



(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) 

1-0022659

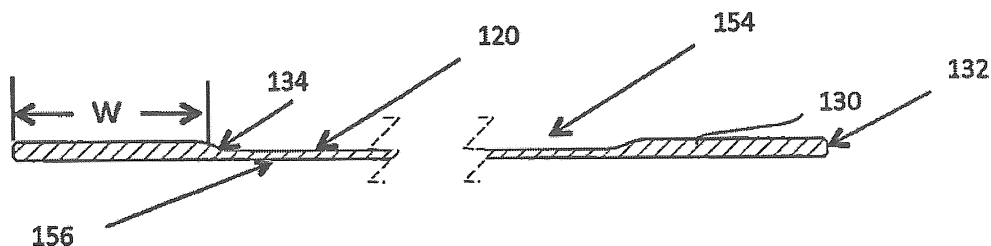
(51)⁷ H01L 31/0236

(13) B

- (21) 1-2016-04658 (22) 17.04.2015
(86) PCT/US2015/026389 17.04.2015 (87) WO2015/167826A1 05.11.2015
(30) 61/986,388 30.04.2014 US
62/011,866 13.06.2014 US
(45) 27.01.2020 382 (43) 27.03.2017 348
(73) 1366 TECHNOLOGIES, INC. (US)
6 Preston Court, Bedford, MA 01730, United States of America
(72) SACHS, Emanuel, M. (US), JONCZYK, Ralf (DE), LORENZ, Adam, M. (US),
WALLACE, Richard, L. (US), HUDELSON, G.D. Stephen (US)
(74) Công ty TNHH Quốc tế D & N (D&N INTERNATIONAL CO.,LTD.)

(54) PHƯƠNG PHÁP TẠO LÁT BÁN DẪN MỎNG, CÁC LÁT BÁN DẪN VÀ KHUÔN RỒNG ĐƯỢC TẠO HÌNH ĐỂ TẠO RA CÁC LÁT NÀY

(57) Sáng chế đề cập đến phương pháp tạo lát bán dẫn mỏng, các lát bán dẫn và khuôn rồng được tạo hình để tạo ra các lát này. Lát bán dẫn có các vùng được kiểm soát cục bộ mà tương đối dày hơn các vùng khác. Vùng bên trong có độ dày nhỏ hơn 180 micrômet, đến mức 50 micrômet, với phần dày có độ dày từ 180 đến 250 micrômet. Lát mỏng có hiệu suất cao hơn. Vùng bao ngoài dày tạo ra độ bền xử lý. Các bến và đảo dày hơn là để nối bằng cách mạ kim loại. Lát có thể được sản xuất trực tiếp từ vật liệu nóng chảy trên khuôn có các vùng có xu hướng thoát nhiệt khác nhau được bố trí ở các vị trí có độ dày tương ứng. Hàm lượng oxy xen kẽ nhỏ hơn 6×10^{17} nguyên tử/ml, tốt hơn là nhỏ hơn 2×10^{17} nguyên tử/ml, tổng hàm lượng oxy tổng nhỏ hơn $8,75 \times 10^{17}$ nguyên tử/ml, tốt hơn là nhỏ hơn $5,25 \times 10^{17}$ nguyên tử/ml. Các vùng dày hơn tạo nên các vùng khuôn liền kề có xu hướng thoát nhiệt tương đối cao; các vùng liền kề vùng mỏng có xu hướng thoát nhiệt ít hơn. Các vùng khuôn dày có xu hướng thoát nhiệt cao hơn. Các vật liệu chức năng trên khuôn cũng có xu hướng thoát nhiệt khác nhau.



Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Sáng chế đề cập đến phương pháp tạo lát bán dẫn mỏng, các lát bán dẫn và khuôn rỗng được tạo hình để tạo ra các lát này.

Tình trạng kỹ thuật của sáng chế

Thông thường, lát silic dùng cho pin năng lượng mặt trời có kích thước 156mm x 156mm và độ dày từ 180 đến 200 micrômet. Do silic có độ nguyên chất cao được sử dụng để sản xuất các lát này khá đắt, nên sẽ có lợi nếu sử dụng lát mỏng để làm giảm chi phí vật liệu. Hơn nữa, với cấu trúc thích hợp của pin, lát silic tương đối mỏng này có hiệu suất tương đối cao hơn so với pin silic dày. Cấu trúc của pin thể hiện hiệu suất cao hơn nhờ sử dụng các lát mỏng là các cấu trúc tạo ra sự tái hợp bề mặt thấp và hấp thụ ánh sáng tốt. Cấu trúc của pin PERC hiện nay phổ biến nhất là theo cấu trúc pin này. (PERC là viết tắt của Tiếp xúc sau bộ phát xạ thụ động (Passivated Emitter Rear Contact)). Lý do cho hiệu suất cao hơn này được cho là do sự tái hợp thể tích thấp hơn, do khoảng cách đến lớp chuyển tiếp pn tập hợp ở thân mỏng ngắn hơn ở thân dày. Mức tăng hiệu suất của pin do độ dày mỏng hơn tùy thuộc vào cấu trúc hoặc kết cấu của pin và cũng tùy thuộc vào chất lượng điện tử của lát bán dẫn. Nói chung, mức tăng càng lớn có liên quan đến chất lượng điện tử của lát bán dẫn càng thấp. Do vậy, có sự thúc đẩy lớn để sử dụng các lát mỏng, để chi phí của lát bán dẫn giảm và hiệu suất của pin tăng. Ưu điểm khác của lát mỏng là mức phun hạt tải điện thiểu số trên một đơn vị thể tích cao hơn do cùng số lượng photon được hấp thụ ở ít vật liệu hơn đối với mức phun cao hơn và vật liệu silic đa tinh thể có chu kỳ bán rã của hạt tải điện thiểu số khối lớn hơn ở các mức phun cao.

Lát silic dùng cho các pin quang điện (photovoltaics - PV) thường được sản xuất bằng cách phát triển hoặc đúc thành thời và sau đó cắt thời này thành các lát, thường bằng cách cưa dây. Phương pháp cưa dây có thể được sử dụng để tạo ra các lát mỏng hơn so với độ dày tiêu chuẩn từ 180-200 micrômet. Tuy nhiên, các lát mỏng này được nhận thấy bị gãy trong quá trình sản xuất pin, liên kết điện và đóng gói thành môđun. Vì những lý do này, sau khi dùng thử lát mỏng (mỏng bằng 120 micrômet),

ngành công nghiệp này lại quay trở lại tiêu chuẩn trước đây là từ 180-200 micrômet. Đối với cấu trúc pin điển hình bao gồm PERC sử dụng vật liệu silic đa tinh thể, việc tạo ra các lát mỏng hơn 80 micrômet không đem lại sự gia tăng hiệu suất đáng kể nào.

Sự nứt vỡ gia tăng của các lát mỏng này có một vài nguyên nhân. Trong quá trình sản xuất pin, các lát bán dẫn thường vỡ do sự lan truyền khiếm khuyết từ một cạnh của lát bán dẫn này. Các khiếm khuyết cạnh bao gồm các vết nứt và các điểm mỏng. Ngoài ra, trong quá trình xử lý, các vết nứt và khiếm khuyết mới được tạo ra ở các cạnh, do chúng là các vị trí tiếp xúc với các bộ phận khác của thiết bị trong quá trình sản xuất. Các vết nứt bắt đầu từ cạnh là một vấn đề trong quá trình sản xuất pin và sản xuất môđun. Nhìn chung, nhận thấy rằng với thiết bị và phương pháp được sử dụng hiện nay, các lát PV mỏng hơn 150 micrômet bị hư hỏng với tần suất không chấp nhận để sử dụng thực tiễn.

Ngoài ra, các dây bus và các kết nối bằng điện khác phải được nối với các điện cực trên cùng và dưới cùng của pin để liên kết chúng. Các dây này có thể về cơ bản là ngang bằng nhau theo mặt cắt ngang để có thể tải được dòng điện lớn được tạo ra bởi pin năng lượng mặt trời. Ví dụ, các dây bus bằng đồng thông thường trong pin 3 dây bus có thể có bề rộng là 1,6mm và độ dày là 0,15mm. Các dây này được gắn với màng kim loại trên pin bằng cách hàn hoặc sử dụng chất kết dính dẫn điện. Bản thân việc gắn này tạo ra ứng suất giữa dây và màng kim loại, đặc biệt trong trường hợp hàn. Các hệ số giãn nở nhiệt của dây và pin silic là khác nhau (hệ số giãn nở của dây cao hơn của silic) và do vậy sự thay đổi về nhiệt độ tạo ra ứng suất lớn hơn giữa dây và pin. Ứng suất gắn và ứng suất giãn nở nhiệt có thể gây ra sự tách lớp dây và/hoặc màng kim loại ra khỏi pin, đặc biệt ở gần các cạnh của pin. Ngoài ra, các dây bus phải được uốn xuống so với bề mặt trên cùng của pin để quấn dưới bề mặt dưới của pin gần kề. Dây uốn này bổ sung thêm ứng suất tách lớp tại màng kim loại gần cạnh của pin. Hơn nữa, nếu được uốn không thích hợp, dây này có thể tiếp xúc với cạnh pin trong thực tế, do đó gây ra hoặc lan truyền các vết nứt ở cạnh.

Theo phương pháp sản xuất khác, lát bán dẫn được sản xuất từ kim loại nóng chảy bán dẫn, thường sử dụng các kỹ thuật được mô tả trong patent Mỹ số 8,293,009, được cấp ngày 23 tháng 10 năm 2012, tên sáng chế "METHODS FOR EFFICIENTLY MAKING THIN SEMICONDUCTOR BODIES FROM MOLTEN MATERIAL FOR SOLAR CELLS AND THE LIKE", của Sachs, et al., được đưa vào đây bằng cách viện

dẫn toàn bộ). Công nghệ này được mô tả trong bằng sáng chế này được gọi chung là công nghệ sản xuất lát Direct Wafer® (DW). Theo công nghệ này, vật bán dẫn mỏng, như lát được sản xuất từ vật liệu nóng chảy của vật liệu bán dẫn, chứ không phải được cưa từ thỏi, hoặc được phát triển giữa các dải hoặc một số phương pháp khác.

Nói một cách vắn tắt, theo công nghệ sản xuất lát Direct Wafer (DW), chênh lệch áp suất được đặt lên tấm khuôn rỗng và lát bán dẫn (ví dụ, silic) được tạo ra trên tấm này. Sự giảm chênh lệch áp suất cho phép giải phóng lát. Tấm khuôn đúc có thể mát hơn kim loại nóng chảy. Nhiệt được thải ra qua độ dày của lát tạo thành. Mặt phân cách lỏng và rắn về cơ bản song song với tấm khuôn. Nhiệt độ của thân hóa rắn về cơ bản đồng nhất qua bề rộng của nó, tạo ra ứng suất và mật độ lệch mạng thấp và chất lượng tinh thể cao hơn. Tấm khuôn rỗng phải đủ thấm để cho phép dòng khí đi qua nó. Tấm khuôn này phải không thấm đến mức cho phép vật liệu nóng chảy xâm nhập vào các lỗ rỗng trong thời gian đưa vào chênh lệch áp suất. Mặt khác, các lỗ rỗng sẽ bị bịt kín và không thể duy trì chênh lệch áp suất. Vật liệu nóng chảy có thể được rót lên tấm lên: toàn bộ bề mặt tiếp xúc với lớp trên cùng của vật liệu nóng chảy; đi qua một phần bề mặt tiếp xúc của vật liệu nóng chảy với tấm khuôn, theo phương ngang hoặc thẳng đứng hoặc ở giữa; và bằng cách nhúng khuôn vào vật liệu nóng chảy. Kích thước hạt có thể được kiểm soát bằng nhiều phương pháp. Chênh lệch áp suất, trong bằng sáng chế về công nghệ Direct Wafer và trong bản mô tả này đôi khi được gọi là chế độ áp suất chênh lệch, có thể được thiết lập bằng cách duy trì bề mặt nóng chảy ở áp suất khí quyển và duy trì mặt sau của tấm khuôn ở áp suất nhỏ hơn áp suất khí quyển. Theo một phương án khác, áp suất chênh lệch giữa các mặt của tấm khuôn được tạo ra bằng cách để mặt sau của tấm khuôn thông trực tiếp với khí quyển, trong khi duy trì khí quyển trên bề mặt tạo hình của tấm khuôn ở áp suất về cơ bản cao hơn áp suất khí quyển cục bộ. Ưu điểm của phương án này là ở chỗ không cần dùng bơm chân không. Mặt khuôn và bề mặt của vật liệu nóng chảy tiếp xúc với nhau trong một khoảng thời gian được gọi là thời gian tiếp xúc. Trong ít nhất một phần thời gian tiếp xúc, chế độ áp suất chênh lệch được đưa vào. Có lợi khi tạo lát bán dẫn từ vật liệu nóng chảy và được xem là một sáng chế của bằng sáng chế về công nghệ Direct Wafer, và cũng là một trong số các sáng chế được bộc lộ trong bản mô tả này, để tạo ra thân hóa rắn bên trong vật liệu nóng chảy và để tạo ra thân này, chẳng hạn lát, trên tấm khuôn (hoặc trong trường hợp của sáng chế, là tấm khuôn). Không cần tháo ra khỏi tấm khuôn

(hoặc khuôn) để tạo ra vật phẩm có giá trị. Tuy nhiên, lát tạo ra có thể được lấy ra khỏi tấm khuôn theo các cách khác nhau. Trong một số trường hợp, chế độ áp suất chênh lệch có thể được loại bỏ, tức là, nếu sử dụng chân không, có thể tắt chế độ chân không và lát này rơi ra. Hoặc, chế độ áp suất chênh lệch có thể được làm giảm, tức là độ chân không giảm hoặc mức chênh lệch áp suất có thể giảm. Hơn nữa, các phương tiện cơ học, như kẹp tháo khuôn, khung tháo khuôn hoặc các công cụ khác tiếp xúc cơ học với lát và tháo lát ra khỏi tấm khuôn có thể được sử dụng.

Liên quan đến độ rộng của tấm khuôn, theo một phương án, độ rộng của bề mặt tiếp xúc với vật liệu bán dẫn đầu tiên là nóng chảy và sau đó hóa rắn, phải đủ nhỏ về tỷ lệ để vật liệu bán dẫn nóng chảy khó đi vào các lỗ rỗng này. Thông thường, cỡ lỗ được quan tâm có thể nằm trong khoảng từ 0,1 đến 10,0 micrômet. Các lỗ được liên thông để khí đi qua môi trường rỗng của khuôn thường chảy theo kiểu phức tạp, do đó thích ứng với sự tắc nghẽn cục bộ bằng cách tìm ra các con đường quanh các chỗ tắc bất kỳ.

Bề mặt ngoài cùng của thể xốp, tạo thành bề mặt mà đối diện và tiếp xúc với bề mặt của vật liệu nóng chảy, có thể hơi không phẳng (ở tỷ lệ cực nhỏ hoặc lớn hơn một chút), do đó cho phép chất bán dẫn nóng chảy tiếp xúc với bề mặt khuôn chỉ tại các vị trí cụ thể, mặc dù có nhiều vị trí và các vị trí được nhồi đặc. Với cấu trúc này, khí có thể chảy một ít ở hai bên giữa vật liệu nóng chảy và bề mặt của khuôn rỗng. Việc này cho phép lực hút mà được tạo ra bởi chế độ áp suất chênh lệch tác dụng lên bề mặt lát trên một tỷ lệ phần trăm diện tích bề mặt rất lớn, xấp xỉ 100%. Điều này trái ngược với trường hợp chỉ có một lượng nhỏ các lỗ lớn được tạo ra, mà có thể tạo ra sự chênh lệch áp suất qua các lỗ này, thiết lập chênh lệch áp suất tương đương. Ở trường hợp sau, phạm vi chênh lệch áp suất được giới hạn ở diện tích bề mặt tương đối nhỏ có số lượng tương đối nhỏ các lỗ lớn. Ngược lại, trong trường hợp trước, đối với thể rỗng hoàn toàn, khí có thể chảy hai bên, sự chênh lệch áp suất thực tế có mặt ở mức phân phối lớn hơn trên toàn bộ diện tích bề mặt của khuôn và lát gắn vào. Từ rỗng được sử dụng trong bản mô tả này để mô tả trường hợp trước và không phải trường hợp sau.

Lát được sản xuất theo công nghệ sản xuất lát Direct Wafer (DW) có một số ưu điểm nhất định so với lát được cưa dây, chẳng hạn, ít lãng phí silic thô hơn nhiều, do vật liệu không được nghiền thành bột và do đó hao hụt do cưa. Ngoài ra, phương pháp mà các lát được sản xuất, theo nguyên tắc cho khuôn tiếp xúc với bề mặt của vật liệu nóng chảy, thích hợp với việc kiểm soát riêng một số khía cạnh nhất định của việc sản

xuất lát, như được mô tả dưới đây. Tuy nhiên, giống như các lát được cưa dây, các lát được sản xuất bởi phương pháp công nghệ Direct Wafer có độ dày tiêu chuẩn cũng kém hiệu quả so với các lát mỏng được sản xuất bởi cùng một kỹ thuật, vì những lý do về hiệu suất nêu trên. Hơn nữa, lát tương đối mỏng hơn được sản xuất theo công nghệ Direct Wafer dễ gãy hơn hoặc nói cách khác không bền như độ dày tiêu chuẩn, các lát tương đối dày hơn được sản xuất bởi cùng công nghệ Direct Wafer. Hơn thế nữa, các lát tương đối mỏng hơn được sản xuất bởi công nghệ Direct Wafer sử dụng ít vật liệu bán dẫn thô hơn so với các lát tương đối dày được sản xuất bằng cách sử dụng công nghệ Direct Wafer.

Do vậy, mong muốn là giảm chi phí của môđun PV và cụ thể là, làm giảm khối lượng và chi phí của silic cần thiết cho mỗi lát, được sản xuất bằng phương pháp bất kỳ, mà không ảnh hưởng đến độ chắc, độ bền hoặc hiệu quả. Cũng mong muốn làm tăng độ bền của lát được sản xuất, mà không làm tăng quá mức chi phí, trọng lượng, cỡ, độ cứng hoặc các đặc tính khác. Cũng mong muốn tạo ra lát có hiệu suất tương đối cao so với lát có độ dày tiêu chuẩn 180 đến 200 micrômet. Cũng mong muốn có thể thực hiện các kết nối điện với các lát bán dẫn mỏng, để có thể kết nối chúng với nhau và với các thành phần khác.

Các nhà nghiên cứu đã thử nghiệm các công nghệ dựa trên bột và quy trình đóng rắn, để tạo ra lát có một số vùng mỏng hơn các vùng khác, chẳng hạn phần trong mỏng hơn và đường bao dày hơn. Chẳng hạn, xem patent Mỹ số 7,456,084 B2, của Jonczyk et al., "METHOD OF USING A SETTER HAVING A RECESS IN MANUFACTURING A NET-SHAPE SEMICONDUCTOR WAFER" (patent '084). Trong công đoạn đóng rắn, silic dạng bột được cho vào khuôn (được gọi là thiết bị đóng rắn trong patent '084) có hình dạng mong muốn, và gia nhiệt, làm cho vật liệu bột nóng chảy và kết lại thành thể silic đa tinh thể rắn. Khó khăn chính với công nghệ được mô tả trong patent '084 và với công nghệ bột bất kỳ, là hàm lượng oxy xen kẽ cao không chấp nhận được đối với chất bán dẫn, đặc biệt đối với ứng dụng quang điện. Việc này là do, khi không thực hiện các bước đặc biệt, oxit tự nhiên trên các hạt bột gây ra các mức oxy xen kẽ cao trong các lát. Các hạt tương đối nhỏ hơn tạo ra tương đối nhiều oxy xen kẽ hơn trong sản phẩm cuối cùng. Để có được các lát tương đối mỏng hơn, các hạt tương đối nhỏ hơn phải được sử dụng. Do vậy, để thu được lát tương đối mỏng, hàm lượng oxy xen kẽ tương đối nhiều sẽ có mặt trong các lát, nếu

được sản xuất từ các hạt.

Chẳng hạn, patent '084 mô tả lát có khoảng độ dày tương đối lớn, từ 300 đến 1000 micrômet, được làm từ bột. Dựa trên phân tích lý thuyết do các tác giả sáng chế thực hiện, được cho là điều này dẫn đến các lát có hàm lượng oxy xen kẽ nằm trong khoảng từ 6×10^{17} đến 2×10^{18} nguyên tử/ml, như được đo bằng phổ học hồng ngoại biến đổi Fourier (Fourier Transform Infrared Spectroscopy-FTIR), phương pháp ASTM-F1188. Là ví dụ không dựa trên lý thuyết, giả định bột hình cầu có đường kính 150 micrômet với lớp vỏ oxit tự nhiên dày 1nm tổng hàm lượng oxy tổng là 1×10^{18} nguyên tử/ml có mặt. Trong thực tế, bột silic không phải hình cầu với tỷ lệ phương diện >2:1, do đó chúng sẽ có tỷ lệ diện tích bề mặt so với thể tích lớn hơn các hình cầu theo lý thuyết được sử dụng trong ước tính nêu trên và thậm chí là nồng độ oxy cao hơn. Để thu được lát mỏng, có độ dày nhỏ hơn 300 micrômet, cần có các hạt nhỏ hơn, dẫn đến nồng độ oxy cao hơn. Cần nhấn mạnh rằng, mặc dù patent '084 có đề cập về mặt lý thuyết đến lát mỏng 100 micrômet, patent '084 nêu rằng phổ biến hơn là từ 350 đến 900 micrômet. Quan trọng nhất là, patent này không có các ví dụ chính thức, cũng không đề cập đến lát thực bất kỳ theo các quy trình được bộc lộ trong patent này. Các lát duy nhất mà patent này thảo luận là có các vùng dày và mỏng là có độ dày 900 micrômet tại các vị trí mỏng của chúng và không có sự đề cập cụ thể nào đến các lát này.

Nói chung, các hạt được sử dụng để sản xuất các lát mỏng được cho là không lớn hơn 1/3 độ dày hoàn thiện của lát. Chẳng hạn, để sản xuất lát mỏng hơn 150 micrômet, các hạt bột nên nhỏ hơn 50 micrômet. Các hạt có kích thước nhỏ như vậy có diện tích bề mặt rất lớn so với thể tích của vật liệu đưa vào. Diện tích bề mặt tương đối lớn này chắc chắn kèm theo là hàm lượng oxy xen kẽ tương đối lớn, do oxy tự nhiên, hydrocacbon và kim loại. Quá nhiều oxy xen kẽ có thể dẫn đến, không chỉ hiệu quả kém, mà ở mức độ cao nhất, có thể ngăn bột không thể nóng chảy và kết tinh thích hợp. Oxy trên bột nhỏ như vậy cũng tạo ra một lượng lớn SiO₂, có thể ngưng tụ ở bất cứ đâu trong lò nung nơi mà nhiệt độ thậm chí thấp hơn nhiệt độ nóng chảy một chút.

Được thừa nhận trong patent '084, ở cột 5, dòng 1-10, rằng sự có mặt của silic oxit trong vật liệu bán dẫn (hoặc oxit khác đối với chất bán dẫn khác) là tạp nhiễm không mong muốn và rằng tương đối xấu đối với cỡ hạt tương đối nhỏ. Do vậy, giới hạn dưới của cỡ hạt, mà giới hạn độ dày có thể thu được ở lát cuối cùng, được giới hạn

bởi khả năng nhiễm oxit kẽ. Để sử dụng bột có cỡ hạt 50 micrômet, cần thiết để sản xuất lát có độ dày 150 micrômet hoặc nhỏ hơn, tạo ra oxy nhiều gần gấp 4 lần trên các hạt bột nhỏ so với oxy có mặt trên các hạt được sử dụng để sản xuất lát dày 300 micrômet đến 600 micrômet. Do vậy, để sử dụng các hạt 50 micrômet (để thu được lát có độ dày 150 micrômet) mong muốn thu được lát có hàm lượng oxy xen kẽ ít nhất là 3×10^{18} nguyên tử/ml và thích hợp nhất là nhiều hơn.

Mong muốn có hàm lượng oxy xen kẽ ở giá trị bất kỳ nhỏ hơn 6×10^{17} nguyên tử/ml và tốt hơn là nhỏ hơn 2×10^{17} nguyên tử/ml. Việc đạt được mỗi mức hàm lượng oxy xen kẽ nhỏ hơn (ví dụ, 5×10^{17} nguyên tử/ml, 4×10^{17} nguyên tử/ml, v.v., chỉ cần chọn hai điểm ngắt, có ưu điểm hơn so với hàm lượng cao.

Về mặt lý thuyết có thể bằng việc xử lý nhiệt đã biết, như khử khí, để kết tủa oxy xen kẽ lớn hơn xấp xỉ 2×10^{17} nguyên tử/ml. Do vậy, hàm lượng oxy xen kẽ giảm tới giá trị xấp xỉ có thể có đó, nhưng tổng hàm lượng oxy trong tinh thể vẫn ở mức tương đối cao và bất lợi, ít nhất là $8,75 \times 10^{17}$ nguyên tử/ml (=10ppmw), như được đo bằng phương pháp phân tích khí xen kẽ (Interstitial Gas Analysis - IGA), như được đưa ra bởi công ty LECO của St. Joseph, Michigan. Tuy nhiên, mong muốn có tổng hàm lượng oxy nhỏ hơn $8,74 \times 10^{17}$ nguyên tử/ml. Giá trị bất kỳ nhỏ hơn giá trị này, và tốt hơn nhỏ hơn $5,25 \times 10^{17}$ nguyên tử/ml (=6ppmw) sẽ có các ưu điểm. Việc đạt được mỗi mức hàm lượng oxy tổng nhỏ hơn (ví dụ, 7×10^{17} nguyên tử/ml, 6×10^{17} nguyên tử/ml, v.v., chỉ cần chọn hai điểm ngắt, có nhiều ưu điểm hơn.

Một vấn đề khác liên quan đến việc sản xuất lát dựa trên bột, đặc biệt với các chất bán dẫn như silic, là do sức căng bề mặt của silic rất cao. Lát mỏng không thể được sản xuất từ bột và công nghệ đóng rắn nếu tất cả silic được nóng chảy đồng thời tại vị trí bất kỳ. Một lượng tối thiểu nhất định silic không nóng chảy là cần thiết để phá vỡ sức căng bề mặt. Nếu không, sẽ tạo ra các viên silic chứ không phải là cấu trúc mỏng phẳng. Quy trình sản xuất lát được bộc lộ trong patent '084 đề cập đến việc làm nóng chảy một phần bột silic, và sau đó kết tinh silic trên một mặt, trước khi làm nóng chảy bột chưa nóng chảy còn lại từ mặt kia và tiếp tục phát triển epitaxy trên silic đã phát triển trước đó. Xem cột . 7, dòng 55- cột 8, dòng 64, và Fig.1 và Fig.2. Tài liệu này mô tả quy trình gia nhiệt từ trên xuống dưới và quy trình phát triển hạt. Fig.2 của patent '084 thể hiện rằng nhiệt được cấp từ phần trên cùng xuống phần dưới cùng của vật liệu nóng chảy và tiếp đến hóa rắn vật thể và Fig.12 của patent này, cột 15, dòng 4-

19, thể hiện vật này cũng như vật liệu được nóng chảy một phần 89, vật liệu hạt vẫn ở trên (không có số tham chiếu). Quy trình như vậy rất khó với độ dày tầng bột rất mỏng. Phải tránh sự nóng chảy toàn bộ bột silic tại vị trí bất kỳ ở mọi nơi. Mặt khác, lớp mỏng vật liệu nóng chảy sẽ tạo viên, tạo ra các lỗ gần kề với vùng tạo viên. Do vậy, khi sử dụng công nghệ bột và công nghệ đóng rắn, sẽ khó nếu không nói là không thể thu được lát mỏng hơn 200 micrômet, với silic (và chất bán dẫn khác bất kỳ có sức căng bề mặt cao tương tự) do rất khó chỉ làm nóng chảy một phần chiều dày của khối hạt bột mỏng này, mà không đồng thời làm nóng chảy toàn bộ phần khối hạt bột còn lại, dẫn đến sự tạo viên vùng chất bán dẫn nóng chảy đó.

Việc chế tạo lát từ các hạt bột cũng có một vấn đề khác liên quan đến các bước độ dày lớn từ vị trí này đến vị trí khác, vấn đề này là do thực tế là bột nhiều nhất 50% là đặc và thông thường là 33% là đặc. Vì vấn đề này, không thể có một vùng đặc hơn vùng liền kề từ 20% đến 30% mà không có sự thiếu tính phẳng chung trên mặt đối diện của vật thể được tạo ra và một phần mỏng đáng kể tại vị trí chuyển tiếp giữa vùng dày và vùng tương đối mỏng. (Nói cách khác, tỷ lệ độ dày của các vùng liền kề không thể lớn hơn 1,3:1, hoặc thậm chí có thể bằng 1,2:1, tùy thuộc vào cỡ hạt, một phần chất lượng được đòi hỏi và tính đồng nhất về kích thước). Tỷ trọng của bột bằng khoảng 1/3 tỷ trọng của vật liệu hóa rắn. (Cỡ hạt có một số ảnh hưởng đến phân số này). Thiết bị đóng rắn được minh họa trên các Fig.9 và Fig.12 của patent '084. Nếu hốc 73 trong thiết bị đóng rắn 70 được sử dụng để tạo ra đường bao ở sản phẩm cuối, được mô tả trên đây, vùng bên trong mỏng hơn, được tạo ra ở vùng 74 của thiết bị đóng rắn, cả hốc 73 và vùng nông hơn 74 ban đầu phải có độ sâu/thể tích hạt đủ để tạo ra sản phẩm cuối cùng.

Xem xét những gì có thể xảy ra đối với thiết lập sau. Nếu hốc 74 trong thiết bị đóng rắn sâu 100 micrômet và độ dày của lát được mong muốn là 300 micrômet ở vùng chính bên trong, thì, đối với vùng chính này, có thể cần đổ đầy bột lên trên vùng này đến độ dày gấp ba lần độ dày 300 micrômet cuối cùng, cho tổng là 900 micrômet. Điều này có nghĩa là ở trên rãnh này, độ dày có thể là 1000 micrômet. Sau khi nóng chảy, độ dày của vật thể cuối cùng có thể xấp xỉ bằng 1/3 độ dày của bột ở trên nó. Do vậy, ở vùng bên trong, có thể dày 300 micrômet. Ở trên rãnh, có thể dày $\frac{1}{3} \times 1000$ micrômet = 333 micrômet. Nhưng, rãnh này dày hơn vùng bên trong 100 micrômet. Do vậy, độ dày của đường bao là 333 micrômet như được đo từ đáy rãnh, 100

micrômet ở dưới vùng trung tâm và độ dày của vùng bên trong là 300 micrômet, được đo từ vùng bên trong phẳng. Bề mặt sau của vật thể được tạo ra sẽ không phẳng, do mặt đối diện lệch do rãnh 100 micrômet. Khoảng cách đến mặt sau ở trên rãnh tính từ đáy của rãnh là 333 micrômet. Khoảng cách tính từ đáy của rãnh đến mặt sau ở trên vùng bên trong là 400 micrômet, do độ dày ở trên vùng bên trong là 300 micrômet, và vùng bên trong được đặt cách 100 micrômet từ đáy của rãnh sâu 100 micrômet. Do vậy, các vùng liền kề của mặt sau ở mặt phân cách giữa đường bao ở trên rãnh và vùng ở trên vùng bên trong sẽ ở các khoảng cách khác nhau so với đáy của rãnh lần lượt là 333 micrômet và 400 micrômet, tạo ra khe 67 micrômet giữa hai vùng.

Do không có tính phẳng, nên sẽ có một vùng mỏng liền kề với góc giữa rãnh và vùng bên trong. Phần mỏng này có thể yếu hoặc tạo ra sự gia tăng ứng suất và nói chung là không mong muốn. Việc không có tính phẳng là xấu hơn đối với các rãnh sâu, tạo ra các phần mở rộng lớn hơn quanh đường bao. Điều này là do sự chênh lệch do phần mở rộng bổ sung chắc chắn sẽ có mặt ở mức độ giống như phần mở rộng gia tăng, trừ bớt bổ sung do phần mở rộng bổ sung này sẽ nén đến 1/3 lượng bổ sung. Do vậy, đối với rãnh bao có độ sâu 200 micrômet, khe ở mặt sau là độ chênh lệch 124 micrômet ($=300 - ((1100 \text{ micrômet}/3) - 200)$).

Các xem xét nêu trên cũng có thể được thể hiện theo tỷ lệ cỡ của phần vùng dày được mở rộng, gia tăng, như so sánh với độ dày của vùng mỏng. Nếu bề mặt của vùng mỏng được xem là đáy, thì với phương pháp đóng rắn, thường không thể chế tạo khối có phần tăng thêm mà mở rộng vượt quá bề mặt đáy đến mức mà tỷ lệ của phần mở rộng tăng thêm ở trên đáy so với độ dày của vùng mỏng lớn hơn 0,11. Trong trường hợp bất kỳ, patent '084 không bộc lộ ví dụ bất kỳ về vật thể có tỷ lệ lớn hơn. Chỉ có một ví dụ được bộc lộ trong patent này có vùng mỏng 900 micrômet, với phần tăng thêm nhiều nhất là 100 micrômet, dẫn đến tỷ lệ $100/900 = 0,11$.

