

TỔNG HỢP POLYANILINE THEO PHƯƠNG PHÁP TRÙNG HỢP BỀ MẶT VỚI TÁC NHÂN TĂNG CƯỜNG DECYLPHOSPHONIC ACID

ThS. Phan Thế Anh, PGS. TS. Nguyễn Đình Lâm

Trường Đại học Bách khoa - Đại học Đà Nẵng

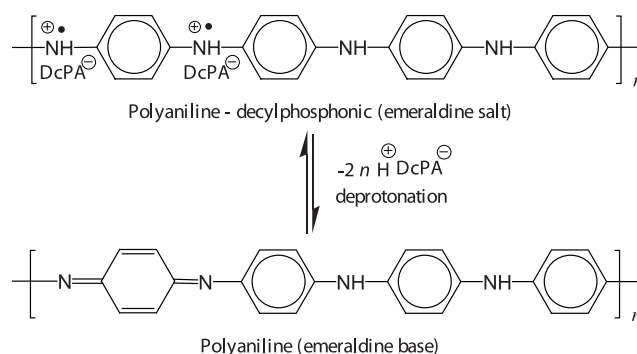
Tóm tắt

Polyaniline (PANI) được tổng hợp theo phương pháp trùng hợp bề mặt ở nhiệt độ phòng, sử dụng toluene làm pha hữu cơ để hòa tan aniline, chất oxy hóa ammonium persulfate (APS) và tác nhân tăng cường (doping) là decylphosphonic acid (DcPA) tan trong pha nước. Quá trình này được thực hiện tại Phòng Thí nghiệm Công nghệ Hóa dầu, Trường Đại học Bách khoa - Đại học Đà Nẵng. Nhóm tác giả đã sử dụng phổ hồng ngoại biến đổi Fourier (FT-IR) và phổ hấp thụ (UV-vis) để đánh giá đặc trưng cấu trúc phân tử của polyaniline thu được từ quá trình này (PANI-inter-DcPA). Sản phẩm có cấu trúc nano sợi đồng nhất với đường kính trung bình khoảng 50nm khi quan sát dưới kính hiển vi điện tử quét (SEM).

1. Giới thiệu

Polymer dẫn điện thuần (ICP) được ứng dụng nhiều trong một số lĩnh vực: cảm biến sinh học, bảo vệ ăn mòn, các lĩnh vực về điện, điện tử hay hóa học [1 - 3]. Polymer dẫn điện thuần có khả năng dẫn điện được do hệ thống liên kết π liên hợp trong cấu trúc hóa học. Khi bổ sung tác nhân tăng cường thích hợp, các polymer này có thể đạt độ dẫn điện gần bằng kim loại [4, 5]. Một số polymer dẫn điện thuần đã được tổng hợp: polyacetylene (PA), poly(p-phenylenevinylene) (PPV), poly(p-phenylene) (PPP), polyaniline (PANI), polythiophene (PT) và polypyrrole (PPy). Trong đó, polyaniline (PANI) được biết đến như một polymer có triển vọng nhất bởi quá trình tổng hợp dễ dàng, có độ dẫn điện cao, bền nhiệt, bền môi trường so với các loại polymer dẫn điện khác. Đặc biệt, tính chất của sản phẩm có thể điều chỉnh được bằng việc sử dụng tác nhân tăng cường và dễ dàng điều chỉnh mức độ doping với acid, khử doping với base.

Mặc dù có nhiều trạng thái oxy hóa [6], nhưng trạng thái phổ biến nhất của polyaniline là bị oxy hóa một phần (emeraldine), khi được doping với acid sẽ thành "PANI salt" có màu xanh lá cây và có độ dẫn điện khoảng 10^5S.cm^{-1} (gần bằng vật liệu bán dẫn). Độ dẫn điện của polyaniline cao hơn nhiều so với các vật liệu polymer thông thường ($< 10^{-9} \text{S.cm}^{-1}$) nhưng lại thấp hơn so với các kim loại thông dụng ($> 10^4 \text{S.cm}^{-1}$). Polyaniline bị khử doping bởi base (ammonium hydroxyde) sẽ thành "PANI base" có màu xanh da trời và không có tác dụng dẫn điện [7]. Quá trình chuyển từ dạng dẫn điện (emeraldine salt) sang dạng không dẫn điện (emeraldine base) được mô tả trong Hình 1.



