



المملكة العربية السعودية
Kingdom of Saudi Arabia



الهيئة السعودية للملكية الفكرية
Saudi Authority for Intellectual Property

براءة اختراع

إن الرئيس التنفيذي للهيئة السعودية للملكية الفكرية و بموجب أحكام نظام براءات الاختراع و التصميمات التخطيطة للدارات المتكاملة و الأصناف النباتية و النماذج الصناعية الصادر بالمرسوم الملكي الكريم رقم م/27 وتاريخ 1425/05/29هـ و المعدل بقرار مجلس الوزراء رقم 536 و تاريخ 1439/10/19هـ ، و لأئحته التنفيذية. يقرر منح :

ماكسيون سولار بي تي إي. ليمنه
Maxeon Solar Pte. Ltd.

بتاريخ : 1444/04/22 هـ
الموافق : 2022/11/16 م

براءة اختراع رقم : SA 11415

عن الاختراع المسمى :

وحدة خلية شمسية منسقة

Shingled Solar Cell Module

وفق ما هو موضح في وصف الاختراع المرفق، ولمالك البراءة الحق في الانتفاع بكامل الحقوق النظامية في المملكة العربية السعودية خلال فترة سريان الحماية.

الرئيس التنفيذي

د. عبدالعزيز بن محمد السويلم



[45] تاريخ المنح: 1444/04/22 هـ

الموافق: 2022/11/16 م

براءة اختراع

[19] الهيئة السعودية للملكية الفكرية

[11] رقم البراءة: SA 11415 B1

[72] اسم المخترع: راتسون موراد، جلعاد الموجي، إيتاي

سوز، جان هوميل، ناثان بيكيت، يافو لين، جون

جانون، مايكل جيه ستاركي، روبرت ستوارت، تامير

لانس، دان مايدان

[74] مالك البراءة: ماكسيون سولاري تي إي. ليمتد

عن مسوؤله: 8 مارينا بوليفارد #02-05 مارينا باي

فاينانشال سينتر، سنغافورا (018981)، سنغافوار

جنسيته: سنغافورية

[74] الوكيل: مكتب المحامي سليمان إبراهيم العمار

[86] رقم الطلب الدولي: PCT/US2015/032472

تاريخ إيداع الطلب الدولي: 2015/05/26 م

[87] رقم النشر الدولي: WO 2015/183827

تاريخ النشر الدولي: 2015/12/03 م

[51] التصنيف الدولي (IPC):

H01L 031/042

[56] المراجع:

US 2010068849, US 2011005572

الفاحص: محمد بن عبدالرحمن الحربي

[21] رقم الطلب: 520420601

[22] تاريخ دخول المرحلة الوطنية: 1438/02/27 هـ

الموافق: 2016/11/27 م

[30] بيانات الأسبقية:

2014/10/31	US	14/530,405
2014/11/04	US	14/532,293
2014/11/07	US	14/536,486
2014/11/12	US	14/539,546
2014/11/17	US	14/543,580
2014/11/19	US	14/548,081
2014/11/21	US	14/550,676
2014/11/25	US	14/552,761
2014/12/04	US	14/560,577
2014/12/10	US	14/565,820
2014/12/10	US	14/566,278
2014/12/16	US	14/572,206
2014/12/19	US	14/577,593
2014/12/30	US	14/585,917
2014/12/30	US	14/586,025
2015/01/12	US	14/594,439
2015/01/26	US	14/605,695
2015/03/31	US	14/674,983
2014/10/15	US	29/506,415
2014/10/20	US	29/506,755
2014/11/05	US	29/508,323
2014/11/19	US	29/509,586
2014/11/19	US	29/509,588
2014/05/27	US	62/003,223
2014/08/11	US	62/035,624
2014/08/12	US	62/036,215
2014/08/27	US	62/042,615
2014/09/11	US	62/048,858
2014/10/15	US	62/064,260
2014/10/16	US	62/064,834
2014/09/11	US	62/048,858
2014/11/18	US	62/081,200
2014/11/21	US	62/082,904
2015/01/15	US	62/103,816
2015/02/04	US	62/111,757
2015/02/06	US	62/113,250
2015/03/17	US	62/134,176
2015/04/21	US	62/150,426

[54] اسم الاختراع: وحدة خلية شمسية مسقفة

Shingled Solar Cell Module

[57] الملخص: يتعلق الاختراع الحالي بهيئة مرتفعة الكفاءة لوحدة

خلية شمسية تشتمل على الخلايا الشمسية المرتبطة على نحو موصل ببعضها البعض بطريقة مسقفة لتكوين الخلايا الفائقة، والتي يمكن ترتيبها لاستخدام بكفاءة مساحة الوحدة الشمسية، وخفض المقاومة التسلسلية، وزيادة كفاءة الوحدة. يمكن تهيئة نمط المعدنة للأسطح الأمامية على الخلايا الشمسية لتمكين طباعة استنسل خطوة واحدة، والتي يتم تيسيرها بواسطة الهيئة المتراكبة للخلايا الشمسية في الخلايا الفائقة. قد يشتمل نظام شمسي فولطائي ضوئي على اثنين أو أكثر من وحدات خلية شمسية مرتفعة الفولطية مذكورة متصلة كهربائياً على التوازي ببعضها البعض وبمحور. تطبق أدوات شق الخلية الشمسية وطرق شق الخلية الشمسية الضغط الخوازي بين الأسطح السفلية لرقاقة الخلية الشمسية ووسط دعم مقوس لثني رقاقة الخلية الشمسية مقابل سطح دعم مقوس ومن ثم شق رقاقة الخلية الشمسية بطول واحد أو

أكثر من خطوط المخطاط التي تم تجهيزها مسبقاً لتوفير مجموعة من الخلايا الشمسية. تتجسد ميزة أدوات الشق وطرق الشق تلك في عدم احتياجها لاتصال مادي مع الأسطح العلوية لرقاقة الخلية الشمسية. تم تصنيع الخلايا الشمسية باستخدام قيم فقد في توليفة حامل منخفضة عند حواف الخلية الشمسية، على سبيل المثال، دون حواف مشقوقة تعزز توليفة الحامل. قد تشتمل الخلايا الشمسية على أشكال هندسية مستطيلة الشكل ضيقة وقد يتم استخدامها على نحو مفيد في تجهيزات مسقفة (متراكبة) لتكوين الخلايا الفائقة. الشكل (1)

عدد عناصر الحماية (20)، عدد الأشكال (82)



وحدة خلية شمسية مسقفة

Shingled Solar Cell Module

الوصف الكامل

خلفية الاختراع

إن هذا الطلب هو طلب جزئي من الطلب الأصلي رقم 516380384 المودع بتاريخ 1438/2/27 هـ الموافق 2016/11/27 م.

يتعلق الاختراع الحالي بصفة عامة بوحدة خلية شمسية يتم فيها ترتيب الخلايا الشمسية بطريقة مسقفة. 5

تكون مصادر الطاقة البديلة مطلوبة لتحقيق متطلبات الطاقة المتزايدة حول العالم. تعد موارد الطاقة الشمسية كافية في الكثير من المناطق الجغرافية لتحقيق مثل هذه المتطلبات، جزئياً، بتوفير القدرة الكهربائية المتولدة بالخلايا الشمسية (على سبيل المثال، فولطائية ضوئية).

الوصف العام للاختراع

10 يتم الكشف في الطلب الحالي عن ترتيبات بكفاءة عالية للخلايا الشمسية في وحدة خلية شمسية، وطرق تصنيع مثل هذه الوحدات الشمسية.

في أحد الجوانب، تشتمل وحدة شمسية على سلسلة متصلة على التوالي من $N \geq 25$ خلايا شمسية مستطيلة أو مستطيلة إلى حد ما لها في المتوسط فلتية انهيار أكبر من حوالي 10 فولط. حيث يتم تجميع الخلايا الشمسية في واحدة أو أكثر من الخلايا الفائقة يشتمل كل منها على اثنين أو أكثر من الخلايا الشمسية مرتبة على نفس الخط مع جوانب طويلة من خلايا شمسية متجاورة 15

متداخلة ومرتبطة على نحو توصيلي مع بعضها البعض بمادة لاصقة موصلة كهربائياً وحرارياً. لا تكون خلية شمسية أو مجموعة واحدة من $N >$ خلايا شمسية في السلسلة للخلايا الشمسية متصلة كهربائياً بصورة فردية على التوازي بصمام ثنائي للتفريع. يتم تسهيل التشغيل الآمن والموثوق فيه للوحدة الشمسية بتوصيل الحرارة الفعال بطول الخلايا الفائقة من خلال الأجزاء المتداخلة المرتبطة 20

من خلايا شمسية متجاورة، مما يمنع أو يقلل تكوين البقع الساخنة في الخلايا الشمسية المائلة

عكسياً. يمكن تغليف الخلايا الفائقة في بوليمر أولفين لدن حرارياً محصور بين رقاقات أمامية وخلفية من الزجاج، على سبيل المثال، المزيد من التحسين على قوة الوحدة بالنسبة إلى التلف الحراري. في بعض الصور المغايرة، N تكون $30 \leq$ ، $50 \leq$ ، أو $100 \leq$.

- 5 في جانب آخر، تشتمل الخلية الفائقة على مجموعة من خلايا شمسية من السيليكون يتضمن كل منها أسطح أمامية (مواجهة للشمس) وخلفية مستطيلة أو مستطيلة إلى حد بعيد بأشكال محددة بالجوانب الطويلة المتوازية الأولى والثانية الموضوعة على نحو متقابل وجانبيين قصيرين موضوعين على نحو متقابل. تتضمن كل خلية شمسية نمط معدنة سطح أمامي موصل كهربائياً يشتمل على حشية تلامس سطح أمامي واحد على الأقل موضوعة بجوار الجانب الطويل الأول، ونمط معدنة سطح خلفي موصل كهربائياً يشتمل على حشية تلامس سطح خلفي واحد على الأقل موضوعة بجوار الجانب الطويل الثاني. يتم ترتيب خلايا شمسية من السيليكون على نفس الخط مع الجوانب الطويلة الأولى والثانية من الخلايا الشمسية المجاورة من السيليكون المتداخلة و بحيث تكون حشيات تلامس السطح الأمامي والخلفي على الخلايا الشمسية المجاورة من السيليكون متداخلة ومرتبطة على نحو توصيلي ببعضها البعض بمادة رابطة لمادة لاصقة موصلة لتوصيل الخلايا الشمسية من السيليكون كهربائياً على التوالي. نمط المعدنة للسطح الأمامي لكل خلية شمسية من السيليكون يشتمل على حاجز مهياً ليحدد إلى حد بعيد المادة الرابطة اللاصقة الموصلة لحشيات تلامس سطح أمامي واحد على الأقل قبل إنضاج المادة الرابطة اللاصقة الموصلة أثناء تصنيع الخلية الفائقة.
- 10
- 15

- في جانب آخر، تشتمل الخلية الفائقة على مجموعة من خلايا شمسية من السيليكون يتضمن كل منها أسطح أمامية (مواجهة للشمس) وخلفية مستطيلة أو مستطيلة إلى حد بعيد بأشكال محددة بالجوانب الطويلة المتوازية الأولى والثانية الموضوعة على نحو متقابل وجانبيين قصيرين موضوعين على نحو متقابل. تتضمن كل خلية شمسية نمط معدنة سطح أمامي موصل كهربائياً يشتمل على حشية تلامس سطح أمامي واحد على الأقل موضوعة بجوار الجانب الطويل الأول، ونمط معدنة سطح خلفي موصل كهربائياً يشتمل على حشية تلامس سطح خلفي واحد على الأقل موضوعة بجوار الجانب الطويل الثاني. يتم ترتيب خلايا شمسية من السيليكون على نفس الخط مع الجوانب الطويلة الأولى والثانية من الخلايا الشمسية المجاورة من السيليكون المتداخلة و بحيث تكون حشيات
- 20
- 25

تلامس السطح الأمامي والخلفي على الخلايا الشمسية المجاورة من السيليكون متداخلة ومرتبطة على نحو توصيلي ببعضها البعض بمادة رابطة لمادة لاصقة موصلة لتوصيل الخلايا الشمسية من السيليكون كهربائياً على التوالي. نمط تعدين السطح الخلفي لكل خلية شمسية من السيليكون يشتمل على حاجز مهياً ليحدد إلى حد بعيد المادة الرابطة اللاصقة الموصلة إلى حشيات تلامس السطح الخلفي الواحد على الأقل قبل إنضاج المادة الرابطة اللاصقة الموصلة أثناء تصنيع الخلية الفائقة.

5

في جانب آخر، طريقة لتصنيع سلسلة للخلايا الشمسية تشتمل على تكعيب واحدة أو أكثر من رقائق السيليكون المربعة الزائفة بطول مجموعة من الخطوط الموازية إلى حافة طويلة لكل رقاقة لتشكيل مجموعة من الخلايا الشمسية المستطيلة من السيليكون يكون لكل منها بدرجة كبيرة نفس الطول بطول المحور الطولي لها. تشتمل الطريقة أيضاً على ترتيب الخلايا الشمسية المستطيلة من

10

السيليكون بما يتماشى مع جوانب طويلة من خلايا شمسية متجاورة متداخلة ومرتبطة على نحو توصيلي ببعضها البعض لتوصيل الخلايا الشمسية كهربائياً على التوالي. تشتمل مجموعة من الخلايا الشمسية المستطيلة من السيليكون على الخلية الشمسية المستطيلة الواحدة على الأقل التي تشتمل على اثنين من الأركان المشطوفة المناظرة لأركان أو أجزاء من أركان الرقاقة الزائفة مربعة الشكل، وتفتقر واحدة أو أكثر من الخلايا الشمسية المستطيلة من السيليكون إلى الأركان

15

المشطوفة. يتم انتقاء المبعاد بين الخطوط المتوازية والتي بطولها يتم تكعيب الرقاقة الزائفة مربعة الشكل لمعادلة الأركان المشطوفة بأن يكون العرض عمودياً على المحور الطولي للخلايا الشمسية المستطيلة من السيليكون التي تشتمل على الأركان المشطوفة الأكبر من العرض العمودي على المحور الطولي للخلايا الشمسية المستطيلة من السيليكون التي تفتقر إلى الأركان المشطوفة،

بحيث يكون لكل من مجموعة من الخلايا الشمسية المستطيلة من السيليكون في السلسلة للخلايا الشمسية سطح أمامي له نفس المساحة بدرجة كبيرة المعرضة للضوء في تشغيل سلسلة الخلايا الشمسية.

20

في جانب آخر، تشتمل الخلية الفائقة على مجموعة من الخلايا الشمسية من السيليكون مرتبة على نفس الخط مع الأجزاء الطرفية من خلايا شمسية متجاورة متداخلة ومرتبطة على نحو توصيلي ببعضها البعض لتوصيل الخلايا الشمسية كهربائياً على التوالي. تشتمل واحدة على الأقل من

الخلايا الشمسية من السيليكون على الأركان المشطوفة التي تناظر أركان أو أجزاء من أركان رقاقة

25

السيليكون مربعة الشكل الزائفة والتي تم تكعيبها، تفتقر واحدة على الأقل من الخلايا الشمسية من السيليكون إلى الأركان المشطوفة، ويكون لكل من الخلايا الشمسية من السيليكون سطح أمامي له نفس المساحة بدرجة كبيرة المعرضة للضوء أثناء تشغيل سلسلة الخلايا الشمسية.

- 5 في جانب آخر، طريقة لتصنيع اثنين أو أكثر من الخلايا الفائقة تشتمل على تكعيب واحدة أو أكثر من رقاقت السيليكون المربعة الزائفة بطول مجموعة من الخطوط الموازية إلى حافة طويلة لكل رقاقة لتشكيل مجموعة أولى من الخلايا الشمسية المستطيلة من السيليكون تشتمل على الأركان المشطوفة المناظرة لأركان أو أجزاء من أركان رقاقت السيليكون مربعة الشكل الزائفة ومجموعة ثانية من الخلايا الشمسية المستطيلة من السيليكون كل منها لها طول أول يغطي كامل عرض رقاقت السيليكون مربعة الشكل الزائفة ويفتقر إلى الأركان المشطوفة. تشتمل الطريقة أيضاً على إزالة الأركان المشطوفة من كل من مجموعة أولى من الخلايا الشمسية المستطيلة من السيليكون لتكوين مجموعة ثالثة من الخلايا الشمسية المستطيلة من السيليكون لكل منها طول ثانٍ أقصر من الطول الأول وتفتقر إلى الأركان المشطوفة. تشتمل الطريقة علاوة على ذلك على ترتيب مجموعة ثانية من الخلايا الشمسية المستطيلة من السيليكون بما يتماشى مع جوانب طويلة من الخلايا الشمسية المجاورة المستطيلة من السيليكون المتداخلة والمرتبطة على نحو توصيلي ببعضها البعض 10 لتوصيل مجموعة ثانية من الخلايا الشمسية المستطيلة من السيليكون كهربائياً على التوالي لتكوين سلسلة الخلية الشمسية التي لها عرض يساوي الطول الأول، وترتيب مجموعة ثالثة من الخلايا الشمسية المستطيلة من السيليكون بما يتماشى مع جوانب طويلة من الخلايا الشمسية المجاورة المستطيلة من السيليكون المتداخلة والمرتبطة على نحو توصيلي ببعضها البعض لتوصيل مجموعة ثالثة من الخلايا الشمسية المستطيلة من السيليكون كهربائياً على التوالي لتكوين سلسلة الخلية الشمسية التي لها عرض يساوي الطول الثاني. 15 20

- 25 في جانب آخر، تشتمل طريقة لتصنيع اثنين أو أكثر من الخلايا الفائقة على تكعيب واحدة أو أكثر من رقاقت السيليكون المربعة الزائفة بطول مجموعة من الخطوط الموازية إلى حافة طويلة لكل رقاقة لتشكيل مجموعة أولى من الخلايا الشمسية المستطيلة من السيليكون تشتمل على الأركان المشطوفة المناظرة لأركان أو أجزاء من أركان رقاقت السيليكون مربعة الشكل الزائفة ومجموعة ثانية من الخلايا الشمسية المستطيلة من السيليكون تفتقر إلى الأركان المشطوفة، ترتيب مجموعة

- أولى من الخلايا الشمسية المستطيلة من السيليكون بما يتماشى مع جوانب طويلة من الخلايا الشمسية المجاورة المستطيلة من السيليكون المتداخلة والمرتبطة على نحو توصيلي ببعضها البعض للتوصيل مجموعة أولى من الخلايا الشمسية المستطيلة من السيليكون كهربائياً على التوالي، وترتيب مجموعة ثانية من الخلايا الشمسية المستطيلة من السيليكون بما يتماشى مع جوانب طويلة من الخلايا الشمسية المجاورة المستطيلة من السيليكون المتداخلة والمرتبطة على نحو توصيلي ببعضها البعض للتوصيل كهربائياً مجموعة ثانية من الخلايا الشمسية المستطيلة من السيليكون على التوالي.
- 5
- في جانب آخر، تشتمل الخلية الفائقة على مجموعة من الخلايا الشمسية من السيليكون مرتبة في خط في اتجاه أول مع الأجزاء الطرفية من الخلايا الشمسية المجاورة من السيليكون المتداخلة والمرتبطة على نحو توصيلي ببعضها البعض للتوصيل الكهربائياً من السيليكون على التوالي، وتوصيل بيني كهربائي مرن ممدود مع المحور الطولي لها موجه على نحو مواز لاتجاه ثانٍ عمودي على الاتجاه الأول، والمرتبطة على نحو موصل بالسطح الأمامي أو الخلفي لواحدة طرفية من الخلايا الشمسية من السيليكون عند مجموعة من المواقع المنفصلة المرتبة بطول الاتجاه الثاني، وتسير على الأقل كامل عرض الخلية الشمسية الطرفية في الاتجاه الثاني، ولها سُمْك موصل أقل من أو يساوي حوالي 100 ميكرون مقاس عمودياً على السطح الأمامي أو الخلفي للخلية الشمسية الطرفية من السيليكون، ويوفر مقاومة لتدفق التيار في الاتجاه الثاني الأقل من أو يساوي حوالي 0.012 أوم، وتمت تهيأته لتوفير مرونة تستوعب التمدد التفاضلي في الاتجاه الثاني بين الخلية الشمسية الطرفية من السيليكون والتوصيل البيني لمدى درجة حرارة من حوالي - 40° م إلى حوالي 85° م.
- 10
- قد يكون للتوصيل البيني الكهربائي المرن سُمْك موصل أقل من أو يساوي حوالي 30 ميكرون مقاس عمودياً على السطح الأمامي والخلفي للخلية الشمسية الطرفية من السيليكون، على سبيل المثال. قد يمتد التوصيل البيني الكهربائي المرن بعد الخلية الفائقة في الاتجاه الثاني لتوفير توصيل بيني كهربائي بعلَى الأقل خلية فائقة ثانية موضوعة موازية لـ وبجوار الخلية الفائقة في وحدة شمسية. على نحو إضافي، أو على نحو بديل، قد يمتد التوصيل البيني الكهربائي المرن بعد الخلية
- 15
- 20

الفائقة في الاتجاه الأول لتوفير توصيل بيني كهربائي بخلية فائقة ثانية موضوعة موازية لـ وبما يتمشى مع الخلية الفائقة في وحدة شمسية.

5 في جانب آخر، تشتمل وحدة شمسية على مجموعة من الخلايا الفائقة مرتبة في اثنين أو أكثر من الصفوف المتوازية التي تغطي عرض الوحدة لتكوين سطح أمامي للوحدة. كل خلية فائقة تشتمل على مجموعة من الخلايا الشمسية من السيليكون مرتبة على نفس الخط مع الأجزاء الطرفية من الخلايا الشمسية المجاورة من السيليكون المتداخلة والمرتبطة على نحو توصيلي ببعضها البعض لتوصيل الخلايا الشمسية كهربائياً من السيليكون على التوالي. يكون طرف على الأقل لخلية فائقة أولى يجاور حافة الوحدة في صف أول متصل كهربائياً بطرف خلية فائقة ثانية يجاور نفس حافة الوحدة في صف ثانٍ عن طريق التوصيل البيني الكهربائي المرن المرتبط بالسطح الأمامي لخلية فائقة أولى عند مجموعة من المواقع المنفصلة باستخدام مادة ربط لاصقة موصلة كهربائياً، تسير على نحو مواز لـ حافة الوحدة، وجزء على الأقل منها ينثني حول نهاية خلية فائقة أولى ويكون محجوب عن الرؤية من مقدمة الوحدة.

15 في جانب آخر، تشتمل طريقة تصنيع الخلية الفائقة على النسخ بالليزر لواحد أو أكثر من خطوط المخطاط على كل من واحدة أو أكثر من الخلايا الشمسية من السيليكون لتحديد مجموعة من المناطق مستطيلة الشكل على الخلايا الشمسية من السيليكون، ووضع مادة ربط لاصقة موصلة كهربائياً على واحدة أو أكثر من الخلايا الشمسية من السيليكون المخدوشة عند واحد أو أكثر من المواقع المجاورة للجانب الطويل لكل منطقة مستطيلة الشكل، فصل الخلايا الشمسية من السيليكون بطول خطوط المخطاط لتوفير مجموعة من الخلايا الشمسية المستطيلة من السيليكون تتضمن كل منها جزء من مادة ربط لاصقة موصلة كهربائياً موضوعة على السطح الأمامي لها بجوار جانب طويل، ترتيب مجموعة من الخلايا الشمسية المستطيلة من السيليكون بما يتمشى مع جوانب طويلة من الخلايا الشمسية المجاورة المستطيلة من السيليكون المتراكبة بطريقة مسقفة مع جزء من مادة ربط لاصقة موصلة كهربائياً موضوعة فيما بينها، وإنضاج مادة الربط الموصلة كهربائياً، ومن ثم ربط الخلايا الشمسية المجاورة المتراكبة المستطيلة من السيليكون ببعضها البعض وتوصيلها كهربائياً على التوالي.

- في جانب آخر، تشتمل طريقة تصنيع الخلية الفائقة على النسخ بالليزر لواحد أو أكثر من خطوط المخطاط في كل من واحدة أو أكثر من الخلايا الشمسية من السيليكون لتحديد مجموعة من المناطق مستطيلة الشكل على الخلايا الشمسية من السيليكون، ووضع مادة ربط لاصقة موصلة كهربائياً على أجزاء من الأسطح العليا لواحدة أو أكثر من الخلايا الشمسية من السيليكون، تسليط ضغط خوائي بين الأسطح السفلية لواحدة أو أكثر من الخلايا الشمسية من السيليكون وسطح دعم مقوس لثني واحدة أو أكثر من الخلايا الشمسية من السيليكون مقابل سطح دعم مقوس ومن ثم شق واحدة أو أكثر من الخلايا الشمسية من السيليكون بطول خطوط المخطاط لتوفير مجموعة من الخلايا الشمسية المستطيلة من السيليكون تتضمن كل منها جزء من مادة ربط لاصقة موصلة كهربائياً موضوعة على السطح الأمامي لها بجوار جانب طويل، ترتيب مجموعة من الخلايا الشمسية المستطيلة من السيليكون بما يتماشى مع جوانب طويلة من الخلايا الشمسية المجاورة المستطيلة من السيليكون المتراكبة بطريقة مسقفة مع جزء من مادة ربط لاصقة موصلة كهربائياً موضوعة فيما بين، وإنضاج مادة الربط الموصلة كهربائياً، من ثم ربط الخلايا الشمسية المجاورة المتراكبة المستطيلة من السيليكون ببعضها البعض وتوصيلها كهربائياً على التوالي.
- في جانب آخر، تشتمل طريقة تصنيع وحدة شمسية على تجميع مجموعة من الخلايا الفائقة، مع اشتغال كل خلية فائقة على مجموعة من الخلايا الشمسية المستطيلة من السيليكون مرتبة على نفس الخط مع الأجزاء الطرفية على الجوانب الطويلة من الخلايا الشمسية المجاورة المستطيلة من السيليكون المتراكبة بطريقة مسقفة. تشتمل الطريقة أيضاً على إنضاج مادة الربط الموصلة كهربائياً الموضوعة بين الأجزاء الطرفية المتراكبة من الخلايا الشمسية المجاورة المستطيلة من السيليكون بواسطة استخدام الحرارة والضغط على الخلايا الفائقة، ومن ثم ربط الخلايا الشمسية المجاورة المتراكبة المستطيلة من السيليكون ببعضها البعض وتوصيلها كهربائياً على التوالي. تشتمل الطريقة أيضاً على ترتيب وتوصيل بيني للخلايا الفائقة في هيئة وحدة شمسية مرغوبة في تراص من الطبقات يشتمل على مُغلف، واستخدام الحرارة والضغط على تراص من الطبقات لتكوين بنية صفائحية.
- تشتمل بعض الصور المغايرة من الطريقة على إنضاج أو إنضاج جزئي لمادة الربط الموصلة كهربائياً بواسطة استخدام الحرارة والضغط على الخلايا الفائقة قبل استخدام الحرارة والضغط على

تراص من الطبقات لتكوين البنية الصفائحية، ومن ثم تكوين الخلايا الفائقة المنضجة أو المنضجة جزئياً في صورة منتج وسيط قبل تكوين بنية صفائحية. في بعض الصور المغايرة، مع إضافة كل خلية شمسية مستطيلة من السيليكون إضافية إلى الخلية الفائقة أثناء تجميع الخلية الخلية الفائقة، يتم إنضاج أو إنضاج جزئياً مادة ربط لاصقة موصلة كهربائياً بين الخلية الشمسية المضافة حديثاً والخلية الشمسية المجاورة لها المتراكبة قبل إضافة أية خلية شمسية مستطيلة من السيليكون أخرى إلى الخلية الفائقة. على نحو بديل، تشتمل بعض الصور المغايرة على إنضاج أو إنضاج جزئي لجميع مادة الربط الموصلة كهربائياً في الخلية الفائقة في نفس الخطوة.

5

في حالة تكوين الخلايا الفائقة في صورة منتجات وسيطة منضجة جزئياً، قد تشتمل الطريقة على إكمال إنضاج مادة الربط الموصلة كهربائياً في حين يتم تسليط الحرارة والضغط على تراص من الطبقات لتكوين بنية صفائحية.

10

تشتمل بعض الصور المغايرة من الطريقة على إنضاج مادة الربط الموصلة كهربائياً في حين يتم تسليط الحرارة والضغط على تراص من الطبقات لتكوين بنية صفائحية، دون تكوين الخلايا الفائقة المنضجة أو المنضجة جزئياً في صورة منتج وسيط قبل تكوين بنية صفائحية.

قد تشتمل الطريقة على تكعيب واحدة أو أكثر من الخلايا الشمسية من السيليكون معيارية الحجم في أشكال مستطيلة ذات مساحة أصغر لتوفير الخلايا الشمسية المستطيلة من السيليكون. يمكن وضع مادة ربط لاصقة موصلة كهربائياً على واحدة أو أكثر من الخلايا الشمسية من السيليكون قبل تكعيب واحدة أو أكثر من الخلايا الشمسية من السيليكون لتزويد الخلايا الشمسية المستطيلة من السيليكون بمادة ربط لاصقة موصلة كهربائياً مسبقاً الوضع. على نحو بديل، يمكن وضع مادة ربط لاصقة موصلة كهربائياً على الخلايا الشمسية المستطيلة من السيليكون بعد تكعيب واحدة أو أكثر من الخلايا الشمسية من السيليكون لتوفير الخلايا الشمسية المستطيلة من السيليكون.

15

20

في أحد الجوانب، تشتمل وحدة شمسية على مجموعة من الخلايا الفائقة مرتبة في اثنين أو أكثر من الصفوف المتوازية. تشتمل كل خلية فائقة على مجموعة من الخلايا الشمسية المستطيلة أو المستطيلة بدرجة كبيرة من السيليكون مرتبة على نفس الخط مع جوانب طويلة من الخلايا الشمسية المجاورة من السيليكون المتداخلة والمرتبطة على نحو توصيلي مباشرة ببعضها البعض لتوصيل

- الخلايا الشمسية كهربائياً من السيليكون على التوالي. تشتمل اللوحة الشمسية أيضاً على حشوة تلامس أولى بمأخذ غير ظاهر توجد على السطح الخلفي للخلية الشمسية الأولى التي تتواجد عند موضع وسيط بطول خلية أولى من الخلايا الفائقة، وتوصيل بيني كهربائي أول مرتبطة على نحو موصل بحشوة تلامس أولى بمأخذ غير ظاهر. تشتمل توصيل بيني كهربائي أول على سمة تخفيف الجهد التي تستوعب التمدد الحراري التفاضلي بين التوصيل البيني والخلية الشمسية من السيليكون التي ترتبط بها. يشير المصطلح "سمة تخفيف الجهد" وفقاً لاستخدامه في الطلب الحالي فيما يتعلق بالوصلة البينية إلى سمة هندسية مثل التواء، التفاف، أو شق، على سبيل المثال، في سُمك (على سبيل المثال، بالغ الرقة) التوصيل البيني، و / أو في مطيلية التوصيل البيني. على سبيل المثال، قد تتجسد سمة تخفيف الجهد في تكوسن التوصيل البيني من شريط نحاس بالغ الرقة. 10
- قد تشتمل الوحدة الشمسية على حشوة تلامس ثانية بمأخذ غير ظاهر توجد على السطح الخلفي للخلية الشمسية الثانية التي تتواجد بجوار الخلية الشمسية الأولى عند موضع وسيط بطول الخلية الثانية من الخلايا الفائقة في صف خلية فائقة مجاور، وتكون حشوة تلامس أولى بمأخذ غير ظاهر متصلة كهربائياً بحشوة تلامس ثانية بمأخذ غير ظاهر عبر توصيل بيني كهربائي أول. في الحالات المذكورة قد تمتد توصيل بيني كهربائي أول عبر فراغ بين خلية فائقة أولى وخلية فائقة ثانية وتكون مرتبطة على نحو موصل بحشوة تلامس ثانية بمأخذ غير ظاهر. على نحو بديل قد تشتمل الوصلة الكهربائية بين حشوة تلامس أولى وثانية بمأخذ غير ظاهر على توصيل بيني كهربائي أخرى مرتبطة على نحو موصل بحشوة تلامس ثانية بمأخذ غير ظاهر ومتصلة كهربائياً (على سبيل المثال، مرتبطة على نحو موصل) بتوصيل بيني كهربائي أول. إما قد يمتد مخطط التوصيل البيني اختياريًا عبر الصفوف الإضافية للخلايا الفائقة. على سبيل المثال، إما قد يمتد مخطط التوصيل البيني اختياريًا عبر كامل عرض الوحدة لتوصيل الخلية الشمسية بينياً في كل صف عن طريق حشوات تلامس بمأخذ غير ظاهر. 15
- قد تشتمل الوحدة الشمسية على حشوة تلامس ثانية بمأخذ غير ظاهر توجد على السطح الخلفي من الخلية الشمسية الثانية التي تتواجد عند موضع وسيط آخر بطول خلية أولى من الخلايا الفائقة، توصيل بيني كهربائي ثانية مرتبطة على نحو موصل بحشوة تلامس ثانية بمأخذ غير 20 25

ظاهر، وصمام ثنائي للتفريع متصل كهربائياً بواسطة توصيل بيني كهربائي أول وثانية على التوازي مع الخلايا الشمسية التي تتواجد بين حشوة تلامس أولى بمأخذ غير ظاهر وحشوة تلامس ثانية بمأخذ غير ظاهر.

5 في أي الصور المغايرة السابقة، قد تكون حشوة تلامس أولى بمأخذ غير ظاهر واحدة من مجموعة من حشوات تلامس بمأخذ غير ظاهر مرتبة على السطح الخلفي للخلية الشمسية الأولى في صف يسير على نحو مواز للمحور الطولي للخلية الشمسية الأولى، وتكون توصيل بيني كهربائي أول مرتبطة على نحو موصل بكل من مجموعة من الملامسات غير الظاهرة ويغطي بدرجة كبيرة طول الخلية الشمسية الأولى بطول المحور الطولي. على نحو إضافي أو على نحو بديل، قد تكون حشوة تلامس غير ظاهرة أولى واحدة من مجموعة من حشوات تلامس بمأخذ غير ظاهر مرتبة على السطح الخلفي للخلية الشمسية الأولى في صف يسير عمودي على المحور الطولي للخلية الشمسية الأولى. في الحالة الأخيرة قد يتواجد صف حشوات تلامس بمأخذ غير ظاهر بجوار الحافة القصيرة للخلية الشمسية الأولى، على سبيل المثال. قد تكون حشوة تلامس غير ظاهرة أولى واحدة من مجموعة من حشوات تلامس بمأخذ غير ظاهر مرتبة في اثنين من المصفوفات ذات الأبعاد من السطح الخلفي للخلية الشمسية الأولى.

15 على نحو بديل، في أي الصور المغايرة السابقة قد تتواجد حشوة تلامس أولى بمأخذ غير ظاهر بجوار الجانب القصير من السطح الخلفي للخلية الشمسية الأولى، مع عدم امتداد توصيل بيني كهربائي أول بدرجة كبيرة نحو الداخل من حشوة تلامس بمأخذ غير ظاهر بطول المحور الطولي للخلية الشمسية، ونمط معدنة السطح الخلفي على الخلية الشمسية الأولى وتوفير مسار موصل إلى توصيل بيني له على نحو مفضل مقاومة رقاقة أقل من أو يساوي حوالي 5 أوم في المربع، أو أقل من أو يساوي حوالي 2.5 أوم في المربع. في الحالات المذكورة قد يشتمل التوصيل البيني الأول، على سبيل المثال، على عروتين تم وضعهما على الجوانب المتقابلة من سمة تخفيف الجهد، بحيث تكون إحدى العروات مرتبطة على نحو موصل بحشوة تلامس أولى بمأخذ غير ظاهر. قد يكون للعروتين أطوال مختلفة.

25 في أي الصور المغايرة السابقة قد تشتمل توصيل بيني كهربائي أول على سمات محاذاة تعرف المحاذاة المطلوبة مع حشوة تلامس أولى بمأخذ غير ظاهر، أو تعريف المحاذاة المطلوبة مع حافة

خلية فائقة أولى، أو تعريف المحاذاة المطلوبة مع حشوة تلامس أولى بمأخذ غير ظاهر والمحاذاة المطلوبة مع حافة خلية فائقة أولى.

في جانب آخر تشتمل وحدة شمسية على رقاقة أمامية زجاجية، رقاقة خلفية، ومجموعة من الخلايا الفائقة مرتبة في اثنين أو أكثر من الصفوف المتوازية بين رقاقة أمامية زجاجية ورقاقة خلفية.

- 5 تشتمل كل خلية فائقة على مجموعة من الخلايا الشمسية المستطيلة أو المستطيلة بدرجة كبيرة من السيليكون مرتبة على نفس الخط مع جوانب طويلة من الخلايا الشمسية المجاورة من السيليكون المتداخلة ومرتبطة على نحو مرن وعلى نحو موصل مباشرة ببعضها البعض لتوصيل الخلايا الشمسية كهربائياً من السيليكون على التوالي. يكون التوصيل البيني الكهربائي المرن الأول مرتبط على نحو جاسئ وموصل بخلية أولى من الخلايا الفائقة. توفر الروابط الموصلة المرنة بين الخلايا الشمسية المتراكبة توافق ميكانيكي مع الخلايا الفائقة يستوعب عدم التوافق في التمدد الحراري بين الخلايا الفائقة ورقاقة أمامية زجاجية في اتجاه مواز للصفوف لمدى درجة حرارة من حوالي -40° م إلى حوالي 100° م دون تلف الوحدة الشمسية. يدفع الربط الموصل الجاسئ بين خلية فائقة أولى والتوصيل البيني الكهربائي المرن الأول التوصيل البيني الكهربائي المرن الأول لاستيعاب عدم التوافق في التمدد الحراري بين خلية فائقة أولى والتوصيل البيني المرن الأول في اتجاه عمودي على الصفوف في مدى درجة حرارة من حوالي -40° م إلى حوالي 180° م دون تلف الوحدة الشمسية.
- 10
- 15

يمكن للروابط الموصلة بين خلايا شمسية متجاورة متراكبة داخل الخلية الفائقة الاستفادة من مادة لاصقة موصلة مختلفة عن الروابط الموصلة بين الخلية الفائقة والتوصيل البيني الكهربائي المرن.

- الرابط الموصل على أحد جانبي الخلية الشمسية الواحدة على الأقل داخل الخلية الفائقة يمكنه الاستفادة من مادة لاصقة موصلة مختلفة عن الرابط الموصل على الجانب الآخر منه. المادة اللاصقة الموصلة التي تعمل على تكوين الرابط الجاسئ بين الخلية الفائقة والتوصيل البيني الكهربائي المرن قد تكون لحام بالقصدير، على سبيل المثال. في بعض الصور المغايرة تتكون الروابط الموصلة بين الخلايا الشمسية المتراكبة داخل الخلية الفائقة مع مادة لاصقة موصلة غير ملحومة بالقصدير، ويتكون الرابط الموصل بين الخلية الفائقة والتوصيل البيني الكهربائي المرن باستخدام لحام بالقصدير.
- 20
- 25

في بعض الصور المغايرة التي تستفيد من اثنين من المواد اللاصقة الموصلة المختلفة وفقاً للموصوف سابقاً، يمكن إنضاج كل من المواد اللاصقة الموصلة في نفس خطوة المعالجة (على سبيل المثال، في نفس درجة الحرارة، عند نفس الضغط، و/ أو في نفس الفاصل الزمني).

قد تستوعب الروابط الموصلة بين خلايا شمسية متجاورة متراكبة الحركة التفاضلية بين كل خلية ورقاقة أمامية زجاجية أكبر من أو يساوي حوالي 15 ميكرون، على سبيل المثال.

5

قد يكون للروابط الموصلة بين خلايا شمسية متجاورة متراكبة شمك عمودي على الخلايا الشمسية أقل من أو يساوي حوالي 50 ميكرون وموصلية حرارية عمودي على الخلايا الشمسية أكبر من أو يساوي حوالي 1.5 واط/(متر-كيلو)، على سبيل المثال.

يمكن للتوصيل البيئي الكهربائي المرن الأول تحمل التمدد الحراري أو انكماش التوصيل البيئي المرن الأول الأكبر من أو يساوي حوالي 40 ميكرون، على سبيل المثال.

10

قد يكون جزء من التوصيل البيئي الكهربائي المرن الأول المرتبط على نحو موصل بالخلية الفائقة شبيه بشريط، يتكون من النحاس، وله شمك عمودي على سطح الخلية الشمسية التي يرتبط بها يكون أقل من أو يساوي حوالي 30 ميكرون أو أقل من أو يساوي حوالي 50 ميكرون، على سبيل المثال. قد يشتمل التوصيل البيئي الكهربائي المرن الأول على جزء نحاس موصل متكامل غير

مرتبط بالخلية الشمسية ويوفر موصلية أعلى من جزء من التوصيل البيئي الكهربائي المرن الأول المرتبط على نحو موصل بالخلية الشمسية. قد يكون للتوصيل البيئي الكهربائي المرن الأول شمك عمودي على سطح الخلية الشمسية التي يرتبط بها أقل من أو يساوي حوالي 30 ميكرون أو أقل من أو يساوي حوالي 50 ميكرون، وعرض أكبر من أو يساوي حوالي 10 مم في مستوى سطح الخلية الشمسية في اتجاه عمودي على تدفق التيار عبر التوصيل البيئي. قد يكون التوصيل البيئي الكهربائي المرن الأول مرتبط على نحو موصل بموصل قريب من الخلية الشمسية ويوفر موصلية أعلى من توصيل بيئي كهربائي أول.

20

في جانب آخر، تشتمل وحدة شمسية على مجموعة من الخلايا الفائقة مرتبة في اثنين أو أكثر من الصفوف المتوازية. تشتمل كل خلية فائقة على مجموعة من الخلايا الشمسية المستطيلة أو المستطيلة بدرجة كبيرة من السيليكون مرتبة على نفس الخط مع جوانب طويلة من الخلايا الشمسية

- المجاورة من السيليكون المتداخلة والمرتبطة على نحو توصيلي مباشرة ببعض البعض لتوصيل الخلايا الشمسية كهربائياً من السيليكون على التوالي. توجد حشوة تلامس بمأخذ غير ظاهر والتي لا توصل تيار كبير في التشغيل الطبيعي على السطح الخلفي للخلية الشمسية الأولى، والذي يتواجد عند موضع وسيط بطول خلية أولى من الخلايا الفائقة في صف أول من صفوف الخلايا الفائقة. تكون حشوة تلامس بمأخذ غير ظاهر متصلة كهربائياً على التوازي بالخلية الشمسية الثانية على الأقل في الصف الثاني من صفوف الخلايا الفائقة.
- 5
- قد تشتمل الوحدة الشمسية على توصيل بيني كهربائي مرتبط بحشوة تلامس بمأخذ غير ظاهر وتوصيل بيني كهربائياً لحشوة تلامس بمأخذ غير ظاهر بالخلية الشمسية الثانية. في بعض الصور المغايرة لا يغطي توصيل بيني كهربائي بدرجة كبيرة طول الخلية الشمسية الأولى ويوفر نمط معدنة السطح الخلفي في الخلية الشمسية الأولى مسار موصلية إلى حشوة تلامس بمأخذ غير ظاهر لها مقاومة رقاقة أقل من أو يساوي حوالي 5 أوم في المربع.
- 10
- قد تكون مجموعة من الخلايا الفائقة مرتبة في ثلاث أو أكثر من الصفوف المتوازية التي تغطي عرض الوحدة الشمسية العمودي على الصفوف، وحشوة تلامس بمأخذ غير ظاهر متصلة كهربائياً بحشوة تلامس غير ظاهرة في الخلية الشمسية الواحدة على الأقل في كل من صفوف الخلايا الفائقة للتوصيل كهربائياً لجميع صفوف الخلايا الفائقة على التوازي. في صور مغايرة قد تشتمل الوحدة الشمسية على توصيل ناقل واحد على الأقل بواحدة على الأقل من حشوات تلامس بمأخذ غير ظاهر، أو التوصيل البيني بين حشوات تلامس بمأخذ غير ظاهر، والذي يصل صمام ثنائي للتفريع أو جهاز إلكتروني آخر.
- 15
- قد تشتمل الوحدة الشمسية على التوصيل البيني الكهربائي المرن المرتبط على نحو موصل بحشوة تلامس بمأخذ غير ظاهر لتوصيلها كهربائياً بالخلية الشمسية الثانية. قد يكون جزء من التوصيل البيني الكهربائي المرن المرتبط على نحو موصل بحشوة تلامس بمأخذ غير ظاهر على سبيل المثال شبيه بشريط، يتكون من النحاس، وله سُمك عمودي على سطح الخلية الشمسية التي يرتبط بها أقل من أو يساوي حوالي 50 ميكرون. قد يدفع الرابط الموصل بين حشوة تلامس بمأخذ غير ظاهر والتوصيل البيني الكهربائي المرن التوصيل البيني الكهربائي المرن لتحمل عدم التوافق في التمدد الحراري بين الخلية الشمسية الأولى والتوصيل البيني المرن، ولاستيعاب الحركة النسبية بين
- 20
- 25

الخلية الشمسية الأولى والخلية الشمسية الثانية والناجمة عن التمدد الحراري، لمدى درجة حرارة من حوالي -40° م إلى حوالي 180° م دون تلف وحدة شمسية.

