



HỘI XÚC TÁC VÀ HẤP PHỤ VIỆT NAM
VIETNAM ASSOCIATION OF CATALYSIS AND ADSORPTION

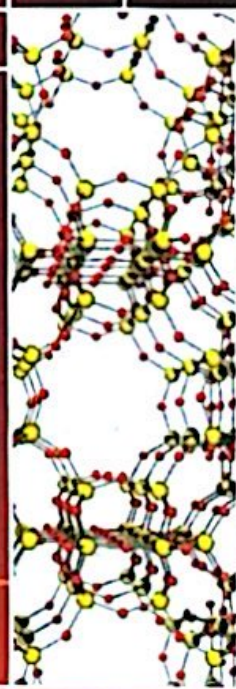
T.4 $\frac{N^{\circ}.4A}{2015}$

TẠP CHÍ XÚC TÁC VÀ HẤP PHỤ

JOURNAL OF CATALYSIS AND ADSORPTION

TUYỂN TẬP CÁC BÁO CÁO KHOA HỌC
HỘI NGHỊ XÚC TÁC VÀ HẤP PHỤ
TOÀN QUỐC LẦN THỨ VIII - ĐÀ NẴNG

ISSN 0866—7411



HÀ NỘI



MỤC LỤC
TABLE OF CONTENTS

	Trang
1 Lời toà soạn	1
2 Sunlight-driven hollow photocatalysts: synthesis and their applications <i>Chinh Chien Nguyen, Nhu Nang Vu, Trong On Do</i>	1
3 Nghiên cứu xử lý nước thải chứa nhiều lignin bằng xúc tác phức tạo bởi ion Co(II) với axetylaxeton (Acac) <i>Study on treating wastewater containing lignin pollutant by the catalytic complex "Co(II)-Acetylacetone" and H₂O₂</i> <i>Lê Văn Huỳnh</i>	15
4 Phân hủy phenol bằng H ₂ O ₂ dưới tác dụng hoạt hoá của phức Mn ²⁺ Lumomagrezone (Lm) - HCO ₃ ⁻ <i>Decomposition of phenol by H₂O₂ under catalytic activation of the complex Mn²⁺ Lumomagrezone (Lm) - HCO₃⁻</i> <i>Vũ Thị Kim Loan</i>	20
5 Khảo sát thành phần CO trong khí thải lò hơi sử dụng biomass và thử nghiệm xử lý bằng xúc tác oxi hóa <i>Surveying CO emission of biomass boilers and testing treatment by catalytic oxidation</i> <i>Lưu Cẩm Lộc, Nguyễn Trí, Nguyễn Minh Phương, Nguyễn Tuấn Vũ, Nguyễn Thị Thùy Vân, Hoàng Tiến Cường, Hà Cẩm Anh, Hoàng Minh Nam</i>	24
6 Nghiên cứu tổng hợp vật liệu nano đa cấp 1-3 SnO ₂ urchin bằng phương pháp dung môi nhiệt <i>Synthesis of hierarchical 1-3 SnO₂ urchin via a solvothermal technique</i> <i>Lê Thị Hoà</i>	31
7 Phân tích một số đặc trưng hoá lý của vật liệu MCM-41 biến tính bằng phức cobalt - base schiff <i>Analysis of some physical chemistry characteristics of the MCM-41 modified by cobalt complex - base schiff</i> <i>Nguyễn Nho Dũng, Phạm Xuân Núi, Trần Thị Văn Thi</i>	35
8 Oxi hóa hoàn toàn benzen trên nano xúc tác lưỡng kim loại Au - Cu được mang trên vật liệu đa mao quản ZSM-5/SBA-15 <i>Complete oxidation of benzene over Au - Cu bimetallic nanoparticles supported on multi-pore ZSM-5/SBA-15 material</i> <i>Lê Thị Hoài Nam, Phạm Minh Đức, Nguyễn Thị Bích Hồng, Bùi Quang Hiếu, Nguyễn Thị Nhiệm, Đặng Thanh Tùng, Trần Quang Vinh</i>	44

