بیست و ششمین کنفرانس اپتیک و
فوتونیک ایران و دوازدهمین کنفرانس
مهندسی و فناوری فوتونیک ایران،
دانشگاه خوارزمی،
تهران، ایران.
۱۶-۱۵ بهمن ۱۳۹۸

مشخصه یابی ویژگی‌های ساختاری، مغناطیسی، الکتریکی و اپتیکی نانوذرات هگزافریت باریم سنتز شده به روش هم رسوبی

مطهره جعفرپور، محمد رستمی، محمدحسین مجلس آرا

تهران- دانشگاه خوارزمی- دانشکده فیزیک

کرج- دانشگاه خوارزمی- پژوهشکده علوم کاربردی

M5jafarpoor@yahoo.com , Mohphysics@gmail.com , Majlesara@gmail.com

چکیده – در این پژوهش نانوذرات فریت باریم هگزاگونال با روش هم ر سوبی سنتز شده اند، و ویژگی های ساختاری، الکتریکی، مغناطیسی و اپتیکی آن‌ها مورد برر سی قرار گرفته‌اند. برای برر سی ویژگی‌های ساختاری، از آنالیزXRD ا ستفاده شده ا ست، نتایج برر سی‌ها نشان دهنده آن است که پودرهای سنتز شده دارای فاز غالب فریت هگزاگونال نوع M با گروه فضایی P63/mmc می‌باشند. اندازه بلورک‌ها با استفاده از معادله شرر درحدود۷۹,۵۲ نانومتر محاسبه شده‌اند. ویژگی‌های مغناطیسی نمونه نیز بااستفاده از آنالیز VSM مورد برر سی قرار گرفته است. از آنالیز UV-VIS به منظور برر سی ویژگی‌های اپتیکی و اندازه‌گیری گاف انرژی استفاده شده است. بااستفاده از رابطه تاوک اندازه گاف انرژی مستقیم نانوذرات هگزافریت باریم برابر با eV ۲/۲۶۹ محاسبه شده است.

کلید واژه- نانوذرات، روش هم رسوبی، فریت باریم، ویژگی های اپتیکی، گاف انرژی

The characterization of the structural, **magnetic,** electrical and optical properties of barium hexaferrite nanoparticles synthesized by the co-precipitation method

Motahareh Jafarpour, Mohammad Rostami, Mohammad Hossein Majles Araa

Tehran, Kharazmi University, Faculty of Physics

Karaj, Kharazmi University, Applied Science Research Center

M5jafarpoor@yahoo.com , Mohphysics@gmail.com , Majlesara@gmail.com

این مقاله درصورتی دارای اعتبار است که در سایت www.opsi.ir قابل دسترسی باشد.

[Downloaded from opsi.ir on 2026-11-20]

Abstract - In this study, barium hexaferrite nanoparticles were synthesized by the co-precipitation method, and the structural, electrical, magnetic and optical properties were considered. In order to investigate the structural properties, XRD analyze have been used, the results show that the synthesized powders have the dominant phase of M-type hexagonal ferrite with space group P63/mmc. The crystallite size is calculated to be 79.52nm using the Scherrer equation. The magnetic properties were also investigated by VSM analysis. UV-VIS analysis was employed to investigate the optical properties and measurement of energy band gap. The direct band gap size of the barium hexaferrite nanoparticles is calculated to be 2.269 eV using the Tauc equation.

