بیست و سومین کنفرانس اپتیک و فوتونیک و نهمین کنفرانس مهندسی و فناوری فوتونیک ایران
دانشگاه تربیت مدرس
۱۲-۱۴بهمن ۱۳۹۵
23rd Iranian Conference on Optics and Photonics and 9th Conference on Photonics Engineering and Technology
Tarbiat Modares University, Tehran, Iran
January 31- February 2, 2017

بررسی اثر سایز و مورفولوژی نانوذرات اکسیدآهن (Fe_3O_4) بر روی خاصیت جذب امواج مایکروویو در باند X

هدی حکمت آرا

گروه فیزیک. دانشکده علوم. دانشگاه ولیعصر(عج) رفسنجان

چکیده - در این مقاله، نانوذرات اکسید آهن (Fe_3O_4) در ماتریس پلیمری پلی وینیل پیرولیدین با استفاده از روش شیمیایی مرطوب تولید شدند. با کنترل دما و درصد وزنی پلیمر، نانوذراتی با قطر ۱۵، ۴۵، ۹۰ و ۱۰۰ نانومتر با ساختار کریستالی مختلف کروی و مکعبی و بی شکل (آمورف) تهیه شدند. اندازه و مورفولوژی و نانوذرات اکسید آهن تهیه شده با استفاده از روش پراش پرتو ایکس (XRD) و میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM) مورد شناسایی قرار گرفت. بررسی اثر اندازه و شکل کریستالی این نانوذرات بر روی خاصیت جذب امواج مایکروویو با استفاده از دستگاه (two port vector network analyzer) در رنج باند فرکانسی ۱۲-۸ گیگاهرتز (باندX) انجام گرفت. نتایج نشان داد که با افزایش قطر نانوذرات تا ۴۵ نانومتر اتلاف در فرکانس افزایش یافت و با افزایش بیشتر سایز تا قطر ۱۰۰ نانومتر اتلاف در انعکاس افت پیدا کرد. نتایج به‌دست آمده همچنین وابستگی خاصیت جذب نانوذرات اکسید آهن به مورفولوژی آنها اثبات نمود. نانوذرات مکعبی با سایز مشابه نسبت به نانوذرات کروی و آمورف، هم مینیمم اتلاف انعکاسی dB و هم پهنای باند جذب بیشتری را نشان دادند.

کلید واژه: باند X، نانوذرات مغناطیسی و جذب مایکروویو.

Investigating the influence of size and morphology of iron oxide (Fe_3O_4) nanoparticles on the microwave absorption property in X-band

Hoda Hekmatara

Department of science, Vali-e-Asr University, rafsanjan.iran

Abstract- In this paper, Fe_3O_4 nanoparticles were synthesized in poly vinyl pirolydine matrix using wet chemical method. Different size and morphology of these nanoparticles including cubic, spherical and amorphous were obtained by controlling the temperature and weight ratio of polymer. Size and morphology were characterized using XRD and SEM. Influence of size and morphology of Fe3O4 nanoparticles in microwave absorbing was surveyed by network analyzer in 8-12 frequency range (X band). The results shows that increment in the size of the nanoparticles to 45nm leads to reflection loss enhancement and over than that, the reflection loss was decreased for the size of 90nm. The results were also prove the morphology dependence of absorption property. Cubic nanoparticles shows the maximum reflection loss and absorption bandwidth at all samples.

Keywords: X-band, magnetic nanoparticles, microwave absorption.

این مقاله به شرط در دسترس بودن در وبگاه www.opsi.ir معتبر است.

[Downloaded from www.opsi.ir on 2026-11-01]

