



(12) **BẢN MÔ TẢ GIẢI PHÁP HỮU ÍCH THUỘC BẰNG ĐỘC QUYỀN
GIẢI PHÁP HỮU ÍCH**

(19) **Cộng hòa xã hội chủ nghĩa Việt Nam (VN)**
CỤC SỞ HỮU TRÍ TUỆ

(11) 
2-0002270

(51)⁷ **G01N 27/407, 31/00**

(13) **Y**

(21) 2-2017-00363

(22) 17.11.2017

(45) 27.01.2020 382

(43) 26.03.2018 360

(73) 1. **TRƯỜNG ĐẠI HỌC BÁCH KHOA HÀ NỘI (VN)**

Số 1, Đại Cồ Việt, quận Hai Bà Trưng, thành phố Hà Nội

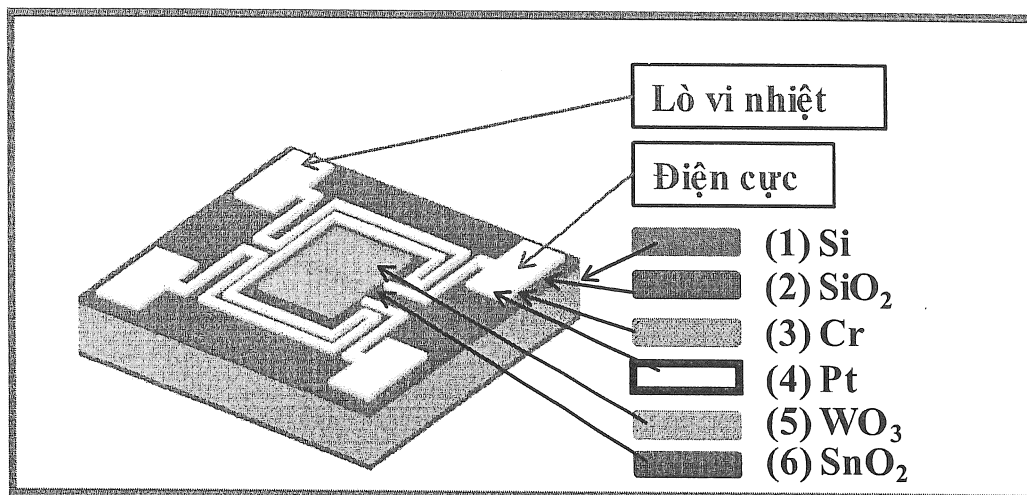
2. **VIỆN ĐÀO TẠO QUỐC TẾ VỀ KHOA HỌC VẬT LIỆU (VN)**

Trường Đại học Bách khoa Hà Nội, Số 1, Đại Cồ Việt, quận Hai Bà Trưng, thành phố Hà Nội

(72) Nguyễn Văn Toán (VN), Nguyễn Văn Hiếu (VN), Nguyễn Văn Duy (VN), Nguyễn Đức Hòa (VN), Chủ Mạnh Hưng (VN)

(54) **CẢM BIẾN KHÍ NH₃ DẠNG MÀNG MỎNG SnO₂/WO₃ VÀ QUY TRÌNH CHẾ TẠO**

(57) Giải pháp hữu ích đề cập tới cảm biến khí NH₃ dạng màng mỏng SnO₂/WO₃ và quy trình chế tạo được tạo ra trên mặt phẳng đế Si/SiO₂ (1, 2), bao gồm các thành phần như điện cực Cr/Pt song song và lò vi nhiệt bao quanh (3, 4), lớp vật liệu màng mỏng SnO₂ (5) có chiều dày (40 nm) được phủ lên điện cực và lớp vật liệu màng mỏng WO₃ (6) dày trong khoảng (5 ÷ 15 nm) được phủ trực tiếp lên màng mỏng SnO₂ và điện cực. Giải pháp hữu ích này khác biệt ở chỗ sử dụng trực tiếp màng mỏng trên màng mỏng. Đặc biệt, việc biến tính này đã tạo ra các vật liệu có khả năng tăng cường độ đáp ứng khí của vật liệu, ngoài ra cũng làm giảm nhiệt độ làm việc của vật liệu màng mỏng ô xit kim loại bán dẫn.



Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Giải pháp hữu ích đề cập đến cảm biến đo khí, đặc biệt là cảm biến đo khí ammoniac (NH_3) dạng màng mỏng oxit kim loại bán dẫn sử dụng xúc tác oxit kim loại bán dẫn (SnO_2/WO_3) (màng mỏng oxit thiếc (SnO_2) và màng mỏng oxit Tungsten (WO_3)) và quy trình chế tạo, khả năng đo khí được đến nồng độ cỡ một phần triệu (parts per million - ppm), với thời gian đo nhanh. Cảm biến cho độ chọn lọc cao nhất với khí NH_3 .

