

Nghiên cứu tính chất quang xúc tác của TiO₂ pha tạp Fe phủ trên hạt silica - gel

Nguyễn Mạnh Nghĩa¹, Nguyễn Thị Huệ^{2,*}

¹Khoa Vật lý, Trường Đại học Sư Phạm Hà Nội, 336 Xuân Thủy, Hà Nội, Việt Nam

²Viện Công nghệ Môi trường, Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam

Nhận ngày 14 tháng 7 năm 2016

Chỉnh sửa ngày 27 tháng 8 năm 2016; Chấp nhận đăng ngày 01 tháng 9 năm 2016

Tóm tắt: Vật liệu TiO₂ pha tạp Fe phủ trên hạt Silicagel (Ti_{1-x}O₂-Fe_x/SiO₂) được chế tạo bằng phương pháp sol-gel, sử dụng hỗn hợp dung dịch tetraisopropoxide titanium Ti(O-iC₃H₇)₄(TTIP), sắt clorua FeCl₃, acetylaceton (ACAC) và ethanol. Ảnh hưởng của sắt pha tạp tới cấu trúc, hình thái bề mặt, tính chất quang xúc tác của Ti_{1-x}O₂-Fe_x/SiO₂ đã được nghiên cứu thông qua giản đồ nhiễu xạ tia X (XRD), kính hiển vi điện tử quét phát xạ trường (FE-SEM) và phổ hấp thụ UV-vis. Kết quả phân tích XRD cho thấy, TiO₂-Fe trong vật liệu có cấu trúc tinh thể đơn pha anatase với cường độ mạnh. Ảnh FE - SEM cho thấy bề mặt khá đồng đều, không thấy sự kết đám và kích thước hạt khoảng 9 -10 nm. Phổ hấp thụ chỉ ra rằng vùng cấm của mẫu Ti_{1-x}O₂-Fe_x/SiO₂ (x = 0,01; 0,03, 0,06, 0,09) giảm từ 3,33 eV đến 2,77 eV khi x tăng từ 0 đến 0,09. Kết quả thử nghiệm khi phân hủy metylen xanh cho thấy chỉ có mẫu pha tạp sắt có khả năng quang xúc tác trong vùng ánh sáng khả kiến. Điều này chứng tỏ vật liệu Ti_{1-x}O₂-Fe_x/SiO₂ có khả năng ứng dụng trong xử lý các chất hữu cơ mang màu rất tốt mà không cần nguồn sáng UV.

Từ khoá: TiO₂ pha tạp sắt, Silicagel, quang xúc tác, metylen xanh.

1. Giới thiệu

TiO₂ là chất quang xúc tác thu hút được nhiều sự quan tâm của các nhà khoa học trong nước và thế giới. Ưu điểm lớn của TiO₂ là không độc hại, giá thành thấp, hoạt tính xúc tác cao và có khả năng sử dụng ánh sáng mặt trời để khoáng hóa hoàn toàn nhiều hợp chất hữu cơ [1]. Tuy nhiên, TiO₂ tinh khiết có bề rộng vùng cấm lớn 3.2 eV nên nó chỉ thể hiện tính quang xúc tác khi được chiếu bởi bức xạ tử ngoại, sóng điện từ này chiếm một phần rất nhỏ

(<5%) năng lượng bức xạ mặt trời. Để vật liệu TiO₂ có tính quang xúc tác trong vùng ánh sáng khả kiến, các trạng thái pha tạp kim loại hoặc phi kim thường được tạo ra giữa vùng hóa trị và vùng dẫn. Khả năng quang xúc tác của vật liệu nano TiO₂ tăng lên đáng kể khi được pha tạp với các phi kim như C, N [2, 3]; kim loại chuyển tiếp như Fe, Cu, Ag, Ni, Cr [4-6]; hoặc đồng pha tạp Fe - C, Fe - Cr [7]. Fe được coi là một chất thích hợp để pha tạp vào TiO₂ vì bán kính của Fe³⁺ (0,64Å^o) tương tự như bán kính của Ti⁴⁺ (0,68Å^o). Do đó, các ion Fe³⁺ có thể dễ dàng kết hợp với mạng tinh thể của TiO₂. Việc pha tạp Fe có thể làm giảm độ rộng vùng cấm

* Tác giả liên hệ. ĐT.: 84- 915381354
Email: nthue2003@gmail.com

của vật liệu và tăng hiệu quả hấp thụ ánh sáng nhìn thấy.

