

TỔNG HỢP VÀ ĐẶC TÍNH VẬT LIỆU $\text{Ag}_2\text{O}/\text{RGO}$ ĐỊNH HƯỚNG ỨNG DỤNG LÀM ĐIỆN CỰC DƯƠNG TRONG NGUỒN ĐIỆN BẠC-KẼM

Nguyễn Văn Tú^{1, 2, *}, Shah Abdul Hakim²

¹Viện Hoá học-Vật liệu, Viện Khoa học, Công nghệ quân sự, 17 Hoàng Sâm, Cầu Giấy, Hà Nội

²State Key Laboratory of Advanced Technology for Materials Synthesis and Processing, School of Material Science and Engineering, Wuhan University of Technology, Wuhan, P. R. China

*Email: nguyenvantu882008@yahoo.com

Đến Tòa soạn: 28/03/2016; Chấp nhận đăng: 30/9/2016

TÓM TẮT

Trong bài báo này, đã tổng hợp thành công vật liệu $\text{Ag}_2\text{O}/\text{RGO}$ nanocompozit có hàm lượng GO chiếm 5, 10, và 15 %. Kết quả cho thấy các yếu tố như nhiệt độ, thời gian để xử lý $\text{Ag}_2\text{O}/\text{RGO}$ nanocompozit và thành phần graphen ôxít ban đầu có ảnh hưởng tới đặc tính của điện cực. Đặc trưng phóng/ nạp của pin CR2032 với $\text{Ag}_2\text{O}/\text{RGO}$ nanocomposite làm cực dương và kẽm tấm làm cực âm được phóng tại các mật độ dòng 0,106, 0,212, 0,424 và 0,636 mA/cm². Kết quả phóng/nạp điện cho thấy điện cực $\text{Ag}_2\text{O}/\text{RGO}$ nanocompozit có khả năng phóng/nạp tại mật độ dòng cao 0,636 mA/cm² (3 C) và có thể được sử dụng làm điện cực dương cho ắc qui bạc-kẽm.

Từ khóa: bạc ôxít, graphen ôxít, bạc nanocompozit, pin bạc- kẽm, vật liệu cực dương.

1. MỞ ĐẦU

Pin bạc - kẽm được sử dụng và đưa vào ứng dụng trong công nghệ chế tạo nguồn điện từ rất lâu, tuy nhiên các nghiên cứu cải tiến, nâng cao hiệu suất chuyển hóa của hệ pin này luôn thu hút sự quan tâm của các nhà nghiên cứu điện hóa, chuyên gia nguồn điện hóa học [1 - 3]. Một trong các tính chất ưu việt nhất của nguồn bạc kẽm là cho thế ổn định, khả năng cung cấp dòng lớn và hệ số an toàn cao, đặc biệt ứng dụng trong lĩnh vực quân sự và hàng không [4 - 6].

Cùng với sự phát triển của công nghệ nano, các loại vật liệu điện cực trên cơ sở công nghệ nano ngày càng được nghiên cứu và ứng dụng có hiệu quả trong việc thiết kế, chế tạo điện cực [7, 8]. Với tính chất ưu việt của mình, graphen được biết đến như là một trong các hợp chất của cacbon có độ dẫn điện, dẫn nhiệt tốt nhất hiện nay [9 - 12]. So với các chất dẫn điện khác, vật liệu dẫn điện graphen có nhiều tính năng ưu việt: Trơ, bền hóa chất, khả năng trao đổi electron tốt, dễ kiểm soát cấu trúc. Chính vì vậy, các vật liệu chế tạo điện cực trên cơ sở vật liệu nền pha trộn với graphen đã thu hút sự quan tâm rất lớn của các nhà nghiên cứu, nhằm cải thiện tính năng dẫn điện, cấu trúc của vật liệu [13 - 15].

Trong bài báo này, chúng tôi trình bày các yếu tố nhiệt độ, thời gian xử lý nhiệt, thành phần graphen ôxít ban đầu ảnh hưởng tới tính năng điện hóa của vật liệu Ag₂O/RGO nanocompozit làm cực dương trong hệ ắc qui bạc - kẽm.

