



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

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

(11)



1-0053703

(51)^{2020.01} G01R 33/00

(13) B

(21) 1-2021-04421

(22) 19/07/2021

(45) 25/11/2025 452

(43) 27/01/2023 418A

(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); Nguyễn Trọng Vinh (VN); Hồ Anh Tâm (VN); Nguyễn Thị Ngọc (VN); Nguyễn Hữu Đức (VN).

(54) HỆ THỐNG ĐO TỪ THÔNG RỎ

(21) 1-2021-04421

(57) Sáng chế đề cập đến hệ thống kiểm tra, dò tìm và phát hiện từ thông rò có kết cấu bao gồm: bộ phận cảm biến được bố trí ở chính giữa là hệ thống cảm biến 2 trục được tích hợp từ 2 cảm biến đơn trục được bố trí phương nằm ngang (1) và phương thẳng đứng (2) tạo hình chữ T được kết nối điện thông qua các mạch điện dẫn tương ứng (3) và (4) với mạch in PCB (5) và cáp nối (6) thông qua giắc cắm (7), bên trong mỗi đơn cảm biến có chứa vật liệu tổ hợp từ giao-áp điện có kết cấu bao gồm 2 tấm vật liệu từ giao (15a, 15b) là vật liệu từ mềm chứa kim loại Fe, Co, Ni kết dính 2 mặt của tấm vật liệu áp điện (16) sử dụng lớp keo kết dính tương ứng (17a, 17b), tấm áp điện được phủ sẵn điện cực ở 2 mặt đối diện và được hàn kết nối điện cực (18a) ở 2 mặt sử dụng môi hàn (18b), toàn bộ vật liệu tổ hợp từ giao-áp điện được bao quanh bởi một cuộn dây (14) có tác dụng tạo từ trường xoay chiều kích thích hoạt động của linh kiện cảm biến. Các đơn cảm biến này được lồng ghép vào bên trong cuộn dây (13) tương ứng mỗi cảm biến để tạo từ trường một chiều bù trừ nền bao quanh phần lõi cảm biến từ trường. Bộ cảm biến 2 trục được đặt vào bên trong, chính giữa lõi tạo và tập trung từ thông của hệ thống có kết cấu bao gồm lõi sắt từ (8) được thiết kế hình chữ U gồm nhiều lá thép kỹ thuật điện mỏng (8a, 8b, 8c, ...) ghép chặt lại với nhau, ở 2 đầu có gắn 2 thanh nam châm vĩnh cửu (9a, 9b) có hướng phân cực vuông góc ngược nhau.

Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Nói chung, sáng chế liên quan đến hệ thống đo từ thông rò rỉ bằng cảm biến để 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 hệ thống thiết bị tích hợp linh kiện cảm biến kiểm tra cấu trúc sắt thép nứt gãy theo phương pháp không phá hủy sử dụng hệ thống tập trung từ thông và cảm biến nhạy từ trường dựa trên hiệu ứng tổ hợp từ giao và áp điện. Đây là phương pháp đo gián tiếp thông qua cảm nhận từ thông rò rỉ sinh ra tại vết nứt khi khối sắt thép bị từ hóa bởi từ trường ngoài nhờ sử dụng linh kiện cảm biến từ trường 2 trục (2D) có bố trí hình chữ T hoạt động dựa trên hiệu ứng tổ hợp từ giao và áp điện.

Tình trạng kỹ thuật của sáng chế

Hiện nay, cảm biến phát hiện cấu trúc nứt gãy không phá hủy mẫu đóng vai trò quan trọng trong đời sống con người trong nhiều lĩnh vực như công nghiệp ô tô, nghiên cứu, xây dựng, công nghiệp hóa chất, dầu khí, khí đốt. Cùng với sự phát triển của khoa học công nghệ, nhiều thiết bị phát hiện tín hiệu từ cấu trúc nứt gãy được phát minh hoạt động dựa trên nhiều nguyên lý khác nhau.

- Phương pháp siêu âm (Ultrasonic methods): phương pháp này sử dụng một thiết bị sóng siêu âm có tần số trong khoảng từ 2×10^5 Hz đến 10^7 Hz truyền đến bề mặt mẫu vật cần khảo sát và đo tín hiệu từ sóng phản xạ lại. Kết quả từ tín hiệu của sóng phản xạ được thu lại bởi một thiết bị thu sóng phản xạ. Nhược điểm của phương pháp sử dụng sóng siêu âm đó là giá thành cao, các chi tiết có kích thước nhỏ và mỏng rất khó kiểm tra bằng phương pháp siêu âm; bề mặt cần khảo sát phải được làm sạch để loại bỏ cặn bẩn và sơn thì mới cho kết quả chính xác.
- Phương pháp chụp ảnh tia X (Radiographic methods): Phương pháp sử dụng tia X hoặc tia gamma để tạo ra hình ảnh hai chiều của một vật. Các vết biến dạng, khuyết tật được biểu thị bằng những thay đổi về cường độ trên phim chụp. Nhược điểm của phương pháp này là chi phí cao, tốc độ kiểm tra chậm,

ngoài ra bức xạ của tia X trong quá trình sử dụng có thể gây hại cho cơ thể con người nếu không có các biện pháp che chắn và bảo hộ hợp lý.

- Phương pháp chụp ảnh nhiệt bức xạ (Thermographic methods): Phương pháp kiểm tra bằng nhiệt học được thực hiện bằng cách làm nóng hoặc lạnh đối tượng cần khảo sát sau đó sự thay đổi nhiệt bằng cảm biến nhiệt. Các biến dạng sẽ làm thay đổi đặc tính nhiệt và khả năng truyền nhiệt của vật thể. Nhược điểm của phương pháp này đó là việc làm nóng hay làm lạnh vật thể khảo sát có kích thước lớn rất tốn kém và phức tạp.
- Phương pháp kiểm tra bằng hạt sắt từ: Kiểm tra hạt từ tính là một phương pháp đơn giản được sử dụng một cách thủ công bằng cách dùng nam châm để từ hóa bề mặt khối sắt sau đó phủ lên bề mặt các hạt sắt từ nhỏ (thông thường sẽ sử dụng hạt sắt từ dạng huyền phù khô hoặc ướt). Các vết nứt bề mặt hoặc hố ăn mòn tạo ra trường rò rỉ từ thông sẽ hút các hạt từ tính khiến cho chúng tích tụ lại tại vết nứt có thể quan sát bằng mắt thường để dự đoán vị trí của sai hỏng trên các cơ cấu sắt/thép cần kiểm tra.
- Phương pháp đo từ thông rò sử dụng cảm biến đo từ trường: đây là phương pháp đo không phá hủy được sử dụng phổ biến và hiệu quả để kiểm tra sai hỏng, khuyết tật, đứt gãy trong cấu trúc sắt thép. Phương pháp đo này được thực hiện bằng cách sử dụng nam châm để từ hóa mẫu cần kiểm tra, nếu mẫu không có sai hỏng thì từ thông sẽ chạy bên trong vật liệu còn khi có sai hỏng thì tại vị trí này, từ trường sẽ bị rò rỉ ra bên ngoài không gian. Sử dụng cảm biến đo từ trường có thể đo được từ trường rò ra này và thông qua đó để phát hiện ra vị trí sai hỏng thông qua đo sự thay đổi của tín hiệu cảm biến cảm nhận từ thông rò này.

