

TỔNG HỢP NANO COBALT OXIDE BẰNG PHƯƠNG PHÁP THỦY NHIỆT VÀ ỨNG DỤNG LÀM CẢM BIẾN KHÍ

Phan Thị Kim Thư, Lê Thị Hòa, Nguyễn Hải Phong*

Trường Đại học Khoa học, Đại học Huế

*Email: nghaiiphong62@gmail.com; nhphong@hueuni.edu.vn

Ngày nhận bài: 17/01/2020; ngày hoàn thành phản biện: 6/02/2020; ngày duyệt đăng: 02/4/2020

TÓM TẮT

Trong bài báo này, tổng hợp cobalt oxide dạng cầu rỗng bằng cách nung các khuôn carbon cầu điều chế từ glucose đã được trình bày. Các vật liệu được đặc trưng bằng hiển vi điện tử quét (SEM), nhiễu xạ tia X (XRD), đẳng nhiệt hấp phụ nitrogen. Kết quả cho thấy, sản phẩm là các oxide cầu rỗng có đường kính từ 300-400 nm. Cobalt oxide có tính chất nhạy khí với CO, H₂ và NH₃ từ nhiệt độ 150 đến 350 °C. Tính chất nhạy khí của cobalt oxide được khảo sát ở các nồng độ khác nhau của CO, H₂ và NH₃. Cobalt oxide cho kết quả cảm biến tốt đối với CO ở 250 °C; NH₃ ở 300 °C ở nồng độ 200 ppm và 100 ppm. Độ nhạy khí đối với H₂ ít thay đổi khi nồng độ tăng từ 250 ppm đến 500 ppm.

Từ khóa: Cobalt oxide, NH₃, H₂, CO, cảm biến khí.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Vật liệu nano oxide kim loại hình thái cầu được ứng dụng rộng rãi vào nhiều lĩnh vực như xúc tác, cảm biến khí, dẫn thuốc và khống chế sự nhà thuốc [13].

Phát hiện và định lượng các loại khí trong không khí với chi phí thấp đang trở nên quan trọng cho sức khỏe, an toàn của con người cũng như đến hiệu quả năng lượng và kiểm soát khí thải. Trong số đó, cảm biến dựa trên chất bán dẫn là vật liệu nano được sử dụng rộng rãi nhất. Trong số các vật liệu nano, vật liệu cảm biến khí loại *n* như là TiO₂ [2], Fe₂O₃ [7] và SnO₂ [1]... đã được nhiều nhà khoa học quan tâm. Trái lại với vật liệu cảm biến loại *n* thì vật liệu cảm biến loại *p* như NiO, CuO, Co₃O₄, Cr₂O₃, Mn₃O₄ chưa được quan tâm nghiên cứu và các công bố về vật liệu cảm biến này chỉ mới là bước đầu. Vì vậy chúng tôi đã nghiên cứu khảo sát tính nhạy khí CO, H₂ và NH₃ của vật liệu Co₃O₄ tổng hợp có hình thái cầu khi sử dụng khuôn carbon cầu.

2. THỰC NGHIỆM

Các nguyên liệu bao gồm glucose ($C_6H_{12}O_6.H_2O$, tinh khiết phân tích); Muối cobalt (II) nitrate ($Co(NO_3)_2.6H_2O$, tinh khiết phân tích) được mua từ Hãng Merck, Đức. Ethanol (C_2H_5OH) được mua từ Hãng Guangzhou, Trung Quốc.

Tổng hợp khuôn cầu carbon bằng phương pháp thủy nhiệt glucose ở 185 °C trong 8 giờ theo tài liệu [8].

Vật liệu nano oxide cobalt hình cầu rỗng được tổng hợp bằng phương pháp thủy nhiệt gián tiếp dựa theo tài liệu tham khảo [8] như sau: Hòa tan 0,24 g carbon cầu tổng hợp trong 80 mL nước cất, thêm tiếp 1,2 g muối $Co(NO_3)_2.6H_2O$, khuấy đều ở nhiệt độ phòng sau đó đưa hỗn hợp vào bình Teflon đậy kín, thủy nhiệt ở 185 °C trong 8 giờ. Sản phẩm được lọc, rửa bằng nước và etanol vài lần, sấy ở 80 °C trong 6 giờ và nung 550 °C trong 5 giờ để loại template carbon thu được nano oxide cobalt dạng cầu rỗng.

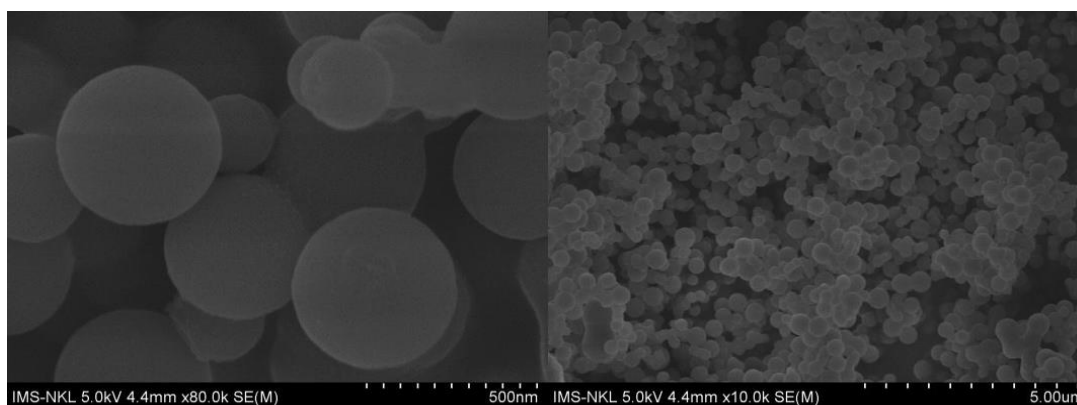
Thành phần pha tinh thể được nghiên cứu bằng nhiễu xạ tia X được ghi trên máy D8-Advance, Bruker dùng tia phát xạ Cu $K\alpha$ với $\lambda = 1,5406 \text{ \AA}$. Ảnh SEM được ghi trên máy SEM JMS-5300LV (Nhật) ở 10 kV. Phổ XPS được ghi trên phổ kế ESCA Lab 250 (Thermo Scientific Corporation) với một nguồn tia X đơn sắc của Al $K\alpha$ (1486,6 eV). Diện tích bề mặt riêng được xác định bằng đẳng nhiệt hấp phụ và khử hấp phụ nitơ thực hiện trên máy Micromeritics ASAP 2020. Phân tích định tính bằng phổ hồng ngoại (IR) trên máy TENSOR 37.

