

تهیه و شناسایی نانوکامپوزیت پلی آنیلین-فریت کبالت مورد کاربرد در پوشش‌های جذب امواج میکروویو

غلامرضا نبیونی^۱، فاطمه صادق پور^۱، کامبیز هدایتی^{۲*}، داود قنبری^۳

۱ گروه فیزیک، دانشکده علوم، دانشگاه اراک، اراک، ایران

۲ گروه علوم پایه، دانشگاه صنعتی اراک، اراک، ایران

۳ باشگاه پژوهشگران جوان، دانشگاه آزاد اسلامی واحد اراک، اراک، ایران

چکیده

در این تحقیق در ابتدا نانوذرات فریت کبالت به روش هم‌رسوبی با استفاده از سورفکتانت‌های طبیعی مختلف نظیر لاکتوز، گلوکز، ساکاروز و ... (به عنوان عامل پوششی) سنتز گردید. سپس کامپوزیت نانوذرات فریت کبالت/ پلی آنیلین برای پوشش سطحی تجهیزات نظامی (مخفی نمودن آنها از دید رادارها) به منظور جذب امواج میکروویو و میرا کردن آن به روش پلیمریزاسیون ساده در دماهای پایین تهیه شد. برای مشخصه‌یابی ساختاری نمونه‌های تهیه شده از میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM)، پراش پرتو ایکس (XRD)، طیف سنج مادون قرمز (FTIR) و برای بررسی خاصیت مغناطیسی آنها از مغناطوسنجی نیروی گرادیان متناوب (AGFM) استفاده شد و نتایج، خاصیت سوپر پارامغناطیس و فرو مغناطیس را برای نانوذرات فریت کبالت در دماهای مختلف نشان می‌دهد.

تاریخ دریافت:

۹۵/۳/۹

تاریخ پذیرش:

۹۵/۶/۲۴

نانوذرات، نانوکامپوزیت، جذب امواج میکروویو

واژگان کلیدی

۱) مقدمه

با توسعه ارتباطات و فن آوری های الکترونیکی با بکارگیری امواج مایکروویو (با فرکانس در محدوده گیگاهرتز)، رادار و دیگر کاربردهای صنعتی، مواد جاذب امواج الکترومغناطیسی در این محدوده (گیگاهرتز) توجه زیادی در سال های اخیر به خود جلب کرده است. تکنولوژی جذب امواج الکترومغناطیس در ناحیه میکروموج موضوع ارزشمندی برای مقاصد تجاری، وسایل ارتباطی، نظامی و غیرنظامی و بسیاری از سیستم های الکترونی و تکنولوژی در عصر حاضر است [۱].

مواد مغناطیسی و مواد دی الکتریک مختلف به طور گسترده برای استفاده به عنوان مواد جاذب رادار برای پوشش دادن سطوح داخلی و خارجی هواپیماها، کشتی ها و وسایل حمل و نقل نظامی مورد بررسی قرار گرفته اند.

این مواد جاذب را می توان با تعدادی از مواد مغناطیسی و دی الکتریک در شکل پودر، ترکیب شدن در انواع مختلف از کلاسور پلیمری ساخت. مواد جاذب امواج الکترومغناطیسی مختلف را می توان با استفاده از ویژگی پراکندگی گذردهی پیچیده و نفوذپذیری طراحی کرد [۲].

پوشش های جاذب امواج رادار، حاوی موادی هستند که انرژی موج را به طور متناوب جذب و در داخل خود به حرارت تبدیل می کند. با توجه به اینکه امواج دارای میدان الکتریکی و میدان مغناطیسی هستند، یک ماده جاذب امواج ایده آل باید توانایی جذب هر دو نوع امواج الکتریکی و مغناطیسی را دارا باشد. نانوکامپوزیت های حاوی مواد هادی الکتریسته، مناسب ترین کاندید برای کاربرد در مواد جاذب امواج اند. با استفاده از نانوکامپوزیت های فوق می توان بخش الکتریکی موج را جذب، انرژی آن را تبدیل به حرارت کرد و بدین ترتیب باعث میرایی این امواج شد. بحث دوم خاصیت مغناطیسی امواج بوده که مربوط به میدانی است که امواج ایجاد می کنند.

نانوذرات مغناطیسی قادرند با ایجاد میدان های مغناطیسی بسیار کوچک باعث جذب امواج شوند. در اصل، پوشش دادن با یک جاذب الکترومغناطیسی به انعکاس کم و میرایی بالا موج الکترومغناطیسی منجر می شود [۳ و ۴].

از طرفی استفاده از نانوذرات در ساخت پوشش های هوشمند ضد رادار با اهدافی همچون دستیابی همزمان به پوششی با خواص مکانیکی بی نظیر مانند استحکام و چسبندگی بالا اندازه کوچک، سطح بسیار زیادی در حجم کم در نتیجه کاهش وزن پوشش تا حد امکان با خواص فیزیکی و شیمیایی قوی تری صورت می گیرد [۳-۵].

از مهمترین اشکالات پوشش های ضد رادار سابق می توان به اعمال وزن اضافی ناشی از پوشش بر روی بدنه هواپیماها و سایر تجهیزات اشاره کرد که به ویژه در صنایع هوایی از نقطه نظر مصرف سوخت و مشکلات نشست و برخاست هواپیما بسیار حائز اهمیت است.

