

ساخت ترکیب منگنایت-کبالتایت $La_{0.7}Sr_{0.3}Mn_{0.9}Co_{0.1}O_3$ به روش سل-ژل و مطالعه‌ی مقاومت ویژه و مغناطومقاومت آن

کازمی خبیری، زهرا-تجبر، ناصر
Kazemi Kheybari, Zahra- Tajabor, Nasser

مشهد، میدان آزادی، پردیس دانشگاه فردوسی مشهد، دانشکده علوم پایه، گروه فیزیک
پست الکترونیکی: kazemi_10163@yahoo.com

چکیده

ترکیب منگنایت-کبالتایت $La_{0.7}Sr_{0.3}Mn_{0.9}Co_{0.1}O_3$ به روش سل-ژل تهیه شد و خواص ساختاری، مقاومت ویژه و مغناطومقاومت آن مورد بررسی قرار گرفت. مطالعات ساختاری نشان داد که ساختار بلوری این ترکیب در دمای اتاق فاز تک‌میلی با گروه فضایی $P2/C$ است که بعد از کلسینه‌کردن در دماهای بالاتر از 800°C شکل می‌گیرد. اندازه‌گیری مقاومت ویژه الکتریکی نمونه در بازه‌ی دمایی 80 تا 300K نشان داد که با افزایش دما، مقاومت ویژه الکتریکی ابتدا افزایش و سپس کاهش می‌یابد و حضور گذار فلز-عایق مشاهده شد. نمودارهای مقاومت ویژه و مغناطومقاومت نشان می‌دهند که با اعمال میدان مغناطیسی خارجی، مقاومت کاهش می‌یابد که مربوط به کاهش پراکندگی اسپینی است. همچنین ترکیب ساخته شده دارای مغناطومقاومت منفی می‌باشد و دارای مغناطومقاومت ابرغول‌آسا (CMR) است.

Abstract

The Manganite - cobaltite compound with $La_{0.7}Sr_{0.3}Mn_{0.9}Co_{0.1}O_3$ formula was prepared by the sol gel method. This compound crystallizes in the monoclinic structure with the space group $P2/C$ at room temperature. The measurement of resistivity versus temperature shows the existence of a metal-semiconductor phase transition. In addition, variation of resistance versus external magnetic field shows the expected decreasing behavior.

مقدمه:

در دو دهه گذشته تلاش‌های زیادی برای مطالعه خواص فیزیکی و ساختاری منگنایت‌های پروسکایتی با فرمول عمومی $RE_{1-x}A_xMnO_3$ انجام شده که RE یک عنصر خاکی نادر مانند La و A یک قلیایی خاکی مانند Sr 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 که چگالی نسبی این دو حالت تابعی از مقدار x در فرمول شیمیایی فوق است.

ویژگی مهم این ترکیب‌ها تغییر بسیار زیاد ساختار و رفتار آنها با آرایش حفره و تغییر شعاع جایگاه A است، به طوری که در آرایش بهینه $x = 0.3$ مغناطومقاومت بزرگی از خود نشان می‌دهند. با جانشانی عناصر دو ظرفیتی مانند Sr و Ca به جای یون سه ظرفیتی La^{+3} ، شعاع این جایگاه تغییر کرده و باعث ایجاد یون‌های Mn^{+4} در سیستم می‌شود. افزایش یون‌های Mn^{+4} باعث ایجاد برهم‌کنش تبدالی دوگانه و ایجاد فاز فرومغناطیس و اثر CMR می‌شود [1]. این ترکیبات به ازای $x = 0$ پادفرومغناطیس هستند، اما وقتی $x \neq 0$ باشد حالت فرومغناطیسی را نشان می‌دهند [2].

یکی از ویژگی‌های مهم منگنایت-کبالتایت‌ها مغناطومقاومت آنهاست. مغناطومقاومت به خاصیتی گفته می‌شود که در آن مقاومت الکتریکی یک ماده در حضور میدان مغناطیسی خارجی کم یا زیاد می‌شود. این اثر با رابطه زیر تعریف می‌شود:

$$M_R = \frac{\rho(H) - \rho(0)}{\rho(0)}$$

که در آن $\rho(H)$ و $\rho(0)$ به ترتیب، مقاومت ویژه در حضور و در غیاب میدان مغناطیسی خارجی است. ساختار بلوری این ترکیبات، پروسکایت¹ است. پروسکایت‌های اکسیدی با فرمول ABO_3 می‌توانند در هر یک از ساختارهای بلوری مکعبی، تک‌میلی²، چارگوشی³، راستگوشی⁴ و لوزی‌رخ⁵ شکل گیرند.

