Archive of SID

فصلنامهي علمي پژوهشي

دورهی ۵، شمارهی ۱، بهار ۱۳۹۵

بررسی اثر سورفکتانتهای پلیاتیلن گلایکول و پلیمتیل متااکریلات بر خواص فیزیکی و جذب راداری (باندهای X و Ku) پودر هگزافریت باریم سنتز شده به روش سل-ژل احتراقی

آرزو افضلی'، وحید متقی طلب*'، سید سلمان سید افقهی'، مجتبی جعفریان"

^۱ گروه مهندسی نساجی، دانشگاه گیلان، دانشکده فنی مهندسی، رشت ^۲ گروه مهندسی مواد، دانشگاه جامع امام حسین (ع)، دانشکده فنی مهندسی، تهران ^۳ دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات، باشگاه پژوهشگران جوان و نخبگان، تهران

^{*}motaghitalab@yahoo.com

چکیده:	اطلاعات مقاله:
در این پژوهش اثر سورفکتانتهای پلیاتیلن گلیکول و پلیمتیل متااکریلات بـر خـواص فیزیکـی و جـذب	دریافت: ۱۳۹۴/۱۲/۸
راداری هگزافریت باریم تهیه شده به روش سل–ژل احتراقی بررسی شــد. بــه منظـور بررســیهـای فــازی،	پذیرش: ۱۳۹۵/۸/۱۸
موفولوژی و خواص مغناطیسی محصول نهایی به ترتیب از آنالیز پراش اشعه ایکس (XRD)، میکروسکوپ	
الکترونی روبشی (SEM) و مغناطیس سنج نمونه مرتعش (VSM) استفاده شد. همچندین پارامترهای	کلید واژه:
الکترومعناطیسی تمونههای سند سده با استفاده از دستگاه تجریه و تحلیل سبکه بردار (۷۱۷۹) در محکوده راداری باند X و Ku مورد ارزیابی قرار گرفت. طبق نتایج حضور پلی/تیکن گلیکول به عنوان سـورفکتانت در	هگزافریت باریم، سل-ژل احتراقی،
میزان خلوص فاز نهایی تاثیر بسزایی داشت. تصاویر میکروسکوپ الکترونی روبشی نشان دهنـده ذراتـی بـا	پلے اتـیلن گلیکـول، پلے متیـل
مورفولوژی هگزاگونال برای تمامی نمونههای تهیه شده بود. طبق بررسیهای مغناطیـسی بیـشترین مقـدار	متااكريلات
مغناطش اشباع (۵۶ emu/g) و نیروی وادارندگی (۵۲۴۰Oe) برای نمونه سنتز شده بــا اســتفاده از ۱ گــرم	
پلی/تیلن گلیکون حاصل شد. نمونه پلـی/تـیلن گلیکـول در بانـد X در فرکـانسهـای ۱۰/۶ و ۱۱/۵ GHz	
بیشترین میزان تلفات انعکاس برابر dB ط/۱/ – و ۱۸۸ dB – می باشد که پهنای جـذبی پلـی/تـیلن گلیکـول	
نسبت به دو نمونه دیگر مناسبتر بوده است و در باند Ku بیشترین میزان جذب مربوط به نمونه پلـیمتیـل	
متااکریلات میباشد که در فرکانس ۱۷/۱ GHz به میزان ۲/۲dB– جذب داشته است. بنابراین نتایج جذب	
حاکی از افزایش پهنای باند جذبی در صورت استفاده از هر دو سورفکتانت در باندهای X و Ku بوده است.	

