



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

(19) Cộng hòa xã hội chủ nghĩa Việt Nam (VN) (11)
CỤC SỞ HỮU TRÍ TUỆ



1-0036523

(51)⁷ G01R 15/18; G01R 19/00; G01R 15/20 (13) B

(21) 1-2019-03837

(22) 17/07/2019

(45) 25/08/2023 425

(43) 25/01/2021 394

(73) Trường Đại học Công nghệ, Đại học Quốc gia Hà Nội (VN)

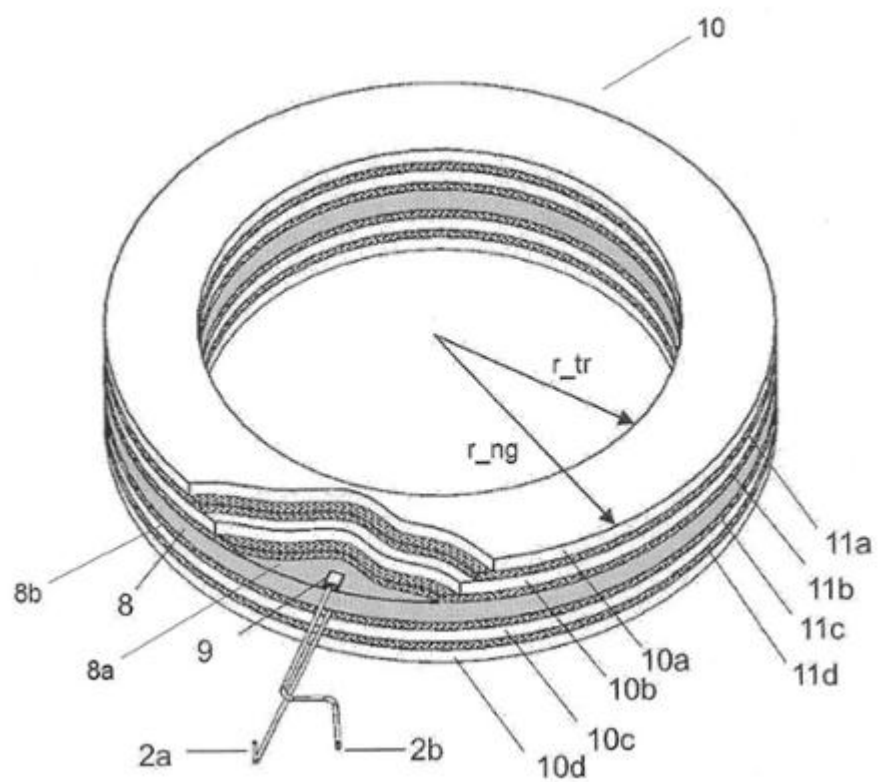
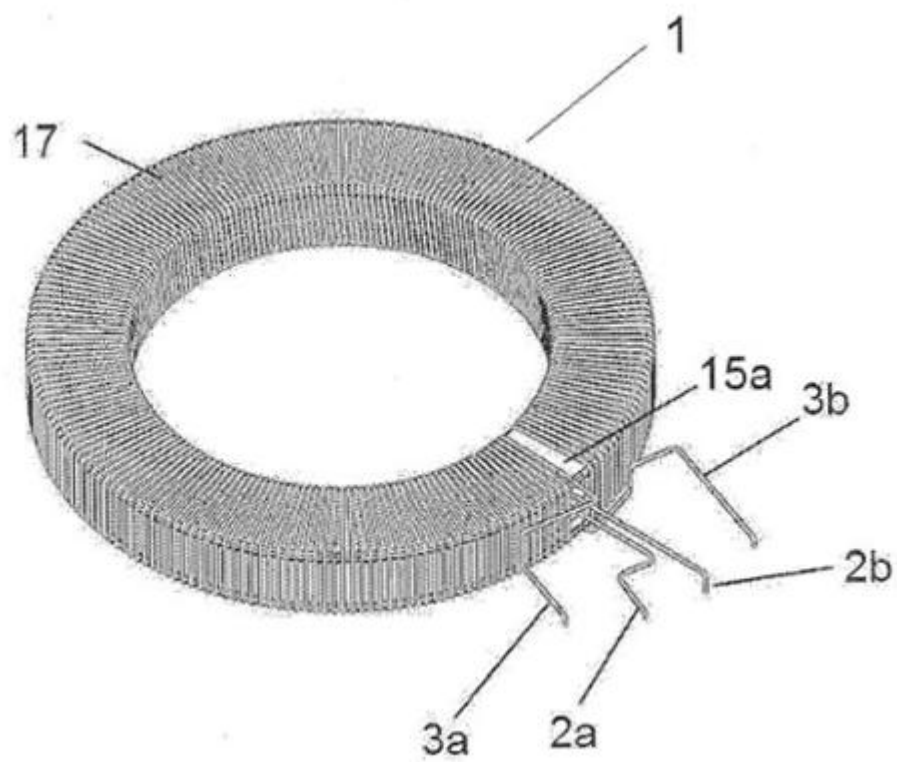
Nhà E3, 144 Xuân Thủy, phường Quan Hoa, quận Cầu Giấy, thành phố Hà Nội

(72) Đỗ Thị Hương Giang (VN); Hồ Anh Tâm (VN); Nguyễn Hữu Đức (VN).

(74) Công ty Luật TNHH Phạm và Liên danh (PHAM & ASSOCIATES)

(54) LINH KIỆN CẢM BIẾN ĐO DÒNG ĐIỆN VÀ PHƯƠNG PHÁP CHẾ TẠO

(57) Sáng chế đề cập tới linh kiện cảm biến (1) có kết cấu bao gồm: phần lõi dạng lớp (10) hình xuyên có các bán kính trong (r_{tr}) và ngoài (r_{ng}), phần lõi (10) bao gồm: tấm nền (8), lớp điện cực (8a, 8b) được tạo ra trên tấm nền (8) và có hai điện cực (2a, 2b). Nhiều tấm vật liệu từ dẻo (10a-10d) có dạng hình xuyên với các lớp keo cách điện (11a-11d) giữa chúng được đặt lên cả hai lớp điện cực (8a, 8b) của phần lõi (8). Giá đỡ phần lõi (15) gần như có dạng hình xuyên được làm thích ứng để bao bọc và chứa phần lõi (10) trong đó. Cuộn dây (17) được cuốn quanh giá đỡ phần lõi (15) sao cho các đầu (3a, 3b) của nó cùng với các đầu (2a, 2b) của hai điện cực phần lõi nhô ra nhờ đó tạo thành linh kiện cảm biến thành phẩm (1). Sáng chế cũng đề cập tới phương pháp chế tạo linh kiện cảm biến.



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 đo dòng điện không phá hủy dựa trên hiệu ứng từ điện. Đây là phép đo gián tiếp thông qua cảm nhận từ trường do dòng điện sinh ra nhờ sử dụng linh kiện cảm biến nhạy từ trường dựa trên hiệu ứng tổ hợp từ giao và áp điện.

Tình trạng kỹ thuật của sáng chế

Linh kiện cảm biến (cảm biến) đo dòng đóng vai trò quan trọng trong đời sống con người trong nhiều lĩnh vực như đời sống, công nghiệp, nghiên cứu. Tùy mục đích ứng dụng khác nhau, các thông số hoạt động của linh kiện cảm biến bao gồm dải đo, độ nhạy, độ phân giải và độ chính xác của tín hiệu cần đo. Cùng với sự phát triển của khoa học công nghệ, nhiều thiết bị đo dòng điện hoạt động dựa theo nhiều nguyên lý khác nhau, được chia thành hai nhóm biến đo dòng phá hủy và không phá hủy.

Phương pháp đo trực tiếp (phương pháp truyền thống): được thực hiện bằng cách mắc một điện trở vào mạch điện có dòng điện cần đo, thông qua đo sụt thế (hiệu điện thế ΔV) qua điện trở này có thể tính toán được dòng điện cần đo dựa trên định luật Ohm qua công thức $I = \frac{\Delta V}{R}$. Ưu điểm của phương pháp này là dễ thực hiện, có thể đo được cả dòng điện một chiều và xoay chiều và có giá thành thấp. Tuy nhiên, nhược điểm của phương pháp là tiêu hao công suất và không phù hợp cho việc đo đặc dòng lớn do nhiệt lượng lớn trên điện trở gây ra sai số cho phép đo ($Q = i^2 R t$). Thêm vào đó, hạn chế lớn nhất của phương pháp này là phải can thiệp vào mạch điện (phá hủy) nên không phù hợp.

Phương pháp đo gián tiếp: thông qua đo từ trường do dòng điện tạo ra (H16) theo định luật Ampere và được xác định bởi công thức (1):

$$H = \frac{I}{2\pi R} \quad (1)$$

Với sợi dây thẳng có dòng điện chạy qua, từ trường tạo ra trong không gian rất nhỏ. Ví dụ, dòng điện $I = 10 \text{ A}$ chạy qua một sợi dây, ở vị trí cách sợi dây $R = 10 \text{ mm}$, giá trị cường độ từ trường tính toán đạt giá trị $159,1 \text{ A/m}$ ($\sim 2 \text{ Oe}$). Giá trị này chỉ cỡ 5 lần từ trường trái đất tạo ra trong không gian trong mặt phẳng nằm ngang ($\sim 0,4 \text{ Oe}$). Chính vì vậy để đo được cường độ dòng điện gián tiếp thông qua đo từ trường này đòi hỏi phải sử dụng các cảm biến đo từ trường rất nhạy. Trong số các cảm biến đang được sử dụng hiện nay dùng cho mục đích đo cường độ dòng điện phải kể đến hai loại phổ biến là flux-gate, cảm biến Hall sử dụng vật liệu bán dẫn và cảm biến dựa trên hiệu ứng từ điện trở. Ưu, nhược điểm của từng cảm biến phục vụ cho mục đích này sẽ được trình bày dưới đây:

Cảm biến đo dòng điện dựa trên hiệu ứng flux-gate: cảm biến này hoạt động dựa trên hiện tượng cảm ứng điện-từ bằng cách đo suất điện động cảm ứng chạy qua một vòng dây thứ cấp cuốn xung quanh một lõi ferrite sắt từ khi có từ trường do dòng điện thẳng chạy qua sợi dây được xuyên qua lõi sắt từ. Ưu điểm của phương pháp này là độ phân giải và độ chính xác cao, thế nên offset và độ trôi tín hiệu thấp và phổ đo rộng lên đến 500 kHz . Tuy nhiên, nhược điểm của phương pháp này là năng lượng tiêu thụ cao gây do phải có nguồn nuôi cấp cho cuộn dây sơ cấp và nguy cơ nhiễu cao phụ thuộc vào các đóng góp của các nguồn nhiễu dòng và thế xung quanh, đặc biệt với nguyên lý này chỉ phù hợp cho đo dòng điện xoay chiều. Độ nhạy của linh kiện cảm biến đo dòng loại này hiện nay đạt mức $0,5 \text{ V/A}$.

Cảm biến đo dòng điện dựa trên hiệu ứng Hall của vật liệu bán dẫn: đây là dòng cảm biến thông dụng đang được sử dụng rộng rãi hiện nay do ưu điểm của nó là có thể đo được cả dòng điện xoay chiều và một chiều, do dòng điện cách ly với mạch điện, không gây tổn hao công suất trong mạch điện như phương pháp đo cổ điển. Tuy vậy, một số nhược điểm của linh kiện cảm biến loại này phải kể đến bao gồm độ nhạy thấp (cỡ vài mV/A), chỉ đo được thành phần từ trường đơn trục do nguyên lý hoạt động của linh kiện cảm biến và do vậy độ chính xác phụ thuộc nhiều vào bố trí cấu hình đo và điều quan trọng phải kể đến là giá thành của thiết bị đo cao do phải có tích hợp với lõi sắt từ để tập trung từ thông.

Cảm biến dòng điện dựa trên hiệu ứng từ điện trở: với ưu điểm là cảm biến loại này rất nhạy với từ trường nên trong đo dòng điện, cảm biến cũng cho độ nhạy dòng lớn hơn so với cảm biến dựa trên hiệu ứng Hall bán dẫn (độ nhạy đạt vài chục mV/A). Tuy nhiên, so với các cảm biến trên thì cảm biến loại này có rất nhiều nhược điểm và do vậy cho đến nay hầu như chưa có nhiều sản phẩm thương mại đo dòng điện dựa trên hiệu ứng này. Trong số các nhược điểm phải kể đến đặc trưng đáp ứng không tuyến tính, hiện tượng nhiễu và trôi nhiệt nhiều, cần một từ trường nuôi rất lớn do đặc tính làm việc của các vật liệu và cấu trúc vật liệu sử dụng chế tạo linh kiện cảm biến và hơn cả là giá thành của thiết bị này cao do đòi hỏi công nghệ chế tạo hiện đại, đắt tiền.

Điều đáng nói đối với phương pháp đo dòng điện gián tiếp sử dụng các linh kiện cảm biến đo từ trường dựa trên hiệu ứng Hall và từ điện trở, để có thể tích hợp được linh kiện cảm biến vào mạch đo, người ta cần phải tạo một khe hở với độ rộng đủ lớn phụ thuộc vào kích thước của linh kiện cảm biến (xem H.17a). Chính vì vậy, với mạch dẫn từ này không gọi là mạch từ kín do có khe hở không khí. Nhược điểm rất lớn của mạch dẫn tập trung từ thông này là sự có mặt của các khe từ này dẫn đến sự suy giảm mạnh của từ thông do dòng điện tạo ra và hơn thế nữa, sự suy giảm này càng nhiều nếu khe có độ rộng càng lớn (xem H.17b). Ví dụ, nếu khe hở từ này tăng từ 1 mm lên 5mm thì từ thông trong khe giảm đi khoảng 5,5 lần. Thêm vào đó, độ rộng của khe hở từ này do kích thước của linh kiện cảm biến qui định, thông thường từ vài mm đến vài cm và do vậy việc tăng cường tập trung từ thông trong mạch từ này sẽ gặp khó khăn. Tốt nhất trong trường hợp này là mạch dẫn từ không có khe hở không khí hay gọi là mạch từ khép kín. Khi đó, toàn bộ từ thông sẽ được tập trung hoàn toàn trong lõi sắt từ và lúc này, từ thông trong mạch dẫn là lớn nhất. Ý tưởng này không thể áp dụng được với các linh kiện cảm biến Hall và từ điện trở do vật liệu làm lõi sắt từ không thể được sử dụng làm linh kiện cảm biến trong một mạch kín liên tục được do yêu cầu đặc tính của vật liệu làm lõi sắt khác với yêu cầu của vật liệu có hiệu ứng Hall hoặc từ điện trở. Do vậy, sự cần thiết phải tìm ra giải pháp thay thế kết hợp giữa (i) đo từ trường dựa trên hiệu ứng mới và (ii) mạch dẫn từ khép kín.

