



(12) BẢN MÔ TẢ SÁNG CHẾ THUỘC BẰNG ĐỘC QUYỀN SÁNG CHẾ

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

(11)



1-0050682

(51)^{2022.01} G01R 33/00

(13) B

(21) 1-2023-05947

(22) 05/09/2023

(45) 25/08/2025 449

(43) 25/12/2023 429A

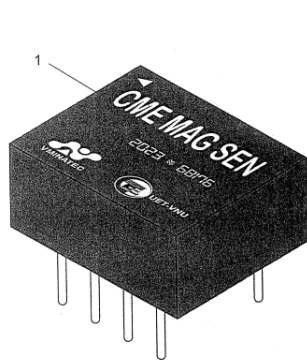
(73) Trường Đại học Công nghệ, Đại học Quốc gia Hà Nội (VN)
Nhà E3, Số 144 Xuân Thủy, Cầu Giấy, Hà Nội

(72) Đỗ Thị Hương Giang (VN); Vũ Nguyên Thức (VN); Nguyễn Văn Tuấn (VN); Hồ Anh Tâm (VN); Lê Văn Lịch (VN); Nguyễn Thị Ngọc (VN); Nguyễn Hữu Đức (VN).

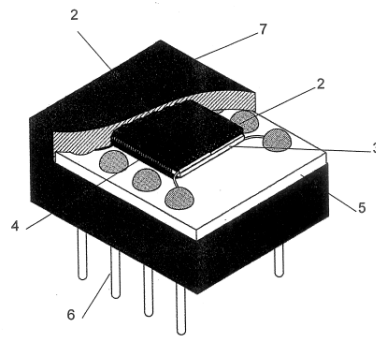
(54) LINH KIỆN CẢM BIẾN TỪ- ĐIỆN ĐẢO NHẠY TỪ TRƯỜNG VÀ PHƯƠNG PHÁP CHẾ TẠO

(21) 1-2023-05947

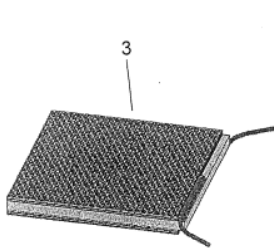
(57) Sáng chế đề cập tới linh kiện cảm biến (1) có kết cấu bao gồm: phần lõi linh kiện cảm biến (2) có cấu tạo gồm cuộn dây tín hiệu (4) được bao bên ngoài phần lõi vật liệu lai từ-điện dạng đa lớp (3) sử dụng vật liệu từ cấu trúc lưới nhân tạo với ô cơ sở có hình tam giác kích thước micrô mét (8a-8d) kết dính trên bề mặt tấm áp điện (9) sử dụng các lớp keo dán (10a-10d) có kết nối điện cực (11a, 11b), để giữ phần lõi linh kiện (5) sử dụng mạch in kết nối các chân cắm (6) và được kết nối với các điện cực và cuộn dây của phần lõi linh kiện ở vị trí phù hợp, toàn bộ linh kiện cảm biến được bảo vệ trong vỏ (7) với các chân cắm được nhô ra để tạo thành linh kiện cảm biến thành phẩm (1). Sáng chế cũng đề cập tới phương pháp chế tạo linh kiện cảm biến.



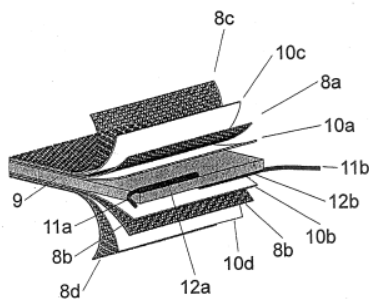
H.1a



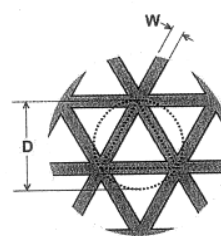
H.1b



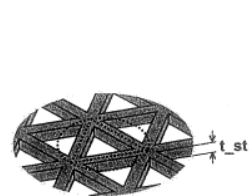
H.2a



H.2b



H.2c



H.2d

Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Nói chung, sáng chế liên quan đến lĩnh vực của thiết bị điện tử cảm nhận những trạng thái hay quá trình vật lý, hóa học ở môi trường cần khảo sát và biến đổi thành tín hiệu điện để thu thập thông tin về trạng thái hay quá trình đó. Cụ thể hơn, sáng chế đề cập tới linh kiện cảm biến từ-điện đảo nhảy từ trường sử dụng cấu trúc xếp từ nhân tạo cấu trúc micro mét, phương pháp chế tạo cấu trúc xếp từ nhân tạo và phương pháp chế tạo linh kiện cảm biến này.

Tình trạng kỹ thuật của sáng chế

Linh kiện cảm biến (cảm biến) đo từ trường ngày càng trở nên phổ biến và góp mặt nhiều vào lĩnh vực khoa học, công nghệ và đời sống, đặc biệt trong thời đại cuộc cách mạng 4.0 và trí tuệ thông minh hiện nay. Dựa theo nguyên lý đo từ trường, các ứng dụng của các cảm biến này ngày càng được mở rộng và khai thác nhiều như đo dòng điện, đo khoảng cách, đo hướng, kiểm tra sản phẩm, cảm biến y-sinh được, môi trường,... Tùy mục đích ứng dụng khác nhau, các yêu cầu đặt ra cho các dòng cảm biến cũng khác nhau về kích thước, hình dạng, độ nhạy, độ phân giải, mạch điện tử tích hợp, ... Cùng với sự phát triển của khoa học công nghệ, nhiều loại cảm biến đo từ trường đã được nghiên cứu và ứng dụng khác nhau được phân loại tùy theo nguyên lý hoạt động, hình dạng hay kích thước, loại từ trường đo (một chiều hay xoay chiều), thông số hoạt động (dải từ trường đo, độ nhạy, độ phân giải)...

Trong số các dòng cảm biến đo từ trường đó, cảm biến đo từ trường dựa trên hiệu ứng từ-điện đảo là một thể hệ cảm biến hoạt động dựa trên nguyên lý vật lý hoàn toàn mới, là sự kết hợp giữa hiệu ứng áp điện thuận, hiệu ứng từ giảo ngược và hiện tượng cảm ứng từ với nhiều ưu điểm nổi trội như vật liệu đơn giản, dễ chế tạo, ổn định, đáp ứng nhanh, kích thước tùy chỉnh theo yêu

cầu, độ trễ nhỏ và mức tiêu thụ điện năng thấp. Nguyên lý hoạt động của cảm biến là dựa trên sự thay đổi cảm ứng từ bên trong cuộn dây tín hiệu (pick-up coil) có lõi là vật liệu từ với độ từ thẩm thay đổi khi từ trường ngoài thay đổi. Nguyên lý hoạt động của cảm biến này gần giống với cảm biến flux-gate do có cấu tạo đều có cuộn dây nhưng điểm khác biệt ở đây là cảm biến flux-gate có sử dụng thêm một cuộn dây sơ cấp để tạo từ trường xoay chiều thì với linh kiện cảm biến này, chức năng này đã được thay thế bằng vật liệu áp điện. Cảm ứng từ xoay chiều trong lõi cuộn dây được tạo ra bằng cách đặt một điện áp xoay chiều vào tấm áp điện để tạo biến dạng kiểu dao động, nhờ liên kết cơ học giữa tấm áp điện và vật liệu từ, ứng suất vật liệu từ nhận được sẽ kéo theo sự thay đổi từ độ trong vật liệu, sự thay đổi từ độ này cũng dao động biến thiên với cùng tần số dao động của tấm áp điện. Từ độ này cũng sẽ gây ra sự biến thiên từ thông trong không gian xung quanh vật liệu và do đó trong cuộn dây tín hiệu sẽ xuất hiện suất điện động cảm ứng dao động với cùng tần số điện áp kích thích với biên độ phụ thuộc vào mức độ hưởng ứng của từ độ này với biến dạng và với từ trường ngoài là từ trường cần đo đặt vào.

Có thể thấy, tín hiệu đo được phụ thuộc vào sự thay đổi từ độ theo thời gian tạo ra bởi ứng suất của tấm áp điện và do đó đại lượng này phụ thuộc mạnh mẽ vào hiệu ứng điều khiển từ tính bằng ứng suất của vật liệu từ. Do hiệu ứng này rất nhỏ và đặc biệt khó bộc lộ trên các vật liệu từ cứng hoặc các vật liệu từ có dị hướng từ mạnh. Do vậy, các nghiên cứu ứng dụng dựa trên hiệu ứng này đến nay vẫn còn chưa phổ biến.

