



(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)



1-0045932

(51)^{2020.01} G02F 1/00

(13) B

(21) 1-2020-04872

(22) 25/08/2020

(45) 26/05/2025 446

(43) 25/12/2020 393A

(73) Đại học Bách Khoa Hà Nội (VN)

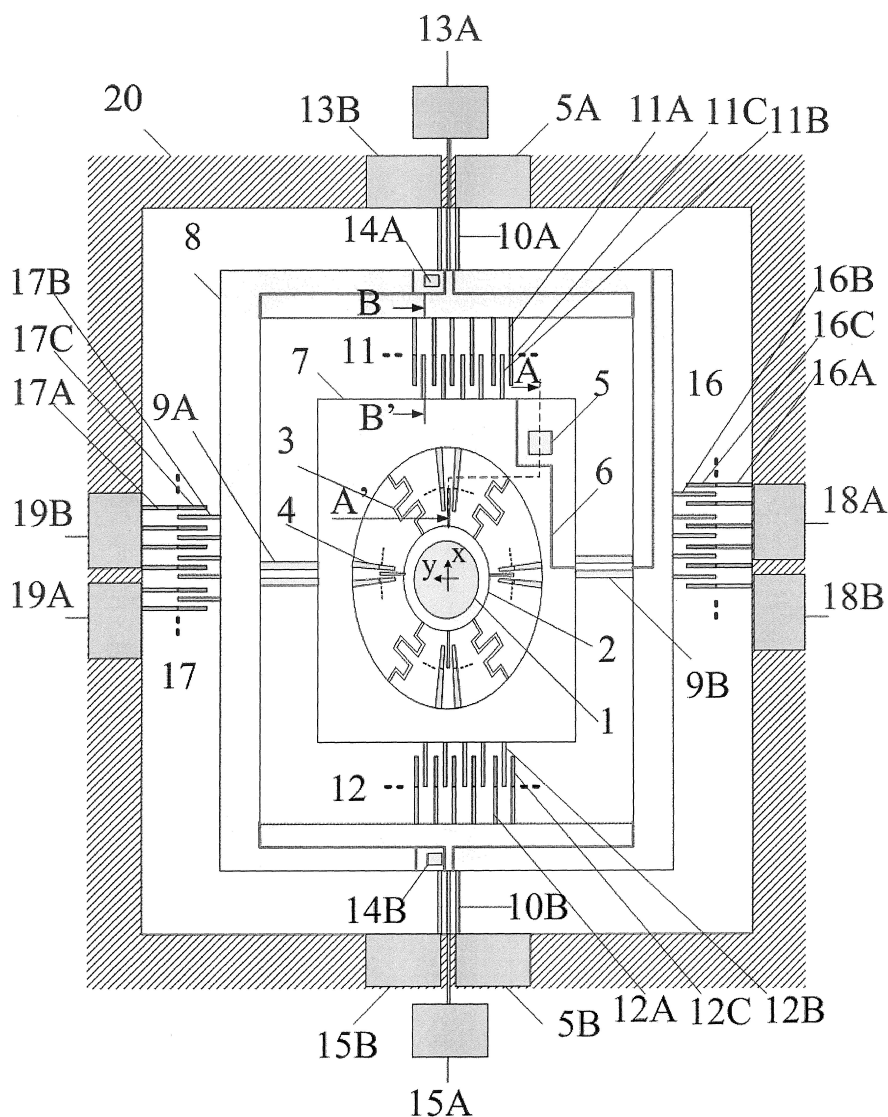
Số 1, Đại Cồ Việt, Hai Bà Trưng, Hà Nội

(72) Chu Mạnh Hoàng (VN); Nguyễn Xuân Tôn (VN); Nguyễn Thị Xuyến (VN); Nguyễn Tài Tuấn (VN); Nguyễn Duy Vỹ (VN).

(54) HỆ THỐNG VI THẤU KÍNH TÙY BIẾN NHIỀU BẬC TỰ DO DỰA TRÊN CHẤP HÀNH TỈNH ĐIỆN

(21) 1-2020-04872

- (57) Sáng chế đề cập đến hệ vi thấu kính tùy biến nhiều bậc tự do dựa trên chấp hành tĩnh điện. Vi thấu kính có thể chuyển động ngoài mặt phẳng khi sử dụng chấp hành kiểu tụ dạng răng lược. Vi thấu kính được tích hợp trên một hệ vi dịch chuyển theo 2 hướng trục giao x và y trong mặt phẳng, đồng thời hệ vi dịch chuyển cũng có thể quay xung quanh hai trục trục giao x và y. Chuyển động tịnh tiến và chuyển động quay của hệ vi dịch chuyển được thực hiện bằng chấp hành tĩnh điện kiểu tụ răng lược. Vi thấu kính có thể được chế tạo từ các vật liệu rắn hoặc chất lỏng quang học và màng chấp hành. Vi thấu kính có thể có dạng bán cầu hoặc hai bán cầu ghép lại với nhau; khoảng cách cũng như vị trí tương đối giữa hai vi thấu kính dạng bán cầu có thể được điều khiển dựa trên chấp hành tĩnh điện. Đối với vi thấu kính dựa trên quang học chất lỏng, việc thay đổi tiêu cự của vi thấu kính có thể được điều khiển bằng lực tĩnh điện. Ứng dụng của hệ thống vi thấu kính có thể trong các thiết bị hiển thị vi ảnh hoặc các thiết bị vi cơ điện tử khác.



Hình 1.

Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Sáng chế đề cập đến hệ thống vi thấu kính tùy biến nhiều bậc tự do dựa trên chấp hành tĩnh điện. Cấu trúc tổng thể của hệ thống vi thấu kính bao gồm một vi thấu kính có dạng nửa bán cầu hoặc 2 nửa bán cầu ở tâm hoặc thấu kính dựa trên vi chất lỏng. Vi thấu kính này được treo bởi các lò xo bố trí đối xứng xung quanh và hệ thống lò xo này ưu tiên dao động theo phương thẳng đứng, trong khi hạn chế các dao động không mong muốn khác. Hệ thống treo vi thấu kính được nối tới các bộ vi chấp hành có khả năng điều khiển chuyển động theo nhiều hướng khác nhau bao gồm dịch chuyển ngoài mặt phẳng, trong mặt phẳng và quay hai hướng xung quanh hai trục trục giao trong mặt phẳng. Điều khiển chuyển động nhiều bậc tự do này được thực hiện dựa trên chấp hành tĩnh điện sử dụng cấu trúc dạng răng lược. Để nối điện tới các điện cực điều khiển hệ thống vi thấu kính nhiều bậc tự do, cấu trúc lò xo được chia thành các lò xo đơn ghép song song với nhau, mỗi lò xo đơn này vừa có chức năng như là một lò xo cơ vừa có chức năng như là một đường dẫn điện. Việc cách điện và kết cặp cơ của hệ thống vi thấu kính sử dụng các rãnh cách ly và cầu kết cặp cơ nhưng cách ly điện.

Tình trạng kỹ thuật của sáng chế

Vi thấu kính có thể ứng dụng trong hệ thống hiển thị vi ảnh, hỗ trợ phẫu thuật nội soi, mắt ghép nhân tạo, v.v. Có 2 dạng vi thấu kính: thấu kính có tiêu cự cố định và thấu kính có thể thay đổi tiêu cự. Để thay đổi tiêu cự của vi thấu kính, người ta có thể dịch chuyển vi thấu kính hoặc thay đổi kích thước của vi thấu kính khi sử dụng chất lỏng quang học. Một số vi thấu kính có thể thay đổi tiêu cự đã được giới thiệu khi sử dụng các cơ chế chấp hành khác nhau như nhiệt cơ, chấp hành tĩnh điện, v.v. Ví dụ: vi thấu kính được chấp hành nhiệt cơ được báo cáo trong bài báo “An electrothermal microlens scanner with low-voltage large-vertical-displacement actuation”, của nhóm tác giả “Ankur Jain và Huikai Xie”, đăng trong tạp chí “IEEE Photonics Technology Letters”, trong báo cáo này, vi thấu kính chuyển động ngoài mặt phẳng được thực hiện dựa trên biến dạng cơ dưới tác động của nhiệt sử dụng các thanh dầm trong mặt phẳng; trong bài báo “Large-displacement vertical microlens scanner with low driving voltage”, của nhóm tác giả “Sunghoon Kwon, Veljko Milanovic” và Luke P. Lee”, đăng trong tạp chí “IEEE Photonics Technology Letters”, trong báo cáo này chấp hành kiểu răng lược đã được sử dụng cho điều khiển chuyển động vi thấu kính ngoài mặt phẳng. Ngoài điều khiển vi thấu kính dịch chuyển 1 chiều ngoài mặt phẳng, một số vi thấu

kính dịch chuyển 1 chiều trong mặt phẳng cũng đã được đề xuất, ví dụ: vi thấu kính dịch chuyển 1 chiều dựa trên chấp hành tĩnh điện được báo cáo trong bài báo “Integrated VCSEL-microlens scanner with large scan range”, của nhóm tác giả “Jeffrey B. Chou, Niels Quack và Ming C. Wu”, đăng trong tạp chí “Journal of Microelectromechanical Systems”, trong báo cáo này, để dịch chuyển tịnh tiến 1 chiều trong mặt phẳng, chấp hành tĩnh điện kiểu răng lược đã được sử dụng; trong bài báo “A two-dimensional f - θ micro optical lens scanner with electrostatic comb-drive XY-stage”, của nhóm tác giả “Kazuhiro Takahashi, Ho Nam Kwon, Kunihiko Saruta, Makoto Mita, Hiroyuki Fujita, Hiroshi Toshiyoshi”, đăng trong tạp chí “IEICE Electronics Express”, trong báo cáo này, chấp hành tĩnh điện kiểu răng lược 2 chiều đã được đề xuất để dịch chuyển vi thấu kính trong 2 hướng trục giao trong mặt phẳng. Việc đưa ra các thấu kính có khả năng dịch chuyển tịnh tiến và quay ngoài mặt phẳng tạo ra các hệ vi thấu kính có thể điều khiển tiêu cự cũng như có khả năng bù sai lệch vị trí của vi thấu kính trong quá trình chế tạo. Trong sáng chế “Comb drive and leaf spring camera actuator”, số: US 9,578,218 B2, tác giả Richard J. Topliss đã đưa ra một hệ thống truyền động bao gồm bộ phận khung và cảm biến hình ảnh. Trong đó khung gắn cảm biến hình ảnh có khả năng điều khiển nhiều bậc tự do sử dụng chấp hành tĩnh điện kiểu răng lược, nhằm khắc phục sai lệch giữa vị trí cảm biến hình ảnh và mặt phẳng tiêu cự của hệ thấu kính. Để thay đổi tiêu cự của vi thấu kính, trong bài báo “Electroactive liquid lens driven by an annular membrane”, của nhóm tác giả “Kang Wei, Nicholas Wade Domicone và Yi Zhao”, đăng trong tạp chí “Optics Letters”, cũng đã giới thiệu phương pháp thay đổi tiêu cự của vi thấu kính dựa trên thay đổi thể tích chất lỏng quang làm vi thấu kính, trong báo cáo này, các màng chấp hành polyme tĩnh điện đã được sử dụng để thay đổi thể tích vi chất lỏng làm thấu kính, tuy vậy, điện áp chấp hành được yêu cầu rất cao, cỡ kV.