Bản chất kỹ thuật của sáng chế

Các nghiên cứu gần đây đã tìm ra một hiệu ứng vật lý mới tổ hợp giữa vật liệu từ và vật liệu điện có thể đem lại khả năng ứng dụng trong nhiều lĩnh vực đặc biệt là lĩnh

vực đo lường từ trường với độ chính xác và độ nhạy cao. Điều đặc biệt của linh kiện cảm biến loại này là công nghệ chế tạo đơn giản giá thành sản phẩm thấp dễ dàng điều khiển các thông số hoạt động của linh kiện cảm biến bằng cách điều khiển các đặc tính của vật liệu từ giả và áp điện cũng như thiết kế tối ưu cấu hình cho các ứng dụng cụ thể cũng như có thể tích hợp trong các vi mạch theo từng ứng dụng chuyên dụng. Các nghiên cứu cho đến nay trên hiệu ứng này chủ yếu tập trung vào đo từ trường với thiết kế đơn giản mẫu hình chữ nhật. Việc mở rộng và khai thác thêm các khả năng ứng dụng của vật liệu tổ hợp loại này đang hứng hên rất nhiều tiềm năng do đặc tính siêu nhạy với từ trường và dễ dàng cũng như chủ động điều khiển các đặc tính của các pha mà không đòi hỏi nhiều về công nghệ. Với loại linh kiện cảm biến này, vật liệu từ giả chỉ cần có đặc tính từ giả mềm cao đồng nghĩa với tính chất từ mềm tốt (độ thẩm từ cao) kết hợp với một vật liệu áp điện có độ phân cực đáp ứng tốt với ứng suất. Nhờ nguyên tắc này, giải pháp khắc phục cho các linh kiện cảm biến Hall/từ điện trở như được trình bày ở trên có thể được áp dụng trong trường hợp này do vật liệu với độ từ thẩm cao có thể đồng thời đóng vai trò làm lõi sắt từ mềm tập trung từ thông nhưng đồng thời cũng đóng vai trò làm lớp nhạy từ trong vật liệu tổ hợp từ giả áp điện. Chính vì vậy, với hiệu ứng này cho phép có thể chế tạo linh kiện cảm biến đo dòng điện theo thiết kế mạch dẫn từ khép kín không có khe hở từ giúp tăng cường tập trung từ thông và do vậy tăng mạnh độ nhạy và độ phân giải của thiết bị đo so với các dòng linh kiện đo dòng điện đang được sử dụng hiện nay. Với thiết kế mạch dẫn từ khép kín, có thể lựa chọn nhiều thiết kế khác nhau.

Mục đích cơ bản của sáng chế là đề xuất linh kiện cảm biến tổ hợp có kết cấu dạng mạch từ khép kín giúp tăng cường tập trung từ thông nhờ mạch từ liên tục và do đó tăng cường mạnh độ nhạy cũng như độ phân giải của linh kiện cảm biến.

Để đạt được mục đích nêu trên, theo khía cạnh thứ nhất, sáng chế đề xuất linh kiện cảm biến đo dòng điện kiểu không phá hủy, linh kiện cảm biến có kết cấu bao gồm: phần lõi dạng lớp, gần như hình xuyên có đường trục dọc và các kích thước bán kính trong và bán kính ngoài xác định, phần lõi này bao gồm: tám nền có dạng gần như hình xuyên có chiều dày định trước; lớp điện cực có độ dày xác định được tạo ra trên hai mặt đối diện của tám nền và có hai điện cực được gắn cố định lần lượt với hai lớp điện cực ở trạng thái nhô ra khỏi phần lõi theo hướng bán kính của nó; và nhiều tám vật liệu từ giả có dạng gần như hình xuyên với các lớp keo cách điện giữa chúng được xếp chồng thành số lớp

xác định và được đặt lên cả hai lớp điện cực đối diện của phần lõi đã có sẵn lớp keo cách điện trên đó; giá đỡ phần lõi gần như có dạng hình xuyên được làm thích ứng để bao bọc và chứa phần lõi trong đó; và cuộn dây solenoid có đầu ra, đầu vào được cuốn quanh giá đỡ phần lõi có phần lõi được chứa trong đó để sao cho các đầu của nó cùng với các đầu của hai điện cực phần lõi nhô ra theo phương bán kính gần như theo cùng hướng, nhờ đó tạo thành linh kiện cảm biến thành phẩm.

Theo sáng chế, tấm nền được làm bằng vật liệu áp điện. Tốt hơn nữa, vật liệu áp điện là PZT (chứa Chì, Zirconat và Titan) có hệ số cơ điện k_{33} xấp xỉ bằng 0,76.

Có lợi nếu, kích thước bán kính trong, kích thước bán kính ngoài và chiều dày tấm nền được chọn để đáp ứng tần số kích thích và thông số vận hành định trước của linh kiện cảm biến bao gồm dải đo, độ nhạy, độ phân giải và công suất tiêu thụ.

Theo phương án có lợi của sáng chế, vật liệu của tấm từ giảo là các hợp kim của kim loại chuyển tiếp Fe, Co, Ni có pha tạp nguyên tố đất hiếm như Tb, Sm.

Theo một phương án khác, vật liệu của tấm từ giảo là các hợp kim của kim loại chuyển tiếp Fe, Co, Ni không có pha tạp nguyên tố đất hiếm.

Cũng theo một phương án thực hiện sáng chế, lớp keo cách điện và tấm từ giảo có kích thước bán kính trong, bán kính ngoài được chọn gần như bằng kích thước bán kính trong, bán kính ngoài của tấm nền và số lớp được chọn để đáp ứng tần số kích thích và thông số vận hành định trước của linh kiện cảm biến bao gồm dải đo, độ nhạy, độ phân giải và công suất tiêu thụ.

Đặc biệt có ưu điểm nếu số lớp keo cách điện và tấm từ giảo được chọn trong khoảng từ 2 đến 4.

Theo kết cấu được ưu tiên của sáng chế giá đỡ phần lõi có kết cấu bao gồm: khung đỡ bao gồm các vành đỡ trong và ngoài gần như có dạng tròn gần đồng tâm với nhau ít nhất ở ba vị trí bởi các phần đỡ theo bán kính ở cùng một mặt đầu của chúng, bán kính trong của vành ngoài, bán kính ngoài của vành trong và khoảng cách từ các phần đỡ tới mặt đầu kia của các vành đỡ được chọn lần lượt hơi lớn hơn bán kính ngoài, hơi nhỏ hơn bán kính trong và hơi lớn hơn chiều dày tổng cộng của phần lõi; và hai phần nắp gần như có dạng tròn với đường kính ngoài về cơ bản bằng với đường kính ngoài của vành đỡ

ngoài được làm thích ứng để được gắn cố định vào các mặt đầu của các vành đỡ trong và ngoài.

Tốt hơn nếu vật liệu để cuốn cuộn dây solenoid tạo từ trường xoay chiều là đồng.

Theo khía cạnh thứ hai, sáng chế đề xuất phương pháp chế tạo linh kiện cảm biến đo dòng điện kiểu không phá hủy bao gồm các bước: tạo ra tấm nền có dạng gần như hình xuyên có chiều dày định trước; tạo ra lớp điện cực có độ dày xác định được tạo ra trên hai mặt đối diện của tấm nền; gắn cố định hai điện cực lên hai lớp điện cực ở trạng thái nhô ra khỏi phần lõi theo hướng bán kính của nó; tạo các tấm vật liệu từ giảo có dạng gần như hình xuyên; tạo lớp keo cách điện trên một mặt của tấm vật liệu từ giảo; xếp chồng các tấm vật liệu từ giảo đã có lớp keo cách điện trên một mặt để tạo thành chồng tấm có số lớp tấm xác định; tạo lớp keo cách điện trên cả hai lớp điện cực; đặt các chồng tấm lên cả hai lớp điện cực đối diện để tạo ra phần lõi; tạo ra giá đỡ phần lõi gần như có dạng hình xuyên; đặt phần lõi vào bên trong giá đỡ; và quấn dây quanh giá đỡ phần lõi để tạo thành linh kiện cảm biến thành phẩm.

Theo phương án được ưu tiên của sáng chế, bước tạo ra lớp điện cực cho tấm nền được thực hiện bằng công nghệ phún xạ hoặc bốc bay nhiệt.

Với kết cấu linh kiện cảm biến tổ hợp có dạng mạch từ khép kín có các lớp từ giảo và áp điện được ghép đồng trục, linh kiện cảm biến theo sáng chế không chỉ tăng cường tập trung từ thông nhờ mạch từ liên tục mà còn giúp cho việc đo lường chính xác dòng điện trong dây dẫn với sai số nhỏ mà không bị phụ thuộc vào vị trí tương đối của linh kiện cảm biến so với vị trí sợi dây (được qui định bởi khoảng cách R trong công thức (1)). Điều này đảm bảo sai số kết quả dòng điện khi đặt dây dẫn ở các vị trí khác nhau so với linh kiện cảm biến nhỏ hơn 1%. Đặc tính này không thể tìm thấy trên các linh kiện cảm biến đo từ trường dựa trên các hiệu ứng Hall, từ điện trở đang được sử dụng phổ biến hiện nay.

Linh kiện cảm biến có kết cấu nêu trên còn cho phép khử hoàn toàn ảnh hưởng qua lại của trường khử từ được tạo ra bởi các lớp từ giảo khi ghép nhiều lớp đồng trục với nhau trong linh kiện cảm biến. Thông thường, khi xếp các lớp từ mềm với thiết kế mạch từ hở (mạch từ không khép kín) lại gần nhau sẽ dẫn đến hiện tượng tạo ra từ trường khử từ trong không gian dẫn đến làm suy yếu từ trường ngoài tác dụng lên vật liệu, và do đó,

làm suy giảm đáp ứng của vật liệu với dòng điện đo. Từ trường khử từ càng mạnh khi số lớp từ tính càng nhiều và xếp càng gần nhau. Trong sáng chế này, trường khử từ sẽ được loại trừ hoàn toàn nhờ mạch từ khép kín do không có từ trường tán xạ do các lớp từ tính này gửi ra không gian, đường sức từ chỉ tập trung hoàn toàn trong vật liệu mà không tán xạ ra bên ngoài làm ảnh hưởng đến các lớp từ tính khác. Việc ghép nhiều lớp cho phép tăng tỷ phần thể tích của pha từ giáo cho phép tăng tín hiệu đáp ứng của linh kiện cảm biến với dòng điện cần đo do tăng được ứng suất tác dụng lên pha áp điện do từ giáo khi có mặt từ trường ngoài tác động. Độ nhạy cảm biến sẽ tỷ lệ thuận với tỷ phần thể tích của pha từ giáo có mặt trong vật liệu tổ hợp được chế tạo.

Khi sử dụng linh kiện cảm biến theo sáng chế, có khả năng đáp ứng yêu cầu của thiết bị với độ phân giải tới lên tới microampe, độ nhạy lên tới hàng chục Volt/Ampere, sai số rất thấp (nhỏ hơn 1%). Bên cạnh đó, với đặc thù hoạt động của linh kiện cảm biến dựa trên nguyên lý này có ưu điểm công suất tiêu thụ thấp, có độ lặp lại cao, dễ dàng sử dụng lắp đặt, có thể sản xuất hàng loạt ở qui mô phòng thí nghiệm hoặc qui mô công nghiệp với độ lặp lại và ổn định cao.

Mô tả vắn tắt các hình vẽ

H.1a và H.1b lần lượt là hình vẽ phối cảnh thể hiện giá đỡ phần lõi và linh kiện cảm biến hoàn chỉnh theo một phương án được ưu tiên của sáng chế;

H.2 là hình vẽ phối cảnh thể hiện phần lõi của linh kiện cảm biến theo phương án thực hiện sáng chế;

H.3 là hình vẽ phối cảnh thể hiện giá đỡ phần lõi;

H.4 là hình vẽ phối cảnh thể hiện kết cấu gồm linh kiện cảm biến hoàn chỉnh kết hợp với bo mạch điện tử;

H.5 là hình vẽ dạng sơ đồ minh họa phương pháp chế tạo linh kiện cảm biến theo phương án thực hiện sáng chế;

H.6 là hình vẽ dạng sơ đồ minh họa các kết cấu mạch dẫn từ khép kín không có khe hở và không có dạng hình xuyên;

H.7 là hình vẽ phối cảnh dạng sơ đồ minh họa cách bố trí cảm biến và dây dẫn trong bài toán mô phỏng;

H.8 là hình vẽ biểu thị kết quả mô phỏng phân bố từ thông trên bề mặt vật liệu từ giữa của linh kiện cảm biến khi dòng điện được bố trí ở hai vị trí khác nhau trong hai trường hợp mạch từ hở (hình trên) và mạch từ khép kín (hình dưới);

H.9 là đồ thị sự phụ thuộc của cảm ứng từ hiệu dụng vào vị trí đặt dây dẫn mang dòng điện khi cho dây dẫn chạy dọc trục linh kiện cảm biến (trục Ox) (hình bên trái) và chạy dọc trục đối xứng của linh kiện cảm biến (trục Oy) (hình bên phải) trên thiết kế mạch hở có hình chữ nhật;

H.10 là đồ thị sự phụ thuộc của cảm ứng từ hiệu dụng vào vị trí đặt dây dẫn mang dòng điện khi cho dây dẫn chạy dọc trục Ox trên thiết kế mạch từ khép kín có hình xuyên;

H.11 là đồ thị tín hiệu linh kiện cảm biến thu được từ kết quả thực hiện mô phỏng với số lớp từ giữa $N = 2$ và 4 trên hai cấu hình linh kiện cảm biến khác nhau tương ứng với mạch từ hở và mạch từ khép kín;

H.12a và H.12b lần lượt là đồ thị sự phụ thuộc tín hiệu linh kiện cảm biến chế tạo được trong hai cấu hình linh kiện cảm biến có cùng số lớp từ giữa như nhau với thiết kế mạch từ hở hình chữ nhật có chiều dài $L = 15$ mm và mạch từ khép kín hình xuyên có bán kính trung bình $r_{TB} = 5, 7$ và 9 mm khi cho dây dẫn mang dòng điện di chuyển ở các vị trí khác nhau so với linh kiện cảm biến;

H.13 là đồ thị sự phụ thuộc tín hiệu linh kiện cảm biến chế tạo được trong hai cấu hình linh kiện cảm biến với thiết kế mạch từ hở hình chữ nhật và mạch từ khép kín hình xuyên có số lớp từ giữa $N = 2$ và $N = 4$;

H.14 là đồ thị sự phụ thuộc tín hiệu linh kiện cảm biến đo dòng điện có cấu trúc mạch từ khép kín có bán kính trung bình $r_{TB} = 5$ mm và số lớp từ giữa $N = 2$ vào cường độ dòng điện đo;

H.15 là Đồ thị sự phụ thuộc tín hiệu linh kiện cảm biến đo dòng điện có cấu trúc mạch từ khép kín có bán kính trung bình $r_{TB} = 5$ mm và số lớp từ giữa $N = 2$ vào bước nhảy cường độ dòng điện đo $10 \mu A/\text{bước}$;

H.16 là hình vẽ minh họa từ trường do dòng điện thẳng sinh ra trong không gian là các đường tròn đồng tâm khép kín theo giải pháp kỹ thuật đã biết; và

H.17a và H.17b lần lượt là hình vẽ phối cảnh thể hiện linh kiện cảm biến đã biết dựa trên hiệu ứng Hall/từ điện trở tích hợp với mạch dẫn từ hở và đồ thị cảm ứng từ trường phụ thuộc vào dòng điện chạy trong dây dẫn đo trong khe hở của mạch dẫn từ với độ rộng khe thay đổi.