Hình 1. Polyaniline emeraldine salt dẫn điện được khử doping trong môi trường base để trở thành polyaniline emeraldine base không dẫn điện

Trước đây, polyaniline được tổng hợp bằng nhiều phương pháp như: trùng hợp nhũ tương, trùng hợp điện hóa, trùng hợp oxy hóa thông thường [8, 9]. Từ năm 2004, phương pháp trùng hợp bề mặt mới được nghiên cứu áp dụng để tổng hợp polyaniline có cấu trúc nano sợi. Đây là phương pháp hiệu quả bởi không cần sử dụng các hóa chất đặc biệt (chất nhũ hóa, tác nhân tạo cấu trúc - template) cũng như các phương pháp xử lý phức tạp để loại bỏ các tác nhân tạo cấu trúc sau khi tổng hợp. Nhóm nghiên cứu của Kaner đã tạo ra polyaniline cấu trúc nano sợi có đường kính khoảng 50nm sau khi tổng hợp theo phương pháp trùng hợp bề mặt, với việc sử dụng các tác nhân tăng cường khác nhau như các acid vô cơ (hydrochloric, sulfuric, phosphoric, nitric) hoặc các acid hữu cơ (camphorsulfonic, methylsulfonic) [10]. Zhang và các cộng sự đã sử dụng camphorsulfonic acid và acid 2-acrylamido-2-methyl-1-propanesulfonic làm tác nhân tăng cường đồng thời kết hợp với các chất

hoạt động bề mặt khác để tổng hợp polyaniline cấu trúc nano sợi với đường kính khoảng 20 - 80nm [11]. Nhờ phương pháp trùng hợp bề mặt, nhóm nghiên cứu của Chen đã thu được polyaniline có hình dạng khác nhau khi thay đổi tỷ lệ nồng độ tác nhân tăng cường trên aniline [12].

Trong nghiên cứu này, nhóm tác giả đã kết hợp giữa polymer dẫn điện (polyaniline) và tác nhân ức chế ăn mòn (decylphosphonic acid) để chế tạo ra polyaniline được tăng cường bởi anion decylphosphonic theo phương pháp trùng hợp bề mặt (PANI-inter-DcPA) nhằm tạo ra sản phẩm có khả năng chống ăn mòn cao. Đây là nghiên cứu đầu tiên sử dụng chất ức chế ăn mòn decylphosphonic acid làm tác nhân tăng cường trong tổng hợp polyaniline. Với nhóm chức phosphonic trong cấu trúc hóa học, anion decylphosphonic có khả năng hình thành một lớp phosphonate trên bề mặt của kim loại [13, 14], thụ động hóa bề mặt kim loại, từ đó góp phần hạn chế quá trình ăn mòn tại các vị trí khuyết tật của lớp phủ bảo vệ xuất hiện trong quá trình sản xuất hoặc sử dụng các thiết bị, công trình. Sản phẩm PANI-inter-DcPA thu được đã được đánh giá đặc trưng bằng phương pháp phổ hồng ngoại biến đổi Fourier (FT-IR), phổ hấp thụ (UV-vis) và quan sát dưới kính hiển vi điện tử quét (SEM).

2. Thực nghiệm

2.1. Hóa chất

Aniline (độ tinh khiết $\geq 99,5\%$) và ammonium persulfate (APS) của hãng Sigm-Aldrich được sử dụng trực tiếp không qua công đoạn xử lý nào. Decylphosphonic acid (DcPA) được tổng hợp tại Phòng Thí nghiệm Matériaux Polymères Interfaces Environnement Marin (MAPIEM) thuộc Viện Khoa học Kỹ sư Toulon - Var (ISITV), Cộng hòa Pháp [11]. Dung môi Toluene (A.R.) của Trung Quốc được sử dụng trực tiếp.

2.2. Tổng hợp polyaniline "chuẩn"

Polyaniline "chuẩn", PANI-HCl sử dụng để so sánh được tổng hợp theo các điều kiện được công bố của tác giả J.Stejskal [12], sau đó được khử doping bằng dung dịch NH_4OH 0,1M chuyển thành polyaniline emeraldine base (PANI-EB) dạng không dẫn điện dùng làm mẫu đối chứng để đánh giá sản phẩm nghiên cứu của nhóm tác giả.

