



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

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



1-0035202

(51)⁷ **B41J 2/14; B41J 2/16; B41J 2/155; B41J 2/145; B41J 2/15** (13) **B**

(21) 1-2018-05149

(22) 19/05/2017

(86) PCT/EP2017/062113 19/05/2017

(87) WO 2017/198821 A1 23/11/2017

(30) 16170381.4 19/05/2016 EP

(45) 25/04/2023 421

(43) 25/02/2019 371A

(73) SICPA HOLDING SA (CH)

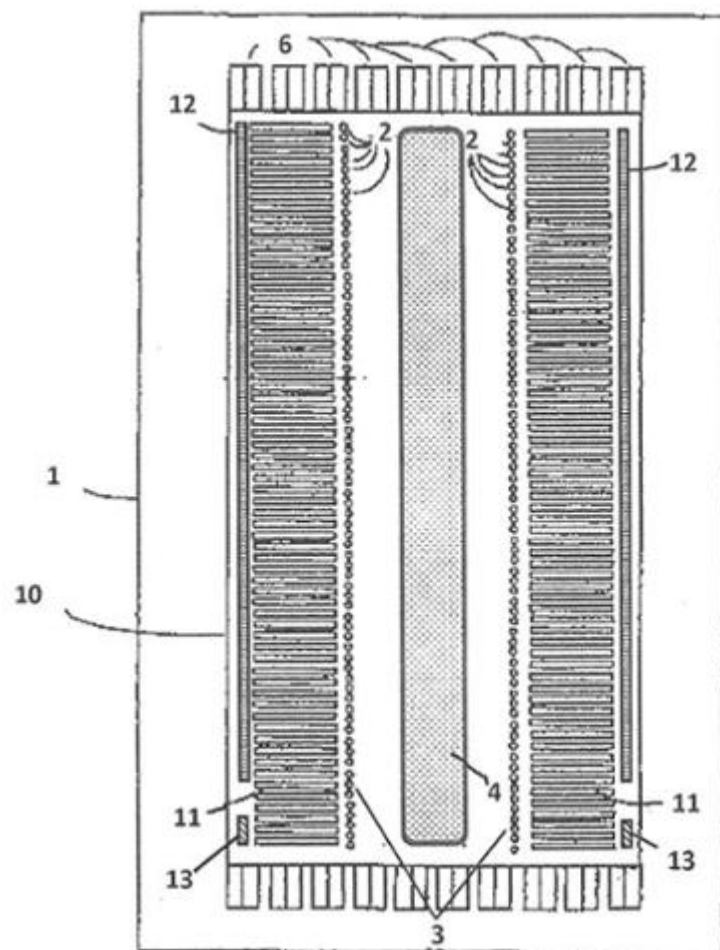
Avenue de Florissant 41, CH-1008 Prilly, Switzerland

(72) SORIANI, Pier Luigi (IT); SCARDOVI, Alessandro (IT).

(74) Công ty TNHH Dịch vụ Sở hữu trí tuệ KENFOX (KENFOX IP SERVICE CO.,LTD.)

(54) ĐẦU IN PHUN MỰC BẰNG NHIỆT VÀ PHƯƠNG PHÁP SẢN XUẤT ĐẦU IN PHUN MỰC BẰNG NHIỆT

(57) Sáng chế đề cập đến đầu in phun mực bằng nhiệt, bao gồm kênh nạp chất lỏng để phân bố chất lỏng, các khoang chất lỏng được bố trí gần kênh nạp chất lỏng, các điện trở để dẫn động chất lỏng trong các khoang, được bố trí trong mẫu hình so le so với các dòng in thẳng đứng. Ít nhất một phần của kênh nạp chất lỏng đối diện với mặt phía sau của đầu in kéo dài gần như trục giao với bề mặt chip, và kênh lỏng có các mép so le theo mẫu hình so le của các điện trở sao cho độ dài đường dẫn chất lỏng giữa mép điện trở và mép so le tương ứng gần như tương tự cho mỗi điện trở. Sáng chế cũng đề cập đến phương pháp sản xuất đầu in phun mực bằng nhiệt.



Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Sáng chế đề cập đến đầu in phun mực bằng nhiệt và phương pháp sản xuất đầu in này. Cụ thể hơn, sáng chế đề cập đến đầu in thể hiện độ thống nhất tính năng cao.

Tình trạng kỹ thuật của sáng chế

Ở nhiều loại đầu in phun mực bằng nhiệt, mực được nạp từ bình chứa đến các khoang phun thông qua một hoặc nhiều khe được tạo ra theo chiều dọc trong phần bên trong của nền, thường là chip silic. Mực trôi từ bề mặt nền phía sau đến bề mặt trước, ở đó thu được các hệ mạch điện vi lưu cũng như điện tử. Một khe đơn có thể nạp một hoặc hai cột gia nhiệt, nằm dọc theo các mép khe theo hướng của trục chip theo chiều dọc.

Thông thường, các màng mỏng bảo vệ, điện môi, điện trở và dẫn điện được làm lắng đọng và được thiết kế mẫu hình, để thu được hệ mạch. Các thiết bị có thể như tranzito, điôt, bộ nhớ, v.v. có thể được tích hợp trong hệ mạch sử dụng các tính chất bán dẫn của silic.

Các bộ gia nhiệt được bố trí trong nhiều cột dọc nằm liền kề với khe xuyên qua, là bộ phận cần thiết cho việc nạp mực về phía các điểm phun. Có thể có một khe đơn nạp hai cột hoặc một vài khe song song nạp số lượng các cặp cột tương ứng.

Do đó, ví dụ như, lớp polyme được làm lắng đọng lên trên bề mặt của chip silic và được thiết kế mẫu hình để tạo ra khoang phun quanh mỗi bộ gia nhiệt và các kênh để nạp dòng mực từ khe. Do các vách có biên dạng được thiết kế mẫu hình đóng vai trò là lớp chắn chứa mực, lớp polyme được gọi là “lớp chắn”.

Tấm vòi phun được lắp trên đỉnh lớp chắn. Nó tạo thành trần của khoang phun và chứa nhiều vòi phun, tương ứng một đối một với nhiều bộ gia nhiệt. Do đó, cả các vòi phun cũng được bố trí trong các dãy cột.

Kết cấu được tạo bởi khe nạp mực, chip silic, bề mặt và các khoang phun và các vòi phun tạo thành mạch lưu của đầu in.

Trong in kỹ thuật số mực được phân bố lên trên phương tiện là mảng ma trận các điểm được bố trí trong các hàng và các cột. Các hàng kéo dài theo hướng của chuyển động tương đối giữa đầu in và phương tiện. Tương quan khoảng cách giữa các điểm liền

kề trong đường (hàng) ngang là độ phân giải ngang. Tương quan khoảng cách giữa các điểm liền kề trong đường (cột) thẳng đứng là độ phân giải dọc.

Độ phân giải dọc gần như phụ thuộc vào khoảng cách giữa các vòi phun in đầu in các cột. Độ phân giải ngang được xác định bởi sự kết hợp của tốc độ lặp phun với tốc độ chuyển động tương đối.

Sự tăng bọt mực trong đầu in nhiệt bị gây ra bởi xung dòng điện ngắn tác động đến điện trở gia nhiệt. Đầu in nhiệt tiêu chuẩn thường có hàng trăm các vòi phun (lên đến hơn một nghìn). Nếu tất cả các vòi phun được kích hoạt đồng thời, tổng lưu lượng dòng trong mạch sẽ đạt đến cường độ dư thừa (hàng chục Ampe). Mức dòng điện cao như vậy có thể làm hư hỏng hệ mạch của chip silic, đòi hỏi nguồn cung cấp điện rất lớn và đắt tiền ở trạm in và tiếng ồn gây ra có thể gây khó chịu.

Để giải quyết vấn đề này, cần phải tránh sự chồng lấn thông thường của các xung dòng điện, tức là chỉ tập hợp các vòi phun phụ nên được cho phép để phun giọt mực cùng một lúc. Do đó nhiều vòi phun in đầu in có thể được phân chia trong một số tập hợp “nhóm khởi động” phụ. Đối với mỗi nhóm, tất cả các vòi phun có thể được khởi động cùng một lúc, các nhóm khác nhau được khởi động theo trình tự, với sự chậm trễ được lập trình giữa nhóm này với nhóm kế tiếp.

Bằng cách này, các xung dòng điện để kích hoạt tất cả các vòi phun đầu in được phân bố trong khoảng thời gian lớn hơn; cường độ dòng điện tối đa in thiết bị trở nên bằng dòng điện của bộ gia nhiệt đơn được nhân với số lượng các bộ gia nhiệt thuộc về cùng nhóm khởi động.

Do đầu in đang chuyển động so với phương tiện, cần phải bố trí xen kẽ các nhóm khởi động khác nhau dọc theo hướng chuyển động tương đối, theo thời gian kích hoạt riêng của chúng.

Do đó, nhiều vòi phun trong cột không thể được sắp thẳng hàng với các dòng in thẳng đứng, do chúng không được kích hoạt cùng nhau.

Trên Fig.19, một khả năng được thể hiện cho các đoạn cột thẳng nghiêng (các khối), được xếp chồng theo chiều thẳng đứng; các vòi phun thuộc về cùng nhóm khởi động chồng lấp cùng một dòng in thẳng đứng.

Như được thể hiện trên Fig.19, biên dạng khe gần như là đường thẳng và do đó các bộ gia nhiệt so le trở nên có các khoảng cách khác nhau từ mép khe, phụ thuộc vào thời gian kích hoạt riêng của chúng. Do đó mạch lưu của bộ gia nhiệt gần nhất ngắn hơn

mạch lưu của bộ gia nhiệt xa nhất. Sự khác biệt về độ dài kênh mang lại trạng thái chất lỏng khác nhau. Bộ gia nhiệt gần nhất trở nên cũng nhanh hơn do nó có thời gian nạp đầy lại ngắn nhất, mang lại tần số in tối đa. Do đường dẫn mực dài hơn, các bộ gia nhiệt còn lại có thời gian nạp đầy lại lâu hơn, phụ thuộc vào khoảng cách từ khe, và do đó chúng thể hiện tần số thấp hơn. Khoảng rộng này giới hạn tần số đầu ở tần số của bộ gia nhiệt chậm nhất.

Để bù lại khoảng rộng này ở trạng thái chất lỏng của các điểm phun, cần có những điều chỉnh thích hợp về việc bố trí chất lỏng cho mỗi bộ gia nhiệt.

Tài liệu US 8,714,710B2 đề xuất việc tạo ra độ dài đường dẫn gần như bằng nhau cho dòng chất lỏng từ kênh nạp hướng về phía các điện trở so le. Điều này đạt được bằng đầm chìa, kéo dài qua kênh lỏng. Điều này đạt được bằng màng mỏng, là bộ phận được loại bỏ ở phần trung tâm chỉ để lại đầm chìa, sau đó hoàn thành quy trình bằng cách loại bỏ silic khỏi mặt sau bằng cách sử dụng laze và/hoặc ăn mòn khô/ướt. Để làm cho đầm chìa kéo dài qua kênh lỏng, như được mô tả, cần thực hiện các phương pháp ăn mòn mềm trên cả hai mặt lát. Loại quy trình này thích hợp cho đầu in đơn khối, trong đó tất cả các lớp (gồm có tấm vòi phun) và tất cả các lỗ hoặc các hốc được tạo ra qua các quy trình quang khắc.

Tài liệu US 7,427,125 B1 đề xuất quy trình ăn mòn ướt là bước cuối cùng cần hoàn thành để tạo ra kênh nạp thích ứng với biên dạng hình chữ chi của các điện trở được bố trí. Bằng quy trình ăn mòn ướt, thu được các vách bên có góc. Quy trình ăn mòn ướt này đòi hỏi các màn chắn cứng, là bộ phận không thể được làm lắng đọng lên trên, ví dụ như, lớp polyme. Thậm chí nếu sự ăn mòn ướt chỉ diễn ra trên mặt sau lát, góc vách thu được sẽ không vừa với bố cục có các khe song song, gần với nhau.

Vấn đề sáng chế giải quyết

Sáng chế nhằm thiết kế khe nạp mực in ở đầu in nhiệt có thể giải quyết các vấn đề do khoảng rộng của các khoảng cách của các điện trở gia nhiệt so với trục dọc của nền một cách hiệu quả và sinh lợi.

Ngoài ra, sáng chế nhằm thiết kế hình dạng khe thích hợp và phát triển quy trình sản xuất thích hợp đối với hình dạng này, để đạt được sự cân bằng đáng kể của độ dài đường dẫn dòng giữa mép khe và các điện trở gia nhiệt.

Mục đích của sáng chế là đề xuất hệ thống và phương pháp đáp ứng các nhu cầu này và khắc phục các nhược điểm của giải pháp kỹ thuật đã biết.

Bản chất kỹ thuật của sáng chế

Các vấn đề và nhược điểm trên đây của các giải pháp thông thường được giải quyết bởi đối tượng của các phương án theo sáng chế.

Theo một khía cạnh, sáng chế đề xuất đầu in phun mực bằng nhiệt, bao gồm kênh nạp chất lỏng để phân bố chất lỏng, các khoang chất lỏng được bố trí gần kênh nạp chất lỏng, các điện trở để dẫn động chất lỏng trong các khoang, được bố trí trong mẫu hình so le so với các dòng in thẳng đứng. Trong đầu in ít nhất một phần của kênh nạp chất lỏng đối diện với mặt phía sau của đầu in kéo dài gần như trực giao với bề mặt chip, và kênh lỏng có các mép so le theo mẫu hình so le của các điện trở sao cho độ dài đường dẫn chất lỏng giữa mép điện trở và mép so le tương ứng gần như tương tự cho mỗi điện trở.

Kênh nạp kéo dài gần như trực giao với bề mặt chip trên toàn độ dài, nếu nó, ví dụ như, hoàn toàn được gia công bằng tia laze. Nếu nó, ví dụ như, được tạo ra bằng quy trình hỗn hợp (phun cát đánh sạch + laze) ít nhất phần được gia công bằng tia laze gần như trực giao. Các phương pháp được mô tả thêm dưới đây.

Sáng chế đã được thực hiện để đạt được tần số hoạt động cao hơn của đầu in bằng cách duy trì tất cả các điều kiện hoạt động không bị ảnh hưởng.

Theo phương án ưu tiên của sáng chế, mẫu hình so le và do đó kênh lỏng cũng có hình dạng răng cưa.

Theo một khía cạnh khác, sáng chế đề cập đến phương pháp sản xuất đầu in phun mực bằng nhiệt bao gồm các bước là cung cấp các điện trở lên trên nền theo mẫu hình so le, tạo thành kênh nạp chất lỏng thông qua nền sao cho kênh kéo dài gần như trực giao với bề mặt chip và có các mép so le theo mẫu hình so le của các điện trở sao cho độ dài đường dẫn chất lỏng giữa mép điện trở và mép so le tương ứng gần như tương tự cho mỗi điện trở. Nhờ đó, kênh nạp chất lỏng được tạo ra bằng phương pháp bao gồm khắc mòn bằng laze. Theo một phương án ưu tiên, phương pháp có thể bao gồm phun cát bắt đầu từ mặt phía sau của nền mà không đến bề mặt đối diện, và sau đó khắc mòn bằng laze đối với khe xuyên qua.

Do đó, bằng phương pháp theo sáng chế, có thể tạo ra biên dạng hình răng cưa của kênh lỏng với các vách gần như thẳng ít nhất trong phần độ dày lát đã bị khắc mòn bằng tia laze từ mặt phía sau đến mặt trước của lát. Không cần phải có dầm chia hoặc màn chắn cứng.

Giải pháp theo sáng chế cho phép sản xuất đầu in có hiệu năng tốt hơn và độ ổn định cao hơn trong quá trình phun giọt. Ý tưởng là phát triển quy trình sản xuất có thể gia công khe in nền sao cho mép khe theo đúng kể sự phân bố bộ gia nhiệt dọc theo mảng. Bằng cách này, khoảng cách giữa khe và các điện trở gần như giống nhau cho toàn bộ mảng bộ gia nhiệt sao cho các thông số chất lỏng trở nên được cân bằng, làm tăng tần số hoạt động tối đa của thiết bị và cải thiện độ đồng nhất của việc in.

Giải pháp này cho phép đạt được sự đồng nhất cao hơn trong hiệu năng của đầu in và, ngoài ra, giải pháp này giúp cho việc thiết kế mạch vi lưu dễ dàng hơn.

Theo phương án ưu tiên, việc khắc mòn bằng laze được ứng dụng trên bề mặt đối diện.

Tốt hơn là, việc khắc mòn bằng laze được thực hiện trên đường bao ngoài. Quy trình này có thể đặc biệt thuận lợi khi gia công các nền rất mỏng.

Việc khắc mòn bằng laze cũng có thể được thực hiện trên toàn bộ bề mặt khe. Phương án ưu tiên này có thể giúp ngăn sự tắc nghẽn của rãnh hẹp do mảnh vụn. Trong một số trường hợp, sự khắc mòn hoàn toàn bề mặt bên trong có thể nhanh hơn sự tạo đường viền vòng đường bao ngoài.

Sự khắc mòn bằng laze thêm có thể được thực hiện trên đường bao ngoài mở rộng. Thay vì chỉ thực hiện trên đường bao ngoài đơn, sự khắc mòn được thực hiện qua vạch lớn hơn, là vạch có đường bao ngoài là ranh giới ngoài. Bằng cách sử dụng phương pháp này, không cần phải khắc mòn toàn bộ bề mặt bên trong của khe, mà chỉ khắc mòn vạch ranh giới nhỏ hơn. Trên mặt kia, việc loại bỏ vật liệu hiệu quả hơn, do sự khắc mòn không bị giới hạn ở rãnh hẹp và mảnh vụn có thể được làm lắng đọng lại không thể che phủ toàn bộ vùng vạch.