Tình trạng kỹ thuật của giải pháp hữu ích

Khí NH_3 được sinh ra bởi các hoạt động của con người, hóa chất công nghiệp, quá trình phân hủy của một số sản phẩm nông nghiệp, qua trình phát thải của các phương tiện giao thông, v.v. Để kiểm tra nồng độ ô nhiễm khí NH_3 trong môi trường, người ta dùng đến các loại cảm biến như cảm biến đo độ dẫn, cảm biến điện hóa, cảm biến quang, v.v. Năm 1971, Taguchi đã đăng ký sáng chế số US3.631.436 về sử dụng vật liệu oxit bán dẫn (SnO_2 , ZnO , WO_3 ...) ứng dụng cho đo khí. Trong sáng chế này, tác giả sử dụng một cặp điện cực tiếp xúc với chất bán dẫn sau khi được gia nhiệt dẫn đến sự thay đổi điện trở của vật liệu khi có sự thổi ngất khí lên chất bán dẫn. Tuy nhiên thời gian đáp ứng và hồi phục khí của vật liệu oxit bán dẫn là khá lâu (trên 4 phút). Đã có nhiều nhà khoa học công bố báo cáo về tính chất nhạy khí NH_3 dựa trên các vật liệu ô xit bán dẫn. Trên tạp chí “Sensors & Actuators B 78 (2001)”, nhóm tác giả F. Udrea và cộng sự đã thực hiện nghiên cứu mô phỏng và đưa ra được bản thiết kế của cảm biến khí dựa trên sự thay đổi điện trở kết hợp với lò vi nhiệt tích hợp dạng chế tạo mạch tích hợp (Complementary Metal-Oxide-Semiconductor – CMOS) trên đế silic có lớp đệm cách điện silic (Silicon On Insulator - SOI). Công suất tiêu thụ của lò vi nhiệt ở mức rất là thấp (chỉ vào khoảng 100 mW), cho nhiệt độ đạt 300 – 350 °C. Cảm biến có độ đáp ứng cao, không bị nhiễu, chi phí thấp, có khả năng tái sản xuất, độ ổn định cao và có thể gắn lên mạch tích hợp. Năm 2005 tác giả Björn Timmer và cộng sự đã công bố bài báo “Cảm biến ammonia và các ứng dụng của chúng - một bài tổng hợp” (*Ammonia sensors and their applications - a review*). Nghiên cứu này đã chỉ ra rằng, cảm biến đo khí NH_3 có rất nhiều loại vật liệu oxit bán dẫn khác nhau, có nhiều phương pháp khác nhau, chế tạo khác nhau. Cảm biến đo khí NH_3 dựa trên nguyên lý quang học có thể đo được đến cỡ 1 phần tỷ (parts per billion – ppb). Tuy nhiên, cảm biến loại này thì khá to và giá thành rất là đắt tiền, ngoài ra chi phí vận hành cũng khá tốn kém. Cảm biến đo độ dẫn có nhiều ưu điểm hơn cả, đó là giá thành rẻ, dễ dàng chế tạo, tích hợp với hệ thống mạch tích hợp vi điện tử dễ dàng