2.3. Tổng hợp polyaniline theo phương pháp trùng hợp bề mặt

Quá trình trùng hợp bề mặt được thực hiện trong một bình thủy tinh có dung tích khoảng 30ml (Hình 2). Hòa

tan 0,139g (0,625mmol) decylphosphonic acid trong 8ml nước cất được đun nóng và khuấy nhẹ, sau đó làm nguội đến nhiệt độ phòng. Tiếp theo hòa tan 1,78g (7,81mmol) ammonium persulfate trong 2ml nước cất rồi trộn chung với dung dịch acid vừa hòa tan ở trên. Đồng thời, monomer được chuẩn bị bằng cách hòa 6,25mmol aniline (0,57ml) trong 10ml toluene rồi cho từ từ vào hỗn hợp chất oxy hóa và acid đã chuẩn bị. Phản ứng trùng hợp thực hiện ở nhiệt độ phòng trong 24 giờ và không có bất kỳ một sự khuấy trộn nào. Polyaniline được thu hồi bằng cách lọc, sau đó rửa với nước để loại bỏ acid DcPA thừa và sản phẩm phụ của phản ứng (như ammonium sulfate, sulfuric acid). Rửa polyaniline với acetone để loại bỏ oligomer và thu được bột không bị vón cục, sấy khô ở nhiệt độ 60°C trong môi trường chân không. Sản phẩm thu được ở dạng bột (ký hiệu là PANI-inter-DcPA) có màu đen ánh xanh (0,52g).

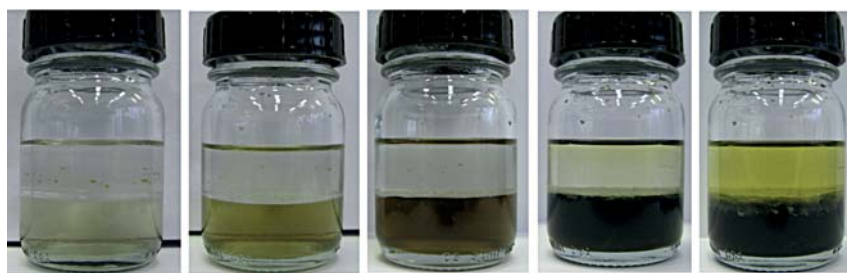
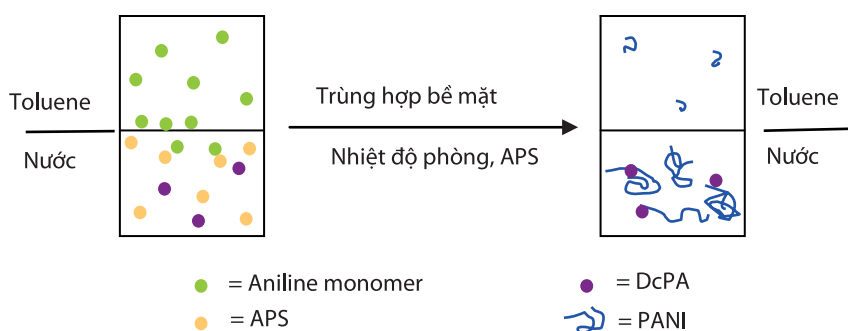
2.4. Chuẩn bị mẫu đo để đánh giá đặc trưng sản phẩm

Phổ hấp thụ (UV-vis) thu được bằng cách sử dụng máy đánh siêu âm để hòa tan PANI-inter-DcPA trong dung môi phân cực tetrahydrofurane (THF) - $(\text{CH}_2)_4\text{O}$, để ổn định rồi lấy phần dung dịch phía trên đem đo dưới máy Shimadzu UV-250. PANI-inter-DcPA đã sấy khô trộn với muối KBr ép thành tấm để đo phổ hồng ngoại biến đổi trên máy Nexus (Nicolet, Mỹ). Cấu trúc và hình dạng hạt của sản phẩm được quan sát dưới kính hiển vi điện tử quét (SEM).