- 1- Perovskite
- 2- Monoclinic
- 3- Tetragonal
- 4- Orthogonal
- 5- Rhombohedral

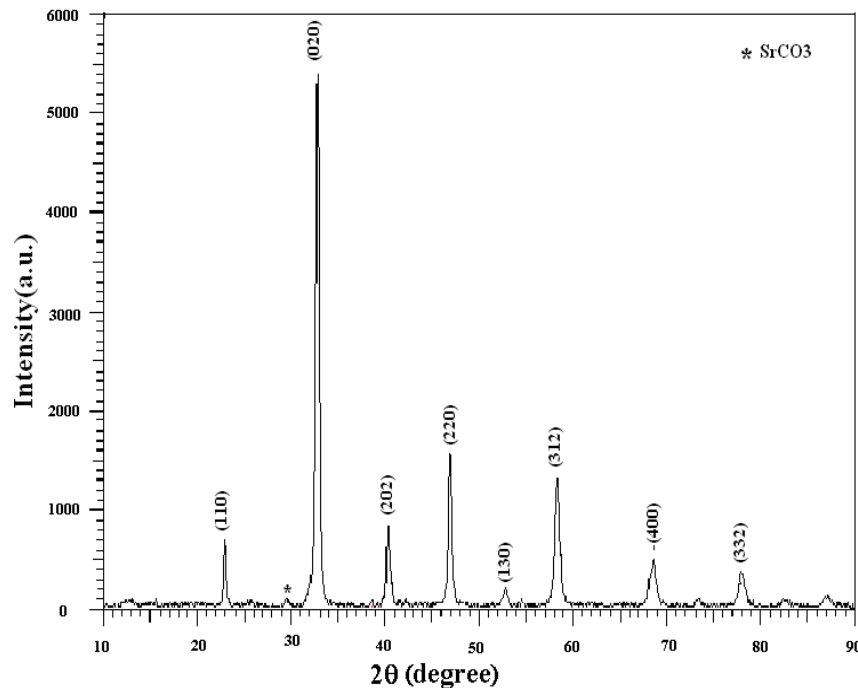
ویژگیهای فیزیکی و مغناطو مقاومت ابرغول آسا (CMR) این ترکیبات موجب کاربردهای متنوع آنها شده است. از آنها در ساخت حسگرهای مغناطیسی، وسایل ضبط مغناطیسی، حافظه‌های مغناطیسی و وسایل پزشکی استفاده می‌شود [۳-۱۰].

آزمایش

در این تحقیق برای ساخت نمونه‌ها از روش سل-ژل استفاده شده است. عمل تکلیس در دمای 800°C به مدت ۸ ساعت و عمل تفجوشی در دمای 1050°C به مدت ۲۴ ساعت انجام شد. برای تعیین ساختار بلوری، از طرح پراش پرتو X استفاده شده است. مقاومت ویژه الکتریکی و مغناطو مقاومت نمونه‌ها توسط روش چارسوزنی و دستگاه الکترومگنت اندازه‌گیری شده است.

نتایج تحلیل ساختاری

برای بررسی ساختار بلوری نمونه‌ها از طرح پراش پرتو X لامپ Cu ($\lambda = 1.5406 \text{ \AA}$) استفاده شده است. در شکل ۱ الگوی پراش پرتو X برای این ترکیب بعد از تفجوشی در دمای 1050°C ارائه شده که ساختار بلوری تکمیلی با گروه فضایی P2/C را نشان می‌دهد. در جدول ۱ نیز پارامترهای شبکه برای این ترکیب آورده شده است.



شکل ۱ الگوی پراش پرتو X برای نمونه‌ی $\text{La}_{0.7}\text{Sr}_{0.3}\text{Mn}_{0.9}\text{Co}_{0.1}\text{O}_3$ پس از تفجوشی در دمای 1050°C .

