



(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)



2-0004021

(51) **C04B 35/00**
2022.01

(13) **Y**

(21) 2-2023-00669

(22) 24/05/2021

(67) 1-2021-02946

(45) 25/03/2025 444

(43) 25/11/2021 404A

(71) Đại học Huế (VN)

Số 03 Lê Lợi, phường Vĩnh Ninh, thành phố Huế, tỉnh Thừa Thiên Huế

(72) Trương Văn Chương (VN); Võ Thanh Tùng (VN).

(54) QUY TRÌNH CHẾ TẠO GỐM ÁP ĐIỆN MỀM PZT PHA TẠP NB, SB

(21) 2-2023-00669

(57) Giải pháp hữu ích đề cập đến quy trình chế tạo gốm áp điện mềm PZT pha tạp Nb, Sb. Quy trình này bao gồm các công đoạn: (1) chuẩn bị vật liệu theo công thức $\text{Pb}_{0,988}(\text{Zr}_{0,525}\text{Ti}_{0,475})_{0,97}(\text{Nb}_{0,024}\text{Sb}_{0,006})\text{O}_3$; (2) nghiền vật liệu lần 1 bằng máy nghiền bi với thời gian 3 giờ; (3) ép nung sơ bộ bằng máy ép thủy lực với lực ép 100 kG/cm^2 , sau đó nung đến nhiệt độ 750°C tốc độ gia nhiệt 5°C/phút , lưu tại nhiệt độ này 2 giờ và nung đến 850°C tốc độ gia nhiệt 5°C/phút , lưu tại nhiệt độ này 1 giờ; (4) nghiền vật liệu sau khi nung lần 1 với thời gian nghiền 24 giờ; (5) trộn vật liệu sau khi nghiền lần 2 với chất kết dính PVA theo tỷ lệ 5%; (6) ép định hình mẫu vật liệu bằng khuôn thép có đường kính 12 mm, mẫu sau khi ép có chiều dày 1,2 mm, lực ép 500 kG/cm^2 (tùy theo khối lượng riêng của hỗn hợp vật liệu ta chọn khối lượng đưa vào ép phù hợp); (7) nung mẫu đã ép đến 700°C , lưu tại nhiệt độ này 1 giờ để loại bỏ chất kết dính; (8) nung thiêu kết đến 1150°C , lưu tại nhiệt độ này 2 giờ; (9) xử lý mẫu bằng máy mài đạt đến chiều dày 1 mm, tiếp tục ủ nhiệt tại 700°C với thời gian 4 giờ; (10) phủ điện cực bằng keo Ag – Ni; (11) phân cực bản gốm bằng điện trường 30 kV/cm , tại nhiệt độ 120°C trong thời gian 20 phút; (12) đo và đánh giá các thông số vật liệu theo chuẩn quốc tế về vật liệu IRE – 61 và IRE – 87.

Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Giải pháp hữu ích thuộc về lĩnh vực Khoa học vật liệu và quy trình chế tạo gốm áp điện. Vấn đề cụ thể của giải pháp hữu ích là đề cập đến quy trình chế tạo hệ gốm áp điện mềm trên cơ sở PZT pha tạp Nb và Sb theo công thức cấu trúc tinh thể perovskite ABO_3 là $Pb_{1-0.5y}(Zr_{1-x}Ti_x)_{1-y-z}(Nb_ySb_z)O_3$, trong đó thành phần tạp đã được khảo sát thực nghiệm trong khoảng giá trị: $x = 0,52 - 0,53$, $y \geq 0,024$; $z = 0,04 - 0,06$. Theo công thức vật đã chọn để khảo sát, quá trình chế tạo gốm áp đã được thực hiện theo quy trình đề xuất dưới đây. Căn cứ theo chuẩn quốc tế về vật liệu áp điện IRE-61 và IRE-87 để đánh giá thông số của vật liệu. Kết quả đạt được đồng thời các hệ số áp điện d_{33} , hệ số liên kết điện cơ k_p và nhiệt độ chuyển pha T_c cao. Khẳng định rằng, quy trình chế tạo gốm áp điện mềm theo công thức vật liệu $Pb_{0,988}(Zr_{0,525}Ti_{0,475})_{0,97}(Nb_{0,024}Sb_{0,006})O_3$ đã đạt được chế độ của từng công đoạn trong quy trình là tối ưu.