Trong các phương pháp kể trên thì phương pháp đo từ thông rò sử dụng cảm biến đo từ trường là tối ưu hơn cả do có ưu điểm nhỏ gọn, đơn giản, dễ thực hiện, giá thành rẻ, dễ chế tạo, cho kết quả chính xác không chỉ vị trí vết nứt mà còn xác định được kích thước của vết nứt cho dù vết nứt ở bề mặt hay sâu trong vật liệu, tín hiệu đo được chuyển đổi dạng tín hiệu điện thuận tiện cho việc phân tích, đánh giá và dự đoán thông tin vết nứt trong các cấu trúc sắt thép mà mắt thường không nhìn thấy được. Các cảm biến đo từ trường sử dụng cho mục đích này thường là

các cảm biến dựa trên hiệu ứng Hall hoặc cuộn dây cảm ứng (flux-gate) là các dòng cảm biến thương mại sử dụng rộng rãi hiện nay. Sáng chế này đưa ra một hệ thống đo từ thông rò với kết cấu được mô tả trên Hình 1, sử dụng cảm biến từ-điện nhảy từ trường hoạt động dựa trên hiệu ứng tổ hợp từ giảo-áp điện có cấu thiết kế dạng 2 trục gồm 1 trục thẳng đứng (trục Oz) và 1 trục nằm ngang (Oy) tích hợp với mạch dẫn tập trung từ thông có thiết kế hình chữ U được chế tạo từ các tấm thép kỹ thuật điện mỏng có độ từ thẩm cao ghép lại với nhau, ở 2 đầu chữ U đặt 2 thanh nam châm có hướng phân cực theo phương chiều dày đặt ngược chiều nhau. Cặp nam châm vĩnh cửu này có tác dụng tạo từ trường từ hóa mẫu sắt cần đo kiểm tra và mạch dẫn từ có tác dụng dẫn toàn bộ từ thông chạy bên trong hình chữ U của mạch mà không bị tán xạ rò rỉ ra ngoài không gian, chỉ có bề mặt nam châm được đặt tiếp xúc với mẫu cần đo có từ thông được gửi ra để từ hóa mẫu sắt trong vùng cần khảo sát. Đầu đo cảm biến 2 trục được bố trí trong vùng không gian chính giữa của khối mạch dẫn chữ U này với trục thẳng đứng được quy ước là trục đối xứng mạch dẫn tập trung từ thông và trục nằm ngang là trục vuông góc với trục thẳng đứng và nằm dọc trong mặt phẳng của mạch chữ U.

Hệ thống này đóng vai trò đặc biệt quan trọng đặc biệt trong các công trình giao thông, xây dựng, công nghiệp hóa chất, khí đốt, dầu khí có kết cấu sắt thép hoặc các chi tiết máy như trục động cơ, máy gia công, ống dẫn, bể chứa,... giúp việc kiểm tra, giám sát, thăm dò và cảnh báo sớm các nguy cơ. Hệ thống có thể ứng dụng trong các ngành xây dựng, giao thông, cơ khí, máy móc, sửa chữa và bảo trì bảo dưỡng hệ thống.

Bản chất kỹ thuật của sáng chế

Mục đích cơ bản của sáng chế là tạo ra hệ thống kiểm tra rò rỉ từ thông phục vụ mục đích kiểm tra nứt gãy, sai hỏng trong các kết cấu sắt thép trong các công trình giao thông, xây dựng có kết cấu sắt thép hoặc các chi tiết máy sử dụng hệ thống cảm biến nhảy từ trường tạo nên từ vật liệu từ-điện hoạt động theo hiệu ứng từ giảo-áp điện có kết cấu 2 trục thẳng đứng (Oz) và nằm ngang (Oy) cho phép đo và kiểm tra được đồng thời hai thành phần từ thông rò ra không gian là thành phần từ thông thẳng đứng (Bz) và thành phần từ thông theo phương nằm ngang (By); hệ thống có bộ phận tạo từ trường tĩnh có tác dụng khử nền từ trường do hệ thống tạo ra tại vị trí chưa có vết nứt

với mục đích đưa cảm biến về vùng làm việc nhạy nhất, tăng cường hiệu quả hoạt động của cảm biến, đặc biệt để phát hiện trong những trường hợp sai hỏng rất nhỏ và mức độ rò rỉ từ thông yếu; hệ thống cảm biến này được tích hợp với bộ tạo và tập trung từ trường sử dụng lõi sắt từ được thiết kế hình chữ U có gắn 2 thanh nam châm vĩnh cửu ở 2 đầu

Theo khía cạnh thứ nhất của sáng chế, hệ thống cảm biến được sử dụng được tích hợp từ 2 cảm biến đo từ trường đơn trục, trong đó mỗi cảm biến đơn trục có hình dạng chữ I được tạo ra từ vật liệu tổ hợp có cấu trúc 3 lớp trong đó có 1 tấm vật liệu áp điện dạng gốm áp điện (thường dùng dạng vật liệu chứa Pb, Zr và Ti (có tên gọi PZT)) có phủ lớp điện dẫn điện ở trên hai mặt đối diện dọc theo phương phân cực của tấm áp điện, tấm PZT được kết dính ở giữa 2 lớp vật liệu từ giao có độ thấm từ cao (thường dùng dạng các băng từ mềm vô định hình hoặc cấu trúc nano tinh thể giàu Fe, Co hoặc Ni) bằng cách sử dụng keo kết dính (thường là epoxy). Để tạo đầu đo cảm biến đơn trục, vật liệu tổ hợp sẽ được lồng vào bên trong cuộn dây tạo từ trường xoay chiều với biên độ nhỏ được nuôi bằng dòng điện xoay chiều để kích thích hoạt động của cảm biến. Để tạo hệ thống cảm biến tích hợp 2 trục thì 2 đơn cảm biến trên sẽ được ghép lại với nhau theo hình chữ T, trong đó, cảm biến đơn trục Oz sẽ nằm dọc theo trục đối xứng của cảm biến đơn trục Ox. Việc sử dụng cảm biến từ-điện theo mô tả trong sáng chế này có lợi ích là độ nhạy và độ phân giải cao, nhạy với sự có mặt của từ thông rò rất nhỏ, cho phép dò tìm và phát hiện trong các cấu trúc sắt thép với độ chính xác cao hơn hàng trăm thậm chí hàng nghìn lần so với các dòng cảm biến dựa trên hiệu ứng Hall, hiệu ứng từ-điện trở hoặc hiệu ứng flux-gate đang được sử dụng cho các hệ thống kiểm tra rò rỉ đang được bán rộng rãi trên thị trường hiện nay. Thêm vào đó, việc tích hợp cảm biến dạng 2 trục này có ưu điểm là có thể phát hiện mọi vết nứt sai hỏng bên trong cấu trúc sắt thép mà không phụ thuộc hình dạng, định hướng và kích thước như thế nào. Hơn thế nữa, đây là 2 trục cho thành phần từ thông rò rỉ là lớn nhất và việc khai thác đồng thời tín hiệu của cả 2 đơn cảm biến này sẽ cho phân tích được thông tin vết nứt chính xác hơn nhiều so với các hệ thống chỉ dùng 1 loại cảm biến (chỉ phát hiện 1 thành phần từ trường hoặc chỉ phát hiện từ trường tổng cộng) đang được dùng thương mại hiện nay.

Theo khía cạnh thứ hai, bộ phận tạo từ trường tĩnh có tác dụng khử nền từ trường do hệ thống tạo ra bằng cách sử dụng một cuộn dây thứ hai lồng đồng trục với cuộn dây

thứ nhất, cuộn dây này sẽ được nuôi bằng một dòng điện một chiều với cường độ điều chỉnh được bằng cách thay đổi cường độ dòng điện đặt vào trong cuộn dây.

Theo khía cạnh thứ ba của sáng chế, lõi tạo và tập trung từ trường sử dụng lõi sắt từ được thiết kế hình chữ U có gắn 2 thanh nam châm vĩnh cửu ở 2 đầu. Lõi tập trung từ trường được chế tạo bằng các lá thép kỹ thuật điện mỏng có độ từ thẩm cao, được chế tạo bằng phương pháp cán nguội, được cắt tạo hình chữ U và được xếp chặt với nhau có tiết diện 2 đầu bằng đúng tiết diện của thanh nam châm vĩnh cửu để đảm bảo giảm thiểu tối đa từ thông tán xạ ra từ khối này trừ bề mặt nam châm. Việc sử dụng lá thép kỹ thuật điện này có ưu thế vượt trội do độ từ thẩm rất lớn và lực kháng từ rất nhỏ giúp cho hiệu quả dẫn từ và tập trung từ thông của lõi này lớn hơn rất nhiều so với sử dụng lõi thép và lõi ferrite truyền thống mà các thiết bị thương mại đang được sử dụng trên thị trường hiện nay.