في بعض الصور المغايرة، عند تشغيل الوحدة الشمسية يمكن لحشوة تلامس غير ظاهرة أولى توصيل تيار أكبر من التيار المتولد في أية خلية واحدة من الخلايا الشمسية.

5 نمطياً، لا يكون السطح الأمامي للخلية الشمسية الأولى الموضوع فوق حشوة تلامس أولى بمأخذ غير ظاهر مشغولاً بواسطة حشوات التلامس أو أي سمات التوصيل البيني الأخرى. نمطياً، لا تكون أية مساحة من سطح أمامي للخلية الشمسية الأولى غير متراكبة بواسطة جزء من الخلية الشمسية المجاورة في خلية فائقة أولى مشغولة بواسطة حشوات التلامس أو أي سمات التوصيل البيني الأخرى.

10 في بعض الصور المغايرة، في كل خلية فائقة لا تشتمل معظم الخلايا على حشوات تلامس بمأخذ غير ظاهر. في صور مغايرة مذكورة، قد تشتمل الخلايا التي تشتمل على حشوات تلامس بمأخذ غير ظاهر على مساحة تجمع ضوء أكبر من الخلايا التي لا تشتمل على حشوات تلامس بمأخذ غير ظاهر.

في جانب آخر، تشتمل وحدة شمسية على رقاقة أمامية زجاجية، رقاقة خلفية، ومجموعة من الخلايا الفائقة مرتبة في اثنين أو أكثر من الصفوف المتوازية بين رقاقة أمامية زجاجية ورقاقة خلفية. تشتمل كل خلية فائقة على مجموعة من الخلايا الشمسية المستطيلة أو المستطيلة بدرجة كبيرة من السيليكون مرتبة على نفس الخط مع جوانب طويلة من الخلايا الشمسية المجاورة من السيليكون المتداخلة ومرتبطة على نحو مرن على نحو موصل مباشرة ببعضها البعض لتوصيل الخلايا الشمسية كهربائياً من السيليكون على التوالي. يكون التوصيل البيني الكهربائي المرن الأول مرتبط على نحو جاسئ وموصل بخلية أولى من الخلايا الفائقة. تتكون الروابط الموصلة المرنة بين الخلايا الشمسية المتراكبة من مادة لاصقة موصلة أولى ولها معامل قص أقل من أو يساوي حوالي 800 ميجا باسكال. يتكون الربط الموصل الجاسئ بين خلية فائقة أولى والتوصيل البيني الكهربائي المرن الأول من مادة لاصقة موصلة ثانية وله معامل قص أكبر من أو يساوي حوالي 2000 ميجا باسكال.

قد يكون لمادة لاصقة موصلة أولى درجة حرارة تحول زجاج أقل من أو يساوي حوالي 0 م ، على سبيل المثال.

في بعض الصور المغايرة، تختلف مادة لاصقة موصلة أولى ومادة لاصقة موصلة ثانية، ويمكن إنضاج كل من مواد لاصقة موصلة في نفس خطوة المعالجة.

5 في بعض الصور المغايرة، يكون للروابط الموصلة بين خلايا شمسية متجاورة متراكبة سُمك عمودي على الخلايا الشمسية أقل من أو يساوي حوالي 50 ميكرون وموصلية حرارية عمودية على الخلايا الشمسية أكبر من أو تساوي حوالي 1.5 واط/(متر-كيلو).

في أحد الجوانب، تشتمل وحدة شمسية على العدد N أكبر من أو يساوي حوالي 150 من الخلايا الشمسية المستطيلة أو المستطيلة بدرجة كبيرة من السيليكون المرتبة في صورة مجموعة من الخلايا الفائقة في اثنين أو أكثر من الصفوف المتوازية. تشتمل كل خلية فائقة على مجموعة من الخلايا الشمسية من السيليكون مرتبة على نفس الخط مع جوانب طويلة من الخلايا الشمسية المجاورة من السيليكون المتداخلة والمرتبطة على نحو توصيلي ببعضها البعض لتوصيل الخلايا الشمسية كهربائياً من السيليكون على التوالي. الخلايا الفائقة تكون متصلة كهربائياً لتوفير فولطية تيار مباشرة مرتفعة أكبر من أو تساوي حوالي 90 فولط.

15 في إحدى الصور المغايرة تشتمل الوحدة الشمسية على واحد أو أكثر من التوصيلات البينية الكهربائية المرنة المرتبة لتوصيل مجموعة من الخلايا الفائقة كهربائياً على التوالي لتوفير فولطية تيار مباشرة مرتفعة. قد تشتمل الوحدة الشمسية على إلكترونيات قدرة مستوى الوحدة التي تضم محول يحول فولطية تيار مباشرة مرتفعة إلى فولطية تيار متردد. قد تستشعر إلكترونيات قدرة مستوى الوحدة فولطية تيار مباشرة مرتفعة وتعمل على تشغيل الوحدة عند نقطة قدرة فولطية تيار مثالية.

20 في صورة مغايرة أخرى تشتمل الوحدة شمسية على إلكترونيات قدرة مستوى الوحدة المتصلة كهربائياً بأزواج فردية من صفوف متصلة بالتسلسل المجاور للخلايا الفائقة، التوصيل الكهربائي لواحد أو أكثر من أزواج صفوف الخلايا الفائقة على التوالي لتوفير فولطية تيار مباشرة مرتفعة، وتشتمل على محول يحول فولطية تيار مباشرة مرتفعة إلى فولطية تيار متردد. اختياريًا، قد

- تستشعر إلكترونيات قدرة مستوى الوحدة الفولطية عبر كل زوج فردي من صفوف الخلايا الفائقة وقد تُشغل كل زوج فردي من صفوف الخلايا الفائقة عند نقطة قدرة فولطية تيار مثالية. اختياريًا، يمكن لإلكترونيات قدرة مستوى الوحدة تحويل زوج فردي من صفوف الخلايا الفائقة خارج دائرة توفر فولطية تيار مباشرة مرتفعة إذا كانت الفولطية عبر زوج من الصفوف أقل من قيمة حدية.
- 5 في صورة مغايرة أخرى تشتمل وحدة شمسية على إلكترونيات قدرة مستوى الوحدة المتصلة كهربائياً بكل صف فردي من الخلايا الفائقة، التوصيل الكهربائي لاثنتين أو أكثر من صفوف الخلايا الفائقة على التوالي لتوفير فولطية تيار مباشرة مرتفعة، وتشتمل على محول يحول فولطية تيار مباشرة مرتفعة إلى فولطية تيار متردد. اختياريًا، قد تستشعر إلكترونيات قدرة مستوى الوحدة الفولطية عبر كل صف فردي من الخلايا الفائقة وقد تشغل كل صف فردي من الخلايا الفائقة عند نقطة قدرة فولطية تيار مثالية. اختياريًا، يمكن لإلكترونيات قدرة مستوى الوحدة تحويل صف فردي من الخلايا الفائقة خارج دائرة توفر فولطية تيار مباشرة مرتفعة إذا كانت الفولطية عبر صف الخلايا الفائقة أقل من قيمة حدية.
- 10 في صورة مغايرة أخرى تشتمل وحدة شمسية على إلكترونيات قدرة مستوى الوحدة المتصلة كهربائياً بكل خلية فائقة فردية، التوصيل الكهربائي لاثنتين أو أكثر من الخلايا الفائقة على التوالي لتوفير فولطية تيار مباشرة مرتفعة، وتشتمل على محول يحول فولطية تيار مباشرة مرتفعة إلى فولطية تيار متردد. اختياريًا، قد تستشعر إلكترونيات قدرة مستوى الوحدة الفولطية عبر كل خلية فائقة فردية وقد تشغل كل خلية فائقة فردية عند نقطة قدرة فولطية تيار مثالية. اختياريًا، يمكن لإلكترونيات قدرة مستوى الوحدة تحويل خلية فائقة فردية خارج دائرة توفر فولطية تيار مباشرة مرتفعة إذا كانت الفولطية عبر الخلية الفائقة أقل من قيمة حدية.
- 15 في صورة مغايرة أخرى كل خلية فائقة في الوحدة تتم تجزأتها كهربائياً إلى مجموعة من الأقسام بواسطة مآخذ غير ظاهرة. تشتمل وحدة شمسية على إلكترونيات قدرة مستوى الوحدة المتصلة كهربائياً بكل قسم من كل خلية فائقة عبر مآخذ غير ظاهرة، التوصيل الكهربائي لاثنتين أو أكثر من الأقسام على التوالي لتوفير فولطية تيار مباشرة مرتفعة، وتشتمل على محول يحول فولطية تيار مباشرة مرتفعة إلى فولطية تيار متردد. اختياريًا، قد تستشعر إلكترونيات قدرة مستوى الوحدة الفولطية عبر كل قسم فردي من كل خلية فائقة وقد تشغل كل قسم فردي عند نقطة قدرة فولطية
- 20
- 25

تيار مثالية. اختياريًا، يمكن للإلكترونيات قدرة مستوى الوحدة تحويل قسم فردي خارج دائرة توفر فولطية تيار مباشرة مرتفعة إذا كانت الفولطية عبر الأقسام أقل من قيمة حدية.

في أية الصور المغيرة السابقة قد تكون نقطة قدرة فولطية تيار مثالية أقصى نقطة قدرة لفولطية التيار.

5 في أية الصور المغيرة السابقة قد تفتقر إلكترونيات قدرة مستوى الوحدة إلى مكون تعزيز تيار مباشر إلى تيار مباشر.

في أية الصور المغيرة السابقة قد تكون N أكبر من أو يساوي حوالي 200، أكبر من أو يساوي حوالي 250، أكبر من أو يساوي حوالي 300، أكبر من أو يساوي حوالي 350، أكبر من أو يساوي حوالي 400، أكبر من أو يساوي حوالي 450، أكبر من أو يساوي حوالي 500، أكبر من أو يساوي حوالي 550، أكبر من أو يساوي حوالي 600، أكبر من أو يساوي حوالي 650، أو أكبر من أو يساوي حوالي 700.

في أية الصور المغيرة السابقة قد تكون فولطية تيار مباشرة مرتفعة أكبر من أو يساوي حوالي 120 فولط، أكبر من أو يساوي حوالي 180 فولط، أكبر من أو يساوي حوالي 240 فولط، أكبر من أو يساوي حوالي 300 فولط، أكبر من أو يساوي حوالي 360 فولط، أكبر من أو يساوي حوالي 420 فولط، أكبر من أو يساوي حوالي 480 فولط، أكبر من أو يساوي حوالي 540 فولط، أو أكبر من أو يساوي حوالي 600 فولط.

في جانب آخر، يشتمل نظام شمسي فولطائي ضوئي على اثنين أو أكثر من الوحدات الشمسية المتصلة كهربائياً على التوازي، ومحول. تشتمل كل وحدة شمسية على العدد N الأكبر من أو يساوي حوالي 150 الخلايا الشمسية المستطيلة أو المستطيلة بدرجة كبيرة من السيليكون مرتبة في صورة مجموعة من الخلايا الفائقة في اثنين أو أكثر من الصفوف المتوازية. تشتمل كل خلية فائقة في كل وحدة على اثنين أو أكثر من الخلايا الشمسية من السيليكون في تلك الوحدة المرتبة على نفس الخط مع جوانب طويلة من الخلايا الشمسية المجاورة من السيليكون المتداخلة والمرتبطة على نحو توصيلي ببعضها البعض لتوصيل الخلايا الشمسية كهربائياً من السيليكون على التوالي. في كل وحدة تكون الخلايا الفائقة متصلة كهربائياً لتوفير خرج وحدة تيار مباشر مرتفع الفولطية أكبر

من أو يساوي حوالي 90 فولط. يكون المحول متصل كهربائياً باثنين أو أكثر من الوحدات الشمسية لتحويل خرج تيارها المباشر مرتفع الفولطية إلى تيار متردد.

قد تشتمل كل وحدة شمسية على واحد أو أكثر من التوصيلات البينية الكهربائية المرنة المرتبة لتوصيل الخلايا الفائقة كهربائياً في الوحدة الشمسية على التوالي لتوفير خرج تيار مباشر مرتفع الفولطية للوحدة الشمسية.

5

قد يشتمل النظام الشمسي الفولطائي الضوئي على الأقل على وحدة شمسية ثلاثة متصلة كهربائياً على التوالي بوحدة أولى من اثنين أو أكثر من الوحدات الشمسية المتصلة كهربائياً على التوازي. في الحالات المذكورة قد تشتمل وحدة شمسية ثلاثة على العدد N' الأكبر من أو يساوي حوالي 150 الخلايا الشمسية المستطيلة أو المستطيلة بدرجة كبيرة من السيليكون مرتبة في صورة

مجموعة من الخلايا الفائقة في اثنين أو أكثر من الصفوف المتوازية. كل خلية فائقة في الوحدة الشمسية الثلاثة تشتمل على اثنين أو أكثر من الخلايا الشمسية من السيليكون في وحدة مرتبة على نفس الخط مع جوانب طويلة من الخلايا الشمسية المجاورة من السيليكون المتداخلة والمرتبطة على نحو توصيلي ببعضها البعض لتوصيل الخلايا الشمسية كهربائياً من السيليكون على التوالي. في وحدة شمسية ثلاثة تكون الخلايا الفائقة متصلة كهربائياً لتوفير خرج وحدة تيار مباشر مرتفع الفولطية أكبر من أو يساوي حوالي 90 فولط.

10

15

تشتمل صور مغايرة على وحدة شمسية ثلاثة متصلة كهربائياً على التوالي بوحدة أولى من اثنين أو أكثر من الوحدات الشمسية، وفقاً للموصوف سابقاً، وقد تشتمل أيضاً على الأقل على وحدة شمسية رابعة متصلة كهربائياً على التوالي بوحدة ثانية من اثنين أو أكثر من الوحدات الشمسية التي تكون متصلة كهربائياً على التوازي. قد تشتمل وحدة شمسية رابعة على العدد N'' الأكبر من أو يساوي حوالي 150 الخلايا الشمسية المستطيلة أو المستطيلة بدرجة كبيرة من السيليكون مرتبة في صورة

20

مجموعة من الخلايا الفائقة في اثنين أو أكثر من الصفوف المتوازية. تشتمل كل خلية فائقة في وحدة شمسية رابعة على اثنين أو أكثر من الخلايا الشمسية من السيليكون في تلك الوحدة مرتبة على نفس الخط مع جوانب طويلة من الخلايا الشمسية المجاورة من السيليكون المتداخلة والمرتبطة على نحو توصيلي ببعضها البعض لتوصيل الخلايا الشمسية كهربائياً من السيليكون على التوالي.

في وحدة شمسية رابعة تكون الخلايا الفائقة متصلة كهربائياً لتوفير خرج وحدة تيار مباشر مرتفع الفولطية أكبر من أو يساوي حوالي 90 فولط.

قد يشتمل النظام الشمسي الفولطائي الضوئي على مصاهر و/ أو صمامات ثنائية حاجبة مرتبة لتجنب قصر الدائرة الذي يحدث في أي من الوحدات الشمسية من القدرة المتبددة المتولدة في الوحدات الشمسية الأخرى.

5

قد يشتمل النظام الشمسي الفولطائي الضوئي على نواقل موجبة وسالبة يكون اثنين أو أكثر من الوحدات الشمسية متصلة بها كهربائياً على التوازي وبها يكون المحول متصل كهربائياً. على نحو بديل، قد يشتمل النظام الشمسي الفولطائي الضوئي على صندوق الموحد الذي تكون اثنين أو أكثر من الوحدات الشمسية متصلة به كهربائياً بواسطة موصل مستقل. يوصل صندوق الموحد كهربائياً الوحدات الشمسية على التوازي، وقد يشتمل اختياريًا على مصاهر و/ أو صمامات ثنائية حاجبة مرتبة لتجنب قصر الدائرة الذي يحدث في أي من الوحدات الشمسية من القدرة المتبددة المتولد في الوحدات الشمسية الأخرى.

10

يمكن تهيئة المحول لتشغيل الوحدات الشمسية عند فولطية تيار مباشر أعلى من أدنى قيمة تم تعيينها لتفادي الانحياز العكسي للوحدة الشمسية.

يمكن تهيئة المحول للتعرف على حالة الانحياز العكسي التي تحدث في واحدة أو أكثر من الوحدات الشمسية وتشغيل الوحدات الشمسية عند فولطية تتجنب حالة الانحياز العكسي.

15

يمكن وضع النظام الشمسي الفولطائي الضوئي أعلى السطح.

في أية الصور المغايرة السابقة قد يكون N ، N' ، و N'' أكبر من أو يساوي حوالي 200، أكبر من أو يساوي حوالي 250، أكبر من أو يساوي حوالي 300، أكبر من أو يساوي حوالي 350، أكبر من أو يساوي حوالي 400، أكبر من أو يساوي حوالي 450، أكبر من أو يساوي حوالي 500، أكبر من أو يساوي حوالي 550، أكبر من أو يساوي حوالي 600، أكبر من أو يساوي حوالي 650، أو أكبر من أو يساوي حوالي 700. قد يكون N ، N' ، و N'' نفس القيم أو أخرى مختلفة.

20

في أية الصور المغايرة السابقة قد تكون فولطية تيار مباشرة مرتفعة متوفرة بواسطة وحدة شمسية أكبر من أو يساوي حوالي 120 فولط، أكبر من أو يساوي حوالي 180 فولط، أكبر من أو يساوي حوالي 240 فولط، أكبر من أو يساوي حوالي 300 فولط، أكبر من أو يساوي حوالي 360 فولط، أكبر من أو يساوي حوالي 420 فولط، أكبر من أو يساوي حوالي 480 فولط، أكبر من أو يساوي حوالي 540 فولط، أو أكبر من أو يساوي حوالي 600 فولط.

5

في جانب آخر يشتمل نظام شمسي فولطائي ضوئي على وحدة شمسية أولى تشتمل على العدد N الأكبر من أو يساوي حوالي 150 الخلايا الشمسية المستطيلة أو المستطيلة بدرجة كبيرة من السيليكون مرتبة في صورة مجموعة من الخلايا الفائقة في اثنين أو أكثر من الصفوف المتوازية. تشتمل كل خلية فائقة على مجموعة من الخلايا الشمسية من السيليكون مرتبة على نفس الخط مع جوانب طويلة من الخلايا الشمسية المجاورة من السيليكون المتداخلة والمرتبطة على نحو توصيلي ببعضها البعض لتوصيل الخلايا الشمسية كهربائياً من السيليكون على التوالي. يشتمل النظام أيضاً على محول. قد يكون المحول على سبيل المثال محول دقيق مدمج في وحدة شمسية أولى. تكون الخلايا الفائقة في وحدة شمسية أولى متصلة كهربائياً لتوفير فولطية تيار مباشرة مرتفعة أكبر من أو يساوي حوالي 90 فولط إلى المحول، والذي يحول تيار مباشر إلى تيار متردد.

10

قد تشتمل وحدة شمسية أولى على واحد أو أكثر من التوصيلات البينية الكهربائية المرنة المرتبة للتوصيل كهربائياً الخلايا الفائقة في الوحدة الشمسية على التوالي لتوفير خرج تيار مباشر مرتفع الفولطية للوحدة الشمسية.

15

قد يشتمل النظام الشمسي الفولطائي الضوئي على الأقل على وحدة شمسية ثانية متصلة كهربائياً على التوالي بوحدة شمسية أولى. قد تشتمل وحدة شمسية ثانية على العدد N' أكبر من أو يساوي حوالي 150 الخلايا الشمسية المستطيلة أو المستطيلة بدرجة كبيرة من السيليكون مرتبة في صورة مجموعة من الخلايا الفائقة في اثنين أو أكثر من الصفوف المتوازية. تشتمل كل خلية فائقة في وحدة شمسية ثانية على اثنين أو أكثر من الخلايا الشمسية من السيليكون في تلك الوحدة مرتبة على نفس الخط مع جوانب طويلة من الخلايا الشمسية المجاورة من السيليكون المتداخلة والمرتبطة على نحو توصيلي ببعضها البعض لتوصيل الخلايا الشمسية كهربائياً من السيليكون على التوالي.

20

في وحدة شمسية ثانية تكون الخلايا الفائقة متصلة كهربائياً لتوفير خرج وحدة تيار مباشر مرتفع الفولطية الأكبر من أو يساوي حوالي 90 فولط.

قد يفتقر المحول (على سبيل المثال، محول دقيق) إلى مكون تعزيز تيار مباشر إلى تيار مباشر.

5 في أية الصور المغايرة السابقة قد يكون N و N' أكبر من أو يساوي حوالي 200، أكبر من أو يساوي حوالي 250، أكبر من أو يساوي حوالي 300، أكبر من أو يساوي حوالي 350، أكبر من أو يساوي حوالي 400، أكبر من أو يساوي حوالي 450، أكبر من أو يساوي حوالي 500، أكبر من أو يساوي حوالي 550، أكبر من أو يساوي حوالي 600 أكبر من أو يساوي حوالي 650، أو أكبر من أو يساوي حوالي 700. قد يكون N و N' نفس القيم أو أخرى مختلفة.

10 في أية الصور المغايرة السابقة، قد تكون فولطية تيار مباشرة مرتفعة متوفرة بواسطة وحدة شمسية أكبر من أو يساوي حوالي 120 فولط، أكبر من أو يساوي حوالي 180 فولط، أكبر من أو يساوي حوالي 240 فولط، أكبر من أو يساوي حوالي 300 فولط، أكبر من أو يساوي حوالي 360 فولط، أكبر من أو يساوي حوالي 420 فولط، أكبر من أو يساوي حوالي 480 فولط، أكبر من أو يساوي حوالي 540 فولط، أو أكبر من أو يساوي حوالي 600 فولط.

15 في جانب آخر، تشتمل وحدة شمسية على العدد N الأكبر من أو يساوي حوالي 250 الخلايا الشمسية المستطيلة أو المستطيلة بدرجة كبيرة من السيليكون مرتبة في صورة مجموعة من الخلايا الفائقة المتصلة على التوالي في اثنين أو أكثر من الصفوف المتوازية. تشتمل كل خلية فائقة على مجموعة من الخلايا الشمسية من السيليكون مرتبة على نفس الخط مع جوانب طويلة من الخلايا الشمسية المجاورة من السيليكون المتداخلة والمرتبطة على نحو توصيلي مباشرة مع بعضها البعض بمادة لاصقة موصلة كهربائياً وحرارياً لتوصيل الخلايا الشمسية من السيليكون كهربائياً في الخلية الفائقة على التوالي. تشتمل وحدة شمسية على أقل من صمام ثنائي للتفريع واحد لكل 25 خلية شمسية. تشكل مادة لاصقة موصلة كهربائياً وحرارياً روابط بين خلايا شمسية متجاورة لها سُمك عمودي على الخلايا الشمسية أقل من أو يساوي حوالي 50 ميكرون وموصلية حرارية عمودية على الخلايا الشمسية أكبر من أو يساوي حوالي 1.5 واط/(متر-كيلو).

20

قد تكون الخلايا الفائقة مغلقة في طبقة أولفين لدنة بالحرارة بين الرقاقة الأمامية والرقاقة الخلفية. قد تكون الخلايا الفائقة المُغلّف الخاص بها محصور بين رقاقات أمامية وخلفية من الزجاج.

قد تشتمل الوحدة الشمسية، على سبيل المثال، على أقل من صمام ثنائي للتفرع واحد لكل 30 خلية شمسية، أو أقل من صمام ثنائي للتفرع واحد لكل 50 خلية شمسية، أو أقل من صمام ثنائي للتفرع واحد لكل 100 خلية شمسية. قد لا تشتمل الوحدة الشمسية، على سبيل المثال، على صمامات ثنائية للتفرع، أو فقط صمام ثنائي للتفرع واحد، أو ما لا يتجاوز ثلاث صمامات ثنائية للتفرع، أو ما لا يتجاوز ستة صمامات ثنائية للتفرع، أو ما لا يتجاوز عشرة صمامات ثنائية للتفرع.

قد توفر الروابط الموصلة بين الخلايا الشمسية المتراكبة اختياريًا توافق ميكانيكي إلى الخلايا الفائقة لتستوعب عدم التوافق في التمدد الحراري بين الخلايا الفائقة ورقاقة أمامية زجاجية في اتجاه مواز لصفوف في مدى درجة حرارة من حوالي -40° م إلى حوالي 100° م دون تلف الوحدة الشمسية. في أية الصور المغايرة السابقة، قد يكون N أكبر من أو يساوي حوالي 300، أكبر من أو يساوي حوالي 350، أكبر من أو يساوي حوالي 400، أكبر من أو يساوي حوالي 450، أكبر من أو يساوي حوالي 500، أكبر من أو يساوي حوالي 550، أكبر من أو يساوي حوالي 600 أكبر من أو يساوي حوالي 650، أو أكبر من أو يساوي حوالي 700.

في أية الصور المغايرة السابقة، قد تكون الخلايا الفائقة متصلة كهربائياً لتوفير فولتية تيار مباشرة مرتفعة أكبر من أو يساوي حوالي 120 فولط، أكبر من أو يساوي حوالي 180 فولط، أكبر من أو يساوي حوالي 240 فولط، أكبر من أو يساوي حوالي 300 فولط، أكبر من أو يساوي حوالي 360 فولط، أكبر من أو يساوي حوالي 420 فولط، أكبر من أو يساوي حوالي 480 فولط، أكبر من أو يساوي حوالي 540 فولط، أو أكبر من أو يساوي حوالي 600 فولط.

قد يشتمل نظام الطاقة الشمسية على الوحدة الشمسية لأية الصور المغايرة السابقة ومحول (على سبيل المثال، محول دقيق) متصل كهربائياً بالوحدة الشمسية وتمت تهيأته لتحويل خرج DC من الوحدة الشمسية لتوفير خرج AC. قد يفترض المحول إلى مكون تعزيز DC إلى DC. يمكن تهيأة المحول لتشغيل الوحدة الشمسية عند فولتية تيار مباشر أعلى من أدنى قيمة تم تعيينها لتغادي

الانحياز العكسي للخلية الشمسية. قد تعتمد أدنى قيمة فولتية على درجة الحرارة. يمكن تهيئة المحول للتعرف على حالة الانحياز العكسي وتشغيل الوحدة الشمسية عند فولتية تتجنب حالة الانحياز العكسي. على سبيل المثال، يمكن تهيئة المحول لتشغيل الوحدة الشمسية في منطقة الحد الأقصى المحلية لمنحنى قدرة فولتية-تيار الوحدة الشمسية لتجنب حالة الانحياز العكسي.

5 تكشف هذه المواصفة عن أدوات شق الخلية الشمسية وطرق شق الخلية الشمسية.

في أحد الجوانب، تشتمل طريقة لتصنيع الخلايا الشمسية على تقديم رقاقة الخلية الشمسية بطول سطح مقوس، وتطبيق ضغط خوائي بين سطح مقوس والسطح السفلي لرقاقة الخلية الشمسية لثني رقاقة الخلية الشمسية مقابل سطح مقوس ومن ثم شق رقاقة الخلية الشمسية بطول واحد أو أكثر من خطوط المخطاط التي تم تجهيزها مسبقاً لفصل مجموعة من الخلايا الشمسية من رقاقة الخلية الشمسية. يمكن تقديم رقاقة الخلية الشمسية على نحو متواصل بطول السطح المقوس، على سبيل المثال، على نحو بديل، قد يتم تقديم الخلية الشمسية بطول السطح المقوس في حركات متقطعة.

قد يكون السطح المقوس على سبيل المثال جزء مقوس من سطح علوي لمُشعب ضغط خوائي يعمل على تسليط ضغط خوائي على السطح السفلي لرقاقة الخلية الشمسية. قدج يتباين الضغط الخوائي المسلط على السطح السفلي لرقاقة الخلية الشمسية بواسطة مُشعب ضغط خوائي بطول اتجاه انتقال رقاقة الخلية الشمسية وقد يكون، على سبيل المثال، أقوى في منطقة مُشعب ضغط خوائي والتي فيها يتم شق رقاقة الخلية الشمسية تتابعياً.

قد تشتمل الطريقة على نقل رقاقة الخلية الشمسية بطول سطح علوي مقوس لمُشعب ضغط خوائي باستخدام حزام مُثقب، باستخدام الضغط الخوائي المسلط على السطح السفلي لرقاقة الخلية الشمسية عبر تثقيبات في الحزام المُثقب. قد تكون التثقيبات اختيارياً مرتبة في الحزام بحيث يجب أن تعلو الحواف المتقدمة والخلفية من رقاقة الخلية الشمسية بطول اتجاه سير رقاقة الخلية الشمسية تثقيب واحد على الأقل في الحزام وبناءً عليه يتم سحبها تجاه السطح المقوس بواسطة الضغط الخوائي، ولكن هذا غير مطلوب.

قد تشتمل الطريقة على تقديم رقاقة الخلية الشمسية بطول منطقة مسطحة من السطح العلوي لمُشعب ضغط خوائي لتصل إلى منطقة مقوسة انتقالية من السطح العلوي لمُشعب ضغط خوائي

يشتمل على انحناء أول، وبعد ذلك تقديم رقاقة الخلية الشمسية إلى شق منطقة السطح العلوي لمُشعب ضغط خوائي حيث يتم شق رقاقة الخلية الشمسية تتابعياً، باستخدام شق منطقة مُشعب ضغط خوائي يشتمل على انحناء ثانٍ أكثر إحكاماً من الانحناء الأول. قد تشتمل الطريقة علاوة على ذلك على تقديم الخلايا الشمسية التي تم شقها إلى منطقة ما بعد الشق من مُشعب ضغط خوائي يشتمل على انحناء ثالث أكثر إحكاماً من الانحناء الثاني.

5

في أية الصور المغايرة السابقة، قد تشتمل الطريقة على تسليط ضغط خوائي أكثر قوة بين رقاقة الخلية الشمسية وسطح مقوس عند طرف واحد من كل خط مخطط وبعد ذلك عند الطرف المقابل من كل خط مخطط لتوفير توزيع لا متماثل للجهد بطول كل خط مخطط يُعزز تنوية وانتشار تصدع شق فردي بطول كل خط مخطط. على نحو بديل، أو على نحو إضافي، في أية الصور المغايرة السابقة قد تشتمل الطريقة على توجيه خطوط المخطاط على رقاقة الخلية الشمسية عند زاوية إلى مُشعب ضغط خوائي بحيث بالنسبة إلى كل خط مخطط يصل طرف واحد إلى منطقة شق مقوسة من مُشعب ضغط خوائي قبل الطرف الآخر.

10

في أية الصور المغايرة السابقة، قد تشتمل الطريقة على إزالة الخلايا الشمسية التي تم شقها من سطح مقوس قبل أن تلمسها حواف الخلايا الشمسية التي تم شقها. على سبيل المثال، قد تشتمل الطريقة على إزالة الخلايا في اتجاه تماس أو تماس تقريباً مع السطح المقوس للمُشعب بسرعة أكبر من سرعة انتقال الخلايا بطول المُشعب. يمكن تحقيق ذلك باستخدام حزام متحرك مرتب على نحو تماسي، على سبيل المثال، أو باستخدام أية آلية مناسبة أخرى.

15

في أية الصور المغايرة السابقة، قد تشتمل الطريقة على نسخ خطوط المخطاط على رقاقة الخلية الشمسية ووضع مادة ربط لاصقة موصلة كهربائياً على أجزاء من السطح العلوي أو السفلي من رقاقة الخلية الشمسية قبل شق رقاقة الخلية الشمسية بطول خطوط المخطاط. قد تشتمل كل من الخلايا الشمسية الناتجة التي تم شقها بعد ذلك على جزء من مادة ربط لاصقة موصلة كهربائياً موضوعة بطول الحافة المشقوقة للسطح العلوي أو السفلي لها. قد تتكون خطوط المخطاط قبل أو بعد وضع مادة ربط لاصقة موصلة كهربائياً باستخدام أية طريقة نسخ مناسبة. قد تتكون خطوط المخطاط بواسطة النسخ بالليزر، على سبيل المثال.

20

في أية الصور المغايرة السابقة، قد تكون رقاقة الخلية الشمسية رقاقة الخلية الشمسية المربعة أو المربعة الزائفة من السيليكون.

- 5 في جانب آخر، تشتمل طريقة تصنيع سلسلة الخلايا الشمسية على ترتيب مجموعة من الخلايا الشمسية المستطيلة بما يتماشى مع الجوانب الطويلة لالخلايا الشمسية المستطيلة المجاورة المترابطة بطريقة مسقفة باستخدام مادة ربط لاصقة موصلة كهربائياً موضوعة فيما بينها، وإنضاج مادة الربط الموصلة كهربائياً لكي يتم ربط الخلايا الشمسية المستطيلة المجاورة المترابطة ببعضها البعض وتوصيلها كهربائياً على التوالي. يمكن تصنيع الخلايا الشمسية، على سبيل المثال، بواسطة أي الصور المغايرة لطريقة لتصنيع الخلايا الشمسية الموصوفة سابقاً.
- 10 في أحد الجوانب، تشتمل طريقة تصنيع سلسلة الخلايا الشمسية على تكوين نمط معدنة سطح خلفي على كل من واحدة أو أكثر من الخلايا الشمسية المربعة، وطباعة استنسل لنمط معدنة سطح أمامي كامل على كل من واحدة أو أكثر من الخلايا الشمسية المربعة باستخدام استنسل فردي في خطوة طباعة استنسل فردية. يمكن إجراء هذه الخطوات في إما بالترتيب، أو في نفس التوقيت إذا كان ذلك ملائماً. يُقصد بـ "نمط معدنة سطح أمامي كامل" أنه بعد خطوة طباعة استنسل لا توجد حاجة إلى ترسيب مادة معدنة إضافية على السطح الأمامي للخلية الشمسية المربعة لإتمام تكوين معدنة السطح الأمامي. تشتمل الطريقة أيضاً على فصل كل خلية شمسية مربعة إلى اثنين أو أكثر من الخلايا الشمسية المستطيلة لتكوين واحدة أو أكثر من الخلايا الشمسية المربعة لمجموعة من الخلايا الشمسية المستطيلة يتضمن كل منها نمط معدنة سطح أمامي كامل ونمط معدنة سطح خلفي، ترتيب مجموعة من الخلايا الشمسية المستطيلة بما يتماشى مع جوانب طويلة من الخلايا الشمسية المستطيلة المجاورة المترابطة بطريقة مسقفة، وربط الخلايا الشمسية المستطيلة على نحو موصل في كل زوج من الخلايا الشمسية المستطيلة المجاورة المترابطة ببعضها البعض بمادة الربط الموصلة كهربائياً الموضوعة بينها لتوصيل نمط المعدنة للسطح الأمامي كهربائياً لواحدة من الخلايا الشمسية المستطيلة في الزوج بنمط معدنة سطح خلفي للآخرى من الخلايا الشمسية المستطيلة في الزوج، من ثم التوصيل الكهربائي لمجموعة من الخلايا الشمسية المستطيلة على التوالي.
- 20

قد تتم تهيئة الاستنسل بحيث تكون جميع أجزاء الاستنسل التي تحدد واحد أو أكثر من سمات نمط المعدنة للسطح الأمامي في واحدة أو أكثر من الخلايا الشمسية المربعة مقيدة بواسطة الوصلات المادية بأجزاء الاستنسل الأخرى لتكون في مستوى الاستنسل أثناء طباعة الاستنسل.

5 قد يشمل نمط المعدنة للسطح الأمامي في كل خلية شمسية مستطيلة على سبيل المثال على مجموعة من الأصابع الموجهة عمودياً على الجوانب الطويلة من الخلية الشمسية المستطيلة، مع عدم اتصال أي الأصابع في نمط المعدنة للسطح الأمامي مادياً ببعضها البعض بواسطة نمط المعدنة للسطح الأمامي.

10 تكشف هذه المواصفة عن الخلايا الشمسية مع قيم فقد توليفة الحام بالقصدير منخفضة عند حواف الخلية الشمسية، على سبيل المثال، دون حواف مشقوقة تعزز توليفة الحام بالقصدير، طرق لتصنيع الخلايا الشمسية المذكورة، واستخدام الخلايا الشمسية المذكورة في تجهيزات مسقفة (متراكبة) لتكوين الخلايا الفائقة.

15 في أحد الجوانب، تشتمل طريقة لتصنيع مجموعة من الخلايا الشمسية على ترسيب واحد أو أكثر من طبقات سيلكون لا مسامية للسطح الأمامي على سطح أمامي من رقاقة سيلكون لا متبلرة، ترسيب واحد أو أكثر من طبقات سيلكون لا مسامية لسطح خلفي على السطح الخلفي من رقاقة سيلكون لا متبلرة على الجانب المقابل ل رقاقة سيلكون لا متبلرة من سطح أمامي، تنميط واحد أو أكثر من طبقات سيلكون لا مسامية للسطح الأمامي لتكوين واحد أو أكثر من أخاديد سطح أمامي في واحد أو أكثر من طبقات سيلكون لا مسامية للسطح الأمامي، ترسيب طبقة إخماد سطح أمامي فوق واحد أو أكثر من طبقات سيلكون لا مسامية للسطح الأمامي وفي أخاديد سطح أمامي، تنميط واحد أو أكثر من طبقات سيلكون لا مسامية لسطح خلفي لتكوين واحد أو أكثر من أخاديد السطح الخلفي في واحد أو أكثر من طبقات سيلكون لا مسامية لسطح خلفي، وترسيب طبقة إخماد السطح الخلفي فوق واحد أو أكثر من طبقات سيلكون لا مسامية لسطح خلفي وفي أخاديد السطح الخلفي.

20 يتكون كل من واحد أو أكثر من أخاديد السطح الخلفي بما يتماشى مع أخدود آخر مناظر من أخاديد سطح أمامي. تشتمل الطريقة علاوة على ذلك على شق رقاقة سيلكون لا متبلرة عند واحد أو أكثر من مستويات الشق، مع تمركز كل مستوى شق أو تمركزه بدرجة كبيرة في زوج مختلف

من أخاديد السطح الأمامي والخلفي المناظرة. عند تشغيل الخلايا الشمسية الناتجة تتم إضاءة طبقات سيلكون لا مسامية للسطح الأمامي بواسطة الضوء.

في بعض الصور المغايرة تتكون أخاديد سطح أمامي فقط، وليس أخاديد السطح الخلفي. في صور مغايرة أخرى تتكون فقط أخاديد السطح الخلفي، وليس أخاديد سطح أمامي.

5 قد تشمل الطريقة على تكوين واحد أو أكثر من أخاديد سطح أمامي لاختراق طبقات سيلكون لا مسامية للسطح الأمامي لتصل إلى سطح أمامي لرقاقة سيلكون لا متبلرة، و/ أو تكوين واحد أو أكثر من أخاديد السطح الخلفي لاختراق واحد أو أكثر من طبقات سيلكون لا مسامية لسطح خلفي لتصل إلى السطح الخلفي لرقاقة سيلكون لا متبلرة.

10 قد تشمل الطريقة على تكوين طبقة إخماد سطح أمامي و/ أو طبقة إخماد السطح الخلفي من أكسيد موصل شفاف.

يمكن استخدام ليزر نبضي أو طرف سداسي الشكل لبدء نقطة شق (على سبيل المثال، في حدود طول 100 ميكرون). يمكن استخدام ليزر CW وفوهة تبريد تتابعياً لتحفيز الجهد الحراري مرتفع الشد والانضغاط وتوجيه انتشار الشق الكامل في رقاقة سيلكون لا متبلرة لفصل رقاقة سيلكون لا متبلرة عند واحد أو أكثر من مستويات الشق. على نحو بديل، ال رقاقة سيلكون لا متبلرة يمكن شقها ميكانيكياً عند واحد أو أكثر من مستويات الشق. يمكن استخدام أي طريقة شق مناسبة.

15 قد تشكل واحدة أو أكثر من طبقات سيلكون بلورية لا متبلرة للسطح الأمامي وصلة n-p مع رقاقة السيلكون اللا متبلرة، وفي الحالة المذكورة قد يكون من المفضل شق رقاقة السيلكون اللا متبلرة من جانب السطح الخلفي لها. على نحو بديل، قد تشكل واحدة أو أكثر من طبقات سيلكون بلورية لا متبلرة للسطح الخلفي وصلة n-p مع رقاقة السيلكون اللا متبلرة، وفي الحالة المذكورة قد يكون من المفضل شق رقاقة السيلكون اللا متبلرة من جانب السطح الأمامي لها.

20 في جانب آخر تشمل طريقة لتصنيع مجموعة من الخلايا الشمسية على تكوين واحد أو أكثر من الأخاديد في سطح أول لرقاقة سيلكون لا متبلرة، ترسيب واحدة أو أكثر من طبقات سيلكون لا متبلرة على سطح أول لرقاقة السيلكون اللا متبلرة، ترسيب طبقة إخماد في الأخاديد وعلى واحدة أو أكثر من طبقات سيلكون لا متبلرة على سطح أول لرقاقة السيلكون اللا متبلرة، ترسيب واحدة أو

أكثر من طبقات سيليكون لا متبلرة على سطح ثانٍ لرقاقة السيلكون اللا متبلرة على الجانب المقابل لرقاقة السيلكون اللا متبلرة من سطح أول، وشق رقاقة السيلكون اللا متبلرة عند واحد أو أكثر من مستويات الشق، مع تركز كل مستوى شق أو تركزه بدرجة كبيرة على آخر مختلفة من واحد أو أكثر من الأخاديد.

5 قد تشمل الطريقة على تكوين طبقة إخماد من أكسيد موصل شفاف.

يمكن استخدام الليزر لتحفيز الجهد الحراري في رقاقة السيلكون اللا متبلرة لشق رقاقة السيلكون اللا متبلرة عند واحد أو أكثر من مستويات الشق. على نحو بديل، رقاقة السيلكون اللا متبلرة يمكن شقها ميكانيكياً عند واحد أو أكثر من مستويات الشق. يمكن استخدام أية طريقة شق مناسبة.

10 قد تشكل واحدة أو أكثر من طبقات سيليكون بلورية لا متبلرة للسطح الأمامي وصلة $n-p$ مع رقاقة السيلكون اللا متبلرة. على نحو بديل، قد تشكل واحدة أو أكثر من طبقات سيليكون بلورية لا متبلرة للسطح الخلفي وصلة $n-p$ مع رقاقة السيلكون اللا متبلرة.

15 في جانب آخر، تشمل اللوحة الشمسية على مجموعة من الخلايا الفائقة، مع اشتغال كل خلية فائقة على مجموعة من الخلايا الشمسية مرتبة على نفس الخط بحيث تكون الأجزاء الطرفية من خلايا شمسية متجاورة متراكبة بطريقة مسقفة ومرتبطة على نحو موصل ببعضها البعض لتوصيل الخلايا الشمسية كهربائياً على التوالي. تتضمن كل خلية شمسية قاعدة سيليكون بلورية، واحدة أو

أكثر من طبقات سيليكون لا متبلرة للسطح الأول موضوعة على السطح الأول لقاعدة سيليكون بلورية لتكوين وصلة $n-p$ ، واحدة أو أكثر من طبقات سيليكون لا متبلرة للسطح الثاني موضوعة على السطح الثاني لقاعدة سيليكون بلورية على الجانب المقابل لقاعدة سيليكون بلورية من سطح أول، وطبقات إخماد تمنع توليفة الحام بالقصدير عند حواف طبقات السيليكون اللا متبلرة للسطح الأول، عند حواف طبقات السيليكون اللا متبلرة للسطح الثاني، أو عند حواف طبقات السيليكون اللا متبلرة للسطح الأول وحواف الطبقات السيليكون اللا متبلرة للسطح الثاني. قد تشمل طبقات إخماد على أكسيد موصل شفاف.

20 قد تتكون الخلايا الشمسية على سبيل المثال بواسطة أي الطرق الموجزة سابقاً أو التتم الكشف عنها بطريقة أخرى في هذه المواصفة.

ستتضح هذه النماذج وغيرها أخرى، وسمات ومزايا الاختراع الحالي على نحو جلي لأولئك المتمرسين في المجال عند الإشارة إلى الوصف التفصيلي التالي للاختراع بالاقتران مع الأشكال المرفقة التي يلي وصفها على نحو موجز للمرة الأولى.