và ứng dụng được trong nhiều lĩnh vực khác nhau. Cảm biến đo khí H_2 , NH_3 và khí SO_2 sử dụng màng mỏng oxit kim loại bán dẫn (Metal Oxide Semiconductor - MOS), sau đó dùng paladi (Pd), platin (Pt) làm vật liệu xúc tác cho việc tăng cường tính nhạy khí của vật liệu oxit kim loại bán dẫn được tác giả Frank Di Meo J.R., và cộng sự công bố trên sáng chế số “US 2003/0153088” vào năm 2003. Tác giả sử dụng các vật liệu MOS, dùng phương pháp lắng đọng vật lý (Physical vapor deposition - PVD, Metalorganic vapour phase epitaxy - MOCVD) để tạo lớp nhạy khí trên điện cực, sau đó dùng xúc tác kim loại để tăng cường tính nhạy của vật liệu. Cảm biến cho độ nhạy cao, thời gian đáp ứng nhanh và có kích thước nhỏ gọn. Tác giả Kitanoya và cộng sự sử dụng dung dịch điện ly từ chất điện phân rắn kết hợp với điện cực là kim loại quý như Pd làm điện cực để đo khí NH_3 qua công bố đơn sáng chế số US 2003/0062264 năm 2003. Theo công bố đơn sáng chế số US 2008/0274559 của tác giả Fleischer và cộng sự năm 2008. Tác giả đã sử dụng 2 cảm biến trên cơ sở màng mỏng MOS, sử dụng màng lọc làm vật liệu tăng cường tính chất nhạy khí sau đó thay đổi dòng điện cấp nhiệt độ của cảm biến để đo khí NH_3 trong dải đo từ 1 – 100 ppm trong không khí cũng như trong khí thải của khói khi đốt. Nhóm tác giả L.V. Thong et al. / Sensors and Actuators B 150 (2010) với công bố bài báo “Nghiên cứu so sánh hiệu suất cảm biến khí của các dây nano SnO_2 và cấu trúc của chúng có cấu trúc nano” (*Comparative study of gas sensor performance of SnO_2 nanowires and their hierarchical nanostructures*), đã chỉ ra cấu trúc nano SnO_2 được chế tạo bằng 2 quá trình bốc bay nhiệt mà không cần sử dụng chất xúc tác vàng (Au) cho độ đáp ứng tốt với khí NH_3 . Kết quả cho thấy các cấu trúc của dây nano SnO_2 xốp có triển vọng đối với các ứng dụng cảm biến khí. Theo nghiên cứu được đăng trên bài báo “Cơ chế tương tác của amoniac và oxit thiếc: Phân tích kết hợp sử dụng các thiết bị dây nano đơn và tính toán DFT” (*Interaction Mechanisms of Ammonia and Tin Oxide: A Combined Analysis Using Single Nanowire Devices and DFT Calculations*) của tác giả Feng Shao và cộng sự đăng trên tạp “J. Phys. Chem. C 117 (2013)”. Nhóm đã tính toán mô phỏng và tiến hành làm thực nghiệm để nghiên cứu tìm tòi đầu là giới hạn của cơ chế phản ứng của phân tử khí NH_3 với vật liệu dây nano SnO_2 . Kết quả cho thấy quá trình phản ứng của khí NH_3 đối với các dây nano SnO_2 không chỉ liên quan đến cơ chế vật lý mà còn có tính chất hoá học đồng thời đòi hỏi phải có hai phân tử NH_3 để phản ứng diễn ra. Để tăng cường độ nhạy khí NH_3 của cảm biến SnO_2 dạng màng mỏng trên tạp chí “Sensors & Actuators B 194 (2014)”, tác giả Vinay Gupta và cộng sự công bố báo cáo “Các cụm kim loại kích hoạt màng mỏng SnO_2 để phát hiện nồng độ thấp khí NH_3 ” (*Metal clusters activated SnO_2 thin film for low level detection of NH_3 gas*). Bài báo chỉ ra, đối với mỗi kim loại xúc tác thì cho ra một độ đáp ứng khác nhau. Độ đáp ứng cao nhất đạt 25.7 khi tiếp xúc với 450 ppm khí NH_3 . Vật liệu nano Pt dày 8 nm cho độ đáp ứng là tốt nhất khi so với các loại vật liệu kim loại làm xúc tác khác như Pd, Cr, Au, Cu và In. Năm 2017, tác giả N.V. Toan và cộng sự đã công bố bài báo “Vật liệu màng chấm nano SnO_2 - WO_3 để tăng cường khả

năng đáp ứng khí NH_3 ” (*Bilayer $\text{SnO}_2\text{--WO}_3$ nanofilms for enhanced NH_3 gas sensing performance*) trên tạp chí Materials Science & Engineering B 224 (2017). Tác giả sử dụng màng mỏng SnO_2 kết hợp với màng WO_3 để đo 50 – 1000 ppm khí NH_3 . Kết quả cảm biến cho độ đáp ứng cao, thời gian đáp ứng nhanh và chọn lọc tốt với các loại khí khác.

Vì vậy, giải pháp hữu ích này đề xuất chế tạo cảm biến khí NH_3 dạng phẳng trên cơ sở kết hợp của 2 loại màng mỏng oxit kim loại bán dẫn (SMO) có độ đáp ứng cao, độ chọn lọc tốt, thời gian đáp ứng nhanh. Chiều dày màng mỏng của từng loại vật liệu nhạy khí được lựa chọn thích hợp để cho độ đáp ứng của cảm biến là tốt nhất.

