

Chế tạo và nghiên cứu quá trình tạo thành đơn pha perovskite trong hệ hợp chất $\text{La}_{1-x}\text{Sr}_x\text{CoO}_3$ ($x=0,1; 0,3; 0,5$)

Nguyễn Huy Sinh^{1*}, Vũ Văn Khải², Phạm Thế Tân³

¹Khoa Vật lý, Trường Đại học Khoa học Tự nhiên, Đại học Quốc gia Hà Nội

²Khoa Cơ khí Xây dựng, Trường Đại học Xây dựng

³Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật Hưng Yên

Ngày nhận bài 7/8/2018; ngày chuyển phản biện 10/8/2018; ngày nhận phản biện 12/9/2018; ngày chấp nhận đăng 17/9/2018

Tóm tắt:

Hệ hợp chất $\text{La}_{1-x}\text{Sr}_x\text{CoO}_3$ được chế tạo bằng phương pháp phản ứng pha rắn. Quá trình tạo thành đơn pha perovskite ABO_3 được nghiên cứu bằng các phép đo nhiễu xạ Ronghen (XPD) và nhiệt lượng kế vi phân quét (DSC) với hai hệ mẫu chế tạo (hệ mẫu I và II). Quá trình tạo thành đơn pha perovskite ABO_3 của hệ cobaltite được minh chứng bằng các kết quả xác định cấu trúc tinh thể của vật liệu, sự phân tích các giản đồ phân tích nhiệt vi sai (DTA) và độ giảm trọng lượng (TGA) của các hệ mẫu.

Từ khóa: chế tạo mẫu, phương pháp phản ứng pha rắn, quá trình tạo thành đơn pha perovskite ABO_3 .

Chỉ số phân loại: 2.5

Preparation and research of the process of single-phase perovskite formation in the system of $\text{La}_{1-x}\text{Sr}_x\text{CoO}_3$ ($x=0.1; 0.3; 0.5$) compound

Huy Sinh Nguyen^{1*}, Van Khai Vu², The Tan Pham³

¹Faculty of Physics, VNU University of Science

²Construction Mechanical Faculty, University of Civil Engineering

³Faculty of Basic Sciences, Hung Yen University of Technical Education

Received 7 August 2018; accepted 17 September 2018

Abstract:

The system of $\text{La}_{1-x}\text{Sr}_x\text{CoO}_3$ compound have been prepared by the solid state reaction method. The process of creating the single-phase perovskite ABO_3 have been studied by the X-ray Powder Diffraction (XPD) and Differential Scanning Colorimeter (DSC) measurements with two cobaltite systems I and II. The performed single phases of perovskite ABO_3 in these cobaltite compounds have been proved by the results on the determination of crystalline structure and the analysis diagrams of DTA and TGA.

Keywords: process of creating the single-phase perovskite ABO_3 , sample preparation, solid state reaction method.

Classification number: 2.5

Đặt vấn đề

Những năm gần đây, hợp chất cobaltite $\text{La}_{1-x}\text{Sr}_x\text{CoO}_3$, một trong các hệ vật liệu cấu trúc perovskite có nhiều tính chất đặc biệt đang được nhiều nhóm các nhà khoa học nghiên cứu. Bởi vì sự tồn tại cấu trúc bát diện ABO_3 tạo thành trường tinh thể bát diện với các tương tác tĩnh điện giữa ion kim loại B ở tâm và các ion ô xy ở đỉnh bát diện đã gây nên một loạt các hiện tượng đặc biệt như: khi không pha tạp, chúng là các điện môi phản sắt từ; khi pha tạp Sr cho La, trong hợp chất hình thành trạng thái spin thủy tinh ở nồng độ pha tạp $x < 0,18$, hoặc đám thủy tinh từ ở nồng độ $x > 0,18$. Nguyên nhân chính gây nên các tính chất đặc biệt như: chuyển pha kim loại - điện môi (MT-IS), chuyển pha sắt từ - thuận từ (FM-PM), các hiệu ứng từ nhiệt khổng lồ (CMR) và méo mạng Jahn - Teller (J-T) trong hệ hợp chất này là do khi thay thế các ion Sr^{2+} cho La^{3+} thì một phần ion Co^{3+} chuyển thành Co^{4+} để đảm bảo trung hòa điện tích. Kéo theo đó, ngoài tương tác siêu trao đổi (SE) phản sắt từ (AF) của các ion Co cùng hóa trị, còn tồn tại các tương tác trao đổi kép (DE) sắt từ (FM) của các ion Co khác hóa trị. Sự đồng tồn tại và cạnh tranh của các tương tác này quyết định tính chất từ và tính chất dẫn của vật liệu. Hơn nữa, vì Co là nguyên tố có nhiều trạng thái spin (trạng thái spin thấp - LS, trạng thái spin cao - HS) cũng góp phần làm thay đổi các tính chất vật lý của vật liệu. Nhiều bằng chứng thực nghiệm cho thấy, những triển vọng ứng dụng to lớn của các vật liệu cấu trúc perovskite ABO_3 trong các lĩnh vực điện tử, công nghệ thông tin, tự động hóa và máy lạnh [1-3].

