

CHẾ TẠO CẢM BIẾN KHÍ HIỆU SUẤT CAO TỪ VẬT LIỆU NANOCOMPOSITE

Chu Văn Tuấn, Bùi Trung Thành, Giáp Văn Cường, Hoàng Văn Hán
Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật Hưng Yên

Thông qua việc thực hiện nhiệm vụ khoa học và công nghệ (KH&CN) tiềm năng: “Nghiên cứu chế tạo cảm biến khí hiệu suất cao trên cơ sở vật liệu nanocomposite cho thiết bị quan trắc không khí tự động” do Quỹ Phát triển KH&CN Quốc gia (Bộ KH&CN) tài trợ, các nhà khoa học thuộc Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật Hưng Yên đã chế tạo thành công cảm biến khí NH_3 , CO , NO_2 , SO_2 , H_2 hoạt động ở nhiệt độ phòng trên cơ sở sử dụng vật liệu nanocomposite làm lớp nhạy khí. Sản phẩm đã được ứng dụng vào thực tiễn, có thể thay thế thiết bị nhập ngoại.

Từ hạn chế của nghiên cứu trong nước...

Cùng với sự phát triển nhanh chóng của nền kinh tế, môi trường sống của con người cũng đang bị ô nhiễm do các hoạt động của công nghiệp và phương tiện cơ giới gây ra. Việc phân tích, đánh giá và phát hiện các khí thải độc hại ở nồng độ rất thấp, một cách chính xác, nhanh và trực tiếp tại các khu công nghiệp là yêu cầu đặt ra cho các nhà khoa học, công ty có xả khí thải độc hại và các nhà quản lý môi trường. Để có thể đưa ra biện pháp phù hợp giảm thiểu ô nhiễm môi trường nước và không khí, trước hết phải giám sát, đo lường và đánh giá mức độ ô nhiễm. Muốn vậy cần phải có các loại cảm biến xác định tác nhân gây ô nhiễm. Thống kê cho thấy, phần lớn các thiết bị quan trắc môi trường đang sử dụng ở Việt Nam chủ yếu được nhập khẩu từ châu Âu với chi phí cao, hệ thống phức tạp, khi áp dụng vào thực tiễn đã nảy sinh

một số bất cập nhưng không thể điều chỉnh được.

Những năm gần đây, việc nghiên cứu, ứng dụng công nghệ vật liệu nano đã thu hút được sự quan tâm của các nhà khoa học. Đặc biệt, việc nghiên cứu, tổng hợp các vật liệu có cấu trúc nano ứng dụng trong chế tạo vật liệu nhạy khí phục vụ sản xuất các loại cảm biến đã được triển khai ở hầu hết các đơn vị nghiên cứu mạnh như Đại học Bách khoa Hà Nội, Đại học Quốc gia Hà Nội, Đại học Quốc gia TP Hồ Chí Minh, hay một số đơn vị trực thuộc Viện Hàn lâm KH&CN Việt Nam... Tuy nhiên, những nghiên cứu này mới chỉ dừng lại ở kết quả ban đầu và hệ cảm biến khí chế tạo được còn tồn tại nhiều hạn chế như độ đồng đều của vật liệu, tính ổn định và độ lặp lại chưa cao...

Với kinh nghiệm trong lĩnh vực công nghệ vật liệu nano định hướng ứng dụng trong lĩnh vực chế tạo thiết bị cảm biến cùng sự

cộng tác của nhiều nhà khoa học hàng đầu ở trong và ngoài nước, các nhà khoa học của Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật Hưng Yên đã thành công trong việc nghiên cứu chế tạo vật liệu polyaniline cấu trúc dạng dây nano, đồng thời tiến hành biến tính hạt nano Pd với dây nano polyaniline để nâng cao độ nhạy của cảm biến khí NH_3 ở nhiệt độ phòng... Tuy nhiên, hệ cảm biến khí chế tạo được vẫn còn nhiều hạn chế, cần có thêm sự đầu tư nghiên cứu để tối ưu tính chất điện hóa như độ lặp lại, độ ổn định, độ nhạy, thời gian hồi phục và thời gian hồi đáp, khả năng tái sử dụng để đáp ứng yêu cầu quan trắc không khí...