Đo độ nhạy khí: hòa tan vật liệu Co_3O_4 tổng hợp trong ethanol rồi dùng micropipet nhỏ phủ trên điện cực rỗng lọc. Sau đó ủ ở 600 °C trong 5 giờ. Khí đo là CO , H_2 và NH_3 có nồng độ khảo sát trong khoảng 1 ppm – 500 ppm ở nhiệt độ 200 °C, 250 °C, 300 °C, 350 °C. Tốc độ dòng khí đo và không khí được giữ không đổi là 200 ($cm^3/phút$). Thời gian đo của mỗi nồng độ khí là khoảng 200 giây để tương tác khí với bề mặt điện cực đạt trạng thái bão hòa. Độ nhạy khí S của bán dẫn loại p được xác định $S = R_g/R_a$, với R_g , R_a tương ứng là điện trở của khí cần đo và của không khí [6]. Điện trở được ghi tự động khi đưa khí vào bởi chương trình phần mềm Keithley của máy tính được kết nối với máy đo.

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

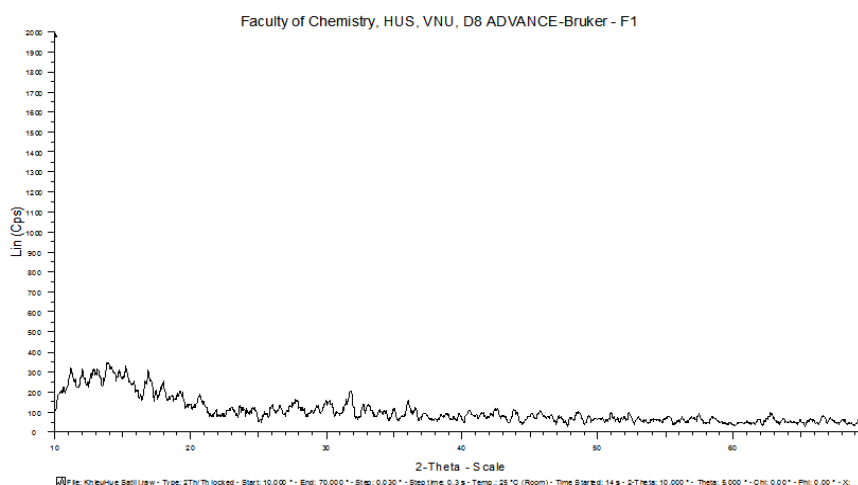
3.1. Tổng hợp khung carbon

Ảnh SEM ở Hình 1 cho thấy carbon tổng hợp là những quả cầu tương đối đồng đều, bề mặt nhẵn với đường kính khoảng từ 200 đến 300 nm.



Hình 1. Ảnh SEM của carbon cầu.

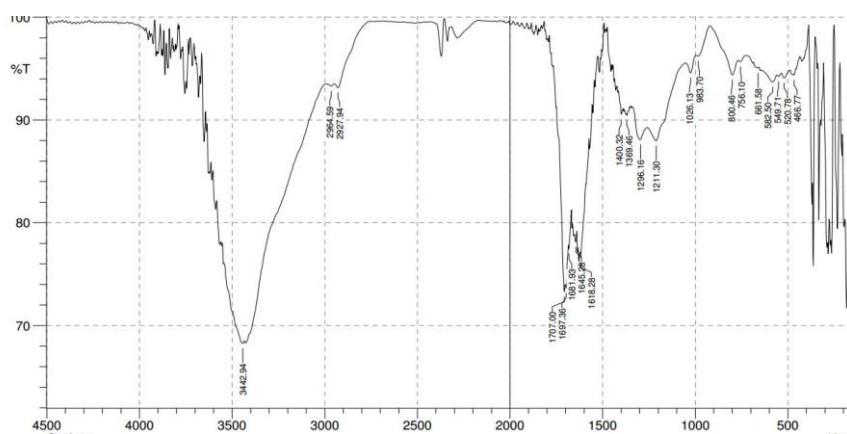
Giải đồ nhiễu xạ tia X hình 2 cho thấy nano carbon tổng hợp ở dạng vô định hình



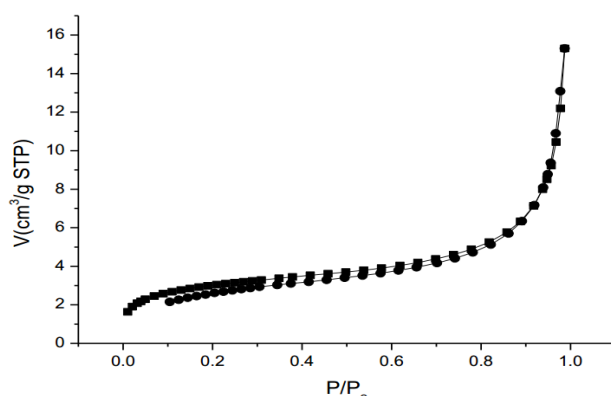
Hình 2. Giải đồ XRD của carbon cầu tổng hợp.