Bài báo này trình bày một số kết quả nghiên cứu về phương pháp chế tạo mẫu và quá trình tạo thành đơn pha perovskite ABO_3 trong hệ hợp chất cobaltite $\text{La}_{1-x}\text{Sr}_x\text{CoO}_3$ với $x=0,10; 0,30$ và $0,50$.

*Tác giả liên hệ: Email: nghsinh@yahoo.com

Vật liệu và phương pháp nghiên cứu

Các mẫu có thành phần danh định $\text{La}_{1-x}\text{Sr}_x\text{CoO}_3$ ($x=0,10; 0,30; 0,50$) được chế tạo bằng phương pháp phản ứng pha rắn. Các bột oxit và muối (La_2O_3 , SrCO_3 , CoO_3) có độ sạch pha 3N-4N, được tính toán và cân theo hợp thức danh định. Hỗn hợp được nghiền, trộn trong cối mã nã khoảng 2-3 giờ, sau đó ép bột thành các viên mẫu có đường kính cỡ 20 mm và có độ dày 1-1,5 mm với áp suất $p=4 \text{ T/cm}^2$. Các viên mẫu được chia thành 2 phần: phần 1 (gọi tắt là hệ mẫu I) và phần 2 (gọi tắt là hệ mẫu II).

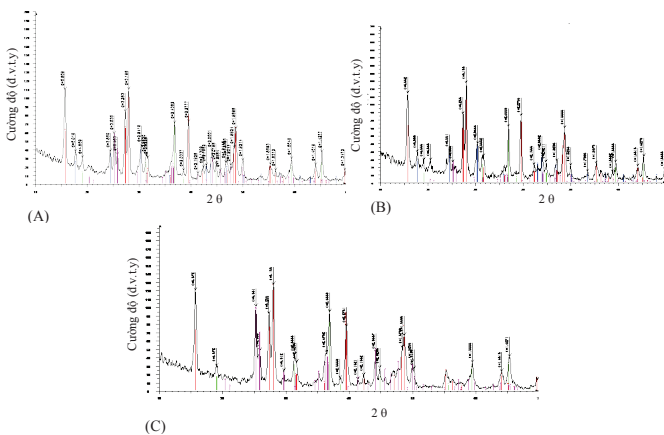
Hệ mẫu I: bao gồm các mẫu được ép thành viên sau khi nghiền, trộn thành phần hỗn hợp các ô xít. Các viên mẫu này được đưa vào nghiên cứu quá trình tạo thành đơn pha perovskite ABO_3 thông qua phép đo nhiễu xạ bột Ronghen (XPD) ở nhiệt độ phòng và phép đo DSC trong vùng nhiệt độ từ 30 đến 1.200°C .

Hệ mẫu II: bao gồm các viên mẫu như hệ mẫu I được đưa vào lò nung trong không khí theo quá trình sau: sấy khô mẫu từ 30 đến 400°C trong 2-3 giờ, sau đó nung sơ bộ ở 900°C trong 24 giờ và để nguội theo lò. Để làm tăng mật độ mẫu, các viên mẫu được nghiền lại khoảng 2 giờ và ép thành viên như trước. Sau khi nung sơ bộ ở 800°C trong 4 giờ, mẫu được nung thiêu kết ở nhiệt độ 1.100°C trong 48 giờ. Ủ mẫu ở 650°C trong 24 giờ và để nguội theo lò đến nhiệt độ phòng. Các mẫu được nghiên cứu thông qua các phép đo nhiễu xạ bột Ronghen (XPD) để xác định cấu trúc vật liệu và phép đo DSC để làm đối chứng.