از این رو نانوپوشش های هوشمند، از جمله مهم ترین دستاوردهای بهره گیری از فناوری نانو در عرصه ساخت و تولید پوشش ها به شمار می روند که علاوه بر کارکردهای گوناگون و چند منظوره، انتظارات مصرف کننده را در زمینه صرفه جویی در هزینه و انرژی برآورده می سازند. مواد نانو ساختار در پوشش های هوشمند ضد خوردگی، ضد رادار، تصفیه کننده هوا، تمیز کننده سطوح و پوشش های زیست فعال بکار می روند.

در میان مواد مورد استفاده در این کاربردها، فری ها رفتار جالب جذب انرژی از امواج الکترومغناطیسی و ارائه ی بهترین ارتباط بین عملکرد جذب و ضخامت نهایی را از خود نشان داده اند. فریتهای اسپینلی از جمله مواد جاذب مایکروویو هستند که در ناحیه ی فرکانسی ۵-۱/۵ GHz مورد استفاده قرار می گیرند، چرا که پدیده ی تشدید فرکانسی برای این دسته از مواد در این ناحیه فرکانسی قرار دارد و در نتیجه ی این تشدید، اتلاف مغناطیسی افزایش می یابد. خصوصیت منحصر به فرد فریت ها، نسبت به آهن و دیگر مواد فرومغناطیس، عایق بودن آن ها است. مقاومت ویژه نوعی فریت ها ۱ تا ۱۰^۴ اهم/متر است، در حالی که این کمیت برای آهن ۷-۱۰ اهم/متر است. به خاطر این مقاومت ویژه بالا، فریت ها در معرض جریان های گردابی قرار ندارند و بنابراین بطور ذاتی جاذب مایکروویو خواهند بود. فریت ها در شکل های گوناگون مانند ورق، فیلم، کاشی سرامیکی، پودر و فاز ثانویه در کامپوزیت یا مخلوط با مواد هادی، به عنوان جاذب مورد استفاده قرار گرفته اند. فریت ها گروهی از مواد مغناطیسی هستند که از اکسیدهای فلزی تشکیل یافته اند. فرمول کلی ساختار فریت بصورت $M_{1-x}Fe_x[M_xFe_{2-x}]O_4$ است که پراکنشها مربوط به سایت های چهاروجهی و کروشها سایت های هشت وجهی هستند. M یون های دو ظرفیتی است و X جزئی از سایت های چهاروجهی است که توسط یون Fe^{3+} اشغال می شود. در ساختار اسپینل نرمال یون های دو ظرفیتی سایت های چهاروجهی و یون های سه ظرفیتی سایت های هشت وجهی را اشغال می کنند. فریت های مغناطیسی دارای ساختار اسپینل معکوس هستند که برخی از یون های دو ظرفیتی در سایت های هشت وجهی قرار می گیرند که باعث بوجود آمدن خواص مغناطیسی متفاوتی می گردد [۷-۱۳].

خاصیت مغناطیسی آنها در دمای اتاق با دستگاه مغناطومتر گرادیان نیروی متناوب (AGFM) ساخت (Meghnatis Kavir Kashan) (Co., Iran) در محدوده میدان مغناطیسی ± 10000 Oe مورد بررسی قرار گرفت.

(۳(۲) سنتز نانو ذرات فریت کبالت (CoFe₂O₄(NP))
 برای سنتز نانو ذرات فریت کبالت 0.58 g کبالت سولفات (CoSO₄) را به همراه 0.2 g آهن نیترات (Fe(NO₃)₃) در 175 ml آب دیونیزه با استفاده از همزن مغناطیسی حل می کنیم. بعد از آن 8 ml سود را برای تهیه رسوب مورد نظر به عنوان کاهنده به صورت قطره قطره به محلول اضافه می کنیم که pH محلول به 10 برسد. سپس دمای محلول مورد نظر را به 75 °C رسانده و به مدت یک ساعت در این دما نگه داشته می شود. بعد از این زمان از نمونه تست مغناطیسی گرفته می شود که مشاهده می کنیم خاصیت مغناطیسی دارد. رسوب بدست آمده را چندین بار با آب مقطر شسته و ساترینفوژ کرده و در آن تحت دمای 80 °C به مدت 24 ساعت خشک می شود.

(۴(۲) سنتز کامپوزیت نانو ذرات فریت کبالت / پلی آنیلین ((CoFe₂O₄ / PANi (NP))
 در این روش ابتدا $1/1$ ml آنیلین و 0.2 g نانوذرات فریت کبالت را در 10 ml آب مقطر به همراه 0.05 g SDS ریخته و با همزن مغناطیسی شدیداً هم می خورد تا کف کند، سپس ظرف حاوی این محلول را داخل حمام یخ قرار می دهیم تا دمای آن به $0-4$ °C برسد. بطور همزمان $2/28$ g آمونیوم پروکسی دی سولفات را به عنوان آغازگر در 10 ml آب مقطر حل کرده و دمای آنرا به کمتر از 4 °C می رسانیم سپس این محلول را بصورت قطره قطره به محلول اول در حالیکه هنوز دمای آن $0-4$ °C است اضافه می کنیم. بعد از آن این محلول را در حالیکه روی همزن مغناطیسی قرار دارد به مدت سه ساعت در این دما نگه داشته و اجازه داده می شود تا فرآیند پلیمریزاسیون ادامه یابد و بطور کامل انجام گیرد. باید رنگ رسوب بدست آمده سبز بسیار تیره باشد. بعد رسوب پلی آنیلین روی یک صافی جمع آوری شده و چندین بار با آب مقطر شستشو داده تا محلول زرد بسیار روشنی از صافی خارج شود. پلی آنیلین در دمای اتاق به مدت دو روز خشک می شود.

