

بررسی خواص ساختاری و مغناطیسی نانوذرات گارنت ایتريوم آهن ساخته شده به روش میکرومولسیون

فیروزه اوشال | محمد نیایی فر* | احمد حسن پور

گروه فیزیک، علوم تحقیقات خوزستان، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران

چکیده

گوناهگونی برای تولید این نانوذرات به کار گرفته شده است که از آن جمله می توان به روش هایی چون هم رسوبی [۲]، سل-ژل [۳]، مکانوشیمیایی [۴] و سرامیکی [۵] اشاره کرد. از میان روش های ذکر شده، روش میکرومولسیون روشی مناسب جهت تهیه و پایدارسازی نانوذرات است و به منظور تولید موادی با توزیع باریکی از اندازه ذرات در ابعاد نانو و خلوص بالا مورد استفاده قرار می گیرد و همچنین دارای قابلیت کنترل دقیق بر مورفولوژی می باشد [۶]. در واقع استفاده از میکرومولسیون ها و خصوصا مایسل های معکوس یکی از راه های سنتز کنترل نانوذرات است. بسیاری از نانوذرات در نانوراکتورهای مایسلی و تحت واکنش هایی نظیر فرآیندهای رسوبی کاهش و هیدرولیز سنتز می شوند. سنتز در میکرومولسیون ها می تواند منجر به ایجاد ذرات تک پخش شود. روش های تولید نانومواد به صورت تک پخش منجر به افزایش کیفیت محصول می شوند. یکی از راه کارهای سنتزی جهت نیل به این هدف، استفاده از نانوراکتور جهت سنتز نانوذرات می باشد. از جمله ساده ترین نانوراکتورهای مولکولی مایسل ها هستند. این اجتماعات مولکولی حاصل خودآرایی مولکول های سورفکتانت در حد فاصل فاز آبی و آلی است. میکرومولسیون ها مخلوط های همگن و تک پخش از مایسل ها هستند که از مخلوط کردن فاز آلی (روغنی)، فاز آبی و پایدار کننده ها (سورفکتانت ها) با نسبت مشخصی تهیه می شوند. در این راستا امامی میبیدی در سال ۲۰۱۲ به بررسی نسبت سورفکتانت/آب (ω) به عنوان یکی از عوامل موثر بر روی اندازه و پراکندگی ذرات پرداخت و موفق به ساخت نانوذراتی در حدود ۵۰ نانومتر شد ولی خصوصیات مغناطیسی آن مورد بررسی قرار نگرفت [۷]. تحقیقات وکیرو و همکاران در سال ۱۹۹۶ نشان داد که این نانوذرات تنها در غلظت ۰/۶ مولار و تحت عامل رسوب دهنده آمونیوم کربنات تهیه می شوند [۸]. در تحقیق حاضر از

در این مطالعه نانوذرات گارنت ایتريوم آهن با فرمول شیمیایی $Y_3Fe_5O_{12}$ تحت شرایط محیط و اتمسفر نیتروژن به روش میکرومولسیون تهیه شدند و جهت بررسی دمایی در گستره دمایی $700^\circ C$ تا $1100^\circ C$ گرمادهی شدند. ویژگی های ساختاری و مغناطیسی توسط TEM، Far-FTIR، XRD و VSM مورد بررسی قرار گرفتند. تحلیل پراش پرتو ایکس (XRD)، نشان می دهد که نمونه های تهیه شده در دمای $800^\circ C$ و $900^\circ C$ تک فاز شده اند. میانگین اندازه بلورک های تحت دو اتمسفر (محیط و نیتروژن) در بازه ۱۱ تا ۲۹ نانومتر برآورد شد. بیناب سنج فرسرخ دور (Far-FTIR) پیوند اصلی ν_1 در گستره 650 cm^{-1} - 550 cm^{-1} مربوط به ارتعاشات کششی در جایگاه چهاروجهی و پیوند ν_2 در گستره 400 cm^{-1} - 300 cm^{-1} را مربوط به جایگاه های هشت وجهی نشان می دهد. تصویر میکروسکوپ الکترونی عبوری (TEM) توزیع یکنواخت اندازه ذرات را نشان می دهد. ویژگی های مغناطیسی نمونه ها با استفاده از مغناطیس سنج ارتعاشی (VSM) مورد بررسی قرار گرفت. این آنالیز نشان داد که مغناطش اشباع نمونه ها نخست تا دمای $900^\circ C$ افزایش و سپس کاهش یافت. این تغییرات به افزایش اثر فازهای جانبی و کمبود اکسیژن در دماهای بالاتر نسبت داده شد.