- 9 Tổng hợp và đặc trưng vật liệu MIL-88B 51
Synthesis and characterization of MIL-88B material
Đặng Thị Quỳnh Lan, Hồ Văn Thành
- 10 Nghiên cứu tổng hợp và đặc trưng chất xúc tác aluminosilicat mao quản trung bình (Al-HMS) cho phản ứng alkyl hóa tổng hợp *tert*-butylhydroquinon 57
Synthesis and characterization of mesoporous aluminosilicate (Al-HMS) as catalyst for the production of tert-Butylhydroquinone
Nguyễn Thị Linh, Trần Ngọc Tuấn
- 11 Hydrothermal synthesis and characterization of graphene-TiO₂-ZnO composites for photodegradation of methylene blue 63
Tuoi Thi Dang, Thanh Xuan Nguyen, Hieu Huu Nguyen, Hung Van Hoang
- 12 Nghiên cứu chế tạo Al₂O₃ dạng viên cầu bằng phương pháp chảo quay ứng dụng làm chất mang xúc tác và chất hấp phụ 70
Granulation of Al₂O₃ powder for preparing catalyst support and adsorbent
Nguyễn Mạnh Huân, Ngô Thúy Phương, Trần Ngọc Sơn, Lê Đức Thịnh
- 13 Chế tạo, đặc trưng và ứng dụng xúc tác oxit hỗn hợp La_{1-x}Ce_xNiO₃ (0 ≤ x ≤ 1) để oxy hóa CO 78
Preparation, characterization and application of mixed oxides La_{1-x}Ce_xNiO₃ (0 ≤ x ≤ 1) for CO oxidation
Vũ Thế Ninh, Lưu Minh Đại
- 14 Nghiên cứu về sự hình thành các tâm axit trong vật liệu bentonit Di Linh - silica mao quản trung bình 83
Study on formation mechanism of acid sites on Di Linh bentonite – silica mesoporous material.
Võ Thị Mỹ Nga, Nguyễn Thanh Bình, Lê Thanh Sơn, Đỗ Trung Hiếu
- 15 Vật liệu hấp thu dầu trên cơ sở axetyl hóa sợi kenaf 88
Oil sorbent based on acetylated kenaf fiber
Nguyễn Tiến Dũng, Nguyễn Thị Bích Việt, Hoàng Thu Hà, Vũ Thị Thủy, Phan Quang Dũng, Trần Vũ Thắng, Trần Đình Minh
- 16 Nghiên cứu ứng dụng màng montmorillonit (MMT) để xác định hàm lượng ion kim loại linh động trong nước sông Lạch Tray Hải Phòng 92
Study on application of montmorillonit (MMT) membrane for the determination of labile metal ions in Lach Tray river water of Hai Phong City
Lã Bích Hương, Trần Thị Hải Yến, Bùi Đăng Thanh, Nguyễn Hồng Liên, Trần Trung Kiên
- 17 Nghiên cứu đặc tính hấp phụ hydrocarbon của vật liệu xốp trên cơ sở ống nano carbon 97
Study of the hydrocarbon adsorption properties of carbon nanotubes foam
Nguyễn Đình Minh Tuấn, Lê Phước Hải, Biện Quốc Đạo, Phan Thanh Sơn, Nguyễn Đình Lâm
- 18 Metal-organic framework Zn₂(BDC)₂(DABCO) as an effiecent and recyclable heterogeneous catalyst for selective synthesis of dihydrobenzimidazole 102
Nguyen Tran Vu, Nguyen Dang Khoa, Huynh Quang Nhat, Truong Vu Thanh, Phan Thanh Son Nam