Bên cạnh đó, TiO_2 có ái lực yếu đối với các chất ô nhiễm hữu cơ, đặc biệt là chất ô nhiễm hữu cơ kị nước và trong quá trình quang phân, các hạt nano TiO_2 dễ dàng bị kết tụ, cản trở ánh sáng chiếu đến các trung tâm hoạt động. Hơn nữa, đối với các hệ thống huyền phù, việc thu hồi và tái sử dụng các hạt nano TiO_2 từ nước đã xử lý gặp nhiều khó khăn [8]. Vì vậy, để có thể tập trung các chất ô nhiễm quanh hạt TiO_2 và cải thiện sự ổn định cũng như khả năng tái sử dụng của TiO_2 , nhiều nghiên cứu đã được thực hiện để khắc phục những hạn chế trên bằng cách gắn các hạt nano TiO_2 trên các hạt lớn hơn, các hạt này cũng là chất hấp phụ chất ô nhiễm. Do đó, các biện pháp cố định vật liệu quang xúc tác trên các chất hỗ trợ (như hạt thủy tinh, tấm thủy tinh, than hoạt tính, zeolite,...) là thích hợp hơn so với các hệ thống huyền phù [9-11]. Trong đó, silicagel có độ xốp cao, diện tích bề mặt tiếp xúc lớn nên khi phủ TiO_2 trên nó làm tăng khả năng quang xúc tác của vật liệu TiO_2 đối với chất ô nhiễm lớn [11].

Báo cáo này đưa ra một số kết quả nghiên cứu, chế tạo vật liệu TiO_2 pha tạp Fe phủ trên hạt silica gel bằng phương pháp sol - gel. Khảo sát cấu trúc tinh thể, hình thái bề mặt và nghiên cứu phổ hấp thụ của vật liệu $Ti_{1-x}O_2-Fe_x/SiO_2$. Thử nghiệm quang xúc tác của vật liệu $Ti_{1-x}O_2-Fe_x/SiO_2$ trong quá trình phân hủy xanh metylen trong vùng ánh sáng khả kiến.

2. Thử nghiệm

2.1. Hóa chất

Titanium isotetrapropoxide $Ti(O-iC_3H_7)_4$ (TTIP) 98%, muối $FeCl_3.6H_2O$ 99% (Merck, Đức). Ethanol C_2H_6O (EtOH) 99,7% (Trung Quốc). Acetylacetone $C_5H_8O_2$ (ACAC) (Nhật Bản). Hạt silicagel (SiO_2) có đường kính 1-2nm, diện tích bề mặt riêng $200m^2/g$ được cung cấp bởi công ty Fuji Silysia, Nhật Bản. Metylen xanh (MB, Trung Quốc) dạng tinh thể được pha chế ở nồng độ 10 ppm để thử nghiệm.