Có thể đạt được các kết quả tốt nếu việc khắc mòn bằng laze được thực hiện bởi các chuyển động luân phiên của chùm tia laze theo chiều kim đồng hồ và ngược chiều kim đồng hồ. Phương án như vậy có thể mang lại độ chính xác tốt hơn của các đặc điểm được gia công, bù đắp những lỗi có thể xảy ra ở vị trí điểm laze do đầu quét.

Định nghĩa

Vì các mục đích của sáng chế, thuật ngữ “gần như trực giao” nghĩa là không nhất thiết phải hoàn toàn trực giao. Sự khắc mòn bằng laze (cả phun cát đánh sạch và các phương pháp khoan hoặc ăn mòn) qua một tấm tạo ra các lỗ (hoặc các khe) có góc thon nhất định. Trong một số trường hợp, mặt cắt ngang tại mặt vào laze lớn hơn mặt cắt

ngang tại mặt ra. Điều này nghĩa là độ rộng khe tại mặt vào, mà ở trên mặt phía sau của lát, lớn hơn một chút so với độ rộng khai tại mặt ra của thiết bị. Tỷ lệ giữa hiệu số độ rộng và độ dày lát tốt hơn là nằm trong khoảng từ 0,5% đến 10%. Sự vượt thon có thể là do sự hòa lẫn các hiệu ứng quang và hiệu ứng màn che mảnh vụn. Điều này nên được coi là “gần như trực giao” theo sáng chế. Ngược lại, sự phun cát đánh sạch có xu hướng tạo ra sự vượt thon rõ rệt hơn. Trên Fig.5, là hình vẽ mô tả chung thiết bị, khe trông có dạng vượt thon. Điều này cũng nên được hiểu là “gần như trực giao” theo sáng chế.

“Mẫu hình so le” theo bản mô tả này mô tả mẫu hình trong cột các vòi phun không được phân bố hoàn toàn dọc theo đường thẳng. Có sự dịch chuyển của mỗi vòi phun (và mỗi điện trở) theo hướng của chuyển động tương đối giữa đầu in và phương tiện (tức là trực giao với cột vòi phun) được thực hiện có chủ ý trong thiết kế bố trí vòi phun (hoặc mẫu hình), để cho phép phun mực ở những lần khác nhau, tránh đỉnh dòng điện thừa trong hệ mạch.

Ngoài ra, “gần như tương tự” theo sáng chế nghĩa là khe được tạo hình sao cho khoảng cách giữa tâm của bộ gia nhiệt và mép khe là tương tự. Fig.19 và Fig.21 thể hiện rõ ý nghĩa này.

“Phun cát” hay phun cát đánh sạch là quy trình được sử dụng rộng rãi để tạo ra các khe xuyên qua trong chip đầu in. Thiết bị thích hợp dẫn qua vòi phun luồng phun mỏng của không khí áp suất cao chứa hạt nhỏ bằng vật liệu mài (ví dụ như các hạt alumin, các hạt ôxit silic, v.v...). Tác động của các hạt mài mòn đối với bề mặt silic của chip phá hủy dần vật liệu, cho đến khi đến được bề mặt ra.

“Mặt phía sau” theo bản mô tả này đề cập đến mặt sau lát. Hệ mạch đầu in được tạo ra ở mặt đối diện kia, là mặt trước hoặc mặt phía thiết bị. Việc phun cát đánh sạch nên bắt đầu từ mặt phía sau của lát, không kể những bước khác, để giảm sự hư hỏng có thể xảy ra với thiết bị do các hạt cắt vát tác động vào bề mặt trước. Việc khắc mòn bằng laze cũng bắt đầu từ mặt phía sau.

“Khắc mòn bằng laze” là quá trình trong đó chùm tia laze (thường là) hội tụ tác động vào nền và loại bỏ các phần vật liệu. Bằng cách dịch chuyển chùm tia đối với nền, có thể thu được mẫu hình khắc mòn hình học.

“Khe xuyên qua” được sử dụng trong bản mô tả này cho lỗ có dạng khe bất chéo hoàn toàn độ dày lát (hoặc chip), tạo ra sự thông chất lỏng giữa mặt phía sau và mặt trước của chip silic.

Thuật ngữ “đường bao ngoài” nên mô tả biên dạng ngoài hình học của khe. Đường bao ngoài tốt hơn là đường đóng.

“Đường bao ngoài mở rộng” nên mô tả khu vực rộng hơn, bị giới hạn bởi biên dạng ngoài và mở rộng vào trong với độ dài nhất định. Đó là vạch kín, thay vì đường đóng (như được thể hiện trên, ví dụ như, Fig.30).

Mô tả văn tắt các hình vẽ

Sáng chế sẽ được mô tả để giúp hiểu rõ hơn thông qua các phương án minh họa. Các phương án này có thể được hiểu tốt nhất khi kết hợp với các hình vẽ dưới đây. Trong các hình vẽ này,

Fig.1 thể hiện đầu in mực bằng nhiệt;

Fig.2 thể hiện lát silic có các đầu in;

Fig.3 thể hiện hộp chứa có mạch mềm và đầu in;

Fig.4 thể hiện chi tiết mạch lưu và các bộ gia nhiệt;

Fig.5 thể hiện hình vẽ mặt cắt ngang của đầu in;

Fig.6 thể hiện a) ví dụ về mạch lưu và b) mô hình thông số tập trung tương đương RLC điện;

Fig.7 thể hiện hình vẽ mặt cắt ngang của khoang phun trong quá trình nạp đầy lại vòi phun phase;

Fig.8 là đáp ứng bước nhảy của mạch RLC cho các giá trị khác nhau của thừa số tắt dần ζ ;

Fig.9 thể hiện a) mạch RL tương đương và b) thể tích được nạp đầy lại so với thời gian dành cho vòi phun hình trụ;

Fig.10 thể hiện hình vẽ mặt cắt ngang của vòi phun sau khi nạp đầy quá mức mặt khum mực;

Fig.11 thể hiện a) góc tiếp xúc β giữa chất lỏng và giá trị bề mặt – tới hạn β_{cr} , b) góc tiếp xúc β giữa chất lỏng và độ ổn định bề mặt với $\beta < \beta_{cr}$ và c) góc tiếp xúc β giữa chất lỏng và độ không ổn định bề mặt và trải dài với $\beta > \beta_{cr}$;

Fig.12 thể hiện sự làm ẩm bề mặt tấm vòi phun do tác động của việc làm quá mức mặt khum của mực;

Fig.13 thể hiện a) sự xử lý bề mặt tấm vòi phun có lớp phủ kỵ nước và b) sự xử lý bề mặt tấm vòi phun bằng cách chức năng hóa plasma với các nhóm kỵ nước;

Fig.14 thể hiện sự tổ chức theo logic trong các nhóm (các hàng) và các khối (các cột) của nhiều bộ gia nhiệt;

Fig.15 thể hiện bố cục bộ gia nhiệt so le trong khối;

Fig.16 thể hiện sự mô phỏng bằng số trạng thái chất lỏng của các vòi phun với độ dài kênh khác nhau;

Fig.17 thể hiện a) cột vòi phun mà không so le và khối độc nhất các bộ gia nhiệt và b) cột vòi phun mà không so le được tổ chức trong nhiều khối;

Fig.18 thể hiện khối đơn của các bộ gia nhiệt với sự so le tăng dần;

Fig.19 thể hiện một loại khối liên tục trong đầu in có mép khe hình răng cưa;

Fig.20 thể hiện khối đơn của các bộ gia nhiệt với sự so le phân tán, được chia thành các khối con;

Fig.21 thể hiện một loạt khối liên tục được phân chia thành các khối con trong đầu in có mép khe hình răng cưa;

Fig.22 thể hiện thiết bị phun cát đánh sạch dùng để vi gia công lát silic;

Fig.23 thể hiện a) việc loại bỏ vật liệu thông qua quy trình phun cát đánh sạch và b) lỗ xuyên qua cuối cùng;

Fig.24 thể hiện các khe được gia công trong đầu in;

Fig.25 thể hiện nền bị hư hỏng do đánh sạch silic trong quy trình phun cát đánh sạch;

Fig.26 thể hiện trạm làm việc laze để vi gia công;

Fig.27 thể hiện quy trình cắt đường bao ngoài;

Fig.28 thể hiện sự tháo nút trong quy trình cắt đường bao ngoài để vi gia công khe;

Fig.29 thể hiện quy trình khắc mòn hoàn toàn bên trong;

Fig.30 thể hiện quy trình khắc mòn vạch ranh giới;

Fig.31 thể hiện sự tháo nút kích cỡ rút gọn trong quy trình khắc mòn vạch ranh giới để vi gia công khe;

Fig.32 thể hiện quy trình phối hợp phun cát đánh sạch + vi gia công bằng laze; và

Fig.33 thể hiện mép khe hình răng cưa với các quy đạo bù theo chiều kim đồng hồ và ngược chiều kim đồng hồ.

Mô tả chi tiết các phương án thực hiện sáng chế

Đầu in phun mực bằng nhiệt (như được thể hiện trên Fig.1) gồm có nền 1 chứa trên bề mặt của nó nhiều bộ gia nhiệt 2, được bố trí trong một hoặc nhiều cột 3. Thông thường, các cột được đặt gần sát khe xuyên qua 4 được tạo ra trong phần bên trong của chip để cho phép nạp đầy lại mực. Thông thường, các đầu in nhiệt được sản xuất (như được thể hiện trên Fig.2) thành lát silic duy nhất 5, sau đó được cắt hình khối nhỏ trong các chip đơn, sử dụng công nghệ chất bán dẫn, gồm có lắng đọng màng mỏng, in ảnh litô, các kỹ thuật ăn mòn khô và ướt, cấy iôn, ôxi hóa, v.v.. Các bộ gia nhiệt 2 được làm bằng màng điện trở, tiếp xúc với các vạch dẫn điện thích hợp. Vùng ngoại vi của chip bao gồm một bộ các đệm tiếp xúc 6 được gắn với mạch in mềm bằng, ví dụ như, quy trình TAB. Như được thể hiện trên Fig.3, mạch mềm 7 được gắn với đầu in thân hộp 8 và chứa các đệm tiếp xúc lớn hơn 9 để trao đổi các tín hiệu điện với máy in. Với số lượng tăng lên các bộ gia nhiệt, cả độ phức tạp của bản thiết kế điện tử cũng tăng lên. Bộ phận hoạt động 10 của nền 1 gồm có các mảng tranzito 11 để gán địa chỉ các điện trở, các mạch logic 12, các bộ nhớ lập trình được 13 và các thiết bị khác. Như được mô tả trên Fig.4 và Fig.5, lên trên bề mặt chip, trong đó các màng điện môi, dẫn điện và điện trở 14 đã được làm lắng đọng và được thiết kế mẫu hình trước đó, được tạo mạch vi lưu. Mực trôi in mạch vi lưu qua các kênh thích hợp 15 và đi vào trong khoang phun 16, các vách của khoang này bao quanh điện trở gia nhiệt 2. Mạch vi lưu được thiết kế mẫu hình trong lớp polyme 17 thích hợp được gọi là lớp chắn. Tấm vòi phun 18 được lắp phía trên lớp chắn và chứa nhiều vòi phun 19, nằm thẳng hàng với các điện trở gia nhiệt nằm dưới, mà các giọt mực 20 được phun ra từ đó. Trong thực tế, xung dòng điện ngắn làm nóng điện trở 2, lần lượt gây ra sự bay hơi lớp mực mỏng ngay phía trên điện trở 2 và tạo thành bọt hơi 21. Áp suất trong lớp hóa hơi tăng đột ngột, gây ra sự phun phần chất lỏng nằm trên khỏi vòi phun. Giọt mực đi về phía phương tiện, tạo ra điểm mực trên bề mặt của nó. Sau đó, mực mới được thu hồi vào trong khoang, để thay thế giọt được phun, cho đến khi đạt đến trạng thái ổn định: dòng mực được điều khiển bởi động lực học chất lưu, nghĩa là các lực truyền, quán tính và sức cản đối với dòng mực. Các thông số chất lỏng (mật độ, độ nhớt, sức căng bề mặt, v.v...) đóng vai trò trong việc tạo nên hình dạng hình học của mạch, trong đó các đường dẫn dài và hẹp tạo ra sức cản dòng cao hơn so với các đường dẫn ngắn và rộng. Sức cản dòng là một trong số các thông số ảnh hưởng đến thời gian nạp đầy lại khoang và do đó, ảnh hưởng đến cả tần số hoạt động tối đa của đầu in.

Để hiểu rõ hơn, thuận tiện là chọn trạng thái chất lỏng của hệ thống, như được thể hiện trên Fig.6. “Mô hình thông số tập trung” là thích hợp để mô tả các đặc điểm của mạch thủy lực. Mạch thủy lực được thể hiện sơ lược là mạch điện RLC, trong đó L thể hiện khía cạnh quán tính của chất lỏng, R phụ thuộc vào khả năng kháng nhớt của dòng chất lỏng trong mạch và C liên quan đến tính dẻo của ranh giới mạch, gồm có mặt khum của dao động của mực tại giao diện không khí. Sự chênh áp suất bổ sung được tạo ra giữa phần bên trong của mạch lưu và áp suất khí quyển bên ngoài có thể được đưa vào như nguồn điện áp trong mạch điện. Trong mô hình tương đương, tốc độ dòng chảy đóng vai trò của dòng điện.

Sau khi phun giọt nhỏ, bột khí xẹp vào trong khoang phun, kéo cả chất lỏng dư thừa còn lại trong vòi phun và chất lỏng khác từ bình chứa, thông qua kênh chất lỏng. Sau đó, pha nạp đầy lại của vòi phun diễn ra. Lực truyền động từ việc nạp đầy lại (như được thể hiện trên Fig.7) là do độ cong mặt khum hướng vào trong của mực lỏng so với vách vòi phun. Áp suất mao dẫn kéo chất lỏng cho đến khi chất lỏng đến mép vòi phun và sau đó mặt khum trải qua dao động tắt dần. Sự tiêu tán là do khả năng kháng nhớt của chất lỏng qua toàn mạch và rõ ràng là liên quan đến các thông số hình học của mạch, như độ dài, mặt cắt ngang, tỷ lệ co.

Trong mô hình phân tử tập trung, mối quan hệ giữa các thông số hình học và vật lý đã được xử lý rộng rãi, (H.Schaedel, “A Theoretical Investigation of Fluidic Transmission with Rectangular Cross Section”, Third Cranfield Fluidics Conference, tháng 05/1968 Turin); các giá trị R và L cho đoạn mạch tuyến tính Δx với mặt cắt ngang đồng nhất là như sau:

$$L = 1,15 \cdot \rho \cdot \Delta x / S$$

trong đó ρ là mực mật độ và S là diện tích mặt cắt ngang;

$$R = 8 \cdot \pi \cdot \mu \cdot \Delta x / (r^4) \quad \text{mặt cắt tròn có bán kính } r$$

$$R = 8 \cdot \pi \cdot \mu \cdot \Delta x \cdot K / (a^2 \cdot b^2) \quad \text{mặt cắt chữ nhật có các cạnh } a, b$$

trong đó μ là độ nhớt của mực và K là hệ số phụ thuộc vào tỷ lệ co b/a của hình chữ nhật; đối với mặt cắt ngang gần như hình vuông ($a=b$), R trở nên tỷ lệ với $1/(a^2 \cdot b^2)$, trong khi $b/a \gg 1$ R có xu hướng trở nên tỷ lệ với $1/(a^3 \cdot b)$. Nếu mặt cắt ngang của phần mạch không đồng nhất, phép lấy tích phân nên được thực hiện để thu được các giá trị thông số.

Nếu các vách biên của mạch cứng và tính dẻo duy nhất của hệ thống là do sự dao

động mặt khum tại mép vòi phun, giá trị trung bình cho “điện dung” C trở thành:

$$C = (\pi \cdot d^4) / (64 \cdot \sigma)$$

trong đó d là đường kính vòi phun và σ là sức căng bề mặt của mực.

Thừa số tắt dần ζ thích hợp có thể được xác định:

$$\zeta = R/2 \cdot \sqrt{C/L}$$

là công thức định rõ đặc điểm của hệ thống dao động tắt dần. Nếu $\zeta > 1$ dao động bị tắt dần quá độ: trong thực tế không có dao động nào diễn ra trong hệ thống. Nếu $\zeta < 1$ hệ thống chưa tới tắt dần và thực tế trải qua dao động tắt dần; thang thời gian phân rã biên độ dạng hàm mũ của dao động khác biệt ở độ suy giảm α , mà trở thành:

$$\alpha = R/2L$$

Nếu $\zeta = 1$ (giá trị tới hạn), sự tắt dần tới hạn của hệ thống được đạt đến, tức là đáp ứng tắt dần tới hạn thể hiện đáp ứng mạch lưu suy giảm trong thời gian nhanh nhất có thể mà không trải qua dao động. Trạng thái này được mong muốn khi cần đạt đến trạng thái ổn định nhanh như có thể; sự tắt dần quá mức loại bỏ thậm chí nhiều dao động hơn, nhưng nó cần thời gian lâu hơn để làm ổn định. Trong thực tế, tình thế chưa tới tắt dần được kiểm soát tiếp tục được theo đuổi trong thiết mạch lưu, việc định thời động lực học chất lưu sẽ là quá lâu và không thích hợp cho việc in tốc độ cao. Đáp ứng bước nhảy của mạch RCL cho các giá trị khác nhau của thừa số tắt dần được minh họa trên Fig.8.

Việc xác định chính xác trong một khoảng thời gian của hành vi lỏng động lực đòi hỏi một mô phỏng toán học được thực hiện với các thuật toán phức tạp, nhưng một cái nhìn sâu sắc trong các thuộc tính của mạch chất lỏng có thể thu được bằng cách sử dụng một cách tiếp cận phân tích với một mô hình đơn giản.

Như đã đề cập trên đây, sau sự sụp đổ của bọt khí bay hơi và sự rút lại mực dư, việc bơm lại vòi phun là do áp lực mao dẫn hoạt động như một động lực cho chất lỏng chảy qua trở kháng được xác định bởi R_{total} và L_{total} của mạch chất lỏng, trong đó bao gồm các kênh cho ăn giữa các hồ chứa mực và buồng.