واژگان کلیدی: گارنت ایتريوم آهن، میکرومولسیون، نانوذرات

۱ مقدمه

نانوذرات گارنت ایتريوم آهن به دلیل داشتن خواص مغناطیسی، الکتریکی و اپتیکی مانند تعدیل کننده شدت نور فرسرخ و سنسورهای مغناطیسی و نیز دستگاه های ضبط مغناطونوری بسیار مورد توجه واقع شده اند [۱]. روش های

1. Monodisperse

کمک دستگاه سانتریفیوژ رسوب ها جداسازی شدند. سپس رسوب های حاصل شستشو داده و جهت خشک شدن، مواد را به مدت ۱ ساعت درون آون با دمای 80°C قرار داده شد. در نهایت پودر حاصل درون هاون شیشه ای کوبیده شد تا یکنواخت گردید. آنگاه به مدت ۲ ساعت تحت شرایط محیط و اتمسفر نیتروژن با دمای 80°C درون کوره کلسینه تا پودر سبز رنگی حاصل شد (شکل ۱).



شکل ۱ مسیر انجام سنتز نانو پودرهای گارنت ایتريوم آهن به روش میکروامولسیون

۳ نتایج و بحث

در شکل ۲ الگوهای پراش پرتو ایکس ذرات گارنت ایتريوم آهن با غلظت های مختلف (۱ mol/lit، ۰/۸ mol/lit، ۰/۶ mol/lit) نشان داده شده است. تحلیل پراش پرتو ایکس ساختار اسپینل مکعبی تک فاز با استفاده از کارت استاندارد (۰۰۰۴۳-۰۵۰۷) برای نمونه با غلظت ۰/۶ مولار را تایید کرد. میانگین اندازه بلورک ها با استفاده از فرمول دبای شرر (رابطه ۱) در بازه ۱۱ تا ۲۹ نانومتر تخمین زده شد.

$$D = 0.9 \lambda / B \cos \theta \quad (1)$$

در این رابطه D بر حسب نانومتر، λ طول موج پرتو ایکس Cu-k α (برابر با ۰/۱۵۴۰۶ نانومتر)، θ زاویه براگ، β پهناي قله در نیم شدت بیشینه (بر حسب رادیان) است که از رابطه ی زیر به دست می آید [۹].

$$\beta = \sqrt{B_M^2} - \sqrt{B_S^2} \quad (2)$$

که در آن B $_s$ پهناي قله پراش وابسته به نمونه ای با اندازه ی بلورک های بزرگتر از یک میکرون که از واگرایی پرتو ایکس می آید

روش میکروامولسیون جهت ساخت نمونه ها استفاده شد و با توجه به تغییر اندازه نانوذرات در بازه دمایی 70°C تا 110°C ویژگی های ساختاری و مغناطیسی نمونه ها تحت دو اتمسفر جو و نیتروژن به صورت دقیق مورد مطالعه و ارزیابی قرار گرفت.