Để có thể hiện thực hóa ứng dụng cảm biến nhạy từ trường dựa trên hiệu ứng từ-điện đảo, các trở ngại chính là hướng ứng từ tính với ứng suất cơ học nhỏ dẫn đến tín hiệu cảm biến đo trên cuộn dây pick-up nhỏ do các nguyên nhân bao gồm: (i) tính chất từ mềm của vật liệu tới hạn, (ii) vật liệu từ có tồn tại dị hướng từ, (iii) hình dạng, kích thước và cấu trúc vật liệu từ không tối ưu cho kích thước đô men và mật độ vách đô men, (iv) để tạo ra suất điện động cảm ứng lớn thì đòi hỏi ứng suất áp điện tạo ra đủ lớn bằng cách đặt điện áp

cấp cho vật liệu áp điện lớn và do đó không có lợi thế về công suất tiêu thụ của linh kiện cảm biến.

Để khắc phục các mặt tồn tại hạn chế của cảm biến hoạt động dựa trên hiệu từ từ-điện đảo được đề cập ở trên, sáng chế này đề xuất một loại cảm biến nhảy từ trường có thiết kế hoàn toàn mới có kết cấu phần lõi sử dụng lõi từ có cấu trúc xếp nhân tạo dựa trên vật liệu từ mềm nền Fe, Co, Ni cấu trúc vô định hình hoặc nano tinh thể (xem H.1a có chiều dày t , độ rộng w , độ nhảy được kết dính trên đế áp điện chiều dày t_{pzt} và kích thước vừa vặn với lõi từ, toàn bộ phần lõi này được đặt vào bên trong cuộn dây tín hiệu và kết nối điện với các chân kết nối của linh kiện cảm biến, phần lõi xếp từ được chế tạo công nghệ chế tạo bằng công nghệ khắc laser và ăn mòn hóa ướt, toàn bộ phương pháp chế tạo linh kiện cảm biến được thực hiện theo quy trình đơn giản, dễ thực hiện, công nghệ đơn giản cho chất lượng tốt và đặc biệt giá thành thấp, độ chính xác cao, có thể gia công sản xuất hàng loạt ở quy mô công nghiệp.

Bản chất kỹ thuật của sáng chế

Sáng chế đề xuất linh kiện cảm biến nhảy từ trường hoạt động dựa trên hiệu ứng từ-điện đảo mới sử dụng lõi từ lưới nhân tạo cấu trúc micro (xem H.1) độ nhảy cao $\sim \text{mV}/\mu\text{T}$, độ phân giải cao $\sim 10 \text{ nT}$ sử dụng quy trình đơn giản, dễ thực hiện, cho chất lượng tốt và đặc biệt giá thành thấp.

Điều đặc biệt của linh kiện cảm biến loại này là khắc phục được các mặt hạn chế của các cảm biến từ-điện đảo đang được nghiên cứu hiện nay bao gồm: (i) tăng cường mạnh tính chất từ mềm cũng như cảm ứng từ của lõi dẫn từ, (ii) khử gần như hoàn toàn dị hướng từ cho vật liệu từ làm lõi hầu như đẳng hướng, (iii) có cấu trúc dạng xếp nhân tạo với kích thước của ô cơ sở cả 3 chiều đều ở thang micromet với hình dạng và kích thước phù hợp, (iv) giảm công suất tiêu thụ của linh kiện cảm biến do giảm được điện áp xoay chiều nuôi tấm áp điện nhờ gia tăng đáp ứng với ứng suất của lõi vật liệu từ cấu trúc lưới nhân tạo; chế tạo phần lõi từ cấu trúc lưới nhân tạo kích thước micro từ

vật liệu phiêu là các băng từ mềm vô định hình hoặc nano tinh thể nền Fe, Co, Ni có độ thấm từ cao, rẻ tiền, dễ kiếm kết hợp với một số vật liệu đơn giản trải qua các quy trình công nghệ chế tạo đơn giản; thông qua quy trình chế tạo, lắp ráp và đóng gói đơn giản để chế tạo hoàn thiện linh kiện cảm biến nhạy từ trường hoạt động dựa trên hiệu ứng từ-điện đảo với kích thước nhỏ gọn, độ nhạy, độ phân giải cao trong vùng từ trường thấp với công suất tiêu thụ thấp.

Mục đích cơ bản của sáng chế là đề xuất linh kiện cảm biến linh kiện cảm biến nhạy từ trường dựa trên hiệu ứng từ-điện đảo mới sử dụng lõi từ cấu trúc lưới nhân tạo kích thước micro (xem H.1) có kết cấu gồm phần lõi là vật liệu lai từ-điện với lớp từ là vật liệu từ mềm cấu trúc lưới nhân tạo kích thước micro mét kết dính trên bề mặt của lớp áp điện và được đặt bên trong một cuộn dây tín hiệu, toàn bộ cuộn dây chứa phần lõi này được đặt lên trên một mạch in có kết nối các chân điện cực lõi ra ở vị trí phù hợp và được đổ keo bảo vệ bên ngoài, cảm biến hoạt động bằng cách đặt một điện áp xoay chiều có biên độ đủ lớn vào 2 mặt của tấm áp điện và tín hiệu lõi ra cảm biến được đo trên 2 đầu của cuộn dây tín hiệu.

Theo phương án có lợi của sáng chế, vật liệu từ sử dụng là vật liệu có tính từ mềm với độ thấm từ càng cao càng có lợi, dị hướng nhỏ, nhạy với ứng suất cơ học, có kích thước đô men từ nhỏ và mật độ vách đô men lớn, thường sử dụng vật liệu hợp kim nền Fe, Co, Ni dạng từ mềm vô định hình hoặc nano tinh thể chiều dày mỏng được tạo hình dạng cấu trúc lưới kích thước micromet.

Theo phương án có lợi của sáng chế, cuộn dây tín hiệu là cuộn dây solenoid có mật độ số vòng càng lớn càng có lợi cho tín hiệu cảm biến lớn và làm bằng vật liệu dẫn điện có độ dẫn điện tốt, có thể dùng dây đồng, giữa các vòng dây cách điện với nhau, lõi cuộn dây có hình dạng chữ nhật có kích thước đủ để bao lấy phần vật liệu bên trong.

Theo phương án có lợi của sáng chế, vỏ bảo vệ linh kiện cảm biến là vật liệu không từ, không dẫn điện và có độ cứng cao để bảo vệ phần lõi linh kiện

cảm biến khỏi các tác động cơ học, đảm bảo độ bền và khả năng chống chọi với điều kiện môi trường đo khác nhau.

Theo mục đích thứ hai của sáng chế, để tăng cường tính chất từ mềm, độ cảm từ, triệt tiêu dị hướng từ, thu nhỏ kích thước đô men và tăng mật độ vách đô men để từ đó gia tăng đáp ứng ứng suất của lõi vật liệu từ, sáng chế đề xuất vật liệu từ chế tạo lõi là vật liệu lai tổ hợp giữa vật liệu từ dạng lưới nhân tạo chiều dày t_{st} với ô cơ sở có hình tam giác nội tiếp đường tròn đường kính D kích thước phù hợp với độ rộng của ô cơ sở kích thước micro cùng bậc độ lớn so với chiều dày.

Theo phương án thực hiện ưu tiên của sáng chế, lớp từ cấu thành lên phần lõi vật liệu được tạo hình cấu trúc lưới nhân tạo với các ô cơ sở hình tam giác để đảm bảo tỉ phần thể tích chiếm chỗ của phần vật liệu từ lớn nhất khi đục rỗng các lỗ lưới, và để đảm bảo triệt tiêu tính dị hướng của lớp từ này thì kích thước các cạnh ô cơ sở phải đảm bảo cùng bậc (cỡ vài micro mét).

Theo phương án có lợi của sáng chế, vật liệu từ sử dụng để chế tạo cấu trúc lưới cho phần lõi này là vật liệu dạng băng mỏng có chiều dày dưới 50 micro mét có cấu trúc vô định hình thì có lợi hơn cho đồng thời cả đặc tính từ mềm và cấu trúc lưới được bảo toàn hình dạng không bị đứt gãy sau khi chế tạo.

Theo phương án có lợi của sáng chế, phương pháp chế tạo lớp lưới từ micro này sử dụng công nghệ quang khắc (tia UV hoặc laser) kết hợp với công nghệ ăn mòn (lift-off hoặc ăn mòn ướt) cho phép chế tạo các cấu trúc ô cơ sở kích thước micro met một cách đơn giản dễ dàng.

