



(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)



1-0034312

(51)^{2019.01} G01Q 80/00; G01Q 70/10

(13) B

(21) 1-2020-00852

(22) 18/02/2020

(45) 26/12/2022 417

(43) 25/12/2020 393

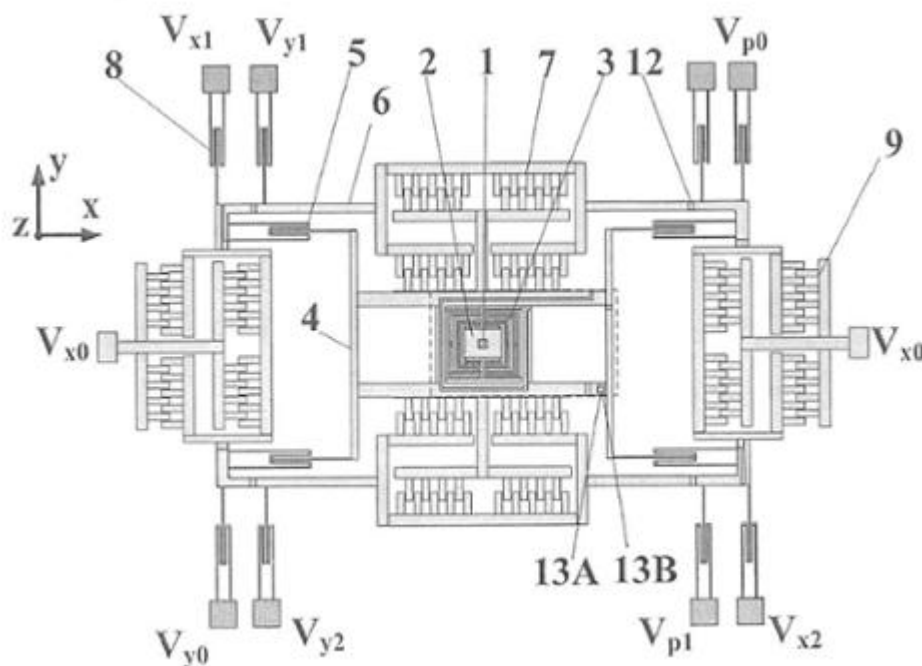
(73) Trường Đại học Bách Khoa Hà Nội (VN)

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

(72) Chu Mạnh Hoàng (VN); Đặng Văn Hiếu (VN); Nguyễn Văn Đường (VN); Vũ Thị Ngọc Thúy (VN); Nguyễn Thị Thanh Lan (VN); Lưu Thị Lan Anh (VN); Nguyễn Duy Vũ (VN).

(54) HỆ THỐNG KHẮC VÀ IN MẪU BA CHIỀU KÍCH THƯỚC NANO

(57) Sáng chế đề cập đến hệ thống khắc và in mẫu ba chiều kích thước nano bao gồm: mũi nhọn khắc (1) được bố trí trên một đĩa (2), mũi nhọn khắc (1) và đĩa (2) được treo trên khung vi cơ (4) qua hệ thống lò xo vi cơ (3), khung vi cơ (4) được treo trên khung (6) thông qua hệ thống lò xo vi cơ (5), khung vi cơ (4) có khả năng chuyển động theo phương y bởi chấp hành tĩnh điện răng lược (7), toàn bộ khung vi cơ (6) được nối tới đế cố định qua hệ thống lò xo vi cơ (8), hệ thống lò xo vi cơ (8) có tác dụng làm cho khung (6) chuyển động theo phương x với bộ chấp hành tĩnh điện răng lược (9). Hệ thống đĩa (2) có thể dịch chuyển theo phương z vuông góc với trục x và y bởi chấp hành tĩnh điện dạng đĩa song song và hệ thống lò xo vi cơ (3).



Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Sáng chế đề cập đến hệ thống khắc và in mẫu ba chiều kích thước nano, trong đó các bộ vi chấp hành trong mỗi chiều được điều khiển dịch chuyển một cách độc lập và được tích hợp trên một hệ thống thu nhỏ và có thể sản xuất hàng loạt giá thành thấp dựa trên công nghệ vi cơ điện tử. Sáng chế hiện tại cũng đề cập đến kết cấu mũi nhọn dùng cho khắc và in nano, trong đó mũi nhọn truyền thống có thể được thay thế bằng các dạng hình học, vật liệu kỹ thuật hoặc linh kiện chức năng khác, các kết cấu này có thể được thiết kế dạng đơn hoặc mảng để tăng cường khả năng, hiệu suất trong khắc hoặc in các kết cấu micro/nano.

