NGHIÊN CỨU THIẾT KẾ CHẾ TẠO MÁY ĐO KHÍ NO_2 CẦM TAY VỚI ĐIỆN CỰC SỬ DỤNG VẬT LIỆU NANOCOMPOSITE

Luyện Quốc Vương[1], Đào Đắc Tạo[2], Chu Văn Tuấn[3],
Phạm Thanh Liêm[4,*], Bùi Văn Dân[3], Đồng Văn Ngọc[1]

[1]Trường Cao đẳng Cơ điện Hà Nội, 160 Mai Dịch, Hà Nội, Việt Nam
[2]Hội Khoa học Công nghệ Mỏ Việt Nam, 226 Lê Duẩn, Hà Nội, Việt Nam
[3]Trường Đại học Sư phạm Kỹ thuật Hưng Yên, 68 Đỗ Ngọc Du, Hải Phòng, Việt Nam
[4]Viện Khoa học Công nghệ Mỏ - Vinacomin, 3 Phan Đình Giót, Hà Nội, Việt Nam

THÔNG TIN BÀI BÁO
CHUYÊN MỤC: Công trình khoa học
Ngày nhận bài: 07/4/2026
Ngày nhận bài sửa: 05/6/2026
Ngày chấp nhận đăng: 10/6/2026
[1,*]Tác giả liên hệ:
Email: phamthanhliem1982@gmail.com

TÓM TẮT

Bài báo này trình bày kết quả nghiên cứu thiết kế chế tạo máy đo khí nitơ dioxit (NO_2) cầm tay, sử dụng điện cực màng mỏng Ag/SnS từ vật liệu nanocomposite. Tận dụng các đặc tính điện và cấu trúc độc đáo của nanocomposite, thiết bị thể hiện độ nhạy cao, tính chọn lọc và ổn định khi phát hiện NO_2 ở nồng độ thấp (5–20 ppm) trong khoảng nhiệt độ từ 30–100°C. Quá trình chế tạo bao gồm phún xạ tần số vô tuyến (RF) và quang khắc để tạo vi điện cực trên nền Si/SiO_2, tiếp theo là lắng đọng màng Ag/SnS được tối ưu hóa cho cảm biến khí. Hiệu suất của cảm biến được phân tích qua các đặc trưng điện, cấu trúc và hình thái, bao gồm SEM, XRD, EDS, phổ Raman và quang phát. Kết quả nghiên cứu cho thấy tiềm năng ứng dụng của nanocomposite Ag/SnS trong việc chế tạo các thiết bị giám sát môi trường với các ưu điểm nổi trội của loại vật liệu này.

Từ khóa: *Cảm biến NO_2; nanocomposite Ag/SnS; máy đo cầm tay; phún xạ RF; giám sát môi trường.*

@ Hội Khoa học và Công nghệ Mỏ Việt Nam

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Trong những năm gần đây, việc phát hiện khí độc hại như NO_2 ở nồng độ thấp đã thúc đẩy nhiều hướng nghiên cứu về vật liệu nhạy khí:

Vật liệu oxit kim loại bán dẫn (MOS): Các vật liệu truyền thống như *ZnO*, SnO_2, TiO_2 và *WO*3 đã được nghiên cứu rộng rãi nhờ độ nhạy cao và tính ổn định [1], [2]. Tuy nhiên, nhược điểm lớn nhất là chúng yêu cầu nhiệt độ vận hành cao (thường từ 100°C đến 600°C), gây tiêu tốn năng lượng và không phù hợp cho các thiết bị cầm tay chạy pin [3], [2];

Vật liệu Polymer dẫn và Nanocomposite: Để khắc phục vấn đề nhiệt độ, các nhà khoa học đã tập trung vào polymer dẫn như Polyaniline (PANi) và Polypyrrole (PPy) vì khả năng hoạt động ở nhiệt độ phòng [1], [4], [2]. Các hệ vật liệu lai như *PANi*/*Au* hay *PPy*/WO_3 đã cho thấy hiệu suất đầy hứa hẹn trong việc cảm biến NH_3 và NO_2 [5], [6], [4];

Vật liệu SnS và các cấu trúc Sn-S: là vật liệu 2D tiềm năng với diện tích bề mặt lớn và tính chất điện tử dễ điều chỉnh thông qua khuyết tật lỗ trống Sn hoặc S [7], [8]. Tuy nhiên, các cấu trúc dựa trên hệ *Sn−S* trước đây như vảy nano SnS_2 hay dị cấu trúc *SnS*/SnS_2 thường gặp hạn chế về thời gian đáp ứng rất chậm, dao động từ 365 giây đến 480 giây [7].