Xem xét, chỉ đơn giản, một vòi hình trụ có đường kính d, được đổ đầy mực và giả định độ ẩm hoàn hảo của tường vòi bên trong (tình huống lý tưởng), áp lực mao dẫn p được tạo ra bởi lớp khum trên chất lỏng có thể được định nghĩa là:

$$p = 4 \cdot \sigma / d$$

Nếu trở kháng vòi phun nhỏ hơn trở kháng của phần mạch sau, bao gồm cả buồng và kênh cấp, giá trị R và L phụ thuộc đáng kể vào các mực sau. Vì không có bất kỳ dao

động mặt khum nào trước khi đạt đến đầu vòi phun, thông số công suất C không đóng vai trò trong suốt giai đoạn bơm lại (có thể giả định $C = \infty$), mạch tương đương trở thành RL đơn giản mạch, nơi áp suất mao dẫn hoạt động như nguồn điện áp DC.

Thời gian nạp tiền T phụ thuộc vào thể tích trống của vòi phun, phụ thuộc vào thể tích rơi ra (nó trở nên lớn hơn một chút, do sự giật giật chất lỏng động). Đối với hệ thống tương đương RL đơn giản (Fig.9a), phần mũ của xu hướng lưu lượng được đặc trưng bởi hằng số thời gian τ ;

$$\tau = L / R;$$

tốc độ dòng chảy q hóa ra là:

$$q = p / R * (1 - e^{(-t / \tau)})$$

Bằng cách tích hợp, biểu thức cho thể tích dịch lỏng có thể thu được:

$$V = (p / R) * t - (p / R) * \tau * (1 - e^{(-t / \tau)})$$

Thông thường, khi chất lỏng nhận được cạnh vòi phun, sự đóng góp của phần mũ là gần như bằng không: sự hiện diện của tham số quán tính L gây ra độ trễ τ trong thời gian bơm lại, so với trường hợp mạch phân tán thuần túy. Trong Hình 9b, xu hướng của khối lượng được nạp lại so với thời gian được biểu diễn; đường cong thẳng đứt đại diện cho mạch tiêu tán thuần túy (nghĩa là quán tính không). Không có triệu chứng, hai dòng có chuyển dịch ngang bằng τ , hằng số thời gian của mạch tương đương RL. Vì vậy, chúng tôi nhận được cho khối lượng vòi phun nạp lại $V_{\text{vòi phun}}$ công thức đơn giản:

$$V_{\text{vòi phun}} = (p / R) * (T - \tau)$$

trong đó, lần lượt, đưa ra giá trị cho thời gian bơm lại T:

$$T = V_{\text{vòi phun}} * (R / p) + \tau$$

Về nguyên tắc, khối lượng giảm lớn đòi hỏi một vòi phun có đường kính lớn, tạo ra áp suất mao dẫn thấp: công thức trên chỉ ra rằng khối lượng giảm lớn liên quan đến thời gian nạp lại cao. Mở rộng đường kính vòi để giảm âm lượng thả cho phép đạt được một chữ T ngắn hơn.

Một khi chất lỏng tiếp cận cạnh vòi phun, các dao động giảm chấn của màng khum diễn ra. Giai đoạn này đòi hỏi việc sử dụng mô hình RLC hoàn chỉnh, để đưa vào tài khoản cho các khum xoay quanh điểm trạng thái ổn định. Hệ số giảm chấn dao động ζ cũng có thể được biểu diễn theo thời gian không đổi τ :

$$\zeta = R / 2 * \sqrt{C / L} = (1/2) * \sqrt{R * C / \tau}$$

Nếu $\zeta > 1$ dao động bị quá tải: trên thực tế không có dao động diễn ra trong hệ

thống; nếu hệ thống bị chật hẹp ($\zeta < 1$), nó dao động với sự suy giảm α được xác định trước đó; đối với bộ dao động α bị suy giảm có liên quan đến hằng số thời gian τ theo công thức $\alpha = 1 / (2 * \tau)$. Như đã đề cập ở trên, một mạch giảm thiểu nghiêm trọng, nơi $\zeta = 1$ thường được coi là tốt nhất nhưng, thực tế, các ràng buộc từ các thông số mạch do khối lượng giảm mong đợi và tần số hoạt động để chấp nhận giá trị thấp hơn trong thiết kế mẫu microfluidic, tìm kiếm một tình huống giảm xóc kiểm soát.

Để đảm bảo việc đẩy rơi hoàn toàn ổn định và lặp lại, xung phóng mới có thể được áp dụng cho máy sưởi khi chất lỏng trong buồng tương ứng đạt trạng thái ổn định, nhưng cách tiếp cận này sẽ cần thời gian giữa các xung liên tiếp quá dài tương thích với in tốc độ cao. Trong thực tế, xung phóng áp dụng khi khum vẫn chưa đạt đến trạng thái ổn định của nó có thể gây ra sự tán xạ nhất định trong khối lượng và tốc độ giảm, nhưng điều đó hóa ra là chấp nhận được đối với hầu hết các phần của ứng dụng; do đó, không cần phải đợi cho việc giảm chấn động dao động hoàn toàn trước khi đẩy lùi giọt tiếp theo. Yêu cầu bắt buộc duy nhất là hoàn thành vòi phun đầy. Để có được sự phóng thích đồng đều và có thể dự đoán được của giọt mực, cần thiết phải kích hoạt nhiệt của lò sưởi trong buồng chỉ khi quá trình bơm lại hoàn thành. Nếu không, giảm đột ngột khối lượng giảm theo sau sự phun nước của chất lỏng sẽ xảy ra, với những ảnh hưởng bất lợi đến chất lượng in. Ngược lại, áp dụng xung phóng ngay sau khi bơm lại vòi phun cho phép phát xạ giọt chính xác mà không làm giảm tần số hoạt động tối đa và do đó cho phép in tốc độ cao.

Tuy nhiên, một nhược điểm có thể có nguồn gốc trong giai đoạn dao động từ hiệu ứng làm ướt của khum quá mức đối với bề mặt bên ngoài của tấm vòi phun (như được thể hiện trên Fig.10). Sự nhô ra của mực in mặt khum 22 (được phân loại như là một quả cầu) từ mép vòi phun, xác định một góc β với bề mặt tấm vòi phun 23. Càng bị không chế càng cao thì góc tiếp xúc càng cao với bề mặt. Nếu góc này đạt đến góc độ quan trọng giữa chất lỏng và bề mặt (nghĩa là góc tiếp xúc lớn nhất mà giọt chất lỏng có thể duy trì hình dạng của nó trên bề mặt, mà không lan ra), mực chất lỏng có thể lan ra khắp bề mặt tấm vòi. của giới hạn còn lại trong ranh giới vòi phun. Trên Fig.11a, 11b và 11c, nó được minh họa cho hành vi lỏng khi góc tiếp xúc ở dưới hoặc trên góc độ quan trọng của độ ẩm. Độ ẩm của bề mặt tấm vòi từ mực (như được thể hiện trên Fig.12) gây ra các hiệu ứng nghiêm trọng trong chất lượng in và phải hoàn toàn tránh được, kiểm soát sự không chế tối đa của mặt khum thông qua một sự lựa chọn phù hợp của mạch chất lỏng.

Thường thì bề mặt tấm vòi phun được xử lý để tăng góc độ ẩm ướt quan trọng (như được thể hiện trên Fig.13a và Fig.13b). Sự lắng đọng màng mỏng vật liệu kỵ nước 24 và sửa đổi bề mặt plasma với các nhóm chức năng kỵ nước 25 được sử dụng rộng rãi cho mục đích này. Mặt khác, điều quan trọng là duy trì độ ẩm cao của các bức tường vòi phun bên trong, góp phần tăng tốc độ pha bơm lại.

Tóm lại, việc tối ưu hóa hiệu suất đầu phun dựa trên hai thông số chính. Thời gian nạp T càng ngắn càng tốt để có tần số làm việc cao và hệ số giảm xóc thích hợp ζ duy trì dao động mặt khum dưới góc ướt quan trọng. Trong thực tế, yếu tố giảm xóc ảnh hưởng đến sự phóng đại của màng nhĩ và góc tiếp xúc, vì việc giảm xóc mạnh có xu hướng tạo ra sự nhô ra chất lỏng bị hạn chế. Vì mục đích này, hệ số giảm xóc lớn nhất có thể là mong muốn nhưng không may được điều chỉnh độc lập, mà không ảnh hưởng đến các đại lượng khác: trên thực tế, sự lựa chọn tham số làm cho ζ ảnh hưởng rất lớn đến giá trị T. Như đã đề cập trên đây, một sự giảm chấn được kiểm soát được theo đuổi để đạt được sự cân bằng giữa tần suất cao và chất lượng in ấn. Để đi vào chi tiết hơn, một giá trị định trước β_{ref} được giả định là một góc tham chiếu trong thiết kế mạch chất lỏng và các tham số được tối ưu hóa sao cho góc khum nhận giá trị giới hạn này mà không đi qua. β_{ref} được đặt ngay dưới góc làm ướt quan trọng, để lại một lề an toàn cho dao động mặt khum; chắc chắn, β_{ref} là thông số thống trị trong việc tối ưu hóa mạch chất lỏng, để ngăn chặn bề mặt làm ướt mực.

Thời gian bơm lại $T = V_{vòi phun} * (R / p) + \tau = V_{vòi phun} * (R / p) + (L / R)$ bị phạt bởi giá trị cao của hằng số thời gian τ , do đó giá trị low thấp giảm thời gian bơm lại và, lần lượt, làm tăng yếu tố giảm xóc ζ , có xu hướng giảm nguy cơ làm ướt bề mặt. Phần mạch sau, được tạo thành bởi kênh cấp liệu, phần lớn xác định giá trị của tham số L và R. Giả sử đơn giản là mặt cắt ngang vuông của kênh, nó chỉ ra rằng tỷ lệ L / R tỷ lệ với mặt cắt ngang S. Giảm kích thước của mặt cắt ngang kênh sẽ cho giá trị thấp hơn của τ . Ở phía bên kia, giá trị cao hơn của R sẽ tăng (R / p) , tăng tổng thời gian nạp lại T. Do đó, để giới hạn giá trị của R, nó cũng cần thiết để rút ngắn độ dài kênh. Một quy trình tối ưu hóa lặp lại duy trì hệ số giảm xóc ở giá trị tham chiếu, giảm thiểu tối đa thời gian bơm lại.

Như đã đề cập ở trên, trong một đầu in, chip silicon được lắp ráp vào một hộp mực, là nơi chứa mực. Trong nhiều trường hợp, mực chảy về phía mạch vi lỏng thông qua một hoặc nhiều khe được cắt trong khu vực bên trong của đế: các khe đặt trong giao

tiếp chất lỏng bề mặt đối diện và mực có thể đi qua các khe đến các buồng đầy. Các phương pháp tiếp cận khác nhau có thể được theo dõi trong thiết kế và sản xuất khe; thông thường, một hoặc nhiều khe mở rộng theo chiều dọc trên đế và một hoặc hai cột vòi phun nằm cạnh các cạnh của khe, vốn là tuyến tính cơ bản. Phần mở rộng của các cột vòi dọc theo trục chip dọc được gọi là "swat". Di chuyển đầu in đối với môi trường theo hướng bình thường với trục chip dọc, có thể thu được vùng in của môi trường có chiều cao vệt quét.

Kể từ khi một lò sưởi trong mảng được tràn đầy sinh lực bởi một xung hiện tại, một dòng điện lớn chảy qua mạch điện tử trên bề mặt khi nhiều máy sưởi được cấp năng lượng đồng thời. Để giảm thiểu các đỉnh hiện tại trong quá trình in, đầu in được thiết kế sao cho các bộ phận nóng trong cột được sắp xếp trong một sắp xếp ma trận. Một mặt, các lò sưởi của mảng được chia thành "nhóm", nơi chỉ có các máy sưởi thuộc cùng một nhóm có thể được cấp năng lượng cùng một lúc; mặt khác, cột vòi được cấu thành bởi "khối", đôi khi được gọi là "nguyên thủy", là các máy sưởi thuộc các nhóm khác nhau hiện diện: chỉ có một điện trở tại một thời điểm có thể được cấp điện trong một khối, trong khi điện trở tương ứng (tức là điện trở thuộc đến cùng một nhóm) trong các khối khác nhau có thể đẩy một giọt trong cùng một thời điểm. Tổ chức hợp lý của đa số các điện trở gia nhiệt trong một ma trận với các hàng m (tương ứng với các nhóm) và n cột (tương ứng với các khối) được phác họa trên Fig.14. Các nhóm khác nhau được định hướng liên tiếp ($t_1 < t_2 \dots < t_m$), với một độ trễ nhất định, để phân phối các xung hiện tại trong một khoảng thời gian lớn hơn, làm giảm các vấn đề có thể xảy ra do mức dòng điện quá dòng chảy trong mạch; khi một nhóm được kích hoạt, các máy sưởi nhóm được phân phối khắp các khối khác nhau có thể được cấp năng lượng tất cả cùng nhau: do đó, đỉnh tối đa hiện tại bằng với đỉnh lò sưởi đơn nhân với tổng số khối.

Để bù cho sự khác biệt về thời gian phóng của các nhóm khác nhau, các đầu phun và các điện trở bên dưới tương ứng được so le theo hướng chuyển động tương đối giữa đầu in trung bình và đầu in, theo thời gian trễ riêng của chúng. Tất cả các điện trở thuộc cùng một nhóm phân bố trong các khối khác nhau đều có cùng giá trị đáng kinh ngạc. Vì vậy, mỗi mảng cột nóng cho thấy một loại "gợn sóng", chứ không phải là hoàn toàn tuyến tính. Trên Fig.15, độ mờ của lò sưởi 2 được hiển thị. Càng gần lò sưởi theo hướng chuyển động tương đối của đầu in, kích hoạt càng sớm càng diễn ra. Ngược lại, cấu hình bên ngoài của khe 4 là cơ bản tuyến tính trong nghệ thuật trước đây, vì lý do công nghệ;

do đó, khoảng cách thực tế giữa một điện trở và cạnh khe là khác nhau, tùy thuộc vào nhóm, máy sưởi thuộc về. Thực tế này gây ra sự lan truyền trong tính kháng điện của các vị trí phóng khác nhau trong mảng, ảnh hưởng đến sự ổn định và tần số hoạt động của đầu in.

Khi lò sưởi cách xa mép khe, càng dài thì kênh cấp liệu phía sau thông qua đó mực sẽ chảy vào khoang phóng. Phần mở rộng kênh di chuyển hệ thống cách xa tình huống tối ưu hóa, tăng cả thời gian nạp lại T và giảm góc tiếp xúc β . Tham số thứ hai trở nên kém quan trọng hơn đối với giá trị tham chiếu β_{ref} , Nhưng T phải được điều chỉnh, để ngăn chặn giảm mạnh tần số hoạt động của đầu in. Để điều chỉnh thời gian nạp thêm vào do kênh dài hơn, cần thực hiện thao tác trên mặt cắt ngang kênh, mở rộng kích thước của nó. Trong thực tế, trong các điều chỉnh cá nhân nghệ thuật trước đây của bố trí mạch vi lỏng được thực hiện bằng cách sử dụng phương pháp này, để bù đắp vấn đề phát sinh từ T tăng cường (xem, ví dụ như, các tài liệu US6042222 và US 6565195). Việc mở rộng mặt cắt kênh cũng làm giảm yếu tố giảm xóc; kể từ khi kênh dài gây ra một giảm xóc thêm, có một số lợi nhuận trong việc mở rộng mặt cắt ngang, cho đến khi β trở về giá trị tham chiếu β_{ref} .

Phương pháp này có thể giúp giảm các vấn đề do độ dài đường dẫn khác nhau, nhưng nó gây ra độ phức tạp cao hơn trong thiết kế mạch chất lỏng và điều khiển quá trình thị giác sau khi lớp rào cản trở nên rườm rà, bởi vì các hình dạng kênh khác nhau phải được kiểm tra. Tuy nhiên, điều chỉnh mạch chất lỏng được tạo ra bởi phương pháp được đề cập ở trên chỉ là một phần. Vì các đại lượng khác nhau phụ thuộc vào các tham số mạch hình học với các mối quan hệ chức năng khác nhau, nên không thể phục hồi hoàn toàn thời gian bơm lại, bù lại độ dài kênh khác nhau do mảng vôi so le, trừ khi đi xuống dưới giá trị giảm chấn quan trọng. Do đó, trong trường hợp nghệ thuật trước một tình huống không được tối ưu hóa hoàn toàn phải được chấp nhận, với một số tiền phạt nhất định về tần số hoạt động. Khía cạnh này được minh họa trên Fig.16, thông qua việc mô phỏng mạch chất lỏng thực sự (không lý tưởng hóa), trong đó cả khối lượng bơm lại cũng như góc tiếp xúc so với thời gian được phác thảo trong biểu đồ. Đầu phun gần mép khe nhất có kênh ngắn nhất và thời gian nạp lại tối thiểu và do đó, nó có tần số hoạt động tối đa: nó được giả định là tham chiếu trong thiết kế mạch chất lỏng và các tham số được tối ưu hóa sao cho góc khum nhận giá trị giới hạn, ngay dưới góc làm ướt quan trọng; ngược lại, vòi phun xa nhất có thời gian bơm lại cao hơn và góc tiếp xúc thấp hơn.

Chúng tôi có thể cố gắng khắc phục nhược điểm do tần số hoạt động giảm tác động lên các thông số hình học của kênh, cho đến khi chúng tôi đạt đến góc tiếp xúc giới hạn của vòi phun nhanh nhất. Điều này chỉ ra rằng sự chậm trễ bơm lại có thể được phục hồi chỉ một phần và tần số hoạt động tổng thể của đầu in phải được thu nhỏ xuống vòi phun chậm nhất.

