

TỔNG HỢP MÀNG MỎNG Ag-TiO₂: NGHIÊN CỨU VÀ ỨNG DỤNG

Lê Quang Tiến Dũng^{1*}, Nguyễn Văn Hên², Lê Thị Ngọc Bảo¹

¹ Khoa Điện, Điện tử và Công nghệ vật liệu, Trường Đại học Khoa học, Đại học Huế

² Trường THPT Chi Lăng, Phường Hội Phú, Tỉnh Gia Lai

*Email: lqtdung@husc.edu.vn

Ngày nhận bài: 13/11/2025; ngày hoàn thành phản biện: 21/11/2025; ngày duyệt đăng: 4/12/2025

TÓM TẮT

Titan dioxide (TiO₂) là vật liệu bán dẫn được ứng dụng rộng rãi nhờ đặc tính quang xúc tác, độ bền hóa học cao và tính an toàn sinh học. Tuy nhiên, do vùng cấm rộng và hiện tượng tái hợp điện tích nhanh, hiệu suất quang xúc tác của TiO₂ nguyên chất còn hạn chế dưới ánh sáng khả kiến. Trong nghiên cứu này, chúng tôi trình bày phương pháp tổng hợp màng mỏng TiO₂ và Ag-TiO₂ bằng kỹ thuật phun phủ sol-gel có hỗ trợ oxalat trên nền gốm sứ tráng men. Dung dịch tiền chất được điều chế từ titanium oxalat và bạc nitrat, cho phép tạo màng phủ đồng đều, bám dính tốt, thân thiện môi trường và không yêu cầu nhiệt độ nền cao. Màng phủ được khảo sát các đặc trưng XRD và SEM, đồng thời đánh giá hiệu suất quang xúc tác thông qua khả năng phân hủy xanh methylen (MB) dưới ánh sáng khả kiến. Kết quả cho thấy màng Ag-TiO₂ có tính năng đa chức năng vượt trội, bao gồm quang xúc tác, độ cứng bề mặt cao, mở ra triển vọng ứng dụng thực tế trong các sản phẩm gốm sứ gia dụng và vệ sinh thông minh, bền vững.

Từ khóa: Màng mỏng TiO₂, quang xúc tác, kháng khuẩn, Ag-TiO₂, gốm sứ đa chức năng

1. MỞ ĐẦU

Trong bối cảnh nhu cầu ngày càng tăng đối với các vật liệu vệ sinh, tự làm sạch và thân thiện với môi trường, việc tích hợp vật liệu nano chức năng vào sản phẩm tiêu dùng đã trở thành một hướng nghiên cứu đầy triển vọng [1, 2]. Trong đó, việc phủ màng mỏng TiO₂ và TiO₂ pha tạp Ag nhận được nhiều quan tâm nhờ khả năng kết hợp giữa tính quang xúc tác và kháng khuẩn, phù hợp cho các ứng dụng trong gốm sứ gia dụng, thiết bị vệ sinh và y tế [3 - 5]. TiO₂ là vật liệu bán dẫn nổi bật nhờ tính ổn định, không độc và giá thành thấp, có khả năng tạo ra các gốc oxy hóa mạnh dưới chiếu xạ ánh sáng,

giúp phân hủy chất ô nhiễm và tiêu diệt vi khuẩn [6, 7]. Tuy nhiên, giới hạn hấp thụ ánh sáng UV và hiện tượng tái kết hợp điện tích nhanh khiến hiệu suất quang xúc tác của TiO₂ nguyên chất còn thấp [5]. Pha tạp bạc (Ag) là một hướng cải tiến hiệu quả, giúp mở rộng khả năng hấp thụ ánh sáng khả kiến nhờ hiệu ứng plasmon bề mặt (SPR), đồng thời bổ sung khả năng kháng khuẩn nội tại và giảm tái hợp điện tử-lỗ trống [5, 6]. Thay vì sử dụng dạng bột gây khó khăn trong thu hồi và dễ ô nhiễm thứ cấp, việc phủ màng TiO₂ và Ag-TiO₂ lên các nền rắn như gốm sứ là giải pháp hiệu quả, giúp cải thiện tính năng kháng khuẩn, độ bóng, độ cứng và độ bền của sản phẩm.

Trong nghiên cứu này, chúng tôi trình bày quy trình phun phủ sol-gel có hỗ trợ oxalat để chế tạo màng mỏng TiO₂ và Ag-TiO₂ trên gốm sứ tráng men. Phương pháp sử dụng dung dịch titanium oxalat đỏ, không cần nhiệt độ nền cao khi phun, thích hợp cho các sản phẩm gốm có hình dạng phức tạp. Màng phủ được đánh giá về hoạt tính quang xúc tác (phân hủy xanh methylen dưới ánh sáng khả kiến), và đặc trưng cấu trúc bằng XRD, SEM. Kết quả cho thấy màng Ag-TiO₂ mang lại hiệu quả đa chức năng, kháng định tiềm năng ứng dụng thương mại trong các sản phẩm gốm sứ thông minh, bền vững và an toàn cho người dùng.