2. THỰC NGHIỆM

2.1. Chuẩn bị mẫu nghiên cứu

2.1.1. Chuẩn bị mẫu cực âm (anốt)

Anốt là tấm kẽm sạch mức 110 (có thành phần kẽm trên 99,975 %) dày 0,12 mm ± 0,01, đường kính 12 mm (có diện tích 1,13 cm²), trước khi sử dụng được xử lý trong dung dịch điện li.

2.1.2. Chuẩn bị mẫu cực dương (catốt)

Graphen ôxít được mua từ công ty XFNANO Co. Ltd, Trung Quốc, có các thông số chính sau: (kích thước (dài và rộng) khoảng, 50 đến 100 nm, chiều dày khoảng 0,8 - 1,2 nm, diện tích bề mặt riêng (BET) 500 - 600 m²/g. Các hóa chất còn lại sử dụng loại tinh khiết phân tích.

Vật liệu Ag₂O/GO sử dụng làm cực dương được điều chế từ bột bạc theo phương pháp khử bạc nitrát (AgNO₃) bằng natri bohydrua (NaBH₄) [11, 15], có hàm lượng graphen ôxít ban đầu là 5, 10 và 15 %.

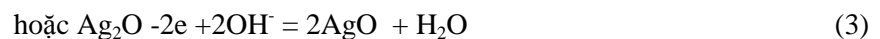
GO được phân tán trong dung dịch bằng thiết bị siêu âm, trong thời gian 2 - 5 giờ, đến khi thu được dung dịch đồng nhất. Cho từ từ lượng AgNO₃ theo tỷ lệ định trước vào dung dịch chứa GO. Khi có mặt của chất khử NaBH₄, Ag⁺ trong dung dịch (môi trường kiềm) bị khử thành Ag kết tủa trên các tấm GO theo phản ứng:



Sản phẩm kết tủa Ag/GO nanocompozit được ly tâm, rửa sạch nhiều lần bằng nước cất, sấy sản phẩm ở 100 °C, trong 10 giờ, bảo quản.

Mẫu cực dương được chế tạo có thành phần 80 % chất hoạt động (Ag/RGO), 5 % phụ gia CMC, 10 % bột cacbon dẫn điện, ép lên lưới niken dày 0,1 mm, mắt lưới 1 mm, đường kính 10 mm (có diện tích 0,785 cm²), có trọng lượng trung bình 1,0 mg.

Điện cực được xử lý nhiệt bằng cách nung trong hỗn hợp khí trơ Ar - H₂ (2 %), ở nhiệt độ 400-550 °C trong thời gian 5-10 giờ. Dưới tác dụng của nhiệt độ và có mặt của chất khử H₂, các nhóm chức COOH, C=O, C-OH trong Ag/GO bị khử và chuyển về dạng Ag/RGO (reduced graphene oxide). Phân cực anốt có mật độ dòng 0,2mA/cm² trong dung dịch điện li KOH 2M thời gian 48 giờ, rửa sạch, sấy khô, bảo quản. Phản ứng điện cực xảy ra như sau [5]:



Tiến hành lắp thành pin tiêu chuẩn CR2032, tấm cách sử dụng là cellophan (02 lớp), với chất điện li: dung dịch KOH 8M + 100 g/l ZnO + 20 g/l phụ gia, khảo sát khả năng phóng điện của vật liệu điện cực.

Cách tính toán dung lượng lí thuyết của pin như sau:

$$C_{\text{pin}} = m_{\text{Ag}} \times C_{\text{lt}} \quad (4)$$

trong đó, m_{Ag} là khối lượng thực tế của chất hoạt động bạc trong điện cực dương; C_{it} là dung lượng lý thuyết của Ag/Ag_2O , $C_{it} = 231 \text{ mAh/g}$. Dựa vào công thức (4) và hàm lượng ban đầu của graphen ôxít, chúng tôi tính toán dung lượng cho pin sử dụng Ag_2O/RGO với các hàm lượng 5, 10, 15 % ban đầu làm chất hoạt động điện cực lần lượt là: 0,177 mAh; 0,166 mAh và 0,157 mAh, từ đó suy ra dòng phóng/ nạp ở các chế độ 0,5 C, 1 C, 2 C và 3 C tương ứng đối với từng mẫu.