Tình trạng kỹ thuật của sáng chế

Các bộ vi dịch chuyển có thể được ứng dụng trong dịch chuyển, tập hợp các vi kết cấu ở tỷ lệ micro/nano, thực hiện các dao động và ứng dụng trong các cảm biến cơ như nhạy với gia tốc và vận tốc góc. Các bộ vi dịch chuyển có thể là một, hai, ba hoặc nhiều chiều hơn. Tuy nhiên, các bộ vi dịch chuyển được chế tạo dựa trên công nghệ vi cơ điện tử thường tối đa là ba chiều cho điều khiển chuyển động, dao động thẳng theo ba trục vuông góc xyz. Trong các nghiên cứu được công bố trước đây, các bộ chấp hành tĩnh điện điều khiển chuyển động ba chiều thường đạt được bằng quá trình tập hợp micro hoặc bộ chấp hành điều khiển theo phương z thường không được tích hợp trên một vi hệ thống. Điều này dẫn đến quá trình chế tạo phức tạp, sản xuất hàng loạt giá thành thấp khó thực hiện. Hơn nữa các bộ chấp hành đã được giới thiệu cũng khó tích hợp với các thành phần khác đặc biệt là giao diện điện tử điều khiển. Ví dụ: bộ vi dịch chuyển ba chiều xyz sử dụng trong định vị nano được báo cáo trong bài báo "A MEMS stage for 3-axis nanopositioning" của nhóm tác giả "X. Liu, K. Kim & Y. Sun", đăng trong tạp chí "J. Micromech. Microeng.", trong bài báo này chấp hành chuyển động trong ba chiều xyz không thể điều khiển được một cách độc lập và chấp hành trục z được thực hiện bằng cách chế tạo thêm một điện cực cố định ở phía sau đĩa tâm di động. Trong một ví dụ khác, bộ vi dịch chuyển ba trục xyz được báo cáo trong bài báo "Comb-drive XYZ-microstage with large displacements based on chip-level microassembly" của nhóm tác giả "G. Xue, M. Toda & T. Ono", đăng trong tạp chí "Journal of Microelectromechanical Systems", trong bài báo này bộ vi dịch chuyển hai chiều xy dạng răng lược với chuyển động độc lập được treo trên bộ chấp hành tĩnh điện kiểu răng lược theo trục z; mặc dù đây là bộ chấp hành ba chiều có thể được điều khiển độc lập, chế tạo dựa trên công nghệ vi cơ điện tử, nhưng quá trình chế tạo phức tạp, khó sản xuất hàng loạt giá thành thấp; trong bài báo này để cấp điện tới các bộ chấp hành đã được thực hiện khi sử dụng các khe hẹp cách ly điện, tuy nhiên để thực hiện lái vi phân tăng tính chất dịch chuyển tuyến tính phụ thuộc vào

điện áp tác dụng, cũng như sử dụng đồng thời hai dải chấp hành răng lược hai bên đối xứng và áp đặt điện áp chấp hành theo phương x và y với độ cứng khác nhau thì việc cách ly và nổi điện hoàn toàn cho hai bộ chấp hành này cần được đề xuất. Bài báo "Compact slanted comb two-axis micro-mirror scanner fabricated by silicon-on-insulator micromachining" của nhóm tác giả "H. M. Chu, J. Mizuno, K. Hane & T. Takagi", đăng trong tạp chí "Journal of Vacuum Science & Technology B", đã trình bày một phương pháp cách ly điện hoàn toàn cho chấp hành tĩnh điện dựa trên cơ chế lái vi phân đã đạt được cho vi gương chuyển động quay theo hai trục trực giao với tần số khác nhau có nghĩa là độ lớn điện áp chấp hành khác nhau. Hơn nữa, ngoài các ứng dụng khác, các bộ vi chấp hành cũng có thể được sử dụng trong khắc hoặc in các kết cấu micro/nano. Trong các nghiên cứu trước đây, một mũi nhọn thường được thiết kế trên đĩa tâm, việc khắc các kết cấu nano được thực hiện bởi hệ thống vi chấp hành. Trong bài báo "Electrostatically actuated dip pen nanolithography probe arrays" của nhóm tác giả "D. Bullen và C. Liu" đăng trong tạp chí "Sensors Actuators, A Phys.", các mũi nhọn được gắn ở đầu một thanh dầm; việc sử dụng mảng các mũi nhọn ở đây có thể nâng cao hiệu suất khắc mẫu. Tuy nhiên, đối với việc sử dụng nhiều thanh dầm gần cạnh nhau có thể gây khó khăn trong việc điều khiển khắc bởi hiệu ứng kết cặp giữa các thanh dầm cạnh nhau.