استفاده از دستگاههای الکتریکی و الکترونیکی در کاربردهای صنعتی، تجاری و نظامی در فرکانسهای کاری بالا، به یک مشکل جدی تبدیل شده است [۱–۴]. به منظور

۱– مقدمه

تداخل امواج الكترومغناطيس با توجه به رشد گسترده



كاهش تداخل امواج الكترومغناطيس اصولا از مواد الکترومغناطیس کے شامل پرکننے دہھای مغناطیے سی یا دىالكتريكى و پليمرها مىباشند استفاده مىكنند. با توجه به انتقال محدوده كارى سيستمهاى الكترونيكي و ارتباطي به فركانسهاى كارى بالاتر، تقاضاها براى فريتهاى اسپينلى با توجه به محدودیتهای ذاتی این ترکیبها که دارای رزونانس فرومغناطیسی طبیعی کمتر از GHz ۱ می باشند، كاهش يافت [۵–۱۰]. پيشرفت تكنولوژي منجر به جایگزینی هگزافریتها با فریتهای اسپینلی به منظور کاربرد به عنوان جاذبهای امواج الکترومغناطیس در محدوده فركانسي گیگاهرتز شد. بهواسطه افزایش نیازها به بهرهبرداری از امواج الکترومغناطیس در سیستمهای مخابراتی بی سیم و کاهش علائم راداری به عنوان مثال در تكنولوژي اختفا، تحقيقات در زمينه مواد جاذب مايكروويو کاربردی در محدوده فرکانس های بالاتر با گسترش چشمگیری مواجه شد [۱۱–۱۴].

در چند دهه اخیر در بین مواد مغناطیسی هگزافریت باریم با دارا بودن خواص منحصربفردی همچون مغناطش اشباع و ناهمسانگردی مغناطیسی-بلوری بالا، پایداری شیمیایی عالی و دمای کوری بالا نقش اصلی را در خانواده مغناطیسهای دائم ایفا نموده است [۱۴–۱۷].

بهمنظور تهیه ذرات بسیار ریز هگزافریت باریم با همگنی بالا و اجتناب از فرایند آسیاکاری، از روشهای شیمیایی همچون: همرسوبی، هیدروترمال، میکروامولسیون، سل-ژل وغیره استفاده شده است. ویژگیهای مهم این روشها مخلوط کردن مواد اولیه یونی میباشد به طوریکه تبلور بعدی میتواند در دمای نسبتا پایین رخ دهد و این امر نیز به

🌮 دورهی ۵ شمارهی ۱ بهار ۱۳۹۵

نوبه خود باعث تولید ذرات با اندازه کوچک تر می شود. فرآیند سل-ژل یک روش پیشرفته و نوین جهت سنتز پودرها در مقیاس نانو است که در چند سال اخیر بسیار مورد توجه قرار گرفته است. توانمندی فوق العاده این روش باعث توجه روز افزون به این فرآیند شده است. از ویژگیهای روش سل-ژل احتراقی می توان به نه تنها تولید پودرهایی بسیار ریز (تک دامنه) با خلوص بالا و همگن بلکه تولید ذرات با ریزساختاری متفاوت در دمایی پایین تر از سایر روشها اشاره نمود. اصولا خواص نهایی هگزافریت باریم به شدت تحت تاثیر روش سنتز این ماده است [۸۵–۲۰].

در این پژوهش، روش مقرون به صرفه و آسان سل-ژل احتراقی به منظور سنتز این ترکیب با سورفکتانتهای پلیاتیلن گلایکول (PEG) و پلیمتیل متاکریلات (PMMA) استفاده شد و خواص جذبی ترکیبهای مورد نظر در دو باند فرکانسی X و ku مورد بررسی قرار گرفت. طبق بررسیهای صورت گرفته تاکنون مقایسهای بین ملبق بررسیهای صورت گرفته تاکنون مقایسهای بین ملبق مرحیای صورت گرفته ایکنون مقایسهای بین مقایسهای مختلف سنتز این ترکیب با دو سورفکتانت ذکر مناتر این ترکیب به روش سل-ژل احتراقی و در نهایت مقایسه خواص ساختاری، مغناطیسی و جذب محصول ناشی از این دو سورفکتانت میباشد.

۲- فعالیتهای تجربی

۲–۱– مواد اوليه

برای تولید نانوذرات هگزافریت باریم، نیترات باریم (Fe(NO₃)₃.9H₂O) و نیترات آهن ۹ آبه (Fe(NO₃)₂)) اسید سیتریک (C₆H₈O₇)، محلول آمونیاک (NH₄OH)

Downloaded from ijcse.ir at 9:56 +0430 on Monday September 11th 2017



پلی
اتیلن گلایکول ($C_{2n}H_{4n+2}O_{n+1}$) و پلی متیل متاکریلات ($(C_5O_2H_8)_n$) از شرکت مرک تهیه شد.