2.2. Phương pháp nghiên cứu

Nghiên cứu cấu trúc vật liệu, trạng thái bề mặt bằng phương pháp phân tích Ronghen (Siemen- D5005) và kính hiển vi trường điện tử (FESEM, JSM-6700F). Xác định thành phần hàm lượng chất hữu cơ bằng phương pháp phân tích nhiệt (TG, NETZSCH STA 409P/PG), sử dụng phương pháp phân tích phổ Raman (Raman; model Renishaw Invia, Britain) và phổ huỳnh quang tia X (XPS, VG Multilab 2000), định tính trạng thái tồn tại các nguyên tố.

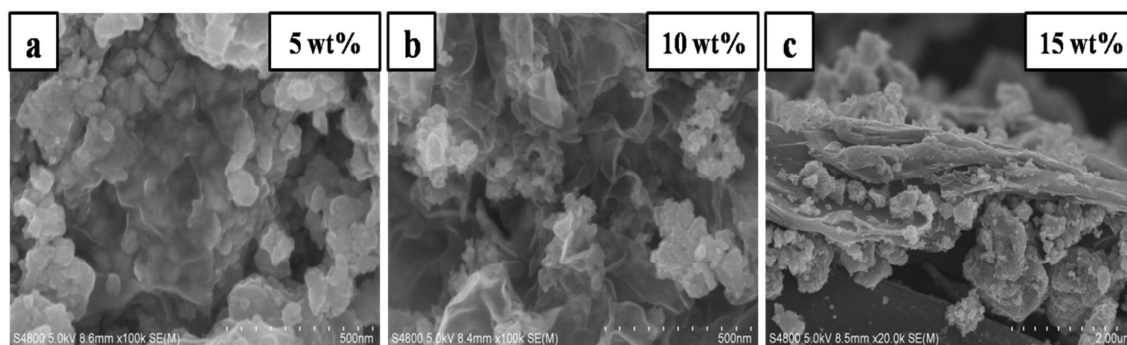
Nghiên cứu khả năng phóng-nạp điện được phóng trên thiết bị chuyên dụng Bland 2000 (Wu Han), có kết nối máy tính xử lý số liệu.

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1. Ảnh hưởng của hàm lượng graphen ôxít (GO)

3.1.1. Phân tích ảnh FESEM

Các mẫu Ag/GO được xử lý ở cùng nhiệt độ 500°C , thời gian 5 giờ, có thành phần GO ban đầu khác nhau 5, 10 và 15 % về khối lượng. Kết quả chụp ảnh hiển vi trường điện tử được chỉ ra trên Hình 1. Vật liệu Ag/RGO có kích thước trong khoảng 50 - 100 nm và các hạt nano bạc được phân tán đều trên các tấm đơn hoặc đa lớp graphen. Trong khoảng hàm lượng 5 – 10 %, các hạt nano bạc phân tán đều trên bề mặt graphen ôxít, trong khi ở hàm lượng 15 %, có hiện tượng bó cuộn của các tấm graphen ôxít. Vì vậy hàm lượng GO ban đầu $\leq 10\%$ được lựa chọn cho những nghiên cứu tiếp theo.



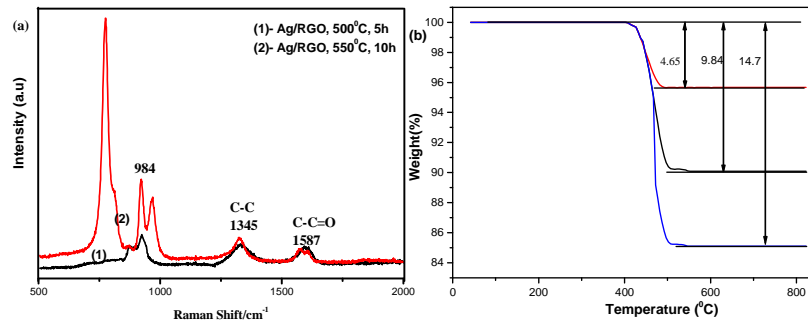
Hình 1. Ảnh FESEM của vật liệu Ag/RGO .

