیار زیاد مواد مغناطیسی در محیط‌های ضبط مغناطیسی، آهنرباهای دایمی، وسایل کهموجی و...، به منظور بهبود کاربردهای حاضر و همچنین گسترش کاربردهای جدید، شناخت کامل ویژگی‌های گارنت‌های فری مغناطیس از اهمیت بالایی برخوردار است. گارنت‌های فری مغناطیس برای مطالعات مغناطیسی بسیار مناسب‌اند زیرا این مواد توزیع کاتیونی معینی دارند و مشکل انحراف جایگاهی که می‌تواند در فریت‌ها رخ دهد را از خود نشان نمی‌دهند. YIG به دلیل ویژگی‌های بسیار جالبش در سال ۱۹۷۰ مورد مطالعه قرار گرفت. برای مثال این ماده به عنوان مدلی برای مطالعات مغناطیسی از جمله وابستگی مغناطش ذاتی و منحنی پسماند به اندازه‌ی دانه در گستره‌ی میکرومتر به کار رفت [۱ و ۲]. با توجه به این مطالعات مدل مربوط به مکانیسم‌های مغناطیسی جابه‌جایی و بالا رفتن دیواره‌ها گسترش یافت.

شفافیت YIG در بالای ۶۰۰ نانومتر آن را کاندیدای بالقوه‌ای برای گمانه‌ی اتمی-نوری ساخته است. به‌علاوه به دلیل