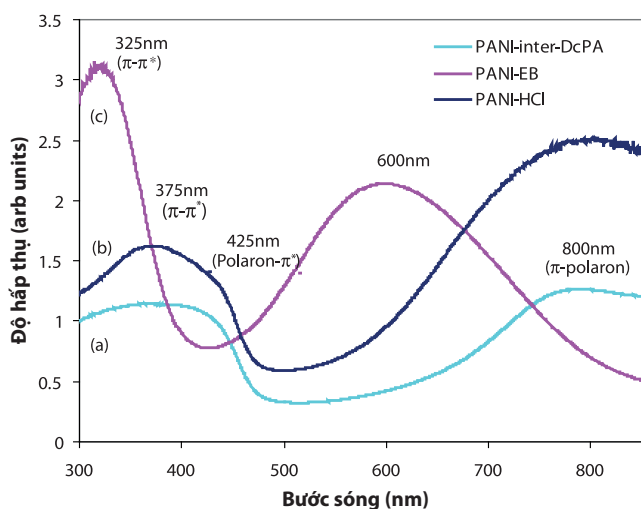
3. Kết quả và thảo luận

3.1. Cơ chế trùng hợp

Trùng hợp bề mặt được thực hiện tại bề mặt phân chia pha của một hệ thống gồm 2 pha lỏng không hòa tan vào nhau, trong đó monomer aniline được hòa tan trong pha hữu cơ và chất oxy hóa ammonium persulfate được hòa tan trong pha nước ở môi trường acid. Vì nước có khối lượng riêng lớn hơn toluene nên pha nước được cho vào bình phản ứng trước sau đó mới cho từ từ pha hữu cơ để hỗn hợp không bị xáo trộn. Sau khoảng 1 phút kể từ khi đưa monomer vào, aniline trong pha hữu cơ khuếch tán vào pha nước và tham gia phản ứng với chất oxy hóa có trong pha nước. Phản ứng kết thúc với việc hình thành polyaniline phân tán hoàn toàn trong pha nước nằm ở lớp dưới, lớp trên có chứa oligomer hòa tan trong pha hữu cơ (có thể được tách ra trước khi đem lọc thu sản phẩm). Cơ chế trùng hợp bề mặt và diễn biến của phản ứng được thể hiện trong Hình 2.



Hình 2. Cơ chế và diễn biến của quá trình trùng hợp bề mặt trong hệ nước/toluene. Thời gian phản ứng 0, 1, 5, 20 và 90 phút tương ứng với ảnh từ (a) đến (e)



Hình 3. Phổ hấp thụ của PANI-inter-DcPA (a), PANI-HCl (b) và PANI-EB (c)

3.2. Nghiên cứu PANI-inter-DcPA, PANI-EB và so sánh với PANI-HCl bằng phổ hấp thụ UV-vis

Hình 3 trình bày phổ hấp thụ (UV-vis) của PANI-inter-DcPA, PANI-EB và PANI-HCl trong dung môi THF. PANI-EB trong dung môi THF có màu xanh da trời, phổ hấp thụ (UV-vis) thể hiện rõ 2 đỉnh (peak) có bước sóng 325nm và 600nm. Đỉnh ở vị trí 325nm thể hiện sự chuyển dịch năng lượng điện tử liên kết $\pi - \pi^*$ của nguyên tử nitơ liên kết với vòng benzene; đỉnh ở vị trí 600nm thể hiện sự tương tác cho nhận trong vòng quinoid. Đây là 2 đỉnh đặc trưng của polyaniline ở dạng base. Kết quả này cũng phù hợp với những nghiên cứu trước đó [17 - 19].

Trong khi đó, PANI salt (PANI-inter-DcPA và PANI-HCl) trong dung môi THF lại có màu xanh lá cây, phổ hấp thụ (UV-vis) của dung dịch các muối này trong THF thể hiện 3 đỉnh đặc trưng tại các bước sóng 375nm, 425nm và 800nm. Hai đỉnh ở vị trí 425nm và 800nm thể hiện sự tồn tại của band polaron, điều này chứng tỏ PANI salt đang có cấu trúc dẫn điện hay nói cách khác PANI-inter-DcPA đã được doping bởi acid DcPA. Trong Hình 3, đỉnh ở vị trí 375nm và 425nm có xu hướng chồng lên nhau để tạo nên một đỉnh rộng. Ngoài ra, có sự dịch chuyển hấp thụ các đỉnh này của PANI-HCl (3b) và PANI-inter-DcPA (3a). Hiện tượng này do có sự khác nhau về: tác nhân doping trong polyaniline, phương pháp tổng hợp hoặc trong một số trường hợp có thể do sự khác nhau về dung môi sử dụng

để đo phổ hấp thụ UV-vis [20, 21].