Keywords: Nanoparticles, co-precipitation method, Barium ferrite, Optical properties, Energy band gap

مقدمه

در حال حاضر نانوذرات فریتی به سبب ویژگی‌های مغناطیسی، الکترونی و اپتیکی منحصربه‌فرد خود، دارای کاربردهای فراوانی در حوزه‌های مختلف علوم و مهندسی هستند. در مقایسه با فریت‌های با ساختار اسپینلی و گارنت، فریت‌های هگزاگونال به دلیل ساختار هگزاگونال دارای ویژگی‌های منحصربه فردی نظیر مغناطش اشباع بالا، ناهمسانگردی مغناطوبلوری بزرگ، دمای‌کوری بالا، مقاومت الکتریکی بالا، مقاومت در برابر خوردگی و پایداری شیمیایی بالایی هستند. این ویژگی‌های به همراه هزینه تولید پایین منجر به کاربرد آن‌ها در زمینه‌های بسیار مانند رسانه‌های ضبط و ثبت اطلاعات، وسایل الکترونیکی، حسگرها، آهن‌رباهای دائمی، ابرخازن‌ها، دستگاه‌های صوتی، لوله‌های مغناطیسی (برای انتقال میدان مغناطیسی به دلیل ماهیت فرومغناطیسی) و غیره شده است[۲و۴].

هگزافریت‌های نوع M ($MFe_{12}O_{19}$) اکسیدهای فرومغناطیس با اهمیتی هستند که به دلیل ویژگی‌های مغناطیسی قابل توجهشان در کاربردهای مختلفی مانند تجهیزات مایکروویو، بسامد بالا و غیره استفاده می‌شوند. یون های دو ظرفیتی باریم، استرانسیم و سرب که شعاع یونی نزدیک به یون‌های دو ظرفیتی اکسیژن دارند می‌توانند در فریت‌های هگزاگونال نوع M قرار گیرند[۵و۶].

در بین تمام هگزافریت‌ها، هگزافریت‌های باریم نوع M (BaM) با گروه فضایی P63/mmc، دارای ویژگی‌های مغناطیسی و اپتیکی مناسب‌تری نسبت به بقیه می‌باشند [۱]. آن‌ها وادارندگی بالا (۶۷۰۰Oe ~)، مقاومت الکتریکی زیاد، مغناطش اشباع بالا (۷۲emu/g ~)، دمای کوری بالا ($T_c \approx 502\,^{\circ}C$) دارند[۱و۳].

روش‌های مختلفی برای سنتز هگزافریت باریم مانند روش سل- ژل، میکروامولسیون، هیدروترمال، هم رسوبی، مایسل معکوس، سونوشیمیایی و آلیاژسازی مکانیکی وجود دارد که تاثیر زیادی در تعیین ویژگی‌های ساختاری و مغناطیسی دارد. از بین این روش‌ها، روش هم رسوبی به دلیل سادگی و ارزان‌تر بودن امکانات انجام آن، بیشتر مورد استفاده قرار می‌گیرد [۱]. در پژوهش حاضر نیز از این روش برای سنتز نانوذرات هگزافریت باریم استفاده شده است. سپس با استفاده از آنالیزهای XRD ، FTIR ، طیف سنجی جذبی UV-VIS ویژگی‌های ساختاری و اپتیکی آن‌ها بررسی شد.

روش تهیه نانوپودر

برای سنتز نانوذرات هگزافریت باریم از روش هم رسوبی استفاده کردیم. با توجه به ضرایب استوکیومتری، مقادیری از $Ba(NO_3)_2$ و $FeCl_3$ به ۳۵۰cc آب دیونیزه در دمای $70\,^{\circ}C$ افزوده شد. مخلوط حاصل به وسیله همزن مغناطیسی به مدت ۱۵ دقیقه هم زده شد، تا محلول شفافی حاصل گردد. سپس محلول سدیم هیدروکسید ۱,۵ مولار را قطره قطره به محلول اضافه کردیم تا pH محلول به حدود ۱۳برسد. رسوب حاصل تا رسیدن به pH در حدود ۷، توسط آب دیونیزه شست و شو داده شد. سپس رسوب حاصل را به مدت ۲۴ ساعت در آون در دمای حدود $120\,^{\circ}C$ قرار دادیم تا خشک شود. بعد از خشک شدن رسوب، پودر حاصل را

این مقاله درصورتی دارای اعتبار است که در سایت www.opsi.ir قابل دسترسی باشد.