جدول ۱ – مواد اوليه مصرفي جهت سنتز هگزافريت باريم.

خلوص (٪)	شرکت سازنده	مواد اوليه مصرفى
१ ९/१	Merck	نيترات باريم
१ ९/१	Merck	نیترات آهن ۹ آبه
१ ९/१	Merck	اسيد سيتريک
१ ९/१	Merck	محلول أمونياك
१ ९/१	Merck	پلىاتيلن گلايكول
१९/१	Merck	پلی متیل متاکریلات

۲-۲- سنتز نانوذرات هگزافریت باریم

در این پژوهش هگزافریت باریم خالص (BaFe₁₂O₁₉) با و بدون سورفكتانت به روش سل-ژل احتراقی سنتز شد. محلول های آبی نمک های فلزی با توجه به نسبت استوکیومتری جهت تولید هگزافریت باریم به صورت جداگانه تهیه و سپس در دمای ۵۰ درجه سانتیگراد توسط همزن مغناطیسی به یک دیگر اضافه شدند. سپس اسید سيتريک به سوسپانسيون حاصل اضافه شد بهطوري که نسبت مولار مجموع نمکهای فلزی و اسید سیتریک برابـر مقـدار ۱:۱ ثابـت در نظـر گرفتـه شـده بـود. سـپس از سورفکتانت های پلی اتیلن گلیکول (PEG) و پلی متیل متااکریلات (PMMA) به مقدار ۱ گرم در سل تشکیل شده استفاده شد. در نهایت pH محلول با استفاده از محلول آمونیاک به مقدار ۷ تنظیم شد. جهت تغلیظ محلول، دما به ۰C ۸۰ رسانده شد و به مدت ۱۲ ساعت تحت همزدن قـرار داده شد. با حرارت بیشتر محلول تا دمای C° ۱۰۰ و به مدت یک ساعت، باقیمانده حلال تبخیر شده و تبدیل به

زیروژل شد. برای تکمیل خشک شدن و حذف حلال آلی، زیروژل به مدت دو ساعت و در دمای C° ۲۰۰ در آون قـرار داده شد. سپس پودر حاصله در دمای C° ۴۰۰ کلسینه سپس در کوره و در دمای C° ۱۱۰۰ با نـرخ C/min° ۵ سینتر شد که در نهایت پودر سیاه رنـگ هگزافریت باریم بدست آمد.

۲–۳– بررسی خواص پودر مغناطیسی

به منظور بررسی فازی پودرهای سنتز شده از دستگاه پراش اشعه ایکس مدل XMD 300 که منبع X-ray مورد استفاده در آن تفنگ نشر کننده CuK_α بود استفاده شد و انجام عملیات پراش در محدوده ۲۰–۱۰ درجه صورت گرفت. جهت بررسی مورفولوژی پودر از دستگاه میکروسکوپ الکترونی روبشی گسیل میدانی (FE-SEM) مدل Hitachi S4160 Cold Field Emission استفاده شد. بهمنظور بررسی ویژگیهای مغناطیسی نمونههای سنتز شده از دستگاه مغناطیس سنج نمونه مرتعش VSM 7400 استفاده شد. ميزان جذب امواج مايكروويو در محدوده باندهای X (۸–۱۲/۴ GHz) و ۸ (۱۲/۴–۱۸)، پس از آمادهسازی نمونهها به ترتیب در ابعاد mm ۵×۱۰×۲۵ و mm ۵×۷×۱۵ به گونهای که به میزان ۲۰٪ پودر در زمینه پارافین به طور کامل پخش شده بود، از دستگاه 8510C Agilent Vector Network Analyzer (VNA) استفاده شد. جدول ۲ نشان دهنده کدهای مربوط به نمونههای سنتز شده می باشد.

دورهی ۵ شمارهی ۱ بهار ۱۳۹۵ ۷





دما (°C)	پلیاتیلن گلیکول (g)	پلی متیل متااکریلات (g)	کد نمونه
11	-	-	BHF
11	١	-	BHF(PEG)
11	-	١	BHF(PMMA)

جدول ۲- کدهای مربوط به نمونههای سنتز شده.