شرح مختصر للرسومات

- 5 الشكل 1 يوضح رسم بياني بمقطع عرضي لسلسلة من الخلايا الشمسية المتصلة على التوالي المرتبة بطريقة مسقفة مع أطراف خلايا شمسية متجاورة متراكبة لتكوين خلية فائقة مسقفة.
- الشكل 2أ يوضح رسم بياني للسطح الأمامي (جانب الشمس) ونمط معدنة سطح أمامي للخلية الشمسية المستطيلة التمثيلية والذي يمكن استخدامه لتكوين الخلايا الفائقة المسقفة.
- 10 الأشكال 2ب و 2ج توضح رسوم بيانية للسطح الأمامي (جانب الشمس) وأنماط معدنة سطح أمامي لاثنتين من الخلايا الشمسية المستطيلة التمثيلية التي تشتمل على أركان مستديرة يمكن استخدامها لتكوين الخلايا الفائقة المسقفة
- الأشكال 2د و 2هـ توضح رسوم بيانية للأسطح الخلفية وأنماط معدنة سطح خلفي تمثيلية للخلية الشمسية الموضحة في الشكل 2أ.
- 15 الأشكال 2و و 2ز توضح رسوم بيانية للأسطح الخلفية وأنماط معدنة سطح خلفي تمثيلية للخلايا الشمسية الموضحة في الأشكال 2ب و 2ج، على الترتيب.
- الشكل 2ح يوضح رسم بياني للسطح الأمامي (جانب الشمس) ونمط معدنة سطح أمامي للخلية الشمسية المستطيلة التمثيلية الأخرى والذي يمكن استخدامه لتكوين الخلايا الفائقة المسقفة. يشتمل نمط المعدنة للسطح الأمامي على حشوات التلامس المنفصلة ويكون كل منها محاط بواسطة حاجز تمت تهيأته لتجنب تدفق مادة ارتباط مادة لاصقة موصلة غير ناضجة مترسبة على حشوة تلامس منها بعيداً عن حشوة تلامس.
- 20 الشكل 2ط يوضح منظر بمقطع عرضي للخلية الشمسية في الشكل 2ح ويعرف تفاصيل نمط المعدنة للسطح الأمامي الموضحة في المنظر المكبر في الأشكال 2ي و 2ك والذي يشتمل على حشوة تلامس وأجزاء من حاجز يحيط بحشوة تلامس.

الشكل 2ي يوضح المنظر المكبر لتفاصيل من الشكل 2ط.

الشكل 2ك يوضح المنظر المكبر لتفاصيل من الشكل 2ط مع تقييد مادة ارتباط مادة لاصقة موصلة غير ناضجة بدرجة كبيرة في موقع حشوة تلامس منفصلة بواسطة الحاجز .

الشكل 2ل يوضح رسم بياني للسطح الخلفي ونمط معدنة سطح خلفي تمثيلي للخلية الشمسية في

5 الشكل 2ح. يشتمل نمط معدنة سطح خلفي على حشوات التلامس المنفصلة ويكون كل منها

محاط بواسطة حاجز تمت تهيأته لتجنب تدفق مادة ارتباط مادة لاصقة موصلة غير ناضجة مترسبة على حشوة تلامس لها بعيداً عن حشوة تلامس.

الشكل 2م يوضح منظر بمقطع عرضي للخلية الشمسية في الشكل 2ل ويعرف تفاصيل نمط

معدنة سطح خلفي الموضحة في المنظر المكبر في الشكل 2ن والذي يشتمل على حشوة تلامس

10 وأجزاء من حاجز يحيط بحشوة تلامس.

الشكل 2ن يوضح المنظر المكبر لتفاصيل من الشكل 2م.

الشكل 2س يوضح صورة مغايرة أخرى لنمط معدنة يشتمل على حاجز تمت تهيأته لتجنب تدفق

مادة ارتباط مادة لاصقة موصلة غير ناضجة بعيداً عن حشوة تلامس. يتاخم الحاجز جانب واحد لحشوة تلامس ويكون أطول من حشوة التلامس.

15 الشكل 2ع يوضح صورة مغايرة أخرى لنمط معدنة في الشكل 2س، مح متاخمة الحاجز لاثنتين

على الأقل من جوانب حشوة التلامس.

الشكل 2ف يوضح رسم بياني للسطح الخلفي ونمط معدنة سطح خلفي تمثيلي للخلية الشمسية

المستطيلة التمثيلية الأخرى. يشتمل نمط معدنة سطح خلفي على حشوة تلامس متواصلة تسير

بدرجة كبيرة طول الجانب الطويل للخلية الشمسية بطول حافة الخلية الشمسية. حشوة التلامس

20 تكون محاطة بواسطة حاجز تمت تهيأته لتجنب تدفق مادة ارتباط مادة لاصقة موصلة غير

ناضجة مترسبة على حشوة التلامس بعيداً عن حشوة تلامس.

الشكل 2ص يوضح رسم بياني للسطح الأمامي (جانب الشمس) ونمط معدنة سطح أمامي للخلية

الشمسية المستطيلة التمثيلية الأخرى والذي يمكن استخدامه لتكوين الخلايا الفائقة المسقفة. يشتمل

نمط المعدنة للسطح الأمامي على حشوات التلامس المنفصلة المرتبة في صف بطول حافة للخلية الشمسية وموصل رقيق طويل يسير على نحو موازٍ ونحو الداخل من صف حشوات التلامس. يشكل موصل رقيق طويل حاجز تمت تهيأته لتجنب تدفق مادة ارتباط مادة لاصقة موصلة غير ناضجة مترسبة على حشوات التلامس منها بعيداً عن حشوات التلامس وإلى المساحات النشطة من الخلية الشمسية.

5

الشكل 3أ يوضح رسم بياني يوضح طريقة تمثيلية والتي بواسطتها الخلية الشمسية الزائفة من السيليكون موحدة الحجم ومربعة الشكل يمكن فصلها (على سبيل المثال، تقطيعها، أو كسرها) إلى الخلايا الشمسية المستطيلة بطولين مختلفين يمكن استخدامهما لتكوين الخلايا الفائقة المسقفة.

الأشكال 3ب و 3ج توضح رسوم بيانية توضح طريقة تمثيلية أخرى والتي بواسطتها الخلية الشمسية الزائفة مربعة الشكل من السيليكون يمكن فصلها إلى الخلايا الشمسية المستطيلة. الشكل 3ب يوضح سطح أمامي لرقاقة ونمط معدنة سطح أمامي تمثيلي. الشكل 3ج يوضح السطح الخلفي للرقاقة ونمط معدنة سطح خلفي تمثيلي.

10

الأشكال 3د و 3هـ توضح رسوم بيانية توضح طريقة تمثيلية والتي بواسطتها الخلية الشمسية مربعة الشكل من السيليكون يمكن فصلها إلى الخلايا الشمسية المستطيلة. الشكل 3د يوضح سطح أمامي لرقاقة ونمط معدنة سطح أمامي تمثيلي. الشكل 3هـ يوضح السطح الخلفي لرقاقة ونمط معدنة سطح خلفي تمثيلي.

15

الشكل 4أ يوضح منظر مُجزأ للسطح الأمامي لخلية فائقة مستطيلة تمثيلية تشتمل على الخلايا الشمسية المستطيلة وفقاً للموضح على سبيل المثال في الشكل 2أ مرتبة بطريقة مسقفة وفقاً للموضح في الشكل 1.

الأشكال 4ب و 4ج توضح مناظر من الأمام والخلف، على الترتيب، لخلية فائقة مستطيلة تمثيلية تشتمل على الخلايا الشمسية المستطيلة "شيفرون" التي تشتمل على الأركان المشطوفة، وفقاً للموضح على سبيل المثال في الشكل 2ب، مرتبة بطريقة مسقفة وفقاً للموضح في الشكل 1.

20

الشكل 5أ يوضح رسم بياني لوحدة شمسية مستطيلة تمثيلية تشتمل على مجموعة من الخلايا الفائقة المسقفة المستطيلة، ويكون للجانب الطويل لكل خلية فائقة طول يبلغ تقريباً نصف طول

الجوانب القصيرة للوحدة. تكون أزواج الخلايا الفائقة مرتبة طرف إلى طرف لتكوين صفوف مع الجوانب الطويلة من الخلايا الفائقة الموازية للجوانب القصيرة للوحدة.

الشكل 5 ب يوضح رسم بياني لوحدة شمسية مستطيلة تمثيلية أخرى تشتمل على مجموعة من الخلايا الفائقة المسقفة المستطيلة، بحيث يكون للجانب الطويل لكل خلية فائقة طول مشابه تقريباً لطول الجوانب القصيرة للوحدة. تكون الخلايا الفائقة مرتبة بحيث تكون الجوانب الطويلة لها موازية للجوانب القصيرة للوحدة.

الشكل 5 ج يوضح رسم بياني لوحدة شمسية مستطيلة تمثيلية أخرى تشتمل على مجموعة من الخلايا الفائقة المسقفة المستطيلة، ويكون طول الجانب الطويل لكل خلية فائقة هو نفسه تقريباً طول الجانب الطويل للوحدة. تكون الخلايا الفائقة مرتبة مع الجوانب الطويلة لها موازية لجوانب الوحدة.

الشكل 5 د يوضح رسم بياني لوحدة شمسية مستطيلة تمثيلية تشتمل على مجموعة من الخلايا الفائقة المسقفة المستطيلة، بحيث يكون طول الجانب الطويل لكل خلية فائقة تقريباً نصف طول الجوانب الطويلة للوحدة. تكون أزواج الخلايا الفائقة مرتبة طرف إلى طرف لتكوين صفوف مع الجوانب الطويلة من الخلايا الفائقة الموازية للجوانب الطويلة من الوحدة.

الشكل 5 هـ يوضح رسم بياني لوحدة شمسية مستطيلة تمثيلية أخرى مشابهة في الهيئة لتلك في الشكل 5 ج، والتي فيها جميع الخلايا الشمسية التي تتكون منها الخلايا الفائقة تكون الخلايا الشمسية شيفرون التي تشتمل على الأركان المشطوفة المناظرة لأركان الرقاقة مربعة الشكل الزائفة التي يتم فصل الخلايا الشمسية منها.

الشكل 5 و يوضح رسم بياني لوحدة شمسية مستطيلة تمثيلية أخرى مشابهة في الهيئة لتلك في الشكل 5 ج، والتي فيها تشتمل الخلايا الشمسية التي تتكون منها الخلايا الفائقة على خليط من الخلايا الشمسية شيفرون والمستطيلة المرتبة لإعاد إنتاج أشكال الرقاقة مربعة الشكل الزائفة التي يتم فصلها منها.

الشكل 5ز يوضح رسم بياني لوحدة شمسية مستطيلة تمثيلية أخرى مشابهة في الهيئة لتلك في الشكل 5هـ، باستثناء أن الخلايا الشمسية شيفرون المجاورة في الخلية الفائقة تكون مرتبة في صورة صور مطابقة لبعضها البعض بحيث يكون لحوافها المتراكبة نفس الطول.

الشكل 6 يوضح تجهيزة تمثيلية لثلاث صفوف من الخلايا الفائقة تتصل بينياً بالتوصيلات البينية

5 الكهربية المرنة لوضع الخلايا الفائقة داخل كل صف على التوالي ببعضها البعض، ولوضع الصفوف على التوازي ببعضها البعض. قد تكون ثلاث صفوف في الوحدة الشمسية من الشكل 5د، على سبيل المثال.

الشكل 7أ يوضح توصيلات بينية مرنة تمثيلية يمكن استخدامها لتوصيل الخلايا الفائقة بينياً على التوالي أو على التوازي. تُظهر بعض من الأمثلة تتميط يعمل على زيادة مرونتها (توافق ميكانيكي) بطول محاورها الطويلة، بطول محاورها القصيرة، أو بطول محاورها الطويلة ومحاورها القصيرة.

الشكل 7أ يوضح هياكل توصيل بيني طويلة لإزالة الإجهاد تمثيلية يمكن استخدامها في مأخذ غير ظاهرة إلى الخلايا الفائقة وفقاً للموصوف في الطلب الحالي أو في صورة توصيلات بينية بالسطح الأمامي أو الخلفي ملامسات طرفية لخلية فائقة. الأشكال 7ب-1 و 7ب-2 توضح أمثلة على سمات إزالة الأجهاد خارج السطح. الأشكال 7ب-1 و 7ب-2 توضح هيئة توصيل بيني طويلة تمثيلية تشتمل على سمات إزالة الأجهاد خارج السطح والتي يمكن استخدامها في مأخذ غير ظاهرة إلى الخلايا الفائقة أو في صورة توصيلات بينية إلى السطح الأمامي أو الخلفي لملامسات طرفية لخلية فائقة.

الشكل 8أ يوضح التفاصيل من الشكل 5د: منظر بمقطع عرضي لوحدة شمسية تمثيلية من الشكل 5د يوضح تفاصيل بمقطع عرضي للتوصيلات البينية الكهربية المرنة المرتبطة بملامسات طرفية للسطح الخلفي لصفوف الخلايا الفائقة.

الشكل 8ب يوضح التفاصيل ج من الشكل 5د: منظر بمقطع عرضي لوحدة شمسية تمثيلية من الشكل 5د يوضح تفاصيل بمقطع عرضي للتوصيلات البينية الكهربية المرنة المرتبطة بالملامسات الطرفية للسطح الأمامي (الجانب المشرق) لصفوف الخلايا الفائقة.

الشكل 8 ج يوضح التفاصيل ب من الشكل 5 د: منظر بمقطع عرضي لوحدة شمسية تمثيلية من الشكل 5 د يوضح تفاصيل بمقطع عرضي لتوصيلات بينية مرنة مرتبة لتوصيل اثنتين من الخلايا الفائقة بينياً في صف على التوالي.

الشكل 8 د-8 ز يوضح أمثلة إضافية على توصيلات بينية كهربائية مرتبطة بملامس طرفي أمامي 5 للخلية الفائقة عند طرف لصف من الخلايا الفائقة، يجاور حافة وحدة شمسية. تمت تهيئة توصيلات بينية تمثيلية للاشتغال على أثر قدم صغير على السطح الأمامي للوحدة.

الشكل 9 أ يوضح رسم بياني لوحدة شمسية مستطيلة تمثيلية أخرى تشتمل على ستة خلايا فائقة مسقفة مستطيلة، بحيث يكون للجانب الطويل لكل خلية فائقة طول مشابه تقريباً لطول الجانب الطويل للوحدة. تكون الخلايا الفائقة مرتبة في ستة صفوف والتي تكون متصلة كهربائياً على 10 التوازي ببعضها البعض وعلى التوازي بصمام ثنائي للتفرع موضوع في صندوق وصلة على السطح الخلفي للوحدة الشمسية. يتم تصنيع الوصلات الكهربائية بين الخلايا الفائقة وصمام ثنائي للتفرع من خلال أشرطة مضمنة في البنية الصفائحية للوحدة.

الشكل 9 ب يوضح رسم بياني لوحدة شمسية مستطيلة تمثيلية أخرى تشتمل على ستة خلايا فائقة مسقفة مستطيلة، بحيث يكون للجانب الطويل لكل خلية فائقة طول مشابه تقريباً لطول الجانب الطويل للوحدة تقريباً. تكون الخلايا الفائقة مرتبة في ستة صفوف والتي تكون متصلة كهربائياً على 15 التوازي ببعضها البعض وعلى التوازي بصمام ثنائي للتفرع موضوعة في صندوق وصلة على السطح الخلفي وقريباً من حافة للوحدة الشمسية. يوجد صندوق الوصلة الثاني على السطح الخلفي قريباً من الحافة المقابلة للوحدة الشمسية. يتم توفير التوصيل الكهربائي بين الخلايا الفائقة وصمام ثنائي للتفرع من خلال كبل خارجي بين صندوق الوصلات.

الشكل 9 ج يوضح وحدة شمسية مستطيلة زجاجية-زجاجية تشتمل على ستة خلايا فائقة مسقفة مستطيلة، بحيث يكون للجانب الطويل لكل خلية فائقة طول مشابه تقريباً لطول الجانب الطويل للوحدة. تكون الخلايا الفائقة مرتبة في ستة صفوف والتي تكون متصلة كهربائياً على التوازي 20 ببعضها البعض. يتم تركيب الصندوقين والوصلات على الحواف المقابلة للوحدة، وزيادة المساحة النشطة للوحدة.

الشكل 9د يوضح منظر جانبي للوحدة الشمسية موضح في الشكل 9ج.

الشكل 9هـ يوضح وحدة شمسية تمثيلية أخرى تشتمل على ستة خلايا فائقة مسقفة مستطيلة، بحيث يكون للجانب الطويل لكل خلية فائقة طول مشابه تقريباً لطول الجانب الطويل للوحدة. تكون الخلايا الفائقة مرتبة في ستة صفوف، مع توصيل ثلاث أزواج من الصفوف على حدة مع توصيل ثلاث أزواج من الصفوف على حدة في الوحدة الشمسية.

5

الشكل 9و يوضح وحدة شمسية تمثيلية أخرى تشتمل على ستة خلايا فائقة مسقفة مستطيلة، بحيث يكون للجانب الطويل لكل خلية فائقة طول مشابه تقريباً لطول الجانب الطويل للوحدة. تكون الخلايا الفائقة مرتبة في ستة صفوف، مع توصيل كل صف على حدة بجهاز إدارة القدرة في الوحدة الشمسية.

الأشكال 9ز و9ح توضح النماذج الأخرى لأبنية إدارة القدرة على مستوى الوحدة باستخدام الخلايا الفائقة المسقفة.

10

الشكل 10أ يوضح رسم بياني لدائرة كهربائية تخطيطية تمثيلية لوحدة شمسية كما يتضح في الشكل 5ب.

الأشكال 10ب-1 و10ب-2 توضح مخطط مادي تمثيلي لتوصيلات بينية كهربائية متنوعة لوحدة شمسية كما يتضح في الشكل 5ب تشتمل على رسم بياني تخطيطي للدائرة في الشكل 10أ.

15

الشكل 11أ يوضح رسم بياني لدائرة كهربائية تخطيطية تمثيلية لوحدة شمسية كما يتضح في الشكل 5أ.

الأشكال 11ب-1 و11ب-2 توضح مخطط مادي تمثيلي لتوصيلات بينية كهربائية متنوعة لوحدة شمسية كما يتضح في الشكل 5أ يشتمل على رسم بياني تخطيطي لدائرة كهربائية في الشكل 11أ.

الأشكال 11ج-1 و11ج-2 توضح مخطط مادي تمثيلي آخر لتوصيلات بينية كهربائية متنوعة لوحدة شمسية كما يتضح في الشكل 5أ يشتمل على رسم بياني تخطيطي لدائرة كهربائية في الشكل 11أ.

20

الشكل 12 أ يوضح رسم بياني تخطيطي لدائرة تمثيلية أخرى لوحدة شمسية كما يتضح في الشكل 5.

الأشكال 12 ب-1 و 12 ب-2 توضح مخطط مادي تمثيلي لتوصيلات بينية كهربائية متنوعة لوحدة شمسية كما يتضح في الشكل 5 أ يشتمل على رسم بياني تخطيطي للدائرة في الشكل 12 أ.

5 الأشكال 12 ج-1، 12 ج-2، و 12 ج-3 توضح مخطط مادي تمثيلي آخر لتوصيلات بينية كهربائية متنوعة لوحدة شمسية كما يتضح في الشكل 5 يشتمل على رسم بياني تخطيطي للدائرة في الشكل 12 أ.

الشكل 13 أ يوضح رسم بياني تخطيطي لدائرة تمثيلية أخرى لوحدة شمسية كما يتضح في الشكل 5.

10 الشكل 13 ب يوضح رسم بياني تخطيطي لدائرة تمثيلية أخرى لوحدة شمسية كما يتضح في الشكل 5 ب.

الأشكال 13 ج-1 و 13 ج-2 توضح مخطط مادي تمثيلي لتوصيلات بينية كهربائية متنوعة لوحدة شمسية كما يتضح في الشكل 5 أ يشتمل على رسم بياني تخطيطي للدائرة في الشكل 13 أ. معدل على نحو طفيف، يتناسب المخطط المادي في الأشكال 13 ج-1 و 13 ج-2 مع وحدة شمسية كما يتضح في الشكل 5 ب يشتمل على رسم بياني تخطيطي للدائرة في الشكل 13 ب.

الشكل 14 أ يوضح رسم بياني لوحدة شمسية مستطيلة تمثيلية أخرى تشتمل على مجموعة من الخلايا الفائقة المسقفة المستطيلة، بحيث يكون للجانب الطويل لكل خلية فائقة طول مشابه تقريباً لطول الجانب القصير للوحدة. تكون أزواج الخلايا الفائقة مرتبة طرف إلى طرف لتكوين صفوف مع الجوانب الطويلة للخلايا الفائقة الموازية للجانب القصير للوحدة.

20 الشكل 14 ب يوضح رسم بياني تخطيطي لدائرة تمثيلية لوحدة شمسية كما يتضح في الشكل 14 أ.

الأشكال 14 ج-1 و 14 ج-2 توضح مخطط مادي تمثيلي لتوصيلات بينية كهربائية متنوعة لوحدة شمسية كما يتضح في الشكل 14 أ يشتمل على رسم بياني تخطيطي للدائرة من الشكل 14 ب.

الشكل 15 يوضح مخطط مادي تمثيلي آخر لتوصيلات بينية كهربائية متنوعة لوحدة شمسية كما يتضح في الشكل 5ب يشتمل على رسم بياني تخطيطي للدائرة في الشكل 10أ.

الشكل 16 يوضح تجهيزة تمثيلية لتوصيل بيني بمفتاح ذكي لاثنين من الوحدات الشمسية على التوالي.

5 الشكل 17 يوضح مخطط انسيابي لطريقة تصنيع تمثيلية لوحدة شمسية مع الخلايا الفائقة.

الشكل 18 يوضح مخطط انسيابي لطريقة تصنيع تمثيلية أخرى لوحدة شمسية مع الخلايا الفائقة.

الأشكال 19أ-19د توضح تجهيزات تمثيلية والتي بواسطتها يمكن إنضاج الخلايا الفائقة بالحرارة والضغط.

10 الأشكال 20أ-20ج توضح على نحو تخطيطي جهاز تمثيلي يمكن استخدامه لشق الخلايا الشمسية التي تم نسخها. قد يكون الجهاز مفيد على نحو محدد عند استخدامه في شق الخلايا الفائقة التي تم نسخها وتم وضع مادة ربط لاصقة موصلة عليها.

الشكل 21 يوضح رقاقة خلفية بيضاء تمثيلية "مخطط" بخطوط سوداء والتي يمكن استخدامها في الوحدات الشمسية التي تشتمل على الصفوف المتوازية من الخلايا الفائقة لخفض التباين البصري بين الخلايا الفائقة وأجزاء من رقاقة خلفية مرئية من مقدمة الوحدة.

15 الشكل 22أ يوضح منظر من مسقط أفقي لوحدة تقليدية تستفيد من وصلات شريطية تقليدية في ظل ظروف البقعة الساخنة. الشكل 22ب يوضح منظر من مسقط أفقي لوحدة تستفيد من الانتشار الحراري طبقاً للنماذج، أيضاً تحت ظروف البقعة الساخنة.

الأشكال 23أ-23ب توضح أمثلة على مخططات سلسلة خلية فائقة بخلايا مشطوفة.

الأشكال 24-25 توضح مناظر مبسطة بمقطع عرضي لمصفوفات تشتمل على مجموعة من

20 وحدات مجمعة في هياكل مسقفة.

الشكل 26 يوضح رسم بياني للسطح الخلفي (المظلل) من وحدة شمسية يوضح توصيل بيئي كهربائي تمثيلي لملامسات كهربائية طرفية للسطح الأمامي (جانب الشمس) من خلية فائقة مسقفة بصندوق وصلة على الجانب الخلفي للوحدة.

الشكل 27 يوضح رسم بياني للسطح الخلفي (المظلل) من وحدة شمسية يوضح توصيل بيئي كهربائي تمثيلي لاثنتين أو أكثر من الخلايا الفائقة المسقفة على التوازي، مع ملامسات كهربائية طرفية للسطح الأمامي (جانب الشمس) للخلايا الفائقة المتصلة ببعضها البعض وبصندوق وصلة على الجانب الخلفي للوحدة.

الشكل 28 يوضح رسم بياني للسطح الخلفي (المظلل) من وحدة شمسية يوضح توصيل بيئي كهربائي تمثيلي آخر لاثنتين أو أكثر من الخلايا الفائقة المسقفة على التوازي، مع ملامسات كهربائية طرفية للسطح الأمامي (جانب الشمس) من الخلايا الفائقة متصلة ببعضها البعض وبصندوق وصلة على الجانب الخلفي للوحدة.

الشكل 29 يوضح رسوم بيانية مجزأة بمقطع عرضي ومنظورية لاثنتين من الخلايا الفائقة يوضح استخدام التوصيل البيئي المرن المحصور بين الأطراف المتراكبة للخلايا الفائقة المجاورة لتوصيل الخلايا الفائقة كهربائياً على التوالي ولتوفير التوصيل الكهربائي بصندوق وصلة. الشكل 29أ يوضح منظر مكبر للمساحة المعنية في الشكل 29.

الشكل 30أ يوضح خلية فائقة تمثيلية بتوصيلات بينية كهربائية مرتبطة بمقدمتها وملامسات طرفية للسطح الخلفي. الشكل 30ب يوضح اثنتين من الخلايا الفائقة من الشكل 30أ متصلة بينياً على التوازي.

الأشكال 31أ-31ج توضح رسوم بيانية لنمط معدنة الأسطح الخلفية التمثيلي الذي يمكن توظيفه لتكوين مأخذ غير ظاهرة إلى الخلايا الفائقة وفقاً للموصوف في الطلب الحالي.

الأشكال 32-33 توضح أمثلة على استخدام مأخذ غير ظاهرة بتوصيلات بينية تسير تقريباً كامل عرض الخلية الفائقة.

- الأشكال 34-34 ج توضح أمثلة على توصيلات بينية مرتبطة بخلية فائقة لملامسات طرفية للسطح الخلفي (الشكل 34) و سطح أمامي (الأشكال 34ب-34ج).
- 5 الأشكال 35-36 توضح أمثلة على استخدام مأخذ غير ظاهرة ذات توصيلات بينية قصيرة تغطي الفراغ بين الخلايا الفائقة المجاورة لكنها لا تمتد بدرجة كبيرة نحو الداخل بطول المحور الطولي للخلايا الشمسية المستطيلة.
- الأشكال 37أ-1 إلى 37و-3 توضح هياكل تمثيلية لتوصيلات بينية بمأخذ غير ظاهر قصير تشتمل على سمات إزالة الأجهاد داخل السطح.
- الأشكال 38أ-1 إلى 38ب-2 توضح هياكل تمثيلية لتوصيلات بينية بمأخذ غير ظاهر قصير تشتمل على سمات إزالة الأجهاد خارج السطح.
- 10 الأشكال 39أ-1 و 39أ-2 توضح هياكل تمثيلية لتوصيلات بينية بمأخذ غير ظاهر قصير تشتمل على سمات محاذاة. الأشكال 39ب-1 و 39ب-2 توضح هياكل تمثيلية لتوصيلات بينية بمأخذ غير ظاهر قصير تشتمل على أطوال عروة لا متماثلة.
- الأشكال 40 و 42أ-44ب توضح تخطيطات وحدة شمسية تمثيلية تستخدم مأخذ غير ظاهرة. الشكل 41 يوضح مخطط كهربائي تمثيلي لمخططات وحدة الشمسية من الأشكال 40 و 42أ-44ب.
- 15 الشكل 45 يوضح تدفق التيار في وحدة شمسية تمثيلية بصمام ثنائي للتفرع في التوصيل.
- الأشكال 46أ-46ب توضح الحركة النسبية بين مكونات وحدة شمسية ناتجة عن التدوير الحراري في، على الترتيب، اتجاه مواز لصفوف الخلايا الفائقة واتجاه عمودي على صفوف الخلايا الفائقة في الوحدة الشمسية.
- 20 الأشكال 47أ-47ب توضح، على الترتيب، مخطط وحدة شمسية تمثيلية أخرى تستخدم مأخذ غير ظاهرة ومخطط كهربائي مناظر.

الأشكال 48-48ب توضح مخططات وحدة شمسية إضافية تستخدم مأخذ غير ظاهرة في توليفة مع صمامات ثنائية للتفرع مضمنة.

الأشكال 49-49ب توضح رسوم بيانية صندوقية، على الترتيب، لوحدة شمسية توفر فولطية DC التقليدية إلى محول دقيق ووحدة شمسية مرتفعة الفولطية وفقاً للموصوف في الطلب الحالي توفر فولطية مرتفعة DC إلى محول دقيق.

الأشكال 50-50ب توضح مخطط مادي تمثيلي ومخططات كهربائية على سبيل المثال الوحدات الشمسية مرتفعة الفولطية التي تضم صمامات ثنائية للتفرع.

الأشكال 51-55ب توضح الأبنية التمثيلية لإدارة القدرة على مستوى الوحدة للوحدات الشمسية مرتفعة الفولطية تشتمل على الخلايا الفائقة المسقفة.

الشكل 56 يوضح تجهيزة تمثيلية لستة من الخلايا الفائقة في ستة صفوف متوازية مع إزاحة أطراف الصفوف المجاورة ومتصلة بينياً على التوالي بواسطة التوصيلات البينية الكهربائية المرنة.

الشكل 57 يوضح نظام فولطائي ضوئي على نحو تخطيطي يشتمل على مجموعة من وحدات خلية شمسية مسقفة مرتفعة الفولطية DC متصلة كهربائياً على التوازي ببعضها البعض وبمحول سلسلة. الشكل 57ب يوضح نظام فولطائي ضوئي من الشكل 57أ منتشر على سطح المبنى.

الأشكال 58-58د توضح تجهيزات لمصاهر مقيدة للتيار وصمامات ثنائية حاجبة والتي يمكن استخدامها لتجنب وحدة خلية شمسية مسقفة مرتفعة فولطية DC بها قصر الدائرة من نشر توليد قدرة كبير في وحدات خلية شمسية مسقفة مرتفعة فولطية DC أخرى تكون متصلة كهربائياً بها على التوازي.

الأشكال 59-59ب توضح تجهيزات تمثيلية والتي فيها تكون اثنين أو أكثر من وحدات خلية شمسية مسقفة مرتفعة الفولطية DC متصلة كهربائياً على التوازي في صندوق الموحد، والتي قد اشتمل على مصاهر مقيدة للتيار وصمامات ثنائية حاجبة.

الأشكال 60-60ب توضح كل منها مخطط لتيار مقابل الفولطية ومخطط للقدرة مقابل الفولطية لمجموعة من وحدات خلية شمسية مسقفة مرتفعة الفولطية DC متصلة كهربائياً على التوازي.

تعتبر المخططات من الشكل 60 أ مخصصة لحالة تمثيلية والتي فيها لا تشتمل أي الوحدات على الخلية الشمسية المنحازة عكسياً. المخططات من الشكل 60 ب تكون مخصصة لحالة تمثيلية والتي فيها تشتمل بعض الوحدات على واحدة أو أكثر من الخلايا الشمسية المائلة عكسياً.

الشكل 61 أ يوضح مثال على وحدة شمسية تستفيد من حوالي 1 صمام ثنائي للتفرع لكل خلية فائقة. الشكل 61 ب يوضح مثال على وحدة شمسية تستفيد من صمامات ثنائية للتفرع في هيئة متداخلة. الشكل 61 ب يوضح هيئة تمثيلية لصمام ثنائي للتفرع متصل بين اثنتين من الخلايا الفائقة المجاورة باستخدام التوصيل البيني الكهربائي المرن.

الأشكال 62 أ-62 ب توضح على نحو تخطيطي، على الترتيب، منظر جانبي ومن أعلى لأداة شق تمثيلية أخرى.

10 الشكل 63 أ يوضح على نحو تخطيطي استخدام تجهيزة ضغط خوائي لا متماثل تمثيلية للتحكم في تنوية وانتشار التصدعات بطول خطوط المخطاط عند شق الرقاقة. الشكل 63 ب يوضح على نحو تخطيطي استخدام تجهيزة ضغط خوائي متماثلة تمثيلية توفر تحكم أقل في شق أقل من التجهيزة في الشكل 63 أ.

الشكل 64 يوضح على نحو تخطيطي منظر من أعلى لجزء من مُشعب ضغط خوائي تمثيلي يمكن استخدامه في أداة شق من الأشكال 62 أ-62 ب.

الشكل 65 أ والشكل 65 ب توفر، على الترتيب، إيضاحات تخطيطية لمناظر من أعلى ومنظورية لمُشعب ضغط خوائي تمثيلي من الشكل 64 مغطى بواسطة حزام مُثقب.

الشكل 66 يوضح على نحو تخطيطي منظر جانبي لمُشعب ضغط خوائي تمثيلي يمكن استخدامه في أداة شق في الأشكال 62 أ-62 ب.

20 الشكل 67 يوضح على نحو تخطيطي الخلية الشمسية المشقوقة تغطي تجهيزة تمثيلية من حزام مُثقب ومُشعب ضغط خوائي.

الشكل 68 يوضح على نحو تخطيطي المواضع النسبية وتوجهات الخلية الشمسية المشقوقة وجزء غير مشقوق من رقاقة بحجم قياسي تم شق الخلية الشمسية منها في عملية شق تمثيلية.

الأشكال 69أ-69ب توضح على نحو تخطيطي جهاز وطرق والتي بواسطتها يمكن إزالة الخلايا الشمسية التي تم شقها على نحو متواصل من أداة شق.

الأشكال 70أ-70ج توفر مناظر متعامدة لصورة مغايرة أخرى من أداة شق تمثيلية في الأشكال 62أ-62ب.

5 الشكل 71أ والشكل 71ب يقدم مناظر منظورية من أداة شق تمثيلية في الأشكال 70أ-70ج عند مرحلتين مختلفتين من عملية شق.

الأشكال 72أ-74ب توضح تفاصيل الأحزمة المثقبة ومُشعبات ضغط خوائي لأداة شق تمثيلية في الأشكال 70أ-70ج.

الأشكال 75أ-75ز توضح تفاصيل أنماط ثقب تمثيلية عديدة والتي يمكن استخدامها لأحزمة ضغط خوائي مثقبة في أداة شق تمثيلية في الأشكال 10أ-10ج.

الشكل 76 يوضح نمط معدنة سطح أمامي تمثيلي في الخلية الشمسية المستطيلة.

الأشكال 77أ-77ب توضح أنماط معدنة سطح خلفي تمثيلية في الخلايا الشمسية المستطيلة.

الشكل 78 يوضح نمط معدنة سطح أمامي تمثيلي في الخلية الشمسية المربعة يمكن تكعيبه لتكوين مجموعة من الخلايا الشمسية المستطيلة كل منها تشتمل على نمط المعدنة للسطح الأمامي الموضح في الشكل 76.

الشكل 79 يوضح نمط معدنة سطح خلفي تمثيلي على الخلية الشمسية المربعة يمكن تكعيبه لتكوين مجموعة من الخلايا الشمسية المستطيلة كل منها تشتمل على نمط معدنة سطح خلفي موضح في الشكل 77أ.

الشكل 80 يمثل رسم بياني تخطيطي لخلية شمسية محددة الحجم HIT على نحو تقليدي تم تكعيبها في خلايا شمسية شريحة ضيقة باستخدام طرق الشق التقليدية، مما ينتج عنه حواف مشقوقة تعزز توليفة الحام بالقصدير.

20

الأشكال 81-أ81 يوضح على نحو تخطيطي الخطوات في طريقة تمثيلية لتكعيب خلية شمسية محددة الحجم HIT على نحو تقليدي إلى شرائح الخلية الشمسية الضيقة التي تفتقر إلى حواف مشقوقة تعزز توليفة الحام بالقصدير.

5 الأشكال 82-أ82 يوضح على نحو تخطيطي الخطوات في طريقة تمثيلية أخرى لتكعيب خلية شمسية محددة الحجم HIT على نحو تقليدي إلى شرائح الخلية الشمسية الضيقة التي تفتقر إلى حواف مشقوقة تعزز توليفة الحام بالقصدير.

الوصف التفصيلي:

ينبغي قراءة الوصف التفصيلي التالي بالرجوع إلى الأشكال، حيث تشير فيها الأرقام المرجعية المتطابقة إلى العناصر المتماثلة في سائر الأشكال المختلفة. تصور الأشكال، التي ليس بالضرورة رسمها وفقاً لمقياس معين، نماذج انتقائية ولا يقصد منها أن تقيد نطاق الاختراع. الوصف التفصيلي يوضح على سبيل المثال، وليس على سبيل الحصر، أسس الاختراع. بمقدور هذا الوصف أن يتيح بوضوح للشخص المتمرس في المجال تحضير واستخدام الاختراع، ويصف العديد من النماذج، والتهيئات، والصور المغايرة، والبدائل واستخدامات الاختراع، الذي يشتمل على ما يعتقد أنه في الوقت الحالي أفضل طريقة لتنفيذ الاختراع.

15 وفقاً لاستخدامه في هذه المواصفة وعناصر الحماية المرفقة، الصور المفردة "a"، "an"، و"the"

تشتمل على إشارات جمعية ما لم يشير السياق إلى خلاف ذلك بطريقة أخرى. أيضاً، يقصد بالمصطلح "موازي" "موازي أو موازي بدرجة كبيرة" ويضم انحرافات طفيفة عن الأشكال الهندسية الموازية بدلاً من الحاجة إلى التجهيزات الموصوفة الموازية في الطلب الحالي لتكون موازية على نحو دقيق. يقصد بالمصطلح "عمودي" "عمودي أو عمودي بدرجة كبيرة" ويضم انحرافات عن الشكال الهندسية العمودية بدلاً من الحاجة إلى أية تجهيزة عمودية موصوفة في الطلب الحالي لتكون عمودية بدقة. يقصد بالمصطلح "مربعة" "مربعة أو مربعة بدرجة كبيرة" ويضم انحرافات طفيفة عن الأشكال المربعة، على سبيل المثال أشكال مربعة بدرجة كبيرة تشتمل على أركان مشطوفة (على سبيل المثال، مستديرة أو مقطوعة الطرف بطريقة أخرى). المصطلح "مستطيلة" يقصد به "مستطيلة أو مستطيلة بدرجة كبيرة" ويضم انحرافات طفيفة عن الأشكال المستطيلة، على

سبيل المثال أشكال مستطيلة بدرجة كبيرة تشتمل على أركان مشطوفة (على سبيل المثال، مستديرة أو مقطوعة الطرف بطريقة أخرى).

تكشف هذه الموصفة عن تجهيزات مسقفة مرتفعة الكفاءة من الخلايا الشمسية من السيليكون في وحدات خلية شمسية، وكذلك أنماط معدنة سطح أمامي وخلفي وتوصيلات بينية للخلايا الشمسية والتي يمكن استخدامها في التجهيزات المذكورة. تكشف هذه الموصفة أيضاً عن طرق لتصنيع مثل هذه الوحدات الشمسية. قد تكون وحدات خلية شمسية مستخدمة على نحو مفيد تحت إضاءة "شمس واحدة" (غير مركزة)، وقد تشتمل على أبعاد مادية ومواصفات كهربائية تسمح باستبدالها بوحدات خلية شمسية تقليدية من السيليكون.

الشكل 1 يوضح منظر بمقطع عرضي لسلسلة من الخلايا الشمسية المتصلة على التوالي 10 مرتبة بطريقة مسقفة مع أطراف خلايا شمسية متجاورة متراكبة ومتصلة كهربائياً لتكوين الخلية الفائقة 100. تشتمل كل خلية شمسية 10 على بنية صمام ثنائي شبه موصل وملامسات كهربائية بنية صمام ثنائي شبه موصل والتي بواسطتها يمكن توفير التيار الكهربائي المتولد في الخلية الشمسية 10 عند إضاءتها بواسطة الضوء إلى حمل خارجي.

في الأمثلة الموصوفة في هذه الموصفة، تكون كل خلية شمسية 10 خلية شمسية بلورية من السيليكون تشتمل على أنماط معدنة سطح أمامي (جانب الشمس) ووسط خلفي (الجانب المظلل) 15 توفر تلامس كهربائي مع الجوانب المتقابلة لوصلة $n-p$ ، نمط المعدنة للسطح الأمامي يكون موضوع على طبقة شبه موصلة من موصلية النوع n ، ونمط معدنة سطح خلفي يكون موضوع على طبقة شبه موصلة من موصلية النوع p . ومع ذلك، يمكن لأي الخلايا الشمسية المناسبة الأخرى أي استخدام نظام مادة مناسب آخر، بنية صمام ثنائي، أبعاد مادية، أو يمكن استخدام تجهيزة تلامس كهربائي بدلاً من أو على نحو إضافي إلى الخلايا الشمسية 10 في الوحدات 20 الشمسية الموصوفة في هذه الموصفة. على سبيل المثال، نمط معدنة السطح الأمامي (جانب الشمس) قد يكون موضوع على طبقة شبه موصلة من موصلية النوع p ، ويكون نمط معدنة سطح خلفي (الجانب المظلل) موضوع على طبقة شبه موصلة لموصلية النوع n .

- بالإشارة مرة ثانية إلى الشكل 1، في خلية فائقة 100 تكون خلايا شمسية متجاورة 10 مرتبطة على نحو موصل ببعضها البعض في المنطقة والتي فيها تتراكب الخلايا بواسطة مادة ربط موصلة كهربائياً تصل كهربائياً نمط المعدنة للسطح الأمامي لخلية شمسية واحدة بنمط معدنة سطح خلفي للخلية الشمسية المجاورة. قد تشتمل مواد ربط موصلة كهربائياً، على سبيل المثال، على مواد لاصقة موصلة كهربائياً وأغشية لاصقة موصلة كهربائياً وشرائط لاصقة، ولحامات بالقصدير تقليدية. على نحو مفضل، توفر مادة ربط موصلة كهربائياً توافق ميكانيكي في الربط بين خلايا شمسية متجاورة تستوعب الجهد الناشئ من عدم التوافق بين معامل ارتباط التمدد الحراري (CTE) لمادة ربط موصلة كهربائياً وذلك للخلايا الشمسية (على سبيل المثال، CTE من السيليكون). لتوفير التوافق الميكانيكي المذكور، في بعض الصور المغايرة يتم انتقاء مادة ربط موصلة كهربائياً ليكون لها درجة حرارة تحول زجاج أقل من أو يساوي حوالي 0 م. لمزيد من خفض واستيعاب الجهد الموازي لحواف الخلايا الشمسية المتراكبة الناشئ من عدم توافق CTE، يمكن وضع مادة الربط الموصلة كهربائياً اختيارياً فقط عند المواقع المنفصلة بطول المناطق المتراكبة من الخلايا الشمسية بدلاً من في خط متواصل يمتد بدرجة كبيرة طول حواف الخلايا الشمسية.
- يتكون سُمك الرابط الموصل كهربائياً بين الخلايا الشمسية المتراكبة المجاورة بواسطة مادة الربط الموصلة كهربائياً، ومقاس عمودياً على السطح الأمامي والخلفي للخلايا الشمسية، وقد يكون على سبيل المثال أقل من حوالي 0.1 مم. يخفض الربط الرقيق المذكور من الفقد المقاوم عند الوصلة البينية بين الخلايا، وأيضاً يعزز تدفق الحرارة بطول الخلية الفائقة من أية بقعة ساخنة في الخلية الفائقة قد تتطور أثناء التشغيل. قد تكون الموصلية الحرارية للرابط بين الخلايا الشمسية، على سبيل المثال، $\leq$ حوالي 1.5 واط / (متر K).
- الشكل 2 أ يوضح سطح أمامي من الخلية الشمسية المستطيلة التمثيلية 10 والذي يمكن استخدامه في الخلية الفائقة 100. يمكن استخدام الأشكال الأخرى للخلية الشمسية 10 أيضاً، حسب الملائمة. في المثال الموضح يشتمل نمط المعدنة للسطح الأمامي للخلية الشمسية 10 على قضيب ناقل 15 تم وضعه مجاور لحافة أحد الجوانب الطويلة من الخلية الشمسية 10 ويسير على نحو مواز للجوانب الطويلة لكامل طول الجوانب الطويلة بدرجة كبيرة، والأصابع 20 متصلة

عمودياً على القضيب الناقل وتسير موازية لبعضها البعض وللجوانب القصيرة للخلية الشمسية 10 لكامل طول الجوانب القصيرة بدرجة كبيرة.