3.1.2. Phân tích TG và Raman

Sử dụng phương pháp phân tích Raman và TG để xác định trạng thái tồn tại của cacbon cũng như hàm lượng trong mẫu chế tạo (Ag/GO và mẫu Ag/RGO). Phổ Raman ở Hình 2(a) cho

thấy các pic 1345 và 1587,8 cm^{-1} tương ứng với các liên kết C=C và C-C=O trong thành phần graphen ôxít, còn tại pic 984 có thể là liên kết C-O hoặc Ag-O [2, 13].

Hàm lượng các bon trong mẫu vật liệu (Ag/RGO) được xác định bằng phương pháp phân tích nhiệt. Kết quả phân tích nhiệt của mẫu vật liệu trong không khí có khối lượng giảm 4,65, 9,84 và 14,7 % - tương ứng với hàm lượng cacbon (graphen ôxít) trong mẫu (nguyên nhân giảm khối lượng do quá trình cháy xảy ra). Điều này có nghĩa ở điều kiện nung 500 $^{\circ}\text{C}$, hàm lượng graphen ôxít bị phân hủy nhiệt rất ít (so sánh với hàm lượng ban đầu 5, 10 và 15 %). Như vậy để khử hoàn toàn các nhóm chức C-O, C=O có trong graphen ôxít ban đầu cần nhiệt độ cao và thời gian kéo dài hơn. So sánh kết quả này với các tài liệu nghiên cứu trước hoàn toàn phù hợp [9, 13], các kết quả đã chỉ ra rằng việc phân hủy hoàn toàn các nhóm chức C-OH, C=O xảy ra rất chậm đòi hỏi có thời gian kéo dài và nhiệt độ khoảng 500 $^{\circ}\text{C}$ – 600 $^{\circ}\text{C}$.



Hình 2. Phổ Raman và TG của vật liệu điện cực. (a) Phổ Raman của vật liệu điện cực sau khi nung ở 500 $^{\circ}\text{C}$, trong 5 giờ và ở 550 $^{\circ}\text{C}$, trong 10 giờ; (b) Phổ phân tích nhiệt của mẫu có hàm lượng 5, 10 và 15 % graphen ôxít ban đầu

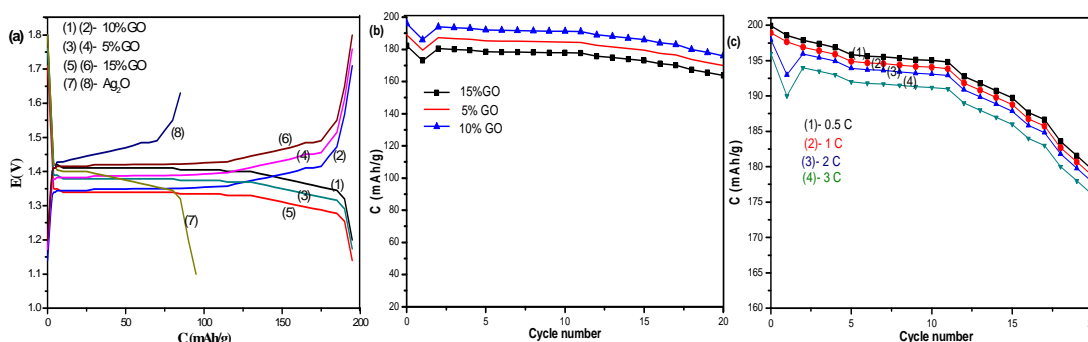
Trên Hình 2(a) cho kết quả các phổ phân tích Raman của vật liệu đối với thời gian và nhiệt độ xử lý mẫu khác nhau. Từ kết quả trên Hình 2(a), cho thấy đối với mẫu được xử lý ở nhiệt độ 550 $^{\circ}\text{C}$ trong thời gian xử lý 10 giờ, quá trình khử GO gần như đã hoàn toàn. Như vậy đối với các mẫu nghiên cứu khả năng phóng điện, chúng tôi lựa chọn thời gian nung 10 giờ, nhiệt độ nung 550 $^{\circ}\text{C}$.