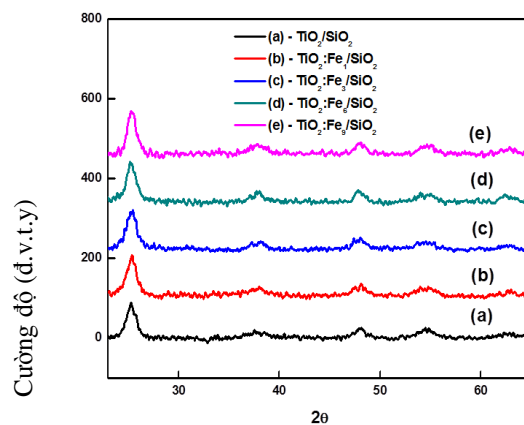
2.2. Chế tạo vật liệu

TiO_2 pha tạp sắt được chế tạo bằng phương pháp sol-gel. Sol được tạo thành từ $FeCl_3.6H_2O$, ACAC, TTIP và Etanol với tỉ lệ số mol phân tử là x: 1: (1 - x): 34 với x = 0,01; 0,03, 0,06, 0,09 khuấy đều trong 60 phút. Trước khi ngâm vào dung dịch sol, hạt silica gel được rửa sạch trong nước cất hai lần sau đó đem nung ở $500^\circ C$ trong 2 giờ để giải hấp các tạp chất đã hấp thụ trong silica gel. Sau đó, cho hạt silica - gel vào sol, ngâm trong 1 giờ. Sấy hạt silica -gel ở $75^\circ C$ trong tủ sấy đến khi khô sau đó nung ở $500^\circ C$ trong 5 giờ. Quá trình ngâm, sấy, nung được lặp lại 10 lần để được vật liệu cuối cùng.

2.3. Các phương pháp khảo sát tính chất của mẫu

Cấu trúc tinh thể của các mẫu chế tạo được kiểm tra trên thiết bị D5000 (Siemens, Đức). Hình thái bề mặt được khảo sát bằng kính hiển vi điện tử phát xạ trường S-4800 (Hitachi, Nhật Bản). Độ rộng vùng cấm được tính toán từ phổ hấp thụ đo trên hệ V670 (Jasco, Mỹ). Nồng độ metylen xanh (MB) được xác định bằng phương pháp so màu trên hệ UV- 2450 (Shimadu, Nhật Bản).

2.4. Hệ thử nghiệm quang xúc tác



Hình 3.1. Giảm đồ XRD của các mẫu TiO_2-Fe_x/SiO_2 .

Khả năng quang xúc tác của mẫu $Ti_{1-x}O_2-Fe_x/SiO_2$ được đánh giá thông qua khả năng phân hủy dung dịch MB trong bóng tối, dưới ánh sáng đèn UV và ánh sáng đèn huỳnh quang. Vật liệu xúc tác được đặt trong ống thủy tinh đường kính 1cm, dài 15cm. Dung dịch MB được bơm tuần hoàn chạy qua vật liệu với tốc độ 50ml/phút. Mẫu được đặt cách nguồn sáng khả kiến (đèn huỳnh quang, CFL 1UT4, công suất 11W) là 1 cm. Sau 60 phút lấy mẫu ra để kiểm tra sự thay đổi nồng độ.

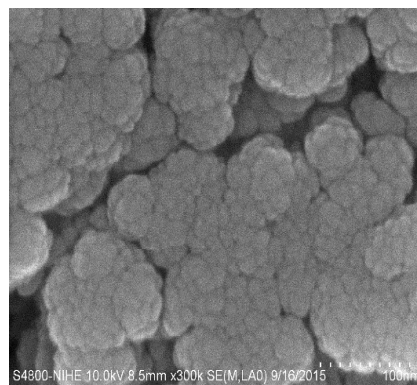
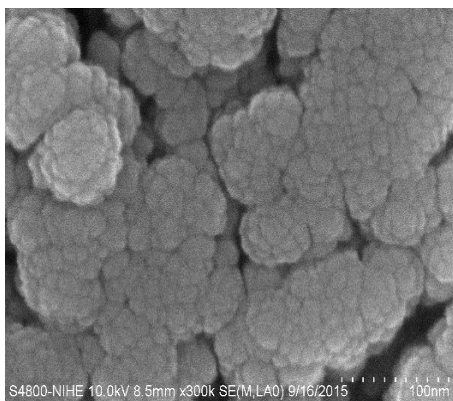
3. Kết quả và thảo luận