Đến làm chủ quy trình công nghệ và sản xuất cảm biến khí hiệu suất cao

Từ kinh nghiệm đã tích lũy được, với mục tiêu làm chủ hoàn toàn công nghệ chế tạo hệ thống thiết bị quan trắc môi trường không khí sử dụng cảm biến khí trên cơ sở vật liệu nanocomposite,

các nhà khoa học thuộc Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật Hưng Yên đã đề xuất và được Quỹ Phát triển KH&CN Quốc gia phê duyệt thực hiện nhiệm vụ KH&CN tiềm năng: “Nghiên cứu chế tạo cảm biến khí hiệu suất cao trên cơ sở vật liệu nanocomposite cho thiết bị quan trắc không khí tự động”. Sau 3 năm triển khai (2020-2022), nhóm nghiên cứu đã hoàn thiện quy trình công nghệ chế tạo hàng loạt cảm biến khí với hiệu suất cao cho thiết bị giám sát môi trường không khí.

Thứ nhất, đã chế tạo thành công vật liệu polyaniline có cấu trúc dây nano đường kính từ 50-100 nm, chiều dài từ vài chục đến vài trăm μm . Vật liệu polyaniline dạng emeraldine có độ dẫn cao nhất trong số các dạng ô xy hoá của polymer dẫn.

Thứ hai, đã phát triển được 3 cấu trúc nanocomposite PANi/MWCNTs, PANi/MWCNTs/MnO₂, PANi/TiO₂. Các vật liệu này có cấu trúc xếp đặc biệt, đều đặn, có chiều sâu và kích thước sợi lớn, rất thích hợp trong ứng dụng cảm biến khí hoạt động ở nhiệt độ phòng.

Thứ ba, đã chế tạo thành công vật liệu polypyrrole và biến tính với axit dodecylbenzene sulfonic (DBSA) màng thu được đồng đều hơn, cấu trúc xếp dạng sợi, có chiều sâu, kích thước nhỏ hơn cỡ vài trăm nanomet. Cấu trúc kiểu này cho một bề mặt riêng rất lớn, làm tăng khả năng hấp phụ/giải hấp phụ khí ở những điều kiện đẳng nhiệt nhất định. Khả năng



Bộ thiết bị đo giám sát môi trường không khí do các nhà khoa học Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật Hưng Yên nghiên cứu, chế tạo.

hấp phụ/giải hấp phụ, tính nhạy khí cũng phụ thuộc vào thành phần chất pha tạp, yếu tố làm thay đổi cấu trúc bề mặt của vật liệu.

Thứ tư, đã hoàn thiện được công nghệ chế tạo màng mỏng Ag/SnS bằng phương pháp phun xạ. Vật liệu Ag/SnS có cấu trúc 2D được phân bố đồng đều với độ dày khoảng 1,01 μm , có cấu trúc xếp vì có nhiều khoảng trống giữa các tấm nano liền kề. Các khoảng trống có thể cho phép các phân tử khí khuếch tán vào khối vật liệu 2D đồng thời làm tăng diện tích bề mặt của màng mỏng Ag/SnS cho quá trình hấp phụ khí. Do đó, cấu trúc xếp của vật liệu Ag/SnS rất thuận lợi cho ứng dụng cảm biến khí.

Thứ năm, đã tổng hợp thành công vật liệu nanocomposite có độ dẫn khác nhau bằng phương pháp điện hoá, phương pháp phun xạ. Bước đầu tìm ra điều

kiện tổng hợp và xử lý thích hợp để điều chỉnh cấu trúc vật liệu, độ dẫn của vật liệu, độ nhạy khí của từng loại vật liệu với từng loại khí khác nhau, trên cơ sở đó sẽ làm tăng hiệu suất của cảm biến khí (độ nhạy, giới hạn phát hiện, thời gian hồi phục/thời gian hồi đáp, độ chọn lọc).