Do vậy, mục đích của sáng chế là lát bán dẫn mỏng hơn lát bán dẫn có độ dày tiêu chuẩn 180-200 micrômet tại một số vùng được kiểm soát, mỏng khoảng 80 micrômet tại các phần lớn đáng kể, và thậm chí trong một số trường hợp mỏng 50 đến 60 micrômet, nhưng lát mỏng này đủ bền và khỏe để sử dụng trong các ứng dụng thông thường hoặc các ứng dụng quang điện gần như là thông thường. Một mục đích khác của sáng chế là lát bán dẫn có thể tích chất bán dẫn tương đối nhỏ hơn so với lát bán dẫn tiêu chuẩn có cùng diện tích bề mặt. Một mục đích khác nữa của sáng chế là

phương pháp sản xuất lát bán dẫn mỏng cục bộ nhưng vẫn bền này. Một mục đích khác nữa của sáng chế là phương pháp sản xuất lát bán dẫn có thể tích nhỏ hơn. Một mục đích khác nữa của sáng chế là để tạo ra lát có hình học ba chiều. Mục đích khác nữa của sáng chế là để sản xuất các lát mỏng này có hàm lượng oxy xen kẽ chấp nhận được, chẳng hạn ở giá trị bất kỳ nhỏ hơn 6×10^{17} nguyên tử/ml, và tốt hơn là nhỏ hơn 2×10^{17} nguyên tử/ml. Mục đích được đề cập là tạo ra lát với tổng hàm lượng oxy tổng là giá trị bất kỳ nhỏ hơn $8,75 \times 10^{17}$ nguyên tử/ml (=10ppmw) và tốt hơn là nhỏ hơn $5,25 \times 10^{17}$ nguyên tử/ml (=6ppmw) như được đo bằng phương pháp IGA. Một mục đích khác là lát bán dẫn có các vùng có độ dày khác nhau, trong đó các vùng liền kề có tỷ lệ độ dày lớn hơn 1,28:1. Mục đích được đề cập tiếp theo là lát bán dẫn có các vùng có độ dày khác nhau, trong đó phần mở rộng của vùng dày ở trên lớp đáy của vùng mỏng lớn hơn gấp 0,11 lần độ dày của vùng mỏng. Một mục đích khác nữa của sáng chế là lát bán dẫn có các vùng có độ dày khác nhau, trong đó vùng mỏng tốt hơn là mỏng hơn 180 và theo phương án cụ thể, mở rộng trên ít nhất 80% diện tích bề mặt và nhiều nhất là 95% diện tích bề mặt.

Bản chất kỹ thuật của sáng chế

Sáng chế đề xuất lát bán dẫn có các vùng tương đối dày hơn các vùng khác, vùng dày hơn là ở các vị trí được thiết kế riêng hoặc được kiểm soát của lát. Sáng chế đề xuất lát bán dẫn có bề mặt nói chung là phẳng, ở mặt đáy, có các phần cao lên nhô ra khỏi mặt đáy, và các phần cao lên này nằm ở các vị trí được thiết kế riêng hoặc được kiểm soát của lát. Cụ thể hơn, sáng chế đề xuất lát bán dẫn có vùng bên trong tương đối mỏng và vùng đường bao quanh tương đối dày, do vậy tiêu thụ ít vật liệu bán dẫn hơn lát có độ dày đồng nhất và cũng có hiệu quả cao hơn lát tương đối dày hơn trên phần lớn diện tích bề mặt của nó. Sáng chế còn đề xuất lát có các vùng tương đối mỏng và một hoặc nhiều vùng rời rạc dày hơn, như các gờ, bến, dải, các đảo, đặt cách nhau, như hình chữ nhật, hình tròn, hình học khác, v.v. tạo ra các vùng được gia cố cho các liên kết điện và cơ học hoặc các mối nối khác. Nói chung, sáng chế đề xuất lát mỏng hơn 180 micrômet và có thể mỏng 60 micrômet, thông thường hơn dày hơn 80 micrômet, và theo phương án ưu tiên, vùng mỏng mở rộng trên ít nhất 80% diện tích bề mặt của lát này. Sáng chế cũng đề xuất lát có các phần mỏng mỏng hơn 180 micrômet, và các phần dày, trong đó tỷ lệ độ dày ít nhất là 1,3:1. Sáng chế còn đề xuất

lát tương đối mỏng, có hàm lượng oxy xen kẽ nhỏ hơn 6×10^{17} nguyên tử/ml, và được ưu tiên hơn, hàm lượng oxy xen kẽ nhỏ hơn 2×10^{17} nguyên tử/ml và tốt nhất là, không có oxy xen kẽ phát hiện được. Ngoài ra, các lát có tổng hàm lượng oxy nhỏ hơn $8,75 \times 10^{17}$ nguyên tử/ml (=10ppmw) và tốt hơn là nhỏ hơn $5,25 \times 10^{17}$ nguyên tử/ml (=6ppmw) như được đo bằng phương pháp IGA. Sáng chế còn đề xuất lát có các phần tương đối mỏng và các phần tương đối dày, trong đó các phần tương đối mỏng có độ dày nhỏ hơn 180 micrômet, và các phần tương đối dày mở rộng vượt qua các phần mỏng hơn ít nhất là 40 và nhiều nhất là 120 đến 200 micrômet.

Tất cả các sáng chế nêu trên có thể có lợi bao gồm lát bán dẫn có hàm lượng oxy xen kẽ tương đối nhỏ, nếu có, chẳng hạn nhỏ hơn 6×10^{17} nguyên tử/ml, và tốt hơn nhỏ hơn 2×10^{17} nguyên tử/ml. Mặc dù chênh lệch giữa các giá trị này có thể không có ý nghĩa đặc biệt, về hoạt động, nhưng chênh lệch giữa giá trị lớn hơn 6×10^{17} nguyên tử/ml và nhỏ hơn giá trị này và tốt hơn nhỏ hơn 2×10^{17} nguyên tử/ml là rất có ý nghĩa về mặt tạo ra hiệu quả quang điện. Các chất bán dẫn dùng cho ứng dụng quang điện có hàm lượng oxy xen kẽ 6×10^{17} nguyên tử/ml hoặc lớn hơn đem lại hiệu quả thấp và mức thoái hóa do ánh sáng gây ra >2%, trong khi lát có hàm lượng oxy xen kẽ 2×10^{17} nguyên tử/ml hoặc nhỏ hơn có thể tốt hơn và có mức thoái hóa do ánh sáng gây ra thấp hơn đáng kể <2%. Tất cả các sáng chế nêu trên cũng có thể có lợi bao gồm lát bán dẫn có hàm lượng oxy tổng tương đối nhỏ, nếu có, chẳng hạn, nhỏ hơn $8,75 \times 10^{17}$ nguyên tử/ml (=10ppmw) và tốt hơn là nhỏ hơn $5,25 \times 10^{17}$ nguyên tử/ml (=6ppmw).

Sáng chế còn đề xuất pin năng lượng mặt trời chứa các lát này, một số lát này có thể có các liên kết điện tại các vùng tương đối dày, như nêu trên, và còn đề xuất các môđun năng lượng mặt trời chứa các pin năng lượng mặt trời này được liên kết với nhau qua các liên kết điện này và các phần lát dày, cũng có ưu điểm về hiệu quả cao do độ dày toàn bộ của các lát hợp phần như nêu trên. Sáng chế còn đề xuất phương pháp sản xuất lát bất kỳ và tất cả các lát có độ dày khác nhau, pin và môđun nêu trên.

Theo một phương án, độ dày của toàn bộ vùng quanh đường bao của lát có thể dày hơn độ dày ở vùng bên trong hoặc vùng tâm. Ví dụ, vùng bên trong có thể dày xấp xỉ 100 micrômet, với vùng đường bao có độ dày xấp xỉ 180-200 micrômet. Đường bao dày hơn thường mở rộng, xấp xỉ từ 1 đến 3 mm hướng vào trong từ cạnh như được thể hiện trên Fig.1. Theo cách này, độ bền của cạnh của lát sẽ tương tự như độ bền của

cạnh của lát có độ dày đồng nhất thông thường.

Như được mô tả dưới đây, các cạnh dày hơn có thể có nhiều hình dạng và có nhiều đặc tính.

Theo phương án khác, các vùng được chọn cụ thể nằm trong vùng bên trong của lát có thể tương đối dày hơn so với các vùng khác. Ví dụ, lát có thể được tạo ra có các sọc có độ dày lớn hơn trong các vùng mà sau đó sẽ nhận các thanh bus kết nối. Fig.2 thể hiện một ví dụ về lát có các sọc dày này. Các sọc này tạo ra các vùng chắc hơn, chịu nứt gãy tốt hơn để chống lại các ứng suất của các liên kết bằng điện, như hàn hoặc kết dính với chất bán dẫn kim loại dày hơn.

Các phương án khác có các kết hợp của đường bao và vùng bên trong dày tương đối được dự định là sáng chế và được mô tả dưới đây. Các phương án trong đó chỉ có các phần của đường bao hoặc vùng bên trong được làm dày cũng được xem là các sáng chế và được mô tả dưới đây.

Sáng chế còn đề xuất pin năng lượng mặt trời sử dụng các lát có biên dày hoặc có các vùng dày, bên trong mỏng. Pin này nhẹ hơn, rẻ tiền hơn, bền hơn và hiệu quả hơn pin năng lượng mặt trời chứa các lát bán dẫn dày đồng nhất thông thường như các bộ gom năng lượng mặt trời của chúng. Các liên kết điện cần thiết để liên kết pin này với pin kia để tạo ra một môđun có thể được tạo ra để các lát có ít nguy cơ hư hỏng hơn.

Sáng chế còn đề xuất môđun bao gồm các pin năng lượng mặt trời theo sáng chế, gồm các lát bán dẫn theo sáng chế. Các môđun này có hiệu quả cao hơn, nhờ độ mỏng của lát, nhưng không phải là dễ gãy ở mức không chấp nhận được do độ bền được tạo ra ở một hoặc cả hai vùng đường bao tương đối dày và vùng tương đối dày cho các liên kết điện.

Sáng chế còn đề xuất phương pháp sản xuất lát có vùng đường bao dày, bên trong mỏng này hoặc lát có các vùng dày chọn lọc và các vùng khác mỏng. Một phương pháp như vậy dựa trên phương pháp sản xuất lát Direct Wafer® (DW), có những cải biến sáng tạo, có ý nghĩa được mô tả trong bản mô tả này. Phương pháp cơ bản được mô tả đầy đủ trong bằng sáng chế về công nghệ Direct Wafer nêu trên. Một số cải biến của phương pháp theo công nghệ DW là sáng chế được mô tả dưới đây. Lát được tạo ra dựa trên phương pháp Direct Wafer® được cải biến có hàm lượng oxy xen kẽ nhỏ hơn 6×10^{17} nguyên tử/ml, và thường nhỏ hơn 2×10^{17} nguyên tử/ml thậm chí

ít đến mức không có oxy xen kẽ phát hiện được. Ngoài ra, các lát này có tổng hàm lượng oxy tổng nhỏ hơn $8,75 \times 10^{17}$ nguyên tử/ml (=10ppmw) và thường nhỏ hơn $5,25 \times 10^{17}$ nguyên tử/ml (=6ppmw).

Độ dày của lát được tạo ra trên khuôn theo phương pháp công nghệ DW tùy thuộc vào lượng nhiệt thải ra từ vật liệu bán dẫn nóng chảy và sau đó đông rắn tại vị trí quan tâm và một phần tùy thuộc vào tốc độ thoát nhiệt (dòng nhiệt) ở vị trí đó. Độ dày của silic đông rắn có giới hạn trên, dựa trên tổng lượng nhiệt thải ra. Điều này là do có một lượng nhiệt riêng phải được tách ra khỏi chất lỏng để làm đông lạnh nó. Lượng nhiệt này được gọi là ẩn nhiệt nóng chảy. Chẳng hạn, đối với silic, ẩn nhiệt nóng chảy là $4,138 \text{ kJ/cm}^3$. Do vậy, để làm lạnh khối silic, lượng nhiệt thải cục bộ phải là $41,4 \text{ J/cm}^2$ cho mọi độ dày lát là 100 micrômet. Điều này giả định rằng tất cả nhiệt tỏa ra từ vật liệu nóng chảy là ẩn nhiệt. Nói cách khác, điều này giả định rằng vật liệu nóng chảy đã ở nhiệt độ đông lạnh rồi. Tuy nhiên, nếu lượng nhiệt này thải ra quá chậm- trong một khoảng thời gian quá dài- nhiệt được dẫn vào lát đã đông rắn từ vật liệu nóng chảy nóng hơn ở dưới, do đó làm giảm lượng nhiệt thực thải ra từ vật liệu nóng chảy và do đó làm giảm độ dày của lát thu được. Do vậy, trong trường hợp thải chậm đó, thậm chí nếu lượng nhiệt cần thiết được thải ra, vật liệu nóng chảy sẽ làm nóng lại vật liệu hóa rắn và do đó nó sẽ không đông lạnh ở cùng mức.

Đã xác định được rằng, theo sáng chế, nhiệt tương đối lớn được thải ra tại một vùng, khi so sánh với vùng khác, dẫn đến việc tạo ra vùng lát tương đối dày tại vị trí có sự thoát nhiệt tương đối lớn. Ngược lại, sự thải nhiệt tương đối ít ở một vùng khi so sánh với vùng khác dẫn đến việc tạo ra vùng lát tương đối mỏng tại vị trí có sự thải nhiệt tương đối ít. Thông thường, các vị trí có dòng nhiệt lớn cũng có sự thải nhiệt lớn hơn và các vị trí có dòng nhiệt nhỏ cũng có sự thoát nhiệt ít.

Với các nguyên nhân được giải thích dưới đây, phương pháp được sử dụng để sản xuất lát theo sáng chế khác với phương pháp công nghệ Direct Wafer® ở mức độ quan trọng, đến mức khối mà mang lại hình dạng của lát, tương tự với tấm khuôn hoặc khuôn vì các thuật ngữ này được sử dụng trong patent công nghệ DW, không có chức năng làm khuôn thông thường. Chức năng của khối này được giải thích dưới đây. Với lý do này, khối này thường được gọi là khuôn hoặc trong một số trường hợp, là mẫu và không phải là khuôn đúc.

Ví dụ để tạo ra lát có vùng đường bao tương đối dày, việc này có thể đạt được

bằng cách kiểm soát dòng nhiệt từ vật liệu bán dẫn nóng chảy đến tấm khuôn, sao cho có lượng nhiệt lớn hơn được thải ra từ vật liệu nóng chảy quanh đường bao, ở các vùng mà ở đó mong muốn lát dày, so với vùng bên trong. Lát được tạo ra sẽ có đường bao dày hơn ở bên trong. Tương tự, đối với các sọc tương đối dày hơn hoặc các hình học khác, đặc biệt liên quan đến các liên kết điện, nhiệt thải ra tương đối lớn ở các vị trí mong muốn là tương đối dày, sẽ tạo ra độ dày tương đối lớn này, khi so với các vùng mà nhiệt thải ra tương đối ít.

Dưới đây thảo luận nhiều cách thức khác nhau để tạo ra sự chênh lệch về mức thoát nhiệt được kiểm soát, thiết kế tại vùng được thiết kế, định vị riêng so với vùng khác, nhưng không chỉ giới hạn ở ở: việc tạo ra một hoặc nhiều vùng lớp phủ trên tấm khuôn mà làm chậm (hoặc nếu muốn, tăng cường) sự thoát nhiệt như so với các vùng không được phủ; tạo ra các vùng có độ dày của tấm khuôn khác nhau tại các vị trí khác nhau của tấm khuôn, và do vậy có lượng nhiệt nhiều hơn hoặc ít hơn tại các vị trí khác nhau, các vùng dày thường có lượng nhiệt nhiều hơn và sự thoát nhiệt nhiều hơn so với các vùng mỏng có lượng nhiệt ít hơn và sự thoát nhiệt ít hơn; tạo ra các mức áp suất chênh lệch khác nhau ở các vị trí khác nhau trên bề mặt tấm khuôn; tạo ra các đặc tính nhiệt cục bộ khác nhau trong bản thân tấm khuôn, như do chứa các chỗ trống, do đó có nhiệt lượng ít hoặc chèn các vật liệu khác, do đó mức thoát nhiệt khác nhau tại các vị trí khác nhau này; tạo ra các độ thấm khác nhau trong khuôn tại các vị trí khác nhau, nhờ đó tạo ra các mức thoát nhiệt khác nhau do chính độ thấm đó hoặc do các mức chênh lệch áp suất nhau sinh ra do độ thấm khác nhau.

Phần dưới đây mô tả việc tạo ra lát bán dẫn chủ yếu cho các ứng dụng quang điện, chẳng hạn, trong việc tạo ra lát thu năng lượng mặt trời. Lát thông thường là hình vuông 156mm x 156mm, tạo ra bề mặt thu năng lượng mặt trời, nhìn chung là phẳng. Các lát này có độ dày, trực giao với mặt phẳng này, thường nằm trong khoảng từ 180 đến 200 micrômet. Đây là kích thước độ dày mà là trọng tâm của phần thảo luận dưới đây, và các thuật ngữ mỏng và dày thường được dùng để chỉ cỡ của cấu trúc theo chiều này trực giao với mặt phẳng của bề mặt thu năng lượng mặt trời. Các cấu trúc được mô tả có kích thước nằm trong mặt phẳng của bề mặt gom năng lượng mặt trời. Thuật ngữ rộng và hẹp hoặc thuật ngữ tương tự thường được dùng để chỉ kích thước của các cấu trúc này trong mặt phẳng của bề mặt gom năng lượng mặt trời. Cũng có thể tạo ra lát cho các ứng dụng khác. Các ví dụ được nêu chỉ nhằm giải thích và không

làm giới hạn sáng chế được yêu cầu bảo hộ trong bản mô tả này ở các ứng dụng quang điện, trừ khi được quy định trong yêu cầu bảo hộ.

Lát được sản xuất theo phương pháp nóng chảy trực tiếp được thảo luận trên đây có hàm lượng oxy xen kẽ thấp mong muốn nhỏ hơn 6×10^{17} nguyên tử/ml, và thông thường nhỏ hơn 2×10^{17} nguyên tử/ml và thậm chí ít đến mức không có oxy xen kẽ có thể phát hiện được. Ngoài ra, các lát này có tổng hàm lượng oxy nhỏ hơn $8,75 \times 10^{17}$ nguyên tử/ml (=10ppmw) và thường nhỏ hơn $5,25 \times 10^{17}$ nguyên tử/ml (=6ppmw).

Các đối tượng này và các đối tượng khác được mô tả trong bản mô tả này sẽ được hiểu rõ hơn khi tham chiếu đến các hình vẽ.

Mô tả vắn tắt các hình vẽ

Fig.1 là sơ đồ về lát theo sáng chế, có vùng bên trong tương đối mỏng có độ dày 100 micrômet và vùng đường bao tương đối dày có độ dày 200 micrômet, vùng bên trong mỏng hơn lát PV silic có độ dày tiêu chuẩn 180 đến 200 micrômet, vùng đường bao dày này có bề rộng xấp xỉ 2mm và có cạnh trong dốc;

Fig.1A là hình vẽ phóng to của lát trên Fig.1 tại A;

Fig.1B là hình vẽ mặt cắt ngang của lát trên Fig.1 theo đường B-B, thể hiện rằng vùng đường bao dày hơn vùng bên trong;

Fig.2 là hình vẽ dưới dạng sơ đồ về lát theo sáng chế, có vùng trong mỏng 100 micrômet và vùng dày 200-300 micrômet bao gồm các sọc để liên kết dây bus;

Fig.2A là hình vẽ mặt cắt ngang được phóng to của lát trên Fig.2 theo đường A-A, thể hiện rằng (các) sọc dày hơn các vùng bên trong liên kết và có các cạnh dốc;

Fig.3 là biểu đồ thể hiện mối quan hệ giữa hiệu suất của pin và độ dày của lát của cấu trúc pin PERC;

Fig.4 là sơ đồ về lát theo sáng chế, có vùng bên trong tương đối, chẳng hạn có độ dày 100 micrômet, và vùng đường bao tương đối 150 micrômet và bề rộng 1,5mm và các vùng gồm các sọc, tương đối dày hơn vùng bên trong, có độ dày xấp xỉ 150 micrômet và bề rộng 2,7mm;

Fig.4A là hình vẽ phóng to của vùng A trên Fig.4.

Fig.5 là sơ đồ về lát theo sáng chế, có vùng bên trong tương đối mỏng 100 micrômet và vùng đường bao tương đối dày 200 micrômet, vùng đường bao dày có bề rộng 1mm và có góc cắt tại cạnh bên trong của nó;

Fig.5A là hình vẽ phóng to vùng đường bao của lát trên Fig.5 tại A;

Fig.5B là hình vẽ mặt cắt ngang của lát trên Fig.5 theo đường A-A, thể hiện rằng vùng đường bao dày hơn vùng bên trong;

Fig.6 là sơ đồ về lát theo sáng chế, có vùng bên trong rất mỏng có độ dày 60 micrômet và vùng đường bao dày 200 micrômet, vùng đường bao có bề rộng xấp xỉ 2mm và có cạnh trong dốc tạo ra vùng chuyển tiếp 0,4mm;

Fig.6A là hình vẽ phóng to của vùng đường bao của lát trên Fig.6 tại A;

Fig.6B là hình vẽ mặt cắt ngang của lát trên Fig.6 theo đường A-A, thể hiện rằng vùng đường bao dày hơn vùng bên trong;

Fig.7 là sơ đồ của lát theo sáng chế, có vùng bên trong tương đối mỏng 100 micrômet và vùng đường bao tương đối dày 200 micrômet, sự chuyển tiếp từ vùng bên trong mỏng sang vùng đường bao dày là rất từ từ, để vùng dày có bề rộng là 2mm, với vùng chuyển tiếp là khoảng 2 mm so với độ dày của vùng bên trong;

Fig.7A là hình vẽ phóng to của vùng đường bao của lát trên Fig.7 tại A;

Fig.7B là hình vẽ mặt cắt ngang của lát trên Fig.7 theo đường A-A, thể hiện rằng vùng đường bao dày hơn vùng bên trong;

Fig.8 là sơ đồ về lát theo sáng chế, có vùng bên trong mỏng 100 micrômet và các bên gia cố dây bus được đặt cách nhau, tương đối dày có bề rộng xấp xỉ 2,4mm, kéo dài từ vùng đường bao làm thon nhọn từ độ dày 200 micrômet tại cạnh này đến độ dày của vùng bên trong, không có vùng đường bao dày hơn thông thường ngoài các cạnh của bên;

Fig.8A là hình vẽ phóng to của vùng A trên Fig.8.

Fig.9 là sơ đồ về lát theo sáng chế, có vùng bên trong tương đối mỏng 100 micrômet, và vùng biên tương đối dày có độ dày xấp xỉ 150 micrômet và bề rộng 1,5mm và các bên dây bus được đặt cách nhau có bề rộng xấp xỉ 2,7mm, kéo dài hướng vào trong từ vùng biên dày này, thon nhọn từ độ dày của vùng biên tại cạnh này đến độ dày của vùng bên trong;

Fig.9A là hình vẽ phóng to của vùng A trên Fig.9.

Fig.10 là sơ đồ về lát theo sáng chế có vùng bên trong tương đối mỏng, chẳng hạn, dày 100 micrômet, và vùng biên tương đối dày xấp xỉ 150 micrômet và bề rộng 1,5mm và các bên dây bus đặt cách nhau có bề rộng xấp xỉ 2,7mm, kéo dài hướng vào trong từ vùng biên dày, thon nhọn từ độ dày của vùng biên, có độ dày xấp xỉ 150

micrômet tại cạnh này đến độ dày của vùng bên trong, chẳng hạn, 100 micrômet và các đảo dây bus được đặt trên chiều rộng của lát để hỗ trợ các dây bus;

Fig.11 là sơ đồ về hai lát như được thể hiện trên Fig.11, có bên và đảo và vùng bên trong mỏng, có màng kim loại và liên kết với hai dây bus;

Fig.11A là sơ đồ của hình vẽ phóng to phần A trên Fig.11, thể hiện một phần của dây bus đơn và màng kim loại và một bên và đảo;

Fig.11B là hình vẽ được cắt rời một phần của phần lát được phóng to được thể hiện trên Fig.11A, với thành phần thanh bus được loại bỏ để thể hiện màng kim loại ở bên dưới;

Các Fig.12A, 12B, 12C, 12D và 12E, thể hiện, dưới dạng sơ đồ, các giai đoạn phủ của lớp chức năng mà được lắng phủ trong hai bước tạo ra lát có vùng bên trong mỏng và vùng đường bao dày, với:

Fig.12A thể hiện tấm khuôn có lớp chức năng thứ nhất được tạo ra trên toàn bộ bề mặt của nó;

Fig.12B thể hiện tấm khuôn của Fig.12A có màn chắn quanh đường bao của nó;

Fig.12C thể hiện khuôn của Fig.12B được chắn có lớp chức năng thứ hai được lắng trên vùng bên trong của màn chắn;

Fig.12D thể hiện tấm khuôn của Fig.12C với màn chắn được bỏ ra, thể hiện hai lớp chức năng chồng lên nhau có diện tích bề mặt khác nhau; và

Fig.12E thể hiện khuôn của Fig.12D được lật để mặt khu vực nóng chảy quay xuống dưới, như khi khuôn này trong ứng dụng thông thường;

Các Fig.13A, 13B, 13C và 13D, thể hiện, dưới dạng sơ đồ, các các giai đoạn phủ của hai lớp xen giữa:

Fig.13A thể hiện khuôn riêng rẽ;

Fig.13B thể hiện tấm khuôn của Fig.13A có một lớp xen giữa thứ nhất phủ lên toàn bộ bề mặt;

Fig.13C thể hiện tấm khuôn đã phủ của Fig.13B có lớp xen giữa khác phủ lên vùng bên trong, tạo ra lát có vùng bên trong mỏng và vùng đường bao dày; và

Fig.13D thể hiện khuôn của Fig.13C được lật để mặt khu vực nóng chảy quay xuống dưới, như khi khuôn này trong ứng dụng thông thường;

Fig.14A thể hiện, dưới dạng sơ đồ, tấm khuôn được phủ bởi các dải vật liệu chức năng, được lắng phủ ở dạng bột hoặc dạng lỏng hoặc là các khối giữa đứng tự do;

và

Fig.14B thể hiện khuôn của Fig.14A được lật để mặt khu vực nóng chảy quay xuống dưới, như trong quá trình sử dụng;

Fig.15 thể hiện, dưới dạng sơ đồ, mặt cắt ngang một phần, tấm khuôn có hai lớp vật liệu chức năng và lát được tạo ra trên bề mặt vùng nóng chảy của tấm khuôn;

Fig.16 thể hiện dưới dạng sơ đồ mặt cắt ngang một phần, lát của Fig.15, tách ra khỏi tấm khuôn;

Fig.17 thể hiện, dưới dạng sơ đồ, tấm khuôn có độ dày khác nhau ở các vùng khác nhau, với vùng bên trong mỏng hơn và vùng đường bao dày hơn;

Fig.18 thể hiện, dưới dạng sơ đồ, mặt cắt ngang một phần, tấm khuôn có độ dày khác nhau và lát được tạo ra trên bề mặt vùng nóng chảy của tấm khuôn;

Fig.19 thể hiện, dưới dạng sơ đồ, tấm khuôn có độ dày khác nhau tại các vùng khác nhau, như trên Fig.17, với vùng bên trong mỏng và vùng đường bao dày tạo ra một sọc, bến và đảo;

Fig.19A thể hiện, dưới dạng sơ đồ, theo mặt cắt ngang, khuôn của Fig.19 theo đường A-A;

Fig.19B thể hiện, dưới dạng sơ đồ, theo mặt cắt ngang, khuôn của Fig.19 theo đường B-B;

Fig.20A thể hiện, dưới dạng sơ đồ, theo mặt cắt ngang một phần, phần tấm khuôn có độ dày khác nhau được thể hiện trên Fig.19A, với lát được tạo ra trên bề mặt vùng nóng chảy của tấm khuôn;

Fig.20B thể hiện, dưới dạng sơ đồ, theo mặt cắt ngang một phần, phần tấm khuôn có độ dày khác nhau được thể hiện trên Fig.19B, với lát được tạo ra trên bề mặt vùng nóng chảy của tấm khuôn;

Fig.21 thể hiện tấm khuôn có các lỗ được bố trí trong vùng bên trong, tạo ra tấm khuôn có các đặc tính nhiệt khác nhau ở các vùng bên trong của nó, khi so sánh với các vùng đường bao, có các lỗ được thể hiện dưới dạng sơ đồ, để đơn giản hóa việc minh họa.

Mô tả chi tiết sáng chế

Sáng chế mô tả ở đây đề cập đến các lát bán dẫn và phương pháp tạo ra các lát này. Các lát bán dẫn có thể áp dụng cụ thể dùng cho các bộ phận quang điện, và

phương pháp chế tạo các lát và các bộ phận quang điện này, mặc dù chúng có thể được dùng để tạo ra các sản phẩm giống lát cho các mục đích khác. Các lát silic được mô tả là một ví dụ, nhưng sáng chế không giới hạn ở silic làm chất bán dẫn. Tương tự, mặc dù các ứng dụng quang điện được mô tả làm ví dụ, các phương pháp mô tả ở đây có thể được sử dụng với sản phẩm bán dẫn bất kỳ sản xuất từ khối vật liệu nóng chảy, bằng cách sử dụng vật rỗng như khuôn mô tả ở đây mà được mong muốn là có các vùng mỏng hơn so với vùng khác, mà dày hơn, và ngoài ra, cụ thể là, các vùng mỏng khá mỏng, và được gia cố đến mức độ nào đó bởi sự hiện diện của các vùng đặc.

Như mô tả ở trên, nói chung sáng chế mô tả ở đây có thể đề cập đến các lát mà mỏng hơn, trên hầu hết diện tích bề mặt của chúng, so với các lát quang điện chuẩn, các lát này thường dày từ 180 đến 200 micrômet. Các lát theo sáng chế này cũng có các vùng dày hơn, mà có thể giúp tạo ra độ bền lớn hơn so với lát có chiều dày đồng nhất nhỏ hơn 180 micrômet, như các vùng đường bao dày hơn, hoặc các sọc dày hơn, đảo, các gờ mở rộng, bển, các vấu đỡ hoặc hình học khác cho đường nối điện. Các đặc điểm khác ngoài độ bền cũng có thể được mang lại bởi các cấu trúc dày hơn khác này, như độ cứng tăng cường để nối điện. Như được dùng ở đây, khi nói rằng lát có vùng bên trong mỏng hơn, có nghĩa là phần lớn các vùng bên trong là mỏng hơn, ngoại trừ các dạng hình học khác, như đường sọc, đảo, v.v. Nói chung, ít nhất 50% vùng bên trong sẽ có kích thước mỏng hơn, và phổ biến hơn là nhiều hơn 80% hoặc 90% có kích thước mỏng hơn. Nói chung, các lát theo sáng chế này có các vùng bên trong mỏng hơn 140 micrômet, và tốt hơn là, mỏng hơn 100 micrômet, đến mức 60 micrômet. Có thể sản xuất, bằng một số biện pháp đặc biệt, các lát thậm chí mỏng hơn 60 micrômet. Nói chung, tỷ lệ của các vùng tương đối dày hơn so với các vùng tương đối mỏng hơn sẽ nằm trong khoảng từ 1,3:1 đến 3:1, tuy nhiên, tỷ lệ của các vùng này có thể nhỏ hơn hoặc lớn hơn. Trong trường hợp chung nhất, người ta thấy rằng để sử dụng quang điện, vùng mỏng hơn sẽ không có khả năng mỏng hơn 50 micrômet, và vùng dày hơn sẽ không có khả năng dày hơn 250 micrômet. Lát có cả hai cực hạn độ dày này có thể có trong tương lai, mặc dù có nhiều khả năng là cả hai giới hạn này sẽ không được tìm thấy trong cùng một lát trong thực tiễn hiện nay.

Ý nghĩa của các vùng dày và vùng mỏng được dùng ở đây, cần một số lời giải thích do sự biến thiên tự nhiên về độ dày của các lát quang điện của dây truyền thống. Các lát quang điện của dây này thường có dạng hình nêm, theo hướng mạch của, vì

dây cắt đi vào cạnh dẫn vào của thỏi để cắt lát ra, huyền phù đặt để cắt, ví dụ SiC, phá hủy và còn mang Si mài mòn theo nó, tạo ra sự thay đổi độ dày vết cưa khi dây đi qua đến cạnh đầu ra của thỏi được cưa. Do đó, nhiều vật liệu được lấy ra từ thỏi ở phần sau của đường cắt hơn là ở phần đầu. Độ biến động về độ dày phổ biến cho lát được cưa sẽ là giữa 10 và 30 micrômet, với sự thay đổi độ dày là có hệ thống theo tự nhiên từ cạnh này đến cạnh khác. Độ dày của lát song song với chiều dài của dây cắt xấp xỉ bằng nhau từ đầu này đến đầu kia của dây. Sự biến động phát sinh theo hướng dọc theo hướng dây di chuyển. Nói chung, sự chênh lệch về độ dày trong lát do các nguyên nhân liên quan đến vết cưa nhỏ hơn hoặc bằng 20% phần dày hơn.