Phổ hồng ngoại IR (Hình 3) dùng để xác định sự có mặt các nhóm chức của carbon cầu tổng hợp. Dải hấp thụ ở số sóng 1707 cm^{-1} và 1618 cm^{-1} tương ứng với dao động của nhóm $\text{C}=\text{O}$ và $\text{C}=\text{C}$ được cho ở vòng thơm của glucose. Dải hấp thụ ở số sóng $1400 - 1026\text{ cm}^{-1}$ là do dao động hóa trị của nhóm $\text{C}-\text{OH}$ và dao động biến dạng của nhóm OH điều đó có nghĩa là tồn tại một số lượng lớn nhóm hydroxyl trong sản phẩm carbon cầu tổng hợp [8], [9].

Tổng hợp nano cobalt oxide bằng phương pháp thủy nhiệt và ứng dụng làm cảm biến khí



Hình 3. Giản đồ phổ IR.



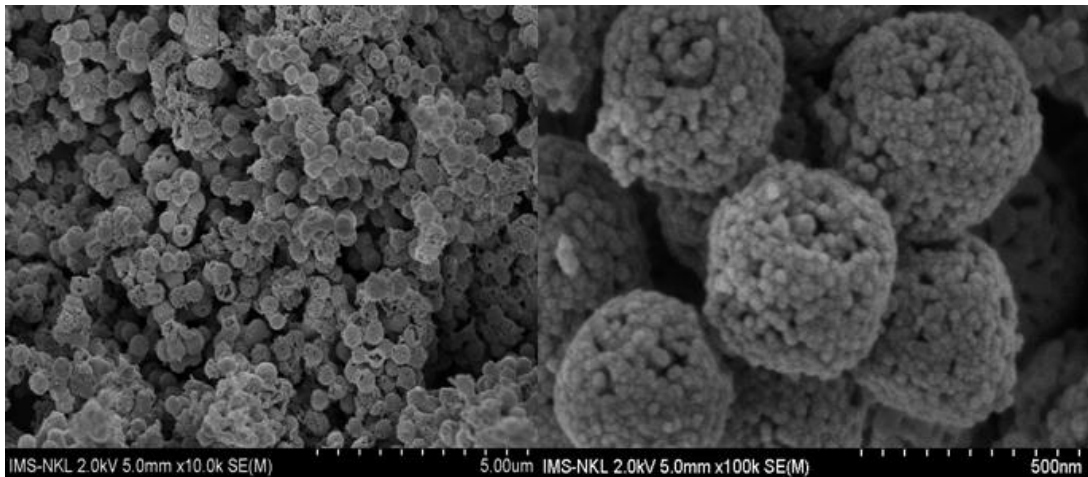
Hình 4. Đường đẳng nhiệt hấp phụ- giải hấp vật lý nitơ.

Hình 4 cho biết carbon cầu tổng hợp có dạng đường đẳng nhiệt hấp phụ loại III (theo IUPAC) cho biết các carbon cầu tổng hợp là không xốp, diện tích bề mặt BET $S_{BET} = 10,7 \text{ m}^2/\text{g}$ hay các quả cầu carbon được sắp xếp chặt khít và không tồn tại mao quản giữa các quả cầu carbon. Đường hấp phụ và khử hấp phụ trùng nhau ở tỷ lệ áp suất tương đối lớn.

Khi thủy nhiệt thì các glucoso loại nước và polyme hóa với nhau, trong đó một phần bị khử nhóm $-\text{OH}$ tạo thành liên kết cộng hóa trị với carbon ở vòng thơm tạo thành các vi cầu bền và bề mặt ưa nước thuận lợi để làm template có cấu trúc lai hợp lõi/vỏ hay vật liệu rỗng/xốp.

3.2. Tổng hợp nano oxide cobalt trên template carbon cầu

Hình 5 là ảnh SEM của oxide cobalt tổng hợp trên template carbon cầu, cho thấy vật liệu tổng hợp là những hình cầu, không tròn nhẵn là do có nhiều hạt nhỏ tập hợp lại thành quả cầu lớn có hình dạng tương tự như hình carbon cầu ban đầu. Điều này cho thấy một sự chuyển pha từ các ion kim loại hấp phụ dạng lỏng tới mạng oxide kim loại dày đặc trong các cầu rỗng.

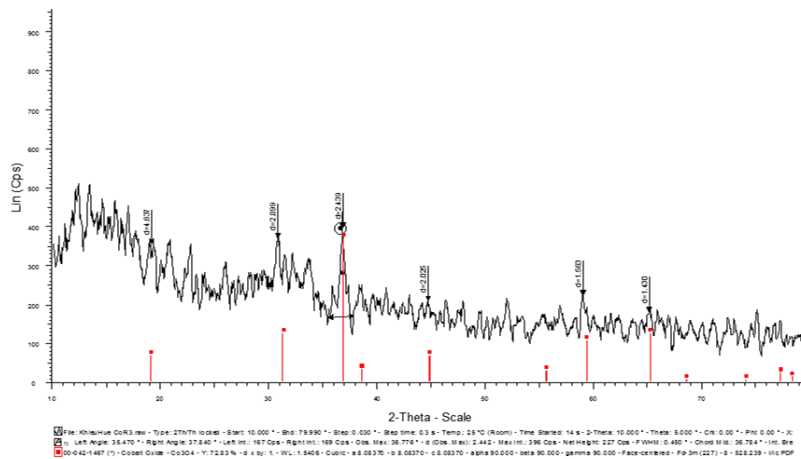


Hình 5. Ảnh SEM của oxide cobalt ở các tỷ lệ số mol carbon cầu.

