

# اثر انتقال ساختار بر ویژگی مغناطیسی فریت بیسموت آلائیده با La و Y

مرضیه ناظمیان | داود ثانوی خشنود\*

دانشگاه سمنان، دانشکده فیزیک، سمنان، ایران

چکیده

نخستین محاسبات ساده پیش‌بینی می‌کند که اعوجاج هشت-وجهی ایجاد شده به وسیله کشش زیرلایه، ویژگی‌های مغناطیسی و الکتریکی لایه نازک  $\text{SrRuO}_3$  را تحت تأثیر قرار می‌دهد [۳]. در این میان، فریت بیسموت ( $\text{BiFeO}_3$ ) به عنوان تنها ماده مولتی‌فروئیکی که خاصیت فروالکتریکی و آنتی‌فرومغناطیسی را در دمای اتاق دارد ( $T_c = 830^\circ\text{C}$  و  $T_N = 370^\circ\text{C}$ ) و اعوجاج هشت-وجهی  $\text{FeO}_6$  آن می‌تواند خاصیت الکتریکی و مغناطیسی را تغییر دهد، بسیار مورد توجه قرار گرفته است [۴]. فرمول بندی برای واحد شبکه پروسکایت به صورت  $\text{ABO}_3$  است که در آن اتم A در مرکز واحد شبکه و با مشخصات  $(\frac{1}{2}, \frac{1}{2}, \frac{1}{2})$  و اتم B در گوشه‌های واحد شبکه با مشخصات (۰۰۰) قرار داشته و اتم‌های اکسیژن بین دو اتم A و B در مکان  $(\frac{1}{2}, 0, 0)$  قرار می‌گیرد. به عبارت دیگر کاتیون B با شش اکسیژن اطرافش یک هشت‌وجهی  $\text{BO}_6$  را ایجاد می‌کند. ساختار پروسکایت ساده، مربعی است (مانند ساختار ترکیب  $\text{SrTiO}_3$  با گروه فضایی  $\text{Pm-3m}$  در دمای اتاق). با جانشانی کاتیون‌ها در جایگاه A و B تعداد زیادی پروسکایت با ویژگی‌های مختلف به وجود می‌آید [۵]. به طور کلی، جانشانی کاتیون‌ها در جایگاه A و B از رابطه‌ای که به عنوان فاکتور تفرانس گلاشمیت شناخته می‌شود، تبعیت می‌کند [۶]:

$$t = \frac{r_A + r_O}{\sqrt{2}(r_B + r_O)} \quad (1)$$

در این رابطه  $R_A$  میانگین شعاع کاتیونی عناصر در جایگاه A و  $R_B$  میانگین شعاع کاتیونی عناصر در جایگاه B و  $R_O$  شعاع آنیون اکسیژن است. معمولاً فاکتور تفرانس پروسکایت بین ۱/۰۵ تا ۰/۷۸ می‌باشد [۷]. تفاوت در شعاع یونی کاتیون‌ها تغییر شکل کوچک و یا چرخش هشت‌وجهی  $\text{BO}_6$  را ایجاد می‌کند، بنابراین ساختار مربعی به سمت ساختارهای با تقارن مرکزی کمتر می‌رود. نتایج تغییر در تقارن مرکزی ناشی از

در این پژوهش نانوذرات ( $x=0, 0/03, 0/10, 0/15$ )  $\text{Bi}_{1-x}\text{La}_{0.15}\text{O}_x\text{FeO}_3$  با استفاده از اسید تارتاریک به روش سل-ژل تهیه شدند. این مواد دارای شبکه پروسکایت ( $\text{ABO}_3$ ) می‌باشند. در شبکه پروسکایت، برخی اعوجاج‌ها می‌تواند زاویه B-O-B را تغییر دهد و بنابراین بر ویژگی‌های مغناطیسی و الکتریکی این شبکه اثر بگذارد. بررسی‌های ساختاری الگوی پراش پرتو ایکس توسط نرم افزار FullProf برای نمونه‌های  $x=0/1$  و  $x=0/15$  صورت گرفت و تغییر ساختار را از لوزی رخ (رمبوهدرال) به شبه مکعبی (ارتورمبیک) نشان داد. نتایج آنالیز VSM گرفته شده از تمام نمونه‌ها بیان داشت که با افزایش درصد آلائیدگی، مغناطش پسماند و مغناطش ماکزیمم نمونه‌ها کاهش می‌یابد.