- 19 Preliminary investigation of TiO_2 /Sepiolite catalytic ability in the decoloration of Rhodamine B 110
Nguyễn Tiến Thảo, Đoàn Thị Lý, Hán Thị Phương Nga
- 20 So sánh các đặc trưng hóa lý hai loại diatomite Phú Yên và diatomite Merck 115
A Comparison of physicochemical properties between Phu Yen diatomite and Merck diatomite
Bùi Hải Đăng Sơn, Nguyễn Thị Ngọc Trinh, Nguyễn Đăng Ngọc, Đinh Quang Khiếu
- 21 Sự ảnh hưởng của nhiệt độ nung đến tính chất và hoạt tính của các xúc tác NiO/TiO_2 và $\text{NiO}/\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$ trong phản ứng metan hóa CO_2 120
The affect of calcination temperature on property and activity of NiO/TiO_2 and $\text{NiO}/\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$ catalysts for methanation of carbon dioxide
Nguyễn Hữu Sơn, Lưu Cẩm Lộc
- 22 Hoạt tính xúc tác của rây phân tử FeSAPO-5 trong phản ứng oxi hóa phenol 126
Catalytic activity of FeSAPO-5 molecular sieves in the reaction of phenol oxidation
Cao Thị Thúy, Nguyễn Văn Chúc, Lâm Thị Tho, Đặng Thị Thúy Hạnh, Vũ Thị Thu Hà
- 23 Nghiên cứu hoạt tính quang xúc tác của MIL-101 trên phẩm nhuộm remazol deep black (RDB) 131
A study on photocatalytic degradation of remazol deep black dye onto MIL-101
Đinh Quang Khiếu, Võ Thanh Châu, Hoàng Văn Đức, Mai Văn Bầy, Võ Triều Khải, Trần Xuân Mậu
- 24 Đề xuất công nghệ tích hợp xử lý triệt để các hợp chất da cam/dioxin trong đất và trầm tích 139
Proposing an integrated technology for the complete treatment of orange/dioxin compounds in soils and sediments
Lâm Vĩnh Ánh, Hoàng Kim Huế, Phạm Thị Hoa, Trần Văn Công
- 25 Nghiên cứu tổng hợp và khảo sát các yếu tố ảnh hưởng đến khả năng xử lý chất ô nhiễm xanh metylen trong nước ở vùng ánh sáng khả kiến của hệ xúc tác Ti -Zr oxit 149
Studying on preparation photocatalyst Zr- TiO_2 by co-precipitation method to treat methylen blue organic pollutants in visible light
Nguyễn Xuân Thơm, Ngô Thị Quỳnh Như, Nguyễn Đức Quý
- 26 Nghiên cứu loại bỏ protein trong latex cao su tự nhiên sử dụng dung môi phân cực như một "xúc tác" của phản ứng 154
Study on removing proteins from natural rubber latex using the polar organic solvent as a catalyst for protein removal process
Trịnh Thị Hằng, Phan Trung Nghĩa, Seiichi Kawahara
- 27 Tổng hợp và hoạt tính xúc tác oxi hóa trong pha lỏng của hệ xúc tác phức Manganese/Cobalt-SBA-16 159
Manganese/Cobalt-SAL-APTES complexes SBA-16: synthesis and their catalytic oxidation in liquid phase
Nguyễn Nho Dũng, Phạm Xuân Núi, Trần Thị Văn Thi, Trần Thanh Tâm Toàn
- 28 Hydrothermal synthesis of $\alpha\text{-MnO}_2$ nanorods for the catalytic oxidation of *m*-xylene 167
Nguyen Thi Mo, Phung Thi Lan, Le Minh Cam

NGHIÊN CỨU TỔNG HỢP VẬT LIỆU NANO ĐA CẤP 1-3 SnO_2 URCHIN BẰNG PHƯƠNG PHÁP DUNG MÔI NHIỆT

Synthesis of hierarchical 1-3 SnO_2 urchin via a solvothermal technique

Đến tòa soạn ngày 2-5-2015; nhận đăng ngày 30-6-2015

Lê Thị Hoà

Khoa Hoá, Trường Đại Học Khoa Học, Đại Học Huế

Email: lethihoachem@gmail.com, Mobile: 0914 365 253

ABSTRACT

Tin oxide nanomaterials with hierarchical structure have been successfully synthesized via solvothermal method at 200 °C without employing templates. The products are characterized by X-ray diffraction, transmission electron microscopy and nitrogen adsorption-desorption experiments. The morphology of the as-prepared material is urchin-like 1-3 SnO_2 hierarchical nanostructures which were built from one-dimensional (1D) nanorods with average diameter of 88 nm and high specific surface area BET of 60.1 m^2/g . Effects of temperature, NaOH concentration and synthesis time on the growth mechanism of SnO_2 hierarchical are investigated.