۳) بحث و نتیجه گیری

(۱(۳) بررسی ساختار کریستالی نانو ذرات فریت کبالت با استفاده از XRD
 شکل ۱ الگوی پراش پرتو ایکس از نانو ذرات فریت کبالت سنتز شده در دمای 75 °C را نشان می دهد که در می یابیم نمونه بدست آمده دارای شبکه کریستالی مکعبی مرکز سطحی است که تطابق کامل با مرجع فازی (JCPDS No. 22-1086, space group: Fd3m) دارد.

این مواد شامل یون های مغناطیسی مرتب شده ای هستند که همزمان با مغناطش خواص دی الکتریک خوبی را از خود نشان میدهند [۳].

از میان فریت ها فریت کبالت به عنوان یک فریت اسپینلی معکبی برای بهبود ویژگی ها و کاربردهای جدید مورد مطالعه قرار گرفته و بخاطر مغناطش اشباع مناسب (Ms) و نیروی بازدارنده (Hc) بالا توجه زیادی را به خود جلب کرده است [۱۴ و ۱۵].
 توانایی جذب مایکروویو در دامنه $9-2$ GHz مربوط به پدیده اتلاف دی الکتریک و در دامنه $18-9$ GHz به پدیده اتلاف مغناطیسی مربوط می شود. پدیده ی اتلاف دی الکتریک عمدتاً به وسیله مواد دارای رسانایی الکتریکی (به جز فلزات که امواج را منعکس می کنند) روی می دهد. در حالی که مواد مغناطیسی موجب بروز پدیده اتلاف مغناطیسی می شوند. با کنار هم قراردادن ترکیبات رسانا و مغناطیسی، به شرط رعایت اصول جذب امواج مایکروویو می توان جاذبی ساخت که همزمان هر دو پدیده را پشتیبانی کند [۱].

پلی آنیلین یکی از کامل ترین و رایج ترین پلیمرهای رسانا است و به دلیل پایداری محیطی، خواص الکتریکی و نوری، حسگر بودن، ضد خوردگی، خواص الکتروشیمیایی و دیودی منحصر به فرد و همچنین سنتز ساده و ارزان و پایداری آن در دهه های اخیر مورد توجه پژوهش گران قرار گرفته است. از این رو برای مصارف مختلف از قبیل استفاده در باتری ها قابل شارژ و خازن ها، تهیه سنسورهای شیمیایی و الکتروشیمیایی، تهیه غشا برای جداسازی گازهای مخلوط، محافظت در مقابل خوردگی و پوشش روی اجسام از قبیل سیلیکا با عنوان پوشش های ضدبار ساکن استفاده شده است [۱۴-۲۵].

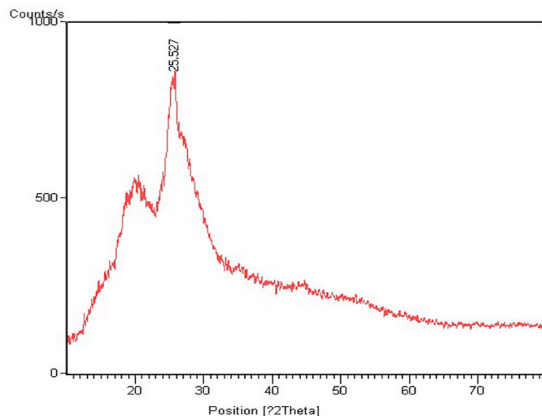
۲) تجربی

۱(۲) مواد

آنیلین دوبار تقطیر شده، آمونیوم پروکسی دی سولفات (APS)، آب دیونیزه، کبالت سولفات (CoSO₄)، آهن نیترات (Fe(NO₃)₃)، سود (NaOH)، سدیم دودسیل سولفات (SDS) که همگی از شرکت مرک تهیه شده اند.

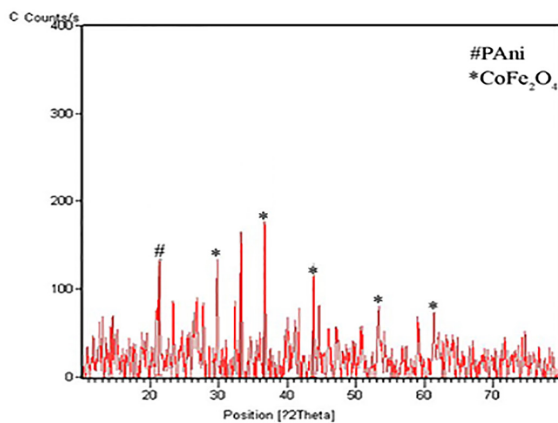
۲(۲) دستگاه ها

پراش اشعه ایکس نمونه ها با دستگاه X²Pert Philips با استفاده از Ni-filtered CuK α radiation. اندازه گیری شده است، برای تشخیص ساختار و اندازه ذرات تصاویر SEM (Scanning Elec-tron Microscopic) با دستگاه LEO مدل 1455VP گرفته شد. طیف FTIR با استفاده از اسپکتروفوتومتر Nexus ۶۷۰ ساخت کارخانه Nicolet اندازه گیری شد.