Tình trạng kỹ thuật của giải pháp hữu ích

Cho đến nay, hầu hết các thiết bị thu phát sóng âm – siêu âm của Việt Nam đều phải nhập ngoại. Các thiết bị thủy âm, siêu âm có cấu tạo phức tạp, đa dạng, đắt tiền, phần tử chính là các biến từ thu phát sóng. Các biến từ thu phát sóng âm -siêu âm hiện nay chủ yếu được chế tạo từ vật liệu gốm áp điện có tên thương mại PZT5A, PZT-8,...Việt Nam chúng ta vẫn chưa chế tạo được.

Thế giới đã có nhiều sản phẩm gốm áp điện mềm trên cơ sở PZT pha tạp nhưng công thức gốm, loại tạp chất và quy trình không được công bố. Hiện chưa có loại gốm áp điện nào đồng thời có hệ số áp điện cao $d_{33} > 500$ pC/N, hệ số liên kết điện cơ $k_p > 0,6$ và nhiệt độ chuyển pha cao $T_c > 350^\circ\text{C}$. Tài liệu “Piezoelectric ceramics, Morgan Electro Ceramics” cho thấy, hệ gốm áp điện PZT502 (chế tạo riêng cho Quân đội Mỹ) có đồng thời các hệ số áp điện $d_{33} = 450$ pC/N, $k_p = 0,65$ và $T_c = 350^\circ\text{C}$ là cao nhất trong số các loại gốm áp điện mềm đã được thương mại hóa. Ở Việt Nam có nhà máy Z181 của quân đội công bố chế tạo thành công hệ gốm áp điện mềm VAD5 với các thông số $d_{33} = 300$ pC/N, $k_p = 0,5$ và $T_c = 303^\circ\text{C}$. Các thông số áp điện còn rất thấp, song công thức vật liệu và quy trình được giữ bí mật.

Gốm áp điện PZT pha tạp Nb Và Sb với công thức $Pb_{1-0.5y}(Zr_{1-x}Ti_x)_{1-y-z}(Nb_ySb_z)O_3$

($x = 0,52 - 0,53$, $y \geq 0,024$; $z = 0,04 - 0,06$) lần đầu tiên được tác giả đưa ra. Trong công thức này, tạp donor (tạp chất cho điện tử) Nb^{5+} và acceptor (tạp chất nhận điện tử) Sb^{3+} tạo thành cặp tạp phức thay vào vị trí (Zr, Ti). Hệ gồm với $x = 0,525$, $y = 0,024$ và $z = 0,006$: $Pb_{0,988}(Zr_{0,525}Ti_{0,475})_{0,97}(Nb_{0,024}Sb_{0,006})O_3$ có đồng thời các hệ số áp điện và nhiệt độ chuyển pha cao nhất, $d_{33} = 540$ pC/N, $k_p = 0,68$, $T_c = 361^\circ\text{C}$. Bên cạnh đó, các thông số của quy trình chế tạo hệ gồm này cũng được tác giả nghiên cứu xác lập, đây cũng là một giải pháp hữu ích kỹ thuật.

Bản chất kỹ thuật của giải pháp hữu ích

Bản chất của giải pháp hữu ích là đề xuất quy trình chế tạo gồm áp điện, trong đó tập trung vào khảo sát chế độ cho từng công đoạn của quy trình để chế tạo, đánh giá các thông số của vật liệu và khả năng ứng dụng.