۱- مقدمه

مواد جاذب رادار به علت کاربردهای وسیع صنعتی و نظامی توجه زیادی را به خود اختصاص داده است. جاذب های سنتی که معمولاً شامل پودرهای فلزی بوده اند، دارای معایب و محدودیت‌های بسیاری بوده‌اند. به عنوان مثال: این مواد چگالی بالایی داشته و برای رسیدن به جذب مطلوب، باید در ضخامت بالایی به کاربرد برده می‌شدند. بنابراین، نیاز به ساخت مواد جاذب ایده آل بسیار مبرم می‌نماید. این مواد که می بایست چگالی کمی داشته باشند و به ازای ضخامت های بسیار کم (در حد چند میلیمتر)، اتلاف جذب زیاد و باند جذبی پهنی را دارا باشند [۱]. همچنین این مواد علاوه بر مزیت سبک بودن باید پایداری حرارتی و مقاومت مکانیکی مناسب جهت نصب روی بدنه هواپیماها داشته باشند. امروزه با توجه به خواص فیزیکی منحصر بفرد نانومواد در چگالی کم از ترکیبات نانو در دستیابی به مواد جاذب ایده‌آل استفاده می‌شود. در اکثر موارد، نانومواد جاذب مایکروویو، کامپوزیت‌هایی هستند که شامل نانوذرات مغناطیسی سخت و نرم مانند نانوذرات اکسیدهای آهن، نیکل و کبالت و ترکیبات آنها می‌باشند [۲]. زیرا نانوذرات مغناطیسی قادرند با ایجاد میدان‌های مغناطیسی موضعی بسیار کوچک، باعث جذب امواج مایکروویو شوند. پیش بینی می‌شود که خاصیت جذب نانوذرات مغناطیسی مانند سایر خصوصیات فیزیکی این مواد ممکن است به اندازه و ساختار کریستالی آنها وابسته باشد. هدف این پژوهش بررسی اثر قطر و ساختار کریستالی نانوذرات اکسید آهن بر روی خاصیت جذب آنها در باند فرکانسی X است. علاوه بر آن اندازه و ساختاری بهینه برای دستیابی به اتلاف انعکاسی بیشتر و پهنای باند جذبی وسیعتر در این نانوذرات مغناطیسی ارائه می‌شود. در این کار تحقیقاتی، نانوذرات اکسید آهن (Fe_3O_4) که در بین دیگر اکسیدهای آهن خاصیت جذب بالاتری را نشان داده اند، با روش شیمیایی مرطوب در بستر پلیمری پلی وینیل پیرولیدین (PVP) با قطرهای ۱۵، ۴۵، ۹۰ و ۱۰۰ نانومتر در ساختارهای کروی، مکعبی و بی‌شکل (آمورف) تهیه شد. اندازه و ساختار کریستالی این نانوذرات از روش پراش پرتو ایکس (XRD) و میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM) مورد شناسایی بررسی گرفت. خاصیت جذب مایکروویو این نانوذرات با رسم منحنی اتلاف انعکاسی بر حسب فرکانس در باند فرکانسی ۸-۱۲ گیگاهرتز (باند X) با استفاده از دستگاه network analyzer و با روش Short circuit مورد بررسی قرار گرفت.

۱- روش سنتز نانوذرات اکسید آهن (Fe_3O_4)

نمونه ۱: محلول آبی $FeCl_3$ و $FeCl_2$ با نسبت غلظت های ۲ به ۱مول در لیتر به محلول آبی ۵، ۱۰، ۱۵ و ۲۰ درصد وزنی پلیمر وینیل پیرولیدین اضافه می‌شود. مخلوط به مدت نیم ساعت با همزن مغناطیسی همزده می‌شود. سپس مخلوط واکنش تحت امواج فرا صوت قرار می گیرد و در این هنگام ۱۰میلی لیتر محلول ۵ مولار هیدروکسید سدیم قطره به قطره به محلول اضافه می‌شود و همزمان رسوب سیاهرنگی که همان اکسید آهن (Fe_3O_4) پوشیده شده در غلاف پلی وینیل پیرولیدین است ظاهر می‌شود. وقتی pH مخلوط واکنش به ۹ رسید، تمام یونهای آهن به نانوذرات اکسید آهن تبدیل شده اند. نانوذرات اکسید آهن توسط آهنربای معمولی از محلول واکنش جدا شده و با آب مقطر تا رسیدن به pH خنثی شستشو داده شدند و در نهایت در دمای ۸۰ درجه آون خشک شدند. در جدول ۱ درصد وزنی پلیمر به کار رفته، دما، اندازه نانوذرات و شکل کریستالی نانوذرات تولید شده نشان داده شده است.