شکل ۳) الگوی پراش پرتو ایکس مربوط به پلی آنیلین.

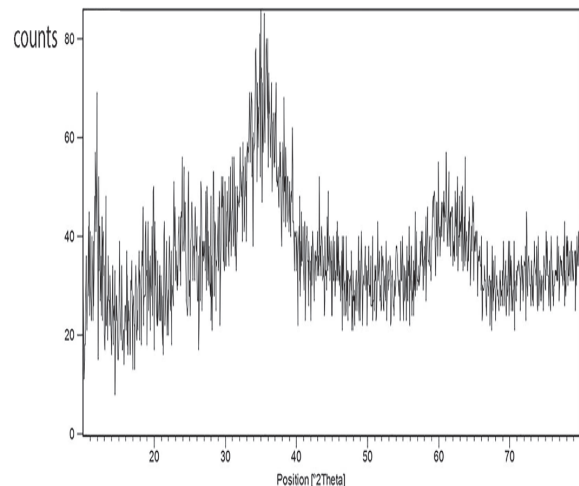
D قطر ذرات برحسب نانومتر می باشد، λ طول موج اشعه X برحسب آنگسترم (A) می باشد، θ زاویه پراکندگی می باشد. اندازه ذرات طبق این رابطه حدود ۲-۱۰ nm بدست می آید.



شکل ۴) الگوی پراش پرتو ایکس مربوط به نانو کامپوزیت فریت کبالت / پلی آنیلین.

SEM (۲/۳)

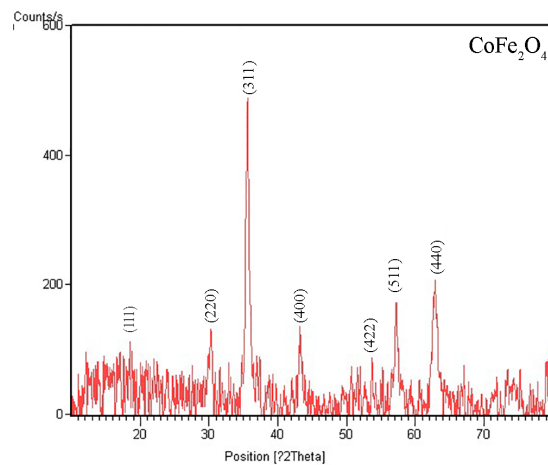
در شکل ۵ تصاویر SEM مربوط به نانو ذرات فریت کبالت سنتز شده با سود به عنوان عامل کاهنده می باشد که در شکل (a) و (b) از گلوکز و در تصویر (c) و (d) از لاکتوز به عنوان سورفکتانت استفاده گردیده را مشاهده می کنیم. و نانو ذراتی با اندازه حدود ۵۰ nm تشکیل شده؛ البته نانو ذراتی که با استفاده از گلوکز سنتز شده اند به طور میانگین سایز کوچکتری نسبت به نمونه سنتز شده با لاکتوز را داراست. تصاویر فریت کبالت سنتز شده بوسیله ژلاتین (به عنوان سورفکتانت سبز و طبیعی) در شکل ۶ (a) و (b) را مشاهده می کنیم که به صورت دو بعدی رشد کرده و تقریباً به صورت میله و صفحه هستند و در شکل ۶ (c) و (d) تصاویر نانو ذرات فریت کبالتی را می بینیم که در سنتز آنها از ساکاروز استفاده شده و این نمونه ها نیز به صورت دو بعدی رشد



شکل ۱) الگوی پراش پرتو ایکس مربوط به نانو ذرات فریت کبالت سنتز شده در دمای ۷۵ °C.

در شکل ۲ الگوی پراش پرتو ایکس برای نانوذرات فریت کبالت که در دمای ۶۵۰ °C کلسینه شده اند را مشاهده می کنیم که بیانگر شکل گیری بهتر نمونه مورد نظر است و تطابق کاملتری با مرجع فازی دارد.

شکل ۳ الگوی پراش پرتو ایکس از پلیمر پلی آنیلین سنتز شده در دمای ۰-۴ °C را نشان می دهد.