واژگان کلیدی: گذار ساختاری، سل-ژل، فریت بیسموت، مغناطش، نانوذرات

## ۱ مقدمه

ترکیبات اکسید فلزات واسطه با ساختار پروسکایت ( $\text{ABO}_3$ ) موادی هستند که با تنوع بالا، کاربردهای فیزیکی جذابی را به خود اختصاص می‌دهند. در این مواد اعوجاج شبکه نقش مهمی را در ویژگی‌های فیزیکی بازی می‌کند. برای مثال ترکیبات اکسید منگنات  $\text{La}_{1-x}\text{XMnO}_3$  ( $X = \text{Ca}, \text{Sr}$ ) را نمی‌توان تنها توسط مکانیسم تبدیلی مورد بحث قرارداد، بلکه این ترکیبات به طور عمده تحت تأثیر جفت‌شدگی الکترون-شبکه اثر جان-تیلر ساختار هشت‌وجهی  $\text{MnO}_6$  هستند [۱]. گزارشات بیان داشته که در سیستم  $\text{Ca}_{1-x}\text{Sr}_x\text{VO}_3$  طول پیوند یک الکترون می‌تواند بدون تغییر در تعداد الکترون‌ها و تنها به وسیله زوایای پیوندی مختلف V-O-V در چرخش هشت‌وجهی  $\text{VO}_6$  کنترل شود [۲].

## ۲ بخش تجربی

### مواد و تجهیزات

نیترات بیسموت  $\text{Bi}(\text{NO}_3)_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ ، نیترات ایتیریم  $\text{Y}(\text{NO}_3)_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ ، نیترات لانتانیوم  $\text{La}(\text{NO}_3)_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  و نیترات آهن  $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$  مرک آلمان، آب دو بار یونیزه، اسیدنیتریک ۹۹٪ و آمونیاک ۶۵٪ برای تهیه نانوذرات مورد نظر مورد استفاده قرار گرفتند. برای تحلیل ساختاری نانوپودرهای تولید شده از دستگاه پراش اشعه ایکس (دانشگاه سمنان) (Bruker D<sup>8</sup> Advance) با تابش تک فام Cu-K $\alpha$  استفاده شد. اندازه و مورفولوژی نانوذرات به وسیله میکروسکوپ الکترونی (LEO 912 AB, Carl Zeiss SMT, Germany, 120 kV) در دانشگاه تهران مورد بررسی قرار گرفت. در پایان خواص مغناطیسی این نانوپودرها به وسیله دستگاه مغناطیس سنجی ارتعاشی (VSM) با مشخصات (Lakeshore 7400) در دانشگاه بیرجند انجام پذیرفت.

### روش آزمایش

نانوذرات  $\text{Bi}_{0.85-x}\text{La}_{0.15}\text{Y}_x\text{FeO}_3$  به روش سل-ژل از مقادیر استوکیومتری مواد واکنش دهنده تهیه گردید. برای این منظور محلولی از نیترات بیسموت و نیترات ایتیریم و نیترات لانتانیوم به همراه ۲ درصد نیترات بیسموت اضافه برای جبران بیسموت تبخیر شده در حین واکنش، در آب دو بار یونیزه حل شدند. پس از اینکه محلول با همزن مغناطیسی برای مدت زمان سه ساعت مخلوط گردید و محلولی کاملاً شفاف و بدون رسوب به دست آمد، نیترات آهن به آن اضافه شد. محلول دیگری با حجمی نصف حجم محلول اولیه از ترکیب اسیدتارتاریک و اتیلن گلیکول در آب دو بار یونیزه تهیه و به آرامی به محلول اولیه اضافه گردید سپس آمونیاک به صورت قطره ای به آن افزوده شد تا ژل به دست آید. ژل حاصل در دمای ۱۲۰ درجه سانتی گراد در حمام روغن برای مدت ۲ روز قرار گرفت. در نهایت تمام نمونه ها در دمای ۸۰۰ درجه سانتی گراد کلسینه شد.