۲ بخش تجربی

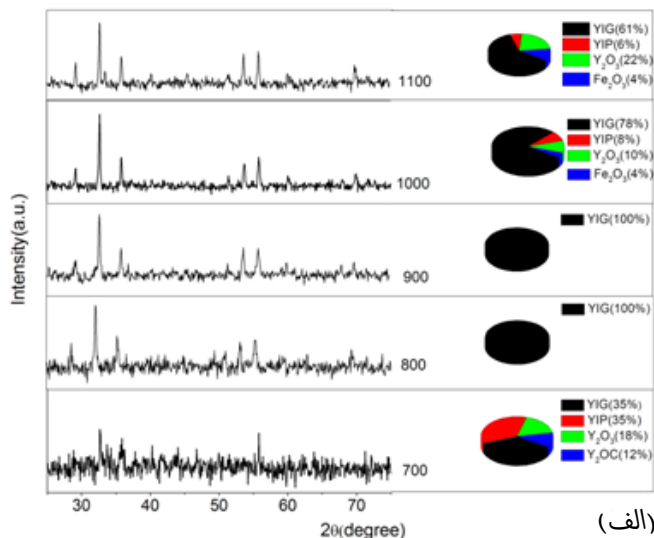
مواد و تجهیزات

برای تهیه نانوذرات YIG از روش میکروامولسیون روغن/ آب (W/O) استفاده شد. در این روش از مواد اولیه شامل نیترات آهن، نیترات ایتريوم، آمونیوم کربنات (عامل رسوب دهنده)، Igepal CA-۵۲۰ (سورفکتانت) و از هپتان به عنوان محیط آلی استفاده گردید (کلیه مواد استفاده شده دارای خلوص بالا و محصول شرکت مرک می باشند). الگوهای پراش پودرهای تهیه شده با یک دستگاه XRD مدل seifert 3003 فازپایی شدند. الگوهای Far-FTIR در گستره عدد موج $1500-700\text{ cm}^{-1}$ با استفاده از دستگاه بیناب سنج فروسرخ دور مدل spectrum 400 به دست آمد. بررسی اندازه نانوذرات با استفاده از دستگاه میکروسکوپ الکترونی عبوری (TEM) مدل Philips CM120 صورت گرفت. منحنی های پسماند مغناطیسی نمونه ها توسط دستگاه مغناطیس سنج ارتعاشی (VSM) در میدان بیشینه ۱۰ kOe، ساخت شرکت مغناطیس دانش پژوه کاشان مورد بررسی قرار گرفتند.

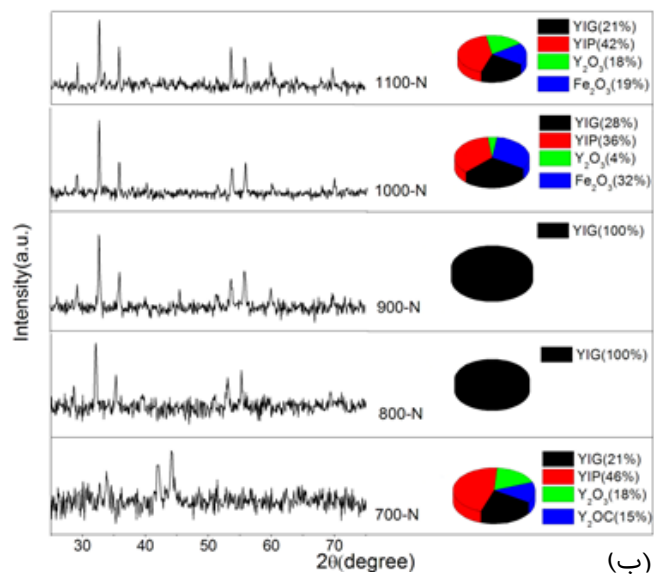
روش آزمایش

تهیه نانوذرات $\text{Y}_3\text{Fe}_5\text{O}_{12}$ به روش میکروامولسیون

بر این مبنا دو سیستم میکروامولسیون A و B انتخاب و آماده گردید. بدین صورت که در سیستم A ابتدا هپتان با نسبت استوکیومتری مناسب وزن کرده و درون بشر قرار گرفت. آنگاه Igepal CA-۵۲۰ و متانول (کمک سورفکتانت) را به نسبت (۱:۱) توزین کرده و به سیستم بالا اضافه شد. در نهایت محلول نیترات آهن و نیترات ایتريوم به سیستم اضافه گردید. میکروامولسیون B نیز دقیقاً مطابق با میکروامولسیون A تهیه شد با این تفاوت که در مرحله آخر به جای محلول آبی (نیترات آهن و نیترات ایتريوم) از آمونیوم کربنات با غلظت ۰/۶ مولار استفاده شد. پس از تهیه هر دو سیستم، میکروامولسیون B به میکروامولسیون A اضافه شد. پس از اختلاط کامل دو سیستم، جهت همگن سازی بهتر مواد آن ها را به مدت ۳۰ دقیقه درون حمام آتراسونیک قرار داده شد. آنگاه به

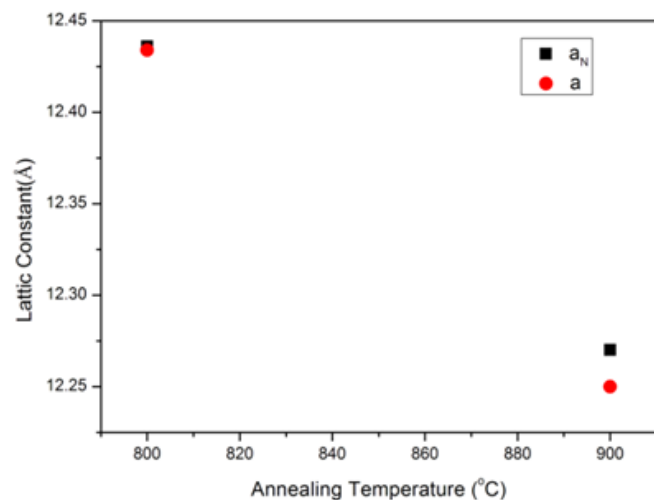


(الف)