3.2 Khả năng phóng- nạp

Khả năng phóng điện của mẫu vật liệu $\text{Ag}_2\text{O}/\text{RGO}$ nanocompozit được chỉ ra ở trên Hình 3. Trên Hình 3(a, b) cho thấy điện cực chế tạo có khả năng phóng nạp ở chế độ mật độ dòng cao 0,636 mA/cm^2 (tương ứng 3C) theo thành phần của hàm lượng GO ban đầu. Đối với mẫu có 10 % graphen ôxít ban đầu, ở chu kỳ phóng điện đầu tiên cho dung lượng 196 mAh/g đạt hiệu suất chuyển hóa 84,8 % (so với dung lượng lí thuyết 231 mAh/g , của Ag_2O). Sau 20 chu kỳ phóng/nạp, điện cực cho dung lượng đạt 176 mAh/g , giảm 10 % so với dung lượng ban đầu (196 mAh/g), trong khoảng điện thế khảo sát từ 1,8 V giảm về 1,2 V (Hình 3(b)). Và điện cực chứa 5 %, 15 % GO có dung lượng ban đầu và sau 20 chu kỳ phóng nạp tương ứng là 187, 180 và 168, 165 mAh/g . Trong khi ấy điện cực được chế tạo từ bột Ag (kích thước qua sàng 100 μm) dung lượng điện cực giảm rất nhanh ở chế độ phóng dòng cao 0,636 mA/cm^2 (3 C), dung lượng chỉ đạt 95 mAh/g . Như vậy các kết quả chỉ ra (Hình 3(b)) mẫu có khối lượng graphen ôxít ban đầu 10 % có kết quả tốt hơn mẫu 5 % và 15 %. Vì vậy hàm lượng GO ban đầu là 10 % được lựa chọn chế tạo nanocompozit Ag/RGO.

Đối với cả 03 mẫu Ag_2O/RGO , ở chu kỳ thứ 2 có hiện tượng giảm dung lượng đột ngột (Hình 3b), có thể do điện cực âm, liên quan đến quá trình ổn định của điện cực âm-kẽm trong dung dịch chất điện li kiềm. Trong quá trình phóng nạp ở 1 - 2 chu kỳ đầu, điện cực âm kẽm rất hoạt động, thường chưa ổn định về mặt cấu trúc, cũng như chưa ổn định nồng độ kẽm trong dung dịch chất điện li, làm giảm dung lượng, hoặc tăng điện trở nội, gây thất thoát năng lượng, cho nên giảm dung lượng của hệ pin [5]. Từ chu kỳ thứ 3 đến chu kỳ 20, điện cực kẽm hoạt động ổn định hơn, dung lượng giảm nhẹ và quá trình phóng điện ổn định.

Trên Hình 3(c) ảnh hưởng của chế độ phóng 0,5 C, 1 C, 2 C và 3 C đến đặc trưng phóng điện của mẫu vật liệu điện cực Ag/RGO chứa 10 % GO. Từ Hình 3(c) cho thấy, với các chế độ phóng với dòng thấp (0,5 C) và dòng phóng cao (3 C) có sự thay đổi rất ít về dung lượng ban đầu và sau 20 chu kỳ, điều này chứng tỏ điện cực Ag/RGO (10 %) có cấu trúc bền và ổn định, có thể phóng điện ở chế độ dòng cao, có triển vọng ứng dụng trong ắc quy bạc-kẽm.



Hình 3. (a) Đường cong phóng/nạp của hệ pin Zn/KOH/ Ag_2O/RGO compozit, chế độ phóng/nạp 3C. (b) Sự phụ thuộc của dung lượng riêng với số chu kỳ phóng, chế độ phóng 3C. (c) Ảnh hưởng của chế độ phóng khác nhau tới đặc tính đường cong phóng/nạp (RGO 10 %).

