

ẢNH HƯỞNG CỦA VIỆC THAY THẾ MG CHO SR LÊN TÍNH CHẤT TỪ CỦA $\text{La}_{0.7}\text{Sr}_{0.3-x}\text{Mg}_x\text{MnO}_3$

Nguyễn Tuấn Phương¹, Lê Viết Báu²

TÓM TẮT\

Hệ mẫu perovskite $\text{La}_{0.7}\text{Sr}_{0.3-x}\text{Mg}_x\text{MnO}_3$ được chế tạo bằng phương pháp phản ứng pha rắn thông thường. Tính chất cấu trúc được xác định bằng phép đo nhiễu xạ tia X. Tính chất từ được nghiên cứu thông qua phép đo từ nhiệt và từ hóa. Các kết quả cho thấy sự thay thế Mg cho Sr làm giảm hằng số mạng nhưng chưa quan sát thấy có sự chuyển pha cấu trúc. Sự thay thế này cũng làm giảm nhiệt độ chuyển pha về phía nhiệt độ phòng ít nhất cho đến 33% Mg thay thế. Phép tính từ nhiệt cho thấy mặc dù độ lớn của hiệu ứng giảm nhẹ nhưng nhiệt độ chuyển pha gần với nhiệt độ phòng và độ rộng vùng xảy ra hiệu ứng được mở rộng. Điều này hứa hẹn tiềm năng ứng dụng trong công nghệ làm lạnh bằng từ trường.

Từ khóa: Hệ mẫu perovskite $\text{La}_{0.7}\text{Sr}_{0.3-x}\text{Mg}_x\text{MnO}_3$, tính chất từ.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Trong hơn 30 năm vừa qua, rất nhiều công trình nghiên cứu về hiệu ứng từ nhiệt của các hệ vật liệu từ, bởi tiềm năng ứng dụng của chúng trong công nghệ làm lạnh bằng từ trường. Tuy vậy, các vật liệu từ nhiệt mới thực sự được quan tâm nghiên cứu mạnh mẽ gần đây bởi tiềm năng ứng dụng của chúng trong công nghệ làm lạnh bằng từ trường ở vùng nhiệt độ phòng. Cho tới nay, đã có khá nhiều vật liệu đã được phát hiện cho hiệu ứng từ nhiệt lớn trong vùng 300K. Trong các vật liệu gồm, họ vật liệu từ perovskite manganie cũng đã được quan tâm nghiên cứu bởi có những họ vật liệu cho nhiệt độ chuyển pha cao, trên nhiệt độ phòng cũng như có mô men từ đáng kể [1, 2]. Vật liệu này cũng hứa hẹn cho hiệu ứng từ nhiệt, tuy nhiên vật liệu này có nhiệt độ chuyển pha (~370K) cao hơn nhiệt độ phòng nên sẽ có những vấn đề nhất định khi đưa vào ứng dụng thực tiễn. Một số nghiên cứu cho thấy khi thay thế Mn bởi một số ion khác, nhiệt độ chuyển pha có giảm về phía nhiệt độ phòng nhưng giá trị từ nhiệt giảm đáng kể [3]. Trong các nghiên cứu trước đây cũng cho thấy nhiệt độ chuyển pha của hệ vật liệu manganite còn phụ thuộc vào bán kính ion trung bình vị trí A [2]. Theo đó, khi bán kính ion trung bình vị trí A lệch khỏi $\sim 1.245 \text{ \AA}$. Chính vì vậy việc thay thế ion khác vào vị trí Sr trong vật liệu manganite $\text{La}_{0.7}\text{Sr}_{0.3}\text{MnO}_3$ có hy vọng giảm nhiệt độ chuyển pha của vật liệu này về nhiệt độ phòng. Trong nghiên cứu này, chúng tôi trình bày các kết quả nghiên cứu về hiệu ứng từ nhiệt và các tham số cận chuyển pha khi thay thế Mg một phần cho Sr trong hệ vật liệu $\text{La}_{0.7}\text{Sr}_{0.3}\text{MnO}_3$.