Từ lý thuyết và thực nghiệm cho thấy rằng, PZT là dung dịch rắn titanat ziconat chì với cấu trúc perovskit ABO_3 trong đó ion Pb^{2+} chiếm vị trí A, các ion Ti^{4+} và Zr^{4+} chiếm vị trí B một cách ngẫu nhiên và có công thức là $Pb(Zr_{1-x}Ti_x)O_3$. Để nhận được các vật liệu với tính chất mong muốn, ngoài việc chọn các thành phần PZT với Zr/Ti thích hợp, phổ biến hơn là sử dụng kiểu loại pha tạp khác nhau để biến tính các tính chất của vật liệu nền. Gốm PZT với tỷ số Zr/Ti nằm trong khoảng 52/48 – 53/47, ứng với vùng biên pha hình thái học và cho các hệ số áp điện cao. Trong hơn 60 năm qua, một lượng lớn các chất phụ gia hoặc tạp chất đã được sử dụng để biến tính PZT nhằm thu được các vật liệu có tính chất đáp ứng cho các ứng dụng khác nhau.

Trong trường hợp pha tạp mềm, tạp thay thế có thể có hoá trị cao hơn so với với hoá trị của ion muốn thay thế. Các loại ion này khi đưa vào PZT sẽ làm mềm các tính chất áp điện của vật liệu, cụ thể là:

- Hệ số áp điện d_{ij} , hệ số đàn hồi s_{ij} , hệ số liên kết điện cơ k_p và điện trở suất tăng.
- Trường kháng E_c , hệ số phẩm chất Q_m giảm.

Hiệu ứng mềm hoá của các tạp mềm là việc tạo ra các chỗ khuyết Pb (vacancy Pb) trong mạng. Nói chung, các ion có bán kính ion lớn như Sb^{3+} , Bi^{3+} , La^{3+} , Nd^{3+} , ... sẽ chiếm ở vị trí A thay cho ion Pb^{2+} . Các ion có bán kính nhỏ hơn, ví dụ như Nb^{5+} , Ta^{5+} , Sb^{5+} , W^{6+} , ... khi đưa vào PZT, chúng có thể chiếm ở vị trí B thay cho Zr^{4+} và Ti^{4+} . Các ion tạp mềm này đóng vai trò như là tạp đônô trong bán dẫn. Các cách pha tạp như trên

đều làm tăng hệ số áp điện d_{33} , kp nhưng lại làm giảm nhiệt độ chuyển pha T_C .

Tạp Nb luôn có hóa trị 5 là tạp đônô khi thay vào vị trí B. Hầu hết vật liệu gốm áp điện mềm chứa Nb cũng được thay ở vị trí B. Đối với tạp Sb, vấn đề sẽ khó khăn hơn vì nó có thể có hai hóa trị. Bán kính ion của Sb^{3+} là $0.9 \text{ \AA}$ và do đó về mặt nguyên tắc nó sẽ nằm ở vị trí A, thay thế cho Pb^{2+} và trở thành tạp đônô. Với trường hợp là Sb^{5+} , nó sẽ nằm ở vị trí B và cũng trở thành tạp đônô. Như vậy, dù Sb nằm ở đâu thì nó cũng thể hiện là tạp mềm và do đó làm tăng hệ số áp điện d_{33} và làm giảm nhiệt độ chuyển pha T_C .

Chúng tôi đưa ra giả thiết rằng, việc pha tạp hỗn hợp (Nb^{5+} , Sb^{3+}) vào vị trí Zr/Ti sẽ có các tác dụng sau:

- Khi Sb^{3+} nằm ở vị trí B, Sb^{3+} là tạp cứng. Sự bù trừ điện tích của PZT được thực hiện bằng cách tạo ra các nút trống oxy. Cặp tạp (Nb^{5+} , Sb^{3+}) với nồng độ Nb^{5+} cao sẽ có thể bù đắp cho những thiếu hụt về điện tích này và không tạo nên nút trống oxy. Hệ quả, tính áp điện vẫn được nâng cao và mạng tinh thể vững bền hơn, nhiệt độ chuyển pha T_C tăng.

- Cặp tạp (Nb^{5+} , Sb^{3+}) có hóa trị khác nhau sẽ tạo nên một điện trường nội lớn. Điện trường này có tác động làm tăng độ phân cực tự phát của vật liệu. Hệ quả sẽ làm tăng các hệ số áp điện k_p và d_{33} .