Như được sử dụng ở đây, khi đề cập rằng một vùng của lát theo sáng chế dày hơn so với vùng khác, điều này có nghĩa là sự biến động về độ dày cục bộ, được thiết kế đặc biệt là có và đã được tạo ra. Sự sắp đặt của các biến thiên này được thiết kế và kiểm soát một cách đặc biệt. Thuật ngữ dày hơn, được dùng để chỉ một cái gì đó khác biệt, do sự biến thiên do cưa mô tả ở trên, từ cạnh trước đến cạnh sau của vết cưa. Xét từ quan điểm tỷ lệ, chênh lệch về độ dày của lát do sự chênh lệch được kiểm soát cục bộ, có thiết kế đặc biệt thường lớn hơn hoặc bằng 20% độ dày của phần dày hơn.

Như được dùng ở đây, độ dày của vùng có nghĩa là độ dày trung bình, như được đo bằng cách sử dụng các cảm biến độ dày điện dung từ mặt này lát đến mặt đối diện của lát, mà tạo ra bản đồ độ dày x-y theo vị trí. Ví dụ xét lát có vùng bên trong rộng và mỏng, và vùng thứ hai dày hơn (hoặc vùng liên tục như đường bao, hoặc các phần vùng không kề nhau như các đảo hoặc các bãi, được mô tả dưới đây), như bản đồ x-y của bề mặt lát này có thể loại trừ (các) vùng thứ hai (có độ dày lớn hơn). Có thể có sự biến thiên về độ dày trong vùng thứ nhất mỏng hơn. (Ví dụ, TTV hoặc Biến thiên độ dày tổng (Total Thickness Variation) được tính là cực đại trừ cực tiểu của tất cả các điểm trên bản đồ của các lát tạo ra theo sáng chế này có thể nằm trong khoảng từ 40 đến 80 micrômet cho lát dày 200 micrômet) nhưng độ dày trung bình của vùng thứ nhất sẽ nhỏ hơn đáng kể ($> 20\%$) so với độ dày trung bình của vùng thứ hai.

Trong trường hợp vùng thứ 2 có đường bao hẹp, phương pháp đo để xác định độ dày có thể khác nhau, như máy ảnh có tầm nhìn ở cạnh, vì các cảm biến điện dung có điểm đo vào khoảng $\sim 5\text{mm}$ và không thể phát hiện các rãnh hẹp.

Phần sau trước tiên sẽ mô tả một vài loại khác nhau và hình học của các lát theo sáng chế. Sau đó sẽ mô tả về các phương pháp tạo ra các lát này.

Fig.1 thể hiện bằng sơ đồ lát 100 có dải 110 của vùng bên trong 120, vùng này mỏng hơn 180 micrômet, ví dụ khoảng 100 micrômet. Vùng đường bao 130 có thể dày hơn, ví dụ dày từ 180 đến 250 micrômet, mà bao gồm trong phạm vi của nó, phạm vi cho toàn bộ độ dày của lát PV silic chuẩn. Do đó, tỷ lệ độ dày của phần dày hơn so với độ dày của phần mỏng hơn tối thiểu là 1,8:1, tỷ lệ này sẽ không thể đạt được nếu sử dụng công nghệ dựa trên bột, như được mô tả trong bằng sáng chế '084. Chu vi dày hơn 130 thường có thể mở rộng từ 0,5 đến 3 mm vào bên trong từ cạnh, như thể hiện trên Fig.1, tốt hơn là từ 1 đến 2 mm. Do đó, chiều rộng w của nó có thể nằm trong khoảng từ 1 đến 3 mm. Góc trong 134 bị dốc, từ đường bao cao hơn, dày hơn 130, đến vùng bên trong thấp hơn, mỏng hơn 120. Độ bền của cạnh 132 của lát 100 sẽ tương tự độ bền của cạnh của lát bình thường. Phương án thể hiện trên Fig.1 có chiều rộng đường bao w là 2 mm, với vùng chuyển tiếp dần dần từ dày đến mỏng vào khoảng 0,4 mm.

Trong thực tế, theo một số cách, đường bao dày hơn 130 sẽ bền hơn so với cạnh có cùng độ dày trong lát có độ dày đồng nhất của trường hợp bình thường. Ví dụ, khi lát 100 theo sáng chế, với vùng trung tâm tương đối mỏng 110 và cạnh tương đối dày 132, va chạm với đế lát hoặc bộ phận phân cứng khác, lát này sẽ gây ít lực hơn so với lát có độ dày đồng nhất, bởi vì lát mỏng hơn trung bình 100 sẽ có khối lượng nhỏ hơn và do đó động lượng nhỏ hơn, và do đó cần lực thấp hơn để dừng. Hơn nữa, lát có phần bên trong mỏng hơn có thể chịu sự biến dạng và uốn cong nhiều hơn trong vùng bên trong này so với lát có độ dày chuẩn. Ngay cả vùng biên dày hơn có thể chịu sự uốn cong nhiều hơn toàn bộ lát có độ dày như nhau, bởi vì vùng biên dày hơn này uốn cong giống như một thanh xà, trong khi lát có độ dày như nhau uốn cong giống như một tấm, như được hiểu trong lĩnh vực cơ học chất rắn. Do đó, lát có đường bao dày bên trong mỏng nói chung là bền hơn và khỏe hơn lát bình thường có độ dày đều bình thường, hoặc lát mỏng có độ dày đều (mặc dù mỏng hơn).

Hơn nữa, lát này, do độ mỏng tương đối tổng thể của nó, chứ không phải là ở đường bao hay các vùng dày khác của nó, có hiệu quả cao hơn trong cấu trúc pin mà tạo ra sự kết hợp bề mặt thấp và bẫy ánh sáng tốt, như PERC đề cập ở trên. Lát có biên dày (hoặc các vùng dày) và bên trong mỏng này, chứa ít vật liệu bán dẫn đáng kể hơn so với lát dày đều thông thường có độ bền tương tự hoặc kém hơn hoặc hiệu quả tương tự hoặc kém hơn, hoặc cả hai.

Do đó, lát theo sáng chế có chi phí vật liệu thấp hơn đáng kể vì nó chứa ít vật liệu bán dẫn hơn lát dày đều. Ví dụ, lát có các kích thước nêu trên, bên trong dày 100 micrômet, đường bao dày 200 micrômet, rộng 2 mm, chứa khoảng 60% chất bán dẫn hoặc ít hơn mà cần dùng cho lát chiều dày 200 micrômet dày đều.

Ví dụ, thể tích của lát tiêu chuẩn, mà có chiều dày 156mm x 156mm x 200 micrômet, là 4,87 centimet khối và khối lượng của nó vào khoảng 11,2 gam. Lát mà có phần trung tâm có độ dày 100 micrômet và biên rộng 2mm tức là độ dày 200 micrômet, có thể tích 2,56 centimet khối và khối lượng khoảng 5,88 gam, tiết kiệm khoảng 50% khối lượng của lát chuẩn.

Như được dùng ở đây, vùng đường bao là vùng mà gần như bao quanh toàn bộ biên của lát có hình dạng bất kỳ, có thể là hình vuông, hình chữ nhật, hình tròn, hoặc hình dạng bất kỳ khác.

Theo một phương án khác, một số vùng nhất định ở vùng trong của lát được làm dày hơn, vì lý do chức năng cụ thể. Ví dụ, như thể hiện bằng sơ đồ dựa vào Fig.2, lát 200 có thể có các sọc 240a, 240b, 240i (các sọc trung gian không được thể hiện trên hình vẽ), 240c, hoặc độ dày lớn hơn, nằm trong các vùng của lát 200 mà sau này sẽ nhận thanh bus liên kết. Nếu không thì các sọc từ 240a đến 240c được bố trí trong vùng bên trong 210 mỏng hơn lát có độ dày từ 180 đến 200 micrômet bình thường, chẳng hạn có độ dày 100 micrômet. Các sọc này có thể có độ dày 250 micrômet, mặc dù chúng không cần thiết cho mục đích này. Tin rằng độ dày cho các mối nối điện giữa 150 và 250 micrômet là có lợi. Do đó, tỷ lệ độ dày của phần dày hơn với độ dày của phần mỏng hơn tối thiểu là 1,5:1, trong đó tỷ lệ này sẽ không thể đạt được nếu sử dụng công nghệ dựa trên bột, như được mô tả trong bằng sáng chế '084.

Độ dày của các vùng đường bao và các vùng bên trong dày hơn bất kỳ có thể được lựa chọn tương quan với độ dày của vùng trung tâm. Thông thường, tỷ lệ độ dày của các vùng dày so với các vùng mỏng nằm trong khoảng từ 1,28:1 đến 3:1, nhưng có thể lớn bằng 5:1 cho một số mục đích điển hình. Theo một cách khác, đối với tỷ lệ kích thước của phần mở rộng của vùng dày hơn vượt trên mức nền của bề mặt vùng mỏng hơn, so với độ dày của vùng mỏng hơn, tỷ lệ đó thường ở nằm trong khoảng từ 0,28 đến 4.

Như đã biết trong lĩnh vực này, đối với một số loại cấu trúc pin, hiệu suất của pin mặt trời mà có lát tương đối mỏng hơn có thể cao hơn so với pin mặt trời có lát

tương đối dày. Các loại cấu trúc pin thuộc loại này bao gồm, nhưng không chỉ giới hạn ở: PERC (Passivated Emitter Rear Contact) và PASHA. Trong cấu trúc PASHA, mặt sau của pin bao gồm vùng pha tạp nhiều, tạo ra trường mặt sau, mà, như đã biết trong lĩnh vực, đẩy các hạt tải phụ về phía trước của pin. Vật dẫn ở mặt sau của vật dẫn pin có dạng ngón tay, chứ không phải là toàn bộ vùng kim loại. Bề mặt silic giữa các ngón tay này có thể được làm thụ động hoá, mà khi kết hợp với các trường mặt sau, tạo ra sự thụ động hóa toàn diện. Ánh sáng hồng ngoại đến được phía sau của pin có thể gặp phải bộ phản xạ quang học tốt và tái nhập vào pin. Cấu trúc này có thể thích hợp một cách đặc biệt với lát mỏng, vì vùng phủ kim loại nhỏ hơn ở mặt sau sẽ làm cho lát ít bị cong do sự giãn nở nhiệt không phù hợp giữa silic và kim loại phía sau. Việc này do một số nguyên nhân vật lý.

Việc sử dụng lát mỏng hơn có thể tăng hiệu suất của pin được lắp trên lát này bằng cách tăng cả điện áp hở mạch (V_{oc}) và dòng ngắn mạch (I_{sc}). V_{oc} tăng lên vì có ít sự tái hợp các hạt tải phụ trong phần lớn lát, vì khối lát này nhỏ, chính xác là do lát mỏng hơn. Dòng điện cũng có thể cao hơn. Điều này là do các hạt tải phát quang, sinh ra từ quá trình hấp thụ các photon hồng ngoại gần mặt sau pin không đi đến điểm nút p-n ở phía trước của pin. Do đó, càng ít hạt tải phát quang bị mất trong quá trình tái hợp và do đó, càng nhiều hạt tải phát quang đến điểm nút có khả năng tạo ra dòng điện bên ngoài pin.

Để có được toàn bộ ưu điểm của những cải tiến này, tốt hơn là pin cần đạt được sự bẫy ánh sáng tuyệt vời, để ánh sáng hồng ngoại bị nảy về phía sau và về phía trước nhiều lần trong pin và có thể khả dụng để được hấp thụ. Cụ thể, tốt hơn là có sự phản xạ quang tốt ở mặt sau của pin. Pin với mặt sau PERC là đã biết trong lĩnh vực này. Sự tăng hiệu suất có được từ độ dày giảm thực sự lớn đối với vật liệu có tuổi thọ hạt tải phụ thấp hơn - phép đo chính về chất lượng điện tử. Việc này là do trong vật liệu tuổi thọ thấp hơn, các hạt tải phụ phát quang được tạo ra ở phía sau của pin có nhiều khả năng tái hợp trước khi chúng đến mặt trước của pin, so với trường hợp tương tự có vật liệu tuổi thọ cao. Do đó, để rút ngắn khoảng cách này mà các hạt tải phát quang đi qua, có lợi hơn đối với vật liệu tuổi thọ thấp.

Fig.3 thể hiện bằng sơ đồ mối quan hệ giữa hiệu suất pin (thang thẳng đứng) và độ dày lát (thang nằm ngang). Sơ đồ này được tạo ra từ phần mềm mô phỏng được gọi là PC1D, được sử dụng rộng rãi trong ngành công nghiệp PV. Giả sử mặt sau PERC

có hệ số phản xạ quang 96% và tốc độ tái hợp mặt 20 cm/giây. Họ của các đường cong được dùng cho các giá trị khác nhau của tuổi thọ hạt tải phụ (tau). Nói chung, lát dày tiêu chuẩn 180-200 micrômet có tau khoảng 150 micro giây, và có hiệu suất nằm trong khoảng giữa 19% và 19,1%. Việc giảm độ dày của lát tiêu chuẩn này xuống 100 micrômet chỉ tăng nhẹ hiệu suất khoảng 19,3%. Ngược lại, lát có tau thấp hơn, ví dụ 35 micro giây, trong đó, với độ dày tiêu chuẩn 180-200 micrômet sẽ chỉ có hiệu suất khoảng 18%, có thể có hiệu suất cao hơn nhiều, gần 18,4%, nếu lát có độ dày ít hơn chỉ 100 micrômet. Do đó, việc giảm độ dày của các lát có tau tương đối thấp hơn có lợi ích lớn hơn về mặt độ lợi hiệu suất của những lát có tau nhỏ hơn này, so với việc giảm độ dày của các lát có tau tương đối lớn hơn. Một ưu điểm nữa của các lát mỏng hơn là mức nội xạ của hạt tải phụ cao hơn cho mỗi khối đơn vị vì số lượng photon như nhau được hấp thụ ít trong khối lượng vật liệu làm cho mức nội xạ cao hơn. Do vật liệu silic đa tinh thể và phương pháp Direct Wafer® chế tạo vật liệu có tuổi thọ hạt tải phụ cao hơn mà tăng ở mức nội xạ cao, cho nên trong thực tế lát mỏng hơn sẽ đạt được tau cao hơn.

Do đó, lợi ích của các lát mỏng hơn như mô tả ở trên bao gồm cả tăng và giảm hiệu suất về chi phí do sử dụng ít silic. Để đạt được những lợi ích này với lát có vùng thứ nhất mỏng hơn và vùng thứ hai dày hơn, từ góc độ thực tế để cân bằng các lợi ích so với các nỗ lực thêm mà phải được thực hiện để chế tạo các vùng độ dày khác nhau, với 2015 chi phí vật liệu và hiệu suất của lát được làm trực tiếp từ thân nóng chảy chất bán dẫn, phần diện tích của vùng thứ nhất nên chiếm phần lớn bề mặt lát, tốt hơn là > 80% và tốt hơn nữa là > 90%.

Do đó, phần mô tả ở trên thể hiện một số phương án cơ bản của các lát mà có các vùng mỏng hơn đáng kể so với các lát 180-200 micrômet bình thường trong ngành công nghiệp này, trên phạm vi đáng kể của diện tích bề mặt của chúng, đối với một vài dạng hình học cơ bản và mẫu hình và việc sử dụng các vùng mỏng và dày khác nhau. Phần mô tả ở trên cũng đã mô tả rằng các lát mỏng hơn có hiệu suất cao hơn so với các lát dày hơn (có tau giống nhau), và còn mô tả rằng các lát mỏng hơn có các vùng dày hơn có chọn lọc khỏe hơn các lát mỏng đều hoặc dày đều. Phương pháp tạo ra các lát mỏng này được mô tả thêm dưới đây. Tuy nhiên, trước khi mô tả các phương pháp tạo ra các lát, ngay dưới đây sẽ mô tả một loạt các khuôn vùng mỏng và dày khác nhau.

HÌNH HỌC

Một khía cạnh quan trọng của sáng chế là tạo ra các lát khá mỏng ở bên trong, thường có độ dày dưới 180 micrômet. Theo các phương án ưu tiên, độ dày sẽ nhỏ hơn 140 micrômet. Theo một số phương án, độ dày sẽ nhỏ hơn 100 micrômet. Trong một số phương án đặc biệt, độ dày sẽ nhỏ hơn 80 micrômet, mặc dù cho rằng các lát mỏng hơn 80 micrômet sẽ không có các lợi thế về hiệu suất, nhưng sẽ có lợi thế về chi phí vật liệu. Theo một số phương án đặc biệt, độ dày có thể nhỏ hơn 60 micrômet. Cần phải hiểu rằng các lát dưới 180 micrômet thường dễ vỡ khi xử lý và điều này là chắc chắn đối với các lát mỏng hơn 150 micrômet. Hơn nữa, cần phải hiểu rằng nếu các lát mỏng quá, chúng thường phải được thao tác bằng cách gắn các lát này vào vật mang, vật mang này sẽ luôn gắn vào các lát và trở thành một phần của môđun cuối. Do đó, đây là khía cạnh then chốt của sáng chế để cho phép thao tác với các loại độ dày lát mà nếu không sẽ không thể thao tác được trong thực tế, cụ thể là, dưới dạng các lát độc lập. Ở một mức độ nào đó, có thể xem xét việc trang bị cho các lát theo sáng chế một phần vật mang nguyên khối, cụ thể là, biên dày.

Trên đây là các phương án cơ bản của sáng chế được thể hiện trên Fig.1, trong đó lát mỏng 100 có đường bao độ dày 132, và thể hiện trên Fig.2 là lát mỏng 200 có các sọc dày 240a, 240b, 240c, v.v. để nối hoặc mang các vật dẫn bus-thanh hoặc các phần tử điện khác. Các dạng kết hợp, biến thể, và tổ hợp của các biến thể này cũng có thể được bao gồm.

Fig.4 là sơ đồ biểu diễn của lát 400 theo sáng chế, có vùng bên trong 410 tương đối mỏng, ví dụ dày 100 micrômet, và vùng đường bao 430 tương đối dày hơn có độ dày khoảng từ 150 đến 250 micrômet, tổng cộng, có chiều rộng w khoảng 1,5 mm (Fig.4A). Ngoài ra, các vùng 440a, 440b, 440c, các vùng này có dạng sọc, tương đối dày hơn so với toàn bộ vùng bên trong 410, có độ dày khoảng từ 150 đến 250 micrômet và có chiều rộng r khoảng 2,7 mm. Do đó, theo một phương án lát 400 trên Fig.4 có vùng bên trong mỏng 410 và sau đó cả đường bao tương đối dày hơn 430 và các sọc tương đối dày hơn 440a, 440b, v.v. Cạnh 432 cũng được thể hiện.

Fig.5 thể hiện bằng sơ đồ lát 500 có dài 510 của vùng bên trong 520, vùng này mỏng hơn 180 micrômet, ví dụ khoảng 100 micrômet. Vùng đường bao 530 có thể dày hơn, ví dụ, dày 200 micrômet. Chu vi dày hơn 530 này được thể hiện kéo dài khoảng 1 mm vào bên trong từ cạnh 532 như thể hiện trên Fig.5B. Do đó, chiều rộng w của nó

có thể khoảng 1 mm. Góc trong 534 tương đối nhọn gần như vuông, ở độ phóng đại được thể hiện, và do đó vùng chuyển tiếp từ dày sang mỏng bị dốc. Fig.5B thể hiện lát trên Fig.5 ở đường B-B. Fig.5A thể hiện sự mở rộng của lát trên Fig.5, tại A. (Không có hình vẽ nào trong số các Fig.5, Fig.5A hoặc Fig.5B được định tỷ lệ).

Fig.6 thể hiện bằng sơ đồ lát 600 có dải 610 của vùng bên trong 620, vùng này mỏng hơn 180 micrômet, ví dụ khoảng 60 micrômet. Vùng đường bao 630 có thể dày hơn, ví dụ, dày 200 micrômet. Chu vi dày hơn 630 này được thể hiện kéo dài khoảng 2 mm vào bên trong từ cạnh 632 như thể hiện trên Fig.6B. Do đó, chiều rộng w của nó có thể khoảng 2 mm. Góc trong 634 bị dốc, từ đường bao dày hơn, cao hơn 630 đến vùng bên trong mỏng hơn, thấp hơn 620. Phương án thể hiện trên Fig.6 có chiều rộng đường bao w 2 mm, với vùng chuyển tiếp dần từ dày hơn sang mỏng hơn khoảng 0,4 mm. Fig.6B thể hiện lát trên Fig.6 ở đường B-B. Fig.6A thể hiện sự mở rộng của lát trên Fig.6, tại A. (Không có hình vẽ nào trong số các Fig.6, Fig.6A hoặc Fig.6B được định tỷ lệ).

Fig.7 thể hiện bằng sơ đồ lát 700 có dải 710 của vùng bên trong 720, vùng này mỏng hơn 180 micrômet, ví dụ khoảng 100 micrômet. Vùng đường bao 730 có thể dày hơn, ví dụ, dày 200 micrômet. Chu vi dày hơn 730 này được thể hiện kéo dài khoảng 2 mm vào bên trong từ cạnh 732 như thể hiện trên Fig.7. Do đó, chiều rộng w của nó có thể khoảng 2 mm. Sự chuyển tiếp bên trong 734 mượt và rất từ từ và mở rộng nhiều hơn các vùng chuyển tiếp của các phương án nêu trên, từ đường bao dày hơn, cao hơn 730 đến vùng bên trong mỏng hơn, thấp hơn 720. Phương án thể hiện trên Fig.7 có chiều rộng đường bao w 2 mm, với vùng chuyển tiếp từ dày hơn sang mỏng hơn có chiều rộng s khoảng 2 mm. Fig.7B thể hiện lát trên Fig.7 ở đường B-B. Fig.7A thể hiện sự mở rộng của lát trên Fig.7, tại A. (Không có hình vẽ nào trong số các Fig.7, Fig.7A hoặc Fig.7B được định tỷ lệ).

Fig.8 thể hiện một phương án mà tương tự như trong một số cách thể hiện dựa vào Fig.2. Lát 800 có các bến ngắn, hoặc các tai 840a, 840b, 840c ..., mà là các tai gia cường để gắn dây bus vào lát 800. Các bến 840a, v.v., có độ dày lớn hơn gần các cạnh, như 832, và vượt nhọn theo độ dày của vùng bên trong 810 mặc dù chiều dài ngắn. Bến cũng có thể được gọi là tai. Đây là vùng đặc biệt được đặt trong các vùng của lát 800 mà sau này sẽ đỡ các thanh bus liên kết. Thông thường, các dây bus có xu hướng kéo chặt nhất trên lát gần các cạnh 832, và do đó, đây là vị trí mà các tai gia cường có

ích nhất. Các dây bus không kéo thêm lực từ các cạnh 832, gần với tâm 810. Do đó, toàn bộ độ dày chung của bên trong lát 810 có thể mỏng, như 100 micrômet hoặc ít hơn, như đã mô tả. Các bên gia cường dây bus 840a, b, c, có thể dày từ 200 đến 250 micrômet, hoặc thậm chí dày hơn, ở đoạn dày nhất của chúng, mặc dù đối với tất cả các mục đích các đoạn này không cần dày. Tin rằng độ dày cho các mối nối điện giữa 150 và 250 micrômet là có lợi. Theo một phương án điển hình, các bên gia cường 840a, v.v., có thể có chiều rộng r khoảng 2,4 mm, và sẽ vuốt thon từ 200 micrômet xuống 100 micrômet độ dày trên chiều dài mà vuông góc với chiều rộng, r , của, ví dụ, khoảng từ 18 đến 20 mm. Cấu trúc này có thể được gọi là các bên, gờ, hoặc tai dây bus. Fig.8A là phần mở rộng của vùng A trên Fig.8.

Các thuật ngữ bên và tai được dùng thay thế cho nhau ở đây để chỉ vùng nhô ra mà kề với cạnh của lát, và kéo dài từ cạnh, đến một vùng bên trong tương đối mỏng. Bản thân bên dày hơn so với vùng bên trong. Bên này có thể thon từ phần dày nhất, gần cạnh, đến phần mỏng hơn, gần phần bên trong, mà phần mỏng hơn này có thể mỏng như vùng bên trong mỏng hơn. Ngoài ra, bản thân cạnh của lát cũng có thể dày hơn so với một số mức độ tối thiểu của đường bao của thân lát, và trong thực tế, toàn bộ đường bao có thể dày hơn. Do đó, bên có thể mở rộng từ đường bao dày hơn đến vùng bên trong mỏng hơn, và độ dày của bên có thể bằng hoặc dày hơn so với đường bao kề với đường bao, và mỏng như vùng bên trong, liền kề với vùng bên trong.

Fig.9 thể hiện phương án tương tự như trong một số cách được thể hiện dựa vào các hình vẽ Fig. 8 và 1, có cả biên đường bao dày hơn 930 và bên (hoặc tai) gia cố dây bus. Lát 900 có các bên 940a, 940b, 940c ... v.v., mà là các gờ để gắn dây bus vào lát 900 tương tự như các bên 840a, 840b, 840c ở trên. Các bên 940a, v.v., có độ dày lớn hơn gần các cạnh, như 932, và vuốt nhọn theo độ dày của vùng bên trong 910 mặc dù chiều dài ngắn. Bên này được đặt trong các vùng của lát 900 mà sau này sẽ đỡ các thanh bus liên kết. Toàn bộ độ dày chung của vùng bên trong lát 910 có thể mỏng, như 100 micrômet hoặc ít hơn, như đã mô tả. Các bên gia cường dây bus 940a, b, c, có thể dày từ 200 đến 250 micrômet, hoặc thậm chí dày hơn, mặc dù đối với tất cả các mục đích các đoạn này không cần dày. Hơn nữa, phương án này có vùng đường bao dày 930 tại mỗi cạnh 932, mà, giống như các phương án được mô tả ở trên, có thể dày 200 micrômet. Theo một phương án điển hình, các bên gia cường 940a, v.v., có thể rộng khoảng 2,7 mm, và sẽ vuốt thon từ 200 micrômet, có độ dày tương tự như vùng đường

bao 930, xuống 100 micrômet trên chiều dài khoảng từ 18 đến 20 mm. Vùng đường bao 930 có thể có chiều rộng w , như mô tả ở trên khoảng từ 1 đến 3 mm hoặc lớn hơn, có lợi là khoảng 1,5 mm. Fig.9A là hình phóng to của vùng A trên Fig.9.

Fig.10 là sơ đồ minh họa lát 1000 theo sáng chế, có vùng bên trong 1010 tương đối mỏng, ví dụ dày 100 micrômet, và vùng đường bao 1030 tương đối dày hơn có độ dày khoảng từ 150 đến 250 micrômet, có chiều rộng khoảng 1,5 mm. Ngoài ra, các vùng nhô ra 1040a, 1040b, mà có dạng bển, hoặc tai, tương đối dày hơn so với vùng bên trong cao khoảng từ 150 đến 250 micrômet và có chiều rộng khoảng 2,7 mm. Các bển hoặc tai 1040a, 1040b, được gia cố ở đoạn cuối của dây bus, như được mô tả ở trên ở Fig.4, các bển 440a, 440b. Ngoài ra, các đảo dày 1042a, 1042b được đặt cách nhau trên lát, dọc theo vùng bên trong của nó, theo một đường (hoặc dòng) nổi sang phía bên kia của đường bao 1030. Bển nhô lên 1040a, v.v. và các đảo 1042a, v.v., được dùng để nhận dây bus. Các đảo 1042a, 1042b, v.v., dày hơn so với vùng bên trong 1010, ví dụ cao 150-250 micrômet, tương tự các bển 1040a, 1040b. Như được dùng ở đây, thuật ngữ đảo có nghĩa là vùng nhô ra tương đối được bao bởi các vùng thường mỏng hơn và tương đối thấp hơn.

Fig.11 thể hiện bằng sơ đồ cặp lát 1000a và 1000b, như thể hiện trên Fig.10, được nối với nhau bằng cặp dây bus 1170a và 1170b. Các Fig.11A và Fig.11B thể hiện hình phóng to của phần A trên Fig.11. Phần bus 1172 mạ kim loại cho pin mặt trời mà sử dụng lát 1100a là thành phần có thể được in lưới là sọc liên tục, sọc này sẽ uốn lượn lên và xuống và giữa các bển 1040a, và các đảo 1042a, v.v., như thể hiện trên Fig.11A và Fig.11B, giống như dải băng nằm trên mặt gồ ghề. Tuy nhiên bản thân dây bus 1170b, có thể nằm nhiều hơn trên mặt phẳng, có ít sự gồ ghề, và chỉ gắn vào các đệm nhô 1040a, 1040b tại các đầu của dây bus và tại các đảo nhô lên 1042a1, 1042a2, v.v., dọc theo chiều dài bên trong dây bus, còn lại phần lớn dây bus tách biệt về mặt cơ học và tách rời, ở các vị trí s , khỏi bề mặt của lát 1000a. Fig.11A thể hiện hình phóng to của Fig.11 tại A, với dây bus 1170b được dịch chuyển một chút để thể hiện phần bên dưới 1172 mạ kim loại, và Fig.11B thể hiện phần tương tự này cùng với dây bus 1170b. Các Fig.11A và Fig.11B thể hiện rằng tại các vị trí s , có khoảng trống thẳng đứng giữa bề mặt của lát và phần bên dưới mạ kim loại 1172 của nó, và mặt dưới của thanh bus 1170b. Theo cách này, sự giãn nở nhiệt không phù hợp giữa vật liệu lát silic và các dây bus đồng có thể được điều tiết một phần bởi các khoảng trống s giữa các

đệm của bên 1040a và các đảo 1042a, cho phép dây bus uốn xuống một chút (ví dụ, giãn ra). Việc này có thể tạo ra ít ứng suất trên lát, và giảm điện thế gây ra các vết nứt và các sai hỏng khác, như tách lớp dây bus.

Do đó, theo một phương án, lát 1000 thể hiện trên Fig.10 và Fig.11 có vùng bên trong mỏng 1010 và cả đường bao tương đối dày hơn 1030 lẫn các đệm bên 1040a, 1040b, v.v. và các đảo 1042a, 1042b, v.v..

Fig.11 thể hiện cách thức các dây bus 1170a, 1170b, phải bị uốn cong xuống dưới mặt trên của một pin 1000a, để bọc từ bên dưới đến mặt sau của pin liền kề 1000b. Dây uốn cong này làm tăng thêm ứng suất tách lớp ở phần mạ kim loại tại các điểm gắn và gần cạnh 1132 của pin 1000a. Hơn nữa, nếu được uốn cong không phù hợp, trong thực tế dây này có thể chạm vào cạnh 1132 của pin, do đó tạo ra hoặc làm lan truyền các vết nứt ở cạnh. Vì vậy, sáng chế đề xuất các điểm gắn dày hơn, như các bên 1040b và các đảo 1042b1 và đường bao dày 1030 tăng cường độ bền của lát và giảm nguy cơ tách lớp và các vết nứt.

Cần phải hiểu rằng các phương án nêu trên về các phần tương đối mỏng hơn và các phần tương đối dày hơn cũng có thể được mô tả trong là lát có mức nền chung, ví dụ như xem xét lát 100 trên Fig.1, mặt 120 và các phần nhô ra mà mở rộng từ phần mức nền đó, như đường bao nhô ra 130. Tương tự, như thể hiện trên Fig.4, lát 400 có mức nền chung 420, mà mở rộng các phần nhô ra từ đó như các sọc 440a, 440b, v.v. và đường bao 430. Nói chung, phần nhô ra có thể kéo dài từ ít nhất là 20 micrômet vượt quá bề mặt mức nền của phần mỏng hơn, thường là từ 40 micrômet, đến nhiều hơn là 120 micrômet, ví dụ trong trường hợp lát có vùng bên trong 60 micrômet và đường bao 180 micrômet. Ở mức độ thực tiễn, kích thước của phần mở rộng này cũng phụ thuộc vào độ dày của phần mỏng hơn. Nói chung, tỷ lệ của các độ dày từ dày hơn đến mỏng hơn sẽ không vượt quá 5:1 và thường sẽ là 3:1 hoặc nhỏ hơn.

Các cân nhắc về hình học và độ dày liên quan có thể phải suy nghĩ về hiệu suất xử lý và các mối nối điện. Nói chung, hiệu suất của lát sẽ bị chi phối bởi độ mỏng của mức mở rộng diện tích bề mặt lớn nhất của nó, đó là lý do tại sao vùng bên trong mỏng chiếm ít nhất 80% diện tích bề mặt rất quan trọng để đạt được độ lợi hiệu suất. Tương tự, dựa trên các loại máy móc hiện đang sử dụng, việc dễ xử lý được chi phối bởi độ dày của đường bao và các phần dày nhất, mà không cần phải có nhiều hơn 5% diện tích bề mặt của lát, hoặc thậm chí ít hơn. Cuối cùng, việc dễ dàng nối điện bị chi

phối bởi độ dày của lát tại các vị trí mà các mối nối điện cần phải được tạo ra, đó là nơi các dây bus được tạo ra, như các sọc, và/hoặc trong một số trường hợp, là nơi các mối hàn được tạo ra, như ở các bên và các đảo.