¹ Giáo viên Trường Trung học phổ thông Dương Đình Nghệ, huyện Thiệu Hóa, Thanh Hóa

² Giảng viên khoa Kỹ thuật Công nghệ, Trường Đại học Hồng Đức

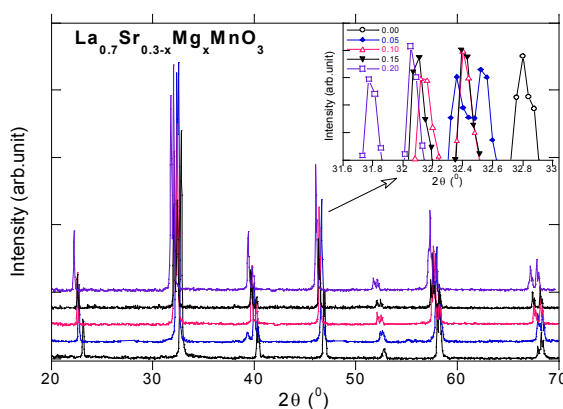
2. NỘI DUNG NGHIÊN CỨU

2.1. Thực nghiệm

Hệ mẫu $\text{La}_{0.7}\text{Sr}_{0.3-x}\text{Mg}_x\text{MnO}_3$ ($x = 0 - 0.20$) được chế tạo bằng phương pháp phản ứng pha rắn tại phòng thí nghiệm khoa Kỹ thuật Công nghệ, Trường Đại học Hồng Đức, Thanh Hóa. Các hóa chất ban đầu: La_2O_3 , SrCO_3 , MnO và MgO . Các hóa chất với độ tinh khiết 4N được nghiền trộn nhiều giờ trong cối mã nã, được nung sơ bộ ở nhiệt độ 1100°C trong 48 giờ và thiêu kết ở 1380°C trong 36 giờ. Các kết quả được kiểm tra bằng nhiễu xạ tia X cho thấy các mẫu đơn pha cấu trúc, đảm bảo các yêu cầu chất lượng cho các nghiên cứu tiếp theo. Các phép đo từ được thực hiện trên hệ đo PPMS-6000.

2.2. Kết quả và thảo luận

Hình 1 trình bày các kết quả nhiễu xạ tia X cho các mẫu được đo trong từ trường 100 Oe.

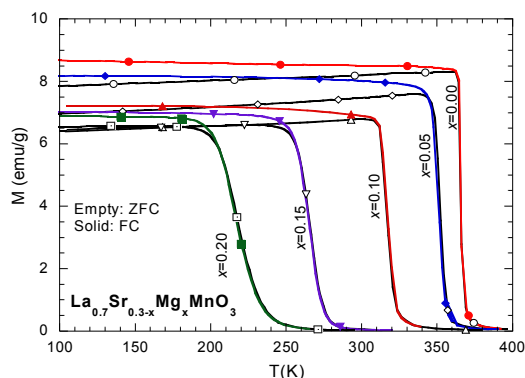


Hình 1. Phổ nhiễu xạ tia X của các mẫu $\text{La}_{0.7}\text{Sr}_{0.3-x}\text{Mg}_x\text{MnO}_3$

Từ kết quả nhiễu xạ tia X cho thấy tất cả các mẫu đều thể hiện các đỉnh đặc trưng của hệ perovskite với cấu trúc rhombohedral thuộc nhóm không gian R3c. Mặc dù có một vài công bố cho thấy cấu trúc của $\text{La}_{1-x}\text{Sr}_x\text{MnO}_3$ là hexagonal [4] nhưng nhiều công bố cho thấy cấu trúc của hệ này chuyển từ orthorhombic khi $x \leq 0.2$ đến rhombohedral thuộc nhóm R3c khi $x = 0.3$ [5,6]. Trong khi đó, có công trình lại cho rằng cấu trúc của $\text{La}_{0.7}\text{Sr}_{0.3}\text{MnO}_3$ là orthorhombic với nhóm không gian Pbnm thậm chí cả khi thay thế 30% Cu cho Mn [7]. Sự khác nhau về các kết quả công bố theo chúng tôi có thể là do sự khác nhau về công nghệ chế tạo như đã được quan sát trong một số công trình nghiên cứu tương tự [1,8].