- 5 في المثال من الشكل 2 أ يبلغ طول الخلية الشمسية 10 حوالي 156 مم، عرض حوالي 26 مم، وبالتالي نسبة باعية (طول يبلغ الجانب القصير / طول يبلغ الجانب طويل) حوالي 1: 6. يمكن تحضير ستة من الخلايا الشمسية المذكورة على رقاقة سيليكون بأبعاد قياسية 156×156 مم، وبعد ذلك فصلها (تكعيبها) لتوفير الخلايا الشمسية كما يتضح. في صور مغايرة أخرى، يمكن تحضير ثماني خلايا شمسية 10 لها أبعاد حوالي 19.5 مم $\times$ 156 مم، وبالتالي نسبة باعية حوالي 1: 8، من رقاقة سيليكون قياسية. بشكل عام، قد يكون للخلايا الشمسية 10 نسب باعية، على سبيل المثال، حوالي 1: 2 إلى حوالي 1: 20 ويمكن تحضيرها من رقاقات قياسية الحجم أو من رقاقات بأي أبعاد أخرى مناسبة.
- 10

- الشكل 3 أ يوضح طريقة تمثيلية والتي بواسطتها يمكن تقطيع رقاقة الخلية الشمسية الزائفة من السيليكون موحدة الحجم ومربعة الشكل 45، كسرهما، أو تقسيمها بطريقة أخرى لتكوين الخلايا الشمسية المستطيلة وفقاً للموصوف سابقاً. في هذا المثال يتم تقطيع العديد من الخلايا الشمسية المستطيلة تامة العرض L10 من جزء مركزي من رقاقة، وعلى نحو إضافي يتم تقطيع العديد من الخلايا الشمسية المستطيلة الأقصر S10 من الأجزاء الطرفية من رقاقة ويتم التخلص من الأركان المشطوفة أو المستديرة من الرقاقة. يمكن استخدام الخلايا الشمسية L10 لتكوين الخلايا الفائقة المسقفة بعرض واحد، ويمكن استخدام الخلايا الشمسية S10 لتكوين الخلايا الفائقة المسقفة بعرض أكثر ضيقاً.
- 15

- على نحو بديل، يمكن احتجاز الأركان المشطوفة (على سبيل المثال، المستديرة) في الخلايا الشمسية المقطوعة من الأجزاء الطرفية من رقاقة. الأشكال 2 ب-2 ج توضح الأسطح الأمامية من الخلايا الشمسية المستطيلة التمثيلية "شيفرون" 10 المشابهة بدرجة لتلك في الشكل 2 أ، ولكن تشتمل على الأركان المشطوفة المحتجزة من رقاقة تم تقطيع الخلايا الشمسية منها. في الشكل 2 ب، تم وضع قضيب ناقل 15 مجاور ويسير على نحو موازٍ لاثنتين من الجوانب الطويلة الأقصر بطول ذلك الجانب بدرجة كبيرة، ويمتد علاوة على ذلك عند كل من الأطراف على الأقل جزئياً حول الأركان المشطوفة للخلية الشمسية. في الشكل 2 ج، تم وضع قضيب ناقل 15 مجاور ويسير
- 20
- 25

- على نحو موازٍ لاثنتين من الجوانب الطويلة الأطول بطول ذلك الجانب بدرجة كبيرة. الأشكال 3-3 ج توضح مناظر من الأمام والخلف للرقاقة الزائفة مربعة الشكل 45 التي يمكن تكعيبها بطول الخطوط المتقطعة الموضحة في الشكل 3 ج لتوفير مجموعة من الخلايا الشمسية 10 التي لها أنماط معدنة سطح أمامي مشابهة لتلك الموضحة في الشكل 2 أ، واثنيتين من الخلايا الشمسية المشطوفة 10 التي لها أنماط معدنة سطح أمامي مشابهة لتلك الموضحة في الشكل 2 ب. 5
- في نمط معدنة سطح أمامي تمثيلي الموضح في الشكل 2 ب، قد يكون لاثنتين من الأجزاء الطرفية من قضيب ناقل 15 يمتد حول الأركان المشطوفة للخلية عرض يتناقص تدريجياً (أضيق تدريجياً) مع زيادة المسافة من جزء من قضيب ناقل يتواجد بجوار الجانب الطويل للخلية. على نحو مماثل، في نمط معدنة سطح أمامي تمثيلي الموضح في الشكل 3 ب، يمتد اثنتين من الأجزاء الطرفية من الموصل الرقيق والذي يوصل حشوات التلامس المنفصلة 15 بينياً حول الأركان المشطوفة للخلية الشمسية ويتناقص تدريجياً مع زيادة المسافة من جانب طويل للخلية الشمسية والتي تكون حشوات التلامس المنفصلة مرتبة بطولها. يكون التناقص التدريجي المذكور اختياري، ولكنه قد يخفض على نحو مفيد استخدام الفلز وتظليل المنطقة النشطة من الخلية الشمسية دون زيادة الفقد المقاوم بدرجة كبيرة. 10
- الأشكال 3-3 د ه توضح مناظر من الأمام والخلف للرقاقة مربعة الشكل 47 المثالية والتي يمكن تكعيبها بطول الخطوط المتقطعة الموضحة في الشكل 3 ه لتوفير مجموعة من الخلايا الشمسية 10 لها أنماط معدنة سطح أمامي مشابهة لتلك الموضحة في الشكل 2 أ. 15
- يمكن استخدام الخلايا الشمسية المشطوفة المستطيلة لتكوين الخلايا الفائقة التي تشتمل فقط على الخلايا الشمسية المشطوفة. على نحو إضافي أو على نحو بديل، يمكن استخدام واحد أو أكثر من الخلايا الشمسية المستطيلة المشطوفة المذكورة في توليفة مع واحد أو أكثر من الخلايا الشمسية المستطيلة غير المشطوفة (على سبيل المثال، الشكل 2 أ) لتكوين الخلية الفائقة. على سبيل المثال، الخلايا الشمسية الطرفية من الخلية الفائقة قد تكون الخلايا الشمسية المشطوفة، والخلايا الشمسية غير المشطوفة للخلايا الشمسية الوسطى. في حالة استخدام الخلايا الشمسية المشطوفة في توليفة مع الخلايا الشمسية غير المشطوفة في الخلية الفائقة، أو بشكل عام في وحدة شمسية، قد يكون من المطلوب استخدام أبعاد للخلايا الشمسية ينتج عنها الخلايا الشمسية المشطوفة وغير المشطوفة 25

التي تشتمل على نفس مساحة السطح الأمامي المعرضة للضوء أثناء تشغيل الخلايا الشمسية. يعمل تطابق مساحات الخلية الشمسية بهذه الطريقة على تطابق التيار الناتج في الخلايا الشمسية المشطوفة وغير المشطوفة، مما يعمل على تحسين أداء سلسلة متصلة على التوالي والتي تشتمل على كل من الخلايا الشمسية المشطوفة وغير المشطوفة. يمكن مطابقة مساحات الخلايا الشمسية المشطوفة وغير المشطوفة المقطوعة من نفس الرقاقة الزائفة مربعة الشكل، على سبيل المثال، بواسطة ضبط مواقع الخطوط والتي بطولها يتم تكعيب الرقاقة لتصنيع الخلايا الشمسية المشطوفة الأعرض على نحو طفيف من الخلايا الشمسية غير المشطوفة في اتجاه عمودي على محاورها الطويلة، لمعادلة الأركان المفقودة في الخلايا الشمسية المشطوفة.

5 قد تشتمل وحدة شمسية على الخلايا الفائقة فقط التي تتكون على نحو حصري من الخلايا الشمسية المستطيلة غير المشطوفة، أو الخلايا الفائقة فقط التي تتكون من الخلايا الشمسية المشطوفة المستطيلة، أو الخلايا الفائقة فقط التي تشتمل على الخلايا الشمسية المشطوفة وغير المشطوفة، أو أية توليفة من هذه الصور المغايرة الثلاث من خلية فائقة.

10 في بعض الأمثلة قد تحول أجزاء من رقاقة الخلية الشمسية المربعة أو المربعة الزائفة قياسية الحجم (على سبيل المثال، رقاقة 45 أو رقاقة 47) قريباً من حواف الرقاقة الضوء إلى كهرباء بكفاءة أقل من أجزاء الرقاقة الواقعة بعيداً عن الحواف. لتحسين كفاءة الخلايا الشمسية المستطيلة الناتجة، في بعض الصور المغايرة يتم تشذيب واحد أو أكثر من حواف الرقاقة للتخلص من أجزاء بكفاءة أقل قبل تكعيب الرقاقة. قد يكون للأجزاء التي تم تشذيبها من حواف الرقاقة قيم عرض من حوالي 1 مم إلى حوالي 5 مم، على سبيل المثال. علاوة على ما سبق، وفقاً للموضح في الأشكال 3ب

و3د، يمكن توجيه اثنتين من الخلايا الشمسية الطرفية 10 المطلوب تكعيبها من رقاقة مع القضبان الناقلة للسطح الأمامي منها (أو حشوات التلامس المنفصلة) 15 بطول الحواف الخارجية لها وبالتالي بطول اثنتين من حواف الرقاقة. في الخلايا الفائقة التي تم الكشف عنها في هذه المواصفة لأن القضبان الناقلة (أو حشوات التلامس المنفصلة) 15 تكون متراكبة نمطياً مع الخلية الشمسية المجاورة، لا تؤثر كفاءة تحويل الضوء المنخفضة بطول اثنتين من حواف الرقاقة نمطياً على أداء الخلايا الشمسية. وبناءً عليه، في بعض الصور المغايرة يتم تشذيب حواف الرقاقة مربعة الشكل أو الزائفة مربعة الشكل الموجهة على نحو موازٍ للجوانب القصيرة من الخلايا الشمسية المستطيلة وفقاً

للموصوف سابقاً، وعدم إجراء ذلك مع حواف الرقاقة الموجهة على نحو موازٍ لجوانب طويلة من الخلايا الشمسية المستطيلة. في صور مغايرة أخرى، يتم تشذيب واحد، اثنين، ثلاث، أو أربع حواف للرقاقة مربعة الشكل (على سبيل المثال، رقاقة 47 في الشكل 3د) وفقاً للموصوف سابقاً. في صور مغايرة أخرى، يتم تشذيب واحد، اثنين، ثلاث، أو أربع حواف طويلة من الرقاقة الزائفة مربعة الشكل وفقاً للموصوف سابقاً. 5

يمكن استخدام الخلايا الشمسية التي تشتمل على نسب باعية طويلة وضيقة ومساحات أقل من تلك الخلية الشمسية القياسية 156 مم × 156 مم، كما يتضح، على نحو مفيد لخفض قيم فقد القدرة المقاومة ISSS2SSSR في وحدات خلية شمسية التي تم الكشف عنها في هذه الموصوفة. على نحو محدد، المساحة المتقلصة من الخلايا الشمسية 10 مقارنة بالخلايا الشمسية من السيليكون معيارية الحجم تعمل على تناقص تيار منتج في الخلية الشمسية، وتقلل مباشرة من فقد القدرة المقاومة في الخلية الشمسية وفي سلسلة متصلة على التوالي من الخلايا الشمسية المذكورة. على نحو إضافي، يمكن لترتيب الخلايا الشمسية المستطيلة المذكورة في الخلية الفائقة 100 بحيث تتدفق التيارات عبر الخلية الفائقة الموازية للجوانب القصيرة من الخلايا الشمسية أن يقلل من المسافة التي يجب على التيار أن يتدفقها عبر مادة شبه موصلة ليصل إلى الأصابع 20 في نمط المعدنة للسطح الأمامي ويقلل الطول المطلوب للأصابع، والذي يعمل أيضاً على خفض فقد القدرة المقاومة. 15

وفقاً للمشار إليه سابقاً، يخفض ربط الخلايا الشمسية المترابكة 10 ببعضها البعض في منطقة مترابكة منها لتوصيل الخلايا الشمسية كهربائياً على التوالي من طول الوصلة الكهربائية بين خلايا شمسية متجاورة، مقارنة بالسلاسل المتصلة على التوالي المزودة بعروة تقليدية للخلايا الشمسية. يخفض هذا أيضاً من فقد القدرة المقاومة. 20

بالإشارة مرة ثانية إلى الشكل 2أ، في المثال الموضح يشتمل نمط المعدنة للسطح الأمامي في الخلية الشمسية 10 على موصل التحويل 40 اهتباري يسير على نحو موازٍ ومباعد عن القضيب الناقل 15. (يمكن استخدام موصل التحويل المذكور أيضاً اختياريًا في أنماط المعدنة الموضحة في الأشكال 2ب-2ج، 3ب، و3د، ويكون أيضاً موضح في الشكل 2ف في توليفة مع حشوات التلامس المنفصلة 15 بدلاً من القضيب الناقل متواصل). يوصل موصل التحويل 40 الأصابع 25

- 20 بينياً لتحويل التصدعات على نحو كهربائي والتي قد تتشكل بين القضيب الناقل 15 وموصل التحويل 40. يمكن للتصدعات المذكورة، والتي قد تقطع الأصابع 20 عند مواقع قريبة من القضيب الناقل 15، عزل بطريقة أخرى مناطق من الخلية الشمسية 10 من القضيب الناقل 15. يوفر موصل التحويل مسار كهربائي بديل بين الأصابع المقطوعة المذكورة والقضيب الناقل.
- 5 يوضح المثال الموضح موصل التحويل 40 الموضوع موازي للقضيب الناقل 15، يمتد حول كامل طول القضيب الناقل، وتوصيل بيني لكل إصبع 20. قد تكون هذه التجهيزة مفضلة ولكنها غير ضرورية. إن وجد، لا يتعين أن يشير موصل التحويل موازي للقضيب الناقل ولا يتعين أن يمتد كامل طول القضيب الناقل. علاوة على ما سبق، يصل موصل التحويل بينياً اثنين على الأقل من الأصابع، ولا يتعين أن يصل جميع الأصابع بينياً. يمكن استخدام اثنين أو أكثر من موصلات التحويل القصيرة بدلاً من موصل التحويل الطويل، على سبيل المثال. يمكن استخدام أية تجهيزة مناسبة من موصلات التحويل. تم وصف استخدام موصلات التحويل المذكورة بمزيد من التفاصيل في طلب البراءة الأمريكية برقم مسلسل 371,790/13، تحت عنوان "Solar Cell With Metallization Compensating For Or Preventing Cracking"، المودعة في 13 فبراير، 2012، والمدرجة في الطلب الحالي كمرجع في مجملها.
- 15 يشتمل نمط معدنة سطح أمامي تمثيلي من الشكل 2 أيضاً على موصل طرفي اختياري 42 يوصل الأصابع 20 بينياً عند أطرافها البعيدة، مقابل القضيب الناقل 15. (يمكن استخدام الموصل الطرفي المذكور أيضاً اختياريّاً في أنماط المعدنة الموضحة في الأشكال 2ب-2ج، 3ب، و3د، و2ف). قد يكون عرض الموصل 42 تقريباً نفس عرض الإصبع 20، على سبيل المثال. يوصل الموصل 42 الأصابع 20 بينياً لتحويل التصدعات على نحو كهربائي والتي قد تتشكل بين موصل التحويل 40 والموصل 42، ومن ثم يوفر مسار التيار إلى القضيب الناقل 15 لمناطق الخلية الشمسية 10 التي قد تكون معزولة كهربائياً بطريقة أخرى بواسطة التصدعات المذكورة.
- 20 على الرغم من أن بعض الأمثلة الموضحة تعرض القضيب الناقل الأمامي 15 الذي يمتد بدرجة كبيرة بطول الجوانب الطويلة من الخلية الشمسية 10 بعرض متجانس، فهذا غير ضروري. على سبيل المثال، وفقاً لما تم التلميح إليه سابقاً يمكن استبدال القضيب الناقل الأمامي 15 باثنين أو أكثر من حشوات التلامس المنفصلة للسطح الأمامي 15 والتي يمكن ترتيبها، على سبيل المثال،
- 25

في خط مع بعضها البعض بطول جانب الخلية الشمسية 10 وفقاً للموضح في الأشكال 2 ح، 2 ف، و 3 ب على سبيل المثال. قد تكون حشوات التلامس المنفصلة المذكورة متصلة بينياً اختيارياً بواسطة موصلات أكثر رقة تسير بينها، وفقاً للموضح على سبيل المثال في الأشكال المذكورة قبل قليل. في الصور المغايرة المذكورة، قد يتراوح عرض حشوات التلامس المقاس عمودياً على الجانب

5 الطويل للخلية الشمسية على سبيل المثال من حوالي 2 إلى حوالي 20 مرة عرض الموصلات

الرقيقة التي تصل حشوات التلامس بينياً. قد توجد حشوة تلامس منفصلة (على سبيل المثال، صغيرة) لكل إصبع في نمط المعدنة للسطح الأمامي، أو قد تكون كل حشوة تلامس متصلة باثنين أو أكثر من الأصابع. قد تكون حشوات التلامس لسطح أمامي 15 مربعة الشكل أو لها شكل مستطيل مطول موازي لحافة الخلية الشمسية، على سبيل المثال. قد يكون لحشوات التلامس لسطح

10 أمامي 15 قيم عرض عمودية على الجانب الطويل للخلية الشمسية تتراوح من حوالي 1 مم إلى حوالي 1.5 مم، على سبيل المثال، وأطوال موازية للجانب الطويل للخلية الشمسية من حوالي 1 مم إلى حوالي 10 مم على سبيل المثال. قد تتراوح المبعادة بين حشوات التلامس 15 المقاسة الموازية للجانب الطويل للخلية الشمسية من حوالي 3 مم إلى حوالي 30 مم، على سبيل المثال.

على نحو بديل، قد تفتقر الخلية الشمسية 10 إلى كل من القضيب الناقل الأمامي 15 وحشوات التلامس الأمامية المنفصلة 15 وتشتمل على الأصابع 20 فقط في نمط المعدنة للسطح الأمامي. 15 في الصور المغايرة المذكورة، يمكن إجراء وظائف تجميع التيار التي يمكن إجرائها بطريقة أخرى بواسطة القضيب الناقل الأمامي 15 أو حشوات التلامس 15 بدلاً من ذلك، أو إجرائها جزئياً، بواسطة مادة موصلة مستخدمة لربط اثنتين من الخلايا الشمسية 10 ببعضها البعض في الهيئة المتراكبة الموصوفة سابقاً.

20 تفتقر الخلايا الشمسية إلى كل من القضيب الناقل 15 وقد تشتمل حشوات التلامس 15 إما على موصل التحويل 40، أو لا تشتمل على موصل التحويل 40. في حالة عدم تواجد القضيب الناقل 15 وحشوات التلامس 15، قد يكون موصل التحويل 40 مرتب لتحويل التصدعات التي تتكون بين موصل التحويل وجزء من نمط المعدنة للسطح الأمامي المرتبط على نحو موصل بالخلية الشمسية المتراكبة.

- قد يتكون نمط المعدنة للأسطح الأمامية، الذي يشتمل على القضيب الناقل أو حشوات التلامس المنفصلة 15، الأصابع 20، موصل التحويل 40 (إن وُجد)، والموصل الطرفي 42 (إن وُجد)، على سبيل المثال، من معجون الفضة المستخدم على نحو تقليدي في الأغراض المذكورة والمرتسب، على سبيل المثال، بواسطة طرق طباعة الشاشة التقليدية. على نحو بديل، نمط المعدنة للأسطح الأمامية قد يتكون من النحاس الخاضع للاستشرد الكهربائي. يمكن استخدام أي المواد والعمليات الأخرى المناسبة أيضاً. في صور مغايرة والتي فيها نمط المعدنة للسطح الأمامي يتكون من الفضة، يعمل استخدام حشوات التلامس المنفصلة لسطح أمامي 15 بدلاً من القضيب الناقل المتواصل 15 بطول حافة خلية على تقليص مقدار الفضة في الخلية الشمسية، مما يقلل التكلفة على نحو مفيد. في صور مغايرة والتي فيها نمط المعدنة للسطح الأمامي يتكون من النحاس أو من موصل آخر أقل كلفة من الفضة، يمكن توظيف الناقل المتواصل 15 دون معاناة من عيوب التكلفة.
- توضح الأشكال د2-2ز، 3ج، و3هـ أنماط معدنة سطح خلفي تمثيلية للخلية الشمسية. في هذه الأمثلة أنماط معدنة سطح خلفي تشتمل على حشوات تلامس السطح الخلفي المنفصلة 25 المرتبة بطول إحدى الحواف الطويلة للسطح الخلفي للخلية الشمسية وملامس معدني 30 يغطي بدرجة كبيرة جميع السطح الخلفي المتبقي من الخلية الشمسية. في خلية فائقة مسقفة، يتم ربط حشوات التلامس 25 على سبيل المثال بالقضيب الناقل أو بحشوات التلامس المنفصلة المرتبة بطول حافة سطح علوي من الخلية الشمسية المجاورة المتراكبة لتوصيل اثنتين من الخلايا الشمسية كهربائياً على التوالي. على سبيل المثال، يمكن محاذاة كل حشوة تلامس منفصلة للسطح الخلفي 25 مع وتكون مرتبطة بحشوة تلامس منفصلة لسطح أمامي 15 مناظرة على سطح أمامي للخلية الشمسية المتراكبة بواسطة مادة الربط الموصلة كهربائياً الموضوعة فقط على حشوات التلامس المنفصلة. حشوات التلامس المنفصلة 25 قد تكون مربعة الشكل (الشكل د2) أو تشتمل على شكل مستطيل مطول موازي لحافة الخلية الشمسية (الأشكال 2هـ-2ز، 3ج، 3هـ)، على سبيل المثال. قد يكون لحشوات التلامس 25 قيم عرض عمودية على الجانب الطويل للخلية الشمسية تتراوح من حوالي 1 مم إلى حوالي 5 مم، على سبيل المثال، وأطوال موازية للجانب الطويل للخلية الشمسية تتراوح من حوالي 1 مم إلى حوالي 10 مم على سبيل المثال. قد تتراوح المباعدة بين حشوات التلامس 25

المقاسة موازية للجانب الطويل للخلية الشمسية من حوالي 3 مم إلى حوالي 30 مم، على سبيل المثال.

- 5 قد يتكون الملامس 30، على سبيل المثال، من الألومينيوم و/أو النحاس الخاضع للاستشراء الكهربائي. يوفر تكوين ملامس بظهر ألومينيوم 30 نمطياً مجال السطح الخلفي الذي يخفض من إعادة توليف السطح الخلفي في الخلية الشمسية ومن ثم يحسن كفاءة الخلية الشمسية. إذا كان الملامس 30 يتكون من النحاس بدلاً من الألومينيوم، يمكن استخدام الملامس 30 في توليفة مع مخطط إخماد آخر (على سبيل المثال، أكسيد الألومينيوم) لخفض على نحو مماثل إعادة توليف السطح الخلفي. قد تتكون حشوات التلامس المنفصلة 25، على سبيل المثال، من معجون الفضة. يخفض استخدام حشوات التلامس المنفصلة من الفضة 25 بدلاً من حشوة التلامس المتواصلة من الفضة بطول حافة الخلية من مقدار الفضة في نمط معدنة سطح خلفي، مما يعمل على الحد من التكلفة على نحو مفيد.
- 10

- علاوة على ما سبق، إذا اعتمدت الخلايا الشمسية على مجال السطح الخلفي المتوفر بواسطة تكوين ملامس ألومينيوم لخفض إعادة توليف السطح الخلفي، قد يؤدي استخدام ملامسات الفضة المنفصلة بدلاً من ملامس الفضة المتواصلة إلى تحسين كفاءة الخلية الشمسية. وهذا لأن ملامس الفضة للسطح الخلفي لا يقدم مجال السطح الخلفي وبناءً عليه يميل إلى تعزيز توليفة الحام بالقصدير وإنتاج أحجام هامة (غير نشطة) في الخلايا الشمسية أعلى ملامسات الفضة. في سلاسل الخلية الشمسية المنظمة بشريط على نحو تقليدي تكون تلك الأحجام الهامة مظلمة نمطياً بواسطة أشربة و/أو القضبان الناقلة على سطح أمامي للخلية الشمسية، وبالتالي لا ينتج عنها أي فقد إضافي في الكفاءة. في الخلايا الشمسية والخلايا الفائقة التي تم الكشف عنها في الطلب الحالي، ومع ذلك، يكون حجم الخلية الشمسية أعلى حشوات التلامس من الفضة للسطح الخلفي 25 غير مظل نمطياً بواسطة أية معدنة لسطح أمامي، وأي الأحجام الهامة الناتجة عن استخدام معدنة السطح الخلفي بالفضة تقلل من كفاءة الخلية. يقلل استخدام حشوات التلامس المنفصلة من الفضة 25 بدلاً من حشوة التلامس المتواصلة من الفضة بطول حافة السطح الخلفي للخلية الشمسية بالتالي من حجم أية مناطق هامة مذكورة ويزيد من كفاءة الخلية الشمسية.
- 20

في صور مغايرة لا تعتمد على مجال السطح الخلفي لخفض إعادة توليف السطح الخلفي، قد يوظف نمط معدنة السطح الخلفي القضيب الناقل المتواصل 25 الذي يمتد طول الخلية الشمسية بدلاً من حشوات التلامس المنفصلة 25، وفقاً للموضح على سبيل المثال في الشكل 2ف. قد يتكون القضيب الناقل 25 المذكور على سبيل المثال، من القصدير أو الفضة.

5 قد توظف صور مغايرة أخرى من أنماط معدنة سطح خلفي حشوات التلامس من القصدير المنفصلة 25. قد توظف صور مغايرة لأنماط معدنة سطح خلفي ملامسات إصبع مشابهة لتلك الموضحة في نمط المعدنة للأسطح الأمامية في الأشكال 2أ-2ج وقد تفتقر إلى حشوات التلامس والقضيب الناقل.

10 على الرغم من أن الخلايا الشمسية التمثيلية المحددة الموضحة في الأشكال موصوفة بأنها تشتمل على توليفات محددة من أنماط معدنة سطح أمامي وخلفي، بشكل عام يمكن استخدام أية توليفة من أنماط معدنة سطح أمامي وخلفي. على سبيل المثال، قد توظف توليفة مناسبة نمط معدنة سطح أمامي من الفضة يشتمل على حشوات التلامس المنفصلة 15، الأصابع 20، وموصل التحويل الاختياري 40، ونمط معدنة سطح خلفي يشتمل على ملامس ألومينيوم 30 وحشوات التلامس المنفصلة من الفضة 25. قد توظف توليفة مناسبة أخرى نمط معدنة سطح أمامي من النحاس 15 يشتمل على القضيب الناقل متواصل 15، الأصابع 20، وموصل التحويل الاختياري 40، ونمط معدنة سطح خلفي يشتمل على القضيب الناقل المتواصل 25 ولامس نحاس 30.

في عملية تصنيع الخلية الفائقة (الموصوفة بمزيد من التفصيل فيما يلي) يمكن الاستغناء عن مادة الربط الموصلة كهربائياً المستخدمة لربط الخلايا الشمسية المتراكبة المجاورة في الخلية الفائقة فقط في حشوات التلامس (المنفصلة أو المتواصلة) عند حافة السطح الأمامي أو الخلفي للخلية الشمسية، وليس في الأجزاء المحيطة بالخلية الشمسية. هذا يخفض من استخدام المادة و، وفقاً للموصوف سابقاً، قد يخفض أو يعادل الجهد الناشئ من عدم توافق CTE بين مادة الربط الموصلة كهربائياً والخلية الشمسية. ومع ذلك، أثناء أو بعد الترسيب وقبل الإنضاج، قد تميل أجزاء من مادة الربط الموصلة كهربائياً إلى الانتشار بعد حشوات التلامس وإلى الأجزاء المحيطة بالخلية الشمسية. على سبيل المثال، يمكن سحب جزء راتنج رابط من مادة الربط الموصلة كهربائياً من حشوة تلامس إلى أجزاء محكمة أو مسامية مجاورة من سطح الخلية الشمسية بواسطة القوى

25

الشعرية. على نحو إضافي، أثناء عملية الترسيب يمكن أن تفقد بعض من مادة الربط الموصلة حشوة التلامس وتترسب بدلاً من ذلك على أجزاء مجاورة من سطح الخلية الشمسية، وتنتشر على نحو محتمل منها. قد يُضعف هذا الانتشار و/أو الترسيب غير الدقيق لمادة الربط الموصلة الربط بين الخلايا الشمسية المترابطة وقد يتلف أجزاء من الخلية الشمسية والتي تنتشر مادة الربط الموصلة عليها أو تترسب على نحو خاطئ. يمكن الحد من الانتشار المذكور لمادة الربط الموصلة كهربائياً أو تجنبه، على سبيل المثال، باستخدام نمط معدنة يشكل سد أو حاجز قريباً من أو حول كل حشوة تلامس لاحتجاز مادة الربط الموصلة كهربائياً بدرجة كبيرة في مكانها.

- 5 وفقاً للموضح في الأشكال 2 ح-2 ك، على سبيل المثال، قد يشتمل نمط المعدنة للسطح الأمامي على حشوات التلامس المنفصلة 15، الأصابع 20، والحواجز 17، مع كل حاجز 17 يحيط بحشوة تلامس مناظرة 15 ويقوم بوظيفة سد لتكوين خندق بين حشوة تلامس وحاجز. يمكن حصر أجزاء 19 مادة ارتباط مادة لاصقة موصلة غير ناضجة 18 والتي تتدفق من حشوات التلامس، أو التي تفقد حشوات التلامس عند التخلص منها على الخلية الشمسية، بواسطة الحواجز 17 إلى خنادق. هذا يمنع انتشار المادة الرابطة اللاصقة الموصلة على نحو إضافي من حشوات التلامس إلى الأجزاء المحيطة بالخلية. قد تتكون الحواجز 17 من نفس مادة الأصابع 20 وحشوات التلامس 15 (على سبيل المثال، الفضة)، على سبيل المثال، قد يكون لها ارتفاعات من حوالي 10 ميكرون إلى حوالي 40 ميكرون، على سبيل المثال، وقيم عرض من حوالي 30 ميكرون إلى حوالي 100 ميكرون، على سبيل المثال. الخندق الذي يتكون بين حاجز 17 وحشوة تلامس 15 قد يكون له عرض من حوالي 100 ميكرون إلى حوالي 2 مم، على سبيل المثال. على الرغم من أن الأمثلة الموضحة تشتمل على حاجز فردي 17 فقط حول كل حشوة تلامس أمامية 15، في صور مغايرة أخرى يمكن تحديد موضع اثنين أو أكثر من الحواجز المذكورة على نحو متحد المركز، على سبيل المثال، حول كل حشوة تلامس. قد تشكل حشوة تلامس سطح أمامي وواحد أو أكثر من الحواجز المحيطة الخاصة بها شكل مشابه لـ "هدف دقيق"، على سبيل المثال. وفقاً للموضح في الشكل 2 ح، على سبيل المثال، يمكن للحواجز 17 التوصيل بينياً بالأصابع 20 وبالموصلات الرقيقة التي تصل حشوات التلامس 15 بينياً.

- على نحو مماثل، وفقاً للموضح في الأشكال 2ل-2ن، على سبيل المثال، قد يشتمل نمط معدنة سطح خلفي على حشوات التلامس الخلفية المنفصلة 25 (على سبيل المثال، الفضة)، ملامس (على سبيل المثال، الألومنيوم) 30 يغطي بدرجة كبيرة جميع السطح الخلفي المتبقي للخلية الشمسية، والحواجز (على سبيل المثال، الفضة) 27، مع إحاطة كل حاجز 27 بحشوة تلامس خلفية 25 مناظرة ويقوم بوظيفة سد لتكوين خندق بين حشوة تلامس وحاجز. يمكن لجزء من الملامس 30 ملء الخندق، كما يتضح. يمكن حصر أجزاء من مادة ارتباط مادة لاصقة موصلة غير ناضجة تتدفق خارج حشوات التلامس 25، أو التي تفنق حشوات التلامس عند الاستغناء عنها على الخلية الشمسية، بواسطة الحواجز 27 إلى الخنادق. هذا يمنع انتشار المادة الرابطة اللاصقة الموصلة من على نحو إضافي من حشوات التلامس إلى الأجزاء المحيطة بالخلية.
- 10 الحواجز 27 قد يكون لها ارتفاعات من حوالي 10 ميكرون إلى حوالي 40 ميكرون، على سبيل المثال، وقيم عرض من حوالي 50 ميكرون إلى حوالي 500 ميكرون، على سبيل المثال. قد يكون لخندق يتكون بين حاجز 27 وحشوة تلامس 25 عرض من حوالي 100 ميكرون إلى حوالي 2 مم، على سبيل المثال. على الرغم من أن الأمثلة الموضحة تشتمل على حاجز فردي 27 فقط حول كل حشوة تلامس سطح خلفي 25، في صور مغايرة أخرى يمكن تحديد موضع اثنين أو أكثر من الحواجز المذكورة على نحو متحد المركز، على سبيل المثال، حول كل حشوة تلامس. قد تشكل حشوة تلامس سطح خلفي وواحد أو أكثر من الحواجز المحيطة لها شكل مشابه لـ "هدف دقيق"، على سبيل المثال.
- 20 يمكن إحاطة القضيب الناقل المتواصل أو حشوة تلامس تسير بدرجة كبيرة طول حافة الخلية الشمسية أيضاً بواسطة حاجز يمنع انتشار المادة الرابطة اللاصقة الموصلة. على سبيل المثال، يوضح الشكل 2ف الحاجز المذكور 27 المحيط بالقضيب الناقل للسطح الخلفي 25. قد يكون القضيب الناقل لسطح أمامي (على سبيل المثال، القضيب الناقل 15 في الشكل 2أ) محاط على نحو مماثل بالحاجز. على نحو مماثل، قد يكون صف من حشوات تلامس السطح الأمامي أو الخلفي محاط في صورة مجموعة بواسطة الحاجز المذكور، بدلاً من أن يحاط على نحو فردي بالحواجز المستقلة.

- بدلاً من إحاطة القضيب الناقل أو واحد أو أكثر من حشوات التلامس وفقاً للموصوف سابقاً، قد تشكل سمة نمط معدنة سطح أمامي أو خلفي حاجز يسير بدرجة كبيرة طول الخلية الشمسية الموازية لحافة الخلية الشمسية المتراكبة، مع تحديد موضع القضيب الناقل أو حشوات التلامس بين الحاجز وحافة الخلية الشمسية. قد يضاعف الحاجز المذكور من الأداء في صورة موصل التحويل (الموصوف سابقاً). على سبيل المثال، في الشكل 2 ص يقدم موصل التحويل 40 حاجز يميل لتجنب انتشار مادة ارتباط مادة لاصقة موصلة غير ناضجة على حشوات التلامس 15 إلى المساحة النشطة من سطح أمامي للخلية الشمسية. يمكن استخدام تجهيزة مشابهة لأنماط معدنة سطح خلفي.
- 5
- قد تكون حواجز نشر مادة ربط لاصقة موصلة متباعدة عن حشوات التلامس أو القضبان الناقلة لتكوين خندق وفقاً للموصوف سابقاً، ولكن هذا غير مطلوب. قد تتأخم الحواجز المذكورة بدلاً من ذلك حشوة تلامس أو القضيب الناقل، وفقاً للموضح في الأشكال 2 س أو 2 ع على سبيل المثال. في الصور المغايرة المذكورة يكون الحاجز على نحو مفضل أطول من حشوة التلامس أو القضيب الناقل، لاحتجاز مادة ربط لاصقة موصلة غير ناضجة في حشوة التلامس أو القضيب الناقل. على الرغم من أن الأشكال 2 س و 2 ع توضح أجزاء من نمط معدنة سطح أمامي، يمكن استخدام تجهيزات مشابهة لأنماط معدنة سطح خلفي.
- 10
- 15
- قد تستقر الحواجز لنشر مادة ربط لاصقة موصلة و/ أو خنادق بين الحواجز المذكورة وحشوات التلامس أو القضبان الناقلة، وأية مادة ربط لاصقة موصلة انتشرت إلى الخنادق المذكورة، اختيارياً داخل منطقة من سطح الخلية الشمسية المتراكب بواسطة الخلية الشمسية المجاورة في الخلية الفائقة، وبالتالي تكون غير ظاهرة في المنظر ومسقفة من التعرض للإشعاع الشمسي.
- 20
- على نحو بديل أو على نحو إضافي لاستخدام الحواجز وفقاً للموصوف سابقاً، قد تترسب مادة الربط الموصلة كهربائياً باستخدام قناع أو بواسطة أية طريقة أخرى مناسبة (على سبيل المثال، طباعة الشاشة) تسمح بالترسيب الدقيق وبالتالي تتطلب كميات أقل من مادة الربط الموصلة كهربائياً التي يقل احتمال نشرها أبعد من حشوات التلامس أو تخطئ حشوات التلامس أثناء الترسيب.

- بشكل عام، الخلايا الشمسية 10 قد توظف أية أنماط معدنة سطح أمامي وخلفي مناسبة.
- الشكل 4 يوضح جزء من سطح أمامي لخلية فائقة مستطيلة تمثيلية 100 تشتمل على الخلايا الشمسية 10 وفقاً للموضح في الشكل 2 المرتبة بطريقة مسقفة وفقاً للموضح في الشكل 1.
- كنتيجة للشكل الهندسي المُسقّف، لا يوجد فراغ مادي بين أزواج الخلايا الشمسية 10. على نحو إضافي، على الرغم من أن القضيب الناقل 15 للخلية الشمسية 10 عند طرف واحد من خلية فائقة 100 يكون مرئي، تكون القضبان الناقلة (أو حشوات التلامس لسطح أمامي) للخلايا الشمسية الأخرى غير ظاهرة أسفل أجزاء متراكبة من خلايا شمسية متجاورة. ونتيجة لذلك، تستخدم الخلية الفائقة 100 بكفاءة مساحة تشغلها في وحدة شمسية. على نحو محدد، يتوفر الجزء الأكبر من المساحة لإنتاج كهرباء أكبر من في حالة تجهيزات الخلية الشمسية المنظمة على نحو تقليدي وتجهيزات الخلية الشمسية التي تشتمل على العديد من القضبان الناقلة المرئية على السطح المُضاء من الخلايا الشمسية. توضح الأشكال 4ب-4ج مناظر من الأمام والخلف، على الترتيب، لخلية فائقة تمثيلية 100 أخرى تشتمل على نحو أولي على الخلايا الشمسية المستطيلة المشطوفة شيفرون من السيليكون ولكن بطريقة أخرى مشابهة لتلك من الشكل 4أ.
- في المثال الموضح في الشكل 4أ، موصلات التحويل 40 تكون غير ظاهرة بواسطة أجزاء متراكبة من المجاورة. على نحو بديل، قد تكون الخلايا الشمسية التي تشتمل على موصلات التحويل 40 متراكبة على نحو مماثل وفقاً للموضح في الشكل 4أ دون تغطية موصلات التحويل.
- يقدم القضيب الناقل المكشوف لسطح أمامي 15 عند طرف واحد من خلية فائقة 100 ومعدنة السطح الخلفي للخلية الشمسية عند الطرف الآخر لخلية فائقة 100 ملاصقات طرفية (طرفية) موجبة وسالبة للخلية الفائقة والتي يمكن استخدامها لتوصيل خلية فائقة 100 كهربائياً بالخلايا الفائقة الأخرى و/ أو بالمكونات الكهربائية الأخرى حسب الطلب.
- قد تتراكب خلايا شمسية متجاورة في خلية فائقة 100 بواسطة أي مقدار مناسب، على سبيل المثال بواسطة من حوالي 1 مللي متر (مم) إلى حوالي 5 مم.
- وفقاً للموضح في الأشكال 5أ-5ز، على سبيل المثال، قد تملأ الخلايا الفائقة المسقفة وفقاً للموصوف سابقاً بكفاءة مساحة الوحدة الشمسية. مثل هذه الوحدات الشمسية قد تكون مربعة الشكل

أو مستطيلة، على سبيل المثال. قد تشتمل الوحدات الشمسية المستطيلة كما يتضح في الأشكال 5-15ز على جوانب قصيرة لها طول، على سبيل المثال، حوالي 1 متر وجوانب طويلة لها طول، على سبيل المثال، من حوالي 1.5 إلى حوالي 2.0 متر. يمكن استخدام أي أشكال وأبعاد مناسبة أخرى للوحدات الشمسية أيضاً. يمكن استخدام أية تجهيزة مناسبة من الخلايا الفائقة في وحدة شمسية.

5

في وحدة شمسية مربعة أو مستطيلة، تكون الخلايا الفائقة مرتبة نمطياً في صفوف موازية لجوانب قصيرة أو طويلة من الوحدة الشمسية. قد يشتمل كل صف على واحد، اثنين، أو أكثر من الخلايا الفائقة المرتبة طرف إلى طرف. تشكل الخلية الفائقة 100 جزء من وحدة شمسية مذكورة قد تشتمل على أي عدد مناسب من الخلايا الشمسية 10 وتكون بأي طول مناسب. في بعض الصور

المغايرة يكون لكل الخلايا الفائقة 100 طول يساوي تقريباً طول الجوانب القصيرة لوحدة شمسية مستطيلة تكون المذكورة جزء منها. في صور مغايرة أخرى يكون للخلايا الفائقة 100 طول يساوي تقريباً نصف طول الجوانب القصيرة لوحدة شمسية مستطيلة تكون المذكورة جزء منها. في صور مغايرة أخرى يكون للخلايا الفائقة 100 طول يساوي تقريباً طول الجوانب الطويلة من وحدة شمسية مستطيلة تكون المذكورة جزء منها. في صور مغايرة أخرى يكون للخلايا الفائقة 100 طول يساوي تقريباً نصف طول الجوانب الطويلة من وحدة شمسية مستطيلة تكون المذكورة جزء منها. يعتمد عدد الخلايا الشمسية المطلوب لتصنيع الخلايا الفائقة بهذه الأطوال بالطبع على أبعاد للوحدة الشمسية، أبعاد الخلايا الشمسية، ومقدار تراكب خلايا شمسية متجاورة. يمكن استخدام أي أطوال أخرى مناسبة للخلايا الفائقة أيضاً.

10

15

في صور مغايرة والتي فيها الخلية الفائقة 100 يكون لها طول يساوي تقريباً طول الجوانب القصيرة لوحدة شمسية مستطيلة، قد تشتمل الخلية الفائقة، على سبيل المثال، على 56 الخلايا الشمسية المستطيلة لها أبعاد حوالي 19.5 مللي متر (مم) في حوالي 156 مم، مع خلايا شمسية متجاورة متراكبة بواسطة حوالي 3 مم. يمكن فصل ثمانية من الخلايا الشمسية المستطيلة المذكورة من رقاقة تقليدية مربعة أو مربعة زائفة 156 مم. على نحو بديل قد تشتمل الخلية الفائقة المذكورة، على سبيل المثال، على 38 الخلايا الشمسية المستطيلة لها أبعاد حوالي 26 مم في حوالي 156 مم، مع تراكب خلايا شمسية متجاورة بواسطة حوالي 2 مم. يمكن فصل ستة من الخلايا الشمسية

20

25

المستطيلة المذكورة من رقاقة تقليدية مربعة أو مربعة زائفة 156 مم. في صور مغايرة والتي فيها يكون للخلية الفائقة 100 طول يساوي تقريباً نصف طول الجوانب القصيرة لوحدة شمسية مستطيلة، قد تشتمل الخلية الفائقة، على سبيل المثال، على 28 الخلايا الشمسية المستطيلة لها أبعاد حوالي 19.5 مللي متر (مم) في حوالي 156 مم، مع تراكب خلايا شمسية متجاوزة بواسطة حوالي 3 مم. على نحو بديل، قد تشتمل الخلية الفائقة المذكورة، على سبيل المثال، على 19 من الخلايا الشمسية المستطيلة لها أبعاد حوالي 26 مم في حوالي 156 مم، مع تراكب خلايا شمسية متجاوزة بواسطة حوالي 2 مم.

5 في صور مغايرة والتي فيها يكون للخلية الفائقة 100 طول يساوي تقريباً طول الجوانب الطويلة من وحدة شمسية مستطيلة، قد تشتمل الخلية الفائقة، على سبيل المثال، على 72 الخلايا الشمسية المستطيلة لها أبعاد حوالي 26 مم في حوالي 156 مم، مع تراكب خلايا شمسية متجاوزة بواسطة حوالي 2 مم. في صور مغايرة والتي فيها يكون للخلية الفائقة 100 طول يساوي تقريباً نصف طول الجوانب الطويلة من وحدة شمسية مستطيلة، قد تشتمل الخلية الفائقة، على سبيل المثال، على 36 الخلايا الشمسية المستطيلة لها أبعاد حوالي 26 مم في حوالي 156 مم، مع تراكب خلايا شمسية متجاوزة بواسطة حوالي 2 مم.

10 الشكل 5 يوضح وحدة شمسية مستطيلة تمثيلية 200 تشتمل على عشرين الخلايا الفائقة المستطيلة 100، يكون لكل منها طول يساوي تقريباً نصف طول الجوانب القصيرة للوحدة الشمسية. تكون الخلايا الفائقة مرتبة طرف إلى طرف في أزواج لتكوين عشرة صفوف من الخلايا الفائقة، بحيث تكون صفوف وجوانب طويلة من الخلايا الفائقة موجهة على نحو مواز للجوانب القصيرة للوحدة الشمسية. في صور مغايرة أخرى، قد يشتمل كل صف من الخلايا الفائقة على ثلاث أو أكثر من الخلايا الفائقة. أيضاً، على نحو مماثل قد تشتمل وحدة شمسية تمت تهيأتها على أكثر من أو عدد أقل من صفوف الخلايا الفائقة أقل من الموضح في هذا المثال. (يوضح الشكل 14 أ) على سبيل المثال وحدة شمسية تشتمل على أربعة وعشرين من الخلايا الفائقة المستطيلة المرتبة في اثني عشر صفاً لاثنتين من الخلايا الفائقة).