Mô tả chi tiết sáng chế

Nguyên lý hoạt động của linh kiện cảm biến không phụ thuộc vào vị trí của cuộn dây do cảm biến được đề cập hoạt động dựa theo nguyên lý từ giảo-áp điện sẽ được mô tả chi tiết dưới đây. Kết quả tính toán và mô phỏng lý thuyết sử dụng công cụ mô phỏng chuyên dụng Ansys Maxwell theo phương pháp phần tử hữu hạn. Các dấu hiệu kỹ thuật cơ bản khác biệt của linh kiện cảm biến theo sáng chế về cơ bản được dựa trên kết quả mô phỏng thực hiện trên hai cấu hình linh kiện cảm biến có kích thước tương đương được thiết kế theo hình chữ nhật truyền thống và hình xuyên như được mô tả theo sáng chế này.

Xét trong hệ tọa độ không gian (x, y, z), một dây dẫn thẳng chạy dọc trục thẳng đứng Oz được cấp 1 dòng điện có cường độ 1 A chạy dọc sợi dây (xem H.7). Linh kiện cảm biến đo dòng điện được bố trí trong mặt phẳng Oxy, dây dẫn thẳng mang dòng điện chạy qua nằm dọc trục thẳng đứng (trục Oz). Vị trí của sợi dây được xác định bởi tọa độ (xo,yo) trong mặt phẳng nằm ngang. Sự mô phỏng được thực hiện khi cho sợi dây di chuyển với tọa độ (xo,yo) thay đổi để đánh giá sai số của linh kiện cảm biến phụ thuộc vào vị trí dòng điện. Kích thước của linh kiện cảm biến được lựa chọn để mô phỏng như sau:

Với thiết kế hình chữ nhật: dài $\times$ rộng $\times$ dày tương ứng 15mm $\times$ 1,5mm $\times$ 0,018mm

Với thiết kế hình xuyên: Đường kính trung bình 15mm và độ rộng xuyên 1,5mm, chiều dày 0,018mm.

Khi có dòng điện chạy qua dây dẫn, từ trường trong không gian ra dòng điện sinh ra là từ trường xoáy với đường sức là các đường tròn đồng tâm tác dụng lên cảm biến. Lớp vật liệu từ giảo dưới tác dụng của từ trường này sẽ xảy ra quá trình từ hóa và biến dạng do hiện tượng từ giảo sẽ xuất hiện. Độ biến dạng từ giảo được đặc trưng bởi hệ số từ giảo theo công thức:

$$\lambda = \frac{\lambda(H) - \lambda(H=0)}{\lambda(H=0)} \quad (3)$$

Do biến dạng từ giảo phụ thuộc vào mức độ hưởng ứng từ độ (M) của lớp này với từ trường nên cùng một dòng điện đi qua dây dẫn, nếu từ độ M hay cảm ứng từ (B) thu được trên vật liệu càng lớn thì tín hiệu cảm biến càng lớn.

Bằng phương pháp mô phỏng có thể tính toán được từ độ hay cảm ứng từ hiệu dụng (B_{eff}) trên toàn bộ thể tích vật liệu từ giảo được sử dụng để chế tạo linh kiện cảm biến (thể tích V) khi đặt lại gần một dây dẫn mang dòng điện và thông qua đó có thể đánh giá được tín hiệu linh kiện cảm biến khi làm việc với chức năng đo dòng điện phụ thuộc vào cấu hình vật liệu và cách bố trí đo đạc. Giá trị B_{eff} được tính toán có sử dụng công thức:

$$B_{eff} = \frac{1}{V} \int B dV \quad (2)$$

Từ giá trị tính toán cảm ứng từ hiệu dụng, sai số phụ thuộc vào vị trí của dòng điện được xác định bởi công thức:

$$\text{Sai số} = \frac{B_{eff}^{max} - B_{eff}^{min}}{B_{eff}^{max}} \times 100\% \quad (3)$$

Giá trị này sẽ được sử dụng trong các so sánh định lượng tín hiệu linh kiện cảm biến được thiết kế mạch từ kín được đề cập trong sáng chế này với cấu trúc mạch từ hở truyền thống.

Ở cùng vị trí khoảng cách từ sợi dây đến vật liệu linh kiện cảm biến, cảm ứng từ hiệu dụng tính toán trung bình trên thể tích phần tử từ tính của linh kiện cảm biến thu được từ kết quả mô phỏng có độ lớn lớn gấp ba lần trên cấu trúc mạch từ khép kín hình xuyên so với mạch hở hình chữ nhật. Kết quả mô phỏng được đưa ra trên hình H.8 với sự phân bố từ thông trên bề mặt linh kiện cảm biến sẽ minh chứng cho kết cấu từ khép kín dạng hình xuyên có tác dụng tăng cường tập trung từ thông như đã mô tả trên đây

Kết quả mô phỏng khi cho dây dẫn chạy trong không gian ở các vị trí khác nhau so với vị trí đặt linh kiện cảm biến được thực hiện trên hai loại linh kiện cảm biến có thiết kế dạng mạch từ khép kín được thực hiện bởi sáng chế và với cấu trúc mạch từ hở hình

chữ nhật truyền thống. H.9 là hình vẽ mô tả kết quả đạt được từ mô phỏng giá trị cảm ứng từ hiệu dụng khi cho dây dẫn di chuyển theo các trục khác nhau trên thiết kế mạch hở và H.10 là hình vẽ mô tả kết quả thu được trên thiết kế mạch từ khép kín. Kết quả cho thấy với mạch từ khép kín, cảm ứng từ hiệu dụng giữ nguyên giá trị không đổi với sai số nhỏ hơn 0,6% khi dây dẫn thay đổi vị trí trong không gian bên trong vòng xuyên. Trong khi đó với cấu trúc mạch hở hình chữ nhật với cùng và cách di chuyển như nhau thì cảm ứng từ hiệu dụng thay đổi mạch dao động trong khoảng từ 43% đến 246% khi cho dòng điện di chuyển dọc trục song song trục cảm biến và dọc trục đối xứng của cảm biến.

Như vậy ý tưởng về việc chế tạo cấu trúc từ khép kín minh chứng cho ý tưởng thực hiện của sáng chế bởi hiện tượng không phụ thuộc vào vị trí của dây dẫn mang dòng điện được thể hiện với sai số nhỏ hơn 0,6% khi mô phỏng trên thiết kế mạch từ khép kín trong khi đó với mạch từ hở thì sai số này có thể lên đến 250%.

H.11 là kết quả mô phỏng được thực hiện khi tăng số lớp từ giảo từ $N = 2$ lên $N = 4$ thực hiện trên hai cấu hình linh kiện cảm biến với mạch từ hở và mạch từ khép kín với tín hiệu linh kiện cảm biến được tính toán sử dụng công thức:

$$\text{Tín hiệu} = N^2 * B_{\text{eff}}^2 \quad (4)$$

Kết quả cho thấy khi tăng số lớp từ giảo lên gấp đôi thì tín hiệu linh kiện cảm biến tương ứng cũng tăng lên gần gấp đôi (98%) đối với cấu hình linh kiện cảm biến có thiết kế mạch kín dạng hình xuyên trong khi đó kết quả trên mạch hở hoàn toàn ngược lại, đó là suy giảm 32% khi số lớp tăng lên. Điều này lý giải cho việc tăng tỷ lệ phần thể tích của pha từ giảo bằng cách tăng số lớp từ giảo gắn liền với sự tăng ứng suất do pha này tác dụng lên tấm áp điện và do vậy giúp cho việc tăng cường tín hiệu linh kiện cảm biến. Độ tăng lên của tín hiệu cùng với độ tăng lên của độ nhạy tỷ lệ thuận với số lượng lớp từ giảo được sử dụng.

Tiếp theo, linh kiện cảm biến và phương pháp chế tạo sẽ được mô tả chi tiết có dựa vào các hình vẽ kèm theo.

Như được thể hiện trên H.1b và H.2, linh kiện cảm biến được biểu thị bằng số chỉ dẫn 1 có kết cấu bao gồm:

Phần lõi dạng lớp 10 gần như hình xuyên có đường trục dọc và các kích thước bán kính trong r_{tr} và bán kính ngoài r_{ng} xác định, phần lõi 10 này bao gồm: tấm nền 8 có dạng gần như hình xuyên có chiều dày định trước, các lớp điện cực 8a, 8b có độ dày xác định được tạo ra trên hai mặt đối diện của tấm nền 8 và có hai điện cực 2a, 2b được gắn cố định lần lượt với hai lớp điện cực 8a, 8b tại các vị trí 9, chẳng hạn bằng cách hàn ở trạng thái nhô ra khỏi phần lõi 10 theo hướng bán kính của nó.

Nhiều tấm vật liệu từ giáo, chẳng hạn 10a, 10b và 10c, 10d có dạng gần như hình xuyên với các lớp keo cách điện giữa chúng, chẳng hạn 11a, 11d được xếp chồng thành số lớp xác định và được đặt lên cả hai lớp điện cực đối diện 8a, 8b của phần lõi 10 đã có sẵn lớp keo cách điện trên đó, chẳng hạn 11b, 11c.

Như được thể hiện trên H.3, giá đỡ phần lõi 15 gần như có dạng hình xuyên được làm thích ứng để bao bọc và chứa phần lõi 10 trong đó. Trên H.1b, cuộn dây solenoid 17 có đầu ra 3a, đầu vào 3b được cuốn quanh giá đỡ phần lõi 15 có phần lõi 10 được chứa trong đó để sao cho các đầu 3a, 3b của nó cùng với các đầu của hai điện cực 2a, 2b phần lõi nhô ra theo phương bán kính gần như theo cùng hướng, nhờ đó tạo thành linh kiện cảm biến thành phẩm 1.

Theo sáng chế, tấm nền 8 được làm bằng vật liệu áp điện. Tốt hơn nếu, vật liệu áp điện là PZT (chứa Chì, Zirconat và Titan) có hệ số cơ điện k_{33} xấp xỉ bằng 0,76.

Có lợi nếu, kích thước bán kính trong r_{tr} , kích thước bán kính ngoài r_{ng} và chiều dày tấm nền 8 được chọn để đáp ứng tần số kích thích và thông số vận hành định trước của linh kiện cảm biến bao gồm dải đo, độ nhạy, độ phân giải và công suất tiêu thụ.

Mối liên hệ giữa tần số kích thích (f) của linh kiện cảm biến với kích thước bán kính trung bình (r_{TB}) và các thông số đặc trưng bao gồm khối lượng riêng của vật liệu nền (ρ) và mô đun đàn hồi (S) được biểu diễn bởi công thức:

$$f = \frac{1}{2\pi.r_{TB}} \sqrt{\frac{1}{\rho S}}$$

với phương án thực hiện ưu tiên của sáng chế sử dụng tấm vật liệu nền là tấm áp điện PZT, các thông số tương ứng được sử dụng $\rho = 7570 \text{ kg/m}^3$ và $S = 19.6 \times 10^{-12}$.

Theo phương án có lợi của sáng chế, vật liệu của các tấm từ giả 10a, 10b và 10c, 10d là các hợp kim của kim loại chuyển tiếp Fe, Co, Ni có pha tạp nguyên tố đất hiếm như Tb, Sm.

Theo một phương án khác, vật liệu của tấm từ giả 10a, 10b và 10c, 10d là các hợp kim của kim loại chuyển tiếp Fe, Co, Ni không có pha tạp nguyên tố đất hiếm.

Cũng theo một phương án thực hiện sáng chế, các lớp keo cách điện 11a, 11b, 11c, 11d và các tấm từ giả 10a, 10b và 10c, 10d có kích thước bán kính trong, bán kính ngoài được chọn gần như bằng kích thước bán kính trong r_{tr} , bán kính ngoài r_{ng} của tấm nền 8 và số lớp N được chọn để đáp ứng tần số kích thích và thông số vận hành định trước của linh kiện cảm biến bao gồm dải đo, độ nhạy, độ phân giải và công suất tiêu thụ.

Đặc biệt có ưu điểm nếu số lớp keo cách điện và tấm từ giả N được chọn trong khoảng từ 2 đến 4.

Theo kết cấu được ưu tiên của sáng chế, như được thể hiện trên H.3, giá đỡ phần lõi 15 có kết cấu bao gồm: khung đỡ bao gồm các vành đỡ trong 12 và ngoài 14 gần như có dạng tròn được gắn đồng tâm với nhau ít nhất ở ba vị trí bởi các phần đỡ 13a, 13b và 13c theo bán kính ở cùng một mặt đầu của chúng.