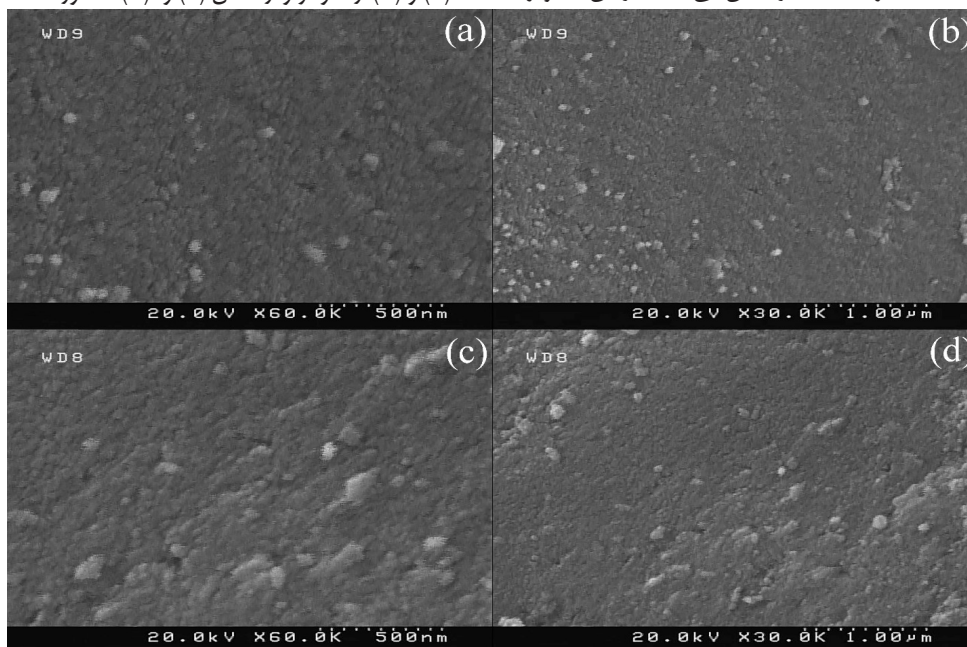


شکل ۲) الگوی پراش پرتو ایکس مربوط به نانو ذرات فریت کبالت سنتز شده در دمای ۶۵۰ °C.

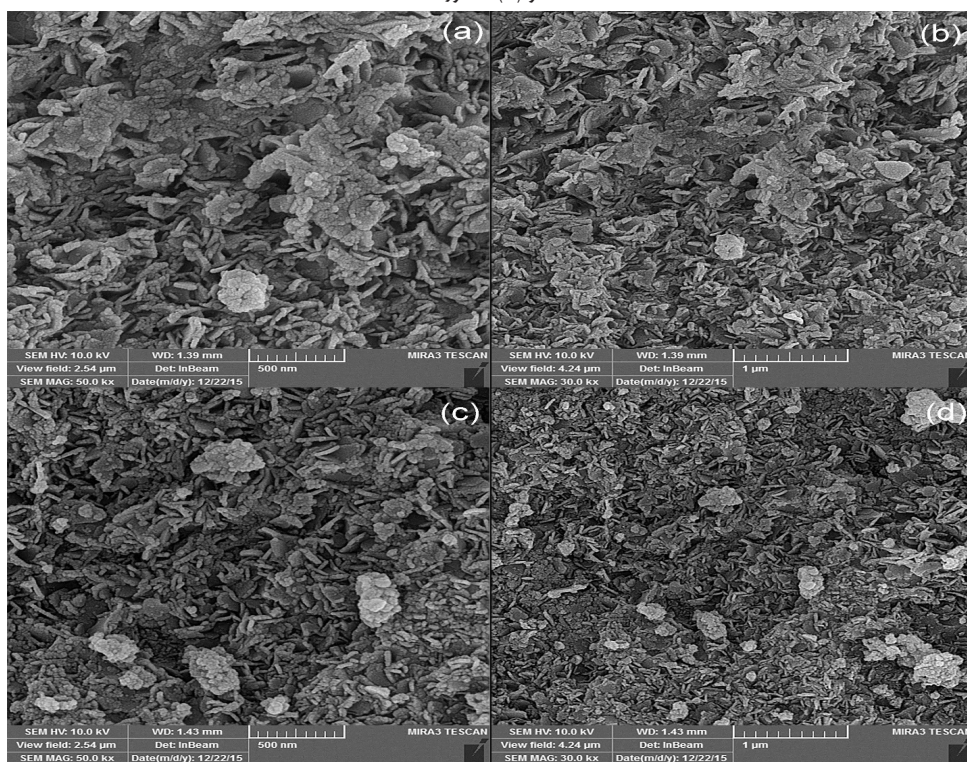
در شکل ۴ الگوی پراش پرتو ایکس مربوط به نانو کامپوزیت فریت کبالت / پلی آنیلین را مشاهده می کنیم که هم دارای فاز ساختاری نانو ذرات فریت کبالت و هم پلی آنیلین می باشد و حاکی از شکل گیری نانوکامپوزیت می باشد. اندازه متوسط ذرات با استفاده از معادله شرر $D = \frac{0.9\lambda}{\beta \cos \theta}$ مشخص می شود که در آن β پهنای طیف در نصف ارتفاع (FWHM) برحسب رادیان می باشد. افزایش β مبین کوچکتر شدن ابعاد ذرات پودری می باشد.

نمونه های سنتز شده با آمونیاک را مشاهده می کنیم که اندازه نانو ذرات بطور تقریبی حدود ۸۰-۱۰۰ نانومتر برآورد شده است و در شکل (a) و (b) از گلوکز و در شکل (c) و (d) لاکتوز استفاده شده.