20 يُسهل الفراغ 210 الموضح في الشكل 5 توفير تلامس كهربائي مع الملامسات الطرفية لسطح أمامي (على سبيل المثال، ملامسات القضبان الناقلة أو المنفصلة 15 المكشوفة) من الخلايا

- الفائقة 100 بطول خط مركز الوحدة الشمسية، في صور مغايرة والتي فيها تكون الخلايا الفائقة في كل صف مرتبة بحيث تشتمل واحدة على الأقل منعا على ملامس طرفي لسطح أمامي على طرف الخلية الفائقة المجاور لخلية فائقة أخرى في صف. على سبيل المثال، قد يكون اثنتين من الخلايا الفائقة في صف مرتبة مع اشتغال خلية فائقة واحدة على ملامس طرفي للسطح الأمامي لها بطول خط مركز الوحدة الشمسية ويكون لخلية فائقة أخرى ملامس طرفي للسطح الخلفي منها 5 بطول خط مركز الوحدة الشمسية. في التجهيزة المذكورة قد تكون اثنتين من الخلايا الفائقة في صف متصلة كهربائياً على التوالي بواسطة توصيل بيني مرتب بطول خط مركز الوحدة الشمسية ومرتبب بلامس طرفي لسطح أمامي لخلية فائقة واحدة وبلامس طرفي للسطح الخلفي من خلية فائقة أخرى. (انظر على سبيل المثال في الشكل 8 ج الذي تجري مناقشته فيما يلي). في صور مغايرة والتي فيها يشتمل كل صف من الخلايا الفائقة على ثلاث أو أكثر من الخلايا الفائقة، قد توجد فراغات إضافية بين الخلايا الفائقة وقد تسهل على نحو مماثل توفير تلامس كهربائي بلامسات طرفية لسطح أمامي توجد بعيداً عن جوانب الوحدة الشمسية.
- الشكل 5 ب يوضح وحدة شمسية مستطيلة تمثيلية 300 تشتمل على عشرة من الخلايا الفائقة المستطيلة 100، يكون لكل منها طول يساوي تقريباً طول الجوانب القصيرة للوحدة الشمسية. تكون الخلايا الفائقة مرتبة في صورة عشرة صفوف متوازية مع الجوانب الطويلة لها الموجهة على نحو مواز للجوانب القصيرة للوحدة. على نحو مماثل قد تشتمل وحدة شمسية تمت تهيأتها على المزيد من أو أقل من صفوف الخلايا الفائقة جانبية الطول المذكورة أقل من الموضح في هذا المثال.
- الشكل 5 ب أيضاً يوضح شكل وحدة شمسية 200 في الشكل 5 أ في حالة عدم وجود فراغات بين الخلايا الفائقة المجاورة في صفوف الخلايا الفائقة في وحدة شمسية 200. يمكن ترقيق الفراغ 210 في الشكل 5 أ، على سبيل المثال، بواسطة ترتيب الخلايا الفائقة بحيث يكون لكل من الخلايا الفائقة في كل صف ملامسات طرفية للسطح الخلفي لها بطول خط مركز الوحدة. في هذه الحالة قد تكون الخلايا الفائقة مرتبة تقريباً على نحو متاخم لبعضها البعض مع وجود فراغ ضئيل أو غير إضافي بينها لعدم الحاجة إلى الوصول إلى السطح الأمامي من الخلية الفائقة بطول مركز الوحدة. على نحو بديل، قد تكون اثنتين من الخلايا الفائقة 100 في الصف مرتبة مع اشتغال واحدة منها على الملامس الطرفي للسطح الأمامي لها بطول جانب الوحدة واللامس الطرفي للسطح الخلفي 25

- لها بطول خط مركز الوحدة، وتشتمل الأخرى على الملامس الطرفي للسطح الأمامي لها بطول خط مركز الوحدة واللامس الطرفي للسطح الخلفي لها بطول الجانب المقابل للوحدة، وأطراف الخلايا الفائقة المتراكبة المجاورة. قد يكون التوصيل البيني المرن محصور بين الأطراف المتراكبة للخلايا الفائقة، دون تظليل أي جزء من السطح الأمامي للوحدة الشمسية، لتوفير التوصيل الكهربائي بلامس طرفي لسطح أمامي لوحدة من الخلايا الفائقة واللامس الطرفي للسطح الخلفي لخلية فائقة أخرى. بالنسبة لصفوف تحتوي على ثلاثة أو أكثر من الخلايا الفائقة يمكن استخدام الطريقتين المذكورتين في توليفة.
- 5
- الخلايا الفائقة وصفوف الخلايا الفائقة الموضحة في الأشكال 5أ-5ب قد تكون متصلة بينياً بواسطة أي توليفة مناسبة من الوصلات الكهربائية على التوالي وعلى التوازي، على سبيل المثال وفقاً للموصوف على نحو إضافي فيما يلي فيما يتعلق بالأشكال 10أ-15. قد تتكون الوصلات البينية بين الخلايا الفائقة، على سبيل المثال، باستخدام توصيلات بينية مرنة على نحو مماثل للموصوف فيما يلي فيما يتعلق بالأشكال 5ج-5ز والأشكال التالية. كما يتضح بواسطة الكثير من الأمثلة الموصوفة في هذه المواصفة، فقد تكون الخلايا الفائقة في الوحدات الشمسية الموصوفة في الطلب الحالي متصلة بينياً بواسطة توليفة من التوصيلات على التوالي وعلى التوازي لتوفير فولتية خرج للوحدة تكون بدرجة كبيرة نفس فولتية خرج وحدة شمسية تقليدية. في الحالات المذكورة تيار الخرج من الوحدة الشمسية قد يكون أيضاً نفس تيار الخرج لوحدة شمسية تقليدية. على نحو بديل، وفقاً للموصوف على نحو إضافي فيما يلي قد تكون الخلايا الفائقة في وحدة شمسية متصلة بينياً لتوفير بدرجة كبيرة فولتية خرج أعلى للوحدة الشمسية أعلى من فولتية خرج متوفرة بواسطة الوحدات الشمسية التقليدية.
- 15
- الشكل 5ج يوضح وحدة شمسية مستطيلة تمثيلية 350 تشتمل على ستة من الخلايا الفائقة المستطيلة 100، يكون لكل منها طول يساوي تقريباً طول الجوانب الطويلة من الوحدة الشمسية. تكون الخلايا الفائقة مرتبة في صورة ستة صفوف متوازية مع الجوانب الطويلة لها الموجهة على نحو مواز للجوانب الطويلة من الوحدة. على نحو مماثل قد تشتمل وحدة شمسية تمت تهيأتها على المزيد من أو أقل من صفوف الخلايا الفائقة بطول جانبي المذكورة أقل من الموضح في هذا المثال. تشتمل كل خلية فائقة في هذا المثال (وفي العديد من الأمثلة التالية) على 72 خلايا
- 20
- 25

- شمسية مستطيلة كل منها له عرض يساوي تقريباً 1/6 عرض 156 مم الرقاقة مربعة الشكل أو المربعة الزائفة. يمكن استخدام أي عدد مناسب آخر من الخلايا الشمسية المستطيلة له أي أبعاد أخرى مناسبة أيضاً. في هذا المثال تكون ملامسات طرفية لسطح أمامي من الخلايا الفائقة متصلة كهربائياً ببعضها البعض بتوصيلات بينية مرنة 400 تم وضعها مجاورة لـ وتسير على نحو مواز لحافة جانب قصير واحد للوحدة. تكون ملامسات طرفية للسطح الخلفي للخلايا الفائقة على نحو مماثل متصلة ببعضها البعض بواسطة توصيلات بينية مرنة تم وضعها مجاورة لـ وتسير على نحو مواز لحافة الجانب القصير الآخر، خلف الوحدة الشمسية. التوصيلات البينية للسطح الخلفي تكون غير ظاهرة في المنظر في الشكل 5ج. توصل هذه التجهيزة كهربائياً الخلايا الفائقة بطول ستة وحدات على التوازي. تتم مناقشة تفاصيل التوصيلات البينية المرنة والتجهيزة الخاصة بها في هياث وحدة شمسية تلك وغيرها بمزيد من التفصيل فيما يلي فيما يتعلق بالأشكال 6-8ز.
- الشكل 5د يوضح وحدة شمسية مستطيلة تمثيلية 360 تشتمل على اثني عشر خلية فائقة مستطيلة 100، يكون لكل منها طول يساوي تقريباً نصف طول الجوانب الطويلة من الوحدة الشمسية. تكون الخلايا الفائقة مرتبة طرف إلى طرف في أزواج لتكوين ستة صفوف من الخلايا الفائقة، مع توجيه الصفوف والجوانب الطويلة للخلايا الفائقة على نحو مواز للجوانب الطويلة من الوحدة الشمسية.
- في صور مغايرة أخرى، قد يشتمل كل صف من الخلايا الفائقة على ثلاث أو أكثر من الخلايا الفائقة. أيضاً، قد تشتمل وحدة شمسية تمت تهيأتها على نحو مماثل على المزيد من أو أقل من صفوف الخلايا الفائقة أقل من الموضح في هذا المثال. تشتمل كل خلية فائقة في هذا المثال (وفي العديد من الأمثلة التالية) على 36 من الخلايا الشمسية المستطيلة لكل منها عرض يساوي تقريباً 1/6 عرض 156 مم الرقاقة مربعة الشكل أو الزائفة مربعة الشكل. يمكن استخدام أي عدد آخر مناسب من الخلايا الشمسية المستطيلة بأي أبعاد أخرى مناسبة أيضاً. يسهل الفراغ 410 توفير تلامس كهربائي بلامسات طرفية لسطح أمامي من الخلايا الفائقة 100 بطول خط مركز الوحدة الشمسية. في هذا المثال، تم وضع توصيلات بينية مرنة 400 مجاورة لـ وتسير على نحو مواز لحافة جانب قصير واحد للوحدة تصل بينياً على نحو كهربائي بلامسات طرفية لسطح أمامي لستة من الخلايا الفائقة. على نحو مماثل، تم وضع توصيلات بينية مرنة مجاورة لـ وتسير على نحو مواز لحافة الجانب القصير الآخر للوحدة خلف الوحدة تصل كهربائياً بلامسات طرفية للسطح

الخلفي لستة من الخلايا الفائقة الأخرى. تصل توصيلات بينية مرنة (غير موضحة في هذا الشكل) تم تحديد موضعها بطول فراغ 410 بينياً كل زوج من الخلايا الفائقة في صف على التوالي و، اختياريًا، تمتد بشكل جانبي لتوصيل الصفوف المجاورة بينياً على التوازي. تصل هذه التجهيزة ستة من صفوف الخلايا الفائقة كهربائياً على التوازي. اختياريًا، في مجموعة أولى من الخلايا الفائقة تكون خلية فائقة أولى في كل صف متصلة كهربائياً على التوازي بخلية فائقة أولى في كل من الصفوف الأخرى، في مجموعة ثانية من الخلايا الفائقة تكون خلية فائقة ثانية متصلة كهربائياً على التوازي بخلية فائقة ثانية في كل من الصفوف الأخرى، وتتصل مجموعتين من الخلايا الفائقة كهربائياً على التوالي. تسمح التجهيزة الأخيرة بوضع كل من المجموعتين من الخلايا الفائقة على نحو فردي على التوازي بصمام ثنائي للتفريع.

10 تحدد التفاصيل في الشكل 5د موقع منظر بمقطع عرضي الموضح في الشكل 8أ للوصلة البينية من ملامسات طرفية للسطح الخلفي من الخلايا الفائقة بطول حافة جانب قصير واحد للوحدة. تحدد التفاصيل B على نحو مماثل موقع منظر بمقطع عرضي الموضح في الشكل 8ب للوصلة البينية من ملامسات طرفية لسطح أمامي من الخلايا الفائقة بطول حافة الجانب القصير الآخر للوحدة. تحدد التفاصيل C موقع منظر بمقطع عرضي الموضح في الشكل 8ج للتوصيل البيني على التوالي للخلايا الفائقة داخل صف بطول فراغ 410.

الشكل 5هـ يوضح وحدة شمسية مستطيلة تمثيلية 370 تمت تهيأتها على نحو مماثل لذلك في الشكل 5ج، باستثناء أنه في هذا المثال جميع الخلايا الشمسية التي تتكون منها الخلايا الفائقة هي الخلايا الشمسية شيفرون التي تشتمل على الأركان المشطوفة المناظرة لأركان الرقاقة مربعة الشكل الزائفة التي تم فصل الخلايا الشمسية منها.

20 الشكل 5و يوضح وحدة شمسية مستطيلة تمثيلية أخرى 380 تمت تهيأتها على نحو مماثل لذلك في الشكل 5ج، باستثناء أنه في هذا المثال تشتمل الخلايا الشمسية التي تتكون منها تكون الخلايا الفائقة على خليط من الخلايا الشمسية شيفرون والمستطيلة مرتبة لإعاد إنتاج أشكال الرقاقة مربعة الشكل الزائفة التي تم فصلها منها. في المثال من الشكل 5و، قد تكون الخلايا الشمسية شيفرون عمودية على نحو أوسع نطاقاً على محاورها الطويلة من الخلايا الشمسية المستطيلة لمعادلة الأركان المفقودة في الخلايا شيفرون، بحيث يكون للخلايا الشمسية شيفرون والخلايا الشمسية

المستطيلة نفس المساحة النشطة المعرضة للإشعاع الشمسي أثناء تشغيل الوحدة وبناءً عليه تيار متطابق.

الشكل 5ز يوضح وحدة شمسية مستطيلة تمثيلية أخرى تمت تهيأتها على نحو مماثل لذلك في f الشكل 5هـ (أي، تضم فقط الخلايا الشمسية شيفرون) باستثناء أنه في الوحدة الشمسية من الشكل

5 5ز تكون الخلايا الشمسية شيفرون المجاورة في الخلية الفائقة مرتبة في صورة صور مطابقة لبعضها البعض بحيث يكون لحوافها المتراكبة نفس الطول. وهذا يعمل على زيادة طول كل وصلة متراكبة، ومن ثم يسهل تدفق الحرارة عبر الخلية الفائقة.

قد تشتمل الهياكل الأخرى من الوحدات الشمسية المستطيلة على واحد أو أكثر من صفوف الخلايا الفائقة التي تتكون فقط من الخلايا الشمسية مستطيلة (غير المشطوفة)، وواحد أو أكثر من صفوف

10 الخلايا الفائقة الذي يتكون فقط من الخلايا الشمسية المشطوفة. على سبيل المثال، قد تتم تهيئة وحدة شمسية مستطيلة على نحو مماثل لذلك في الشكل 5ج، باستثناء الاشتغال على اثنين من الصفوف الخارجية للخلايا الفائقة كل منها مستبدل بواسطة صف من الخلايا الفائقة يتكون فقط من الخلايا الشمسية المشطوفة. قد تكون الخلايا الشمسية المشطوفة في تلك الصفوف مرتبة في أزواج صورة مطابقة وفقاً للموضح في الشكل 5ز، على سبيل المثال.

15 في الوحدات الشمسية التمثيلية الموضحة في الأشكال 5ج-5ز، يكون التيار الكهربائي بطول كل صف من الخلايا الفائقة حوالي 6 / 1 منه في وحدة شمسية تقليدية في نفس المساحة لأن الخلايا الشمسية المستطيلة التي تتكون منها الخلايا الفائقة تشتمل على المساحة النشطة حوالي 6 / 1 منها للخلية الشمسية ذات الحجم التقليدي. لأنه في هذه الأمثلة تكون ستة صفوف من الخلايا الفائقة

متصلة كهربائياً على التوازي، ومع ذلك، قد تولد الوحدات الشمسية التمثيلية إجمالي تيار كهربائي يساوي ذلك المتولد بواسطة وحدة شمسية تقليدية من نفس المساحة. هذا يُسهل الوحدة الفرعية من 20 الوحدات الشمسية التمثيلية في الأشكال 5ج-5ز (والأمثلة الأخرى الموصوفة فيما يلي) للوحدات الشمسية التقليدية.

الشكل 6 يوضح بمزيد من التفاصيل أكثر من الأشكال 5ج-5ز تجهيزة تمثيلية من ثلاث صفوف من الخلايا الفائقة تتصل بينياً بالتوصيلات البينية الكهربائية المرنة لوضع الخلايا الفائقة

- داخل كل صف على التوالي ببعضها البعض، ولوضع الصفوف على التوازي ببعضها البعض. هذه قد تكون ثلاث صفوف في الوحدة الشمسية من الشكل 5د، على سبيل المثال. في المثال من الشكل 6، تشتمل كل خلية فائقة 100 على التوصيل البيني المرن 400 المرتبط على نحو موصل بملامس طرفي للسطح الأمامي لها، والتوصيل البيني المرن الآخر المرتبط على نحو موصل بملامس طرفي للسطح الخلفي منها. تكون اثنتين من الخلايا الفائقة داخل كل صف متصلة كهربائياً على التوالي بواسطة التوصيل البيني المرن المشترك المرتبط على نحو موصل بملامس طرفي لسطح أمامي لخلية فائقة واحدة وبملامس طرفي للسطح الخلفي لخلية فائقة أخرى. تم وضع كل توصيل بيني مرن مجاور لـ ويسير على نحو موازٍ لطرف من الخلية الفائقة التي يرتبط بها، وقد يمتد بشكل جانبي أبعد من الخلية الفائقة ليكون مرتبط على نحو موصل بالتوصيل البيني المرن في الخلية الفائقة في صف مجاور، وتوصيل الصفوف المجاورة كهربائياً على التوازي. 5
- تصور الخطوط المنقطة في الشكل 6 أجزاء من توصيلات بينية مرنة تكون غير ظاهرة في المنظر بواسطة تغطية أجزاء من الخلايا الفائقة، أو أجزاء من الخلايا الفائقة التي تكون غير ظاهرة من المنظر بواسطة تغطية أجزاء من توصيلات بينية مرنة. 10
- قد تكون توصيلات بينية مرنة 400 مرتبطة على نحو موصل بالخلايا الفائقة باستخدام، على سبيل المثال، مادة الربط الموصلة كهربائياً المتوافقة ميكانيكياً وفقاً للموصوف سابقاً للاستخدام في ربط الخلايا الشمسية المترابكة. اختياريًا، قد توجد مادة الربط الموصلة كهربائياً فقط عند مواضع منفصلة بطول حواف الخلية الفائقة بدلاً من في خط متواصل يمتد بدرجة كبيرة طول حافة الخلية الفائقة، لخفض أو معادلة الجهد الموازي لحواف الخلية الفائقة الناشئ من عدم التوافق بين معامل ارتباط التمدد الحراري لمادة الربط الموصلة كهربائياً أو التوصيلات البينية وذلك للخلية الفائقة. 15
- قد تتكون توصيلات بينية مرنة 400 من أو تشتمل على ألواح النحاس الرقيقة، على سبيل المثال. قد تكون التوصيلات البينية المرنة 400 منقوشة اختياريًا أو تمت تهيأتها بطريقة أخرى لزيادة توافقها الميكانيكي (المرونة) كل من عمودياً على وموازياً لحواف الخلايا الفائقة لخفض أو معادلة الجهد العمودي والموازي لحواف الخلايا الفائقة الناشئ من عدم التوافق بين CTE للتوصيل البيني وذلك للخلايا الفائقة. قد يشتمل التتميط المذكور، على سبيل المثال، على شقوق، شقوب، أو ثقوب. الأجزاء الموصلة من توصيلات بينية 400 يكون لها سُمْك، على سبيل المثال، أقل من 25

حوالي 100 ميكرون، أقل من حوالي 50 ميكرون، أقل من حوالي 30 ميكرون، أو أقل من حوالي 25 ميكرون لزيادة مرونة التوصيلات البينية. يجب أن يكون التوافق الميكانيكي للتوصيل البيني المرن، وروابطه بالخلايا الفائقة، كافياً كي تتمكن الخلايا الفائقة المتصلة بينياً من تحمل الجهد الناشئ من عدم توافق CTE أثناء عملية الترقيق الموصوفة بمزيد من التفصيل فيما يلي فيما يتعلق بطرق تصنيع وحدات خلية شمسية مسقفة، ولتحمل الجهد الناشئ من عدم توافق CTE أثناء اختبار تدوير درجة الحرارة بين حوالي -40° م وحوالي 85° م .

على نحو مفضل، تُظهر توصيلات بينية مرنة 400 مقاومة لتدفق التيار الموازي لأطراف الخلايا الفائقة التي ترتبط بها أقل من أو يساوي حوالي 0.015 أوم، أقل من أو يساوي حوالي 0.012 أوم، أو أقل من أو يساوي حوالي 0.01 أوم.

الشكل 7 أ يوضح عدة هيئات تمثيلية، مخصصة في صورة أرقام مرجعية T400-A400، قد تكون مناسبة للتوصيل البيني المرن 400.

وفقاً للموضح في مناظر بمقطع عرضي في الأشكال 8-8 ج، على سبيل المثال، تشتمل الوحدات الشمسية الموصوفة في هذه المواصفة نمطياً على البنية الصفائحية مع الخلايا الفائقة وواحد أو أكثر من مواد المُغلف 4101 المحصور بين رقاقة أمامية شفافة 420 ورقاقة خلفية 430. قد تكون الرقاقة الأمامية الشفافة من الزجاج، على سبيل المثال. اختياريًا، قد تكون الرقاقة الخلفية أيضاً شفافة، مما قد يسمح بالتشغيل ثنائي الوجه للوحدة الشمسية. قد تكون الرقاقة الخلفية رقاقة بوليمر، على سبيل المثال. على نحو بديل، قد تكون الوحدة الشمسية وحدة زجاج-زجاج مع تصنيع كل من الرقاقة الأمامية والرقاقة الخلفية من الزجاج.

يوضح منظر بمقطع عرضي في الشكل 8 أ (تفاصيل من الشكل 5 د) مثال على التوصيل البيني المرن 400 المرتبط على نحو موصل بملامس طرفي للسطح الخلفي من الخلية الفائقة قريباً من حافة الوحدة الشمسية ويمتد نحو الداخل أسفل الخلية الفائقة، ويكون غير ظاهر في المنظر من مقدمة الوحدة الشمسية. قد يكون قطاع إضافي من المُغلف موضوع بين الوصلة البينية 400 والسطح الخلفي للخلية الفائقة، كما يتضح.

يوضح منظر بمقطع عرضي من الشكل 8ب (تفاصيل B من الشكل 5ب) مثال على التوصيل البيني المرن 400 المرتبط على نحو موصل بملامس طرفي لسطح أمامي من الخلية الفائقة.

يوضح منظر بمقطع عرضي من الشكل 8ج (تفاصيل C من الشكل 5ب) مثال على التوصيل البيني المرن المشترك 400 المرتبط على نحو موصل بملامس طرفي لسطح أمامي لخلية فائقة واحدة وبملامس طرفي للسطح الخلفي من خلية فائقة أخرى لتوصيل اثنتين من الخلايا الفائقة كهربائياً على التوالي.

- 5
- قد تتم تهيئة توصيلات بينية مرنة متصلة كهربائياً بملامس طرفي لسطح أمامي من الخلية الفائقة أو ترتيبها لشغل فقط عرض السطح الأمامي الأضيق للوحدة الشمسية، والذي قد يتواجد على سبيل المثال بجوار حافة الوحدة الشمسية. قد يكون لمنطقة سطح أمامي للوحدة المشغولة بواسطة توصيلات بينية مذكورة عرض أضيق عمودي على حافة الخلية الفائقة، على سبيل المثال، يبلغ $\geq$ حوالي 10 مم، $\geq$ حوالي 5 مم، أو $\geq$ حوالي 3 مم. في التجهيزة الموضحة في الشكل 8ب، على سبيل المثال، يمكن تهيئة التوصيل البيني المرن 400 ليمتد أبعد من طرف الخلية الفائقة بواسطة ما لا يتجاوز المسافة المذكورة. توضح الأشكال 8د-8ز أمثلة إضافية على التجهيزات والتي بواسطتها قد يشغل التوصيل البيني المرن المتصل كهربائياً بملامس طرفي لسطح أمامي من الخلية الفائقة فقط عرض أضيق للسطح الأمامي للوحدة. تسهل التجهيزات المذكورة استخدام كفاء مساحة السطح الأمامي للوحدة لإنتاج الكهرباء.
- 10
- 15

- الشكل 8د يوضح التوصيل البيني المرن 400 المرتبط على نحو موصل بملامس سطح أمامي طرفي للخلية الفائقة ومطوي حول حافة الخلية الفائقة إلى مؤخرة الخلية الفائقة. قد يتم وضع غشاء عازل 435، والذي قد يكون مسبق التغليف على التوصيل البيني المرن 400، بين التوصيل البيني المرن 400 والسطح الخلفي من الخلية الفائقة.
- 20

الشكل 8هـ يوضح التوصيل البيني المرن 400 الذي يشتمل على شريط ضيق رقيق 440 يكون مرتبط على نحو موصل بملامس سطح أمامي طرفي للخلية الفائقة وأيضاً بشريط عريض رقيق 445 والذي يمتد خلف السطح الخلفي للخلية الفائقة. قد يكون غشاء عازل 435، والذي يمكن أن

يكون مسبق التغليف على الشريط 445، موضوع بين الشريط 445 والسطح الخلفي من الخلية الفائقة.

الشكل 8و يوضح التوصيل البيني المرن 400 المرتبط بملامس سطح أمامي طرفي للخلية الفائقة وتمت دلفتنه وكبسه في ملف مسطح يشغل فقط العرض الضيق للسطح الأمامي للوحدة الشمسية.

5 الشكل 8ز يوضح التوصيل البيني المرن 400 الذي يشتمل على قطاع شريط رقيق يكون مرتبط على نحو موصل بملامس سطح أمامي طرفي من الخلية الفائقة وجزء مقطع عرضي سميك يوجد بجوار الخلية الفائقة.

في الأشكال 8-8ز، قد تمت توصيلات بينية مرنة 400 بطول كامل أطوال حواف الخلايا الفائقة (على سبيل المثال، في صفحة الرسم) وفقاً للموضح في الشكل 6 على سبيل المثال.

10 اختيارياً، يمكن تغطية أجزاء من التوصيل البيني المرن 400 والتي تكون مرئية بطريقة أخرى من

أمام الوحدة بواسطة غشاء داكن أو تغليف أو تلوينها بطريقة أخرى لخفض التباين المرئي بين التوصيل البيني والخلية الفائقة، كما يدرك الإنسان ذا رؤية الألوان العادية. على سبيل المثال، في

الشكل 8ج يغطي غشاء أسود أو تغليف 425 اختياري أجزاء من التوصيل البيني 400 الذي سيكون مرئي بطريقة أخرى من أمام الوحدة. بطريقة أخرى يمكن تغطية الأجزاء المرئية من

15 التوصيل البيني 400 الموضحة في الأشكال الأخرى على نحو مماثل أو تلوينها.

تشتمل الوحدات الشمسية التقليدية نمطياً على ثلاث أو أكثر من الصمامات الثنائية للتفرع، بحيث

يكون كل صمام ثنائي للتفرع متصل على التوازي بمجموعة متصلة على التوالي من 18-24

خلايا شمسية من السيليكون. يجب إجراء ذلك للحد من مقدار القدرة التي قد تتبدد في صورة الحرارة

في الخلية الشمسية المنحازة عكسياً. يمكن أن تنحاز الخلية الشمسية عكسياً، على سبيل المثال،

20 بسبب سطح أمامي معيوب ومتسخ، أو الإضاءة غير المتساوية التي تحد من قدرتها على تمرير

التيار المتولد في السلسلة. تعتمد الحرارة المتولد في الخلية الشمسية في الانحياز العكسي على

الفولطية عبر الخلية الشمسية والتيار عبر الخلية الشمسية. غذا تجاوزت الفولطية عبر الخلية

الشمسية المنحازة عكسياً فولطية انهيار الخلية الشمسية، الحرارة المبددة في خلية ستساوي فولطية

انهيار التيار المتولد في السلسلة. تشتمل الخلايا الشمسية من السيليكون نمطياً على فولطية انهيار

من 16-30 فولط. لأن كل خلية شمسية من السيليكون تنتج فولطية حوالي 0.64 فولط عند التشغيل، يمكن لسلسلة من أكثر من 24 خلايا شمسية إنتاج فولطية عبر الخلية الشمسية المنحازة عكسياً تتجاوز فلطية الانهيار.

5 في الوحدات الشمسية التقليدية والتي فيها الخلايا الشمسية تكون مباعداً عن بعضها البعض وتتصل بينياً بأشرطة، لا يتم نقل الحرارة بسهولة بعيداً عن الخلية الشمسية الساخنة. وبناءً عليه، يمكن أن تنتج القدرة المُبددة في الخلية الشمسية عند فلطية انهيار البقعة الساخنة في الخلية الشمسية والتي تتسبب في تلف حراري كبير وربما حريق. في الوحدات الشمسية التقليدية يكون صمام ثنائي للتفريغ بناءً عليه مطلوب لكل مجموعة من 18-24 الخلايا الشمسية المتصلة على التوالي لضمان عدم انحياز الخلية الشمسية في السلسلة عكسياً أعلى من فلطية الانهيار.

10 اكتشف مقدموا الطلب سهولة نقل الحرارة بطول خلية فائقة من السيليكون من خلال الروابط الموصلة كهربائياً وحرارياً الرقيقة بين الخلايا الشمسية المترابطة المجاورة من السيليكون. علاوة على ما سبق، يكون التيار عبر الخلية الفائقة في الوحدات الشمسية الموصوفة في الطلب الحالي نمطياً أقل من التيار عبر سلسلة من الخلايا الشمسية التقليدية، لأن الخلايا الفائقة الموصوفة في الطلب الحالي تتكون نمطياً بواسطة تسقيف الخلايا الشمسية المستطيلة والتي تشتمل كل منها على مساحة نشطة أقل من (على سبيل المثال، 6/1) مساحة الخلية الشمسية التقليدية. علاوة على ما سبق، 15 توفر النسبة الباعية للخلايا الشمسية المستطيلة المستخدمة نمطياً في الطلب الحالي مناطق ممتدة من التلامس الحراري بين خلايا شمسية متجاورة. ونتيجة لذلك، تتبدد حرارة أقل في الخلية الشمسية المنحازة عكسياً عند فلطية انهيار، وتنتشر الحرارة بسهولة عبر الخلية الفائقة ووحدة شمسية دون تكوين البقعة الساخنة الخطيرة. وقد أدرك مقدموا الطلب بناءً عليه أن الوحدات الشمسية التي تتكون 20 من الخلايا الفائقة وفقاً للموصوف في الطلب الحالي قد توظف صمامات ثنائية للتفريغ أقل بكثير من تلك المطلوبة على نحو تقليدي.

على سبيل المثال، في بعض الصور المغايرة من الوحدات الشمسية وفقاً للموصوف في الطلب الحالي تشتمل الخلية الفائقة على $N < 25$ خلية شمسية، $N \leq$ حوالي 30 خلية شمسية، $N \leq$ حوالي 50 خلية شمسية، $N \leq$ حوالي 70 الخلايا الشمسية، أو يمكن توظيف $N \leq$ حوالي 100 خلية شمسية بحيث لا تكون خلية شمسية أو مجموعة واحدة من $N >$ الخلايا الشمسية في الخلية 25

الفائقة متصلة كهربائياً على التوازي وعلى حدة بصمام ثنائي للتفريع. اختياريًا، قد تكون خلية فائقة كاملة بهذه الأطوال متصلة كهربائياً على التوازي بصمام ثنائي للتفريع واحد. اختياريًا، يمكن توظيف الخلايا الفائقة بهذه الأطوال دون صمام ثنائي للتفريع.

- يمكن للعديد من سمات التصميم الإضافية والاختيارية تكوين الوحدات الشمسية التي تستخدم الخلايا الفائقة وفقاً للموصوف في الطلب الحالي على نحو أكثر تحملاً للحرارة المُبددة في الخلية الشمسية المنحازة عكسياً. بالإشارة مرة ثانية إلى الأشكال 8-8ج، قد يكون المُغلف 4101 أو يشتمل على يولمير أولفين لدن بالحرارة (TPO)، تكون مُغلفات TPO أكثر ثباتاً حرارياً-ضوئياً من مُغلفات إيثيلين-أسيتات الفينيل (EVA) القياسية. تتحول EVA إلى اللون البني مع درجة الحرارة وضوء الأشعة فوق البنفسجية وتؤدي إلى مشكلات البقعة الساخنة التي تتكون بواسطة الخلايا المقيدة للتيار. تقل هذه المشكلات أو يمكن تجنبها مع مُغلف TPO. علاوة على ما سبق، قد تشتمل الوحدات الشمسية على بنية زجاج-زجاج والتي فيها تكون كل من رقاقة أمامية شفافة 420 ورقاقة خلفية 430 من الزجاج. تساعد بنية زجاج-زجاج المذكورة الوحدة الشمسية على التشغيل الآمن في درجات الحرارة الأكبر من تلك التي يمكن لرقاقة خلفية بوليمر تقليدية تحملها. وكذلك على نحو إضافي، يمكن تركيب صندوق الوصلات على واحد أو أكثر من حواف الوحدة شمسية، بدلاً من خلف الوحدة الشمسية حيث يضيف صندوق الوصلة طبقة إضافية من العزل الحراري للخلايا الشمسية في الوحدة أعلاه.

- الشكل 9أ يوضح وحدة شمسية مستطيلة تمثيلية تشتمل على ستة خلايا فائقة مسقفة مستطيلة مرتبة في ستة صفوف تمتد طول الجوانب الطويلة من الوحدة الشمسية. تكون ستة من الخلايا الفائقة متصلة كهربائياً على التوازي ببعضها البعض وبصمام ثنائي للتفريع موضوع في صندوق وصلة 490 على السطح الخلفي للوحدة الشمسية. تتكون الوصلات الكهربائية بين الخلايا الفائقة وصمام ثنائي للتفريع من خلال أشربة 450 مضمنة في البنية الصفائحية للوحدة.

- الشكل 9ب يوضح وحدة شمسية مستطيلة تمثيلية أخرى تشتمل على ستة خلايا فائقة مسقفة مستطيلة مرتبة في ستة صفوف يمتد طول الجوانب الطويلة من الوحدة الشمسية. تكون الخلايا الفائقة متصلة كهربائياً على التوازي ببعضها البعض. صندوق الوصلات الطرفية الموجبة P490 والسالبة N490 المستقلة يكون موضوع على السطح الخلفي للوحدة الشمسية عند الأطراف

المتقابلة للوحدة الشمسية. تكون الخلايا الفائقة متصلة كهربائياً على التوازي بصمام ثنائي للتفريع يوجد في أحد صناديق الوصلات بواسطة كبل خارجي 455 يسير بين صندوق الوصلات.

الأشكال 9ج-9د توضح وحدة شمسية مستطيلة زجاجية-زجاجية تشتمل على ستة خلايا فائقة مسقفة مستطيلة مرتبة في ستة صفوف تمتد طول الجوانب الطويلة من الوحدة الشمسية في بنية صفائحية تشتمل على الرقاقة الأمامية والرقاقة الخلفية من الزجاج. تكون الخلايا الفائقة متصلة كهربائياً على التوازي ببعضها البعض. يكون صندوق الوصلات الطرفية الموجبة P490 وسالبة N490 المستقلة مركب على الحواف المقابلة للوحدة الشمسية.

تفسح الخلايا الفائقة المسقفة الطريق أمام فرص فريدة لمخطط الوحدة فيما يتعلق بأجهزة إدارة القدرة على مستوى الوحدة (على سبيل المثال، المحولات الصغيرة DC/ AC، محسنات قدرة الوحدة DC/ DC، ذكاء الفولطية والمحولات الذكية، والأجهزة ذات الصلة). تتمثل السمة الرئيسية لنظم إدارة القدرة على مستوى الوحدة في تحسين القدرة. يمكن للخلايا الفائقة وفقاً للموصوف والمستخدم في الطلب الحالي إنتاج قيم الفولطية الأعلى من الألواح التقليدية. على نحو إضافي، يمكن لمخطط وحدة خلية فائقة تجزئة الوحدة على نحو إضافي. تعمل كل من قيم الفولطية الأعلى والتجزئة المتزايدة على تكوين مزايا فريدة لتحسين القدرة.

الشكل 9هـ يوضح بنية تمثيلية واحدة لإدارة القدرة على مستوى الوحدة باستخدام الخلايا الفائقة المسقفة. في هذا الشكل تشتمل وحدة شمسية مستطيلة تمثيلية على ستة خلايا فائقة مسقفة مستطيلة مرتبة في ستة صفوف تمتد طول الجوانب الطويلة من الوحدة الشمسية. تكون ثلاثة من أزواج الخلايا الفائقة متصلة على حدة بنظام إدارة القدرة 460، لتمكين المزيد من التحسين المستقل لقدرة الوحدة.

الشكل 9و يوضح بنية تمثيلية أخرى لإدارة القدرة على مستوى الوحدة باستخدام الخلايا الفائقة المسقفة. في هذا الشكل تشتمل وحدة شمسية مستطيلة تمثيلية على ستة خلايا فائقة مسقفة مستطيلة مرتبة في ستة صفوف تمتد طول الجوانب الطويلة من الوحدة الشمسية. تكون ستة من الخلايا الفائقة متصلة على حدة بنظام إدارة القدرة 460، لتمكين كذلك المزيد من التحسين المستقل لقدرة الوحدة.

الشكل 9 يوضح بنية تمثيلية أخرى لإدارة القدرة على مستوى الوحدة باستخدام الخلايا الفائقة المسقفة. في هذا الشكل تشتمل وحدة شمسية مستطيلة تمثيلية على ستة أو أكثر من الخلايا الفائقة المسقفة المستطيلة 998 مرتبة في ستة صفوف أو أكثر، حيث يكون ثلاث أو أكثر من أزواج الخلايا الفائقة متصلة على حدة بصمام ثنائي للتفرع أو نظام إدارة القدرة 460، للسماح كذلك بالمزيد من التحسين المستقل لقدرة الوحدة.

5

الشكل 9 ح يوضح بنية تمثيلية أخرى لإدارة القدرة على مستوى الوحدة باستخدام الخلايا الفائقة المسقفة. في هذا الشكل تشتمل وحدة شمسية مستطيلة تمثيلية على ستة أو أكثر من الخلايا الفائقة المسقفة المستطيلة 998 المرتبة في ستة صفوف أو أكثر، حيث تكون كل اثنتين من الخلية الفائقة متصلتان على التوالي، وتكون جميع الأزواج متصلة على التوازي. يكون صمام ثنائي للتفرع أو نظام إدارة القدرة 460 متصل على التوازي بجميع الأزواج، ويسمح بتحسين قدرة الوحدة.

10

في بعض الصور المغايرة، تسمح إدارة القدرة على مستوى الوحدة بالتخلص من جميع الصمامات الثنائية للتفرع في الوحدة الشمسية في حين لا يزال يستثنى البقع الساخنة الخطيرة. يتحقق ذلك بواسطة دمج ذكاء الفولطية على مستوى الوحدة. بواسطة مراقبة خرج فولطية دائرة الخلية الشمسية (على سبيل المثال، واحدة أو أكثر من الخلايا الفائقة) في الوحدة الشمسية، يمكن لجهاز إدارة قدرة "تحويل ذكي" تحديد اشتغال تلك الدائرة على أية الخلايا الشمسية في الانحياز العكسي. إذا تم رصد الخلية الشمسية المنحازة عكسياً، يمكن لجهاز إدارة قدرة قطع اتصال دائرة مناظرة من النظام الكهربائي باستخدام، على سبيل المثال، مفتاح الترحيل أو مكون آخر. على سبيل المثال، إذا انخفضت فولطية دائرة الخلية الشمسية المراقبة أقل من القيمة الحدية المحددة مسبقاً (VL_{limit})، وبعد ذلك يغلق جهاز إدارة القدرة (دائرة مفتوحة) تلك الدائرة في حين يضمن استمرار توصيل الوحدة أو سلسلة من الوحدات.

20

في النماذج المحددة، حيث تنخفض فولطية الدوائر بأكثر من نسبة مئوية أو سعة محددة (على سبيل المثال، 20% أو 10 فولط) عن الدوائر الأخرى في نفس المصفوفة الشمسية، سيتم إغلاقها. سترصد الأجهزة الإلكترونية هذا التغيير بناء على الاتصال داخل الوحدة.

تنفيذ ذكاء الفولطية المذكور يمكن دمجه في الحلول الحالية لإدارة القدرة على مستوى الوحدة (على سبيل المثال، من Tigo ،Inc. ،Solaredge Technologies ،Enphase Energy Inc. ،Energy ،Inc.) أو من خلال التصميم الاعتيادي للدائرة.

تتمثل أحد أمثلة حساب فولطية القيمة الحدية VLimit في:

$$\text{CellVoc@Low Irr \& High Temp} \times \text{Nnumber of cells in series} - \text{VrbReverse breakdown voltage} \leq \text{VLimit} \quad 5$$

حيث:

● $\text{CellVoc@Low Irr \& High Temp}$ = فولطية دائرة مفتوحة لخلية تعمل عند إشعاع منخفض وعند درجة الحرارة المرتفعة (أقل تشغيل متوقع Voc)؛

● $\text{Nnumber of cells in series}$ = عدد الخلايا المتصلة على التوالي في كل خلية فائقة مراقبة. 10

● $\text{VrbReverse breakdown voltage}$ = فولطية القطبية المعكوسة المطلوبة لتمرير تيار عبر الخلية.

يمكن لهذه الطريقة لإدارة القدرة على مستوى الوحدة باستخدام تحويل ذكي أن تتيح، على سبيل المثال اتصال أكثر من 100 خلية شمسية من السيليكون على التوالي داخل وحدة واحدة دون التأثير على سلامة أو موثوقية الوحدة. على نحو إضافي، يمكن استخدام التحويل الذكي المذكور للحد من انتقال فولطية السلسلة إلى محول مركزي. يمكن تركيب سلاسل الوحدة الأطول بناءً عليه دون مخاوف السلامة أو المجاوزة بشأن زيادة الفولطية. يمكن تحويل أضعف وحدة جانبياً (إيقاف تشغيلها) إذا ارتفعت قيم الفولطية للسلسلة مقابل الحد.

20 تقدم الأشكال 10، 11، 12، 13، 14، 13ب، و14ب الموصوفة فيما يلي دوائر كهربائية تخطيطية تمثيلية إضافية للوحدات الشمسية التي تستخدم الخلايا الفائقة المسقفة. تقدم الأشكال 10ب-1، 10ب-2، 11ب-1، 11ب-2، 11ج-1، 11ج-2، 12ب-1، 12ب-2، 12ج-1، 12ج-2، 12ج-3، 13ج-1، 13ج-2، 14ج-1، و14ج-2 مخططات مادية تمثيلية مناظرة لتلك الدوائر

- التخطيطية. يفترض وصف المخططات المادية أن ملامس طرفي لسطح أمامي لكل خلية فائقة يكون بقطبية سالبة واللامس الطرفي للسطح الخلفي لكل خلية فائقة يكون بقطبية موجبة. إذا استخدمت الوحدات بدلاً من ذلك الخلايا الفائقة التي تشتمل على ملامسات طرفية لسطح أمامي بقطبية موجبة ولامسات طرفية للسطح الخلفي بقطبية سالبة، يمكن بعد ذلك تعديل مناقشة المخططات المادية التالية بواسطة مبادلة الموجب بالسالب وبالعكس اتجاه الصمامات الثنائية 5 للتفرع. قد تتكون بعض من النواقل المتنوعة المشار إليها في وصف هذه الأشكال يتكون، على سبيل المثال، بالتوصيلات البينية 400 الموصوفة سابقاً. يمكن تنفيذ النواقل الأخرى الموصوفة في هذه الأشكال، على سبيل المثال، باستخدام أشربة مضمنة في البنية الصفائحية لوحدة شمسية أو بكمالات خارجية.
- الشكل 10 أ يوضح دائرة كهربائية تخطيطية تمثيلية لوحدة شمسية كما يتضح في الشكل 5ب، والتي فيها تشتمل الوحدة الشمسية على عشرة من الخلايا الفائقة المستطيلة 100 يكون لكل منها طول يساوي تقريباً طول الجوانب القصيرة للوحدة الشمسية. تكون الخلايا الفائقة مرتبة في الوحدة الشمسية مع توجيه الجوانب الطويلة لها على نحو مواز للجوانب القصيرة للوحدة. تكون جميع الخلايا الفائقة متصلة كهربائياً على التوازي بصمام ثنائي للتفرع 480.
- الأشكال 10ب-1 و 10ب-2 توضح مخطط مادي تمثيلي للوحدة الشمسية من الشكل 10أ. يصل الناقل N485 ملامسات طرفية سالبة (سطح أمامي) من الخلايا الفائقة 100 بالطرف الموجب من الصمام ثنائي للتفرع 480 في صندوق وصلة 490 يوجد على السطح الخلفي للوحدة. يصل الناقل P485 ملامسات طرفية موجبة (السطح الخلفي) من الخلايا الفائقة 100 بالطرف السالب من الصمام ثنائي للتفرع 480. قد يستقر الناقل P485 بالكامل خلف الخلايا الفائقة. يشغل الناقل N485 و/ أو اتصاله البيني بالخلايا الفائقة جزء من السطح الأمامي للوحدة. 20
- الشكل 11 أ يوضح دائرة كهربائية تخطيطية تمثيلية لوحدة شمسية كما يتضح في الشكل 5أ، والتي فيها تشتمل الوحدة الشمسية على عشرين من الخلايا الفائقة المستطيلة 100، يكون لكل منها طول يساوي تقريباً نصف طول الجوانب القصيرة للوحدة الشمسية، وتكون الخلايا الفائقة مرتبة طرف إلى طرف في أزواج لتكوين عشرة صفوف من الخلايا الفائقة. تكون الخلية الفائقة الأولى في كل صف متصلة على التوازي بالخلايا الفائقة الأولى في الصفوف الأخرى وعلى التوازي بصمام ثنائي 25

للتفرع 500. تكون خلية فائقة ثانية في كل صف متصلة على التوازي بالخلايا الفائقة الثانية في الصفوف الأخرى وعلى التوازي بصمام ثنائي للتفرع 510. تكون مجموعتين من الخلايا الفائقة متصلة على التوالي، مثل اثنين من صمامات ثنائية للتفرع.