Nghiên cứu này mang lại những đóng góp mới quan trọng trong cả khâu vật liệu và ứng dụng thiết bị:

Tối ưu hóa cấu trúc màng lai Ag/SnS: Điểm mới vượt trội là việc lắng đọng lớp Ag siêu mỏng (5nm) lên nền màng *SnS* bằng phương pháp phún xạ RF cao tần. Lớp Ag này giúp nối các vết nứt nano trên bề mặt màng, tạo kênh dẫn liên tục và tăng độ linh động lỗ trống lên gấp 1,5 lần so với nguyên bản;

Đột phá về thời gian đáp ứng: Cảm biến chế tạo đạt thời gian đáp ứng cực nhanh, chỉ 40 giây [7]. Đây là một cải tiến đáng kể, nhanh hơn từ 7,5

đến 12 lần so với các hệ vật liệu *Sn−S* đã được công bố trước đó [7];

Hoàn thiện thiết bị đo cầm tay tích hợp IoT: Khác với nhiều nghiên cứu chỉ dừng lại ở khảo sát vật liệu trong phòng thí nghiệm, công trình này đã thực hiện thiết kế và chế tạo hoàn chỉnh máy đo khí NO_2 cầm tay dạng vali. Thiết bị tích hợp vi điều khiển ESP32, kết nối IoT qua Wi-Fi/4G và hỗ trợ giám sát thời gian thực qua ứng dụng điện thoại thông minh;

Làm chủ công nghệ nội địa hóa: Nghiên cứu hướng tới mục tiêu tự chủ thiết bị quan trắc môi trường tại Việt Nam với giá thành rẻ, dễ hiệu chỉnh và bảo trì, nhằm thay thế các hệ thống nhập ngoại đắt tiền.

Thiết bị này đặc biệt phù hợp để ứng dụng trong giám sát môi trường mỏ, giúp phát hiện tức thời nồng độ khí độc phát sinh từ hoạt động nổ mìn hoặc khí thải máy móc, từ đó đưa ra cảnh báo an toàn và hỗ trợ điều khiển hệ thống thông gió một cách hiệu quả.

2. DỮ LIỆU VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

Cảm biến NO_2 được phát triển với điện cực Nanocomposite, cơ chế phát hiện NO_2 của cảm biến bao gồm:

- Hấp phụ Oxy: Trong không khí, SnS hấp phụ Oxy, hình thành các loài O^{2-}, O^- hoặc O^{2-} bằng cách thu điện tử từ vùng hóa trị, tạo lớp tích tụ lỗ và giảm điện trở;

- Tương tác NO2: NO2, một khí Oxy hóa, thu thêm điện tử, tăng nồng độ lỗ và giảm điện trở. Lớp Ag tăng cường quá trình này bằng cách cải thiện độ linh động hạt dẫn và nối các khuyết tật bề mặt [3];

- Ảnh hưởng của độ ẩm: Phân tử nước ở RH cao cung cấp điện tử, giảm nồng độ lỗ nhưng tăng hấp phụ NO_2 ở RH thấp do tăng phản ứng bề mặt.

Diện tích bề mặt lớn và mật độ khuyết tật (lỗ trống Sn) của màng Ag/SnS tạo điều kiện hấp phụ NO_2 mạnh, trong khi lớp Ag cải thiện kết nối điện và hiệu ứng plasmon, tăng độ nhạy [3].

Để phát triển được cảm biến, các vật liệu và thiết bị sau được sử dụng phục vụ quá trình nghiên cứu:

- Các hóa chất sau được sử dụng để tổng hợp vật liệu và chế tạo điện cực: Sulfua thiếc (SnS, 99,99%, loại p, 3×10^{15} cm^{-3} của tập đoàn MIT); bạc (Ag, 99,99% của tập đoàn MIT); axeton (C_2H_6O, 99,5% của Sigma-Aldrich); isopropanol (C_3H_8O, 99,8% của Sigma-Aldrich); ethanol (C_2H_5OH, 95% của Sigma-Aldrich); khí nitơ (N_2, 99,9% của Air Liquide Group, Singapore); khí chuẩn NO_2 (99,99% của Air Liquide Group, Singapore);

- Các thiết bị chính bao gồm: hệ thống phún xạ RF magnetron (Đại học Twente, Hà Lan); hệ thống điện hóa AutoLab PGSTAT302 (Metrohm AutoLab, Hà Lan); đồng hồ vạn năng Keithley 2700 với phần mềm VEE Pro để đo điện trở; hệ thống quang khắc (Hệ thống Căn chỉnh Hai mặt PEM-800, UNION, Nhật Bản); lò ôxy hóa nhiệt (ống thạch anh, 400–1200°C, độ chính xác ±1°C); kính hiển vi điện tử quét phát xạ trường (FE-SEM), nhiễu xạ tia X (XRD), phổ tán xạ năng lượng tia X (EDS), phổ Raman và quang phát quang (PL) để đặc trưng vật liệu.

Quá trình chế tạo điện cực cảm biến khí dựa trên công nghệ vi điện tử truyền thống, sử dụng quang khắc và phún xạ RF, được mô tả như sau [5]:

- Chuẩn bị nền: Các tấm silic (Si, loại “p”, định hướng <100>) được làm sạch để loại bỏ tạp chất vật lý và hóa học. Quá trình làm sạch bao gồm: Ngâm trong dung dịch Piranha (H_2SO_4:H_2O_2 = 60:15) ở 130°C trong 10 phút để loại bỏ tạp chất hữu cơ; rửa bằng nước khử ion (DI) trong 3 phút; làm khô bằng ly tâm để đảm bảo bề mặt sạch; khắc trong dung dịch HF 1% trong 1 phút để loại bỏ lớp SiO_2 tự nhiên; tiếp theo là rửa bằng nước DI và làm khô bằng ly tâm.