1. MỞ ĐẦU

Vật liệu nano có cấu trúc nano đa cấp là vật liệu có nhiều chiều hơn được xây dựng từ các khối nano cơ sở ít chiều (nano-building block) như nano hạt 0D, nano sợi 1D, nano tấm (2D), v.v.. Vật liệu nano đa cấp (VLĐC) có cấu trúc xếp, sắp xếp trật tự, diện tích bề mặt riêng giảm ít hơn so với trường hợp vật liệu đó ở trạng thái kích thước nano. Do những đặc điểm này của VLĐC nên nó được quan tâm nghiên cứu vì có thể đáp ứng được các yêu cầu về cảm biến khí và xúc tác là: (a) độ nhạy khí lớn và tốc độ cảm biến nhanh [1]; (b) tính chất xúc tác được cải thiện về phương diện hoạt tính cũng như độ chọn lọc [2].

Hiện nay, vẫn chưa có cách phân loại thống

nhất về nhóm vật liệu này. Cách gọi phổ biến nhất để gọi VLĐC thường dựa vào hình dạng tự nhiên của nó hay vật liệu đa cấp kèm theo hình dạng của nó. Trong nghiên cứu này, chúng tôi gọi tên vật liệu tổng hợp theo cách phân loại của Lee và các đồng tác giả [1]. Ví dụ cấu trúc kiểu 1-3 cụm lông nhím (để đơn giản gọi là 1-3 urchin hay cấu trúc kiểu lông nhím) có nghĩa là các đơn vị 1D dạng sợi/dạng que kết hợp tạo thành dạng 3D như con nhím xù lông.

Trong bài báo này, chúng tôi tiến hành tổng hợp VLĐC 1-3 SnO_2 hình thái urchin và nghiên cứu các yếu tố ảnh hưởng đến sự hình thành của vật liệu.

2. THỰC NGHIỆM

Tổng hợp VLĐC SnO_2 dựa trên tài liệu [3] và có thay đổi như sau: Hòa tan 1,5 mmol $\text{Na}_2\text{SnO}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ vào 20 mL NaOH 0,35M, khuấy từ khoảng 5 phút được dung dịch trong suốt, sau đó cho tiếp 20 mL ethanol vào sẽ thấy xuất hiện dạng huyền phù trắng đục. Tiếp theo chuyển hỗn hợp này vào bình teflon kết tinh dung nhiệt ở nhiệt độ và thời gian xác định. Sau đó, lọc rửa

kết tủa cho đến trung tính và sấy khô thu được sản phẩm.

Thành phần pha tinh thể được nghiên cứu bằng nhiễu xạ tia X (Bruker, Advance D8) dùng tia bức xạ Cu K α với $\lambda = 1,546 \text{ \AA}$ và tốc độ 0,01°/phút. Hình thái của vật liệu được nghiên cứu bằng hiển vi điện tử truyền qua TEM (Jeol-JEM 1010).

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

Hình 1a trình bày giản đồ XRD của các mẫu SnO_2 tổng hợp ở các nhiệt độ dung nhiệt khác nhau.