Như vậy, với tác dụng kép nói trên gốm áp điện với công thức $Pb_{1-0.5y}(Zr_{1-x}Ti_x)_{1-y-z}(Nb_ySb_z)O_3$ sẽ cho đồng thời các hệ số áp điện và nhiệt độ chuyển pha cao.

Mô tả vắn tắt các hình vẽ

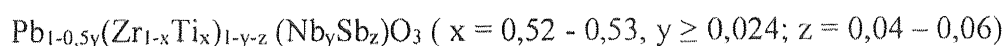
Hình 1: mô tả chi tiết quy trình và chế độ của từng công đoạn.

Mô tả chi tiết giải pháp hữu ích

Xác định công thức vật liệu

Gốm PZT với tỷ số Zr/Ti nằm trong khoảng 52/48 – 53/47, ứng với vùng biên pha hình thái học. Để làm mềm hóa các tính chất áp điện, đồng thời tăng nhiệt độ chuyển pha T_C , chúng tôi sử dụng kiểu pha tạp hỗn hợp (Nb^{5+} , Sb^{3+}) vào vị trí Zr/Ti.

Công thức tổng quát được xác định như sau:



Từ công thức tổng quát tiến hành khảo sát các thông số đặc trưng của gốm áp điện theo quy trình đã đề xuất. Kết quả đã xác định được công thức có các thông số tối ưu là: $\text{Pb}_{0,988}(\text{Zr}_{0,525}\text{Ti}_{0,475})_{0,97}(\text{Nb}_{0,024}\text{Sb}_{0,006})\text{O}_3$.

Phương pháp thực hiện các công đoạn của quy trình

Công đoạn 1: Các hợp chất phối liệu PbO , ZrO_2 , TiO_2 , Nb_2O_5 , Sb_2O_3 , cần có độ sạch trên 99,00%, vật liệu phải có xuất xứ rõ ràng. Vật liệu phải được nghiền cứu kỹ trước về cấu trúc, vi cấu trúc và phân bố hạt. Các nghiên cứu này giúp có thông tin chính xác để đưa ra các phương án xử lý trước khi thực hiện các công đoạn tiếp theo.

Khối lượng các nguyên liệu thành phần cho 100 g gồm là: PbO : 68,7147 g; ZrO_2 : 19,3590 g; TiO_2 : 11,3528 g; Nb_2O_5 : 0,9841 g; Sb_2O_3 : 0,2698 g. Lượng bù PbO là 1% khối lượng.

Công đoạn 2 và 3: Nghiền trộn và nung sơ bộ là các công đoạn quan trọng nhất, quyết định tính hoàn hảo và đồng nhất của vật liệu. Nghiền lần 1 có mục đích chính là tạo sự phân bố đều các thành phần vật liệu, tạo điều kiện tốt cho quá trình khuếch tán tạo pha. Bột gốm được nghiền ướt sử dụng nước trong máy nghiền bi kiểu cọ xát, sử dụng bi ZrO_2 đường kính 5 mm. Tỷ lệ khối lượng giữa bi/bột = 2. Thời gian nghiền là 3 giờ. Sấy khô hỗn hợp tại 100°C trong 2 giờ.

Nhiệt độ tạo pha nằm trong khoảng 750°C – 850°C được xác định từ nghiên cứu phổ phân tích nhiệt và nhiễu xạ tia X. Quá trình nung sơ bộ được lặp lại hai lần. Lần thứ nhất tại 750°C trong 2 giờ và lần hai tại 850°C trong 1 giờ.

Công đoạn 4: Với mục đích làm giảm cỡ hạt, tạo điều kiện cho quá trình nung thiêu kết hiệu quả. Bột gốm được nghiền ướt sử dụng nước trong máy nghiền bi kiểu cọ xát, sử dụng bi ZrO_2 đường kính 5 mm. Tỷ lệ khối lượng giữa bi/bột = 2. Thời gian nghiền 24 giờ. Sấy khô hỗn hợp tại 100°C trong 2 giờ.