Như mô tả ở trên, theo phương pháp chế tạo lát được phát triển tương đối gần đây, lát được tạo trực tiếp từ chất bán dẫn nóng chảy, thường sử dụng các kỹ thuật được mô tả tại bằng sáng chế Mỹ số 8,293,009, cấp ngày 23 tháng 10 năm 2012, với tên sáng chế METHODS FOR EFFICIENTLY MAKING THIN SEMICONDUCTOR BODIES FROM MOLTEN MATERIAL FOR SOLAR CELLS AND THE LIKE, bởi Sachs, et al., mà được kết hợp toàn bộ vào đây bằng cách viện dẫn). Công nghệ được mô tả trong bằng sáng chế '009 nói chung để chỉ công nghệ tạo lát Direct Wafer (DW). Theo công nghệ đó, khối bán dẫn mỏng, như lát, được tạo ra từ chất bán dẫn nóng chảy, chứ không phải bị cưa từ phôi, hoặc phát triển giữa các vĩa, hoặc một số phương pháp khác.

Như được tóm tắt ở trên, độ dày của lát tạo ra trên khuôn phụ thuộc vào lượng nhiệt được thoát ra từ chất bán dẫn nóng chảy và sau đó là vật liệu bán dẫn đông đặc tại vị trí cần thiết và tốc độ thoát nhiệt. Việc thoát nhiệt tương đối nhiều tại một vùng, so với vùng khác, (nếu thoát với tốc độ đủ nhanh) tạo thành vùng lát tương đối dày hơn ở vị trí khuôn có sự thoát nhiệt tương đối nhiều. Ngược lại, việc thoát nhiệt tương đối ít trong một vùng so với vùng khác tạo thành vùng lát tương đối mỏng ở vị trí khuôn có sự thoát nhiệt tương đối ít. Điều này được minh họa dựa vào các hình vẽ trên Fig.15, Fig.16, Fig.17, Fig.18, Fig.19, Fig.19A và 19B, Fig.20A và Fig.20B, và Fig.21, và được mô tả đầy đủ hơn dưới đây.

Do đó, xu hướng thoát nhiệt của một vùng khuôn chi phối độ dày của lát mà sẽ được tạo ra tại vùng nói đến. Phần mô tả sau tìm kiếm các cách khác nhau để làm tăng xu hướng thoát nhiệt của vùng được thiết kế và kiểm soát đặc biệt của khuôn, so với vùng được thiết kế và kiểm soát đặc biệt khác và do đó, thông thường, để tăng sự thoát nhiệt và độ dày lát được tạo ra tại vị trí thoát nhiệt nhiều hơn.

Trước khi mô tả các cách khác nhau để tăng và thay đổi các cách thoát nhiệt, ưu điểm của sáng chế liên quan đến lượng oxy xen kẽ và tổng lượng oxy của các lát được tạo sẽ được mô tả. Như mô tả ở trên, công nghệ dựa trên bột phải chịu mức oxy xen kẽ cao không mong muốn trong lát tạo ra cuối cùng hoặc vật bán dẫn khác. Việc này là do, khi không thực hiện các bước đặc biệt, oxit tự nhiên trên các hạt bột gây ra các

mức oxy xen kẽ cao trong các lát. Các hạt tương đối nhỏ tạo ra tương đối nhiều oxy xen kẽ hơn trong sản phẩm cuối cùng. Để đạt được các lát tương đối mỏng hơn, các hạt tương đối nhỏ hơn phải được sử dụng. Do vậy, để có được các lát tương đối mỏng, oxy xen kẽ sẽ có mặt tương đối nhiều hơn trong các lát. Ví dụ, bằng sáng chế '084 mô tả các lát có độ dày từ 350 đến 1000 micrômet, và sáng chế này cũng mô tả về bột từ 20 đến 1000 micrômet. Để có được độ mỏng 350 micrômet sẽ cần sử dụng bột kích thước nhỏ hơn 120 micrômet. Dựa trên phân tích được thực hiện bởi các tác giả sáng chế, tin rằng điều này sẽ tạo ra các lát có hàm lượng oxy xen kẽ từ 6×10^{17} nguyên tử/ml và 2×10^{18} nguyên tử/ml.

Các lát tạo ra trực tiếp từ chất bán dẫn nóng chảy không phải chịu các vấn đề oxit và sự ô nhiễm oxy xen kẽ này, vì nguyên liệu cho vật liệu nóng chảy không cần phải là các hạt nhỏ có hàm lượng oxit tự nhiên vốn đã cao của chúng. Do đó, vật liệu nóng chảy mà các lát mỏng hoặc các vật khác được tạo ra từ đó, có hàm lượng oxy ít hơn, và do đó, các vật tạo ra cũng có ít oxy xen kẽ hơn. Ví dụ, các lát silic được tạo ra trực tiếp từ chất bán dẫn nóng chảy bằng cách sử dụng phương pháp mô tả ở trên thường có hàm lượng oxy xen kẽ 2×10^{17} nguyên tử/ml hoặc ít hơn, so với hàm lượng oxy cao hơn ít nhất ba lần và cao hơn đối với các công nghệ dựa trên bột. Hơn nữa, các lát này có ít hơn $8,75 \times 10^{17}$ nguyên tử/ml (= 10ppmw) và thường ít hơn $5,25 \times 10^{17}$ nguyên tử/ml (= 6ppmw) oxy tổng, so với mức nhiều hơn $8,75 \times 10^{17}$ nguyên tử/ml đối với công nghệ dựa trên bột.

Bây giờ trở lại phần mô tả về những cách khác nhau để tăng và thay đổi các xu hướng thoát nhiệt, quá trình xem xét được thực hiện, ví dụ, lát với vùng đường bao tương đối dày hơn như thể hiện trên Fig.1 tại 130. Bằng cách kiểm soát việc thoát nhiệt từ chất bán dẫn nóng chảy vào khuôn, sao cho có nhiều nhiệt thoát ra từ vật liệu nóng chảy quanh đường bao, trong các vùng mà mong muốn rằng lát dày hơn, so với các vùng bên trong, lát được tạo ra sẽ dày hơn quanh đường bao so với ở vùng bên trong.

Tương tự, như thể hiện trên Fig.2 tại 240a, 240b, các sọc tương đối dày hoặc dạng hình học khác, như trên Fig.8, có các bên dây bus 840a, 840b, đặc biệt là sẽ được gắn với các mối nối điện, nhiệt thoát tương đối nhiều ở các vị trí mong muốn là tương đối dày hơn, sẽ tạo ra độ dày tương đối lớn hơn ở các vị trí này, so với phần lớn vùng bên trong 810, mà có tương đối ít nhiệt thoát ra.

Nhiều phương pháp khác nhau để tạo ra sự khác biệt được thiết kế và kiểm soát về dòng nhiệt và sự thoát nhiệt ở một vùng so với vùng khác được mô tả chi tiết dưới đây. Phương pháp này bao gồm các bước, nhưng không chỉ giới hạn ở: tạo một hoặc nhiều vùng của lớp chức năng, như lớp phủ, hoặc lớp xen kẽ độc lập, trên khuôn, mà làm chậm (hoặc trong số ít trường hợp, tăng cường) dòng nhiệt, và/hoặc sự thoát nhiệt, tạo khuôn mà dày hơn trong một số vùng, và do đó có lượng nhiệt nhiều hơn và có xu hướng thoát nhiệt nhiều hơn so với các vùng khác mỏng hơn, có lượng nhiệt ít hơn và xu hướng thoát nhiệt ít hơn; tạo ra các mức chênh lệch áp suất tại các vị trí khác nhau trên bề mặt khuôn; tạo các thuộc tính nhiệt khác nhau cục bộ trong chính khuôn đó, như bằng cách bao gồm các lỗ rỗng, làm cho khuôn mỏng hơn ở các vị trí của các lỗ rỗng một cách hiệu quả; tạo các mức rỗng khác nhau trong khuôn tại các vị trí khác nhau, do đó tạo ra các lượng thoát nhiệt và mức dòng nhiệt khác nhau, do chính độ rỗng, hoặc do các mức chênh lệch áp suất khác nhau sinh ra do các mức rỗng khác nhau.

Trong chừng mực mà hình học của khuôn hoặc sự xử lý khuôn tạo ra sự thoát nhiệt nhiều hơn ở vị trí có thoát nhiệt so với lượng nhiệt thoát ra bởi khuôn mà không có sự tạo hình hoặc xử lý nhiệt, sự tạo hình hoặc xử lý này được gọi là vùng tăng cường thoát nhiệt, hoặc phép xử lý tạo ra xu hướng thoát nhiệt nhiều hơn. Việc xử lý hoặc tạo hình khuôn mà tạo ra sự thoát nhiệt ít hơn, như bằng cách tạo ra đoạn khuôn tương đối mỏng, hoặc nhiều lỗ rỗng mà về cơ bản là làm giảm lượng nhiệt của khuôn ở vị trí của chúng, hoặc lớp phủ mà làm chậm dòng nhiệt và giảm sự thoát nhiệt và do đó, làm giảm xu hướng thoát nhiệt, được gọi là thành phần giảm sự thoát nhiệt.

Do đó, theo nghĩa tổng quát, sáng chế đề xuất phương pháp chế tạo lát bằng cách tạo ra lát trên khuôn mà có các vùng có xu hướng thoát nhiệt tương đối nhiều hơn ở các vùng mà sẽ tạo ra các vùng của lát mà được mong muốn là dày hơn trên đó, và xu hướng thoát nhiệt tương đối ít hơn tại các vùng khuôn mà trên đó sẽ tạo ra các vùng của lát mà được mong muốn là mỏng hơn. Khuôn theo sáng chế là khuôn có xu hướng thoát nhiệt tương đối được mô tả ngay ở trên. Các vị trí có xu hướng thoát nhiệt nhiều hơn hoặc ít hơn được tạo ra đặc biệt trên khuôn tại vị trí mà chúng được mong muốn.

Cần lưu ý rằng có lợi là tạo ra lát từ chất bán dẫn nóng chảy, và được xem là một khía cạnh của sáng chế mô tả ở đây, là cần tạo ra thân rắn trong chất bán dẫn nóng chảy này, và tạo thân này, ví dụ lát, trên khuôn theo sáng chế. Thân tạo ra không cần

phải được tách ra khỏi khuôn thì mới tạo thành sản phẩm chế tạo có giá trị. Không những thế, lát được tạo ra có thể được tháo khỏi khuôn theo nhiều cách khác nhau. Trong một số trường hợp, chế độ áp suất chênh lệch có thể được loại bỏ, tức là, nếu sử dụng chân không, có thể tắt chế độ chân không và lát này được tách ra. Hoặc, chế độ áp suất chênh lệch có thể được làm giảm, tức là độ chân không giảm hoặc mức chênh lệch áp suất có thể giảm. Hơn nữa, phương tiện cơ học có thể được sử dụng, hoặc độc lập hoặc kết hợp với việc giảm hoặc loại bỏ chế độ chênh áp, như các ghim tháo rời, khung tháo rời, hoặc các công cụ khác mà tiếp xúc cơ học với lát và ép nó ra khỏi tấm đúc. Phương tiện thích hợp bất kỳ để tách lát được tạo ra khỏi khuôn được chấp nhận, và được coi là một khía cạnh của sáng chế.

Một số cách để thoát ra nhiều nhiệt hơn từ một vùng xác định cụ thể của khuôn so với vùng khuôn khác bao gồm, nhưng không chỉ giới hạn ở các phương pháp được mô tả trong các phần sau. Để đơn giản hóa việc mô tả, ban đầu giả sử rằng sáng chế mong muốn có vùng đường bao dày hơn, như 130 tại Fig.1 và vùng bên trong mỏng hơn 110. Do đó, vùng bên trong mỏng hơn và đường bao dày hơn được mô tả. Tuy nhiên, cần phải hiểu rằng phần mô tả sau đây áp dụng đối cho mẫu bất kỳ trong đó các vùng dày được mong muốn, như các đường sọc 240a, 240b, như thể hiện trên Fig.2, các bên gia cường dây bus 840a, 840b, như thể hiện trên Fig.8, và/hoặc bất kỳ trong số các vùng tương đối dày khác mô tả ở đây, cũng như các vùng tương đối dày khác bất kỳ của bất cứ hình dạng và được dùng cho mục đích thiết kế trong tương lai theo phương pháp của sáng chế. Trong trường hợp này, các phương pháp mô tả ở đây và dưới đây để tạo ra đường bao dày hơn sẽ được điều chỉnh để tạo ra các vùng dày hơn nếu muốn, chứ không phải là đường bao. (Nếu muốn vùng đường bao mỏng hơn, thì các hoạt động ngược lại sẽ được thực hiện).

Để kiểm soát việc thoát nhiệt, lớp có chức năng phủ có thể được tạo ra trên khuôn hoặc trên bề mặt khu vực nóng chảy trong mẫu mà xác định vùng bên trong được bao bởi đường bao của chiều rộng mong muốn của đường bao dày hơn. Lớp chức năng này có thể là một trong số các dạng được mô tả trong bằng sáng chế công nghệ Direct Wafer liên quan ở trên, số 8,293,009. Các lớp chức năng được mô tả có các chức năng khác nhau, như: tăng cường sự tách rời của thân hóa rắn khỏi khuôn, giảm các tâm tạo nhân kết tinh, tăng tần suất của các tâm tạo nhân kết tinh, thiết lập các tâm tạo nhân để kết tinh ở vị trí mong muốn, bên cạnh các chức năng khác. Nói

chung xem các đoạn 00101 và từ 00128 đến 00141, của bằng sáng chế công nghệ DW. Các hình vẽ Fig.32A đến Fig.32E và các hình vẽ từ Fig.33A đến Fig.33H của bằng sáng chế công nghệ DW thể hiện hai phương án khác nhau của các phương pháp sử dụng lớp chức năng được áp dụng cho bề mặt khu vực nóng chảy.

Sự quan tâm đặc biệt đối với sáng chế được mô tả ở đây là lớp chức năng phủ trên khuôn, của loại mà cản trở dòng nhiệt, sao cho có ít nhiệt được thoát ra khỏi chất bán dẫn nóng chảy trong vùng khuôn mà được tạo có lớp chức năng hơn. (Vì vậy, lớp chức năng này thường là lớp cản trở thoát nhiệt và sự hiện diện của nó tạo ra vùng khuôn có xu hướng thoát nhiệt tương đối ít, so với vùng không có hoặc có vật liệu có chức năng mỏng hơn có cùng xu hướng thoát nhiệt). Các lớp chức năng có thể được tạo ra dưới dạng lớp phủ trên khuôn, hoặc dưới dạng tạo hình bột được tạo ra trên bề mặt khu vực nóng chảy tại vị trí mà sẽ được tiếp xúc với khuôn. Các vật liệu chức năng này có thể được lắng phủ bằng phương pháp đã biết trong lĩnh vực bao gồm, nhưng không chỉ giới hạn ở: phủ màng chắn, phun, phủ khe hẹp, phủ mặt khum và phủ khác, cũng như phương pháp thích hợp bất kỳ chưa biết, nhưng được phát triển sau này hoặc được mô tả. Các vật liệu chức năng cũng có thể được đưa vào dưới dạng lớp xen kẽ dạng tấm độc lập mà được đặt giữa khuôn và bề mặt khu vực nóng chảy theo một số cách.

Lớp xen kẽ độc lập có thể được dính hoặc nếu không thì được cố định vào khuôn, hoặc được đặt tách rời. Các lớp xen kẽ này là các dạng lớp chức năng độc lập ở một chừng mực nào đó. Các lớp xen kẽ này được mô tả trong công bố đơn Mỹ số 13/990,498, Pha quốc gia Mỹ của đơn PCT số PCT/US11/62914, nộp ngày 01 tháng 12 năm 2011, yêu cầu ưu tiên cho các đơn tạm thời nộp ngày 01 tháng 12 năm 2010, được công bố là Công bố-Mỹ số 2014-0113156-A1, ngày 24 tháng tư năm 2014, có tên sáng chế MAKING SEMICONDUCTOR BODIES FROM MOLTEN MATERIAL USING A FREE-STANDING INTERPOSER SHEET, toàn bộ phần mô tả của sáng chế được đưa vào đây bằng cách viện dẫn, và được gọi là đơn sáng chế công nghệ lớp xen kẽ.

Việc thiết lập cục bộ độ dày, hoặc vật liệu của lớp chức năng trên khuôn cũng có thể được sử dụng để kiểm soát độ dày các phần của lát tạo ra trên khuôn. Ví dụ, như thể hiện bằng sơ đồ trên các Fig.12A, Fig.12B, Fig.12D và Fig.12C, lớp chức năng có thể được lắng phủ trên chính khuôn 1200, chứ không phải trên bề mặt của

chất bán dẫn nóng chảy. Lớp chức năng có thể được lắng phủ trong hai bước: như thể hiện trên Fig.12A, bước thứ nhất trong đó lớp thứ nhất 1252 được lắng phủ đều trên toàn bộ bề mặt 1250 của khuôn 1200; và như thể hiện trên Fig.12B và Fig.12C bước thứ hai, trong đó màng chắn 1253 được sử dụng để che đường bao 1230 của khuôn 1200 (mà được bao toàn bộ bằng lớp thứ nhất 1252 có vật liệu chức năng). Sau đó, như thể hiện trên Fig.12C, lớp bổ sung 1258 có vật liệu chức năng được lắng phủ trong vùng bên trong 1220 của khuôn 1200. Sau đó màng chắn 1253 được gỡ ra, như thể hiện trên Fig.12D, để lại lớp chức năng bao phủ toàn bộ bề mặt 1250 của khuôn 1200, có vùng dày hơn sâu hơn của chức năng lớp 1258 trong vùng bên trong 1220, và vùng mỏng hơn nông hơn 1252 xung quanh đường bao 1230. Bề mặt 1250 được bao bởi các lớp chức năng 1252 và 1258 trở thành bề mặt khu vực nóng chảy 1256 của khuôn 1200 như nó sẽ được sử dụng.

Khuôn 1200 sau đó có thể được sử dụng để tạo lát bán dẫn trên đó. Ví dụ, khi sử dụng, tấm này sẽ được lật theo chiều dọc từ hướng thể hiện trong các hình vẽ từ Fig.12A đến Fig.12D, đến hướng như thể hiện trong hình vẽ trên Fig.12E, do đó bề mặt khu vực nóng chảy 1256, mà tạo thành mặt ban đầu 1250, được bao bởi hai tầng lớp chức năng, dày hơn, 1252 và 1258, quay mặt xuống, hướng về mặt vật liệu nóng chảy. Mặt được phủ này sau đó được đưa vào tiếp xúc với mặt của khối vật liệu nóng chảy, như mô tả trong bằng sáng chế DW, ví dụ tại đoạn 0047 thể hiện trên Fig.3A và Fig.3B (đối với các phương án không có lớp chức năng).

Các lớp chức năng này làm giảm lượng nhiệt thoát ra từ bề silic lỏng, so với lượng mà sẽ được thoát ra do không có sự có mặt của nó (và do đó là lớp cản trở thoát nhiệt). Do đó, trong vùng bên trong 1220, trong đó lớp chức năng 1258 dày hơn đường bao 1230, mà chịu duy nhất một lớp chức năng 1252, phần mỏng của lát sẽ tạo ra, gần kề tâm 1220, phần bên trong của khuôn. Do đó, lát 100 như thể hiện trên Fig.1, sẽ có vùng bên trong mỏng 120 và vùng đường bao dày 130.

Các lớp chức năng có thể được phủ dưới dạng vật liệu bột hoặc phun hoặc vật liệu lỏng khác, như mô tả ở trên, hoặc chúng có thể được đưa vào dưới dạng một phần của lớp xen kẽ độc lập, như được mô tả trong đơn sáng chế công nghệ lớp xen kẽ xác định ở trên. Các hình vẽ từ Fig.13A đến Fig.13C thể hiện bằng sơ đồ việc lắp ghép khuôn 1300 (Fig.13A) và lớp xen kẽ thứ nhất 1352 (Fig.13B) để thiết lập mức thoát nhiệt cho toàn bộ mặt lát, và sau đó lớp xen kẽ thứ hai 1358 (Fig.13C), mà được đặt ở

phần bên trong 1320 của bề mặt của khuôn 1300, sao cho tổng độ dày của lớp xen kẽ thứ nhất 1352 và lớp xen kẽ thứ hai 1358 trong vùng bên trong 1320 là lớn hơn (dày hơn) so với tổng độ dày của lớp xen kẽ 1352 một mình quanh đường bao 1330 của khuôn 1300.

Khuôn 1300 sẽ được sử dụng, như thể hiện trên Fig.13D, có hướng như thể hiện trên hình vẽ, bằng cách lật khuôn từ hướng thể hiện trên Fig.13C, sao cho các lớp chức năng 1352 và 1358 tạo ra bề mặt khu vực nóng chảy 1356, mà được đưa vào tiếp xúc với bề mặt của thân vật liệu bán dẫn nóng chảy, như mô tả ở trên. Mặt sau 1354 của khuôn 1300 quay về phía vật liệu nóng chảy. Lớp tương đối dày của các lớp xen kẽ 1352 cộng với lớp 1358 trong phần bên trong 1320, so với lớp đơn 1352 trong vùng đường bao 1330, tạo ra dòng nhiệt ít hơn và ít thoát nhiệt trong vùng bên trong 1320, so với xung quanh đường bao 1330. Do đó, vùng bên trong mỏng hơn của lát tạo ra trên khuôn 1300. Quy trình sử dụng các lớp xen kẽ độc lập tương tự như quy trình sử dụng lớp chức năng bột hoặc chất lỏng khác, nhưng với các lớp xen kẽ, không cần có màng chắn, bởi vì lớp xen kẽ có thể được bố trí riêng và trực tiếp bởi máy điều khiển cơ học. Không cần đến màng chắn. Thông thường, lớp xen kẽ cũng là lớp cản trở thoát nhiệt, mà làm giảm vùng cục bộ có xu hướng thoát nhiệt của khuôn.

Các Fig.14A và Fig.14B thể hiện bằng sơ đồ quá trình lắp ghép để tạo ra khuôn để chế tạo lát có các sọc mà dày hơn so với vùng bên trong lát, như thể hiện ở hình vẽ trên Fig.2, và Fig.4 và các bên dày hơn và/hoặc các đảo, như thể hiện ở các hình vẽ trên Fig.8, Fig.9 và/hoặc Fig.10. Khuôn 1400 được tạo ra, khuôn này có mặt 1456, mặt này sẽ trở thành bề mặt khu vực nóng chảy trong quá trình sử dụng, được phủ bằng lớp vật liệu chức năng đều thứ nhất 1452, được thể hiện là đường gạch chéo trên Fig.14. Bảy mảng của lớp vật liệu chức năng đều thứ nhất 1452 được thể hiện trên Fig.14A, được mô tả dưới đây chi tiết hơn. Thuật ngữ bề mặt khu vực nóng chảy, có nghĩa là mặt mà quay vào và sau đó tiếp xúc với vật liệu nóng chảy trong quá trình tạo thành lát. Vật liệu chức năng bổ sung được cung cấp dưới dạng ba vùng vật liệu chức năng định hình không đều 1465a, 1465b và 1465c (thể hiện là màu trắng đặc trên Fig.14A). Tạo ra một lớp vật liệu chức năng bao phủ các vùng khuôn dưới dạng các sọc 1460a, 1460b, và, hoặc các vùng bên 1462a, 1462b, hoặc các đảo 1464a, 1464b. Các vùng vật liệu chức năng khác (do đó có tổng số hai lớp vật liệu chức năng ở các vị trí của chúng) 1465a, 1465b và 1465c, có thể được tạo ra dưới dạng lớp phủ, như qua màng

chấn có các hình dạng âm bản tương ứng, hoặc các phần tử xen kẽ độc lập.

Các vùng khuôn dạng sọc 1460a, 1460b, v.v. (mà chỉ được phủ một lớp vật liệu chức năng) sẽ tạo ra khuôn, mà sẽ thoát ít nhiệt hơn tại các vị trí có hai lớp có vật liệu chức năng, được thể hiện không có đường gạch chéo như 1465a, 1465b và 1465c, và thoát nhiều nhiệt hơn ở những vùng khuôn mà chỉ có một lớp vật liệu chức năng, được thể hiện là đường gạch chéo như ở 1460a, 1460b, 1462a, 1462b và 1464a, 1464b, v.v., và do đó sẽ tạo ra lát được tạo có các sọc dày hơn ở những vị trí tương ứng với các sọc 1460a, 1460b có một lớp vật liệu chức năng. Tương tự, các vùng gạch chéo ngắn hơn 1462a, 1462b chỉ có một lớp vật liệu chức năng, sẽ có các tai dày, ngắn hơn ở vật liệu được tạo hình nơi chúng được tạo ra, và các đảo của bề mặt khuôn 1464a, 1464b mà chỉ được phủ bằng một lớp vật liệu chức năng, sẽ là các đảo của lát dày hơn, như thể hiện trên Fig.10.

Fig.14B thể hiện khuôn 1400 được định hướng như nó sẽ được sử dụng, có bề mặt khu vực nóng chảy 1456 được thể hiện hướng xuống dưới, do đó bề mặt mà được tạo có các lớp chức năng được tạo hình sẽ tiếp xúc với bề mặt của vật liệu nóng chảy, và mặt sau 1454 của khuôn 1400 quay mặt ra khỏi vật liệu nóng chảy.

Vật liệu chức năng có thể được đưa vào dưới dạng chất lỏng, như bột hoặc chất lỏng, hoặc bằng cách phân bố trực tiếp bởi hệ thống phân bố chất lỏng hoặc bột, hoặc bằng cách sử dụng màng chắn cho mà phép lắng phủ vật liệu chức năng lỏng ở khắp mọi nơi, nhưng ngăn không cho các vùng được chọn của mặt khuôn 1454 nhận vật liệu chức năng này.

Xem lại phương án được thể hiện liên quan đến các hình vẽ Fig.12D và Fig.12E, thường là, để tạo một cách hiệu quả sự chênh lệch về xu hướng thoát nhiệt, cần có sự chênh lệch về độ dày khoảng 20 micrômet giữa độ dày của vật liệu chức năng 1252, mà bao phủ toàn bộ bề mặt 1250 (Fig.12A) của khuôn 1200, so với độ dày tổng của vật liệu chức năng 1258 và 1252, mà bao phủ vùng bên trong 1220 của khuôn 1200. Độ dày 20 micrômet này là nhỏ, nhưng không phải là không đáng kể, và nó có thể được phát hiện bằng mắt hoặc bằng xúc giác ở lát được tạo ra bằng khuôn có vật liệu chức năng. (Lớp vật liệu chức năng nền có thể có độ dày này, dày hơn, hoặc mỏng hơn. Ví dụ, lớp cơ sở có thể dày 40 micrômet, với lớp bên ngoài 20 micrômet, cho tổng độ dày 60 micrômet. Hoặc, các vật liệu chức năng có thể là các vật liệu khác nhau).

Phương án này thể hiện bằng sơ đồ dựa vào hình vẽ trên Fig.15 và Fig.16, trong đó thể hiện mặt cắt ngang một phần qua một phần của lát và khuôn mà lát được tạo ra trên đó (phía bên trái, như thể hiện trên hình vẽ trên Fig.12E, tương tự các phần bên trái của hình vẽ trên Fig.1B, Fig.5B, Fig.6B và Fig.7B). Lát 1500 đã được tạo ra dựa vào khuôn 1200, mà về cơ bản là giống khuôn 1200 thể hiện trên hình vẽ trên Fig.12E. Khuôn này có vật liệu chức năng có lớp toàn phần thứ nhất 1252 bao phủ toàn bộ phạm vi của khuôn 1200, và lớp thứ hai 1258 trong vùng bên trong. Do đó, độ dày của lớp chức năng trong vùng bên trong dày hơn. Lát được tạo ra 1500 có phần đường bao dày hơn 1530, và phần bên trong mỏng hơn 1520. Lát không phẳng trên mặt 1556 mà hướng vào bề mặt khu vực nóng chảy 1256 của khuôn 1200. Thay vào đó, mặt hướng vào khuôn 1556 của lát 1500 có phần lõm 1557 (có lẽ thấy rõ nhất trên Fig.16), là do sự chênh lệch về chiều cao của các vùng vật liệu chức năng kết hợp trong vùng bên trong 1258 và lớp toàn phần thứ nhất 1252. Lớp toàn phần thứ nhất 1252 này là vật liệu chức năng duy nhất có mặt ở vùng đường bao khuôn 1230. Theo phương án điển hình về lát theo sáng chế, phần lõm này có thể sâu khoảng 20 micrômet (theo phương của độ dày của lát 1500), trong trường hợp lát có phần bên trong 1520 mà có độ dày khoảng 100 micrômet, và vùng đường bao 1530 có độ dày từ 200 đến 250 micrômet.

Có thể thấy rằng vùng đường bao 1530 của lát được tạo ra 1500 thực sự cũng dày hơn so với vùng bên trong 1520, và đường bao kéo dài từ mức nền 1521 của phần bên trong. Đối với các kích thước nêu trên, đường bao tạo thành phần tăng so với vùng bên trong mà mở rộng khoảng 100 đến 150 micrômet từ mức nền 1521. (Fig.16, và các hình vẽ khác, không được định tỷ lệ).

Một lý do quan trọng để phần đường bao 1530 dày hơn so với phần bên trong 1520 và mở rộng ra là vì xu hướng thoát nhiệt ở đường bao 1230 của khuôn được phủ 1200 là lớn hơn so với xu hướng thoát nhiệt ở vùng bên trong 1220, vì có độ dày của vật liệu chức năng nhỏ hơn xung quanh đường bao 1230 (tức là, chỉ có lớp 1252 ở đường bao, nhưng có lớp 1258 và lớp 1252 ở vùng bên trong), và ít bị hạn chế về dòng nhiệt và lượng thoát nhiệt, hơn so với phần bên trong 1220. Các lớp vật liệu chức năng 1258 và 1252 cũng có thể có cùng vật liệu và đặc tính nhiệt, trong trường hợp có khác biệt về chiều dày dẫn đến khác biệt về xu hướng thoát nhiệt. Các lớp 1258 và 1252 cũng có thể là các vật liệu hoặc mật độ khác nhau sao cho đặc tính nhiệt của chúng khác nhau, trong trường hợp đó có thể có trường hợp vật liệu chức năng của vật liệu

thứ nhất mỏng hơn sẽ có tác động thoát nhiệt lớn hơn so với trường hợp vật liệu chức năng dày hơn của vật liệu khác thứ hai. Điều này được mô tả chi tiết hơn dưới đây, trong bối cảnh mô tả về các loại khuôn khác và các phương pháp khác để thay đổi xu hướng thoát nhiệt trên mặt của khuôn.

Vùng lõm nhỏ do vùng vật liệu chức năng dày hơn một chút trong các vùng mà mong muốn rằng có lát được tạo ra tương đối dày hơn, như được thể hiện ở 1557, sẽ có mặt cho dù vật liệu chức năng được đưa vào dưới dạng lớp phủ, như vật liệu chất lỏng (chất lỏng hoặc hạt) hoặc dưới dạng lát xen kẽ độc lập. Vùng lõm cũng có thể có mặt trong trường hợp các dạng hình học của lát khác, như các hình học là các sọc, bên và đảo dày hơn, như thể hiện dựa vào Fig.10 (đối với lát) và các hình vẽ trên Fig.14A và Fig.14B (đối với khuôn).

KHUÔN CÓ CÁC VÙNG THIẾT KẾ ĐẶT BIỆT CÓ ĐỘ DÀY THAY ĐỔI

Như thể hiện bằng sơ đồ dựa vào hình vẽ trên Fig.17, khuôn 1700 có độ dày thay đổi trên diện tích bề mặt của nó cũng có thể được tạo ra để chế tạo các lát có độ dày khác nhau ở các vị trí khác nhau được thiết kế và được kiểm soát đặc biệt của diện tích bề mặt lát. Khuôn có bề mặt khu vực nóng chảy 1756 và mặt sau 1754. Đối với bề mặt khu vực nóng chảy, có nghĩa là mặt mà hướng vào và sau đó tiếp xúc với vật liệu nóng chảy trong quá trình tạo lát. Thông thường, khi nóng bề mặt khu vực nóng chảy 1756 của khuôn 1700 tiếp xúc lần thứ nhất với vật liệu nóng chảy, mặt khuôn 1754 có nhiệt độ thấp hơn nhiệt độ đông đặc của silic. Nhiệt được thoát ra từ vật liệu nóng chảy do tính dẫn nhiệt (qua các lớp chức năng bất kỳ hiện có, như đã mô tả ở trên và) vào khuôn 1700. Khuôn nóng lên và việc này hạn chế độ dày của lát được tạo ra trên đó. Việc này là do, khi khuôn nóng đến nhiệt độ nóng chảy của chất bán dẫn, vật liệu có thể hóa rắn ở các vị trí khuôn mà đã được nâng lên đến nhiệt độ nóng chảy. Vùng khuôn càng dày thì càng mất thời gian lâu hơn để làm nóng lên đến nhiệt độ này, và vật liệu lát hóa rắn trên khuôn ở các vùng dày hơn này càng dày hơn, so với các vùng khuôn mỏng hơn. Do đó, vùng khuôn dày hơn có khả năng/xu hướng thoát nhiệt nhiều hơn so với vùng mỏng hơn. Do đó, vùng khuôn dày hơn là vùng tăng cường thoát nhiệt, và vùng khuôn mỏng hơn là vùng cản trở thoát nhiệt.