Bán kính trong của vành ngoài 14, bán kính ngoài của vành trong 12 và khoảng cách từ các phần đỡ 13a, 13b, 13c tới mặt đầu kia của các vành đỡ 12 và 14 được chọn lần lượt hơi lớn hơn bán kính ngoài r_{ng} , hơi nhỏ hơn bán kính trong r_{tr} và hơi lớn hơn chiều dày tổng cộng của phần lõi 10.

Hai phần nắp 15a và 15b gần như có dạng tròn với đường kính ngoài về cơ bản bằng với đường kính ngoài của vành đỡ ngoài 14 được làm thích ứng để được gắn cố định vào các mặt đầu của các vành đỡ trong 12 và ngoài 14.

Tốt hơn nếu vật liệu để chế tạo giá đỡ là vật liệu polyme không từ tính.

Tốt hơn nếu vật liệu để cuốn cuộn dây solenoid 17 tạo từ trường xoay chiều là đồng.

Theo khía cạnh thứ hai, sáng chế đề xuất phương pháp chế tạo linh kiện cảm biến đo dòng điện kiểu không phá hủy, phương pháp chế tạo bao gồm các bước:

tạo ra tấm nền 8 có dạng gần như hình xuyến có chiều dày định trước;

tạo ra lớp điện cực 8a, 8b có độ dày xác định được tạo ra trên hai mặt đối diện của tấm nền 8;

gắn cố định hai điện cực 2a, 2b lên hai lớp điện cực 8a, 8b ở trạng thái nhô ra khỏi phần lõi 10 theo hướng bán kính của nó;

tạo các tấm vật liệu từ giảo 10a-10d có dạng gần như hình xuyên;

tạo lớp keo cách điện trên một mặt của tấm vật liệu từ giảo;

xếp chồng các tấm vật liệu từ giảo 10a, 10b và 10c, 10d đã có lớp keo cách điện 11a, 11b và 11c, 11d trên một mặt để tạo thành chồng tấm có số lớp tấm xác định;

tạo lớp keo cách điện 11b, 11c trên cả hai lớp điện cực 8a, 8b;

đặt các chồng tấm lên cả hai lớp điện cực đối diện 8a, 8b để tạo ra phần lõi 10;

tạo ra giá đỡ phần lõi 15 gần như có dạng hình xuyên;

đặt phần lõi 10 vào bên trong giá đỡ 15; và

quấn dây 17 quanh giá đỡ phần lõi 15 để tạo thành linh kiện cảm biến thành phẩm

1.

Theo phương án được ưu tiên của sáng chế, bước tạo ra lớp điện cực được thực hiện bằng công nghệ phun xạ hoặc bốc bay nhiệt.

Theo sáng chế, tấm vật liệu từ giảo được tạo dạng bằng mỏng vô định hình, được cắt hình xuyên bằng máy phay CNC sử dụng mũi phay hợp kim chuyên dụng với góc đỉnh 10 độ. Tốt hơn là vật liệu được cắt ở chế độ lạnh (có làm mát bằng khí hoặc nước) để đảm bảo không làm suy yếu tính chất từ mềm của vật liệu.

Ngoài ra, tấm nền được cắt hình xuyên cùng kích thước, công nghệ, thiết bị và điều kiện như tấm vật liệu từ giảo.

Phần lõi hình xuyên được tạo ra bằng cách kết dính các tấm vật liệu từ giảo đã tạo ra trên đây lên hai mặt của tấm nền nhờ sử dụng keo dán chuyên dụng. Để đảm bảo lớp keo kết dính được đồng đều và độ dày đồng nhất và không quá dày (tốt hơn hết không chế lớp keo dính khoảng vài micromet), kết dính tốt, áp lực nén trong suốt quá trình kết dính các lớp và tấm này với nhau được không chế 4000 N/m^2 .

Tốt hơn nếu giá đỡ phần lõi được làm bằng vật liệu không từ tính. Theo một phương án, vật liệu nhựa cứng phay CNC được sử dụng để tạo hình theo thiết kế. Giá đỡ phần lõi sau khi chế tạo hoàn thiện được đặt phần lõi vào bên trong và được gắn chặt các

nắp bảo vệ phía trên và dưới bằng keo đảm bảo ngăn bụi và độ ẩm xâm nhập vào bên trong.

Cuốn cuộn dây solenoid xung quanh giá đỡ phần lõi được chế tạo bằng dây đồng bọc cách điện xếp chặt có đường kính 0,03mm.

Cuối cùng, đóng gói hoàn thiện linh kiện cảm biến bao gồm phần lõi trong giá đỡ phần lõi đã được cuộn cuộn dây lên mạch in được thiết kế phù hợp và hàn điện cực lên các vị trí tương ứng của mạch in. Phủ epoxy lên điện cực để bảo vệ linh kiện cảm biến trong quá trình làm việc.

Tiếp theo, kết cấu gồm linh kiện cảm biến hoàn chỉnh kết hợp với bo mạch điện tử được thể hiện trên H.4. Trên hình vẽ này, số chỉ dẫn 1 là linh kiện cảm biến được tạo ra theo sáng chế. Số chỉ dẫn 2a, 2b là điện cực kết nối từ linh kiện tới mạch in. Số chỉ dẫn 3a, 3b là điện cực kết nối từ cuộn dây solenoid tới mạch in. Số chỉ dẫn 4 là điện cực trên mạch in. Số chỉ dẫn 5 là mạch in. Số chỉ dẫn 6a, 6d là chân cắm với khối nguồn điện xoay chiều kích thích. Số chỉ dẫn 6b, 6c là chân cắm với khối thu tín hiệu từ linh kiện cảm biến. Số chỉ dẫn 7 là dây dẫn.

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.12a và H.12b là các đồ thị thể hiện sự phụ thuộc tín hiệu linh kiện cảm biến chế tạo được trong hai cấu hình linh kiện cảm biến với thiết kế mạch từ hở hình chữ nhật và mạch từ khép kín hình xuyên với cùng số lớp từ giao nhau khi cho dây dẫn mang dòng điện di chuyển ở các vị trí khác nhau so với cảm biến.

Tín hiệu linh kiện cảm biến theo thiết kế mạch từ khép kín có tín hiệu linh kiện cảm biến dao động từ 60 mV đến 140 mV khi kích thước bán kính trung bình hình xuyên $r_{TB} (= (r_{in} + r_{out})/2$ giảm xuống từ 9mm xuống 5mm. Kích thước linh kiện cảm biến càng nhỏ, tín hiệu thu được từ linh kiện cảm biến càng lớn do từ trường nhận được tại bề mặt linh kiện cảm biến càng mạnh. Trong khi đó, với mẫu linh kiện cảm biến mạch từ hở theo cấu hình hình chữ nhật thì tín hiệu linh kiện cảm biến chỉ đạt được cỡ 2,1 mV,

nhỏ hơn vài chục lần so với linh kiện cảm biến có thiết kế mạch từ khép kín. Điều này minh chứng cho ý tưởng khép kín từ thông và nhờ đó tăng cường đáng kể tín hiệu linh kiện cảm biến đo dòng điện theo cấu trúc từ khép kín của linh kiện cảm biến đo dòng điện dựa trên hiệu ứng từ giảo-áp theo sáng chế.

Các linh kiện cảm biến theo sáng chế đều cho thấy chúng không phụ thuộc vào vị trí dây dẫn khi cho dòng điện thay đổi vị trí khác nhau bên trong hình xuyên với sai số trong tất cả các mẫu đo đều dưới 1%. Trong khi đó, với mẫu cảm biến theo thiết kế mạch từ hở hình chữ nhật thì sai số khi cho dòng điện thay đổi vị trí khác nhau dọc theo trục cảm biến lên tới 292% phù hợp với kết quả thực hiện mô phỏng đã mô tả theo sáng chế.

Việc thử nghiệm được thực hiện với các mẫu linh kiện cảm biến có số lớp từ giảo $N = 2$ và $N = 4$ trên cả hai cấu hình linh kiện cảm biến mạch hở (hình chữ nhật) và mạch kín (hình xuyên). Kết quả đo trên mẫu linh kiện cảm biến với cấu hình mạch từ khép kín hình xuyên kích thước khác nhau cho thấy khi tăng số lớp từ giảo lên gấp đôi, tín hiệu mẫu tăng từ 54% đến 70% tùy thuộc vào kích thước hình xuyên. Trong khi đó, với mạch từ hở, việc tăng số lớp lên gấp đôi thì ngược lại lại dẫn đến sự suy giảm tín hiệu linh kiện cảm biến đi 9%. Điều này chứng tỏ, việc tăng số lớp hay nói khác đi, tăng thể tích đóng góp của pha từ giảo và do đó, tăng cường ứng suất từ giảo và nhờ vậy, tăng cường tín hiệu linh kiện cảm biến đo được chỉ được quan sát thấy trên mẫu có thiết kế mạch từ khép kín. Còn với mẫu mạch từ hở thì việc làm này lại kéo theo suy giảm từ trường trên linh kiện cảm biến và dẫn đến giảm tín hiệu điện lõi ra do đóng góp của trường khử từ của các lớp từ giảo được đặt thêm vào. Do đó, có thể thấy rằng mạch từ khép kín giúp khử hoàn toàn từ trường khử từ và do vậy dễ dàng tăng tín hiệu linh kiện cảm biến cũng như độ nhạy độ phân giải nhờ tăng số lớp từ giảo trong vật liệu tổ hợp chế tạo linh kiện cảm biến.

Kết quả chạy thử nghiệm linh kiện cảm biến sau khi được đóng gói hoàn thiện được đo với các giá trị cường độ dòng điện khác nhau. Kết quả đo cho thấy tín hiệu đo được từ linh kiện cảm biến phụ thuộc hoàn toàn tuyến tính vào cường độ dòng điện và không có độ trễ chứng tỏ sự ổn định và lặp lại cao của linh kiện cảm biến. Từ độ dốc của đường cong, đường fit thực nghiệm đánh giá độ nhạy của linh kiện cảm biến đạt được 2943 mV/A (= 2,943 V/A). Để đánh giá độ phân giải của linh kiện cảm biến đo dòng

điện chế tạo được, phép đo thực nghiệm được tiến hành với các bước thay đổi nhỏ của cường độ dòng điện theo thời gian tương ứng $10 \mu\text{A}/\text{bước}$. Kết quả khảo sát được đưa ra trên đồ thị trên H.15 cho thấy tín hiệu linh kiện cảm biến hoạt động ổn định với sự thay đổi nhỏ của dòng điện xuống tới cỡ microampe. Đây cũng chính là độ phân giải cho phép của linh kiện cảm biến khi hoạt động ở chế độ đo cường độ dòng điện. Sáng chế đã nghiên cứu và phát triển hoàn chỉnh công nghệ chế tạo linh kiện cảm biến với chức năng đo cường độ dòng điện dựa trên hiệu ứng từ giảo - áp điện theo ý tưởng mạch từ khép kín có thiết kế hình xuyên với ba mục đích: (i) tăng cường tập trung từ thông; (ii) khử trường khử từ và (iii) cho phép tăng cường độ nhạy và độ phân giải nhờ tăng số lớp vật liệu từ giảo mà không gây ảnh hưởng khử từ đến các lớp từ giảo lân cận. Ý tưởng này không thể tìm thấy trên các mạch từ hở theo thiết kế hình chữ nhật truyền thống.

Với thiết kế khép kín mạch từ và tận dụng lợi thế đặc tính từ mềm của các vật liệu từ giảo được sử dụng trong linh kiện cảm biến, độ nhạy của linh kiện đạt V/A và độ phân giải xuống tới microampe trên linh kiện cảm biến được đề cập trong sáng chế có thông số vượt trội so với các dòng cảm biến đo dòng điện dựa trên hiệu ứng flux-gate và cảm biến Hall bán dẫn đang được bán trên thị trường hiện nay. Ưu thế của linh kiện cảm biến loại này là chính vật liệu tổ hợp trong đó có các lớp từ giảo có thiết kế hình xuyên vừa đóng vai trò là lớp sinh ra ứng suất khi có mặt từ trường của dòng điện nhưng cũng đồng thời đóng vai trò là mạch khép kín từ thông như được tích hợp trong các dòng cảm biến thương mại. Tuy nhiên, trong trường hợp linh kiện cảm biến theo sáng chế, chỉ cần một vài lớp từ giảo mỏng là đủ để tập trung từ thông lên linh kiện cảm biến không như các cảm biến thương mại có kích thước lõi từ ferrit tới vài cm^3 . Với lợi thế này, linh kiện cảm biến được chế tạo theo sáng chế sẽ có thêm lợi thế về giá cả cạnh tranh do không tiêu tốn nhiều vật liệu, công nghệ chế tạo đơn giản cùng với các thông số vượt trội về độ nhạy độ phân giải.

Khả năng ứng dụng công nghiệp

Linh kiện cảm biến đo dòng điện dựa trên hiệu ứng từ điện và mạch từ khép kín 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 đo dòng điện kiểu không phá hủy, linh kiện cảm biến có kết cấu bao gồm:

phần lõi dạng lớp, gần như hình xuyên có đường trục dọc và các kích thước bán kính trong và bán kính ngoài xác định, phần lõi này bao gồm:

tấm nền có dạng gần như hình xuyên có chiều dày định trước;

lớp điện cực có độ dày xác định được tạo ra trên hai mặt đối diện của tấm nền và có hai điện cực được gắn cố định lần lượt với hai lớp điện cực ở trạng thái nhô ra khỏi phần lõi theo hướng bán kính của nó; và

nhiều tấm vật liệu từ giảo có dạng gần như hình xuyên với các lớp keo cách điện giữa chúng được xếp chồng thành số lớp xác định và được đặt lên cả hai lớp điện cực đối diện của phần lõi đã có sẵn lớp keo cách điện trên đó;

giá đỡ phần lõi gần như có dạng hình xuyên được làm thích ứng để bao bọc và chứa phần lõi trong đó; và

cuộn dây solenoid có đầu ra, đầu vào được cuốn quanh giá đỡ phần lõi có phần lõi được chứa trong đó để sao cho các đầu của nó cùng với các đầu của hai điện cực phần lõi nhô ra theo phương bán kính gần như theo cùng hướng, nhờ đó tạo thành linh kiện cảm biến thành phẩm.