Công đoạn 5 và 6: Bột sau khi nghiền lần hai được trộn với chất kết dính PVA 5%, tỷ lệ chất kết/bột là 5% khối lượng và sau đó ép tạo hình có đường kính 12 mm, chiều dày 1,2 mm.

Công đoạn 7 và 8: Nung mẫu đạt đến 700°C và lưu tại nhiệt độ này 1 giờ để loại bỏ chất kết dính. Tiếp theo nung thiêu kết tại 1150°C trong 2 giờ. Tốc độ gia nhiệt $5^\circ\text{C}/\text{phút}$.

Công đoạn 9: Mẫu sau khi nung thiêu kết được xử lý để đạt kích thước theo yêu cầu, rửa sạch bằng siêu âm. Ủ nhiệt tại 700°C trong 4 giờ sau khi xử lý mẫu làm giảm ứng suất, giảm sai hỏng trong mẫu gốm. Đây chính là quá trình già hóa nhân tạo, tăng tính ổn định của gốm.

Công đoạn 10: Tạo điện cực dẫn (Ag hoặc Ni) trên các mặt mẫu gốm. Công thức keo bạc dùng để tạo điện cực dẫn trên gốm được cho ở bảng sau:

Vật liệu	Phần trăm	Vật liệu	Phần trăm
Ag_2O	53,2	Bi_2O_3	1,9
$\text{Pb}(\text{BO}_2)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$	3,1	Dầu thầu dầu	6,4
Dầu thông	17,7	Xăng trắng	17,7

Quá trình tạo điện cực bạc trên bản gốm áp điện được tiến hành như sau:

- Xử lý bề mặt bản gốm bằng bột mài theo cấp hạt nhỏ dần, rửa nhiều lần bằng máy siêu âm và sấy khô.
- Bản gốm được gia nhiệt từ từ đến nhiệt độ 300°C .
- Quét lớp keo bạc lên bề mặt gốm. Trong khoảng thời gian 5 phút, một lớp màu xám xuất hiện đều trên bề mặt mẫu. Tăng nhiệt độ lên khoảng 450°C , lớp bạc trắng xuất hiện. Giảm nhiệt độ xuống 300°C và tiếp tục quá trình để tạo lớp Ag mới. Thông thường phủ khoảng 3 lớp.

Công đoạn 11: Trước khi phân cực, gốm sắt điện không có tính áp điện do sự phân bố hỗn độn của các đômên sắt điện. Dưới tác dụng của trường phân cực một chiều, các đômên bị định hướng theo hướng của điện trường ngoài. Sau khi ngắt điện trường, trong mẫu sẽ tồn tại một giá trị phân cực dư và biến dạng dư khác không, mẫu sẽ chuyển thành áp điện.

Quá trình phân cực áp điện được tiến hành như sau:

- Đưa bản gốm đã phủ điện cực Ag vào bộ giá mẫu.
- Gia nhiệt hệ đến nhiệt độ 120°C và giữ ổn định nhiệt độ này.
- Tăng từ từ điện áp áp đặt lên mẫu cho đến khi điện trường đạt 30 kV/cm .

- Giữ nguyên điện trường và nhiệt độ này trong thời gian 20 phút.
- Giữ nguyên điện trường và giảm nhanh nhiệt độ của hệ về nhiệt độ phòng.
- Khi nhiệt độ toàn hệ giảm đến nhiệt độ phòng (cỡ 40°C), ngắt điện trường và kết thúc quá trình phân cực.

Công đoạn 12: Đo và đánh giá các tính chất vật lý theo chuẩn quốc tế về vật liệu áp điện IRE-61 và IRE-87.