۳- نتایج و بحث

۲-۱- بررسی فازی (XRD)

به منظور تعیین میزان خلوص نمونههای تهیه شده از آنالیز پراش اشعه ایکس استفاده شد. الگوهای پراش نمونههای تهیه شده با و بدون سورفکتانت در شکل ۱ آورده شده



همان طور که ملاحظه می شود تمامی نمونه ها بعد از کلسیناسیون در دمای C° ۴۰۰ در دمای C° ۱۱۰۰سینتر شده و دارای فاز غالب هگزافریت باریم با ساختار

🎢 دورهی ۵ شمارهی ۱ بهار ۱۳۹۵

مگنتوپلمبیت و به مقدار جزئی فاز هماتیت میباشند که بهعنوان فاز ثانویه و ناخالصی محسوب میشود. طبق نتایج با توجه به شدت پیک فاز هماتیت، میزان این فاز در نمونه تهیه شده در حضور PEG نسبت به نمونه خالص و نمونه تهیه شده در حضور PMMA کمتر میباشد که نشان دهنده تاثیر مثبت استفاده از این سورفکتانت در تولید محصول نهایی میباشد. این امکان وجود دارد که در صورت استفاده از PEG در سل، فرآیند پلیمریزاسیون به شکل مناسبتری انجام شده و در نتیجه یونهای فلزی به صورت همگن تری در سل توزیع شدهاند که منجر به اندرکنش مناسبتر بین آنها و تشکیل محصولات جانبی کمتر در فرآیند احتراق میشود.

گزارشات زیادی وجود دارد که PEG بعنوان هدایت کننده عامل ساختاری استفاده شده است. PEG یک ماده ارزان، محلول، زیست تخریب پذیر، دمای تخریب پذیری و دیسپرسیون عالی میباشد که به عنوان یک واسطه واکنش بوده و با مولکولهای هیدروفوب کوپل میشود تا یک سورفکتانت غیر یونی تولید کند.PEG دارای گروههای ماملی OH و OHO بوده که میتواند با گروههای هیدروکسیل آزاد سطح ذرات توسط پیوند هیدروژنی واکنش انجام دهد و پیش مادههای کربوکسیلات دار بهراحتی در PEG دسیپرس میشوند. در تحقیقات انجام شده از PEG بهمنظور کنترل رشد نانو ذرات در روش همرسوبی استفاده شده است اما در روش سل و بهمنظور تهیه نانو ذرات باریم ذرات با اندازه کنترل شده و در سایز نانو تشکیل میشوند. فاز هماتیت با الگوی پراش اشعه ایکس کارت استاندارد به

¹ Sructure Directing Agent



شماره ۲۰۵۳–۰۰۱ با گروه فضایی R-3c و با ساختار کریستالی رومبوهدرال مطابقت داده شد. همچنین فاز هگزافریت باریم با کارت استاندارد به شماره ۲۷۶۶–۰۰۷ و ساختار کریستالی هگزاگونال کاملا مطابقت دارد.

بر خلاف روشهای مرسوم سنتز مواد همچون روش حالت جامد که در آنها فواصل نفوذ زیاد می باشد در فرآیند سل– ژل، مخلوط کاتیوهای فلزی مختلف در سطح اتمی رخ داده و که در نتیجه این امر منجر به کاهش فواصل نفوذ برای کاتیون های مختلف می شود. در این روش پارامترهای مختلفی همچون دمای کلسیناسیون، نسبت مولار آهن/باریم و میزان PH محلول تاثیر به سزایی در تشکیل فاز هگزافریت باریم ایفا می نمایند [۱۴].