Như có thể nhìn thấy trên hình 1, các đỉnh nhiễu xạ hầu như dịch về phía góc 2θ bé hơn khi thay thế Mg cho Sr (hình phụ nhỏ bên trên, góc phải) nhưng chưa thấy có sự thay đổi lớn về các đỉnh nhiễu xạ. Điều này có thể dự đoán là với nồng độ 20% Mg thay thế cho Sr cũng chưa làm thay đổi cấu trúc tinh thể của hệ, không có dấu hiệu nào chứng tỏ có chuyển pha cấu trúc. Kết quả này cũng đã được quan sát trên một số hệ tương tự ngay cả khi thay thế vào vị trí B [9, 10, 11]. Mặc dù vậy, tại góc $2\theta \sim 66.50$, mẫu $x=0$ tồn tại 1 đỉnh. Khi có mặt của Mg trong cấu trúc, đỉnh này trở thành đỉnh kép, nghĩa là có hai đỉnh rất sát nhau.

Sự tách nhau như thế cho thấy sự có mặt của Mg cũng đã làm cho ô mạng bị xô dịch và có thể gây ra méo mạng. Sự thay đổi về các thông số cấu trúc có thể nhận thấy qua dấu hiệu dịch các đỉnh nhiễu xạ khi thay thế Mg cho Sr trong cấu trúc. Điều này cho thấy đã có sự thay đổi các hằng số mạng dẫn đến sự thay đổi thể tích của ô mạng khi thay thế một phần Sr bởi Mg.



Hình 2. Sự phụ thuộc nhiệt độ của từ độ được đo ở chế độ ZFC (rỗng) và FC (đặc) trong từ trường $\mu_0H=100$ G của hợp chất $\text{La}_{0.7}\text{Sr}_{0.3-x}\text{Mg}_x\text{MnO}_3$

Hình 2 trình bày các kết quả đo từ độ phụ thuộc nhiệt độ của các mẫu $\text{La}_{0.7}\text{Sr}_{0.3-x}\text{Mg}_x\text{MnO}_3$ trong từ trường $\mu_0H=100$ G theo các chế độ làm lạnh có từ trường (FC) và làm lạnh không có từ trường (ZFC).

Có thể nhận thấy một điều là các mẫu đều thể hiện chuyển pha khá sắc nét, đặc biệt là với mẫu $x=0$. Nhiệt độ chuyển pha sắt từ - thuận từ được xác định từ cực tiểu của các đường phụ thuộc nhiệt độ của dM/dT và được chỉ ra là ~ 364 , 315 , 265 , và 216 K lần lượt cho các mẫu $x=0$, 0.05 , 0.10 , 0.15 và 0.20 .

Mẫu $x=0$ thể hiện chuyển pha sắt từ thuận từ tại $T_C \sim 364$ K, khá phù hợp với những kết quả nghiên cứu trước đây [1,3-5]. Khi thay thế Sr một phần bởi các Mg, nhiệt độ chuyển pha giảm đồng thời khoảng nhiệt độ xảy ra chuyển pha tăng lên. Sự suy giảm nhiệt độ cũng như sự mở rộng vùng chuyển pha khi thay thế một phần các nguyên tố cho vị trí Sr hay các kim loại kiềm thổ cho Mn trong hợp chất $\text{La}_{0.7}\text{Sr}_{0.3}\text{MnO}_3$ đều được quan sát trong các nghiên cứu trước đây [1, 3, 8].