Bản chất kỹ thuật của giải pháp hữu ích

Mục đích của giải pháp hữu ích là đề xuất việc chế tạo cảm biến khí NH_3 trên cơ sở màng mỏng nhạy khí từ hai nguồn vật liệu oxit bán dẫn khác nhau (SnO_2/WO_3). Màng nhạy khí được phủ lên điện cực Pt và được bao bọc trong một lò vi nhiệt tích hợp sẵn bao bọc lớp màng nhạy khí. Chiều dày màng nhạy khí thứ nhất (SnO_2) không thay đổi, chỉ thay đổi chiều dày màng nhạy khí thứ 2 (WO_3). Đối với cảm biến sử dụng màng nhạy thứ nhất cho độ đáp ứng không cao. Khi phủ màng thứ 2 lên lớp màng nhạy thứ nhất thì độ đáp ứng của cảm biến tăng lên xấp xỉ gấp 3 lần, nhiệt độ làm việc của cảm biến cũng giảm xuống thấp hơn gần 100°C . Để đạt được mục đích nêu trên, cảm biến đo khí NH_3 theo giải pháp hữu ích hiện tại bao gồm: một lò vi nhiệt, một cặp điện cực, màng nhạy khí có 2 lớp.

Các cấu trúc cảm biến đo khí NH_3 dạng màng mỏng trên được chế tạo dựa trên công nghệ vi điện tử kết hợp công nghệ phun xạ hoạt hóa. Trên phiến silic sẽ được lắng đọng một lớp oxit silic (SiO_2) bằng phương pháp lắng đọng được ứng dụng phổ biến trong thực tế như ô xy hóa khô hoặc ướt, phun xạ, bốc bay. Phía trên lớp SiO_2 sẽ được phủ một lớp kim loại có tính chất dẫn điện tốt như Cr, Pt. Các kim loại được lắng đọng sẽ phụ thuộc vào yêu cầu của ứng dụng. Sau khi lắng đọng lớp điện cực và lò vi nhiệt ta sử dụng phương pháp phun xạ hoạt hóa để lắng đọng lớp màng nhạy khí sử dụng kim loại thiếc (Sn) và tungsten (W).

Mô tả vắn tắt các hình vẽ

Hình 1 là cấu trúc 3 chiều của cảm biến khí NH_3 dạng màng mỏng được đề xuất trong giải pháp hữu ích này.

Hình 2 các cấu trúc mặt cắt ngang quy trình các bước chế tạo cảm biến NH_3 dạng màng mỏng như sau:

Hình 2a minh họa mặt cắt ngang của phiến silic;

Hình 2b minh họa mặt cắt ngang của lớp màng SiO_2 được lắng đọng trực tiếp lên kênh silic bằng phương pháp ô xy hóa nhiệt trong giải nhiệt độ từ $1000 \div 1100^\circ\text{C}$. Thời gian $150 \div 200$ phút;

Hình 2c minh họa mặt cắt ngang của màng mỏng SiO_2 được phủ lớp nhạy quang (photoresist), lớp photoresist được quay phủ trên máy quay phủ, chiều dày lớp màng $1 \div 1,4 \mu\text{m}$;

Hình 2d minh họa mặt cắt ngang của việc quang khắc mặt nạ thứ 1 để chế tạo điện cực và lò vi nhiệt, sử dụng ánh sáng tia cực tím (UV) để chiếu lên mặt nạ, thời gian chiếu sáng $20 \div 20,5$ giây, sử dụng dung dịch hiện hình (developer) để tẩy bỏ lớp nhạy quang đã bị phân hủy đi (giống phương pháp rửa ảnh);

Hình 2e minh họa mặt cắt ngang của điện cực và lò vi nhiệt được phủ lớp màng crom (Cr) và platin (Pt), sử dụng phương pháp phún xạ catot để chế tạo màng Cr và Pt, chiều dày lớp Cr là $25 \div 30 \text{ nm}$, chiều dày lớp Pt là $150 \div 170 \text{ nm}$;

Hình 2f minh họa mặt cắt ngang của điện cực và lò vi nhiệt hoàn chỉnh;

Hình 2g minh họa mặt cắt ngang của lớp photoresist phủ trên điện cực và lò vi nhiệt, lớp photoresist được quay phủ trên máy quay phủ, chiều dày lớp màng $1 \div 1,4 \mu\text{m}$;

Hình 2h minh họa mặt cắt ngang của việc quang khắc sử dụng mặt nạ thứ 2 tạo hình lớp màng nhạy khí, sử dụng ánh sáng UV để chiếu lên mặt nạ, thời gian chiếu sáng $20 \div 20,5$ giây, sử dụng dung dịch tẩy rửa chuyên dụng là developer để tẩy bỏ lớp nhạy quang đã bị phân hủy đi (giống phương pháp tráng rửa ảnh);