## ۳ نتایج و بحث

### نتایج تصویربرداری توسط میکروسکوپ الکترونی روبشی

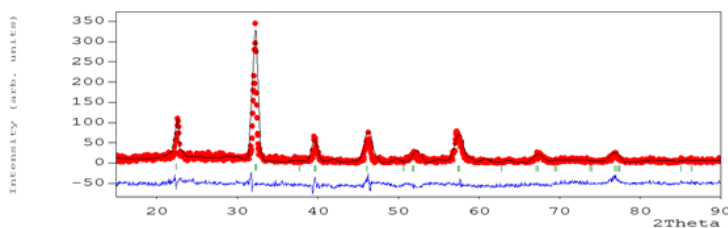
شکل ۱ نتایج حاصل از آنالیز میکروسکوپ الکترونی روبشی (FE-SEM) را برای نمونه های تهیه شده با میزان های مختلف ناخالصی نشان می دهد. با توجه به تصاویر FE-SEM، با افزایش

چرخش های مختلف هشت وجهی  $\text{BO}_6$  توسط گلارز دسته بندی [۸] و بعدها توسط وودوارد توضیح داده شد [۹،۱۰]. هر نوع از چرخش هشت وجهی در واحد شبکه پروسکایت را می توان با ترکیبی از چرخش ها در امتداد سه محور واحد شبکه شبه مربعی  $c$ ،  $[010]$  و  $[001]$  و بزرگی واحدهای شبکه یعنی  $a$ ،  $b$  و  $c$  توصیف کرد. هشت وجهی در امتداد هر محور می تواند دو نوع چرخش درون فاز یا در جهت مخالف برون فاز داشته باشد که به ترتیب با علامت مثبت و منفی نشان داده می شود [۱۱]. گلارز، ۲۳ دسته بندی را، از سیستم چرخشی که می تواند در مواد پروسکایت با هشت وجهی  $\text{BO}_6$  رخ دهد، ارائه کرد. به طور کلی هر سیستم چرخشی می تواند توسط این دسته بندی بیان شود و بنابراین این چرخش ها در ویژگی های فیزیکی مانند فروالکتریسیته، ناهمسانگردی مغناطیسی، مقاومت مغناطیسی بزرگ و ابررساناها اهمیت دارد. پراش الکترونی به دست آمده از نمونه  $\text{BiFeO}_3$  نشان داده که این ماده دارای سیستم چرخشی  $a^- a^- a^-$  می باشد که گروه فضایی متناسب با این چرخش  $R\bar{3}c$  است. گروه فضایی برای این ماده  $R3c$  تعیین شده که زیرگروهی از گروه فضایی  $R\bar{3}c$  می باشد. گروه فضایی  $R3c$  فریت بیسموت مرکز تقارن را به علت جابه جایی کاتیون های فروالکتریک Bi و Fe از دست داده است [۱۲]. گروه فضایی  $R3c$  به فریت بیسموت اجازه می دهد که یک گشتاور فرومغناطیسی ضعیف به علت برهمکنش دیزالشیکی-موریا داشته باشد ولی حضور ساختار اسپین چرخان با طول دوره  $62 \text{ nm}$  در امتداد جهت  $[110]_h$  مانع این مغناطش خالص شده و آن را خنثی می کند، بنابراین گشتاور مغناطیسی خالص فریت بیسموت صفر است [۱۳]. جاننشانی لانتانیدها در فریت بیسموت روشی برای کاهش میدان آستانه تبدیل فاز مغناطیسی شناخته شده است [۱۴،۱۵]. جاننشانی در جایگاه Bi و Fe می تواند به طور مستقیم با اصلاح ساختار (با تغییر میدان کریستالی لیگاند از طریق جاننشانی با یونی که دارای یک شعاع متفاوت است) یا غیر مستقیم با جفت شدگی مغناطیسی ناهمسانگردی را تحت تأثیر قرار دهد [۱۶]. پژوهش های بسیاری افزایش مغناطش را برای جاننشانی یگانه هر یک از عناصر La و Y در فریت بیسموت بیان کرده اند [۱۷-۱۹]. بنابراین در این پژوهش با جاننشانی دوگانه این عناصر در فریت بیسموت، خواص مغناطیسی آن طبق الگوی ساختاری مورد بررسی قرار می گیرد. در این کار، روش سل-ژل به عنوان روشی ارزان و کارآمد که قادر است آلیش را با یکنواختی در نانو ساختارها ایجاد کند، مورد استفاده قرار گرفته است.