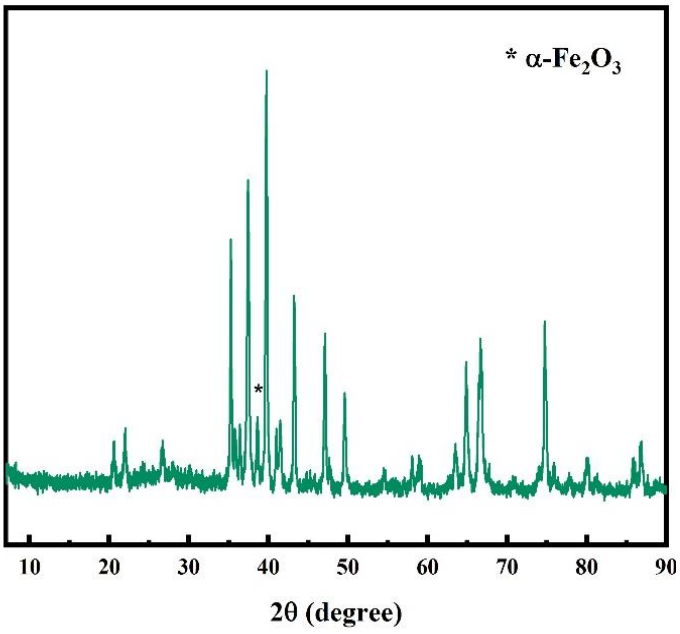
[Downloaded from opsi.ir on 2026-11-20]

آسیاب کرده و به مدت یک ساعت در کوره و در دمای $۹۵۰^{\circ}C$ قرار دادیم تا کلسینه شود.

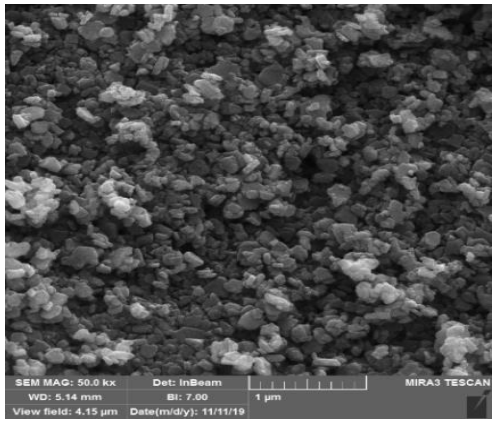
آنالیز و مشخصه یابی

شکل شماره ۱ طیف پراش پرتو ایکس (XRD) نمونه را نشان می دهد. باتوجه به این نمودار فاز غالب عبارت است از فاز هگزافریت باریم نوع M، با اندکی فاز اضافی ناشی از $\alpha - Fe_2O_3$. بااستفاده از طیف XRD، پارامترهای شبکه a و c به ترتیب برابر با ۵،۰۸ و ۲۰،۰۴ آنگستروم محاسبه شده است. مقدار اندازه بلورک نیز توسط رابطه شرر برابر با ۷۹،۵۲ نانومتر به دست آمده است.

همچنین از آنالیز میکروسکوپ الکترونی روبشی گسیل میدانی (FESEM) به منظور اندازه‌گیری اندازه ذرات استفاده شده است، که نتایج آن در شکل ۲ نمایش داده شده است. با توجه به این شکل ذرات به صورت کلوخه‌ای می باشند که علت آن برهمکنش مغناطیسی بین ذرات است. میانگین اندازه ذرات درحدود ۸۰ نانومتر می باشد.