Để khắc phục các vấn đề nêu trên, trong sáng chế này, hệ thống khắc và in mẫu ba chiều kích thước nano với các bộ chấp hành được điều khiển điện một cách độc lập và được tích hợp trên một hệ thống dựa trên công nghệ vi cơ điện tử có thể sản xuất hàng loạt với giá thành thấp. Bộ vi chấp hành ba chiều có thể được sử dụng trong khắc hoặc in các kết cấu micro/nano, trong đó kết cấu mũi nhọn truyền thống có thể được thay bằng các dạng hình học khác với kết cấu đơn hoặc dạng mảng để nâng cao hiệu suất khắc các mẫu vật liệu và linh kiện ở tỷ lệ micro/nano khác nhau. Đầu dò cũng có thể là kết cấu của một dạng vật liệu hoặc linh kiện chức năng micro/nano.

Bản chất kỹ thuật của sáng chế

Mục đích của sáng chế là đề xuất một bộ vi dịch chuyển đĩa tâm có gắn mũi nhọn theo ba chiều xyz độc lập, các bộ điều khiển dịch chuyển ba chiều được tích hợp độc lập về mặt điện nhưng kết cặp cơ với nhau trên cùng một vi hệ thống; việc chế tạo mũi nhọn và các bộ chấp hành điều khiển dịch chuyển ba chiều được thực hiện dễ dàng dựa trên công nghệ vi cơ điện tử. Trong các công bố trước đây, dịch chuyển theo hai chiều x và y có thể được điều khiển dựa trên việc sử dụng bốn vi lò xo ở bốn góc để cấp điện và có thể tạo ra chuyển động tuyến tính dựa trên phương pháp lái vi phân. Tuy nhiên với thiết kế truyền thống này, việc điều khiển chấp hành tĩnh điện theo phương z là không thực hiện được, do đó việc điều khiển dịch chuyển theo phương z đã được thực hiện bằng việc chế tạo thêm một điện cực

cố định đối diện với đĩa tâm hoặc chế tạo một bộ điều khiển theo trục z sau đó tập hợp các bộ điều khiển ba trục xyz lại với nhau. Việc chế tạo thêm điện cực đối diện cũng như tập hợp các bộ vi điều khiển theo các trục lại với nhau là một quá trình phức tạp, sản xuất hàng loạt bị hạn chế. Hơn nữa, trong các hệ thống khắc bằng mũi nhọn cơ học được đưa ra trước đây, kết cấu mũi nhọn thường có dạng là một tip nhọn không có các hình dạng khác. Trên mỗi đĩa tâm cũng thường được bố trí một mũi nhọn, do đó hiệu suất khắc sẽ bị giảm. Để đạt được mục đích nêu trên, bộ vi dịch chuyển ba chiều xyz theo sáng chế hiện tại bao gồm: một đĩa tâm có kết cấu mũi nhọn, ba bộ chấp hành tĩnh điện được cách ly điện nhưng kết cặp cơ với nhau để điều khiển dịch chuyển đĩa tâm theo ba trục xyz một cách độc lập (Hình 1 và Hình 2). Để tạo bộ chấp hành tĩnh điện điều khiển đĩa tâm dao động theo phương z, một điện cực đối diện với điện cực tạo bởi đĩa tâm được tích hợp trên hệ thống vi dịch chuyển. Để cách ly điện giữa các bộ chấp hành tĩnh điện, các khe hẹp được ứng dụng trong phân tách các đường nối điện khác nhau; thành phần kết cấu có khe hẹp cách điện được thiết kế trên một đế có lớp cách điện để tạo kết cặp cơ. Trong sáng chế này, để điều khiển các bộ chấp hành tĩnh điện trong ba trục xyz một cách độc lập và có thể thiết lập cơ chế lái vi phân cho chuyển động trong hai phương xy, hệ thống bốn lò xo vi cơ truyền thống được tách thành tám vi lò xo và trong sáng chế này, chấp hành tĩnh điện điều khiển dịch chuyển theo phương z được tích hợp trực tiếp lên phía sau đĩa tâm. Đối với thiết kế kết cấu mũi nhọn, sáng chế này đưa ra ba phương án để thực hiện như sau:

Theo phương án 1:

Các mũi nhọn là dạng đơn, tuy nhiên mũi nhọn có các hình dạng khác nhau như được thể hiện trong các hình từ Hình 3a đến Hình 3f; mũi nhọn trên đĩa ở tâm cũng có thể có hình dạng hình học khác như hình trụ của các đa giác khác như hình tam giác, hình vuông, hình tròn hoặc hình chữ nhật;

Theo phương án 2:

Các mũi nhọn trên đĩa 2 có thể được thiết kế dạng mảng các kết cấu hình học đồng nhất hoặc lai hóa được thể hiện trong hình 3g đến hình 3j;

Theo phương án 3:

Kết cấu hình học của mũi nhọn có thể được thay bằng kết cấu hình học của một dạng vật liệu kỹ thuật hoặc một linh kiện chức năng, có thể là kết cấu đơn hoặc dạng mảng như được thể hiện trong hình 3k, một dạng linh kiện là bộ cộng hưởng sử dụng dây nano;

Bộ vi dịch chuyển ba chiều xyz và các kết cấu mũi nhọn được đưa ra trong các phương án có thể được chế tạo dựa trên công nghệ vi cơ điện tử như quang khắc, ăn mòn ướt hoặc ăn mòn khô. Bộ vi dịch chuyển ba chiều xyz với các kết cấu mũi nhọn có thể được sử dụng tạo mẫu micro/nano dựa trên kỹ thuật khắc hoặc in micro/nano.

Mô tả vắn tắt các hình vẽ

Sáng chế sẽ được hiểu rõ hơn thông qua các phương án thực hiện, các phương án này được minh họa bởi các hình vẽ kèm theo, trong đó:

Hình 1 minh họa hệ thống khắc và in mẫu ba chiều kích thước nano.

Hình 2 minh họa hình phóng đại của các thành phần cơ bản của hệ thống khắc và in mẫu ba chiều kích thước nano: (a) hình phóng đại của vùng được chỉ ra bởi đường bao nét đứt trong hình 1, (b) hình phóng đại vùng được chỉ ra bởi đường bao nét đứt trong hình 2a, (c) hình phóng đại thể hiện các khung vi cơ, (d) thể hiện mặt cắt ngang AA' trong hình 2a, (e) thể hiện mặt cắt ngang BB' trong hình 2a, (f) thể hiện mặt cắt ngang CC' trong hình 2a, (g) thể hiện mặt cắt ngang DD' trong hình 2b, (h) thể hiện lò xo gấp khúc và (i) thể hiện cấu trúc răng lược.

Hình 3 minh họa các dạng kết cấu của mũi nhọn và các vi kết cấu chức năng được ứng dụng trong khắc hoặc in micro/nano: (a) dạng chóp tứ giác, (b) dạng chóp nón, (c) dạng chữ thập, (d) dạng bán trụ, (e) dạng trụ tròn, (f) dạng trụ khuyết, (g) dạng mảng chữ thập, (h) mảng mảng hình trụ, (g) dạng mảng các ăng ten dạng dipole hình tam giác, (j) dạng lai hóa giữa hình chữ thập và hình trụ tròn và (k) dạng một bộ cộng hưởng dây nano.

Mô tả chi tiết sáng chế

Hình 1 thể hiện hình chiếu đứng của hệ thống khắc và in mẫu ba chiều kích thước nano. Kết cấu của hệ thống khắc và in mẫu ba chiều kích thước nano bao gồm: mũi nhọn khắc 1 được bố trí trên một đĩa 2, mũi nhọn khắc 1 và đĩa 2 được treo tới khung vi cơ 4 qua hệ thống lò xo vi cơ 3, khung vi cơ 4 được treo trên khung vi cơ 6 thông qua hệ thống lò xo vi cơ 5, khung vi cơ 4 có khả năng chuyển động hai hướng theo phương y bởi chấp hành tĩnh điện răng lược 7, toàn bộ khung vi cơ 6 được nối tới đế cố định qua hệ thống lò xo vi cơ 8, hệ thống lò xo vi cơ 8 có tác dụng làm cho khung vi cơ 6 chuyển động hai hướng theo phương x với bộ chấp hành tĩnh điện răng lược 9. Hệ thống đĩa 2 có thể dịch chuyển theo phương z vuông góc với trục x và y bởi chấp hành tĩnh điện dạng đĩa song song và hệ thống lò xo vi cơ 3. Hình 2a thể hiện hình phóng to của kết cấu mũi dò 1, đĩa tâm 2 và hệ thống lò xo vi cơ 3. Hình 2b là hình phóng to của vùng được chỉ ra bởi đường bao nét đứt trong hình 2a, thể hiện rõ lò xo vi cơ 3 được nối tới đĩa 2 và khung vi cơ 4. Hình 2c thể hiện riêng các khung vi cơ 4 và khung vi cơ 6. Hình 2d là mặt cắt ngang AA' thể hiện bộ chấp hành tĩnh điện đĩa song song, một điện cực là đĩa 2 và một điện cực đối diện 10, hai điện cực này được bố trí cách nhau một khe hẹp 11. Để cách điện và nối điện tới các bộ chấp hành tĩnh điện đĩa song song cho chuyển động theo phương z của đĩa tâm 2, bộ chấp hành răng lược 7 cho điều khiển dịch chuyển hai hướng theo phương y và bộ chấp hành răng lược 9 cho điều khiển dịch chuyển hai hướng theo phương x, các rãnh cách ly 12, đường nối điện bao gồm lớp