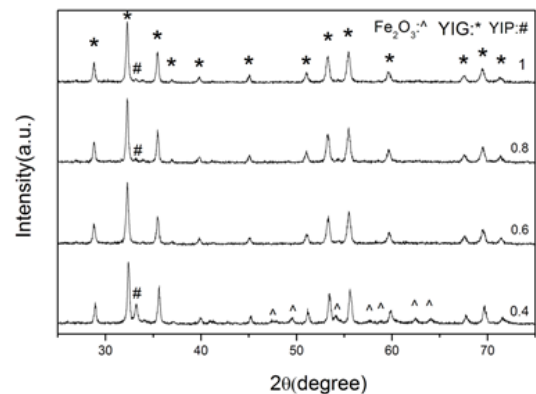
(ب)

شکل ۲ الگوهای XRD نمونه های پخته شده در گستره دمایی ۷۰۰ تا ۱۱۰۰ °C (الف) شرایط محیط (ب) اتمسفر نیتروژن



شکل ۳ نمودار تغییرات ثابت شبکه بر حسب دمای پخت تحت شرایط محیط و اتمسفر نیتروژن

که پهن شدگی دستگاهی شناخته می شود و B_M نیم قله ی پراش ماده ی اصلی است که برآمده از ریز بودن ذرات و واگرایی پرتو ایکس XRD است.

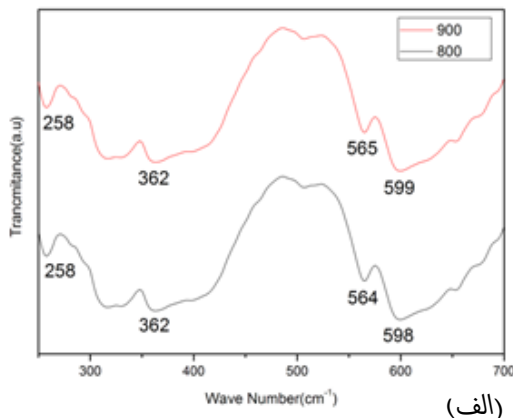


شکل ۴ نتایج XRD نمونه های تهیه شده در غلظت های مختلف

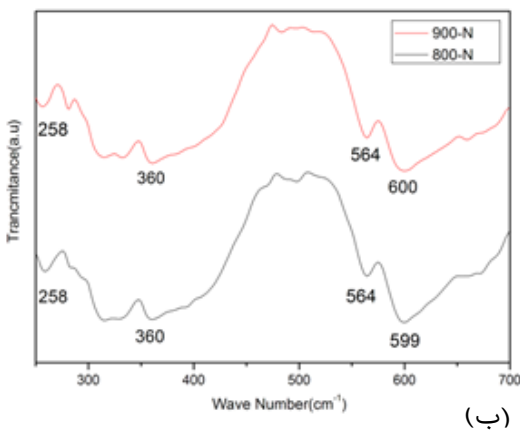
شکل ۳ الگوهای پراش پرتو ایکس (XRD) نمونه های پخته شده در دماهای ۷۰۰ °C ، ۸۰۰ °C ، ۹۰۰ °C ، ۱۰۰۰ °C ، ۱۱۰۰ °C تحت شرایط محیط (کدگذاری شده به صورت ۹۰۰ ، ۱۰۰۰ ، ۱۱۰۰ -N) و تحت اتمسفر نیتروژن (کدگذاری شده به شکل ۷۰۰ ، ۸۰۰ ، ۹۰۰ -N ، ۱۰۰۰ -N ، ۱۱۰۰ -N) را نشان می دهد. چنانچه مشاهده می شود دمای پخت ۷۰۰ °C در هر دو شرایط (محیط و اتمسفر نیتروژن) برای تشکیل نانوذرات تک فاز کافی نیست و کمینه ی دمای پخت برای دست یابی به نمونه های تک فاز ۸۰۰ °C است. چنانچه از جدول ۱ مشاهده می شود با افزایش دما، میانگین اندازه ی بلورک ها تقریباً به صورت خطی افزایش می یابد. نتایج نشان می دهد که با افزایش دما به دلیل جذب انرژی گرمایی بیشتر، تبلور کامل تر و سایز بلوری افزایش می یابد [۱۰]. همان طور که مشاهده می شود در دمای ۱۰۰۰ °C به دلیل حضور اکسیژن اضافی در سیستم در هر دو شرایط (محیط و اتمسفر نیتروژن) فازهای جانبی YIP ، Y_2O_3 و Fe_2O_3 حضور پیدا کردند و در دمای ۱۱۰۰ °C این اثر افزایش یافت.