Để khắc phục các vấn đề nêu trên cũng như phát triển các hệ thống vi ảnh đa chức năng và có thể điều khiển linh hoạt, trong sáng chế này, hệ thống vi thấu kính tùy biến nhiều bậc tự do dựa trên chấp hành tĩnh điện được đề xuất. Trong đó, đặc biệt các chấp hành dịch chuyển tịnh tiến và chuyển động quay của vi thấu kính đều được thực hiện dựa trên chấp hành tĩnh điện kiểu răng lược cho hoạt động điện áp thấp và độ dịch chuyển không bị giới hạn bởi hiện tượng mất cân bằng cấu trúc gây bởi hiệu ứng tĩnh điện (hiệu ứng pull-in). Đặc biệt hơn nữa, để điều khiển tiêu cự của vi thấu kính, sáng chế đề xuất cơ chế chấp hành dựa trên chấp hành tĩnh điện kiểu răng lược. Hệ thống vi thấu kính tùy biến nhiều bậc tự do dựa trên chấp hành tĩnh điện có thể chế tạo hàng loạt giá thành thấp dựa trên công nghệ vi cơ điện tử.

Bản chất kỹ thuật của sáng chế

Mục đích của sáng chế là đề xuất hệ thống vi thấu kính tùy biến nhiều bậc tự do dựa trên chấp hành tĩnh điện có khả năng thay đổi tiêu cự với điện áp điều khiển

thấp và bù sai số gây bởi quá trình chế tạo. Để đạt được mục đích nêu trên, hệ thống vi thấu kính tùy biến nhiều bậc tự do dựa trên chấp hành tĩnh điện trong sáng chế hiện tại bao gồm (Hình 1): vi thấu kính ở giữa được treo bởi hệ thống lò xo ưu tiên dao động theo phương ngoài mặt phẳng, trong khi chống lại các dao động theo phương khác, điều khiển dịch chuyển của vi thấu kính ngoài mặt phẳng được thực hiện bởi chấp hành tĩnh điện dạng răng lược, khung treo vi thấu kính dịch chuyển ngoài mặt phẳng; bộ điều khiển vi thấu kính theo 2 hướng trục giao trong mặt phẳng và quay hai hướng xung quanh hai trục trục giao; các cấu trúc răng lược để điều khiển chuyển động tịnh tiến và chuyển động quay; hệ thống các lò xo cho chuyển động tịnh tiến, chuyển động quay cũng như có tác dụng như là các đường nối cấp điện áp tới các điện cực răng lược; hệ thống các rãnh cách ly điện và lỗ tiếp xúc điện giữa hai điện cực của bộ chấp hành răng lược. Đối với thiết kế vi thấu kính, sáng chế này đưa ra 2 phương án để thực hiện như sau:

Theo phương án 1:

Hình 2a và 2b minh họa mặt cắt ngang của vi thấu kính có dạng nửa bán cầu.

Theo phương án 2:

Hình 2c minh họa mặt cắt ngang của vi thấu kính gồm hai nửa thấu kính ghép lại với nhau.

Đối với bộ chấp hành tĩnh điện tịnh tiến và quay, sáng chế này đưa ra phương án thực hiện như sau:

Hình 2d minh họa mặt cắt ngang của chấp hành tĩnh điện cho chuyển động tịnh tiến trong mặt phẳng và chuyển động quay.

Đối với điều khiển tiêu cự của vi thấu kính sáng chế hiện tại đưa ra 4 phương án thực hiện như sau:

Theo phương án 1:

Vi thấu kính có thể dịch chuyển thẳng đứng khi sử dụng chấp hành tĩnh điện kiểu răng lược như thể hiện trên hình 1 và hình 2e.

Theo phương án 2:

Vi thấu kính bao gồm 2 nửa thấu kính như hình 3a, khoảng cách giữa 2 nửa vi thấu kính được điều khiển bởi chấp hành tĩnh điện kiểu răng lược; ở đây, nửa thấu kính phía trên được gắn trực tiếp trên khung của nửa thấu kính phía dưới.

Theo phương án 3:

Vi thấu kính bao gồm 2 nửa thấu kính như hình 3b, khoảng cách giữa 2 nửa vi thấu kính được điều khiển bởi chấp hành tĩnh điện kiểu răng lược; ở đây, nửa thấu kính phía trên được gắn trực tiếp với đế; trong trường hợp này, vi thấu kính bên dưới không những có thể điều khiển chuyển động tương đối so với thấu kính phía trên theo phương vuông góc mà còn có thể dịch chuyển tâm theo phương ngang cũng như quay tương đối so với thấu kính phía trên.

Theo phương án 4:

Vi thấu kính được tạo từ màng trong suốt có khả năng chấp hành tạo các mặt cong để tạo vi thấu kính khi sử dụng quang học chất lỏng như hình 3c và hình 3d, điều khiển mặt cong vi thấu kính cũng như tiêu cự của vi thấu kính được thực hiện bằng chấp hành tĩnh điện kiểu răng lược, trong đó điện cực chuyển động được bố trí trên các màng có thể chịu biến dạng để điều khiển thể tích của chất lỏng tạo thấu kính.

Để điều khiển màng chấp hành vi chất lỏng, sáng chế này đưa ra 2 phương án thực hiện như sau:

Theo phương án 1:

Không gian chuyển động của màng chấp hành vi thấu kính chất lỏng được mở rộng về phía điện cực chấp hành răng lược, như hình 3c.