Do đó, theo một phương án khác về phương pháp của sáng chế, được thể hiện bằng sơ đồ dựa vào Fig.17, độ dày của chính khuôn 1700 có thể khác nhau giữa vùng

này của khuôn, ví dụ vùng bên trong 1720, với vùng khác, ví dụ, vùng đường bao 1730. Nếu có lượng nhiệt tương đối nhỏ trong khuôn 1700, ví dụ, bằng cách tạo ra các vùng nhất định, như các vùng bên trong 1720 mỏng hơn các vùng cục bộ khác, như vùng đường bao 1730, thì sẽ có lượng nhiệt ít và thoát nhiệt ít hơn, và vùng bên trong 1720 của khuôn 1700 sẽ nóng đến nhiệt độ nóng chảy một cách tương đối nhanh, so với các vùng đường bao dày hơn 1730, và do đó, tại các vùng mỏng hơn của khuôn 1720, có ít silic được hóa rắn hơn, tạo ra lát mỏng cục bộ, ví dụ, trong vùng bên trong của nó, như thể hiện dựa vào lát 100 trên Fig.1 và Fig.1A.

Cần lưu ý rằng sẽ là không hiển nhiên, phản trực giác và mới, rằng khuôn 1700 sẽ tạo ra lát như thể hiện tại bước 100 trên Fig.1, có đường bao dày 130 và vùng bên trong mỏng hơn 110, bằng cách cho bề mặt khu vực nóng chảy gần như phẳng của khuôn 1756 với bề mặt nóng chảy. Như được thể hiện bằng sơ đồ dựa vào Fig.18, trong đó thể hiện, theo mặt cắt ngang, một phần của lát 100, như thể hiện trên Fig.1, được tạo ra nhờ khuôn 1700 như thể hiện trên Fig.17, lát 100 phát triển từ bề mặt khu vực nóng chảy 1756 của khuôn 1700, trong vật liệu nóng chảy. Nhưng, vì các xu hướng thoát nhiệt khác nhau của phần bên trong 1720 và phần đường bao 1730 của khuôn 1700, do các độ dày khác nhau của chúng, như nhìn từ mặt sau 1754, lát tạo ra 100 sẽ có độ dày mà phản ánh về mặt định tính (nhưng không phải định lượng) độ dày của khuôn 1700, với đường bao dày 130 và vùng bên trong mỏng 120. (Mức chênh lệch về độ dày của các phần mỏng và dày của khuôn và lát sẽ khác nhau, và Fig.18 chỉ là sơ đồ, và không được định tỷ lệ).

Mặt không phẳng 154 của lát tạo thành 100 (đối diện với người quan sát trên Fig.1, thể hiện trên Fig.1A) sẽ phát triển lên, phát triển và hướng vào bề mặt khu vực nóng chảy 1756 của khuôn. Do đó, mặt gần như phẳng 156 của lát tạo thành 100 tạo ra ở trên và được nối với bề mặt khu vực nóng chảy gần như phẳng 1756 của khuôn 1700, trong khi các mặt không phẳng của lát 100 (mặt 154) và khuôn 1700 (mặt sau 1754) quay vào nhau.

(Cũng cần lưu ý rằng trong thực tế khuôn sẽ ngừng thoát đủ nhiệt để tiếp tục phát triển lát trước khi nhiệt độ khuôn đạt đến nhiệt độ nóng chảy của silic. Khuôn có nhiệt dung tương đối nhỏ so với silic nóng chảy và nồi nung, nồi nung thường ở nhiệt độ của silic nóng chảy, hoặc cao hơn, và khuôn chỉ làm mát vật liệu nóng chảy một cách cục bộ. Khi khuôn nóng lên, tốc độ thoát nhiệt giảm xuống và cuối cùng sẽ thấp

hơn tốc độ thoát nhiệt cần thiết để thắng được dòng nhiệt đi vào từ phần còn lại của vật liệu nóng chảy, để làm nguội lớp vật liệu nóng chảy cục bộ đến dưới điểm nóng chảy và khắc phục được nhiệt nóng chảy này).

Cần lưu ý rằng đối với cả khuôn mà hoạt động với các phần được xử lý bằng vật liệu chức năng, như khuôn 1200 được thể hiện ở Fig.15, và khuôn mà hoạt động với các phần có độ dày khác nhau, như khuôn 1700, được thể hiện ở các hình vẽ Fig.17 và 18, bề mặt khu vực nóng chảy, lần lượt là các bề mặt 1256 và 1756, cơ bản là phẳng, nhưng các lát lại phát triển với các bề mặt không phẳng của chúng, lần lượt là 1554 và 1754, quay mặt ra khỏi các khuôn kiểm soát tương ứng.

Sáng chế cũng có thể đề xuất khuôn có độ dày khác nhau ở các vùng khác nhau tương ứng với các hình học lát còn lại nêu trên. Ví dụ như thể hiện bằng sơ đồ trên Fig.19, có thể đề xuất khuôn 1900 mà có bề mặt khu vực nóng chảy nhìn chung là phẳng 1956 (không nhìn thấy trên Fig.19) và mặt sau 1954 và toàn bộ vùng bên trong 1920 tương đối mỏng. Vùng mỏng 1920 thiết lập mức nền, mà mở rộng các phần nhô, hoặc các phần lõm từ đó, sao cho độ dày của khuôn ở các vị trí của các phần lõm này dày hơn mức nền, phần mỏng hơn 1920. Các phần lõm có thể có hình dạng và vị trí của đường bao 1930, một hoặc nhiều trong số: sọc 1960, bên hoặc tai 1940, và đảo 1942, v.v., như đã nêu. Mặt sau 1954 của khuôn sẽ là mặt không phẳng, và khuôn sẽ có xu hướng thoát nhiệt nhiều hơn so với ở các vị trí được thiết kế đặc biệt 1930 1940, 1942, 1960, mà ở đó khuôn dày hơn. Do đó, lát được tạo ra nhờ khuôn này sẽ có các vùng dày hơn ở các vị trí tương ứng với các phần nhô ra, theo cách tương tự như để có được đường bao dày hơn 130 của lát 100, khi được tạo ra nhờ khuôn 1700 với đường bao dày 1730. Các phần dày hơn của lát phát triển về phía vật liệu nóng chảy.

Nói chung, vùng nhỏ dày trên khuôn sẽ có tỉ lệ diện tích bề mặt so với thể tích lớn hơn tỉ lệ này của vùng lớn hơn của khuôn, do đó sẽ có sự giảm tương đối nhiều khả năng thoát nhiệt ở đường bao. Ví dụ, để thu được đường bao dày 200 micrômet và cũng đạt được đảo nhỏ dày 200 micrômet, mà sẽ có tỉ lệ bề mặt so với thể tích lớn hơn đường bao, nhà thiết kế có thể sẽ cần phải làm cho vùng khuôn mà sẽ thiết lập thành đảo dày hơn vùng khuôn mà sẽ thiết lập đường bao (hoặc vùng bất kỳ mà lớn hơn và có diện tích bề mặt làm mất nhiệt nhỏ hơn trên thể tích có nhiệt dung lớn).

Fig.19A thể hiện khuôn 1900 của Fig.19, cắt ở đoạn A-A, thể hiện vùng bên trong mỏng hơn 1920, vùng đường bao dày hơn 1930, mà sẽ gây ra sự phát triển của

vùng đường bao dày hơn 130 trong lát 100, như thể hiện ở Fig.1, hoặc như thể hiện ở Fig.10, đường bao 1030. Cũng được thể hiện trên Fig.19, là vùng dày hơn 1940 của khuôn, vùng này sẽ tạo ra bên hoặc tai dày hơn, như 1040a, 1040b, như thể hiện trên Fig.10, và ngoài ra vùng dày hơn 1960 của khuôn, vùng này sẽ tạo ra sọc dày hơn, như 240a, 240b, như thể hiện trên Fig.2.

Fig.19B thể hiện khuôn 1900 của Fig.19, cắt ở đoạn B-B, thể hiện như trên, vùng bên trong mỏng hơn 1920, vùng đường bao dày hơn 1930 và vùng dày hơn 1950, vùng này sẽ tạo ra sọc dày hơn. Giữa vùng đường bao dày hơn 1930 và vùng sọc dày hơn 1960, là vùng dày hơn 1942, vùng này sẽ tạo ra sự phát triển của đảo dày hơn, như được thể hiện ở 1042a, 1042b tại Fig.10.

Fig.20A thể hiện, dưới dạng mặt cắt ngang, phần tương tự của khuôn 1900 trên Fig.19A, kết hợp với mặt cắt ngang của một phần của lát 2000, mà sẽ được phát triển trên khuôn 1900 này, thể hiện vùng đường bao dày hơn 2030 khớp với vùng khuôn dày hơn 1930, vùng tai hoặc bên dày hơn 2040 của lát và vùng sọc dày hơn 2060. Fig.20B thể hiện một phần của khuôn 1900 của Fig.19B, kết hợp với mặt cắt ngang của một phần của cùng lát 2000, mà sẽ được phát triển trên khuôn 1900 này, cũng thể hiện vùng đường bao dày hơn 2030 và vùng sọc dày hơn 2060, và cũng là vùng đảo dày hơn 2042. Như với khuôn và cặp lát đơn giản hơn thể hiện bằng sơ đồ dựa vào Fig.18, có thể thấy rằng, các vùng tương đối dày của lát lớn phát triển từ khuôn, đi vào vật liệu nóng chảy, sao cho lát phát triển theo cấu hình giống như phản chiếu về mặt định tính so với khuôn. (Thuật ngữ về mặt định tính có nghĩa là các vùng dày hơn và mỏng hơn là có liên quan/phản chiếu nhau, nhưng chúng không phải phản chiếu về mặt định lượng nghĩa là phạm vi ở bên của chúng dọc theo lát là phù hợp và cơ bản là bằng nhau về quy mô kích thước, nhưng độ nhô ra của chúng so với nhau là không bằng nhau về kích thước).

Khuôn có mức nền và các phần nhô có thể được chế tạo theo cách phù hợp bất kỳ, như bằng các thao tác gia công thông thường, với việc phay, khoan, cưa. Ví dụ, một phương pháp là gia công tấm vật liệu mỏng bằng cách siết chặt nó sử dụng mâm cặp chân không, trong khi theo cách thông thường phay một chỗ hõm ở vùng khuôn mà cần có độ dày giảm. Sự gia công bằng lade là phương pháp khác để giảm bớt các yêu cầu về dụng cụ cố định bằng cách, tránh dùng lực cắt.

Một phương pháp khác để thay đổi độ dày của lát tạo ra đề cập đến việc áp

dụng các mức chênh lệch áp suất khác nhau đặt lên trong quá trình tạo lát. Bằng sáng chế công nghệ Direct Wafer mô tả về việc đưa vào áp suất chênh lệch trên mặt khuôn, so với vùng ở bề mặt nóng chảy, mà áp suất chênh lệch này thường là chân không ở mặt khuôn, so với áp suất khí quyển ở bề mặt nóng chảy. Đã xác định rằng việc tạo độ chênh áp suất tương đối lớn ở một vùng khuôn, như vùng đường bao, so với độ chênh áp suất ở một vùng khác của khuôn, như vùng bên trong, sẽ tạo ra dòng nhiệt lớn hơn và sự thoát nhiệt nhiều hơn tại các vị trí có sự chênh lệch áp suất lớn hơn. Tin rằng điều này do mức chân không cao hơn dẫn đến tốc độ truyền nhiệt đến khuôn cao hơn, do đó làm cứng silic nhanh hơn và tạo ra mức độ dày tối đa.

Trong thực tế, xác định rằng các vùng có chênh lệch áp suất lớn hơn có xu hướng thoát nhiệt nhiều hơn, và hơn nữa, xác định rằng các vùng của lát được tạo ra từ các vùng khuôn có độ chênh áp suất lớn hơn này là tương đối dày hơn so với các vùng của lát phát triển liền kề hoặc đối diện có độ chênh áp suất thấp hơn. Theo các thuật ngữ nêu trên, sự chênh lệch áp suất lớn hơn là vùng tăng cường thoát nhiệt, và sự chênh lệch áp suất thấp hơn là vùng cản trở thoát nhiệt. Do đó, sáng chế đề xuất các mức áp lực chênh khác nhau được sắp xếp theo các vị trí thiết kế đặc biệt, ở đó mong muốn có các độ dày khác nhau trong lát tạo ra.

Bằng sáng chế công nghệ Direct Wafer mô tả về cách tạo ra sự chênh lệch áp suất tương đối lớn hơn (như chân không mạnh hơn) ở vị trí này so với vị trí khác. Theo một cách để thực hiện việc này, thể hiện ở Fig.27 của bằng sáng chế công nghệ DW và được mô tả tại đoạn 00160, 00163, để tạo ra vùng cao áp kép, với vùng bên trong thứ nhất giữ ở áp suất thứ nhất và vùng cao áp của vùng đường bao thứ hai, mà được tạo sự chênh lệch áp suất khác. Do đó, sự chênh lệch áp suất lớn hơn có thể được tạo ra trong vùng đường bao, sự chênh lệch áp suất lớn hơn này cũng sẽ tăng cường dòng nhiệt, do đó thoát nhiều nhiệt hơn từ vật liệu nóng chảy trong vùng đường bao, do đó làm cho lát dày hơn ở vùng đường bao. (Lý do để có khuôn có vùng cao áp kép được mô tả trong bằng sáng chế DW là hoàn toàn khác với, và sẽ được sử dụng theo cách khác với lý do để thiết lập các chế độ chênh lệch áp suất khác nhau quanh đường bao ngược với vùng bên trong, để tạo ra vùng bên trong mỏng hơn. Một lý do cho thiết bị vùng cao áp kép được mô tả dựa vào Fig.27 ở đoạn 00114, là để hỗ trợ tháo lát khỏi bề mặt tạo lát sau khi nó đã được tạo ra, bằng cách ngăn việc hình thành lát gần các cạnh giữ lại tương đối sắc của khuôn. Một lý do khác, được mô tả trong đoạn 00118 của

bằng sáng chế công nghệ DW, là để hỗ trợ gắn chặt bản thân tấm khuôn vào bộ phận vùng cao áp chân không).

Một phương pháp khác để thay đổi độ dày của lát được tạo ra là thay đổi mức chênh áp suất được áp dụng, bởi vật liệu chức năng được đưa vào, như lớp phủ, có mức thấm khác nhau tại một vùng khuôn so với vùng khác. Cấu trúc này được mô tả trong bằng sáng chế công nghệ DW ở đoạn 00118, mô tả về lớp phủ không thấm 2712 ở mặt sau của tấm khuôn 2705 trong vùng mà không cần thiết chân không. Ví dụ về các lớp phủ này là CVD SiN (silic nitrua) hoặc than chì nhiệt phân. Tất cả các lớp vật liệu chức năng, như được mô tả ở trên, có thể thấm đến mức độ nào đó, nhưng các vật liệu chức năng có các mức thấm khác nhau nhưng có các tính chất tương tự khác (độ dày, lượng nhiệt, độ dẫn nhiệt, v.v.) có thể được sử dụng để tạo ra các độ dày khác nhau. Trong các thuật ngữ nêu trên, lớp vật liệu chức năng có tính thấm được lớn hơn, có thể dẫn đến chênh lệch áp suất lớn hơn, là lớp tăng cường thoát nhiệt, và lớp vật liệu chức năng có tính thấm được thấp hơn, có thể dẫn đến sự chênh lệch áp suất thấp hơn, là lớp cản trở thoát nhiệt. Tuy nhiên, dự tính là tính chất ít ảnh hưởng của vật liệu chức năng, như lớp phủ, liên quan đến độ dày lát.

Theo một phương án khác, nhiệt độ của khuôn có thể được thay đổi cục bộ trong giai đoạn làm nóng sơ bộ trước khi tiếp xúc nó với vật liệu nóng chảy. Ở các vùng mà nhiệt độ của khuôn thấp hơn (nguội hơn), độ dày silic lớn hơn sẽ được đông lạnh, dẫn đến vùng dày hơn. Vì vậy, để thu được vùng đường bao dày hơn của lát, đường bao của khuôn sẽ được giữ ở nhiệt độ thấp hơn so với vùng bên trong của khuôn. (Hoặc, nói cách khác, để thu được vùng đường bao dày hơn, vùng bên trong của khuôn có thể được làm nóng hoặc giữ ở nhiệt độ cao hơn so với vùng đường bao của khuôn). Trong các thuật ngữ nêu trên, vùng nhiệt độ thấp hơn của khuôn là vùng tăng cường thoát nhiệt, và vùng nhiệt độ cao hơn của khuôn là vùng cản trở thoát nhiệt. Nói chung, nhiệt độ khuôn là cơ chế quan trọng để kiểm soát độ dày. Tuy nhiên, trên cơ sở đủ cục bộ để tạo ra các cấu trúc mô tả ở đây, tin rằng các kỹ thuật khác được mô tả ở đây thực tế hơn và có hiệu quả về chi phí. Tuy nhiên, trong trường hợp mà sự cân nhắc về chi phí và hiệu quả được xem trọng hơn sự cân bằng điều chỉnh nhiệt độ khuôn, có thể đạt được điều này bằng phương tiện thông thường, như các bộ phận gia nhiệt định hình, chấn nhiệt hoặc làm mát cục bộ. Hiệu quả làm dày tại đường bao của lát có thể tăng dần trong trường hợp phương pháp này thay đổi cục bộ xu hướng thoát

nhiệt, tạo ra sự chuyển tiếp mượt hơn giữa đường bao dày hơn và vùng bên trong mỏng hơn. Ngay cả với vùng biên tương đối rộng, ví dụ, 10mm, 76% diện tích bên trong trung tâm của lát sẽ tương đối mỏng hơn và vẫn mang lại lợi ích trong việc sử dụng ít silic hơn và hiệu suất cao hơn.

Một phương pháp khác để thoát nhiều nhiệt hơn từ vùng đường bao, và do đó cung cấp lát có vùng đường bao dày hơn, được thể hiện dựa vào Fig.21. Phương pháp này là để tạo ra các tính chất nhiệt khác nhau cho vùng đường bao của khuôn, hơn là cho vùng bên trong của nó, thường bằng cách tạo ra các lỗ, trong vùng bên trong hoặc đường bao hoặc cả hai, với các lỗ này là các lỗ rỗng hoặc được làm đầy một phần, hoặc kết hợp của chúng.

Một cách để tạo ra các tính chất nhiệt khác nhau cho một vùng khuôn, so với vùng khác của khuôn, được mô tả trong bằng sáng chế công nghệ Direct Wafer ở đoạn 00103-00104. (Phương pháp này không nhằm mục đích chế tạo các lát có các vùng có độ dày khác nhau, cũng không có khả năng như được dự tính hoặc bàn luận. Sáng chế này nhằm mục đích thực hiện sự lan truyền bên trong mặt phẳng của giao diện rắn-lỏng, mà không cần mặt khum ổn định động. Điều này được thực hiện bằng cách thay đổi trong không gian tốc độ truyền nhiệt vào tấm khuôn bằng cách thay đổi các thuộc tính và hình học của khuôn).

Fig.20 của bằng sáng chế DW thể hiện các lỗ rỗng 2016 được đặt cách nhau (các số tham chiếu trong đoạn này đề cập đến các hình vẽ của bằng sáng chế DW) trong thân 2005 của tấm khuôn, sao cho các phần của tấm khuôn (tại các lỗ rỗng 2016) cơ bản là mỏng hơn so với các phần khác của khuôn (các vị trí 2004 giữa các lỗ rỗng). Các phần tại các lỗ rỗng thực chất là mỏng hơn so với các vùng khác giữa các lỗ rỗng này.

Về sáng chế này, như thể hiện bằng sơ đồ dựa vào Fig.21, có thể sử dụng khuôn 2100, được tạo ra có vùng lỗ 2102 bố trí trong vùng bên trong 2120 của nó nhưng không ở quanh đường bao 2130 của nó. Nói chung, các lỗ có thể có đường kính khá nhỏ, và có thể được bố trí khá gần nhau. Các lỗ có thể, ví dụ, có khoảng cách tâm đến tâm xấp xỉ độ dày của khuôn hoặc nhỏ hơn. Ví dụ, ở khuôn than chì dày 1mm (từ bề mặt khu vực nóng chảy đến mặt sau), các lỗ có thể có đường kính 0,5mm, sâu 0,6mm, nằm cách nhau 1mm. Dạng bố trí cách nhau theo hình lục giác thường được ưu tiên, nhưng kiểu bố trí vuông cũng có lợi. Đường kính của các lỗ tương tự với độ dày của

khuôn, hoặc nhỏ hơn. Độ sâu của các lỗ có thể có kích thước bất kỳ mà tạo ra sự thay đổi hiệu quả trong xu hướng thoát nhiệt, mà thường là ít nhất một nửa độ dày của khuôn, và, giới hạn trên là toàn bộ độ dày của khuôn.

Các lỗ có thể bị che, nghĩa là chỉ đi qua một phần độ dày khuôn, với đầu mở của chúng thường ở mặt sau 2154 của khuôn 2100, mà quay lưng lại với vật liệu nóng chảy. Bề mặt khu vực nóng chảy 2156 hướng vào vật liệu nóng chảy, và, ít nhất là đối với các lỗ bất kỳ xuyên qua đó, nói chung là mượt (tức là, không bị xuyên thủng bởi các lỗ bất kỳ). Hoặc các lỗ có thể đi xuyên qua thân khuôn từ mặt sau 2154 đến bề mặt khu vực nóng chảy 2156. Hoặc, các lỗ có thể được chế tạo bằng cách thiết lập các lỗ bị che thứ nhất với đầu mở của chúng ở mặt sau của khuôn, và sau đó bịt kín mặt sau đó, do đó có vùng trống bị kẹt giữa hai vùng đầy hoặc rắn, đối với ít nhất một số lỗ.

Nếu các lỗ bị che, và trống rỗng, có sự nguyên vẹn của chúng, các đầu đóng trên bề mặt khu vực nóng chảy 2156, hướng vào vật liệu nóng chảy, và các đầu mở của chúng trên mặt sau 2154, quay lưng lại vật liệu nóng chảy, và chúng được để trống, chúng tạo ra các vùng khuôn mỏng hơn một cách hiệu quả ở các vị trí của chúng, mà sự thoát nhiệt từ vật liệu nóng chảy ở các vị trí này sẽ ít hơn, tạo thành các thân lát mỏng hơn gần với các vị trí này. Do đó, nếu các lỗ được để trống, và đủ gần, và đủ nhỏ cho mục đích thoát nhiệt, để về cơ bản tạo ra vùng khuôn mỏng hơn liên tục trong vùng bên trong, khuôn này sẽ mỏng hơn trong vùng bên trong của nó (tương tự như vùng bên trong 1720 của khuôn 1700 thể hiện trên Fig.17) và lát được tạo ra với khuôn có trường trống, các lỗ che bên trong vùng bên trong của nó sẽ có vùng bên trong mỏng hơn, như lát được mong muốn, và thể hiện bằng sơ đồ ở Fig.1.

Do đó, việc tạo ra các lỗ rỗng, hoặc các lỗ là cách khác để tạo ra các vùng khuôn tương đối mỏng hơn so với các vùng khác. Do đó, có nhiều lỗ rỗng trong vùng khuôn, làm cho vùng khuôn mỏng hơn và do đó tạo thành vùng cản trở thoát nhiệt. Nhờ sử dụng các lỗ này, ngược với vùng mỏng hơn liên tục, như tại 1720 của Fig.17, có thể tạo ra một khuôn có khối lượng nhiệt thấp, do đó kết quả là thoát nhiệt ít hơn nhưng có độ bền cơ học tốt hơn so với các dạng mỏng hơn liên tục được thể hiện trên Fig.17.

Các lỗ có thể được tạo ra bằng các phương tiện gia công công cơ học đã biết. Một phương pháp là khoan các lỗ ở các vị trí mong muốn. Một phương pháp khác là tạo nhiều vết cưa song song gần nhau bằng lưỡi cưa tròn, mà không đi toàn bộ xuyên

qua khuôn, được đặt cách nhau theo khoảng cách mong muốn của các lỗ. Sau đó, tập hợp các vết cưa song song thứ hai có thể được tạo ra, có hướng vuông góc (hoặc ít nhất là gần như vuông góc) với nhiều lỗ thứ nhất, cũng được đặt cách nhau theo khoảng cách mong muốn giữa các lỗ (cũng tính đến rãnh của vết cưa). Việc này sẽ tạo ra nhiều cấu trúc dạng chốt dựng đứng tại các giao điểm của các khoảng trống giữa các vết cưa. Các chốt này định rõ mạng lưới vật liệu còn lại, và các khoảng trống giữa tất cả các chốt sẽ tương tự các lỗ trên bề mặt, nhờ đó thiết lập vùng bên trong mỏng hơn thực sự của khuôn.

Theo một cách khác có liên quan để tạo ra các vùng thoát nhiệt tương đối lớn là tạo ra các vùng khuôn mà có độ thấm khí nhiều hơn so với các vùng khác. Các vùng thấm lớn hơn sẽ cho phép đặt lực của áp suất tương đối mạnh hơn lên thân tạo ra do chế độ chênh áp, và do đó thoát nhiệt nhiều hơn do chênh lệch áp suất lớn hơn. Gradient áp suất đối với dòng chảy nhớt qua vật liệu rỗng được xác định bởi tốc độ dòng nhân với độ nhớt chia cho độ thấm khí của vật liệu. Điều này được đặc tả bởi hiện tượng bị ảnh hưởng bởi các mối liên hệ đã biết bởi người có trình độ trung bình là định luật Darcy.

Một cách để thực hiện việc này đã được mô tả ở trên, bằng cách cung cấp vật liệu chức năng mà thay đổi tính thấm khí của các vị trí mà chúng được cung cấp, hoặc bằng cách cung cấp các vật liệu chức năng có các tính thấm khác nhau tại các vị trí khác nhau. Trong một số trường hợp, việc cung cấp các vùng lỗ được che (hoặc các lỗ mở) sẽ thiết lập độ thấm khí nhiều hơn trong vùng trong đó có các lỗ, so với các vùng không có lỗ. Do đó, các vùng mà có các lỗ bị che có thể tạo ra sự thoát nhiệt tăng cường, và do đó tạo ra các vùng chất bán dẫn dày hơn trên đó. Lưu ý rằng hiệu ứng này là sự đối lập với hiệu ứng mô tả ở trên, trong đó các vùng mỏng tạo thành các vùng có khối nhiệt thấp hơn, và do đó tạo ra các phần mỏng hơn của lát liền kề với các vùng khuôn có các lỗ. Sự ảnh hưởng của cả độ thấm lớn hơn lẫn khối lượng nhiệt thấp hơn được xác định rõ ràng và người có trình độ trung bình trong lĩnh vực này sẽ có thể hiểu được tầm quan trọng tương đối của chúng, và do đó có thể xác định và thiết kế hiệu ứng mong muốn bởi lựa chọn thích hợp về kích thước và vị trí các lỗ. Nói chung, tin rằng sự hiệu ứng trên khối lượng nhiệt sẽ được quan tâm hơn, nhưng các hiệu ứng thấm cũng phải được xem xét.

Cũng có thể lấp đầy các lỗ bằng cách chèn vật liệu có tính chất nhiệt sao cho

nhiều nhiệt được thoát khỏi vùng lân cận của nó hơn là từ các vùng không được bổ sung vật liệu của khuôn. Do đó, các lỗ đường bao có thể được lấp đầy bằng vật liệu này, tức là nhiều nhiệt hơn so với phần lớn khuôn, do đó đường bao của lát được tạo ra sẽ dày hơn như mong muốn, và như thể hiện dựa vào Fig.1. Tuy nhiên, phương pháp chèn vật liệu vào những lỗ này là sự thách thức.

Khi chọn vật liệu cho khuôn, và chèn khuôn bất kỳ, và cũng có khi xem xét liệu có tạo các lỗ ở vùng trống của khuôn không, hoặc làm các lỗ này lớn cỡ nào (độ sâu, đường kính), người thiết kế nên xem xét rằng cả sự dẫn nhiệt và quán tính nhiệt (công suất nhiệt) có thể ảnh hưởng đến độ dày kết rắn. Điều này tương tự như được mô tả trước đó, ở chỗ sự truyền nhiệt xác định độ dày này có khía cạnh tạm thời (tính dẫn nhiệt) và khía cạnh trạng thái ổn định (quán tính nhiệt) - do thực tế rằng có sự cạnh tranh giữa nhiệt bị kéo vào khuôn và nhiệt được dẫn vào lát từ vật liệu nóng chảy bên dưới.

Trong phần mô tả ở trên, các lát mỏng có các vùng đường bao dày hơn đã được mô tả. Các lỗ có thể được để trống, để tạo ra các vùng khuôn cơ bản là mỏng hơn ở các vị trí lỗ trống, hoặc chúng có thể được làm đầy bằng vật liệu có đặc tính nhiệt để tạo ra sự tăng cường hoặc giảm thoát nhiệt so với phần lớn thân của khuôn, do đó tạo ra các vùng lát dày hơn hoặc mỏng hơn ở các vị trí của chúng.

Trong phần thảo luận ở trên, các lát mỏng có vùng đường bao dày hơn đã được bàn luận. Các vùng đường bao này đã được thể hiện là bao toàn bộ quanh vùng bên trong, ví dụ ở bốn phía, như thể hiện trên Fig.1. Cũng có thể là không phải toàn bộ đường bao dày hơn so với vùng bên trong. Ví dụ, một, hai hoặc ba cạnh biên (ở đây gọi tắt là đường biên) có thể dày hơn. Hoặc, thay vì toàn bộ vùng biên dày hơn, các vùng dày hơn có thể cấu thành các phần của một biên.

Hơn nữa, phần mô tả ở trên tập trung vào các lát hình vuông, chuẩn trong công nghiệp. Đây là dạng ứng dụng phổ biến nhất hiện nay, nhưng sáng chế được mô tả ở đây có thể áp dụng được cho các lát có hình dạng bất kỳ, bao gồm các hình chữ nhật không vuông, hình tròn, hình tam giác, v.v.. Quan trọng là có một vùng mỏng và ít nhất một vùng dày hơn ở ít nhất một vị trí được thiết kế đặc biệt, độ dày của các vùng được đo theo hướng mà trực giao với bề mặt (hình vuông, hình chữ nhật, hình tròn, v.v.) của lát. Xu hướng công nghiệp gần đây (năm 2015) là xử lý hoàn toàn các lát silic vuông 156mm thành các pin mặt trời vuông 156mm, lợi dụng cơ sở hạ tầng chuỗi

cung ứng và thiết bị tiêu chuẩn hóa để xử lý kích thước này, nhưng cắt đôi chúng thành các pin có kích thước 156mm x 78mm trước khi gắn nhãn, khâu và đóng gói thành môđun. Việc này tạo ra điện áp cao hơn ở dòng thấp hơn và giảm tối đa sự mất điện trở nối tiếp. Để hỗ trợ sự lựa chọn này bằng cách sử dụng các lát được mô tả ở đây có sự điều khiển độ dày cục bộ, gờ trung tâm có thể được tạo ra dọc theo đường mà sẽ trở thành đường cắt để tạo ra nửa pin. Gờ này sẽ tương tự như sọc 240b được minh họa trên Fig.2. Sau đó lát có thể được cắt dọc theo đường giữa của gờ/sọc này, mà gờ này sau đó sẽ trở thành một phần của đường bao dày của hai pin nửa kích thước mà được tạo ra.

Nhìn chung, các lát theo sáng chế này sẽ có phần tương đối mỏng hơn và phần tương đối dày hơn. Theo một phương án ưu tiên, phần tương đối mỏng hơn kéo dài trên ít nhất 80% diện tích bề mặt của lát, và tốt hơn là trên ít nhất 90%. Điều này là để cân bằng công sức và chi phí bổ sung để chế tạo lát phức tạp hơn có lợi ích về chi phí vật liệu và hiệu suất đạt được nhờ độ mỏng và tiết kiệm vật liệu. Nói chung, phần mỏng hơn trong điều kiện tuyệt đối sẽ dày tối thiểu 50 micrômet, và để đạt được độ lợi hiệu suất, dày tối thiểu 80 micrômet. Tỷ lệ của độ dày của phần dày hơn trên độ dày của phần mỏng hơn thường ít nhất là 1,28:1 (ví dụ đường bao 180 micrômet với vùng bên trong 140 micrômet) và có thể khoảng 3:1 hoặc 5:1.

Lưu ý chung là hiệu suất của phần mỏng hơn đạt được với kích thước bất kỳ xuống khoảng 80 micrômet tùy thuộc vào cấu trúc pin cụ thể được dùng. Các lát có độ dày chuẩn là 180 đến 200 micrômet, và do đó, các phần dày hơn trong phạm vi độ dày này sẽ là phương án hữu ích. Tương tự, phần dày hơn có thể có độ dày 250 micrômet đối với độ bền thêm, và vẫn trong phạm vi kích thước tương đối chuẩn. Do đó, người ta có thể dễ dàng chế tạo lát với phần mỏng có độ mỏng 80 micrômet, và phần dày có độ dày 200 micrômet và thậm chí dày 250 micrômet. Lát này sẽ có tỷ lệ độ dày khoảng hơn 3:1, với phần dày hơn đến 170 micrômet trên mức nền của phần mỏng hơn. Có thể hiểu rằng tính hữu dụng có thể đạt được với vùng bên trong siêu mỏng có độ dày khoảng 50 micrômet, đối với các mục đích giảm trọng lượng, và đường bao tương đối dày 250 micrômet, ở giới hạn ngoài của mức thông thường hiện nay. Lát này sẽ có tỷ lệ độ dày trên độ mỏng là 5:1.