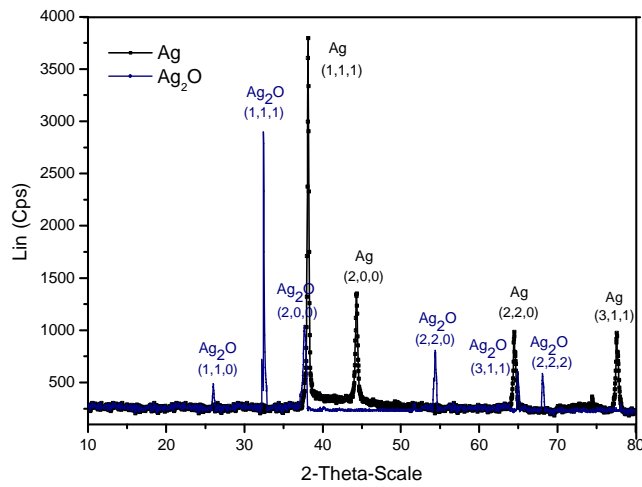
3.3 Phân tích điện cực sau khi phóng

Mẫu điện cực dương trước và sau khi phóng điện được phân tích cấu trúc bằng nhiễu xạ Ronghen và phổ huỳnh quang tia X, định tính trạng thái tồn tại các nguyên tố trong điện cực trước và sau khi phóng điện. Sau 20 chu kỳ phóng/nạp ở 3 C, về điện thế cuối 0,5 V, điện cực được rửa sạch nhiều lần bằng nước cất (sử dụng thiết bị siêu âm), loại bỏ lượng kiềm còn dư, đến khi thử có môi trường trung tính, sấy và bảo quản để tiến hành phân tích. Ở đây chúng tôi lựa chọn mẫu điện cực Ag_2O/RGO có thành phần và chế độ công nghệ như sau: 10% khối lượng graphen ôxít ban đầu, nung 550 °C, trong thời gian 10 giờ.

3.3.1. Phân tích nhiễu xạ Ronghen (XRD)

Trên Hình 4(a) cho thấy có các vạch đặc trưng với những hằng số mạng 2,7482 (1,1,1); 2,800 (2,0,0); 1,6829 (2,2,0); 1,4235 (3,1,1) và 1,3740 Å (2,2,2) của nhiễu xạ Ag_2O , tương ứng với cấu trúc lập phương tâm khối (Cubic (Pn-3)). Ngoài ra trên giản đồ Ronghen còn xuất hiện các vết không rõ nét của Ag_2CO_3 có thể do hấp thụ CO_2 từ không khí của điện cực trong quá trình bảo quản. Nghĩa là điện cực bạc ôxít ở điều kiện điều chế có thành phần bạc (I) ôxít (Ag_2O) là chủ yếu. Hình 4(b) là kết quả nhiễu xạ của điện cực bạc ôxít sau khi phóng điện ở chế độ 3 C, sau 20 chu kỳ phóng/nạp, về điện thế 0,5 V. Kết quả cho thấy trên giản đồ Ronghen chỉ còn lại các vạch

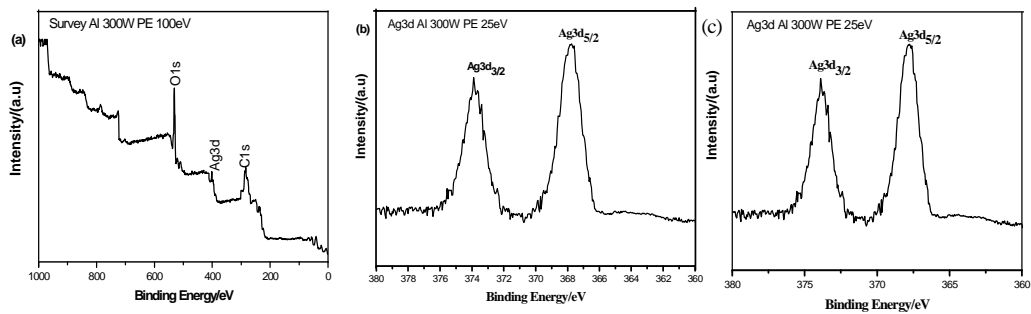
đặc trưng Ag kim loại với thông số mạng 2,35911 (1,1,1); 2,0430 (2,0,0); 1,4446 (2,2,0) và 1,2321Å (3,1,1), không còn các vạch đặc trưng của Ag₂O.