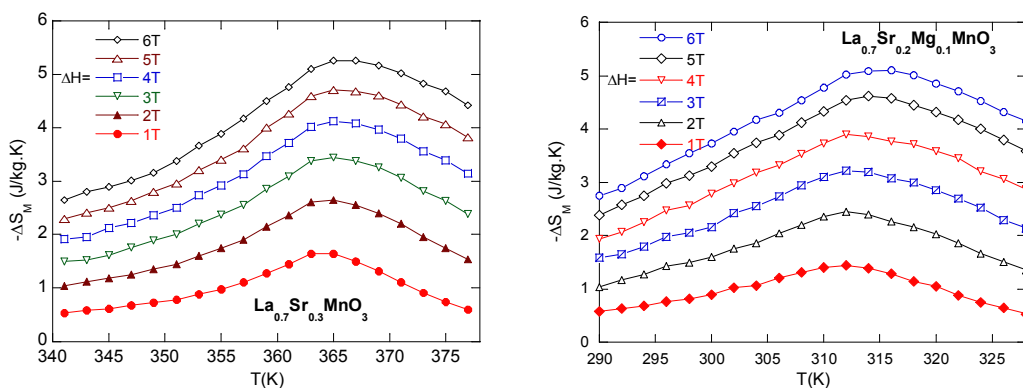
Sự suy giảm nhiệt độ chuyển pha được cho là do tương tác trao đổi kép (double exchange - DE) giữa các ion Mn^{3+} và Mn^{4+} thông qua O^{2-} bị suy giảm. Trong trường hợp này, Mg và Sr đều có cùng hóa trị trong cấu trúc nên khi Mg^{2+} được thay thế một phần cho Sr^{2+} thì tỉ phần $\text{Mn}^{4+}/\text{Mn}^{3+}$ vẫn duy trì giá trị tối ưu. Bán kính của Mg^{2+} (0.86 Å) bé hơn nhiều bán kính của Sr^{2+} (1.32 Å) đã có thể làm tăng sự méo mạng (distortion), làm cho góc liên kết Mn-O-Mn lệch nhiều khỏi 180° . Trong khi đó, sự nhảy của các electron e_g giữa các ion Mn^{4+} và Mn^{3+} thông qua O^{2-} phụ thuộc vào góc liên kết Mn-O-Mn. Sự lệch khỏi 180° của liên kết Mn-O-Mn khi thay thế một phần Mg cho Sr do đó đã làm giảm xác suất xảy ra tương tác trao đổi kép, làm giảm tính sắt từ của vật liệu.

Như chúng ta thấy sự thay đổi của từ độ theo nhiệt độ xảy ra mạnh nhất ở mẫu $x=0$ và suy giảm khi tăng nồng độ Mg thay thế cho Sr. Như vậy ngoài việc suy giảm nhiệt độ chuyển

pha, giá trị từ độ, tính chất chuyển pha cũng diễn ra ít quyết liệt hơn, đồng nghĩa với việc vùng nhiệt độ chuyển pha được mở rộng. Diễn biến của sự suy giảm khá phù hợp với diễn biến giảm của thừa số dung hạn và độ lệch khỏi giá trị trung bình bình phương của bán kính ion trung bình vị trí A. Sự mở rộng này cũng phù hợp với các phân tích ở trên. Theo đó, có sự tồn tại của các vùng phi sắt từ do góc liên kết Mn-O-Mn giảm, làm giảm (về thể tích) các vùng pha sắt từ [1]. Tuy nhiên vẫn tồn tại liên kết Mn-O-Mn nên khi nhiệt độ giảm, các liên kết này có thể xảy ra tương tác *DE* do sự suy giảm năng lượng kích thích nhiệt. Hơn nữa, có thể do các đám sắt từ vốn tồn tại trong vật liệu khi giảm nhiệt độ đã tạo ra trường nội tại, kích thích dần sự định hướng của các điện tử e_g để có thể tham gia vào tương tác *DE*. Kết quả là quá trình chuyển pha xảy ra trong khoảng nhiệt độ càng rộng khi càng có ít đám sắt từ bên trong vật liệu, nghĩa là khi tăng nồng độ Mg thay thế cho Sr. Sự mở rộng vùng nhiệt độ xảy ra chuyển pha cũng có ý nghĩa rất quan trọng trong ứng dụng. Các hiệu ứng như hiệu ứng từ trở khổng lồ, hiệu ứng từ nhiệt chỉ xảy ra mạnh nhất tại vùng nhiệt độ chuyển pha trong khi đó để ứng dụng vào thực tiễn thì đòi hỏi các hiệu ứng phải hiện hữu trong vùng nhiệt độ càng lớn càng tốt. Nếu không thì chỉ có ý nghĩa trong phòng thí nghiệm bởi khi đưa vào thực tiễn thì đòi hỏi thiết bị phải hoạt động trong môi trường mà nhiệt độ môi trường có thể thay đổi. Các kết quả này cũng phù hợp với sự phụ thuộc bán kính ion trung bình vị trí A [2].