2. THỰC NGHIỆM

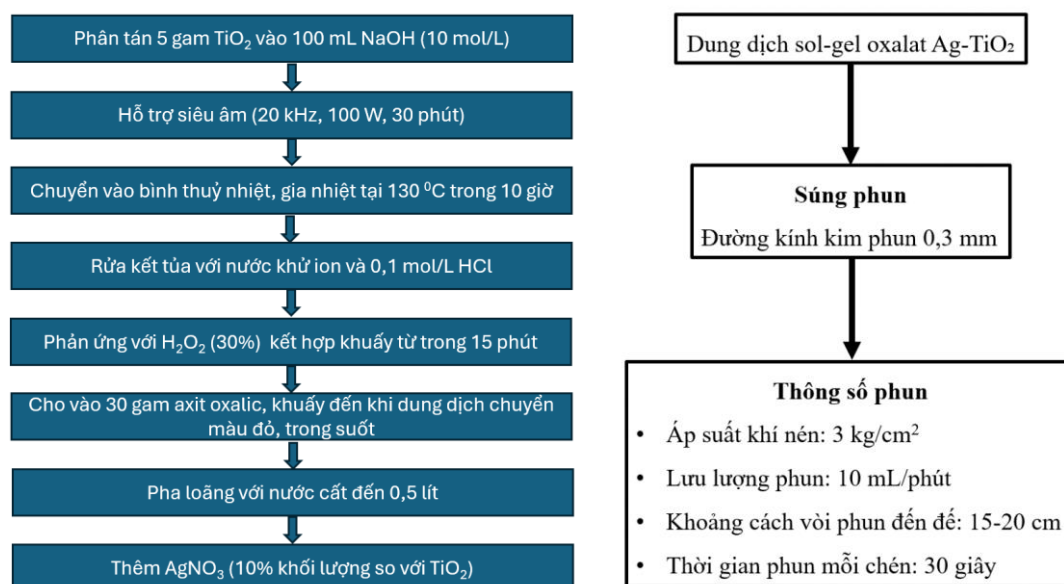
2.1. Chuẩn bị dung dịch tiền chất peroxotitanate và sol titanium oxalat pha tạp Ag

Tiền chất peroxotitanate được tổng hợp từ 5 g TiO₂ phân tán trong 100 mL NaOH 10 mol L⁻¹, xử lý siêu âm (20 kHz, 100 W) trong 30 phút, sau đó phản ứng thủy nhiệt ở 130 °C trong 10 giờ. Kết tủa thu được được rửa bằng nước khử ion và HCl 0,1 mol L⁻¹, sấy khô ở 80 °C trong 2 giờ [8]. Sản phẩm khô được cho phản ứng với 30 mL H₂O₂ 30% ở nhiệt độ phòng, khuấy 1 giờ, thu được dung dịch peroxotitanate màu vàng [9]. Tiếp theo, thêm từ từ 30 g axit oxalic vào dung dịch vàng trên và khuấy liên tục, tạo thành dung dịch sol titanium oxalat màu đỏ trong [11]. Dung dịch này được pha loãng đến 500 mL bằng nước cất, sử dụng làm dung dịch phun phủ. Để pha tạp Ag với nồng độ tối ưu nhằm tăng cường hoạt tính quang xúc tác [6], tỷ lệ 10% khối lượng AgNO₃ so với TiO₂ được thêm vào dung dịch titanium oxalat, khuấy 30 phút để đồng nhất. Dung dịch sol-gel chứa ion Ag thu được dùng cho quá trình phun phủ màng.

2.2. Phủ màng mỏng TiO₂ và Ag-TiO₂

Các chén sứ đường kính miệng ~115 mm được sử dụng làm nền để phủ màng TiO₂ và Ag-TiO₂. Trước khi phủ, chén được làm sạch bằng ethanol, rửa nước khử ion và sấy ở 60°C trong 30 phút để loại bỏ ẩm và tăng độ bám dính. Dung dịch titanium oxalat màu đỏ được nạp vào súng phun (kim phun 0,3 mm) kết nối với máy nén khí. Chén được làm nóng đến ~60°C nhằm cải thiện độ thấm ướt và bay hơi dung môi. Quá trình phun tạo lớp sương mịn phủ đều lên bề mặt. Các thông số tối ưu gồm: áp suất khí nén