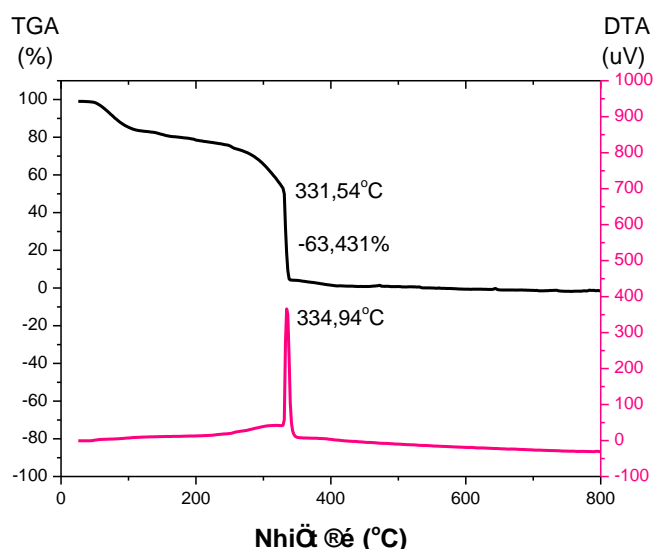
Giản đồ nhiễu xạ tia X (Hình 6) của oxide cobalt tổng hợp xuất hiện các pic nhiễu xạ theo JCPDS số 00 – 042 – 1467 của pha tinh thể Co_3O_4 cubic. Cấu trúc tinh thể của nano oxide cobalt được thể hiện trên giản đồ XRD ở Hình 6 cho thấy các ion cobalt đã được hòa tan đều trong lớp vỏ ưa nước của các hạt carbon và phân tán vào trong vỏ như cụm vô định hình.

Từ giản đồ cho thấy thành phần của nano oxide cobalt chiếm loại khoáng chủ yếu là:

Tên khoáng	Chiếm (%)	Cấu trúc tinh thể
Quartz (Co_3O_4)	72,83 %	Cubic



Hình 6. Giản đồ XRD của Co_3O_4 tổng hợp.



Hình 7. Giảm đồ TGA của Co_3O_4 tổng hợp.

Từ giản đồ phân tích nhiệt trọng lượng cho thấy có sự giảm nhẹ khối lượng ở 110 °C là do hiện tượng mất nước vật lý. Khi nhiệt độ tăng đến 331,5 °C thì có sự giảm mạnh khối lượng 63,43 % là do sự cháy của hợp chất hữu cơ lõi carbon cầu. Từ nhiệt độ lớn hơn 400 °C thì khối lượng của mẫu đạt ổn định và thay đổi không đáng kể.

Khi cho dung dịch $\text{Co}(\text{NO}_3)_2$ vào carbon cầu thì carbon cầu này phân tán trong dung dịch muối kim loại, các cation Co^{2+} hấp phụ trên bề mặt carbon cầu. Trong trường hợp này thì sự kết tụ tự nhiên không xảy ra bởi vì sự hấp phụ Co^{2+} tạo lớp vỏ trên bề mặt là thuận lợi để tạo lớp phủ bề mặt [3]. Theo tác giả này thì nano oxide cầu được tạo thành từ 2 giai đoạn: trước tiên là cation Co^{2+} hấp phụ trên bề mặt carbon cầu tạo thành quả cầu với lõi là carbon cầu, vỏ là lớp ion Co^{2+} ; sau đó nung hỗn hợp này ở 550 °C thì lõi carbon cầu này bị loại đi để lại các cobalt oxide có hình thái cầu và kích thước tương tự như carbon cầu ban đầu.

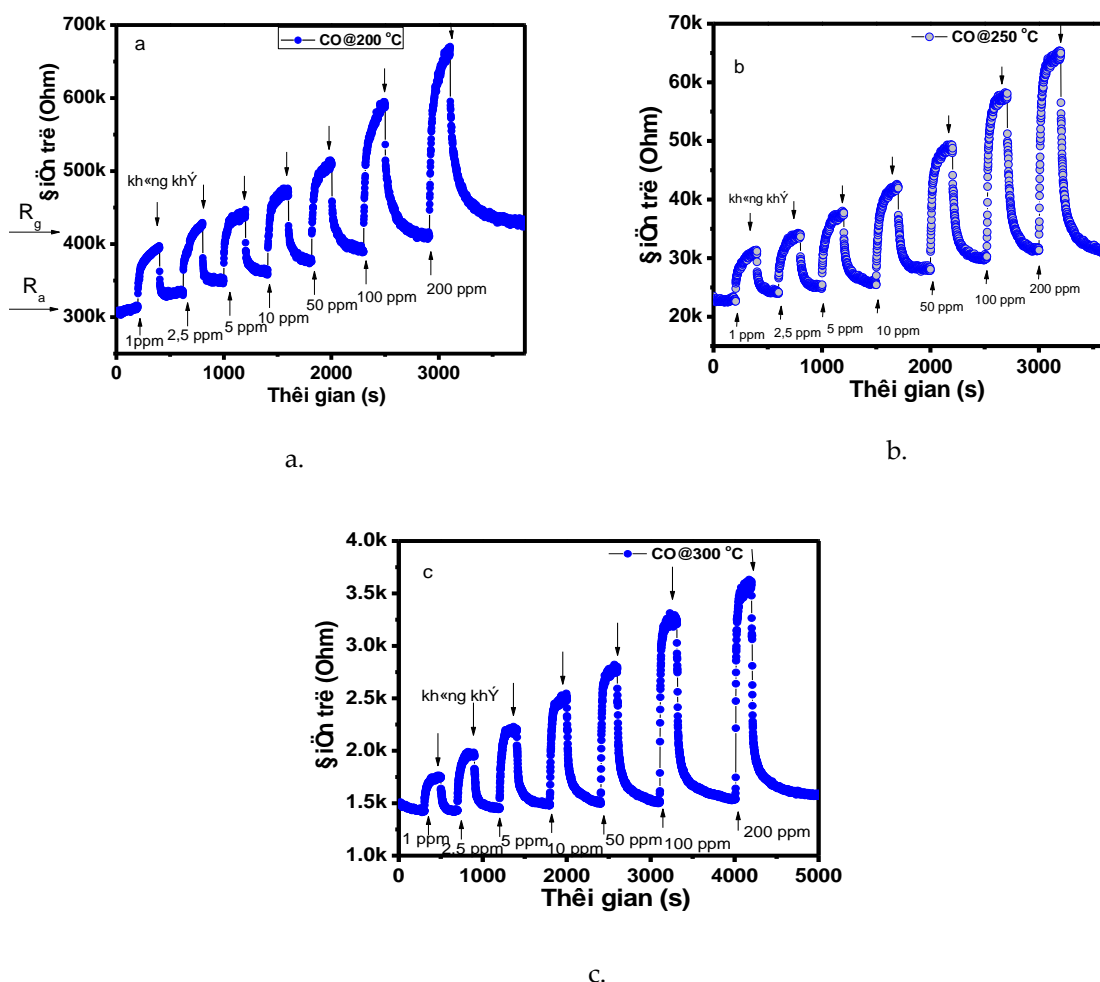
Như vậy oxide cobalt tổng hợp trên template carbon cầu là những nano hình cầu có kích thước khoảng 300 nm bao gồm lớp vỏ chắc đặc là các hạt nano oxide Co_3O_4 bao phủ trên khuôn carbon cầu, sau đó đem nung 550 °C thì lõi carbon cháy để lại oxide Co_3O_4 hình cầu và một phần lõi carbon không cháy còn lại trong sản phẩm tổng hợp.