Hình 2i minh họa mặt cắt ngang của việc chế tạo lớp màng nhạy khí thứ nhất (màng mỏng ô xít thiếc – SnO_2), sử dụng công nghệ phún xạ hoạt hóa (trong quá trình phún xạ sử dụng đồng thời cả khí oxy (O_2) và khí argon (Ar)), chiều dày lớp màng nhạy $40 \div 45 \text{ nm}$;

Hình 2j minh họa mặt cắt ngang của việc chế tạo lớp màng nhạy khí thứ hai (màng mỏng ô xít tungsten – WO_3), sử dụng công nghệ phún xạ hoạt hóa (trong quá trình phún xạ sử dụng đồng thời cả khí O_2 và Ar), chiều dày lớp màng nhạy $5 \div 15 \text{ nm}$.

Hình 2k minh họa mặt cắt ngang của cảm biến đo khí NH_3 trên cơ sở màng mỏng nhạy khí thứ nhất và thứ hai ($\text{SnO}_2 / \text{WO}_3$).

Mô tả chi tiết giải pháp hữu ích

Như được thể hiện trên hình 1, cấu trúc của cảm biến đo khí NH_3 bao gồm: Phiên silic (1), lớp oxit (2), lớp kim loại Cr (3), lớp kim loại Pt (4), lớp màng nhạy khí SnO_2 (5) và lớp màng nhạy khí WO_3 (6). Cảm biến đo khí NH_3 dạng phẳng màng mỏng trên được chế tạo dựa trên công nghệ vi điện tử kết hợp công nghệ phún xạ hoạt hóa. Trên phiên silic sẽ được lắng đọng một lớp oxit SiO_2 bằng phương pháp lắng đọng được ứng dụng phổ biến trong thực tế như ô xy hóa khô hoặc ướt, phún xạ, bốc bay. Phía trên lớp SiO_2 sẽ được phủ một lớp kim loại có tính chất dẫn điện tốt như Cr, Pt. Các kim loại được lắng đọng sẽ phụ thuộc vào yêu cầu của ứng dụng. Sau khi lắng đọng lớp điện cực và lò vi nhiệt ta sử dụng phương pháp phún xạ hoạt hóa để lắng đọng lớp màng nhạy khí sử dụng kim loại Sn và W để tạo thành màng mỏng SnO_2 và WO_3 . Màng nhạy SnO_2 được cố định một chiều dày nhất định. Màng nhạy WO_3 được thay đổi trong phạm vi để cải thiện độ nhạy của cảm biến.

Quy trình chế tạo “Cảm biến khí NH_3 dạng màng mỏng SnO_2/WO_3 ” được thể hiện trên Hình 2. Các bước thực hiện như sau:

Bước 1: Sử dụng phiên silic loại p-100 làm đế;

Bước 2: Sử dụng công nghệ ô xy hóa ướt (nhiệt độ $1000 \div 1100^\circ\text{C}$; thời gian $150 \div 200$ phút) tạo lớp màng SiO_2 được lắng đọng trực tiếp lên phiên silic;

Bước 3: Phủ lớp nhạy quang (photoresist) lên đế SiO_2/Si . Lớp photoresist được quay phủ trên máy quay phủ, chiều dày lớp màng dày $1 \div 1,4 \mu\text{m}$;

Bước 4: Quang khắc mặt nạ thứ 1 để chế tạo điện cực và lò vi nhiệt. Sử dụng ánh sáng UV để chiếu lên mặt nạ, thời gian chiếu sáng $20 \div 20,5$ giây. Sử dụng dung dịch hiện hình (developer) để tẩy bỏ lớp photoresit đã bị phân hủy đi;

Bước 5: Phún xạ kim loại Cr/Pt tạo lớp màng Cr và Pt để làm điện cực và lò vi nhiệt. Sử dụng phương pháp phún xạ catot để chế tạo màng Cr và Pt. Chiều dày lớp Cr là $25 \div 30 \text{ nm}$. Chiều dày lớp Pt là $150 \div 170 \text{ nm}$;

Bước 6: Dùng hóa chất tẩy bỏ lớp kim loại hy sinh để tạo điện cực và lò vi nhiệt hoàn chỉnh;

Bước 7: Phủ lớp nhạy quang (photoresist) lên trên điện cực và lò vi nhiệt. Lớp photoresist được quay phủ trên máy quay phủ, chiều dày lớp màng dày $1 \div 1,4 \mu\text{m}$;