Cần lưu ý rằng các phương án nêu trên nhằm mô tả giải pháp kỹ thuật của giải pháp hữu ích, nhưng không giới hạn phạm vi giải pháp hữu ích. Theo đó, giải pháp hữu ích đã được mô tả chi tiết dựa vào các phương án nêu trên. Người có hiểu biết trung bình trong lĩnh vực kỹ thuật tương ứng nên hiểu rằng các phần mô tả không nhằm giới hạn phạm vi bảo hộ của giải pháp hữu ích. Bất kỳ một sự sửa đổi, thay thế dễ dàng của người có hiểu biết trung bình trong lĩnh vực kỹ thuật tương ứng với phạm vi kỹ thuật đã được thể hiện theo giải pháp hữu ích đều thuộc phạm vi bảo hộ giải pháp hữu ích. Do đó, phạm vi bảo hộ của giải pháp hữu ích sẽ thuộc phạm vi của các điểm của yêu cầu bảo hộ.

Ví dụ thực hiện giải pháp hữu ích

Giải pháp hữu ích đã được thực hiện theo quy trình đã đề xuất tại hình 1 và công thức vật liệu đã chọn là: $\text{Pb}_{0,988}(\text{Zr}_{0,525}\text{Ti}_{0,475})_{0,97}(\text{Nb}_{0,024}\text{Sb}_{0,006})\text{O}_3$. Với công thức này đặt tên cho gốm áp điện là VN-H529.

Thực hiện chế tạo gốm áp điện để quy mô thí nghiệm để xác định, đánh giá thông số vật liệu với khối lượng hỗn hợp oxit trạng thái rắn 100 gam, theo thành phần công thức trên.

Kết quả các thông số của hệ gốm VN-H529 đã được xác định như sau:

Khối lượng riêng $d = 7,86 \text{ g/cm}^3$, hệ số liên kết điện cơ $k_p = 0,68$, hệ số áp điện $d_{33} = 540 \text{ pC/N}$, hệ số phẩm chất $Q_m = 75$, nhiệt độ chuyển pha $T_c = 361^\circ\text{C}$. Trường điện kháng $E_c = 10 \text{ (kV/cm)}$, độ phân cực dư $P_r = 33 \text{ (}\mu\text{C/cm}^2\text{)}$. Vật liệu có tồn tại đồng thời hai pha tứ giác và mặt thoi. Pha tứ giác chiếm ưu thế với hằng số mạng $a = b = 4,0356 \text{ \AA}$, $c = 4,1070 \text{ \AA}$.

Từ kết quả thu được theo quy trình với khối lượng vật liệu 100 gam, tiếp tục thực

hiện quy mô ứng dụng, với khối lượng vật liệu 1000 gam và tiếp tục khảo sát đánh giá các thông số của vật liệu, kết quả hoàn toàn đồng nhất khi thực hiện với khối lượng 100 gam. Đây là cơ sở kết luận tính tối ưu của công thức vật liệu và quy trình đã đề xuất.

Theo đó, chúng tôi đã đưa hệ gốm áp điện VN-H529 vào các ứng dụng. Cụ thể đã sử dụng hệ gốm áp điện VN-H529 chế tạo biến từ Bimorph hỗn hợp và ứng dụng sản phẩm vào kỹ thuật siêu âm – thủy âm.

Hiệu quả của giải pháp hữu ích

Đã chế tạo được hệ gốm mềm $\text{Pb}_{0,988}(\text{Zr}_{0,525}\text{Ti}_{0,475})_{0,97}(\text{Nb}_{0,024}\text{Sb}_{0,006})\text{O}_3$ có đồng thời hệ số áp điện cao và nhiệt độ chuyển pha cao. Hệ gốm VN-H529 có các thông số: khối lượng riêng $d = 7,86 \text{ g/cm}^3$, hệ số liên kết điện cơ $k_p = 0,68$, hệ số áp điện $d_{33} = 540 \text{ pC/N}$, hệ số phẩm chất $Q_m = 75$, nhiệt độ chuyển pha $T_C = 361^\circ\text{C}$. Trường điện kháng $E_C = 10 \text{ (kV/cm)}$, độ phân cực dư $P_r = 33 \text{ (}\mu\text{C/cm}^2\text{)}$. Vật liệu có tồn tại đồng thời pha tứ giác và pha mặt thoi. Pha tứ giác chiếm ưu thế với hằng số mạng $a = b = 4,0356 \text{ \AA}$, $c = 4,1070 \text{ \AA}$.

