



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 هگزاریت 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

M5jafarpour@yahoo.com , Mohphysics@gmail.com , Majlesara@gmail.com

چکیده - در این پژوهش نانوذرات فریت باریم هگزاگونال با روش هم رسوبی سنتز شده اند، و ویژگی های ساختاری، الکتریکی، مغناطیسی و اپتیکی آنها مورد بررسی قرار گرفته اند. برای بررسی ویژگی های ساختاری، از آنالیز XRD استفاده شده است، نتایج بررسی ها نشان دهنده آن است که پودرهای سنتز شده دارای فاز غالب فریت هگزاگونال نوع M با گروه فضایی P63/mmc می باشند. اندازه بلورکها با استفاده از معادله شرر در حدود ۷۹.۵۲ نانومتر محاسبه شده اند. ویژگی های مغناطیسی نمونه نیز با استفاده از آنالیز VSM مورد بررسی قرار گرفته است. از آنالیز UV-VIS به منظور بررسی ویژگی های اپتیکی و اندازه گیری گاف انرژی استفاده شده است. با استفاده از رابطه تاوک اندازه گاف انرژی مستقیم نانوذرات هگزاریت باریم برابر با ۲/۲۶۹ eV 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

M5jafarpour@yahoo.com , Mohphysics@gmail.com , Majlesara@gmail.com

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

الکتریکی زیاد، مغناطش اشباع بالا ($\sim 72 \text{emu/g}$)، دمای کوری بالا ($T_c \approx 502^\circ \text{C}$) دارند [۱ و ۳].

مقدمه

روش‌های مختلفی برای سنتز هگزافریت باریم مانند روش سل-ژل، میکرومولسیون، 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 ارزان تر 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.

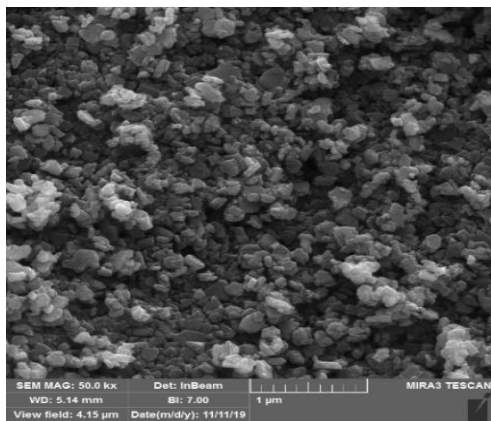
روش تهیه نانوپودر

برای سنتز نانوذرات هگزافریت باریم از روش هم رسوبی استفاده کردیم. با توجه به ضرایب استوکیومتری، مقادیری از FeCl_3 و $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$ به 350cc آب دیونیزه در دمای 70°C افزوده شد. مخلوط حاصل به وسیله همزن مغناطیسی به مدت ۱۵ دقیقه هم زده شد، تا محلول شفاف حاصل گردد. سپس محلول سدیم هیدروکسید 1.5 مولار را قطره قطره به محلول اضافه کردیم تا pH محلول به حدود ۱۳ برسد. 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 آن در دمای حدود 120°C قرار دادیم تا خشک شود. بعد از خشک شدن رسوب، پودر حاصل را

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 هگزگونال به دلیل ساختار هگزگونال دارای ویژگی‌های منحصربه‌فردی نظیر مغناطش اشباع بالا، ناهمسانگردی مغناطوبلوری بزرگ، دمای کوری 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 [۲ و ۴].

