



(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)



1-0028640

(51)<sup>7</sup> H01L 23/62

(13) B

(21) 1-2016-02538

(22) 11/02/2014

(86) PCT/US2014/015815 11/02/2014

(87) WO 2015/122877 20/08/2015

(45) 25/06/2021 399

(43) 27/02/2017 347A

(73) Intel Corporation (US)

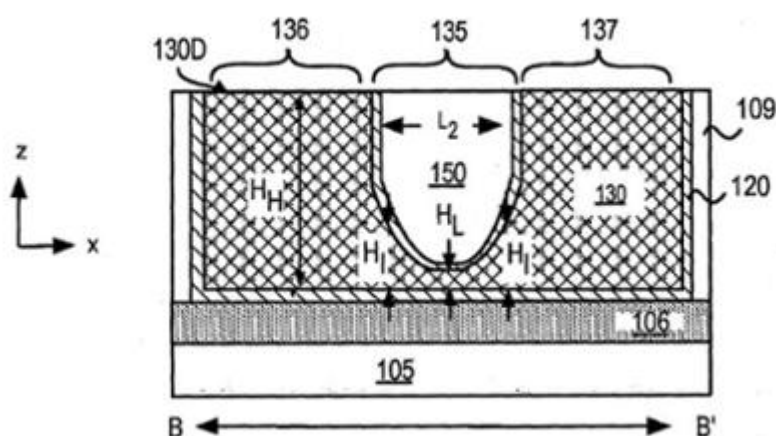
2200 Mission College Blvd, Santa Clara, California 95054, United States of America

(72) LEE, Chen-Guan (TW); HAFEZ, Walid M (US); JAN, Chia-Hong (US).

(74) Công ty TNHH Tầm nhìn và Liên danh (VISION & ASSOCIATES CO.LTD.)

#### (54) KẾT CẤU CẦU CHÌ CHÌM VÀ KẾT CẤU MẠCH TÍCH HỢP (IC)

(57) Sáng chế đề cập đến các kết cấu cầu chì chìm và kết cấu mạch tích hợp (IC). Kết cấu cầu chì chìm có thể bao gồm đường dẫn điện không phẳng có hai phần z cao kéo dài đến chiều cao z lớn hơn so với phần z thấp có khả năng dẫn dòng điện nhỏ được bố trí ở giữa hai phần này. Chất điện môi được bố trí trên phần z thấp có bề mặt trên ngang bằng với các phần đường dẫn z cao mà có thể đặt các mối tiếp xúc cầu chì. Việc chế tạo cầu chì chìm có thể gồm bước cắt rãnh trong một vùng của vật liệu điện môi thứ nhất được bố trí trên nền. Vùng được cắt rãnh trong này được lót bằng vật liệu điện môi thứ hai. Một cặp đầu mút cầu chì được nối điện được tạo thành bằng cách lấp đầy vùng được cắt rãnh trong được lót bằng vật liệu dẫn điện. Theo các phương án có lợi, việc chế tạo cầu chì tương thích với các quy trình chế tạo tranzito công kim loại có K cao và điện trở silic đa tinh thể chính xác.



### **Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập**

Nói chung, sáng chế đề cập đến việc chế tạo các mạch tích hợp (integrated circuit - IC) và các thiết bị liên khối, cụ thể hơn sáng chế đề cập đến các cầu chì liên khối.

### **Tình trạng kỹ thuật của sáng chế**

Các IC liên khối thường bao gồm nhiều tranzito, chẳng hạn như các tranzito hiệu ứng trường bán dẫn oxit-kim loại (metal-oxide-semiconductor field-effect transistor - MOSFET) được chế tạo trên nền phẳng, chẳng hạn như lát silic.

Các IC thường bao gồm ít nhất một cầu chì. Cầu chì là thiết bị chịu hy sinh để tạo thành sự bảo vệ quá dòng, tính an toàn, hoặc có khả năng lập trình. Cầu chì bắt đầu với điện trở thấp và được thiết kế để tạo ra đường không dẫn điện vĩnh viễn khi dòng điện chạy qua thiết bị này vượt quá mức nhất định.

Một số thiết kế cầu chì thông thường sử dụng một dây dẫn kim loại nối thông mỏng. Nếu có dòng điện đủ cao truyền qua dây dẫn kim loại mỏng này, thì dây dẫn này nóng chảy và tạo ra một mạch hở. Để có dòng điện lập trình thấp, tiết diện của cầu chì cần nhỏ so với dây dẫn mạch khác. Một thiết kế cầu chì khác vận dụng sự dịch chuyển do điện giữa hai vật liệu kim loại. Khi hai hoặc nhiều hơn hai kim loại dẫn điện tiếp xúc với nhau, việc truyền động lượng giữa các electron dẫn điện và các ion kim loại có thể được tạo thành lớn, nơi có cấu trúc mạng ion kim loại không đồng nhất. Ở trên mức dòng điện nhất định, các nguyên tử di chuyển và tạo ra các khe hở gần giao diện lưỡng kim, do đó tạo ra mạch hở. Trong thiết kế cầu chì này, diện tích chồng lên nhau giữa các kim loại và các thuộc tính dịch chuyển do điện của các kim loại này xác định dòng điện lập trình cầu chì.

Với việc định tỉ lệ kích thước tranzito MOS nhỏ dần từ thế hệ công nghệ này sang thế hệ công nghệ tiếp theo, nên có mong muốn làm giảm kích thước của cầu chì, cũng như dòng điện lập trình cầu chì. Tuy nhiên các cấu trúc cầu chì thường dựa vào khả năng tạo mẫu quang khắc ít nghiêm ngặt hơn so với khả năng tạo mẫu quang khắc được sử dụng cho các kết cấu tranzito MOS nhỏ nhất, và do đó, các cấu trúc cầu chì này không có cùng mức độ thu nhỏ so với tranzito MOS. Các cấu trúc cầu chì phụ

thuộc vào diện tích nổi chồng lưỡng kim thường cũng bị giới hạn bởi khả năng tạo mẫu quang khắc (ví dụ, lớp phủ). Ngoài ra, các cấu trúc cầu chì dựa trên sự dịch chuyển do điện thường không tương thích với các nỗ lực giảm thiểu sự dịch chuyển do điện để nâng cao độ tin cậy của thiết bị.

Do đó, các cấu trúc cầu chì và các kỹ thuật chế tạo liên quan có khả năng tạo thành các dòng điện lập trình thấp hơn, và/hoặc các diện tích cầu chì nhỏ hơn sẽ có lợi cho các IC MOS tiên tiến.

### **Bản chất kỹ thuật của sáng chế**

Theo khía cạnh thứ nhất, cầu chì chìm được đề xuất bao gồm:

đường dẫn điện không phẳng được bố trí trên nền, đường dẫn điện không phẳng này có phần z thấp giữa hai phần z cao, hai phần này kéo dài từ nền đến chiều cao z lớn hơn so với phần z thấp;

vật liệu điện môi có k cao được bố trí bên dưới đường dẫn và bên trên nền; và

vật liệu điện môi thứ hai được bố trí trên vật liệu điện môi có k cao và phần z thấp, vật liệu điện môi thứ hai này có bề mặt trên ngang bằng với các phần z cao.

Theo khía cạnh thứ hai, mạch tích hợp (IC) được đề xuất bao gồm:

tranzito MOS có cực cổng, bao gồm kim loại thứ nhất, được bố trí trên vùng thứ nhất của nền bán dẫn với vật liệu điện môi cổng được bố trí giữa chúng; và

cầu chì chìm còn bao gồm: đường dẫn điện không phẳng được bố trí trên vùng thứ hai của nền, đường dẫn không phẳng này có phần z thấp giữa hai phần z cao, hai phần này kéo dài từ nền đến chiều cao z lớn hơn so với phần z thấp, trong đó, vật liệu điện môi cổng này được bố trí giữa đường dẫn và nền và bao bọc hoàn toàn xung quanh phần z thấp.

Theo khía cạnh thứ ba, phương pháp chế tạo cầu chì chìm được mô tả, phương pháp này bao gồm các bước:

cắt rãnh trong nằm ngang cho vùng vật liệu điện môi thứ nhất được bố trí trên nền;

lót vùng được cắt rãnh trong này bằng vật liệu điện môi thứ hai; và

tạo thành cặp đầu cầu chì đối diện nhau bằng cách lấp đầy vùng được cắt rãnh trong được lót bằng vật liệu dẫn điện.

Theo khía cạnh thứ tư, phương pháp tạo thành mạch tích hợp (IC) được mô tả, phương pháp này bao gồm các bước:

tạo thành chi tiết thứ nhất của vật liệu hy sinh trên vùng thứ nhất của nền và chi tiết thứ hai của vật liệu hy sinh trên vùng thứ hai của nền, với vật liệu điện môi thứ nhất ở giữa hai chi tiết này;

che chi tiết thứ nhất và các phần thứ nhất của chi tiết thứ hai;

khoét lõm phần không được che của chi tiết thứ hai ở dưới bề mặt trên cùng của vật liệu điện môi thứ nhất;

lấp đầy phần đã được khoét lõm của chi tiết thứ hai bằng vật liệu điện môi thứ hai;

loại bỏ các chi tiết thứ nhất và thứ hai của vật liệu hy sinh ra khỏi các vật liệu điện môi thứ nhất và thứ hai theo cách có chọn lọc;

lắp đặt vật liệu điện môi công vào trong các khoảng trống thứ nhất và thứ hai; và

lấp đầy các khoảng trống thứ nhất và thứ hai bằng vật liệu dẫn điện để tạo thành một cực cổng trên vùng thứ nhất của nền và cầu chì chìm trên vùng thứ hai của nền.

### **Mô tả vắn tắt các hình vẽ**

Các nội dung được mô tả trong ở đây được minh họa bằng cách lấy ví dụ và không phải bằng cách giới hạn ở các hình vẽ kèm theo. Để minh họa đơn giản và rõ ràng, các thành phần được minh họa trong các hình vẽ này không nhất thiết được vẽ theo tỷ lệ. Ví dụ, kích thước của một số thành phần có thể được phóng to so với các thành phần khác cho rõ ràng. Ngoài ra, nếu thích hợp, các ký hiệu chỉ dẫn được lặp lại trên các hình vẽ để chỉ ra các thành phần tương đương hoặc tương tự.

Fig.1A là hình vẽ hình chiếu bằng của một cầu chì chìm có chất lấp đầy dẫn điện, theo một phương án;

Fig.1B và Fig.1C là các hình vẽ mặt cắt của cầu chì chìm được minh họa trên Fig.1A, theo các phương án;

Fig.2A là hình vẽ hình chiếu bằng của một sơ đồ IC bao gồm tranzito MOS và cầu chì chìm có chất dẫn điện được lấp đầy, theo các phương án;

Fig. 2B và Fig.2C là các hình vẽ mặt cắt của sơ đồ IC được minh họa trên Fig.2A, theo các phương án;

Fig.3A là hình vẽ lưu đồ minh họa phương pháp tạo thành cầu chì chìm bằng cách lấp đầy vật liệu dẫn điện, theo một phương án;

Fig.3B là hình vẽ lưu đồ minh họa phương pháp tạo thành IC bao gồm tranzito MOS và cầu chì chìm có chất lấp đầy dẫn điện, theo một phương án;

Fig.4A, Fig.4B, Fig.4C, Fig.4D, Fig.4E, Fig.4F và Fig.4G là các hình vẽ mặt cắt của IC bao gồm tranzito MOS và cầu chì chìm phát triển dưới dạng các hoạt động được lựa chọn theo phương pháp được mô tả trên Fig.3B được thực hiện, theo một phương án;

Fig.5 minh họa nền tảng điện toán di động và thiết bị máy chủ dữ liệu sử dụng cầu chì chìm có chất lấp đầy dẫn điện theo các phương án của sáng chế; và

Fig.6 là sơ đồ khối chức năng của một thiết bị điện toán điện tử, theo một phương án của sáng chế.

### **Mô tả chi tiết sáng chế**

Một hoặc nhiều phương án sẽ được mô tả có dựa vào các hình vẽ kèm theo. Trong khi các cấu hình và các cách sắp xếp cụ thể được mô tả và thảo luận chi tiết, cần hiểu rằng điều này được thực hiện chỉ nhằm minh họa. Người có hiểu biết trung bình trong lĩnh vực kỹ thuật sẽ nhận ra rằng có thể có các cấu hình và các cách sắp xếp khác mà không nằm ngoài nguyên lý và phạm vi sáng chế. Người có hiểu biết trung bình trong lĩnh vực kỹ thuật sẽ hiểu rõ là các kỹ thuật và/hoặc các cách sắp xếp được mô tả trong bản mô tả này có thể được sử dụng trong các hệ thống và ứng dụng khác ngoài những gì được mô tả chi tiết trong bản mô tả này.