۲-۳- بررسی ریزساختاری

شکل ۲ نشان دهنده تصاویر میکروسکوپ الکترونی روبشی از نمونـههای BHF(PEG، (BHF(PMMA و BHF(PMMA) میباشد. همان طور که ملاحظه می شود در تمامی حالات بیش از ۹۰٪ ذرات دارای مورفولوژی چندوجهی هگزاگونال با رئوس کاملا مشخص ذرات و دارای توزیع نسبتا باریکی در اندازه ذرات میباشند. خاصیت مغناطیس نه تنها به هگزافریت باریم در جذب امواج الکترومغناطیس نه تنها به ترکیب شیمیایی فریت بلکه به ریزساختار پودر حاصل شامل اندازه ذرات نیز بستگی دارد [۲۰–۲۰].

۳-۳- بررسی خواص مغناطیسی

به منظور بررسی خواص مغناطیسی نمونههای دوپ شده از مغناطیس سنج نمونه مرتعش (VSM) استفاده شد. بر اساس فرمول ترکیب هگزافریت باریم که BaFe₁₂O₁₉ میباشد با تاکید بر آرایش اسپین

 $Ba[Fe_{2} \downarrow]_{4f_{2}} [Fe_{6} \uparrow]_{12k} [Fe \uparrow]_{2a} (Fe_{2} \downarrow)_{4f_{1}} {Fe \uparrow}_{2b} O_{19}$ a_{0} توجه می توان گشتاور مغناطیسی موثر را محاسبه نمود که با توجه a_{0} تولن گشتاور مغناطیسی یون Fe^{+3} که براب را با a_{0} a_{0} به میزان گشتاور مغناطیسی یون Fe^{+3} که براب را با سوین مانند a_{0} به میزان گشتاور مغناطیسی یون Fe^{+3} که براب را با a_{0} a_{0} a

شکل ۳ نشان دهنده حلقه پسماند نمونههای هگزافریت باریم با و بدون سورفکتانتهای PEG و PMMA سنتز شده در دمای °C دمای ۱۱۰۰ میباشد. طبق نتایج نمونهها دارای میدان پسماندزدای بالایی می باشند. مقادیر مغناطش (M_{max}) و میدان پسماندزدا (H_c) مربوط به نمونههای سنتز شده در جدول ۳ آورده شده است. میدان پسماندزدای بالای پودر خالص هگزافریت باریم بهدلیل ناهم سانگردی قوی در راستای محور c می باشد. با توجه به مساحت زیاد حلقه پسماند، نمونه سنتز شده بهعنوان یک ماده سخت مغناطیس مى باشد. مقادير مغناطش و ميدان پسماندزدا نسبت به مقادير تئوری برای تک کریستال هگزافریت باریم (M_s=72emu/g و Hc=6700 OE) [۲۰] كمتر مى باشد؛ اما به طور كلى با توجه به منحنی هیسترزیس مقدار مغناطش و میدان یسماندزدا در نمونه BHF کمتر از دو حالت دیگر است و علت آن حضور فاز میانی غیرمغناطیسی هماتیت در این نمونه میباشد. واکنش بین ذرات مغناطیسی و غیرمغناطیسی بر روی آنیزوتروپی مغناطیسی تاثیر گذاشته و بنابراین منجر به تغيير خواص مغناطيسي نمونه خواهد شد. اين نتايج در توافق



بیشتر میباشد که با نتایج XRD مطابقت دارد. از طرفی نسبت M_r/M_s در محدوده ۰/۶۲۵–۰/۶ برای تمامی نمونهها بهدست آمد که این مقادیر بسیار به مقدار تئوری برای جهتگیری تصادفی ذرات تک دامنه نزدیک میباشد.

مناسب با نتایج گزارش شده توسط دیگر محققان می باشد [۱۹–۲۰]. همچنین مقادیر مغناطش اشباع در نمونههایی با سورفکتانتهای PEG و PMMA به دلیل کاهش مقدار هماتیت نسبت به نمونههای سنتز شده بدون سورفکتانت





. شکل ۲– تصاویر حاصل از الکترونهای ثانویه از نمونههای، الف، ب) BHF، ج، د) BHF(PEG) و هـ، و (BHF(PMMA.

۴ دورهی ۵ شمارهی ۱ بهار ۱۳۹۵





Applied Field(Oe)

شکل ۳- حلقه پسماند نمونههای هگزافریت باریم سنتز شده با و بدون سورفکتانت.

