

بررسی ساختار و مغناطو مقاومت ترکیب منگنایت-کباتایت $\text{La}_{0.7}\text{Sr}_{0.3}\text{Mn}_{0.9}\text{Co}_{0.1}\text{O}_3$ تهیه شده به روش سل-ژل

ناصر تجبر، محمدرضا علی نژاد، زهرا کاظمی خیبری

مشهد، میدان آزادی، پردیس دانشگاه فردوسی، گروه فیزیک

پست الکترونیکی: tajabor@ferdowsi.um.ac.ir

چکیده

در این تحقیق به بررسی خواص ساختاری و مغناطیسی منگنایت-کباتایت با فرمول شیمیایی $\text{La}_{0.7}\text{Sr}_{0.3}\text{Mn}_{0.9}\text{Co}_{0.1}\text{O}_3$ که به روش سل-ژل تهیه شد پرداخته شده است. ساختار بلوری این ترکیب در دمای اتاق فاز لوزی رخ با گروه فضایی R3C است که بعد از کلسینه کردن در دمای 800°C تشکیل می-شود. علاوه بر فاز اصلی، فاز La_2O_3 نیز به مقدار جزئی شکل گرفته است. نمودار مغناطو مقاومت نشان می-دهد که با اعمال میدان مغناطیسی خارجی، مقاومت کاهش می-یابد که مربوط به کاهش پراکندگی اسپینی است.

واژه‌های کلیدی: منگنایت-کباتایت، سل-ژل، $\text{La}_{0.7}\text{Sr}_{0.3}\text{Mn}_{0.9}\text{Co}_{0.1}\text{O}_3$ ، برهمکنش مبادله دوتایی.

مقدمه

منگنایتها دسته‌ای از اکسیدهای منگنز با فرمول شیمیایی $\text{A}_{1-x}\text{B}_x\text{MnO}_2$ هستند که در آنها A یک عنصر خاکی نادر سه ظرفیتی مثل La^{+3} و B یک فلز قلیایی دو ظرفیتی مثل Sr^{+2} است. در این ترکیب، اکسیژن در حالت اکسایشی O^{2-} قرار دارد، در حالی که منگنز در هر یک از حالت‌های Mn^{+3} و Mn^{+4} می‌تواند حضور داشته باشد. ساختار بلوری این ترکیبات، پروسکایت^۱ است.

در سال ۱۹۵۰ بررسی نظری خواص منگنایتها شروع شد که وجود فاز فرومغناطیس را با استفاده از مدل کیفی زنر^۲ به نام مبادله دوتایی^۳ توجیه می‌کرد [۱].

در منگنایتها، همبستگی گسترده‌ای بین درجه‌های آزادی وجود دارد. در این ترکیبات، درجه‌های آزادی متنوعی مثل اسپین، بار، اربیتال و شبکه بلوری وجود دارند که منشأ وجود نظم‌های مختلفی مثل نظم اسپینی، نظم بار و نظم شبکه‌اند. همچنین برهمکنش‌های مهمی مثل برهمکنش الکترون-فونون، برهمکنش تبادل و برهمکنش هوند وجود دارند که غالباً با هم در رقابت جدی هستند. مجموعه این ویژگیها کاربردهای علمی و صنعتی بسیاری را برای منگنایتها در پی داشته است [۲].

منگنایتها و کباتایتها خواص کم نظیر و کاربردی زیادی از خود نشان می‌دهند که یکی از مهم‌ترین ویژگی-های منگنایتها و کباتایتها، مغناطو مقاومت آنهاست. مغناطو مقاومت به خاصیتی گفته می‌شود که در آن مقاومت الکتریکی یک ماده در حضور میدان مغناطیسی خارجی کم یا زیاد می‌شود. این اثر به صورت زیر تعریف می‌شود:

$$M_R = \frac{R_H - R_0}{R_0}$$

در این رابطه R_H و R_0 به ترتیب، مقاومت ویژه در حضور و بدون حضور میدان مغناطیسی خارجی است.

از مغناطو مقاومت در نوکهای مغناطیسی، حافظه مغناطیسی^۴، ضبط مغناطیسی^۵، حسگر میدان مغناطیسی، کلیدزنی مغناطیسی^۶ و جایگزین فریتهای نرم استفاده می‌شود [۳ تا ۷]. یکی از کاربردهای مهم ترکیبات منگنایت-کباتایت استفاده در پیل سوختی اکسید جامد به عنوان کاتد است.