Theo phương án có lợi của sáng chế, lớp vật liệu áp điện trong lõi vật liệu lai là vật liệu gốm áp điện PZT có chiều dày cỡ vài chục đến dưới 250 micro met và có lợi nếu sử dụng loại phân cực theo chiều dày có phủ sẵn 2 mặt điện cực để đảm bảo tạo được ứng suất cơ học cho lớp vật liệu từ lớn, mà không yêu cầu điện áp nuôi quá lớn có lợi cho năng lượng tiêu thụ của linh kiện cảm biến thấp.

Theo phương án có lợi của sáng chế, phần lõi vật liệu được chế tạo bằng cách kết dính lớp lưới từ với lớp PZT ở cả 2 mặt bằng keo kết dính.

Theo phương án có lợi của sáng chế, điện cực kết nối với nguồn nuôi điện áp nuôi cho phần lõi linh kiện được tạo ở hai mặt đối diện dọc theo phương phân cực được tạo ra bằng cách hàn dây dẫn vào 2 mặt điện cực của tấm áp điện.

Theo mục đích thứ ba của sáng chế, quy trình chế tạo linh kiện cảm biến từ-điện đảo gồm 9 bước như được mô tả trên H.3 từ khâu chế tạo vật liệu lưới từ, chế tạo vật liệu lai cho lõi linh kiện cảm biến, chế tạo cuộn dây tín hiệu và kết nối điện cực đến đóng gói theo kiểu dáng mẫu mã công nghiệp có thể áp dụng triển khai sản xuất trong phòng thí nghiệm hoặc quy mô công nghiệp.

Mô tả vắn tắt các hình vẽ

H.1a và H.1b lần lượt là hình vẽ phối cảnh và hình vẽ phối cảnh cấu tạo bên trong của linh kiện cảm biến từ-điện đảo sử dụng lõi vật liệu lai cấu trúc lưới nhân tạo kích thước micro theo một phương án được ưu tiên của sáng chế.

H.2a, H.2b, H.2c và H.2d lần lượt là hình vẽ phối cảnh thể hiện phần lõi linh kiện cảm biến từ-điện đảo, hình minh họa cấu trúc các lớp vật liệu và hình minh họa phóng to ở các hình chiếu khác nhau cho ô cơ sở hình tam giác kèm theo các kích thước theo một phương án được ưu tiên của sáng chế.

H.3. là sơ đồ quy trình chế tạo chế tạo linh kiện cảm biến từ-điện đảo sử dụng lõi vật liệu lai cấu trúc lưới nhân tạo kích thước micro theo một phương án ưu tiên của sáng chế;

H.4. là hình minh họa quy trình chế tạo chế tạo linh kiện cảm biến từ-điện đảo sử dụng lõi vật liệu lai cấu trúc lưới nhân tạo kích thước micro theo một phương án ưu tiên của sáng chế;

H.5 là ảnh chụp ví dụ thực hiện sáng chế linh kiện cảm biến từ-điện đảo sử dụng lõi vật liệu lai cấu trúc lưới nhân tạo kích thước micro theo một phương án được ưu tiên của sáng chế;

H.6 là ảnh chụp quy trình chế tạo chế tạo linh kiện cảm biến từ-điện đảo sử dụng lõi vật liệu lai cấu trúc lưới nhân tạo kích thước micro theo một phương án ưu tiên của sáng chế.

H.7a và H.7b lần lượt là kết quả đo tín hiệu điện áp lõi ra của linh kiện cảm biến từ-điện đảo sử dụng lõi vật liệu lai cấu trúc lưới nhân tạo kích thước micro có đối chiếu so sánh với linh kiện cảm biến sử dụng lõi từ không có cấu trúc lưới và đường tín hiệu cảm biến hưởng ứng với sự thay đổi rất nhỏ của từ trường trong ví dụ thực của sáng chế.

Mô tả chi tiết sáng chế

Phần mô tả dưới đây của linh kiện cảm biến nhạy từ trường hoạt động dựa trên hiệu ứng từ-điện đảo mới sử dụng lõi từ lưới nhân tạo cấu trúc micro có kết cấu gồm phần lõi là vật liệu lai sử dụng lớp từ lưới nhân tạo cấu trúc micro tổ hợp với vật liệu áp điện đặt bên trong cuộn dây tín hiệu (xem H.1) với kết cấu đơn giản, sử dụng quy trình chế tạo đơn giản, dễ thực hiện, chất lượng tốt và đặc biệt giá thành thấp, độ chính xác cao, theo các phương án thực hiện ưu tiên chỉ nhằm mục đích minh họa và không nhằm hạn chế phạm vi ứng dụng, hoặc sử dụng sáng chế. Phần mô tả phương án thực hiện được minh họa theo các nguyên lý của sáng chế, dự tính đọc có xem xét đến các hình vẽ kèm theo, được xem như một phần hoặc toàn bộ phần mô tả viết. Trong phần mô tả phương án thực hiện sáng chế bộc lộ ở đây, sự viện dẫn bất kỳ tới phương hoặc hướng chỉ nhằm mục đích thuận tiện cho việc mô tả và không nhằm hạn chế theo cách bất kỳ phạm vi của sáng chế. Ngoài ra, các dấu hiệu và các ưu điểm của sáng chế được minh họa có viện dẫn đến phương án thực hiện để làm ví dụ. Do đó, sáng chế sẽ không bị hạn chế ở phương án thực hiện để làm ví dụ này minh họa một số kết hợp không hạn chế có thể có các dấu hiệu có thể tồn tại một mình hoặc các kết hợp khác của các dấu hiệu; phạm vi của sáng chế được xác định bởi các điểm yêu cầu bảo hộ đi kèm theo đây.

Theo một phương án thực hiện ưu tiên của sáng chế, linh kiện cảm biến 1 được minh họa trên H.1 có kết cấu bao gồm phần lõi linh kiện cảm biến 2 được cố định trên mạch in có cấu tạo gồm vật liệu lai tổ hợp 3 đặt bên trong cuộn dây tín hiệu 4 được gắn trên mạch in 5 có kết nối điện với các chân điện cực 6 ở vị trí phù hợp được phủ vỏ bảo vệ 7.

Theo phương án ưu tiên này, vật liệu cấu tạo lên phần lõi là vật liệu lai tổ hợp từ-điện dạng lớp xen kẽ từ và áp điện, trong đó vật liệu áp điện có tác dụng tạo ra các ứng suất cơ học do biến dạng cơ học khi có điện áp xoay chiều đặt vào và vật liệu từ có vai trò tiếp nhận ứng suất cơ học và tạo ra sự thay đổi mô men từ bên trong vật liệu từ và do đó sẽ tạo ra sự thay đổi từ thông trong không gian bao xung quanh phần vật liệu lõi này, sự thay đổi này là khác nhau với từ trường ngoài đặt vào khác nhau.

Theo phương án ưu tiên này, phần vật liệu lõi này sẽ được đặt vào bên trong một cuộn dây tín hiệu (cuộn pick-up), cuộn dây này có tác dụng thu nhận sự thay đổi từ thông xung quanh vật liệu lõi khi có điện áp đặt vào tấm áp điện từ đó sinh ra suất điện động cảm ứng ở hai đầu cuộn dây, đây cũng chính là tín hiệu lỗi ra của linh kiện cảm biến.

Theo phương án ưu tiên này, cuộn dây tín hiệu là cuộn dây solenoid có mật độ số vòng N càng lớn càng có lợi và làm bằng vật liệu dẫn điện có đường kính dây D nhỏ có độ dẫn điện tốt, giữa các vòng dây cách điện với nhau.

Tốt hơn hết theo phương án này là dây dẫn dùng để cuốn cuộn dây là dây đồng, tiết diện ống cuộn dây có thể có hình dạng tròn hoặc chữ nhật có kích thước đủ để bao lấy phần vật liệu bên trong, để kích thước linh kiện cảm biến nhỏ gọn thì có lợi hơn nếu sử dụng tiết diện ống dây hình chữ nhật vừa vặn nhét đủ phần lõi vật liệu lai theo một phương án thực hiện ưu tiên của sáng chế.

Theo phương án ưu tiên này, vỏ bảo vệ linh kiện cảm biến là vật liệu không từ, không dẫn điện và có độ cứng cao, tốt hơn là dùng vật liệu polymer hoặc epoxy 2 thành phần để phủ bảo vệ, lớp phủ bảo vệ này không được tiếp

xúc với phần lõi vật liệu lai để đảm bảo không ảnh hưởng đến dao động cơ học được tạo ra của đế áp điện.

Theo phương án ưu tiên này, mạch in có kích thước phù hợp đặt vừa phần lõi linh kiện cảm biến, có các chân điện cực lõi ra được bố trí phù hợp.