kim loại 13A phủ trên lỗ nổi 13B, hệ thống lò xo vi cơ 5 và 8 đã được sử dụng. Rãnh cách ly 12 được bố trí trên một cầu cách ly, có kết cấu khe hẹp trên một lớp đế 14 và lớp cách điện 15. Hình 2e thể hiện cầu cách ly điện (mặt cắt BB', hình 2a). Hình 2f là mặt cắt ngang CC' trong hình 2a thể hiện đường nối điện (bao gồm lớp kim loại 13A phủ trên lỗ nổi 13B) giữa hai lớp vật liệu. Hình 2g là mặt cắt ngang DD' trong hình 2b thể hiện rõ thêm bộ chấp hành đĩa song song cho điều khiển chuyển động theo phương z. Hình 2h và hình 2i thể hiện hình phóng đại của một kết cấu lò xo vi cơ 5 và 8 và bộ chấp hành răng lược 7 và 9. Để chấp hành đĩa 2 theo phương z, điện áp được cấp tới các điện cực V_{p0} và V_{p1} được thể hiện trên hình 1. Để chấp hành kết cấu mũi dò hai hướng theo phương x, điện áp được cấp tới các điện cực V_{x0} , V_{x1} và V_{x2} ; điện cực V_{x0} là một điện cực chung của bộ chấp hành răng lược đối xứng hai bên, trong khi điện cực V_{x1} và V_{x2} có thể được sử dụng để áp dụng phương pháp lái vi phân khi đặt các điện áp $U_0 + U \sin(\omega t)$ và $U_0 - U \sin(\omega t)$ trên hai điện cực V_{x1} và V_{x2} . Tương tự đối với phương y, điện áp lái vi phân cũng có thể được áp đặt lên các điện cực V_{y0} , V_{y1} và V_{y2} , như được thể hiện trên hình 1. Để khắc các kết cấu micro/nano có hình dạng khác nhau cũng như nâng cao hiệu suất khắc, mũi nhọn có thể có một trong các hình dạng mũi nhọn: dạng chóp tứ giác 1A (hình 3a), dạng chóp nón 1B (hình 3b), dạng chữ thập 1C (hình 3c), dạng bán trụ 1D (hình 3d), dạng trụ tròn 1E (hình 3e), dạng trụ khuyết 1F (hình 3f) hoặc các dạng hình học có chức năng khác; trên đĩa 2 cũng có thể bố trí dạng đơn mũi nhọn hoặc mảng mũi nhọn hoặc mảng các kết cấu hình học đồng nhất hoặc lai như dạng mảng chữ thập 1G (hình 3g), dạng mảng hình trụ tròn 1H (hình 3h), dạng mảng các ăng ten dạng dipole hình tam giác 1G (hình 3i), dạng lai hóa giữa hình chữ thập 1C và hình trụ tròn 1E (hình 3j) và dạng một bộ cộng hưởng dây nano 1H (hình 3k) hoặc các dạng hình học khác để nâng cao hiệu suất khắc và in các mẫu có kích thước micro/nano. Việc khắc được thực hiện bằng việc ấn trực tiếp mũi nhọn lên lớp vật liệu có thể bị biến dạng dựa trên lực ấn cơ học như các loại vật liệu polyme v.v. Việc in cấu trúc được thực hiện bằng cách sử dụng các mũi nhọn nhúng vào các mực in dạng dẫn điện như mực in bằng hạt nano bạc, graphene hoặc không dẫn điện như mực oxit WO_3 hoặc polyme v.v.