Từ việc xem xét này và từ các phân tích toán học được thực hiện ở trên, nó chỉ ra rằng giải pháp tốt nhất là có các kênh ngắn với cùng độ dài cho tất cả các đầu phun. Điều này sẽ cho phép một sự cân bằng thực sự của động lực học chất lỏng của các vòi phun, cho phép đạt được tần số hoạt động cao nhất. Một cách tiếp cận mới để cân bằng hành vi lưu động của các vị trí phóng khác nhau là loại bỏ sự chênh lệch khoảng cách giữa lò sưởi và cạnh khe.

Một giải pháp tầm thường sẽ được thiết kế một bố trí nơi tất cả các máy sưởi trong một cột ở trên một đường thẳng song song với cạnh khe. Do tất cả các điện trở sẽ được đặt trên cùng một đường, đầu in phải được xoay theo một góc nhất định đối với một đường vuông góc với hướng chuyển động tương đối, để tránh cực đại hiện tại được tạo ra trong quá trình kích hoạt đồng thời các điện trở. Ngược lại, phép quay sẽ cho phép kích hoạt trễ mỗi điện trở đối với điện trở trước đó.

Để khớp vị trí vòi phun với độ phân giải in ngang dự kiến, tương ứng với nghịch đảo của khoảng cách G giữa hai đường in dọc liên tiếp, có hai lựa chọn có thể có trong góc quay, thực hiện theo các điều kiện sau: 1) tạo khoảng cách giữa phép chiếu chính xác đối với trục di chuyển tương đối của đầu tiên và vòi phun cuối cùng trong một cột bằng với khoảng cách G ; 2) tạo khoảng cách giữa phép chiếu chính xác đối với trục di chuyển tương đối của các đầu phun tương ứng (tức là thuộc cùng một nhóm) của hai khối liền kề trong một cột bằng với khoảng cách G . Trong trường hợp đầu tiên (như được thể hiện trên Fig.17a), cột sẽ được tổ chức trong một khối duy nhất, độ nghiêng sẽ rất nhỏ và độ trễ giữa các xung kích hoạt liên tiếp sẽ dẫn đến quá ngắn so với thời gian xung, gây ra sự chồng chéo của nhiều xung hiện tại. Đỉnh cao nhất hiện tại sẽ là quá cao và giải pháp được chấp nhận sẽ không thực sự khắc phục được vấn đề. Trong trường hợp thứ hai (như được thể hiện trên Fig.17b), có thể duy trì tổ chức đầu vòi ở nhiều khối, trong đó chỉ có một vòi được cấp năng lượng tại một thời điểm và do đó, đỉnh cực đại hiện tại liên quan đến số khối trong mảng. Trong trường hợp này, góc quay sẽ rất lớn, và kết quả là sẽ giảm mạnh. Cần phải tăng chiều dài chip để giữ cho cùng độ phân giải dọc cũng như chiều cao

vết quét cùng của một đầu in không xoay. Do đó, diện tích chip thực tế sẽ quá lớn và giải pháp này sẽ không tương thích với quy trình sản xuất có năng suất cao.

Theo sáng chế sự sắp xếp lộn xộn của các lò sưởi đối với trục dọc và tổ chức ma trận trong “các nhóm đáng kinh ngạc” và “khối nguyên thủy” được duy trì, nhưng sự cân bằng của chiều dài đường dẫn đạt được cho khe có hình dạng phù hợp một cách như vậy mà cạnh của nó sau vị trí của các điện trở so le. Trong một phương án, được minh họa trên Fig.18, vị trí so le đối với trục đầu in dọc của các lò sưởi thuộc một khối 26 có thể được thực hiện với sự dịch chuyển tiến bộ của các lò sưởi thuộc các nhóm đáng kinh ngạc khác nhau. Trong một sắp xếp như vậy tất cả các đầu phun của khối nằm dọc theo một đoạn nghiêng và do đó thứ tự kích hoạt diễn ra sau đó từ một lò sưởi sang lò sưởi tiếp theo, theo vị trí đáng kinh ngạc SP1, SP2 ... dần dần xa hơn từ hướng của các chuyển động tương đối và, do đó, đến một sau khi khác ở cùng một dòng in dọc. Hình răng cưa của rãnh cạnh 27 sẽ phù hợp với tình huống này: chiều dài của mỗi “răng” tương ứng đáng kể với chiều dài của một khối dọc theo cột và các lò sưởi sẽ duy trì khoảng cách thống nhất đáng kể đối với cạnh khe, dẫn đến tính đồng nhất của hành vi lưu động.

Sự sắp xếp vòi phun này bị một nhược điểm tiềm năng, do sự gần gũi của các máy sưởi được kích hoạt cái khác. Trong thực tế, khi một xung hiện tại đi qua một điện trở, một lớp mực mỏng ở trên được bốc hơi; đột nhiên, lớp hơi trải qua một áp lực mạnh mẽ nâng lên, được truyền đến chất lỏng nằm trên, gây ra một chuyển động lỏng nhanh chóng và đẩy một giọt mực từ các vòi phun; sau khi đẩy, mực mới được rút vào vòi phun và, sau khi hoàn thành việc nạp lại, hệ thống đã sẵn sàng nhận một xung hiện tại khác. Trong khoảng thời gian sau khi kích thích điện trở, bao gồm bong bóng giãn nở, phóng giọt và vòi phun, một số hiệu ứng vật lý (đỉnh áp suất, dòng chảy lỏng, nhiễu loạn, v.v.) có thể xảy ra trong môi trường xung quanh, làm nhiễu loạn các buồng đẩy lân cận.

Do đó, sắp xếp vòi phun khác nhau được ưu tiên: trong trình tự thời gian phóng, các xung tiếp giáp không diễn ra ở các đầu phun liền kề, do đó các nhiễu loạn có thể xảy ra do máy sưởi từ xa hóa ra rất yếu. Trong một sự sắp xếp như vậy (như được thể hiện trên Fig.20), mỗi khối 26 có thể được chia thành nhiều khối phụ 28 của các lò sưởi liền kề gần nhau; các xung liên tiếp được gửi tới các điện trở thuộc các khối phụ khác nhau, để tránh nhiễu. Trong trường hợp này, một mặt cắt cạnh có thể cân bằng với chiều dài đường dẫn sẽ vẫn có hình răng cưa, với số lượng răng cao hơn, như được thể hiện trên Fig.21) có chiều dài ngắn hơn.

Thông thường, một phương pháp phổ biến để nhận ra một khe thông qua là sử dụng quá trình phun cát (như được thể hiện trên Fig.22). Trong thiết bị phun cát 40 máy bay phản lực mỏng 29 hạt nhôm được bắn ở tốc độ cao so với bề mặt máy. Một đơn vị phun cát 30 rút alumin 31 từ một hồ chứa 32, đưa các hạt vào một vòi phun 33 bằng phương tiện của luồng không khí áp suất cao đến từ đầu vào 34. Các hạt alumin bắn ra từ vòi phun chạm vào bề mặt 35 của một silicon lát 36, loại bỏ (như được thể hiện trên Fig.23a) các mảnh nhỏ 37 của chất nền. Bằng cách này, một lỗ hoặc rãnh 38 có thể được đào, bằng phương tiện nổ mìn vật liệu; nếu quá trình này kéo dài, nó có thể có bề mặt đối diện, tạo ra lỗ thông qua 39 (như được thể hiện trên Fig.23b), hoặc khe cắm thông qua, như minh họa trên Fig.24, nơi một chip silicon đơn với hai khe song song 4 được hiển thị. Quá trình dicing là một trong các giai đoạn diễn ra sau khi gia công khe. Bằng thiết bị cưa, con chip đơn 1 bị giới hạn bởi cạnh bao quanh 41 thu được từ lát. Thiết bị phun cát có thể được hoàn thành bằng các dụng cụ quang học như kính hiển vi, máy ảnh, khung lấy nét v.v... để căn chỉnh và kiểm tra cũng như với các slide cơ giới để gia công phôi gia công lớn (không hiển thị trong bản vẽ). Quá trình phun cát nổ ra rất rẻ và nhanh. Nó được sử dụng rộng rãi bởi nhiều nhà sản xuất để sản xuất các khe nạp mực in trong đầu in. Tuy nhiên, nó có một số vấn đề: trong một quá trình khe cho đầu in, mảnh được tạo ra trong quá trình gia công (hoặc do alumin hoặc silicon đã thổi) có thể làm hỏng mạch vi lỏng, được tạo ra trong một lớp polymer; ngoài ra, cạnh khe thoát thường rất bất thường, vì khó kiểm soát chính xác độ phân giải hình học của mẫu gia công. Như được mô tả trên Fig.25, đôi khi nứt mẻ hoặc sự phân cắt silic 42 có thể phát sinh trong quá trình phun cát, dẫn đến tăng khuyết tật gây ra trong các thiết bị. Nếu vấn đề cũ có thể được kiểm soát bằng cách sử dụng vật liệu phủ thích hợp (ví dụ như, EMULSITONE 1146 của Công ty Emulsitone, hòa tan trong nước), sau đó hóa ra nguy hiểm hơn nhiều và hạn chế khả năng giảm kích thước thiết bị, sử dụng cát quá trình nổ mìn để tạo một khe thông qua với các tính năng nhỏ hơn.

Các quá trình thay thế có thể liên quan đến việc khắc khô và ướt: chúng có thể thực sự hiệu quả để sản xuất vias, hào và cũng các lỗ xuyên trong một lát silicon với độ phân giải tốt; tuy nhiên, các yêu cầu về mặt nạ cho các quy trình này mang lại những hạn chế nghiêm trọng và khả năng tương thích với hàng rào vi lỏng có mặt trên bề mặt là một vấn đề khá phức tạp để giải quyết; hơn nữa, sẽ rất khó để áp dụng lớp rào cản vi lỏng trên bề mặt mà một khe thông qua đã được gia công. Tuy nhiên, các giải pháp đã đề cập

có thể được thực hiện với các kỹ thuật tinh vi, cung cấp một mặt răng cưa như được quy định trong sáng chế. Tuy nhiên, trong một phương án được ưu tiên, một phương pháp có thể cung cấp một cạnh răng cưa chất lượng tốt cho các khe cho ăn mà không có các biến chứng được trích dẫn là điều mong muốn.

Khắc mòn bằng laze là một phương pháp hiệu quả để nhận ra mô hình trong nhiều loại vật liệu khác nhau. Thông thường nó được sử dụng để cắt kim loại, gốm sứ, thủy tinh, chất bán dẫn, nhựa. Các đặc tính của laze (chủ yếu là: chế độ phát xạ, bước sóng, thời gian xung) và các đặc tính của vật liệu xác định ảnh hưởng của tương tác. Nói chung, khi hệ số hấp thụ của bức xạ cao, tương tác rất mạnh và năng lượng chùm tia laze có thể được truyền một cách hiệu quả tới một lượng nhỏ vật liệu, gây ra sự gián đoạn của các liên kết hóa học và sự phóng mảnh vỡ. Hiệu ứng này mạnh hơn nhiều khi sử dụng laze xung. Ngoài ra, khi xung laze rất ngắn, phần mở rộng của HAZ (vùng chịu ảnh hưởng nhiệt) bên trong bề mặt bị giảm, làm tăng hiệu suất cắt giảm và làm giảm tác dụng phụ nhiệt, với độ phân giải cải tiến của mẫu gia công. Laze trạng thái rắn rất hiệu quả để thực hiện các quá trình vi gia công. Chúng có thể cung cấp xung bức xạ năng lượng cao với tốc độ lặp lại cao. Các bước sóng phát ra có thể được hấp thụ đầy đủ bởi một chất nền silicon, đặc biệt là khi tạo ra sóng hài cao hơn. Laze trạng thái rắn công nghiệp hiện đang có sẵn. Chúng trở nên rất đáng tin cậy, với những màn trình diễn ổn định, chi phí vận hành thấp và MTBF (Mean Time Between Failures - Thời gian Trung bình Giữa Các Sự cố) cao. Do đó chúng hoàn toàn thích hợp cho việc sản xuất đầu in nhiệt.

Bức xạ phát ra bởi một laze trạng thái rắn có thể được tập trung vào phôi tại một điểm có đường kính vài micron, tăng mật độ năng lượng bề mặt và cho phép gia công các tính năng có độ phân giải cao. Để thực hiện mô hình khắc mòn, phôi có thể được di chuyển dưới chùm tia laze sử dụng các slide cơ giới, nhưng thường quét chùm trên bề mặt bằng cách sử dụng gương piezo hóa ra thuận tiện hơn, bởi vì theo cách này, các đỉnh gia tốc cao của để được tránh. Đôi khi một quá trình kết hợp, trong đó cả hai phương pháp được áp dụng, được sử dụng, chủ yếu là khi các chất nền lớn phải được làm việc. Trên Fig.26, một trạm làm việc bằng laze được mô tả. Một nguồn laze 42 phát ra một chùm bức xạ điện từ 43, đi vào đầu quét 44: thông qua một độ lệch phù hợp, đầu quét được cung cấp với ống kính lấy nét 45 có thể điều khiển chùm tia 46 theo một quỹ đạo định trước tạo ra một tiêu điểm tại chỗ trên bề mặt phôi xy, xác định mẫu khắc mòn 47.

Một cách có thể để khoan một khe thông qua trong một chất nền silicon là cắt chu

vi khe (như được thể hiện trên Fig.27). Tia laze có thể được di chuyển theo chu kỳ 48 bên ngoài của khe: mỗi chu kỳ làm tăng chiều sâu trong rãnh hẹp được tạo ra ở chu vi, cho đến khi chốt trong 49 rơi xuống, để khu vực khe được mở hoàn toàn như sau mặt cắt ngang được minh họa trên Fig.28. Mặc dù độ nhanh và đơn giản rõ ràng, phương pháp này không hiệu quả lắm. Nó có thể thuận lợi cho việc tạo ra các bề mặt rất mỏng (ví dụ: lát silicon có độ dày dưới 200 micron), trong đó một vài tia laze có thể chạm tới bề mặt đối diện, nhưng nó quá dài khi bề mặt dày hơn được làm việc. Trong thực tế, tổng thời gian xử lý kết quả không tỷ lệ thuận với độ dày lát. Ngược lại, quá trình của một chất nền dày bị phạt bởi sự lắng đọng từng phần của các mảnh vụn phát sinh vào rãnh. Việc xả khí có thể làm giảm bớt tác dụng này, nhưng một phần đáng kể của vật liệu đã loại bỏ trước đó phải được khử một lần nữa, kéo dài thời gian xử lý cần thiết để cắt hoàn toàn phích cắm silicon bên trong 49.

Để ngăn chặn sự tắc nghẽn của rãnh hẹp từ các mảnh vụn, một phương pháp thay thế là để lan truyền sự khắc mòn laze trên toàn bộ bề mặt bên trong chu vi khe (như được thể hiện trên Fig.29). Rõ ràng, tổng chiều dài đường đi được bao phủ bởi điểm laze trong một bề mặt quét lớn hơn nhiều so với chiều dài của chu vi khe. Tuy nhiên, sự tắc nghẽn các mảnh vụn của khu vực ablated giảm đáng kể khi toàn bộ khu vực bên trong được gia công, lớp sau lớp, cho đến khi sự đột phá hoàn toàn của khe. Chắc chắn, việc khắc mòn hoàn toàn khu vực bên trong hóa ra nhanh hơn đường vòng tuần hoàn của chu vi.

Nếu khu vực bên trong của khe là lớn, ngay cả quá trình khắc mòn hoàn toàn quá dài đối với các yêu cầu sản xuất. Trong trường hợp này, một cách tiếp cận khác có thể được sử dụng, có thể được định nghĩa là một đường bao mở rộng vành đai. Thay vì nhấn mạnh trên một đường vành đai đơn, việc khắc mòn được thực hiện trên một dải lớn hơn, có chu vi là ranh giới ngoài. Chiều rộng sọc nên đủ lớn để cho phép loại bỏ hiệu quả các mảnh vỡ khắc mòn: ba lần đường kính tại chỗ hoặc nhiều hơn là cần thiết (Fig.30) để có được tỷ lệ khắc mòn tốt. Bề mặt sọc được gia công, từng lớp, cho đến khi phích cắm nhỏ bên trong còn lại bị cắt (như được thể hiện trên Fig.31). Sử dụng phương pháp này, không cần thiết phải xóa tổng diện tích bên trong của khe, mà chỉ là một đường biên nhỏ hơn. Ở phía bên kia, việc loại bỏ vật liệu hiệu quả hơn, bởi vì việc khắc mòn không giới hạn ở một khe hẹp và các mảnh vụn có thể bị lật đổ không thể che phủ toàn bộ vùng sọc.

Cần chú ý đến sự chòng chẹo giữa các điểm tiếp theo trong quá trình gia công. Trong thực tế, một mối quan hệ chính xác giữa đường kính tại chỗ, tốc độ lặp lại laze,

tốc độ quét tuyến tính và chiến lược khắc mòn phải được tìm thấy để tối ưu hóa sự chồng chéo vị trí đối với độ nhanh của quá trình cũng như chất lượng của mẫu gia công.

Để tăng tốc độ hơn nữa quá trình khắc mòn trong trường hợp bề mặt dày, việc khắc mòn laze có thể được kết hợp với các kỹ thuật khác, như phun cát hoặc các quy trình etch ướt và khô. Những kỹ thuật phụ trợ này có thể được sử dụng để loại bỏ một phần của vật liệu, để lại độ dày silicon mỏng hơn, cuối cùng là lần lượt được khử bằng laze. Ví dụ, ban đầu việc phun cát có thể khai quật một rãnh lớn, mà không đạt tới bề mặt đối diện (như được thể hiện trên Fig.32a). Sau đó, chùm tia laze có thể được quét trong một vùng thích hợp bên trong rãnh, để hoàn thành việc khắc mòn bằng độ phân giải tốt hơn (như được thể hiện trên Fig.32b). Trong một phương án, cả hai quá trình được thực hiện từ phần phía sau của lát, do đó bề mặt thiết bị chỉ bị ảnh hưởng từ các mảnh vỡ lam phát chỉ trong phần cuối cùng của quá trình.