¹- Perovskite

²- Zener

³- Double exchange

⁴- Magnetic memory

⁵- Magnetic recording

⁶- Magnetic switching

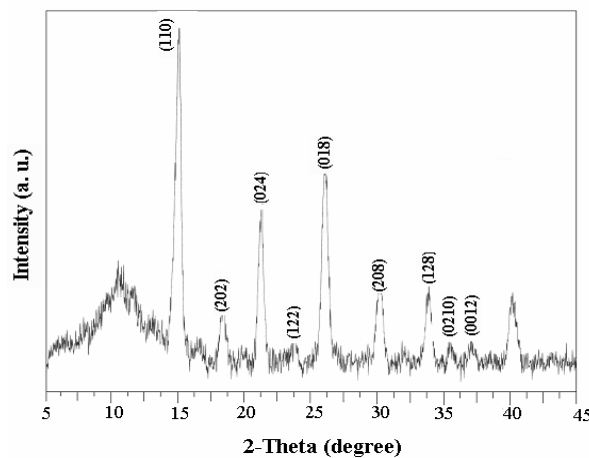
آزمایش

در این تحقیق با توجه به مزیت‌های روش سل-ژل نسبت به سایر روشها، از جمله تولید پودر اولیه بسیار ریز با همگنی خیلی بالا، مراحل ساخت کمتر و به ویژه عدم لزوم آسیاکاری‌های طولانی مدت، برای ساخت نمونه‌ها از این روش استفاده شده است. ابتدا پودرهای معدنی عناصر اولیه در یک حلال مناسب حل می‌شوند. سپس یک عامل کمپلکس دهنده (اتیلن گلیکول) با کاتیون‌ها پیوند هیدروژنی ضعیف تشکیل می‌دهد. گاهی اوقات یک عامل پلیمرساز نیز به آن اضافه می‌شود. عامل پلیمرساز، با قطبی کردن کمپلکس‌ها، آنها را به هم وصل کرده و حالت کلویدی را به وجود می‌آورد. پیوندهای تشکیل شده با گرمادهی، به صورت گاز خارج شده و یونها با شعاع‌های مناسب در کنار یکدیگر قرار می‌گیرند. عمل تکلیس در دمای 800°C و به مدت ۶ ساعت و عمل تفجوشی در دمای 1050°C به مدت ۲۴ ساعت انجام شده است. برای تعیین ساختار بلوری، از طرح پراش پرتو X استفاده شده است. مغناطو مقاومت نمونه‌ها توسط روش چارسوزنی و دستگاه الکترومگنت اندازه‌گیری شده است.

نتایج تحلیل ساختاری

از الگوی پراش پرتو X برای بررسی ساختار بلوری نمونه‌ها استفاده شده است. الگوی پراش پرتو X پودر هر نمونه با استفاده از پراش‌سنج پرتو X با قدرت تفکیک 0.2° درجه و با تابش $\text{Mo-K}\alpha$ ($\lambda = 0.7093 \text{ \AA}$) تهیه شده است. برای به دست آوردن پارامترهای شبکه بلوری، از نرم افزار Celref استفاده شد. ورودی این نرم‌افزار، مکان قله‌های پراشی است. پس از انتخاب گروه فضایی مناسب، پارامترهای شبکه بلوری بر اساس کمترین انحراف ممکن محاسبه می‌شود.

در شکل ۱ الگوی پراش پرتو X برای ترکیب $\text{La}_{0.7}\text{Sr}_{0.3}\text{Mn}_{0.9}\text{Co}_{0.1}\text{O}_3$ بعد از تکلیس در دمای 800°C ارائه شده است. برای الگوهای پراشی بعد از تکلیس، به کمک نرم افزار celref پارامترهای شبکه بلوری لوزی رخ با گروه فضایی R3C بر اساس محورهای ششگوشی محاسبه شد که نتایج آن را در جدول ۱ می‌توان دید.