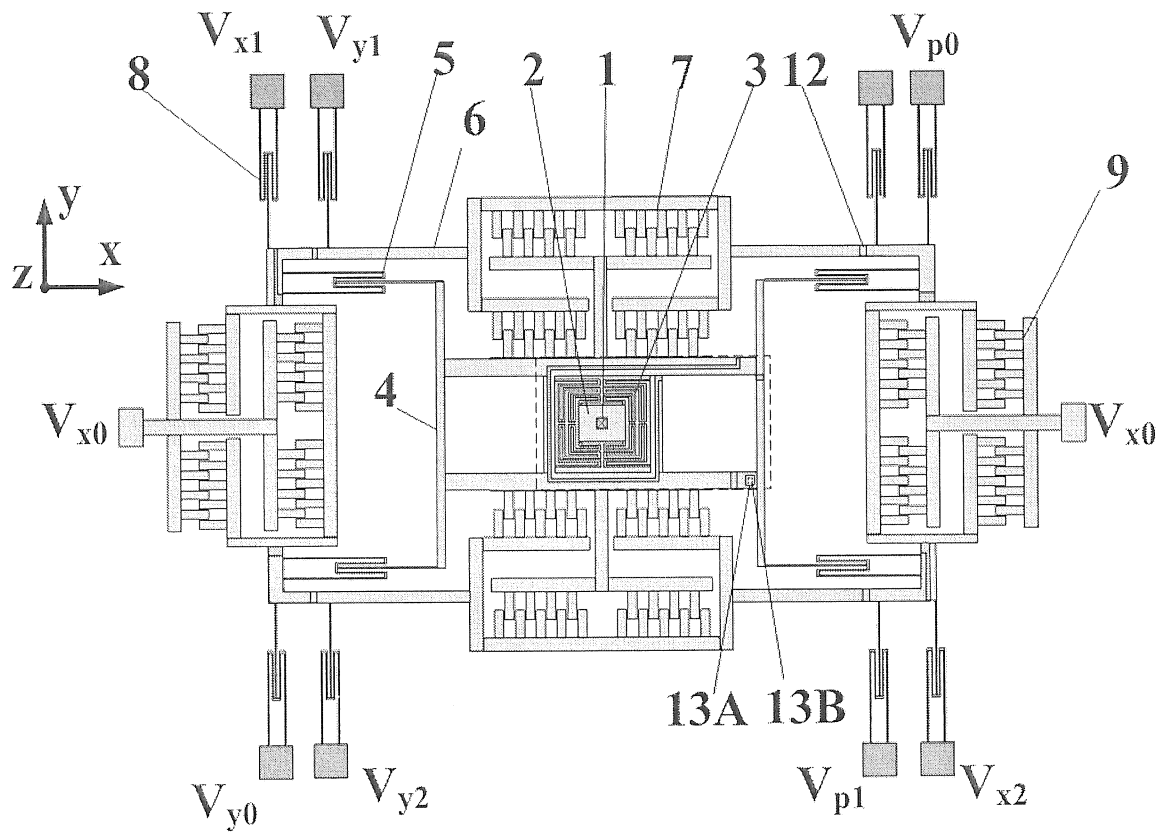
Những lợi ích có thể đạt được

Đây là một sáng chế liên quan đến bộ vi chấp hành điều khiển chuyển động, dao động theo ba trục xyz; các bộ chấp hành thành phần điều khiển ba trục được cách ly điện nhưng kết cặp cơ với nhau. Bộ vi dịch chuyển ba chiều có thể gắn kết cấu đĩa được bố trí mũi nhọn hoặc mảng mũi nhọn, hình học của mũi nhọn có thể có các dạng hình học như: dạng hình chóp, hình nón, hình tam giác, v.v. hoặc các dạng kết cấu vật liệu hoặc linh kiện chức năng. Bộ vi chấp hành ba chiều cùng với kết cấu mũi nhọn có thể được sản xuất hàng loạt, giá thành thấp dựa trên công