Kết quả và thảo luận

Nghiên cứu giản đồ nhiễu xạ Ronghen (XPD) của hệ mẫu I và II

So sánh giản đồ XPD của các hệ mẫu I và II: hình 1 là giản đồ nhiễu xạ bột Ronghen (XPD) của các mẫu $\text{La}_{1-x}\text{Sr}_x\text{CoO}_3$ ứng với $x=0,10; 0,30$ và $0,50$ ở nhiệt độ phòng của hệ mẫu I. Từ giản đồ Ronghen cho thấy rằng các đỉnh nhiễu xạ thu được phần lớn là đỉnh của các chất $\text{La}(\text{OH})_3$, CoO_3 và SrCO_3



Hình 1. Giản đồ Ronghen của hệ mẫu I: (A) $x=0,10$; (B) $x=0,30$; (C) $x=0,50$.

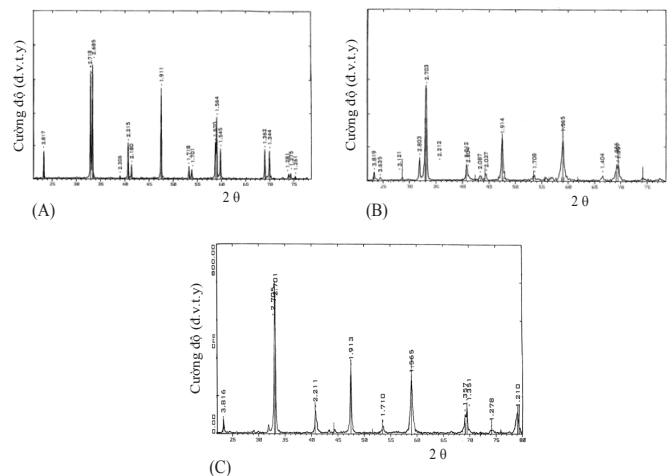
Các đỉnh nhiễu xạ này không thể làm khớp với cấu trúc tinh thể của bất kỳ hợp chất nào thuộc nhóm perovskite ABO_3 . Như vậy, sau khi nghiền và trộn các bột oxit và muối theo hợp thức danh định mà chưa xử lý nhiệt mẫu vẫn ở dạng hỗn hợp các oxit và muối mà chưa hình thành các pha trong hợp chất có cấu trúc xác định.

Hình 2 là giản đồ nhiễu xạ bột Ronghen (XPD) của hệ mẫu II, $\text{La}_{1-x}\text{Sr}_x\text{CoO}_3$ ứng với $x=0,10; 0,30$ và $0,50$ ở nhiệt độ phòng khi đã xử lý nhiệt để tạo thành hợp chất perovskite ABO_3 . Các mẫu phân tích XPD sử dụng bức xạ Cu-K_α với bước sóng $\lambda=1,5418 \text{ \AA}$.

Trên giản đồ XPD thấy có 7 đỉnh nhiễu xạ chính được làm khớp với các đỉnh của vật liệu perovskite ABO_3 . Các đỉnh chính này có cường độ khác nhau được tạo thành xung quanh các góc 2θ là: 23 đến 24° ; 33 đến 34° ; 40,5 đến $41,5^\circ$; 47 đến 48° ; 53 đến 54° ; 59 đến 60° và 69 đến 70° .

Từ các giản đồ XPD, nhận thấy khi nồng độ Sr thay thế cho La trong các mẫu tăng lên đã làm thay đổi vị trí hoặc cường độ các đỉnh nhiễu xạ chính.

Ngoài ra, trên giản đồ XPD của các mẫu xuất hiện một vài đỉnh phụ có cường độ rất nhỏ và các tín hiệu thu được cách xa vạch chuẩn. Có thể cho rằng đó là dấu hiệu tồn tại pha lạ mà tỷ phần của nó so với các pha chính có thể bỏ qua.



Hình 2. Giản đồ nhiễu xạ bột Ronghen của hệ mẫu II khi tạo thành pha cấu trúc perovskite ABO_3 : (A) $x=0,10$; (B) $x=0,30$; (C) $x=0,50$.