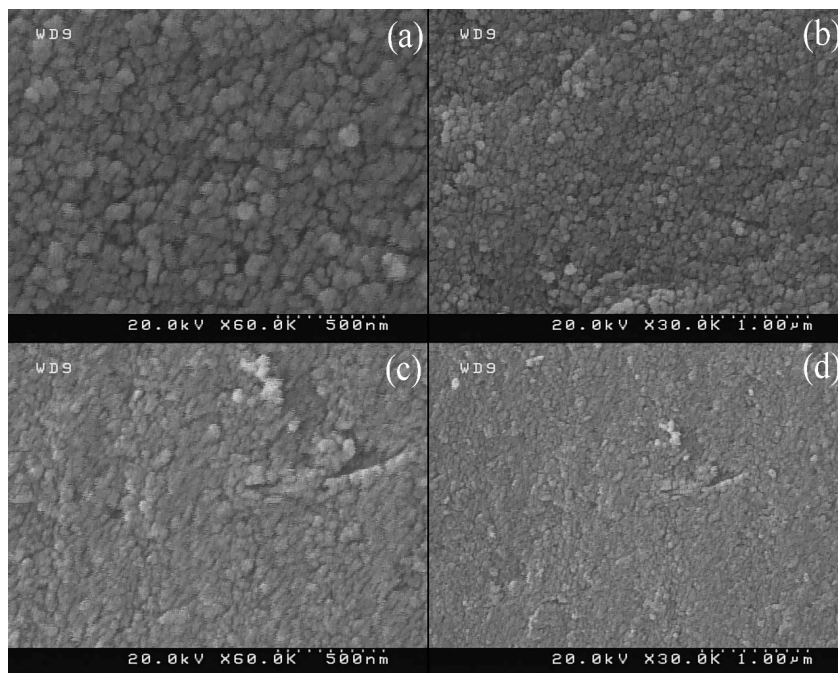
کرده و میله ای می باشند در هر دو مورد سایز آنها در یک بعد کمتر از ۳۰ nm هست و در جهت دیگر حدود ۵۰ nm می باشد. شکل ۷ تصاویر SEM فریت کبالت را نشان می دهد، در این تصاویر



شکل ۵) تصاویر میکروسکوپ الکترونی روبشی مربوط به نانو ذرات فریت کبالت آماده شده با سورفکتانت های (a) و (b) گلوکز (c) و (d) لاکتوز.



شکل ۶) تصاویر میکروسکوپ الکترونی روبشی مربوط به نانو ذرات فریت کبالت آماده شده با سورفکتانت های (a) و (b) ژلاتین (c) و (d) ساکاروز.



شکل ۷) تصاویر میکروسکوپ الکترونی روبشی مربوط به نانو ذرات فریت کبالت آماده شده با استفاده از آمونیاک با سورفکتانت های (a) و (b) گلوکز (c) و (d) لاکتوز.

رفتار فرو مغناطیسی نانو کامپوزیت فریت کبالت / پلی آنیلین در شکل ۱۱ قابل مشاهده است که اشاره دارد به این موضوع که این نمونه خاصیت مغناطیسی خود را از نانو ذرات فریت کبالت گرفته است؛ البته کاهش این ویژگی بخاطر حضور پلی آنیلین بر روی سطح نانو ذرات می باشد. در این نمونه مغناطش اشباع حدود $17/6 \text{ emu/g}$ نیروی بازدارنده 531 Oe و مغناطش باقیمانده $4/8 \text{ emu/g}$ می باشد.

۴ نتیجه

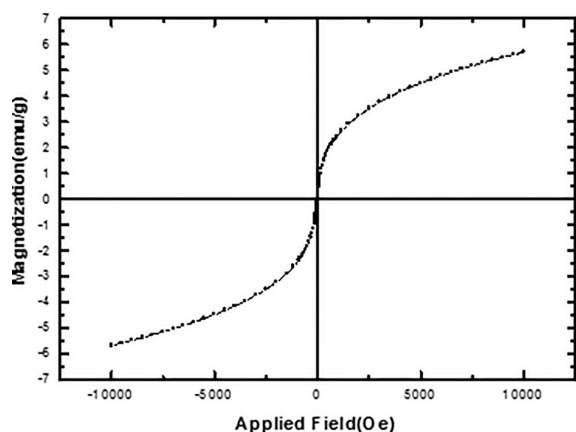
ابتدا نانو ذرات فریت کبالت با استفاده از روش هم رسوبی سنتز گردید . سپس نانو کامپوزیت فریت کبالت / پلی آنیلین با روش آسان پلیمریزاسیون تهیه شد. اثر عوامل پوششی طبیعی و سبز گوناگون و رسوب دهنده های مختلف و دما بر روی مورفولوژی و سایر ذرات مورد بررسی قرار گرفت . با استفاده از آنالیز AGFM خاصیت مغناطیسی نمونه ها بررسی شد که رفتار سوپر پارا مغناطیس و فرومغناطیس از خود نشان دادند و با افزایش دمای کلسینه به 650°C نانو ذرات از خود رفتار سوپر پارا مغناطیس نشان می دهند.

با مقایسه شکل های ۵ و ۷ در می یابیم نمونه های تهیه شده با سود نسبت به نمونه بدست آمده با آمونیاک اندازه کوچکتری دارند و این در حالی است که نانو ذرات سنتز شده با آمونیاک دارای مورفولوژی همگن تری را دار هستند و یکدست می باشند .