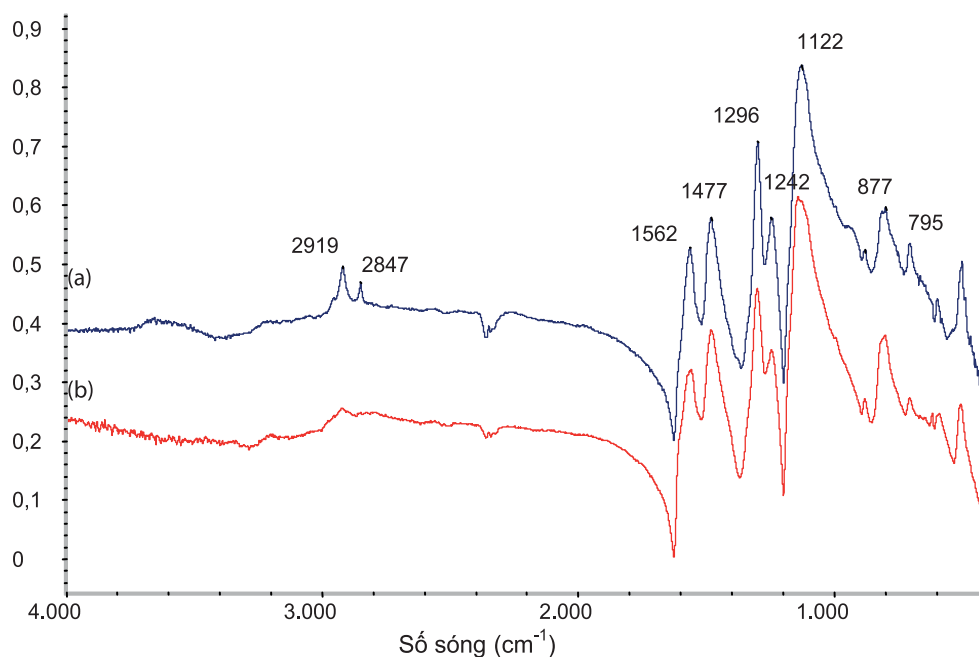
3.3. Đánh giá đặc trưng của PANI-inter-DcPA và PANI-HCl bằng phổ hồng ngoại biến đổi Fourier (FT-IR)

Phổ hồng ngoại của polyaniline đã được nhiều tác giả nghiên cứu kỹ [22 - 24]. Hình 4 thể hiện phổ hồng ngoại biến đổi của polyaniline tổng hợp theo phương pháp trùng hợp bề mặt (PANI-inter-DcPA) và polyaniline tổng hợp theo phương pháp thông thường (PANI-HCl) của tác giả J.Stejskal. Vị trí đỉnh của các nhóm trong cấu trúc polyaniline được tổng hợp trong Bảng 1.

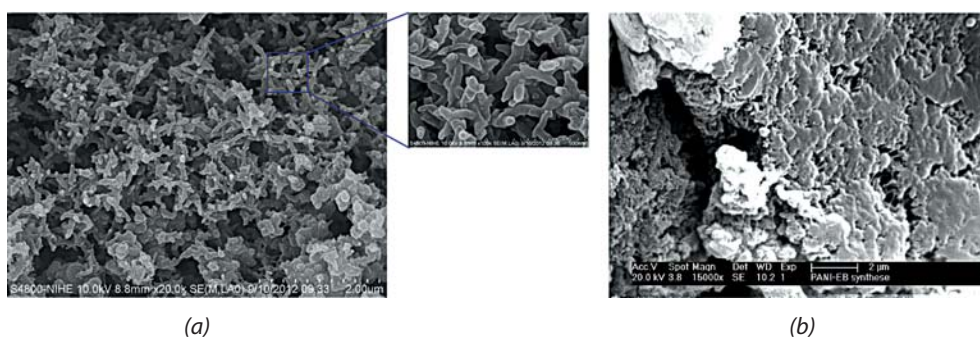
Trong polyaniline, băng hấp phụ đặc trưng ở vị trí 1.556cm^{-1} là do dao động kéo căng của $\text{C}=\text{N}$ và $\text{C}=\text{C}$ trong vòng quinoid, trong khi đó băng hấp phụ ở vị trí 1.466cm^{-1} được cho là dao động kéo căng của liên kết $\text{C}-\text{C}$ trong vòng benzenoid. Băng hấp phụ ở 1.297cm^{-1} tương ứng với dao động kéo căng của $\text{C}-\text{N}$ trong amine vòng bậc 2 và tương ứng với sự dịch chuyển π -electron trong polymer do quá trình proton hóa [22]. Băng đặc trưng của dạng polyaniline dẫn điện được quan sát ở vị trí 1.240cm^{-1} là sự hấp thụ bức xạ do dao động kéo căng của $\text{C}-\text{N}^+$ trong cấu trúc polaron [24]. Ở vị trí 1.129cm^{-1} là dao động của $-\text{NH}^+=$ được hình thành trong quá trình proton hóa. Trong vùng $1.038 - 1.158\text{cm}^{-1}$ là dao động biến dạng của $\text{C}-\text{H}$ nằm trong mặt phẳng của vòng; $800 - 880\text{cm}^{-1}$ là dao động của vòng benzene có 2 nhóm thế ở vị trí 1, 4.