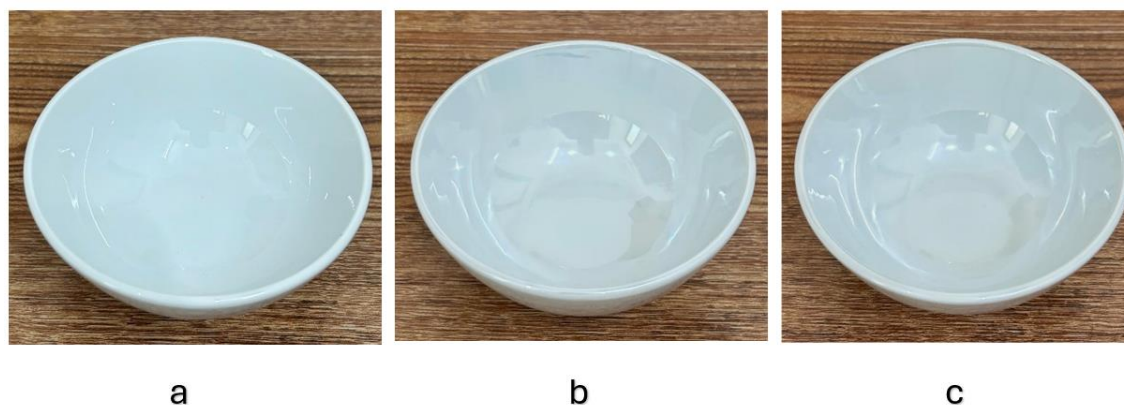
3 kg/cm², tốc độ dung dịch 10 mL/phút, khoảng cách vòi phun 15–20 cm, và thời gian phun mỗi chén là 30 giây. Sau khi phủ, các mẫu được nung trong không khí ở 550°C trong 1 giờ để loại bỏ chất hữu cơ và kết tinh TiO₂, tạo lớp màng mỏng bền vững [11]. Quy trình tổng hợp và phủ được minh họa trong Hình 1.



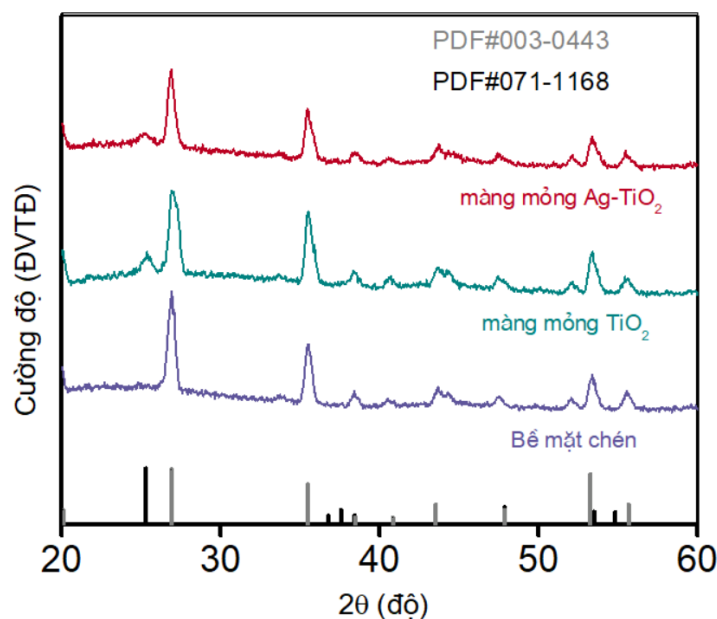
Hình 1. Sơ đồ quy trình tổng hợp dung dịch tiền chất và phun phủ màng Ag-TiO₂ lên chén sứ.

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1. Phân tích cấu trúc và vi cấu trúc



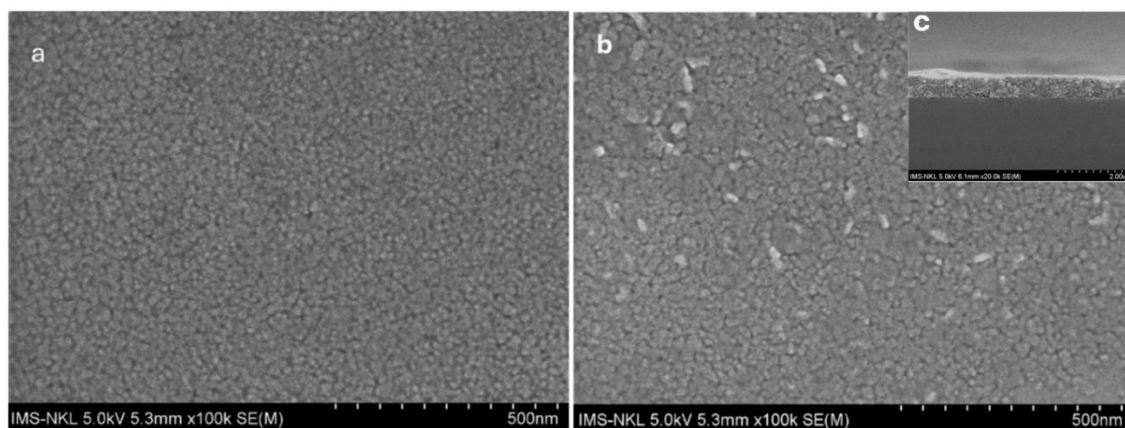
Hình 2. (a) Chén sứ; (b) Chén sứ phủ màng mỏng TiO₂; (c) Chén sứ phủ màng mỏng Ag-TiO₂



Hình 3. Giản đồ nhiễu xạ tia X của bề mặt chén sứ, màng mỏng TiO₂ và màng mỏng Ag-TiO₂ phủ trên chén sứ.