Trong phương án được ưu tiên, mạch vi lỏng đã được thiết kế để có khoảng cách cố định D giữa mỗi điện trở gia nhiệt và cạnh khe lân cận, sao cho các thông số chất lỏng được cân bằng trong toàn bộ đầu phun. Các lớp hoa văn khác nhau tạo thành chip đầu in, nhận ra mạch điện tử cũng như mạch chất lỏng. Các lớp bảo vệ, điện trở, dẫn điện, bảo vệ được bố trí trên để để tạo ra tất cả các mô-đun cần thiết. Nhiều lớp có thể được hình thành trên nhau để tạo thành chip đầu in như sau. Nói chung, các lớp dẫn điện được cách điện từ đế và từ các lớp điện môi thích hợp, ngoại trừ tại các vi tiếp xúc, nơi các lỗ được tạo ra trong lớp điện môi để cố ý cho phép tiếp xúc điện giữa các mức mạch khác nhau. Các lớp điện môi cũng có thể đóng vai trò của “lớp truyền nhiệt” trong khu vực phía trên các điện trở: trên thực tế, nhiệt sinh ra bởi xung hiện tại thông qua một dòng điện trở qua một hoặc nhiều lớp điện môi phía trên điện trở, lên đến mức. Các lớp điện môi như vậy có thể bao gồm silicon nitride, silicon carbide hoặc các loại màng khác (lớp). Một lớp bổ sung thường được sử dụng như một bảo vệ chống lại cú sốc cơ học được tạo ra bởi bong bóng sục đở; một kim loại khúc xạ thường được sử dụng cho mục đích đó, ví dụ như tantali. Vì việc gia công khe nạp mực có thể gây ra, một số vết nứt cơ học trong các màng của thiết bị (lớp), thuận tiện để tháo lớp bên trong và gần vùng khe, để tránh bất kỳ hư hỏng màng hoặc lớp nào trong quá trình gia công khe, thông qua một hình dạng patterning phù hợp. Đặc biệt, các lớp kim loại khúc xạ và điện môi trên các điện trở nên được loại bỏ, do đó các khu vực khe là miễn phí của các lớp này. Ngoài ra, khu vực khe có thể được miễn phí trong quá trình sản xuất các lớp khác nhau. Bằng cách này, không

cần phải loại bỏ các lớp đã được áp dụng trước đó trên đế. Trong nghệ thuật trước, nơi cạnh khe là một đường thẳng, bề mặt bên ngoài của các lớp hóa ra là tuyến tính, nhưng trong sáng chế được tiết lộ, cần phải định hình phù hợp tất cả các lớp đối diện với khe nạp mực, để hồ sơ của họ tái tạo phác thảo răng cưa.

Một giai đoạn phun cát sơ bộ được thực hiện từ phần phía sau của lát, để loại bỏ một phần của vật liệu để lại một độ dày nhỏ hơn để sau đó khắc mòn bằng laze. Các dấu chuẩn được đặt trên mỗi con chip cho phép căn chỉnh chính xác, sao cho các rãnh được tạo ra bằng cách phun cát hóa ra được chong chéo chính xác với các vùng khe. Sau giai đoạn này, quá trình khử laze thực tế được thực hiện. Các dấu chuẩn giống nhau được sử dụng, để đảm bảo sự tương ứng chính xác của các khu vực gia công trong bố trí. Tia laze di chuyển dọc theo mặt cắt khe và bên trong một dải bên trong liền kề phù hợp, để loại bỏ hiệu quả vật liệu ở ranh giới vùng khe cấm, khiến cuối cùng là phích cắm bên trong rơi xuống. Việc điều chỉnh tiêu cự có thể là cần thiết để tối ưu hóa hiệu quả của quy trình, đến mức độ sâu càng tăng. Điều này có thể thu được bằng quang học phù hợp hoặc thay đổi khoảng cách tương đối giữa ống kính quét và bề mặt lát.

Khi quỹ đạo chùm là một đường thẳng, không có sự khác biệt đáng kể nào giữa vị trí danh nghĩa và vị trí thực tế trên điểm laze trong suốt quá trình di chuyển. Ngược lại (như được thể hiện trên Fig.33), ở gần các điểm rẽ có thể có độ lệch đáng kể từ quỹ đạo danh nghĩa, do hành vi của đầu quét. Để bù lại kết quả không chính xác, luân phiên theo chiều kim đồng hồ 51 và chuyển động tia laze 52 ngược chiều kim đồng hồ xung quanh khe cấm 50 có thể dẫn đến độ chính xác cao hơn của các tính năng gia công, bù các lỗi có thể xảy ra tại vị trí laze do đầu quét. Đôi khi, các phần đầu cuối của khe ở các mặt đối diện của trục dọc có thể cần thêm bước khắc mòn, do việc loại bỏ mảnh vụn ít hiệu quả hơn tại đầu cuối so với ở trung tâm, do độ hẹp của vùng, là vùng kín cả ba mặt. Tuy nhiên, sự khắc mòn bổ sung thường rất nhanh và nó làm tăng một chút tổng thời gian xử lý.

Quy trình được mô tả cho phép gia công các lỗ có dạng mép vát, cụ thể là, các khe nạp có hình dạng răng cưa với độ chính xác cao, lợi suất và độ lặp cao và thời gian xử lý vừa phải, thực hiện mạch lưu yêu cầu để tạo ra đầu in có tần số cao.

YÊU CẦU BẢO HỘ

1. Phương pháp sản xuất đầu in phun mực bằng nhiệt, phương pháp này bao gồm các bước

cung cấp các điện trở lên trên nền theo mẫu hình so le,

tạo thành kênh nạp chất lỏng thông qua nền sao cho kênh kéo dài gần như trực giao với bề mặt chip và có các mép so le theo mẫu hình so le của các điện trở sao cho độ dài đường dẫn chất lỏng giữa mép điện trở và mép so le tương ứng gần như tương tự cho mỗi điện trở,

trong đó kênh lỏng được tạo ra bằng cách phun cát bắt đầu từ mặt phía sau của nền mà không đến bề mặt đối diện, và

khắc mòn bằng laze cho khe xuyên qua.

trong đó khắc mòn bằng laze được thực hiện bắt đầu từ mặt sau của nền.

2. Phương pháp theo điểm 1, trong đó việc khắc mòn bằng laze được thực hiện trên đường bao ngoài.

3. Phương pháp theo điểm 1, trong đó việc khắc mòn bằng laze được thực hiện trên toàn bộ bề mặt khe.

4. Phương pháp theo điểm 1, trong đó việc khắc mòn bằng laze được thực hiện trên đường bao ngoài mở rộng.

5. Phương pháp theo điểm 1, trong đó việc khắc mòn bằng laze được thực hiện bởi các chuyển động luân phiên của chùm tia laze theo chiều kim đồng hồ và ngược chiều kim đồng hồ.

6. Đầu in phun mực bằng nhiệt được sản xuất bằng phương pháp theo điểm 1.