Hình 4. Giải đồ nhiễu xạ tia X (a) Điện cực trước khi phóng (Ag₂O); (b) Điện cực sau khi phóng (Ag).

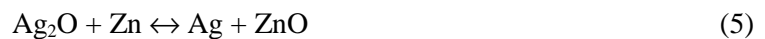
3.3.2. Phân tích huỳnh quang tia X (XPS)

Kết quả phân tích huỳnh quang tia X để xác định trạng thái tồn tại của bạc trong mẫu điện cực trước và sau khi phóng. Trên Hình 5(a) phổ phân tích huỳnh quang tia X, khảo sát các nguyên tố có trong mẫu và cho thấy sự tồn tại C1s, O1s và Ag3d, của điện cực trước khi phóng. Trên Hình 5(b) cho thấy các pic ở mức năng lượng 367,6 eV (Ag3d_{5/2}), 375,2eV (Ag3d_{3/2}) tương ứng với trạng thái Ag⁺¹ trong hợp chất Ag₂O [15]. Trên Hình 5(c) cho thấy các pic ở mức năng lượng 367,98 eV (Ag3d_{5/2}), 375,7 eV (Ag3d_{3/2}) ứng với trạng thái bạc kim loại (Ag⁰) [2].



Hình 5. Phổ nhiễu xạ huỳnh quang tia X.

Phản ứng chính xảy ra trong quá trình phóng/ nạp ắc qui bạc- kẽm là [6]:



Nếu phản ứng phóng điện theo phương trình (5) xảy ra hoàn toàn, nghĩa là tất cả lượng Ag₂O được chuyển về trạng thái Ag kim loại. Với các kết quả phân tích nhiễu xạ tia X, huỳnh quang tia X, cho thấy sản phẩm sau khi phóng điện là Ag kim loại, nghĩa là quá trình phóng điện

của phản ứng (5) xảy ra gần như hoàn toàn. Điều này lần nữa khẳng định, điện cực $Ag_2O/$ RGO nanocomposite có khả năng phóng điện ở mật độ dòng cao và hiệu suất chuyển hóa cao.

4. KẾT LUẬN

Đã tổng hợp thành công và nghiên cứu, khảo sát ba yếu tố: thành phần GO, nhiệt độ và thời gian xử lý nhiệt ảnh hưởng tới tính chất điện hóa của mẫu vật liệu $Ag_2O/$ RGO nanocomposit. Kết quả phân tích Raman, XPS, TG chỉ ra cấu trúc graphen ôxít dạng graphit đa lớp, ở nhiệt độ $550\text{ }^{\circ}\text{C}$ và sau 10 giờ xử lý nhiệt, đã bị phân hủy nhiệt gần như hoàn toàn.