۲- الگوی پراش پرتو X

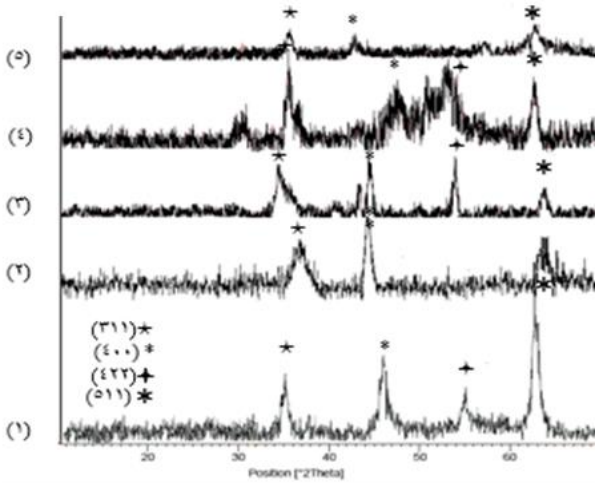
ساختار کریستالی نانوذرات به دست آمده توسط الگوی پراش پرتو X آنها مورد بررسی قرار گرفت.

در طیف پرتو X به‌دست آمده از تمامی نمونه‌ها پیک-های مشخصه ساختار اسپینل نانوذرات Fe_3O_4 با شدت و پهنای متفاوت مشاهده شده‌است. همچنین جابه‌جایی قابل ملاحظه‌ای در زاویه پیک‌ها مشاهده می‌شود. در(نمونه ۱) که نسبت وزنی پلیمر ۵ درصد است. شدت پیک ها از تمامی نمونه‌ها بیشتر است در حالیکه پهنای پیک‌ها در این نمونه از همه کمتر است. کریستالیته ذرات از همه بالاتر است که نشان دهنده سایز بزرگتر ذرات است. با افزایش درصد پلیمر از شدت پیک‌ها کاسته شده و بر پهنای آنها افزوده می‌شده است. در این نمونه اغلب پیک‌ها نیز به سمت زوایای بزرگتر جابه‌جا شده‌اند. برای درصد وزنی۱۰ پلیمر نمونه به دست آمده، شدت پیک کمتری نسبت به نمونه قبلی دارد و پهنای پیک‌ها اندکی کاهش یافته است [۳]. در نمونه ۴ علاوه بر افزایش پهنای پیک‌ها و شدت آنها، شکل پیک‌ها هموارتر

این مقاله به شرط در دسترس بودن در وبگاه www.opsi.ir معتبر است.

[Downloaded from www.opsi.ir on 2026-11-01]

شده‌اند. شدت پیک‌ها در نمونـه ۵ افـت شـدیدی یافتـه‌انـد. وجود پیک‌های ضعیف حاکی از کاهش کریستالیته نـانوذرات و رفتن به سمت ساختار آمورف می‌باشد. انـدازه نـانوذرات بـا استفاده از نرم افزار X'PERT محاسبه شـد[۴]. همـانطور که در جدول ۱، نشان داده شده اندازه نـانوذرات بـا افـزایش دما و در صد وزنی پلیمر افزایش یافته است.



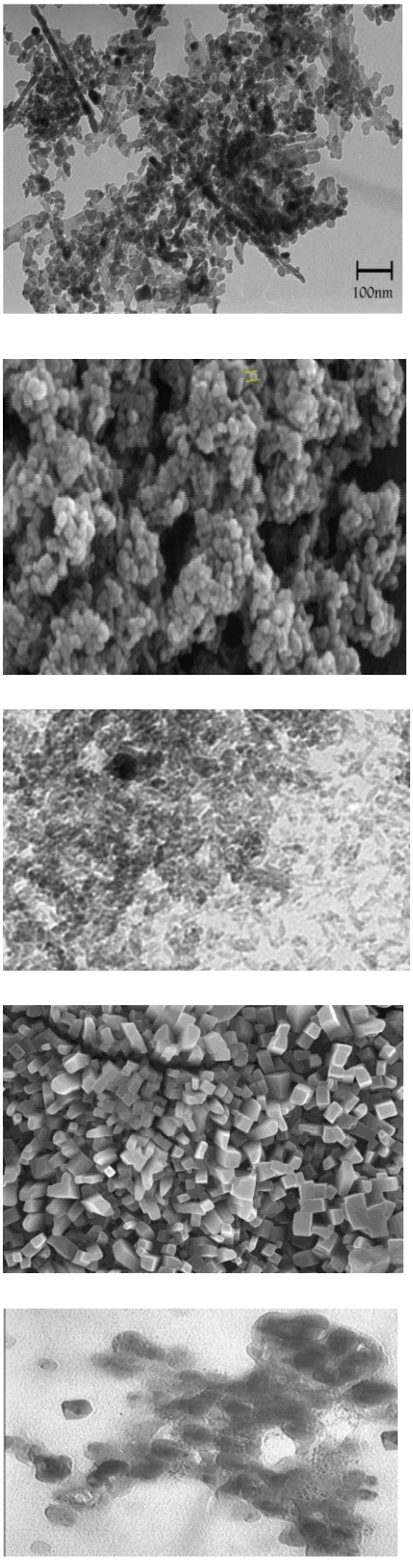
شکل ۱ : الگوی پراش پرتو X نانوذرات اکسید آهن سنتز شده ، نمونه های ۱-۵.