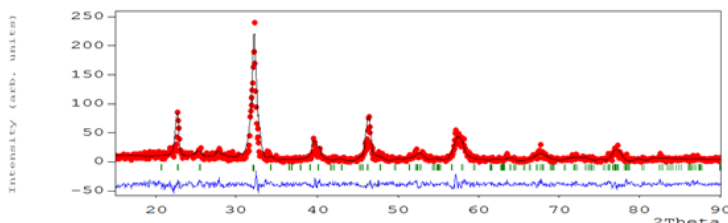
### نتایج آنالیز پراش پرتو X

شکل ۲ الگوی پراش پرتو X را برای نمونه‌های فریت بیسموت خالص و آلیاژ با ۰/۱۵ لانتانیوم و میزان‌های مختلف از ایتیریم (۰/۰۳، ۰/۱۰، ۰/۱۵) نشان می‌دهد. در اثر افزایش جانشانی ایتیریم به جای بیسموت طیف‌های پراشی به سمت زوایای بزرگتر جابه‌جایی می‌شوند این اثر ناشی از کوچک بودن شعاع یونی ایتیریوم (۰/۱۰۶ nm) نسبت به شعاع یونی بیسموت (۰/۱۲۰ nm) می‌باشد. همانطور که در شکل بزرگنمایی مشاهده می‌شود با جانشانی لانتانیوم و ایتیریوم به جای بیسموت جدایی قله‌های (۱۰۴) و (۱۱۰) از بین رفته‌است و این دو برای ایجاد یک قله در هم ادغام شده‌اند. از طرفی بتدریج قله‌های (۱۱۱) و (۱۱۲) و (۱۱۴) و (۳۱۱) ظهور پیدا کرده‌است. این تغییر در روند XRD بیانگر تغییر ساختار از لوزی‌رخ به شبه مکعبی می‌باشد.

شکل ۳ و ۴ به ترتیب نشان دهنده بررسی ساختاری نمونه‌های  $x = 0.1$  و  $x = 0.15$  توسط نرم‌افزار FULLPROF می‌باشد. نمونه  $x = 0.1$  دارای همان ساختار لوزی‌رخ با گروه فضایی  $R\bar{3}c$  فریت بیسموت خالص است به عبارت دیگر افزودن ۰/۱۵ لانتانیوم و  $x > 0.1$  ایتیریم ساختار فریت بیسموت را تغییر نداده‌است. برای نمونه  $x = 0.15$  نرم‌افزار، انطباق ساختار شبه مکعبی با گروه فضایی  $P6mm$  را بر الگوی پراش اشعه ایکس تأیید می‌کند. طبق دسته بندی گلاز این گروه فضایی دارای سیستم چرخشی  $a^- a^- c^+$  برای هشت وجهی  $FeO_6$  می‌باشد.