Thứ sáu, đã chế tạo thành công hệ thống cảm biến khí NH₃, CO, NO₂, SO₂, H₂ hoạt động ở nhiệt độ phòng trên cơ sở các vật liệu nanocomposite (PANi/MWCNTs, PANi/MWCNTs/MnO₂, PANi/TiO₂, Ag/SnS, PPy/DBSA). Khảo sát độ nhạy/độ đáp ứng (cao hơn 5÷20 lần so với vật liệu nano khác khi chưa pha trộn composite), giới hạn phát hiện (5÷50 ppm tùy từng loại khí, thời gian hồi phục/thời gian hồi đáp (36÷120 giây tùy từng loại khí), độ chọn lọc cao với từng loại khí tương ứng với từng loại vật liệu. Hệ thống đã được chuyển giao cho Trung tâm Quan trắc Môi trường



Quy trình công nghệ của đề tài đã được Cục Sở hữu Trí tuệ cấp bằng độc quyền sáng chế số 33699.

Miền Bắc, Trung tâm Quan trắc Môi trường Miền Trung và Tây Nguyên, Công ty TNHH Công nghệ Thịnh Phát (Hưng Yên)... để quan trắc khí thải công nghiệp tự động, các ống khói lò đốt rác thải và một số ống khói của nhà máy có phát thải khí ra môi trường. Hệ thống tích hợp đầy đủ các thiết bị phân tích, điều khiển đã được hiệu chuẩn cơ bản đáp ứng yêu cầu của Luật Bảo vệ môi trường.

Tất cả hệ thống được kiểm soát bằng công nghệ kỹ thuật số, dữ liệu cập nhật liên tục và báo cáo hoàn toàn tự động thông qua phần mềm chuyên dụng. Hệ thống có ưu điểm là đo và lưu trữ tự động, liên tục, đồng thời nhiều thông số, cho phép kết nối và điều khiển từ xa với sự hỗ trợ của phần mềm và hệ truyền nhận dữ liệu. Đặc biệt, hệ thống có các chế độ báo động khi chỉ số quan

trắc được vượt ngưỡng cho phép...

Về hướng nghiên cứu này, nhóm nghiên cứu đã có 2 bài báo đăng trên Tạp chí KH&CN Việt Nam (bản B) - Bộ KH&CN (Tạp chí thuộc danh mục tạp chí quốc gia uy tín trong lĩnh vực khoa học tự nhiên và kỹ thuật theo Quyết định số 95/QĐ-HĐQL-NAFOSTED ngày 30/12/2021 của Hội đồng Quản lý Quỹ và nhiều bài báo khoa học đăng trên các tạp chí quốc tế uy tín khác... Ngoài ra, nhóm đã được cấp 01 Bằng độc quyền sáng chế số 33699: "Quy trình tổng hợp trực tiếp vật liệu nanocompozit PANI/MWCNTs lên vi điện cực Pt để ứng dụng cho cảm biến khí hoạt động ở nhiệt độ phòng và cảm biến khí bao gồm vật liệu thu được này" theo Quyết định số 15824w/QĐ-SHTT ngày 15/09/2022 của Cục Sở hữu Trí tuệ, Bộ KH&CN.

Việc thực hiện thành công đề tài đã mở ra hướng nghiên cứu ứng dụng các cấu trúc vật liệu mới, các linh kiện và các thiết bị micro - nano vào phục vụ đời sống, khoa học và sản xuất. Đồng thời hình thành một mô hình nghiên cứu khép kín đi từ nghiên cứu cơ bản (nghiên cứu tổng hợp và khảo sát các tính chất của vật liệu) đến phát triển công nghệ, thiết kế, chế tạo các linh kiện cảm biến phục vụ giám sát môi trường tại Việt Nam.