Sự thay đổi các hằng số mạng theo nồng độ pha tạp Sr trong hệ mẫu II: so với bảng chuẩn cấu trúc perovskite ABO_3 , chúng tôi thu được hệ mẫu II có cấu trúc trực thoi (orthorhombic). Các giá trị hằng số mạng được xác định bằng công thức Vulg-Bragg [4]. Sử dụng công thức tính các hằng số mạng với các chỉ số Miller và d thu được trên giản đồ theo phương trình:

$$\frac{1}{d^2} = \frac{h^2}{a^2} + \frac{k^2}{b^2} + \frac{l^2}{c^2} \quad (1)$$

Bảng 1 là giá trị các hằng số mạng của hệ mẫu được xác định theo công thức (1).

Bảng 1. Các hằng số mạng của hệ $\text{La}_{1-x}\text{Sr}_x\text{CoO}_3$ ($x=0,0; 0,1; 0,3; 0,5$) thay đổi theo nồng độ pha tạp Sr.

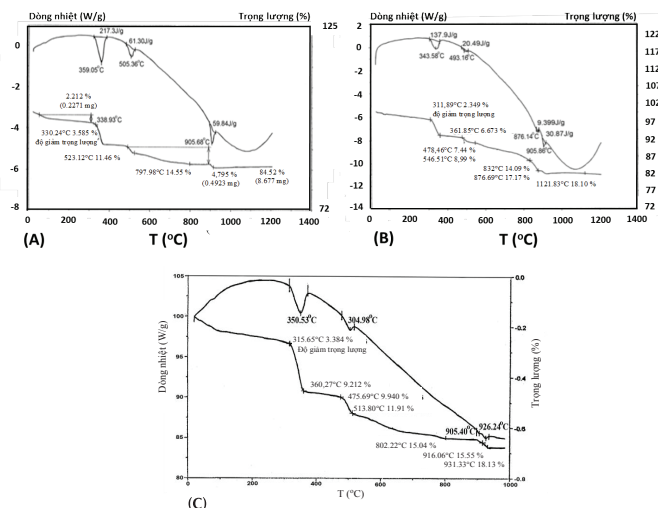
x	a (Å)	b (Å)	c (Å)	V (Å) ³
0,0	5,442	5,442	13,093	387,750
0,1	5,428	5,436	13,212	389,841
0,3	5,425	5,426	13,258	390,263
0,5	5,421	5,414	13,350	391,813

Sự phụ thuộc của các hằng số mạng a, b và c vào nồng độ pha tạp Sr trong bảng 1 được so sánh với hằng số mạng của mẫu không pha tạp từ [5]. Nhận thấy rằng mẫu không pha tạp LaCoO_3 có cấu trúc trực thoi với các giá trị $a=b$. Khi pha tạp Sr vào vị trí La thì các hằng số mạng a giảm nhẹ, hằng số mạng b giảm mạnh hơn, còn giá trị các hằng số mạng c tăng mạnh theo nồng độ pha tạp Sr so với mẫu không pha tạp ($x=0$). Bảng 1 còn cho thấy trong các mẫu pha tạp, thể tích ô cơ sở (V) tăng dần theo nồng độ Sr.

Chúng tôi cho rằng, khi các nguyên tử Sr chiếm vị trí La đã xảy ra sự méo mạng trong hợp chất. Tuy nhiên sự méo mạng này chưa đủ làm thay đổi cấu trúc của vật liệu. Sự gia tăng thể tích ô cơ sở có thể giải thích như sau: bán kính các ion $r_{\text{ion}}(\text{Sr}^{2+})=1,20 \text{ Å}$ và bán kính các ion $r_{\text{ion}}(\text{La}^{3+})=1,061 \text{ Å}$, nghĩa là bán kính các ion Sr^{2+} lớn hơn bán kính các ion La^{3+} , do đó khi nồng độ pha tạp Sr tăng lên thì thể tích ô cơ sở cũng tăng lên. Điều này có thể cho là nguyên nhân gây nên sự méo mạng Jahn-Teller bởi quá trình dẫn mạng tinh thể khi các nguyên tử Sr chiếm vị trí của La trong $\text{La}_{1-x}\text{Sr}_x\text{CoO}_3$.