Theo phương án 2:

Không gian chuyển động của màng chấp hành vi thấu kính chất lỏng được mở rộng về phía màng đối diện với màng chấp hành, như hình 3d.

Hệ vi thấu kính tùy biến nhiều bậc tự do dựa trên chấp hành tĩnh điện được đề xuất có thể được chế tạo dựa trên công nghệ vi cơ điện tử như vi cơ khối, vi cơ bề mặt, quá trình xử lý nhiệt, v.v.

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 hình chiếu đứng của hệ thống vi thấu kính tùy biến nhiều bậc tự do dựa trên chấp hành tĩnh điện.

Hình 2 minh họa các thành phần cơ bản của hệ vi thấu kính tùy biến nhiều bậc tự do dựa trên chấp hành tĩnh điện.

Hình 3 minh họa các dạng vi thấu kính có thể điều khiển tiêu cự.

Mô tả chi tiết sáng chế

Như được thể hiện trên hình 1, cấu trúc mặt cắt ngang của hệ vi thấu kính tùy biến nhiều bậc tự do dựa trên chấp hành tĩnh điện gồm có: vi thấu kính 1 ở giữa được tạo trên khung 2, được treo bởi hệ thống lò xo 3 ưu tiên dao động theo phương ngoài mặt phẳng, trong khi chống lại các dao động theo phương khác, điều khiển dịch chuyển của vi thấu kính ngoài mặt phẳng được thực hiện bởi bộ chấp hành tĩnh điện dạng răng lược 4 bao gồm điện cực cố định 4A và điện cực chuyển động 4B (Hình 2e), cung cấp điện tới hai tập hợp điện cực này được thực hiện bởi lỗ nối điện 5 thông qua các điện cực 5A và 5B, điện cực 5B ở đây là đường nối đất cho các điện cực răng lược chuyển động, cách điện giữa điện cực 5A và 5B được thực hiện bằng cách thiết kế điện cực 5A và 5B trên hai lớp cấu trúc với lớp điện môi cách điện ở giữa 5C, ngoài sử dụng lỗ nối điện 5, việc tạo ra các dây dẫn điện

tới các điện cực 5A và 5B cũng như cách ly điện với các cấu trúc khác không cùng điện áp được thực hiện khi sử dụng các rãnh cách ly điện 6, vi thấu kính 1 được treo trên khung 7, khung treo vi thấu kính này dịch chuyển ngoài mặt phẳng dựa trên bộ chấp hành tĩnh điện 4; bộ điều khiển vi thấu kính theo 2 hướng trục giao trong mặt phẳng và quay hai hướng xung quanh hai trục trục giao x và y dựa trên các khung treo 7 và khung treo 8 và hệ thống lò xo treo hai khung 9A và 9B, 10A và 10B; các cấu trúc răng lược để điều khiển chuyển động tịnh tiến theo phương x và quay xung quanh trục x là 11 (11A, 11B và 11C, Hình 1 và Hình 2d) và 12 (12A, 12B và 12C), chuyển động tịnh tiến gồm điện cực cố định 11A và điện cực chuyển động 11B, điện cực cố định 12A và điện cực chuyển động 12B, chuyển động quay xung quanh trục x bao gồm các điện cực răng lược 11C và 11B, 12C và 12B; chuyển động tịnh tiến theo phương y và quay xung quanh trục y bao gồm chấp hành răng lược 16 (16A, 16B và 16C) và 17 (17A, 17B và 17C), chuyển động tịnh tiến gồm điện cực cố định 16A và điện cực chuyển động 16B, điện cực cố định 17A và điện cực chuyển động 17B, chuyển động quay xung quanh trục y bao gồm các điện cực răng lược 16C và 16B, 17C và 17B; cấp điện tới các điện cực răng lược 11A, 11B và 11C tương ứng là các điện cực 13A, 5B và 13B; cấp điện tới các điện cực răng lược 12A, 12B và 12C tương ứng là các điện cực 15A, 5B và 15B; cấp điện tới các điện cực răng lược 16A, 16B và 16C tương ứng là các điện cực 18A, 5B và 18B; cấp điện tới các điện cực răng lược 17A, 17B và 17C tương ứng là các điện cực 19A, 5B và 19B; hệ thống các lò xo cho chuyển động tịnh tiến, chuyển động quay có tác dụng như là các đường nối cấp điện áp tới các điện cực răng lược; hệ thống các rãnh cách ly điện 6 và lỗ tiếp xúc điện giữa hai điện cực của bộ chấp hành răng lược 5. Vi thấu kính có thể có dạng nửa bán cầu như hình 2a và hình 2b hoặc hai nửa bán cầu ghép lại với nhau như hình 2c.

Lò xo ngoài dạng thẳng cũng có thể được thiết kế dưới dạng gấp khúc như hình 2f. Để cung cấp điện tới các điện cực chấp hành bên trong hệ vi thấu kính, số lượng điện cực có thể thiết kế bằng cách thêm hoặc bớt các lò xo ghép song song. Ví dụ: để chấp hành vi thấu kính ở giữa theo phương ngoài mặt phẳng, lò xo 9A và 9B chỉ cần cấu trúc lò xo kép gồm hai lò xo đơn ghép song song với nhau, trong khi đó lò xo 10A và 10B không những phải đảm bảo cung cấp điện cho điều khiển vi thấu kính dịch chuyển ngoài mặt phẳng còn phải cấp điện để điều khiển chuyển động tịnh tiến và quay xung quanh trục x (xung quanh lò xo 9A và 9B), vì vậy các lò xo 10A và 10B được tạo ra từ 3 lò xo đơn ghép song song với nhau.