Trong phần mô tả chi tiết sau đây, việc tham chiếu đến các hình vẽ kèm theo được thực hiện, các hình vẽ này tạo thành một phần của bản mô tả và minh họa các phương án làm ví dụ. Ngoài ra, cần hiểu rằng có thể sử dụng các phương án khác và có thể thực hiện các thay đổi về cấu trúc và/hoặc logic mà không nằm ngoài phạm vi yêu cầu bảo hộ. Cũng cần lưu ý rằng các hướng và chỉ dẫn, ví dụ, lên, xuống, trên, dưới, và

v.v, có thể được sử dụng chỉ để thuận lợi cho việc mô tả các chi tiết trong hình vẽ. Các thuật ngữ chẳng hạn như "trên" và "dưới", "bên trên" và "bên dưới" có thể được hiểu bằng cách tham chiếu đến các tọa độ X-Z được minh họa, và các thuật ngữ chẳng hạn như "liền kề" có thể được hiểu bằng cách tham chiếu đến các tọa độ X, Y hay tọa độ không có tọa độ Z. Do đó, phần mô tả chi tiết sau đây không phải được thực hiện để giới hạn ý nghĩa và phạm vi đối tượng được yêu cầu bảo hộ được xác định theo các điểm yêu cầu bảo hộ kèm theo và nội dung tương đương.

Trong các mô tả sau đây, nhiều chi tiết được nêu, tuy nhiên, người có hiểu biết trung bình trong lĩnh vực kỹ thuật sẽ hiểu rõ là sáng chế có thể được thực hiện mà không cần đến các chi tiết cụ thể này. Trong một số trường hợp, các phương pháp và các thiết bị đã được thể hiện dưới dạng sơ đồ khối, thay vì chi tiết, để tránh làm không rõ nghĩa sáng chế. Trong toàn bộ bản mô tả việc dẫn chiếu đến "phương án" hoặc "một phương án" có nghĩa là một chi tiết, cấu trúc, chức năng, hoặc đặc điểm cụ thể được mô tả liên quan đến phương án đó được bao gồm trong ít nhất một phương án của sáng chế. Do đó, sự xuất hiện của cụm từ "theo phương án" hoặc "theo một phương án" ở những vị trí khác nhau trong toàn bộ bản mô tả này không nhất thiết là đề cập đến cùng một phương án sáng chế. Ngoài ra, các chi tiết, cấu trúc, chức năng, hoặc các đặc điểm cụ thể có thể được kết hợp theo cách thức phù hợp bất kỳ trong một hoặc nhiều phương án. Ví dụ, phương án thứ nhất có thể được kết hợp với phương án thứ hai ở vị trí bất kỳ mà các chi tiết, cấu trúc, chức năng, hoặc đặc điểm cụ thể này liên quan đến hai phương án không loại trừ lẫn nhau.

Như được sử dụng trong bản mô tả của sáng chế và các điểm yêu cầu bảo hộ kèm theo, dạng số ít cũng được dùng để bao gồm số nhiều, trừ khi ngữ cảnh biểu thị rõ ràng khác. Cũng cần hiểu rằng thuật ngữ "và/hoặc" được sử dụng trong bản mô tả này đề cập đến và bao gồm sự kết hợp bất kỳ và tất cả các kết hợp có thể có của một hoặc nhiều mục được liệt kê kèm theo.

Các thuật ngữ "được ghép nối" và "được nối", cùng với các liên hệ của chúng, có thể được sử dụng trong bản mô tả để mô tả mối quan hệ chức năng hoặc cấu trúc giữa các bộ phận. Cần hiểu rằng các thuật ngữ này không được hiểu là từ đồng nghĩa với nhau. Thay vào đó, trong các phương án cụ thể "được nối" có thể được sử dụng để chỉ ra rằng hai hoặc nhiều thành phần tiếp xúc vật lý, quang học, hoặc điện trực tiếp

với nhau. "Được ghép nối" có thể được dùng để chỉ ra rằng hai hoặc nhiều thành phần tiếp xúc vật lý, quang học, hoặc điện (với các thành phần khác xen giữa chúng) trực tiếp hoặc gián tiếp với nhau, và/hoặc có hai hay nhiều thành phần phối hợp hoặc tương tác với nhau (ví dụ như mối quan hệ nguyên nhân và kết quả).

Các thuật ngữ "ở trên", "ở dưới", "giữa" và "trên" được sử dụng trong bản mô tả đề cập đến một vị trí tương đối của một bộ phận hoặc vật liệu so với các bộ phận hoặc vật liệu khác mà các mối quan hệ vật lý này là đáng lưu ý. Ví dụ trong phạm vi các vật liệu, một vật liệu hoặc vật liệu được bố trí trên hoặc dưới vật liệu khác có thể tiếp xúc trực tiếp hoặc có thể có một hoặc nhiều vật liệu xen giữa. Ngoài ra, một vật liệu được bố trí giữa hai vật liệu hoặc các vật liệu có thể tiếp xúc trực tiếp với hai lớp hoặc có thể có một hoặc nhiều lớp xen giữa. Ngược lại, vật liệu thứ nhất hoặc vật liệu "trên" vật liệu thứ hai hoặc vật liệu tiếp xúc trực tiếp với vật liệu thứ hai/vật liệu này. Sự phân biệt tương tự cũng được thực hiện trong phạm vi của các cụm bộ phận.

Như được sử dụng trong toàn bộ bản mô tả này, và trong các điểm yêu cầu bảo hộ, danh mục các chi tiết được nối bằng thuật ngữ "ít nhất một trong số" hoặc "một hoặc nhiều trong số" có thể có nghĩa là sự kết hợp bất kỳ của các thuật ngữ được liệt kê. Ví dụ, cụm từ "ít nhất một trong số A, B hoặc C" có thể có nghĩa là A; B; C; A và B; A và C; B và C; hoặc A, B và C.

Cầu chì chìm có chất lấp đầy dẫn điện và quy trình chế tạo các cầu chì này sẽ được mô tả dưới đây. Theo một phương án, cầu chì chìm liên khối bao gồm đường dẫn điện không phẳng được bố trí trên nền. Đường dẫn không phẳng này có phần z thấp giữa hai phần z cao, hai phần này kéo dài từ nền đến chiều cao z lớn hơn so với phần z thấp. Một vật liệu điện môi thứ nhất được bố trí giữa đường dẫn này và nền. Vật liệu điện môi này có thể là một vật liệu có k cao và bao bọc xung quanh ít nhất một thành bên của phần z thấp. Vật liệu điện môi khác được bố trí trên vật liệu điện môi thứ nhất và phần z thấp. Chất điện môi nằm trên này có thể bề mặt trên ngang bằng với phần z cao tạo thành đế dùng cho các mối tiếp xúc của cầu chì.

Việc chế tạo cầu chì chìm có thể bao gồm bước cắt rãnh trong vật liệu điện môi (trên) thứ nhất được bố trí trên nền. Vật liệu dẫn điện lấp đầy vào vùng được cắt rãnh trong. Theo các phương án này, vùng được cắt rãnh trong thứ nhất được lót bằng vật liệu điện môi, và sau đó vật liệu dẫn điện lấp đầy vào vùng được cắt rãnh trong được

lót chất điện môi. Đối với các phương án CMOS có lợi, cầu chì chìm sử dụng kim loại điện cực cổng tranzito làm vật liệu lấp đầy dẫn điện và vật liệu điện môi cổng bao quanh toàn bộ kim loại được lấp đầy này. Như vậy, việc chế tạo cầu chì tương thích với tranzito có K cao/cổng kim loại và các quy trình chế tạo điện trở silic đa tinh thể chính xác. Việc tạo mẫu chính xác vật liệu hy sinh có thể được sử dụng để kiểm soát kích thước của kim loại được lấp đầy.

Fig.1A là hình vẽ hình chiếu bằng của cầu chì chìm 101, theo một phương án. Fig.1B là hình vẽ mặt cắt của cầu chì 101 dọc theo đường dọc B-B' được minh họa trên Fig.1A, theo một phương án. Fig.1C là hình vẽ mặt cắt của cầu chì 101 dọc theo đường ngang C-C' được minh họa trên Fig.1A, theo một phương án. Các số chỉ dẫn giống nhau trên các hình vẽ từ Fig.1A đến Fig.1C do các hình vẽ này thể hiện các góc nhìn khác nhau của cùng phương án kết cấu.

Như được thể hiện trên Fig.1A, diện tích của nền 105 được che phủ bởi vết hoặc đường cầu chì 130. Nền 105 này có thể là nền bất kỳ phù hợp để tạo thành IC, chẳng hạn như, nhưng không giới hạn ở, nền bán dẫn, nền bán dẫn-trên-chất cách điện (SOI), hoặc nền cách điện (ví dụ, saphia), hoặc tương tự, và/hoặc các kết hợp của chúng. Theo một phương án làm ví dụ, nền 105 bao gồm chủ yếu chất bán dẫn đơn tinh thể, chẳng hạn như, nhưng không giới hạn ở, silic. Các thành phần chất bán dẫn làm ví dụ cũng bao gồm các hệ nhóm IV, chẳng hạn như silic, gecmani, hoặc hợp kim của chúng; các hệ nhóm III-V, chẳng hạn như GaAs, InP, InGaAs, và tương tự; hoặc các hệ nhóm III-N, chẳng hạn như GaN. Như được minh họa tiếp theo trên Fig.1B, nền 105 có thể gồm vật liệu điện môi cách điện 106 trong vùng được chiếm chỗ bởi đường cầu chì 130. Vật liệu điện môi 106 có thể là vật liệu bất kỳ, chẳng hạn như silic dioxit hoặc silic nitrua, có chiều dày đủ để cách điện đường cầu chì 130 từ đáy giếng và/hoặc ngăn ngừa đoản mạch điện xuyên qua nền 105. Theo các phương án thay thế, vật liệu điện môi 106 có thể vắng mặt mà chỉ có vật liệu điện môi 120 phân tách đường cầu chì 130 với chất bán dẫn của nền 105. Đối với phương án này, có thể bố trí thiết bị lập trình đa chức năng ba cực mà có thể hoạt động dưới dạng cầu chì ở chế độ thứ nhất, và cầu chì nghịch mà đánh thủng vật liệu điện môi 120 ở chế độ thứ hai. Hoạt động của cầu chì có thể được tạo ra thông qua việc đặt điện áp lập trình cầu chì trên các đầu đối diện của đường cầu chì 130. Đối với thiết bị lập trình đa chức năng, hoạt động cầu chì



ngịch còn có thể được tạo ra thông qua việc đặt điện áp lập trình cầu chì nghịch giữa một hoặc nhiều đầu của đường cầu chì 130 và nền 105.

Đường cầu chì 130 có thể là vật liệu dẫn điện bất kỳ, chẳng hạn như, nhưng không giới hạn ở, silic đa tinh thể, silic đa tinh thể pha tạp, gecmani đa tinh thể, gecmani đa tinh thể pha tạp, silic-gecmani đa tinh thể, hoặc silic-gecmani đa tinh thể pha tạp. Theo các phương án có lợi, đường cầu chì 130 bao gồm một hoặc nhiều kim loại, chẳng hạn như, nhưng không giới hạn ở vonfram, niken, coban, nhôm, và titan. Đối với các phương án kim loại này, đường cầu chì 130 có thể chủ yếu là một kim loại chỉ có chút ít tạp chất, hoặc có thể gồm kết cấu xếp chồng nhiều lớp hoặc hỗn hợp thành phần của nhiều kim loại, hoặc có thể là hợp kim đồng nhất của các kim loại này, hoặc hỗn hợp nhiều lớp của các kim loại được hợp kim hóa v.v.. Theo các phương án kim loại được hợp kim hóa, một hoặc nhiều chất trong số nitrua kim loại, cacbua kim loại, silicua kim loại, và gecmanua kim loại có thể được sử dụng trong đường cầu chì 130.

Đường cầu chì 130 bao gồm phần z thấp 135 được bố trí giữa các phần z cao 136, 137. Đường cầu chì 130 có chiều dài theo hướng dọc  $L_1$ . Chiều dài  $L_1$  này có thể thay đổi theo yêu cầu để tạo ra cặp đế tiếp xúc có chiều dài  $L_c$ . Chiều dài đường dẫn  $L_1$  còn là hàm số của chiều dài cầu chì  $L_2$  mong muốn, mà tương ứng với phần đường dẫn z thấp 135. Do đó, chiều dài đường cầu chì  $L_1$  là hàm số của khả năng chế tạo liên quan đến kích thước mỗi tiếp xúc nhỏ nhất và các kích thước giãn cách mỗi tiếp xúc, mà tỷ lệ với tiến trình công nghệ chế tạo. Tiếp theo, các hướng dẫn về chức năng dưới đây, đường cầu chì 130 có thể có chiều dài  $L_1$  bất kỳ nằm trong khoảng từ quy tắc thiết kế nhỏ nhất (ví dụ 0,1  $\mu\text{m}$  hoặc nhỏ hơn) đến 5-10  $\mu\text{m}$  hoặc lớn hơn. Đường cầu chì 130 có chiều rộng ngang nhỏ nhất  $W_1$  trong phần đường dẫn z thấp 135. Chiều rộng nhỏ nhất  $W_1$  có thể có giá trị bất kỳ nằm trong khoảng từ quy tắc thiết kế nhỏ nhất (ví dụ 10nm hoặc nhỏ hơn) đến kích thước 150nm, hoặc lớn hơn, là điển hình đối với các đường dẫn cấp điện. Các quy định về dòng điện lập trình cầu chì tương ứng với diện tích tiết diện của đường cầu chì 130, và do đó là hàm số của chiều rộng ngang nhỏ nhất  $W_1$ . Theo các phương án có lợi, chiều rộng nhỏ nhất  $W_1$  nhỏ hơn chiều rộng  $W_2$  của các phần z cao 136, 137. Ví dụ, đường cầu chì 130 có thể có kết cấu “xương chó” trong đó  $W_1$  nhỏ hơn 90% của  $W_2$ , và cụ thể hơn là nằm trong khoảng từ 50% đến

80% của  $W_2$ . Theo một phương án,  $W_1$  không lớn hơn 50nm. Fig.1A minh họa phương án làm ví dụ trong đó các chiều rộng ngang  $W_1$  và  $W_2$  tiệm cận các quy tắc thiết kế nhỏ nhất và chiều rộng biến thiên liên tục giữa  $W_1$  và  $W_2$ , và cụ thể hơn là dạng hình côn không thẳng (ví dụ có độ cong) dưới dạng hàm số của các cơ cấu chuyển đổi mẫu hình quang khắc và ăn mòn.