نمونه	M _s (emu/g)	H _c (Oe)	M _r (emu/g)	M_r/M_s
BHF	۴۵	۵۰۰۰	۲۸	•/87
BHF (PEG)	۵۶	574.	۳۵	•/880
BHF (PMMA)	۵۰	574.	٣٠	• /۶

جدول ۳– مقادیر مربوط به پارامترهای مغناطیسی نمونههای سنتز شده.

مغناطیسی و دی الکتریکی به گرما تبدیل می شود. فر کانس رزونانس فرومغناطیسی هگزافریت باریم نوع M به واسطه آئیزوتروپی مغناطو کریستالین بالا در محدوده GHz -۶۰-۵۰-می باشد. هرچند خواص مغناطیسی نمونه ها مبین سخت می باشد. هرچند خواص مغناطیسی نمونه ها مبین سخت آن نمی توان بر روی خواص جذب فریت ها قضاوت کرد، به ویژه اینکه هر کدام از جاذب های امواج الکترومغناطیس در یک محدوده خاص می توانند جذب خوبی از خود نشان دهند. بنابراین می بایست میزان جذب امواج الکترومغناطیس در فرکانس های مختلف توسط هر یک از کامپوزیت های مورد مطالعه اندازه گیری شود. میزان تلفات انعکاسی یک

۴-۳- بررسیی خـواص جـذب امـواج مایکروویو در باندهای X و Ku

فریت باریم و ترکیبات جایگزین شده آن بهدلیل داشتن ضریب تراوایی مغناطیسی بالا، فرکانس تشدید مغناطیسی و مغناطش بالا و خواص دیالکتریکی مناسب بهعنوان جاذبهای امواج مایکروویو در محدوده GHz مورد توجه قرار گرفتهاند. برای کاهش بازتاب از جاذبها باید امپدانس ذاتی جاذب با امپدانس موج در فضای آزاد برابر باشد که در نتیجه آن حالت تشدیدی صورت گرفته و بیشترین مقدار جذب در ماده نتیجه خواهد شد. در این حالت انرژی موج الکترومغناطیسی جذب شده توسط ماده از طریق اتلافهای

بهصورت تک لایه و با پشتی فلزی با توجه به مقدار امپدانس ورودی آن طبق نظریه خطوط انتقال با فرمول زیر مشخص می شود [۲۰]:

$$R(dB) = 20 \log \left| \frac{Z_{in} - 1}{Z_{in} + 1} \right| \qquad (N$$

$$Z_{\rm in} = \sqrt{\frac{\mu_{\rm r}}{\varepsilon_{\rm r}}} \tanh\left[j\left(\frac{2\pi}{c}\sqrt{\mu_{\rm r}\varepsilon_{\rm r}}\right)f.d\right] \qquad (7)$$

که در آن µ_r و _Er به ترتیب نفوذپذیری مغناطیسی و گذردهی الکتریکی محیط جاذب، C سرعت نور در هوای آزاد، f فرکانس و d ضخامت لایه جاذب می باشد. در یک ماده جاذب ایده آل شرایط باید بگونه ای باشد که امیدانس ورودی برابر ۱ شود. شکل ۴ نشان دهنده میزان اتلاف امواج مایکروویو در محدوده فرکانسی باندهای X (۸–۱۲/۴ GHz) و Hz) Ku–۱۲/۴–۱۸ GHz) مربوط به نمونههای هگزافریت باریم خالص سنتز شده می باشد. آنچه که مشخص است وقوع جذبی پایین در تمامی نمونه ها است که یکی از علل وقوع این پدیده درصد پایین میزان پودر مغناطیسی در زمینه پارافینی است. آنچه که در دیگر پژوهشها مورد مطالعه قـرار گرفته استفاده از درصدهای بالای این ترکیب و پرس پودر مورد نظر با درصدهای بالا با چسب و بررسی خواص جذبی این ترکیب میباشد. طبق نتایج این احتمال وجود دارد که با توجه به وجود باند جذبی در نمونههای فوق در هر دو باند راداری با افزایش درصد پودر مغناطیسی در زمینه پارافینی میزان جذب تا حدود بسیاری افزایش پیدا نماید. در نمونه BHF در فرکانس های ۱۰/۸ و ۱۱/۶ GHz بیشترین میزان تلفات انعکاس به ترتیب برابر ۲/۲ dB و ۱/۷ – حاصل شد. این در صورتی است که در نمونه (PEG) BHF در فرکانس های ۱۰/۶ و ۱۱/۵ GHz بیشترین میزان تلفات