Để điều khiển khoảng cách giữa hai nửa thấu kính, cấu trúc bộ vi chấp hành có thể thiết kế như hình 3a, trong đó, khoảng cách giữa hai vi thấu kính 1D và 1E được điều khiển bằng cách lựa chọn chiều dày lớp cách điện 5B. Hình 3b thể hiện một cấu trúc khác cho điều khiển vị trí tương đối của vi thấu kính 1D và 1E, ở đây, thấu kính 1E được nối trực tiếp với đế 20.

Trong trường hợp điều khiển tiêu cự sử dụng cơ chế quang học chất lỏng, sáng chế này đưa ra hai cấu trúc điều khiển như hình 3c và 3d. Trong hình 3c, thể tích chứa vi chất lỏng 21 được tạo ra bởi các màng có thể chịu uốn tạo mặt cong cho vi thấu kính 23A và 23B, việc điều khiển thể tích chất lỏng trong buồng 21 được thực hiện bằng cách điều khiển thể tích buồng được tạo ra bởi màng 23A và màng chấp hành 23B, để điều khiển thể tích buồng 22, chấp hành tĩnh điện tụ răng lược với các điện cực cố định 4B và chuyển động 4C như hình 3c và hình 3d; ở đây buồng 21 và 22 được nối thông với nhau. Để tạo không gian cho dịch chuyển màng chấp hành, có 2 cấu trúc chấp hành răng lược được đề xuất như hình 3c và hình 3d, trong hình 3c, không gian chuyển động 24 cho màng chấp hành 25 (25A và 25B) được mở rộng về phía điện cực răng lược cố định 4B; trong hình 3d, không gian chuyển động 24 cho màng chấp hành 25 (25A và 25B) được mở rộng về phía màng 26. Để đảm bảo thể tích 22 thay đổi, thì màng 26 phải được thiết kế sao cho độ cứng của nó cứng hơn độ cứng của màng chấp hành 25 (25A và 25B). Khoảng cách giữa màng 25 (25A và 25B) và 26 được điều khiển bằng cách thay đổi chiều dày lớp cấu trúc 27.

Hiệu quả kỹ thuật đạt được

Đây là một sáng chế liên quan đến hệ vi thấu kính tùy biến nhiều bậc tự do dựa trên chấp hành tĩnh điện. Vi thấu kính có thể điều khiển chuyển động theo 3 trục trục giao và chuyển động quay hai hướng xung quanh 2 trục trục giao trong mặt phẳng bằng cách sử dụng chấp hành tĩnh điện kiểu tụ răng lược. Khi sử dụng kiểu chấp hành này, độ dịch chuyển không bị giới hạn bởi hiệu ứng mất cân bằng cấu trúc gây bởi hiệu ứng tĩnh điện (hiệu ứng pull-in) và có khả năng chấp hành ở điện áp hoạt động thấp. Vi thấu kính có thể có dạng bán cầu hoặc 2 nửa bán cầu ghép lại với nhau, khoảng cách giữa hai vi thấu kính dạng bán cầu có thể điều khiển dựa trên chấp hành kiểu răng lược. Ngoài khả năng điều khiển dịch chuyển vi thấu kính cũng như khoảng cách giữa hai vi thấu kính dạng bán cầu có thể thay đổi tiêu cự của hệ thống vi thấu kính, việc thay đổi tiêu cự của vi thấu kính cũng có thể thực hiện dựa trên cơ chế quang học chất lỏng và chấp hành tĩnh điện. Hệ thống vi thấu kính tùy biến nhiều bậc tự do dựa trên chấp hành tĩnh điện có thể chế tạo hàng loạt giá thành thấp dựa trên công nghệ vi cơ điện tử. Hệ thống vi thấu kính tùy biến nhiều bậc tự do dựa trên chấp hành tĩnh điện có thể ứng dụng trong hệ thống hiển thị vi ảnh, hỗ trợ phẫu thuật nội soi, mắt ghép nhân tạo, ...