- Ôxy hóa nhiệt: Lớp SiO_2 dày 1 µm được tạo trên nền Si bằng ôxy hóa nhiệt ẩm ở 1050°C trong 8 giờ trong lò ống thạch anh. Quá trình sử dụng môi trường Oxy ẩm với tốc độ dòng khí 6 lít/phút, đảm bảo lớp cách điện đồng đều để ngăn rò rỉ điện.

- Quang khắc: Nền Si/SiO_2 được định hình bằng quang khắc để tạo cấu trúc điện cực, lớp chất tăng cường độ bám dính hexamethyldisilazane (HMDS) được phủ quay ở 1000 vòng/phút trong 5 giây, sau đó 3000 vòng/phút trong 20 giây; chất cảm quang dương (OIR 907-12) được phủ quay với cùng điều kiện để tạo lớp dày 1 µm đồng đều; sấy sơ cấp ở 95°C trong 90 giây loại bỏ dung môi dư; chiếu sáng tia UV trong 15 giây chuyển mẫu điện cực từ mặt nạ sang chất cảm quang; hiện hình trong dung dịch OPD-4262 trong 60 giây để lộ mẫu điện cực, tiếp theo là rửa và làm khô; sấy cứng ở 125°C trong 15 phút tăng cường độ bền cơ học của chất cảm quang.

- Phún xạ RF Magnetron: Lớp điện cực Cr/Pt được lắng đọng bằng phún xạ RF magnetron: lớp Cr: Lắng đọng ở công suất RF 100 W, chân không cơ bản 5×10^{-6} mbar, áp suất phún xạ 5×10^{-3} mbar, trong 4 phút, tạo lớp bám dính dày 10 nm; lớp Pt: Lắng đọng với cùng điều kiện trong 15 phút, tạo lớp dẫn điện dày 120 nm.Hệ thống phún xạ sử dụng argon (Ar) làm khí plasma, với vật liệu bia (Cr và Pt) đặt tại catốt.

- Tẩy lớp cảm quang và ủ nhiệt: Chất cảm quang được loại bỏ bằng axeton dưới rung siêu âm, tẩy bỏ kim loại dư và để lại điện cực Cr/Pt định hình. Điện cực được ủ ở 450°C trong 30 phút trong môi trường N_2/H_2O (tốc độ dòng 6 L/phút) để tăng độ đồng đều và độ bám dính của lớp kim loại.

- Lắng đọng Nanocomposite Ag/SnS: Màng Ag/SnS được lắng đọng trên điện cực Cr/Pt bằng phún xạ RF magnetron ở nhiệt độ nền 250°C, áp suất 3×10^{-3} mbar và công suất RF 80 W [3]. Ba mẫu (S1, S2, S3) được chế tạo với độ dày SnS lần lượt là 50 nm, 300 nm và 100 nm, cùng lớp Ag dày 5 nm. Thời gian lắng đọng là 4, 19 và 7 phút tương ứng.

- Cắt phiến: Phiến chế tạo được cắt thành các chip cảm biến riêng lẻ bằng máy cắt ACCU-CUT 5200, chuẩn bị cho hàn dây và tích hợp vào thiết bị cầm tay.

2.1. Thiết kế máy đo NO_2 cầm tay

Để phát triển một thiết bị cầm tay, trước tiên cần xây dựng sơ đồ khối của máy đo. Mỗi một khối trong sơ đồ có vai trò và nhiệm vụ riêng. Chúng được kết nối với vi xử lí trung tâm đã được lập trình để điều khiển hoạt động của thiết bị. Từ nguyên lý hoạt động của từng khối cũng như của cả thiết bị, các linh kiện điện tử được lựa chọn cho phù hợp và kết nối thành mạch điện tử.

Sơ đồ nguyên lý mạch điều khiển của thiết bị đo khí NO_2 được thể hiện trên 0, bao gồm các khối như sau:

- Nguồn: cung cấp điện 5VDC cho toàn hệ thống; i). Sử dụng nguồn điện 220V chuyển đổi (0); ii). Sử dụng nguồn điện từ Pin Litium 24V (0); ii). Mạch chuyển đổi tự động từ 220V sang dùng ắc quy khi mất điện và chuyển về 220V khi có điện trở lại, tự động sạc lại điện cho ắc quy. Để đảm bảo điện áp khi sử dụng khối nguồn (0) được sử dụng để cung cấp cho vi điều khiển, cảm biến.

- Khối ESP32: là khối điều khiển trung tâm, có nhiệm vụ đọc, lưu trữ giá trị các cảm biến khí và hiện thị lên màn hình cảm ứng, giao tiếp với các thiết bị ngoại vi, app để cảnh báo, hiển thị và gửi thông tin tới Smartphone;

- Cảm biến: cảm biến đo các chỉ số khí NO_2 trong không khí (0);