Theo một phương án thực hiện ưu tiên của sáng chế, sáng chế đề xuất phần vật liệu lõi 3 kết cấu lên phần lõi cho linh kiện cảm biến từ-điện đảo minh họa trên hình H.3a và H.3b là vật liệu lai có kết cấu dạng bánh kẹp nhiều lớp vật liệu từ 8a, 8c được liên kết trên mặt trên và lớp vật liệu từ 8b, 8d liên kết trên mặt dưới của tấm vật liệu áp điện 9 của hai bề mặt và áp điện sử dụng các lớp keo kết dính 10a, 10c và 10b, 10d tương ứng, trong đó lớp vật liệu từ có cấu trúc dạng lưới nhân tạo với ô cơ sở có độ rộng và chiều dài cạnh ở kích thước micro cùng bậc độ lớn so với chiều dày, mặt trên và dưới của tấm vật liệu áp điện được hàn điện cực 11a và 11b tương ứng dọc theo trục phân cực của tấm.

Theo phương án ưu tiên này, tốt hơn nếu vật liệu từ sử dụng là vật liệu có tính từ mềm với độ thấm từ cao, không có dị hướng, nhạy với ứng suất cơ học tốt hơn hết là sử dụng các vật liệu từ mềm vô định hình là hợp kim có chứa ác nguyên tố Fe, Co, Ni.

Theo phương án ưu tiên này, lớp vật liệu áp điện được sử dụng để tạo biến dạng cho lớp vật liệu từ thông qua liên kết cơ học giữa 2 pha vật liệu lai này và tốt hơn khi sử dụng vật liệu áp điện có hiệu ứng áp điện càng lớn càng tốt, thường sử dụng vật liệu gốm áp điện.

Theo phương án ưu tiên này, phần lõi từ tốt hơn hết có cấu trúc từ với kích thước đô men từ nhỏ và mật độ vách đô men lớn, tốt hơn là sử dụng vật liệu hợp kim nền Fe, Co, Ni vô định hình dạng băng mỏng và tạo hình dạng cấu trúc lưới kích thước micromet tương đương với kích thước của đô men mong muốn và nhờ vậy lớp lưới từ sẽ đáp ứng mạnh hơn với ứng suất do biến dạng áp điện tạo ra khi có nguồn nuôi đặt vào.

Theo phương án ưu tiên này, tốt hơn là dây từ được chế tạo từ băng từ mềm nền Fe, Co cấu trúc vô định hình hoặc nano tinh thể được chế tạo bằng công nghệ phun băng nguội nhanh; theo phương án ưu tiên này, tốt hơn nếu lớp vật liệu từ có chiều dày t_{st} dưới 50 micrô mét, tạo hình thành cấu trúc lưới với ô cơ sở minh họa trên H.3c và H.3d nội tiếp đường tròn đường kính D, độ rộng cạnh ô cơ sở là W và tốt hơn nếu kích thước W nằm trong dải dưới 50 micrô mét càng nhỏ càng có lợi cũng, đường kính cỡ vài trăm micro mét để đảm bảo cùng bậc độ lớn với chiều dày lớp vật liệu này.

Theo phương án ưu tiên này, tốt hơn nếu hình dạng ô cơ sở được lựa chọn sao cho tỉ phần giữa diện tích vật liệu từ còn lại và diện tích phần vật liệu áp điện là lớn nhất, có lợi nếu lựa chọn hình dạng ô cơ sở hình tam giác.

Theo phương án ưu tiên này, các lớp từ dạng lưới được gắn trên bề mặt của tấm áp điện sử dụng keo dán chuyên dụng, tốt hơn là lớp keo này có độ kết dính cao và khả năng truyền ứng suất cơ học tốt, có thể dùng keo UV hoặc keo epoxy.

Theo một phương án thực hiện ưu tiên khác, sáng chế đề xuất quy trình chế tạo linh kiện cảm biến từ-điện đảo nhạy từ trường gồm 9 bước được mô tả chi tiết trên sơ đồ H.3 và minh họa trên hình vẽ H.4 có thể áp dụng triển khai sản xuất trong phòng thí nghiệm hoặc quy mô công nghiệp bao gồm: cắt băng vật liệu từ ở kích thước phù hợp với kích thước tấm áp điện (H.4a); tạo lớp vật liệu từ cấu trúc lưới nhân tạo kích thước micrô mét (H.4b); tạo phần lõi vật liệu lai cấu trúc đa lớp (H.4c) và chờ khô (H.4d); hàn điện cực vào 2 mặt tấm áp điện (H.4e); cuộn cuộn dây tín hiệu solenoid (H.4f); lồng vật liệu vào trong lòng cuộn dây tạo phần lõi linh kiện cảm biến (H.4g); thiết kế chế tạo đế mạch in và hàn chân cắm cho phần lõi (H.4h); kết nối điện cuộn dây và điện cực áp điện vào chân cắm (H.4i); đổ nhựa tạo vỏ bảo vệ bên ngoài linh kiện cảm biến (H.4j).

Theo phương án ưu tiên này, bước chế tạo lớp vật liệu từ cấu trúc dạng lưới kích thước micro 8 được chế tạo sử dụng công nghệ khắc kết hợp với ăn

mòn ướt, trong đó công đoạn khắc có thể sử dụng quang khắc chùm UV hoặc khắc Laser, có lợi hơn về hiệu quả kinh tế cũng như đơn giản về quy trình công nghệ có thể lựa chọn sử dụng công nghệ khắc laser kết hợp ăn mòn ướt trong axit.

Theo phương án ưu tiên này, bước chế tạo ghép các lớp vật liệu từ cấu trúc lưới 8a, 8b, 8c, 8d với tấm áp điện 9 được thực hiện sử dụng các lớp keo dán mỏng 10a, 10b, 10c, 10d kết hợp với ép cơ học để đảm bảo lớp keo được phân tán đều và độ dày lớp keo đồng đều trên toàn bộ tiết diện mẫu vật liệu.

Theo phương án ưu tiên này, kết cấu vật liệu có thể sử dụng dạng đơn hoặc nhiều lớp lưới từ gắn trên bề mặt tấm áp điện, có lợi về tín hiệu cảm biến lõi ra nếu tăng phần thể tích vật liệu từ bằng cách tăng số lớp tương ứng ở hai phía.

Theo phương án ưu tiên này, điện cực được tạo ra trên hai mặt đối diện của tấm áp điện bằng cách sử dụng dây dẫn 11a và 11b thông qua mối hàn 12a và 12b bằng thiếc.

Theo phương án ưu tiên này, cuộn dây tín hiệu 4 là cuộn dây solenoid có kích thước phần lõi phù hợp vừa vặn với phần vật liệu lõi với mật độ xếp chặt cao nhất, có thể dùng cuộn 1 lớp hay nhiều lớp, có lợi cho tín hiệu điện áp lõi ra của cảm biến lớn nếu sử dụng dây cuộn có đường kính càng nhỏ để mật độ vòng dây lớn và số lớp nhiều, có lợi nếu sử dụng cuộn dây dệt để thu nhỏ phần lõi linh kiện cảm biến.

Theo phương án ưu tiên này, bước lồng phần lõi vật liệu 3 vào bên trong cuộn dây tín hiệu 4 cần được thực hiện khéo léo và đảm bảo bố trí đối xứng trục của hai phần này.

Theo phương án ưu tiên này, bước chuẩn bị để gắn cảm biến 5 được thiết kế, chế tạo với kích thước phù hợp vừa vặn với phần lõi linh kiện cảm biến và có bố trí các chân 6 ở vị trí phù hợp.

Theo phương án ưu tiên này, bước cố định và kết nối điện phần lõi 3 linh kiện cảm biến lên đến gắn cảm biến 5 có thể được cố định bằng một lớp

keo mỏng kết dính giữa cuộn dây và đế, keo kết dính này được thực hiện đảm bảo không được tiếp xúc với phần lõi vật liệu bên trong, các chân điện cực 13a, 13b của phần lõi vật liệu và 14a, 14b của cuộn dây tín hiệu sẽ được kết nối điện với các chân cắm ở vị trí tương ứng thông qua mối hàn bằng thiếc.

Theo phương án ưu tiên này, bước phủ keo bảo vệ được thực hiện bằng cách sử dụng khuôn 15 với kích thước phù hợp để tạo hình, keo phủ 16 này phải là keo không từ tính, không dẫn điện, tốt hơn là sử dụng keo epoxy hai thành phần do đơn giản, dễ kiểm, giá thành thấp và độ bền cơ học tốt.