- الأشكال 11ب-1 و 11ب-2 توضح مخطط مادي تمثيلي للوحدة الشمسية من الشكل 11أ. في هذا المخطط تشتمل خلية فائقة أولى في كل صف على الملامس الطرفي للسطح الأمامي لها (سالب) بطول الجانب الأول من الوحدة واللامس الطرفي للسطح الخلفي لها (موجب) بطول خط مركز الوحدة، وتشتمل كل خلية فائقة ثانية في كل صف على الملامس الطرفي للسطح الأمامي لها (سالب) بطول خط مركز الوحدة واللامس الطرفي للسطح الخلفي لها (موجب) بطول الجانب الثاني من الوحدة مقابل الجانب الأول. يصل الناقل N515 الملامس الطرفي لسطح أمامي (سالب) لخلية فائقة أولى في كل صف بالطرف الموجب لصمام ثنائي للتفرع 500. يصل الناقل P515 الملامس الطرفي للسطح الخلفي (موجب) لخلية فائقة ثانية في كل صف بالطرف السالب من صمام ثنائي للتفرع 510. يصل الناقل 520 الملامس الطرفي للسطح الخلفي (موجب) لخلية فائقة أولى في كل صف واللامس الطرفي لسطح أمامي (سالب) لخلية فائقة ثانية في كل صف بالطرف السالب من صمام ثنائي للتفرع 500 وبالطرف الموجب لصمام ثنائي للتفرع 510.
- 15 قد يقع الناقل P515 بالكامل خلف الخلايا الفائقة. يشغل الناقل N515 و/ أو اتصاله البيني بالخلايا الفائقة جزء من السطح الأمامي للوحدة. قد يشغل الناقل 520 جزء من السطح الأمامي للوحدة، يتطلب فراغ 210 وفقاً للموضح في الشكل 5أ. على نحو بديل، قد يقع الناقل 520 بالكامل خلف الخلايا الفائقة ويكون متصل كهربائياً بالخلايا الفائقة بتوصيلات بينية غير ظاهرة محصورة بين الأطراف المترابطة للخلايا الفائقة. في الحالة المذكورة توجد حاجة إلى فراغ ضئيل أو منعقد 210.
- 20

- الأشكال 11ج-1، 11ج-2، و 11ج-3 توضح مخطط مادي تمثيلي آخر للوحدة الشمسية من الشكل 11أ. في هذه المخطط تشتمل خلية فائقة أولى في كل صف على الملامس الطرفي للسطح الأمامي لها (سالب) بطول الجانب الأول من الوحدة واللامس الطرفي للسطح الخلفي لها (موجب) بطول خط مركز الوحدة، وتشتمل خلية فائقة ثانية في كل صف على الملامس الطرفي للسطح الخلفي لها (موجب) بطول خط مركز الوحدة واللامس الطرفي للسطح الأمامي لها
- 25

- (سالب) بطول الجانب الثاني من الوحدة مقابل الجانب الأول. يصل الناقل N525 الملامس الطرفي لسطح أمامي (سالب) لخلية فائقة أولى في كل صف بالطرف الموجب لصمام ثنائي للتفرع 500. يصل الناقل N530 الملامس الطرفي لسطح أمامي (سالب) من الخلية الثانية في كل صف بالطرف السالب من صمام ثنائي للتفرع 500 وبالطرف الموجب لصمام ثنائي للتفرع 510. يصل الناقل P535 الملامس الطرفي للسطح الخلفي (موجب) لخلية أولى في كل صف بالطرف السالب من صمام ثنائي للتفرع 500 وبالطرف الموجب لصمام ثنائي للتفرع 510. يصل الناقل P540 الملامس الطرفي للسطح الخلفي (موجب) من الخلية الثانية في كل صف بالطرف السالب من صمام ثنائي للتفرع 510.
- قد يقع الناقل P535 والناقل P540 بالكامل خلف الخلايا الفائقة. يشغل الناقل N525 والناقل N530 و/ أو وصلتهم البينية بالخلايا الفائقة جزء من السطح الأمامي للوحدة.
- الشكل 12 أ يوضح رسم بياني تخطيطي لدائرة تمثيلية أخرى لوحدة شمسية كما يتضح في الشكل 5، والتي فيها تشتمل الوحدة الشمسية على عشرين من الخلايا الفائقة المستطيلة 100، يكون لكل منها طول يساوي تقريباً نصف طول الجوانب القصيرة للوحدة الشمسية، وتكون الخلايا الفائقة مرتبة طرف إلى طرف في أزواج لتكوين عشرة صفوف من الخلايا الفائقة. في الدائرة الموضحة في الشكل 12 أ، تكون الخلايا الفائقة مرتبة في أربع مجموعات: في المجموعة الأولى تكون الخلايا الفائقة الأولى من الصفوف الخمس العليا متصلة على التوازي ببعضها البعض وبصمام ثنائي للتفرع 545، في المجموعة الثانية تكون الخلايا الفائقة الثانية في الصفوف الخمس العليا متصلة على التوازي ببعضها البعض وبصمام ثنائي للتفرع 505، في المجموعة الثالثة تكون الخلايا الفائقة الأولى للصفوف الخمس السفلى متصلة على التوازي ببعضها البعض وبصمام ثنائي للتفرع 555. تكون المجموعات الأربع من الخلايا الفائقة متصلة على التوالي ببعضها البعض. وتكون أربع صمامات ثنائية للتفرع متصلة أيضاً على التوالي.
- الأشكال 12 ب-1 و 12 ب-2 توضح مخطط مادي تمثيلي للوحدة الشمسية من الشكل 12 أ. في هذه المخطط تشتمل مجموعة أولى من الخلايا الفائقة على الملامسات الطرفية للسطح الأمامي لها

- (سالب) بطول الجانب الأول من الوحدة والملاسمات الطرفية للسطح الخلفي لها (موجب) بطول خط مركز الوحدة، وتشتمل مجموعة ثانية من الخلايا الفائقة على الملاسمات الطرفية للسطح الأمامي لها (سالب) بطول خط مركز الوحدة والملاسمات الطرفية للسطح الخلفي لها (موجب) بطول الجانب الثاني من الوحدة مقابل الجانب الأول، اشامل المجموعة الثالثة من الخلايا الفائقة على الملاسمات الطرفية للسطح الخلفي لها (موجب) بطول الجانب الأول من الوحدة والملاسمات الطرفية للسطح الأمامي لها (سالب) بطول خط مركز الوحدة، وتشتمل المجموعة الرابعة من الخلايا الفائقة على الملاسم الطرفي للسطح الخلفي لها (موجب) بطول خط مركز الوحدة والملاسم الطرفي للسطح الأمامي لها (سالب) بطول الجانب الثاني من الوحدة.
- 5
- يصل الناقل N565 الملاسمات الطرفية لسطح أمامي (سالب) من الخلايا الفائقة في مجموعة أولى من الخلايا الفائقة ببعضها البعض وبالجانب الموجب لصمام ثنائي للتفرع 545. يصل الناقل 570 الملاسمات الطرفية للسطح الخلفي (موجب) من الخلايا الفائقة في مجموعة أولى من الخلايا الفائقة والملاسمات الطرفية لسطح أمامي (سالب) من الخلايا الفائقة في مجموعة ثانية من الخلايا الفائقة ببعضها البعض، بالجانب السالب من صمام ثنائي للتفرع 545، وبالجانب الموجب لصمام ثنائي للتفرع 550. يصل الناقل 575 الملاسمات الطرفية للسطح الخلفي (موجب) للخلايا الفائقة في مجموعة ثانية من الخلايا الفائقة والملاسمات الطرفية لسطح أمامي (سالب) للخلايا الفائقة في المجموعة الرابعة للخلايا الفائقة ببعضها البعض، بالجانب السالب من صمام ثنائي للتفرع 550، وبالجانب الموجب لصمام ثنائي للتفرع 555. يصل الناقل 580 الملاسمات الطرفية للسطح الخلفي (موجب) للخلايا الفائقة في المجموعة الرابعة للخلايا الفائقة والملاسمات الطرفية لسطح أمامي (سالب) للخلايا الفائقة في المجموعة الثالثة للخلايا الفائقة ببعضها البعض، بالجانب السالب من صمام ثنائي للتفرع 555، وبالجانب الموجب لصمام ثنائي للتفرع 560. يصل الناقل P585 الملاسمات الطرفية للسطح الخلفي (موجب) للخلايا الفائقة في المجموعة الثالثة للخلايا الفائقة ببعضها البعض وبالجانب السالب من صمام ثنائي للتفرع 560.
- 10
- 15
- 20
- قد يقع الناقل P585 وجزء من الناقل 575 الذي يصل الخلايا الفائقة لمجموعة ثانية من الخلايا الفائقة بالكامل خلف الخلايا الفائقة. يشغل الجزء المتبقي من الناقل 575 والناقل N565 و/ أو وصلتهم البينية بالخلايا الفائقة جزء من السطح الأمامي للوحدة.
- 25

قد يشغل الناقل 570 والناقل 580 جزء من السطح الأمامي للوحدة، يتطلب فراغ 210 وفقاً للموضح في الشكل 5أ. على نحو بديل، قد يقعا بالكامل خلف الخلايا الفائقة ويكونا على اتصال كهربائي بالخلايا الفائقة بتوصيلات بينية غير ظاهرة محصورة بين الأطراف المتراكبة للخلايا الفائقة. في الحالة المذكورة يجب توفير فراغ ضئيل أو منعدم 210.

5 الأشكال 12-ج-1، 12-ج-2، و 12-ج-3 توضح مخطط مادي بديل للوحدة الشمسية من الشكل 12أ. يستخدم هذا المخطط صناديق الوصلات A490 و B490 بدلاً من صندوق وصلة واحد 490 الموضح في الأشكال 12-ب-1 و 12-ب-2، ولكنه يكون بطريقة أخرى مكافئ لذلك في الأشكال 12-ب-1 و 12-ب-2.

الشكل 13 أ يوضح رسم بياني تخطيطي لدائرة تمثيلية أخرى لوحدة شمسية كما يتضح في الشكل 10 5، والتي فيها تشتمل الوحدة الشمسية على عشرين من الخلايا الفائقة المستطيلة 100، يكون لكل منها طول يساوي تقريباً نصف طول الجوانب القصيرة للوحدة الشمسية، وتكون الخلايا الفائقة مرتبة طرف إلى طرف في أزواج لتكوين عشرة صفوف من الخلايا الفائقة. في الدائرة الموضحة في الشكل 13 أ، تكون الخلايا الفائقة مرتبة في أربع مجموعات: في المجموعة الأولى تكون الخلايا الفائقة الأولى من الصفوف الخمس العليا متصلة على التوازي ببعضها البعض، في المجموعة الثانية تكون الخلايا الفائقة الثانية من الصفوف الخمس العليا متصلة على التوازي ببعضها البعض، في المجموعة الثالثة تكون الخلايا الفائقة الأولى للصفوف الخمس السفلى متصلة على التوازي ببعضها البعض، وفي المجموعة الرابعة تكون الخلايا الفائقة الثانية للصفوف الخمس السفلى متصلة على التوازي ببعضها البعض. تكون المجموعة الأولى والمجموعة الثانية متصلة على التوالي ببعضها البعض وبالتالي تكون متصلة على التوازي بصمام ثنائي للتفريع 590. تكون المجموعة الثالثة والمجموعة الرابعة متصلة على التوالي ببعضها البعض وبالتالي تكون متصلة على التوازي بصمام ثنائي للتفريع 595 آخر. تكون المجموعة الأولى والثانية متصلة على التوالي بالمجموعة الثالثة والرابعة، ويكون اثنين من صمامات ثنائية للتفريع متلين على التوالي كذلك.

الأشكال 13ج-1 و 13ج-2 توضح مخطط مادي تمثيلي للوحدة الشمسية من الشكل 13أ. في هذا المخطط تشتمل مجموعة أولى من الخلايا الفائقة على الملامس الطرفي للسطح الأمامي لها (سالِب) بطول الجانب الأول من الوحدة واللامس الطرفي للسطح الخلفي لها (موجب) بطول خط

مركز الوحدة، وتشتمل مجموعة ثانية من الخلايا الفائقة على الملامس الطرفي للسطح الأمامي لها (سالب) بطول خط مركز الوحدة واللامس الطرفي للسطح الخلفي لها (موجب) بطول الجانب الثاني من الوحدة مقابل الجانب الأول، وتشتمل المجموعة الثالثة للخلايا الفائقة على الملامس الطرفي للسطح الخلفي لها (موجب) بطول الجانب الأول من الوحدة واللامس الطرفي للسطح الأمامي لها (سالب) بطول خط مركز الوحدة، وتشتمل المجموعة الرابعة للخلايا الفائقة على الملامس الطرفي للسطح الخلفي لها (موجب) بطول خط مركز الوحدة واللامس الطرفي للسطح الأمامي لها (سالب) بطول الجانب الثاني من الوحدة.

يصل الناقل 600 الملامسات الطرفية لسطح أمامي (سالب) لمجموعة أولى من الخلايا الفائقة ببعضها البعض، باللامسات الطرفية للسطح الخلفي (موجب) للمجموعة الثالثة من الخلايا الفائقة، بالطرف الموجب لصمام ثنائي للتفريع 590، وبالطرف السالب لصمام ثنائي للتفريع 595. يصل الناقل 605 الملامسات الطرفية للسطح الخلفي (موجب) لمجموعة أولى من الخلايا الفائقة ببعضها البعض وباللامسات الطرفية لسطح أمامي (سالب) لمجموعة ثانية من الخلايا الفائقة. يصل الناقل P610 الملامسات الطرفية للسطح الخلفي (موجب) لمجموعة ثانية من الخلايا الفائقة ببعضها البعض وبالطرف السالب لصمام ثنائي للتفريع 590. يصل الناقل N615 الملامسات الطرفية لسطح أمامي (سالب) للمجموعة الرابعة للخلايا الفائقة ببعضها البعض وبالطرف الموجب لصمام ثنائي للتفريع 595. يصل الناقل 620 الملامسات الطرفية لسطح أمامي (سالب) للمجموعة الثالثة للخلايا الفائقة ببعضها البعض وباللامسات الطرفية للسطح الخلفي (موجب) للمجموعة الرابعة للخلايا الفائقة.

قد يقع الناقل P610 وجزء من الناقل 600 المتصل بالخلايا الفائقة للمجموعة الثالثة للخلايا الفائقة بالكامل خلف الخلايا الفائقة. يشغل الجزء المتبقي من الناقل 600 والناقل N615 و/ أو وصلتهم البينية بالخلايا الفائقة جزء من السطح الأمامي للوحدة.

يشغل الناقل 605 والناقل 620 جزء من السطح الأمامي للوحدة، ويتطلب فراغ 210 وفقاً للموضح في الشكل 5أ. على نحو بديل، قد يقع بالكامل خلف الخلايا الفائقة ويكونا على اتصال كهربائياً بالخلايا الفائقة بتوصيلات بينية غير ظاهرة محصورة بين الأطراف المترابطة للخلايا الفائقة. في الحالة المذكورة توجد حاجة إلى فراغ ضئيل أو منعدم 210.

- الشكل 13 ب يوضح دائرة كهربائية تخطيطية تمثيلية لوحدة شمسية كما يتضح في الشكل 5 ب، والتي فيها تشتمل الوحدة الشمسية على عشرة من الخلايا الفائقة المستطيلة 100 يكون لكل منها طول يساوي تقريباً طول الجوانب القصيرة للوحدة الشمسية. تكون الخلايا الفائقة مرتبة في الوحدة الشمسية مع توجيه الجوانب الطويلة لها على نحو مواز للجوانب القصيرة للوحدة. في الدائرة
- 5 الموضحة في الشكل 13 ب، تكون الخلايا الفائقة مرتبة في مجموعتين: في المجموعة الأولى تكون الخلايا الفائقة الخمسة العليا متصلة على التوازي ببعضها البعض وبصمام ثنائي للتفريع 590، وفي المجموعة الثانية تكون الخلايا الفائقة الخمس السفلى متصلة على التوازي ببعضها البعض وبصمام ثنائي للتفريع 595. تكون المجموعتان متصلتان على التوالي ببعضها البعض. تكون صمامات ثنائية للتفريع أيضاً متصلة على التوالي.
- 10 تختلف الدائرة التخطيطية من الشكل 13 ب عن تلك من الشكل 13 أ بواسطة استبدال كل صف لاثنتين من الخلايا الفائقة في الشكل 13 أ بخلية فائقة واحدة. وبناءً عليه، قد يكون المخطط المادي للوحدة الشمسية من الشكل 13 ب وفقاً للموضح في الأشكال 13 ج-1، 13 ج-2، و 13 ج-3، مع حذف الناقل 605 والناقل 620.
- الشكل 14 أ يوضح وحدة شمسية مستطيلة تمثيلية 700 تشتمل على أربعة وعشرين من الخلايا الفائقة المستطيلة 100، يكون لكل منها طول يساوي تقريباً نصف طول الجوانب القصيرة للوحدة الشمسية. تكون الخلايا الفائقة مرتبة طرف إلى طرف في أزواج لتكوين اثني عشر صفاً من صفوف الخلايا الفائقة، مع توجيه الصفوف والجوانب الطويلة للخلايا الفائقة على نحو مواز للجوانب القصيرة للوحدة الشمسية.
- 15 الشكل 14 ب يوضح رسم بياني تخطيطي لدائرة تمثيلية لوحدة شمسية كما يتضح في الشكل 14 أ. في الدائرة الموضحة في الشكل 14 ب، تكون الخلايا الفائقة مرتبة في ثلاث مجموعات: في المجموعة الأولى تكون الخلايا الفائقة الأولى للصفوف الثماني العليا متصلة على التوازي ببعضها البعض وبصمام ثنائي للتفريع 705، في المجموعة الثانية تكون الخلايا الفائقة لأربع صفوف سفلى متصلة على التوازي ببعضها البعض وبصمام ثنائي للتفريع 710، وفي المجموعة الثالثة تكون الخلايا الفائقة الثانية للصفوف الثماني العليا متصلة على التوازي ببعضها البعض وبصمام ثنائي
- 20

للتفرع 715. تكون ثلاث مجموعات من الخلايا الفائقة متصلة على التوالي. تكون ثلاث صمامات ثنائية للتفرع أيضاً متصلة على التوالي.

- الأشكال 14ج-1 و 14ج-2 توضح مخطط مادي تمثيلي للوحدة الشمسية من الشكل 14ب. في هذا المخطط تشتمل مجموعة أولى من الخلايا الفائقة على الملامسات الطرفية للسطح الأمامي لها (سالب) بطول الجانب الأول من الوحدة واللامسات الطرفية للسطح الخلفي لها (موجب) بطول خط مركز الوحدة. في مجموعة ثانية من الخلايا الفائقة، تشتمل خلية فائقة أولى في كل من الصفوف الأربع السفلى على الملامس الطرفي للسطح الخلفي لها (موجب) بطول الجانب الأول من الوحدة واللامس الطرفي للسطح الأمامي لها (سالب) بطول خط مركز الوحدة، وتشتمل خلية فائقة ثانية في كل من الصفوف الأربع السفلى على الملامس الطرفي للسطح الأمامي لها (سالب) بطول خط مركز الوحدة واللامس الطرفي للسطح الخلفي لها (موجب) بطول الجانب الثاني من الوحدة مقابل الجانب الأول. تشتمل المجموعة الثالثة للخلايا الشمسية على الملامسات الطرفية للسطح الخلفي لها (موجب) بطول خط مركز الوحدة واللامسات الطرفية للسطح الخلفي لها (سالب) بطول الجانب الثاني من الوحدة.
- الناقل N720 يصل الملامسات الطرفية لسطح أمامي (سالب) لمجموعة أولى من الخلايا الفائقة ببعضها البعض وبالجانب الموجب لصمام ثنائي للتفرع 705. الناقل 725 يصل الملامسات الطرفية للسطح الخلفي (موجب) لمجموعة أولى من الخلايا الفائقة باللامسات الطرفية لسطح أمامي (سالب) لمجموعة ثانية من الخلايا الفائقة، بالجانب السالب لصمام ثنائي للتفرع 705، وبالجانب الموجب لصمام ثنائي للتفرع 710. الناقل P730 يصل الملامسات الطرفية للسطح الخلفي (موجب) للمجموعة الثالثة للخلايا الفائقة ببعضها البعض وبالجانب السالب لصمام ثنائي للتفرع 715. الناقل 735 يصل الملامسات الطرفية لسطح أمامي (سالب) للمجموعة الثالثة للخلايا الفائقة ببعضها البعض، باللامسات الطرفية للسطح الخلفي (موجب) لمجموعة ثانية من الخلايا الفائقة، بالجانب السالب لصمام ثنائي للتفرع 710، وبالجانب الموجب لصمام ثنائي للتفرع 715.

- قد يقع جزء من الناقل 725 المتصل بالخلايا الفائقة لمجموعة أولى من الخلايا الفائقة، الناقل P730، وجزء من الناقل 735 المتصل بالخلايا الفائقة لمجموعة ثانية من الخلايا الفائقة بالكامل

خلف الخلايا الفائقة. قد يشغل الناقل N720 والأجزاء المتبقية من الناقل 725 والناقل 735 و/ أو وصلتهم البينية بالخلايا الفائقة جزء من السطح الأمامي للوحدة.

- تضم بعض من الأمثلة الموصوفة سابقاً صمامات ثنائية للتفرع في واحد أو أكثر من صندوق الوصلات على السطح الخلفي للوحدة الشمسية. هذا غير ضروري، ومع ذلك. على سبيل المثال، يمكن تحديد موضع بعض من أو جميع الصمامات الثنائية للتفرع في المستوى باستخدام الخلايا الفائقة حول محيط الوحدة الشمسية أو في فراغات بين الخلايا الفائقة، أو يتم تحديد موضعها خلف الخلايا الفائقة. في الحالات المذكورة قد تكون الصمامات الثنائية للتفرع موضوعة في البنية الصفائحية والتي فيها تكون الخلايا الفائقة مغلقة، على سبيل المثال. قد تكون مواقع صمامات ثنائية للتفرع بالتالي لا مركزية وتُزال من صندوق الوصلات، مما يسهل إحلال صندوق الوصلة المركزي الذي يشتمل على كل من أطراف الوحدة الموجبة والسالبة مع اثنين من صندوق الوصلات الطرفية الفردي المستقل الذي قد يوجد على السطح الخلفي للوحدة الشمسية قريباً من الحواف الخارجية للوحدة الشمسية، على سبيل المثال. يقلل هذا النهج عامةً من طول مسار التيار في موصلات شريطية في الوحدة الشمسية وفي توفير الكبلات بين الوحدات الشمسية، مما يقلل من تكلفة المادة ويزيد قدرة الوحدة (بخفض قيم فقد القدرة المقاومة).
- 15 بالإشارة إلى الشكل 15، على سبيل المثال، يمكن لمخطط مادي لتوصيلات بينية كهربائية متنوعة لوحدة شمسية كما يتضح في الشكل 5ب يشتمل على رسم بياني تخطيطي للدائرة في الشكل 10أ توظيف صمام ثنائي للتفرع 480 يوجد في البنية الصفائحية للخلية الفائقة واثنين من صندوق الوصلات الطرفية P490 و N490 الفردية. يمكن إدراك الشكل 15 على أفضل نحو بالمقارنة بالأشكال 10ب-1 و 10ب-2. يمكن تعديل مخططات الوحدة الأخرى الموصوفة سابقاً على نحو مماثل.
- 20

يمكن تيسير استخدام صمامات ثنائية للتفرع في الرقائق وفقاً للموصوف سابقاً باستخدام الخلايا الشمسية المستطيلة منخفضة التيار (مساحة متقلصة) وفقاً للموصوف سابقاً، لأن القدرة المُبددة في صمام ثنائي للتفرع منحاز نحو الأمام بواسطة الخلايا الشمسية منخفضة التيار قد تكون أقل منها في حالة الخلايا الشمسية ذات الحجم التقليدي. لذا قد تتطلب صمامات ثنائية للتفرع في الوحدات

الشمسية الموصوفة في هذه المواصفة غمس حراري أقل من تلك التقليدية، وبناءً عليه يمكن نقلها خارج صندوق الوصلة على السطح الخلفي للوحدة وإلى الرقائق.

قد تشتمل وحدة شمسية فردية على توصيلات بينية، موصلات، و/ أو صمامات ثنائية للتفريع أخرى تحمل اثنين أو أكثر من الهياكل الكهربائية، على سبيل المثال تحمل اثنين أو أكثر من الهياكل الكهربائية الموصوفة سابقاً. في الحالات المذكورة يمكن انتقاء الهيئة المحددة لتشغيل الوحدة

الشمسية من اثنين أو أكثر من البدائل باستخدام مفاتيح و/ أو وصلات التخط، على سبيل المثال. قد تستخدم الهياكل المختلفة أعداد مختلفة من الخلايا الفائقة على التوالي و/ أو على التوازي لتوفير توليفات مختلفة من قيم خرج الفولطية والتيار من الوحدة الشمسية. يمكن تهيئة الوحدة الشمسية المذكورة بناءً عليه في المصنع أو الموقع للانتقاء من اثنين أو أكثر من توليفات الفولطية والتيار المختلفة، على سبيل المثال للانتقاء من بين هيئة الفولطية المرتفعة والتيار منخفض، وهيئة الفولطية المنخفضة والتيار مرتفع.

الشكل 16 يوضح تجهيزة تمثيلية لجهاز إدارة القدرة على مستوى وحدة التحويل الذكي 750، وفقاً للموصوف سابقاً، بين اثنين من الوحدات الشمسية.

بالإشارة الآن إلى الشكل 17، طريقة تمثيلية 800 لتصنيع الوحدات الشمسية كالتي تم الكشف عنها في هذه المواصفة تشتمل على الخطوات التالية. في الخطوة 810، يتم تقطيع الخلايا الشمسية ذات الحجم التقليدي (على سبيل المثال، 156 مللي متر × 156 مللي متر أو 125 مللي متر × 125 مللي متر) و/ أو يتم شقها لتكوين الخلية الشمسية المستطيلة الضيقة "شرائح". (انظر أيضاً الأشكال 3أ-3هـ) والوصف السابق ذا الصلة، على سبيل المثال). يمكن اختبار

شرائح الخلية الشمسية الناتجة اختياريًا وتخزينها طبقاً لأداء التيار-الفولطية لها. يمكن استخدام الخلايا ذات أداء تطابق أو تقريباً تطابق أداء تيار-الفولطية على نحو مفيد في نفس الخلية الفائقة أو في نفس صف الخلايا الفائقة المتصلة على التوالي. على سبيل المثال، قد يكون من المفيد أن تنتج الخلايا المتصلة على التوالي داخل الخلية الفائقة أو داخل صف الخلايا الفائقة تطابق أو تطابق تيار تقريباً في نفس الإضاءة.

في الخطوة 815 تكون الخلايا الفائقة مجتعة من الخلايا الشمسية شريحة، مع وضع مادة ربط لاصقة موصلة بين أجزاء متراكبة من خلايا شمسية متجاورة في الخلايا الفائقة. يمكن وضع المادة الرابطة اللاصقة الموصلة، على سبيل المثال، بواسطة الطباعة بنفث الحبر أو طباعة الشاشة.

- 5 في الخطوة 820 يتم تسليط الحرارة والضغط على المادة الرابطة اللاصقة الموصلة الناضجة أو الناضجة جزئياً بين الخلايا الشمسية في الخلايا الفائقة. في إحدى الصور المغيرة، مع إضافة كل خلية شمسية إضافية إلى الخلية الفائقة يتم إنضاج المادة الرابطة اللاصقة الموصلة بين الخلية الشمسية المضافة حديثاً والخلية الشمسية المجاورة لها المتراكبة (جزء فعلي من الخلية الفائقة) أو إنضاجها جزئياً، قبل إضافة الخلية الشمسية التالية إلى الخلية الفائقة. في صورة مغيرة أخرى، قد يتم تحديد موضع أكثر من اثنتين من الخلايا الشمسية أو جميع الخلايا الشمسية في الخلية الفائقة بالطريقة المتراكبة المطلوبة قبل إنضاج المادة الرابطة اللاصقة الموصلة أو إنضاجها جزئياً. يمكن اختبار الخلايا الفائقة ناتجة عن هذه الخطوة اختياريّاً وتخزينها طبقاً لأداء التيار-الفولطية لها.
- 10 يمكن استخدام الخلايا الفائقة بتطابق أو تقريباً تطابق أداء التيار-الفولطية على نحو مفيد في نفس صف الخلايا الفائقة أو في نفس وحدة شمسية. على سبيل المثال، قد يكون من المفيد أن تنتج الخلايا الفائقة أو صفوف الخلايا الفائقة المتصلة كهربائياً على التوازي تطابق أو تقريباً تطابق قيم الفولطية تحت نفس الإضاءة.
- 15

- في الخطوة 825 تكون الخلايا الفائقة المنضجة أو المنضجة جزئياً مرتبة ومتصلة بينياً في هيئة الوحدة المطلوبة في بنية طباقية تشتمل على مادة المُغلف، رقاقة أمامية شفافة (جانب الشمس)، ورقاقة خلفية (اختياريّاً شفافة). قد تشتمل البنية الطباقية، على سبيل المثال، على طبقة أولى من مُغلف على ركيزة زجاج، الخلايا الفائقة المتصلة بينياً المرتبة أسفل الجانب المشرق على طبقة أولى من المُغلف، طبقة ثانية من المُغلف على طبقة الخلايا الفائقة، ورقاقة خلفية على طبقة ثانية من المُغلف. يمكن استخدام أية تجهيزة أخرى مناسبة أيضاً.
- 20

في خطوة الترقيق 830 يتم تسليط الحرارة والضغط على البنية الطباقية لتكوين البنية الصفائحية المنضجة.

في إحدى الصور المغايرة من الشكل 17، يتم فصل الخلايا الشمسية ذات الحجم التقليدي إلى شرائح الخلية الشمسية، بعد ذلك يتم وضع تسليط المادة الرابطة اللاصقة الموصلة على كل شريحة خلية شمسية فردية. في صورة مغايرة بديلة، يتم وضع المادة الرابطة اللاصقة الموصلة على الخلايا الشمسية ذات الحجم التقليدي قبل فصل الخلايا الشمسية إلى شرائح الخلية الشمسية.

5

عند خطوة الإنضاج 820 يمكن إنضاج المادة الرابطة اللاصقة الموصلة بالكامل، أو جزئياً فقط. في الحالة الأخيرة يمكن إنضاج المادة الرابطة اللاصقة الموصلة على نحو أولي جزئياً في الخطوة 820 على نحو كافٍ لسهولة التداول والتوصيل البيني للخلايا الفائقة، وإنضاجها بالكامل أثناء خطوة الترقيق 830 التالية.

10 في بعض الصور المغايرة تتضمن الخلية الفائقة 100 المجمعة في صورة منتج وسيط في الطريقة 800 على مجموعة من الخلايا الشمسية المستطيلة 10 المرتبة مع تراكب الجوانب الطويلة من خلايا شمسية متجاورة وارتباطها على نحو موصل وفقاً للموصوف سابقاً، وتوصيلات بينية مرتبطة باللامسات الطرفية عند أطراف الخلية الفائقة المتقابلة.

الشكل 30 يوضح خلية فائقة تمثيلية بتوصيلات بينية كهربائية مرتبطة باللامسات الطرفية للسطح الأمامي والخلفي منها. تسير توصيلات بينية كهربائية موازية للحواف الطرفية للخلية الفائقة وتمتد بشكل جانبي أبعد من الخلية الفائقة لتسهيل التوصيل البيني الكهربائي بخلية فائقة مجاورة.

الشكل 30 يوضح اثنين من الخلايا الفائقة من الشكل 30 متصلة بينياً على التوازي. يمكن تغطية أجزاء من التوصيلات البينية المرئية بطريقة أخرى من أمام الوحدة أو تلويها (على سبيل المثال، تعميمها) لخفض التباين المرئي بين التوصيل البيني والخلايا الفائقة، كما يدركه الإنسان الذي يتمتع برؤية اللون الطبيعي. في المثال الموضح في الشكل 30، يكون التوصيل البيني 850 مرتبط على نحو موصل بالملامس الطرفي للجانب الأمامي لقطبية أولى (على سبيل المثال، + أو -) عند طرف واحد من الخلية الفائقة (على رسم الجانب الأمامي)، ويكون التوصيل البيني 850 الآخر مرتبط على نحو موصل بالملامس الطرفي لجانب خلفي بقطبية مقابلة عند الطرف الآخر من الخلية الفائقة (على رسم جانب أيسر). على نحو مماثل لتوصيلات بينية أخرى موصوفة

سابقاً، قد تكون توصيلات بينية 850 مرتبطة على نحو موصل بالخلية الفائقة باستخدام نفس مادة ربط لاصقة موصلة مستخدمة بين الخلايا الشمسية، على سبيل المثال، ولكن هذا غير مطلوب.

في المثال الموضح، يمتد جزء من كل توصيل بيني 850 أبعد من حافة خلية فائقة 100 في اتجاه عمودي على المحور الطولي للخلية الفائقة (وموازي للمحاور الطويلة للخلايا الشمسية 10).

5 وفقاً للموضح في الشكل 30ب، يسمح ذلك بتحديد موضع اثنين أو أكثر من الخلايا الفائقة جنباً إلى جنب، مع التوصيلات البينية 850 لخلية فائقة واحدة متداخلة ومرتبطة على نحو توصيلي بتوصيلات بينية 850 مناظرة على خلية فائقة مجاورة لتوصيل اثنتين من الخلايا الفائقة على التوازي بينياً وكهربائياً. قد تشكل العديد من توصيلات بينية 850 مذكورة متصلة بينياً على التوالي وفقاً للموصوف سابقاً ناقل الوحدة. قد تتناسب هذه التجهيزة، على سبيل المثال، عندما تمتد خلية

10 فائقة فردية بكامل عرض أو كامل طول الوحدة (على سبيل المثال، الشكل 5ب). على نحو إضافي، يمكن استخدام توصيلات بينية 850 أيضاً لتوصيل الملامسات الطرفية لاثنتين من الخلايا الفائقة المجاورة داخل صف الخلايا الفائقة كهربائياً على التوالي. قد تكون الأزواج أو السلاسل الأطول من الخلايا الفائقة المذكورة المتصلة بينياً داخل صف متصلة كهربائياً على التوازي وعلى نحو مماثل متصلة بينياً بالخلايا الفائقة في صف مجاور بواسطة التراكب وربط على

15 نحو موصل توصيلات بينية 850 في صف واحد بتوصيلات بينية 850 في صف مجاور على نحو مماثل ووفقاً للموضح في الشكل 30ب.

يمكن تشكيل التوصيل البيني 850 من رقاقة موصلة، على سبيل المثال، ويمكن نقشه اختيارياً لزيادة توافقه الميكانيكي كل من عمودياً على وموازياً لحافة الخلية الفائقة لخفض أو معادلة الجهد العمودي على وموازي لحافة الخلية الفائقة الناشئ من عدم التوافق بين CTE للتوصيل البيني

20 وذلك للخلية الفائقة. التتميط المذكور قد يشتمل، على سبيل المثال، على شقوق، شقوب، أو ثقوب (غير موضحة). يجب أن يكون التوافق الميكانيكي للتوصيل البيني 850، وربطته أو ارتباطه بالخلية الفائقة، كافياً للتوصيلات بالخلية الفائقة لتحمل الجهد الناشئ من عدم توافق CTE أثناء عملية الترقيق الموصوفة بمزيد من التفصيل فيما يلي. التوصيل البيني 850 قد يكون مرتبط بالخلية الفائقة باستخدام، على سبيل المثال، مادة الربط الموصلة كهربائياً المتوافقة ميكانيكياً وفقاً

25 للموصوف سابقاً للاستخدام في ربط الخلايا الشمسية المترابكة. اختيارياً، قد توجد مادة الربط

الموصلة كهربائياً فقط عند مواضع منفصلة بطول حواف الخلية الفائقة بدلاً من في خط متواصل يمتد بدرجة كبيرة طول يبلغ حافة الخلية الفائقة، لخفض أو معادلة الجهد الموازي لحواف الخلية الفائقة الناشئ من عدم التوافق بين معامل ارتباط التمدد الحراري لمادة الربط الموصلة كهربائياً أو التوصيلات البينية وذلك للخلية الفائقة.

- 5 يمكن قطع التوصيل البيني 850 من رقاقة النحاس الرقيقة، على سبيل المثال، وقد يكون أكثر رقة من التوصيلات البينية الموصلة التقليدية عندما تتكون الخلايا الفائقة 100 من الخلايا الشمسية التي لها مساحات أصغر من الخلايا الشمسية القياسية من السيليكون وبناءً عليه تشغيل عند تيارات أكثر انخفاضاً من التقليدية. على سبيل المثال، قد تتكون التوصيلات البينية 850 من رقاقة نحاس لها سُمك من حوالي 50 ميكرون إلى حوالي 300 ميكرون. قد تكون التوصيلات البينية 850 رقيقة على نحو كافٍ ومرنة للطّي حول وخلف حافة الخلية الفائقة التي ترتبط بها، على نحو مماثل بالتوصيلات البينية الموصوفة سابقاً.

الأشكال 19أ-19د توضح العديد من تجهيزات تمثيلية والتي بواسطتها يتم تسليط الحرارة والضغط أثناء الطريقة 800 لإنضاج أو إنضاج جزئياً المادة الرابطة اللاصقة الموصلة بين خلايا شمسية متجاورة في الخلايا الفائقة. يمكن استخدام أية تجهيزة أخرى مناسبة أيضاً.

- 15 في الشكل 19أ، يتم تسليط الحرارة والضغط الموضعي لإنضاج أو لإنضاج جزئي لمادة ربط لاصقة موصلة 12 توصيل واحد (منطقة متراكبة) في المرة الواحدة. يمكن حمل الخلية الفائقة بواسطة السطح 1000 ويمكن تسليط الضغط ميكانيكياً على المفصلة من أعلى باستخدام قضيب، دبوس، أو ملامس ميكانيكي آخر، على سبيل المثال. يمكن تسليط الحرارة على المفصلة باستخدام الهواء الساخن (أو غاز ساخن آخر)، باستخدام مصباح الأشعة تحت الحمراء، أو بواسطة تسخين ملامس ميكانيكي يسلط الضغط الموضعي على المفصلة، على سبيل المثال.

في الشكل 19ب، يتم تمديد التجهيزة في الشكل 19أ إلى العملية بالدفع والتي تسلط على نحو متزامن الحرارة والضغط الموضعي على عدة وصلات في الخلية الفائقة.

في الشكل 19ج، تكون خلية فائقة غير منضجة محصورة بين بطانة التحرير 1015 والرقائق اللدنة بالحرارة التي يمكن إعادة استخدامها 1020 وتم تحديد موضعها على اللوح الحامل 1010

- المحمول بواسطة السطح 1000. يتم انتقاء المادة اللدنة بالحرارة من الرقائق 1020 للانصهار عند درجة حرارة إنضاج الخلايا الفائقة. قد تتكون بطانة التحرير 1015 يتكون من ألياف زجاجية و PTFE، على سبيل المثال، ولا تلتصق بالخلية الفائقة بعد عملية الإنضاج. على نحو مفضل، تتكون بطانة التحرير 1015 من المواد التي لها معامل ارتباط التمدد الحراري المطابق أو المطابق
- 5 بدرجة لذاك للخلايا الشمسية (على سبيل المثال، CTE من السيليكون). هذا يرجع إلى حالة اختلاف CTE لبطانة التحرير للغاية عن تلك للخلايا الشمسية، وبعد ذلك سيزيد طول الخلايا الشمسية وبطانة التحرير بواسطة كميات مختلفة أثناء عملية الإنضاج، مما قد يعمل على جذب الخلية الفائقة بعيداً بالطول عند الوصلات. يعلو كيس الضغط الخوائي 1005 هذه التجهيزة. يتم تسخين خلية فائقة غير منضجة من أسفل عبر السطح 1000 واللوح الحامل 1010، على سبيل
- 10 المثال، ويتم سحب ضغط خوائي بين الكيس 1005 والسطح الحامل 1000. نتيجة لذلك يسلط الكيس 1005 الضغط الهيدروستاتيكي على الخلية الفائقة من خلال الرقائق اللدنة بالحرارة المصهورة 1020.
- في الشكل 19د، يتم حمل خلية فائقة غير منضجة بواسطة حزام متحرك متقب 1025 عبر الفرن 1035 الذي يعمل على تسخين الخلية الفائقة. يسحب الضغط الخوائي المسلط عبر التثقيبات في
- 15 الحزام الخلايا الشمسية 10 باتجاه الحزام، ومن ثم يتم تسليط الضغط على الوصلات بينها. تتضج المادة الرابطة اللاصقة الموصلة في تلك الوصلات مع مرور الخلية الفائقة عبر الفرن. على نحو مفضل، يتكون الحزام المتقب 1025 من المواد التي تشتمل على تطابق CTE أو تطابق بدرجة كبيرة مع ذلك للخلايا الشمسية (على سبيل المثال، CTE من السيليكون). هذا يرجع إلى أنه في حالة اختلاف CTE للحزام 1025 بدرجة كبيرة عن تلك للخلايا الشمسية، وبعد ذلك سيزيد طول
- 20 الخلايا الشمسية والحزام بكميات مختلفة في الفرن 1035، مما سيميل إلى جذب الخلية الفائقة بعيداً بالطول عند الوصلات.
- تشتمل الطريقة 800 من الشكل 17 على خطوات إنضاج الخلية الفائقة والترقيق، وتنتج منتج خلية فائقة وسيط. في المقابل، في الطريقة 900 الموضحة في الشكل 18 يتم دمج خطوات إنضاج الخلية الفائقة والترقيق. في الخطوة 910، يتم تقطيع الخلايا الشمسية ذات الحجم التقليدي (على
- 25 سبيل المثال، 156 مللي متر × 156 مللي متر أو 125 مللي متر × 125 مللي متر) و/ أو

يتم شقها لتكوين شرائح الخلية الشمسية المستطيلة الضيقة. يمكن اختبار شرائح الخلية الشمسية الناتجة اختياريًا وتخزينها.

في الخطوة 915، تكون شرائح الخلية الشمسية مرتبة في هيئة الوحدة المطلوبة في بنية طباقية تشتمل على مادة المُغلف، رقاقة أمامية شفافة (جانب الشمس)، ورقاقة خلفية. تكون شرائح الخلية الشمسية مرتبة مثل الخلايا الفائقة، مع وضع مادة ربط لاصقة موصلة غير ناضجة بين أجزاء متراكبة من خلايا شمسية متجاورة في الخلايا الفائقة. (يمكن وضع المادة الرابطة اللاصقة

الموصلة، على سبيل المثال، بواسطة الطباعة بنفث الحبر أو طباعة الشاشة). تكون توصيلات بينية مرتبة لتوصيل الخلايا الفائقة غير المنضجة بينياً في الهيئة المطلوبة. قد تشتمل البنية الطباقية، على سبيل المثال، على طبقة أولى من مُغلف على ركيزة زجاج، الخلايا الفائقة المتصلة بينياً مرتبة أسفل الجانب المشرق في طبقة أولى من المُغلف، طبقة ثانية من المُغلف على طبقة الخلايا الفائقة، ورقاقة خلفية على طبقة ثانية من المُغلف. يمكن استخدام أية تجهيزة أخرى مناسبة أيضاً.