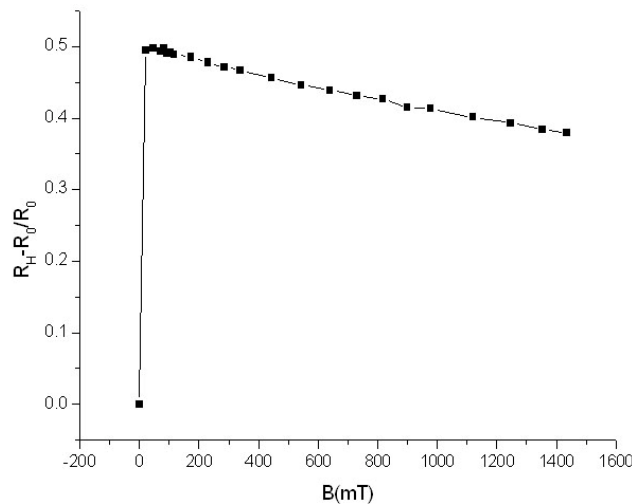
شکل ۱ الگوی پراش پرتو X پس از کلسینه کردن در دمای 800°C

جدول ۱ پارامترهای شبکه لوزی رخ با گروه فضایی R3C بر اساس محورهای ششگوشی

نام ترکیب	بر اساس محورهای ششگوشی		
	a (\AA)	c (\AA)	v (\AA^3)
$\text{La}_{0.7}\text{Sr}_{0.3}\text{Mn}_{0.9}\text{Co}_{0.1}\text{O}_3$	۵٫۴۲۷۹	۱۳٫۳۶۵۳	۳۴۱٫۰۱۱

نتایج اندازه‌گیری مغناطو مقاومت

در دمای اتاق جریان و ولتاژ دو سر نمونه در میدان‌های مختلف اندازه‌گیری شده است. در شکل ۲ نتایج حاصل از اندازه‌گیری‌ها که نشان دهنده تغییرات مغناطو مقاومت است، نشان داده شده است.



شکل ۲ وابستگی به میدان مغناطوس مقاومت نمونه $\text{La}_{0.7}\text{Sr}_{0.3}\text{Mn}_{0.9}\text{Co}_{0.1}\text{O}_3$ در بازه صفر تا

همان طور که انتظار داریم مغناطوس مقاومت در غیاب میدان صفر است. شکل ۲ نشان می‌دهد که با اعمال کوچکترین میدان مغناطوسی خارجی، مغناطوس مقاومت به سرعت افزایش یافته و پس از آن با افزایش میدان به کندی کاهش یافته است. اعمال میدان مغناطوسی خارجی باعث تقویت برهمکنش مبادله دوتایی و کاهش مغناطوس مقاومت می‌شود.

مراجع

- [1] E. Dagotto, T. Hotta, A. Moreo, "Colossal magnetoresistant materials: the key role of phase separation", Physics Reports 344 (2001) 1}153.
- [2] A. J. Millis, P.B. Littlewood and B.I. Shraiman, Phys. Rev.Lett. vol. 74, p.5144, 1995.
- [3] M. A. Lopez, Quintela, L. E. Hueso, J. Rivas, F. Rivadulla, "Intergranular magnetoresistance in nanomanganites", Nanotechnology 14 (2003) 212–219.
- [4] V.G. Prokhorova, G.G. Kaminskaya, V.A. Komashkova, Y.P. Leeb, I.I. Kravchenkoc, "Observation of resistance switching between insulating and metallic states in nano-crystalline $\text{La}_{0.65}\text{Ca}_{0.35}\text{MnO}_3$ film", Physica B 334 (2003) 403–407.
- [5] Duk-Young Jung, David A. Payne, "Patterning of Rare-Earth Manganate Thin Layer Using Self-Assembled Organic Thin-Film Templates", Bull. Korean Chem. Soc. 1999, Vol. 20, No. 7.
- [6] A. N. Petrov, V.I. Voronin, T. Norby, P. Kofstad, "Crystal Structure of the Mixed Oxides $\text{La}_{0.7}\text{Sr}_{0.3}\text{Co}_{1-x}\text{Mn}_x\text{O}_3$ ", Journal of solid state chemistry 143, 52-57 (1999).
- [7] R. Gunnarsson, "Some aspects on interfaces in perovskite manganites", Chalmersbibliotekets reproservice Göteborg, Sweden 2002.