شکل ۴ تغییرات ثابت شبکه نمونه های تک فاز را در دو اتمسفر (محیط و نیتروژن) نشان می دهد که در شکل زیر به ترتیب با حروف لاتین a و a_n نمایش داده شده است. همان طور که مشاهده می شود با افزایش اندازه ذره، ثابت شبکه کاهش می یابد. مطالعات گذشته نشان می دهد که در نانومواد اکسیدی با کاهش سایز ذرات برهمکنش اوربیتال های جفت نشده بر سطح نانوذرات افزایش می یابد که منجر به افزایش ثابت شبکه

شکل ۶ طیف سنجی فرسرخ دور (Far-FTIR) نمونه‌های پخته شده در دماهای 800°C و 900°C تحت دو اتمسفر مختلف محیط (شکل ۶- الف) و اتمسفر نیتروژن (شکل ۶- ب) نشان می‌دهد. مهم ترین بخش Far-FTIR در ارتباط با تحلیل نمونه های ساخته شده، به دو پیوند بسامدی ν_1 و ν_2 در گستره $300-400\text{ cm}^{-1}$ و $550-650\text{ cm}^{-1}$ مربوط است. باندهای ذکر شده برای همه گارنت ها مشخصه های مشترکی هستند. این گستره، ارتعاشات یون ها در شبکه بلوری را تعیین می کند. همچنین باندهای ν_1 و ν_2 با تغییر در برهمکنش بین اکسیژن و کاتیون در جایگاه های چهاروجهی و هشت وجهی تغییر می کنند [۱۴]. چنانچه مشاهده می شود موقعیت پیوند ν_1 جابجایی تقریباً خطی به سمت عدد موج کمتر دارد. پیوند از 599 cm^{-1} برای نمونه‌ی 800°C شروع می شود و تا 600 cm^{-1} برای نمونه‌ی 900°C افزایش می یابد. این گستره (پیوند ν_1)، ارتعاش انبساطی $\text{Fe}^{2+}-\text{O}^{2-}$ جایگاه چهاروجهی را مشخص می کند. کاهش در موقعیت پیوند را نیز می توان به افزایش در طول پیوند کاتیون- اکسیژن (Fe-O) نسبت داد [۱۵].



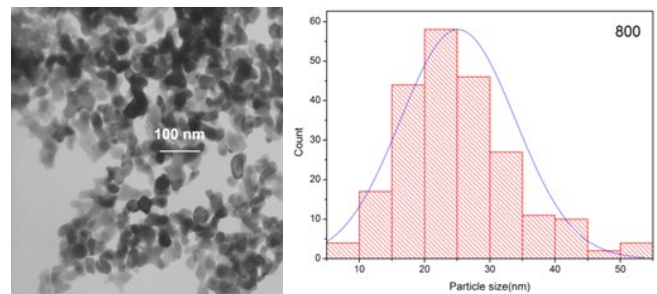
(الف)



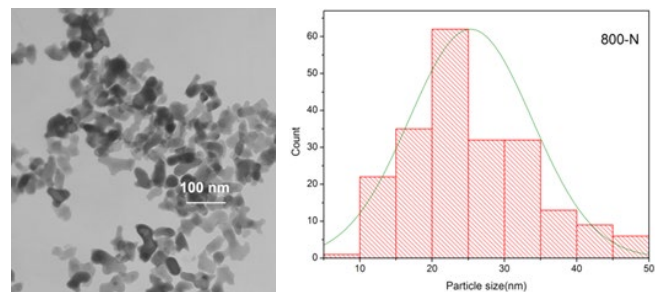
(ب)

می شود [۱۱]. همچنین ثابت شبکه نمونه های تهیه شده در اتمسفر نیتروژن بزرگتر از نمونه های تحت شرایط محیط است. علت این اختلاف را می توان به کمبود اکسیژن در نمونه های تهیه شده در شرایط نیتروژن نسبت داد [۱۲].