3.3. Nghiên cứu hoạt tính cảm biến khí của nano oxide cobalt cầu rỗng

Trong nghiên cứu này chúng tôi sẽ nghiên cứu hoạt tính cảm biến khí của oxide cobalt được tổng hợp trên ba loại khí CO, H_2 và NH_3 .

3.3.1. Hoạt tính cảm biến khí CO

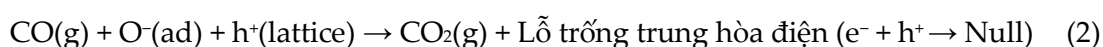
Cảm biến khí CO được khảo sát ở các nhiệt độ 200 °C (Hình 8a), 250 °C (Hình 8b) và 300 °C (Hình 8c). Khí CO khảo sát ở sáu nồng độ là 1 ppm, 2,5 ppm, 5 ppm, 10 ppm, 50 ppm, 100 ppm và 200 ppm.



Hình 8. Sự phụ thuộc của điện trở vào nồng độ của khí CO ở các nhiệt độ:

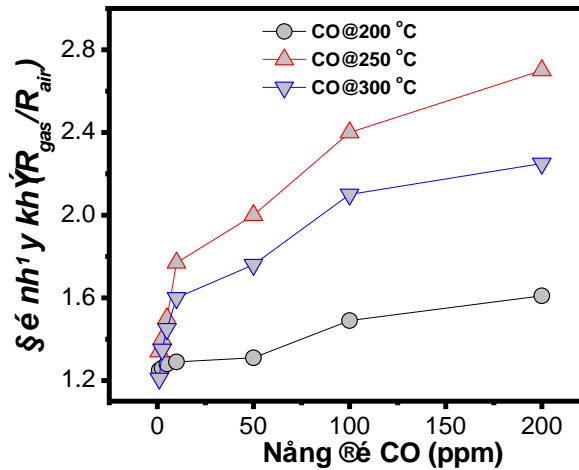
a. 200 °C, b. 250 °C, c. 300 °C.

Khi vật liệu để trong không khí thì oxy của không khí hấp phụ trên bề mặt vật liệu S lấy điện tử như phản ứng (1) để tạo thành lõi không mang điện và vỏ là lớp tích lũy lỗ trống tăng nên điện trở cảm biến R_a giảm. Khi đưa khí CO vào thì do phản ứng (2) nên điện tử đi vào vật liệu làm giảm số lỗ trống ở lớp vỏ dẫn đến điện trở cảm biến R_g tăng



Khi nồng độ khí CO tăng thì cả hai phản ứng (1) và (2) xảy ra tăng, dẫn đến khuynh hướng tăng quá trình chuyển điện tử trên bề mặt chất bán dẫn, làm giảm số lỗ trống ở lớp vỏ nên điện trở cảm biến R_g tăng. Điều này giải thích cho lý do tại sao khi tăng nồng độ của khí CO thì độ đáp ứng (độ nhạy khí) đều có khuynh hướng tăng (Hình 9).

Khi nhiệt độ tăng từ 200 °C lên 250 °C thì phản ứng hấp phụ hoá học có khuynh hướng tăng nên độ đáp ứng (độ nhạy khí) đều có khuynh hướng tăng. Tuy nhiên, khi nhiệt độ tăng từ 250 °C đến 300 °C, quá trình giải hấp sẽ chiếm ưu thế, khi đó tốc độ hấp phụ sẽ giảm, do đó độ đáp ứng giảm nhưng vẫn có giá trị lớn hơn độ đáp ứng ở 200 °C (Hình 9).

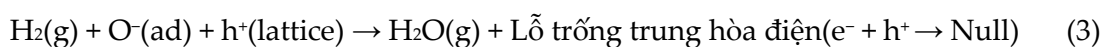


Hình 9. Độ nhạy khí CO ở các nhiệt độ 200 °C, 250 °C, 300 °C.

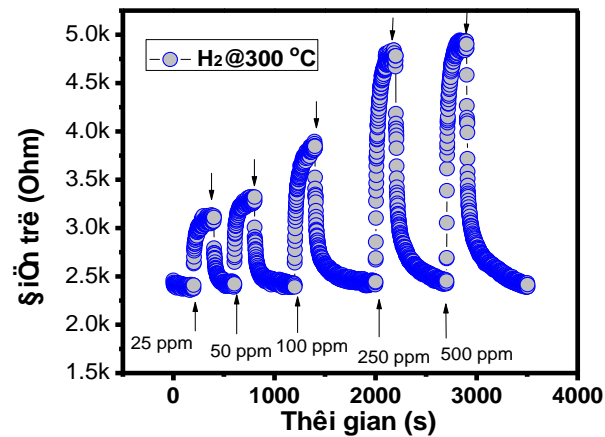
Vật liệu nano oxide cobalt tổng hợp cảm biến khí CO ở nhiệt độ thích hợp là 250 °C. Và ở nhiệt độ này thì độ nhạy khí đạt giá trị cao nhất là 2,7 khi nồng độ khí CO là 200 ppm.