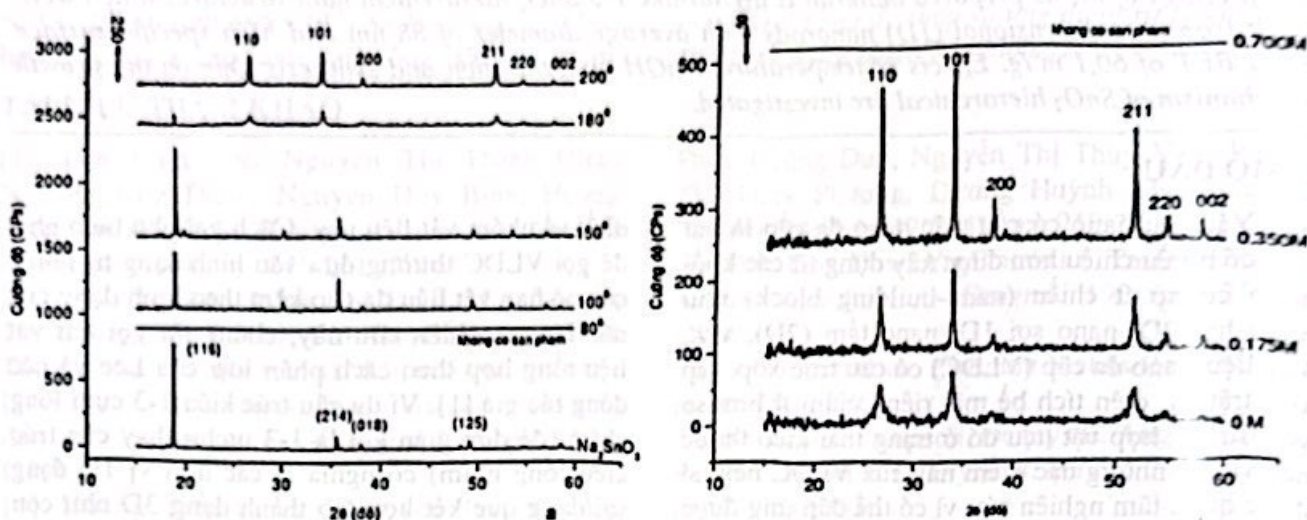
Khi nhiệt độ dung nhiệt thấp 80°C (không thu được sản phẩm), được biểu thị bằng đường thẳng

nằm ngang. Ở nhiệt độ dung nhiệt 100°C, các nhiễu xạ của sản phẩm ban đầu $\text{Na}_2\text{SnO}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ biến mất, các nhiễu xạ chủ yếu của tinh thể $\text{Na}_2[\text{Sn}(\text{OH})_6]$ (JCPDS-00-005-0732) bao gồm các

mặt (116), (214), (018), (125) được quan sát. Tại nhiệt độ dung nhiệt 180°C, nhiễu xạ của tinh thể $\text{Na}_2[\text{Sn}(\text{OH})_6]$ giảm mạnh (chỉ còn lại nhiễu xạ có cường độ mạnh nhất (116)) thay vào đó là xuất hiện các nhiễu xạ đặc trưng (110), (101), (200) và (211) của SnO_2 cấu trúc rutile (JCPDS-041-1445). Khi nhiệt độ dung nhiệt tăng lên 200°C thì nhận được pha rutile SnO_2 duy nhất. Độ rộng nửa chiều cao peak (FWHM) ở mặt (110) là: $\beta(180) = 0,111^\circ > \beta(200) = 0,106^\circ$. Như vậy, trong khoảng nhiệt độ khảo sát thì nhiệt độ 200°C cho mức độ kết tinh của SnO_2 cao nhất nên chọn nhiệt độ này cho các nghiên cứu tiếp theo.

Ảnh hưởng của nồng độ dung môi NaOH đến sự hình thành pha SnO_2 được nghiên cứu bằng XRD trình bày ở hình 1b. Từ giản đồ nhận thấy rằng ở các nồng độ NaOH từ 0M (dung môi

là nước) đến 0,350M thì đều xuất hiện nhiễu xạ đặc trưng của cấu trúc tetragonal rutile với hằng số mạng lưới $a = b = 4,7419 \div 4,7433 \text{ nm}$ và $c = 3,1782 \div 3,1851$ phù hợp với số liệu JCPDS 041-1445 với $a = b = 4,7382 \text{ nm}$ và $c = 3,187 \text{ nm}$. Độ rộng nửa chiều cao peak (FWHM) theo trật tự như sau: $\beta(0\text{M}) = 0,515^\circ > \beta(0,175\text{M}) = 0,232^\circ > \beta(0,350\text{M}) = 0,175^\circ$. Giá trị FWHM tỉ lệ nghịch với kích thước của tinh thể và mức độ kết tinh của vật liệu. Như vậy, khi tăng dần nồng độ NaOH thì độ kết tinh của SnO_2 tổng hợp sẽ tăng. Tuy nhiên, khi nồng độ NaOH quá lớn (0,700M) thì không thu được sản phẩm kết tủa có thể là do tinh thể SnO_2 tan trong môi trường NaOH có nồng độ cao. Trong nghiên cứu này nồng độ NaOH 0,35 M là thích hợp để thu được SnO_2 với độ kết tinh cao.