در شکل ۵ تصاویر میکروسکوپ الکترونی عبوری (TEM) نانوذرات گارنت ایتربوم آهن در دمای 800°C را در دو اتمسفر متفاوت محیط (شکل ۵- الف) و نیتروژن (شکل ۵- ب) نشان می دهد. با توجه به شکل بر اثر تف جوشی دانه ها و به دلیل تاثیر انرژی سطحی بالای نانوذرات یک ارتباط بین ذره ای موسوم به گردن ایجاد شده است [۱۳]. توزیع اندازه ذرات محاسبه شده از این تصویر نشان می دهد میانگین اندازه ی نانوذرات برای نمونه های تحت اتمسفرهای مختلف (محیط و نیتروژن) ۲۵ نانومتر برآورد شده است. یکنواخت بودن توزیع اندازه ی نانوذرات را می توان در نمودارهای توزیع اندازه آن ها مشاهده کرد. یکنواختی اندازه ی ذرات از ویژگی های مهم فرآیند میکرومولسیون می باشد که با تنظیم صحیح پارامترهای فرآیند از جمله نسبت صحیح اجزا، غلظت مناسب، نحوه اختلاط دو سیستم و غیره حاصل می شود.



(الف)

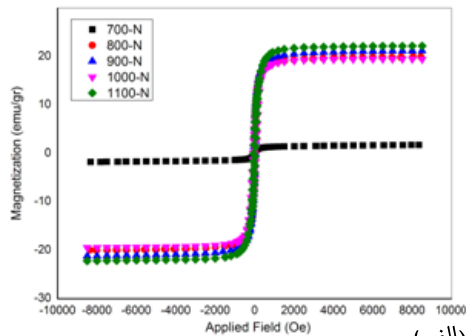


(ب)

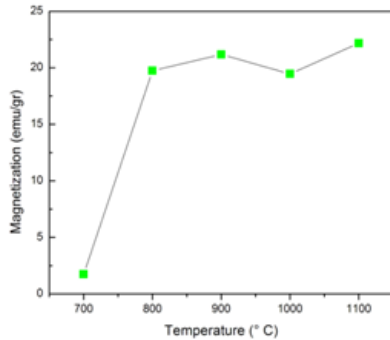
شکل ۵ نتایج میکروسکوپ الکترونی عبوری در دمای 800°C

(الف) شرایط محیط (ب) اتمسفر نیتروژن

شکل ۶ طیف سنجی فرسرخ دور نمونه های تهیه شده در دمای 800°C و 900°C (الف) شرایط محیط (ب) اتمسفر نیتروژن



(الف)



(ب)

شکل ۴۸ الف) منحنی پسماند مغناطیسی (ب) مغناطش اشباع برای نمونه پخته شده تحت اتمسفر نیتروژن در گستره دمایی ۷۰۰°C تا ۱۱۰۰°C

جدول ۴۱ مقادیر اندازه بلورک و مغناطش اشباع گارنت ایتريوم آهن

نمونه های پخت شده در دماهای مختلف در شرایط محیط و اتمسفر نیتروژن

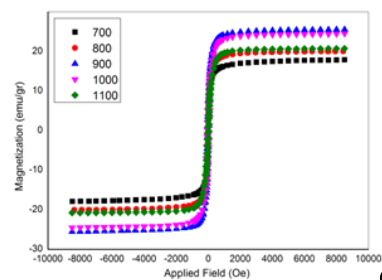
مغناطش اشباع (emu/gr) اندازه بلورک D (nm)

	D	D _N	M _s	M _s ^N
۸۰۰-N	۱۱,۵	۱۱,۳	۱۹,۸۶	۱۹,۷۴
۹۰۰-N	۲۰,۴	۲۳,۳	۲۵,۵۲	۲۱,۱۸
۱۰۰۰-N	۲۸,۶	۲۴,۴	۲۴,۴۵	۱۹,۴۶
۱۱۰۰-N	۲۹	۲۳,۷	۲۰,۷۲	۲۲,۱۸

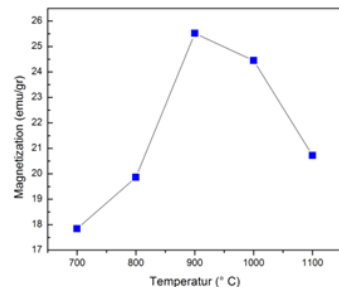
۴ نتیجه‌گیری

در این تحقیق نانوذرات گارنت ایتريوم آهن تحت دو اتمسفر محیط و نیتروژن به روش میکرومولسیون ساخته شد. نمودار پراش پرتو ایکس نشان داد که کمترین دمای تشکیل فاز گارنت ۸۰۰°C است. میانگین اندازه بلورک ها ۱۱ تا ۲۹ نانومتر برآورد شد. تحلیل TEM نشان داد که ذرات کروی شکل هستند و توزیع اندازه ی ذرات یکنواخت است. مغناطش اشباع نمونه ها با افزایش اندازه ی ریزبلورک ابتدا افزایش و سپس کاهش یافت. این تغییرات را می توان به افزایش اثرات فازهای جانبی YIP, Y₂O₃ و Fe₂O₃ و کمبود اکسیژن در دماهای بالاتر نسبت داد.