Nghiên cứu quá trình hình thành pha trong hệ $\text{La}_{1-x}\text{Sr}_x\text{CoO}_3$ bằng phép đo DSC

Nghiên cứu DTA và TGA của hệ mẫu I: quá trình hình thành pha perovskite ABO_3 trong hệ $\text{La}_{1-x}\text{Sr}_x\text{CoO}_3$ được nghiên cứu bằng phép đo DSC thông qua các giản đồ DTA và TGA của các mẫu trong vùng nhiệt độ từ nhiệt độ phòng đến 1.200°C . Hình 3 là giản đồ DTA và TGA của hệ mẫu I.



Hình 3. Giản đồ DTA và TGA của hệ mẫu I (A, B, C ứng với $x=0,10; 0,30; 0,50$).

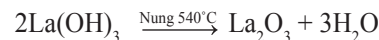
Từ hình 3 cho thấy, giản đồ DTA của mẫu $x=0,10$ có 3 đỉnh thu nhiệt ứng với các nhiệt độ đỉnh 1 từ 350 đến 390°C , đỉnh 2 từ 480 đến 540°C , đỉnh 3 từ 859 đến 950°C (hình 3A). Ở các mẫu $x=0,3$ và $x=0,5$ đều xuất hiện 3 đỉnh thu nhiệt chính và đỉnh phụ thứ 4 ứng với các nhiệt độ đỉnh 1 từ 320 đến 385°C , đỉnh 2 từ 485 đến 540°C , đỉnh 3 từ 880 đến 940°C , đỉnh 4 từ 920 đến 940°C (hình 3B và 3C).

Từ giản đồ DTA, các giá trị năng lượng nhiệt E_i ($i=1, 2, 3$, và 4) mà mẫu thu vào để tạo thành pha ứng với các nhiệt độ t_i tại các đỉnh 1, 2, 3 và 4 của các mẫu đã được xác định. Giá trị thực nghiệm cho thấy rằng: các giá trị E_i và t_i đều giảm dần theo sự gia tăng của nồng độ pha tạp Sr trong hợp chất. Bảng 2 đưa ra các giá trị E_i và t_i thu được từ giản đồ DTA.

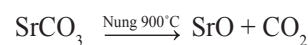
Bảng 2. Các giá trị E_i và t_i tương ứng trong hệ mẫu I xác định được từ giản đồ DTA.

Hệ mẫu $\text{La}_{1-x}\text{Sr}_x\text{CoO}_3$								
Mẫu x	Đỉnh 1		Đỉnh 2		Đỉnh 3		Đỉnh 4	
	ΔE_1 (J/g)	t°C	ΔE_2 (J/g)	t°C	ΔE_3 (J/g)	t°C	ΔE_4 (J/g)	t°C
0,1	233,3	355,83	66,20	514,29	75,49	905,99		
0,3	230,40	353,23	56,10	508,44	30,10	904,70	45,20	926,24
0,5	225,69	350,53	44,80	504,99	15,19	903,40	30,30	925,24

Có thể giải thích sự xuất hiện các đỉnh thu nhiệt trên đường cong DTA như sau: đỉnh thu nhiệt thứ nhất là do sự bốc bay hơi nước có trong vật liệu ở môi trường nhiệt độ phòng. Đỉnh thứ hai là quá trình giải phóng hơi nước từ các biên hạt và sự phân hủy của các phân tử La ngậm nước $\text{La}(\text{OH})_3$ theo phản ứng [6]:



Đỉnh thứ 3 và thứ 4 có thể liên quan đến quá trình phân hủy muối SrCO_3 trong hợp chất theo phản ứng thu nhiệt là:



Như vậy đỉnh thu nhiệt thứ 3 và thứ 4 có thể chỉ là quá trình giải phóng trong hợp chất để tạo thành đơn pha perovskite ABO_3 với cấu trúc trực thoi đã thu được như giản đồ XPD.

Từ giản đồ DTA (hình 3), chúng tôi xác định được độ giảm trọng lượng Δm_1 , Δm_2 và Δm_3 của hệ mẫu I phụ thuộc nồng độ pha tạp Sr sau mỗi lần xuất hiện các đỉnh thu nhiệt. Kết quả được trình bày trong bảng 3.

Bảng 3. Độ giảm trọng lượng của hệ mẫu I tại các đỉnh thu nhiệt (t_i).