3.1. Cấu trúc tinh thể

Phổ nhiễu xạ tia X của $Ti_{1-x}O_2-Fe_x/SiO_2$ ($x = 0,01; 0,03, 0,06, 0,09$) được đưa ra trong hình 3.1. Silicagel là vật liệu vô định hình nên sẽ không tạo ra các đỉnh nhiễu xạ do đó đỉnh nhiễu xạ của các mẫu là đỉnh nhiễu xạ của tinh thể $TiO_2:Fe_x/SiO_2$. Phổ XRD của tất cả các mẫu chỉ có các đỉnh nhiễu xạ điển hình của pha anatase TiO_2 ở vị trí góc 2θ là $25^\circ, 37^\circ, 48^\circ, 55^\circ, 63^\circ$ tương ứng với các mặt phẳng (101), (004), (200), (211), (204). Sự hình thành các tinh thể anatase với độ tinh khiết cao rất quan trọng để

đạt được hiệu quả quang xúc tác phân hủy các hợp chất hữu cơ bằng vật liệu TiO_2 . Các pha khác như rutile (TiO_2), brookite (TiO_2), hematite ($\alpha-Fe_2O_3$), pseudo-brookite (Fe_2TiO_5) không xuất hiện trong các mẫu nghiên cứu. Điều này có thể do các ion sắt có trong thành phần mẫu đã cản trở sự hình thành rutile và cấu trúc tinh thể dạng khác.

Từ độ bán rộng đỉnh nhiễu xạ thứ nhất và sử dụng công thức Scherer ($k = 0,9$) tính toán được kích thước tinh thể của $Ti_{1-x}O_2-Fe_x/SiO_2$ ($x = 0,01; 0,03, 0,06, 0,09$) lần lượt là 8,8; 9,2; 9,3; 9,6; 9,9 nm. Các số liệu tính toán được cho thấy, đường kính tinh thể tăng dần khi tăng hàm lượng Fe pha tạp. Trong khi đó, hằng số mạng của tất cả các mẫu đều có giá trị 3,8 Å (đối với hệ số a,b) và 9,5 Å (đối với hệ số c). Kết quả này hoàn toàn phù hợp với các giá trị hằng số mạng chuẩn của anatase - TiO_2 . Điều này có thể do bán kính của Ti^{4+} và Fe^{3+} tương tự nhau, nên ion Fe được thêm vào cấu trúc của TiO_2 và được đặt tại vị trí khuyết tật hoặc thay thế một số vị trí mạng của TiO_2 để tạo thành dung dịch rắn Ti - Fe. Như vậy, với tỉ lệ pha tạp sắt trong TiO_2 từ 1 đến 9% thì Fe không ảnh hưởng đáng kể đến cấu trúc của TiO_2 .



Hình 3.2. Ảnh FE-SEM của mẫu $Ti_{0,99}O_2-Fe_{0,01}/SiO_2$ (trái) và $Ti_{0,91}O_2-Fe_{0,09}/SiO_2$ (phải).

3.2. Hình thái bề mặt

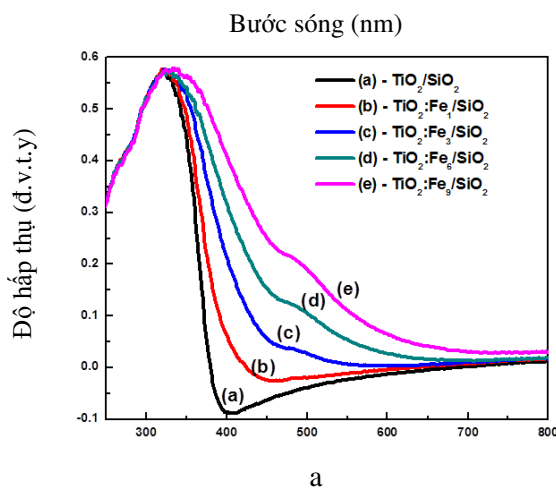
Hình thái bề mặt của hệ vật liệu chế tạo được khảo sát bằng ảnh FE-SEM của mẫu điển

hình là $Ti_{0,99}O_2-Fe_{0,01}/SiO_2$ và $Ti_{0,91}O_2-Fe_{0,09}/SiO_2$. Kết quả ảnh FE-SEM cho thấy, bề mặt của hai mẫu giống nhau: bề mặt khá đồng đều, không thấy sự kết đám và kích thước hạt