جدول ۱: خلاصه شرایط سنتز و محصولات نهایی.

نمونه	درصد وزنی پلیمر	دما	قطر متوسط	صفحات کریستالی	مورفولوژی
الف	۵	۲۵	۱۵	۵۱۱،۴۲ ،۴۰۰ ،۲ ۳۱۱	کروی
ب	۱۰	۲۵	۱۵	۵۱۱، ،۴۰۰ ۳۱۱	کروی
ج	۱۵	۴۰	۴۵	۵۱۱،۴۲ ،۴۰۰ ،۲ ۳۱۱	چندوجهی
د	۲۰	۶۰	۹۰	۵۱۱،۴۲ ،۴۰۰ ،۲ ۳۱۱	مکعبی
ه	۲۰	۹۰	۱۰۰	۵۱۱، ۳۱۱	آمورف

۳- میکروسکوپ الکترونی روبشی

بررسی دقیق سایز و مورفولوژی نانوذرات به‌دست آمده با استفاده از میکروسکوپ الکترونی انجام پذیرفت.



شکل ۲-۷: تصویر میکروسکوپ الکترونی نمونه های ۱-۵

این مقاله به شرط در دسترس بودن در وبگاه www.opsi.ir معتبر است.

[Downloaded from www.opsi.ir on 2026-11-01]

شکل ۲-۷:تصاویر میکروسکوپ الکترونی به ترتیب از نمونه اول تا پنجم در بالا نشان داده شده است.

در نمونه ۱، نانوذرات اکسید آهن دارای ساختار شبه کروی و توزیع سایز یکنواخت (۱۷-۲۰ نانومتر) می باشند. نمونه ۲، متوسط سایز ذرات نسبت به نمونه قبل تغییری نکرده است و ساختار کریستالی و یکنواختی توزیع سایز مشابه نمونه ۱ است. در نمونه سوم علاوه بر رشد ذرات تا ۴۵ نانومتر، مورفولوژی ذرات به سمت چندوجهی رفته است. ولی یکنواختی توزیع سایز نانوذرات همچنان حفظ شده است.

نمونه ۴، نانوذرات ساختار مکعبی دارند. در این نمونه توزیع سایز ذرات غیر یکنواخت و بین ۹۵-۷۵ نانومتر است.

نمونه ۵، شکل کریستالی‌ای که تا نمونه چهارم در حال منظم تر شدن بود، از بین می‌رود و ساختار بصورت کاملاً آمورف ظاهر می‌شود. توزیع سایز این ذرات غیر یکنواخت و متوسط اندازه آنها در حد ۱۰۰ نانومتر است.