في خطوة الترقيق 920 يتم تسليط الحرارة والضغط على البنية الطباقية لإنضاج المادة الرابطة اللاصقة الموصلة في الخلايا الفائقة ولتكوين البنية الصفائحية المنضجة. يمكن إنضاج مادة ربط لاصقة موصلة مستخدمة لربط توصيلات بينية بالخلايا الفائقة في هذه الخطوة كذلك.

في إحدى الصور المغايرة من الطريقة 900، يتم فصل الخلايا الشمسية ذات الحجم التقليدي إلى شرائح الخلية الشمسية، بعد ذلك يتم وضع المادة الرابطة اللاصقة الموصلة على كل شرائح الخلية الشمسية الفردية. في صورة مغايرة بديلة، يتم وضع المادة الرابطة اللاصقة الموصلة على الخلايا الشمسية ذات الحجم التقليدي قبل فصل الخلايا الشمسية إلى شرائح الخلية الشمسية. على سبيل المثال، يمكن وضع مجموعة من الخلايا الشمسية ذات الحجم التقليدي على قالب كبير، ويتم تفريغ مادة ربط لاصقة موصلة بعد ذلك على الخلايا الشمسية، وفصل الخلايا الشمسية بعد ذلك إلى شرائح الخلية الشمسية باستخدام تثبيتة ضخمة. يمكن نقل شرائح الخلية الشمسية الناتجة بعد ذلك في صورة مجموعة وترتيبها في هيئة الوحدة المطلوبة وفقاً للموصوف سابقاً.

- وفقاً للمشار إليه سابقاً، في بعض الصور المغايرة من الطريقة 800 والطريقة 900 يتم وضع المادة الرابطة اللاصقة الموصلة على الخلايا الشمسية ذات الحجم التقليدي قبل فصل الخلايا الشمسية إلى شرائح الخلية الشمسية. تكون المادة الرابطة اللاصقة الموصلة غير ناضجة (أي، لا تزال "رطبة") عند فصلها لتكوين شرائح الخلية الشمسية. في بعض من هذه الصور المغايرة، يتم وضع المادة الرابطة اللاصقة الموصلة على الخلية الشمسية ذات الحجم التقليدي (على سبيل المثال بواسطة طباعة بنفث الحبر أو طباعة الشاشة)، وبعد ذلك يتم استخدام الليزر لخطوط المخطاط على الخلية الشمسية التي تحدد مواقع شق الخلية الشمسية لتكوين شرائح الخلية الشمسية، وبعد ذلك الخلية الشمسية يتم شقها بطول خطوط المخطاط. في هذه الصور المغايرة يمكن انتقاء قدرة الليزر و/ أو المسافة بين خطوط المخطاط ومادة الربط اللاصقة لتجنب الإنضاج غير المتعمد أو الإنضاج الجزئي للمادة الرابطة اللاصقة الموصلة بحرارة الليزر. في صور مغايرة أخرى، يتم استخدام الليزر لخطوط المخطاط على الخلية الشمسية ذات الحجم التقليدي التي تحدد مواقع شق الخلية الشمسية لتكوين شرائح الخلية الشمسية، وبعد ذلك يتم وضع المادة الرابطة اللاصقة الموصلة على الخلية الشمسية (على سبيل المثال بواسطة طباعة بنفث الحبر أو الشاشة)، وبعد ذلك الخلية الشمسية يتم شقها بطول خطوط المخطاط. في صور مغايرة أخيرة قد يكون من المفضل إنجاز خطوة وضع المادة الرابطة اللاصقة الموصلة دون الشق غير المتعمد أو كس الخلية الشمسية المخدوشة أثناء هذه الخطوة.
- بالإشارة مرة ثانية إلى الأشكال 20أ-20ج، يوضح الشكل 20أ على نحو تخطيطي منظر جانبي لجهاز تمثيلي 1050 يمكن استخدامه لشق الخلايا الشمسية التي تم نسخها والتي تم وضع مادة ربط لاصقة موصلة عليها. (قد يتم نسخ ووضع مادة ربط لاصقة موصلة بأي ترتيب). في هذا الجهاز، يتم حمل الخلية الشمسية المخدوشة ذات الحجم التقليدي 45 التي تم وضع مادة ربط لاصقة موصلة عليها بواسطة حزام متحرك مثقب 1060 فوق جزء مقوس من مُشعب الضغط الخوائي 1070. مع مرور الخلية الشمسية 45 فوق جزء مقوس من مُشعب ضغط خوائي، يسحب الضغط الخوائي المسلط عبر تثقيبات في الحزام السطح السفلي من الخلية الشمسية 45 مقابل مُشعب الضغط الخوائي ومن ثم يثني الخلية الشمسية. يمكن انتقاء نصف قطر انحناء R جزء مقوس من مُشعب الضغط الخوائي بحيث يعمل ثني الخلية الشمسية 45 بهذه الطريقة على شق

الخلية الشمسية بطول خطوط المخطاط. على نحو مفيد، قد يتم شق الخلية الشمسية 45 بواسطة هذه الطريقة دون ملامسة السطح العلوي من الخلية الشمسية 45 التي توضع المادة الرابطة اللاصقة الموصلة عليها.

- 5 من المفضل أن يبدأ الشق عند طرف واحد من خط المخطاط (أي، عند حافة واحدة للخلية الشمسية 45)، يمكن تحقيق ذلك باستخدام جهاز 1050 من الشكل 20أ بواسطة على سبيل المثال ترتيب خطوط المخطاط لتتجه عند زاوية θ إلى مُشعب الضغط الخوائي بحيث بالنسبة لكل خط مخطاط يصل طرف واحد جزء مقوس من مُشعب الضغط الخوائي قبل الطرف الآخر. وفقاً للموضح في الشكل 20ب، على سبيل المثال، قد تتجه الخلايا الشمسية مع خطوط المخطاط لها عند زاوية لاتجاه سير الحزام والمُشعب الموجه عمودياً على اتجاه سير الحزام. في مثال آخر، يوضح الشكل 20ج الخلايا الموجهة مع خطوط المخطاط منها عمودياً على اتجاه سير الحزام، والمُشعب المتجه بزاوية.
- 10

- يمكن استخدام أي جهاز آخر مناسب أيضاً لشق الخلايا الشمسية التي تم نسخها والتي تم وضع مادة ربط لاصقة موصلة عليها لتكوين شريحة الخلايا الشمسية باستخدام مادة ربط لاصقة موصلة الموضوع مسبقاً. قد يستخدم الجهاز المذكور، على سبيل المثال، دلافين لتسليط الضغط على السطح العلوي للخلية الشمسية التي تم وضع المادة الرابطة اللاصقة الموصلة عليه. في الحالات المذكورة يفضل أن تلي الدلافين السطح العلوي للخلية الشمسية فقط في مناطق عدم وضع مادة ربط لاصقة موصلة.
- 15

- في بعض الصور المغايرة، تشتمل الوحدات الشمسية على الخلايا الفائقة المرتبة في صفوف على الرقاقة الخلفية ببيضاء أو عاكسة بطريقة أخرى، بحيث يمكن أن ينعكس جزء من الإشعاع الشمسي غير الممتص على نحو أولي بواسطة والمار عبر الخلايا الشمسية بواسطة الرقاقة الخلفية عائداً إلى الخلايا الشمسية لإنتاج كهرباء. قد تكون الرقاقة الخلفية العاكسة عبر الفراغات بين صفوف الخلايا الفائقة، مما قد يترتب عليه ظهور وحدة شمسية يبدو أنها تشتمل على صفوف من الخطوط الموازية المشرقة (على سبيل المثال، ببيضاء) تسير عبر السطح الأمامي لها. بالإشارة إلى الشكل 5ب، على سبيل المثال، قد تظهر الخطوط الداكنة الموازية التي تسير بين صفوف الخلايا الفائقة 100 في صورة خطوط ببيضاء إذا كانت الخلايا الفائقة 100 مرتبة على الرقاقة الخلفية ببيضاء. قد
- 20
- 25

لا يكون هذا الأمر جيد من المنظور الجمالي لبعض استخدامات الوحدات الشمسية، على سبيل المثال على أسطح المباني.

بالإشارة إلى الشكل 21، لتحسين المظهر الجمالي للوحدة الشمسية، تستخدم بعض الصور المغايرة الرقاقة الخلفية ببيضاء 1100 تشتمل على شرائح داكنة 1105 توجد في مواضع مناظرة للفراغات بين صفوف الخلايا الفائقة لتكون مرتبة على الرقاقة الخلفية. تكون الشرائح 1105 عريضة على نحو كافٍ بحيث لا تكون الأجزاء البيضاء من الرقاقة الخلفية مرئية عبر الفراغات بين صفوف

للخلايا الفائقة في وحدة مجتمعة. هذا يخفف من التباين البصري بين الخلايا الفائقة والرقاقة الخلفية، كما يدرك الإنسان ذا الرؤية الطبيعية للألوان. تشتمل الوحدة الناتجة على الرقاقة الخلفية البيضاء ولكنها قد تشتمل على مظهر سطح أمامي مشابه في النظر لذلك للوحدات الموضحة في الأشكال 5-أ، 5-ب، على سبيل المثال. يمكن إنتاج شرائح داكنة 1105 بأطوال الشريط الداكن، على سبيل المثال، أو بأية طريقة أخرى مناسبة.

وفقاً للمذكور سابقاً، قد يؤدي تظليل الخلايا الفردية داخل الوحدات الشمسية إلى تكوين 'بقع ساخنة'، حيث تتبدد قدرة الخلايا غير المظلمة في خلية مظلمة. تخلق هذه القدرة المُبددة تيارات درجة الحرارة الموضعية التي تعمل على تدهور الوحدات.

لتقليل الحدة المحتملة لهذه البقع الساخنة، يتم إدراج صمامات ثنائية للتفرع على نحو تقليدي كجزء من الوحدة. يتم تعيين أقصى عدد للخلايا بين صمامات ثنائية للتفرع للحد من الحد الأقصى لدرجة حرارة الوحدة وتجنب التلف غير القابل للعكس في الوحدة. يمكن للمخططات القياسية للخلايا من السيليكون الاستفادة من صمام ثنائي للتفرع كل 20 أو 24 خلية، العدد المحدد بواسطة

فولطية الانهيار النمطية من الخلايا من السيليكون. في النماذج المحددة، قد تقع فولطية انهيار في

مدى يتراوح بين حوالي 10-50 فولط. في النماذج المحددة، قد تكون فولطية الانهيار حوالي 10

فولط، حوالي 15 فولط، حوالي 20 فولط، حوالي 25 فولط، حوالي 30 فولط، أو حوالي 35

فولط.

طبقاً للنماذج، يعمل تسقيف شرائح الخلايا الشمسية المقطوعة باستخدام مواد لاصقة موصلة حرارياً رقيقة، على تحسين التلامس الحراري بين الخلايا الشمسية. يسمح هذا التلامس الحراري المُحسن

بدرجة أعلى من الانتشار الحراري أعلى من تقنيات التوصيل البيني التقليدية. يسمح تصميم انتشار الحرارة الحرارية المقيد بناءً على التسقيف باستخدام السلاسل الأطول في الخلايا الشمسية أكثر أربعة وعشرين (أو أقل) من الخلايا الشمسية لكل صمام ثنائي للتفرع تنقيد به التصميمات التقليدية. قد يوفر التبسيط المذكور في الطلب على صمامات ثنائية للتفرع متكررة طبقاً للانتشار

5 الحراري الميسر بواسطة التسقيف طبقاً للنماذج، واحد أو أكثر من المزايا. على سبيل المثال، يسمح بتكوين مخططات الوحدة لمجموعة متنوعة من أطوال سلسلة الخلية الشمسية، ولا تعيق الحاجة لتوفير عدد من صمامات ثنائية للتفرع.

طبقاً للنماذج، يتحقق الانتشار الحراري بواسطة الحفاظ على الارتباط المادي والحراري مع خلية مجاورة. يسمح ذلك بتشتيت مناسب للحرارة على الرغم من الوصلة المرتبطة.

10 في النماذج المحددة يتم الحفاظ على هذه الوصلة عند سُمك حوالي 200 ميكرو متر أو أقل، وتسير طول الخلية الشمسية في نمط مجزأ. بناءً على النموذج، قد يبلغ سُمك الوصلة حوالي 200 ميكرو متر أو أقل، حوالي 150 ميكرو متر أو أقل، حوالي 125 ميكرو متر أو أقل، حوالي 100 ميكرو متر أو أقل، حوالي 90 ميكرو متر أو أقل، حوالي 80 ميكرو متر أو أقل، حوالي 70 ميكرو متر أو أقل، حوالي 50 ميكرو متر، أو أقل، أو حوالي 25 ميكرو متر أو أقل.

15 تمثل معالجة نضج المادة اللاصقة الدقيقة أمراً هاماً لضمان الحفاظ على الوصلة الموثوقة في حين يقل السُمك كي يتسنى تعزيز الانتشار الحراري بين الخلايا المرتبطة.

يوفر السماح بتشغيل السلاسل الأطول (على سبيل المثال، أكثر من 24 خلية) مرونة في تصميم الخلايا والوحدات الشمسية. على سبيل المثال، تتمكن النماذج المحددة من الاستفادة من سلاسل الخلايا الشمسية المقطوعة التي تكون مجتمعة بطريقة مسقفة. يمكن الاستفادة من الهياكل المذكورة خلايا أكثر بدرجة كبيرة لكل وحدة أكثر من الوحدة التقليدية.

20 خاصية الانتشار الحراري غير المتواجد، سكون صمام ثنائي للتفرع مطلوباً كل 24 خلية. عند تقطيع الخلايا الشمسية بنسبة 6/1، تكون صمامات ثنائية للتفرع لكل وحدة 6 مرات وحدة تقليدية (تتضمن على 3 خلايا غير مقطوعة)، بما يضيف إلى إجمالي 18 صماماً ثنائياً. بالتالي يوفر الانتشار الحراري انخفاض كبير في عدد صمامات ثنائية للتفرع.

علاوة على ما سبق لكل صمام ثنائي للتفرع، نحتاج إلى مجموعة دوائر تحويل لإتمام تحويل مسار كهربائي. يتطلب كل صمام ثنائي اثنين من نقاط التوصيلات البينية وتوجيه موصل لتوصيلهم بنقاط التوصيل البيني المذكورة. يعمل ذلك على تكوين دائرة معقدة، تساهم في النفقات الكبيرة التي تتفوق على تكاليف المخطط القياسي المرتبطة بتجميع وحدة شمسية.

5 على النقيض، تتطلب تقنية الانتشار الحراري فقط واحد أو لا صمامات ثنائية للتفرع لكل وحدة. تيسر الهيئة المذكورة عملية تجميع الوحدة، التي تسمح لأدوات التشغيل الآلي البسيطة بإجراء خطوات تصنيع المخطط.

تجنب الحاجة إلى حماية التحويل كل 24 خلية يجعل وحدة الخلية بالتالي سهلة التصنيع. يتم تجنب عمليات الاستفادة في منتصف الوحدة والتوصيلات الموازية الطويلة لمجموعة دوائر تحويل. 10 يتم تنفيذ هذا الانتشار الحراري بواسطة تكوين شرائح الخلايا المسقفة الطويلة التي تسير بعرض و/ أو طول الوحدة.

على نحو إضافي لتوفير الانتشار الحراري للحرارة، يسمح التسقيف طبقاً للنماذج أيضاً بتحسين أداء النقطة الساخنة بواسطة تقليص مقدار التيار المُبدد في الخلية الشمسية. على نحو محدد، أثناء ظروف البقعة الساخنة يعتمد مقدار التيار المُبدد في الخلية الشمسية على مساحة الخلية.

15 نظراً لأن التسقيف قد يقطع الخلايا إلى مساحات أصغر، يكون مقدار التيار المار عبر خلية واحدة في ظروف البقعة الساخنة دالة على أبعاد التقطيع. أثناء ظروف البقعة الساخنة، يمر التيار عبر أقل مسار مقاومة يكون في المعتاد السطح البيني لعب على مستوى الخلية أو حد الحبة. يمثل تقليص هذا التيار فائدة ويحد من إخفاق مخاطرة الموثوقية تحت ظروف البقعة الساخنة.

الشكل 22 أ يوضح منظر من مسقط أفقي لوحدة تقليدية 2200 تستفيد من وصلات شريطية تقليدية 2201، تحت ظروف البقعة الساخنة. وهنا، ينتج عن التظليل 2202 في خلية واحدة 20 2204 تحديد موضع الحرارة إلى الخلية الواحدة.

على النقيض، الشكل 22 ب يوضح منظر من مسقط أفقي لوحدة تستفيد من الانتشار الحراري، أيضاً تحت ظروف البقعة الساخنة. وهنا، يولد التظليل 2250 في الخلية 2252 الحرارة داخل تلك

الخلية. تنتشر هذه الحرارة، مع ذلك، إلى الخلايا الأخرى المرتبطة كهربائياً وحرارياً 2254 داخل الوحدة 2256.

من الملاحظ علاوة على ذلك أن فائدة الانخفاض في التيار المُبدد تتضاعف للعديد من الخلايا الشمسية المتبلرة. تكون العديد من الخلايا المتبلرة معروفة بأدائها السيء تحت ظروف البقعة الساخنة بسبب ارتفاع مستوى الأسطح البينية المعيبة.

5

وفقاً للموضح سابقاً، قد توظف النماذج المحددة تسقيف الخلايا المقطوعة على نحو مشطوف. في الحالات المذكورة، توجد ميزة الانتشار الحراري لتعكس، بطول خط الربط بين كل خلية مع خلية مجاورة.

هذا يعظم من طول ربط كل وصلة متراكبة. بما أن وصلة الربط تكون سطح بيني رئيسي لانتشار حرارة خلية-إلى-خلية، قد تضمن زيادة الحد الأقصى لهذا الطول انتشار مثالي للحرارة.

10

الشكل 23 أ يوضح أحد الأمثلة لمخطط سلسلة الخلية الفائقة 2300 مع خلايا مشطوفة 2302. في هذه الهيئة، يتم توجيه الخلايا المشطوفة في نفس الاتجاه، وبالتالي تكون جميع مسار توصيل الوصلات المرتبطة متشابهة (125مم).

ينتج عن التظليل 2306 في خلية واحدة 2304 انحياز عكسي لتلك الخلية. تنتشر الحرارة إلى الخلية المجاورة. تصبح الأطراف غير المرتبطة 2304 لخلية مشطوفة الأكثر سخونة بسبب طول التوصيل الأطول إلى خلية مجاورة.

15

الشكل 23 ب يوضح مثال آخر على مخطط سلسلة الخلية الفائقة 2350 مع خلايا مشطوفة 2352. في هذه الهيئة، يتم توجيه خلايا مشطوفة في اتجاهات مختلفة، مع مواجهة بعض الحواف الطويلة للخلايا المشطوفة لبعضها البعض. ينتج عن ذلك مسارات توصيل وصلة مرتبة لاثنتين من الأطوال: 125مم و 156مم.

20

حيث تتعرض الخلية 2354 إلى تظليل 2356، تُظهر الهيئة من الشكل 23 ب الانتشار الحراري المحسن بطول طول ربط أطول. الشكل 23 ب بالتالي يوضح الانتشار الحراري في الخلية الفائقة مع خلايا مشطوفة تواجه بعضها البعض.

انصب تركيز النقاش السابق على تجميع مجموعة من الخلايا الشمسية (والتي قد تكون الخلايا الشمسية المقطوعة) بطريقة مسقفة على ركيزة مشتركة. ينتج عن ذلك تكوين وحدة تشتمل على توصيل بيني كهربائي - صندوق وصلة واحد (أو صندوق j).

5 كي يتسنى تجميع مقدار كافٍ من الطاقة الشمسية المفيد، ومع ذلك، تشتمل تركيبة نمطياً على عدد من الوحدات المذكورة التي تكون بذاتها مجتمعة معاً. طبقاً للنماذج، قد تكون مجموعة من وحدات خلية شمسية أيضاً مجتمعة بطريقة مسقفة لزيادة كفاءة مساحة المصفوفة.

النماذج المحددة، يمكن للوحدة أن تمثل الشريط الموصل العلوي المواجه لاتجاه الطاقة الشمسية، والشريط الموصل السفلي المتجه بعيداً عن اتجاه الطاقة الشمسية.

10 يتم طمر الشريط السفلي أسفل الخلايا. بالتالي، لا يعيق الضوء القادم ويؤثر عكسياً على كفاءة مساحة الوحدة. على النقيض، يكون الشريط العلوي مكشوف ويمكنه إعاقة الضوء القادم ويؤثر عكسياً على الكفاءة.

طبقاً للنماذج قد تكون الوحدات ذاتها مسقفة، بحيث يكون الشريط العلوي مغطى بواسطة وحدة مجاورة. الشكل 24 يوضح منظر مبسط بمقطع عرضي للتجهيزة 2400 المذكورة، حيث يقوم الجزء الطرفي 2401 لوحدة مجاورة 2402، بالتداخل مع الشريط العلوي 2404 لوحدة حالية 2406. تشتمل كل وحدة بذاتها على مجموعة من الخلايا الشمسية المسقفة 2407.

يتم طمر الشريط السفلي 2408 لوحدة حالية 2406. يوجد على جانب مرتفع من وحدة مسقفة حالية كي يتسنى التداخل مع الوحدة المسقفة المجاورة.

توفر هذه الهيئة للوحدة المسقفة أيضاً مساحة إضافية على الوحدة للعوامل الأخرى، دون التأثير عكسياً على المساحة المكشوفة من مصفوفة الوحدة. تشتمل أمثلة على عناصر الوحدة التاي قد يتم تحديد موضعها في المناطق المتراكبة دون حصر على صندوق الوصلات (الصناديق j) 2410 و/ أو أشرطة الناقل.

الشكل 25 يوضح نموذج آخر لهيئة الوحدة المسقفة 2500. وهنا، تكون الصناديق j 2502، 2504 لوحات مسقفة مجاورة مناظرة 2506 و 2508 في التجهيزة المزوجة 2510 كي يتسنى

تحقيق التوصيل الكهربائي بينها. وهذا يعمل على تبسيط هيأة مصفوفة وحدات مسقفة بواسطة التخلص من الأسلاك.

في نماذج معينة، يمكن تدعيم صناديق الوصلات و/أو دمجها مع مبادعات هيكلية إضافية. هذه الهيئة يمكنها خلق حل متكامل لحامل مائل لقاعدة تركيبة سطح وحدة، حيث يحدد بعد لصندوق الوصلات ميلاً. هذا التنفيذ يمكن أن يكون مفيداً خاصة عند تركيب مصفوفة من الوحدات المتداخلة على سقف مسطح.

حيث إن الوحدات تشتمل على ركيزة زجاجية وغطاء زجاجي (وحدات زجاج-زجاج)، يمكن استخدام الوحدات دون أعضاء إطارية إضافية من خلال تقصير الطول الإجمالي للوحدة (وبالتالي طول مكشوف L ناتج عن التداخل). التقصير المذكور سوف يسمح لوحدات المصفوفة المبلطة بأن تتحمل الأحمال الفيزيائية المتوقعة (مثلاً (حد حمل ثلج من Pa5400)، دون أن تتصدع بفعل الإجهاد.

من المؤكد أن استخدام بنى الخلايا الفائقة التي تشتمل على مجموعة من الخلايا الشمسية الفردية المجمعة بطريقة متداخلة، تستوعب بسرعة تغير طول الوحدة لمواكبة طول محدد يمليه حمل فيزيائي ومتطلبات أخرى.

الشكل 26 يوضح رسم بياني للسطح الخلفي (المظلل) من وحدة شمسية يوضح an توصيل بيني كهربائي تمثيلي لملامسات كهربائية طرفية للسطح الأمامي (جانب الشمس) لخلية فائقة مسقفة بصندوق وصلة على الجانب الخلفي للوحدة. الملامسات الطرفية للسطح الأمامي ل خلية فائقة مسقفة قد يتواجد بجوار حافة الوحدة.

الشكل 26 يبين استخدام توصيل بيني مرن 400 للتوصيل الكهربائي لملامس طرف سطح أمامي لخلية فائقة 100. في المثال المشروح، يشتمل توصيل بيني 400 على جزء شريط 9400 يسير بشكل متواز ومجاور لطرف الخلية الفائقة 100 وتمتد الأصابع 9400 ب بشكل متعامد على جزء الشريط لملامسة نمط المعدنة للسطح الأمامي (غير مبين) لخلية الشمسية النهائية في الخلية الفائقة، التي يرتبطون بها بشكل توصيلي. موصل شريطي 9410 مرتبط بشكل توصيلي باتصال بيني 9400 يمر خلف خلية فائقة 100 ليوصل كهربياً اتصالاً بينياً 9400 بمكونات كهربية (مثل

صمامات ثنائية تحويلية و/أو نهايات وحدة في صندوق وصلات) على السطح الخلفي للوحدة الشمسية التي تكون الخلية الفائقة جزءاً منها. يمكن وضع طبقة عازلة 9420 بين الموصل 9410 والحافة والسطح الخلفي للخلية الفائقة 100 لعزل الموصل الشريطي 9410 كهربياً عن الخلية الفائقة 100.

5 يمكن أن يلتف موصل بيني 400 اختياريًا حول حافة الخلية الفائقة بحيث يقع الجزء الشريطي 9400 خلف أو جزئيًا خلف الخلية الفائقة. في هذه الحالات يتم نمطيًا تزويد طبقة عازلة كهربياً بين الموصل البيني 400 والحافة والأسطح الخلفية للخلية الفائقة 100.

يمكن قطع موصل بيني 400 من رقاقة توصيل بشكل مقولب مثلاً ويمكن اختياريًا تنميته لزيادة التوافق الميكانيكي له بشكل متعامد ومواز كذلك لحافة الخلية الفائقة من أجل تقليل أو تحمل الإجهاد المتعامد ومواز لحافة الخلية الفائقة الناتج عن عدم التوافق بين CTE للموصل البيني وذلك الخاص بالخلية الفائقة. هذا التنميط يمكن أن يشتمل مثلاً على شقوق، أو شقوق، أو ثقوب (غير مبينة). ينبغي أن يكون التوافق الميكانيكي للموصل البيني 400، وارتباطه بالخلية الفائقة، كافياً للتوصيل بالخلية الفائقة من أجل تحمل الإجهاد الناتج عند عدم توافق CTE أثناء عملية الترقيق الموصوفة بشكل أكثر تفصيلاً أدناه.

15 يمكن ربط الموصل البيني 400 بالخلية الفائقة من خلال، مثلاً، مادة رابطة موصلة كهربياً ومتوافقة ميكانيكياً كما وصف أعلاه للاستخدام في ربط الخلايا الشمسية المتشابكة. اختياريًا يمكن وضع المادة الرابطة الموصلة كهربياً فقط عند مواضع منفصلة على طول حافة الخلية الفائقة (مثلاً المناظرة لمواضع حشوات التلامس المنفصلة على نهاية الخلية الشمسية) بدلاً من وضعها في خط متواصل يمتد إلى حد كبير على طول حافة الخلية الفائقة، من أجل تقليل أو احتواء الضغط المواز لحافة الخلية الشمسية الناشئ عن عدم التطابق بين معامل التمدد الحراري للمادة الرابطة الموصلة كهربياً أو الموصل البيني ومعامل الخلية الشمسية.

20 يمكن اقتطاع الموصل البيني 400 من رقاقة نحاس نحيفة، على سبيل المثال، ويمكن أن تكون أنحف من الموصلات البينية الموصلة التقليدية عند تشكيل الخلايا الفائقة 100 من خلايا شمسية تشتمل على مناطق أصغر من الخلايا الشمسية من السليكون القياسية وبذلك تعمل عند تيارات

منخفضة عن التقليدية. على سبيل المثال، يمكن تشكيل الموصلات البينية 400 من رقاقة نحاس لها كثافة تتراوح من حوالي 50 ميكرون إلى حوالي 300 ميكرون.

يمكن أن يكون موصل بيني 400 نحيفًا بشكل كافٍ لاستيعاب إجهاد عمودي وموازي لحافة الخلية الشمسية الناتج عن عدم التطابق بين CTE للموصل البيني وذلك الخاص بالخلية الفائقة حتى بدون تنميطها كما وصف أعلاه. يمكن تشكيل موصل شريطي 9410 من النحاس مثلاً.

5

الشكل 27 يبين رسمًا بيانيًا للسطح الخلفي (مظلل) لوحدة شمسية يشرح توصيلًا كهربيًا تمثيليًا لاثنتين أو أكثر من الخلايا الفائقة المسقفة بالتوازي، حيث تكون الملامسات الكهربائية الطرفية للسطح الأمامي (جانب الشمس) موصلة ببعضها البعض وموصلة بصندوق وصلات على الجانب الخلفي للوحدة. يمكن وضع الملامسات الطرفية للسطح الأمامي للخلايا الفائقة المسقفة بجوار حافة من الوحدة.

10

الشكل 27 يبين استخدام اثنتين من الموصلات البينية المرنة 400، كما وصفت للتو، لإنشاء اتصال كهربائي باللامسات الطرفية للسطح الأمامي لاثنتين من الخلايا الفائقة المتجاورة 100. يتم ربط ناقل 9430 يسير بشكل مواز ومجاور لنهايات الخلايا الفائقة 100 بشكل توصيلي باثنتين من الموصلات البينية المرنة لتصل الخلايا الفائقة كهربيًا بشكل مواز. يمكن تمديد هذا النظام للتوصيل البيني لخلايا فائقة إضافية بشكل متواز، حسب الرغبة. يمكن تشكيل الناقل 9430 من شريط نحاسي مثلاً.

15

على نحو مشابه لما وصف أعلاه بالنسبة للشكل 26، يمكن أن تلتف موصلات بينية 400 وناقل 9430 اختياريًا حول حافة الخلايا الفائقة بحيث تقع أجزاء شريطية 9400 وناقل 9430 خلف أو جزئيًا خلف الخلية الفائقة. في هذه الحالات يتم نمطيًا تزويد طبقة عازلة كهربيًا بين الموصلات البينية 400 والحافة والأسطح الخلفية للخلايا الفائقة 100 وبين الناقل 9430 والحافة والأسطح الخلفية للخلايا الفائقة 100.

20

الشكل 28 يوضح رسمًا بيانيًا للسطح الخلفي (مظلل) لوحدة شمسية يشرح مثلاً آخر على توصيل بيني كهربائي لاثنتين أو أكثر من الخلايا الفائقة المسقفة بشكل متواز، حيث تكون الملامسات الكهربائية الطرفية للسطح الأمامي (جانب الشمس) للخلية الفائقة متصلة ببعضها البعض وبصندوق

وصلات على الجانب الخلفي للوحدة. يمكن وضع الملامسات الطرفية للسطح الأمامي للخلايا الفائقة المسقفة مجاورة لحافة الوحدة.

- الشكل 28 يوضح مثالاً آخر على استخدام موصلًا بينيًا مرناً 9440 ليتصل كهربياً بملامس طرف سطح أمامي لخلية فائقة 100. في هذا المثال، يشتمل الموصل البيني المرن 9440 على
- 5 جزء شريطي 9440 يسير بشكل مواز ومجاور لنهاية الخلية الشمسية 100، أصابع 9440 تمتد بشكل عمودي على الجزء الشريطي لتلامس نمط المعدنة (غير مبين) للسطح الأمامي للخلية الشمسية النهائية في الخلية الفائقة، التي يرتبطون بها توصيلياً، والأصابع 9440 التي تمتد بشكل عمودي على الجزء الشريطي وخلف الخلية الفائقة.
- يتم ربط الأصابع 9440 ج بشكل توصيلي بناقل 9450. يسير الناقل 9450 بشكل مواز ومجاور لنهاية الخلية الفائقة 100 على طول السطح الخلفي للخلية الفائقة 100، وقد يمتد ليتداخل مع
- 10 الخلايا الفائقة المجاورة التي قد يتصل بها كهربياً على نحو مشابه، وبالتالي توصيل الخلايا الفائقة بشكل متواز. الموصل الشريطي 9410 المرتبط توصيلياً بالناقل 9450 يقوم بتوصيل بيني للخلايا الفائقة كهربياً بالمكونات الكهربائية (مثل صمامات تحويل ثنائية و/أو نهايات طرفية للوحدة في صندوق وصلات) على السطح الخلفي للوحدة الشمسية. يمكن تزويد طبقات عازلة كهربياً 9420
- 15 بين الأصابع 9440 ج والحافة والاسطح الخلفية للخلية الشمسية 100، بين الناقل 9450 والسطح الخلفي للخلية الفائقة 100، وبين الموصل الشريطي 9410 والسطح الخلفي للخلية الفائقة 100.
- يمكن قطع موصل بيني 9440 من رقاقة توصيل بشكل مقولب مثلاً ويمكن اختيارياً تنميته لزيادة التوافق الميكانيكي له بشكل متعامد ومواز كذلك لحافة الخلية الفائقة من أجل تقليل أو تحمل
- الإجهاد المتعامد والمواز لحافة الخلية الفائقة الناتج عن عدم التوافق بين CTE للموصل البيني وذلك الخاص بالخلية الفائقة. هذا التتميط يمكن أن يشتمل مثلاً على شقوق، أو شقوب، أو ثقب
- 20 (غير مبينة). ينبغي أن يكون التوافق الميكانيكي للموصل البيني 9440، وارتباطه بالخلية الفائقة، كافياً للتوصيل بالخلية الفائقة من أجل تحمل الإجهاد الناتج عند عدم توافق CTE أثناء عملية الترقيق الموصوفة بشكل أكثر تفصيلاً أدناه. يمكن ربط الموصل البيني 9440 بالخلية الفائقة من خلال، مثلاً، مادة رابطة موصلة كهربياً ومتوافقة ميكانيكياً كما وصف أعلاه للاستخدام في ربط
- 25 الخلايا الشمسية المتشابكة. اختيارياً يمكن وضع المادة الرابطة الموصلة كهربياً فقط عند مواضع

منفصلة على طول حافة الخلية الفائقة (مثلاً المناظرة لمواضع حشوات التلامس المنفصلة على الخلية الشمسية النهائية) بدلاً من وضعها في خط متواصل يمتد إلى حد كبير على طول حافة الخلية الفائقة، من أجل تقليل أو استيعاب الضغط المواز لحافة الخلية الشمسية الناشئ عن عدم التطابق بين معامل التمدد الحراري للمادة الرابطة الموصلة كهربياً أو الموصل البيني ومعامل الخلية الشمسية.

5

يمكن اقتطاع الموصل البيني 9440 من رقاقة نحاس نحيفة، على سبيل المثال، ويمكن أن تكون أنحف من الموصلات البينية الموصلة التقليدية عند تشكيل الخلايا الفائقة 100 من خلايا شمسية تشتمل على مناطق أصغر من الخلايا الشمسية من السليكون القياسية وبذلك تعمل عند تيارات منخفضة عن التقليدية. على سبيل المثال، يمكن تشكيل الموصلات البينية 9440 من رقاقة نحاس لها كثافة تتراوح من حوالي 50 ميكرون إلى حوالي 300 ميكرون.

10

يمكن أن يكون موصل بيني 9440 نحيفاً بشكل كاف لاستيعاب إجهاد عمودي ومواز لحافة الخلية الشمسية الناتج عن عدم التطابق بين CTE للموصل البيني وذلك الخاص بالخلية الفائقة حتى بدون تنميطها كما وصف أعلاه. يمكن تشكيل ناقل 9450 من شريط نحاسي مثلاً.

يمكن ربط الأصابع 9440 ج بالناقل 9450 بعد ربط الأصابع 9440 ب بالسطح الأمامي للخلية الفائقة 100. في هذه الحالات يمكن أن تنتهي الأصابع 9440 بعيداً عن السطح الخلفي للخلية الفائقة 100، على سبيل المثال بشكل متعامد على الخلية الفائقة 100، عند ارتباطهم بالناقل 9450. بعد ذلك يمكن أن تنتهي الأصابع 9440 ج لتسير على امتداد السطح الخلفي للخلية الفائقة 100 كما هو مبين في الشكل 28.

15

الشكل 29 يعرض رسوماً مقطعية عرضية مجزأة ومنظورية لخليتين فائقتين تشرح استخدام موصل بيني مرن منشطر بين النهايات المتشابهة لخلايا فائقة متجاورة من أجل توصيل الخلايا الفائقة كهربياً بشكل متسلسل ولتوفير اتصال كهربى بصندوق الوصلات. الشكل 29 يشرح مسقطاً مكبراً للمنطقة المعنية في الشكل 29.

20

الشكل 29 والشكل 29 أ يوضحان استخدام موصل بيني مرن تمثيلي 2960 منشطر جزئياً بين النهايات المتشابهة للخليتين الفائقتين 100 ويوصلهما كهربياً بشكل بيني من أجل توفير توصيل

- كهربي بملامس نهاية السطح الأمامي لواحدة من الخلايا الفائقة وبملامس نهاية السطح الخلفية للخلية الفائقة الأخرى، وبالتالي التوصيل البيني للخلايا الفائقة بشكل متسلسل. في المثال المشروح، يكون الموصل البيني 2960 مخفيًا عن النظر من أمام الوحدة الشمسية بواسطة الجانب العلوي للخليتين الشمسيتين المتداخلتين. في صورة مغايرة أخرى، لا تتشابك النهايات المتجاورة للخليتين الفائقتين ويمكن أن يكون جزء الموصل البيني 2960 المتصل بملامس نهاية السطح الأمامي لواحدة من الخيلتين الفائقتين مرئيًا من السطح الأمامي للوحدة الشمسية. اختياريًا، في الصور المغايرة المذكورة، جزء الموصل البيني الذي يكون خلأًا لذلك مرئيًا من أمام الوحدة يمكن تغطيته أو تلوينه (إعتمامه مثلاً) لتقليل التناقض المرئي بين الموصل البيني والخلايا الفائقة، كما يلاحظ ذلك الإنسان ذو الرؤية اللونية العادية. يمكن أن يمتد موصل بيني 2960 بشكل مواز للحافات الجانبية للخليتين الفائقتين خلف الحافات الجانبية للخلايا الفائقة لتوصيل زوج الخلايا الفائقة كهربيًا بشكل مواز مع زوج من الخلايا الفائقة مرتب بشكل مشابه في صف مجاور.
- موصل شريطي 2970 مرتبط بشكل توصيلي بموصل بيني 2960 كما هو مبين ليصل كهربيًا النهايات المتجاورة لاثنتين من الخلايا الفائقة بمكونات كهربية (مثل صمامات ثنائية تحويلية و/أو نهايات وحدة في صندوق وصلات) على السطح الخلفي للوحدة الشمسية. في صورة أخرى مغايرة (غير مبينة) يمكن توصيل موصل شريطي 2970 كهربيًا بملامس السطح السفلي لواحدة من الخلايا الفائقة المتشابكة بعيدًا عن نهاياتها المتشابكة، بدلاً من ربطه بشكل توصيله بموصل بيني 2960. هذه الهيئة قد توفر أيضًا نقطة تفرع مخفية لواحد أو أكثر من الصمامات التحويلية الثنائية أو مكونات أخرى على السطح الخلفي للوحدة الشمسية.
- يمكن قطع موصل بيني 2960 من رقاقة توصيل بشكل مقولب مثلاً ويمكن اختياريًا تنميته لزيادة التوافق الميكانيكي له بشكل متعامد ومواز كذلك لحافة الخلية الفائقة من أجل تقليل أو تحمل الإجهاد المتعامد والمواز لحافة الخلية الفائقة الناتج عن عدم التوافق بين CTE للموصل البيني وذلك الخاص بالخلية الفائقة. هذا التنميط يمكن أن يشتمل مثلاً على شقوق، أو شقوب، أو ثقب (غير مبينة). ينبغي أن يكون التوافق الميكانيكي للموصل البيني 400، وارتباطه بالخلية الفائقة، كافيًا للتوصيل بالخلية الفائقة من أجل تحمل الإجهاد الناتج عند عدم توافق CTE أثناء عملية الترقيق الموصوفة بشكل أكثر تفصيلاً أدناه.

- يمكن ربط الموصل البيني المرن بالخلايا الفائقة من خلال، مثلاً، مادة رابطة موصلة كهربياً ومتوافقة ميكانيكياً كما وصف أعلاه للاستخدام في ربط الخلايا الشمسية المتشابكة. اختياريًا يمكن وضع المادة الرابطة الموصلة كهربياً فقط عند مواضع منفصلة على طول حافة الخلية الفائقة (مثلاً المناظرة لمواضع حشوات التلامس المنفصلة على نهاية الخلية الشمسية) بدلاً من وضعها في خط متواصل يمتد إلى حد كبير على طول حافة الخلية الفائقة، من أجل تقليل أو احتواء الضغط المواز لحافة الخلية الشمسية الناشئ عن عدم التطابق بين معامل التمدد الحراري للمادة الرابطة الموصلة كهربياً أو الموصل البيني ومعامل الخلية الشمسية. يمكن قطع الموصل البيني 2960 من رقاقة نحاسية نحيفة مثلاً.
- 5
- النماذج يمكن أن تشمل على واحدة أو أكثر من السمات الموصوفة في وثائق نشرات البراءات الأمريكية التالية: نشرة البراءة الأمريكية رقم: 2014/0124013، ونشرة البراءة الأمريكية رقم: 2014/0124014، واللذين تم إدراجهما بالكامل كمراجع لجميع الأغراض.
- 10
- يكشف هذا الوصف عن وحدات شمسية عالية الكفاءة تشتمل على وحدات سليكون شمسية مرتبة بطريقة مسقفة ومتصلة كهربياً بشكل متسلسل لتكوين خلايا فائقة، حيث تكون الخلايا الفائقة مرتبطة في صفوف متوازية فيزيائياً في الوحدة الشمسية. الخلايا الفائقة يمكن أن يكون لها أطوال تمتد بالضرورة على الطول الكامل أو العرض الكامل للوحدة الشمسية، على سبيل المثال، أو يمكن ترتيب اثنتين أو أكثر من الخلايا الفائقة من الطرف إلى الطرف في صف. هذا الترتيب يخفي التوصيلات البينية للخلية الشمسية إلى الخلية الشمسية، ويمكن أيضاً استخدامه لإنشاء وحدة شمسية جذابة بصرياً بتناقض طفيف أو لا يوجد فيها تناقض بين الخلايا الشمسية المتجاورة المتصلة في تسلسل.
- 15
- يمكن أن تشتمل خلية فائقة على أي عدد من الخلايا الشمسية، وتشمل في بعض النماذج 19 خلية شمسية على الأقل وفي نماذج معينة تتضمن عدداً أكبر من أو يساوي 100 خلية سليكون شمسية مثلاً. الملامسات الكهربائية في المواقع المتوسطة على طول خلية فائقة يمكن أن ترغب في تقسم الخلية الفائقة كهربياً إلى قسمين أو أكثر من الأقسام المتصلة في تسلسل مع الحفاظ على خلية فائقة متواصلة فيزيائياً.
- 20

هذا الوصف يكشف عن هياكل يتم فيها عمل هذه التوصيلات الكهربائية إلى حشوات ملامس السطح الخلفي لواحدة أو أكثر من خلايا السليكون الشمسية في الخلية الفائقة لتوفير نقاط تفرع كهربية التي تكون مخفية عن الرؤية من الجزء الأمامي للوحدة الشمسية، والتي يشار إليها على أنها "نقاط تفرع مخفية". نقطة التفرع المخفية هي الوصلة الكهربائية بين الجزء الخلفي للخلية الشمسية وموصل بيني توصيلي.

5

هذا الوصف يكشف أيضًا عن استخدام موصلات بينية مرنة للتوصيل الكهربائي البيني لحشوات تلامس نهاية السطح الأمامي للخلية الفائقة، وحشوات تلامس نهاية السطح الخلفي للخلية الفائقة، أو حشوات ملامس مأخذ غير ظاهر بالخلايا الشمسية الأخرى أو بمكونات كهربية أخرى في الوحدة الشمسية.

بالإضافة إلى ذلك، يكشف هذا الوصف عن استخدام لاصق موصل كهربائيًا ليربط مباشرة الخلايا الشمسية المتجاورة ببعضها البعض في خلية فائقة من أجل توفير روابط موصلة كهربائيًا ومتوافقة ميكانيكيًا التي تستوعب عدم تطابق في تمدد حراري بين الخلايا الفائقة ورقاقة زجاج أمامية للوحدة الشمسية، في توليفة مع استخدام لاصق موصل كهربائيًا ليربط موصلات بينية مرنة بالخلايا الفائقة من خلال روابط خشنة ميكانيكيًا التي تجبر الموصلات البينية المرنة على استيعاب عد التطابق في التمدد الحراري بين الموصلات البينية المرنة والخلايا الفائقة. هذا من شأنه أن يتحاشى الضرر للوحدة الشمسية الذي قد يحدث خلافًا لذلك كنتيجة للدورة الحرارية للوحدة الشمسية.