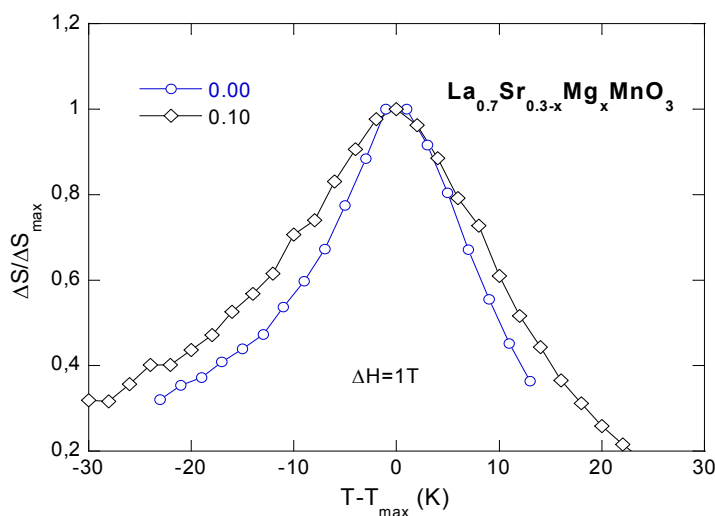
Một đặc trưng khác được quan sát đó là giá trị từ độ trong pha sắt từ ở 2 chế độ đo làm lạnh có từ trường và không có từ trường là khác nhau. Sự khác nhau này là một đặc trưng hết sức quan trọng cho thấy hiện tượng tách pha hay trạng thái thủy tinh đám (glassy cluster) hình thành trong pha sắt từ của vật liệu [1]. Theo đó, bên trong vật liệu không hoàn toàn đồng nhất ít nhất là về mặt pha từ tính mà thành nên những vùng pha từ khác nhau khi giảm nhiệt độ. Hiện tượng này không chỉ được quan sát trong các đa tinh thể mà ngay trong các đơn tinh thể, ở đó cấu trúc tinh thể là gần như lý tưởng [12, 13] được cho là hiện tượng tách pha trong vật liệu [1, 14].

Hình 3 trình bày các kết quả tính toán cho sự biến thiên entropy từ của các mẫu $x=0$ và $x=0.10$. Như có thể thấy trên hình vẽ, hiệu ứng từ nhiệt xuất hiện trong toàn dải nhiệt độ đo được. Tuy vậy, hiệu ứng lớn nhất tại lân cận nhiệt độ chuyển pha sắt từ - thuận từ.



Hình 3. Sự biến thiên entropy từ của hợp chất $\text{La}_{0.7}\text{Sr}_{0.3}\text{MnO}_3$ và $\text{La}_{0.7}\text{Sr}_{0.2}\text{Mg}_{0.1}\text{MnO}_3$ khi có sự thay đổi khác nhau của từ trường từ 1-6T

Mặc dù sự thay thế Mg cho Sr đã làm giảm hiệu ứng từ nhiệt nhưng chúng ta thấy nó đã kéo nhiệt độ xảy ra hiệu ứng về phía nhiệt độ phòng để có thể ứng dụng. Để xem xét ảnh hưởng của việc thay thế Mg cho Sr lên vùng nhiệt độ xảy ra hiệu ứng, sự phụ thuộc giá trị từ độ tương đối $\Delta S/\Delta S_{\max}$ khi có sự biến thiên từ trường 1 Tesla theo $\Delta T = T - T_{\max}$ (với $T_{\max}$ là nhiệt độ tại đó có cực đại biến thiên entropy từ) đã được xây dựng và trình bày trên hình 4.



Hình 4. Sự phụ thuộc biến thiên nhiệt độ của giá trị tương đối biến thiên entropy từ của các hợp chất $\text{La}_{0.7}\text{Sr}_{0.3}\text{MnO}_3$ và $\text{La}_{0.7}\text{Sr}_{0.2}\text{Mg}_{0.1}\text{MnO}_3$

Như có thể thấy, vùng nhiệt độ xảy ra hiệu ứng được mở rộng hơn. Sự mở rộng của vùng nhiệt độ này cũng sẽ làm tăng công suất làm lạnh của vật liệu [15]. Như vậy, sự thay thế Mg cho Sr mặc dù làm giảm nhẹ hiệu ứng nhưng đã đưa nhiệt độ xảy ra hiệu ứng về phía nhiệt độ phòng, đồng thời vùng nhiệt độ xảy ra hiệu ứng cũng được mở rộng và công suất làm lạnh có thể được cải thiện. Điều này rất có ý nghĩa trong việc tìm kiếm vật liệu có khả năng ứng dụng trong công nghệ làm lạnh bằng từ trường.