Mô tả vắn tắt các hình vẽ

H.1a, H.1b là hình vẽ phối cảnh thể hiện cấu trúc bên trong của hệ thống kiểm tra và phát hiện từ thông rò được nhìn từ mặt trước và mặt sau và H.1c là hình vẽ phối cảnh tổng thể hệ thống được đóng gói hoàn chỉnh có vỏ bảo vệ theo các phương án được ưu tiên của sáng chế;

H.2 là hình vẽ phối cảnh thể hiện phần lõi của linh kiện cảm biến đơn trục đo một thành phần từ thông rò trong được sử dụng trong hệ thống theo phương án ưu tiên thực hiện thứ nhất của sáng chế;

H.3 là hình vẽ phối cảnh tổng thể hệ thống được đóng gói hoàn chỉnh có vỏ bảo vệ theo các phương án được ưu tiên của sáng chế;

H.4 là hình minh họa thiết kế được sử dụng trong tính toán mô phỏng với trường hợp không có sai hỏng (H.4a) và có sai hỏng được đặt tại gốc tọa độ (H.4b); sự chênh lệch từ thông là hiệu số các giá trị tính toán từ thông thu được từ mô phỏng tính toán giữa 2 trường hợp này được minh họa trên hình H.4c, H.4d, H.4e, H.4f được thực hiện trong vùng không gian xung quanh vết sai hỏng tương ứng cho từ thông tổng cộng (Δ_B), thành phần từ thông trục Ox (Δ_{Bx}), thành phần từ thông trục Oy (Δ_{By}), thành phần từ thông trục Oz (Δ_{Bz}).

H.5a và H.5b là đồ thị sự phụ thuộc của các thành phần từ trường hiệu dụng tính toán trên cảm biến nằm ngang B_{y_eff} và thẳng đứng B_{z_eff} khi cho các cảm biến này di chuyển đi qua vết nứt được đặt tại vị trí gốc tọa độ.

H.6a là ảnh chụp hệ thống thiết bị kiểm tra và phát hiện từ thông rò được chế tạo và đóng gói hoàn thiện, H.6b là ảnh chụp mạch tạo và dẫn từ trường, H.6c à H.6d là ảnh chụp cấu tạo bên trong nhìn từ mặt sau và mặt trước theo các phương án ưu tiên được mô tả đã được chế tạo để kiểm chứng cho ví dụ thực hiện của sáng chế.

H.7a minh họa phép đo thực nghiệm và H.7b, H.7c tương ứng là đồ thị sự phụ thuộc của tín hiệu cảm biến trục nằm ngang O_y vào vị trí của khe nứt khi không và có cấp dòng điện nuôi cuộn dây 17 bù từ trường nền đo khi cho hệ thống chuyển động tịnh tiến dọc theo trục O_y .

H.8a minh họa phép đo thực nghiệm và H.8b là đồ thị sự phụ thuộc của tín hiệu cảm biến trục thẳng đứng O_z vào vị trí của khe nứt khi cho hệ thống chuyển động tịnh tiến dọc theo trục O_y .

Mô tả chi tiết sáng chế

Quá trình thực hiện đo từ thông rò được thực hiện bằng cách đặt hệ thống tiếp xúc trực tiếp lên bề mặt vật liệu sắt thép cần kiểm tra, từ trường được tạo ra bởi hệ 2 nam châm vĩnh cửu sẽ chạy hoàn toàn trong khối dẫn tập trung từ thông hình chữ U và vật liệu thành các đường khép kín đối với trường hợp trong vật liệu không có vết rạn nứt hoặc sai hỏng. Trong trường hợp lý tưởng, khi không có sai hỏng, do không có từ thông rò rỉ ra ngoài khỏi vật liệu, cảm biến đo từ trường được bố trí trên bề mặt vật liệu sẽ không cảm nhận sự có mặt của từ trường trong không gian. Khi trong vật liệu có tồn tại sai hỏng, từ thông này sẽ không đi hoàn toàn trong vật liệu mà một phần sẽ bị rò rỉ ra ngoài, khi đó cảm biến từ sẽ cảm nhận sự có mặt của các từ thông rò rỉ này. Độ lớn của từ thông, hình dáng đặc trưng của từ trường rò rỉ phụ thuộc vào hình dáng, kích thước và vị trí của vết rạn nứt và dựa vào tín hiệu đo được này, vị trí vết nứt cũng như kích thước vết nứt có thể được dự đoán.

Để minh họa rõ hơn cho nguyên lý này, từ thông rò rỉ ra ngoài không gian tại vị trí đặt cảm biến được tính toán và mô phỏng lý thuyết sử dụng công cụ mô phỏng chuyên dụng Ansys Maxwell theo phương pháp phần tử hữu hạn theo cấu hình được thể hiện

trên H.4 với tấm vật liệu cần dò tìm được sử dụng là ống thép hình chữ nhật vật liệu Sắt (độ thấm từ 4000) có kích thước dài $\times$ rộng $\times$ cao là 100 mm $\times$ 20mm $\times$ 10mm và độ dày thành ống là 2 mm. Kết quả tính toán được áp dụng cho 2 trường hợp tấm sắt không có vết nứt (xem hình H.4a) và có vết nứt (xem H.4b) có dạng hình chữ nhật có kích thước dài $\times$ rộng là 10mm $\times$ 5mm và độ sâu là 2 mm. Bộ dẫn và tập trung từ thông được tạo ra bởi các lá thép hình chữ U có kích thước dài $\times$ rộng 60 mm $\times$ 40 mm và độ rộng cạnh chữ U là 10 mm làm bằng vật liệu thép cán nguội (thép 1008) có chiều dày 0.3 mm xếp chồng lên nhau tạo nên hình chữ U dày 10 mm. Hai tấm nam châm đất hiếm NbFeB có kích thước dài $\times$ rộng $\times$ cao là 10 mm $\times$ 10 mm $\times$ 2 mm được gắn ở 2 đầu bộ dẫn từ. Trên hình H.4a và H.4b tương ứng là hình vẽ minh họa được thực hiện trong mô phỏng trong trường hợp không có và có khe hở với hệ tọa độ Oxyz có gốc tọa độ O nằm trên trục đối xứng của khe nứt và trục Oz nằm dọc theo trục đối xứng của khe nứt, mặt phẳng xOy nằm phía trên bề mặt của vật liệu ở khoảng cách rất gần như tiếp xúc tương ứng với mặt phẳng đặt cảm biến. Sự chênh lệch từ thông là hiệu số các giá trị tính toán từ thông thu được từ mô phỏng tính toán giữa 2 trường hợp có và không có vết nứt này được minh họa trên hình H.4c, H.4d, H.4e, H.4f được thực hiện trong vùng không gian xung quanh vết sai hỏng tương ứng cho từ thông tổng cộng (ΔB), thành phần từ thông trục Ox (ΔB_x), thành phần từ thông trục Oy (ΔB_y), thành phần từ thông trục Oz (ΔB_z). Hình chữ nhật viền đen trong đồ thị là vị trí đánh dấu của khe hở được tạo ra trong mô phỏng. Nhìn vào kết quả có thể nhận thấy độ biến thiên lớn nhất được quan sát thấy trên thành phần trục Oz với ΔB_z dao động từ -1,08 mT lên 1,08 mT, trong khi các thành phần Oy nhỏ hơn với ΔB_y dao động từ -0,88 mT lên 0,88 mT và giá trị nhỏ nhất quan sát thấy trên trục Ox với ΔB_x dao động trong khoảng từ - 0.4 mT đến 0.4 mT. Không chỉ thành phần B_x có sự thay đổi nhỏ nhất mà còn sự thay đổi này chỉ quan sát thấy tại các vị trí đỉnh của khe hở do vậy việc đo và phát hiện từ thông rò với thành phần B_x là không khai thác được nhiều thông tin. Ngoài ra, kết quả mô phỏng còn chỉ ra rõ nền từ trường được tạo ra thậm chí lên tới mT ngay cả khi không có khe hở không khí là tương đối lớn, do vậy việc bù trừ từ trường nền này là cần thiết giúp cho cảm biến có thể nhận biết được sự có mặt của từ thông rò rỉ rất nhỏ trên bề mặt vật liệu. Trên cơ sở này thiết bị kiểm tra và phát hiện rò rỉ từ thông ứng dụng trong thăm dò vết nứt hoặc cấu trúc nứt gãy trong các kết cấu sắt thép sẽ được cấu trúc bởi hệ thống cảm biến 2 trục để đo thành phần từ trường B_y và B_z , tại đó cho từ thông