2. Linh kiện cảm biến theo điểm 1, trong đó tấm nền được làm bằng vật liệu áp điện.

3. Linh kiện cảm biến theo điểm 2, trong đó vật liệu áp điện là PZT (chứa Chì, Zirconat và Titan) có hệ số cơ điện k_{33} xấp xỉ bằng 0,76.

4. Linh kiện cảm biến theo điểm bất kỳ trong số các điểm 2 hoặc 3, trong đó kích thước bán kính trong, kích thước bán kính ngoài và chiều dày tấm nền được chọn để đáp ứng tần số kích thích và thông số vận hành định trước của linh kiện cảm biến bao gồm dải đo, độ nhạy, độ phân giải và công suất tiêu thụ.

5. Linh kiện cảm biến theo điểm 1, trong đó vật liệu của tấm từ giảo là các hợp kim của kim loại chuyển tiếp Fe, Co, Ni có pha tạp nguyên tố đất hiếm như Tb, Sm.

6. Linh kiện cảm biến theo điểm 1, trong đó vật liệu của tấm từ giả là các hợp kim của kim loại chuyển tiếp Fe, Co, Ni không có pha tạp nguyên tố đất hiếm.

7. Linh kiện cảm biến theo điểm 5 hoặc 6, trong đó lớp keo cách điện và tấm từ giả có kích thước bán kính trong, bán kính ngoài được chọn gần như bằng kích thước bán kính trong, bán kính ngoài của tấm nền và số lớp được chọn để đáp ứng tần số kích thích và thông số vận hành định trước của linh kiện cảm biến bao gồm dải đo, độ nhạy, độ phân giải và công suất tiêu thụ.

8. Linh kiện cảm biến theo điểm 7, trong đó số lớp keo cách điện và tấm từ giả được chọn trong khoảng từ 2 đến 4.

9. Linh kiện cảm biến theo điểm 1, trong đó giá đỡ phần lõi có kết cấu bao gồm:

khung đỡ bao gồm các vành đỡ trong và ngoài gần như có dạng tròn gần đồng tâm với nhau ít nhất ở ba vị trí bởi các phần đỡ theo bán kính ở cùng một mặt đầu của chúng, bán kính trong của vành ngoài, bán kính ngoài của vành trong và khoảng cách từ các phần đỡ tới mặt đầu kia của các vành đỡ được chọn lần lượt hơi lớn hơn bán kính ngoài, hơi nhỏ hơn bán kính trong và hơi lớn hơn chiều dày tổng cộng của phần lõi; và

hai phần nắp gần như có dạng tròn với đường kính ngoài về cơ bản bằng với đường kính ngoài của vành đỡ ngoài được làm thích ứng để được gắn cố định vào các mặt đầu của các vành đỡ trong và ngoài.

10. Linh kiện cảm biến theo điểm bất kỳ trong số các điểm nêu trên, trong đó vật liệu để cuốn cuộn dây solenoid tạo từ trường xoay chiều là đồng.

11. Phương pháp chế tạo linh kiện cảm biến đo dòng điện kiểu không phá hủy bao gồm các bước:

tạo ra tấm nền có dạng gần như hình xuyên có chiều dày định trước;

tạo ra lớp điện cực có độ dày xác định được tạo ra trên hai mặt đối diện của tấm nền;

gắn cố định hai điện cực lên hai lớp điện cực ở trạng thái nhô ra khỏi phần lõi theo hướng bán kính của nó;

tạo các tấm vật liệu từ giả có dạng gần như hình xuyên;

tạo lớp keo cách điện trên một mặt của tấm vật liệu từ giả;

xếp chồng các tấm vật liệu từ giảo đã có lớp keo cách điện trên một mặt để tạo thành chồng tấm có số lớp tấm xác định;

tạo lớp keo cách điện trên cả hai lớp điện cực;

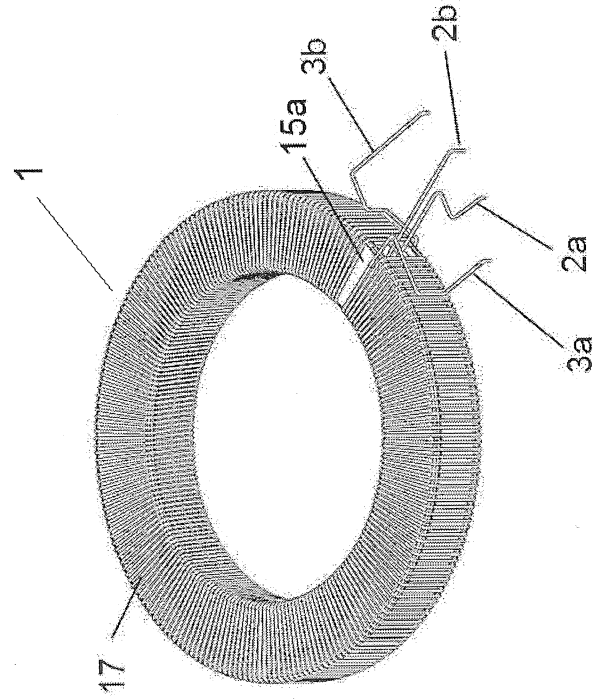
đặt các chồng tấm lên cả hai lớp điện cực đối diện để tạo ra phần lõi;

tạo ra giá đỡ phần lõi gần như có dạng hình xuyên;

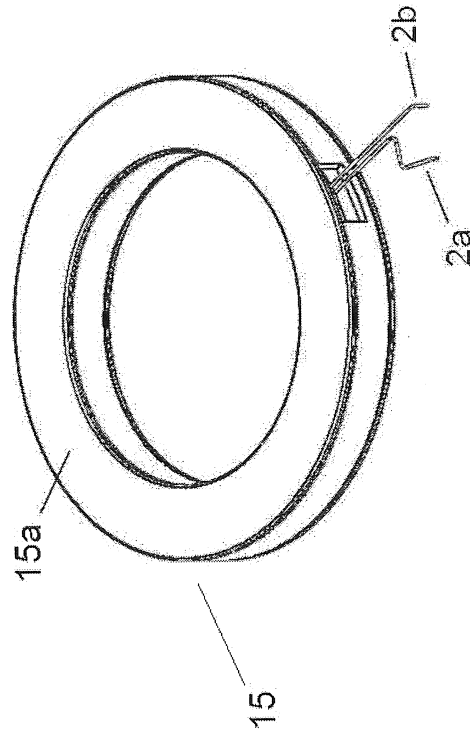
đặt phần lõi vào bên trong giá đỡ; và

quấn dây quanh giá đỡ phần lõi để tạo thành linh kiện cảm biến thành phẩm.

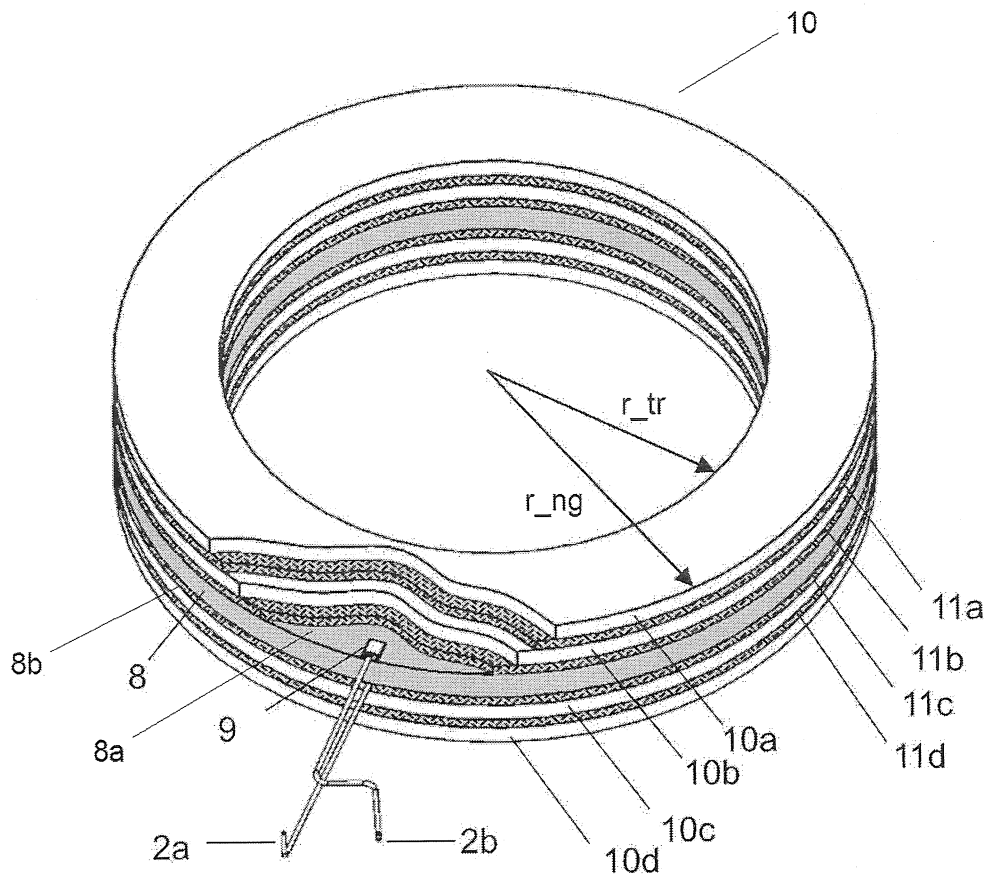
12. Phương pháp theo điểm 11, trong đó bước tạo ra lớp điện cực được thực hiện bằng công nghệ phún xạ hoặc bốc bay nhiệt.