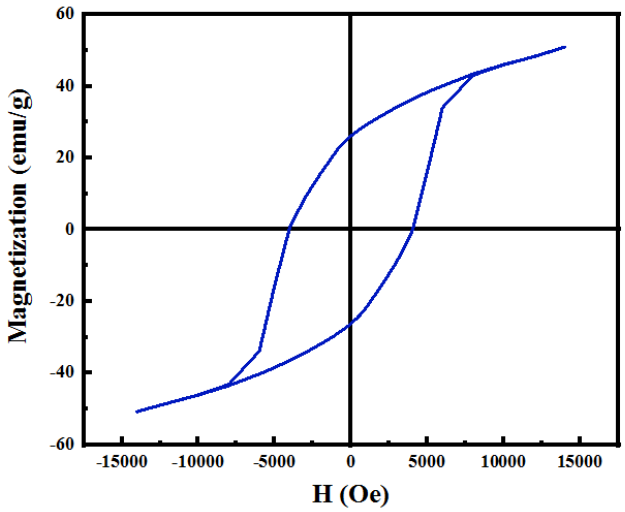


شکل ۱: طیف XRD مربوط به نمونه هگزافریت باریم



شکل ۲: تصویر FESEM نانوذرات سنتز شده

جهت بررسی خواص مغناطیسی از آنالیز VSM استفاده شده است که حلقه پسماند مربوطه در شکل شماره ۳ نشان داده شده است.باتوجه به این شکل نمونه مورد بررسی از نوع ماده مغناطیسی سخت می باشد و مغناطش اشباع و مغنطاش باقیمانده آن به ترتیب ۵۱،۰۷ emu/g و ۲۶،۳۵ emu/g می باشند. همچنین میدان وادارندگی برای این نمونه برابر با ۳۹۸۱،۹۹ Oe است.



شکل ۳: نمودار VSM مربوط به فریت باریم هگزاگونال

خواص اپتیکی

به منظور بررسی خواص اپتیکی از آنالیز UV-VIS استفاده شد. با استفاده ازطیف جذب به دست آماده از آنالیز UV-VIS در بازه ۲۰۰ تا ۹۰۰ نانومتر (شکل۴)، نمودار $(\alpha h\nu)^{۲}$ برحسب $h\nu$ رسم شد و از طریق آن و با

این مقاله درصورتی دارای اعتبار است که در سایت www.opsi.ir قابل دسترسی باشد.

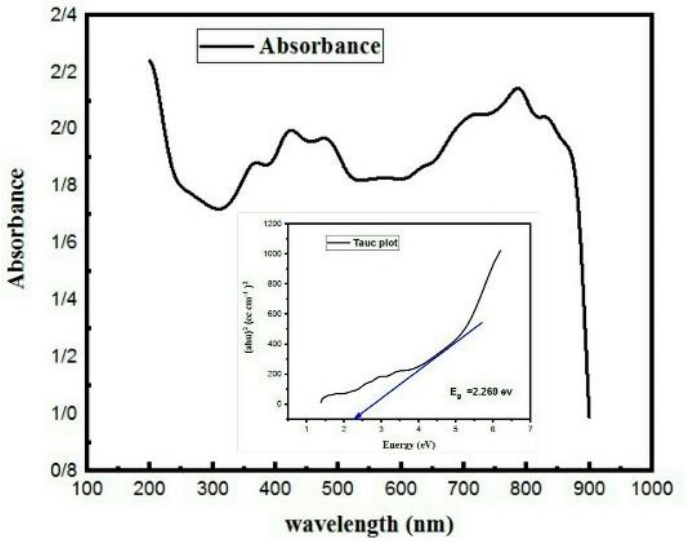
[Downloaded from opsi.ir on 2026-11-20]

توجه به رابطه Tauc (رابطه شماره ۱) و رسم خط مماس بر قسمت خطی منحنی و برون‌یابی این ناحیه، گاف انرژی نانوذرات به دست آمد. ($E_g = ۲.۲۶۹\text{eV}$)