Tính không phẳng làm ví dụ của đường cầu chì 130 dọc theo chiều dài  $L_1$  được minh họa trên Fig.1B. Các phần z cao 136, 137 kéo dài tới chiều cao z lớn hơn ( $H_H$ ) từ nền 105 so với phần z thấp 135, mà có chiều cao z nhỏ nhất của cầu chì  $H_L$ . Các chiều dài tương đối của các phần z cao 136, 137 và phần z thấp 135 có thể thay đổi với các phần z cao 136, 137 đủ để tạo ra chiều dài để tiếp xúc  $L_C$  như thể hiện trên Fig.1A. Phần z thấp 135 có thể có chiều dài cầu chì  $L_2$  đủ để tạo ra khoảng giãn cách mong muốn giữa các mối tiếp xúc nối thông được đặt trên các phần z cao 136, 137. Theo phương án làm ví dụ, chiều cao z dọc theo phần z thấp 135 thay đổi từ chiều cao cầu chì trung gian  $H_I$  đến chiều cao z thấp nhất của cầu chì  $H_L$  (nghĩa là chiều dày nhỏ nhất) dọc theo chiều dài cầu chì  $L_2$  theo hướng dọc. Chiều cao z thấp nhất của cầu chì  $H_L$  là xấp xỉ ở điểm giữa của chiều dài cầu chì  $L_2$ . Sự thay đổi chiều cao cầu chì giữa  $H_I$  và  $H_L$  có thể là dần dần. Ví dụ, chiều cao cầu chì có thể được phân bậc trên toàn bộ chiều dài cầu chì  $L_2$  có dạng hình côn không thẳng (cong) nằm trong khoảng từ chiều cao cầu chì lớn nhất (chiều cao trung gian  $H_I$ ) xấp xỉ với mỗi phần z cao 136, 137 đến chiều cao nhỏ nhất của cầu chì (chiều cao thấp nhất  $H_L$ ). Theo các phương án làm ví dụ, các phần z cao 136, 137 có chiều cao z cao  $H_H$  nằm trong khoảng từ 50nm đến 200nm, tốt hơn nếu nằm trong khoảng từ 50nm đến 150nm, và tốt hơn nữa nếu không lớn hơn 100nm. Trong phần z thấp 135, chiều cao z thấp nhất  $H_L$  nhỏ hơn chiều cao z cao  $H_H$  một khoảng từ 50% đến 90%  $H_H$ . Theo một phương án này trong đó  $H_H$  không lớn hơn 100nm, thì  $H_L$  nhỏ hơn 30nm và tốt hơn nếu nhỏ hơn 20nm. Dòng điện lập trình cầu chì, là hàm số của diện tích tiết diện cầu chì, phụ thuộc vào chiều cao z của cầu chì  $H_L$ . Như được mô tả tiếp theo dưới đây, chiều cao z  $H_L$  có thể được kiểm soát nhờ quy trình ăn mòn.

Như được thể hiện trên Fig.1A, Fig.1B và Fig.1C, vật liệu điện môi 120 bao bọc hoàn toàn xung quanh phần z thấp 135. Vật liệu điện môi 120 được bố trí giữa nền 105 và bề mặt đáy 130B của đường cầu chì 130. Theo phương án làm ví dụ trong đó

nền 105 là chất bán dẫn tinh thể, đường cầu chì 130 được phân tách với chất bán dẫn tinh thể này bởi vật liệu điện môi 120 và vật liệu điện môi cách điện 106. Theo các phương án thay thế, vật liệu điện môi 120 là một vật liệu xen giữa chất bán dẫn và đường cầu chì 130. Vật liệu điện môi 120 này còn được bố trí liền kề với các thành bên của đường dẫn 130A và 130C, ngoài việc được bố trí ở trên bề mặt trên cùng 130D của phần z thấp 135. Vật liệu điện môi 120 có thể bao gồm một hoặc nhiều vật liệu điện môi, hoặc dưới dạng thành phần đồng nhất hoặc dưới dạng xếp chồng màng nhiều lớp và/hoặc thành phần pha trộn. Theo các phương án, vật liệu điện môi 120 bao gồm silic dioxit, và/hoặc silic nitrua, và/hoặc silic oxynitrua, và/hoặc vật liệu có K cao có hằng số điện môi tương đối tính gộp cao hơn silic nitrua (ví dụ ít nhất bằng 10). Theo các phương án có K cao có lợi, vật liệu điện môi 120 bao gồm oxit kim loại, chẳng hạn như  $\text{HfO}_2$ ,  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{ZnO}_2$  hoặc dạng tương tự.

Theo các phương án, vật liệu điện môi 150 được bố trí trên phần z thấp 135, mà cách điện với các phần z cao 136, 137. Tính không phẳng của đường cầu chì 130 cho phép bề mặt trên cùng của đường cầu chì 130 trong các phần z cao 136, 137 (ví dụ bề mặt trên cùng 130D trên Fig.1B) ngang bằng với bề mặt trên cùng của vật liệu điện môi 109 mà bao quanh mép chu vi của đường cầu chì 130, và ngang bằng với bề mặt trên cùng của vật liệu điện môi 150. Tính phẳng ở các bề mặt trên cùng của của các đầu đường cầu chì là có lợi cho việc nối thông tiếp theo sau với mạch điện khác được tích hợp trên nền 105. Lợi ích khác của kết cấu này là các vị trí nóng chảy của cầu chì được bao kín sâu dưới vật liệu điện môi 150 một cách thuận lợi (và được bao quanh bởi vật liệu điện môi có chiều dày tương tự). Việc bao kín này cùng với chất điện môi cách điện nền 106 ở dưới, có thể giảm thiểu hỏng hóc của IC ngoài dự kiến. Vật liệu điện môi 150 có thể có thành phần vật liệu điện môi bất kỳ do các phương án không bị giới hạn ở khía cạnh này. Ví dụ silic dioxit, silic nitrua, silic dioxit pha cacbon, và tất cả các vật liệu có k thấp dạng xốp khác đều phù hợp cho vật liệu điện môi 150. Mặc dù đối với các phương án có lợi thì vật liệu điện môi 150 có hằng số điện môi tương đối tính gộp thấp hơn hằng số điện môi của vật liệu điện môi 120, các vật liệu có k cao cũng có thể được sử dụng cho vật liệu điện môi 120.

Fig.2A là hình vẽ hình chiếu bằng của sơ đồ IC bao gồm tranzito MOS 202 và cầu chì chìm 101, theo các phương án. Cầu chì 101 và tranzito MOS 202 được bố trí

trên nền 105 (ví dụ, chất bán dẫn). Tranzito MOS 202 bao gồm cực cổng 230 được tạo mẫu dưới dạng đế thứ nhất được bố trí trên vùng thứ nhất của nền 105 có chất điện môi cổng được bố trí giữa chúng. Cầu chì chìm 101 bao gồm đường cầu chì 130 được tạo mẫu dưới dạng đế thứ hai được bố trí trên vùng (cách ly) thứ hai của nền 105 liền kề với đế thứ nhất. Theo các phương án có lợi, đường cầu chì 130 bao gồm (các) vật liệu giống với cực cổng 230. Theo các phương án có lợi, vật liệu điện môi cổng được bố trí giữa cực cổng 230 và nền 105 còn được bố trí giữa đường cầu chì 130 và nền 105 và bao bọc hoàn toàn xung quanh phần z thấp của đường cầu chì 130.

Fig.2B và Fig.2C lần lượt là các hình vẽ mặt cắt của sơ đồ IC dọc theo đường B-B' và C-C' được minh họa trên Fig.2A. Tranzito MOS 202 được bố trí trên giếng bán dẫn pha tạp 208. Các mối tiếp xúc nguồn/máng thứ nhất và thứ hai 241, 242 được bố trí trên các phía đối diện của cực cổng 230, và được ghép nối với các vùng bán dẫn nguồn/máng pha tạp nhiều 210.

Như còn được thể hiện trên Fig.2B, đường cầu chì 130 bao gồm các phần z cao 136, 137 có bề mặt trên cùng 130D ngang bằng với bề mặt trên cùng của cực cổng 230D. Do vậy, đường cầu chì 130 là để có các đầu dày có chiều dày z bằng với chiều dày của cực cổng 230, và ở giữa mỏng có chiều dày z nhỏ hơn đáng kể so với cực cổng 230. Theo các phương án, đường cầu chì 130 và cực cổng 230 được làm từ cùng (các) kim loại. Đường cầu chì 130 và cực cổng 230 được phân tách bởi vật liệu điện môi 109 theo phương ngang.

Vật liệu điện môi cổng 220 được bố trí giữa vùng thứ nhất của nền 105 và cực cổng 230. Đường cầu chì 130 còn bao gồm phần z thấp 135 với vật liệu điện môi 120 bao bọc hoàn toàn xung quanh ít nhất phần z thấp này. Theo một phương án, cực cổng 230 có bề mặt đáy 230B gần như ngang bằng với bề mặt đáy của đường cầu chì 130B. Vật liệu điện môi 150 được bố trí trên vật liệu điện môi 120 và phần đường dẫn z thấp 135, như đã được mô tả ở phần trên. Trong trường hợp cực cổng 230 có bề mặt trên cùng 230D gần như phẳng, vật liệu điện môi 150 không có mặt ở bề mặt trên cùng của cực cổng 230D này.

Theo các phương án có lợi trong đó vật liệu điện môi 120 và vật liệu điện môi cổng 220 có cùng (các) vật liệu, việc chế tạo cầu chì chìm 101 và tranzito MOS 202 có thể là đồng thời. Do đó, ở đây đối với các phương án này, các dấu hiệu của cầu chì

không bị chuyển sang các dạng hình học lớn hơn được kết hợp với các liên kết cấp độ cao hơn. Theo một phương án có lợi, các vật liệu điện môi 120 và 220 đều bao gồm vật liệu điện môi có  $k$  cao có hằng số điện môi tương đối tính gộp lớn hơn 9, và tốt hơn nếu ít nhất bằng 10. Sự có mặt của vật liệu điện môi 120 cần không phải chỉ là thành phần lạ của sự tích hợp với việc chế tạo tranzito MOS, mà có thể có tác dụng bổ sung để cách điện cầu chì 101 với chất bán dẫn của nền 105, làm giảm diện tích tiết diện dẫn điện của cầu chì 101, và/hoặc tạo ra rào cản cơ và nhiệt hoàn toàn xung quanh cầu chì 101. Thành phần màng điện môi, cũng như chất lượng màng và tính phù hợp cao kết hợp với các quy trình lắng đọng điện môi công nghệ tiên tiến là có lợi cho các cấu trúc cầu chì chìm được mô tả trong bản mô tả này.

Cầu chì chìm, cũng như IC kết hợp cả tranzito MOS và cầu chì chìm, có thể được chế tạo bằng nhiều kỹ thuật khác nhau. Fig.3A là hình vẽ lưu đồ minh họa một phương pháp làm ví dụ 301 để tạo thành cầu chì chìm theo một phương án. Phương pháp 301 bắt đầu bằng bước 310 trong đó lớp vật liệu điện môi được cắt rãnh trong nằm ngang. Như được mô tả tiếp theo dưới đây, quy trình ăn mòn đẳng hướng có tính chọn lọc cao giữa vật liệu điện môi và vật liệu hy sinh có thể được sử dụng ở bước 310. Ở bước 320, vật liệu điện môi khác (ví dụ vật liệu điện môi cổng tranzito) được lắng đọng để lót vùng được cắt rãnh trong. Quy trình lắng đọng phù hợp, chẳng hạn như lắng đọng hơi hóa học (CVD) hoặc lắng đọng lớp nguyên tử (ALD), có thể được thực hiện ở bước 320. Ở bước 330, đường cầu chì được tạo thành bằng cách lấp đầy vùng được cắt rãnh trong được lót chất điện môi bằng vật liệu dẫn điện. Quy trình lắng đọng phù hợp chẳng hạn như CVD, hoặc ALD, có thể được thực hiện ở bước 330 để lấp đầy vùng được cắt rãnh trong bằng các vật liệu bất kỳ được mô tả ở phần trên đối với đường cầu chì 130 (ví dụ kim loại cổng tranzito MOS). Chất lấp đầy này có thể được làm ngang bằng với các vật liệu điện môi, để hai đầu cầu chì đối diện được nối điện với nhau qua khoảng trống được lấp đầy. Phương pháp 301 sau đó hoàn thành ở bước 340 trong đó các mối tiếp xúc với vật liệu lấp đầy dẫn điện được tạo thành, ví dụ bằng các kỹ thuật chế tạo thông thường, để hoàn tất việc nối thông với các cầu chì chìm liên khối.