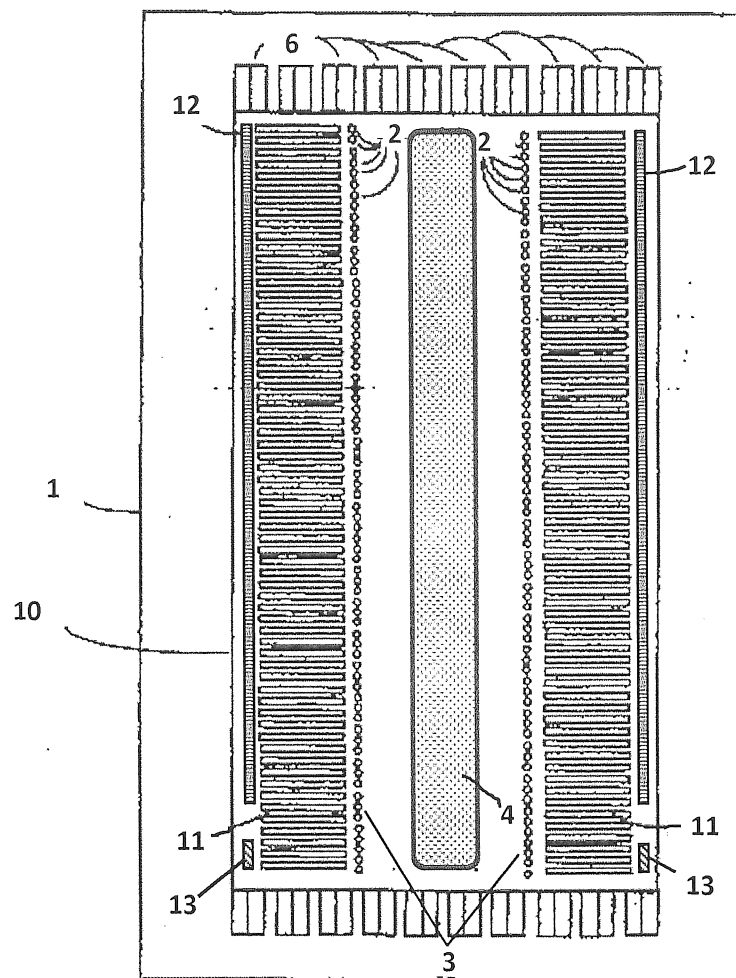


Fig. 1

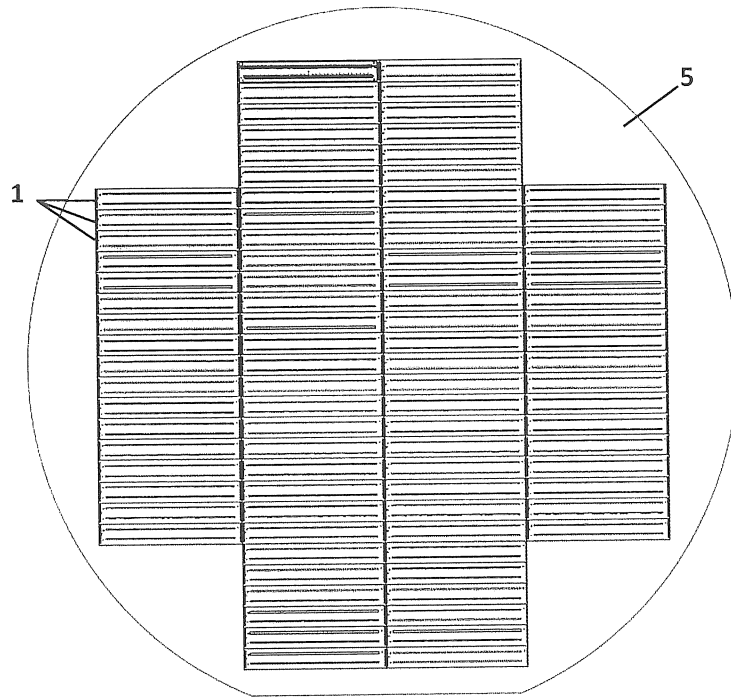


Fig. 2

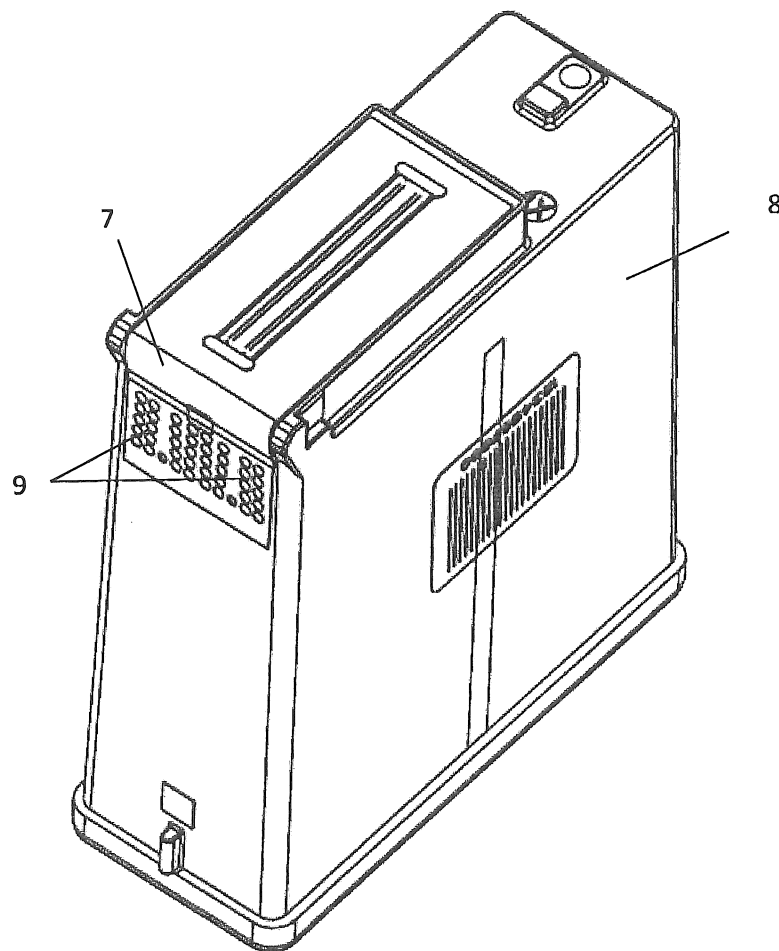


Fig. 3
-27-

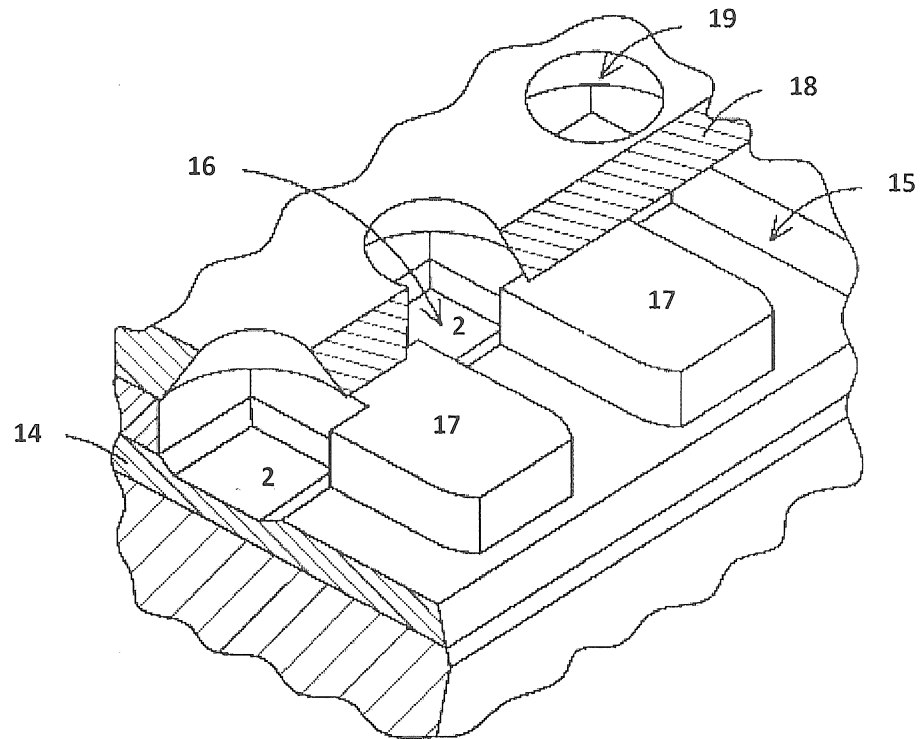


Fig. 4

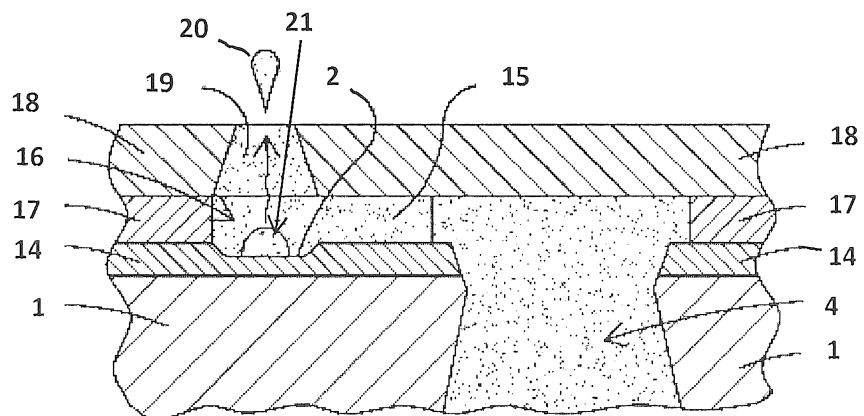


Fig. 5

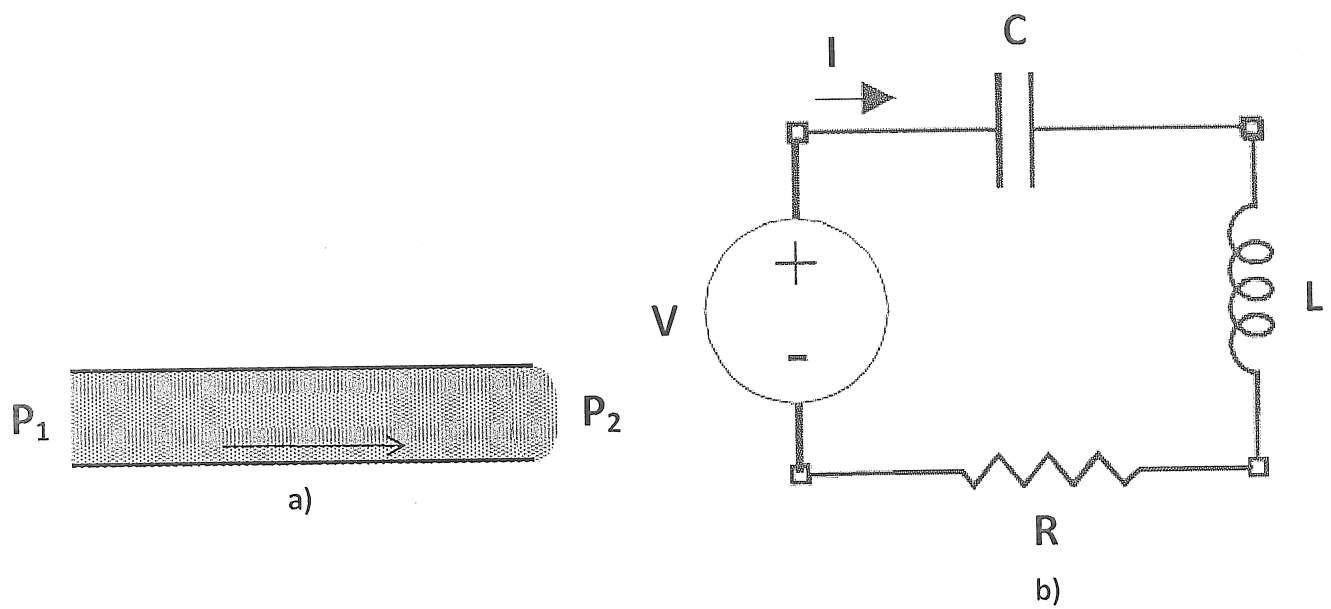


Fig. 6

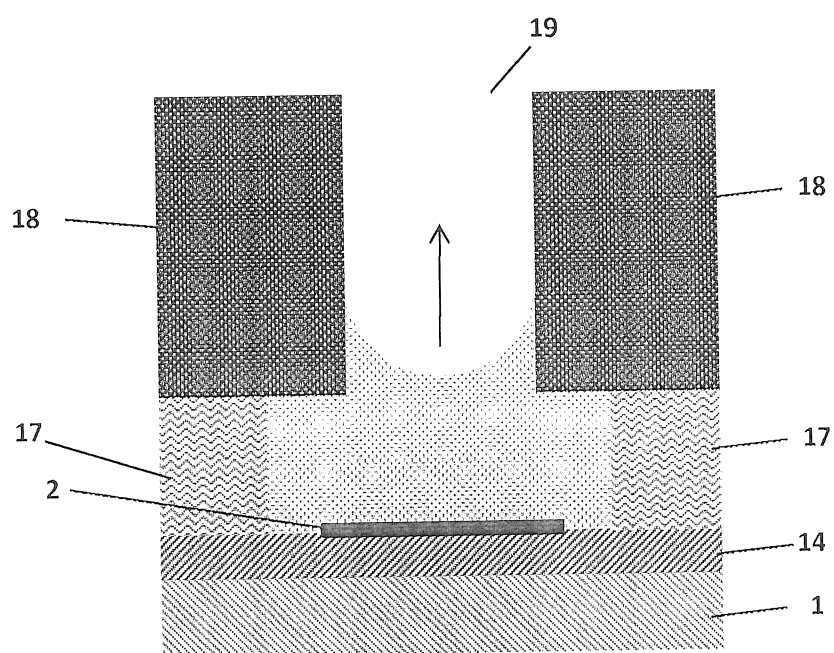


Fig. 7

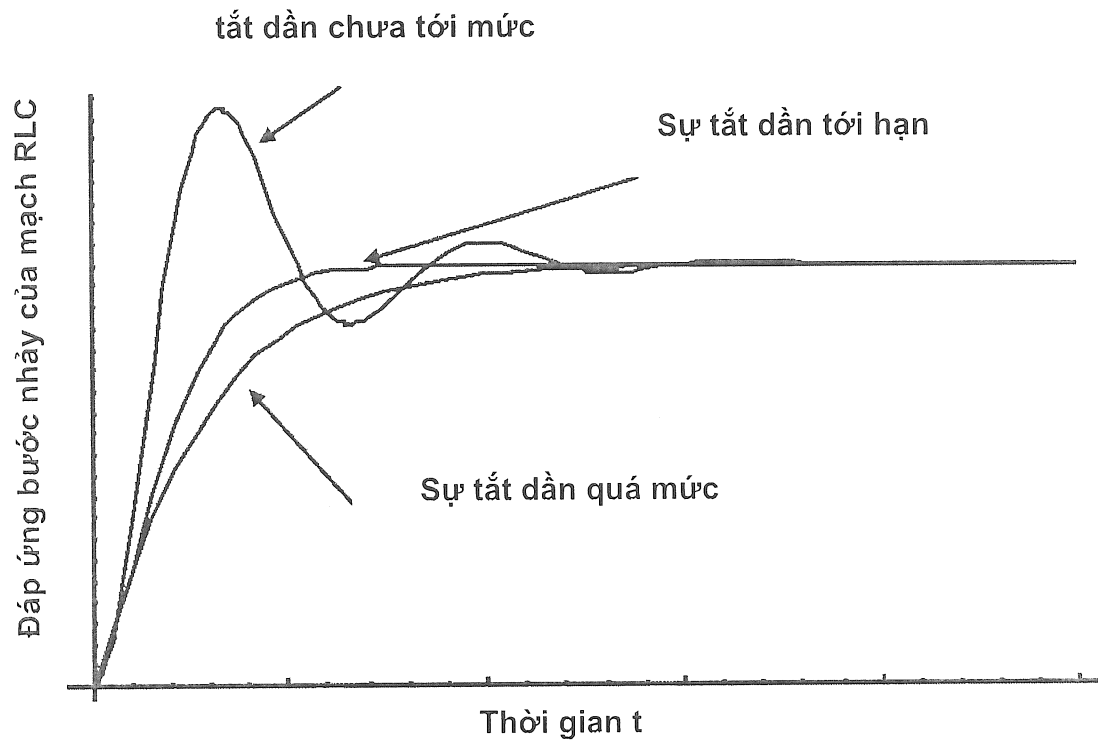
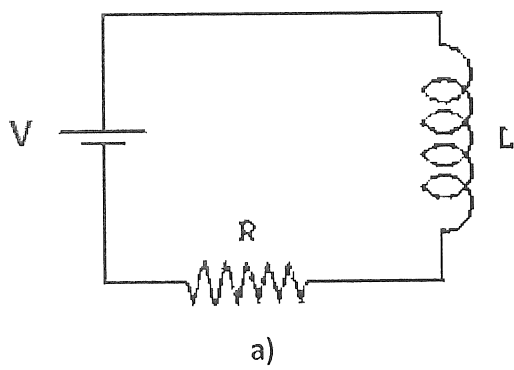
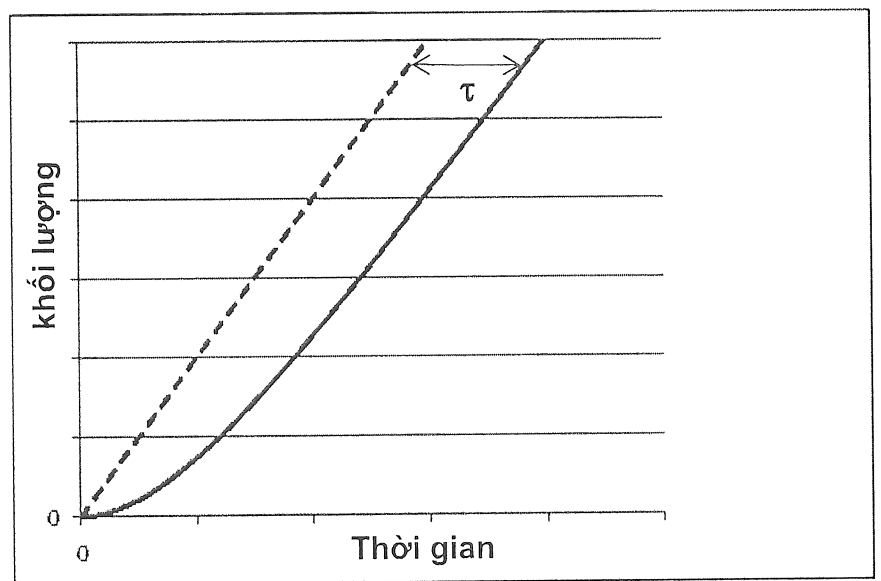


Fig. 8



a)



b)

Fig. 9

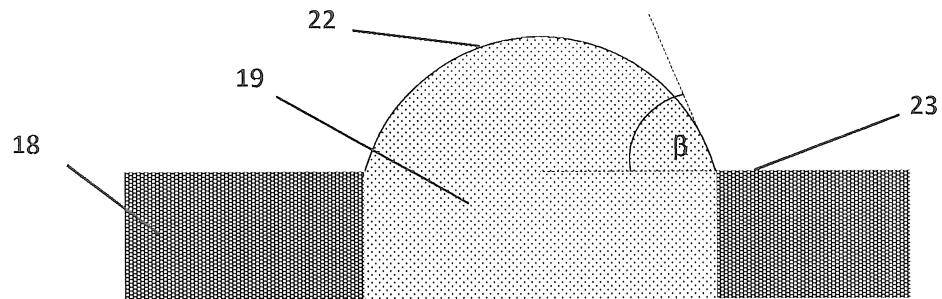


Fig. 10

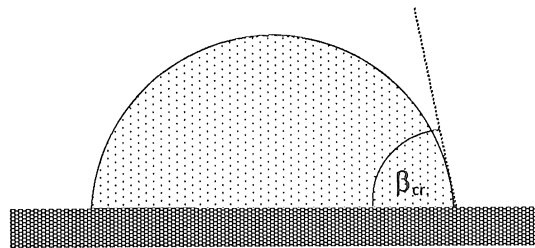


Fig. 11a

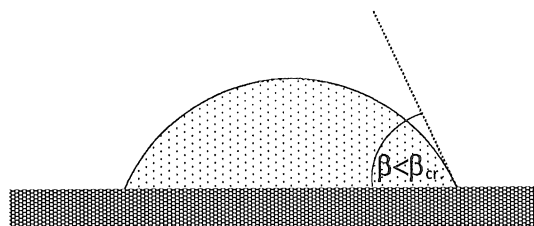
 $\beta_{cr.}$ 

Fig. 11b

 $\beta < \beta_{cr.}$

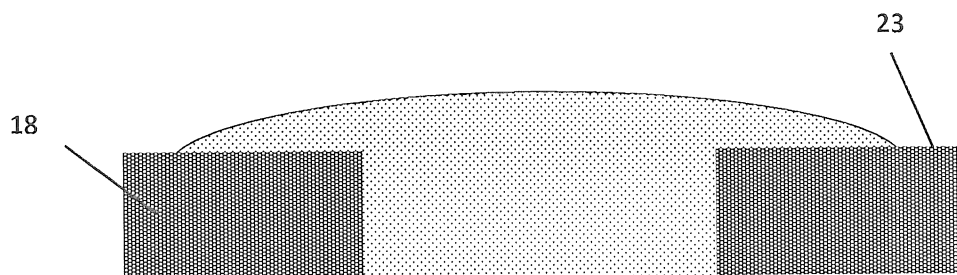
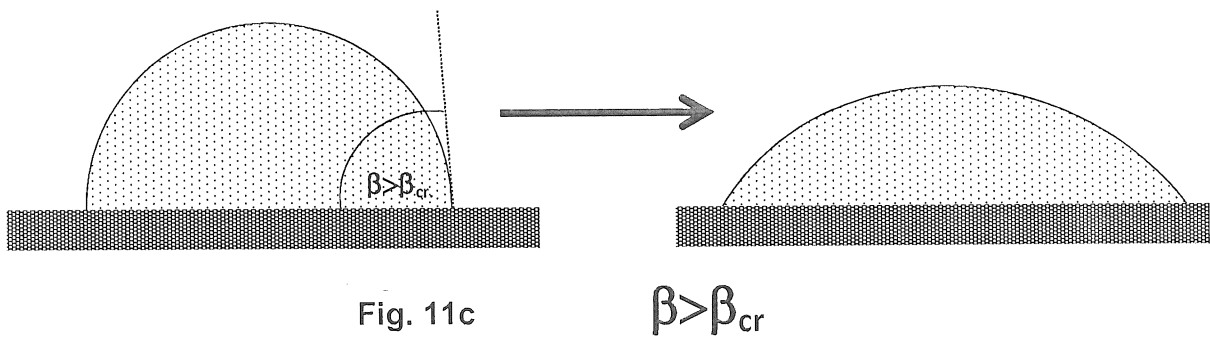