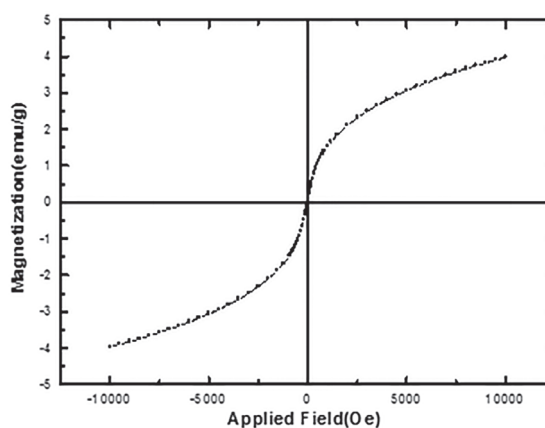
۳(۳) بررسی خاصیت مغناطیسی نانوذرات فریت کبالت با استفاده از دستگاه AGFM

خاصیت مغناطیسی نمونه های بدست آمده با استفاده از دستگاه AGFM مورد مطالعه قرار گرفت . نمودار هیستریزس نانوذرات فریت کبالت سنتز شده در دمای 75°C را در شکل ۸ مشاهده می کنیم که در تهیه آن از سود و ژلاتین استفاده گردیده که خاصیت سوپر پارا مغناطیس از خود نشان می دهد و دارای مغناطش اشباع emu/g ۴ و نیروی بازدارنده حدود صفر اورستد است. در شکل ۹ نیز منحنی هیستریزس نانو ذرات فریت کبالت با استفاده از ساکاروز را نشان می دهد که دارای مغناطش اشباع $5/6 \text{ emu/g}$ و نیروی بازدارنده حدود صفر اورستد (0 Oe) است که مبین رفتار سوپر پارا مغناطیسی نانو ذرات می باشد .

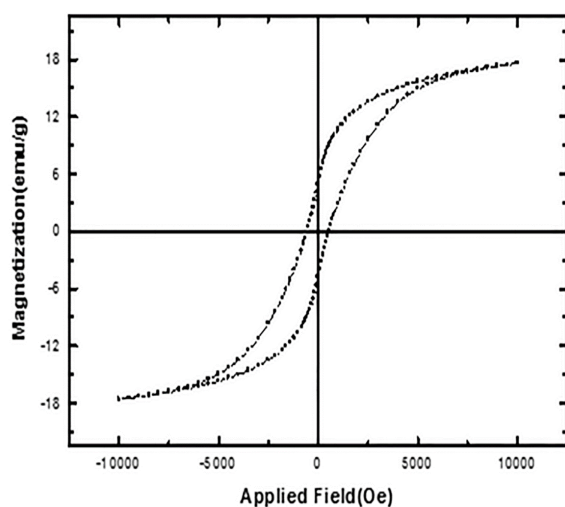
در شکل ۱۰ حلقه هیستریزس نانو ذرات فریت کبالت را مشاهده می کنیم که در دمای 650°C کلسینه شده اند . در می یابیم که با افزایش دما خاصیت مغناطیسی نمونه افزایش یافته و دارای مغناطش اشباع 27 emu/g و نیروی بازدارنده 390 Oe و مغناطش باقیمانده حدود 3 emu/g می باشد و این بیانگر بروز خاصیت فرومغناطیسی آن می باشد.



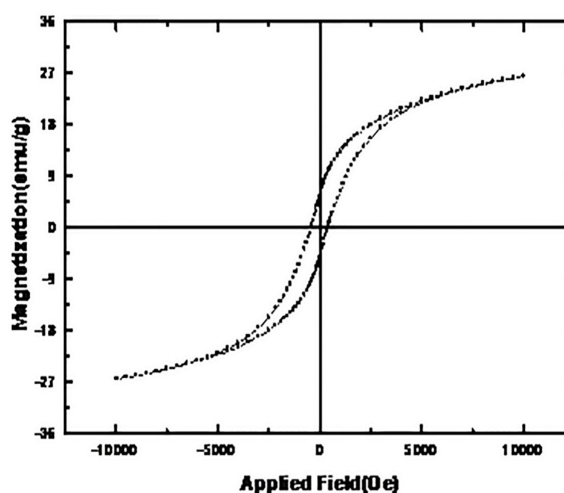
شکل ۹) منحنی هیستریزس فریت کبالت با استفاده از ساکاروز.



شکل ۸) منحنی هیستریزس نانو ذرات فریت کبالت با استفاده از ژلاتین.



شکل ۱۱) حلقه هیستریزس کامپوزیت فریت کبالت / پلی آنیلین با استفاده از نانو ذرات کلسینه شده در دمای 650°C



شکل ۱۰) حلقه هیستریزس نانو ذرات فریت کبالت کلسینه شده در دمای 650°C

[4] Bueno. A, Gregori. M., Nobrega M, Microwave Absorbing Properties of Ni₀/5-Xzn₀/5- Xme₂xfe₂o₄ (Me = Cu, Mn, Mg) Ferrite-Wax Composite In X-Band Frequencies, Journal of Magnetism and Magnetic Materials 320, 2008, 864- 870.

[5]. Posner J.D, Engineered Nanomaterial: Where They Go, Nobody Knows, Nanotoday, 2009, 114–115.

[6] Cojocariu A.M., Soroceanu M., Hrib L, Nica V, Caltun O.F., Mater Chemical Physics, 135, 2012, 728-

[7] Nikumbh n A.K, Pawar R.A, Nighot D.V, Gugale G.S, Sangale M.D Khanvilkar, M.B Nagawade, A.V., Superparamagnetic iron oxide/chitosan core/shells for hyperthermia application: Improved colloidal stability and biocompatibility Journal of Magnetism and Magnetic Materials, 355, 2014, 22-30.