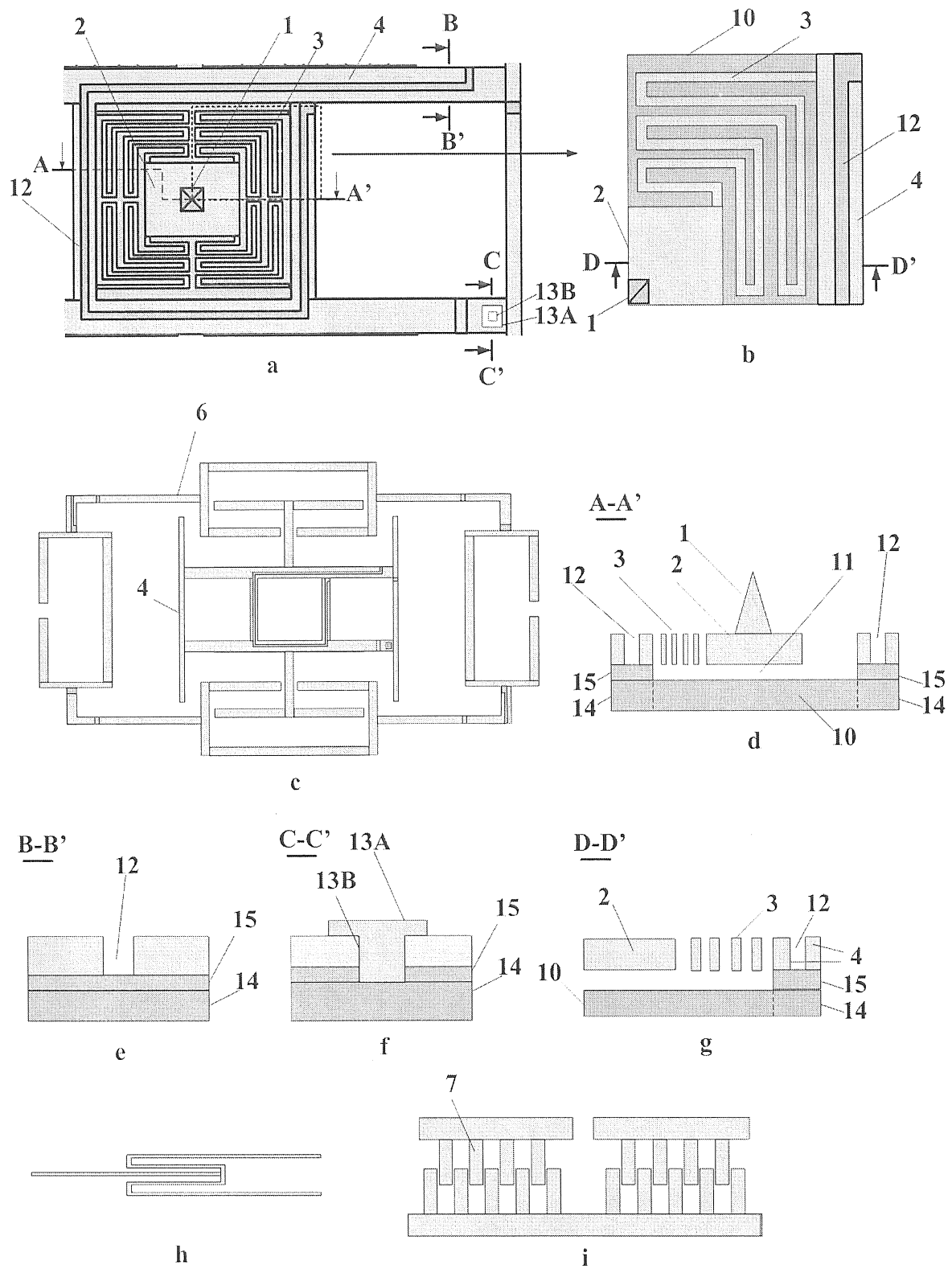
nghe vi cơ điện tử. Bộ vi chấp hành ba chiều cùng với kết cấu mũi nhọn có thể được ứng dụng trong khắc hoặc in các vật liệu kỹ thuật đặc biệt là vật liệu có cấu trúc nano và siêu vật liệu (metamaterial), các thành phần hoặc linh kiện chức năng.