Bước 8: Quang khắc mặt nạ thứ 2 tạo hình lớp màng nhạy khí. Sử dụng ánh sáng UV để chiếu lên mặt nạ, thời gian chiếu sáng trong khoảng $20 \div 20,5$ giây. Sử dụng dung dịch hiện hình (developer) để tẩy bỏ lớp photoresit đã bị phân hủy đi;

Bước 9: Tạo lớp màng nhạy khí thứ nhất (màng mỏng oxit thiếc – SnO_2). Sử dụng công nghệ phun xạ hoạt hóa (trong quá trình phun xạ sử dụng đồng thời cả khí O_2 và Ar theo tỷ lệ 50 : 50), chiều dày lớp màng nhạy khoảng $40 \div 45$ nm;

Bước 10: Tạo lớp màng nhạy khí thứ hai (màng mỏng oxit tungsten – WO_3). Sử dụng công nghệ phun xạ hoạt hóa (trong quá trình phun xạ sử dụng đồng thời cả khí O_2 và Ar theo tỷ lệ 50 : 50), chiều dày lớp màng nhạy khoảng từ $5 \div 15$ nm;

Bước 11: Dùng hóa chất tẩy bỏ lớp màng mỏng hy sinh để tạo hình màng mỏng lớp nhạy khí của cảm biến đo khí NH_3 . Cảm biến chế tạo hoàn thành trên cơ sở màng mỏng oxit kim loại bán dẫn là oxit thiếc và oxit tungsten (SnO_2 / WO_3).

Hiệu quả kỹ thuật đạt được

Đây là một giải pháp hữu ích liên quan trực tiếp đến việc đo khí độc ảnh hưởng tới sức khỏe con người và gây ô nhiễm môi trường. Cảm biến cho phép việc phát hiện nồng độ khí NH_3 ở giới nồng độ rất thấp cỡ phần triệu (ppm). Cảm biến đo khí NH_3 được ứng dụng trong lĩnh vực quan trắc môi trường sống cũng như sự ô nhiễm môi trường. Cảm biến chúng tôi chế tạo được có ưu điểm đó là:

Cảm biến NH_3 dạng màng mỏng theo giải pháp hữu ích được chế tạo có thời gian đáp ứng nhanh hơn so với cảm biến đăng trên sáng chế số US3.631.436.

Cảm biến NH_3 dạng màng mỏng theo giải pháp hữu ích được chế tạo có nhiệt độ thấp hơn khi so sánh với cảm biến do nhóm tác giả F. Udrea và cộng sự công bố kết quả tính toán lý thuyết công bố trên tạp chí “Sensors & Actuators B 78 (2001)”. Cảm biến theo giải pháp hữu ích được chế tạo làm việc tốt nhất ở 300°C , trong khi tính toán lý thuyết tối ưu là trong giải nhiệt độ từ $300 \div 350^\circ\text{C}$;

Khi so sánh với cảm biến quang hay các loại cảm biến có sử dụng các kim loại quý làm xúc tác để tăng cường tính chất nhạy khí của vật liệu. Chúng ta thấy cảm biến quang thì giá thành đắt, cồng kềnh. Cảm biến sử dụng kim loại quý như Pt, Pd, Au... làm vật liệu xúc tác thì đó đều là những vật liệu đắt, dẫn đến giá thành chi phí cao. Cảm biến theo giải pháp hữu ích được chế tạo sử dụng vật liệu tungsten (W) làm vật liệu tăng cường tính nhạy khí của vật liệu là loại vật liệu rẻ tiền, giúp cho chi phí cũng như giá thành của cảm biến rẻ hơn.

Yêu cầu bảo hộ

1. Quy trình chế tạo cảm biến khí NH_3 dạng màng mỏng SnO_2/WO_3 :

bước 1: sử dụng phiến silic loại p -100 để làm đế;

bước 2: ô xy hóa ướt (nhiệt độ $1000 \div 1100^\circ\text{C}$; thời gian $150 \div 200$ phút) tạo lớp màng SiO_2 được lắng đọng trực tiếp lên phiến silic;

bước 3: phủ lớp nhạy quang (photoresist) lên đế SiO_2/Si , lớp nhạy quang được quay phủ trên máy quay phủ, chiều dày lớp màng dày $1 \div 1,4 \mu\text{m}$;