Fig.3B là hình vẽ lưu đồ minh họa phương pháp 302 để tạo thành IC có tranzito MOS và cầu chì chìm có chất lấp đầy dẫn điện, theo một phương án. Phương pháp 302

có thể coi là phương án cụ thể của phương pháp 301 tổng quát hơn. Fig.4A, Fig.4B, Fig.4C, Fig.4D, Fig.4E, Fig.4F và Fig.4G là các hình vẽ mặt cắt của IC đang phát triển dọc theo đường B-B' được thể hiện trên Fig.2B dưới dạng các bước được chọn trong phương pháp 302 được thực hiện theo một phương án.

Như được thể hiện trên Fig.3B, các bước 303, 304, 305, 306 và 307 được thực hiện dưới dạng một phương án cụ thể của bước 310 trong phương pháp 301 (Fig.3 A) mà tích hợp tốt với quy trình sản xuất tranzito MOS “cổng cuối”. Theo phương án này, tranzito MOS có thể được chế tạo đồng thời với cầu chì chìm. Bắt đầu bằng bước 303, các chi tiết thứ nhất và thứ hai của vật liệu hy sinh được bố trí trong vật liệu điện môi bao quanh. Trình tự để tạo thành vật liệu hy sinh và vật liệu điện môi bao quanh có thể thay đổi với việc vật liệu hy sinh hoặc vật liệu điện môi được tạo hình mẫu thành các hàng hoặc các khoảng hở. Dựa vào Fig.4A, các chi tiết của vật liệu hy sinh 408 và 409 chìm trong vật liệu điện môi 109 tại thời điểm hoàn thành bước 303. Chi tiết của vật liệu hy sinh 409 còn được bố trí trên chất điện môi cách điện nền 106 trong phương án làm ví dụ này. Quy trình bất kỳ đã biết trong lĩnh vực kỹ thuật có thể được sử dụng để tạo thành các chi tiết của vật liệu hy sinh 408, 409 được làm ngang bằng với vật liệu điện môi bao quanh 109. Theo một phương án làm ví dụ, các chi tiết của vật liệu hy sinh 408, 409 bao gồm chất bán dẫn đa tinh thể, chẳng hạn như, nhưng không giới hạn ở, silic đa tinh thể. Theo một phương án về silic đa tinh thể cụ thể, các chi tiết của vật liệu silic đa tinh thể hy sinh 408, 409 có chiều dày (chiều cao z) nhỏ hơn 150nm và tốt hơn nếu không lớn hơn 100nm. Theo các phương án khác, các chi tiết hy sinh có thể gồm mặt nạ cứng trên cùng được bố trí trên vật liệu hy sinh toàn khối. Vật liệu điện môi 109 có thể là vật liệu thông thường bất kỳ, chẳng hạn như nhưng không giới hạn ở silic dioxit và/hoặc silic nitrua.

Quay lại Fig.3B, phương pháp 302 chuyển sang bước 304 trong đó chiều dài của vật liệu hy sinh được che. Quy trình che bất kỳ có thể được sử dụng ở bước 304, chẳng hạn như, nhưng không giới hạn ở quy trình mặt nạ cứng. Theo phương án làm ví dụ, chi tiết hy sinh thứ nhất được che toàn bộ trong khi chỉ hai phần đầu của chi tiết hy sinh thứ hai được che. Phần giữa không được che của chi tiết hy sinh thứ hai sau đó được khoét lõm xuống dưới bề mặt trên cùng của chất điện môi bao quanh nhờ quy trình ăn mòn được thực hiện ở bước 305. Ví dụ, như được minh họa trên Fig.4B, hốc

lỗm 419 được thể hiện dọc theo phần giữa của chi tiết hy sinh 409. Bước 305 có thể gồm quy trình ăn mòn dị hướng bất kỳ có tính chọn lọc với chất điện môi bao quanh, chẳng hạn như ăn mòn plasma dị hướng (RIE). Tại ở bước ăn mòn lỗm 304, chiều dày của phần ăn bị mòn giảm xuống. Chiều rộng ngang của phần bị ăn mòn này cũng có thể giảm xuống trong các điều kiện nhất định của quy trình ăn mòn. Theo các phương án, 50%-90% chiều dày của vật liệu hy sinh này có thể được loại bỏ ở bước 304. Theo các phương án làm ví dụ, vật liệu hy sinh silic đa tinh thể có chiều dày bằng 100-150nm sẽ được làm mỏng đến mức dưới 30nm. Theo các phương án khác, chiều rộng ngang của vật liệu hy sinh được giảm xuống còn 10-30% hoặc nhiều hơn. Ngoài ra, khi sự bào mòn mặt nạ do ăn mòn là đáng kể, chi tiết hy sinh 409 được ăn mòn một phần này có thể tạo thành chiều cao z vát dần và/hoặc biên dạng chiều rộng ngang dọc theo chiều dài dọc của chi tiết trong bước 304.

Quay lại Fig.3B, phương pháp 302 chuyển sang bước 306 trong đó phần lỗm của chi tiết hy sinh được lấp đầy bằng vật liệu điện môi khác. Quy trình lắng đọng (ví dụ CVD) và làm phẳng (ví dụ CMP) bất kỳ có thể được sử dụng ở bước 306. Fig.4C minh họa một phương án trong đó vật liệu điện môi 150 được lấp đầy vào một phần của chi tiết hy sinh 409. Vật liệu điện môi 150 này lại được làm phẳng với vật liệu điện môi 109 và chi tiết hy sinh 408 (và có phần z cao của chi tiết hy sinh 409).

Phương pháp 302 (Fig.3B) tiếp tục với bước 307 trong đó các chi tiết hy sinh thứ nhất và thứ hai này được loại bỏ theo cách có chọn lọc so với vật liệu điện môi bao quanh, bao gồm vật liệu điện môi mà đã được lấp đầy trước đó. Theo phương án làm ví dụ được minh họa trên Fig.4D, việc loại bỏ chi tiết hy sinh 408 để lại khoảng trống thứ nhất 428. Việc loại bỏ chi tiết hy sinh 409 để lại khoảng trống thứ hai 429, mà cắt rãnh trong nằm ngang cho vật liệu điện môi 150. Ví dụ, trong trường hợp vật liệu hy sinh là silic đa tinh thể thì có thể sử dụng kỹ thuật ăn mòn plasma và/hoặc ăn mòn hóa học ướt có tính chọn lọc cao để làm sạch toàn bộ vật liệu hy sinh thậm chí là từ dưới phần điện môi treo lơ lửng kéo dài. Việc tạo mẫu chính xác (khoét lỗm) vật liệu hy sinh ở bước 305 có thể được vận dụng ở bước 307 để kiểm soát kích thước của các khoảng trống 428, 429 một cách nghiêm ngặt.

Bây giờ đã có cặp khoảng hở hoặc khoảng trống, với một khoảng trống được bắc cầu bằng vật liệu điện môi 150. Phương pháp 302 chuyển sang bước 321 trong đó

vật liệu điện môi cổng được lắng đọng vào trong (các) khoảng trống được tạo thành ở bước 307. Có thể sử dụng quy trình lắng đọng chất điện môi cổng phù hợp bất kỳ ở bước 321. Theo phương án làm ví dụ, quy trình CVD và/hoặc ALD được sử dụng ở bước 321 để làm lắng đọng vật liệu điện môi cổng có  $k$  cao (ví dụ có hằng số điện môi tương đối tính gộp ít nhất bằng 10). Như được thể hiện trong phương án làm ví dụ được minh họa trên Fig.4E, quy trình lắng đọng chất điện môi cổng được sử dụng để lót cả khoảng trống thứ nhất 428 bằng vật liệu điện môi cổng 320 cũng như lót khoảng trống thứ hai 429 bằng vật liệu điện môi 120. Nói cách khác, vật liệu điện môi 120 và vật liệu điện môi cổng 320 có cùng thành phần cấu tạo và được tạo thành đồng thời với một quy trình, nhưng có chức năng về mặt thiết bị khác nhau về mặt cầu chì chìm và tranzito MOS.

Quay lại Fig.3B, ở bước 331, các khoảng trống này được lấp đầy bằng vật liệu dẫn điện để tạo thành cực cổng trong khoảng trống thứ nhất và đường cầu chì cách điện trong khoảng trống thứ hai. Theo các phương án có lợi, các khoảng trống có phần cắt rãnh trong kéo dài (phần treo lơ lửng) có thể được lấp đầy toàn bộ nhờ quy trình lắng đọng bảo giác cao. Quy trình ALD kim loại được sử dụng theo một phương án này. Như được thể hiện trên Fig.4F, ví dụ, quy trình ALD kim loại lấp đầy cực cổng 330 vào khoảng trống 428 đồng thời lấp đầy đường cầu chì 130 vào khoảng trống 429. Vùng được cắt rãnh trong bất kỳ nằm phía dưới vật liệu điện môi 150 có thể được điền đầy toàn bộ.

Phương pháp 302 sau đó hoàn tất việc chế tạo thông thường ở bước 340 để hoàn thành IC, ví dụ đồng thời tạo thành một cặp mối tiếp xúc cầu chì 291, 292 tại các đầu đối diện của đường cầu chì 130, và mối tiếp xúc cực cổng MOS 392.

Fig.5 minh họa hệ thống 1000 trong đó nền tảng điện toán di động 1005 và/hoặc thiết bị máy chủ dữ liệu 1006 sử dụng cầu chì chìm liền khối có đường dẫn kim loại được lấp đầy theo các phương án của sáng chế. Thiết bị máy chủ 1006 có thể là máy chủ thương mại bất kỳ, ví dụ bao gồm số lượng bất kỳ các nền tảng điện toán hiệu suất cao được bố trí trong giá đỡ và được nối mạng cùng nhau để xử lý dữ liệu điện tử, mà theo phương án làm ví dụ bao gồm IC liền khối được đóng gói 1050. Nền tảng điện toán di động 1005 có thể là thiết bị xách tay bất kỳ được tạo cấu hình để hiển thị từng dữ liệu điện tử, xử lý dữ liệu điện tử, truyền dữ liệu điện tử không dây, hoặc



dạng tương tự. Ví dụ, nền tảng điện toán di động 1005 có thể là bất kỳ trong số máy tính bảng, điện thoại thông minh, máy tính xách tay v.v. và có thể gồm màn hiển thị (ví dụ điện dung, cảm ứng, điện trở, hoặc màn hình cảm ứng quang học), hệ thống tích hợp cấp độ chip hoặc cấp độ đóng gói 1010, và pin 1015.

Dù được bố trí trong hệ thống tích hợp 1010 như được minh họa trên hình vẽ phóng to 1020, hay dưới dạng chip được đóng gói riêng trong thiết bị máy chủ 1006, IC liên khối được đóng gói 1050 bao gồm chip nhớ (ví dụ RAM), hoặc chip xử lý (ví dụ bộ vi xử lý, bộ vi xử lý đa lõi, bộ xử lý đồ họa, hoặc dạng tương tự) sử dụng cấu trúc liên khối có ít nhất một cầu chì chìm có đường dẫn kim loại được lấp đầy, ví dụ như mô tả trong bản mô tả này. IC liên khối 1050 có thể còn được ghép nối với bảng mạch, nền, bộ phân xen giữa 1060, một hoặc nhiều thiết bị trong số mạch tích hợp quản lý điện năng (PMIC) 1030, mạch tích hợp (không dây) RF (RFIC) 1025 bao gồm bộ phát và/hoặc bộ thu (TX/RX) (không dây) RF băng tần rộng (ví dụ bao gồm băng tần cơ sở kỹ thuật số và môđun ngoại vi tương tự còn bao gồm bộ khuếch đại công suất trên đường truyền và bộ khuếch đại nhiễu thấp trên đường thu), và bộ điều khiển 1035.

Về mặt chức năng, PMIC 1030 có thể thực hiện điều khiển năng lượng pin, biến đổi DC-DC, v.v. và có đầu vào được ghép nối với pin 1015 và có đầu ra cung cấp dòng điện cho các môđun chức năng khác. Như còn được minh họa, theo phương án làm ví dụ, RFIC 1025 có đầu ra được ghép nối với ăng ten (không được thể hiện) để thực hiện số lượng bất kỳ các chuẩn hoặc các giao thức không dây, bao gồm nhưng không giới hạn ở Wi-Fi (hệ thống IEEE 802.11), WiMAX (hệ thống IEEE 802.16), IEEE 802.20, tiến hóa dài hạn (LTE), Ev-DO, HSPA+, HSDPA+, HSUPA+, EDGE, GSM, GPRS, CDMA, TDMA, DECT, Bluetooth, các liên hệ của chúng, cũng như các giao thức không dây khác bất kỳ được xác định là 3G, 4G, 5G, và cao hơn. Theo các cách thực hiện khác, mỗi trong số các môđun cấp độ bảng mạch này có thể được tích hợp lên các IC riêng rẽ được ghép nối với nền đóng gói của IC liên khối 1050 hoặc trong một IC được ghép nối với nền đóng gói của IC liên khối 1050.