3.3.2. Hoạt tính cảm biến của khí H₂

Đối với khí H₂ thì vật liệu oxide cobalt tổng hợp chỉ có hoạt tính cảm biến ở nhiệt độ 300 °C. Nồng độ khí H₂ đưa vào là 25 ppm, 50 ppm, 100 ppm, 250 ppm và 500 ppm. Oxy của không khí hấp phụ trên bề mặt S của bán dẫn p sẽ nhận điện tử của bề mặt tạo thành anion O⁻(ad) và lỗ trống mang điện tích dương như (1); khi đưa khí H₂ vào thì H₂ sẽ phản ứng với O⁻(ad) và lỗ trống điện tích dương tạo thành H₂O và lỗ trống trung hòa điện (3):



Khi nồng độ khí tăng thì quá trình hấp phụ và phản ứng (3) xảy ra nhanh nên điện trở R_g tăng

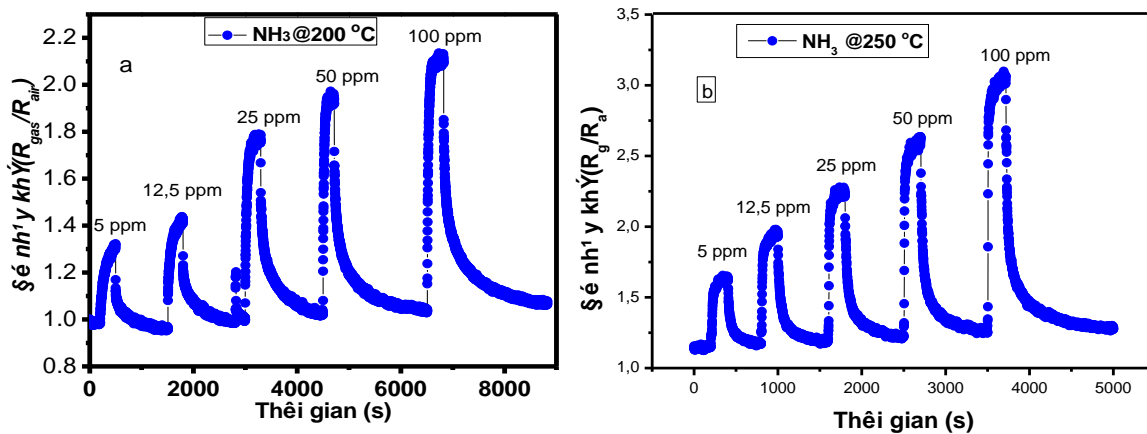


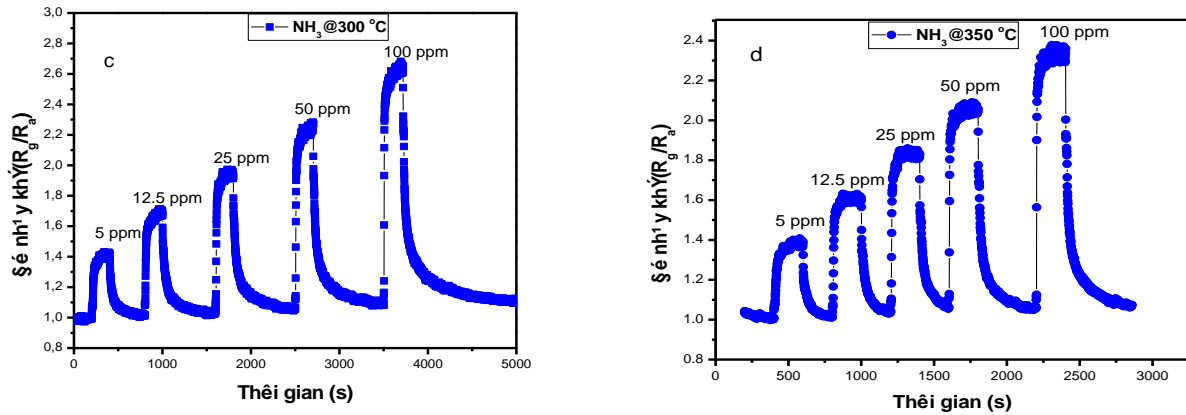
Hình 10. Sự phụ thuộc của điện trở vào nồng độ của khí H₂ ở 300 °C.

Từ hình 10 cho thấy độ nhạy khí của vật liệu tăng khi nồng độ khí H₂ tăng. Khi nồng độ khí H₂ tăng từ 250 ppm lên 500 ppm thì độ nhạy khí tăng không đáng kể từ 1,98 lên 2,02.

3.3.3. Hoạt tính cảm biến của khí NH₃

Vật liệu nano oxide cobalt tổng hợp cảm biến khí NH₃ ở nhiệt độ 200 °C (Hình 11a), 250 °C (Hình 11b), 300 °C (Hình 11c) và 350 °C (Hình 11d).

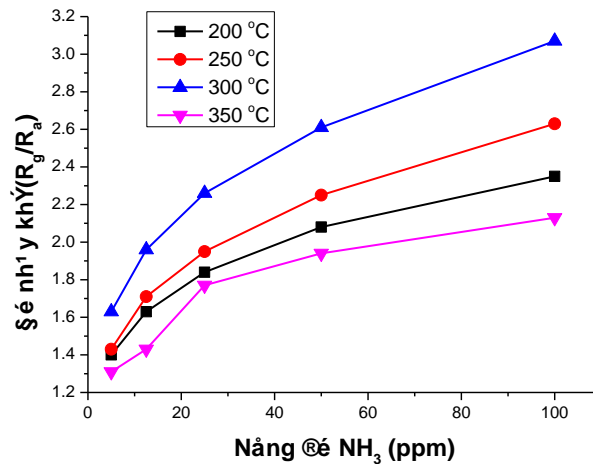
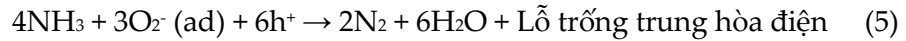
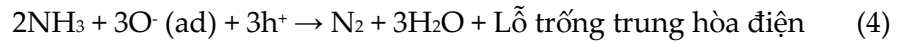




Hình 11. Sự phụ thuộc của độ nhạy khí vào nồng độ của khí NH₃ ở:

a. 200 °C, b. 250 °C, c. 300 °C, d. 350 °C.