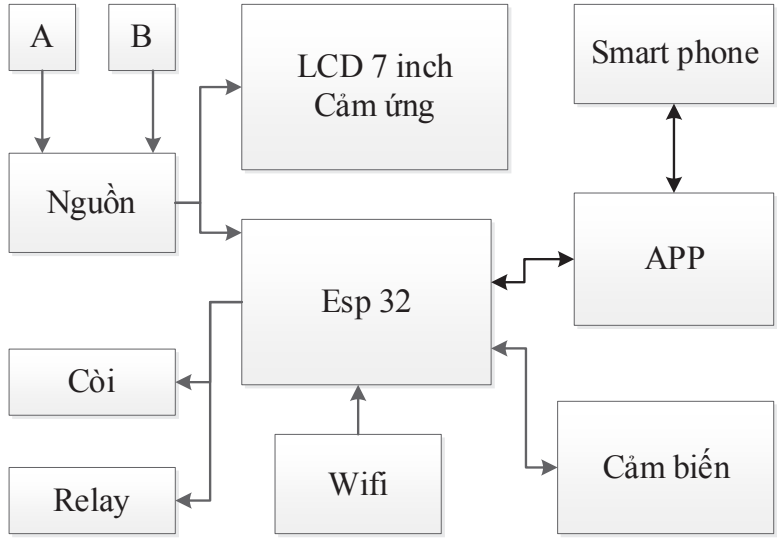
- Module Sim 4G-Phát wifi: kết nối internet cho ESP32;

- Màn hình cảm ứng: hiển thị dữ liệu cho người dùng dễ quan sát, điều khiển thiết bị thông qua các phím bấm cảm ứng;

- Còi: Cảnh báo khi các thông số đo được đạt quá ngưỡng cho phép (0);

- Relay: Đóng mở tiếp điểm khi các thông số đo được đạt quá ngưỡng cho phép (0);

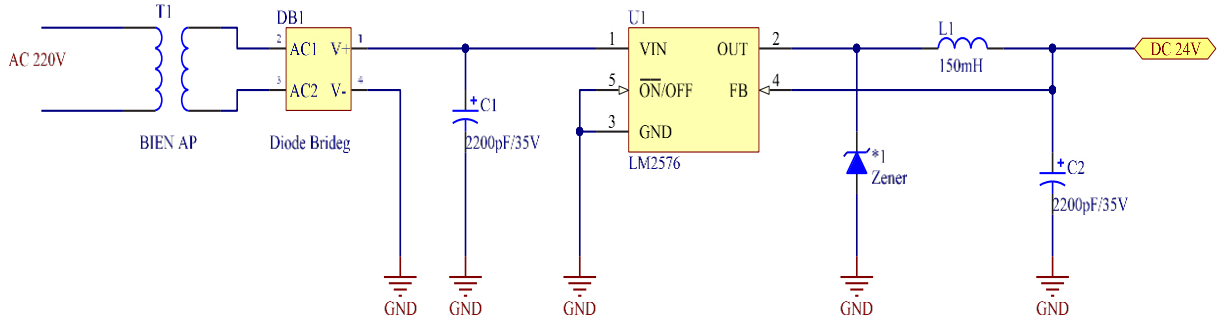
- Smart phone: Hiển thị thông số trên App, cảnh báo tới điện thoại khi có sự cố.



Sơ đồ cấu trúc của máy đo

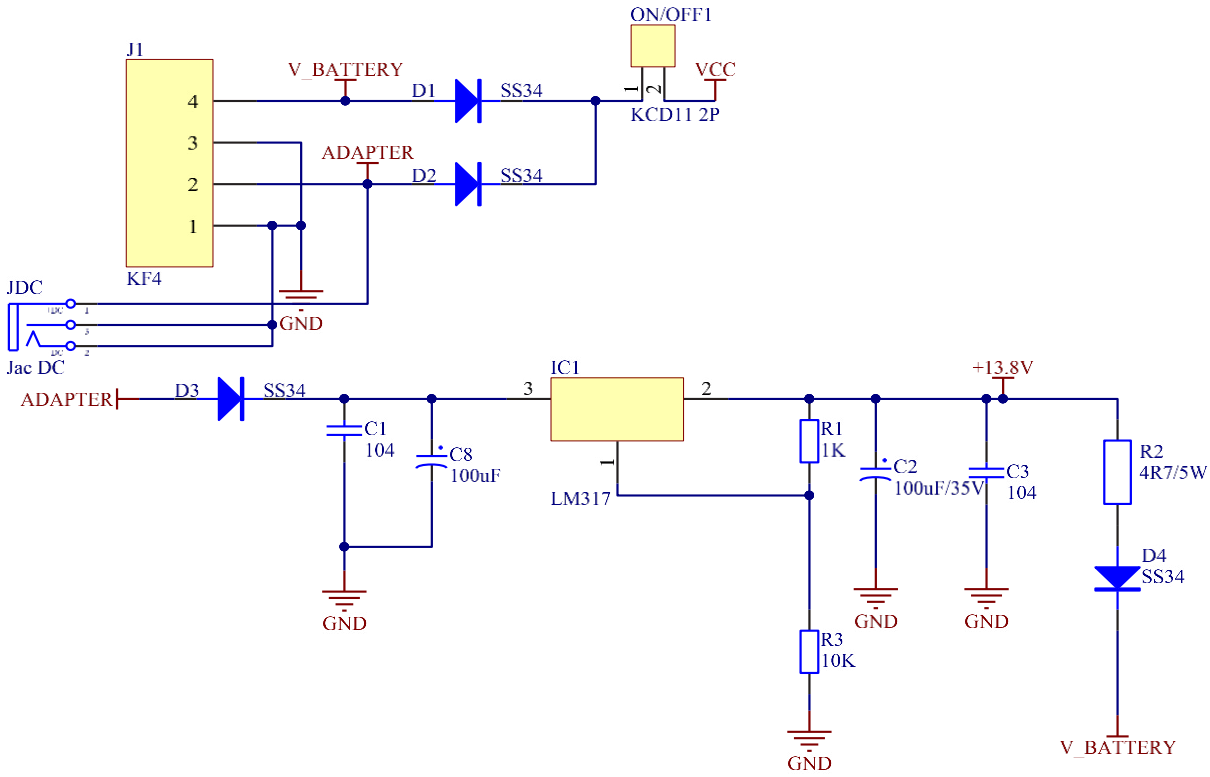
Từ các khối chức năng đó, các tác giả nghiên cứu xây dựng sơ đồ nguyên lý các thành phần cụ thể như sau:

Mạch chuyển đổi điện áp AC-DC



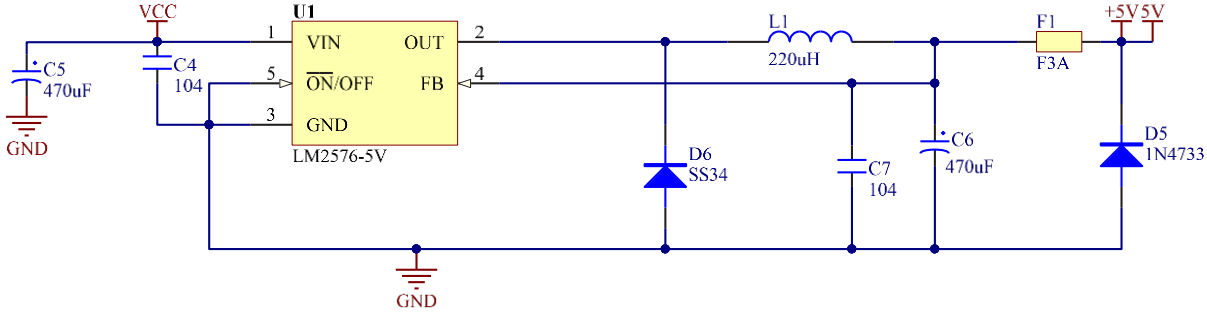
Mạch chuyển đổi điện áp AC DC

Mạch chuyển tự động chuyển nguồn ắc quy



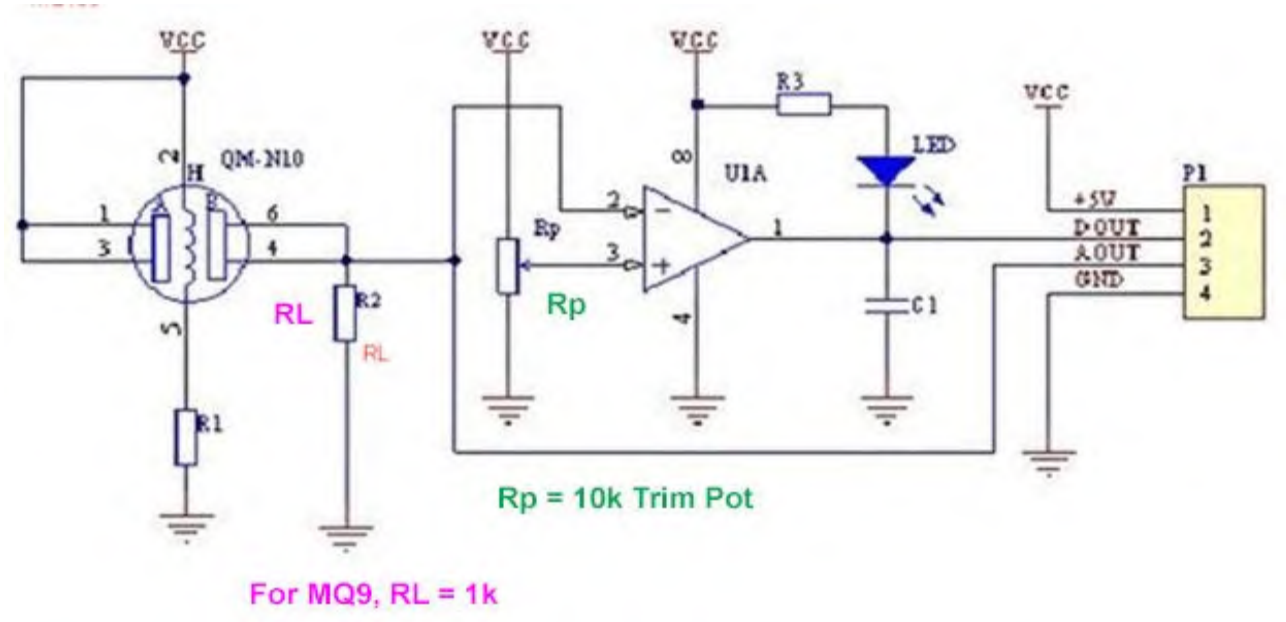
Mạch tự động chuyển nguồn

Mạch hạ áp cấp nguồn cho Vi xử lý, cảm biến, modul



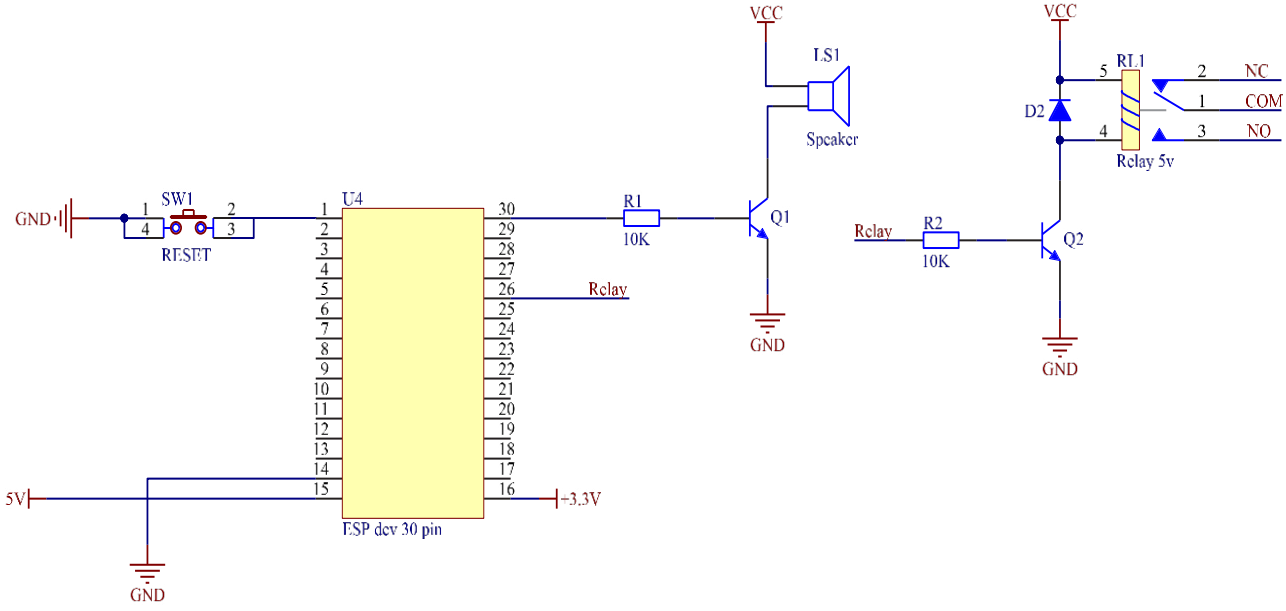
Mạch cung cấp nguồn cho vi điều khiển

Sơ đồ nguyên lý mạch kết nối với điện cực