Các chén sứ được phủ màng mỏng TiO₂ và Ag-TiO₂ [11], như thể hiện trong Hình 2 (b) và (c) cho thấy, lớp phủ trong suốt và đồng đều rõ rệt. Bề mặt chén trở nên bóng hơn với độ phản xạ ánh sáng cao hơn so với nền chưa phủ, đã hình thành lớp màng mỏng mịn và liên tục. Những cải thiện về mặt quan sát này không chỉ cho thấy màng có độ bám dính tốt và độ đồng nhất cao mà còn làm tăng tính thẩm mỹ của chén sứ. Hình 3 cho thấy pha tinh thể chủ yếu của nền men sứ là zirconium silicate (ZrSiO₄, PDF#003-0443), thể hiện qua các đỉnh nhiễu xạ sắc nét và rõ ràng, phản ánh mức độ kết tinh cao. Sau khi phủ màng mỏng TiO₂ bằng phương pháp phun sol-gel sử dụng dung dịch tiền chất titanium oxalat đã tổng hợp, phổ XRD xuất hiện một đỉnh rộng tại 25,3°, tương ứng với mặt phản xạ (101) của TiO₂ anatase (PDF#071-1168). Cường độ thấp và độ rộng của đỉnh này cho thấy sự hình thành TiO₂. Ngoài ra, các tín hiệu nhiễu xạ mạnh từ nền ZrSiO₄ bên dưới cũng có thể góp phần làm che khuất một phần các đỉnh của TiO₂.

Đối với màng Ag-TiO₂ chứa 10% khối lượng bạc, không quan sát thấy đỉnh nhiễu xạ riêng biệt nào tương ứng với bạc kim loại. Việc không xuất hiện này có thể do một số nguyên nhân: (i) các nguyên tử Ag được phân tán trên bề mặt hoặc ở ranh giới hạt hoặc (ii) Ag tồn tại ở trạng thái vô định hình [10]. Các quan sát tương tự cũng đã được báo cáo trong các nghiên cứu trước đây, đặc biệt ở nồng độ pha tạp thấp hoặc khi Ag phân tán mạnh trong nền vật liệu. Mặc dù không phát hiện được đỉnh liên quan đến Ag trong phổ XRD, màng Ag-TiO₂ vẫn cho thấy khả năng phân hủy quang xúc tác xanh methylen vượt trội so với TiO₂ không pha tạp, như sẽ được thảo luận trong các phần tiếp theo.

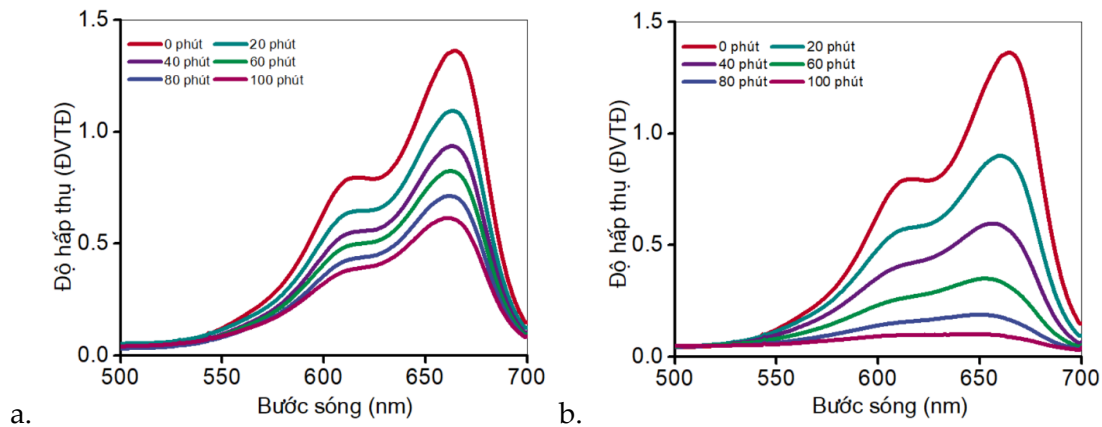


Hình 4. Ảnh SEM của các màng mỏng trên nền chén sứ: (a) hình thái bề mặt màng TiO_2 ; (b) hình thái bề mặt màng Ag-TiO_2 ; và (c) ảnh cắt ngang màng mỏng Ag-TiO_2 .