۴۲ دورهی ۵ شمارهی ۱ بهار ۱۳۹۵

انعکاس برابر dB م/۱ – و dB /۱ – حاصل شد. آنچه که مـشخص اسـت در بانـد X پهنـای جـذبی در نمونـه BHF (PEG) نسبت یه دو نمونه دیگر مناسب تر می باشد. در نمونه (BHF (PMMA نیز جذب مناسبی در باند X حاصل نشد؛ اما در باند Ku بیشترین میزان جذب مربوط به نمونه نشد؛ اما در باند BHF می باشـد کـه در فرکانس NV/۱ GHz دارای جذبی به میزان BHF می باشـد که در فرکانس ۲/۲ GHz جذب امواج الکترومغناطیس در نمونههای فریتی حرکت دیواره حوزههای مغناطیسی است.



شکل ۴– منحنیهای تغییرات جذب نسبت به بسامد نمونههای سنتز شده در باندهای، الف) X و ب) Ku.

Downloaded from ijcse.ir at 9:56 +0430 on Monday September 11th 2017



- [3] Ali I., Islam M. U., Awan M. S., Ahmad M., Effects of Ga–Cr substitution on structural and magnetic properties of hexaferrite (BaFe₁₂O₁₉) synthesized by sol–gel auto-combustion route, Journal of Alloys and Compounds., 547, 118-125, 2013.
- [4] Mozaffari M., Taher M. i, Amighian J., Preparation of barium hexaferrite nanopowders by the sol-gel method, using goethite, Journal of Magnetism and Magnetic Materials., 321, 1285-1289, 2009.
- [5] Ahmad M., Grossinger R., Kriegisch M., Kubel F., Rana M.U., Magnetic and microwave attenuation behavior of Alsubstituted Co₂W hexaferrites synthesized by sol-gel autocombustion process, Current Applied Physics., 12, 1413-1420, 2012.
- [6] Lia W., Qiao X., Li M., Liu T., Peng H.X., La and Co substituted M-type barium ferrites processed by sol-gel combustion synthesis, Materials Research Bulletin., 48, 4449-4453, 2013.
- [7] Sapoletov N.A., Kushnir S.E., Li Y.H., An S.Y., Seo J.W., Hur K.H., Plate-like SrFe₁₂O₁₉ particles prepared by modified sol-gel method, Journal of Magnetism and Magnetic Materials, 389, 101-105, (2015).
- [8] Masoudpanah S. M., Seyyed Ebrahimi S. A., Synthesis and characterization of nanostructured strontium hexaferrite thin films by the sol-gel method, Journal of Magnetism and Magnetic Materials., 324, 2239-2244, 2012.
- [9] Viet Nga T. T., Duong N. P., Hien T. D., Composition and magnetic studies of ultrafine Al-substituted Sr hexaferrite particles prepared by citrate sol-gel method, Journal of Magnetism and Magnetic Materials, 324, 1141-1146, (2012).
- [10] S. Mandizadeh, F. Soofivand, M. Salavati-Niasari, Sol-gel auto combustion synthesis of BaFe₁₂O₁₉ nanoceramics by using carbohydrate