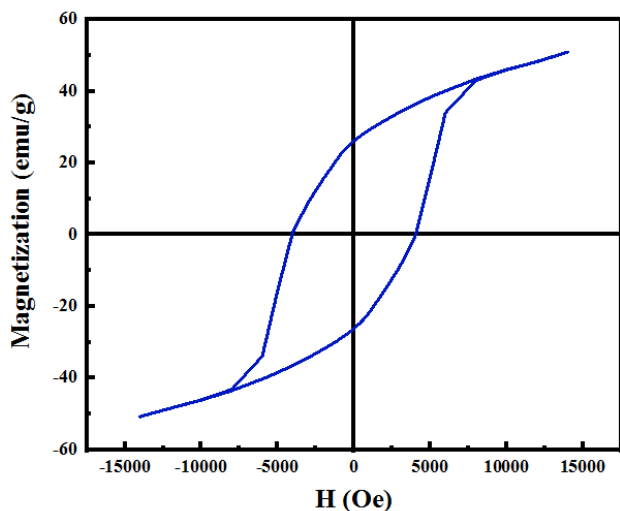
هگزافریت‌های نوع M ($\text{MFe}_{12}\text{O}_{19}$) اکسیدهای فرومغناطیس با اهمیتی هستند که به دلیل ویژگی‌های مغناطیسی قابل توجهشان در کاربردهای مختلفی مانند تجهیزات میکروویو، بسامد بالا و غیره استفاده می‌شوند. یون‌های دو ظرفیتی باریم، استرانسیم و سرب که شعاع یونی نزدیک به یون‌های دو ظرفیتی اکسیژن دارند می‌توانند در فریت‌های هگزگونال نوع M قرار گیرند [۵ و ۶].

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 ($\sim 6700 \text{Oe}$)، مقاومت



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. با توجه به این شکل نمونه مورد بررسی از نوع ماده مغناطیسی سخت می باشد و مغناطش اشباع و مغناطش باقیمانده آن به ترتیب 51.07 emu/g و 26.35 emu/g می باشند. همچنین میدان وادارندگی برای این نمونه برابر با 3981.99 Oe است.



شکل ۳: نمودار VSM مربوط به فریت باریم هگزاگونال

خواص اپتیکی

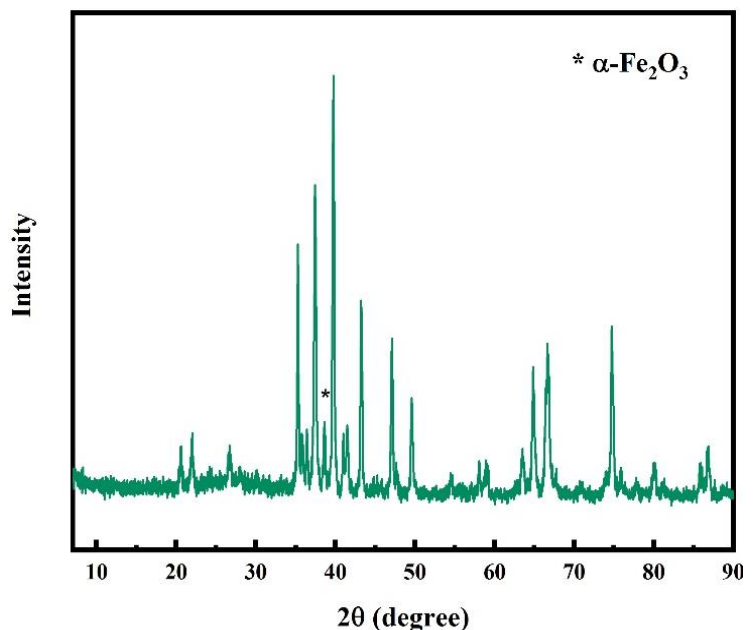
به منظور بررسی خواص اپتیکی از آنالیز UV-VIS استفاده شد. با استفاده از طیف جذب به دست آمده از آنالیز UV-VIS در بازه ۲۰۰ تا ۹۰۰ نانومتر (شکل ۴)، نمودار $(\alpha h\nu)^2$ بر حسب $h\nu$ رسم شد و از طریق آن و با

آسیاب کرده و به مدت یک ساعت در کوره و در دمای 950°C قرار دادیم تا کلسینه شود.