Hình 1. a. Giản đồ XRD của SnO_2 tổng hợp ở các nhiệt độ khác nhau; b. Giản đồ XRD của SnO_2 tổng hợp ở các nồng độ NaOH khác nhau



Hình 2. Hình TEM của SnO_2 tổng hợp ở các nồng độ NaOH khác nhau.

Nồng độ NaOH đã ảnh hưởng đến hình thái SnO_2 tổng hợp được trình bày ở hình 2.

Kết quả ảnh TEM cho thấy khi không có NaOH (NaOH 0M hay dung môi là nước) thì hình thái của nó bao gồm các hạt kết tụ của các nano

hình thái thanh (1D) và hình thái hạt (0D) một cách vô trật tự. Khi nồng độ NaOH tăng lên 0,175 M thì chỉ tồn tại các nano SnO_2 hình thái thanh và bắt đầu có sự kết hợp các thanh (1D) một đầu để định hình cấu trúc đa cấp kiểu 1-3 urchin (1-3 lông

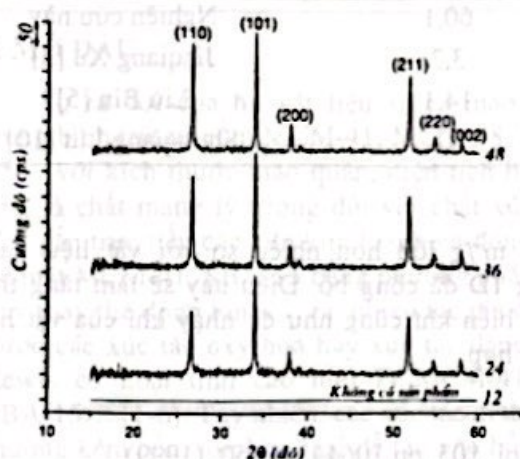
nhím). Khi nồng độ dung dịch NaOH là 0,350 M thì cấu trúc đa cấp kiểu 1-3 urchin (1-3 lồng nhím) được định hình rõ ràng từ các thanh nano SnO_2 có đường kính khoảng 88 nm, theo cách phân loại của Lee và các đồng tác giả. Từ đó khẳng định vai trò của NaOH quyết định đến sự hình thành dạng cấu trúc đa cấp kiểu 1-3 urchin của SnO_2 , điều này cũng tương đồng với kết quả của Cheng và các đồng tác giả [4]. Tác giả này cho rằng nồng độ NaOH phù hợp làm cho hạt chỉ phát triển bất đẳng hướng theo hướng [001] (hướng có năng lượng mặt lớn nhất) và đóng ở hướng [110] (hướng có năng lượng mặt bé nhất) [5,6] tạo nên tinh thể

dạng thanh (rodes), còn các amonium như tetramethylammonium hydroxit lại ức chế sự phát triển của hạt theo hướng này, kết quả tạo ra các hạt hình cầu [4].

Ảnh hưởng của thời gian dung nhiệt khác nhau được trình bày theo bảng 1. Kết quả cho thấy khi thời gian dung nhiệt thấp (12 giờ) thì chưa hình thành tinh thể, khi thời gian dung nhiệt tăng đến 24 giờ thì tinh thể SnO_2 được tạo thành nhưng với hiệu suất chỉ đạt 30,5 % (tỉ lệ lượng cân thu được thực tế và lượng cân SnO_2 tính toán lý thuyết) và thời gian dung nhiệt càng tăng thì lượng tinh thể SnO_2 thu được càng lớn.

Bảng 1. Các mẫu SnO_2 tổng hợp và hiệu suất thu được sản phẩm ở các thời gian dung nhiệt khác nhau

Thời gian dung nhiệt (giờ)	Nồng độ dd NaOH (M)	Nhiệt độ dung nhiệt ($^{\circ}\text{C}$)	Lượng $\text{Na}_2\text{SnO}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ (mmol)	Hiệu suất sản phẩm (%)
12	0,350	200	1,5	0
24	0,350	200	1,5	30,2
36	0,350	200	1,5	75,5
48	0,350	200	1,5	94,3