Hình ảnh hiển vi điện tử quét (SEM) (Hình 4 a, b) cho thấy các lớp phủ TiO_2 và Ag-TiO_2 hình thành bề mặt nhẵn, đồng nhất với cấu trúc hạt ở kích thước nano khá đặc và chặt chẽ. Kích thước hạt ước tính của TiO_2 nằm trong khoảng 15–20 nm. Việc bổ sung bạc không gây ra thay đổi đáng kể nào về hình thái bề mặt, cho thấy bạc phân bố đồng đều ở cấp độ nano hoặc đã được tích hợp vào mạng tinh thể TiO_2 . Ảnh SEM mặt cắt ngang (Hình 4c) cũng cho thấy độ bám dính của lớp phủ với nền sứ. Các màng phủ thể hiện độ bám dính tốt, không có dấu hiệu bong tróc hay nứt vỡ tại lớp tiếp giáp. Độ dày trung bình của lớp phủ khoảng 450 nm. Những quan sát này khẳng định rằng kỹ thuật phun sol-gel có hỗ trợ oxalat, sử dụng dung dịch tiền chất được điều chế có thể tạo ra các lớp phủ TiO_2 chất lượng cao trên nền gốm sứ.

3.2. Phân tích phổ hấp thụ UV-Vis của dung dịch MB sử dụng màng mỏng TiO_2 và Ag-TiO_2 phủ trên chén sứ

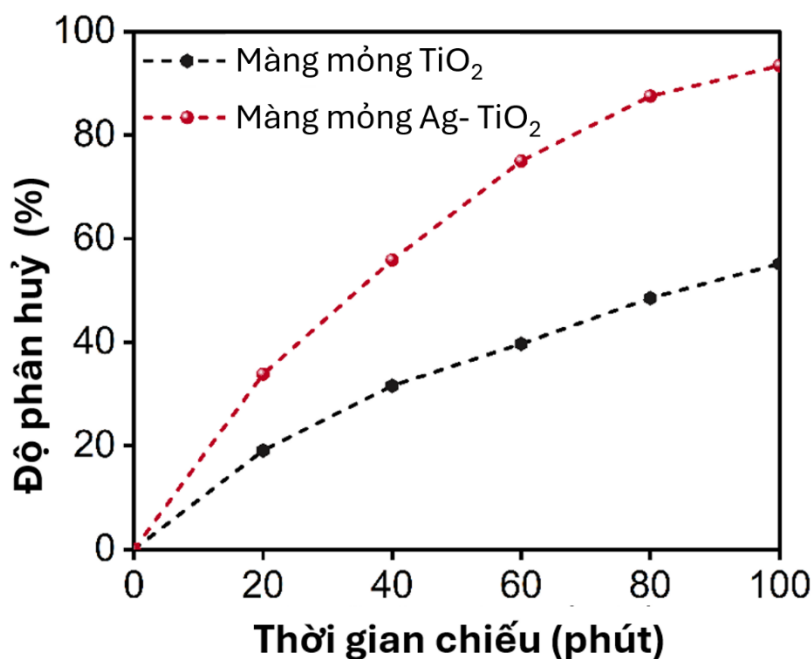
Hình 5a là sự thay đổi cường độ hấp thụ trong phổ hấp thụ UV-Vis của dung dịch xanh methylene (MB) khi được chiếu sáng khả kiến trong quá trình phản ứng quang xúc tác với màng mỏng TiO_2 . Dưới chiếu sáng của đèn xenon 35 W, đỉnh hấp thụ đặc trưng tại 664 nm giảm dần theo thời gian, cho thấy nồng độ MB giảm do hoạt tính quang xúc tác. Sự giảm cường độ đỉnh hấp thụ này thể hiện đến quá trình phân hủy chất màu. Hình 5b cho thấy phổ hấp thụ UV-Vis của dung dịch xanh methylene (MB) trong quá trình phân hủy quang xúc tác sử dụng màng mỏng Ag-TiO_2 dưới cùng điều kiện ánh sáng khả kiến. So với màng TiO_2 không pha tạp, mẫu pha bạc cho thấy sự giảm cường độ hấp thụ tại 664 nm mạnh hơn, cùng với hiện tượng dịch chuyển về bước sóng thấp hơn rõ rệt hơn. Những quan sát này cho thấy tốc độ phân hủy MB nhanh hơn và hiệu suất quang xúc tác được cải thiện nhờ sự có mặt của bạc.



Hình 5. Phổ hấp thụ của MB sau quá trình quang xúc tác tại các thời gian chiếu sáng khác nhau (a) sử dụng màng mỏng TiO₂ phủ trên chén sứ, (b) sử dụng màng mỏng Ag-TiO₂ phủ trên chén sứ [11].