Fig.6 là hình vẽ sơ đồ khối chức năng của thiết bị điện toán 1100, được sắp xếp theo ít nhất một số cách thực hiện của sáng chế. Thiết bị điện toán 1100 có thể được tìm thấy bên trong, ví dụ, nền tảng 1005 hoặc thiết bị máy chủ 1006. Thiết bị 1100 còn

bao gồm bảng mạch chính 1102 chứa nhiều bộ phận, chẳng hạn như, nhưng không giới hạn ở, bộ xử lý 1104 (ví dụ bộ xử lý ứng dụng), mà còn kết hợp cầu chì chìm có chất lấp đầy dẫn điện. Bộ xử lý 1104 có thể được ghép nối một cách vật lý và/hoặc điện vào bảng mạch chính 1102. Theo một số ví dụ, bộ xử lý 1104 bao gồm khuôn mạch tích hợp được đóng gói trong bộ xử lý 1104. Nhìn chung, thuật ngữ "bộ xử lý" hoặc "bộ vi xử lý" có thể chỉ bất kỳ thiết bị hoặc một phần của thiết bị mà xử lý dữ liệu điện tử từ các thanh ghi và/hoặc bộ nhớ để biến đổi dữ liệu điện tử đó thành dữ liệu điện tử khác mà có thể còn được lưu trữ trong các thanh ghi và/hoặc bộ nhớ.

Theo một số ví dụ, một hoặc nhiều chip truyền thông 1106 cũng có thể được ghép nối vật lý và/hoặc điện với bảng mạch chính 1102. Theo các cách thực hiện khác, chip truyền thông 1106 có thể là một phần của bộ xử lý 1104. Phụ thuộc vào các ứng dụng của nó, thiết bị điện toán 1100 có thể gồm các bộ phận khác mà có hoặc không được ghép nối vật lý và điện với bảng mạch chính 1102. Các bộ phận khác này bao gồm, nhưng không bị giới hạn ở, bộ nhớ khả biến (ví dụ DRAM), bộ nhớ không khả biến (ví dụ ROM), bộ nhớ chớp, bộ xử lý đồ họa, bộ xử lý tín hiệu số, bộ xử lý mật mã, bộ chip, ăng ten, màn hình cảm ứng, bộ điều khiển cảm ứng, pin, bộ mã hóa-giải mã âm thanh, bộ mã hóa-giải mã hình ảnh, bộ khuếch đại công suất, thiết bị của hệ thống định vị toàn cầu (GPS), la bàn, gia tốc kế, con quay hồi chuyển, loa, camera, và thiết bị lưu trữ lớn (chẳng hạn như ổ đĩa cứng, ổ đĩa trạng thái rắn (SSD), đĩa nén (CD), đĩa đa năng số (DVD) v.v.), hoặc dạng tương tự.

Chip truyền thông 1106 có thể cho phép truyền thông không dây để truyền dữ liệu đến và từ thiết bị điện toán 1100. Thuật ngữ "không dây" và liên hệ của nó có thể được sử dụng để mô tả các mạch, thiết bị, hệ thống, phương pháp, kỹ thuật, kênh truyền thông v.v. mà có thể truyền thông dữ liệu thông qua việc sử dụng bức xạ điện từ được điều biến qua môi trường không rắn. Thuật ngữ này không hàm ý là các thiết bị có liên quan này không chứa dây dẫn, mặc dù trong một số phương án các dây dẫn này có thể không có. Chip truyền thông 1106 có thể thực hiện số lượng bất kỳ các chuẩn hoặc giao thức không dây, bao gồm nhưng không giới hạn ở các nội dung được mô tả trong bản mô tả này. Như đã trình bày, thiết bị điện toán 1100 có thể gồm các chip truyền thông 706. Ví dụ, chip truyền thông thứ nhất có thể dùng chuyên biệt cho truyền thông không dây cự ly ngắn, chẳng hạn như Wi-Fi và Bluetooth, và chip truyền

thông thứ hai có thể được dùng chuyên biệt cho truyền thông không dây cụ thể dài chẳng hạn như GPS, EDGE, GPRS, CDMA, WiMAX, LTE, Ev-DO và các loại khác.

Mặc dù các chi tiết nhất định được nêu trong bản mô tả đã được mô tả với tham chiếu đến các cách thực hiện khác nhau, phần mô tả này không được hiểu là có ý nghĩa giới hạn. Do vậy, nhiều cải biến về cách thực hiện được mô tả trong bản mô tả này, cũng như các cách thực hiện khác, là rõ ràng với người có hiểu biết trung bình trong lĩnh vực kỹ thuật, do đó việc bộc lộ này cũng được coi là nằm trong nguyên lý và phạm vi bảo hộ của sáng chế.

Cần nhận thấy rằng sáng chế không bị giới hạn ở các phương án thực hiện đã được mô tả, mà còn có thể được thực hiện với các cải biến và thay đổi mà không nằm ngoài phạm vi của các điểm yêu cầu bảo hộ kèm theo. Các phương án nêu trên có thể bao gồm sự kết hợp cụ thể của các chi tiết. Ví dụ:

Theo một hoặc nhiều phương án thứ nhất, cầu chì chìm bao gồm đường dẫn điện không phẳng được bố trí trên nền. Đường dẫn không phẳng này có phần z thấp giữa hai phần z cao, hai phần này kéo dài từ nền đến chiều cao z lớn hơn so với phần z thấp. Vật liệu điện môi có k cao được bố trí bên dưới đường dẫn này và bên trên nền, và vật liệu điện môi thứ hai được bố trí trên vật liệu điện môi có k cao và phần đường dẫn z thấp. Vật liệu điện môi thứ hai này có bề mặt trên cùng là ngang bằng với các phần z cao này.

Theo một hoặc nhiều phương án thứ nhất, nền bao gồm chất bán dẫn tinh thể. Đường dẫn không phẳng bao gồm kim loại. Vật liệu có k cao bao bọc hoàn toàn xung quanh phần z thấp và có hằng số điện môi tương đối tính gộp ít nhất bằng 10 và chiều dày nhỏ hơn 10nm. Vật liệu điện môi thứ hai có hằng số điện môi tương đối tính gộp nhỏ hơn so với hằng số điện môi của vật liệu điện môi có k cao.

Theo một hoặc nhiều phương án thứ nhất, nền bao gồm chất bán dẫn tinh thể, đường dẫn không phẳng bao gồm kim loại được phân tách với chất bán dẫn tinh thể bởi vật liệu điện môi có k cao và chất điện môi cách điện được lấp đầy trong chất bán dẫn này. Đường dẫn không phẳng có chiều dày thứ nhất trong phần z cao lớn hơn so với chiều dày thứ hai trong phần z thấp.

Theo một hoặc nhiều phương án thứ nhất, phần z thấp có chiều cao z nhỏ nhất nhỏ hơn 30nm.

Theo một hoặc nhiều phương án thứ nhất, phần z thấp có chiều cao z nhỏ nhất nhỏ hơn 30nm và chiều rộng ngang nhỏ hơn so với chiều rộng ngang của các phần z cao.

Theo một hoặc nhiều phương án thứ nhất, phần z thấp có chiều cao z nhỏ nhất nhỏ hơn 30nm và chiều rộng ngang không lớn hơn 50nm.

Theo phương án thứ nhất bất kỳ, phần z thấp có chiều cao z giảm dần, chiều dày z giảm dần này thu nhỏ dần từ chiều dày z lớn nhất gần với mỗi phần z cao đến chiều dày z nhỏ nhất ở giữa hai phần này.

Theo một hoặc nhiều phương án thứ hai, mạch tích hợp (IC) bao gồm tranzito MOS có cực cổng, còn có kim loại thứ nhất, được bố trí trên vùng thứ nhất của nền bán dẫn có vật liệu điện môi cổng được bố trí giữa chúng. IC này còn có một cầu chì chìm còn gồm đường dẫn điện không phẳng được bố trí trên vùng thứ hai của nền. Đường dẫn không phẳng này có phần z thấp giữa hai phần z cao, hai phần này kéo dài từ nền đến chiều cao z lớn hơn so với phần z thấp. Vật liệu điện môi cổng này được bố trí giữa đường dẫn và nền và bao bọc hoàn toàn xung quanh phần z thấp.

Theo một hoặc nhiều phương án thứ hai, đường dẫn không phẳng bao gồm vật liệu thứ nhất. Chất điện môi cổng là vật liệu có k cao có hằng số điện môi tương đối tính gộp ít nhất bằng 10 và chiều dày nhỏ hơn 10nm.

Theo một hoặc nhiều phương án thứ hai, các phần z cao có bề mặt trên cùng mà ngang bằng với bề mặt trên cùng của cực cổng. Phần z thấp này có chiều dày z nhỏ nhất nhỏ hơn 30nm và chiều rộng ngang nhỏ hơn so với chiều rộng ngang của các phần z cao.

Theo một hoặc nhiều phương án thứ ba, phương pháp chế tạo cầu chì chìm bao gồm bước cắt rãnh trong nằm ngang cho một vùng của vật liệu điện môi thứ nhất được bố trí trên nền. Phương pháp này bao gồm bước lót vùng được cắt rãnh trong bằng vật liệu điện môi thứ hai. Phương pháp này bao gồm bước tạo thành cặp đầu cầu chì đối diện nhau bằng cách lấp đầy vùng được cắt rãnh trong được lót bằng vật liệu dẫn điện.

Theo một hoặc nhiều phương án thứ ba, bước cắt rãnh trong nằm ngang của vật liệu điện môi thứ nhất còn bao gồm bước tạo thành đoạn không phẳng của vật liệu hy sinh ở trên nền. Đoạn không phẳng này có phần z thấp giữa hai phần z cao. Các phần z cao này kéo dài từ nền đến chiều cao z lớn hơn so với phần z thấp. Bước cắt rãnh trong nằm ngang cho vật liệu điện môi thứ nhất này còn bao gồm bước lắng đọng vật liệu điện môi thứ nhất lên trên đoạn không phẳng này, bước làm phẳng vật liệu điện môi thứ nhất với phần z cao, và ăn mòn vật liệu hy sinh theo cách có chọn lọc từ vật liệu điện môi thứ nhất.

Theo một hoặc nhiều phương án thứ ba, bước cắt rãnh trong nằm ngang của vật liệu điện môi thứ nhất còn bao gồm bước tạo thành đoạn không phẳng của vật liệu hy sinh ở trên nền. Đoạn không phẳng này có phần z thấp giữa hai phần z cao. Các phần z cao này kéo dài từ nền đến chiều cao z lớn hơn so với phần z thấp. Bước tạo thành đoạn không phẳng của vật liệu hy sinh còn bao gồm bước lắng đọng vật liệu hy sinh để đồng nhất chiều dày bằng với chiều cao z lớn hơn, bước che các phần z cao của vật liệu hy sinh, và bước khoét lõm phần z thấp của vật liệu hy sinh xuống chiều dày nhỏ hơn. Phần z thấp được lấp đầy bằng vật liệu điện môi thứ nhất, và vật liệu hy sinh này được ăn mòn ra khỏi vật liệu điện môi thứ nhất theo cách có chọn lọc.

Theo một hoặc nhiều phương án thứ ba, bước cắt rãnh trong nằm ngang cho vật liệu điện môi thứ nhất còn bao gồm bước tạo thành đoạn không phẳng của vật liệu hy sinh ở trên nền. Đoạn không phẳng này có phần z thấp giữa hai phần z cao. Các phần z cao này kéo dài từ nền đến chiều cao z lớn hơn so với phần z thấp. Bước tạo thành đoạn không phẳng của vật liệu hy sinh còn bao gồm bước tạo thành khoảng hở hoặc trong lớp vật liệu hy sinh hoặc vật liệu điện môi bao quanh, lấp đầy khoảng hở này trong vật liệu điện môi bao quanh bằng vật liệu hy sinh hoặc lấp đầy khoảng hở này trong vật liệu hy sinh bằng vật liệu điện môi bao quanh, bước che các phần z cao của vật liệu hy sinh, và bước khoét lõm vật liệu hy sinh không được che bên dưới bề mặt trên cùng của vật liệu điện môi bao quanh để tạo thành phần z thấp. Phần z thấp này được lấp đầy bằng vật liệu điện môi thứ nhất, và vật liệu hy sinh này được ăn mòn có chọn lọc ra khỏi vật liệu điện môi thứ nhất.

Theo một hoặc nhiều phương án thứ ba, chi tiết thứ hai của vật liệu hy sinh còn được tạo thành ở trên nền, có vật liệu điện môi thứ nhất giữa các chi tiết thứ nhất và

thứ hai. Chi tiết thứ hai này được che (toàn bộ) trong khi che các phần z cao của chi tiết thứ nhất. Chi tiết của vật liệu hy sinh thứ hai được loại bỏ cùng với chi tiết thứ nhất. Vật liệu điện môi thứ hai còn được lắng đọng vào trong khoảng trống thứ hai do việc loại bỏ vật liệu hy sinh thứ hai này. Cùng với các cực của cầu chì chìm, cực cổng được tạo thành bằng cách lấp đầy vào khoảng trống thứ hai bằng vật liệu dẫn điện.

Theo một hoặc nhiều phương án thứ ba bất kỳ, bước lót vùng được cắt rãnh trong của vật liệu điện môi thứ nhất bằng vật liệu điện môi thứ hai còn bao gồm bước lắng đọng, nhờ quy trình lắng đọng hơi hóa học (CVD) hoặc lắng đọng lớp nguyên tử (ALD), vật liệu điện môi có k cao có hằng số điện môi tương đối tính gộp ít nhất bằng 10. Bước lấp đầy vùng được cắt rãnh trong được lót bằng vật liệu dẫn điện còn bao gồm bước lắng đọng kim loại bằng quy trình ALD.