Cũng cần lưu ý rằng các tỷ lệ của các vùng dày và mỏng nêu trên được thể hiện trong bối cảnh các lát silic có kích thước 156 mm x 156 mm theo tiêu chuẩn

công nghiệp, hoặc có thể các lát bằng một nửa kích thước đó. Sự cân nhắc về kích thước ở trên đã được phát triển có tính đến máy móc thiết bị và các quy trình đang được sử dụng cho các lát này. Tuy nhiên, đối với các ứng dụng không phải là PV, hoặc không phải là kích thước lát theo tiêu chuẩn này, các thân có kích thước lớn hơn hoặc nhỏ hơn về diện tích cũng có thể được tạo ra bằng cách sử dụng các phương pháp của sáng chế công nghệ tạo ra Direct Wafer như các lát nhỏ hơn nhiều, hoặc các lát lớn hơn có chiều dài hoặc chiều rộng hoặc cả hai chiều. Đối với các thân có kích thước không theo chuẩn này, có thể có nhiều loại tỷ lệ độ dày trên độ mỏng hơn tại các giới hạn của phạm vi nêu trên từ 1,28:1 đến 5:1. Tương tự, có thể có nhiều ứng dụng hơn cho các lát rất mỏng có kích thước gần 50 micrômet, hoặc các lát có các phần dày, như gần 250 micrômet.

Cần lưu ý rằng nhiều/bất kỳ trong số các kỹ thuật nêu trên để tạo ra khuôn có các xu hướng thoát nhiệt khác nhau tại các vị trí khác nhau có thể được sử dụng với nhau. Ví dụ, khuôn mà có độ dày khác nhau tại các vị trí khác nhau, hoặc có mật độ khá đều, như thể hiện trên Fig.17, hoặc, với các lỗ rỗng, tạo ra vùng khuôn tương đối mỏng hơn hoặc thấm tốt hơn ở các vị trí của chúng, có thể được sử dụng với nhau và cũng áp dụng các lớp chức năng, hoặc như các lớp phủ hoặc các lớp xen kẽ. Bất kỳ trong số các hình dạng khác nhau của các vùng dày hơn thể hiện theo hình học khuôn và lát có thể được sử dụng với các hình dạng khác bất kỳ. Các khuôn bất kỳ mô tả ở trên có thể có các vùng làm nóng hoặc làm lạnh các dạng kiểm soát hoặc cải tiến nhiệt độ khuôn cục bộ đặc biệt khác. Hơn nữa bất kỳ trong số các hình học khuôn mô tả ở trên có thể được sử dụng với nhiều chế độ chênh áp ở mức độ khác nhau, cao hơn và thấp hơn, hoặc được thiết lập với nhiều hơn một vùng cao áp, hoặc các lớp phủ có tính thấm khác nhau, hoặc các vùng xếp khác nhau của khuôn.

Các lát được phát triển có thể được tạo các vùng nhô ra trên cả hai mặt của lát – tức là, bề mặt phát triển đối diện với khuôn, và bề mặt phát triển đối mặt với vật liệu nóng chảy, bằng cách tạo các lớp chức năng như thể hiện trên Fig.15, mà tạo ra lát 1500, như thể hiện trên Fig.16, với phần nhô ra kéo dài từ cả hai mặt của lát. Có thể tạo các lớp chức năng có độ dày khác nhau đáng kể (ví dụ lớn hơn 20 micrômet), sao cho vùng hõm 1557 là rộng đáng kể, so với độ dày của đường bao 1530 hoặc các vùng dày khác. Hoặc, các lớp chức năng có thể được đưa vào để thiết lập sự chênh lệch về chiều cao của các phần nhô ra trên mặt mà quay vào khuôn, và sự chênh lệch về độ

dày của khuôn, hoặc chênh lệch áp suất, v.v. có thể được sử dụng để tạo ra độ cao của phần nhô ra trên bề mặt khu vực nóng chảy.

Bản mô tả này mô tả nhiều hơn một sáng chế. Sáng chế được đưa ra trong phần yêu cầu bảo hộ và các tài liệu liên quan, không chỉ được nộp theo đơn, mà còn phát triển trong quá trình theo đuổi đơn bất kỳ dựa trên bản mô tả này. Các tác giả sáng chế dự định bảo hộ tất cả các sáng chế khác nhau theo các giới hạn được cho phép của kỹ thuật đã biết, như sẽ được xác định sau. Không có dấu hiệu nào được mô tả ở đây là cốt yếu đối với mỗi sáng chế. Do đó, các tác giả sáng chế dự tính rằng không có dấu hiệu nào được mô tả ở đây, nhưng không được yêu cầu bảo hộ trong yêu cầu bảo hộ cụ thể bất kỳ của sáng chế bất kỳ dựa trên bản mô tả này, được hợp nhất vào yêu cầu bảo hộ bất kỳ đó.

Ví dụ, sáng chế sử dụng các vật liệu chức năng để kiểm soát sự thoát nhiệt có thể được sử dụng như được mô tả độc lập, hoặc kết hợp với bất kỳ trong số các phương pháp khác, như sử dụng khuôn có độ dày cục bộ khác nhau, áp dụng mức độ chênh lệch áp suất khác nhau, mức độ rỗng khác nhau, nhiệt độ khuôn cục bộ khác nhau, và mức độ thấm khí khác nhau. Tương tự, việc sử dụng các khuôn có độ dày cục bộ khác nhau có thể được sử dụng với bất kỳ trong số các kỹ thuật vừa nêu. Bất kỳ trong số các hình học có thể được sử dụng một mình, hoặc với bất kỳ trong số các hình học khác, hoặc với bất kỳ hình học hợp lý khác không được đề cập. Các đường bao dày có thể được sử dụng với bất kỳ hoặc tất cả các đảo, bến, sọc, toàn bộ hoặc một phần đường biên, và bất kỳ trong số các phần tử này có thể được sử dụng với bất kỳ hoặc tất cả phần tử khác.

Sáng chế chủ yếu được mô tả với bán dẫn silic để sử dụng trong quang điện. Tuy nhiên, các kỹ thuật có thể được sử dụng với bán dẫn bất kỳ, cho mục đích sử dụng bất kỳ. Các lát PV đã được sử dụng như sản phẩm đại diện để chế tạo, tuy nhiên khối bán dẫn khác có các loại mối nối điện khác nhau cũng có thể được tạo ra bằng cách sử dụng các phương pháp khuôn được mô tả.

Một số kết cấu phần cứng, hoặc các nhóm bước, ở đây được gọi là sáng chế. Tuy nhiên, đây không phải là sự thừa nhận rằng các kết cấu hoặc các nhóm bất kỳ này nhất thiết phải là các sáng chế khác biệt có khả năng bảo hộ, cụ thể như được dự tính bởi luật và các quy định liên quan đến số lượng sáng chế mà sẽ được thẩm định cho một đơn sáng chế, hoặc tính thống nhất của sáng chế. Chúng được dự định nói một

cách ngắn gọn là phương án của sáng chế.

Phần tóm tắt được kèm theo đây. Cần nhấn mạnh rằng phần tóm tắt này được cung cấp để phù hợp với các quy tắc cần thiết đối với tóm tắt mà sẽ cho phép thẩm định viên và người tìm kiếm khác nhanh chóng xác định đối tượng của sáng chế. Cần phải hiểu rằng phần tóm tắt này sẽ không được sử dụng để giải thích hoặc giới hạn phạm vi hoặc ý nghĩa của phần yêu cầu bảo hộ.

Phần mô tả trên được hiểu là sự minh họa và không nên được coi là sự hạn chế theo nghĩa bất kỳ. Mặc dù sáng chế đã được thể hiện và mô tả cụ thể dựa vào các phương án ưu tiên của chúng, người có trình độ trung bình trong lĩnh vực này sẽ hiểu rằng có thể thực hiện các thay đổi khác nhau về hình thức và chi tiết mà không đi chệch khỏi ý tưởng và phạm vi của sáng chế như được xác định bởi phần yêu cầu bảo hộ.

Các cấu trúc, vật liệu, hoạt động và các dạng tương đương của tất cả các phương tiện hoặc các bước cộng với các thành phần chức năng trong phần yêu cầu bảo hộ dưới đây được dự định để bao gồm cấu trúc, vật liệu, hoặc hành động bất kỳ để thực hiện các chức năng kết hợp với các phần tử được bảo hộ khác.

CÁC KHÍA CẠNH CỦA SÁNG CHẾ

Các khía cạnh sau theo sáng chế dự định được mô tả trong bản mô tả này và phần này đề cập đến các khía cạnh này. Chúng được gọi là các khía cạnh và mặc dù chúng giống với yêu cầu bảo hộ, chúng không phải là yêu cầu bảo hộ. Tuy nhiên, trong tương lai, người nộp đơn bảo toàn quyền yêu cầu bảo hộ khía cạnh bất kỳ hoặc tất cả các khía cạnh này trong đơn này hoặc đơn liên quan bất kỳ.

A1. Lát bán dẫn bao gồm:

- a. bề mặt thứ nhất; và
- b. bề mặt thứ hai;
- c. vùng thứ nhất có độ dày trung bình thứ nhất theo chiều trục giao với bề mặt thứ nhất;
- d. vùng thứ hai có độ dày trung bình thứ hai dày hơn độ dày trung bình thứ nhất và đó là ở vị trí được kiểm soát; và
- e. hàm lượng oxy xen kẽ nhỏ hơn 6×10^{17} nguyên tử/ml;
- f. tổng hàm lượng oxy tổng nhỏ hơn $8,75 \times 10^{17}$ nguyên tử/ml;

A2. Lát bán dẫn bao gồm:

- a. bề mặt thứ nhất; và
- b. bề mặt thứ hai;
- c. vùng thứ nhất có độ dày trung bình thứ nhất theo chiều trục giao với bề mặt thứ nhất;
- d. vùng thứ hai ở vị trí được kiểm soát, với độ dày trung bình thứ hai, tỷ lệ độ dày trung bình thứ hai trên độ dày trung bình thứ nhất nằm trong khoảng từ 1,28:1 đến 5:1.

A3. Lát bán dẫn bao gồm:

- a. bề mặt thứ nhất; và
- b. bề mặt thứ hai;
- c. vùng thứ nhất có độ dày trung bình thứ nhất nhỏ hơn 160 micrômet theo chiều trục giao với bề mặt thứ nhất;
- d. vùng thứ hai ở vị trí được kiểm soát, có độ dày trung bình thứ hai ít nhất là 180 micrômet.

A4. Lát bán dẫn theo khía cạnh 1 hoặc 3, tỷ lệ của độ dày trung bình thứ hai trên độ dày trung bình thứ nhất nằm trong khoảng từ 1,28:1 đến 5:1.

A5. Lát theo khía cạnh 2 – 3, lát này có hàm lượng oxy xen kẽ nhỏ hơn 6×10^{17} nguyên tử/ml và tổng hàm lượng oxy tổng nhỏ hơn $8,75 \times 10^{17}$ nguyên tử/ml.

A6. Lát theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh 1-2, độ dày trung bình thứ nhất nhỏ hơn 140 micrômet và độ dày trung bình thứ hai ít nhất là 180 micrômet.

A7. Lát bán dẫn theo khía cạnh 1, bề mặt thứ hai bao gồm mặt đáy và, ở vùng thứ hai, một đặc trưng nhô lên từ mặt thứ hai, mở rộng từ mặt thứ hai ở bên kia mặt để một khoảng từ .25 đến bốn lần độ dày trung bình thứ nhất.

A8. Lát theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh nêu trên, lát này có hàm lượng oxy xen kẽ nhỏ hơn 2×10^{17} nguyên tử/ml.

A9. Lát theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh nêu trên, lát này có tổng hàm lượng nhỏ hơn $5,25 \times 10^{17}$ nguyên tử/ml.

A10. Lát theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh nêu trên, vùng thứ nhất có độ dày trung bình nhỏ hơn 150 micrômet.

A11. Lát theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh nêu trên, vùng thứ nhất có độ dày trung bình nhỏ hơn:

- a. 120 micrômet,
- b. 80 micrômet, và
- c. 60 micrômet.

A12. Lát theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh nêu trên, vùng thứ hai được chọn từ nhóm gồm ít nhất một trong số: đường bao, biên, sọc bên trong; bên và đảo.

A13. Lát theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh nêu trên, vùng thứ hai có độ dày nhỏ hơn 250 micrômet, tốt hơn là nằm trong khoảng từ 180 đến 250 micrômet và tốt hơn nữa là từ 180 đến 200 micrômet.

A14. Lát theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh nêu trên, vùng thứ hai chứa vùng sọc, còn bao gồm màng kim loại trên ít nhất một phần của sọc này.

A15 Lát theo khía cạnh 14, còn bao gồm dây bus tiếp xúc với màng kim loại.

A16. Lát theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh nêu trên, vùng thứ hai chứa vùng bên.

A17. Lát theo khía cạnh 16, vùng thứ hai chứa ít nhất một đảo.

A18. Lát theo khía cạnh 17, còn bao gồm màng kim loại nối với vùng bên và vùng đảo.

A19. Lát theo khía cạnh 18, còn bao gồm dây bus tiếp xúc với màng kim loại tại bên và đảo.

A20. Lát theo khía cạnh 19, dây bus được đặt tiếp xúc với màng kim loại ở giữa bên và đảo.

A21 Lát theo khía cạnh 19, dây bus được đặt cách màng kim loại ở vùng nằm giữa bên và đảo.

A22. Lát theo khía cạnh 16, bên có độ dày lớn hơn vùng thứ hai liền kề và nhỏ hơn vùng thứ nhất liền kề.

A23. Lát theo khía cạnh 22, bên có độ dày mà chuyển tiếp từ từ từ độ dày lớn hơn sang độ dày nhỏ hơn.

A24. Lát theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh nêu trên, còn bao gồm vùng chuyển tiếp độ dày từ vùng thứ nhất sang vùng thứ hai, sự chuyển tiếp này được chọn từ nhóm gồm: chuyển tiếp đột ngột và chuyển tiếp từ từ.

A25. Lát theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh nêu trên, vùng thứ hai bao gồm vùng đường bao có bề rộng và lát này bao gồm vùng chuyển tiếp độ dày từ

vùng thứ hai sang vùng thứ nhất, vùng chuyển tiếp này cũng có bề rộng.

A26. Lát theo khía cạnh 25, bề rộng của vùng đường bao xấp xỉ bằng bề rộng của vùng chuyển tiếp.

A27. Lát theo khía cạnh 25, bề rộng của vùng đường bao lớn hơn đáng kể bề rộng của vùng chuyển tiếp.

A28. Lát theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh nêu trên, còn bao gồm vật liệu bao gói phủ lên bề mặt thứ hai và dây bus và lát thứ hai được nối với dây bus.

A29. Lát theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh nêu trên, bề mặt thứ nhất bao gồm mặt về cơ bản là phẳng.

A30. Lát theo khía cạnh 7, bề mặt thứ nhất bao gồm mặt đáy và đặc trưng nhô lên từ mặt thứ nhất; đặc trưng nhô lên từ mặt thứ nhất mở rộng từ mặt thứ nhất một khoảng nhỏ hơn khoảng mà đặc trưng nhô lên từ mặt thứ hai mở rộng từ mặt thứ hai.

A31. Lát theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh nêu trên, vật liệu bán dẫn bao gồm silic.

A32. Lát theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh nêu trên, lát bao gồm lát gồm bộ gom quang điện.

A33. Lát theo khía cạnh 32, bề mặt thứ nhất của lát có mặt thứ nhất có độ dài ít nhất là 156mm và mặt trục giao ít nhất là 77mm.

A34. Phương pháp sản xuất lát bán dẫn, phương pháp bao gồm các bước:

a. tạo ra vật liệu bán dẫn nóng chảy, có bề mặt;

b. tạo ra tấm khuôn, bao gồm phần thân rộng bao gồm:

i. bề mặt khu vực nóng chảy;

ii. mặt sau;

iii. vùng khuôn thứ nhất có xu hướng thoát nhiệt thứ nhất;

iv. vùng tấm khuôn thứ hai có xu hướng thoát nhiệt thứ hai, lớn hơn xu hướng thoát nhiệt thứ nhất;

c. tạo ra chế độ áp suất chênh lệch để áp suất tại ít nhất một phần bề mặt khu vực nóng chảy nhỏ hơn áp suất ở bề mặt vật liệu bán dẫn nóng chảy; và

d. tiếp xúc bề mặt khu vực nóng chảy của khuôn với bề mặt của vật liệu bán dẫn nóng chảy trong ít nhất một phần thời gian tiếp xúc, trong thời gian đó bề mặt khu vực nóng chảy và vật liệu bán dẫn nóng chảy tiếp xúc với nhau và chế độ áp suất chênh lệch được áp dụng để khối vật liệu bán dẫn đóng rắn trên bề mặt khu vực nóng

chảy, tạo ra phần thân bao gồm:

- i. vùng thân thứ nhất, mỏng, có độ dày trung bình của thân mỏng thứ nhất, vùng thân mỏng thứ nhất được tạo ra liền kề với vùng khuôn thứ nhất; và
- ii. vùng thân dày, thứ hai, có độ dày trung bình thân dày thứ hai, vùng thân thứ hai này có vùng khuôn thứ hai liền kề, độ dày trung bình thân thứ hai lớn hơn độ dày thân thứ nhất.

A35. Phương pháp theo khía cạnh 34, còn bao gồm bước tách thân vật liệu bán dẫn được tạo ra ra khỏi tấm khuôn.

A36. Phương pháp theo khía cạnh 35, bước tách thân tạo thành này bao gồm bước khử chế độ áp suất chênh lệch.

A37. Phương pháp theo khía cạnh 35, bước tách thân tạo thành này bao gồm bước tác dụng một lực tách cơ học lên thân tạo ra.

A38. Phương pháp theo khía cạnh 34, vùng khuôn thứ nhất bao gồm vùng bên trong, nhờ đó vùng thân mỏng thứ nhất là vùng bên trong.

A39. Phương pháp theo khía cạnh 38, vùng khuôn thứ hai bao gồm vùng đường bao, nhờ đó vùng thân dày là vùng đường bao.

A40. Phương pháp theo khía cạnh 38 và 39, vùng khuôn thứ hai bao gồm vùng sọc kéo dài qua vùng bên trong và vùng thân dày thứ hai bao gồm vùng sọc kéo dài qua vùng bên trong thân.

A41. Phương pháp theo khía cạnh bất kỳ trong số khía cạnh từ 38 đến 40, vùng khuôn thứ hai bao gồm vùng bên, vùng thân dày thứ hai bao gồm bên.

A42. Phương pháp theo khía cạnh bất kỳ trong số khía cạnh từ 38 đến 41, vùng khuôn thứ hai bao gồm vùng đảo, vùng thân dày thứ hai bao gồm đảo.

A43. Phương pháp theo khía cạnh 38, vùng khuôn thứ hai bao gồm vùng đường bao và vùng thân dày thứ hai bao gồm đường bao, vùng khuôn dày thứ hai còn gồm ít nhất một vùng được chọn từ nhóm gồm:

- a. vùng sọc kéo dài qua vùng bên trong, nhờ đó vùng thân dày thứ hai gồm sọc kéo dài qua vùng bên trong thân;
- b. vùng bên, nhờ đó vùng thân dày, thứ hai bao gồm bên; và
- c. vùng đảo, nhờ đó vùng thân dày, thứ hai bao gồm đảo; và

A44. Phương pháp theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh từ 41 đến 43, còn bao gồm bước tạo trên thân đã tạo ra, màng kim loại kéo dài từ đảo thứ nhất đến ít

nhất một đảo và bên thứ hai.

A45. Phương pháp theo khía cạnh 44, còn bao gồm bước tạo ra dây bus kéo dài từ đảo thứ nhất đến ít nhất một đảo và bên thứ hai, dây bus tiếp xúc với màng kim loại nằm giữa đảo thứ nhất và ít nhất một đảo thứ hai và bên.

A46. Phương pháp theo khía cạnh 44, còn bao gồm bước tạo ra dây bus kéo dài từ đảo thứ nhất đến ít nhất một đảo và bên thứ hai, dây bus đặt cách xa màng kim loại nằm giữa đảo thứ nhất và ít nhất một đảo thứ hai và bên.

A47. Phương pháp theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh 41- 43, vùng thứ hai bao gồm vùng sọc, còn gồm bước tạo ra trên thân đã tạo ra, màng kim loại kéo dài dọc vùng sọc.

A48. Phương pháp theo khía cạnh 47, còn bao gồm bước tạo ra dây bus kéo dài dọc màng kim loại.

A49. Phương pháp theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh 34 – 48, khuôn rỗng bao gồm vật liệu khuôn có độ dày trung bình nhỏ hơn thứ nhất ở vùng khuôn thứ nhất và vật liệu khuôn có độ dày trung bình lớn hơn thứ hai, do đó xu hướng thoát nhiệt lớn của vùng khuôn thứ hai khi so sánh với vùng khuôn thứ nhất là do ít nhất một phần độ dày trung bình của vật liệu khuôn của vùng khuôn thứ hai lớn hơn so với độ dày trung bình của vật liệu khuôn của vùng khuôn thứ nhất.

A50. Phương pháp theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh 34 – 49, khuôn rỗng có vật liệu chức năng có độ dẫn nhiệt thứ nhất tại vùng khuôn thứ nhất và vật liệu chức năng có độ dẫn nhiệt lớn tại vùng khuôn thứ hai, do đó xu hướng thoát nhiệt của vùng khuôn thứ hai lớn hơn so với vùng khuôn thứ nhất một phần là do độ dẫn nhiệt của vật liệu chức năng của vùng khuôn thứ hai lớn so với độ dẫn nhiệt của vật liệu chức năng của vùng khuôn thứ nhất nhỏ.

A51. Phương pháp theo khía cạnh 50, vật liệu chức năng bao gồm các kết cấu giống nhau, vật liệu chức năng của vùng thứ nhất có độ dày thứ nhất và vật liệu chức năng của vùng thứ hai có độ dày thứ hai, nhỏ hơn độ dày thứ nhất.

A52. Phương pháp theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh 50-51, ít nhất một vật liệu chức năng bao gồm lớp phủ.

A53. Phương pháp theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh 50-51, ít nhất một vật liệu chức năng bao gồm lớp xen kẽ.

A54. Phương pháp theo khía cạnh 53, lớp xen kẽ này bao gồm hai lớp xen kẽ có

kích thước khác nhau được đặt chồng lên nhau.

A55. Phương pháp theo khía cạnh 53, lớp xen kẽ bao gồm một lớp xen kẽ có độ dày khác nhau ở các vị trí khác nhau.

A56. Phương pháp theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh 34 – 53, tấm khuôn rỗng bao gồm vật liệu khuôn có độ thấm khí thứ nhất ở vùng khuôn thứ nhất và vật liệu khuôn có độ thấm khí thứ hai lớn, do đó xu hướng thoát nhiệt lớn của vùng khuôn thứ hai khi so sánh với vùng khuôn thứ nhất ít nhất một phần là do độ thấm của vật liệu khuôn của vùng khuôn thứ hai lớn hơn so với độ thấm của vật liệu khuôn của vùng khuôn thứ nhất.

A57. Phương pháp theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh 34 – 56, còn bao gồm bước nối vùng khuôn thứ nhất với nguồn áp suất chênh lệch thứ nhất và bước nối vùng khuôn thứ hai với nguồn áp suất chênh lệch thứ hai, nguồn áp suất chênh lệch thứ hai này tạo ra áp suất chênh lệch lớn hơn nguồn áp suất chênh lệch thứ nhất, do đó xu hướng thoát nhiệt của vùng khuôn thứ hai lớn hơn so với vùng khuôn thứ nhất ít nhất một phần là do áp suất chênh lệch lớn hơn được tạo ra tại vùng khuôn thứ hai so với áp suất chênh lệch được tạo ra ở vùng khuôn thứ nhất.

A58. Phương pháp theo khía cạnh 49, trong đó độ dày trung bình nhỏ hơn thứ nhất tại vùng khuôn thứ nhất là do có nhiều lỗ được tạo ra trong vùng khuôn thứ nhất.

A59. Phương pháp theo khía cạnh 58, các lỗ này bao gồm các lỗ bị che kéo dài một phần từ mặt sau rỗng đến bề mặt khu vực nóng chảy của thân rỗng.

A60. Khuôn bao gồm thân rỗng gồm:

- a. bề mặt khu vực nóng chảy;
- b. mặt sau;
- c. vùng thứ nhất có xu hướng thoát nhiệt thứ nhất; và
- d. vùng thứ hai có xu hướng thoát nhiệt thứ hai, lớn hơn xu hướng thoát nhiệt thứ nhất;

A61. Khuôn theo khía cạnh 60, thân rỗng bao gồm vật liệu khuôn có độ dày trung bình nhỏ hơn thứ nhất ở vùng thứ nhất và vật liệu có độ dày trung bình lớn hơn thứ hai, do đó xu hướng thoát nhiệt của vùng thứ hai lớn hơn khi so sánh với vùng thứ nhất là do ít nhất một phần độ dày của vật liệu của vùng khuôn thứ hai lớn hơn so với độ dày của vật liệu khuôn của vùng thứ nhất.

A62. Khuôn theo khía cạnh 62, bề mặt khu vực nóng chảy bao gồm bề mặt

tương đối phẳng, khi so sánh với mặt sau, vùng thứ hai có độ dày lớn được tạo ra bởi các phần nhô lên kéo dài từ mặt đáy của mặt sau, cách xa bề mặt khu vực nóng chảy.

A63. Khuôn theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh từ 60 đến 62, vùng thứ nhất bao gồm các lỗ rỗng đặt cách nhau kéo dài từ mặt sau hướng đến bề mặt khu vực nóng chảy.

A64. Khuôn theo khía cạnh 63, các lỗ rỗng có khoảng cách từ tâm đến tâm xấp xỉ hoặc nhỏ hơn độ dày trung bình của tấm khuôn trong vùng mà có các lỗ rỗng trong đó.

A65. Khuôn theo khía cạnh 63-64, các lỗ rỗng có đường kính xấp xỉ hoặc nhỏ hơn độ dày trung bình của tấm khuôn trong vùng mà có các lỗ rỗng trong đó.

A66. Khuôn theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh 63-65, các lỗ rỗng có độ sâu ít nhất bằng $\frac{1}{2}$ độ dày trung bình của vùng của tấm khuôn mà có các lỗ rỗng này.

A67. Khuôn theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh từ 63 đến 66, các lỗ rỗng này gồm các lỗ bị che.

A68. Tấm khuôn theo khía cạnh 67, các lỗ bị che này bao gồm các lỗ trống.

A69. Khuôn theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh 60-68, thân rỗng bao gồm vật liệu chức năng có độ dày lớn thứ nhất ở vùng thứ nhất trên bề mặt khu vực nóng chảy của nó và vật liệu chức năng có độ dày thứ hai nhỏ ở vùng thứ hai, do đó xu hướng thoát nhiệt của vùng thứ hai lớn hơn khi so sánh với xu hướng thoát nhiệt thấp của vùng thứ nhất ít nhất một phần là do độ dày của vật liệu của vùng chức năng của vùng thứ hai nhỏ hơn so với độ dày của vật liệu chức năng của vùng thứ nhất.

A70. Khuôn theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh 60-68, thân rỗng bao gồm vật liệu chức năng có độ dẫn nhiệt thứ nhất nhỏ ở vùng thứ nhất trên bề mặt khu vực nóng chảy của nó và vật liệu chức năng có độ dẫn nhiệt thứ hai lớn ở vùng thứ hai, do đó xu hướng thoát nhiệt của vùng thứ hai lớn hơn khi so sánh với xu hướng thoát nhiệt thấp của vùng thứ nhất ít nhất một phần là do độ dẫn nhiệt của vật liệu chức năng của vùng thứ hai lớn hơn so với độ dẫn nhiệt của vật liệu chức năng của vùng thứ nhất.

A71. Khuôn theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh 69-70, vật liệu chức năng bao gồm lớp phủ.

A72. Khuôn theo khía cạnh 71, lớp phủ bao gồm lớp phủ được phủ bằng phương pháp được chọn từ nhóm gồm: phủ màng che, phun, phủ khe hẹp và phun mặt

khum.

A73. Khuôn theo khía cạnh 69, vật liệu chức năng bao gồm ít nhất một lớp xen kẽ độc lập.

A74. Phương pháp theo khía cạnh 53, lớp xen kẽ này bao gồm hai lớp xen kẽ có diện tích bề mặt khác nhau được đặt chồng lên nhau.

A75. Phương pháp theo khía cạnh 73, lớp xen kẽ bao gồm một lớp xen kẽ có độ dày khác nhau ở các vị trí khác nhau.

A76. Khuôn theo khía cạnh 60-75, thân rỗng bao gồm vật liệu có độ thấm thứ nhất ở vùng thứ nhất và vật liệu có độ thấm thứ hai ở vùng thứ hai, do đó xu hướng thoát nhiệt của vùng thứ hai lớn hơn khi so sánh với xu hướng thoát nhiệt nhỏ vùng thứ nhất là do ít nhất một phần độ thấm của vật liệu của vùng thứ hai lớn hơn so với độ thấm của vật liệu khuôn của vùng thứ nhất.

A77. Khuôn theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh 60-76, vật liệu thứ nhất bao gồm vùng bên trong.

A78. Khuôn theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh 60-77, vùng thứ hai bao gồm vùng đường bao.

A79. Khuôn theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh 77 và 78, vùng thứ hai bao gồm vùng sọc kéo dài qua vùng bên trong.

A80. Khuôn theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh từ 77 đến 79, vùng thứ hai bao gồm vùng bên.

A81. Khuôn theo khía cạnh bất kỳ trong số các khía cạnh từ 77 đến 80, vùng thứ hai bao gồm vùng đảo.

A82. Khuôn theo khía cạnh 77, vùng thứ hai bao gồm vùng đường bao và ít nhất một vùng được chọn từ nhóm gồm:

- a. vùng sọc kéo dài qua vùng bên trong;
- b. vùng bên; và
- c. vùng đảo.

Sáng chế đã mô tả được bộc lộ trên đây, yêu cầu bảo hộ là:

YÊU CẦU BẢO HỘ

1. Lát bán dẫn bao gồm:

bề mặt thứ nhất; và

bề mặt thứ hai;

vùng thứ nhất có độ dày trung bình thứ nhất theo chiều trục giao với bề mặt thứ nhất;

vùng thứ hai có độ dày trung bình thứ hai dày hơn độ dày trung bình thứ nhất và ở trong vị trí lựa chọn được; và

vùng thứ ba có độ dày trung bình thứ ba dày hơn độ dày trung bình thứ nhất và mỏng hơn độ dày trung bình thứ hai.

2. Lát theo điểm 1, trong đó tỷ lệ của độ dày trung bình thứ hai trên độ dày trung bình thứ nhất nằm trong khoảng từ 1,28:1 đến 5:1.

3. Lát theo điểm 1, trong đó lát này có hàm lượng oxy xen kẽ nhỏ hơn 6×10^{17} nguyên tử/ml và tổng hàm lượng oxy nhỏ hơn $8,75 \times 10^{17}$ nguyên tử/ml.

4. Lát theo điểm 1, trong đó độ dày trung bình thứ nhất nhỏ hơn 160 micrômet và độ dày trung bình thứ hai là ít nhất 180 micrômet.

5. Lát theo điểm 1, trong đó vùng thứ hai được chọn từ nhóm gồm ít nhất một trong số: chu vi; biên, dải bên trong; bên; và đảo.

6. Lát theo điểm 1, trong đó vùng thứ hai có độ dày nhỏ hơn 250 micrômet, tốt hơn là nằm trong khoảng từ 180 đến 250 micrômet, và tốt hơn nữa là nằm trong khoảng từ 180 đến 200 micrômet.

7. Phương pháp sản xuất lát bán dẫn bao gồm các bước:

tạo ra vật liệu bán dẫn nóng chảy, có bề mặt;

tạo ra tấm khuôn, bao gồm phần thân rỗng có:

bề mặt khu vực nóng chảy;

mặt sau;

vùng khuôn thứ nhất có xu hướng thoát nhiệt thứ nhất;

vùng tâm khuôn thứ hai có xu hướng thoát nhiệt thứ hai lớn hơn xu hướng thoát nhiệt thứ nhất;

tạo ra chế độ áp suất chênh lệch để áp suất tại ít nhất một phần bề mặt khu vực nóng chảy nhỏ hơn áp suất ở bề mặt vật liệu bán dẫn nóng chảy; và

cho bề mặt khu vực nóng chảy của khuôn tiếp xúc với bề mặt của vật liệu bán dẫn nóng chảy trong ít nhất một phần thời gian tiếp xúc, trong thời gian đó bề mặt khu vực nóng chảy và vật liệu bán dẫn nóng chảy tiếp xúc với nhau và chế độ áp suất chênh lệch được áp dụng để khối vật liệu bán dẫn đóng rắn trên bề mặt khu vực nóng chảy, tạo ra phần thân bao gồm:

vùng thân mỏng hơn thứ nhất có độ dày trung bình của thân mỏng hơn thứ nhất, vùng thân mỏng thứ nhất này được tạo ra sát với vùng khuôn thứ nhất; và

vùng thân dày hơn thứ hai có độ dày trung bình của thân dày hơn thứ hai, vùng thân thứ hai này được tạo ra sát với vùng khuôn thứ hai, độ dày trung bình thân thứ hai này lớn hơn độ dày thân thứ nhất.