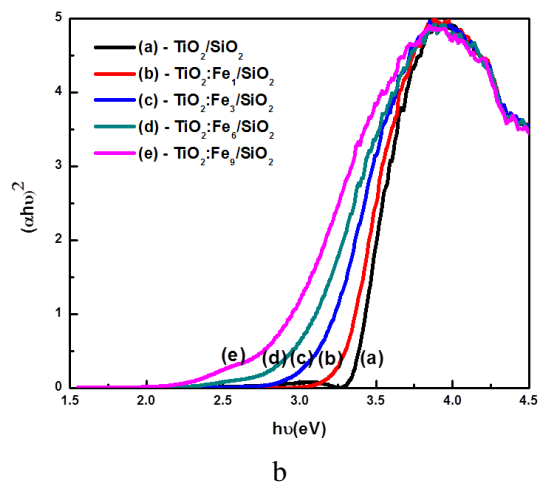
khoảng 10nm. Như vậy, có thể thấy rằng nồng độ sắt pha tạp trong mẫu $Ti_{1-x}O_2-Fe_x/SiO_2$ không ảnh hưởng tới hình thái bề mặt của vật liệu mang với nồng độ sắt pha tạp khác nhau, kết quả này hoàn toàn phù hợp với các nghiên cứu trước đó [12]. Do đó, vật liệu $Ti_{1-x}O_2-Fe_x/SiO_2$ có cả hai tính chất hấp thụ và xúc tác.

3.3. Phổ UV – Vis

Độ rộng vùng cấm là yếu tố quan trọng để xác định hoạt động quang xúc tác của vật liệu. Hình 3.3a cho thấy, độ rộng vùng cấm của các mẫu $Ti_{1-x}O_2-Fe_x/SiO_2$ được xác định từ phổ hấp thụ, khi tăng nồng độ Fe^{3+} từ 0 % đến 9 % bởi hấp thụ của hệ mẫu có sự dịch chuyển về vùng bức xạ khả kiến từ 373 nm đến 448 nm.



Hình 3.3 b là đồ thị tính toán độ rộng vùng cấm của hệ mẫu, kết quả cho thấy vùng cấm của các mẫu giảm dần từ 3,33 eV; 3,26 eV; 3,09 eV; 2,94 eV; 2,77 eV với mức độ pha tạp 0%, 1%, 3%, 6%, 9%. Sự có mặt của các nguyên tử Fe trong các đơn vị mạng TiO_2 đã sinh ra các trạng thái năng lượng ở giữa vùng hóa trị và vùng dẫn, do đó thu hẹp độ rộng vùng cấm của vật liệu. Sự có mặt của các nguyên tử Fe càng nhiều hay mức độ pha tạp càng lớn thì độ rộng vùng cấm càng hẹp, nhỏ nhất là 2,77eV ở mẫu pha tạp 9 %. Giá trị này phù hợp với các nghiên cứu trước đây [2-4]. Vì vậy, có thể cho rằng các mức năng lượng sâu hơn trong vùng cấm được tạo ra khi tăng tỉ lệ pha tạp.



Hình 3.3. Phổ hấp thụ của các mẫu $Ti_{1-x}O_2-Fe_x/SiO_2$ theo bước sóng (a), theo năng lượng (b).