(شکل ۷-الف) منحنی پسماند مغناطیسی و (شکل ۷-ب) مغناطش اشباع نانوذرات گارنت ایتريوم آهن (YIG) در دمای اتاق را در شرایط محیط بر حسب دماهای پخت متفاوت نشان می دهد. (شکل ۸-الف) منحنی پسماند مغناطیسی و (شکل ۸-ب) تغییرات مغناطش اشباع را بر حسب دما در اتمسفر نیتروژن نشان می دهد. بررسی تغییرات مشاهده شده به ترتیب در دو شکل ۷ و ۸ ارائه می شود. در شکل ۷- (ب) در دمای ۱۰۰۰°C به دلیل جوانه زنی فاز جانبی YIP مغناطش اشباع نسبت به دمای ۹۰۰°C کاهش پیدا کرد. همچنین در دمای ۱۱۰۰°C به دلیل افزایش اثرات فاز جانبی YIP، اکسیژن اضافی وارد سیستم شده و منجر به افت شدید مغناطش در این دما گردیده است. مطابق جدول ۱ مغناطش اشباع با کاهش اندازه ی ریز بلورک، کاهش می یابد. جهت توجهی این تغییرات باید در نظر داشت که به علت شکسته شدن پیوند ها روی سطح، نظم موجود در همسایگی هر یک از کاتیون های روی سطح دستخوش اختلال شده و در نتیجه گشتاورهای مغناطیسی زاویه دلخواهی اختیار می کنند که منجر به ایجاد یک لایه سطحی غیر مغناطیسی (لایه مرده) خواهد شد. بنابراین این کاهش می تواند به افزایش لایه ی سطحی غیر مغناطیسی ناشی از افزایش نسبت سطح به حجم (S/V) نسبت داد [۱۶]. در (شکل ۸-ب) کاهش مغناطش اشباع در دمای ۱۰۰۰°C مشاهده می شود که می توان علت را به کاهش برهمکنش های ابرتبادلی و حضور فازهای جانبی نسبت داد. در دمای ۱۱۰۰°C کاهش لایه مرده مغناطیسی ناشی از افزایش برهمکنش های ابرتبادلی موجب افزایش مغناطش اشباع می گردد [۱۷].



(الف)



(ب)

شکل ۴۹ الف) منحنی پسماند مغناطیسی (ب) مغناطش اشباع برای نمونه پخته شده تحت شرایط محیط در گستره دمایی ۷۰۰°C تا ۱۱۰۰°C