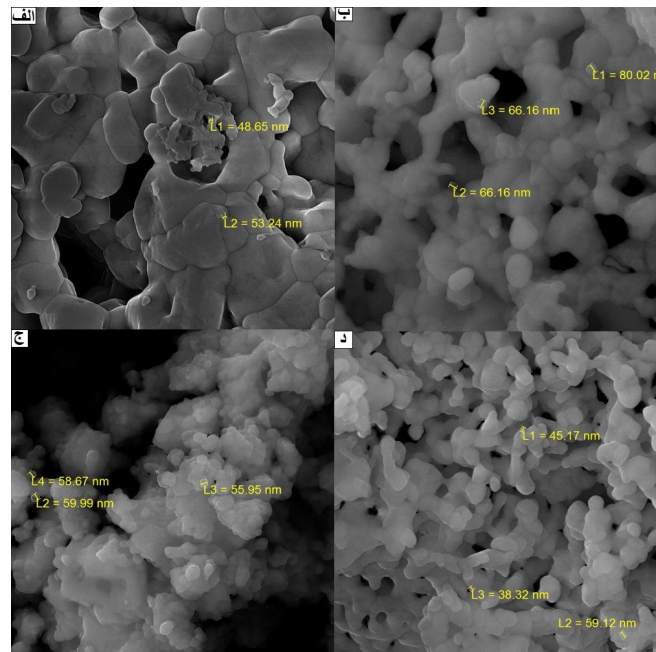


شکل ۳ تصویر FULLPROF مربوط به نمونه  $x = 0.1$

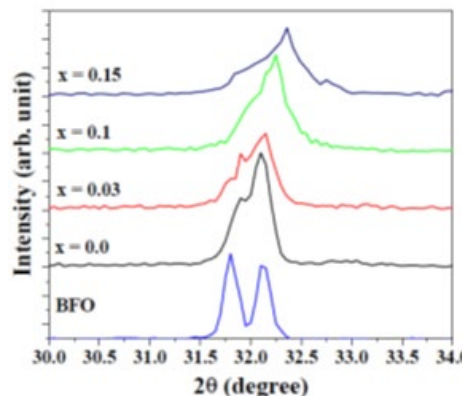
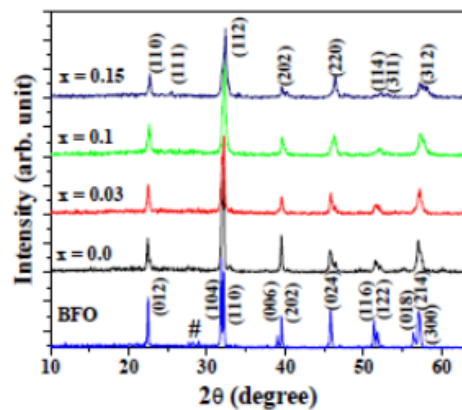


شکل ۴ تصویر FULLPROF مربوط به نمونه  $x = 0.15$

ایتیریم اندازه ذرات همچنان در حد نانو است. اندازه میانگین ذرات در بازه بین ۴۰-۱۰۰ nm تخمین زده شد.



شکل ۱ تصاویر FE-SEM مربوط به جانشانی ۰/۱۵ لانتانیوم و به ترتیب (الف)، (ب)، (ج)، (د) و (د) ایتیریم ۰/۱۵

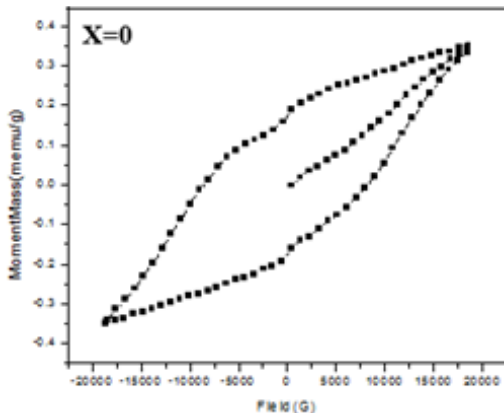


شکل ۲ تصویر بالا، نتایج XRD برای نانوذرات فریت بیسموت خالص و آلیاژ با ۰/۱۵ لانتانیوم و میزان‌های ۰، ۰/۰۳، ۰/۱، ۰/۱۵ از ایتیریم، تصویر پایین بزرگنمایی زوایای ۳۰ تا ۳۴ درجه XRD

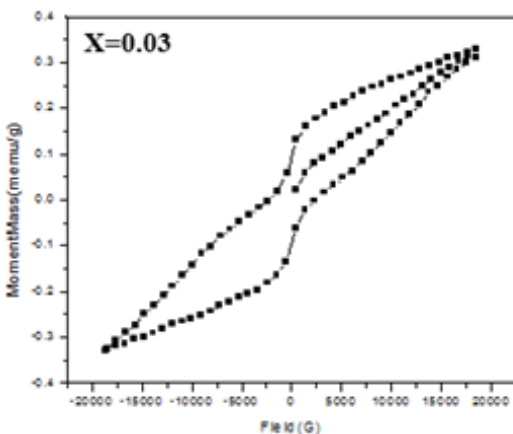
آنتی فرومغناطیس را در خاصیت مغناطیسی فریت بیسموت به همراه دارد [۴]، بنابراین نمونه  $x = 0.15$  دارای کمترین مغناطش است.