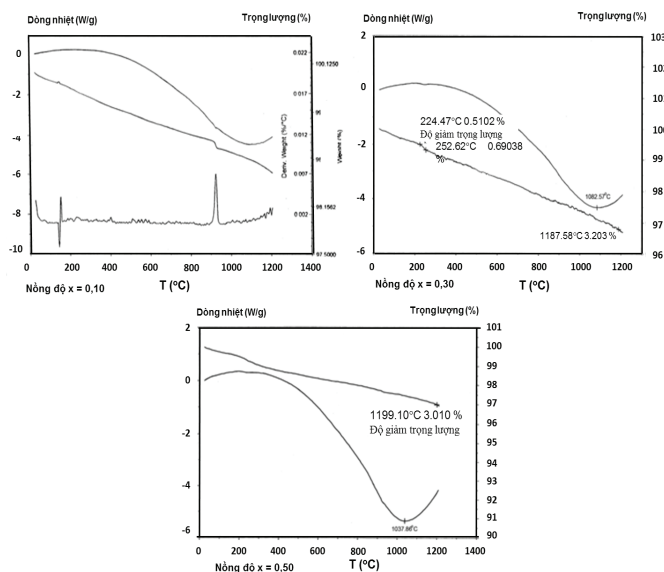
TGA $\text{La}_{1-x}\text{Sr}_x\text{CoO}_3$					
Mẫu pha tạp (x)	Đỉnh 1 (Δm_1)	Đỉnh 2 (Δm_2)	Đỉnh 3 (Δm_3)	Đỉnh 4 (Δm_4)	Mẫu tạo thành (%)
0,1	2,393%	11,74%	1,532%		84,68%
0,3	2,350%	8,99%	1,409%	17,17%	82,82%
0,5	3,384%	9,940%	1,555%	16,13%	83,87%

Bảng 3 cho thấy, tại các đỉnh thu nhiệt thứ 1, thứ 2, thứ 3 của mẫu $\text{La}_{1-x}\text{Sr}_x\text{CoO}_3$ với $x=0,1; 0,3; 0,5$ có các giá trị Δm_1 ,

Δm_2 và Δm_3 tăng, giảm theo nồng độ Sr không theo quy luật. Ở các mẫu $x=0,3$ và $x=0,5$ xuất hiện đỉnh thu nhiệt thứ 4. Ở đỉnh này độ giảm trọng lượng của mẫu $x=0,50$ giảm so với mẫu $x=0,30$.

Chúng tôi cho rằng nguyên nhân của sự giảm trọng lượng ở các đỉnh khi nhiệt độ tăng có liên quan đến nhiệt độ nóng chảy của các nguyên tố La và Sr. Nhiệt độ nóng chảy của Sr là $T_{nc}(Sr)=769^\circ C$, còn của La là $T_{nc}(La)=920^\circ C$. Có thể thấy rằng càng ở nhiệt độ cao, với các mẫu có x lớn thì lượng Sr bốc bay càng lớn. Vì thế độ giảm trọng lượng của các mẫu có thể tăng theo nồng độ Sr khi nhiệt độ tăng lên.

Nghiên cứu giản đồ DTA và TGA của hệ mẫu II: hình 4 là giản đồ DTA và TGA của hệ mẫu II đã được phép đo XPD xác nhận là có cấu trúc perovskite trực thoi đơn pha thuộc loại ABO_3 . Từ các giản đồ DTA và TGA nhận thấy các đường cong DTA đều trơn nhẵn, không xuất hiện các đỉnh thu nhiệt trong vùng $t < 1.000^\circ C$ mà chỉ xuất hiện đỉnh thu nhiệt ở (t_r) trong vùng $1.000^\circ C < t_r < 1.100^\circ C$.



Hình 4. Giản đồ DTA và TGA của hệ mẫu II.

Bảng 4. Độ giảm trọng lượng của hệ mẫu II tại t_r .

x	$\Delta m(\%)$	$(t_r)^\circ C$
0,10	3,100	1.062,30
0,30	3,203	1.082,57
0,50	3,203	1.082,57

Chúng tôi cho rằng, t_r chính là nhiệt độ phân rã pha perovskite ABO_3 của mẫu, bởi vì ở nhiệt độ $t > t_r$ mẫu bị phá hủy vì nóng chảy.

Các giản đồ trong hình 4 còn cho thấy, đồ thị độ giảm trọng lượng TGA của tất cả mẫu đều là một đường thẳng khi tăng nhiệt độ từ 30 đến $1.200^\circ C$ và độ giảm trọng lượng của mẫu $\Delta m(\%)$ tại các nhiệt độ phân rã pha (t_r) của các mẫu gần như

không thay đổi theo nồng độ Sr. Độ giảm trọng lượng của hệ mẫu II và nhiệt độ phân rã pha perovskite ABO_3 (t_r) được thống kê trong bảng 4.