Yêu cầu bảo hộ

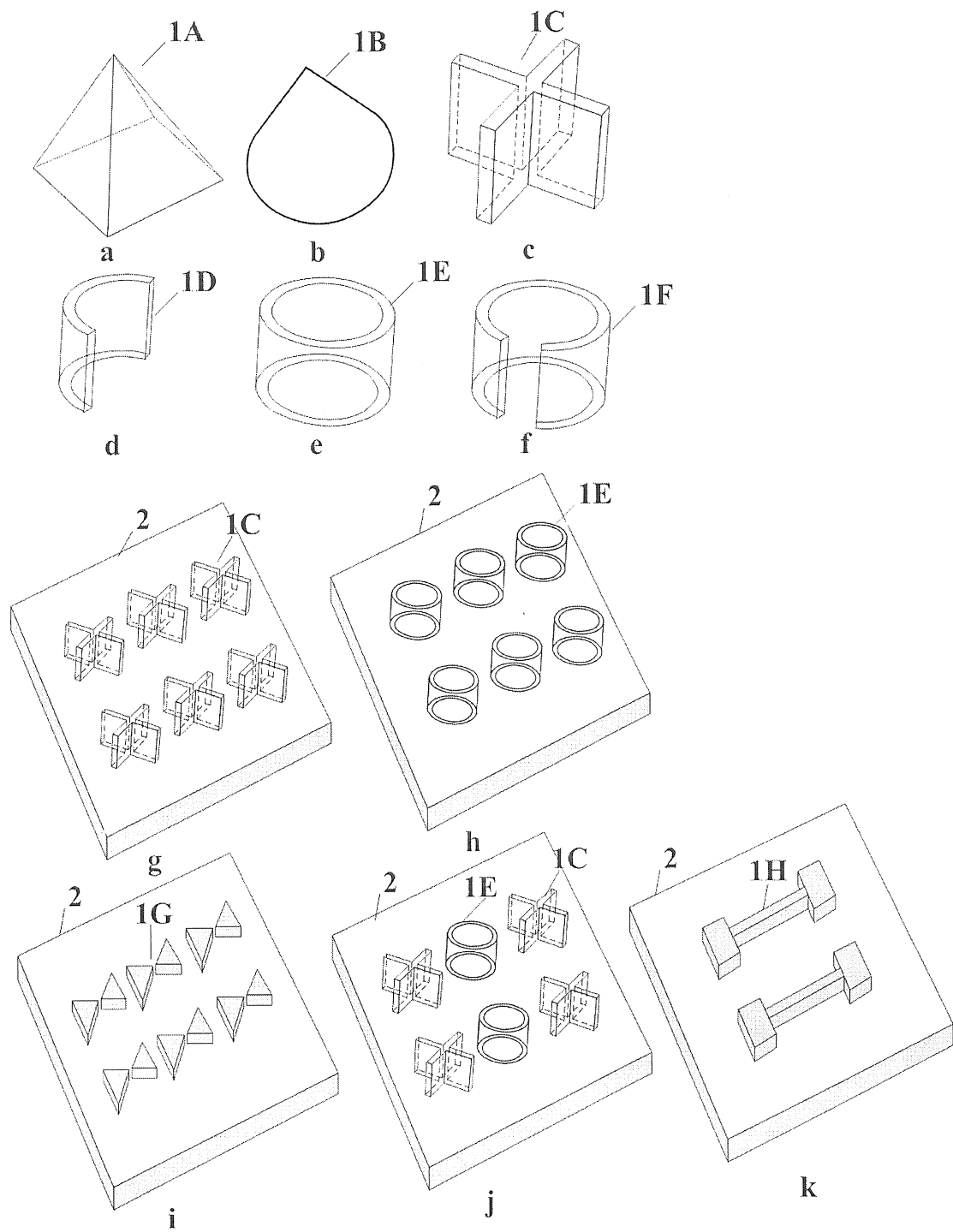
1. Hệ thống khắc và in mẫu ba chiều kích thước nano, trong đó ba bộ chấp hành tĩnh điện điều khiển độc lập dịch chuyển một đĩa tâm có gắn mũi nhọn theo ba trục x , y và z được tích hợp trên một vi hệ thống, chuyển động hai chiều theo hai trục x và y được điều khiển bởi các kết cấu răng lược với các lò xo vi cơ được bố trí trực giao và kết cặp cơ với nhau để tạo ra hai dao động trực giao, độc lập theo phương x và y , chuyển động theo phương z được điều khiển bởi chấp hành tĩnh điện dạng đĩa song song, nối điện tới ba bộ chấp hành theo phương x , y và z được thực hiện bằng cách bố trí thêm các lò xo vi cơ, sử dụng các khe cách ly điện và lỗ nối điện giữa các lớp kết cấu, trên đĩa tâm có thể bố trí dạng đơn mũi nhọn hoặc mảng mũi nhọn, mũi nhọn trên đĩa tâm có thể có hình dạng thuộc một trong các hình dạng như sau: hình chóp tứ giác, hình chóp nón, hình chữ thập, hình trụ rỗng, nửa trụ rỗng và hình trụ của các đa giác khác như hình tam giác, hình vuông, hình tròn hoặc một kết cấu của một linh kiện vi điện tử hoặc vật liệu kỹ thuật; kết cấu mũi nhọn có thể bố trí dạng mảng đồng nhất hoặc lai hóa giữa các kết cấu mũi nhọn có dạng hình học khác nhau.
2. Hệ thống khắc và in mẫu ba chiều kích thước nano theo điểm 1, trong đó chấp hành tĩnh điện theo mỗi phương x và y được thiết lập bởi ba đường nối điện độc lập, có thể được chấp hành dựa trên cơ chế lái vi phân để tăng tính chất dịch chuyển tuyến tính phụ thuộc vào điện áp và biên độ dao động, chấp hành theo phương z được điều khiển bởi hai đường nối điện độc lập.
3. Hệ thống khắc và in mẫu ba chiều kích thước nano theo điểm 2, trong đó lớp vật liệu chế tạo các kết cấu cơ có tính chất dẫn điện.
4. Hệ thống khắc và in mẫu ba chiều kích thước nano theo điểm 3, trong đó khe hẹp cách ly điện được bố trí trên một lớp để có lớp cách điện có tác dụng như là một kết cấu kết cặp cơ.
5. Hệ thống khắc và in mẫu ba chiều kích thước nano theo điểm 1, trong đó đĩa tâm với các kết cấu khắc mẫu có thể được chế tạo cùng với quá trình chế tạo bộ vi dịch chuyển hoặc gắn trực tiếp lên hệ thống vi dịch chuyển sau khi chế tạo.
6. Hệ thống khắc và in mẫu ba chiều kích thước nano theo điểm 5, trong đó đầu mũi nhọn có thể được sử dụng làm khắc mẫu trực tiếp hoặc sử dụng làm công cụ in sử dụng mực in để tạo các vật liệu hoặc linh kiện chức năng.



Hình 1.



Hình 2.



Hình 3.