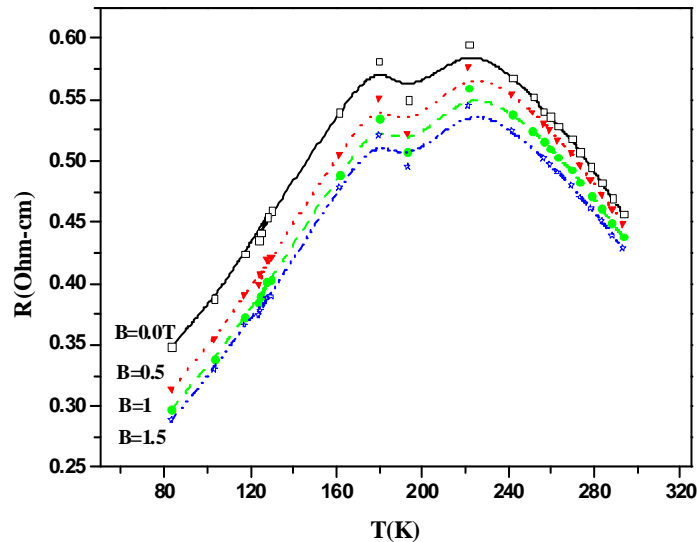
جدول ۱ پارامترهای شبکه برای ترکیب $\text{La}_{0.7}\text{Sr}_{0.3}\text{Mn}_{0.9}\text{Co}_{0.1}\text{O}_3$.

نام ترکیب	a (Å)	b (Å)	c (Å)	v (Å ³)
$\text{La}_{0.7}\text{Sr}_{0.3}\text{Mn}_{0.9}\text{Co}_{0.1}\text{O}_3$	5.46832	5.48889	7.72667	231.916

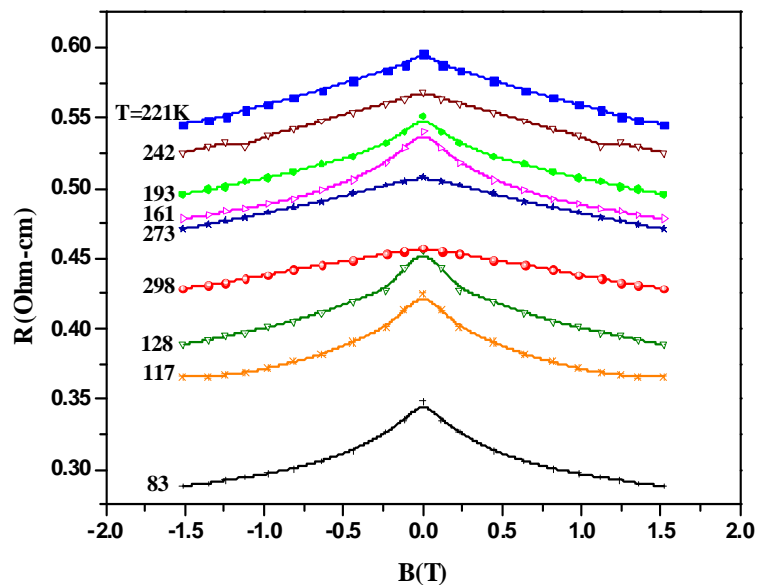
نتایج و بحث

در شکل ۲ وابستگی دمایی مقاومت در غیاب و در حضور میدان‌های مختلف نشان داده شده است. در دماهای کمتر از ۲۲۱ K با افزایش دما مقاومت افزایش و پس از این دما با افزایش بیشتر دما، مقاومت کاهش می‌یابد. این قله مربوط به گذار ذاتی فلز-عایق است و قله مربوط به دمای پایین‌تر ناشی از آثار مرزدانه‌ها و مغناطو مقاومت

خارجی است. بیشترین مقاومت در میدان صفر می‌باشد و با افزایش میدان مغناطیسی خارجی مقاومت با رفتاری مشابه کاهش می‌یابد که ناشی از کاهش پراکندگی اسپینی است. همانطور که در شکل ۳ نیز دیده می‌شود مقاومت در دماهای ثابت با افزایش میدان کاهش می‌یابد. اعمال میدان باعث می‌شود اسپین یون‌های مجاور هم خط شوند. بنابراین احتمال پرش الکترون از Mn^{+3} به Mn^{+4} مجاور بیشتر شده و مقاومت کاهش می‌یابد [۱۱، ۱۲].