### بررسی خواص مغناطیسی

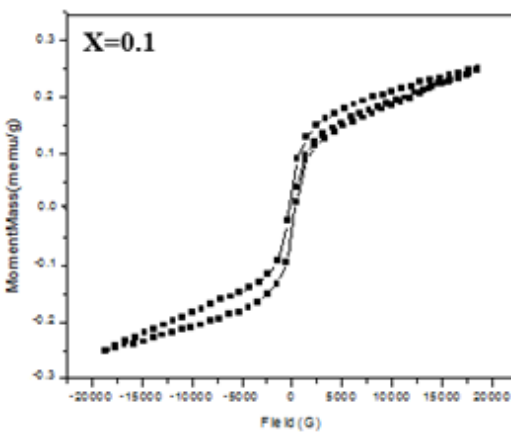
شکل ۵ تا ۸ نتایج حاصل از آزمون VSM نمونه های فریت بیسموت آلاینده شده با ۰/۱۵ لاتانیوم و میزان های مختلف از جانشانی ایتیریم در نمونه ها را نشان می دهد. منحنی مغناطش بر حسب میدان مغناطیسی برای فریت بیسموت خالص، به شکل خطی آنتی فرومغناطیس است [۲۰]. به طور کلی سه عامل اصلی ایجاد خاصیت فرومغناطیسی در فریت بیسموت آلاینده عبارتند از: ۱) کاهش اندازه ذرات به کمتر از طول دوره تناوب ۶۲ nm ساختار اسپین چرخان. ۲) تغییر در زاویه پیوند Fe-O-Fe. پیوند Fe-O-Fe یک پیوند آنتی فرومغناطیس است و کاهش آن سبب افزایش برهمکنش آنتی فرومغناطیس می شود. ۳) برهمکنش مغناطیسی بین عناصر دارای خاصیت مغناطیسی، که در فریت بیسموت خالص شامل برهمکنش Fe & Bi و Bi & Bi می شود. در نمونه  $Y = 0$  و  $La = 0.15$  با همان ساختار R<sub>3</sub>C فریت بیسموت خالص، آلاینده La سبب ایجاد ذراتی با اندازه کوچکتر از طول دوره تناوب ساختار اسپین چرخان شده و بر این اساس مغناطش این نمونه نسبت به مغناطش فریت بیسموت خالص افزایش داشته است. با افزودن ایتیریم به عنوان آلاینده دوم خاصیت مغناطیسی از جمله مغناطش پسماند و مغناطش ماکزیمم کاهش می یابد که این امر در پی عوامل زیر صورت گرفته و با افزایش میزان ایتیریم به شکل غالب تری در فریت بیسموت آلاینده بروز می کند. اگر فاکتور تفرانس ماده پروسکایتی (ABO<sub>3</sub>) کمتر از یک باشد در آن ماده پیوند های B-O تحت فشار و پیوندهای A-O در حال کشش می باشد که برای پایداری مجدد این شبکه تحت تنش نیاز به چرخش هشت وجهی BO<sub>6</sub> است. فاکتور تفرانس برای فریت بیسموت خالص ۰/۸۹۰ است [۲۱]. که با جانشانی ایتیریم به جای بیسموت با توجه به کمتر بودن شعاع یونی ایتیریم نسبت به بیسموت این فاکتور کاهش می یابد. بنابراین افزودن ایتیریم، چرخش هشت وجهی FeO<sub>6</sub> و تغییر زاویه Fe-O-Fe را به همراه دارد. این چرخش هشت وجهی FeO<sub>6</sub> در ساختار R<sub>3</sub>C نمونه های  $x < 0.15$  به صورت اعوجاج و درهم آمیختن دو قله (۱۰۴) و (۱۱۰) در الگوی پراش اشعه ایکس مشخص است و تغییر ساختار کلی را در آن ها به دنبال ندارد. اما در نمونه  $x = 0.15$ ، تنش های بیشتر و در پی آن چرخش محسوس هشت وجهی FeO<sub>6</sub> جهت پایداری شبکه سبب می شود تا ساختار از لوزی رخ با گروه فضایی R<sub>3</sub>C به شبه مکعبی با گروه فضایی Pbnm برود و از آنجا که غالب بودن ساختار شبه مکعبی با گروه فضایی Pbnm شکل خطی