۴- جذب مایکروویو

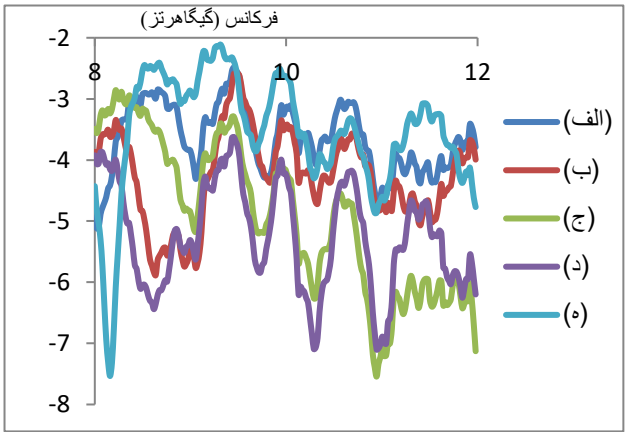
بررسی جذب مایکروویو با استفاده از دستگاه آنالیز دو پروبی شبکه مدل 8822D انجام پذیرفت.

موج فرودی=موج منعکس شده+موج جذب شده:

$$E_i=E_r+E_a \qquad (۱-۱)$$

و اتلاف انعکاسی برابر است با:

$$R(dB)=10\log\left|\frac{E_r}{E_i}\right| \qquad (۲-۱)$$



شکل ۸: نمودار اتلاف انعکاس بر حسب فرکانس نمونه ۱-۵.

برای محاسبه پهنای جذب، خطی به موازات منحنی فرکانس (افقی) در اتلاف انعکاس ۴ دسی بل رسم می‌کنیم، فاصله بین دو نقطه ای که خط موردنظر منحنی اتلاف انعکاس را قطع می کند، پهنای جذب را نشان می‌دهد.

با بررسی منحنی‌های اتلاف انعکاس تمامی نمونه‌ها، می‌توان دریافت که نمونه‌ای که دارای سایز بیشترین کمینه اتلاف انعکاسی نسبت به سایر نمونه‌ها است. از طرفی پهن‌ترین باند جذبی (۱ گیگاهرتز) را دارد.

جدول ۲: خلاصه شدت و پهنای پیک‌های جذب نمونه ها.

نمونه	اتلاف انعکاسی (دسی بل)	پهنای جذب (گیگاهرتز)
الف	۴/۳، ۴/۶، ۴/۳ ۴/۳، ۴/۴،۲/۱	۰/۲، ۰/۴، ۰/۲، ۰/۵ ۰/۲
ب	۴/۵، ۴/۸ ، ۵ ۵/۷، ۴/۲،	۰/۸، ۰/۲، ۰/۹
ج	۶/۳، ۷/۳، ۶/۲ ۵/۱، ۵/۱	۰/۴، ۰/۳، ۰/۴، ۱/۲
د	۶/۸ ، ۶/۸، ۵/۶ ، ۶/۳	۰/۷، ۰/۲، ۰/۴، ۰/۳
ه	۷/۳ ، ۴/۷	۰/۲، ۰/۳، ۰/۲

۵- نتیجه گیری

در این پژوهش وابستگی خاصیت جذب مایکروویو نانوذرات مغناطیسی Fe_3O_4 به سایز و مورفولوژی این ذرات بررسی و تایید شد. نانوذرات مکعبی با سایز مشابه نسبت به نانوذرات کروی و آمورف، هم مینیمم اتلاف انعکاسی dB و هم پهنای باند جذب بیشتری را نشان دادند. در حالیکه نانوذرات کروی با اندازه ۲۵ نانومتر کمترین میزان اتلاف انعکاس و پهنای باند جذب را نشان داد.

مراجع

[1]. FAN Xiu-juan, LI Xin, *Preparation and magnetic property of multiwalled carbon nanotubes decorated by Fe_3O_4 nanoparticles*, New Carbon Materials, 2012, 27(2):111–116.
[2]. Ali Ghasemi, *Remarkable influence of carbon nanotubes on microwave absorption characteristics of strontium ferrite/CNT nanocomposites*, JMMM 323, 2011, 3133–3137.
[3]. B. Zhang, Y. Feng, J. Xiong, Y. Yang and H. Lu, IEEETransactions on Magnetics 42,1778, 2006.
[4]. H. Hekmatara, M. Seifi, K. Forooraghi and Sh. Mirzaee, *Synthesis and microwave absorption characterization of SiO2 coated Fe3O4–MWCNT composites*, phys.chem.chem.phys, 10, 1039, 2014.

این مقاله به شرط در دسترس بودن در وبگاه www.opsi.ir معتبر است.

[Downloaded from www.opsi.ir on 2026-11-01]