8. Phương pháp theo điểm 7, trong đó vùng khuôn thứ nhất bao gồm vùng bên trong, nhờ đó vùng thân mỏng thứ nhất là vùng bên trong.

9. Phương pháp theo điểm 7, trong đó vùng khuôn thứ hai bao gồm vùng chu vi, nhờ đó vùng thân dày là vùng chu vi.

10. Phương pháp theo điểm 7, trong đó vùng khuôn thứ hai bao gồm vùng chu vi và vùng thân dày thứ hai bao gồm chu vi, vùng khuôn dày thứ hai còn bao gồm ít nhất một vùng được chọn từ nhóm gồm:

vùng sọc kéo dài qua vùng bên trong, nhờ đó vùng thân dày thứ hai gồm sọc kéo dài qua vùng bên trong thân;

vùng bốn, nhờ đó vùng thân dày thứ hai bao gồm bốn; và

vùng đảo, nhờ đó vùng thân dày thứ hai bao gồm đảo.

11. Phương pháp theo điểm 7, trong đó tấm khuôn rỗng bao gồm vật liệu khuôn có độ dày trung bình nhỏ hơn thứ nhất ở vùng khuôn thứ nhất và vật liệu khuôn có độ dày trung bình lớn hơn thứ hai, do đó xu hướng thoát nhiệt của vùng khuôn thứ hai so với vùng khuôn thứ nhất là lớn hơn vì ít nhất một phần độ dày trung bình của vật liệu khuôn của vùng khuôn thứ hai là lớn hơn so với độ dày trung bình của vật liệu khuôn của vùng khuôn thứ nhất.

12. Phương pháp theo điểm 7, trong đó tấm khuôn rỗng có vật liệu chức năng có độ dẫn nhiệt thứ nhất tại vùng khuôn thứ nhất và vật liệu chức năng có độ dẫn nhiệt thứ hai cao hơn tại vùng khuôn thứ hai, do đó xu hướng thoát nhiệt của vùng khuôn thứ hai lớn hơn so với vùng khuôn thứ nhất một phần là do độ dẫn nhiệt của vật liệu chức năng của vùng khuôn thứ hai lớn hơn so với độ dẫn nhiệt của vật liệu chức năng của vùng khuôn thứ nhất nhỏ hơn.

13. Phương pháp theo điểm 12, trong đó vật liệu chức năng bao gồm các kết cấu giống nhau, vật liệu chức năng của vùng thứ nhất có độ dày thứ nhất và vật liệu chức năng của vùng thứ hai có độ dày thứ hai nhỏ hơn độ dày thứ nhất.

14. Phương pháp theo điểm 7, trong đó thân khuôn rỗng bao gồm vật liệu khuôn có độ thấm khí thứ nhất ở vùng khuôn thứ nhất và vật liệu khuôn có độ thấm khí thứ hai lớn hơn ở vùng khuôn thứ hai, do đó xu hướng thoát nhiệt của vùng khuôn thứ hai lớn hơn so với vùng khuôn thứ nhất ít nhất một phần là do độ thấm của vật liệu khuôn của vùng khuôn thứ hai lớn hơn so với độ thấm của vật liệu khuôn của vùng khuôn thứ nhất.

15. Phương pháp theo điểm 7, trong đó phương pháp này còn bao gồm bước nối vùng khuôn thứ nhất với nguồn áp suất chênh lệch thứ nhất và bước nối vùng khuôn thứ hai với nguồn áp suất chênh lệch thứ hai, nguồn áp suất chênh lệch thứ hai này tạo ra áp suất chênh lệch lớn hơn nguồn áp suất chênh lệch thứ nhất, do đó xu hướng thoát nhiệt của vùng khuôn thứ hai lớn hơn so với vùng khuôn thứ nhất là do ít nhất một phần áp suất chênh lệch được tạo ra tại vùng khuôn thứ hai lớn hơn so với áp suất chênh lệch được tạo ra ở vùng khuôn thứ nhất.

16. Khuôn bao gồm thân rỗng gồm:

bề mặt khu vực nóng chảy;

mặt sau;

vùng thứ nhất có xu hướng thoát nhiệt thứ nhất; và

vùng thứ hai có xu hướng thoát nhiệt thứ hai lớn hơn xu hướng thoát nhiệt thứ nhất.

17. Khuôn theo điểm 16, trong đó thân rỗng bao gồm vật liệu khuôn có độ dày trung bình thứ nhất nhỏ hơn ở vùng thứ nhất và vật liệu có độ dày trung bình thứ hai lớn hơn ở vùng thứ hai, do đó xu hướng thoát nhiệt của vùng thứ hai lớn hơn so với xu hướng thoát nhiệt của vùng thứ nhất là do ít nhất một phần độ dày của vật liệu của vùng khuôn thứ hai lớn hơn so với độ dày của vật liệu khuôn của vùng thứ nhất.

18. Khuôn theo điểm 16, trong đó thân rỗng bao gồm vật liệu chức năng có bề mặt có vùng nóng chảy của nó có độ dày thứ nhất lớn hơn ở vùng thứ nhất và vật liệu chức năng có độ dày thứ hai nhỏ hơn ở vùng thứ hai, do đó xu hướng thoát nhiệt của vùng thứ hai lớn hơn so với xu hướng thoát nhiệt thấp của vùng thứ nhất ít nhất một phần là do độ dày của vật liệu của vùng chức năng của vùng thứ hai nhỏ hơn so với độ dày lớn hơn của vật liệu chức năng của vùng thứ nhất.

19. Khuôn theo điểm 16, trong đó thân rỗng bao gồm vật liệu chức năng bề mặt có vùng nóng chảy của nó có độ dẫn nhiệt thứ nhất nhỏ hơn ở vùng thứ nhất và vật liệu chức năng có độ dẫn nhiệt thứ hai ở vùng thứ hai lớn hơn, do đó xu hướng thoát nhiệt của vùng thứ hai lớn hơn so với xu hướng thoát nhiệt thấp của vùng thứ nhất ít nhất một phần là do độ dẫn nhiệt của vật liệu chức năng của vùng thứ hai lớn hơn so với độ dẫn nhiệt thấp hơn của vật liệu chức năng của vùng thứ nhất.

20. Khuôn theo điểm 16, trong đó vùng thứ nhất bao gồm vùng bên trong.

21. Khuôn theo điểm 20, trong đó vùng thứ hai bao gồm vùng chu vi, và ít nhất một vùng được chọn từ nhóm gồm:

vùng sọc kéo dài qua vùng bên trong;
vùng bên; và
vùng đảo.

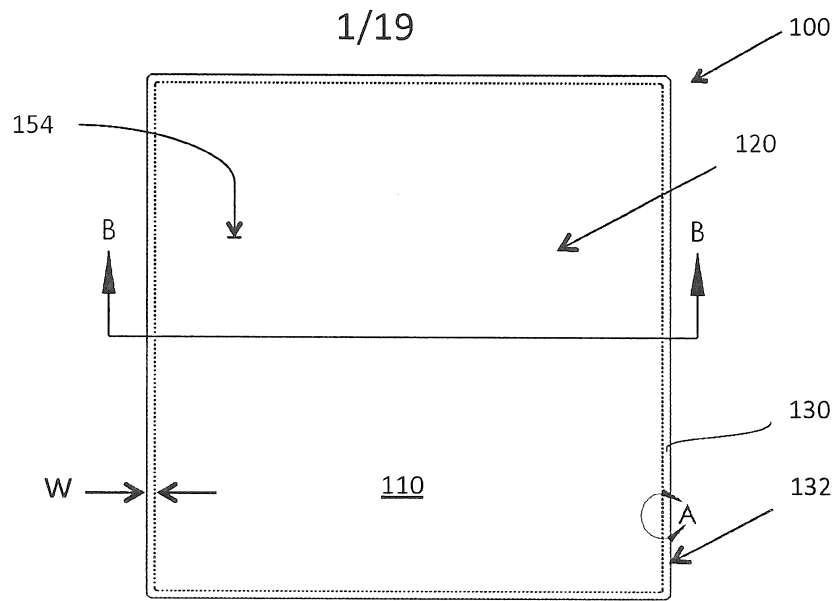


Fig. 1

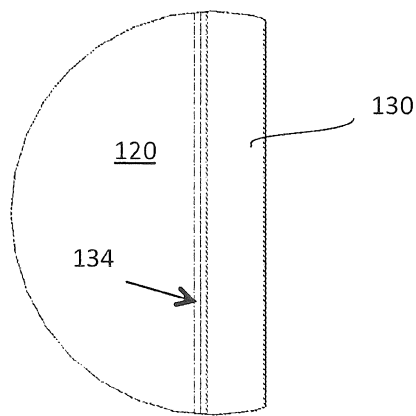


Fig. 1A

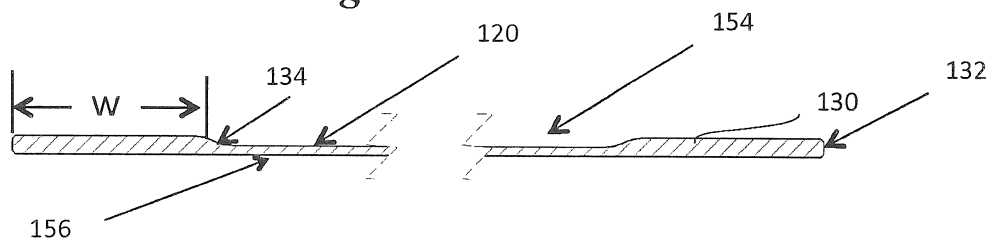


Fig. 1B

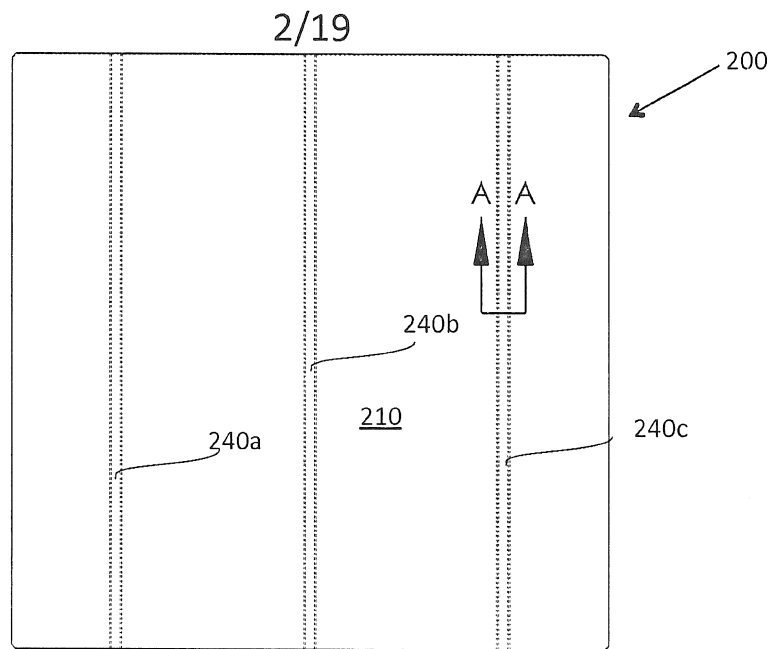


Fig. 2

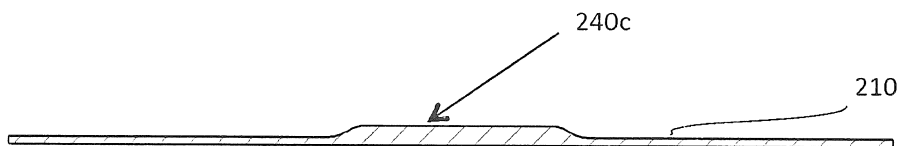
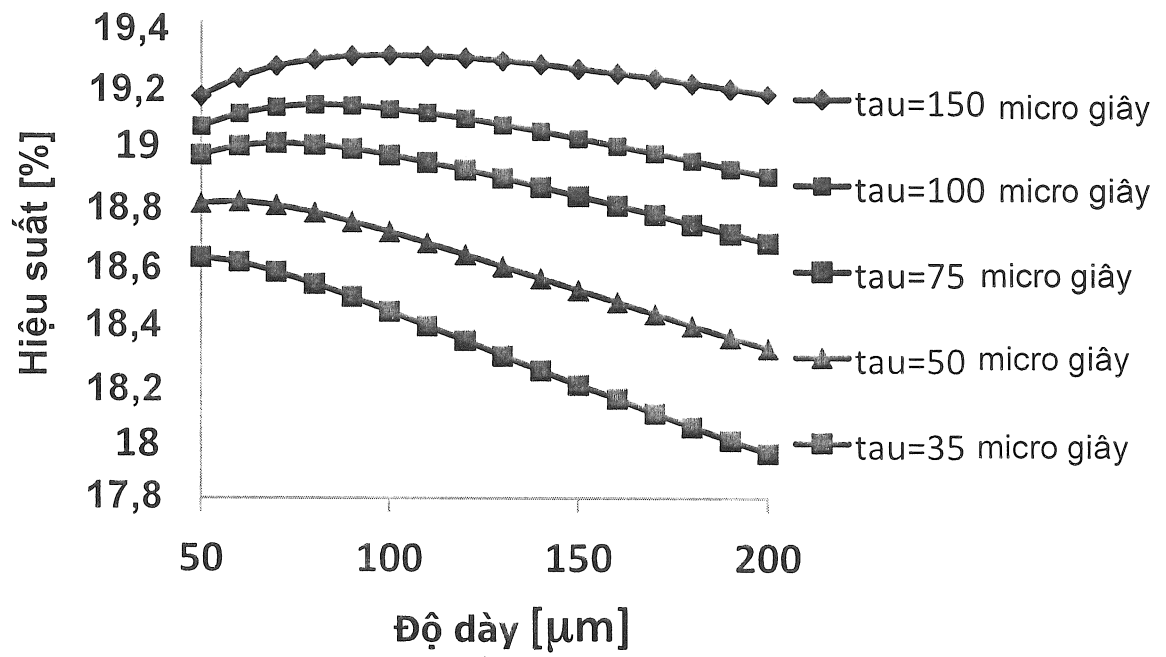
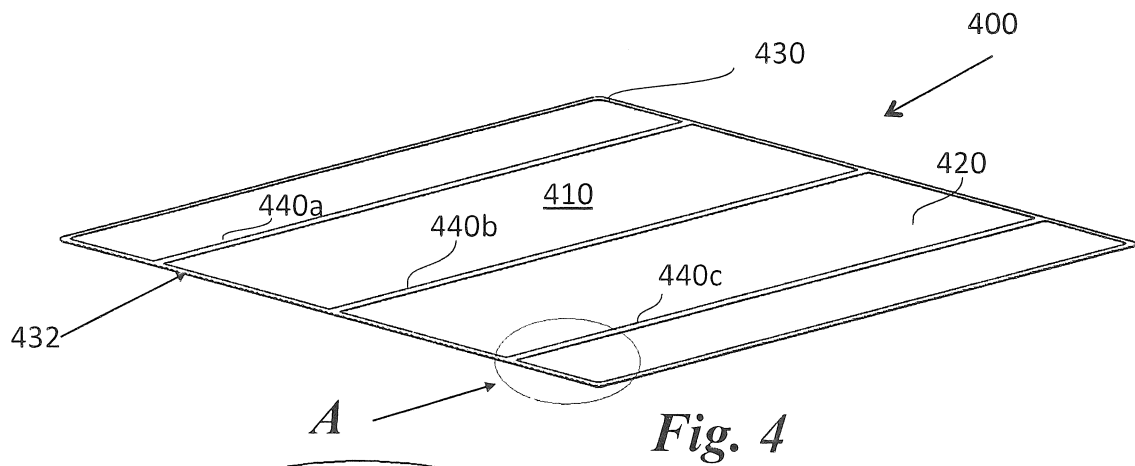
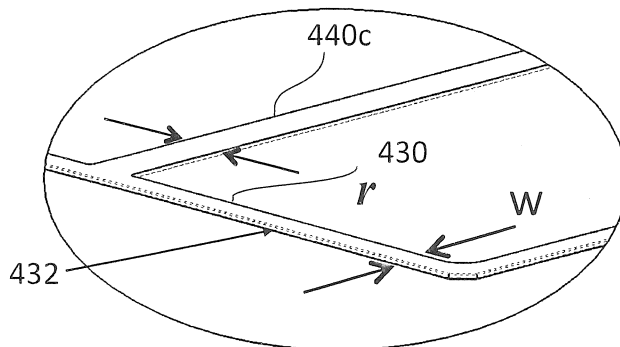


Fig. 2A

*Fig. 3**Fig. 4**Fig. 4A*

4/19

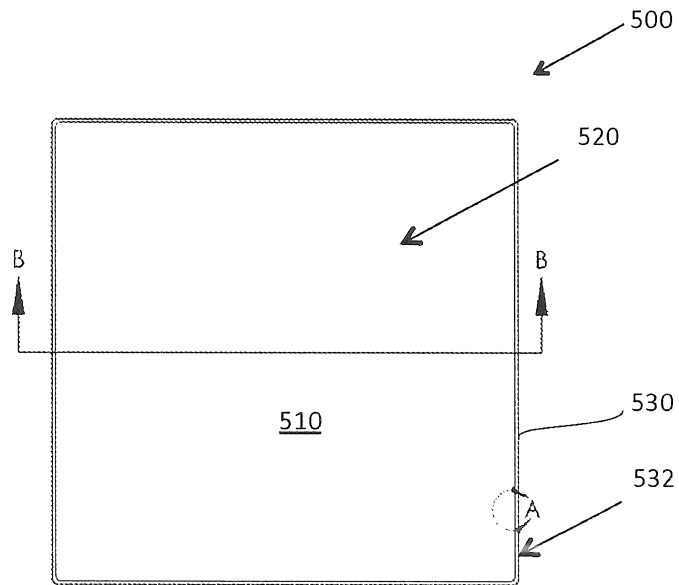


Fig. 5

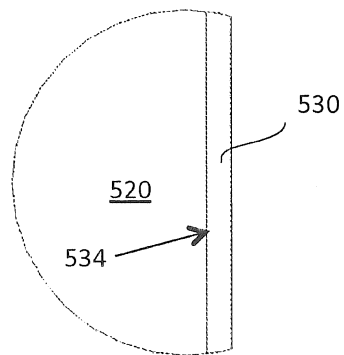


Fig. 5A

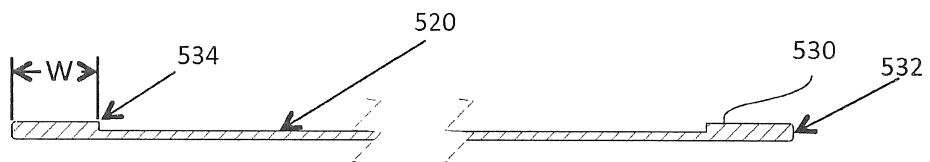


Fig. 5B

5/19

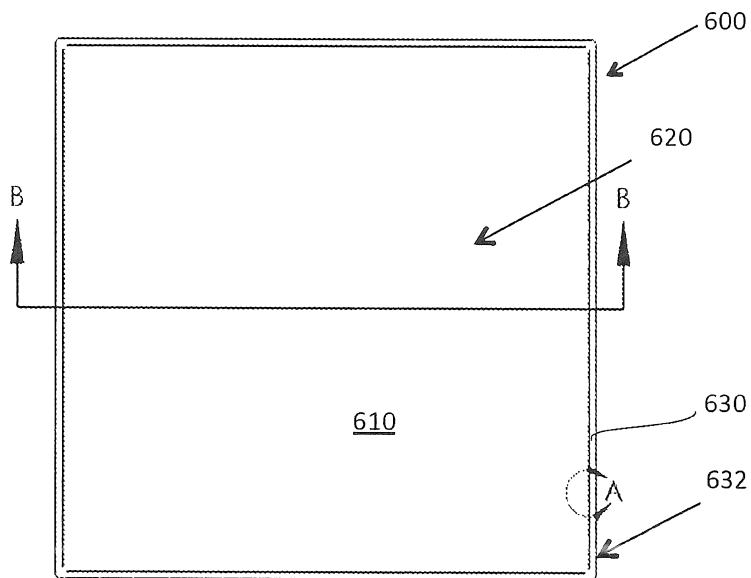


Fig. 6

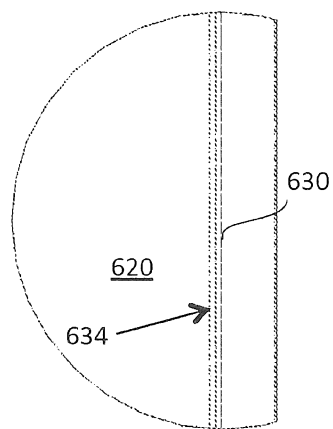


Fig. 6A

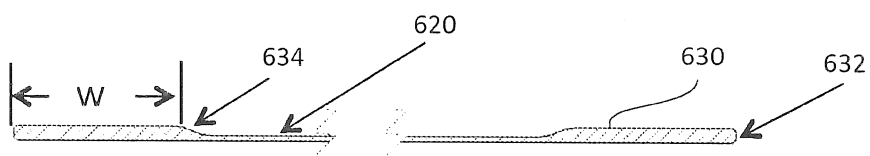


Fig. 6B

6/19

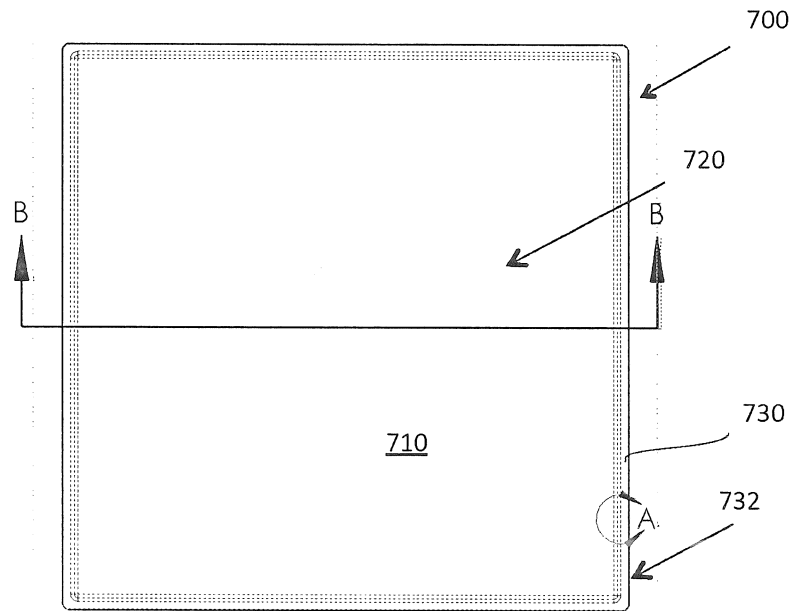


Fig. 7

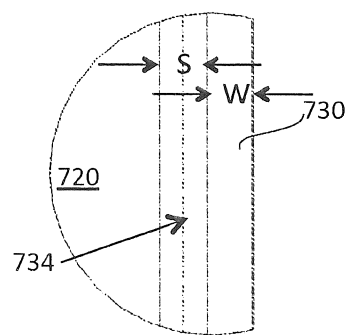


Fig. 7A

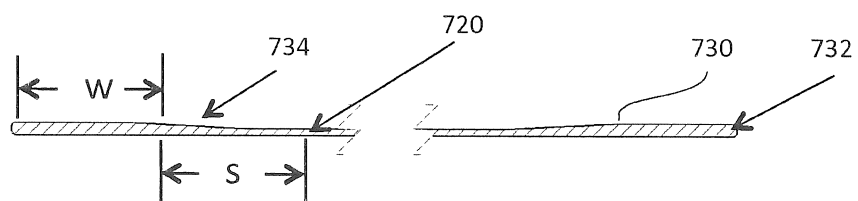


Fig. 7B

7/19

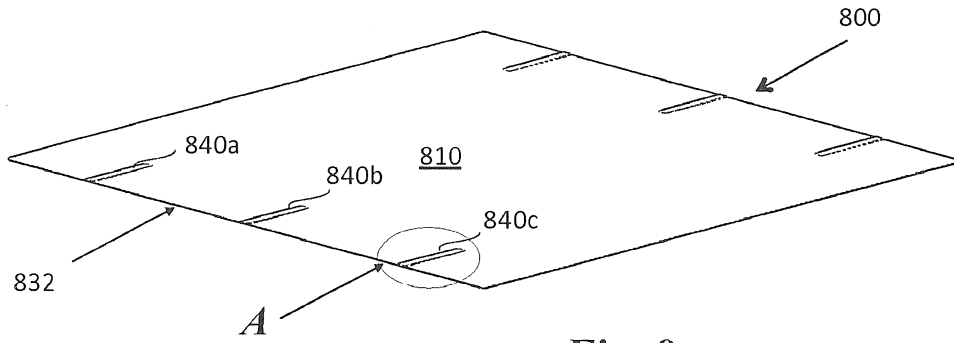


Fig. 8

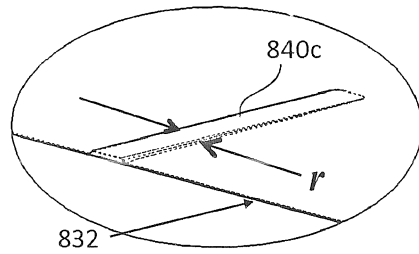


Fig. 8A

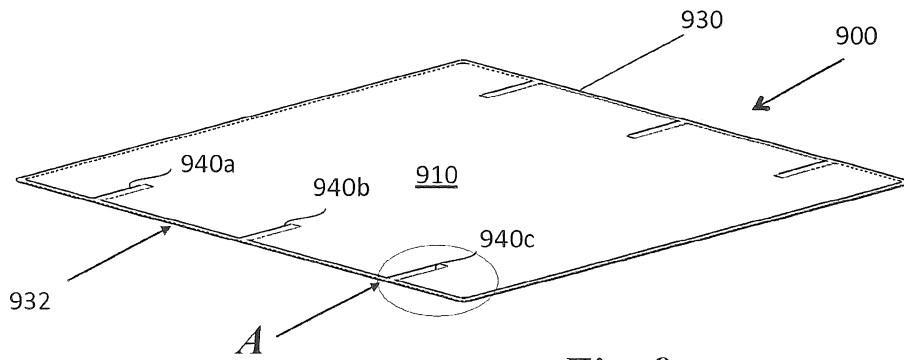


Fig. 9

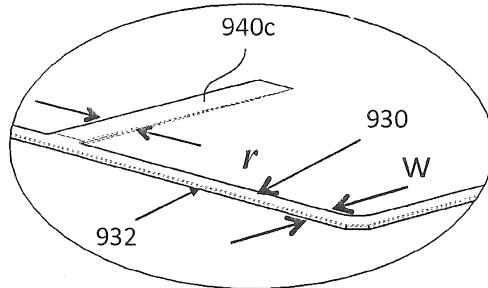
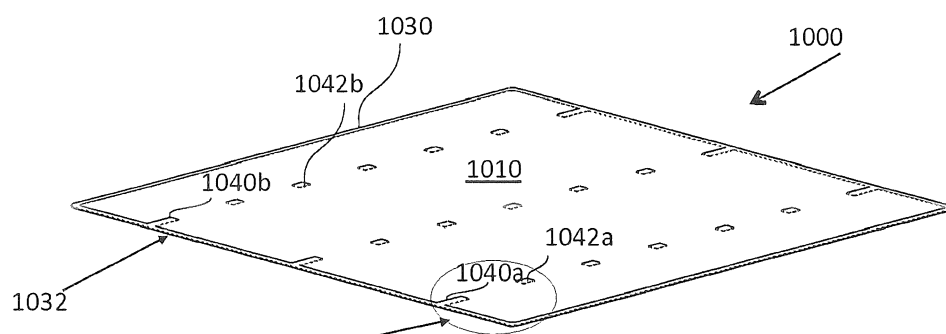
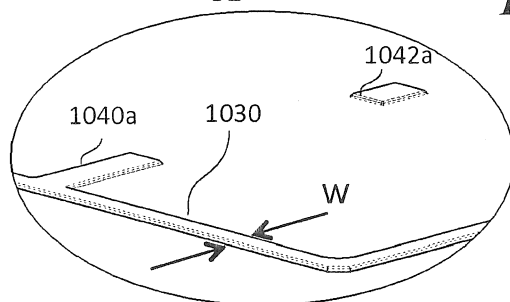