rò rỉ lớn nhất kết hợp với cuộn dây tạo từ trường một chiều để khử từ trường nền tác dụng lên các đơn cảm biến theo các phương án thực hiện ưu tiên thứ nhất và thứ hai được mô tả trong sáng chế.

Theo mô phỏng bức tranh phân bố từ thông được tạo ra từ khe hở, kết quả mô phỏng tiếp tục được thực hiện với 2 thanh cảm biến ngang Oy và thẳng đứng Oz đặt ở phía trên gần khe hở và cho chuyển động tịnh tiến dọc theo trục Oy đi ngang qua khe hở. Tín hiệu các thanh cảm biến tỉ lệ thuận với cảm ứng từ hiệu dụng B_{y_eff} và B_{z_eff} tương ứng cho cảm biến ngang và cảm biến thẳng đứng được tính trung bình theo công thức tính tích phân trên toàn bộ thể tích của thanh cảm biến V_{cb} dưới đây:

$$B_{y_eff} = \frac{1}{V_{cb}} \int B_y dV \text{ và } B_{z_eff} = \frac{1}{V_{cb}} \int B_z dV$$

Trên H.5a và H.5b là hình minh họa mô tả cho mô phỏng được thiết lập tương ứng cho trường hợp cảm biến nằm ngang Oy và cảm biến thẳng đứng Oz. H.5c và H.5d là kết quả cảm ứng từ hiệu dụng thu được trên hai thanh cảm biến này trong hai trường hợp nằm ngang và thẳng đứng tương ứng, trong đó sự thay đổi tín hiệu cảm ứng từ hiệu dụng mạnh nhất quan sát thấy trên cảm biến nằm ngang. Kết quả mô phỏng minh chứng cho việc phát hiện được vị trí tâm vết nứt dựa vào cực tiểu tín hiệu đo được của cảm biến nằm ngang Oy thu được trên H.5c. Kích thước của khe hở có thể được xác định khi sử dụng cảm biến thẳng đứng Oz dựa vào khoảng cách 2 điểm cực đại và cực tiểu trên đường đo đặc trưng cảm biến khi đi qua khe hở như được minh họa trên H.5d. Từ cảm ứng từ hiệu dụng này, tín hiệu điện đo được trên cảm biến theo quy luật sẽ tỉ lệ thuận với giá trị cảm ứng hiệu dụng hướng ứng của các thanh cảm biến.

Tiếp theo, hệ thống kiểm tra dò tìm rò rỉ từ thông theo các phương án thực hiện ưu tiên trong sáng chế sẽ được mô tả chi tiết có dựa vào các hình vẽ kèm theo.

Như được thể hiện trên H.1 hệ thống được biểu thị bằng số chỉ dẫn có kết cấu bao gồm:

Theo phương án ưu tiên thứ nhất của sáng chế, bộ phận cảm biến được bố trí ở chính giữa là hệ thống cảm biến 2 trục được tích hợp từ 2 cảm biến đơn trục phương nằm ngang 1 và phương thẳng đứng 2 được kết nối điện thông qua các mạch điện dẫn tương ứng 3 và 4 với mạch in PCB 5 và cáp nối 6 thông qua giắc cắm 7.

Theo phương án ưu tiên thứ hai của sáng chế, các cảm biến 1, 2 được minh họa trên H.2 được cấu tạo bởi một cuộn dây 13 với đầu ra 13a, 13b có tác dụng tạo từ trường một chiều bù trừ nền bao quanh phần lõi cảm biến từ trường ở bên trong, cảm biến có kết cấu bao gồm một cuộn dây kích thích tạo từ trường xoay chiều 14 với đầu ra 14a, 14b bên trong có chứa vật liệu từ-điện tổ hợp của 2 tấm vật liệu từ giả 15a, 15b là vật liệu từ mềm chứa kim loại Fe, Co, Ni kết dính ở 2 mặt trên và mặt dưới của tấm vật liệu áp điện 16 sử dụng lớp keo kết dính tương ứng 17a, 17b, tấm áp điện 16 được phủ sẵn điện cực ở 2 mặt đối diện và được hàn kết nối điện cực 18a ở 2 mặt sử dụng mối hàn 18b.

Theo phương án ưu tiên thứ ba của sáng chế, lõi tạo và tập trung từ thông được mô tả trong H.1 của hệ thống có kết cấu bao gồm lõi sắt từ 8 được thiết kế hình chữ U gồm nhiều lá thép kỹ thuật điện mỏng 8a, 8b, 8c, ... ghép chặt lại với nhau, ở 2 đầu có gắn 2 thanh nam châm vĩnh cửu 9a, 9b có hướng phân cực vuông góc ngược nhau.

Để hệ thống chuyển động nhẹ nhàng khi sử dụng hệ thống trong quá trình đo, dò tìm từ thông rò rỉ, cơ cấu bánh xe 10 sẽ được tích hợp gắn vào hệ thống sử dụng trục 11 cố định vào vỏ bảo vệ 12 ở độ cao phù hợp.

Ví dụ thực hiện sáng chế

Để minh họa ví dụ thực hiện sáng chế, hệ thống kiểm tra và phát hiện rò rỉ từ thông được chế tạo theo các phương án thực hiện ưu tiên của sáng chế với mục đích kiểm tra và minh chứng ý tưởng thực hiện với hệ thống thiết bị được mô tả trong sáng chế. Trên H.6a là ảnh chụp hệ thống thiết bị được đóng gói hoàn thiện, H.6b là ảnh chụp mạch tạo và dẫn từ trường, H.6c à H.6d là ảnh chụp cấu tạo bên trong nhìn từ mặt trước và mặt sau theo các phương án ưu tiên được mô tả đã được chế tạo để kiểm chứng cho ví dụ thực hiện của sáng chế.

H.7a là ảnh chụp thực tế phép đo thực nghiệm áp dụng cho cảm biến trục ngang Oy và H.7b, H.7c tương ứng là đồ thị sự phụ thuộc của tín hiệu cảm biến được đo khi không có và có sử dụng dòng điện cấp để kích hoạt cho cuộn dây tạo từ trường tĩnh để bù trừ nền. Trong bố trí thí nghiệm, khe nứt được tạo ra có độ rộng $D_n = 5$ mm trên một ống thép kích thước dài $\times$ rộng $\times$ cao là 100 cm $\times$ 10 cm $\times$ 8 cm, cảm biến được sử dụng có chiều dài $L_{cb} = 8$ mm và chiều rộng $R_{cb} = 1$ mm. Khi thực hiện phép đo, hệ

thống chuyển động tịnh tiến dọc theo trục Oy. Trong ví dụ thực hiện sáng chế, một dòng điện một chiều $I_{dc} = 60 \text{ mA}$ đã được cấp vào cuộn dây 13, số liệu đo trong trường hợp có và không có dòng điện tạo từ trường khử từ này được minh họa trên H.7a và H.7b khẳng định vai trò của việc tạo từ trường khử từ này đã đưa đường đặc trưng cảm biến có hình dạng giống với đường mô phỏng cho cảm ứng từ hiệu dụng tính trên cảm biến nằm ngang Oy được đưa ra trên H.5c và dễ dàng có thể phát hiện được vị trí tâm khe nứt tại vị trí cực tiểu tín hiệu đo.