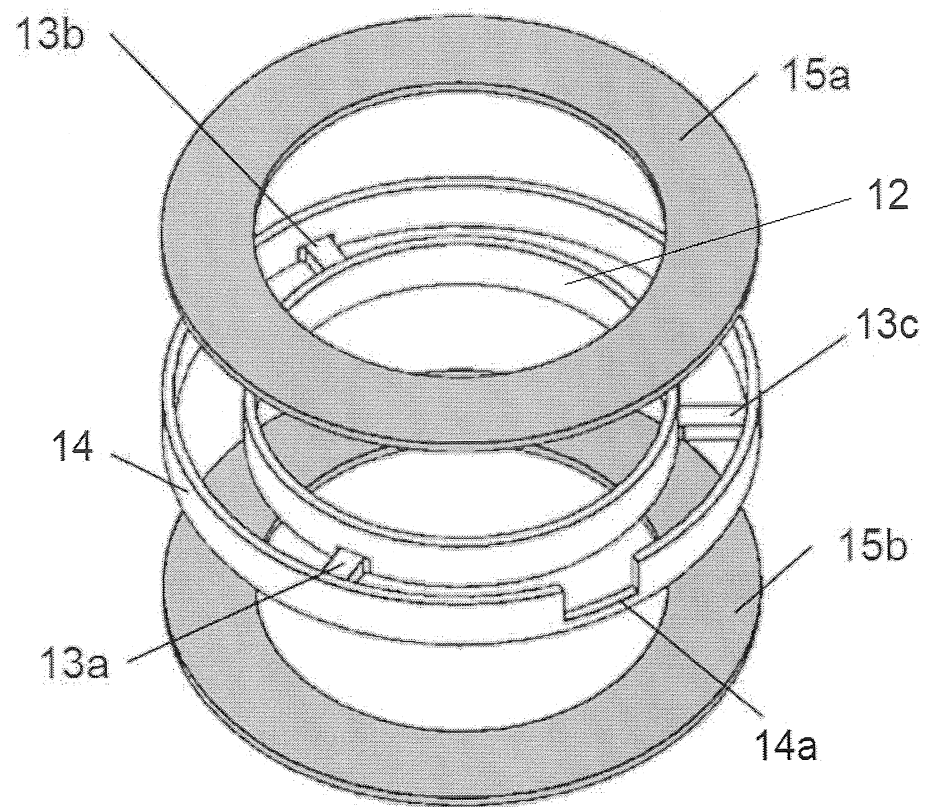


H.1b

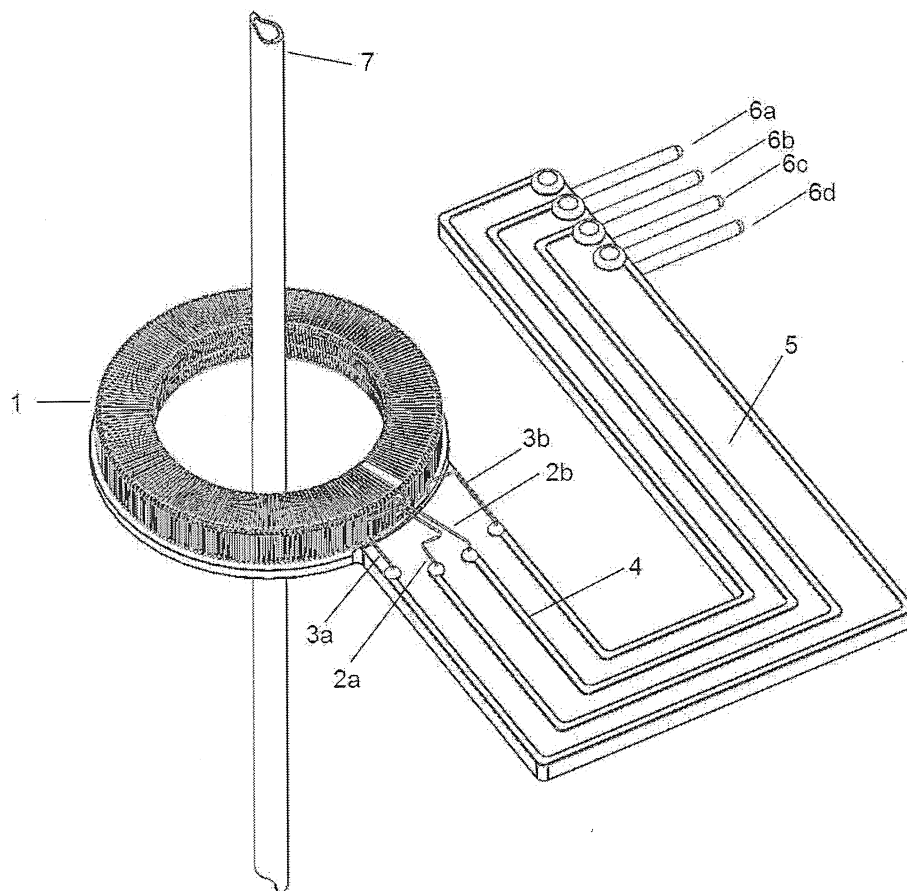


H.1a

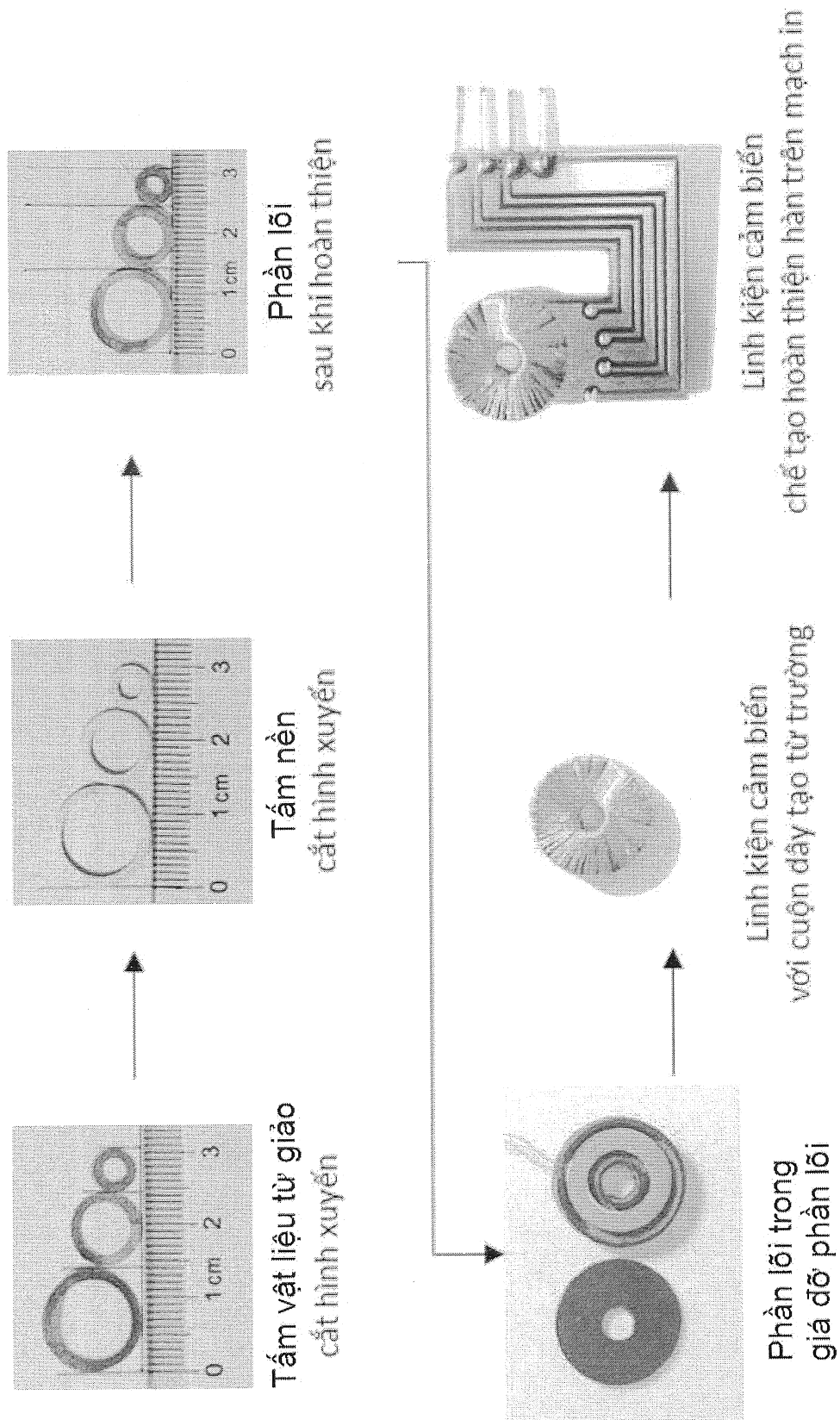
**H.2**

**H.3**

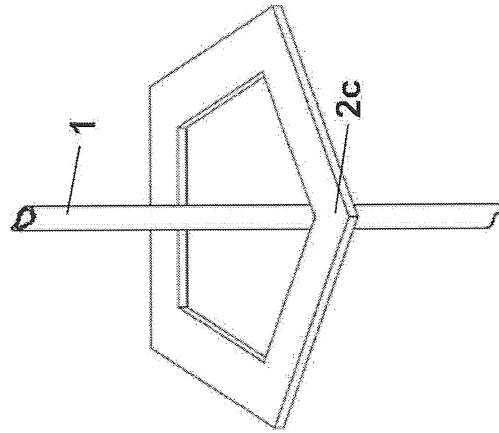
4/17



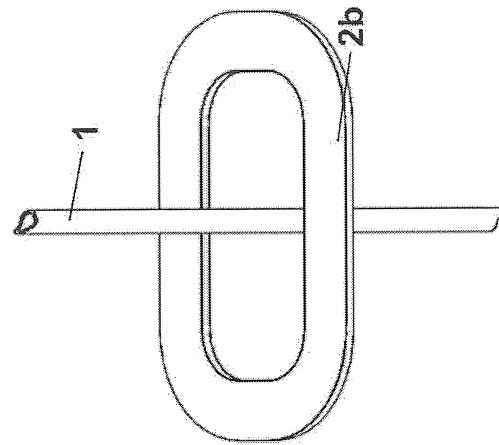
H.4



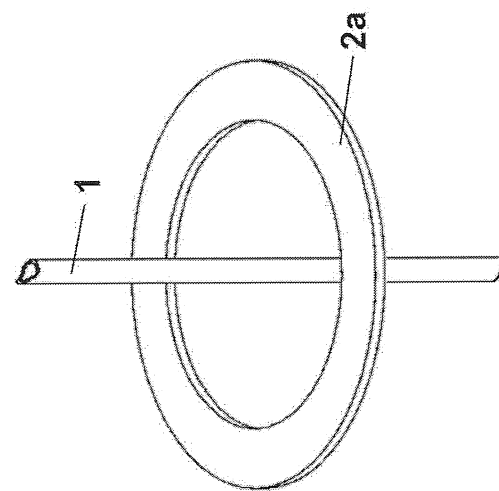
H.5



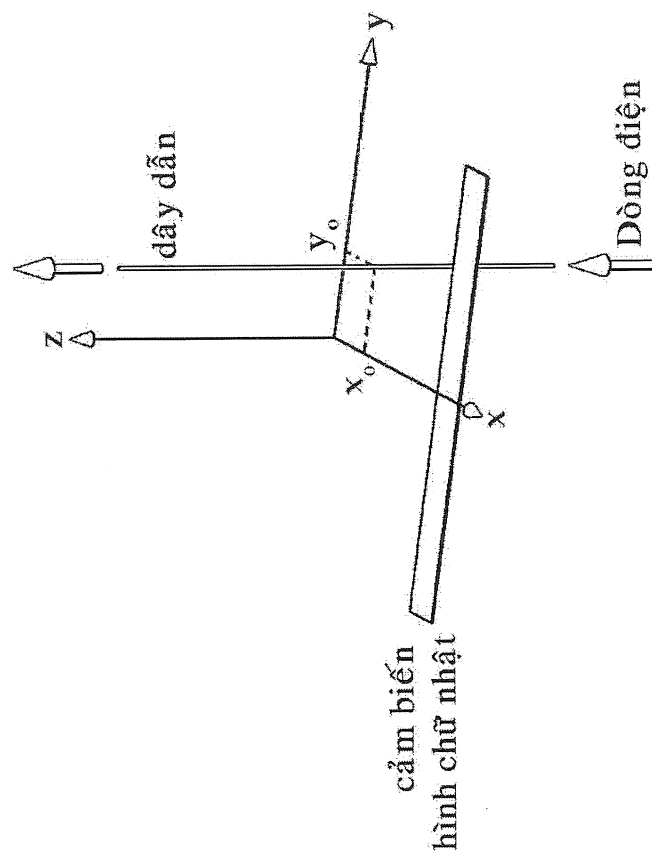
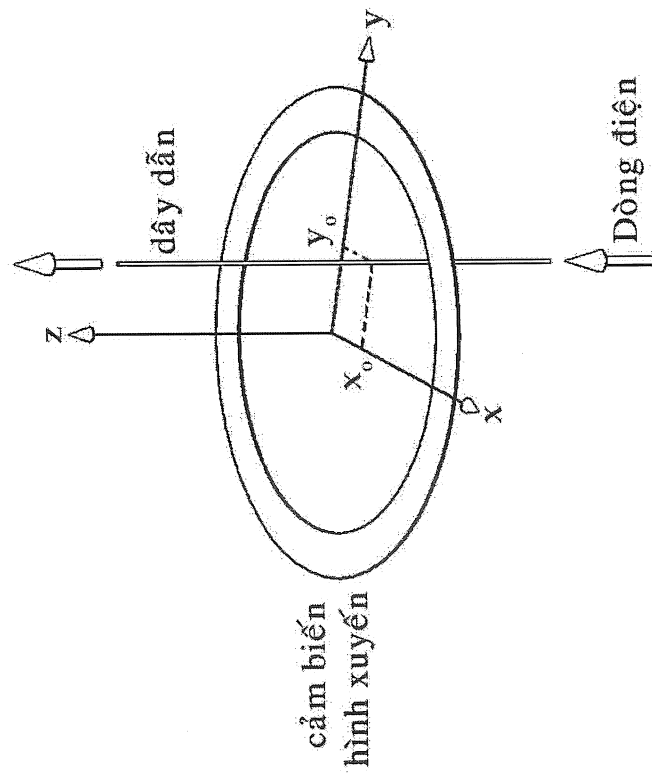
H.6c