bước 4: quang khắc mặt nạ thứ nhất để chế tạo điện cực và lò vi nhiệt, sử dụng ánh sáng tia cực tím (UV) để chiếu lên mặt nạ, thời gian chiếu sáng $20 \div 20,5$ giây, sử dụng dung dịch hiện hình (developer) để tẩy bỏ lớp nhạy quang đã bị phân hủy đi;

bước 5: phún xạ kim loại Cr/Pt tạo lớp màng Cr và Pt để làm điện cực và lò vi nhiệt, sử dụng phương pháp phún xạ catot để chế tạo màng Cr và Pt, chiều dày lớp Cr là $25 \div 30 \text{ nm}$, chiều dày lớp Pt là $150 \div 170 \text{ nm}$;

bước 6: tẩy bỏ lớp kim loại hy sinh để tạo điện cực và lò vi nhiệt hoàn chỉnh;

bước 7: phủ lớp nhạy quang lên trên điện cực và lò vi nhiệt, lớp nhạy quang này được quay phủ trên máy quay phủ, chiều dày lớp màng dày $1 \div 1,4 \mu\text{m}$;

bước 8: quang khắc mặt nạ thứ hai tạo hình lớp màng nhạy khí, sử dụng ánh sáng UV để chiếu lên mặt nạ, thời gian chiếu sáng trong khoảng $20 \div 20,5$ giây, sử dụng dung dịch hiện hình (developer) để tẩy bỏ lớp nhạy quang đã bị phân hủy đi;

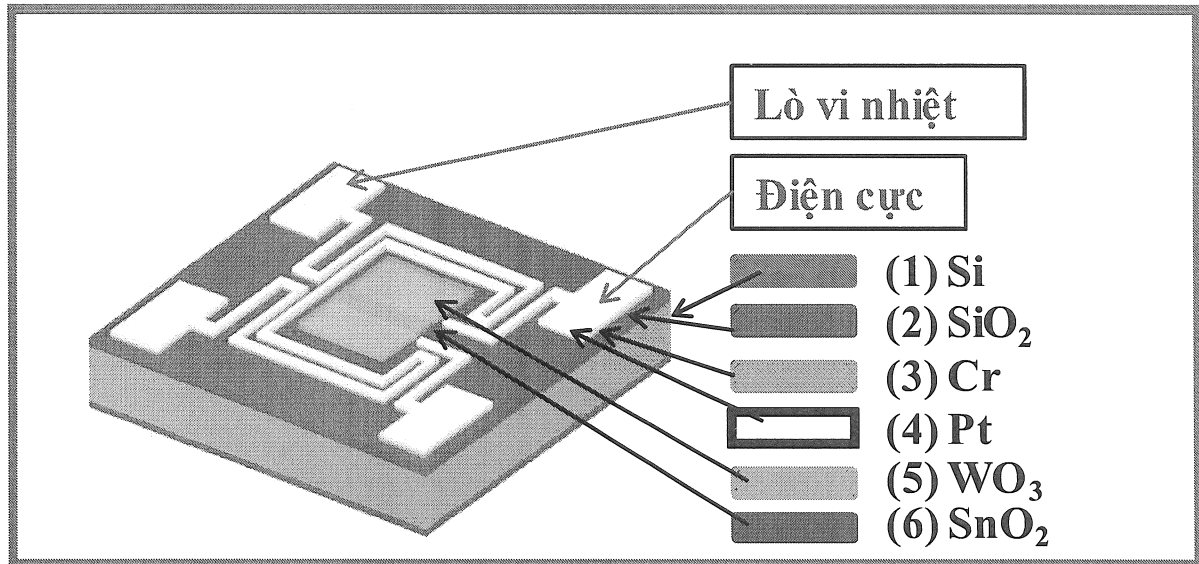
bước 9: tạo lớp màng nhạy khí thứ nhất (màng mỏng oxit thiếc – SnO_2), sử dụng công nghệ phún xạ hoạt hóa (trong quá trình phún xạ sử dụng đồng thời cả khí O_2 và Ar theo tỷ lệ $50 : 50$), chiều dày lớp màng nhạy khoảng $40 \div 45 \text{ nm}$;

bước 10: tạo lớp màng nhạy khí thứ hai (màng mỏng oxit tungsten – WO_3), sử dụng công nghệ phún xạ hoạt hóa (trong quá trình phún xạ sử dụng đồng thời cả khí O_2 và Ar theo tỷ lệ $50 : 50$), chiều dày lớp màng nhạy khoảng từ $5 \div 15 \text{ nm}$;