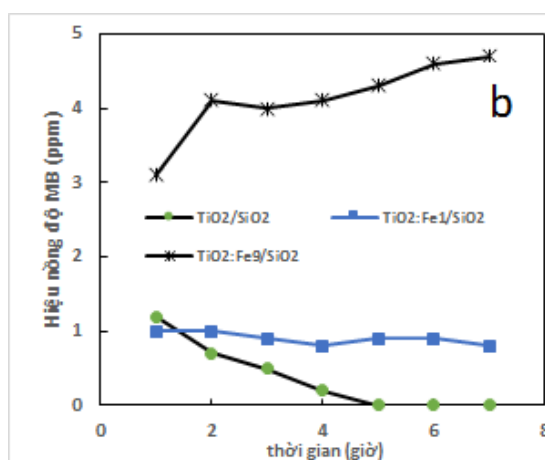
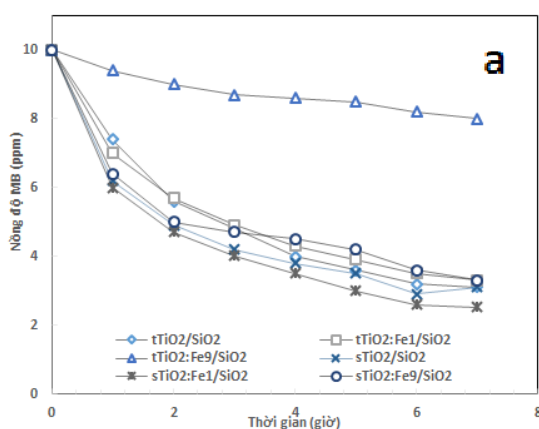
3.4. Tính chất quang xúc tác

Để khảo sát khả năng hấp phụ cũng như khả năng quang xúc tác của mẫu chế tạo được hay khảo sát sự ảnh hưởng của sự pha tạp lên phản ứng quang xúc tác của vật liệu, tiến hành thí nghiệm với 3 mẫu thí nghiệm: không pha tạp (TiO_2/SiO_2), pha tạp 1% ($Ti_{0,99}O_2-Fe_{0,01}/SiO_2$) và pha tạp 9% ($Ti_{0,91}O_2-Fe_{0,09}/SiO_2$) để xử lý 250 mL dung dịch MB nồng độ 10 ppm trong các điều kiện để trong bóng tối, chiếu sáng. Kết quả được trình bày trong hình 3.4a.

Vật liệu mang là silica gel có diện tích bề mặt riêng lớn và khả năng hấp phụ tốt MB nên cần khảo sát sự thay đổi nồng độ theo thời gian với điều kiện chiếu sáng huỳnh quang và chế độ đặt trong bóng tối. Kết quả cho thấy, khi tăng hàm lượng Fe pha tạp trong mẫu, khả năng hấp phụ của vật liệu giảm, sau 7 giờ hiệu quả hấp phụ là 69% đối với TiO_2 tinh khiết, 67% với mẫu pha tạp 1% và 20% đối với mẫu pha tạp 9%. Điều này có thể do sự pha tạp Fe đã làm giảm diện tích bề mặt riêng của vật liệu [12].

Kết quả trong hình 3.4b thấy rất rõ mẫu $\text{TiO}_2/\text{SiO}_2$ gần như không có sự khác nhau về nồng độ trong hai điều kiện khác nhau là chiếu sáng và không chiếu sáng. Nói cách khác mẫu $\text{TiO}_2/\text{SiO}_2$ không có khả năng quang xúc tác do nguồn sáng phát ra ánh sáng khả kiến. Trong khi đó mẫu pha tạp sắt 1% $\text{Ti}_{0,99}\text{O}_2\text{-Fe}_{0,01}/\text{SiO}_2$ đã thể hiện khả năng quang xúc tác và mẫu pha tạp sắt 9% $\text{TiO}_2\text{:Fe}_9/\text{SiO}_2$ càng thể hiện rõ khả năng quang xúc tác. Ngoài ra, khi thời gian