H.8a là ảnh chụp thực tế đo thực nghiệm áp dụng cho cảm biến trục thẳng đứng Oz và H.8b là đồ thị sự phụ thuộc của tín hiệu cảm biến được đo khi hệ thống chuyển động tịnh tiến dọc theo trục Oy. Tín hiệu đo thực nghiệm sử dụng cảm biến này cho hình dáng phù hợp với tín hiệu cảm ứng từ hiệu dụng tính trên cảm biến thẳng đứng Oz và độ rộng khe nứt được xác định từ khoảng cách giữa 2 điểm bắt đầu và kết thúc ở vùng dốc nhất trên đường đo là 5 mm đúng với độ rộng khe nứt được tạo ra trong phép đo thực nghiệm.

Như vậy với việc sử dụng hệ cảm biến 2 trục Oy và Oz kết hợp với cuộn dây khử từ trường nền và mạch dẫn tập trung từ thông hình chữ U đã giúp cho việc kiểm tra, dò tìm và phát hiện từ thông rò trong các kết cấu sắt thép hiệu quả với độ chính xác và tin cậy cao, cho phép không chỉ phát hiện được các cấu trúc sai hỏng đứt gãy nằm sâu bên trong mà còn có thể phân tích và dự đoán được kích thước của các sai hỏng này một cách chính xác nhờ sử dụng cảm biến đo từ trường dựa trên hiệu ứng từ điện với độ nhạy và độ phân giải cao, có lợi thế về công nghệ chế tạo, giá cả cạnh tranh.

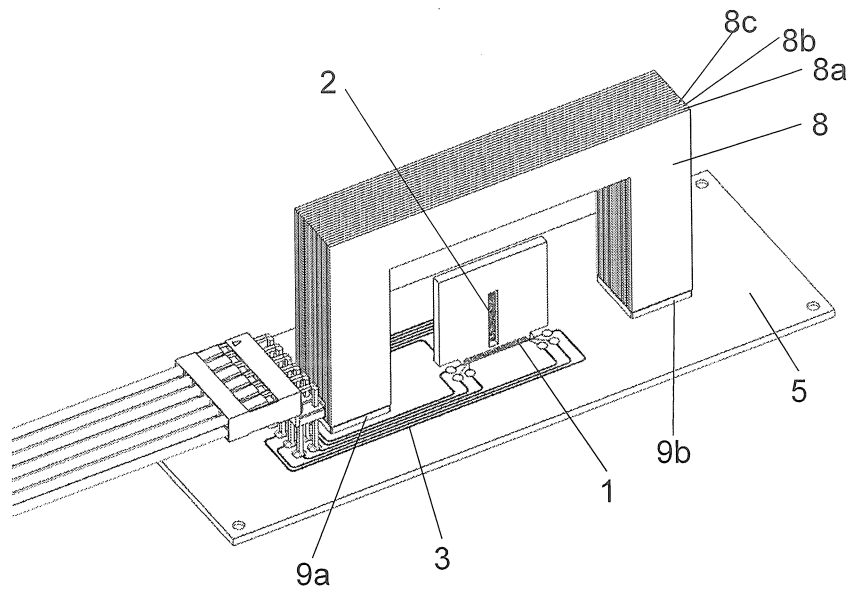
Khả năng ứng dụng công nghiệp

Hệ thống đo từ thông rò sử dụng hệ cảm biến 2 trục thẳng đứng và nằm ngang tích hợp với cuộn dây khử từ trường nền và mạch tạo và dẫn từ trường mô tả theo các phương án thực hiện trong sáng chế đóng vai trò đặc biệt quan trọng đặc biệt trong các công trình giao thông, xây dựng, các ngành công nghiệp hóa chất, khí đốt, dầu khí có sử dụng các kết cấu sắt thép hoặc các chi tiết máy như trục động cơ, máy gia công, bể chứa, ống dẫn... giúp việc kiểm tra, giám sát, thăm dò và cảnh báo sớm các nguy cơ. Hệ thống có thể ứng dụng trong các ngành xây dựng, giao thông, cơ khí, máy móc, sửa chữa và bảo trì bảo dưỡng hệ thống.

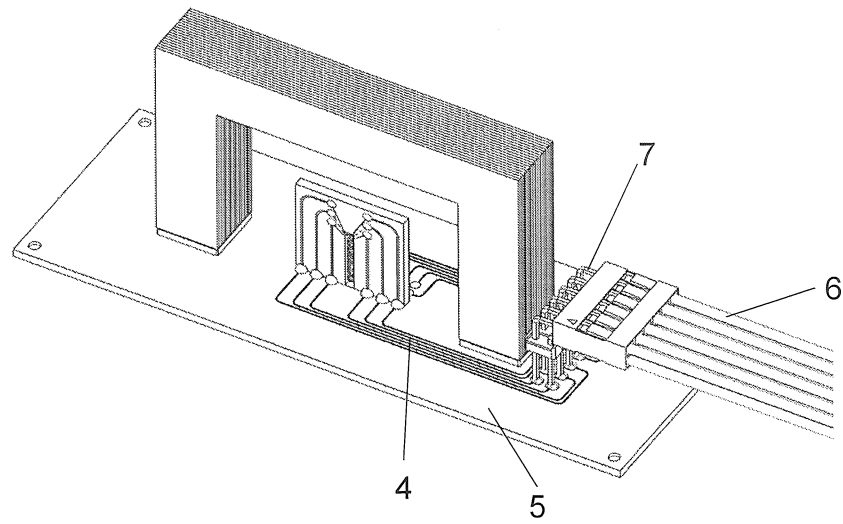
Yêu cầu bảo hộ

1. Hệ thống đo từ thông rò sử dụng đầu đo từ thông rò 2 trục hình chữ T có tích hợp bộ phận tạo từ trường khử từ nền từ trường, đầu đo được bố trí ở chính giữa lõi tạo và tập trung từ trường sử dụng lõi sắt từ được thiết kế hình chữ U, trong đó: lõi tạo và tập trung từ trường sử dụng lõi sắt từ được thiết kế hình chữ U có gắn 2 thanh nam châm vĩnh cửu ở 2 đầu, lõi tập trung từ trường được chế tạo bằng các lá thép kỹ thuật điện mỏng có độ từ thẩm cao, được chế tạo bằng phương pháp cán nguội, được cắt tạo hình chữ U và được xếp chặt với nhau có tiết diện 2 đầu bằng đúng tiết diện của thanh nam châm vĩnh cửu để đảm bảo giảm thiểu tối đa từ thông tán xạ ra từ khối này trừ bề mặt nam châm.
2. Hệ thống đo từ thông rò theo điểm 1, trong đó: đầu đo cảm biến đo từ thông rò sử dụng trong hệ thống theo điểm 1 có thiết kế dạng 2 trục hình chữ T tích hợp từ 2 cảm biến đo từ trường đơn trục thẳng đứng và nằm ngang dựa trên hiệu ứng tổ hợp từ giao-áp điện của vật liệu tổ hợp có cấu trúc 3 lớp gồm tấm vật liệu áp điện được kết dính xen kẽ giữa 2 tấm vật liệu từ giao có cuộn dây tạo từ trường kích thích cuốn xung quanh, đầu đo này cho phép phát hiện đồng thời 2 thành phần từ thông rò rỉ theo phương thẳng đứng và nằm ngang.
3. Hệ thống đo từ thông rò theo điểm 1, trong đó: bộ phận tạo từ trường tĩnh có tác dụng khử nền từ trường do hệ thống tạo ra bằng cách sử dụng một cuộn dây thứ hai lồng đồng trục với cuộn dây thứ nhất, cuộn dây này sẽ được nuôi bằng một dòng điện một chiều với cường độ điều chỉnh được.