Hệ gốm mềm VN-H529 do chúng tôi chọn công thức công thức và chế tạo theo quy trình đã đề xuất, có đồng thời 3 thông số T_C , d_{33} và k_p cao hơn các sản phẩm thương mại của các Hãng gốm áp điện nổi tiếng thế giới như: Navy II - PZT5A (Morgan), PIC 151 (Đức), IITBC-3 (Nga).

Như vậy, từ thực trạng chưa có bất kỳ một hệ gốm áp điện nào có các tính chất đáp ứng nhu cầu ứng dụng hiện nay trong lĩnh vực thủy âm. Đến nay chúng tôi đã làm chủ được công thức vật liệu và quy trình chế tạo gốm áp điện mềm PZT pha tạp Nb, Sb. Kết quả nghiên cứu này mở ra khả năng chủ động tự khôi phục và chế tạo mới các loại đầu dò thủy âm dùng trong quân sự, dân sự, các phụ kiện gốm áp điện thay thế trong hệ thống Sona của tàu ngầm, tàu nổi của Hải quân Việt Nam. Đây là một lĩnh vực rất quan trọng liên quan đến việc phát triển, chế tạo, ứng dụng các thiết bị thủy âm, siêu âm trong quân sự và dân dụng.

YÊU CẦU BẢO HỘ

1. Quy trình chế tạo gốm áp điện mềm PZT pha tạp Nb, Sb sử dụng vật liệu có công thức là $\text{Pb}_{0,988}(\text{Zr}_{0,525}\text{Ti}_{0,475})_{0,97}(\text{Nb}_{0,024}\text{Sb}_{0,006})\text{O}_3$, quy trình này bao gồm các công đoạn:

- (1) chuẩn bị vật liệu theo công thức $\text{Pb}_{0,988}(\text{Zr}_{0,525}\text{Ti}_{0,475})_{0,97}(\text{Nb}_{0,024}\text{Sb}_{0,006})\text{O}_3$;
- (2) nghiền vật liệu lần 1 bằng máy nghiền bi với thời gian 3 giờ;
- (3) ép nung sơ bộ bằng máy ép thủy lực với lực ép 100 kG/cm^2 , sau đó nung đến nhiệt độ 750°C tốc độ gia nhiệt 5°C/phút , lưu tại nhiệt độ này 2 giờ và nung đến 850°C tốc độ gia nhiệt 5°C/phút , lưu tại nhiệt độ này 1 giờ;
- (4) nghiền vật liệu sau khi nung lần 1 với thời gian 24 giờ;
- (5) trộn vật liệu sau khi nghiền lần 2 với chất kết dính PVA theo tỷ lệ 5%;
- (6) ép định hình mẫu vật liệu bằng khuôn thép có đường kính 12 mm, mẫu sau khi ép có chiều dày 1,2 mm, lực ép 500 kG/cm^2 ;
- (7) nung mẫu đã ép đến 700°C , lưu tại nhiệt độ này 1 giờ để loại bỏ chất kết dính;
- (8) nung thiêu kết đến 1150°C , lưu tại nhiệt độ này 2 giờ;
- (9) xử lý mẫu bằng máy mài đạt đến chiều dày mẫu 1 mm, tiếp tục ủ nhiệt tại 700°C với thời gian 4 giờ;
- (10) phủ điện cực bằng keo Ag – Ni;
- (11) phân cực bản gốm bằng điện trường 30 kV/cm , tại nhiệt độ 120°C trong thời gian 20 phút;

khác biệt chỗ:

thành phần pha tạp vào vật liệu nền PZT gồm Nb^{5+} và Sb^{3+} tạo ra vật liệu áp điện mềm;

trong đó các thông số nhiệt độ chuyển pha T_C , hệ số áp điện d_{33} và hệ số liên kết điện cơ k_p lần lượt là 361°C , 540 pC/N và 0,68.

Hình 1