شکل ۴۵ نتیجه VSM نانو ذرات فریت بیسموت آلاینده شده با ۰/۱۵ لاتانیوم



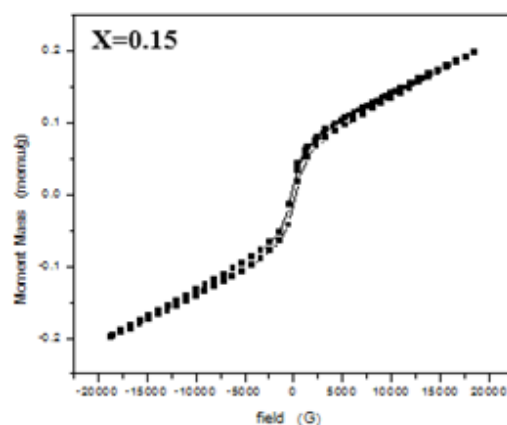
شکل ۴۶ نتیجه VSM نانو ذرات فریت بیسموت آلاینده شده با ۰/۱۵ لاتانیوم و ۰/۰۳ ایتیریم



شکل ۴۷ نتیجه VSM نانو ذرات فریت بیسموت آلاینده شده با ۰/۱۵ لاتانیوم و ۰/۱ ایتیریم

## مراجع

- [1] A.Millis, P.Littlewood and B.Shraiman, "Double exchange alone does not explain the resistivity of La  $1-x$  Sr  $x$  MnO<sub>3</sub>," Physical Review Letters, vol.74, pp.5144-5154, 1995.
- [2] I.Inoue, O.Goto, H.Makino, N.Hussey and M.Ishikawa, "Bandwidth control in a perovskite-type 3 d 1-correlated metal Ca  $1-x$  Sr  $x$  VO 3. I. Evolution of the electronic properties and effective mass," Physical Review B, vol.58, pp.4372-4360, 1998.
- [3] A.Zayak, X.Huang, J.Neaton and K.Rabe, "Structural, electronic, and magnetic properties of Sr Ru O 3 under epitaxial strain," Physical Review B, vol.74, pp.094104-094113, 2006.
- [4] P.Kumar and M.Kar, "Effect of Structural Transition on Magnetic Properties of Ca and Mn co-substituted BiFeO<sub>3</sub> Ceramics." arXiv preprint arXiv, vol.1401, pp.4059-, 2014.
- [5] J.Goodenough, "Metallic oxides," Progress in solid state chemistry, vol.5, pp.145-399, 1971.
- [6] V.Goldschmidt, "Die gesetze der krystallochemie," Naturwissenschaften, vol.14, pp.477-485, 1926.
- [7] C.Randall, A.Bhalla, T.Sherout and L.Cross, "Classification and consequences of complex lead perovskite ferroelectrics with regard to B-site cation order," Journal of Materials Research, vol.5, pp.829-834, 1990.
- [8] A.Glazer, "The classification of tilted octahedra in perovskites," Acta Crystallographica Section B, vol.28, pp.3384-3392, 1972.
- [9] P.Woodward, "Octahedral tilting in perovskites. I. Geometrical considerations," Acta Crystallographica Section B, vol.53, pp.32-43, 1997.
- [10] P.Woodward, "Octahedral tilting in perovskites. II. structure stabilizing forces," Acta Crystallographica Section B, vol.53, pp.44-66, 1997.
- [11] R.Beanland, "Structure of planar defects in tilted perovskites," Acta Crystallographica Section A, vol. 67, pp.191-199, 2011.
- [12] D.Woodward and L.Reaney, "Electron diffraction of tilted perovskites," Acta Crystallographica Section B, vol.61, pp.387-399, 2005.



شکل ۸ نتیجه VSM نانوذرات فریت بیسموت آلیبیده شده با ۰/۱۵ لانتانوم و ۰/۱۵ ایتیریم

## ۴ نتیجه گیری

نانوذرات فریت بیسموت آلیبیده با جانشانی عناصر La و Y در جایگاه Bi به روش سل-ژل تولید شدند. الگوی پراش پرتو ایکس نمونه‌های  $x=0/15$  و  $x=0/1$  توسط نرم افزار FULLPROF مورد بررسی قرار گرفت. بررسی‌ها نشان داد که یک انتقال ساختار از لوزی رخ با گروه فضایی  $R\bar{3}c$  به شبه مکعبی با گروه فضایی  $P6mm$  برای  $x=0/15$  صورت گرفته است. انتقال ساختار به عنوان یک عامل، موجب تغییر در مغناطش فریت بیسموت آلیبیده شد. در واقع، قرارگرفتن Y با شعاع یونی کمتر در جایگاه Bi سبب شده تا پیوندها در فریت بیسموت آلیبیده تحت تنش قرار گیرد و با چرخش هشت وجهی  $FeO_6$  اعوجاج و سپس انتقال در ساختار رخ داده و زاویه Fe-O-Fe تغییر یابد. بنابراین، خواص مغناطیسی از جمله مغناطش پسماند و مغناطش ماکزیمم نمونه‌ها با افزایش میزان ایتیریم، کاهش یافت.