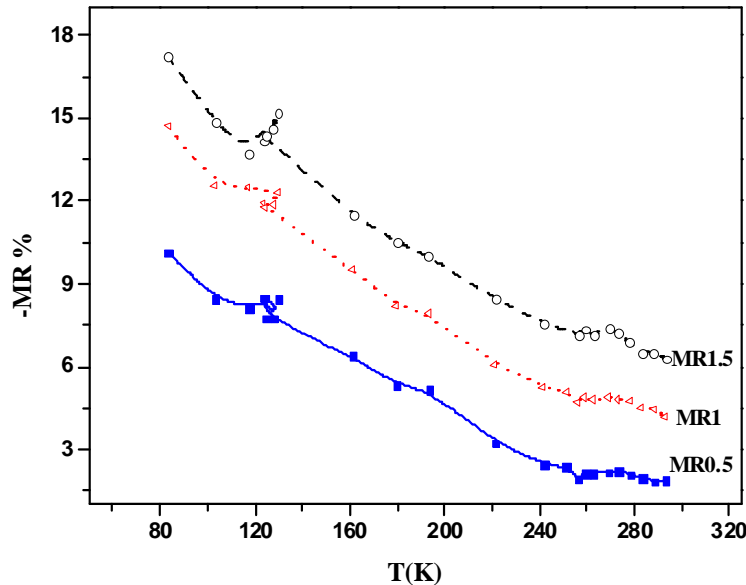


شکل ۲ وابستگی دمایی مقاومت برای نمونه $La_{0.7}Sr_{0.3}Mn_{0.9}Co_{0.1}O_3$ در $T = 0, 0.5, 1, 1.5$ T.



شکل ۳ وابستگی مقاومت به میدان برای نمونه $La_{0.7}Sr_{0.3}Mn_{0.9}Co_{0.1}O_3$ در دماهای مختلف.

در شکل ۴ وابستگی دمایی مغناطومقاومت نمونهی $\text{La}_{0.7}\text{Sr}_{0.3}\text{Mn}_{0.7}\text{Co}_{0.3}\text{O}_3$ نشان داده شده است. مطابق شکل با افزایش دما مغناطومقاومت منفی رفتار کاهشی دارد و بیشترین مقدار آن در میدان ۱/۵ تسلا مشاهده شده است و پس از آن با افزایش میدان مغناطیسی خارجی مغناطومقاومت کاهش می‌یابد.



شکل ۴ وابستگی دمایی مغناطومقاومت برای نمونهی $\text{La}_{0.7}\text{Sr}_{0.3}\text{Mn}_{0.7}\text{Co}_{0.3}\text{O}_3$.

مرجع‌ها

- [1] Y. Tokura and Y. Tomioka J. Magn. Magn. Mat. 200, 1 (1999).
- [2] Qianying Yu, Jincang Zhang, Rongrong Jia, Chao Jing, Shixun Cao, Shixun Cao, *Double M-I transitions And low-temperature resistivity minimum of $\text{La}_{2/3}\text{Ca}_{1/3}\text{Mn}_{1-x}\text{Co}_x\text{O}_3$ manganite*, J. Magn. Magn. Mater. 320, 3313–3317, (2008).
- [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. Kaminskya, V.A. Komashkoa, 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 $\text{La}_{0.7}\text{Sr}_{0.3}\text{Co}_{1-z}\text{Mn}_z\text{O}_3$ ", Journal of solid state chemistry 143, 52-57 (1999).
- [7] R. Gunnarsson, "Some aspects on interfaces in perovskite manganites", Chalmersbibliotekets reproservice Göteborg, Sweden 2002.
- [8] R. Skomski, J. Phys: Condensed Mater. 15 (2003).
- [9] G. F. Goya, T. S. Berquo, F. C. Fonseca, M, P. Morales, J. Appl. Phys. 94 (2003).
- [10] J. Nogeus, V. Skuryev, J. Sort, S. Stoyanov, D. Givord, Phys. Rev. Lett. 97 (2006).
- [11] http://www.mrl.ucsb.edu/~seshadri/2005_218.html.
- [12] E. Dagotto, T. Hotta, A. Moreo, "Colossal magnetoresistant materials: the key role of phase separation", Physics Reports 344, (2001).