Hiệu suất quang xúc tác của các màng mỏng TiO₂ và Ag-TiO₂ được đánh giá thông qua khả năng phân hủy xanh methylene (10 ppm) dưới ánh sáng khả kiến phát ra từ đèn xenon 35 W. Như thể hiện trong Hình 6 [11], cả hai mẫu đều cho thấy hoạt tính quang xúc tác đáng kể, với màng Ag-TiO₂ luôn vượt trội hơn so với màng TiO₂ không pha tạp trong cùng thời gian chiếu sáng. Sau chỉ 20 phút chiếu sáng, màng TiO₂ đạt hiệu suất phân hủy 19,1%, trong khi màng Ag-TiO₂ loại bỏ được 33,8% chất màu. Khoảng cách hiệu suất này tiếp tục gia tăng theo thời gian: tại các thời điểm 40, 60 và 80 phút, màng TiO₂ đạt các giá trị phân hủy lần lượt là 31,6%, 39,7% và 48,5%, trong khi màng Ag-TiO₂ đạt được các giá trị cao hơn đáng kể là 55,9%, 75,0% và 87,5%. Sau 100 phút, hiệu suất loại bỏ MB tối đa của màng TiO₂ chỉ đạt 55,1%, trong khi màng Ag-TiO₂ đạt mức đáng chú ý là 93,4%.

Những kết quả này nhấn mạnh hiệu suất quang xúc tác vượt trội của hệ TiO₂ pha tạp bạc. Hoạt tính được cải thiện chủ yếu nhờ sự có mặt của bạc, vốn có khả năng bẫy các electron được tạo ra khi chiếu sáng, từ đó làm giảm sự tái hợp cặp điện tử-lỗ trống và tăng cường hiệu quả phân tách chúng. Ngoài ra, các hạt nano bạc còn có thể cải thiện khả năng hấp thụ ánh sáng khả kiến thông qua hiện tượng cộng hưởng plasmon bề mặt cục bộ (SPR), dẫn đến sự hoạt hóa xúc tác mạnh mẽ hơn dưới chiếu xạ ánh sáng khả kiến [5,6].



Hình 6. Quá trình phân hủy quang của dung dịch xanh methylene (MB) bằng phản ứng quang xúc tác với màng mỏng TiO_2 và màng mỏng Ag-TiO_2 dưới chiếu xạ ánh sáng khả kiến.

3.3. Kết quả đo độ cứng Mohs của màng mỏng Ag-TiO_2

Độ cứng Mohs được xác định dựa trên khả năng của vật liệu có độ cứng biết trước làm xước bề mặt mẫu. Nếu đầu bút đo có độ cứng cao hơn mẫu sẽ tạo vết xước rõ rệt; ngược lại nếu mềm hơn, nó không gây xước. Phương pháp này phù hợp để đánh giá độ cứng tương đối của bề mặt gốm sứ, lớp phủ màng mỏng Ag-TiO_2 . Thiết bị, dụng cụ: Bộ bút đo độ cứng Mohs Model: ZJ-209, bao gồm 8 bút thử có đầu làm từ vật liệu độ cứng Mohs từ 2 đến 9. Kính lúp 10x hoặc kính hiển vi soi bề mặt. Khăn mềm sạch, cồn để làm sạch bề mặt mẫu. Kết quả đo độ cứng bề mặt các mẫu sứ và mẫu phủ màng mỏng Ag-TiO_2 được trình bày trong Bảng 1. Phép đo sử dụng thiết bị bút đo độ cứng Mohs Model: ZJ-209, thực hiện theo phương pháp tiêu chuẩn. Các mẫu chén sứ porcelain, chậu rửa mặt và đĩa sứ cho kết quả độ cứng bề mặt trong khoảng 6–7 Mohs. Cụ thể, chén sứ porcelain: xuất hiện vết xước nhẹ khi thử với bút Mohs 7, suy ra độ cứng khoảng 6–7 Mohs, phù hợp với đặc tính gốm sứ men hóa. Đặc biệt, các mẫu chén sứ phủ màng mỏng Ag-TiO_2 có độ cứng bề mặt 8–9 Mohs, cao hơn rõ rệt so với sứ không phủ. Vết xước rất nhẹ quan sát được khi thử bằng bút Mohs 9, cho thấy việc phủ màng Ag-TiO_2 đã nâng cao đáng kể độ cứng bề mặt so với nền men sứ gốc. Việc tăng độ cứng giúp bề mặt sản phẩm khó bị xước trong quá trình sử dụng, duy trì độ bóng, thẩm mỹ và tuổi thọ cao hơn, đặc biệt quan trọng đối với chén, đĩa, chậu rửa và thiết bị vệ sinh tiếp xúc thường xuyên với tác động cơ học.