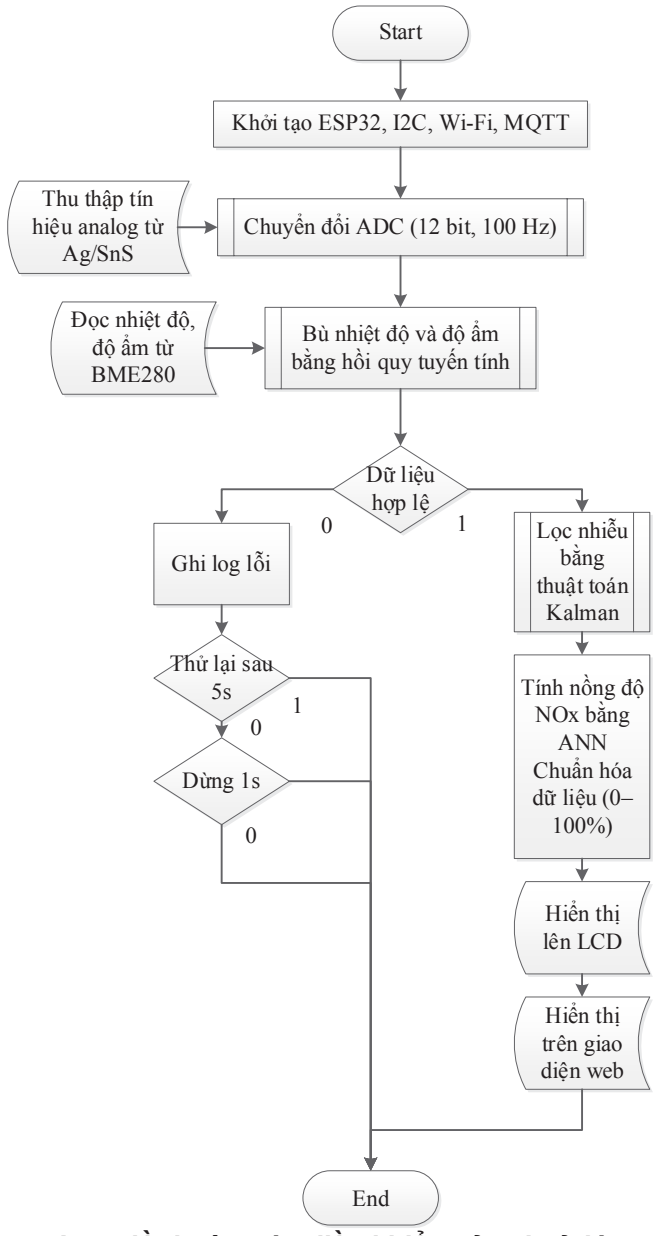
Sơ đồ mạch kết nối với điện cực

Kết nối giữa vi xử lý với thiết bị cảnh báo



Kết nối giữa vi xử lý với thiết bị cảnh báo

Phần mềm xử lý tín hiệu cảm biến khí NOx được thiết kế để tích hợp với cảm biến Ag/SnS và cảm biến môi trường BME280, triển khai trên vi điều khiển ESP32. Căn cứ vào nguyên lý vận hành trên, lưu đồ thuật toán của vi xử lý được xây dựng như 0.