مراجع

- [1] S. H. Vajargah, H. R. M. Hosseini, and Z. A. Nemati, "Synthesis of nanocrystalline yttrium iron garnets by sol-gel combustion process: The influence of pH of precursor solution," *Mater. Sci. Eng. B*, vol. 129, no. 1, pp. 211–215, 2006.
- [2] M. Sinha, H. Dutta, and S. K. Pradhan, "X-ray characterization and phase transformation kinetics of ball-mill prepared nanocrystalline Mg-Zn-ferrite at elevated temperatures," *Phys. E Low-dimensional Syst. Nanostructures*, vol. 33, no. 2, pp. 367–369, 2006.
- [3] H. G. Beh, R. Irmawati, Y. Noorhana, and K. P. Lim, "Phase evolution and crystallite size of La-substituted YIG at different calcination temperatures," *Int. J. Eng. Technol.*, vol. 9, no. 9, pp. 261–265, 2009.
- [4] A. Mergen and A. Qureshi, "Characterization of YIG nanopowders by mechanochemical synthesis," *J. Alloys Compd.*, vol. 478, no. 1, pp. 741–744, 2009.
- [5] M. A. El Hiti, "Dielectric behaviour in Mg-Zn ferrites," *J. Magn. Magn. Mater.*, vol. 192, no. 2, pp. 305–313, 1999.
- [6] H. Ebrahimnia, E. Keshavarzi, M. Kazamzade, and Y. GanjKhanlo, "Synthesis of cobalt spinel ferrite nanoparticles by Microemulsion Method," *Nanocomposite Mater. Res.*, vol. 1, no. 4, pp. 261–266, 1388.
- [7] A. S. EMAMIMEIBODI, A. Ghorbani, and M. Adeli, "Synthesis of Iron Yttrium Garnet Nanoparticles by Reverse Microemulsion Method," 2012.
- [8] P. Vaqueiro, M. A. López-Quintela, and J. Rivas, "Synthesis of yttrium iron garnet nanoparticles via coprecipitation in microemulsion," *J. Mater. Chem.*, vol. 7, no. 3, pp. 501–504, 1997.
- [9] C. N. J. Wagner, "Direct methods for the determination of atomic-scale structure of amorphous solids (X-ray, electron, and neutron scattering)," *J. Non. Cryst. Solids*, vol. 31, no. 1, pp. 1–40, 1978.
- [10] Z. Cheng and H. Yang, "Magnetic properties of Nd-Y₃Fe₅O₁₂ nanoparticles," *J. Mater. Sci. Mater. Electron.*, vol. 18, no. 10, pp. 1065–1069, 2007.
- [11] M. Niyafar, H. Mohammadpour, M. Dorafshani, and A. Hasanpour, "Size dependence of non-magnetic thickness in YIG nanoparticles," *J. Magn. Magn. Mater.*, vol. 409, pp. 104–110, 2016.
- [12] W. Noun, E. Popova, F. Bardelli, Y. Dumont, R. Bertacco, A. Tagliaferri, M. Tessier, M. Guyot, B. Berini, and N. Keller, "Determination of yttrium iron garnet superexchange parameters as a function of oxygen and cation stoichiometry," *Phys. Rev. B*, vol. 81, no. 5, p. 54411, 2010.
- [13] H. Majidi, T. B. Holland, and K. van Benthem, "Quantitative analysis for in situ sintering of 3% yttria-stabilized zirconia in the transmission electron microscope," *Ultramicroscopy*, vol. 152, pp. 35–43, 2015.
- [14] P. Tarte, "Infra-red spectra of inorganic aluminates and characteristic vibrational frequencies of AlO₄ tetrahedra and AlO₆ octahedra," *Spectrochim. Acta Part A Mol. Spectrosc.*, vol. 23, no. 7, pp. 2127–2143, 1967.
- [15] H. M. Zaki and H. A. Dawoud, "Far-infrared spectra for copper-zinc mixed ferrites," *Phys. B Condens. Matter*, vol. 405, no. 21, pp. 4476–4479, 2010.
- [16] H. Nathani, S. Gubbala, and R. D. K. Misra, "Magnetic behavior of nanocrystalline nickel ferrite: Part I. The effect of surface roughness," *Mater. Sci. Eng. B*, vol. 121, no. 1, pp. 126–136, 2005.
- [17] J. S. McCloy, W. Wolf, E. Wimmer, and B. J. Zelinski, "Impact of hydrogen and oxygen defects on the lattice parameter of chemical vapor deposited zinc sulfide," *J. Appl. Phys.*, vol. 113, no. 2, p. 23706, 2013.

Evaluation of Structural and Magnetic Properties of Yttrium Iron Garnet Particles Made by Microemulsion Method

F.Oushal | M.Niyaifar* | A.Hasanpour

Department of Physics, Khozestan Science and Research Branch, Islamic Azad University, Ahvaz, Iran
Department of Physics, Ahvaz Branch, Islamic Azad University, Ahvaz, Iran

Abstract

In this study, yttrium iron garnet nanoparticles with the chemical formula $Y_3Fe_5O_{12}$ under both atmospheric and nitrogen atmosphere were prepared by microemulsion method. Structural and magnetic properties were studied by XRD, Far- FTIR, TEM, VSM, for thermal was annealing investigation at 700 °C – 1100 °C. Phase formation were studied by X-Ray diffraction (XRD). X-Ray diffraction analysis (XRD) show the samples at the temperature 800 °C and 900 °C are single phase. The average crystallite sizes under two atmospheres (nitrogen and atmosphere) were estimated to be in the range of 11 to 29 nm. Far- infrared spectrometry (Far-FTIR) show that main bond of ν_1 in the range of 550-650 cm^{-1} is tetrahedron and ν_2 bond in a range 300-400 cm^{-1} is related to the octahedral sites. Image of transmission electron microscopy (TEM) shows that the particle size distribution is uniform. Yttrium iron garnet prepare magnetic we also studied by use of a vibrating sample magnetometer (VSM). In this analysis at first, saturation magnetization of samples increases to temperature 900 °C and then decreased. These changes were attributed to the increase of phase side effects and lack of oxygen at higher temperatures.

Keywords

Yttrium iron garnet, Microemulsion, Nanoparticles.