Fig. 12



Fig. 13a



Fig. 13b

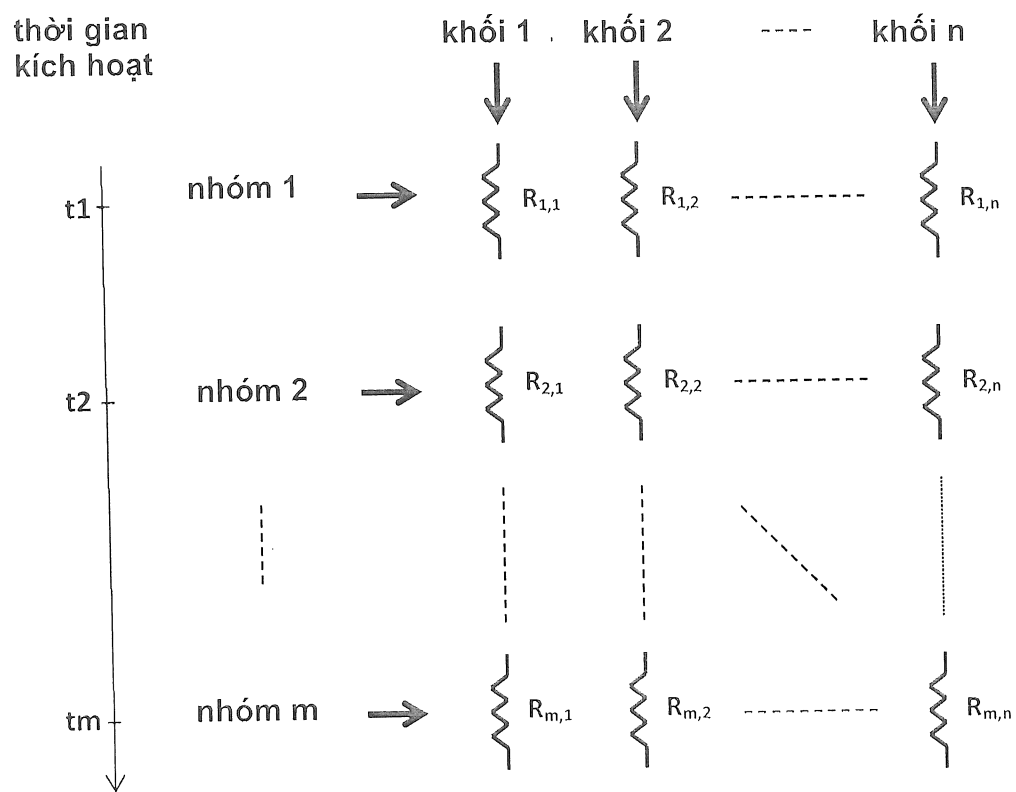


Fig. 14

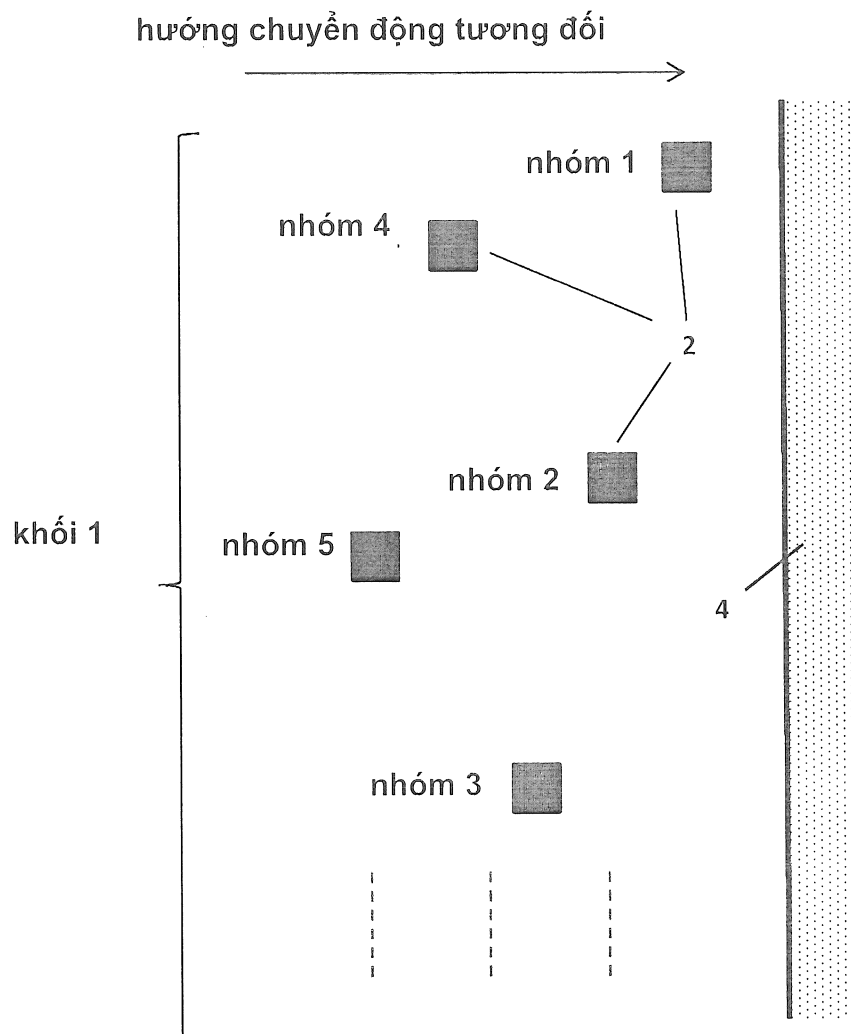


Fig. 15

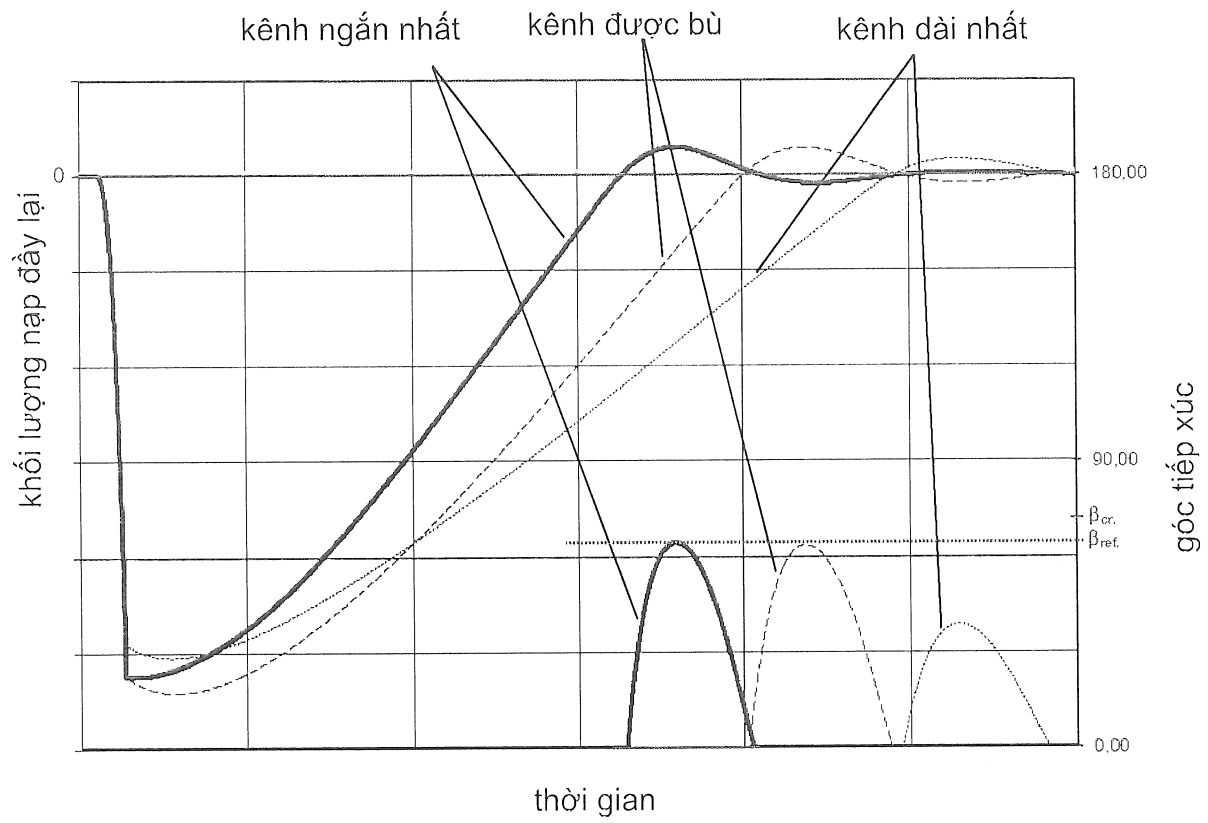


Fig. 16

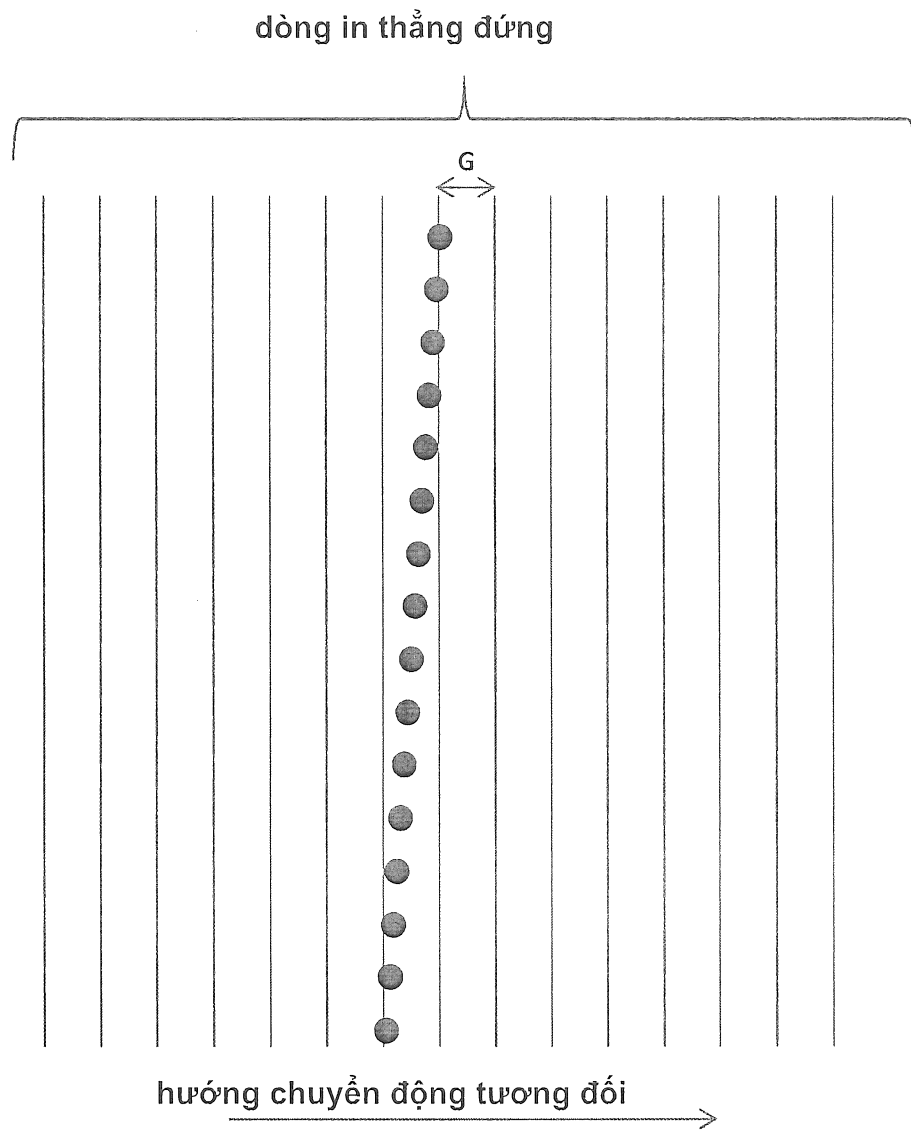


Fig. 17a

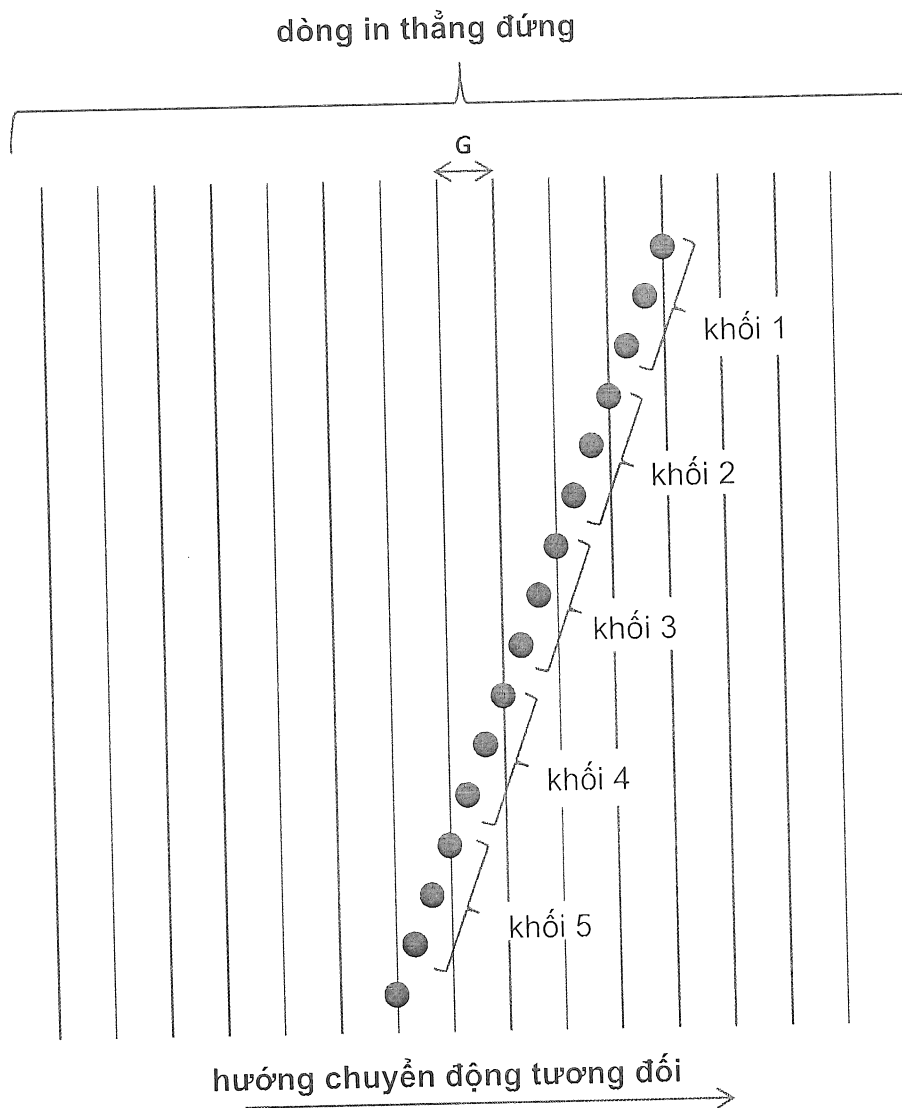


Fig. 17b

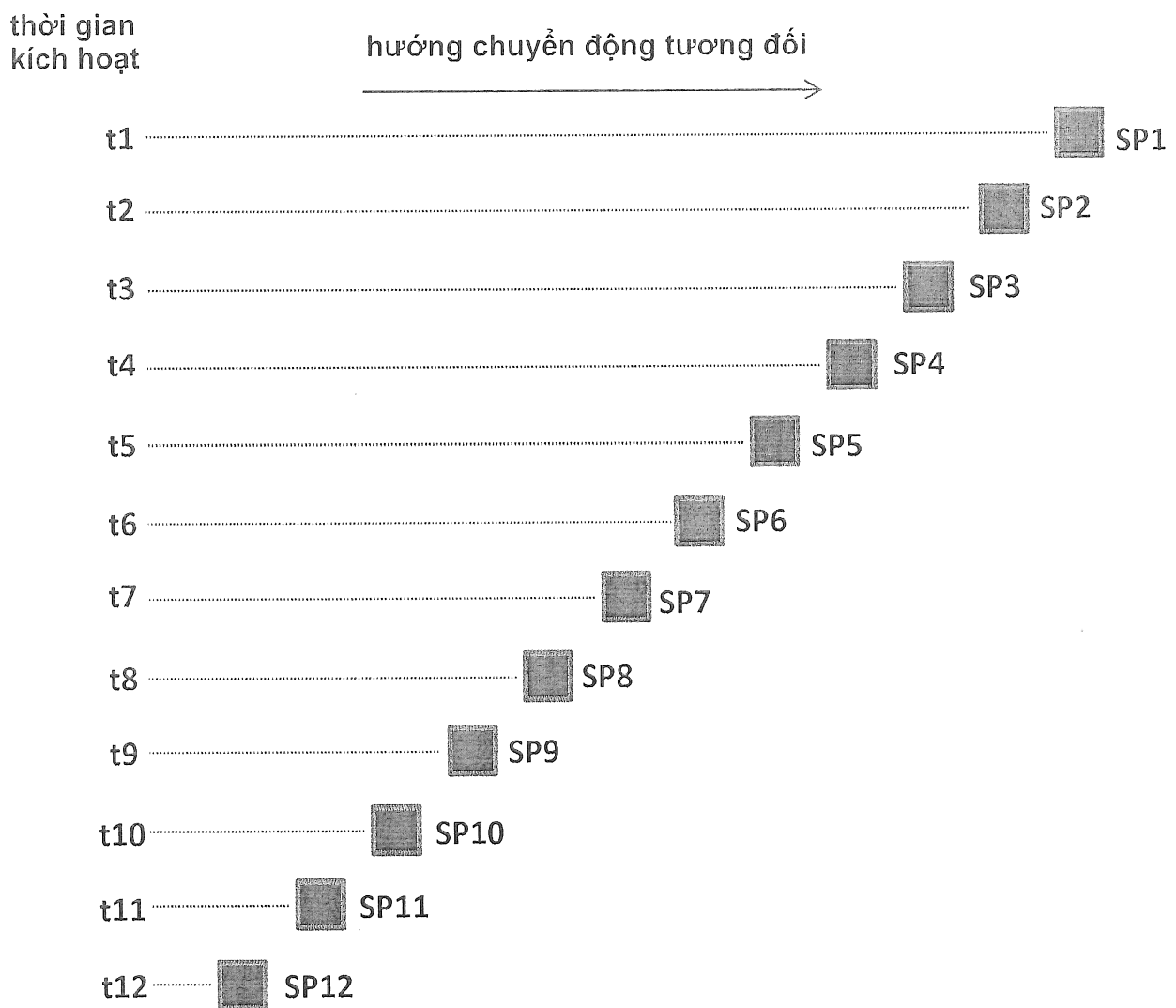


Fig. 18

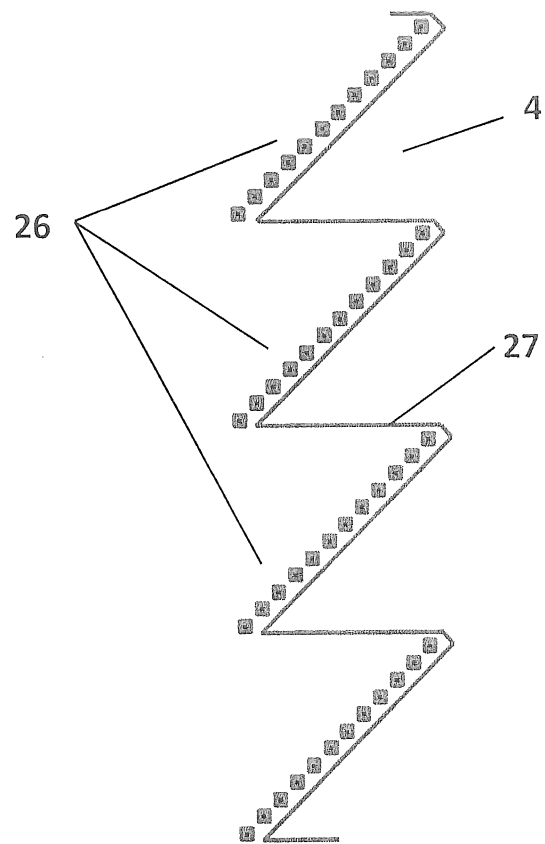


Fig. 19

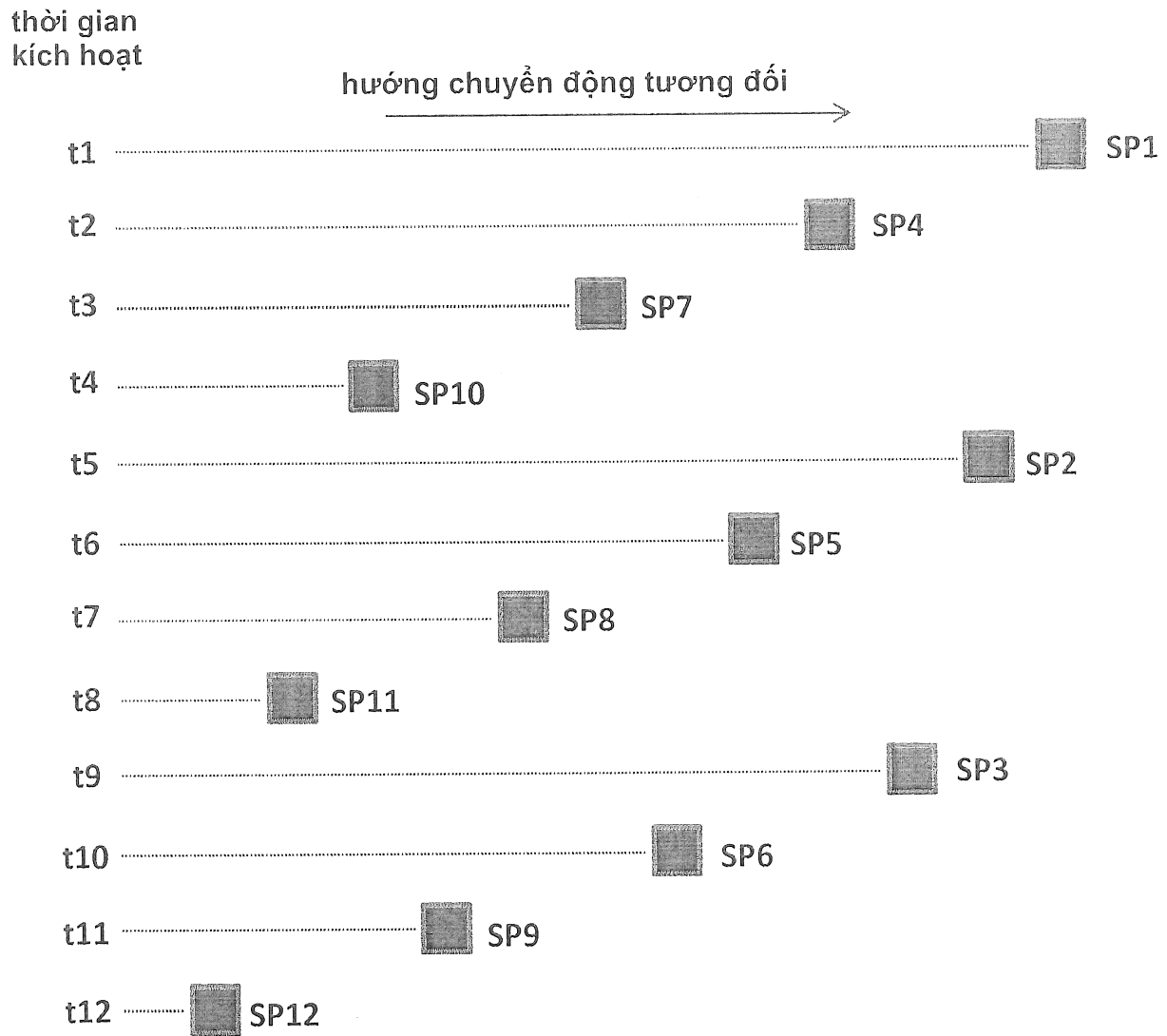


Fig. 20

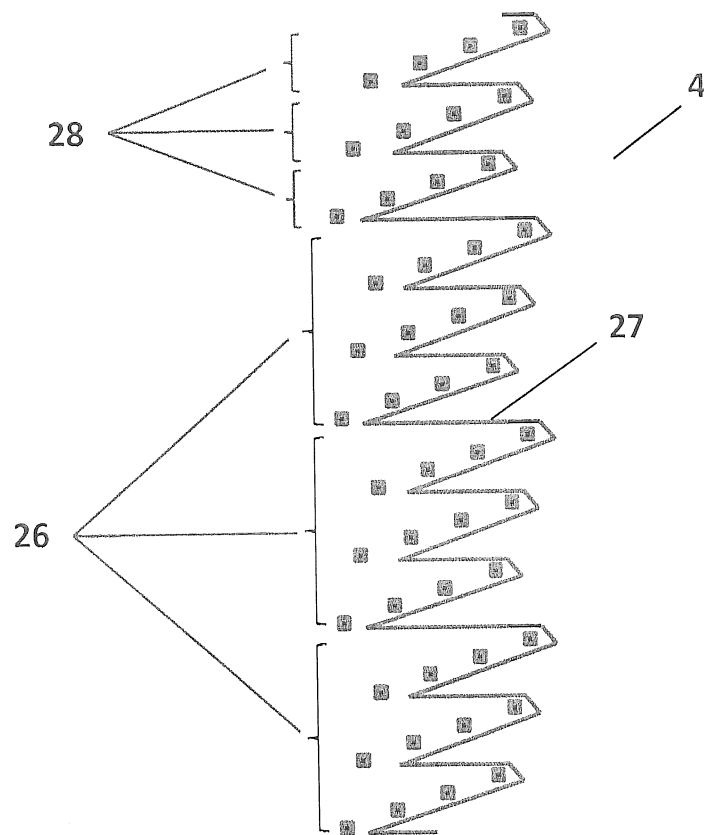


Fig. 21

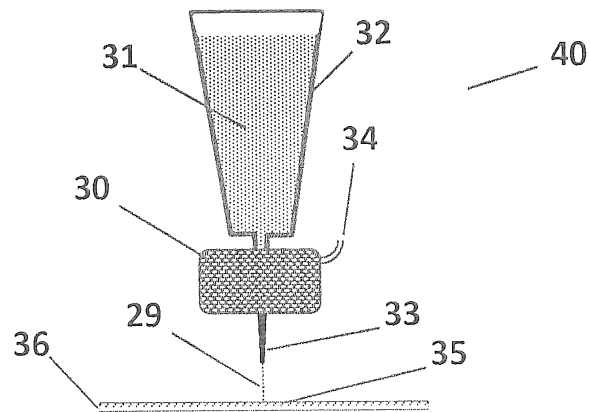


Fig. 22