Hình 3. Giản đồ XRD của SnO_2 tổng hợp ở các thời gian dung nhiệt khác nhau

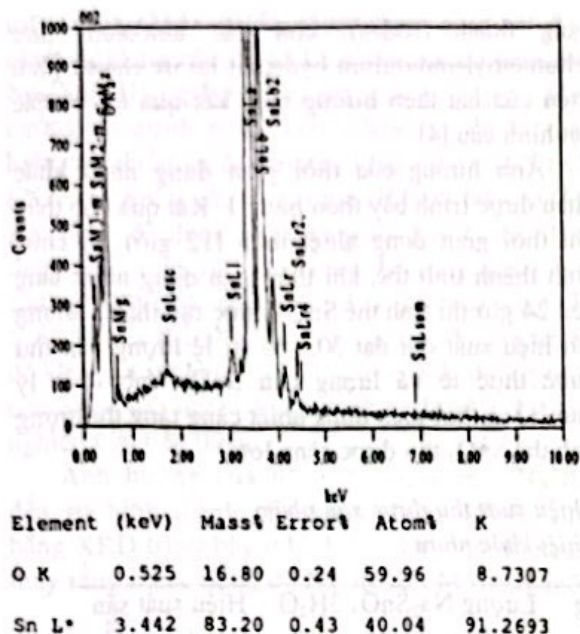
Các mẫu tổng hợp có thời gian dung nhiệt từ 24 giờ đều xuất hiện nhiều xạ đặc trưng của cấu trúc tetragonal rutile (hình 3), phù hợp với số liệu JCPDS-041-1445. Độ rộng nửa chiều cao píc giảm theo trật tự: $\beta(24) = 0,150^{\circ} > \beta(36) = 0,112^{\circ} > \beta(48) = 0,106^{\circ}$. Trong khoảng thời gian kết tinh dung nhiệt từ 36 ÷ 48 giờ, giá trị độ rộng nửa chiều cao píc là gần như nhau, cho thấy tinh thể nano SnO_2 đã tạo thành ổn định sau 36 giờ, nhưng khi thời gian dung nhiệt tăng lên 48 giờ thì hiệu suất sản phẩm tăng từ 75,5 % lên 94,3 % nên chúng tôi chọn thời gian dung

nhiệt là 48 giờ.

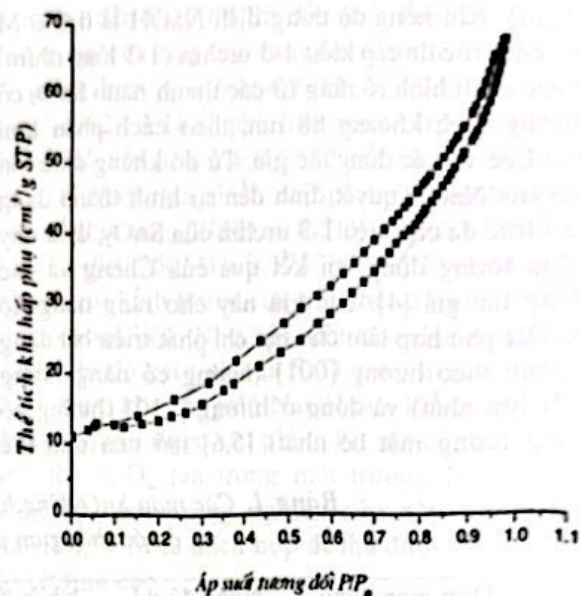
Từ kết quả phân tích trên cho thấy có ba yếu tố chính ảnh hưởng đến sự hình thành tinh thể nano SnO_2 là nhiệt độ dung nhiệt, nồng độ của dung dịch NaOH và thời gian dung nhiệt. Trong bài báo này, điều kiện tổng hợp là: nhiệt độ kết tinh 200°C , môi trường dung dịch NaOH 0,350 M và thời gian dung nhiệt 48 giờ thì thu được vật liệu có cấu trúc nano kiểu 1-3 lồng nhím với độ kết tinh cao ký hiệu UR được chọn để nghiên cứu một số đặc trưng hoá lý.