Fig. 9A

8/19

*Fig. 10**Fig. 10A*

9/19

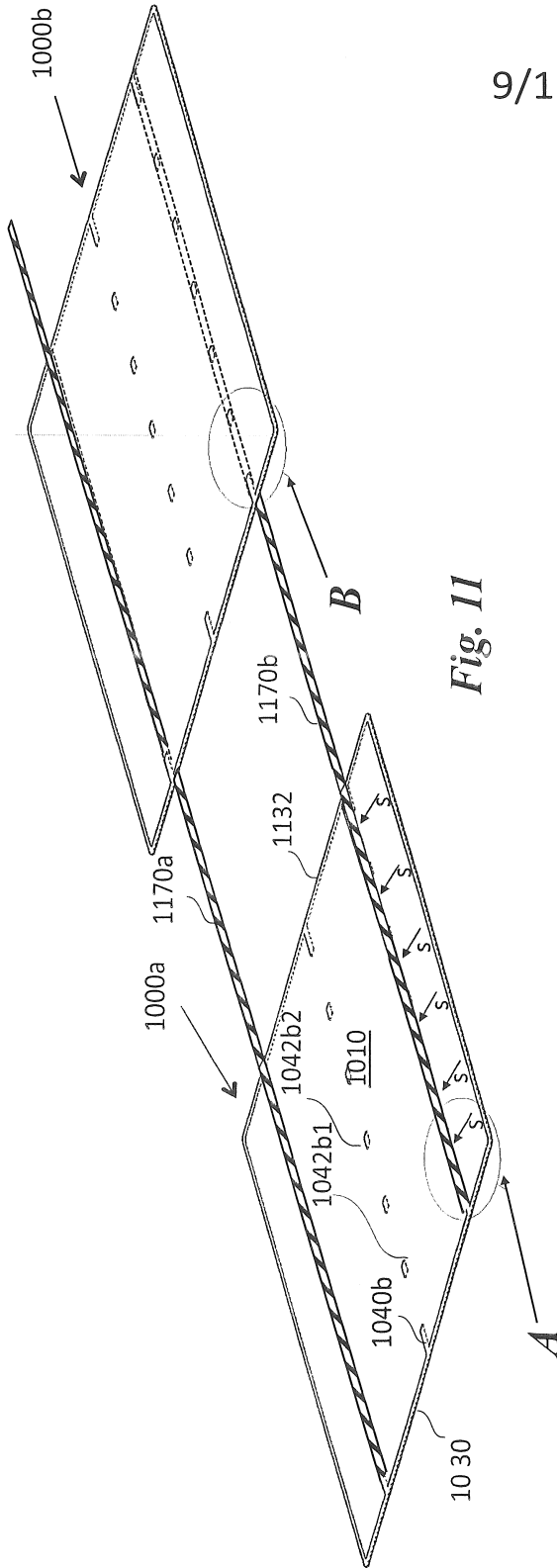


Fig. 11

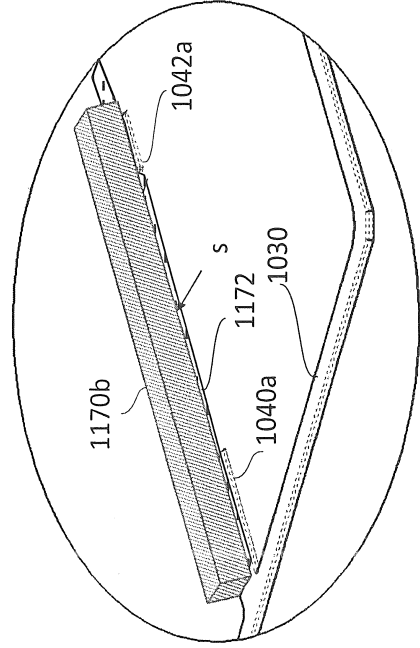


Fig. 11B

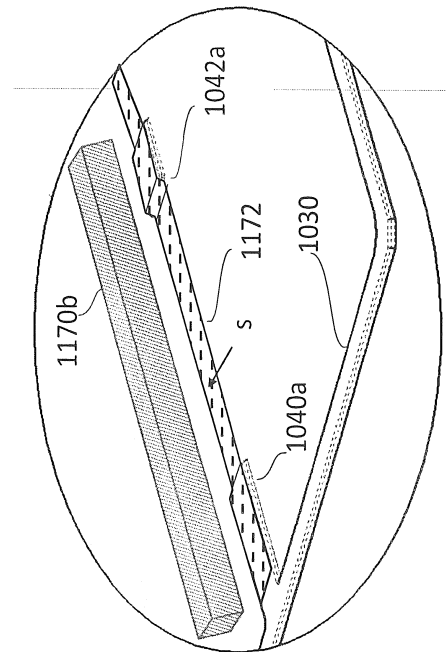


Fig. 11A

10/19

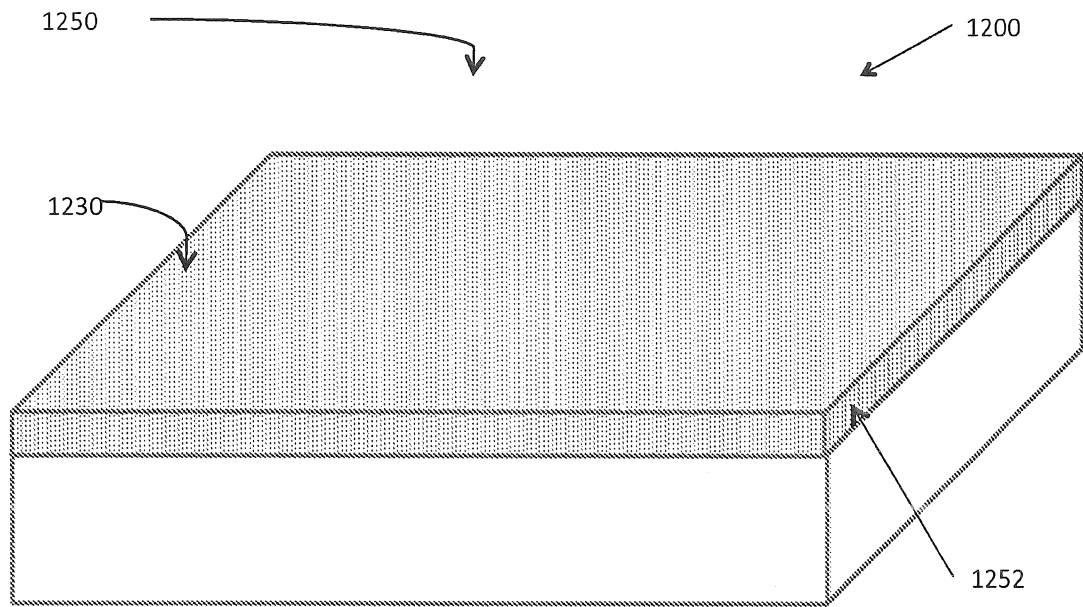


Fig. 12A

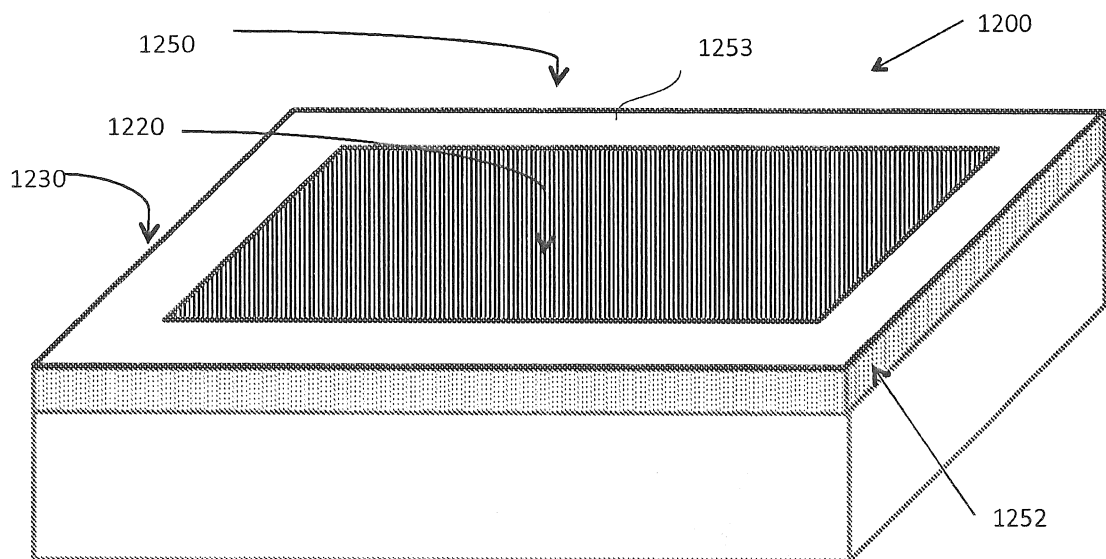


Fig. 12B

11/19

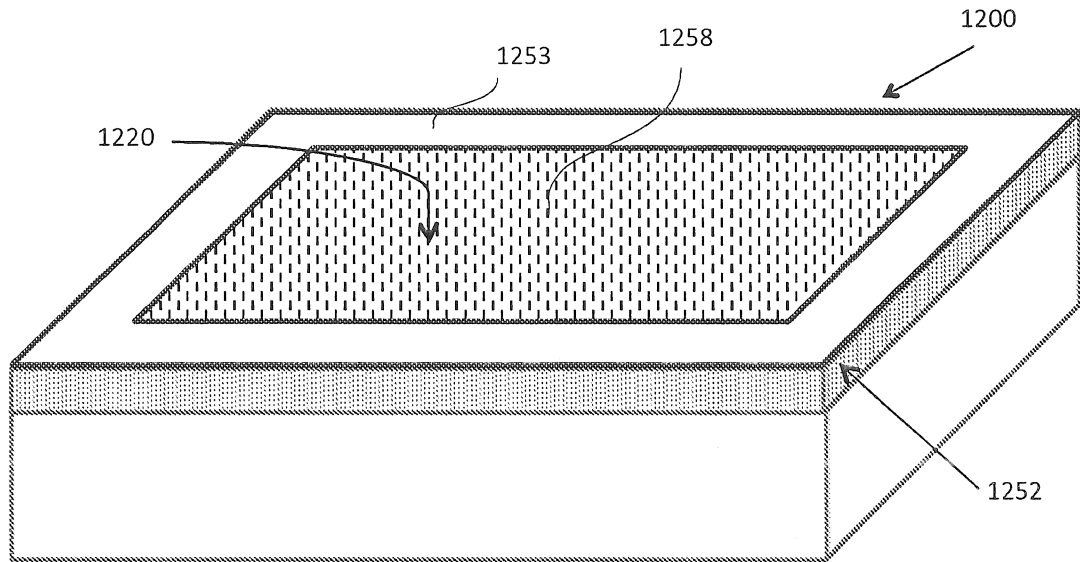


Fig. 12C

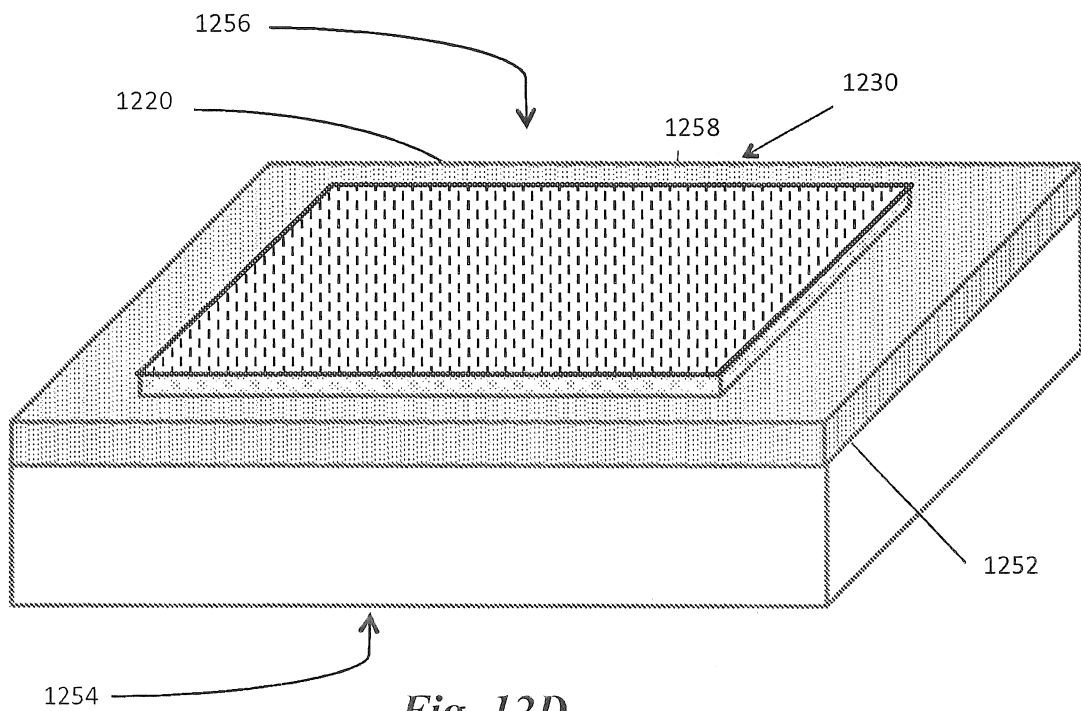
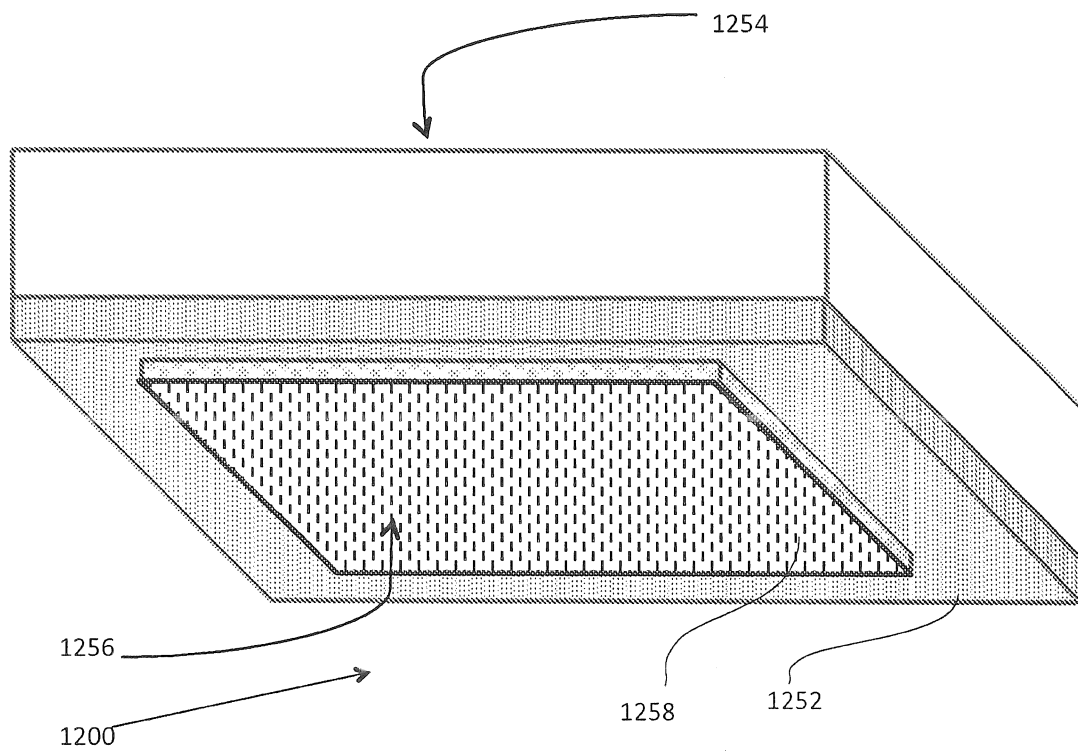


Fig. 12D

12/19

*Fig. 12E*

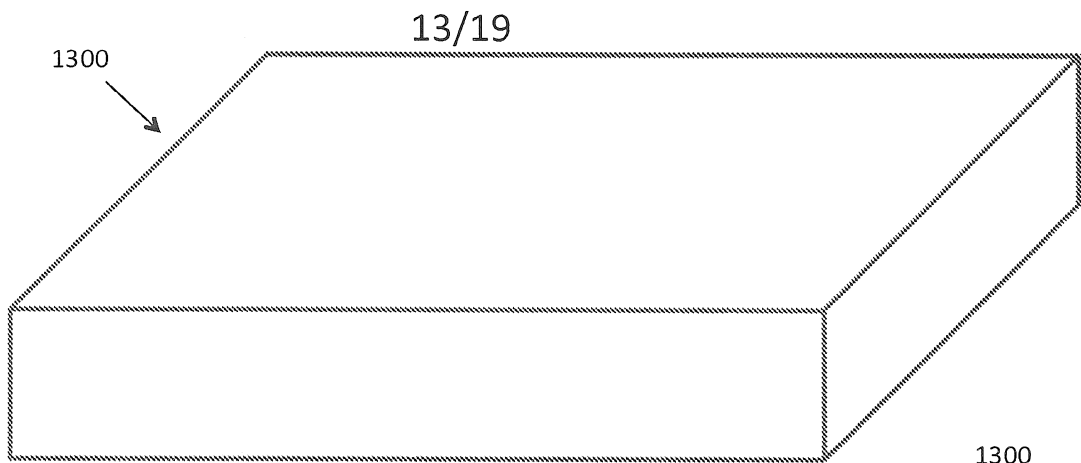


Fig. 13A

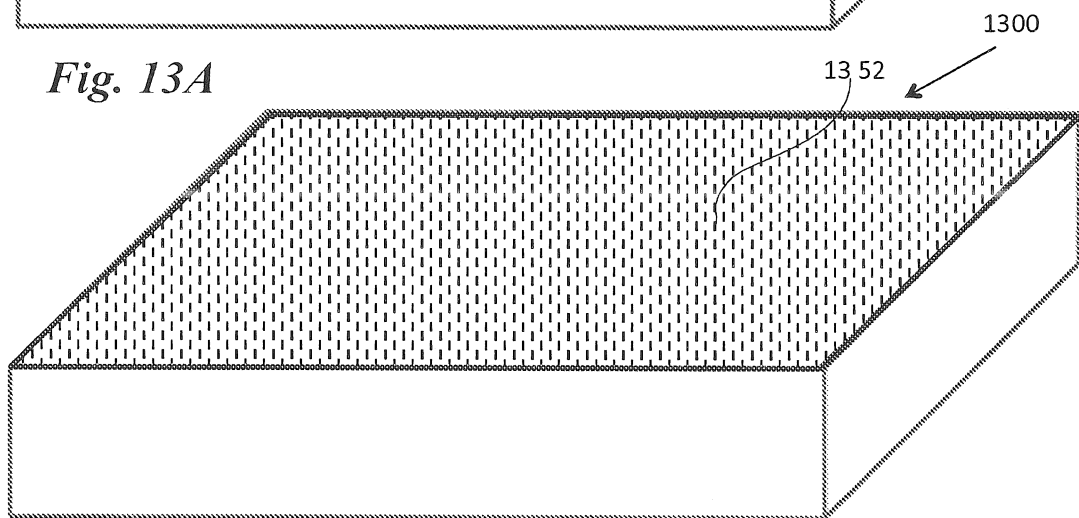


Fig. 13B

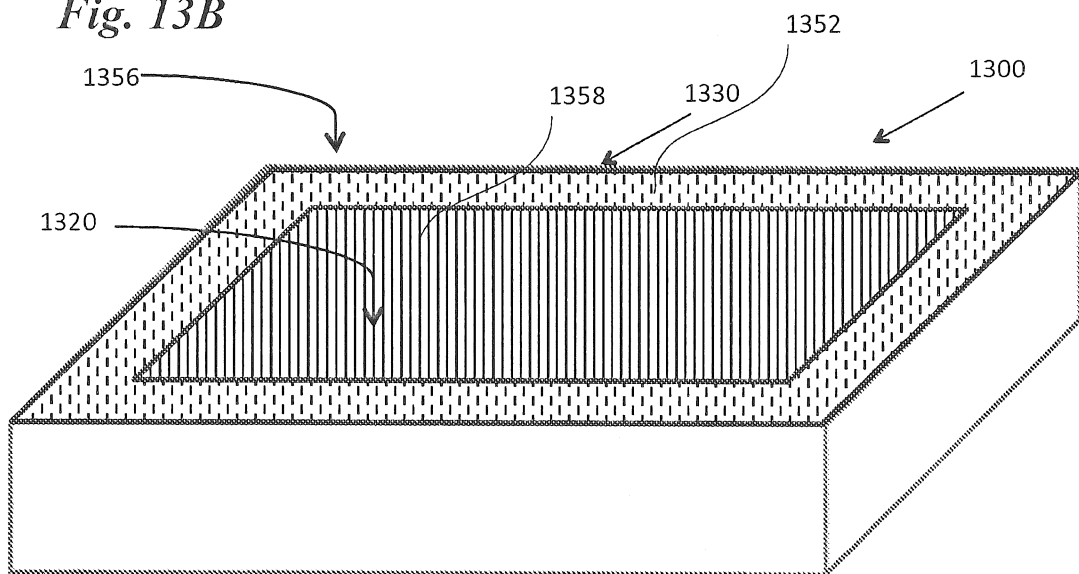
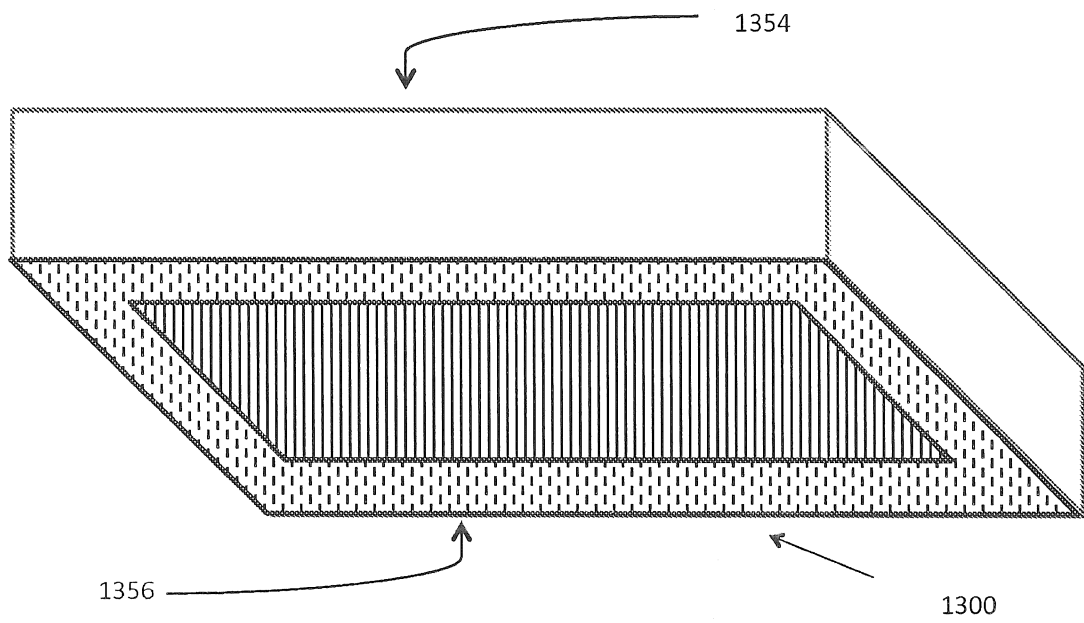
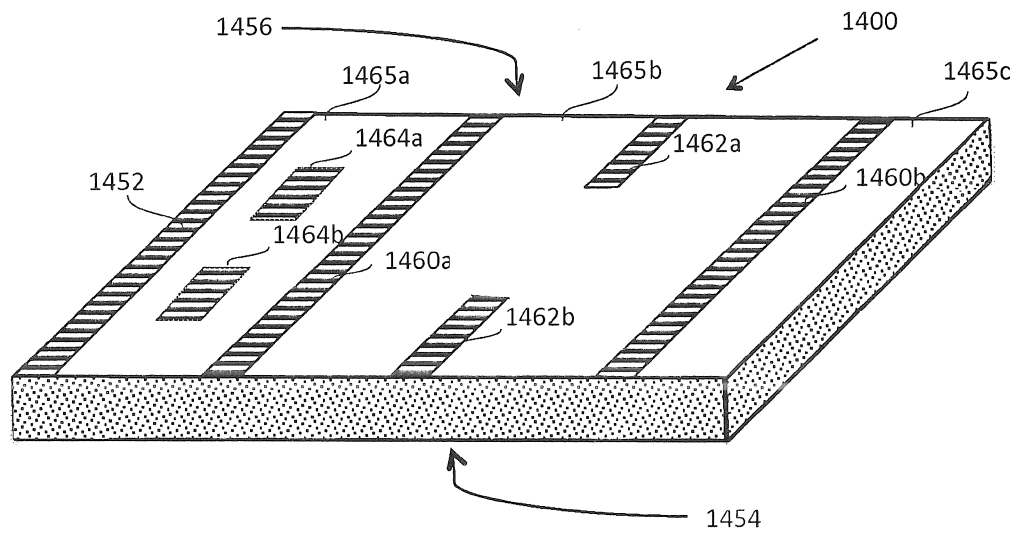
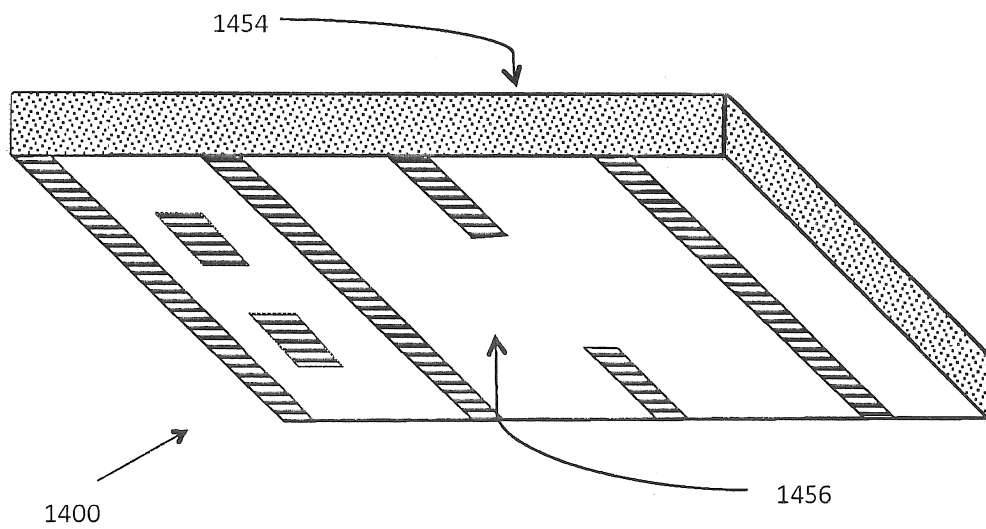


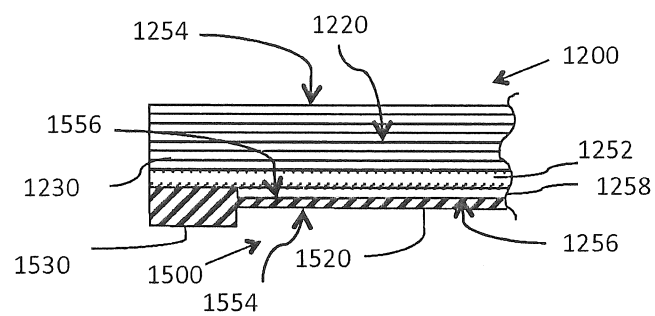
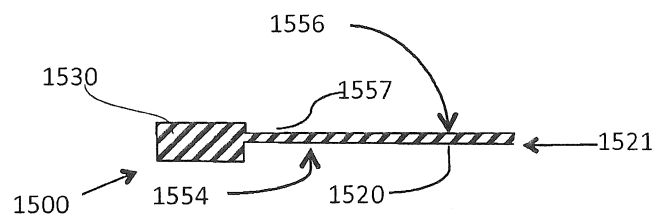
Fig. 13C

*Fig. 13D*

15/19

*Fig. 14A**Fig. 14B*

16/19

*Fig. 15**Fig. 16*

17/19

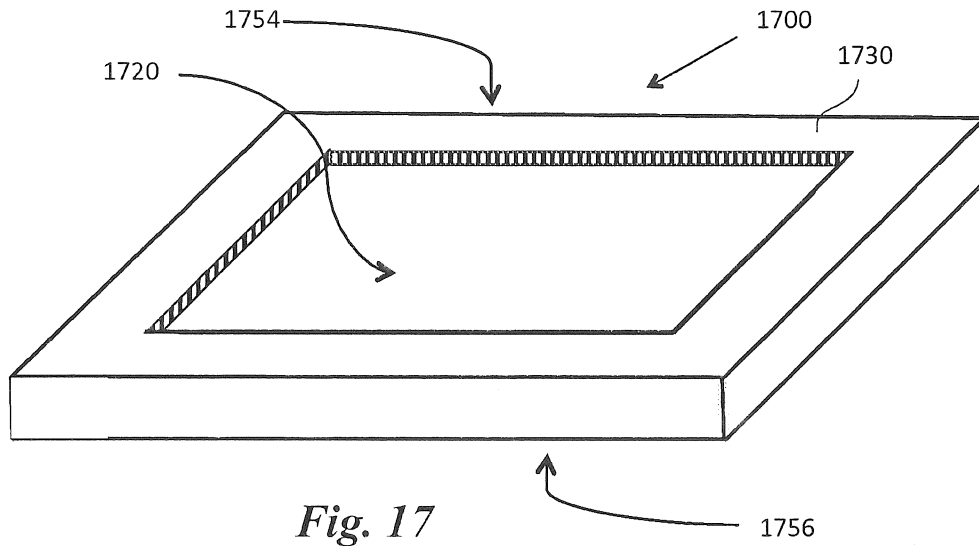


Fig. 17

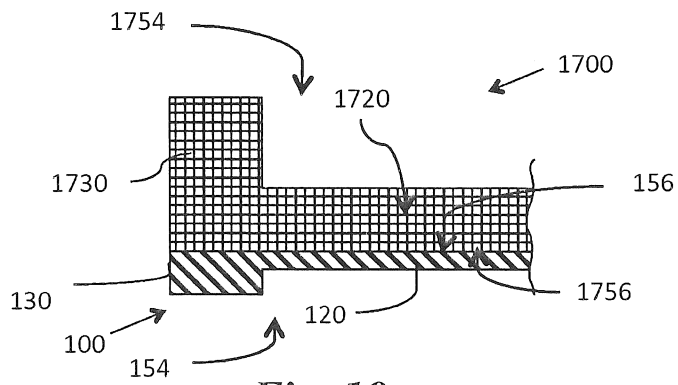
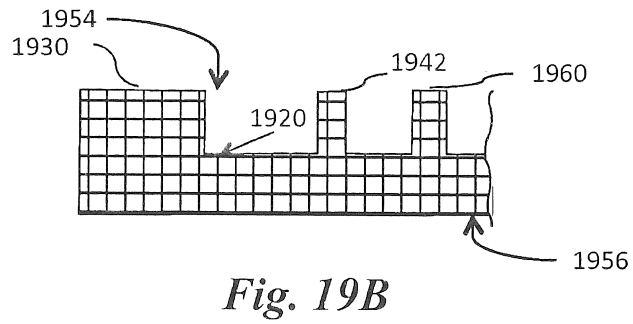
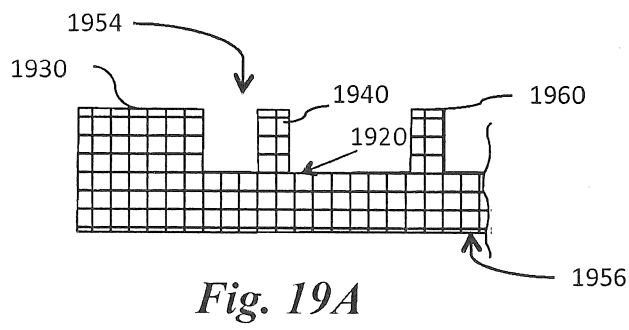
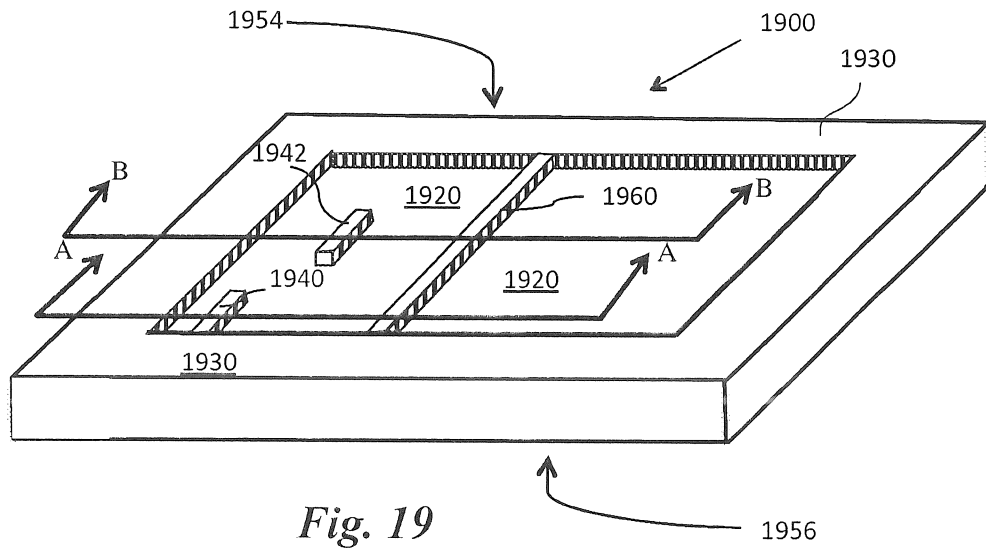


Fig. 18

18/19



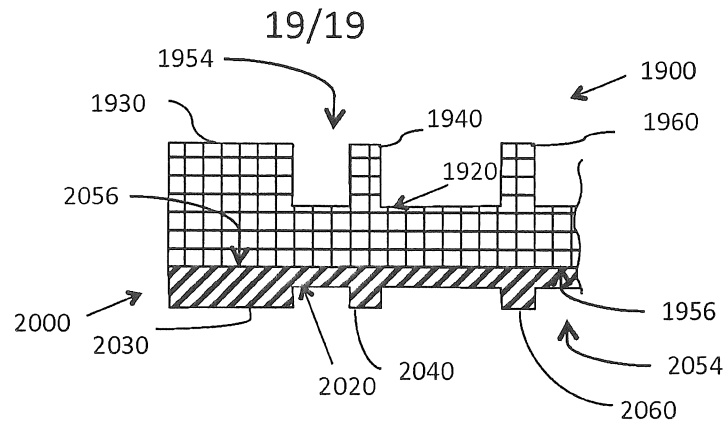


Fig. 20A

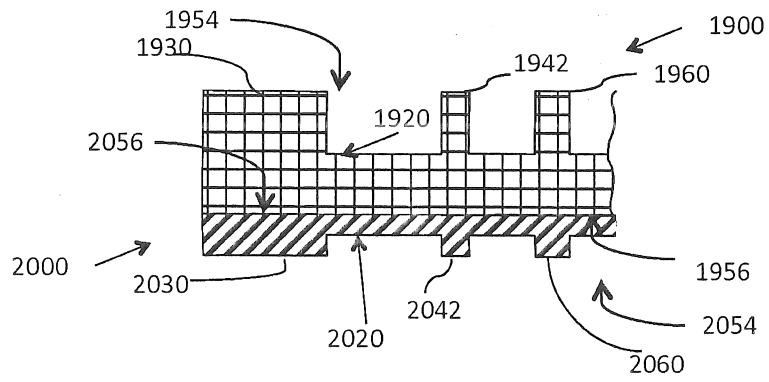


Fig. 20B

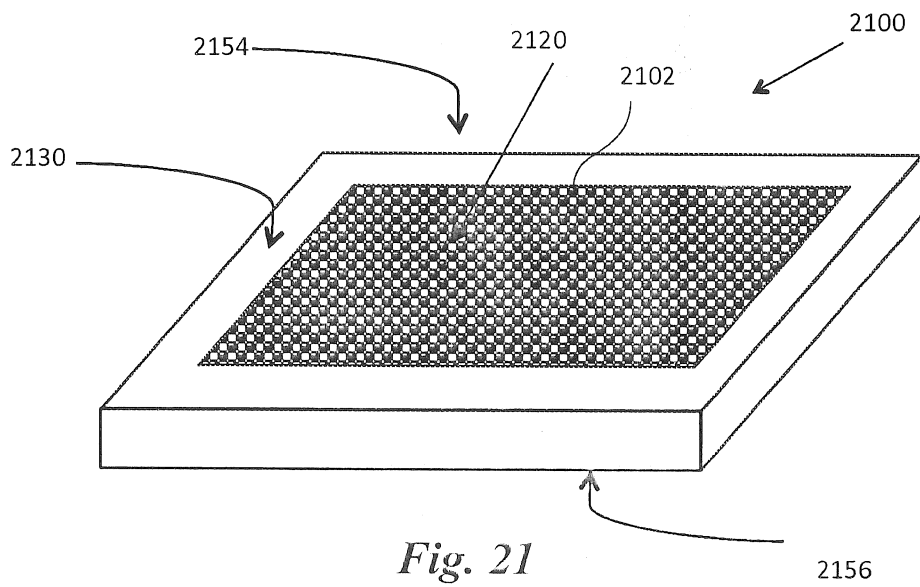


Fig. 21