Lưu đồ thuật toán điều khiển của vi xử lý

Thiết bị được thiết kế để phù hợp với thiết bị di động, đảm bảo độ chính xác và hiệu quả năng lượng, phù hợp cho việc giám sát môi trường thực địa [5].

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

Cảm biến được tích hợp vào máy đo cầm tay bao gồm: Vi điều khiển để thu thập và xử lý dữ liệu; bộ gia nhiệt công suất thấp để duy trì nhiệt độ hoạt động (30–100°C); buồng khí với cổng vào/ra để tiếp xúc với NO_2; mô-đun chạy pin để đảm bảo tính cầm tay di động; màn hình kỹ thuật số hiển thị nồng độ NO_2 theo thời gian thực.

Thử nghiệm cảm biến khí được thực hiện trong buồng kiểm soát với nồng độ NO_2 từ 5 đến 20 ppm ở nhiệt độ 30–100°C. Độ đáp ứng của cảm biến được tính theo công thức:

$$\text{Độ đáp ứng} = \frac{R_a - R_g}{R_a} * 100\ (\%) \quad (1)$$

Trong đó: R_a - điện trở trong không khí và R_g - điện trở trong NO_2.

Thời gian đáp ứng và hồi phục được suy ra từ các đường cong điện trở tức thời.

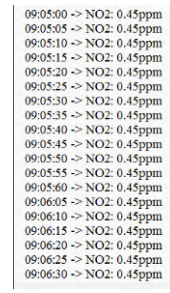
Thiết bị đo được nghiên cứu phát triển dưới dạng vali cầm tay 0 (a). Thiết bị sử dụng màn hình mầu cảm ứng để hiển thị dữ liệu đo đếm cũng như cài đặt và nhật ký vận hành 0 (b). Khi vận hành, thiết bị hiển thị dữ liệu đo đếm 0 (c).



(a)



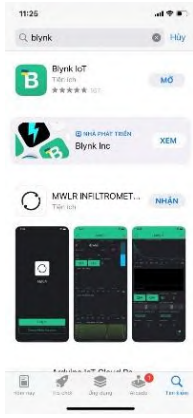
(b)



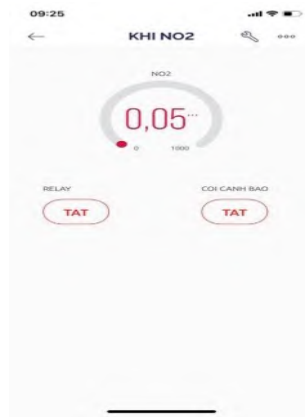
(c)

(a) thiết bị chế tạo thực tế, (b) trang màn hình giao diện, (c) hiển thị kết quả đo đếm

Ngoài ra, thiết bị còn có khả năng kết nối với thiết bị cầm tay khác như điện thoại (sử dụng hệ điều hành android) hình 4 (a) và trang hiển thị hình 4 (b)



(a)



(b)

(a) phần mềm kết nối với thiết bị di động, (b) trang màn hình hiển thị

Khi so sánh với các loại cảm biến dựa trên hợp chất Sn-S khác, hệ thống sử dụng màng nanocomposite Ag/SnS (mẫu S3) thể hiện những ưu thế rõ rệt. Cụ thể:

- Thời gian đáp ứng: Nhanh hơn nhiều (40 giây) so với cấu trúc SnS_2 nanoflakes (480 giây) hoặc dị cấu trúc SnS/SnS_2 (365 giây);
- Nhiệt độ hoạt động: Khả năng hoạt động hiệu quả ngay ở nhiệt độ môi trường giúp tiết kiệm năng lượng và phù hợp cho các thiết bị cầm tay;
- Độ nhạy: Tương đương hoặc cao hơn các vật liệu ZnO nanorods ở cùng điều kiện, nhưng có ưu điểm là thời gian hồi phục nhanh hơn.

Sự kết hợp giữa vật liệu bán dẫn loại "p" SnS và các hạt nano Ag đã tạo ra một điện cực có hiệu ứng plasmon và độ linh động hạt dẫn cao, giúp máy đo NO_2 đạt được các chỉ số kỹ thuật lý tưởng cho việc giám sát môi trường thực địa.

4. KẾT LUẬN

Nghiên cứu này đã đề xuất một phương pháp tiếp cận mới bằng cách chế tạo màng lai thông qua phún xạ RF với lớp Ag tối ưu 5nm, chế tạo thành công một máy đo khí NO_2 cầm tay sử dụng điện cực nanocomposite Ag/SnS. Cảm biến đạt độ đáp ứng 30% tại 20 ppm NO_2 ở 30°C, với độ đáp ứng tối ưu 50% tại 80°C và thời gian đáp ứng 12 s. Tính chọn lọc cao, độ ổn định và hoạt động công suất thấp khiến thiết bị có thể coi là lý tưởng cho giám sát môi trường. Độ linh động hạt dẫn cao, phản ứng do khuyết tật và hiệu ứng plasmon của màng Ag/SnS là nền tảng cho hiệu suất vượt trội. Công việc tiếp theo của nhóm nghiên cứu sẽ tập trung vào việc tối ưu hóa độ xốp màng và khám phá giới hạn phát hiện dưới ppm để tăng cường độ nhạy cho thiết bị.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

[1] L. Q. Vương, B. V. Dân, N. T. Nghĩa, H. T. Hiến, H. T. Giang, T. Trung, T. T. Bình và C. V. Tuấn, "Nghiên cứu hình thái bề mặt của màng polyaniline ảnh hưởng đến hiệu suất cảm biến khí NH3 ở nhiệt độ phòng," *Tạp chí Khoa học và Công nghệ Việt Nam,* tập 63(3), pp. 1-5, 3/2021.