Bảng 1. Vị trí đỉnh của các nhóm trong cấu trúc

Số sóng (cm ⁻¹)	Kiểu dao động	Số sóng (cm ⁻¹)	Kiểu dao động
2.917	νCH_2 không đối xứng	1.240	$\nu\text{C-N}^+$, $\nu\text{P}=\text{O}$
2.844	νCH_2 đối xứng	1.129	$\nu\text{-NH}^+=$
1.556	$\nu\text{C}=\text{C}$ quinone	1.038 - 1.158	$\delta\text{C-H}$ trong mặt phẳng vòng
1.466	$\nu\text{C}=\text{C}$ benzene	800 - 880	Nhóm thế ở vị trí 1, 4
1.297	$\nu\text{C-N}$ amine vòng bậc 2		



Hình 4. Phổ hồng ngoại biến đổi Fourier của PANI-inter-DcPA (a), PANI-HCl (b)



Hình 5. Ảnh hiển vi điện tử quét của PANI-inter-DcPA (a) và PANI-EB (b)

Dao động ở vị trí 2.917 và 2.848cm⁻¹ tương ứng là dao động hóa trị không đối xứng và đối xứng của nhóm CH₂ trong mạch alkyl của decylphosphonic acid được thể hiện trên Hình 4a. Dao động kéo căng của nhóm P=O trong decylphosphonic acid xuất hiện trong vùng 1.250 – 1.150cm⁻¹ [25] và trùng với vị trí dao động của nhóm C-N⁺. Điều này chứng tỏ polyaniline tổng hợp theo phương pháp trùng hợp bề mặt được doping bởi DcPA.

phương pháp trùng hợp bề mặt [26, 27]. Trong quá trình trùng hợp bề mặt, hiện tượng thiếu hụt aniline bao quanh các oligomer đang phát triển sẽ tạo điều kiện thuận lợi cho các mạch polyaniline sắp xếp một cách có trật tự hình thành cấu trúc nano sợi. Hiện tượng này không xảy ra khi tổng hợp polyaniline theo phương pháp trộn lẫn thông thường, bởi luôn có một lượng thừa monomer aniline bao quanh các oligomer mới tạo ra và phát triển một cách ngẫu nhiên.

3.4. Quan sát PANI-inter-DcPA và PANI-EB dưới kính hiển vi điện tử quét

Kích thước và hình dạng hạt của sản phẩm PANI-inter-DcPA và PANI-EB được quan sát dưới kính hiển vi điện tử quét (Hình 5). Các hạt PANI-EB trên Hình 5 (b) có cấu trúc dạng tấm, cấu trúc thường gặp đối với polyaniline tổng hợp theo phương pháp thông thường. Trong Hình 5 (a), PANI-inter-DcPA được tổng hợp theo phương pháp trùng hợp bề mặt có cấu trúc dạng sợi với kích thước nano tương đối đồng nhất khi quan sát ở độ phóng đại 20.000 lần, ở độ phóng đại 100.000 lần đường kính của sợi đo được khoảng 50nm. Đường kính của nano sợi phụ thuộc vào bản chất của acid sử dụng làm tác nhân tăng cường trong tổng hợp polyaniline theo