Nhận thấy rằng nhiệt độ phân rã pha perovskite ABO_3 (t_r) và độ giảm trọng lượng $\Delta m(\%)$ của mẫu $x=0,10$ nhỏ hơn, còn với các mẫu $x=0,30$ và $x=0,50$ thì có nhiệt độ t_r và $\Delta m(\%)$ gần như không thay đổi và có giá trị lớn hơn so với mẫu $x=0,10$. Có thể cho rằng ở nhiệt độ t_r cao hơn, các thành phần hợp chất có khả năng bốc cháy tạo thành khí CO_2 giải phóng khỏi hợp chất, cho nên giá trị $\Delta m(\%)$ cũng lớn hơn.

Kết luận

Bằng công nghệ phản ứng rắn, chúng tôi đã chế tạo được hệ vật liệu $La_{1-x}Sr_xCoO_3$ ($x=0,10; 0,30; 0,50$) đơn pha có cấu trúc trực thoi thuộc loại perovskite ABO_3 . Nghiên cứu cấu trúc tinh thể bằng XPD cho thấy, các hằng số mạng a, b giảm dần, còn hằng số mạng c và thể tích ô cơ sở của mẫu tăng theo nồng độ pha tạp Sr trong hợp chất. Bằng phép đo DTA và TGA đã xác định được nhiệt độ tạo thành đơn pha perovskite ABO_3 trong khoảng 920 đến $1.100^\circ C$ và 3 đỉnh thu nhiệt trong vùng $t < 920^\circ C$. Đỉnh thứ 1 là sự bốc bay hơi nước, đỉnh thứ 2 là sự phân hủy $La(OH)_2$ và đỉnh thứ 3 là sự giải phóng CO_2 từ sự phân hủy muối $SrCO_3$. Độ giảm trọng lượng (Δm) của các mẫu phụ thuộc nồng độ pha tạp (Sr) tại các đỉnh thu nhiệt không theo quy luật. Nhiệt độ phân rã pha perovskite ABO_3 (t_r) xảy ra trong vùng nhiệt độ $1.000^\circ C < t_r < 1.200^\circ C$. Độ giảm trọng lượng của các mẫu $x=0,30$ và $0,50$ tại t_r gần như không thay đổi và không phụ thuộc vào nồng độ pha tạp Sr.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] M. Itoh, I. Natori, S. Kubota and K. Motoya (1994), "Spin-Glass Behavior and Magnetic Phase Diagram of $La_{1-x}Sr_xCoO_3$ ($0 \leq x \leq 0,5$) Studied by Magnetization Measurement", *J. Phys. Soc. of Japan*, **63**, pp.1486-1490.
- [2] J.H. Van Santes and G.H. Jonker (1950), "Electrical conductivity of ferromagnetic compounds of manganese with perovskite structure", *Physica*, **16**, pp.599-600.
- [3] C.N.R. Rao and Raveau (1998), *Colossal Magnetoresistance, Charge Ordering and Related Properties of Manganese Oxides*, World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd, Singapore - New Jersey - London - Hongkong, pp.1-279.
- [4] Charles Kittel (1985), *Introduction to Solid State Physics, Sixth Edition, Chapter 2. Reciprocal Lattice*, Printed in Unites States of Amerca, pp.29-50.
- [5] Nguyễn Huy Sinh, Nguyễn Phú Thủy, Hoàng Ngọc Thành, Hoàng Đức Quang (2000), "Hiệu ứng từ nhiệt trong hệ hợp chất $La_{1-x}Sr_xCoO_3$ ", *Tuyển tập Hội nghị khoa học Trường Đại học Khoa học Tự nhiên, Đại học Quốc gia Hà Nội*, pp.85-89.
- [6] Van Tuan Chu, Nhan Ba Dam, The Tan Pham, Huy Sinh Nguyen (2015), "Study of the creation of perovskite ABO_3 phase in surplus - Lantan $La_{2-x}Sr_xCoO_3$ compoundo by differential Scanning Calorimeter Measurement", *Journal of Science and Technology*, **6(6)**, pp.90-95.