Theo một hoặc nhiều phương án thứ tư, phương pháp tạo thành mạch tích hợp (IC) bao gồm bước tạo thành chi tiết thứ nhất của vật liệu hy sinh trên vùng thứ nhất của nền và chi tiết thứ hai của vật liệu hy sinh trên vùng thứ hai của nền, có vật liệu điện môi thứ nhất ở giữa hai phần này. Phương pháp này bao gồm bước che chi tiết thứ nhất và các phần thứ nhất của chi tiết thứ hai. Phương pháp này bao gồm bước khoét lõm phần không được che của chi tiết thứ hai ở dưới bề mặt trên cùng của vật liệu điện môi thứ nhất. Phương pháp này bao gồm bước lấp đầy phần lõm của chi tiết thứ hai bằng vật liệu điện môi thứ hai. Phương pháp này bao gồm bước loại bỏ các chi tiết thứ nhất và thứ hai của vật liệu hy sinh có chọn lọc ra khỏi các vật liệu điện môi thứ nhất và thứ hai. Phương pháp này bao gồm bước lắng đọng vật liệu điện môi cổng vào trong các khoảng trống thứ nhất và thứ hai, và bước lấp đầy các khoảng trống thứ nhất và thứ hai bằng vật liệu dẫn điện để tạo thành một cực cổng trên vùng thứ nhất của nền và một cầu chì chìm trên vùng thứ hai của nền.

Theo một hoặc nhiều phương án thứ tư, bước loại bỏ chi tiết của vật liệu hy sinh thứ hai sẽ cắt rãnh trong cho vật liệu điện môi thứ hai. Bước lắng đọng vật liệu điện môi cổng sẽ lót chỗ được cắt rãnh trong này. Bước lấp đầy các khoảng trống bằng vật liệu dẫn điện sẽ lấp đầy chỗ được cắt rãnh trong này.

Theo một hoặc nhiều phương án thứ tư bất kỳ, bước lắng đọng vật liệu điện môi cổng còn bao gồm bước lắng đọng, bằng quy trình lắng đọng hơi hóa học (CVD) hoặc lắng đọng lớp nguyên tử (ALD), vật liệu điện môi có k cao có hằng số điện môi tương

đổi tính gộp ít nhất bằng 10. Bước lấp đầy các khoảng trống còn bao gồm bước lắng đọng kim loại bằng quy trình ALD.

Theo một hoặc nhiều phương án thứ tư bất kỳ, phương pháp này bao gồm bước tạo thành môi tiếp xúc thứ nhất với cực cổng, và tạo thành các môi tiếp xúc thứ nhất và thứ hai trên cầu chì.

Theo một hoặc nhiều phương án thứ tư bất kỳ, bước khoét lõm phần không được che của chi tiết thứ hai bên dưới bề mặt trên cùng của chất điện môi thứ nhất còn bao gồm bước ăn mòn vật liệu hy sinh để giảm chiều dày xuống dưới 30nm.

Tuy nhiên, các phương án nêu trên không bị giới hạn ở các phương án này, theo các cách thực hiện khác nhau, các phương án nêu trên có thể chỉ bao gồm việc thực hiện tập hợp con của các dấu hiệu này, việc thực hiện trình tự khác nhau của các dấu hiệu, việc thực hiện tổ hợp khác nhau của các dấu hiệu này, và/hoặc việc thực hiện các dấu hiệu bổ sung khác với các dấu hiệu đã được liệt kê rõ ràng. Do đó phạm vi bảo hộ của sáng chế nên được xác định với tham chiếu đến các điểm yêu cầu bảo hộ kèm theo, cùng với toàn bộ phạm vi tương đương mà bảo hộ các điểm yêu cầu bảo hộ này.

## YÊU CẦU BẢO HỘ

1. Kết cấu cầu chì chìm, kết cấu này bao gồm đường dẫn điện không phẳng ở trên nền, đường dẫn không phẳng này có phần z thấp giữa hai phần z cao kéo dài từ nền đến chiều cao z lớn hơn so với phần z thấp, trong đó phần z thấp có chiều cao z giảm dần vát từ chiều cao z lớn nhất gần với mỗi phần z cao đến chiều cao z nhỏ nhất ở giữa hai phần này, trong đó;

đường dẫn ở trên vật liệu điện môi có k cao; và

phần z thấp ở dưới vật liệu điện môi thứ hai có bề mặt trên cùng ngang bằng với các phần z cao.

2. Kết cấu cầu chì chìm theo điểm 1, trong đó:

nền bao gồm chất bán dẫn tinh thể;

đường dẫn không phẳng bao gồm kim loại;

vật liệu có k cao bao bọc hoàn toàn xung quanh phần z thấp và có hằng số điện môi tương đối tính gộp ít nhất bằng 10 và chiều dày nhỏ hơn 10nm; và

vật liệu điện môi thứ hai có hằng số điện môi tương đối tính gộp thấp hơn hằng số điện môi của vật liệu điện môi có k cao.

3. Kết cấu cầu chì chìm theo điểm 1, trong đó:

nền bao gồm chất bán dẫn tinh thể;

đường dẫn không phẳng bao gồm kim loại được phân tách với chất bán dẫn tinh thể bởi vật liệu điện môi có k cao và chất điện môi cách điện được lấp đầy trong chất bán dẫn này; và

đường dẫn không phẳng có chiều dày thứ nhất ở trong phần z cao lớn hơn so với chiều dày thứ hai ở phần z thấp.

4. Kết cấu cầu chì chìm theo điểm 1, trong đó phần z thấp có chiều cao z nhỏ nhất nhỏ hơn 30nm.

5. Kết cấu cầu chì chìm theo điểm 1, trong đó phần z thấp có chiều cao z nhỏ nhất nhỏ hơn 30nm và chiều rộng ngang nhỏ hơn so với chiều rộng ngang của các phần z cao.



6. Kết cấu cầu chì chìm theo điểm 1, trong đó phần z thấp có chiều cao z nhỏ nhất nhỏ hơn 30nm và chiều rộng ngang không lớn hơn 50nm.

7. Kết cấu mạch tích hợp (IC), kết cấu này bao gồm:

tranzito MOS có cực cổng bao gồm kim loại thứ nhất ở trên vùng thứ nhất của nền bán dẫn có vật liệu điện môi cổng giữa chúng; và

kết cấu cầu chì chìm còn bao gồm:

đường dẫn điện không phẳng trên vùng thứ hai của nền, đường dẫn không phẳng này có phần z thấp giữa hai phần z cao kéo dài từ nền đến chiều cao z lớn hơn so với phần z thấp, trong đó vật liệu điện môi cổng ở giữa đường dẫn và nền và bao bọc hoàn toàn xung quanh phần z thấp.

8. Kết cấu IC theo điểm 7, trong đó:

đường dẫn không phẳng bao gồm vật liệu thứ nhất; và

chất điện môi cổng là vật liệu có k cao có hằng số điện môi tương đối tính gộp ít nhất bằng 10 và chiều dày nhỏ hơn 10nm.

9. Kết cấu IC theo điểm 7, trong đó:

các phần z cao có bề mặt trên cùng ngang bằng với bề mặt trên cùng của cực cổng; và

phần z thấp có chiều dày z nhỏ nhất nhỏ hơn 30nm và chiều rộng ngang nhỏ hơn so với chiều rộng ngang của các phần z cao.

10. Kết cấu cầu chì chìm theo điểm 1, trong đó vật liệu điện môi có k cao cũng ở giữa vật liệu điện môi thứ hai và phần z thấp.

11. Kết cấu cầu chì chìm theo điểm 1, trong đó vật liệu điện môi có k cao có hằng số điện môi ít nhất bằng 10, và vật liệu điện môi thứ hai có hằng số điện môi tương đối tính gộp thấp hơn hằng số điện môi của vật liệu điện môi có k cao.

12. Kết cấu cầu chì chìm theo điểm 1, trong đó phần z thấp có chiều rộng ngang nhỏ hơn so với chiều rộng ngang của các phần z cao.

13. Kết cấu cầu chì chìm theo điểm 1, trong đó vật liệu điện môi có k cao bao bọc quanh cả phần z thấp và phần z cao.

14. Kết cấu cầu chì chìm theo điểm 1, trong đó phần thứ nhất trong số các phần z cao tiếp xúc với phần mạ kim loại tiếp xúc thứ nhất, và phần thứ hai trong số các phần z cao tiếp xúc với phần mạ kim loại tiếp xúc thứ hai.

15. Kết cấu cầu chì chìm, kết cấu này bao gồm:

đường dẫn điện không phẳng ở trên nền, đường dẫn không phẳng bao gồm kim loại có phần z thấp giữa hai phần z cao, hai phần này kéo dài từ nền đến chiều cao z lớn hơn so với phần z thấp;

vật liệu điện môi có k cao bên dưới đường dẫn, ở trên nền, và bao bọc hoàn toàn xung quanh phần vùng z thấp; và

vật liệu điện môi thứ hai trên vật liệu điện môi có k cao và phần z thấp, vật liệu điện môi thứ hai này có bề mặt trên cùng ngang bằng với các phần z cao.

16. Kết cấu cầu chì chìm theo điểm 15, trong đó phần z thấp có chiều cao z giảm dần, chiều cao z được giảm dần vát từ chiều cao z lớn nhất gần với mỗi trong số các phần z cao đến chiều cao z nhỏ nhất ở giữa hai phần này.

17. Kết cấu cầu chì chìm theo điểm 15, trong đó vật liệu điện môi có k cao có hằng số điện môi ít nhất bằng 10, và vật liệu điện môi thứ hai có hằng số điện môi tương đối tính gộp thấp hơn hằng số điện môi của vật liệu điện môi có k cao.

18. Kết cấu cầu chì chìm theo điểm 15, trong đó vật liệu điện môi có k cao bao bọc quanh các phần vùng z cao;

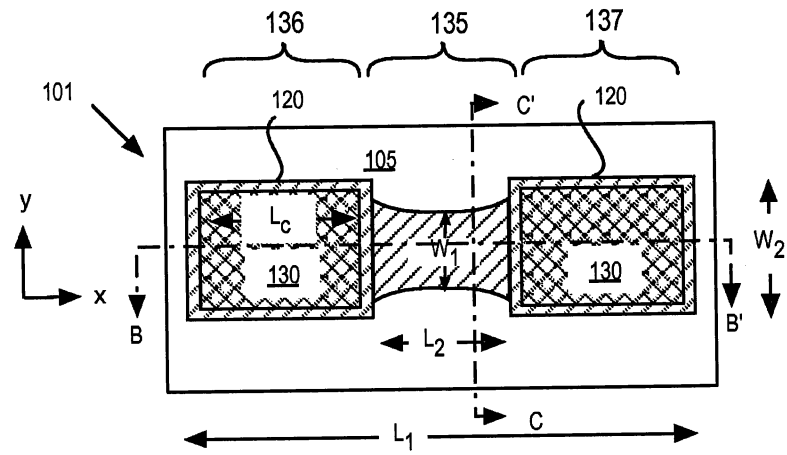
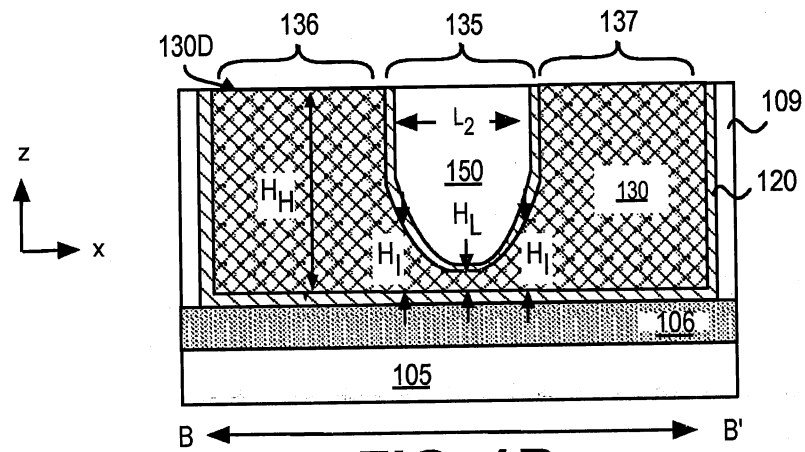
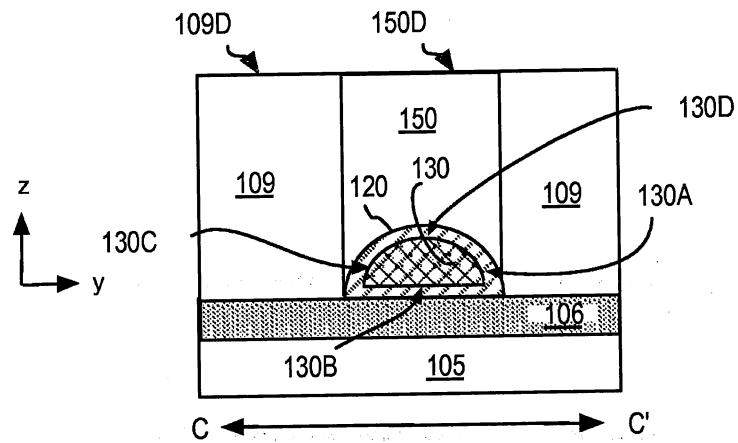
phần thứ nhất trong số các phần z cao tiếp xúc với phần mạ kim loại tiếp xúc thứ nhất, và phần thứ hai trong số các phần z cao tiếp xúc với phần mạ kim loại tiếp xúc thứ hai.