Yêu cầu bảo hộ

1. Hệ vi thấu kính tùy biến nhiều bậc tự do dựa trên chấp hành tĩnh điện, trong đó đặc biệt vi thấu kính được điều khiển dịch chuyển độc lập theo 3 trục trục giao và quay theo 2 hướng xung quanh hai trục trục giao trong mặt phẳng; điều khiển dịch chuyển theo 3 trục trục giao và quay theo 2 hướng xung quanh hai trục trục giao trong mặt phẳng được thực hiện bằng chấp hành tĩnh điện sử dụng cấu trúc tự kiểu răng lược; chuyển động tịnh tiến độc lập trong hai trục trục giao đầu tiên được thực hiện bằng cách sử dụng 2 khung kết cặp cơ, khung kết cặp cơ thứ nhất được gắn với đế cố định thông qua một hệ thống lò xo vi cơ thứ nhất, hệ thống lò xo vi cơ thứ nhất này đảm bảo khung kết cặp cơ thứ nhất chuyển động tịnh tiến và quay xung quanh trục trục giao thứ nhất; khung kết cặp cơ thứ hai kết cặp cơ với khung kết cặp cơ thứ nhất thông qua hệ thống lò xo vi cơ thứ 2, hệ thống lò xo vi cơ thứ 2 này có cấu trúc đảm bảo khung kết cặp cơ thứ 2 chuyển động tịnh tiến và quay xung quanh trục trục giao trục trục thứ hai trong khi hạn chế chuyển động của vi thấu kính theo các hướng khác; chuyển động tịnh tiến trong mỗi trục trục giao sử dụng 2 bộ chấp hành tĩnh điện có cấu trúc răng lược bố trí trên mỗi khung kết cặp cơ, đối xứng qua vi thấu kính ở giữa; mỗi bộ chấp hành tĩnh điện cấu trúc răng lược gồm một tập hợp răng lược cố định và một tập hợp răng lược chuyển động đan xen nhau, được bố trí trên 1 mặt phẳng, cách ly điện với nhau, mỗi bộ chấp hành điều khiển chuyển động tịnh tiến vi thấu kính về một hướng trên trục trục giao; chuyển động quay xung quanh hai trục trục giao được thực hiện bằng cách sử dụng 2 bộ chấp hành tĩnh điện có cấu trúc răng lược cũng được bố trí trên hai khung kết cặp cơ, cấu trúc bộ chấp hành tĩnh điện trong điều khiển chuyển động quay tương tự trong điều khiển chuyển động tịnh tiến, tuy nhiên, điện cực răng lược cố định được bố trí ở trên một mặt phẳng khác và cách điện với điện cực răng lược chuyển động, điện cực răng lược cố định của bộ chấp hành tĩnh điện điều khiển chuyển động tịnh tiến và chuyển động quay cũng nằm trên một mặt phẳng, trong khi điện cực răng lược chuyển động là chung nhau; vi thấu kính được bố trí trên một khung kết cặp cơ thứ 3, khung kết cặp cơ này được kết cặp cơ với khung kết cặp cơ thứ 2 thông qua hệ thống lò xo vi cơ thứ 3 được bố trí đối xứng xung quanh, trong đó, các lò xo vi cơ ưu tiên chuyển động tịnh tiến theo trục trục giao thứ 3 hướng ngoài mặt phẳng của khung kết cặp cơ thứ nhất và thứ 2; vi thấu kính có dạng 1 nửa bán cầu hoặc hai nửa ghép lại với nhau, việc điều khiển độ dịch chuyển vi thấu kính cũng như khoảng cách giữa hai nửa vi thấu kính theo hướng ngoài mặt phẳng được thực hiện bằng bộ chấp hành tĩnh điện kiểu răng lược, tập hợp răng lược chuyển động được gắn trên khung kết cặp cơ thứ 3, trong khi tập hợp răng lược cố định được gắn trên khung kết cặp cơ thứ 2, hai tập hợp răng lược này được bố trí trên hai mặt phẳng khác nhau và cách điện với nhau; đối với thay đổi tiêu cự của hệ vi thấu kính được thực hiện bằng hiệu ứng quang học chất lỏng

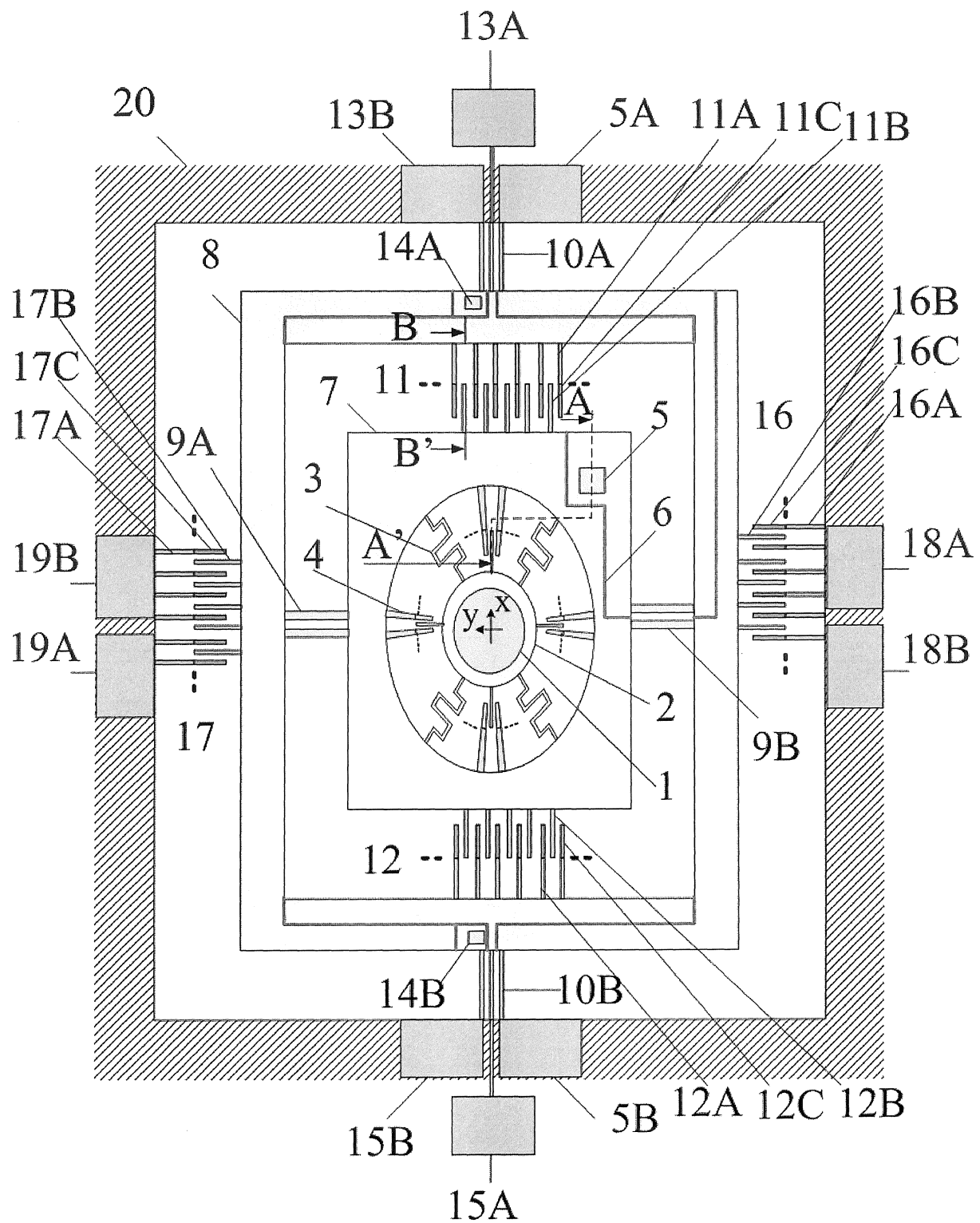
sử dụng chấp hành tĩnh điện kiểu răng lược, trong đó, cấu trúc của vi thấu kính bao gồm một buồng vi chất lỏng tạo vi thấu kính và một buồng điều khiển thể tích chất lỏng trong buồng vi chất lỏng tạo vi thấu kính; hai buồng này được nối thông với nhau, buồng vi chất lỏng tạo vi thấu kính ở tâm được tạo ra bởi các màng có thể chịu uốn tạo mặt cong cho vi thấu kính, việc điều khiển thể tích chất lỏng trong buồng vi chất lỏng tạo vi thấu kính làm thay đổi tiêu cự của vi thấu kính; buồng điều khiển có cấu tạo gồm một màng chấp hành và một màng cố định, màng cố định có độ cứng lớn hơn nhiều so với màng chấp hành; để điều khiển thể tích buồng điều khiển, các bộ chấp hành tĩnh điện kiểu tụ răng lược bố trí bên dưới màng chấp hành được sử dụng; tập hợp răng lược chuyển động được bố trí trên màng chấp hành, để tạo không gian cho dịch chuyển màng chấp hành, có 2 cấu trúc chấp hành răng lược được đề xuất: thứ nhất đó là không gian chuyển động cho màng chấp hành được mở rộng về phía điện cực răng lược cố định, thứ 2, không gian chuyển động cho màng chấp hành được mở rộng về phía màng cố định; để thay đổi vị trí tương đối của 2 nửa vi thấu kính, sáng chế này đưa ra 2 phương án thực hiện: cấu trúc vi thấu kính được gắn trực tiếp lên khung chuyển động hoặc khung cố định trong khi vi thấu kính còn lại được gắn trên hệ thống vi dịch chuyển nhiều bậc tự do; cung cấp điện tới các điện cực chấp hành răng lược được thực hiện khi sử dụng hệ thống lò xo vi cơ thứ nhất và thứ 2 có cấu trúc gồm 1 lò xo đơn hoặc nhiều lò xo đơn ghép song song với nhau nhưng được cách ly điện khi sử dụng các rãnh cách ly.