آنالیز و مشخصه یابی

شکل شماره ۱ طیف پراش پرتو ایکس (XRD) نمونه را نشان می دهد. با توجه به این نمودار فاز غالب عبارت است از فاز هگزا فریت باریم نوع M، با اندکی فاز اضافی ناشی از $\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$. با استفاده از طیف XRD، پارامترهای شبکه a و c به ترتیب برابر با 5.08 و 20.04 آنگستروم محاسبه شده است. مقدار اندازه بلورک نیز توسط رابطه شرر برابر با 79.52 نانومتر به دست آمده است.

همچنین از آنالیز میکروسکوپ الکترونی روبشی گسیل میدانی (FESEM) به منظور اندازه گیری اندازه ذرات استفاده شده است، که نتایج آن در شکل ۲ نمایش داده شده است. با توجه به این شکل ذرات به صورت کلوخه ای می باشند که علت آن برهمکنش مغناطیسی بین ذرات است. میانگین اندازه ذرات در حدود 80 نانومتر می باشد.



شکل ۱: طیف XRD مربوط به نمونه هگزا فریت باریم

نتیجه گیری

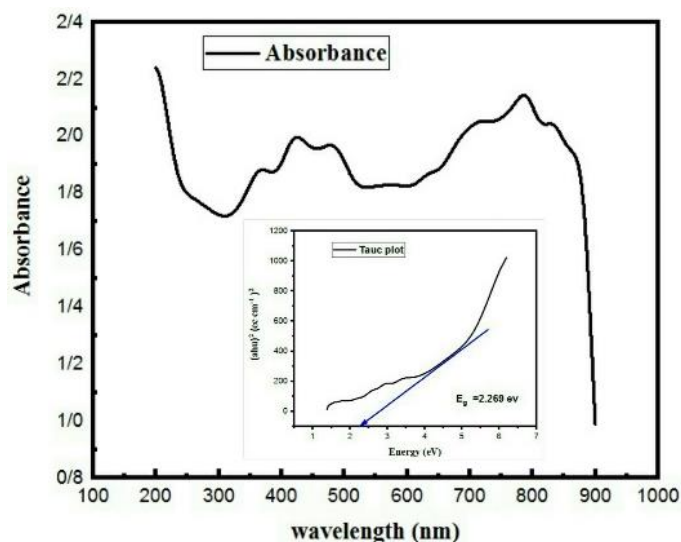
نانوذرات هگزافریت بارییم نوع M با روش هم رسوبی سنتز شده اند. نتایج حاصل از طیف پراش پرتو ایکس نشان دهنده آن است که نانوذرات دارای فاز غالب فریت هگزائگونال نوع M می باشند. اندازه میانگین این نانوذرات نیز با استفاده از آنالیز FESEM در حدود ۸۰ نانومتر به دست آمده است. همچنین بررسی خواص مغناطیسی نشان می دهد که این ماده از نوع مواد مغناطیسی سخت می باشد. با توجه 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.

مرجع ها

- [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. Bato, M. A. Almessiere, H. Gungunes, H. Sözeri, A. Baykal, "Magneto-optical properties of $BaCr_{1-y}Fe_{12+y}O_{19}$ ($0.0 \leq y \leq 1.0$) hexaferrites", *J. 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.

توجه به رابطه Tauc (رابطه شماره ۱) و رسم خط مماس بر قسمت خطی منحنی و برون یابی این ناحیه، گاف انرژی نانوذرات به دست آمد. $(E_g = 2.269 \text{ eV})$
 $(\alpha h\nu)^2 = B(h\nu - E_g)^n$ (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 گذار الکترونی است که برای نیم رساناها با گاف مستقیم برابر ۱ و برای نیم رساناها با گاف غیرمستقیم برابر ۲ است. مقدار α با استفاده از رابطه بیر-لامبرت (رابطه شماره ۲) محاسبه می شود که در آن A مقدار جذب است که با توجه به طیفی که دستگاه آنالیز UVVIS در اختیارمان 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.

$$\alpha = 2.3026 \left(\frac{A}{d} \right) \quad (2)$$



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