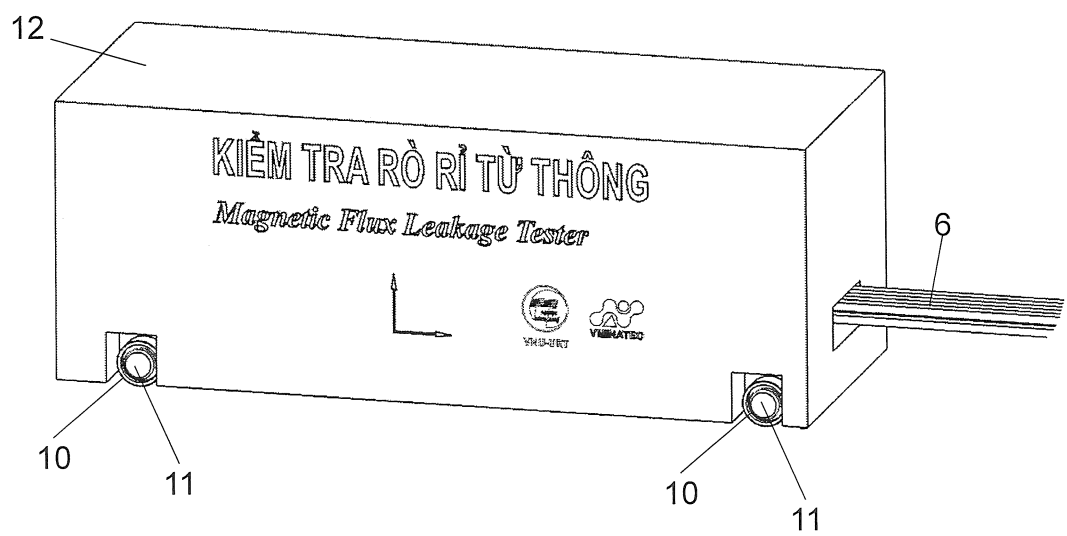
H1a

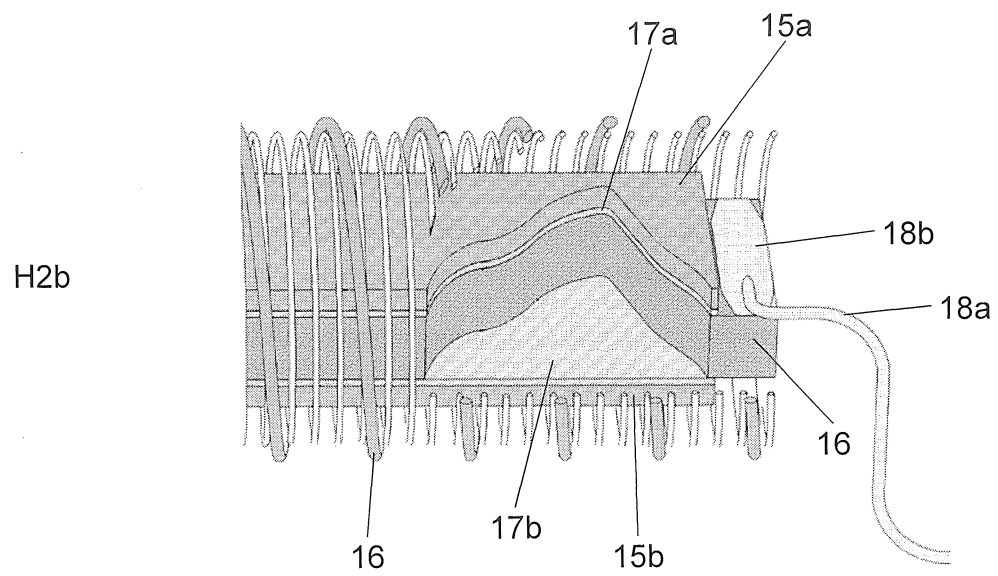
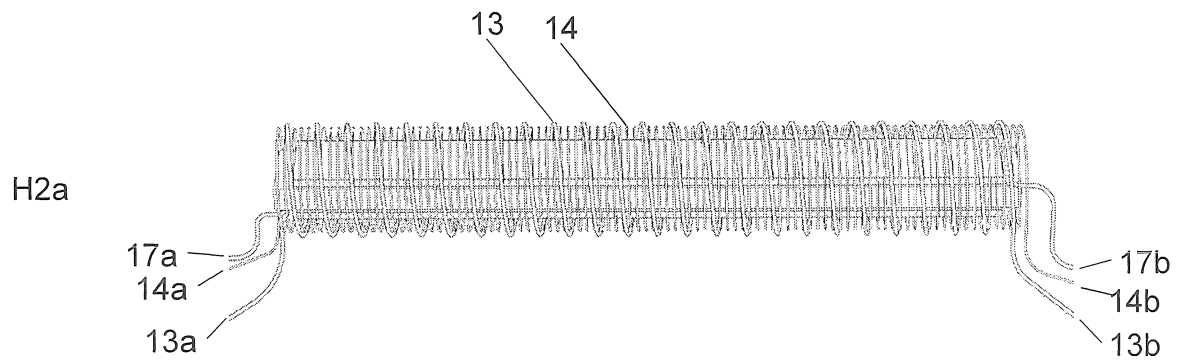