Nồng độ khí NH₃ được đo ở năm nồng độ là: 5 ppm, 12,5 ppm, 25 ppm, 50 ppm và 100 ppm. Khi khí NH₃ đi vào vật liệu thì xảy ra phản ứng (4) và (5) làm trung hòa lỗ trống tích lũy mang điện tích dương gần bề mặt, làm giảm độ dẫn điện hay điện trở tăng, do đó độ nhạy khí tăng. Nếu nồng độ khí NH₃ tăng làm cho hai phản ứng (4) và (5) xảy ra càng mạnh nên điện trở càng tăng hay độ nhạy khí càng tăng.



Hình 12. Độ nhạy khí NH₃ của vật liệu tổng hợp ở các nhiệt độ khác nhau.

Hình 12 cho thấy khi nhiệt độ tăng từ 200 °C lên 300 °C thì độ nhạy khí NH₃ tăng do quá trình hấp phụ tăng làm cho phản ứng (4), (5) xảy ra nhanh. Tuy nhiên, khi

nhiệt độ là 350 °C thì quá trình giải hấp chiếm ưu thế làm cho hai phản ứng này giảm nên độ nhạy khí giảm. Như vậy, vật liệu tổng hợp cảm biến khí ở nhiệt độ tối ưu là 300 °C có độ nhạy khí đạt giá trị lớn nhất là 3,08 khi nồng độ NH₃ là 100 ppm.

Bảng 1. So sánh độ nhạy khí của vật liệu Co₃O₄ tổng hợp với độ nhạy khí của Co₃O₄ các tác giả khác

Hình thái	Khí	Nồng độ (ppm)	Nhiệt độ (°C)	Độ nhạy khí	Tài liệu tham khảo
Cấu trúc Nano	CO	25	200	1,9	[13]
Cầu rỗng	CO	200	250	2,7	Nghiên cứu này
Dendritic	NH ₃	200	110	1,63	[12]
Cầu rỗng	NH ₃	100	300	3,08	Nghiên cứu này
Nano ống	H ₂	50	25	3,4	[7]
Cầu rỗng	H ₂	250	300	1,98	Nghiên cứu này

Từ bảng 1 cho thấy vật liệu nano Co₃O₄ tổng hợp có độ nhạy khí CO và NH₃ lớn hơn so với các công bố [7], [2]. Cụ thể là độ nhạy khí NH₃ của vật liệu tổng hợp có giá trị 3,08 lớn hơn nhiều so với công bố là 1,63. Mặc dù nhiệt độ cảm biến của chúng tôi đo ở nhiệt độ 300 °C lớn hơn công bố 110 °C nhưng nồng độ khí NH₃ cảm biến chỉ 100 ppm nhỏ bằng nửa nồng độ khí của công bố tác giả Yu là 200 ppm.

4. KẾT LUẬN

Vật liệu Co₃O₄ tổng hợp có hình thái cầu rỗng có đường kính từ 300 đến 400 nm và diện tích bề mặt riêng $S_{BET} = 17,7$ m²/g khi sử dụng template carbon cầu. Vật liệu tổng hợp được có hoạt tính cảm biến với ba khí CO, H₂ và NH₃. Vật liệu nano oxide cobalt tổng hợp có độ nhạy khí CO ở nhiệt độ 200 °C, 250 °C, 300 °C, trong đó nhiệt độ tối ưu là 250 °C. Ở nhiệt độ này cho giá trị độ nhạy khí cao nhất khi nồng độ khí 200 ppm là 2,7. Vật liệu tổng hợp cảm biến với khí H₂ chỉ ở nhiệt độ 300 °C có độ nhạy khí là 1,99 khi nồng độ khí H₂ là 250 ppm. Nano oxide cobalt tổng hợp có cảm biến khí NH₃ ở nhiệt độ 200 °C, 250 °C, 300 °C, 350 °C. Nhiệt độ tối ưu của vật liệu cảm biến đối với khí này là 300 °C. Và ở nhiệt độ này thì cho giá trị độ nhạy khí đạt giá trị lớn nhất 3,08 khi nồng độ NH₃ là 100 ppm. Do đó, vật liệu Co₃O₄ tổng hợp được có khả năng ứng dụng để làm cảm biến phát hiện các khí CO, H₂ và NH₃.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Cheng J., Wang J., Li Q., Liu H., Li Y. (2016), A review of recent developments in tin dioxide composites for gas sensing application, *Journal of Industrial and Engineering Chemistry*, 44, pp. 1-22.
- [2]. Devi G.S., Hyodo T., Shimizu Y., Egashira M. (2002), Synthesis of mesoporous TiO₂-based powders and their gas-sensing properties, *Sensors and Actuators B: Chemical*, 87 (1), pp. 122-129.
- [3]. Hu J., Chen M., Fang X., Wu L. (2011), Fabrication and application of inorganic hollow spheres, *Chemical Society Reviews*, 40 (11), pp. 5472-5491.
- [4]. Huang J., Xie Y., Li B., Liu Y., Qian Y., Zhang S. (2000), In-Situ Source-Template-Interface Reaction Route to Semiconductor CdS Submicrometer Hollow Spheres, *Advanced Materials*, 12 (11), pp. 808-811.
- [5]. Huang Y., Chen W., Zhang S., Kuang Z., Ao D., Alkurd N.R., Zhou W., Liu W., Shen W., Li Z. (2015), A high performance hydrogen sulfide gas sensor based on porous α -Fe₂O₃ operates at room-temperature, *Applied Surface Science*, 351, pp. 1025-1033.
- [6]. Kim H.-J., Lee J.-H. (2014), Highly sensitive and selective gas sensors using p-type oxide semiconductors: Overview, *Sensors and Actuators B: Chemical*, 192, pp. 607-627.
- [7]. Li W.-Y., Xu L.-N., Chen J. (2005), Co₃O₄ nanomaterials in lithium-ion batteries and gas sensors, *Advanced Functional Materials*, 15 (5), pp. 851-857.
- [8]. Sun X., Li Y. (2004), Colloidal carbon spheres and their core/shell structures with noble-metal nanoparticles, *Angewandte Chemie International Edition*, 43 (5), pp. 597-601.
- [9]. Umegaki T., Inoue T., Kojima Y. (2016), Fabrication of hollow spheres of Co₃O₄ for catalytic oxidation of carbon monoxide, *Journal of Alloys and Compounds*, 663, pp. 68-76.
- [10]. Vetter S., Haffer S., Wagner T., Tiemann M. (2015), Nanostructured Co₃O₄ as a CO gas sensor: Temperature-dependent behavior, *Sensors and Actuators B: Chemical*, 206, pp. 133-138.
- [11]. Wang N., Zhao P., Zhang Q., Yao M., Hu W. (2017), Monodisperse nickel/cobalt oxide composite hollow spheres with mesoporous shell for hybrid supercapacitor: a facile fabrication and excellent electrochemical performance, *Composites Part B: Engineering*, 113, pp. 144-151.
- [12]. Yu J., Yu X. (2008), Hydrothermal synthesis and photocatalytic activity of zinc oxide hollow spheres, *Environmental science & technology*, 42 (13), pp. 4902-4907.
- [13]. Zhu Y., Shi J., Shen W., Dong X., Feng J., Ruan M., Li Y. (2005), Stimuli-responsive controlled drug release from a hollow mesoporous silica sphere/polyelectrolyte multilayer core-shell structure, *Angewandte Chemie International Edition*, 44 (32), pp. 5083-5087.