Bảng 1. Kết quả đo độ cứng bề mặt các mẫu gốm sứ và các mẫu phủ màng mỏng Ag-TiO₂

STT	Tên mẫu	Vị trí đo	Độ cứng bút thử (Mohs)	Kết quả Xước/Không xước	Độ cứng bề mặt mẫu	Ghi chú
1	Chén sứ porcelain	Đáy, đo 3 lần	7	Xước	6-7	Vết xước nhẹ
2	Chén sứ phủ màng mỏng Ag-TiO ₂	Đo các vị trí tương tự vật liệu đã phủ màng mỏng Ag-TiO ₂	9	Xước	8-9	Vết xước rất nhẹ

3.4. Thương mại hoá một số sản phẩm gốm sứ phủ màng mỏng TiO₂ pha tạp Ag

Chúng tôi đã nghiên cứu phủ thành công màng mỏng Ag-TiO₂ lên nhiều sản phẩm gốm sứ gia dụng và thiết bị vệ sinh, bao gồm chén, đĩa, bát, bộ ấm chén, chậu rửa mặt,... (Hình 7). Các sản phẩm sau phủ màng mỏng không chỉ giữ nguyên độ bóng, màu sắc và hoa văn trang trí gốc mà còn nâng cao tính thẩm mỹ, bề mặt láng mịn, có hiệu ứng ngọc trai. Đặc biệt, màng phủ Ag-TiO₂ mang lại tính năng phân hủy chất hữu cơ dưới ánh sáng khả kiến thông thường. Ngoài ra, màng còn góp phần tăng độ cứng bề mặt, hạn chế trầy xước trong quá trình sử dụng. Các sản phẩm này đã được thương mại hóa, mở ra hướng phát triển mới cho ngành gốm sứ gia dụng và thiết bị vệ sinh cao cấp tại Việt Nam.





Hình 7. Một số sản phẩm gốm sứ được phủ màng mỏng Ag-TiO₂ đã được thương mại hoá

4. KẾT LUẬN

Chúng tôi đã chế tạo thành công màng mỏng TiO₂ và Ag-TiO₂ phủ trên nền gốm sứ bằng phương pháp phun phủ sol-gel hỗ trợ oxalat. Màng có cấu trúc nano đồng đều (~15–20 nm), bề mặt nhẵn, bóng, có độ bám dính và độ cứng cao, phù hợp cho ứng dụng thực tế. Màng Ag-TiO₂ thể hiện hiệu suất quang xúc tác vượt trội, với khả năng phân hủy MB đạt 93,4% sau 100 phút chiếu sáng khả kiến, cao hơn nhiều so với TiO₂ nguyên chất (55,1%). Đồng thời, màng phủ còn đóng vai trò tăng độ cứng bề mặt, hạn chế trầy xước, lớp bảo vệ, hạn chế nguy cơ nhiễm độc từ nền sứ. Kết quả khẳng định tiềm năng ứng dụng màng Ag-TiO₂ trong các sản phẩm gốm sứ gia dụng và vệ sinh, mang lại hiệu quả tự làm sạch, kháng khuẩn, thẩm mỹ cao và an toàn cho người dùng.

LỜI CẢM ƠN

Nghiên cứu này được tài trợ bởi Bộ Giáo dục và Đào tạo trong đề tài mã số B2025-DHH-01.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1]. Singh P, Ali S W, Kale R D 2023 Antimicrobial Nanomaterials as Advanced Coatings for Self-Sanitizing of Textile Clothing and Personal Protective Equipment *ACS Omega* 8 8159–8171
- [2]. Lee D, Koo J M, Cho Y, Kim J, Kim S, Oh D X, Jeon H, Park J 2024 Recent advances in utilizing surface-features of naturally derived nanocellulose and nanochitin for self-cleaning and purifying applications *Bull. Korean Chem. Soc.* 45 880–895
- [3]. Etacheri V, Di Valentin C, Schneider J, Bahnemann D, Pillai S C 2015 Visible-light activation of TiO₂ photocatalysts: Advances in theory and experiments *J. Photochem. Photobiol. C: Photochem. Rev.* 25 1–29
- [4]. Zhao Z-J, Hwang S H, Jeon S, Hwang B, Jung J-Y, Lee J, Park S-H, Jeong J-H 2017 Three-dimensional plasmonic Ag/TiO₂ nanocomposite architectures on flexible substrates for visible-light photocatalytic activity *Sci. Rep.* 7 8915
- [5]. Ratshiedana R, Malefane M E, Fakayode O J, More G K, Mishra A K and Kuvarega A T 2024 Ag induced plasmonic TiO₂ for photocatalytic degradation of pharmaceutical under visible light: Insights into mechanism, antimicrobial and cytotoxicity studies *Mater. Today Commun.* 41 110753
- [6]. Abbad S, Guergouri K, Gazaout S, Djebabra S, Zertal A, Barille R, Zaabat M 2020 Effect of silver doping on the photocatalytic activity of TiO₂ nanopowders synthesized by the sol-gel route *J. Environ. Chem. Eng.* 8 103718
- [7]. Chen C, Cheng Y, Dai Q, Song H 2015 Radio Frequency Magnetron Sputtering Deposition of TiO₂ Thin Films and Their Perovskite Solar Cell Applications *Sci. Rep.* 5 17684
- [8]. Le Q T D, Truong V C, Do P A 2011 The effect of TiO₂ *Adv. Nat. Sci. Nanoscience Nanotechnology* 2 025013
- [9]. Chau T T L, Le D Q T, Le H T, Nguyen C D, Nguyen L V, Nguyen T D 2017 Chitin Liquid-Crystal-Templated Oxide Semiconductor Aerogels *ACS Appl. Mater. Interfaces* 9 30812–30820
- [10]. Ivanova T, Harizanova A, Koutzarova T, Closset R 2024 Crystallization and Optical Behaviour of Nanocomposite Sol-Gel TiO₂:Ag Films *Molecules* 29 5156
- [11]. Dung L Q T, Bao L T N and Tuan L V 2025 Functional Ag-TiO₂ thin films on porcelain: oxalate-assisted sol-gel spray coating for antibacterial and photocatalytic applications *Mater. Res. Express* 12(9) 096405