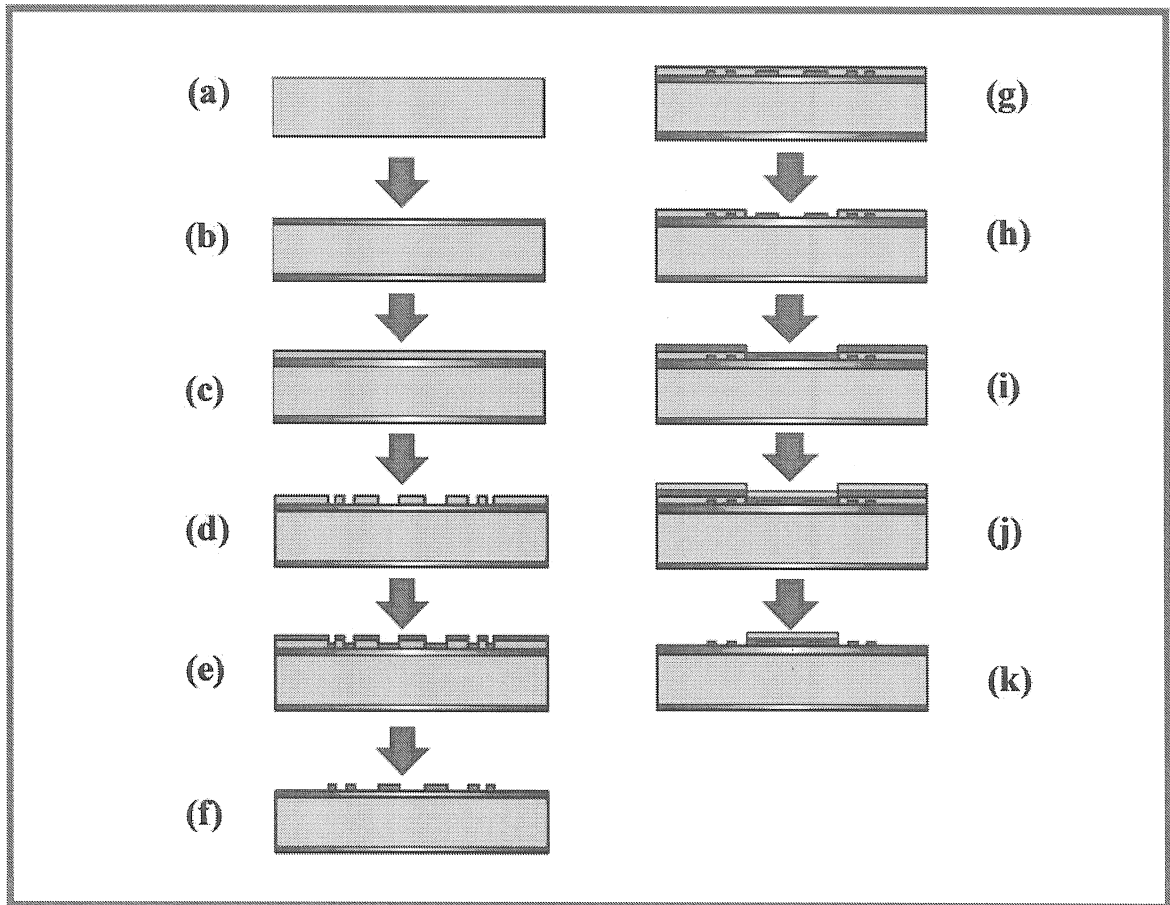
bước 11: tẩy bỏ lớp màng mỏng hy sinh để tạo hình màng mỏng lớp nhạy khí của cảm biến đo khí NH_3 , cảm biến chế tạo hoàn thành trên cơ sở màng mỏng oxit kim loại bán dẫn thiếc và oxit tungsten ($\text{SnO}_2 / \text{WO}_3$).

2. Cảm biến khí NH_3 dạng màng mỏng SnO_2/WO_3 được chế tạo từ quy trình chế tạo cảm biến khí NH_3 dạng màng mỏng SnO_2/WO_3 theo điểm 1, cảm biến khí NH_3 dạng màng mỏng SnO_2/WO_3 được tạo ra trên mặt phẳng đế Si/SiO_2 bao gồm các thành phần như điện cực Cr/Pt (chiều dày trong khoảng $170 \div 200 \text{ nm}$) song song và lò vi nhiệt bao quanh, lớp vật liệu màng mỏng SnO_2 có chiều dày (40 nm) được phủ lên điện cực và lớp

vật liệu màng mỏng WO_3 dày trong khoảng $(5 \div 15 \text{ nm})$ được phủ trực tiếp lên màng mỏng SnO_2 và điện cực.



Hình 1



Hình 2