2. Hệ vi thấu kính tùy biến nhiều bậc tự do dựa trên chấp hành tĩnh điện theo điểm 1, số lượng lò xo đơn phụ thuộc vào số lượng bộ chấp hành tĩnh điện cần được sử dụng.

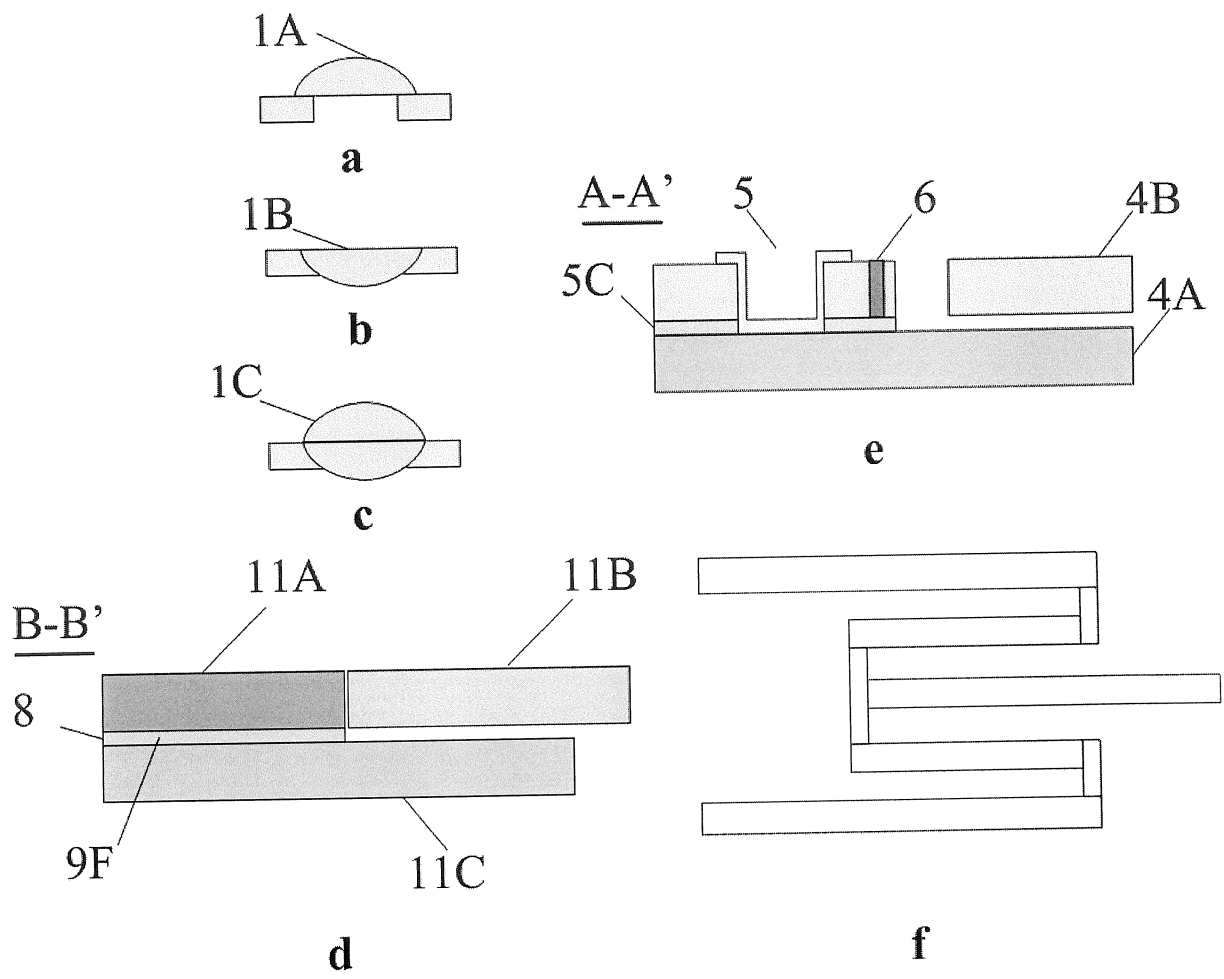
3. Hệ vi thấu kính tùy biến nhiều bậc tự do dựa trên chấp hành tĩnh điện theo điểm 1, cấu trúc răng lược được bố trí phía dưới màng chấp hành vi chất lỏng điều khiển tiêu cự vi thấu kính.