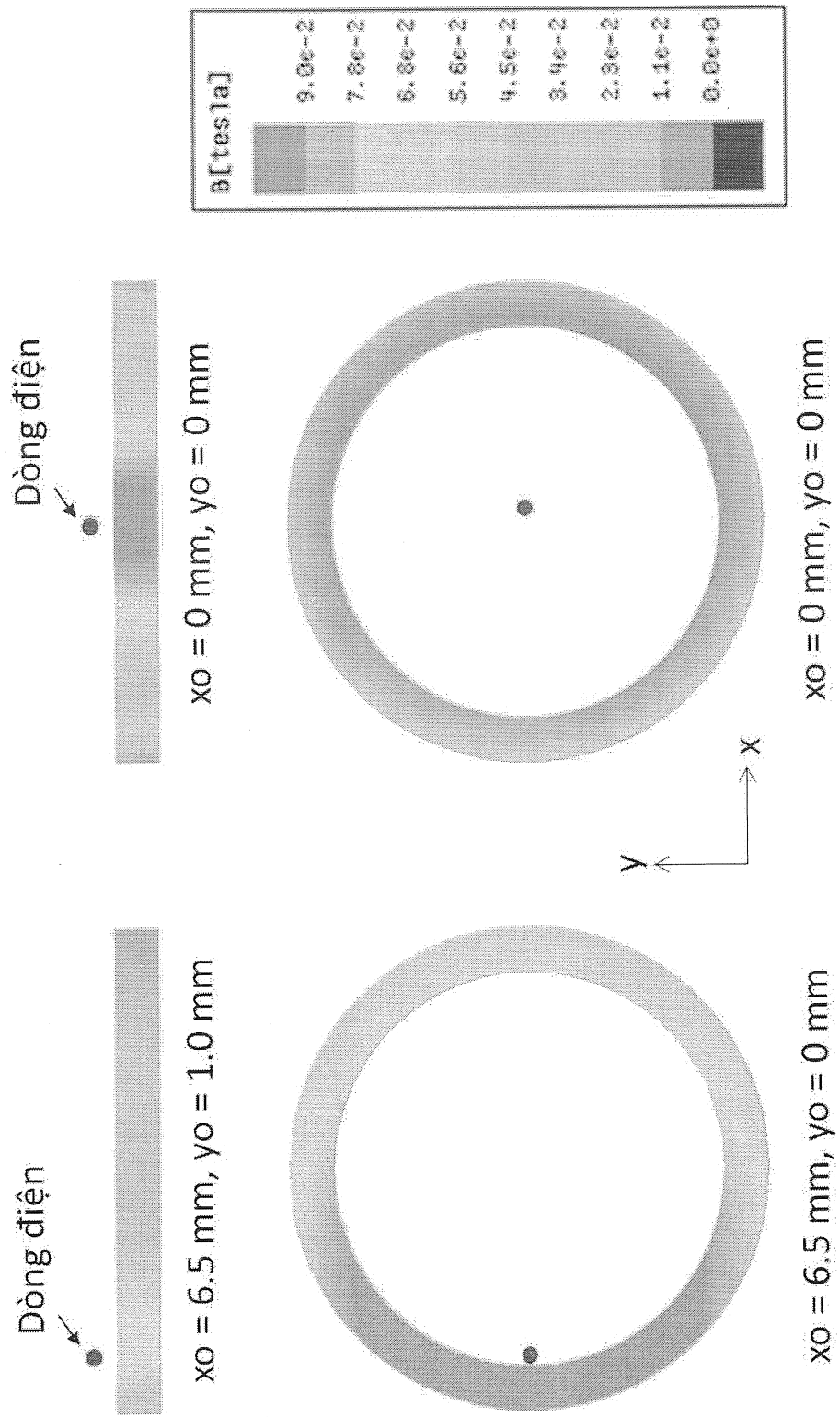
H.6b



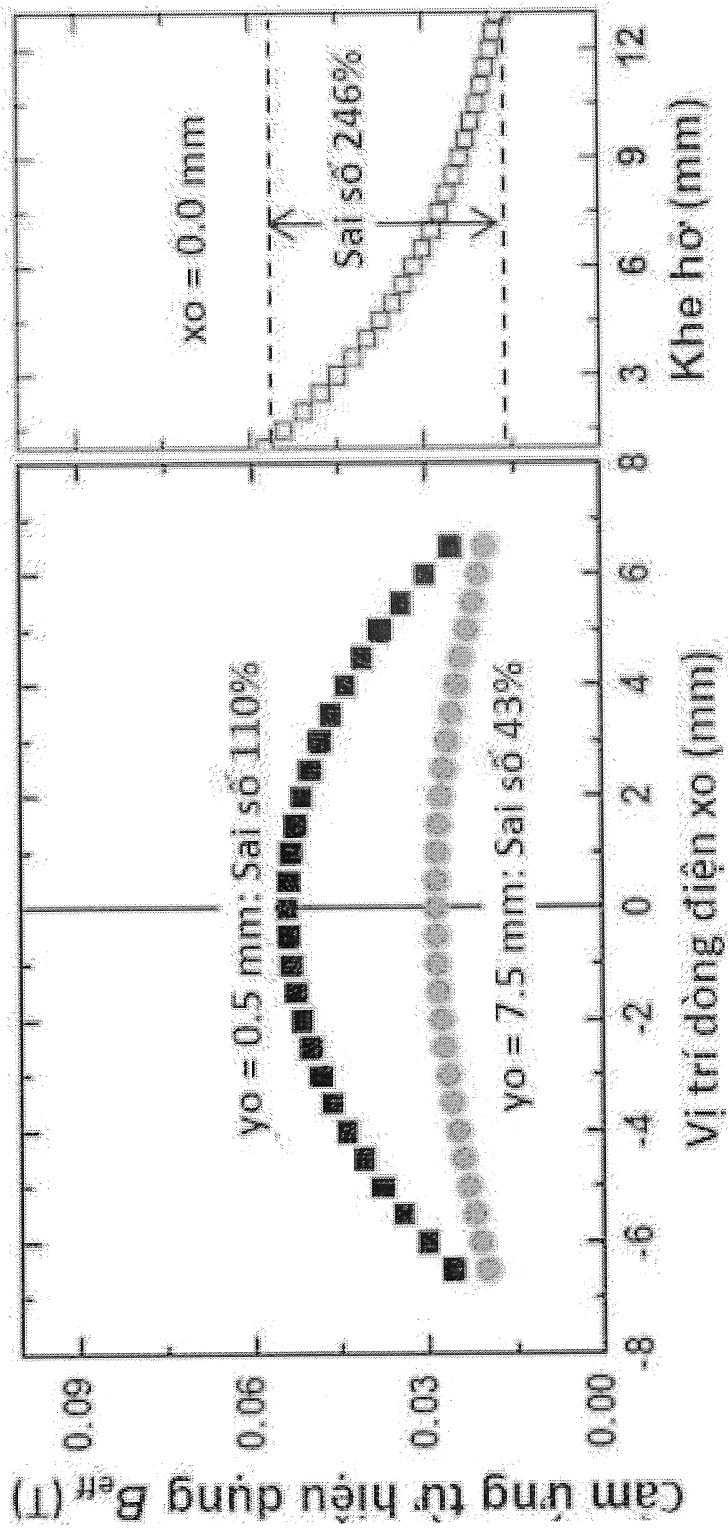
H.6a



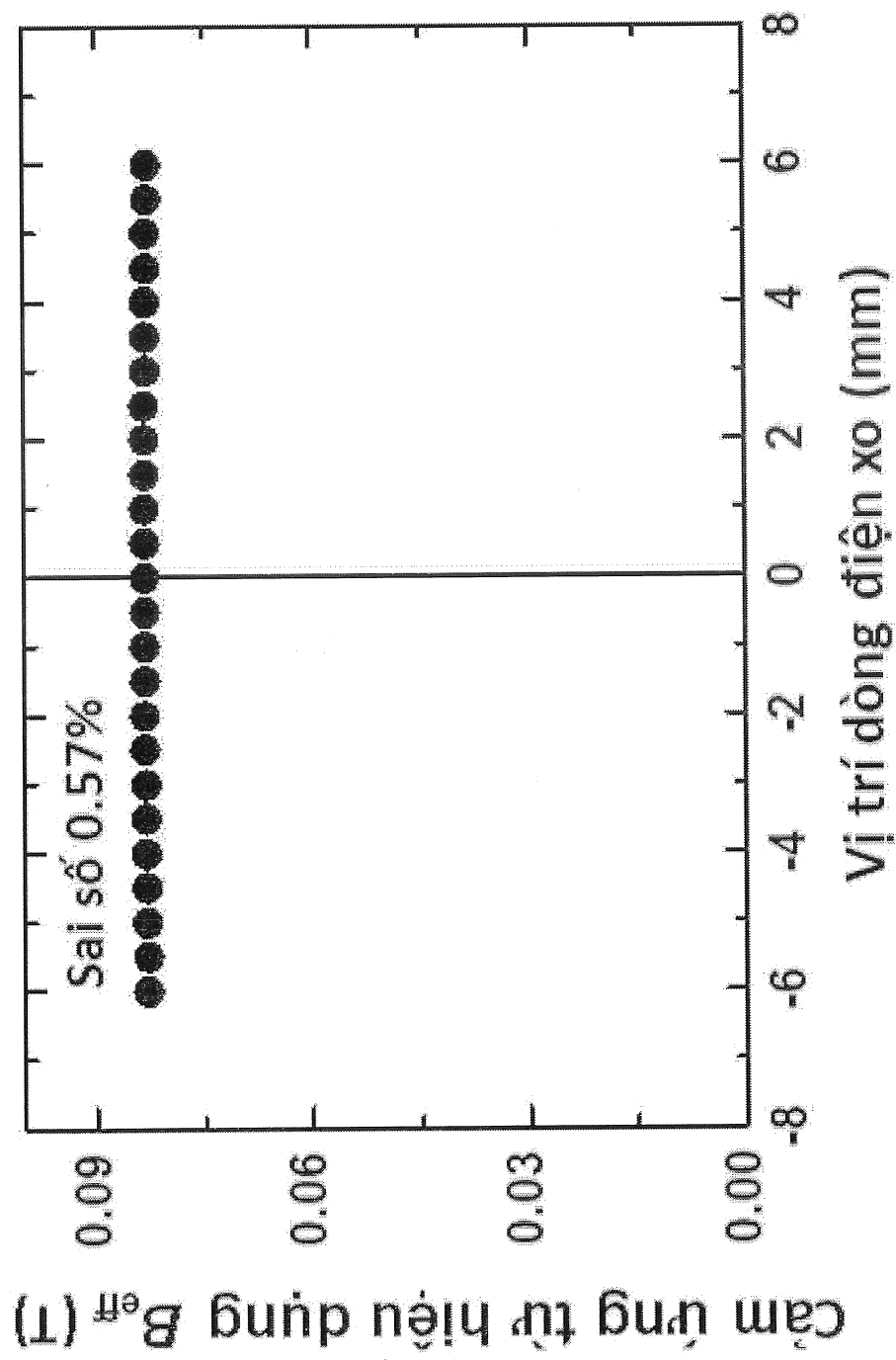
H.7



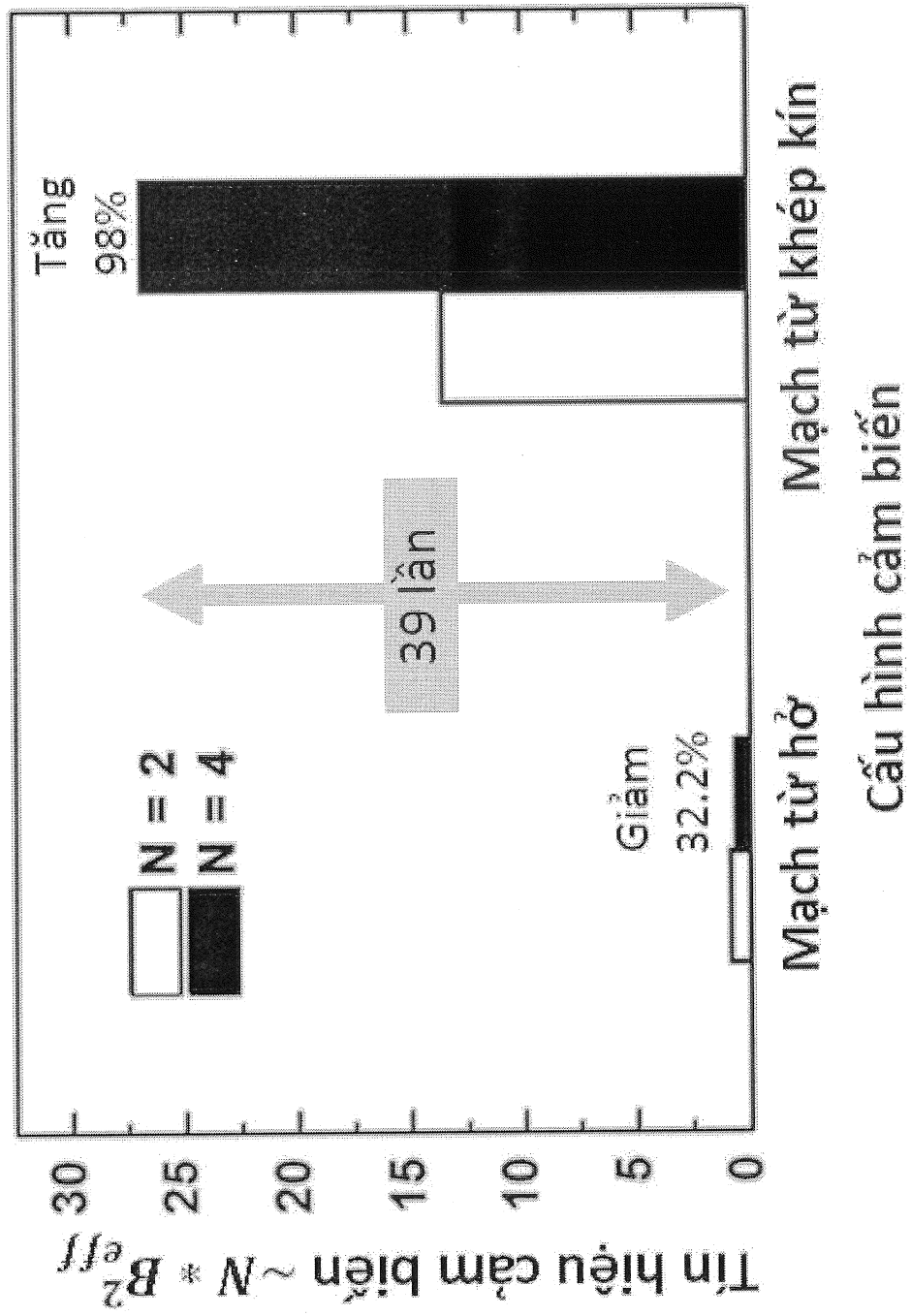
H.8



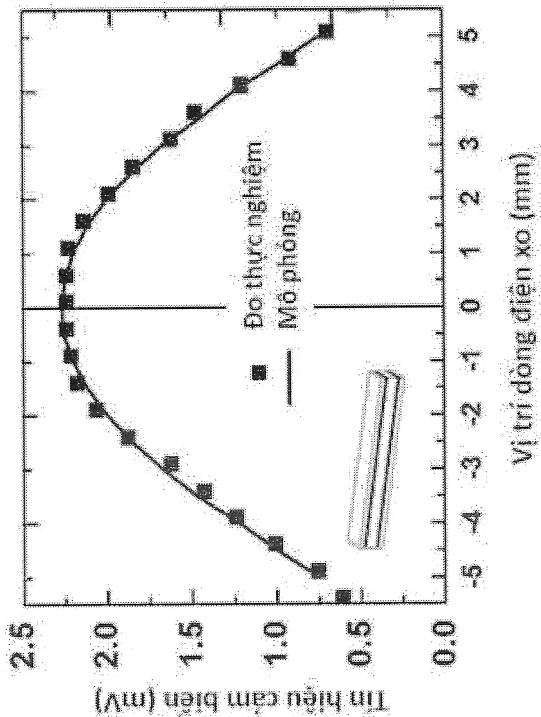
H.9