khảo sát tăng, khả năng quang xúc tác của mẫu $\text{Ti}_{0,99}\text{O}_2\text{-Fe}_{0,01}/\text{SiO}_2$ có xu thế giảm còn mẫu $\text{Ti}_{0,91}\text{O}_2\text{-Fe}_{0,09}/\text{SiO}_2$ thể hiện tính chất ngược lại. Nguyên nhân có thể là do mẫu pha tạp sắt 9% có hoạt tính quang xúc tác cao nhất có thể do hàm lượng Fe lớn đã tạo ra các mức năng lượng giữa vùng dẫn và vùng hóa trị làm tăng số lượng electron - lỗ trống, do đó làm tăng hiệu quả quang xúc tác.



Hình 3.4. Nồng độ MB phụ thuộc vào thời gian khi sử dụng mẫu $\text{TiO}_2/\text{SiO}_2$, $\text{Ti}_{0,99}\text{O}_2\text{-Fe}_{0,01}/\text{SiO}_2$, $\text{Ti}_{0,91}\text{O}_2\text{-Fe}_{0,09}/\text{SiO}_2$ với điều kiện trong bóng tối ($t\text{TiO}_2/\text{SiO}_2$, $t\text{Ti}_{0,99}\text{O}_2\text{-Fe}_{0,01}/\text{SiO}_2$, $t\text{Ti}_{0,91}\text{O}_2\text{-Fe}_{0,09}/\text{SiO}_2$), chiếu sáng huỳnh quang ($s\text{TiO}_2/\text{SiO}_2$, $s\text{Ti}_{0,99}\text{O}_2\text{-Fe}_{0,01}/\text{SiO}_2$, $s\text{Ti}_{0,91}\text{O}_2\text{-Fe}_{0,09}/\text{SiO}_2$) (hình a) và tác dụng quang xúc tác tương ứng (hình b).

4. Kết luận

Đã chế tạo thành công vật liệu TiO_2 pha Fe phủ lên hạt silica gel bằng phương pháp sol - gel. Tinh thể $\text{Ti}_{1-x}\text{O}_2\text{-Fe}_x/\text{SiO}_2$ có độ kết tinh tốt với kính thước cỡ 10 nm. Khi tăng nồng độ pha tạp sắt trong tinh thể TiO_2 thì bề hấp thụ càng dịch sang vùng khả kiến với mẫu có sự dịch bờ nhiều nhất là mẫu pha tạp 9%. Hàm lượng sắt pha tạp ảnh hưởng tới khả năng hấp thụ MB của vật liệu $\text{Ti}_{1-x}\text{O}_2\text{-Fe}_x/\text{SiO}_2$: tăng hàm lượng Fe pha tạp thì khả năng hấp phụ của vật liệu càng giảm, và ngược lại, nồng độ pha tạp tăng thì khả năng quang xúc tác của $\text{Ti}_{1-x}\text{O}_2\text{-Fe}_x/\text{SiO}_2$ mạnh hơn.

Lời cảm ơn

Nghiên cứu này được tài trợ bởi Viện Hàn lâm Khoa học và Công nghệ Việt Nam trong khuôn khổ đề tài mã số VAST07.02/16-17.

Tài liệu tham khảo

- [1] P. V. Kamat (2012), TiO_2 Nanostructures: Recent Physical Chemistry Advances, J. Phys. Chem. C., 116 (22), 11849-11851.
- [2] G. Yang, Z. Jiang, H. Shi, T. Xiao, Z. Yan (2010), Preparation of highly visible-light active N-doped TiO_2 photocatalyst, J. Mater. Chem., 20, 5301-5309.
- [3] Aditi R. G., Julio B.F. (2005), "A simple method to synthesize N - doped rutile titania with enhanced