4. Hệ vi thấu kính tùy biến nhiều bậc tự do dựa trên chấp hành tĩnh điện theo điểm 1, trong đó nối điện giữa các lớp cấu trúc được thực hiện bằng cách sử dụng các lỗ nối điện và các đường dẫn khi sử dụng vật liệu cấu trúc và các rãnh cách ly điện.

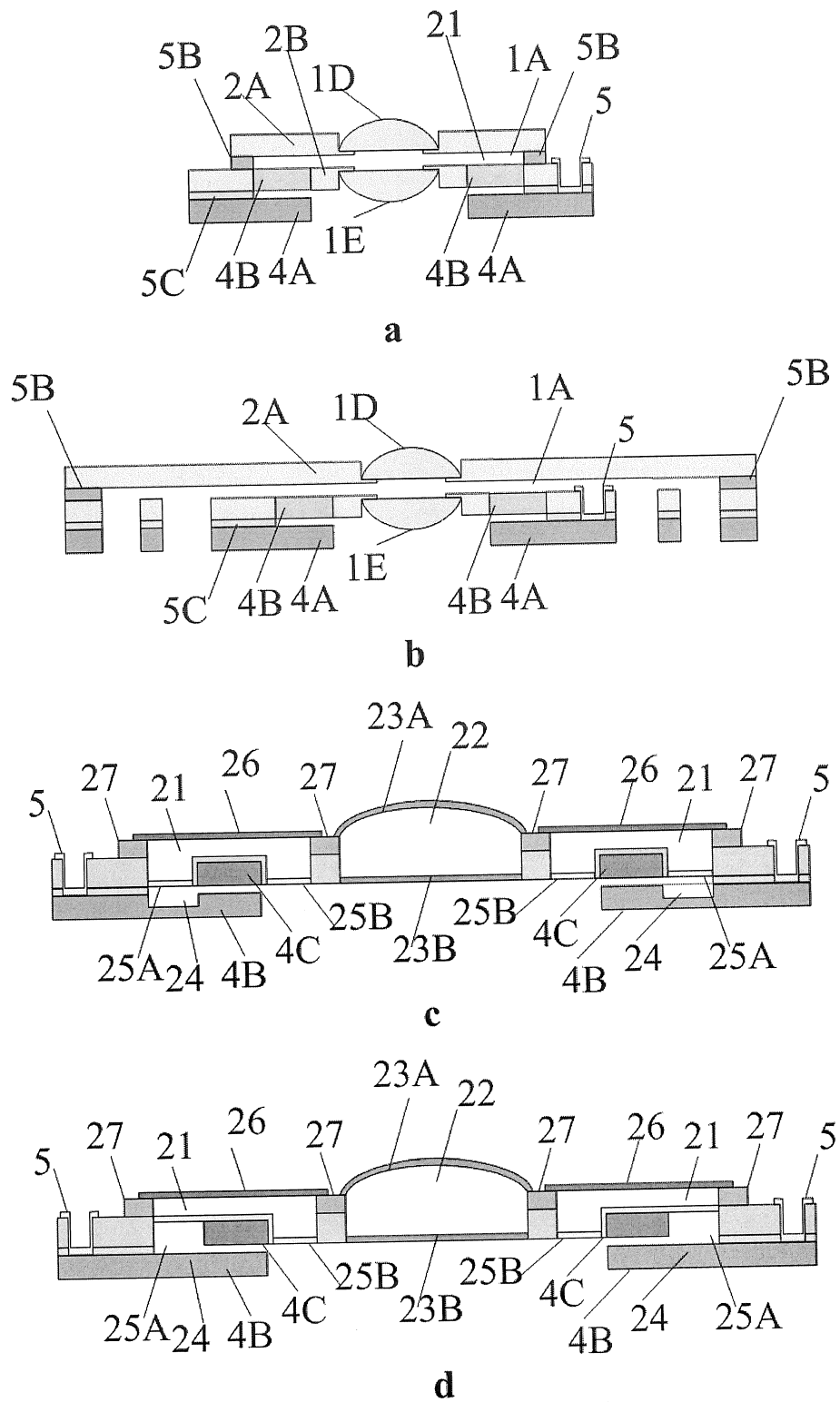
5. Hệ vi thấu kính tùy biến nhiều bậc tự do dựa trên chấp hành tĩnh điện theo điểm từ 1 đến điểm 4 có dạng mảng và được chế tạo hàng loạt bằng công nghệ vi cơ điện tử.



Hình 1.



Hình 2.



Hình 3.