دورهی ۵ شمارهی ۱ بهار ۱۳۹۵ ۴

۴- نتیجهگیری

در این پژوهش سنتز پودر هگزافریت باریم نوع M با و بدون سورفکتانتهای پلی اتیلن گلایکول و پلی متیل متااكريلات به روش سل-ژل احتراقي با موفقيت انجام شد. برای تولید این ترکیب از دمای کلسیناسیون C° ۱۱۰۰ و مدت زمان کلسیناسیون ۱ h استفاده شد. طبق نتایج حضور فاز غالب هگزافریت باریم در تمامی نمونهها به همراه مقدار جزئي فاز غيرمغناطيسي هماتيت تاييد شد. طبق نتايج حضور PEG تاثیر مثبتی در کاهش میزان فاز هماتیت بهواسطه اندر کنش مناسب تر بین اجزا بواسطه حضور PEG كمتر بود. طبق تصاوير ميكروسكوپ الكتروني روبشي مورفولوژی ذرات هگزافریت باریم در تمامی حالات به صورت هگزاگونال و با اندازهای در حدوده ۳m ۶۰۰ بودند. بررسی خواص مغناطیسی نمونههای تولیدی حاکی از رفتار سخت مغناطیسی در تمامی حالات و طبق نتایج جذب بواسطه میزان پایین پودر مغناطیسی در زمینه پارافینی جذب بسیار بالایی در هر دو باند راداری X و Ku حاصل نشد.

مراجع

- Chawla S. K., Mudsainiyan R. K., Meena S.S., Yusuf S.M., Sol-gel synthesis, structural and magnetic properties of nanoscale M-type barium hexaferrites BaCoxZrxFe_(12-2x)O₁₉, Journal of Magnetism and Magnetic Materials., 350, 23-29, 2014.
- [2] Liu J., Liu P., Zhang X., Pan D., Zhang P., Zhang M., Synthesis and properties of single domain sphere-shaped barium hexa-ferrite nano-powders via an ultrasonic-assisted co-precipitation route, Ultrasonics Sonochemistry., 23, 46-52, 2015.



modified co-precipitation method, Journal of Magnetism and Magnetic Materials, 323, 2158-2164, 2011.

- [19] Tan G., Chen X., Structure and multiferroic properties of barium hexaferrite ceramics, Journal of Magnetism and Magnetic Materials., 327, 87-90, 2013.
- [20] Bsoul I., Mahmood S. H., Magnetic and structural properties of BaFe_{12-x}Ga_xO₁₉ nanoparticles, Journal of Alloys and Compounds., 489, 110-114, 2010.

sugars as a novel reducing agent, Advanced Powder Technology., 26, 1348-1354, 2015.

- [11] Mosleh Z., Kameli P., Poorbaferani A., Ranjbar M., Salamati H., Structural, magnetic and microwave absorption properties of Ce-doped barium hexaferrite, Journal of Magnetism and Magnetic Materials, 397, 101-107, 2016.
- [12] Alange R. C., Khirade P. P., Birajdar S. D., Humbe A. V., Jadhav K. M., Structural, magnetic and dielectrical properties of Al–Cr Co-substituted Mtype barium hexaferrite nanoparticles, Journal of Molecular Structure., 1106, 460-467, 2016.
- [13] Manikandan M., Venkateswaran C., Effect of high energy milling on the synthesis temperature, magnetic and electrical properties of barium hexagonal ferrite, Journal of Magnetism and Magnetic Materials., 358–359, 82-86, 2014.
- [14] Pullar-Robert C., Hexagonal ferrites: a review of the synthesis, and applications of hexaferrite ceramics properties, Progress in Materials Science., 57, 1191– 1334, 2012.
- [15] Xu G., Ma H., Zhong M., Zhou J., Yue Y., He Z., Influence of pH on characteristics of BaFe₁₂O₁₉ powder prepared by sol–gel auto-combustion, Journal of Magnetism and Magnetic Materials., 301, 383-388, 2006.
- [16] Zhao L., Lv X., Wei Y., Ma C., Zhao L., Hydrothermal synthesis of pure BaFe₁₂O₁₉ hexaferrite nanoplatelets under high alkaline system, Journal of Magnetism and Magnetic Materials, 332, 44-47, 2013.
- [17] Xu X., Park J., Hong Y. K., Lane A. M., Synthesis and characterization of hollow mesoporous BaFe₁₂O₁₉ spheres, Journal of Solid State Chemistry., 222, 84-89, 2015.
- [18] Rashad M. M., I. A. Ibrahim, Improvement of the magnetic properties of barium hexaferrite nanopowders using

۴۴ دورهی ۵ شمارهی ۱ بهار ۱۳۹۵