Ví dụ thực hiện sáng chế

Để minh họa ví dụ thực hiện sáng chế, linh kiện cảm biến theo cấu hình mạch từ hở hình chữ nhật cũng được chế tạo theo qui trình theo sáng chế với mục đích kiểm tra đối chứng với linh kiện cảm biến theo sáng chế.

H.5a và H.5b lần lượt là ảnh chụp linh kiện cảm biến từ-điện đảo nhảy từ trường được đóng gói hoàn thiện sau khi phủ keo bảo vệ và trước khi phủ keo. Linh kiện có kích thước nhỏ gọn, các chân cắm thiết kế tiện lợi dễ dàng tích hợp trong các ứng dụng đa chức năng với các chân cắm theo tiêu chuẩn phù hợp.

H.6 là ảnh chụp các sản phẩm hình thành trong ví dụ thực hiện sáng chế được thực hiện tuần tự các bước theo quy trình được mô tả theo một phương án thực hiện ưu tiên của sáng chế: từ băng từ mềm (H.6a) qua quy trình công nghệ khắc laser kết hợp ăn mòn ướt để tạo ra vật liệu từ cấu trúc lưới kích thước micro với ô cơ sở hình tam giác (H.6b), tấm áp điện phân cực theo phương chiều dày được cắt tạo hình theo kích thước lựa chọn (H.6c), các lưới từ này được kết dính trên bề mặt của tấm áp điện ở cả 2 phía với số lượng thử nghiệm 1 lớp để tạo ra vật liệu tổ hợp (H.6d), sau khi keo khô điện cực đã được tạo trên tấm áp điện bằng cách hàn thiếc để chế tạo hoàn thiện phần lõi vật liệu cho linh kiện cảm biến (H.6e), cuộn cuộn dây tín hiệu dạng dẹt sử dụng dây dẫn đồng đường kính 60 μm bọc cách điện với chiều dài ống dây và

kích thước bên trong ống đủ để nhét vừa vật liệu lõi vào bên trong sử dụng phần lõi (H.6f), lồng vật liệu lõi vào trong lòng cuộn dây để tạo ra phần lõi cho linh kiện cảm biến với các đầu dây dẫn được chừa ra để kết nối với mạch (H.6g), mạch in và chân cảm được hàn với nhau để tạo nên để gắn cho linh kiện cảm biến (H.6h), gắn phần lõi linh kiện cảm biến lên đế và hàn các chân điện cực ở các vị trí phù hợp (H.6i), sử dụng khuôn nhựa để đổ keo bảo vệ cho linh kiện (H.6j), chờ khô keo tháo khuôn, hoàn thiện linh kiện.

Cảm biến sau khi được chế tạo hoàn thiện được mang đi đo đạc để đánh giá các thông số hoạt động và thông qua đó để đánh giá hiệu quả thực hiện của sáng chế. H.7a là kết quả đo tín hiệu điện áp lõi ra của linh kiện cảm biến từ-điện đảo sử dụng lõi vật liệu lai cấu trúc lưới nhân tạo kích thước micro có đôi chiếu so sánh với linh kiện cảm biến sử dụng lõi từ không có cấu trúc lưới. Trong ví dụ này, 2 linh kiện cảm biến đều được chế tạo với cùng quy trình được mô tả theo một phương án thực hiện của sáng chế và đều sử dụng lớp vật liệu từ như nhau trong đó, cảm biến không có cấu trúc lưới là cảm biến có lớp từ được sử dụng để tạo vật liệu lai luôn bỏ qua công đoạn khắc ăn mòn Bước 2 của quy trình còn cảm biến có cấu trúc lưới là cảm biến được thực hiện đầy đủ theo các bước mô tả trong quy trình.

Kết quả đo đạc thể hiện rõ linh kiện cảm biến có sử dụng lõi vật liệu từ cấu trúc lưới hưởng ứng nhạy vượt trội với từ trường so với cảm biến không sử dụng cấu trúc lưới. Thông qua độ dốc của đường khớp tuyến tính, độ nhạy của linh kiện có thể được đánh giá và cho kết quả linh kiện cảm biến có cấu trúc lưới có độ nhạy $0,65 \text{ mV}/\mu\text{T}$ trong khi độ nhạy này của linh kiện cảm biến không có cấu trúc lưới chỉ đạt $0,03 \text{ mV}/\mu\text{T}$. Như vậy, sử dụng lõi vật liệu cho linh kiện cảm biến với lớp từ có cấu trúc lưới kích thước micrô mét đã đem lại hiệu quả tăng cường độ nhạy của linh kiện cảm biến từ-điện đảo lên hơn 20 lần chứng minh ý tưởng được thực hiện theo một phương án thực hiện trong sáng chế.

Độ phân giải của linh kiện cảm biến từ-điện đảo được đánh giá thông qua đường cong đo thực nghiệm với sự thay đổi rất nhỏ của từ trường được đưa ra trên H.7b. Trong thí nghiệm này, mỗi bước nhảy tương ứng với sự thay đổi từ trường đặt vào $\Delta B = 50 \text{ nT}$ (nanô Tesla), linh kiện cảm biến hưởng ứng với mỗi bước thay đổi này cho tính hiệu điện áp trung bình thay đổi đo được gần $40 \text{ } \mu\text{V}$. Đây cũng chính là giới hạn đo được của linh kiện cảm biến trong ví dụ thực hiện này. Thông qua các đo đạc phân tích này, có thể đánh giá độ nhạy của linh kiện cảm biến – từ điện đảo sử dụng lõi từ cấu trúc lưới vào khoảng cỡ 10 nT .

Khả năng ứng dụng công nghiệp

Linh kiện cảm biến nhảy từ trường hoạt động dựa trên hiệu ứng từ-điện đảo sử dụng vật liệu lõi từ cấu trúc lưới kích thước micrô được mô tả theo sáng chế đáp ứng được yêu cầu phục vụ cho các mục đích dân dụng và công nghiệp đo lường với độ chính xác cao, giá thành thấp.

YÊU CẦU BẢO HỘ

1. Linh kiện cảm biến từ-điện đảo nhạy từ trường sử dụng cấu trúc xếp từ nhân tạo cấu trúc micro mét có kết cấu bao gồm:

vỏ bảo vệ linh kiện cảm biến;

để gắn phần lõi linh kiện là mạch in có kết nối các chân điện cực lõi ra;

phần lõi linh kiện cảm biến bao gồm phần lõi vật liệu lai từ-điện được đặt bên trong một cuộn dây tín hiệu;

phần lõi là vật liệu lai từ-điện với lớp từ là vật liệu từ mềm cấu trúc lưới nhân tạo kích thước micro mét kết dính trên bề mặt của lớp áp điện

vật liệu từ dạng lưới nhân tạo chiều dày t_{st} với ô cơ sở hình tam giác nội tiếp đường tròn đường kính D với độ rộng của ô cơ sở W đều ở kích thước micro cùng bậc độ lớn so với chiều dày;

vật liệu áp điện trong lõi vật liệu lai là vật liệu gốm áp điện PZT phân cực theo chiều dày;

cảm biến hoạt động bằng cách đặt một điện áp xoay chiều vào 2 mặt của tấm áp điện và tín hiệu lõi ra cảm biến được đo trên 2 đầu của cuộn dây tín hiệu.

2. Linh kiện cảm biến từ-điện đảo nhạy từ trường theo điểm 1, trong đó phần lõi vật liệu lai từ-điện là vật liệu tổ hợp giữa vật liệu từ dạng lưới nhân tạo kích thước micro và vật liệu áp điện,

vật liệu từ sử dụng để chế tạo cấu trúc lưới có dạng băng mỏng dày dưới 50 micro mét cấu trúc vô định;

phần lõi vật liệu được chế tạo bằng cách kết dính lớp lưới từ với lớp PZT

điện cực kết nối với nguồn nuôi điện áp nuôi cho phần lõi linh kiện được tạo ở hai mặt đối diện dọc theo phương phân cực.