19. Kết cấu mạch tích hợp (IC), kết cấu này bao gồm:

tranzito MOS có cực cổng, bao gồm kim loại thứ nhất trên vùng thứ nhất của nền bán dẫn có vật liệu điện môi cổng giữa chúng; và cầu chì chìm còn bao gồm:

đường dẫn điện không phẳng trên vật liệu điện môi cổng trong vùng thứ hai của nền, đường dẫn không phẳng có phần z thấp giữa hai phần z cao, hai phần này kéo dài từ nền đến chiều cao z lớn hơn so với phần z thấp, trong đó phần z thấp có chiều cao z giảm dần, chiều cao z được giảm dần vát từ chiều cao z lớn nhất gần với mỗi trong số

các phần z cao đến chiều cao z nhỏ nhất ở giữa hai phần này, trong đó đường dẫn điện không phẳng bao gồm kim loại thứ nhất, và trong đó các phần z cao có bề mặt trên cùng mà ngang bằng với bề mặt trên cùng của cực cổng.

**FIG. 1A****FIG. 1B****FIG. 1C**

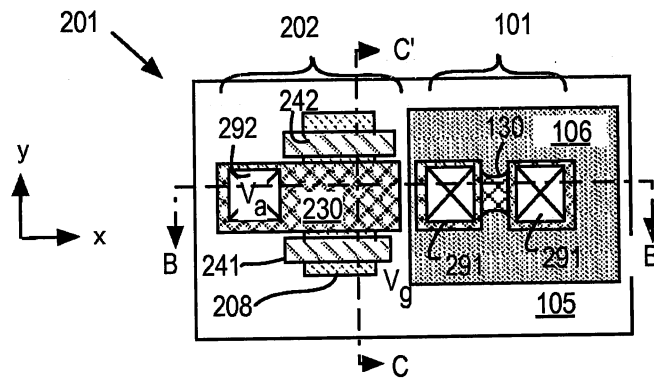


FIG. 2A

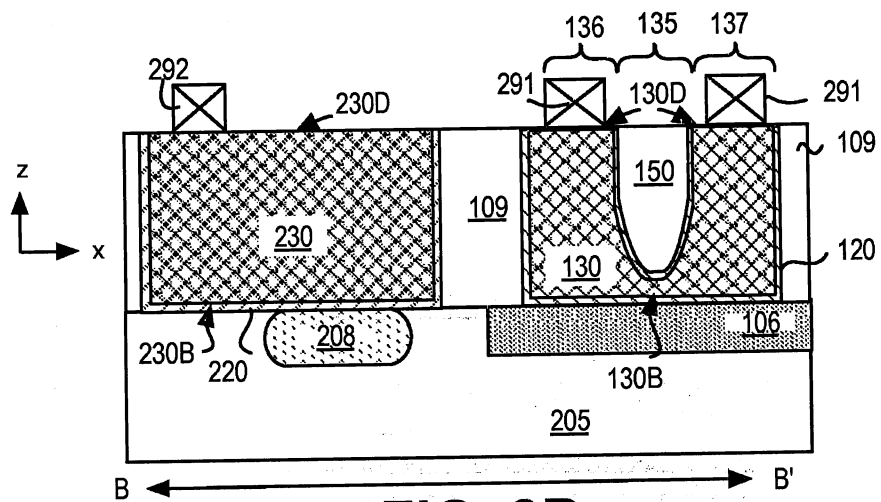


FIG. 2B

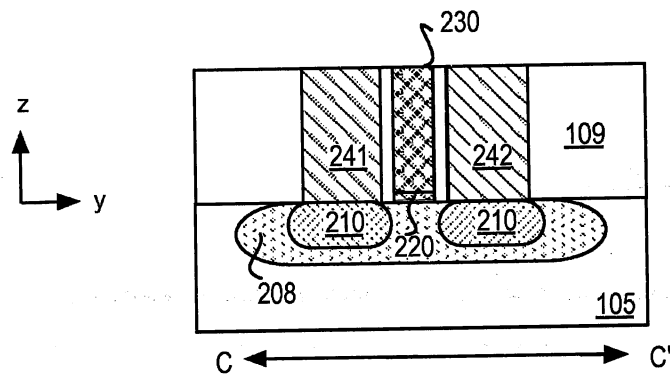
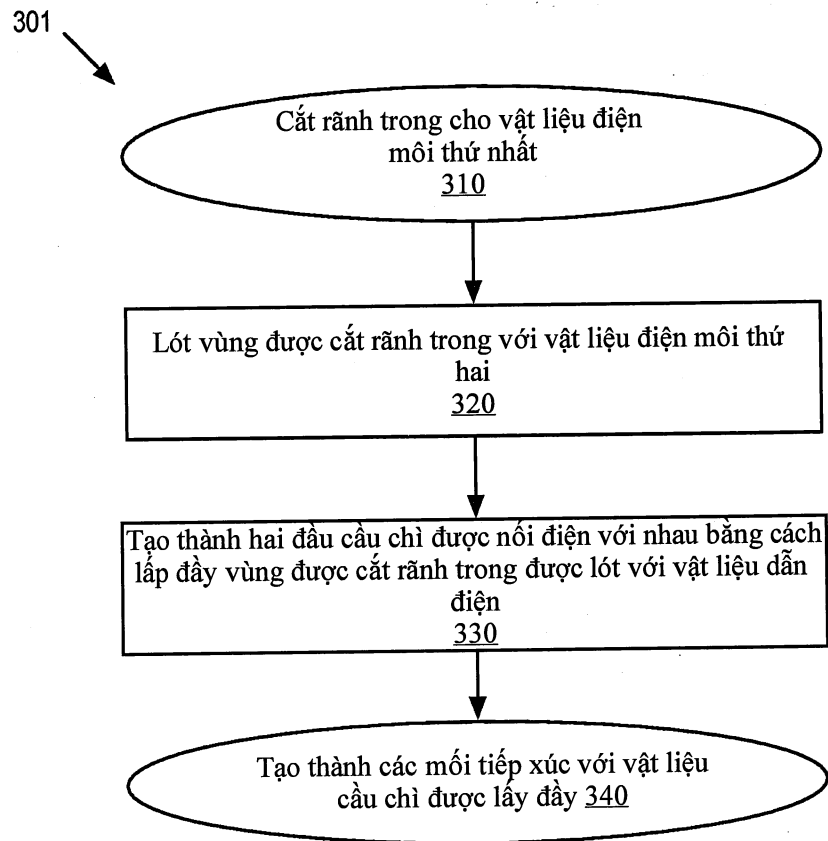


FIG. 2C

**FIG. 3A**

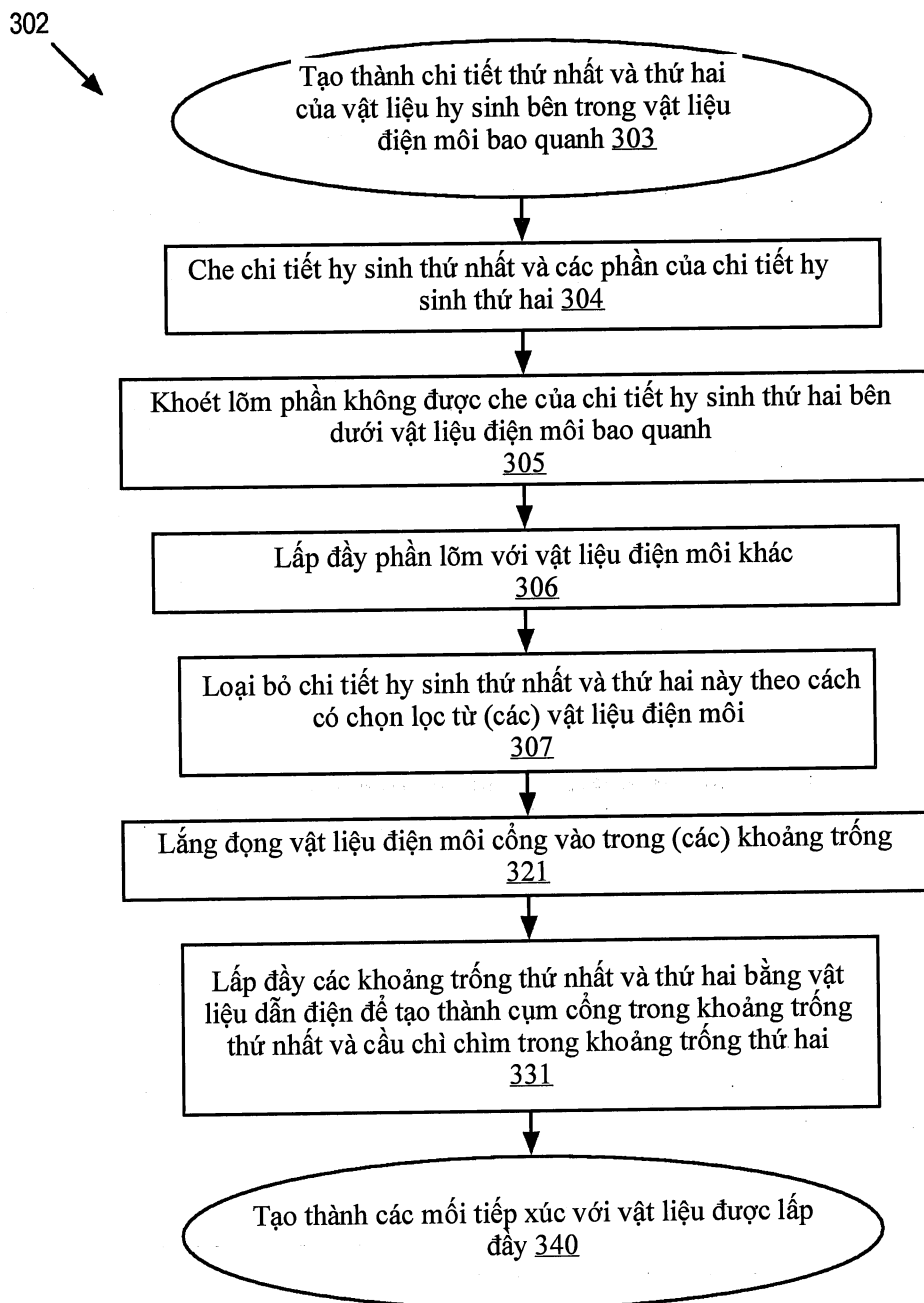
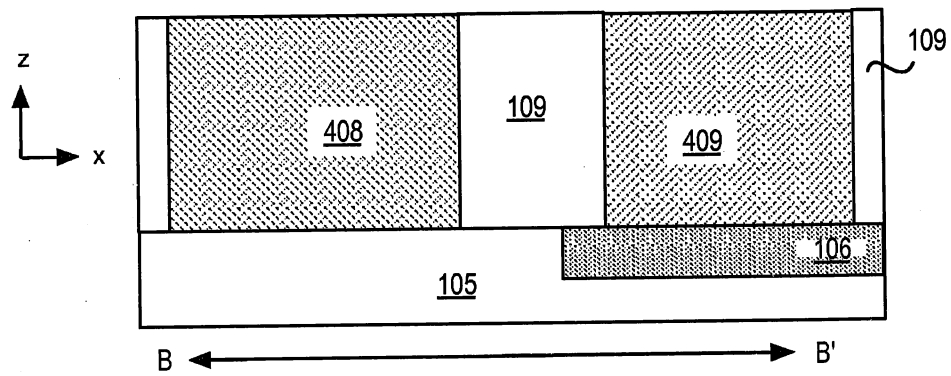
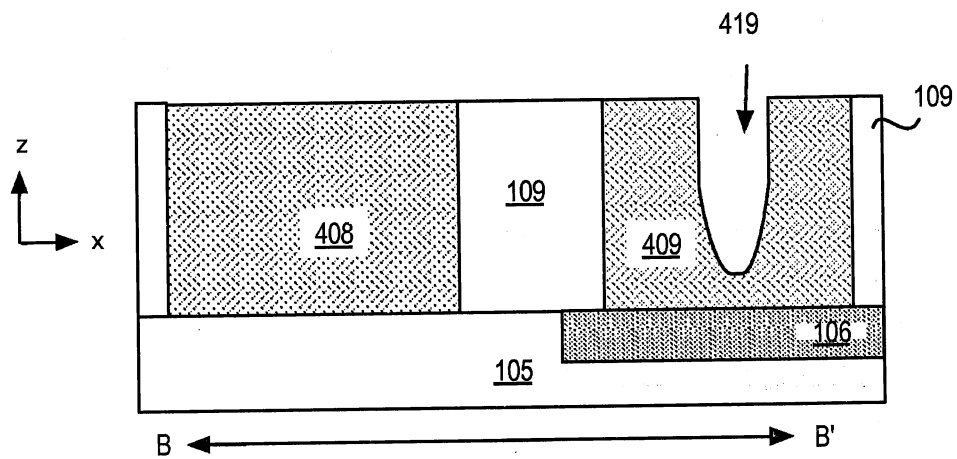