۵) مراجع

[1] Haibo Yang, Ting Ye, Ying L. in, Miao Liu, Excellent microwave absorption property of ternary composite: Polyaniline-BaFe₁₂O₁₉eCoFe₂O₄ powders, Journal of Alloys and Compounds 653 (2015) 135-139.

[2] Poorbafrani. A, Kiani. E., Enhanced microwave absorption properties in Cobalt-Zinc ferrite based nanocomposites, international Journal of Magnetism and Magnetic Materials, Electro Ceram, <http://dx.doi.org/10.1016/j.jmmm.2016.04.046>.

[3]. Oikonomou. A, Giannakopoulou. Litsardakis, G. Design, Fabrication And Characterization Of Hexagonal Ferrite Multi-Layer Microwave Absorber, international Journal of Magnetism and Magnetic Materials 316, (2007), E827-E830.

- [17] Wang J, To C.O, Zhou D, Wallace G.G, Novel electrode substrates for rechargeable lithium/ polypyrrole batteries, *International Journal Power Sources*, 140, 2005 162- 167.
- [18] Mirmohseni A, Solhjo R, Preparation and characterization of aqueous polyaniline battery using a modified polyaniline electrode, *International Journal of Eur. Polymer*, 39, 2003 219- 223.
- [19] Mirmohseni A, Oladegaragoze A, Detection and determination of Cr (VI) in solution using polyaniline modified quartz crystal electrode, *International Journal of Apply Polymer. Science*, 85, 2002, 2772- 2780.
- [20] Ram M.K, Yavuz O, Lahsangah V., Aldissi, M, CO gas sensing from ultrathin nano-composite conducting polymer film, *International Journal of Sensor. Actuators B Chemical*, 106, 2005 750- 757.
- [21] Anderson M.R, Mattes B.R, Reiss H, Kaner R.B, Conjugated polymer films for gas separations *International Journal of Science*, 252, 1991 1412- 1414.
- [22] Kuwabata S, Martin C.R, (), Investigation of the Gas-transport properties of polyaniline, *International Journal of Membrane Science*, 91, 1994, 1- 12.
- [23] Armes S.P, Gottesfeld S, Beery J.G, Garzon F, Agnew S.F, Conducting polymer-colloidal silica composites, *Journal of Polymer*, 32, 1991, 2325- 2330.
- [24] Ohtani A, Abe M, Ezoe M, Doi T, Miyata T, Miyake A, Synthesis and properties of high molecular weight soluble polyaniline and its application to the 4MB-capacity barium ferrite floppy disks antistatic coating, *Synthesis Metal*, 57, 1993, 3696- 3701.
- [25] Schoch K.F, Byers W. A, Buckley L. J, Deposition and characterization of conducting polymer thin films on insulating substrates, *Journal of Synthesis. Metal*, 72, 1995 13-23.
- [8] Koseoglu Y, Alan F, Tan M, Yilgin R, Ozturk M, Low temperature hydrothermal synthesis and characterization of Mn doped cobalt ferrite nanoparticles *Journal of Ceramics International*, 38, 2012, 3625- 3634.
- [9] Ding Z., Wang W., Zhang Y., Li F., Ping Liu J., Synthesis, characterization and adsorption capability for Congo red of CoFe₂O₄ ferrite nanoparticles *Journal of Alloys and Compounds* , 640, 2015, 362- 370.
- [10] Kooti M., Afshari M., Magnetic cobalt ferrite nanoparticles as an efficient catalyst for oxidation of alkenes, *Journal of Scientia Iranica F*, 19, 2012, 1991- 1995.
- [11] Reddy C.V, Byon C, Narendra B, Baskar D, Srinivas G, Shim J, Prabhakar Vattikuti S.V, *Journal of Superlattices and Microstructures*, 82, 2015, 165-173.
- [12] Ali M.B, Maalam K.E, Moussaoui H.E, Mounkachi O, Hamedoun M, Masrour R, Hlil E.K and Benyoussef A., Effect of zinc concentration on the structural and magnetic properties of mixed Co-Zn ferrites nanoparticles synthesized by Sol/Gel method, *Journal of Magnetism and Magnetic Materials*, <http://dx.doi.org/10.1016/j.jmmm.08.097.2015>
- [13] Huixian F, Baiyi C, Deyi Z, Jianqiang Z, Lin T, Preparation and characterization of the cobalt ferrite nano-particles by reverse coprecipitation *Journal of Magnetism and Magnetic Materials* 356, 2014, 68- 72.
- [14] Kumar P. A, Chakraborty S, Ray M, Removal and recovery of Chromium from wastewater using short chain polyaniline synthesized on jute fiber, *International Journal of Chemical Engineering*, 141, 2008, 130-140.
- [15] Kaner R. B, MacDiarmid A.G, Plastics that conduct electricity, *International Journal of Apply. Polymer. Science*, 258, 1988, 106-111.
- [16] MacDiarmid A.G, Yang L.S, Huang W.S, Humphrey B.D, Polyaniline: Electrochemistry and application to rechargeable batteries, *International Journal Synthesis Metal*, 18, 1987 393-398.