Như vậy, mặc dù độ lớn của hiệu ứng giảm chút ít nhưng ta thấy nhiệt độ xảy ra hiệu ứng đã được dịch về nhiệt độ phòng và đặc biệt là khoảng nhiệt độ xảy ra hiệu ứng được mở rộng. Điều này có ý nghĩa trong ứng dụng. Giá trị biến thiên entropy từ trong từ trường thay đổi 1 Tesla cũng rất gần với giá trị của mẫu $\text{La}_{0.95}\text{K}_{0.05}\text{MnO}_3$ [15] và cũng gần với các giá trị của các nghiên cứu trước đây [3, 8]. Khi tăng sự thay đổi của từ trường, ta thấy hiệu ứng từ nhiệt trở nên mạnh mẽ hơn. Tuy nhiên để có thể ứng dụng vào thực tiễn thì các giá trị cao của từ trường không được khuyến khích.

3. KẾT LUẬN

Hệ mẫu $\text{La}_{0.7}\text{Sr}_{0.3-x}\text{Mg}_x\text{MnO}_3$ được chế tạo bằng phương pháp phản ứng pha rắn. Các phân tích dựa trên phổ nhiễu xạ tia X cho thấy các mẫu đơn pha với cấu trúc rhombohedral thuộc nhóm R3c. Sự thay thế Mg cho Sr làm giảm hằng số mạng và tăng méo mạng. Các quan sát chưa thấy có sự thay đổi cấu trúc tinh thể cho đến 1/3 lượng Sr bị thay thế bởi Mg.

Sự thay thế Mg cho Sr làm giảm nhiệt độ chuyển pha sắt từ - thuận từ. Với nồng độ dự đoán $x=0.115$ chuyển pha này sẽ diễn ra tại nhiệt độ phòng. Mặc dù sự thay thế Mg có làm giảm từ tính của vật liệu và do đó làm giảm hiệu ứng từ nhiệt nhưng nhiệt độ xảy ra hiệu ứng dịch về phía nhiệt độ phòng khi nồng độ Mg đạt $x=0.11$. Đặc biệt là vùng nhiệt độ xảy ra hiệu ứng cũng như công suất làm lạnh được cải thiện. Điều này có ý nghĩa quan trọng trong định hướng ứng dụng trong kỹ thuật làm lạnh bằng từ trường.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Lê Viết Báu (2006), *Ảnh hưởng của việc thay thế một số nguyên tố cho Mn lên các tính chất điện từ của perovskite (La, Sr)MnO₃*, Luận án Tiến sĩ khoa học vật liệu, Viện Khoa học Vật liệu, viện Hàn Lâm Khoa học Việt Nam.
- [2] Kolat V. S., Esturk U., Izgi T., Gencer H., Atalay S., (2015), *The structural, magnetic and magnetocaloric properties of La_{0.67}Ca_{0.33-x}Mg_xMnO₃ (x = 0, 0.02, 0.05, 0.1, 0.2, 0.33) compounds*, J. Alloys Compd, 628, pp.1-7.
- [3] Lê Viết Báu, Nguyễn Mạnh An, Đào Nguyên Hoài Nam (2014), *Ảnh hưởng của việc thay thế Cu cho Mn lên các tham số trật tự và hiệu ứng từ nhiệt trong perovskite La_{0.7}Sr_{0.3}MnO₃*, Tạp chí Khoa học và Công nghệ, 52, 3B, tr. 159-165.
- [4] Hammouche A., Siebert E., Hammou A (1989), *Crystallographic, thermal and electrochemical properties of the system La_{1-x}Sr_xMnO₃ for high temperature solid electrolyte fuel cells*, Materials Research Bulletin, Volume 24, Issue 3, pp. 367-380.
- [5] Chakraborty A., Sujatha Devi P., Maiti H.S (1994), *Preparation of La_{1-x}Sr_xMnO₃ (0 ≤ x ≤ 0.6) powder by autoignition of carboxylate-nitrate gels*, Materials Letters, Volume 20, Issues 1-2, pp. 63-69.
- [6] Mukhin A. A., Ivanov V. Yu., Travkin V. D., Pimenov A., Loidl A. and Balbashov A. M. (2000), *Antiferromagnetic resonance in the canted phase of La_{1-x}Sr_xMnO₃: Experimental evidence against electronic phase separation*, EPL (Europhysics Letters), Volume 49, Number 4.
- [7] Nanto D., Yu S. C. (2016), *Relative cooling power of La_{0.7}Ca_{0.3}Mn_{1-x}Cu_xO₃ (0.0 ≤ x ≤ 0.03)*, International Journal of Technology 3: pp. 417-423.
- [8] Bau L. V., An N. M. (2016), *Magneto-electric properties and magnetic entropy change in perovskite La_{0.7}Sr_{0.3}Mn_{1-x}Ti_xO₃*, Journal of Magnetism and Magnetic Materials, 420, pp. 275-279.
- [9] Miller D. N., Irvine J. T. S (2011), *B-site doping of lanthanum strontium titanate for solid oxide fuel cell anodes*, Journal of Power Sources, Volume 196, Issue 17, pp. 7323-7327.
- [10] Mori M (2004), *Effect of B-site doing on thermal cycle shrinkage for La_{0.8}Sr_{0.2}Mn_{1-x}MxO_{3+δ} perovskites (M=Mg, Al, Ti, Mn, Fe, Co, Ni; 0 ≤ x ≤ 0.1)*, Solid State Ionics, Volume 174, Issues 1-4, pp. 1-8.
- [11] Niu J., Deng J., Lui W., Zhang L., Wang G., Dai H., He H., Xuehong (2007), *Nanosized perovskite-type oxides La_{1-x}Sr_xMO_{3-δ} (M = Co, Mn; x = 0, 0.4) for the catalytic removal of ethylacetate*, Catalysis Today, Volume 126, Issues 3-4, 30, pp. 420-429.