FIG. 3B

**FIG. 4A****FIG. 4B**



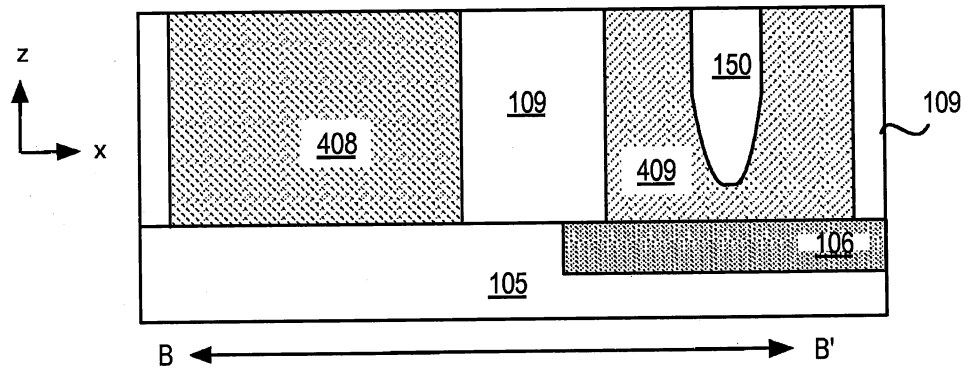


FIG. 4C

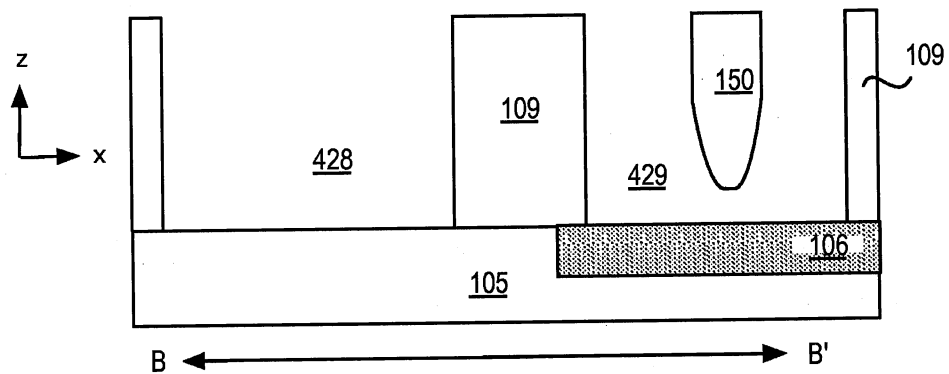
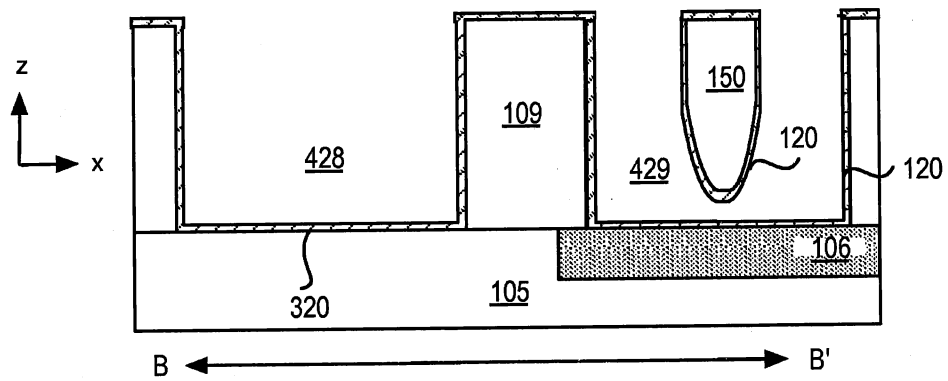
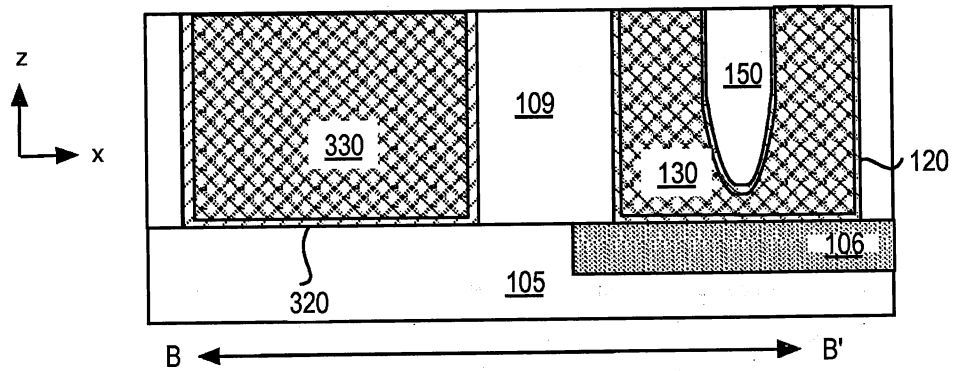
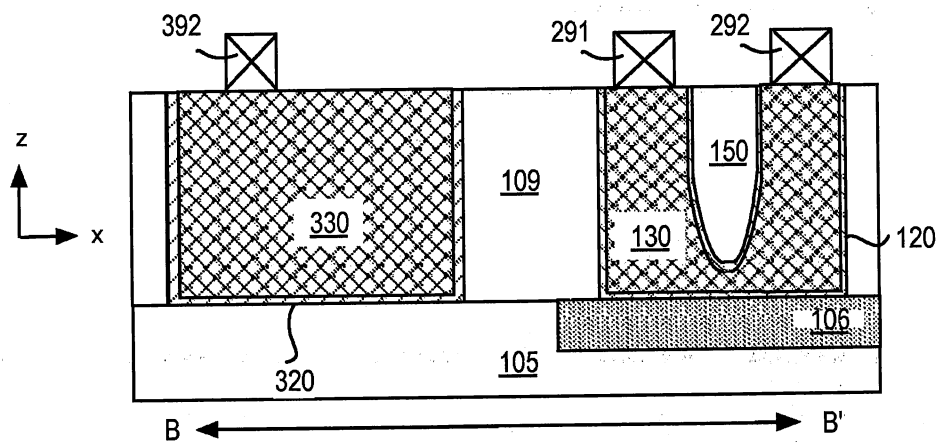


FIG. 4D

**FIG. 4E****FIG. 4F****FIG. 4G**

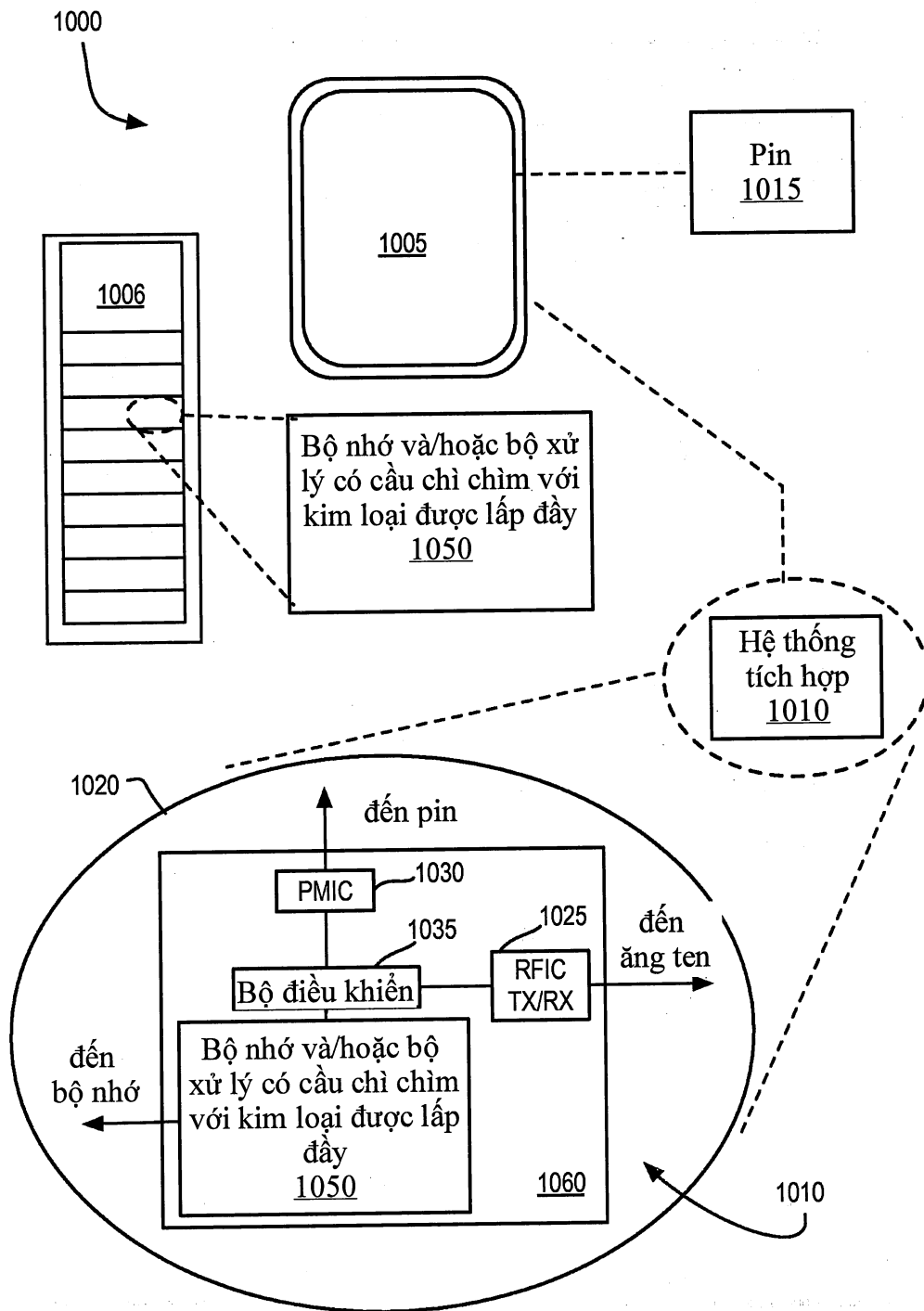
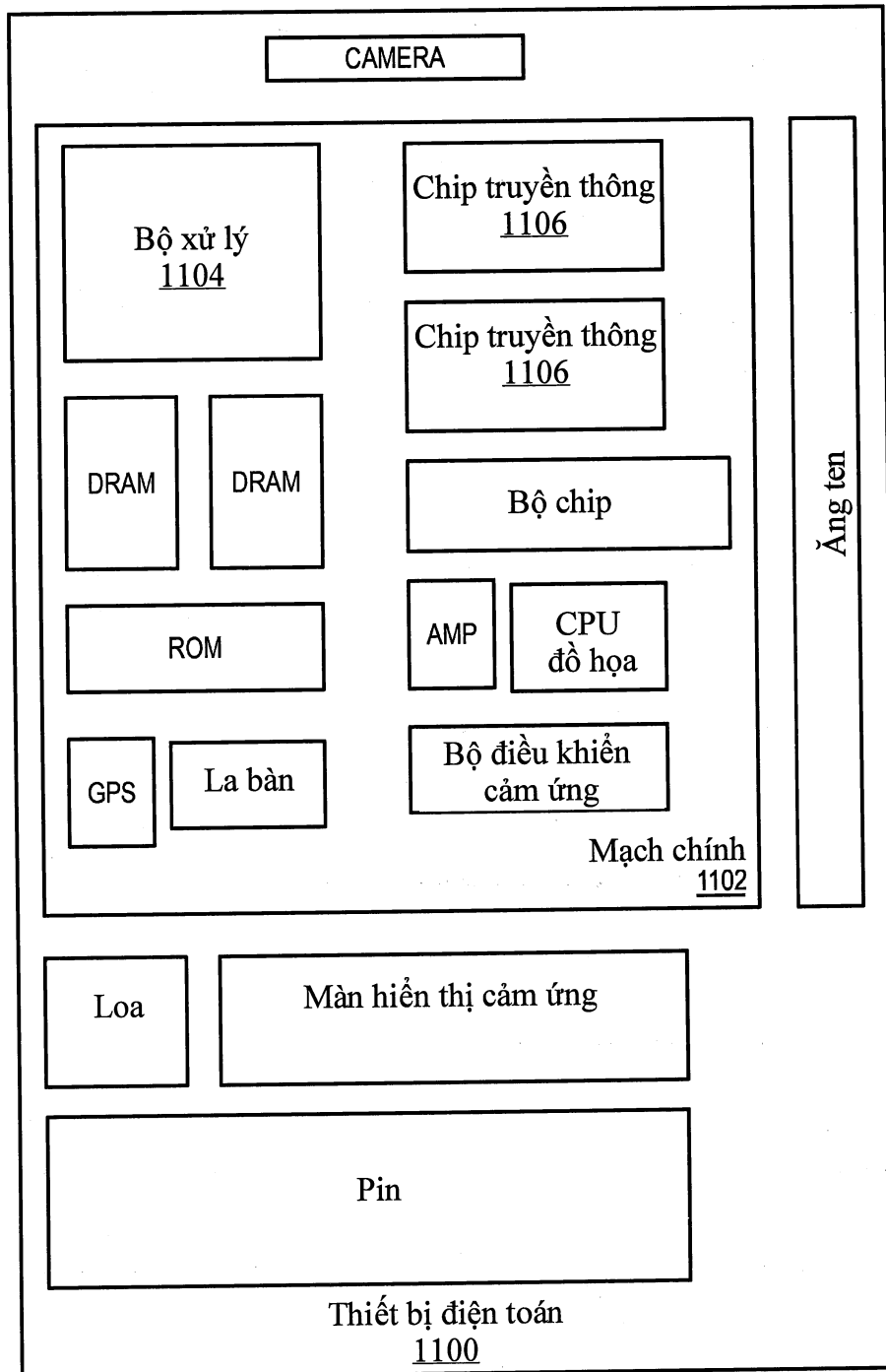


FIG. 5

**FIG. 6**