3. Phương pháp chế tạo linh kiện cảm biến từ-điện đảo nhạy từ trường sử dụng cấu trúc xếp từ nhân tạo cấu trúc micro mét bao gồm các bước:

cắt băng vật liệu từ với kích thước tấm áp điện;

tạo lớp vật liệu từ cấu trúc lưới nhân tạo kích thước micrô mét;

tạo phần lõi vật liệu lai từ-điện cấu trúc đa lớp và chờ khô;

hàn điện cực vào hai mặt tấm áp điện;

cuộn cuộn dây tín hiệu solenoid;

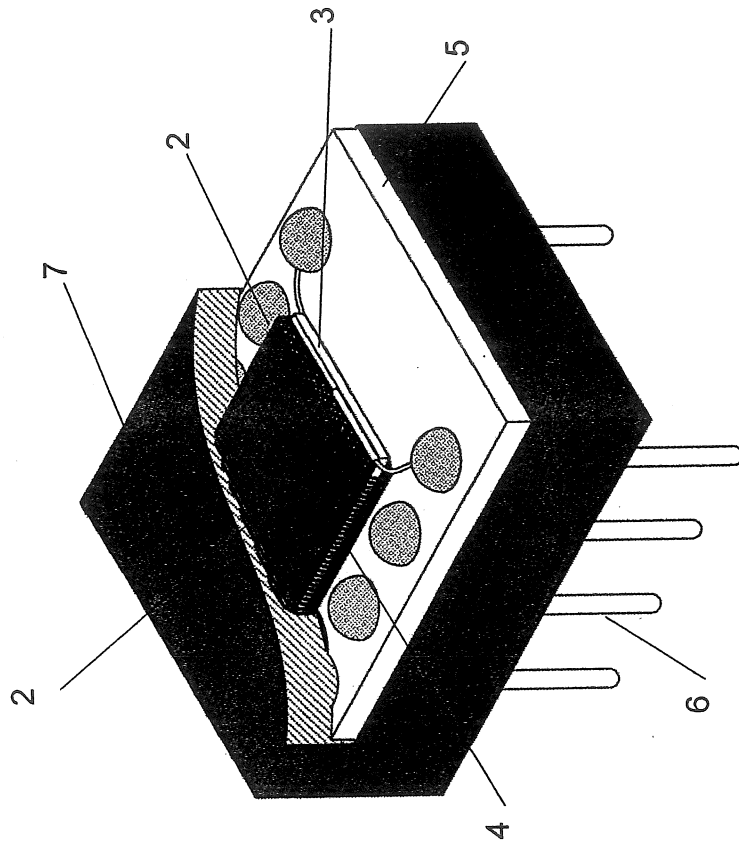
lồng phần lõi vật liệu lai từ-điện vào trong lòng cuộn dây tạo phần lõi

linh kiện cảm biến;

chế tạo đế mạch in và hàn chân cắm cho phần lõi;

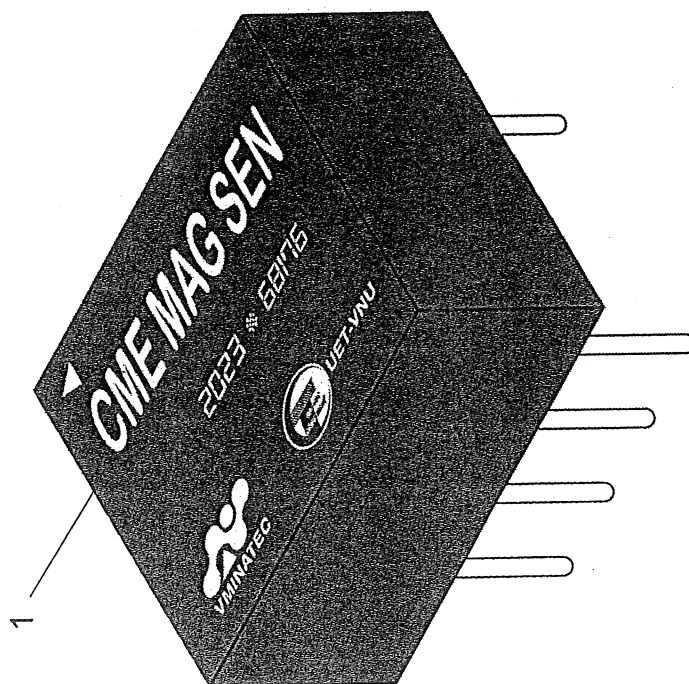
kết nối điện cuộn dây và điện cực áp điện vào chân cắm;

đổ nhựa tạo vỏ bảo vệ bên ngoài linh kiện cảm biến.