- [12] Hwang H. Y., Cheong S.-W., Ong N. P., and Batlogg B., (1996), *Spin-Polarized Intergrain Tunneling in $\text{La}_{2/3}\text{Sr}_{1/3}\text{MnO}_3$* , Phys. Rev. Lett. 77, pp. 2041 - 2044.
- [13] Li X. W., Gupta A., Xiao G. and Gong G. Q., (1997), *Low-field magnetoresistive properties of polycrystalline and epitaxial perovskite manganite films*, Appl. Phys. Lett. 71 (8), pp. 1124 - 1126.
- [14] Dagotto E., (2002), *Nanoscale Phase Separation and Colossal Magnetoresistance*, Springer-Verlag, Berlin Heidelberg New York.
- [15] Tran Dang Thanh, Dinh Chi Linh, Pham Duc Huyen Yen, Nguyen Thi Ha, Le Viet Bau, Vu Hong Ky, Hong-Guang Piao, Nguyen Manh An and Seong-Cho Yu (2016), *Second-order phase transition with coexistence of short- and long-range ferromagnetic order in $\text{La}_{1-x}\text{K}_x\text{MnO}_3$ compounds*, 3rd International Symposium on Frontiers in Materials Science 28-30 September, 2016, Hanoi - Vietnam.

INFLUENCE OF SUBSTITUTION MG FOR SR ON MAGNETIC PROPERTY OF THE PEROVSKITE $\text{La}_{0.7}\text{Sr}_{0.3-x}\text{Mg}_x\text{MnO}_3$

Nguyen Tuan Phuong, Le Viet Bau

ABSTRACT

The compounds of $\text{La}_{0.7}\text{Sr}_{0.3-x}\text{Mg}_x\text{MnO}_3$ ($x = 0-0.20$) have been fabricated by conventional solid state reaction. The structure is checked by X-ray diffraction. Magnetic properties have been explored using PPMS. The data shows that the substitution Mg for Sr decreases lattice parameters but the structure transition is not observed. This substitution also decreases FM-PM transition temperature toward room temperature for $x < 0.15$. Despite decreasing slightly magnetocaloric effect, the temperature that this locates effect shifts to room temperature. It is interesting that the temperature range in which existing this effect is broadened. Those have a potentia in cooling technology.

Keywords: Perovskite $\text{La}_{0.7}\text{Sr}_{0.3-x}\text{Mg}_x\text{MnO}_3$, magnetic property.