$$(\alpha h\nu)^2 = B(h\nu - E_g)^n \quad (۱)$$

که در آن α ضریب جذب اپتیکی، $h\nu$ انرژی فوتون فرودی ، B ضریب ثابت مستقل از انرژی و n عددی وابسته به طبیعت گذارالکترونی است که برای نیم رساناها با گاف مستقیم برابر۱و برای نیم‌رساناها با گاف غیرمستقیم برابر با ۲ است. مقدار α با استفاده از رابطه بیر-لامبرت (رابطه شماره ۲) محاسبه می شود که در آن A مقدار جذب است که باتوجه به طیفی که دستگاه آنالیز UVVIS دراختیارمان قرار داده تعیین شده و d ضخامت لایه (درحالتی که نمونه مورد آنالیز به صورت لایه ای است) و یا طول سلولی که محلول در آن قرار میگیرد (درحالتی که نمونه به صورت محلول است) می باشد. در این بررسی چون نمونه پودری ما به صورت محلول درآمده، مقدار d برابر با طول سلول یعنی یک سانتی متر می باشد.

$$\alpha = 2.3026(\frac{A}{d}) \quad (۲)$$



شکل ۴: نمودار طیف جذبی (UV-VIS) و نمودار تعیین گاف انرژی نانوذرات هگزافریت باریم

نتیجه گیری

نانوذرات هگزافریت باریم نوع M با روش هم رسوبی سنتز شده اند. نتایج حاصل از طیف پراش پرتو ایکس نشان دهنده آن است که نانوذرات دارای فاز غالب فریت هگزاگونال نوع M می باشند. اندازه میانگین این نانوذرات نیز بااستفاده از آنالیز FESEM در حدود ۸۰ نانومتر به دست آمده است. همچنین بررسی خواص مغناطیسی نشان می دهد که این ماده از نوع مواد مغناطیسی سخت می باشد. باتوجه به طیف جذب حاصل از آنالیز UV و رسم نمودار Tauc براساس آن، مقدار گاف انرژی نانوذرات در حدود ۲,۲۶۹ الکترون- ولت محاسبه شد.

مرجع‌ها

[1] T. Kaur, B. Kaur, B.H. Bhat, S. Kumar, A.K. Srivastava, "Effect of calcination temperature on microstructure, dielectric, magnetic and optical properties of $Ba_{0.7}La_{0.3}Fe_{11.7}Co_{0.3}O_{19}$ hexaferrites", Physica B, Vol. 456, pp. 206-212, 2015.

[2] D. D. Mishra, Y. Huang, G. Tan, "Visible Photocatalytic Degradation of Methylene Blue on Magnetic Semiconducting La modified M-type Strontium Hexaferrite", J. Phys. Chem. Solids,Vol.123, pp. 157-161, 2018.

[3] D. A. Vinnik, A. Y. Tarasova, D. A. Zherebtsov, S. A. Gudkova, D. M. Galimov, V. E. Zhivulin, E. A. Trofimov, S. Nemrava, N. S. Perov, L. I. Isaenko, R. Niewa , "Magnetic and Structural Properties of Barium Hexaferrite $BaFe_{12}O_{19}$ from Various Growth Techniques",Materials, Vol. 10, 2017.

[4] S. Agrawal, A. Parveen, and A. Azam, "Room temperature optical and dielectric properties of Ca and Ni doped barium ferrite," *AIP Conf. Proc.*, vol. 1728, 2016.

[5] S. Asiri, S. Güner, A. D. Korkmaz, Md. Amir, K. M. Batoo, M. A. Almessiere, H. Gungunes, H. Sözeri, A. Baykal , "Magneto-optical properties of BaCryFe12-yO19 ($0.0 \leq y \leq 1.0$)hexaferrites", J. Magn. Magn. Mater,Vol. 451, pp. 463-472, 2018.

[6] S. Asiri, S. Güner, A. Demir, A. Yildiz, A. Manikandan, A. Baykal, "Synthesis and Magnetic Characterization of Cu Substituted Barium Hexaferrites", J Inorg Organomet P, Vol. 28, pp. 1065-1071, 2018.

این مقاله درصورتی دارای اعتبار است که در سایت www.opsi.ir قابل دسترسی باشد.

[Downloaded from opsi.ir on 2026-11-20]