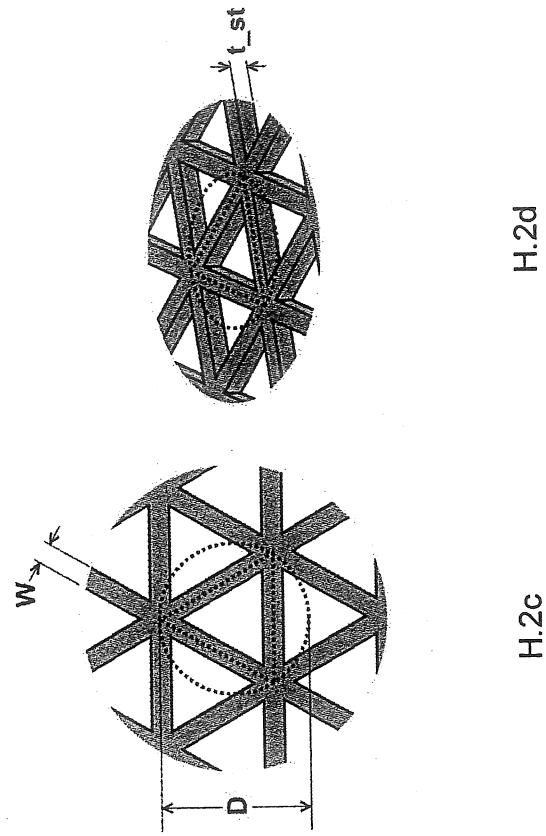


H.1b

H.1

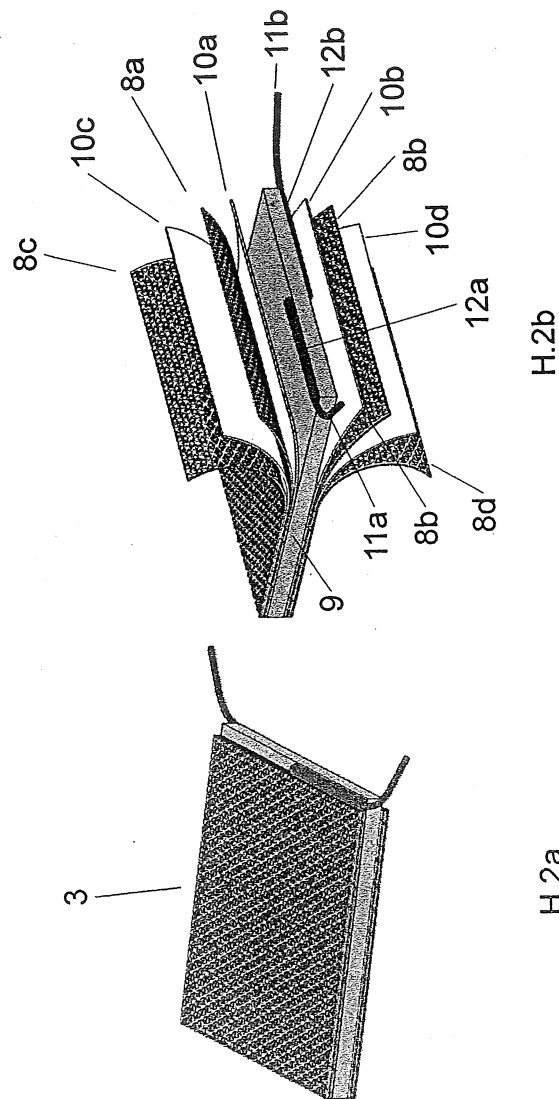


H.1a



H.2d

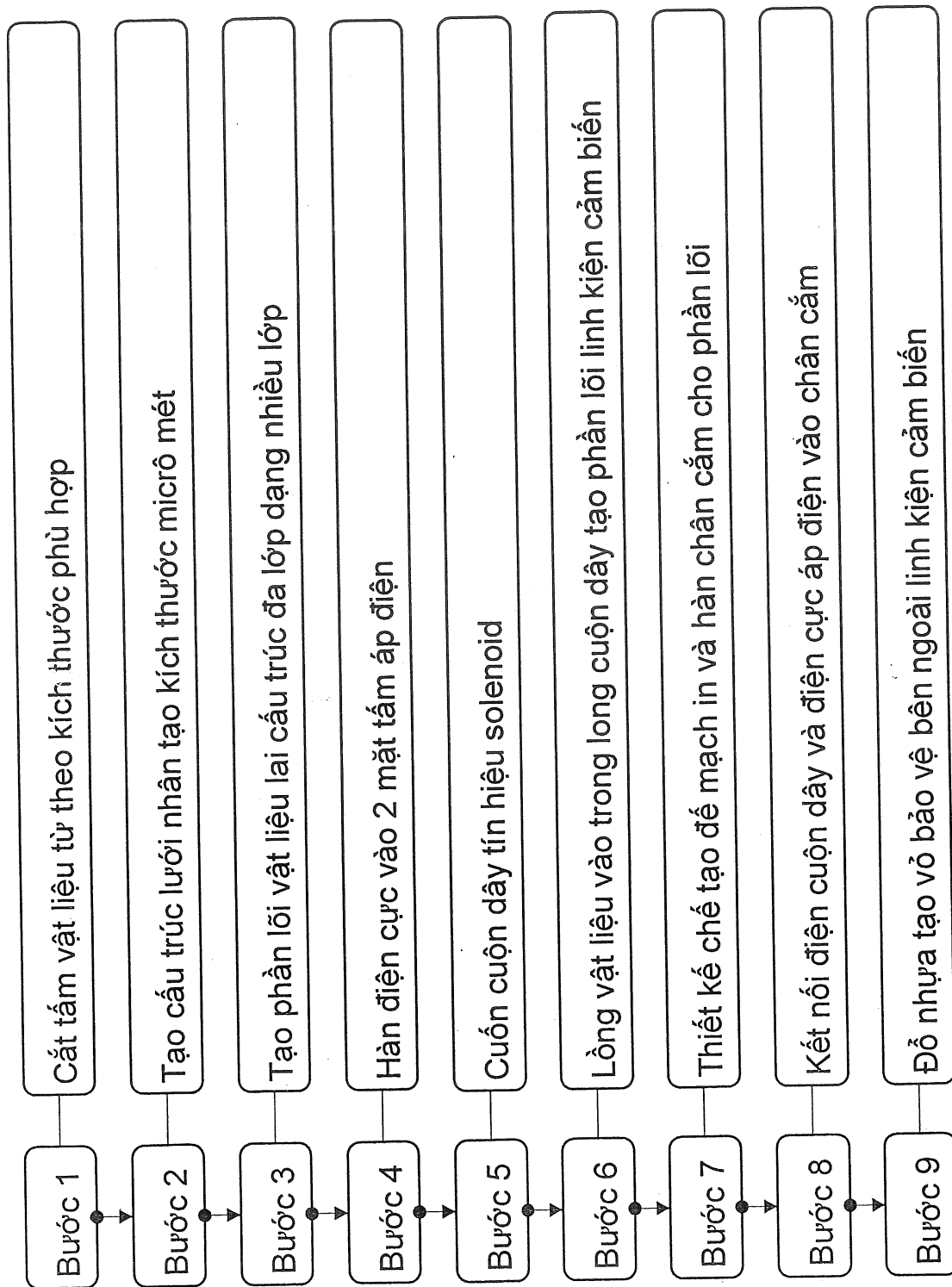
H.2c

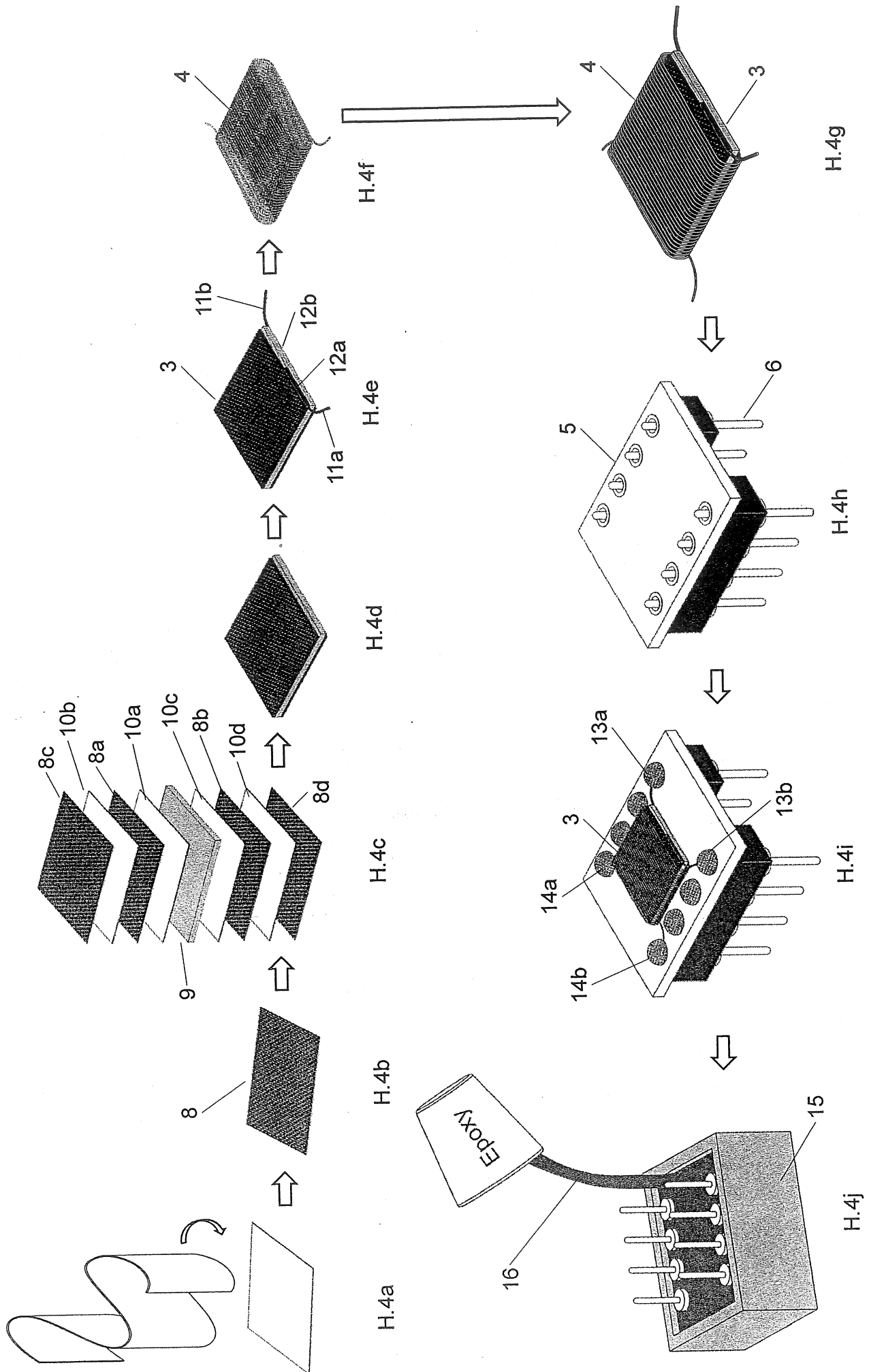


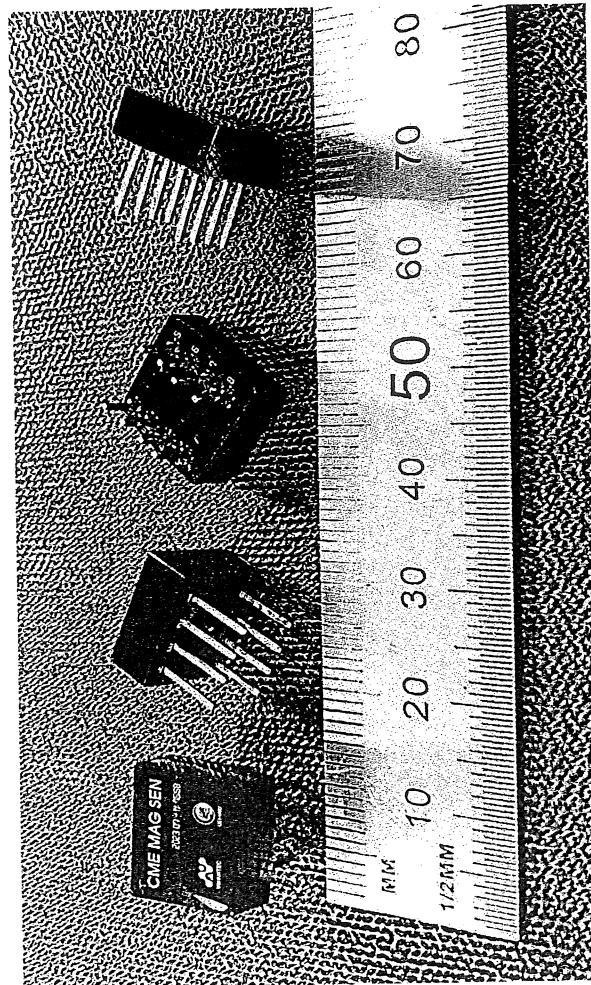
H.2a

H.2b

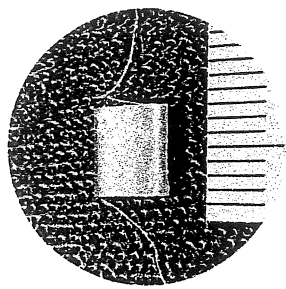
H.2



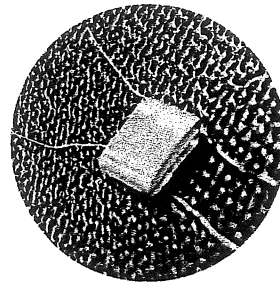




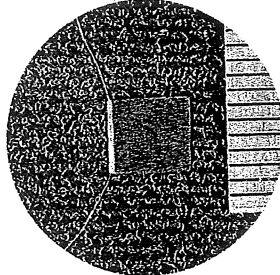
H.5



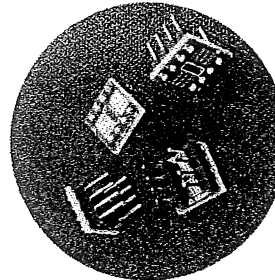
H.6f