- photocatalytic activity in sunlight”, Journal of Solid State Chemistry, 178, pp. 2953 - 2957.
- [4] Chen X., Mao S. S. (2007), “Titanium dioxide nanomaterials: synthesis, properties, modifications, and application”, Chem. Rev., 107, pp. 2891 - 1959.
- [5] Schinder K.M., Kunst M. (1990), Charge-carrier dynamics in titania powders, Phys. Chem., 94, 8222.
- [6] Trapalis C. C., Keivanidisa P., Kordas G., Zaharesc M., Crisan M., Szatvanyi A., Gartner M. (2003), “TiO₂ (Fe³⁺) nanostructured thin films with antibacterial properties”, Thin Solid Films, 433, pp. 186 - 190.
- [7] E. D. Jeong, Pramod H. Borte, J. S. Lee, Jung OK - sang, H. Chang, J. S. Jin, M. S. Won and H. G. Kim (2008), “Hydrothermal synthesis of Cr and Fe co-doped TiO₂ nanoparticle photocatalyst”, Journal of Ceramic processing Research, 9 (3), pp. 250 - 253.
- [8] Haoran Dong, Guangming Zeng, Lin Tang, Chang Fan, Chang Zhang, Ziaoxiao He, Yan He, 2015, “An overview on limitations of TiO₂ – based particles for photocatalytic degradation of organic pollutants and the corresponding countermeasures”, Water Research, 123 - 146.
- [9] A. Y. Shan, T. I. M. Ghazi, S. A. Rashid (2010), Immobilisation of titanium dioxide onto supporting materials in heterogeneous photocatalysis: a review, Appl. Catal. A-Gen., 389 (1-2), 1-8.
- [10] C.H. Ao, S.C. Lee (2005), Indoor air purification by photocatalyst TiO₂ immobilized on an activated carbon filter installed in an air cleaner, Chem. Eng. Sci., 60 (1), 103-109.
- [11] I. A. M. Ibrahim, A.A.F. Zikry, M.A. Sharaf (2010), Preparation of spherical silica nanoparticles: Stober silica, J. Am. Sci., 6 (11): 985-989.
- [12] Nguyen Manh Nghia, Nguyen Thi Hue, Ma Thi Anh Thu, Phung Thi Len, Vu Thi Thu & Tran Dai Lam, (2016), “Preparation and Characterization of Fe-Doped TiO₂ Films Covered on Silicagel”, J. Elec. Mater 45, pp 3795-3800.

Study on Photocatalyst Activity of TiO₂ Doping Fe Covered on Silica Gel

Nguyen Manh Nghia¹, Nguyen Thi Hue²

¹Physic Faculty, Hanoi Education University, 336 Xuan Thuy, Hanoi, Vietnam

²Institute of Environmental Technology, Vietnam Academy of Science and Technology,
18 Hoang Quoc Viet, Cau Giay, Hanoi, Vietnam

Abstract: TiO₂ doping iron immobile on silicagel (Ti_{1-x}O₂-Fe_x/SiO₂) was synthesized by sol-gel method using titanium Ti [OCH (CH₃)₄], Iron(III) chloride FeCl₃, acetylaceton (ACAC) and ethanol 98% sol solution. The effects of Fe doping on the structural, surface morphology, optical properties of the Ti_{1-x}O₂-Fe_x/SiO₂ materials were investigated through a combination of various methods, including X-ray diffraction (XRD), Field Emission Scanning Electron Microscope (FE-SEM), and absorption spectra. The XRD results showed that TiO₂ particles on SiO₂ have fine anatase crystalline with particles diameter was around 9 - 10 nm. FE-SEM images indicated that sample surface were uniform, ungathered. The results of absorption spectra indicated that the band gap decreased from 3,33 eV to 2,77 eV when the amount of doped Fe increased to 9% methylene blue. Experiment results on the decomposition of methylene blue show that all samples have absorb ability but only iron-doped materials have photocatalyst ability under visible light region.

Keyword: TiO₂/SiO₂, doping iron, photocatalysis, methylene blue.