Với điều kiện tổng hợp $Ag_2O/$ RGO nanocomposit có hàm lượng 10 % graphen ôxít ban đầu, ở nhiệt độ $550\text{ }^{\circ}\text{C}$, thời gian trong 10 giờ, cho kết quả phóng điện ổn định, hiệu suất cao. Khi được sử dụng làm điện cực dương trong hệ pin kẽm-bạc, lắp thành pin CR2032, cho dung lượng riêng đạt 86,8 % lí thuyết và có khả năng cho dòng phóng lớn $0,636\text{ mA/cm}^2$ (3C), khả năng phóng- nạp điện ổn định, sau 20 chu kì, dung lượng giảm còn 176 mAh/g (trung bình giảm 0,5 %/chu kì). Với kết quả này, mẫu $Ag_2O/$ RGO nanocomposit tổng hợp có thể được ứng dụng trong việc chế tạo điện cực dương trong các hệ pin bạc-kẽm, ắc qui bạc- kẽm.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Trần Quốc Tùy, Nguyễn Văn Tú, Đỗ Bình Minh, Dương Chí Quân - Nghiên cứu một số yếu tố ảnh hưởng đến khả năng phóng điện của điện cực bạc ôxít/bạc trong dung dịch điện li KOH 8M, Tạp chí NCKH& CNQS **6** (2009) 74-79.
2. Wen C. Y, Shao M. W, Zhuo S. J, Lin Z. Q, Kang Z. H. - Silver/graphene nanocomposite: Thermal decomposition preparation and its catalytic performance, Materials Chemistry and Physics **135** (2012) 780-785.
3. David Linden, Thomas B. Reddy - Handbook of Batteries, McGraw-Hill, New York (2001).
4. Martin Pumera - Electrochemistry of graphene, graphene oxide and other graphenoids: Review, Electrochemistry Communications **36** (2013)14-18.
5. Fleischer A, Lander J. - Zinc- Silver Oxide Batteries, John Wiley & Sons, INC New York, (1971) 99-153.
6. Karpinski A. P, Makovetski B, Russel S. J, Serenyi J. R. - Silver-Zinc: Status of Technology and Applications, Journal of Power Sources **80** (1999) 53-60.
7. Candelaria S. L, Shao Y. Y, Zhou W, Li X. L, Xiao J, Zhang J. G, Wang Y, Liu J, Li J. H, Cao G. Z. - Nanostructured carbon for energy storage and conversion, Nano Energy **1** (2012) 195-220.
8. Wu Z. S, Ren W. C, Gao L. B. - Synthesis of Graphene sheets with high electrical conductivity and good thermal stability by hydrogen arc discharge exfoliation, ACS Nano **3** (2009) 411-417.
9. Hou Z. L, Song W. L, Wang P. - Flexible graphene-graphene composites of superior thermal and electrical transport properties, ACS Applied Materials & Interfaces, (2015), dx.doi.org/10.1021/am502986j
10. Chen D, Feng H. B, Li J. H. - Graphene oxide: preparation, functionalization, and electrochemical applications, Chem. Rev. **112** (2012) 6027-6053.

11. Li N, Cao M. H, Hu C. W. - Review on the latest design of graphene-based inorganic materials, *Nanoscale* **4** (2012) 6205-6218.
12. Zhou G, Wang D. W, Yin L. C. - Oxygen bridges between NiO nanocomposite and graphene for improvement of lithium storage, *ACS Nano* **6** (2012) 3214-3223.
13. Wu Z. S, Zhou G. M, Yin L. C, Ren W. R, Li F, Cheng H. M. - Graphene/metal oxide composite electrode materials for energy storage, *Nano Energy* **1** (2012) 107-131.
14. Chavez-Valdez A, Shaffer M. P, Boccaccini A. R. - Applications of graphene electrophoretic deposition, A Review. *J. Phys. Chem. B* **117** (6) (2013), 1502–1515.
15. Nguyễn Văn Tú, Mai Văn Phước - Ag₂O/graphen nanocompozit sử dụng trong nguồn điện bạc kẽm, *Tạp chí Hóa học* **52** (6B) (2014) 55-58.

ABSTRACT

SYNTHESIS AND PROPERTIES OF Ag₂O/RGO NANOCOMPOSITE AS CATHODE MATERIALS FOR ZINC - SILVER BATTERIES

Nguyen Van Tu^{1,2,*}, Shah Abdul Hakim²

¹*Institute of Chemistry and Materials, Military Institute of Science and Technology, 17 Hoang Sam Street, Nghia Do, Cau Giay, HaNoi*

²*State Key Laboratory of Advanced Technology for Materials Synthesis and Processing, School of Material Science and Engineering, Wuhan University of Technology, Wuhan, P. R. China*

*Email: nguyenvantu882008@yahoo.com

In this article, the Ag₂O/reduced graphene oxide (RGO) nanocomposite has been successfully prepared by reduced chemical method. The discharge/charge property of the Ag₂O/RGO nanocomposite was studied by galvanostatic charge-discharge measurement as a cathode material, CR2032 cells at different current densities: 0.106, 0.212, 0.424 and 0.636 mA/cm². The results indicated that the temperature and time for annealing to treat Ag₂O/RGO nanocomposite and graphene composition have effect to properties of electrochemical electrode. The Ag₂O/RGO nanocomposite electrode may be discharged/charged at high current density 0.636 mA/cm² (3 C) and used as a cathode for zinc- silver batteries.

Keywords: silver oxide, graphene oxide, silver nanocomposite, zinc-silver battery, cathode materials.