4. Kết luận

Quá trình trùng hợp bề mặt ở nhiệt độ phòng, không cần tạo ra một hệ nhũ tương hay có thể sử dụng nhiều loại dung môi hữu cơ khác nhau ngoài toluene đã trở thành một phương pháp đơn giản, hiệu quả để tổng hợp polyaniline có cấu trúc nano sợi. Đây là cơ sở để triển khai các nghiên cứu mang tính hệ thống về các lĩnh vực liên quan đến polymer dẫn điện có cấu trúc nano. Sản phẩm PANI-inter-DcPA thu được có đường kính sợi khoảng 50nm, có thể được sử dụng trong các lĩnh vực như: cảm biến, xúc tác, sơn chống ăn mòn hay vật liệu composite. Kết quả phân tích phổ hồng ngoại biến đổi Fourier (FT-IR) và phổ hấp thụ (UV-vis) đã khẳng định polyaniline thu được từ quá trình trùng hợp bề mặt đã được doping bởi decylphosphonic acid. Với nhóm chức phosphonic được doping, PANI-inter-DcPA có khả năng chống ăn mòn cao khi được sử dụng để phối trộn vào thành phần của các lớp sơn phủ bảo vệ.

Tài liệu tham khảo

1. D.Du, X.Ye, J.Cai, J.Liu, A.Zhang. *Acetylcholinesterase biosensor design based on carbon nanotube-encapsulated polypyrrole and polyaniline copolymer for amperometric detection of organophosphates*. Biosensors and Bioelectronics. 2010; 25(11): p. 2503 - 2508.
2. Q.Liu, M.H.Nayfeh, S.T.Yau. *Brushed-on flexible supercapacitor sheets using a nanocomposite of polyaniline and carbon nanotubes*. Journal of Power Sources. 2010; 195(21): p. 7480 - 7483.
3. L.He, Y.Jia, F.Meng, M.Li, J.Liu. *Gas sensors for ammonia detection based on polyaniline-coated multi-wall carbon nanotubes*. Materials Science and Engineering: B. 2009; 163(2): p. 76 - 81.
4. S.Bhadra, N.K.Singha, D.Khastgir. *Polyaniline by new miniemulsion polymerization and the effect of reducing agent on conductivity*. Synthetic Metals. 2006; 156(16 - 17): p. 1148 - 1154.
5. J.Unsworth, B.A.Lunn, P.C.Innis, Z.Jin, A.Kaynak, N.G.Booth. *Technical review: Conducting polymer electronics*. Journal of Intelligent Material Systems and Structures. 1992; 3(3): p. 380 - 395.
6. E.Kang. *Polyaniline: A polymer with many interesting intrinsic redox states*. Progress in Polymer Science. 1998; 23(2): p. 277 - 324.
7. J.Stejskal, P.Kratochvíl, A.D.Jenkins. *The formation of polyaniline and the nature of its structures*. Polymer. 1996; 37(2): p. 367 - 369.
8. S.Bhadra, D.Khastgir, N.K.Singha, J.H.Lee. *Progress in preparation, processing and applications of polyaniline*. Progress in Polymer Science. 2009; 34(8): p. 783 - 810.
9. Phan Thế Anh, Nguyễn Đình Lâm, François-Xavier Perrin. *Tổng hợp polyaniline theo phương pháp trùng hợp nhũ tương đảo*. Tạp chí Khoa học và Công nghệ, Đại học Đà Nẵng. 2011; 3(44), p. 12 - 19.
10. J. Huang, R.B.Kaner. *A general chemical route to polyaniline nanofibers*. Journal of American Chemical Society. 2004; 126 (3): p. 851 - 855.
11. X.Zhang, R.Chan-Yu-King, A.Jose, S.K.Manohar. *Nanofibers of polyaniline synthesized by interfacial polymerization*. Synthetic Metals. 2004; 145(1): p. 23 - 29.
12. J.Chen, D.Chao, X.Lu, W.Zhang. *Novel interfacial polymerization for radially oriented polyaniline nanofibers*. Materials Letters. 2007; 61(6): p. 1419 - 1423.
13. X.H.To, N.Pebere, N.Pelaprat, B.Boutevin, Y.Hervaud. *A corrosion-protective film formed on a carbon steel by an organic phosphonate*. Corrosion Science. 1997; 39(10 - 11): p. 1925 - 1934.
14. Y.Gonzalez, M.C.Lafont, N.Pebere, G.Chatainier, J.Roy, T.Bouissou. *A corrosion inhibition study of a carbon steel in neutral chloride solutions by zinc salt/phosphonic acid association*. Corrosion Science. 1995; 37(11): p. 1823 - 1837.
15. H.S.O.Chan, S.C.Ng, P.K.H.Ho. *Polyanilines doped with phosphonic acids: Their preparation and characterization*. Macromolecules. 1994; 27(8): p. 2159 - 2164.
16. J.Stejskal, R.G.Gilbert. *Polyaniline*. Preparation of a conducting polymer (IUPAC Technical Report). Pure and Applied Chemistry. 2002; 74(5): p. 857 - 867.
17. Y.G.Han, T.Kusunose, T.Sekino. *One-step reverse micelle polymerization of organic dispersible polyaniline nanoparticles*. Synthetic Metals. 2009; 159(1 - 2): p. 123 - 131.
18. J.Stejskal, P.Kratochvíl, N.Radhakrishnan. *Polyaniline dispersions 2. UV-vis absorption spectra*. Synthetic Metals. 1993; 61(3): p. 225 - 231.
19. H.Khalil, K.Levon. *Shear-Induced delocalization of polarons in polyaniline-surfactant complexes*. Macromolecules. 2002; 35(21): p. 8180 - 8184.