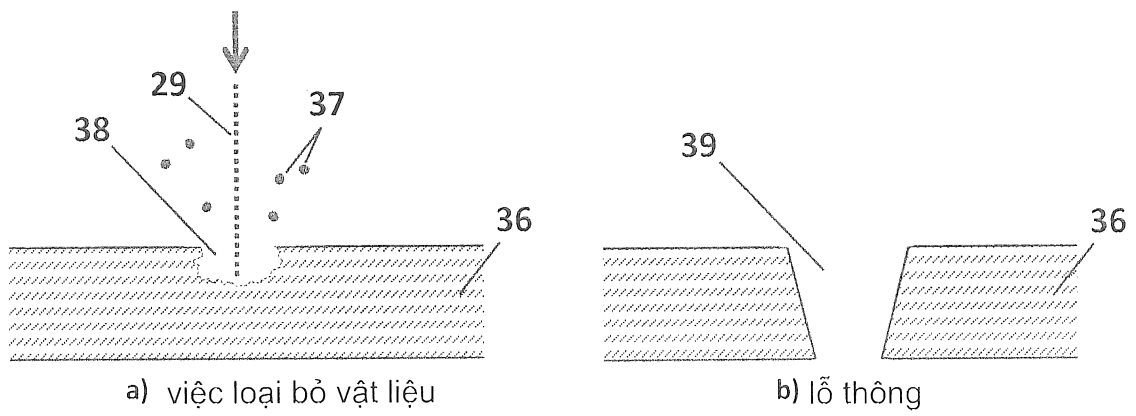


Fig. 23

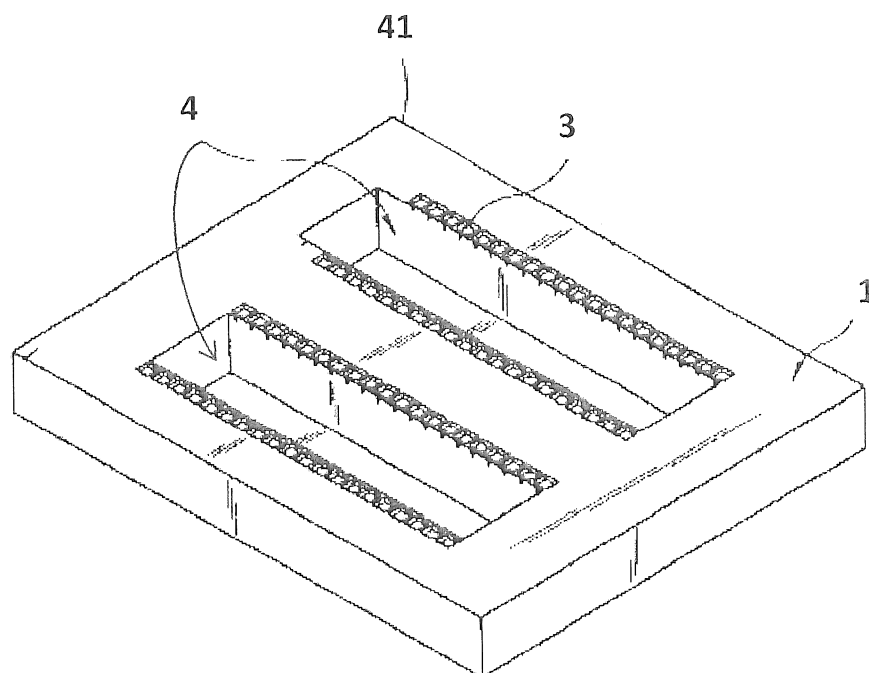


Fig. 24

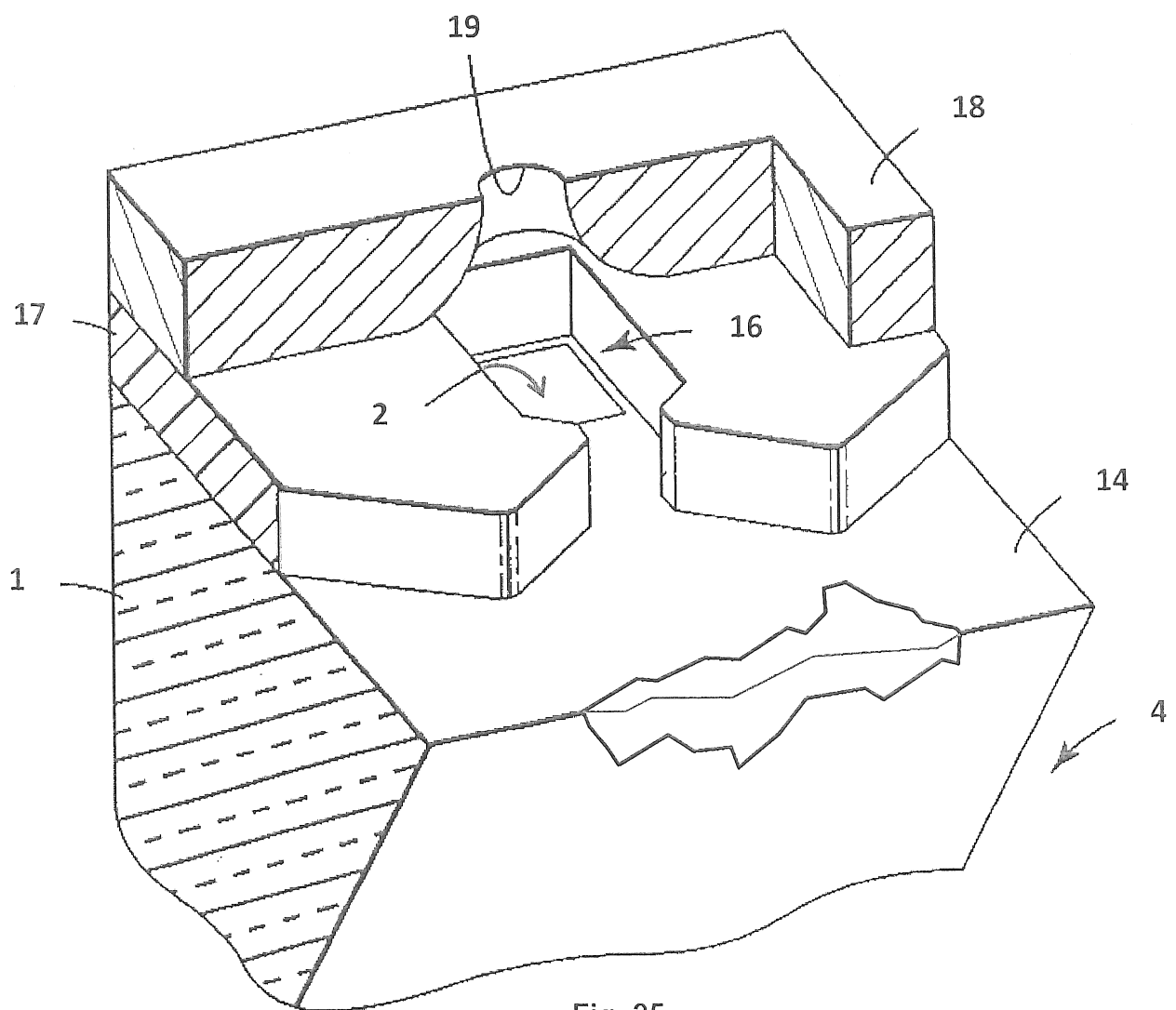


Fig. 25

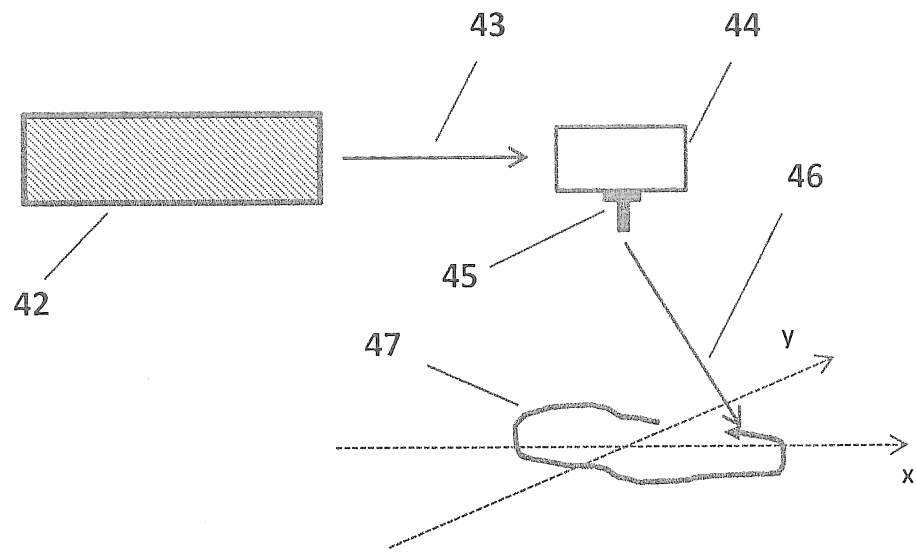


Fig. 26

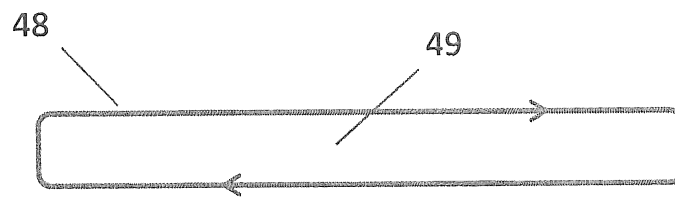


Fig. 27

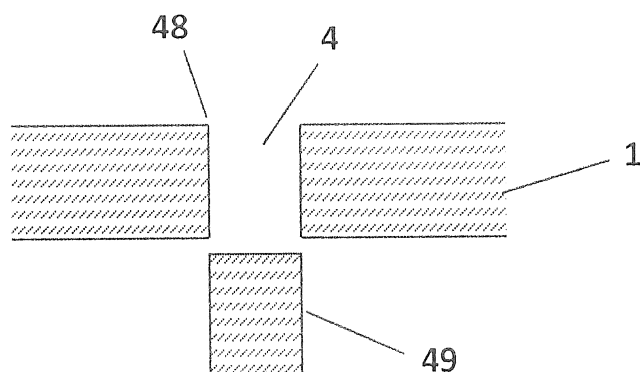


Fig. 28

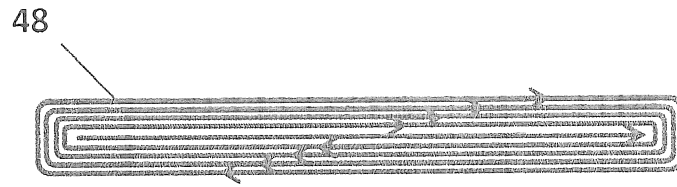


Fig. 29

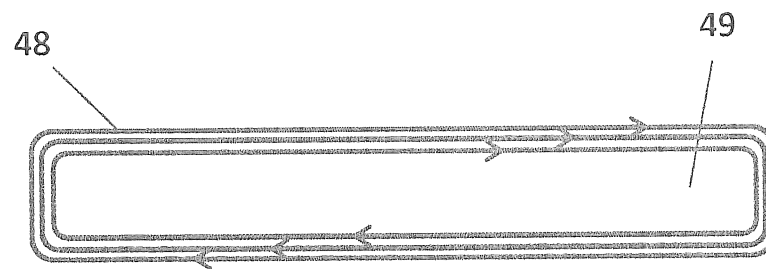


Fig. 30

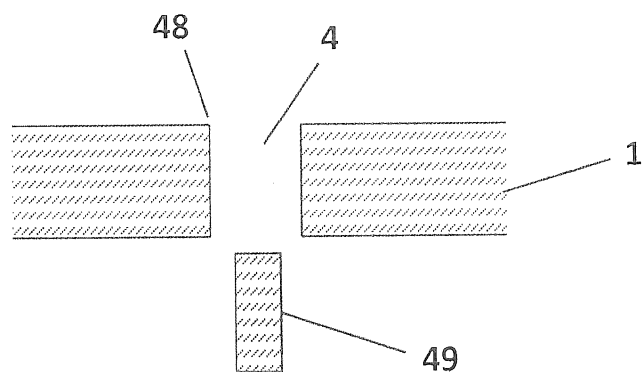


Fig. 31

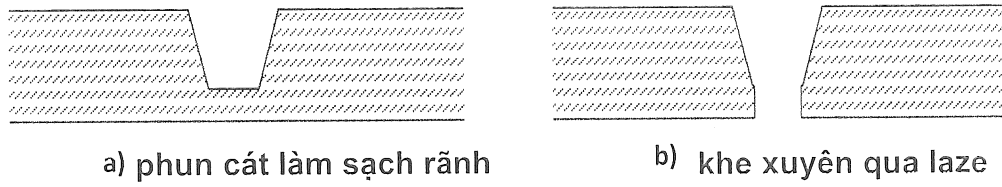


Fig. 32

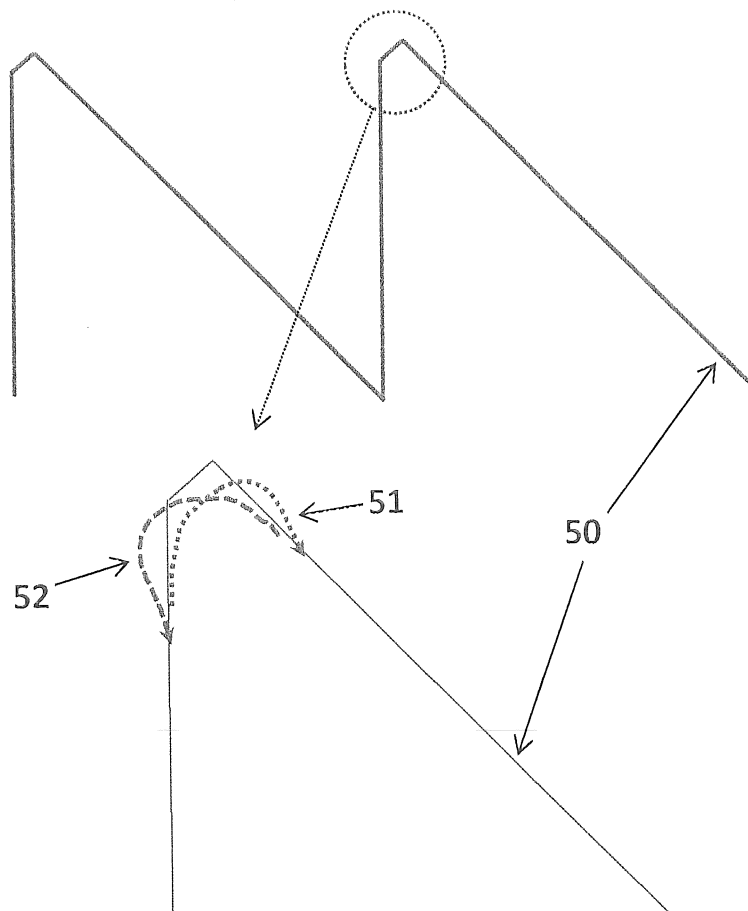


Fig. 33