H1b



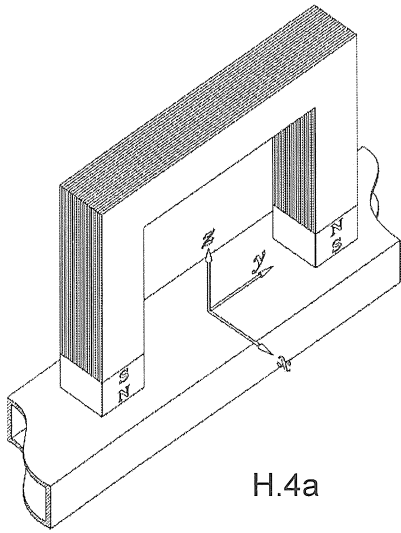
H1c



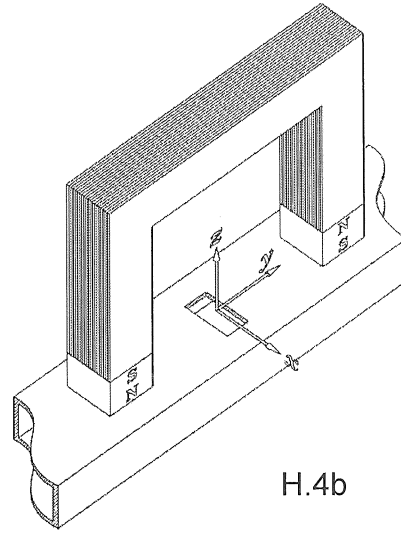


H.3

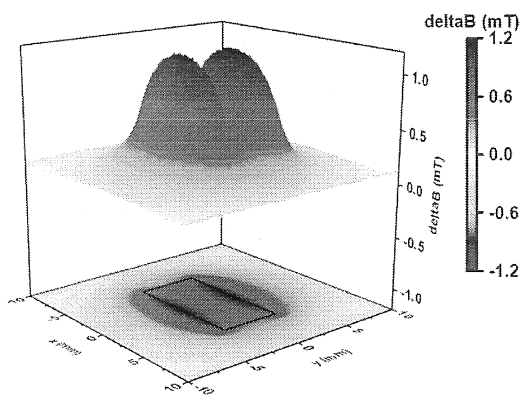




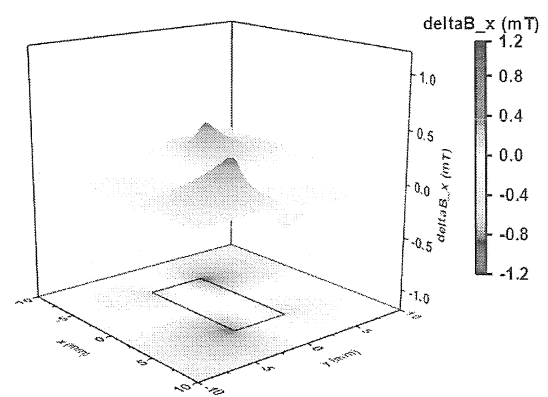
H.4a



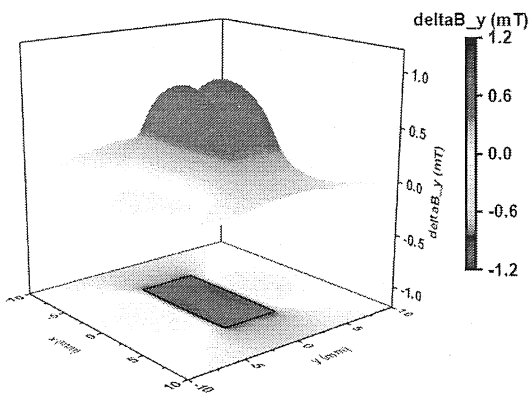
H.4b



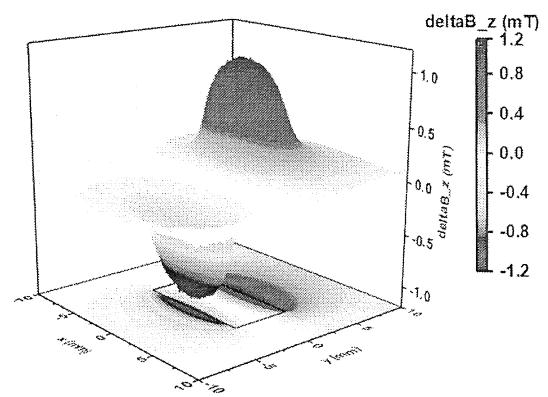
H.4c



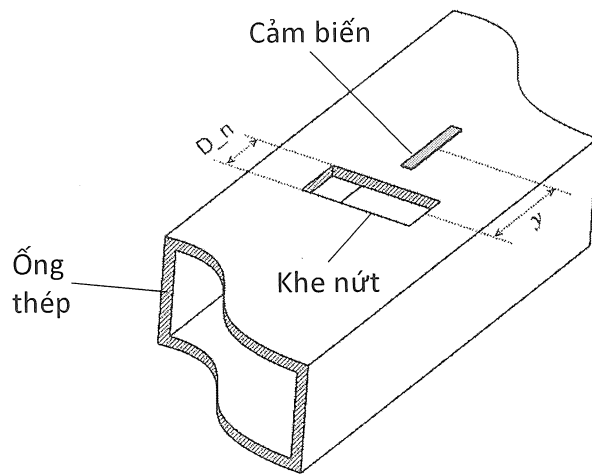
H.4d



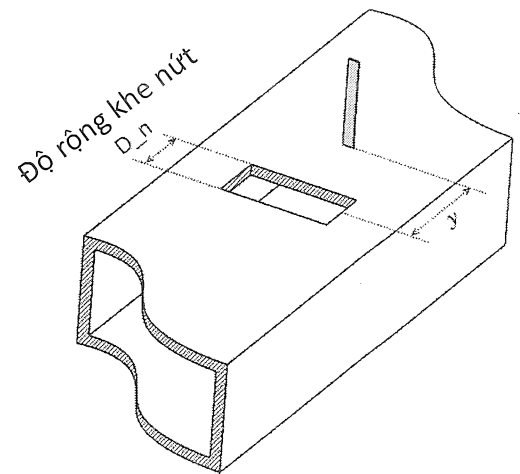
H.4e



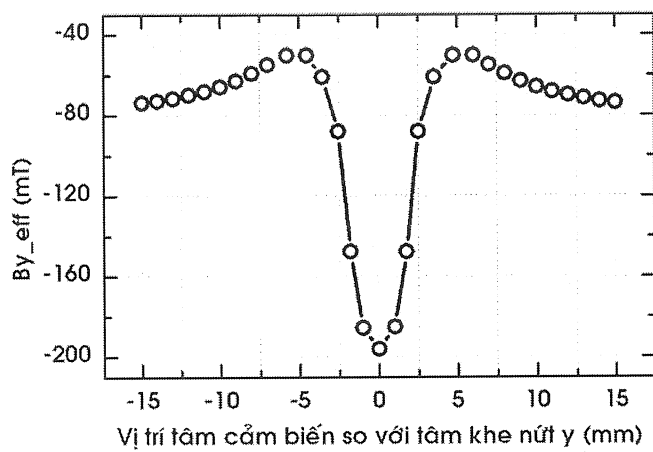