20. P.Ghosh, A.Chakrabarti, S.K.Siddhanta. *Studies on stable aqueous polyaniline prepared with the use of polyacrylamide as the water soluble support polymer.* European Polymer Journal. 1999; 35(5): p. 803 - 813.
21. Subrahmanya Shreepathi, Rudoft Holze. *Spectroelectrochemistry and preresonance raman spectroscopy of polyaniline -dodecylbenzenesulfonic acid colloidal dispersions.* Langmuir. 2006; 22(11): p. 5196 - 5204.
22. Zhao Ping. *In situ FTIR-attenuated total reflection spectroscopic investigations on the base-acid transitions of polyaniline. Base-acid transition in the emeraldine form of polyaniline.* Journal of the Chemical Society, Faraday Transactions. 1996; 92(17): p. 3063 - 3067.
23. J.Tang, X.Jing, B.Wang, F.Wang. *Infrared spectra of soluble polyaniline.* Synthetic Metals. 1988; 24(3): p. 231 - 238.
24. S.Quillard, G.Louarn, S.Lefrant, A.G.Macdiarmid. *Vibrational analysis of polyaniline: A comparative study of leucoemeraldine, emeraldine, and pernigraniline bases.* Physical Review B. 1994; 50(17): p. 12496 - 12508.
25. P.Furasek and L.Reven. *Phosphonic and sulfonic acid-functionalized gold nanoparticles: A solid-state NMR study.* Langmuir. 2007; 23(5): p. 2857 - 2866.
26. X.Zhang, R.Chan-Yu-King, S.K.Manohar, A.Jose. *Nanofibers of polyaniline synthesized by interfacial polymerization.* Synthetic Metals. 2004; 145(1): p. 23 - 29.
27. J. Huang and R. B. Kaner. *A general chemical route to polyaniline nanofibers.* Journal of American Chemical Society. 2004; 126(3): p. 851 - 855.

Synthesis of polyaniline doped with decylphosphonic acid by interfacial polymerisation

Phan The Anh, Nguyen Dinh Lam

Danang University of Technology - University of Danang

Summary

The polyaniline nanofibers were successfully synthesised by interfacial polymerisation at room temperature using a solution of aniline in toluene as the organic phase, ammonium peroxydisulfate oxidant (APS) and decylphosphonic acid (DcPA) as the aqueous phase. This PANI synthesis was realised at the Petrochemical Laboratory of Danang University of Technology - University of Danang. The FT-IR and UV-vis absorption spectra were used to characterise the molecular structures of the polyaniline obtained from this method. The polyaniline doped with decylphosphonic acid (PANI-inter-DcPA) has a uniform nanofiber structure with the average diameter of about 50nm as observed by scanning electron microscopy (SEM).