Thành phần nguyên tố của UR này được xác định bằng phổ EDX. Từ hình 4 các píc trên phổ cho thấy vật liệu chỉ có nguyên tử O phát xạ ở 0,52 KeV và nguyên tử Sn phát xạ ở 3,44 KeV. Kết quả này cho thấy vật liệu tổng hợp là tinh khiết.

Diện tích bề mặt riêng tính theo BET là $60,1 \text{ m}^2/\text{g}$, kết quả này tương đối lớn so với một số loại vật liệu nano SnO_2 dạng sợi 1D. Điều này được giải thích là do các hạt nano được tạo thành thì sự kết tụ (agglomerates) giữa các hạt nano trở nên rất mạnh [8,9] do lực hút Van der Waals tỉ lệ nghịch với kích thước hạt. Khi đó, các hạt sẽ kết tụ và hình thành cấu trúc đặc khít làm giảm diện tích bề mặt riêng. Trong khi đó thì cấu trúc nano đa cấp có cấu trúc trật tự không bị giảm diện tích bề mặt như cấu trúc nano được tạo thành từ các đơn vị 1D như công bố của tác giả [3]



Hình 4. Phổ EDX của mẫu UR;



Hình 5. Đồng nhiệt hấp phụ/ giải hấp phụ nitơ ở 77K của mẫu UR

Bảng 2. So sánh diện tích bề mặt riêng của VLĐC nano 1-3 lồng nhím tổng hợp với một số vật liệu SnO_2 1D và VLĐC khác cấu tạo từ các đơn vị cơ sở 1D và 2D

Hình thái	Phương pháp	Diện tích bề mặt riêng (m^2/g)	Tài liệu tham khảo
1-3 urchin	Dung nhiệt	60,1	Nghiên cứu này
Sợi (1D)	Thủy nhiệt	3,3	Jiaqiang Xu [3]
Cầu 1-3	Dung nhiệt dùng PEG	14,1	Liu Bin [5]
1-3 urchin lõi nhân xoắn	Thủy nhiệt	51	Shunqiang Liu [10]

4. KẾT LUẬN

Đã tổng hợp thành công VLĐC 1-3 SnO_2 urchin bằng phương pháp dung nhiệt đơn giản mà không sử dụng chất định hướng cấu trúc. Vật liệu tổng hợp được có diện tích bề mặt riêng là

60,1 m^2/g lớn hơn nhiều so với vật liệu nano dạng 1D đã công bố. Điều này sẽ làm tăng tính cảm biến khí cũng như độ nhạy khí của vật liệu tổng hợp.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Lee J. H., *Sensors and Actuators B*, Vol. 140, pp. 319–336, (2009).
- [2]. Jiang L., Sun G., Zhou Z., Sun S., Wang Q., Yan S., Li H., Tian J., Guo J., Zhou B., Xin Q., *Journal of Physical Chemistry B*, Vol. 109, pp. 8774–8778, (2005).
- [3]. Jiaqiang X., Ding W., Lipeng Q., Weijun Y., Qingyi P., *Sensors and Actuators B*, Vol. 137(2), pp. 490–495, (2009).
- [4]. Cheng B., Russell J.M., Shi W.S., Zhang L., Samulski E.T., *Journal of American Chemical Society*, Vol. 126, pp. 5972–5973, (2004).
- [5]. Slater B., Catlow C. R. A.; Gay D. H., Williams D. E., Dusastre V., *Journal of Physical Chemistry B*, Vol. 103, pp. 10644–10650, (1999).
- [6]. Leite E. R., Giraldo T. R., Pontes F. M., Longo E., Beltran A., Andres J., *Applied Physics Letters*, Vol. 83, pp. 1566–1568, (2003).
- [7]. Liu B., Zhang L., Zhao H., Chen Y., Yang H., *Sensors and Actuators B*, Vol. 173, pp. 643–651, (2012).
- [8]. Kim B. K., Choi S. D., *Sensors and Actuators B*, Vol. 98, pp. 239–246, (2004).
- [9]. Shoyama M., Hashimoto N., *Sensors and Actuators B*, Vol. 93, pp. 585–589, (2003).
- [10]. Shunqiang L., Mingjiang X., Yanxing L., Xuefeng G., Weijie J., *Sensors and Actuators B* Vol. 151, pp. 229–235, (2010).