SYNTHESIS OF Ag-TiO₂ THIN FILMS: RESEARCH AND APPLICATIONS

Le Quang Tien Dung^{1*}, Nguyen Van Hen², Le Thi Ngoc Bao¹

¹Faculty of Electricity, Electronics and Material Technology,
University of Sciences, Hue University

²Chi Lang High School, Pleiku, Gia Lai

*Email: lqtdung@husc.edu.vn

ABSTRACT

Titanium dioxide (TiO₂) is a widely applied semiconductor material owing to its photocatalytic properties, high chemical stability, and biocompatibility. However, due to its wide band gap and the rapid recombination of charge carriers, the photocatalytic efficiency of pure TiO₂ remains limited under visible light. In this study, we present a synthesis approach for TiO₂ and Ag-TiO₂ thin films using an oxalate-assisted sol-gel spray coating technique on glazed ceramic substrates. The precursor solution, prepared from titanium oxalate and silver nitrate, enables the formation of uniform, strongly adherent, and environmentally friendly coatings without requiring high substrate temperatures. The films were characterized by XRD and SEM, and their photocatalytic activity was evaluated through the degradation of methylene blue (MB) under visible-light irradiation. The results demonstrate that the Ag-TiO₂ films exhibit superior multifunctional performance, including enhanced photocatalytic activity and high surface hardness, indicating strong potential for practical applications in smart and sustainable household and sanitary ceramic products.

Keywords: TiO₂ thin film, photocatalysis, antibacterial, Ag-TiO₂, multifunctional ceramics.



Lê Quang Tiến Dũng nhận bằng Tiến sĩ chuyên ngành Vật lý Chất rắn tại Đại học Huế năm 2014. Hiện nay, ông là giảng viên Khoa Điện, Điện tử và Công nghệ Vật liệu, Trường Đại học Khoa học, Đại học Huế.

Lĩnh vực nghiên cứu: tổng hợp và ứng dụng vật liệu nano, đặc biệt trong các lĩnh vực quang xúc tác, kháng khuẩn, cũng như nghiên cứu chế tạo và ứng dụng các thiết bị siêu âm công suất.



Nguyễn Văn Hên sinh ngày 06/09/1996 tại Gia Lai. Năm 2019, ông tốt nghiệp Cử nhân sư phạm Vật lý tại Trường Đại học Quy Nhơn. Từ năm 2020 tới nay, ông là giáo viên Vật lý trường THPT Chi Lăng, Gia Lai.



Lê Thị Ngọc Bảo sinh ngày 31/10/1983 tại Huế. Năm 2006, bà tốt nghiệp Cử nhân khoa học ngành Vật lý tại Trường Đại học Khoa học, Đại học Huế. Năm 2009, bà tốt nghiệp Thạc sĩ chuyên ngành Vật lý lý thuyết và Vật lý toán tại trường Đại học Sư phạm, Đại học Huế. Năm 2020, nhận bằng Tiến sĩ chuyên ngành Vật lý lý thuyết và Vật lý toán tại Trường Đại học Sư phạm, Đại học Huế. Từ năm 2006 đến nay, bà là giảng viên của Khoa Vật lý, nay là Khoa Điện, Điện tử và Công nghệ vật liệu, Trường Đại học Khoa học, Đại học Huế.

Lĩnh vực nghiên cứu: Vật lý lý thuyết và vật lý toán.