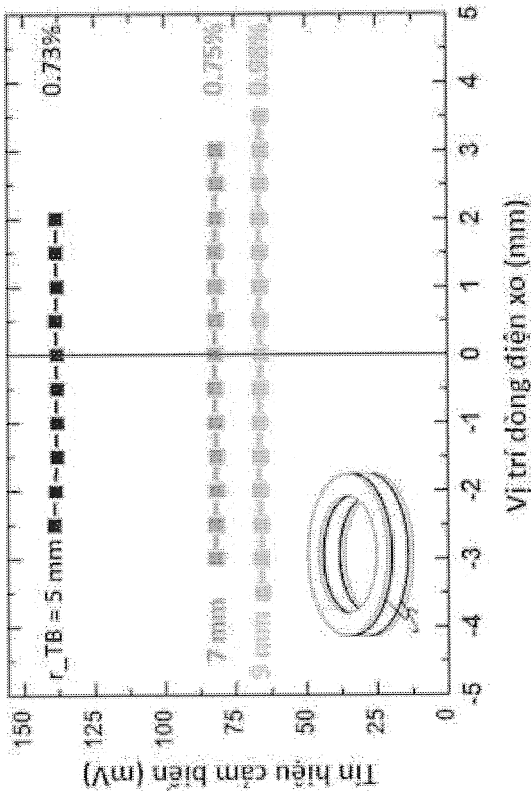
H.10



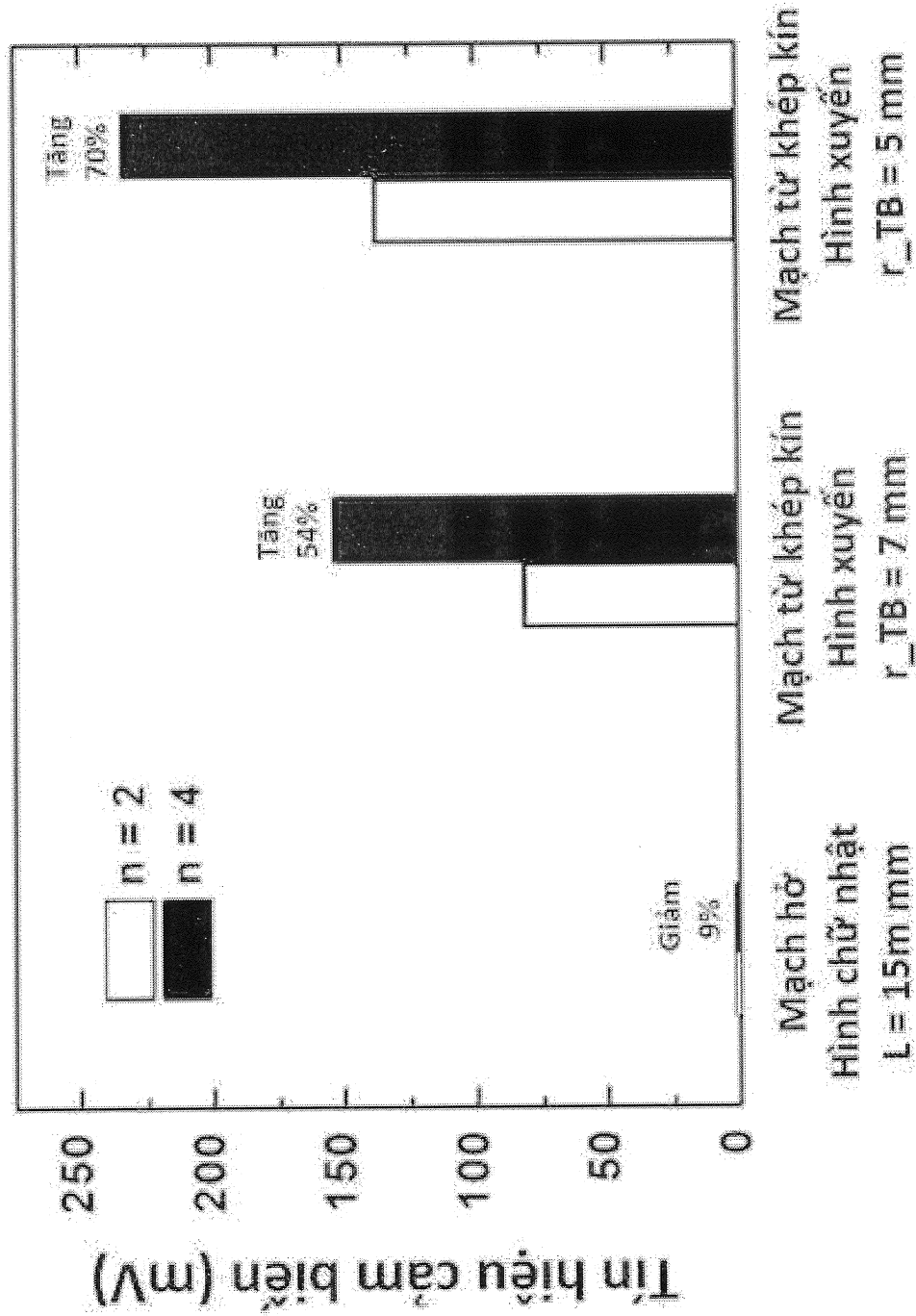
H.11



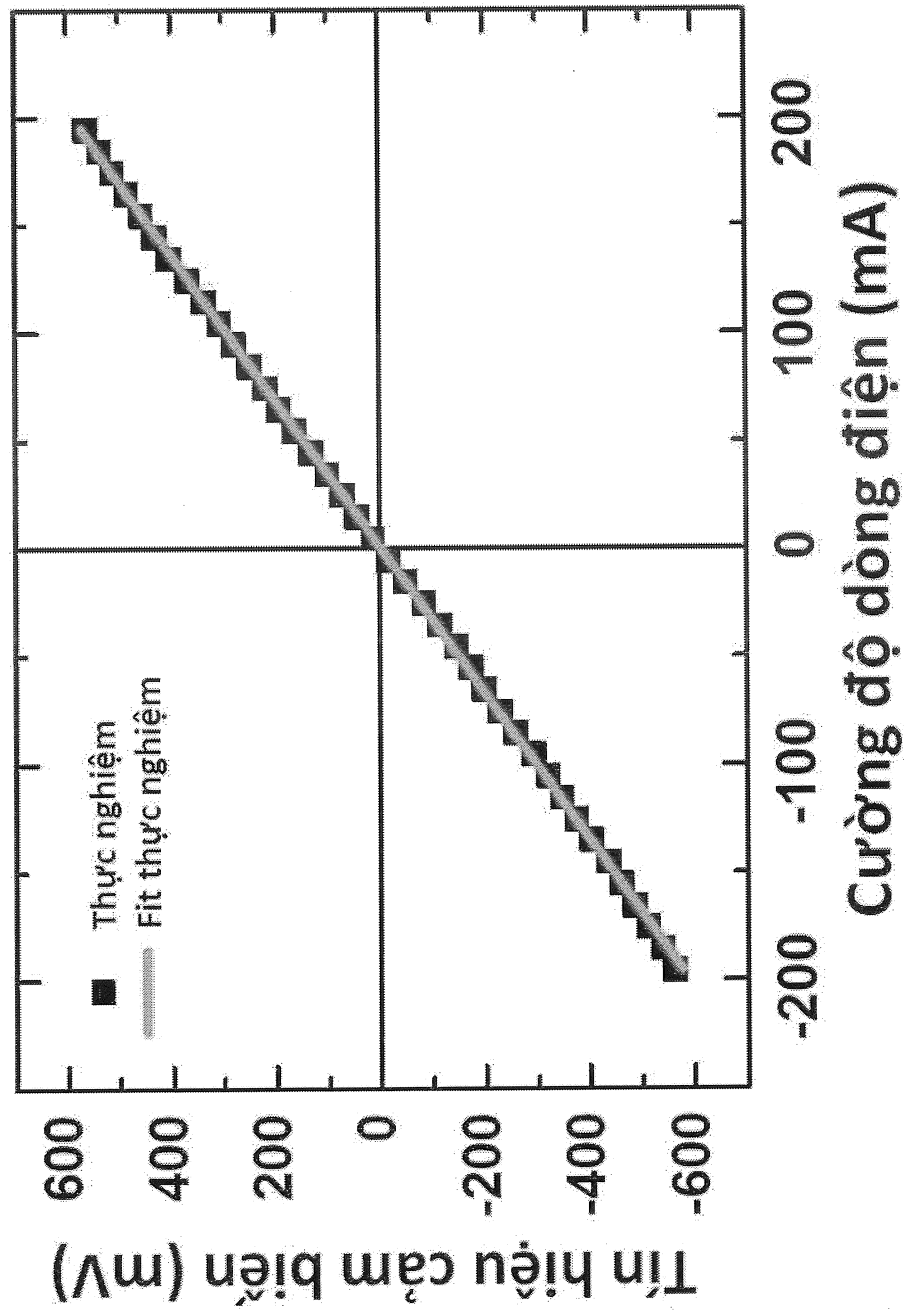
H.12b



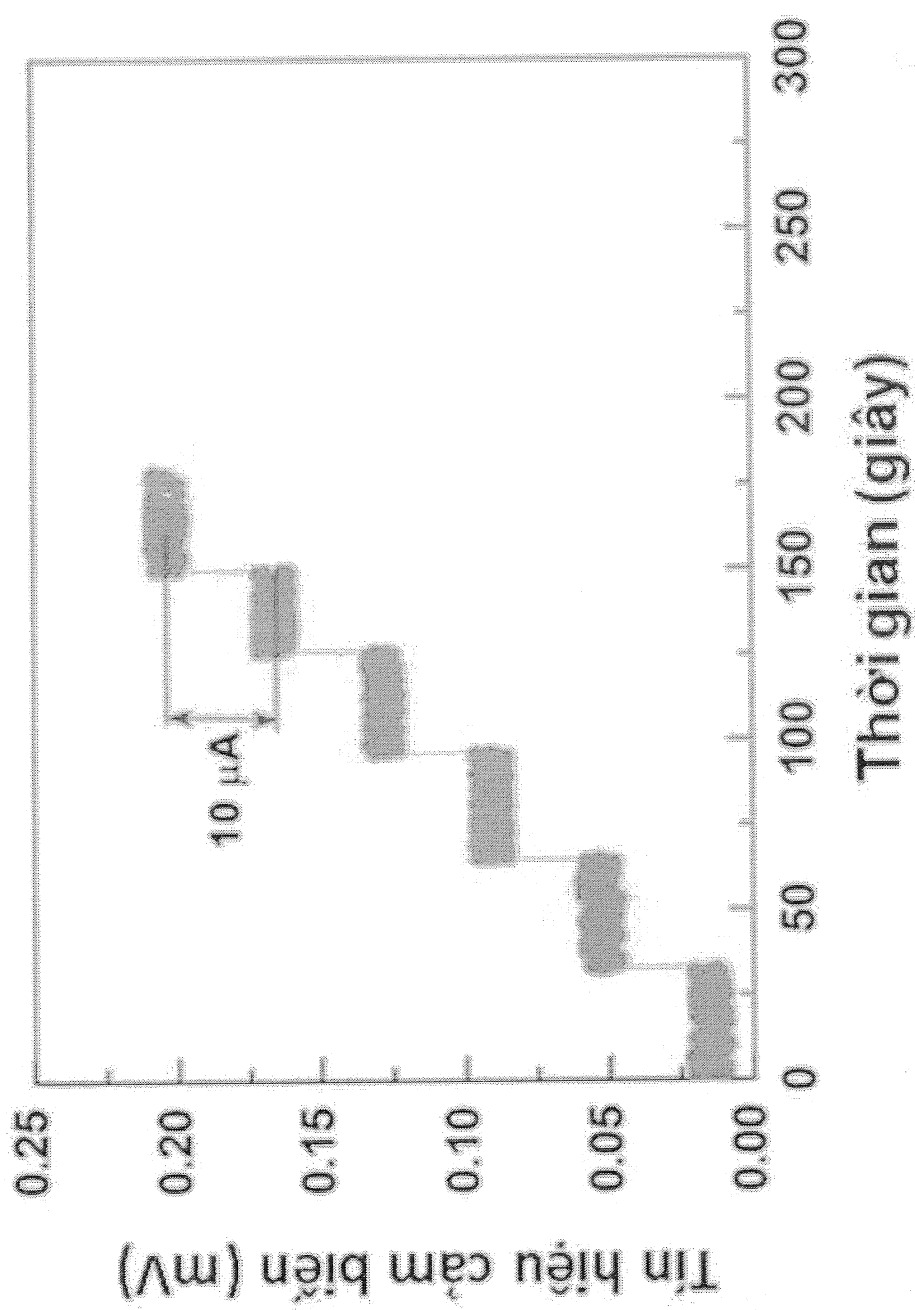
H.12a



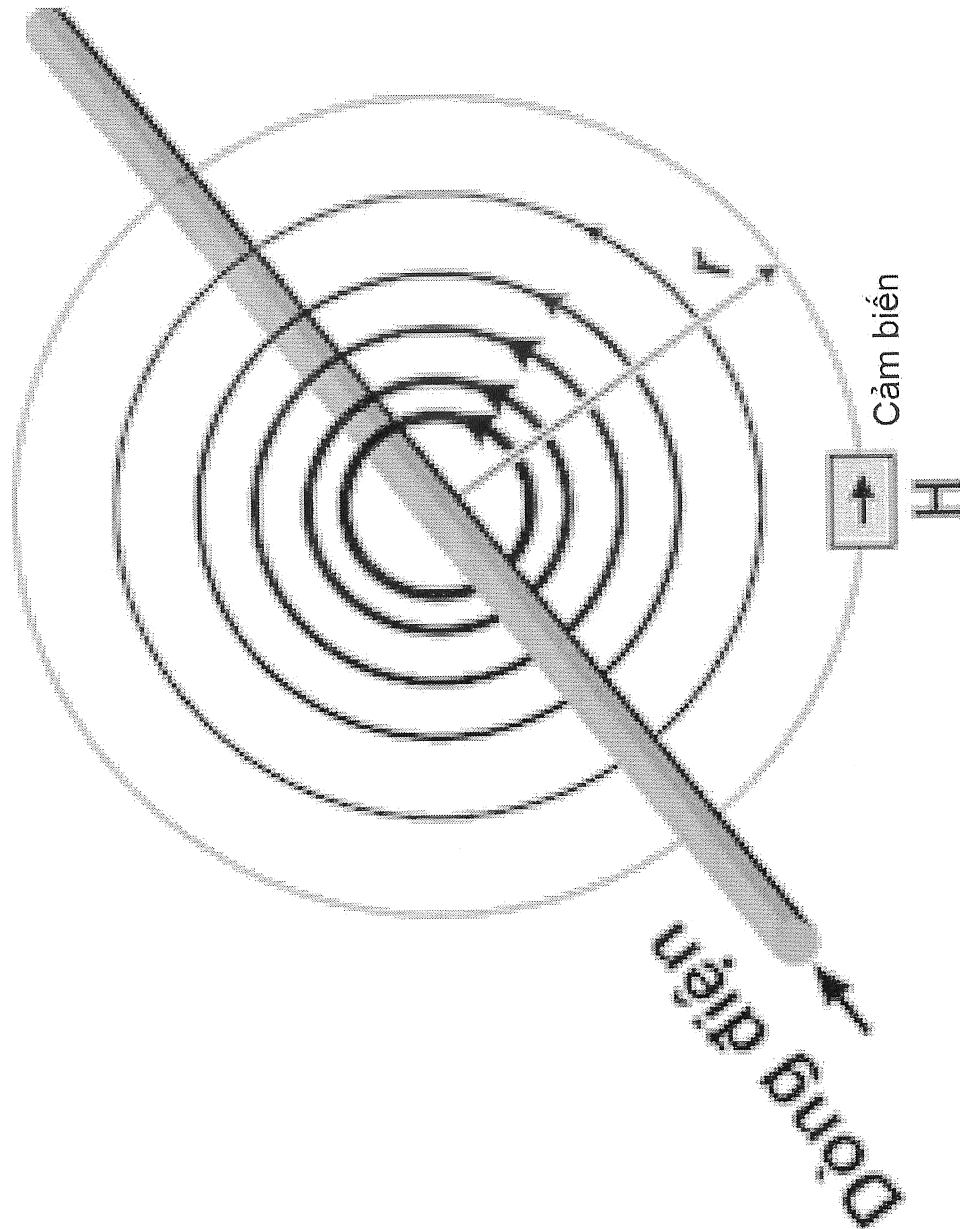
H.13



H.14



H.15



H.16

17/17