H.4



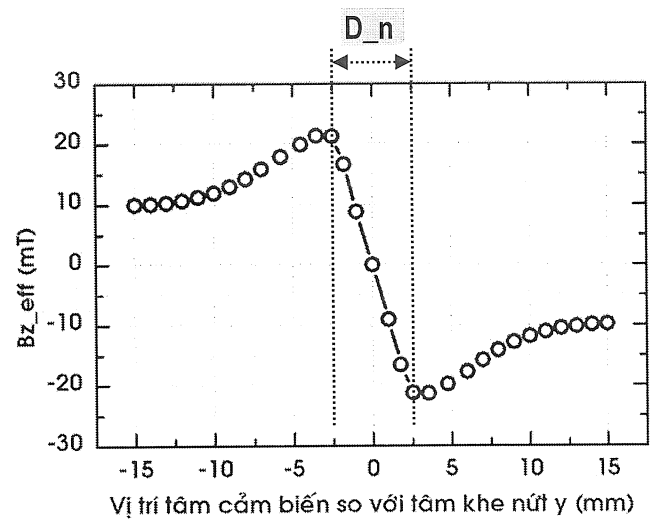
H5a



H5b



H.5c

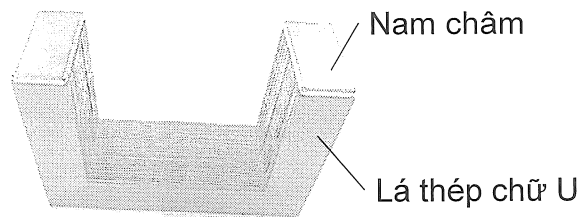


H.5d

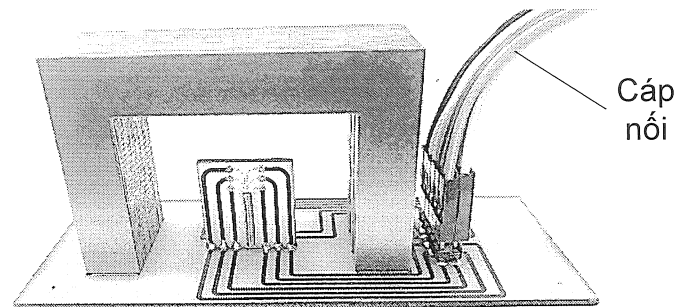
H6a



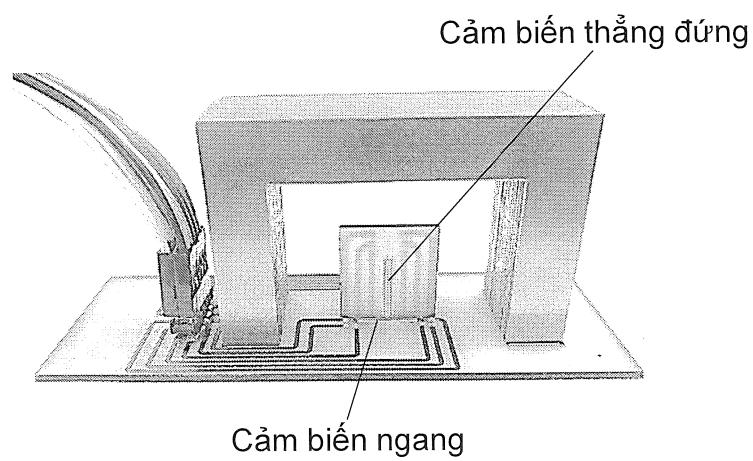
H6b



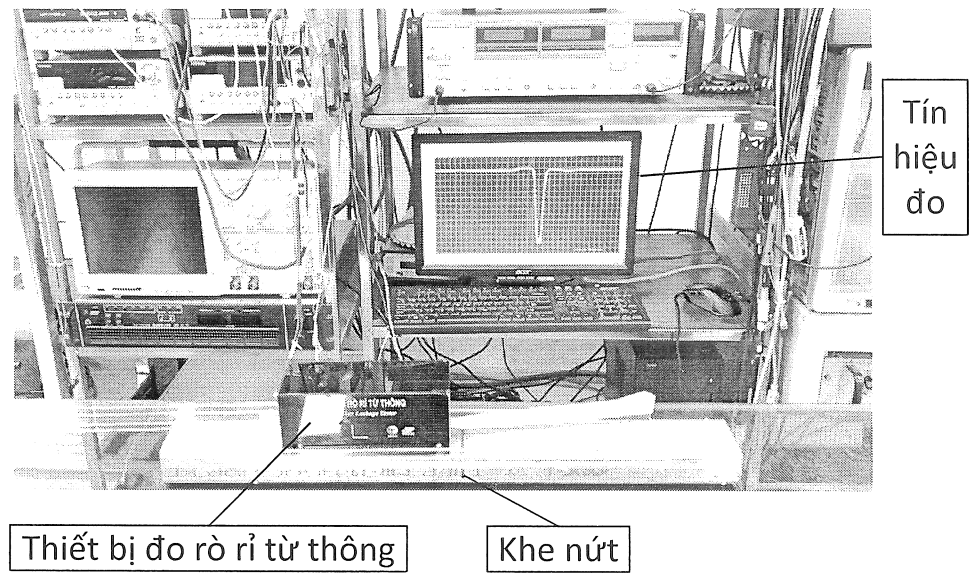
H6c



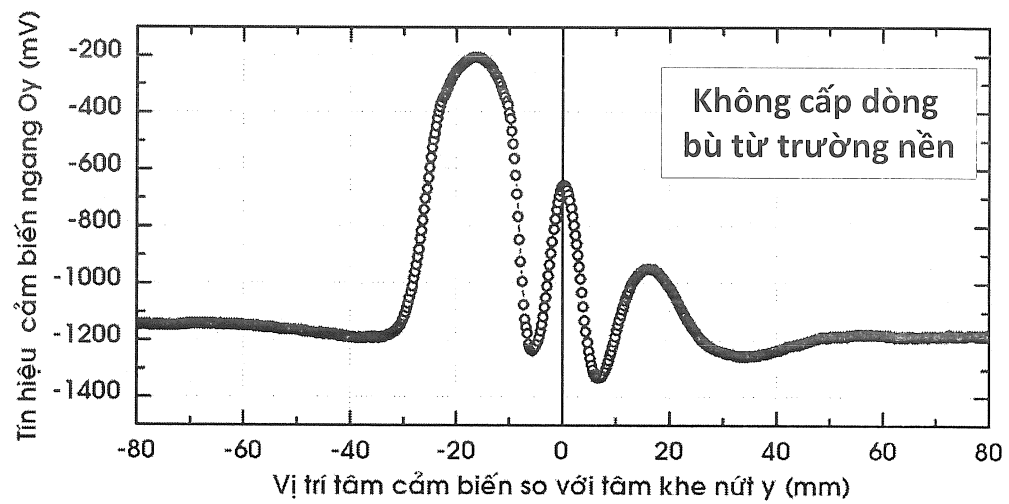
H6d



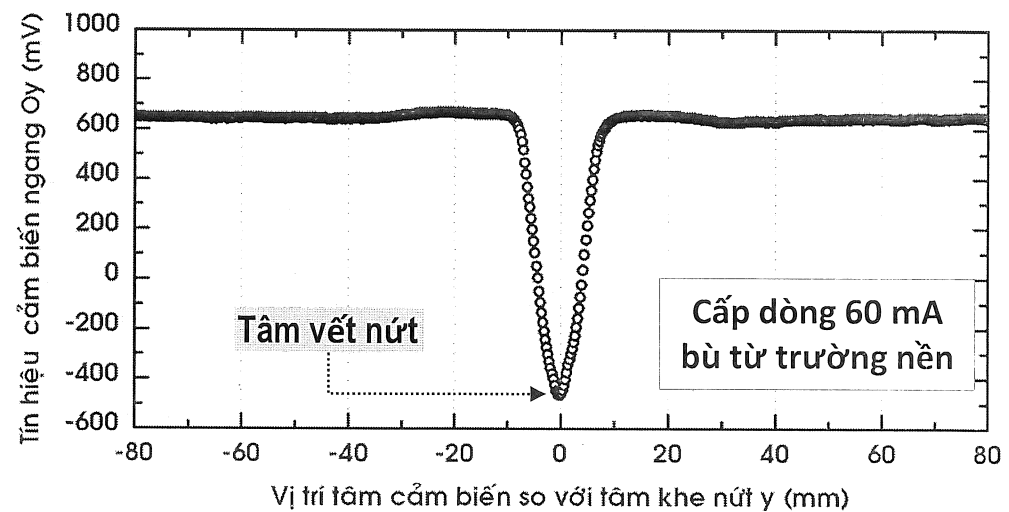
H.7a



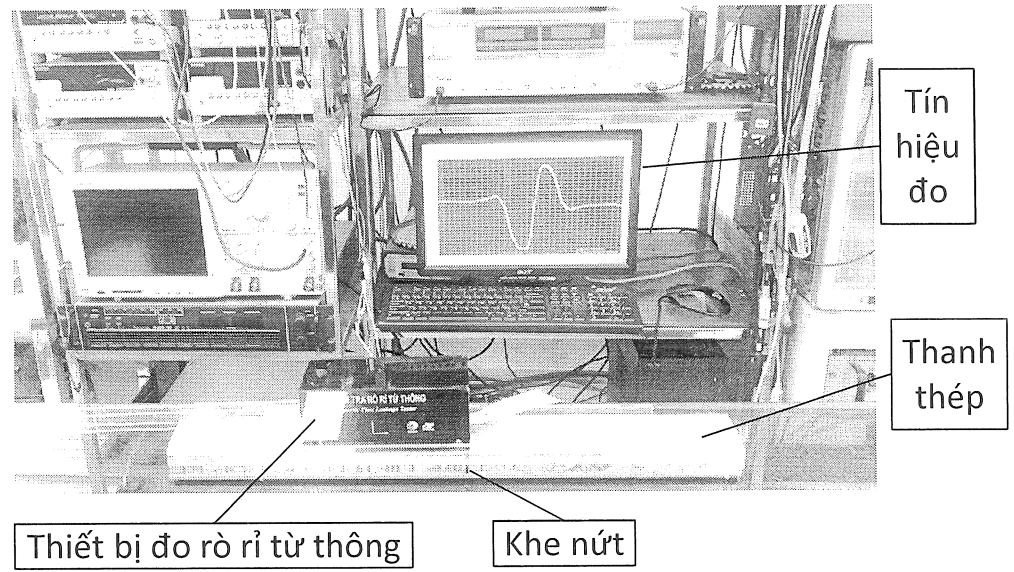
H.7b



H.7c



H.8a



H.8b