- [13] C.Ederer and N.Spaldin, "Weak ferromagnetism and magnetoelectric coupling in bismuth ferrite," *Physical Review B*, vol.71, pp.060401-060405, 2005.
- [14] I.Sosnowska, T.Peterlin-Neumaier and E.Steichele, "Spiral magnetic ordering in bismuth ferrite." *Journal of Physics C*, vol.15, pp.4835-4846, 1982.
- [15] G.Bras Le, D.Colson, A.Forget, N.Genand, R.Tourbot and P.Bonville, "Magnetization and magnetoelectric effect in  $\text{Bi}_{1-x}\text{La}_x\text{FeO}_3$  ( $0 \leq x \leq 0.15$ )," *Physical Review B*, vol.80, pp.134417-134426, 2009.
- [16] N.Wang, J.Cheng, A.Pyatakov, A.Zvezdin, J.Li, L.Cross and D.Viehland, "Multiferroic properties of modified  $\text{BiFeO}_3$ - $\text{PbTiO}_3$ -based ceramics: Random-field induced release of latent magnetization and polarization," *Physical Review B*, vol.72, pp.104434-104443, 2005.
- [17] Z.Cheng, A.Li, X.Wang, X.Dou, K.Ozawa, H.Kimura, S.Zhang and T.Shrouf, "Structure, ferroelectric properties, and magnetic properties of the La-doped bismuth ferrite," *Journal Applied Physic*, vol.103, pp.07E507-07E513, 2008.
- [18] Q.Zhang, X.Zhu, Y.Xu, H.Gao, Y.Xiao, D.Liang, J.Zhu, D.Xiao, "Effect of  $\text{La}^{3+}$  substitution on the phase transitions, microstructure and electrical properties of  $\text{Bi}_{1-x}\text{La}_x\text{FeO}_3$  ceramics," *Journal of Alloys and Compounds*, vol.546, pp.57-62, 2013.
- [19] M.Bellakki, V.Manivannan, "Citrate gelsynthesis and characterization of yttrium-doped multiferroic  $\text{BiFeO}_3$ ," *Chinese Science Bulletin*, vol.55, pp.452-456, 2010.
- [20] L.Bing-Cheng, C.Chang-Le, "Effect of Cr substitution on the multiferroic properties of  $\text{BiFe}_{1-x}\text{Cr}_x\text{O}_3$  compounds," *Physics Letters A*, vol.374, pp.4265-4268, 2010.
- [21] N.Thomas and A.Beitollahi, "Interrelationship of octahedral geometry polyhedral volume ratio and ferroelectric properties in rhombohedral provskites," *Acta Crystallographica B*, vol.50, pp.549-560, 1994.

# Effect of Structural Transition on Magnetic Property of $\text{La}^{3+}$ and $\text{Y}^{3+}$ Co-Doped Bismuth Ferrite

M.Nazemian | D.Sanavi Khoshnoud\*

Department of Physics, University of Semnan, Semnan, Iran.

## Abstract

In this paper,  $\text{Bi}_{0.85-x}\text{La}_{0.15}\text{Y}_x\text{FeO}_3$  [ $\text{BL}_{0.15}\text{Y}_x\text{FO}$ , ( $x = 0, 0.03, 0.1, 0.15$ )] nanoparticles were synthesized by the tartaric acid modified sol-gel technique. These materials have perovskite structure. In perovskite lattice, such distortions change the B-O-B bond angles and therefore are expected to affect magnetic and electronic properties of this lattice. The crystallographic phase analysis was performed for  $x = 0.1$  and  $x = 0.15$  with the help of FULLPROF program and showed the crystal structure transition from rhombohedral to the orthorhombic. The results of VSM analysis showed that remnant magnetization and maximum magnetization decrease with increasing the percent of doping.

## Keywords

Structural transition, Sol-gel, bismuth ferrite, Magnetization, Nanoparticles