[2] J. Xuan, G. Zhao, M. Sun, F. Jia, X. Wang, T. Zhou, G. Yin and B. Liu, "Low-temperature operating ZnO-based NO2 sensors: a review," *The Royal Society of Chemistry,* vol. 10, pp. 39786-39807, 2020.

[3] N. M. Hung, C. V. Nguyen, V. K. Arepalli, J. Kim, N. D. Chinh, T. D. Nguyen, D.-B. Seo, E.-T. Kim, C. Kim and D. Kim, "Defect-Induced Gas-Sensing Properties of a Flexible SnS Sensor under UV Illumination at Room Temperature," *MDPI,* Vols. 20, 5701, no. doi:10.3390/s20195701, pp. 1-17, 2020.
[4] Y. Yana, G. Yangb, J.-L. Xu, M. Zhangd, C.-C. Kuoe and S.-D. Wang, "Conducting polymer-inorganic nanocomposite-based gas sensors: a review," *Science and Technology of Advanced materials,* vol. 21, no. 1, p. 768–786, 2020.
[5] T. T. Bình, B. V. Dân, L. Q. Vương, N. T. Thủy và C. V. Tuấn, "Nghiên cứu chế tạo điện cực sử dụng vật liệu Nanocomposite ứng dụng cho cảm biến," *Tạp chí Nghiên cứu Khoa học và Công nghệ quân sự,* tập 71, pp. 121-127, 02/2021.
[6] T. T. Binh, L. Q. Vuong, H. V. Han, G. V. Cuong, B. V. Dan and C. V. Tuan, "Fabrication of a Room Temperature Ammonia Gas Sensor Based on Nanocomposite Materials," in *Proceedings of the International Conference Advanced Mechanical Engineering, Automation, and Sustainable Development 2021 (AMAS2021)*, 2021.
[7] L. Q. Vuong, B. P. Thuy, C. V. Tuan, N. M. Hung, V. K. Arepalli, B. V. Dan and N. T. Dai, "Fabrication of Ag embedded−SnS films via the RF approach: First study on NO2 gas–sensing performance," *Sensors and Actuators: A. Physical,* vol. 334, no. https://doi.org/10.1016/j.sna.2021.113319 , 2022.
[8] Y. Qin, Z. Wei và Y. Bai, "Effect of vacancy defects of SnS on gas adsorption and its potential for selective gas detection," *Vacuum,* 2020.
[9] L. Q. Vương, N. T. Thủy, H. T. Hiến, B. V. Dân và C. V. Tuấn, "Nghiên cứu chế tạo cảm biến khí ứng dụng cho thiết bị quan trắc môi trường không khí," *Tạp chí Nghiên cứu KH&CN quân sự,* tập Số Đặc san Hội thảo Quốc gia FEE, pp. 187-192, 10 - 2020.

RESEARCH ON THE DESIGN AND MANUFACTURE OF A PORTABLE NO2 GAS METER WITH A SENSOR USING NANOCOMPOSITE MATERIALS

Quoc Vuong Luyen [1], Dac Tao Dao [2], Van Tuan Chu [3],
Thanh Liem Pham [4,*], Van Dan Bui [3], Van Ngoc Dong [1]

[1]Hanoi College for Electro-Mechanics, 160 Mai Dich, Ha Noi, Vietnam
[2]Vietnam Mining Science and Technology Association, 226 Le Duan, Ha Noi, Vietnam,
[3] Hung Yen University of Technology and Education, 68 Đỗ Ngọc Du, Hải Phong, Vietnam
[4]Vinacomin- Institute of Mining Science and Technology, 3 Phan Dinh Giot, Ha Noi, Vietnam

ARTICLE INFOR
TYPE: Research Article
Received: 07/4/2026
Revised: 05/6/2026
Accepted: 10/6/2026
[4,*] Corresponding author:
Email: phamthanhliem1982@gmail.com

ABSTRACT

This paper presents the results of the research on the design and fabrication of a portable nitrogen dioxide (NO_2) gas meter using an Ag/SnS thin film sensor made from nanocomposite materials. Using the special electrical and structural properties of the nanocomposite, the device achieves high sensitivity, selectivity and stability in detecting NO_2 at low concentrations (5–20 ppm) in the temperature range of 30–100°C. The fabrication process includes radio frequency (RF) sputtering and photolithography to create microelectrodes on Si/SiO_2 substrate, followed by the deposition of an Ag/SnS film optimized for gas sensing. The sensor performance is analyzed through electrical, structural and morphological characterization, including SEM, XRD, EDS, Raman spectroscopy and photoluminescence. The research results show the potential application of Ag/SnS nanocomposites in the fabrication of environmental monitoring devices with the outstanding advantages of this material

Keywords: *NO_2 sensor; Ag/SnS nanocomposites; portable measuring device; RF sputtering; environmental monitoring*

@ Vietnam Mining Science and Technology Association