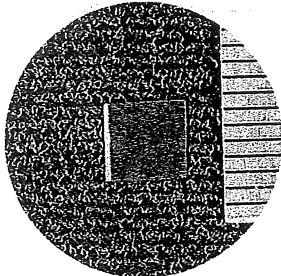
H.6g



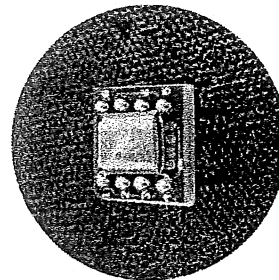
H.6e



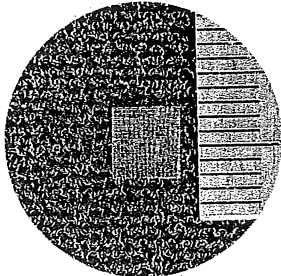
H.6h



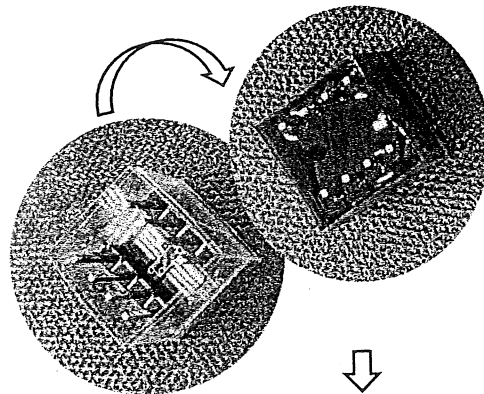
H.6d



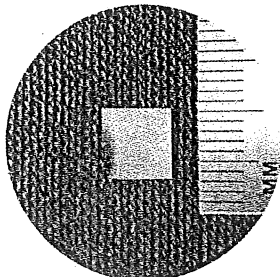
H.6i



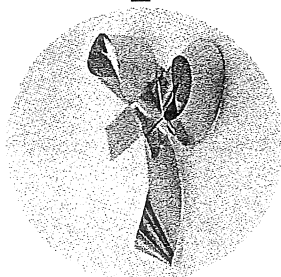
H.6c



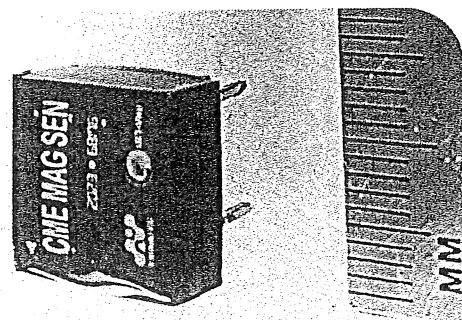
H.6j



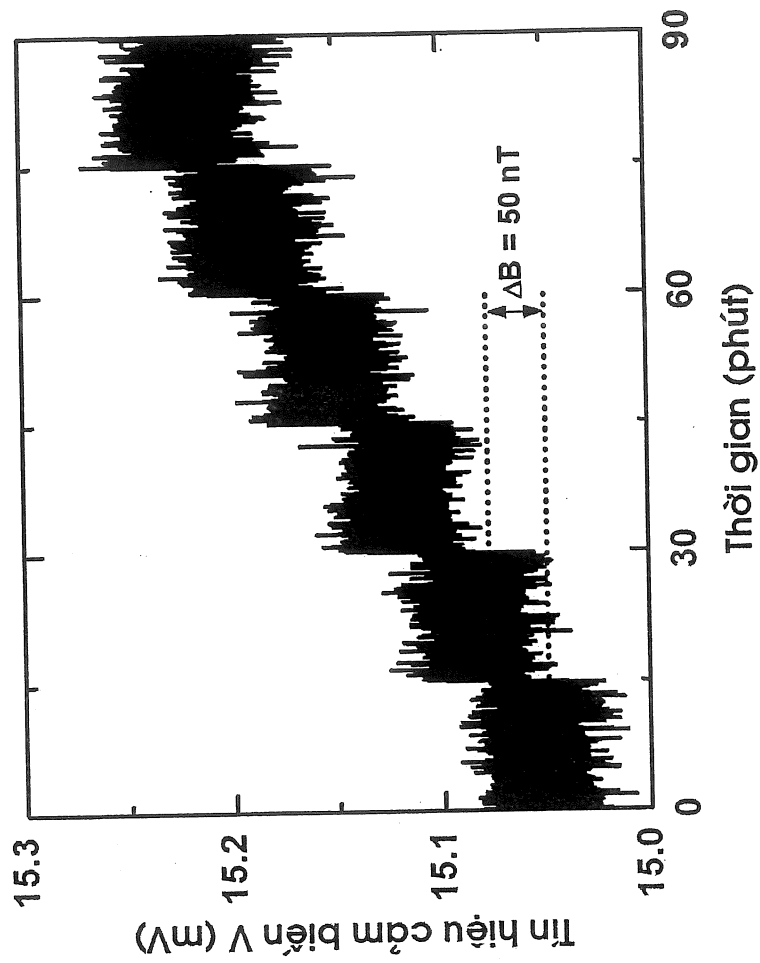
H.6b



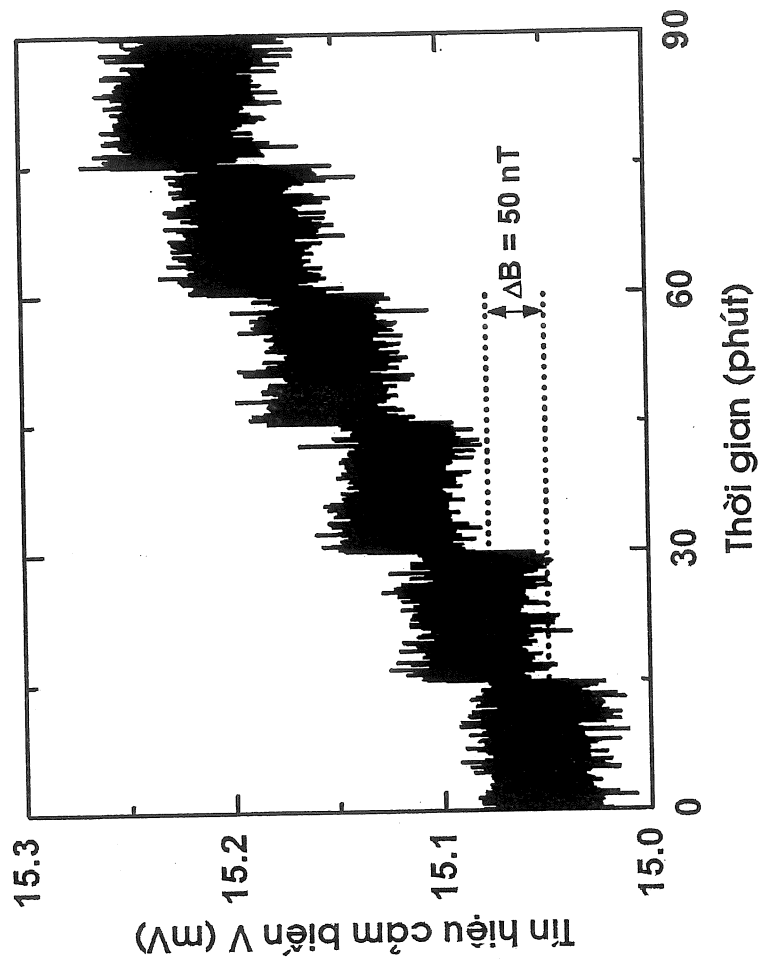
H.6a



H.6



H.7a



H.7b

H.7