THE SYNTHESIS OF COBALT OXIDE BY HYDROTHERMAL METHOD AND USING IN GAS SENSOR

Phan Thi Kim Thu, Le Thi Hoa, Nguyen Hai Phong*

University of Sciences, Hue University

*Email: nghaiiphong62@gmail.com; nhphong@hueuni.edu.vn

ABSTRACT

In the present paper, the *in situ* synthesis of cobalt oxide (Co_3O_4) using carbonaceous microspheres prepared from glucose solution as templates followed by a subsequent heat treatment was demonstrated. The obtained materials were characterized by Scanning electron microscope (SEM), X-ray diffraction (XRD), and isotherms of nitrogen adsorption/desorption. The calcination of this precursor provided cobalt oxide hollow spheres with a diameter 300-400 nm. The obtained Co_3O_4 exhibits sensing property toward gas CO, H_2 and NH_3 in the working temperature range of 150 °C to 350 °C. Gas sensing properties of fabricated nanostructures Co_3O_4 were investigated with different concentration of CO, H_2 and NH_3 gas. It was found that Co_3O_4 exhibits sensing property toward toxic gas CO in 250 °C and NH_3 in 300 °C with concentration of CO, NH_3 gas is 200 ppm and 100 ppm sequence. The sensitivity with H_2 gas has a little change when the concentration increasing from 250 ppm to 500 ppm.

Keywords: Cobalt oxide (Co_3O_4), Sensing for gas CO, H_2 and NH_3 .



Phan Thị Kim Thư sinh ngày 19/12/1989 tại Đắc Lắc. Bà tốt nghiệp cử nhân chuyên ngành Sư phạm Hóa học năm 2011 tại Trường Đại học Tây Nguyên, tốt nghiệp thạc sĩ chuyên ngành Hóa lý thuyết & Hóa lý năm 2013 tại trường Đại học Khoa học, Đại học Huế. Từ năm 2017 đến nay, bà đang là nghiên cứu sinh chuyên ngành Hóa lý thuyết & Hóa lý tại trường Đại học Khoa học, Đại học Huế. Hiện nay, bà là giảng viên Trường CĐSP Đắc Lắc.

Lĩnh vực nghiên cứu: tổng hợp vật liệu mới, tổng hợp vật liệu xúc tác, cảm biến khí và phân tích điện hóa.



Lê Thị Hòa sinh ngày 04/08/1975 tại Thành phố Huế. Bà tốt nghiệp cử nhân ngành Hóa học năm 1997 và thạc sĩ chuyên ngành Hóa lý thuyết và Hóa lý tại Trường Đại học Sư phạm, Đại học Huế vào năm 2002. Năm 2014, bà nhận học vị tiến sĩ tại Trường Đại học Khoa học, Đại học Huế. Từ năm 1999 đến nay, bà là cán bộ giảng dạy tại Khoa Hóa học, Trường Đại học Khoa học, Đại học Huế.

Lĩnh vực nghiên cứu: Hóa lý thuyết và vật liệu nano.



Nguyễn Hải Phong sinh ngày 23/05/1962 tại Hà Nội. Ông tốt nghiệp cử nhân chuyên ngành Hóa học tại trường Đại học Tổng hợp Huế năm 1984; tốt nghiệp thạc sĩ chuyên ngành Hóa học Phân tích năm 2003 tại trường Đại học Sư phạm, Đại học Huế; tốt nghiệp tiến sĩ chuyên ngành Hóa học Phân tích tại trường Đại học Khoa học Tự nhiên, Đại học Quốc gia Hà Nội. Năm 2017-2018, ông được Hội đồng Giáo sư Nhà nước công nhận đạt chuẩn chức danh Phó Giáo sư. Hiện nay, ông đang là giảng viên cao cấp tại trường Đại học Khoa học, Đại học Huế.

Lĩnh vực nghiên cứu: Phát triển phương pháp von-ampe hòa tan phân tích các kim loại độc và hợp chất hữu cơ trong các đối tượng sinh hóa và môi trường; Phân tích và đánh giá hàm lượng các kim loại độc trong trầm tích sông và đầm phá; Quan trắc và đánh giá chất lượng nước.