10

15

كما سيتم وصف ذلك بالتفصيل أدناه، يمكن استخدام توصيلات كهربية لحشوات تلامس مأخذ غير ظاهر من أجل التوصيل الكهربائي لأجزاء من خلية شمسية بشكل مواز لأجزاء مناظرة من واحدة أو أكثر من الخلايا الفائقة في صفوف مجاورة، و/أو تزويد توصيلات كهربية لدائرة الوحدة الشمسية لتطبيقات متعددة وتشمل على سبيل المثال وليس الحصر تحسين الاستفادة من القدرة (مثل

20

صمامات تحويل ثنائية محولات AC/DC الدقيقة ، محولات DC/DC) وتطبيقات الموثوقية.

استخدام المأخذ غير الظاهرة على النحو الموصوف أعلاه، بالإضافة إلى الوصلات المخفية من خلية إلى خلية، يمكن أن يحسن أكثر المظهر الجمالي للوحدة الشمسية من خلال توفير مظهر اسود إجمالي إلى حد كبير للوحدة الشمسية، ويمكن أن يزيد أيضًا من كفاءة الوحدة الشمسية من

خلال السماح لجزء كبير من منطقة السطح للوحدة بأن تمتلئ بالمناطق النشطة من الخلايا الشمسية.

بالرجوع الآن إلى الأشكال من أجل فهم أفضل للوحدات الشمسية الموصوفة في هذا الوصف، حيث يعرض الشكل 1 مسقطاً مقطوعاً عرضياً لسلسلة من الخلايا الشمسية المتصلة بشكل متسلسل 5 10 المرتبة بطريقة مسقفة حيث تتداخل نهايات الخلايا الشمسية المتجاورة وتتصل كهربياً لتكون خلية فائقة 100. تشتمل كل خلية شمسية 10 على بنية صمام ثنائي شبه موصلة وملامسات كهربية إلى بنية الصمام الثنائي شبه الموصلة التي يتولد من خلالها التيار الكهربائي في الخلية الشمسية 10 عند إضاءتها بالنور يمكن تزويدها إلى حمل خارجي.

في الأمثلة الموصوفة في هذا الوصف، تكون كل خلية شمسية 10 عبارة عن خلية شمسية من السليكون بلورية مستطيلة تشتمل على سطح أمامي (جانب الشمس) وأنماط معدنة سطح خلفي (جانب الظل) التي توفر اتصالاً كهربياً بالجوانب المقابلة لوصلة $p-n$ ، يوضع نمط معدنة السطح الأمامي على طبقة شبه موصلة لموصلية من النوع n ، ويوضع نمط معدنة السطح الخلفي على طبقة شبه موصلة لموصلية من النوع p . ومع ذلك، يمكن استخدام أنظمة مواد، أو بنى صمام ثنائي، أو أبعاد فيزيائية أو هياكل اتصال كهربية أخرى إذا كان ذلك مناسباً. على سبيل المثال، 15 يمكن وضع نمط معدنة السطح الأمامي (جانب الشمس) على طبقة شبه موصلة لموصلية من النوع n ، ويوضع نمط معدنة السطح الخلفي (جانب الظل) على طبقة شبه موصلة لموصلية من النوع p .

بالإشارة مرة أخرى إلى الشكل 1، في الخلية الفائقة 100 يتم ربط خلايا شمسية متجاورة 10 بشكل توصيلي مباشرة إلى بعضها البعض في المنطقة التي يتداخلون فيها بواسطة مادة رابطة موصلة كهربياً التي تصل كهربياً نمط معدنة السطح الأمامي لخلية شمسية واحدة بنمط معدنة السطح الخلفي للخلية الشمسية المتجاورة. المواد الرابطة الموصلة كهربياً المناسبة يمكن أن تشتمل مثلاً على لواقص موصلة كهربياً وطبقات لاصقة وأشرطة لاصقة موصلة كهربياً، وسبائك لحام تقليدية.

الشكل 31أ والشكل 31ب يوضحان استخدام موصل بيني مرن تمثيلي 3160 منشطر جزئياً بين النهايات المتشابكة للخليتين الفائقتين 100 ويوصلهما كهربياً بشكل بيني من أجل توفير توصيل

كهربى بملامس نهاية السطح الأمامى لواحده من الخلايا الفائقة وبملامس نهاية السطح الخلفية للخلية الفائقة الأخرى، وبالتالي التوصيل البينى للخلايا الفائقة بشكل متسلسل.

- 5 فى المثال المشروح، يكون الموصل البينى 3160 مخفياً عن النظر من أمام الوحدة الشمسية بواسطة الجانب العلوى للخليتين الشمسيتين المتداخلتين. فى صورة مغايرة أخرى، لا تتشابه النهايات المتجاورة للخليتين الفائقتين ويمكن أن يكون جزء الموصل البينى 3160 المتصل بملامس نهاية السطح الأمامى لواحده من الخليتين الفائقتين مرئياً من السطح الأمامى للوحده الشمسية. اختياريًا، فى الصور المغايرة المذكورة، جزء الموصل البينى الذى يكون خلافاً لذلك مرئياً من أمام الوحدة يمكن تغطيته أو تلوينه (إعتمائه مثلاً) لتقليل التناقض المرئى بين الموصل البينى والخلايا الفائقة، كما يلاحظ ذلك الإنسان ذو الرؤية اللونية العادية. يمكن أن يمتد موصل بينى 3160 بشكل مواز للحافات الجانبية للخليتين الفائقتين خلف الحافات الجانبية للخلايا الفائقة لتوصيل زوج الخلايا الفائقة كهربياً بشكل مواز مع زوج من الخلايا الفائقة مرتب بشكل مشابه فى صف مجاور.

- 15 موصل شريطى 3170 مرتبط بشكل توصيلى بموصل بينى 3160 كما هو مبين ليصل كهربياً النهايات المتجاورة للخليتين الفائقتين بمكونات كهربية (مثل صمامات ثنائية تحويلية و/أو نهايات وحدة فى صندوق وصلات) على السطح الخلفى للوحده الشمسية. فى صورة أخرى مغايرة (غير مبينة) يمكن توصيل موصل شريطى 3170 كهربياً بملامس السطح السفلى لواحده من الخلايا الفائقة المتشابهة بعيداً عن نهاياتها المتشابهة، بدلاً من ربطه بشكل توصيله بموصل بينى 3160. هذه الهيئة قد توفر أيضاً نقطة تفرع مخفية لواحد أو أكثر من الصمامات التحويلية الثنائية أو مكونات أخرى على السطح الخلفى للوحده الشمسية.

- 20 الشكل 2 يعرض وحدة شمسية تمثيلية مستطيلة 200 تشتمل على ست خلايا فائقة مستطيلة 100، كل خلية منها لها طول مساو تقريباً لطول الجوانب الطويلة للوحده الشمسية. يتم ترتيب الخلايا الفائقة كسته صفوف متوازية مع جوانبها الطويلة الممتدة بشكل مواز للجوانب الطويلة للوحده. يمكن أن تشتمل وحدة شمسية شبيهة التصميم على صفين من صفوف الخلايا الفائقة ذات الطول الجانبى المذكورة أو صفوف أقل من المبينة فى هذا المثال.

في صورة متغيرة أخرى، يمكن أن يكون طول كل خلية مساويًا تقريبًا لطول جانب قصير من وحدة شمسية مستطيلة، ويمكن ترتيبها في صفوف متوازية مع جوانبها الطويلة المتجهة بشكل مواز للجوانب القصيرة للوحدة. في هياكل أخرى أيضًا يمكن أن يشتمل كل صف على اثنتين أو أكثر من الخلايا الفائقة المتصلة كهربيًا بشكل بيني في تسلسل. يمكن أن تشتمل الوحدات على جوانب قصيرة طولها حوالي 1 متر وجوانب طويلة يتراوح طولها على سبيل المثال من 1.5 إلى حوالي 2.0 متر. يمكن أيضًا استخدام أي أشكال (مربعة مثلاً) وأي أبعاد أخرى مناسبة للوحدات الشمسية.

كل خلية فائقة في هذا المثال تشتمل على 72 خلية شمسية مستطيلة لها عرض يساوي تقريبًا 6/1 من عرض رقاقة 156 ملم مربعة أو مربعة زائفة. يمكن أيضًا استخدام أي عدد آخر مناسب من الخلايا الشمسية المستطيلة لأي أبعاد مناسبة أخرى.

الخلايا الشمسية التي يكون لها نسب أبعاد ومناطق ضيقة طويلة وضيقة أقل من خلية شمسية قياسية بأبعاد 156 ملم × 156 ملم، كما تم شرح ذلك، يمكن توظيفها على نحو مميز لتقليل فقد القدرة المقاومة I^2R في وحدات الخلايا الشمسية التي تم الكشف عنها في هذا الوصف. على وجه الخصوص، المنطقة المخفضة للخلايا الشمسية 10 مقارنة بخلايا السليكون الشمسية ذات الحجم القياسية تقلل من التيار المنتج في الخلية الشمسية، مما يقلل مباشرة فقد القدرة المقاومة في الخلية الشمسية وفي سلسلة من هذه الخلايا الشمسية المتصلة بشكل متسلسل.

يمكن عمل مأخذ غير ظاهر إلى السطح الخلفي من خلية شمسية، على سبيل المثال عن طريق استخدام موصل بيني كهربى مرتبط بشكل توصيلي بوحدة أو أكثر من حشوات ملامس مأخذ غير ظاهر موضوع فقط في جزء حافة نمط معدنة السطح الخلفي للخلية الشمسية. على نحو بديل، يمكن عمل مأخذ غير ظاهر باستخدام موصل بيني يسير إلى حد كبير على كامل طول الخلية الشمسية (متعامدًا على المحور الطولي للخلية الشمسية) ويرتبط توصيليًا بمجموعة من حشوات ملامس المأخذ غير الظاهر الموزعة على طول الخلية الشمسية في نمط معدنة السطح الخلفي.

الشكل 31 يوضح نمط معدنة 3300 تمثيلي للسطح الخلفي لخلية شمسية مناسبة للاستخدام مع مأخذ غير ظاهرة متصلة الحافات. يشتمل نمط المعدنة على ملامس كهربى متواصل من

- 5 الألومنيوم 3310، مجموعة من حشوات تلامس فضية 3315 مرتبة بشكل مواز ومجاور لحافة جانب طويل من السطح الخلفي للخلية الشمسية، وحشوات تلامس فضية لمأخذ غير ظاهر 3320 كل منها مرتب بشكل مواز لحافة مجاورة لأحد الجوانب القصيرة للسطح الخلفي للخلية الشمسية. عند ترتيب الخلية الشمسية في خلية فائقة، تتداخل حشوات التلامس 3315 وترتبط بشكل مباشر بالسطح الأمامي لخلية شمسية مستطيلة مجاورة.
- يمكن ربط موصل بيني بشكل توصيلي بحشوات التلامس لأحد المأخذين غير الظاهرين أو المأخذ الآخر 3320 من أجل تزويد الخلية الفائقة بمأخذ غير ظاهر. (يمكن توظيف الموصلين البينيين المذكورين لتوفير مأخذين غير ظاهرين، حال الرغبة في ذلك).
- 10 في الترتيب المبين في الشكل 31، تدفق التيار من المأخذ غير الظاهر يكون من خلال معدنة السطح الخلفي للخلية متوازياً بشكل عام مع الجوانب الطويلة للخلية الشمسية إلى نقطة تجتمع الموصلات البينية (التلامس 3320). ولتسهيل تدفق التيار على طول هذا المسار، يفضل أن تكون مقاومة رقاقة معدنة السطح الخلفي أقل من أو تساوي حوالي 5 أوم للمربع، أو أقل من أو تساوي حوالي 2.5 أوم للمربع.
- الشكل 31 يعرض نمط معدنة تمثيلي آخر لسطح خلفي لخلية شمسية 3301 مناسب للاستخدام مع مأخذ غير ظاهرة توظف موصلًا بينيًا مشابه لناقل على طول امتداد السطح الخلفي لخلية شمسية. يشتمل نمط المعدنة على ملامس كهربائي متواصل من الألومنيوم 3310، مجموعة من حشوات تلامس فضية 3315 مرتبة بشكل مواز ومجاور لحافة جانب طويل من السطح الخلفي للخلية الشمسية، ومجموعة من حشوات تلامس فضية لمأخذ غير ظاهر 3325 مرتبة في صف مواز للجوانب الطويلة للخلية الشمسية وتتمركز تقريباً على السطح الخلفي للخلية الشمسية.
- 20 يمكن ربط موصل بيني يسير بشكل كبير على الطول الكامل للخلية الشمسية بشكل توصيلي بحشوات تلامس مأخذ غير ظاهر 3325 لتزويد الخلية الشمسية بمأخذ غير ظاهر. تدفق التيار إلى المأخذ غير الظاهر يكون بشكل أساسي خلال الموصل البيني الشبيه بالناقل، مما يجعل موصلية نمط معدنة السطح الخلفي أقل أهمية بالنسبة للمأخذ غير الظاهر.

- يؤثر كل من موقع وعدد حشوات التلامس للمأخذ غير الظاهري التي يرتبط بها الموصل البيني للمأخذ غير الظاهر على السطح الخلفي لخلية شمسية على طول مسار التيار خلال معدنة السطح الخلفي للخلية الشمسية، وعلى حشوات التلامس للمأخذ غير الظاهر، والموصل البيني. وتبعاً لذلك يمكن اختيار هيئة حشوات التلامس للمأخذ غير الظاهر لتقليل المقاومة لتجميع التيار في مسار التيار إلى وخلال الموصل البيني للمأخذ غير الظاهر. بالإضافة إلى الهيئات المبينة في الأشكال 31-31ب (والشكل 31ج المناقش أدناه)، يمكن أن تشتمل الهيئات المناسبة لحشوات التلامس للمأخذ غير الظاهر مثلاً على مصفوفة ثنائية الأبعاد، وصف يسير بشكل متعامد على المحور الطويل للخلية الشمسية. في الحالة الأخير يمكن وضع صف من حشوات التلامس للمأخذ غير الظاهر بجوار حافة قصيرة للخلية الشمسية الأولى على سبيل المثال.
- 10 الشكل 31ج يعرض نمط معدنة تمثيلي آخر للسطح الخلفي للخلية الشمسية 3303 مناسب للاستخدام إما مع مأخذ غير ظاهرة متصلة الحافات أو مأخذ غير ظاهرة توظف موصلًا بينيًا شبيهًا بالناقل على طول امتداد السطح الخلفي لخلية شمسية. يشتمل نمط المعدنة على حشوة تلامس نحاسية متواصلة 3315 مرتبة بشكل مواز ومجاور لحافة جانب طويل للسطح الخلفي للخلية الشمسية، مجموعة من الأصابع النحاسية 3317 متصلة وممتدة بشكل عمودي من حشوة التلامس 3315، وحشوة تلامس مأخذ غير ظاهر لناقل نحاسي متواصل 3325 يسير بشكل مواز للجوانب الطويلة للخلية الشمسية ويتمركز تقريبًا على السطح الخلفي للخلية الشمسية. يمكن ربط موصل بيني متصل الحافة بجزء طرفي من الناقل النحاسي 3325 لتزويد الخلية الشمسية بمأخذ غير ظاهر. (يمكن توظيف الموصلين البينيين المذكورين على أي طرف من الناقل النحاسي 3325 لتوفير مأخذين غير ظاهرين حال الرغبة في ذلك). على نحو بديل، يمكن ربط موصل بيني يسير إلى حد كبير على الطول الكامل للخلية الشمسية بشكل توصيلي بالناقل النحاسي 3325 لتزويد الخلية الفائقة بمأخذ غير ظاهر.
- 15 الموصل البيني الذي يتم توظيفه لتكوين المأخذ غير الظاهر يمكن ربطه بحشوة تلامس المأخذ غير الظاهر في نمط معدنة السطح الخلفي بواسطة اللحام بالقصدير، اللحام، لاصق موصل، أو بأي طريقة أخرى مناسبة. بالنسبة لأنماط المعدنة التي تستخدم حشوات فضية كما شرح في الأشكال 31-31ب، يمكن تشكيل الموصل البيني على سبيل المثال من نحاس مغطى بالقصدير.
- 20
- 25

- طريقة أخرى هي عمل المأخذ غير الظاهر مباشرة إلى ملامس السطح الخلفي من الألومنيوم 3310 مع موصل من الألومنيوم مما يشكل رابطة ألومنيوم إلى ألومنيوم، والتي يمكن تشكيلها على سبيل المثال بواسطة اللحام الكهربائي أو بالليزر، أو اللحام بالقصدير، أو شريط موصل. في بعض النماذج، يمكن أن تشمل الملامسات على قصدير. في الحالات التي تم وصفها على التو، سوف
- 5 تفتقر معدنة السطح الخلفي للخلية الشمسية حشوات التلامس الفضية 3320 (الشكل 31أ) أ، 3325 (الشكل 31ب)، ولكن يمكن ربط موصل بيني متصل الحافة أو موصل بيني من الألومنيوم الشبيه بالناقل إلى ملامس من الألومنيوم (أو القصدير) 3310 عند مواضع مناظرة لحشوات التلامس تلك.
- التمدد الحراري التفاضلي بين الموصلات البينية للمأخذ غير الظاهر (أو الموصلات البينية إلى ملامسات نهاية الخلية الفائقة للسطح الأمامي أو الخلفي) وخلايا السليكون الشمسية، والإجهاد الناتج على الخلية الشمسية والموصل البيني، يمكن أن يؤدي إلى تصدع وأنماط الأعطال الأخرى التي يمكن أن تؤدي إلى تدهور أداء الوحدة الشمسية. وتبعاً لذلك، من المرغوب أن يتم تهيئة المأخذ غير الظاهر والموصلات البينية الأخرى لاستيعاب ذلك التمدد التفاضلي دون تطور إجهاد كبير. يمكن أن توفر الموصلات البينية تخفيفاً للإجهاد والتمدد الحراري مثلاً عن طريق تشكيلها من مواد ذات قابلية مرتفعة للسحب (مثلاً نحاس لين، رقاقة نحاسية نحيفة للغاية)، أو تشكيلها من موادات معامل تمدد حراري منخفض (مثل سبائك الحديد-النيكل ذات التمدد الحراري المنخفض Invar، Kovar أو غيرها) أو من مواد ذات معامل تمدد حراري يتطابق تقريباً مع معامل التمدد الحراري للسليكون، التي تدمج سمات تمددي هندسي في المستوى مثل شقوق، أو شقوق، أو ثقوب، أو بني جمالونية التي تستوعب التمدد الحراري التفاضلي بين الموصل البيني وخلية السليكون الشمسية، و/أو تستخدم سمات هندسة خارج المستوى مثل التواءات، أو نتوءات، أو نقرات التي تستوعب التمدد الحراري التفاضلي المذكور.
- 10
- 15
- 20
- 25 يمكن أن يكون لأجزاء الموصلات البينية المرتبطة بحشوات تلامس المأخذ غير الظاهر (أو المرتبطة بحشوات تلامس نهاية السطح الأمامي أو الخلفي للخلية الفائقة على النحو الموصوف أدناه) كثافة أقل مثلاً من حوالي 100 ميكرون، أقل من حوالي 50 ميكرون، أو أقل من حوالي 30 ميكرون، أو أقل من حوالي 25 ميكرون لزيادة مرونة الموصلات البينية.

بالرجوع مرة أخرى إلى الأشكال 7أ، 7ب-1، و 7ب-2، هذه الأشكال تعرض هيئات توصيل بيني تمثيلية عديدة، مسماة بالأرقام المرجعية A400- U400 ، التي تستخدم سمات هندسية مخففة للإجهاد ويمكن أن تكون مناسبة للاستخدام كموصلات بينية لمأخذ غير ظاهرة أو لتوصيلات كهربية بملامسات نهاية سطح أمامي أو خلفي لخلية فائقة. هذه الموصلات البينية نموذجيًا يكون لها طول مساو تقريبًا لطول الجوانب الطويلة لخلية شمسية مستطيلة التي ترتبط بها، ولكن يمكن أن يكون لها أي طول آخر مناسب.

5

الموصلات البينية التمثيلية T 400-A 400 المبينة في الشكل 7أ تستخدم سمات متنوعة في المستوى مخففة للإجهاد. الموصل البيني التمثيلي U 400 المبين في المسقط في المستوى (y-x) الموجود في الشكل 7ب-1 والمسقط خارج المستوى (z-x) الموجود في الشكل 7ب-2 يستخدم الانثناءات 3705 باعتبارها سمات خارج المستوى مخففة للإجهاد في شريط معدني نحيف. الانثناءات 3705 تقلل من صلابة الشد الظاهرة للشريط المعدني. تسمح الانثناءات لمادة الشريط بأن تنتهي موضعيًا بدلًا من الاستطالة فقط عندما يكون الشريط تحت الشد. بالنسبة للشرائط النحيفة، هذا يمكنه أن يقلل بشكل كبير من صلابة الشد الواضحة بنسبة على سبيل المثال 90٪ أو أكثر.

10

المقدار الفعلي لتخفيض صلابة الشد الواضحة يعتمد على عوامل عدة من بينها عدد الانثناءات، الشكل الهندسي للانثناءات، وكثافة الشريط. يمكن لموصل بيني أن يستخدم أيضًا توليفة من سمات تخفيف الإجهاد داخل المستوى وخارج المستوى.

15

الأشكال 37أ-1 إلى 38ب-2، كما سيتم مناقشتها بالتفصيل أدناه، تعرض هيئات توصيل بيني تمثيلية عديدة تستخدم سمات هندسية مخففة للإجهاد خارج وداخل المستوى ويمكن أن تكون مناسبة للاستخدام كموصلات بينية متصلة الحافة للمأخذ غير الظاهرة.

20

لتخفيض أو التقليل إلى الحد الأدنى لعدد مسارات الموصل المطلوبة لتوصيل كل مأخذ غير ظاهر، يمكن استخدام ناقل موصل بيني لمأخذ غير ظاهر. هذه الطريقة تصل حشوات التلامس المتجاورة لمأخذ غير ظاهر لخلية فائقة ببعضها البعض من خلال استخدام موصل بيني لمأخذ

غير ظاهر. (التوصيل الكهربى يكون نموذجيًا موجب إلى موجب أو سالب إلى سالب، أى نفس القطبية عند كل طرف).

على سبيل المثال، الشكل 32 يعرض موصلًا بينيًا أول لمأخذ غير ظاهر 3400 يسير بشكل كبير على العرض الكامل لخلية شمسية 10 في خلية فائقة أولى 100 ويرتبط توصيلًا بحشوات تلامس مأخذ غير ظاهر 3325 مرتبة على النحو المبين في الشكل 31ب، وموصل بيني ثاني لمأخذ غير ظاهر 3400 يسير على العرض الكامل لخلية شمسية مناظرة في خلية فائقة 100 في صف مجاور ومرتبط توصيلًا على نحو مشابه بحشوات تلامس مأخذ غير ظاهر 3325 مرتبة على النحو المبين في الشكل 31ب. يتم ترتيب الموصلين البينيين 3400 بشكل مواز واختياريًا على نحو ملاصق أو متداخل مع بعضهما البعض، ويمكن ربطهما توصيلًا ببعضهما البعض أو بدلًا من ذلك توصيلهما كهربيًا لتكوين نقال يصل بينيًا الخليتين الفائقتين المتجاورتين. هذا النظام يمكن تمديده عبر صفوف إضافية (جميع الصفوف مثلًا) للخلايا الفائقة حسب الرغبة من أجل تكوين قطاع متواز لوحدة شمسية تشتمل على قطاعات من خلايا فائقة متجاورة عديدة. الشكل 33 يعرض مسقطًا منظوريًا لجزء من خلية فائقة من الشكل 32.

الشكل 35 يعرض مثالًا يتم فيه التوصيل البيني لخلايا فائقة في صفوف متجاورة بواسطة موصل بيني قصير 3400 الذي يمتد على الفجوة بين الخلايا الفائقة والذي يرتبط توصيلًا بحشوة تلامس مأخذ غير ظاهر 3320 على إحدى الخلايا الفائقة وبحشوة تلامس مأخذ غير ظاهر أخرى 3320 على الخلية الفائقة الأخرى، حيث تكون حشوات التلامس مرتبة على النحو المبين في الشكل 32أ. الشكل 36 يعرض هيئة مشابهة حيث يمتد فيها موصل بيني قصير على الفجوة بين الخلايا الفائقة في صفوف متجاورة ويرتبط توصيلًا بنهاية جزء ناقل نحاسي مركزي من معدنة السطح الخلفي على إحدى الخلايا الفائقة ونهاية مجاورة لجزء ناقل نحاسي مركزي من نمط معدنة السطح الخلفي للخلية الفائقة الأخرى، حيث يتم تهيئة معدنة السطح الخلفي النحاسي على النحو المبين في الشكل 31ج. في كلا المثالين يمكن تمديد أنظمة التوصيل البيني عبر صفوف إضافية (جميع الصفوف مثلًا) للخلايا الفائقة حسب الرغبة من أجل تكوين قطاع متواز لوحدة شمسية تشتمل على قطاعات من خلايا فائقة متجاورة عديدة.

- الأشكال 37-أ1 إلى 37-و3 تعرض مساقط في المستوى (y-x) وخارج المستوى (x-z) لموصلات بينية 3400 تمثيلية قصيرة لمأخذ غير ظاهر تشتمل على سمات مخففة للإجهاد في المستوى 3405. (المستوى y-x هو مستوى نمط معدنة السطح الخلفي للخلية الشمسية). في الأمثلة الموجودة في الأشكال 37-أ1 إلى 37-هـ2 يشتمل كل موصل بيني 3400 على عراوي 3400 و3400 ب موضوعه على الجوانب المتقابلة لواحدة أو أكثر من السمات المخففة للإجهاد في المستوى. السمات التمثيلية المخففة للإجهاد في المستوى تشتمل هيئات لواحد أو اثنين أو أكثر من الأشكال الماسية المجوفة، الهيئات المتعرجة، وهيئات لواحد أو اثنين أو أكثر من الشقوق.
- عبارة "سمة مخففة للإجهاد في المستوى" حسب استخدامها هنا يمكن أن تشير أيضًا إلى كثافة أو قوة الشد للموصل البيني أو لجزء من الموصل البيني، فعلى سبيل المثال، الموصل البيني 3400 المبين في الأشكال 37-و1 إلى 37-و3 يتشكل من طول مسطح مستقيم لشريط نحاسي نحيف أو رقاقة نحاس لها كثافة T في المستوى y-x تقل مثلًا أو تساوي حوالي 100 ميكرون، أقل من أو تساوي حوالي 50 ميكرون، أقل من أو تساوي حوالي 30 ميكرون، أو أقل من أو تساوي حوالي 25 ميكرون لزيادة مرونة الموصل البيني. الكثافة T يمكن أن تكون مثلًا حوالي 50 ميكرون. الطول L للموصل البيني يمكن أن يكون مثلًا حوالي 8 سنتيمترات (سم) والعرض W للموصل البيني يمكن أن يكون مثلًا حوالي 0.5 سم. الأشكال 37-و3 و37-و1 على التوالي تعرض مساقط السطح الأمامي والخلفي للموصل البيني في المستوى y-x. السطح الأمامي للموصل البيني يواجه السطح الخلفي للوحدة الشمسية. وحيث إن الموصل البيني يمكن أن يمتد على الفجوة بين الصفيين المتوازيين للخلايا الفائقة في وحدة شمسية، فإن جزءًا من الموصل البيني يمكن أن يكون مرئيًا من خلال تلك الفجوة من الجانب الأمامي للوحدة الشمسية. اختياريًا يمكن تسويد ذلك الجزء من الموصل البيني من خلال طلاءه بطبقة بوليمر سوداء لتقليل وضوح رؤيته.
- في المثال المشروح، يتم طلاء جزء مركزي C3400 من السطح الأمامي للموصل البيني الذي له طول L2 حوالي 0.5 سم بطبقة بوليمر سوداء نحيفة. نمطيًا، تكون L2 أكبر من أو تساوي عرض الفجوة الموجودة بين صفوف الخلايا الفائقة. يمكن أن تكون كثافة طبقة البوليمر السوداء مثلًا حوالي 20 ميكرون. يمكن للموصل البيني الشريطي النحاسي النحيف المذكور أن يستخدم اختياريًا أيضًا سمات مخففة للإجهاد في المستوى أو خارج المستوى كما وصف أعلاه، فعلى سبيل

المثال، يمكن أن يشتمل الموصل البيني على انثناءات مخففة للإجهاد خارج المستوى على النحو الموصوف أعلاه بالنسبة للأشكال 1-ب و 7-ب-2.

5 الأشكال 1-أ38 إلى 2-ب38 تعرض مساقط في المستوى (x-y) وخارج المستوى (x-z) لموصلات بينية تمثيلية قصيرة لمأخذ غير ظاهر 3400 تشتمل على سمات مخففة للإجهاد خارج المستوى 3407. في الأمثلة يشتمل كل موصل بيني 3400 على عراوي 3400 و 3400 ب موضوعه على الجوانب المتقابلة لواحدة أو أكثر من السمات المخففة للإجهاد خارج المستوى. السمات المخففة للإجهاد خارج المستوى التمثيلية تشمل هيئات لواحد أو أكثر من الانثناءات، الالتواءات، التواءات، أو الحزوز.

10 يمكن توظيف أنواع وهيئات السمات المخففة للإجهاد المشروحة في الأشكال 1-أ37 إلى 2-ب37 و 1-أ38 إلى 2-ب38، وقيم كثافة شريط الموصل البيني الموصوفة أعلاه بالنسبة للأشكال 37-ب و 1-أ37 إلى 3-ب37 أيضًا في موصلات بينية طويلة لمأخذ غير ظاهر كما وصف أعلاه وفي موصلات بينية مرتبطة بلامسات نهاية السطح الخلفي أو الأمامي للخلية الفائقة حسبما كان ذلك مناسبًا. يمكن أن يشتمل موصل بيني على توليفة من كل من السمات المخففة للإجهاد في المستوى وخارج المستوى. يتم تصميم السمات المخففة للإجهاد في المستوى وخارج المستوى لتخفيض أو تقليل إلى الحد الأدنى لتأثيرات الانفعال والإجهاد على وصلة الخلية الشمسية وبالتالي إنشاء توصيلات كهربية عالية الموثوقية والمرونة.

20 الأشكال 1-أ39 إلى 2-ب39 تعرض هيئات تمثيلية لموصلات بينية قصيرة لمأخذ غير ظاهر يشتمل على سمات محاذاة حشوة تلامس خلية وسمات محاذاة حافة خلية فائقة لتسهيل التشغيل الذاتي، وسهولة التصنيع ودقة الوضعية. الأشكال 1-ب39 و 2-ب39 تعرض هيئة تمثيلية لموصلات بينية قصيرة لمأخذ غير ظاهر تشتمل على أطوال غير متماثلة للعراوي. يمكن استخدام هذه الموصلات البينية غير المتماثلة في اتجاهات متعاكسة لتجنب تداخل الموصلات التي تسير موازية للمحور الطولي للخلايا الفائقة (انظر المناقشة الخاصة بالأشكال 42-أ إلى 42-ب أدناه).

المأخذ غير الظاهرة الموصوفة هنا يمكن أن تشكل الوصلات الكهربائية المطلوبة في تصميم وحدة من أجل توفير دائرة كهربية مطلوبة لوحدة. يمكن عمل وصلات المأخذ غير الظاهر على سبيل

المثال عند فواصل 12، 24، 36، أو 48 خلية شمسية على طول خلية فائقة، أو عند أي فاصل مناسب آخر. الفاصل بين المآخذ غير الظاهرة يمكن تحديده بناءً على التطبيق.

تتضمن كل خلية فائقة نمطيًا على ملامس نهاية سطح أمامي عند أحد طرفي الخلية الفائقة وعلى ملامس نهاية سطح خلفي عند الطرف الآخر للخلية الفائقة. في صور مغايرة حيث تمتد خلية فائقة على طول أو عرض الوحدة الشمسية، يمكن وضع هذه الملامسات الطرفية بجوار الحافات المتقابلة للوحدة الشمسية.

يمكن ربط موصل بيني مرن بشكل توصيلي بملامس نهاية سطح أمامي أو خلفي لخلية فائقة ليوصل كهربيًا الخلية الفائقة بالخلايا الشمسية الأخرى أو بمكونات كهربية أخرى في الوحدة. على سبيل المثال، الشكل 34 يشرح مسقطًا مقطعيًا عرضيًا لوحدة شمسية تمثيلية بموصل بيني 3410

يرتبط توصيليًا بملامس نهاية سطح خلفي عند نهاية خلية فائقة. يمكن أن يكون الموصل البيني 10 لملامس نهاية السطح الخلفي 3410 عبارة عن، أو يتضمن مثلًا على، شريط نحاسي أو رقاقة نحاسية رقيقة لها كثافة متعامدة على سطح الخلية الشمسية المرتبطة بها أقل من أو تساوي حوالي 100 ميكرون، أو أقل من أو حوالي 50 ميكرون، أو أقل من أو تساوي حوالي 30 ميكرون، أو أقل من أو تساوي حوالي 25 ميكرون لزيادة مرونة الموصل البيني. يمكن أن يكون عرض الموصل البيني على سبيل المثال أكبر من أو يساوي حوالي 10 ملم في مستوى سطح الخلية الشمسية في اتجاه متعامد على تدفق التيار خلال الموصل البيني لتحسين التوصيل. على النحو المشروح، يمكن أن يقع موصل بيني لتلامس نهاية سطح خلفي 3410 خلف الخلايا الشمسية، حيث لا يمتد جزء من الموصل البيني خلف الخلية الفائقة في الاتجاه الموازي لصف الخلية الفائقة.

يمكن استخدام موصلات بينية مشابهة لتوصيل ملامسات نهاية السطح الأمامي. على نحو بديل،

لتقليل مساحة السطح الأمامي للوحدة الشمسية المشغولة بالموصلات البينية لنهاية السطح 20 الأمامي، فإن موصل بيني لسطح أمامي يمكن أن يشتمل على جزء نحيف مرن مرتبط مباشرة بالخلية الفائقة وجزء أكثر كثافة يوفر موصلية عالية. هذا الترتيب يقلل من عرض الموصل البيني اللازم لتحقيق موصلية مرغوبة. الجزء الكثيف من الموصل البيني يمكن أن يكون جزءًا أساسيًا من الموصل البيني، مثلًا أو يكون عبارة عن قطعة منفصلة مرتبطة بالجزء النحيف من الموصل

البيني. على سبيل المثال، الأشكال 34ب-34ج كل منها يعرض مسقطاً مقطوعاً عرضياً لموصل بيني تمثيلي 3410 مرتبط توصيلياً بملامس نهاية سطح أمامي عند نهاية خلية فائقة.

5 في كلا المثالين، يشتمل جزء نحيف مرن 3410أ من الموصل البيني المرتبط مباشرة بالخلية الفائقة على شريط نحاسي نحيف أو رقاقة نحاسية نحيفة لها كثافة متعامدة على سطح الخلية الشمسية المرتبطة بها تكون أقل من أو تساوي حوالي 100 ميكرون، أقل من أو تساوي حوالي 50 ميكرون، أقل من أو تساوي حوالي 30 ميكرون، أو أقل من أو تساوي حوالي 25 ميكرون. يتم ربط جزء شريط نحاسي نحيف 3410ب من الموصل البيني بالجزء النحيف 3410أ لتحسين موصلية الموصل البيني.

10 في الشكل 34ب، يربط شريط موصل كهربياً 3410ج على السطح الخلفي لجزء الموصل البيني النحيف 3410أ جزء الموصل البيني النحيف بالخلية الفائقة وجزء الموصل البيني الكثيف 3410ب. في الشكل 34ج، يتم ربط جزء الموصل البيني النحيف 3410أ بجزء الموصل البيني الكثيف 3410ب عن طريق لاصق موصل كهربياً 3410د وربطه بالخلية الفائقة عن طريق لاصق موصل كهربياً 3410هـ. اللواصق الموصلة كهربياً 3410د و3410هـ يمكن أن تكون متشابهة أو مختلفة، فاللاصق الموصل كهربياً 3410هـ يمكن أن يكون مثلاً عبارة عن لحام قصديري.

15 الوحدات الشمسية الموصوفة في هذا الوصف يمكن أن تشتمل على بنية رقائقية كما هو مبين في الشكل 34أ، حيث يتم شطر خلايا فائقة وواحدة أو أكثر من المواد المغلفة 3610 بين رقاقة أمامية شفافة 3620 ورقاقة سوداء 3630. يمكن أن تكون الرقاقة الأمامية الشفافة عبارة عن زجاج مثلاً، ويمكن أن تكون الرقاقة السوداء عبارة أيضاً عن زجاج أو عبارة عن أي مادة مناسبة أخرى. يمكن وضع شريط إضافي من مادة مغلفة بين موصل بيني لنهاية سطح خلفي 3410 والسطح الخلفي للخلية الفائقة كما تم شرح ذلك.

20 كما يلاحظ أعلاه، توفر المآخذ غير الظاهرة مظهرًا جماليًا لوحدة "كاملة السواد". وحيث إن هذه الوصلات مصنوعة من موصلات تكون نمطياً عاكسة بشكل كبير، فستكون من الطبيعي عالية التناقض مع الخلايا الشمسية المرتبطة. ومع ذلك، من خلال تشكيل الوصلات على السطح الخلفي

للخلايا الشمسية ومن خلال أيضًا تمديد موصلات أخرى في دائرة الوحدة الشمسية خلف الخلايا الشمسية فإن الموصلات المختلفة تكون محجوبة عن الرؤية مما يسمح بنقاط توصيل متعددة (مأخذ غير ظاهرة) مع الحفاظ على المظهر "كامل السواد".

يمكن استخدام المآخذ غير الظاهرة لتكوين تصميمات متنوعة للوحدة. في المثال الموجود في الشكل 40 (التصميم الفيزيائي) والشكل 41 (المخطط الكهربائي)، تشتمل وحدة شمسية على ست خلايا فائقة كل منها تسير على طول الوحدة. حشوات تلامس المآخذ غير الظاهر والموصلات البينية القصيرة 3400 تقسم كل خلية فائقة إلى ثلاثة أقسام وتصل كهربيًا أقسام الخلية الفائقة المجاورة بشكل مواز، وبالتالي تشكل ثلاث مجموعات من أقسام الخلية الفائقة المتصلة المتوازية. يتم توصيل كل مجموعة بشكل متواز مع صمام مختلف من صمامات التحويل الثنائية 1300-1300 ج التي تم إدراجها في (دمجها في) التركيب الرقائقي للوحدة. يمكن وضع صمامات التحويل الثنائية على سبيل المثال مباشرة خلف الخلايا الفائقة أو بين الخلايا الفائقة. يمكن وضع صمامات التحويل الثنائية بشكل تقريبي على طول خط مركزي للوحدة الشمسية مواز للجوانب الطويلة للوحدة الشمسية على سبيل المثال.

في المثال الموجود في الأشكال 42-42ب (المناظر أيضًا للمخطط الكهربائي الموجود في الشكل 41)، تشتمل وحدة شمسية على ست خلايا فائقة كل منها تسير على طول الوحدة. حشوات تلامس المآخذ غير الظاهر والموصلات البينية القصيرة 3400 تقسم كل خلية فائقة إلى ثلاثة أقسام وتصل كهربيًا أقسام الخلية الفائقة المتجاورة بشكل متواز، وبالتالي تشكل ثلاث مجموعات من أقسام الخلية الفائقة المتصلة المتوازية. يتم توصيل كل مجموعة بشكل متواز مع صمام مختلف من صمامات التحويل الثنائية 1300-1300 ج التي توضع خلف الخلايا الفائقة وتصل حشوات تلامس المآخذ غير الظاهر والموصلات البينية القصيرة بصمامات التحويل الثنائية الموضوعة في خلف الوحدة داخل صندوق وصلات.

الشكل 42 يقدم مسقطًا مفصلاً لتوصيل الموصلات البينية القصيرة 3400 للمآخذ غير الظاهر والموصلات 1500 ب و 1500 ج. وكما هو مبين فإن هذه الموصلات لا تتداخل مع بعضها البعض، وفي المثال المشروح يتم تفعيل هذا الأمر من خلال استخدام موصلات بينية غير متماثلة مرتبة في اتجاهات مختلفة. طريقة أخرى لتجنب تداخل الموصلات هو استخدام موصل

بيني غير متماثل أول 3400 يشتمل على عراوي لها طول أول وموصل بيني غير متماثل ثان 3400 يشتمل على عراوي ذات طول مختلف عن الطول الأول.

في المثال من الشكل 43 (المناظر أيضاً لمخطط كهربائي من الشكل 41)، تمت تهيئة الوحدة الشمسية على نحو مماثل وفقاً للموضح في الشكل 42 باستثناء أن التوصيلات البينية بمأخذ غير ظاهر 3400 تشكل النواقل المتواصلة التي تسير بدرجة كبيرة كامل عرض الوحدة الشمسية. قد

يكون كل ناقل عبارة عن توصيل بيني طويل فردي 3400 مرتبط على نحو موصل بمعدنة السطح الخلفي لكل خلية فائقة. على نحو بديل، قد يشتمل الناقل على عدة توصيلات بينية مستقلة، كل منها تغطي خلية فائقة واحدة، مرتبطة على نحو موصل ببعضها البعض أو متصلة بينياً كهربائياً بطريقة أخرى وفقاً للموصوف سابقاً فيما يتعلق بالشكل 41. الشكل 43 أيضاً يوضح توصيلات بينية طرفية لخلية فائقة 3410 تشكل الناقل المتواصل بطول طرف واحد للوحدة الشمسية لتوصيل ملامسات طرفية لسطح أمامي للخلايا الفائقة كهربائياً، وتوصيلات بينية طرفية لخلية فائقة 3410 إضافية تشكل الناقل المتواصل بطول الطرف المقابل للوحدة الشمسية لتوصيل ملامسات طرفية للسطح الخلفي للخلايا الفائقة كهربائياً.

تتناظر الوحدة الشمسية التمثيلية في الأشكال 44-44ب أيضاً المخطط الكهربائي من الشكل 41. يستخدم هذا المثال توصيلات بينية بمأخذ غير ظاهر قصير 3400 كما في الشكل 42 وتوصيلات بينية 3410 تشكل النواقل المتواصلة لملامسات طرفية للسطح الأمامي والخلفي للخلية الفائقة، كما في الشكل 43.

في المثال من الشكل 47أ (مخطط مادي) والشكل 47ب (مخطط كهربائي)، تشتمل وحدة شمسية على ستة من الخلايا الفائقة تسير كل منها كامل طول الوحدة الشمسية. تعمل حشوات تلامس بمأخذ غير ظاهر وتوصيلات بينية قصيرة 3400 على تجزئة كل خلية فائقة إلى 2/3 قطاع

طويل و 1/3 قطاع طويل. توصل توصيلات بينية 3410 عند الحافة السفلى من الوحدة الشمسية (كما يتضح في الشكل) بينياً ثلاث صفوف على الجانب الأيسر على التوازي ببعضها البعض،

ثلاث صفوف على الجانب الأيمن على التوازي ببعضها البعض، وثلاث صفوف على الجانب الأيسر على التوالي بثلاث صفوف على الجانب الأيمن. تشكل هذه التجهيزة ثلاث مجموعات من أقسام خلية فائقة متصلة على التوازي مع كل مجموعة خلية فائقة لها طول 2/3 طول من الخلية

الفائقة. تتصل كل مجموعة على التوازي بأخرى مختلفة من صمامات ثنائية للتفريع A2000-
C2000. تقدم هذه التجهيزة ضعف الفولطية وحوالي نصف التيار الذي يمكن توفيره بواسطة نفس
الخلايا الفائقة إذا كانت متصلة كهربائياً بدلاً من ذلك وفقاً للموضح في الشكل 41.

5 وفقاً للمشار إليه سابقاً بالرجوع إلى الشكل 34أ، قد تقع توصيلات بينية مرتبطة بملامسات طرفية
للسطح الخلفي للخلية الفائقة بالكامل خلف الخلايا الفائقة وتكون غير ظاهرة في المنظر من أمام
(الشمس) جانب الوحدة الشمسية. قد تكون توصيلات بينية 3410 مرتبطة بملامسات طرفية
لسطح أمامي للخلية الفائقة مرئية في المنظر الخلفي للوحدة الشمسية (على سبيل المثال، كما في
الشكل 43) لأنها تمتد أبعد من أطراف الخلايا الفائقة (على سبيل المثال، كما في الشكل 44أ) أو
لأنها تُطوى حول وأسفل أطراف الخلايا الفائقة.

- 10 يبسر استخدام مأخذ غير ظاهرة لجميع أعداد صغيرة من الخلايا الشمسية لكل صمام ثنائي
للتفريع. في الأمثلة في الأشكال 48أ-48ب (كل منها يوضح مخطط مادي)، تشتمل وحدة شمسية
على ستة من الخلايا الفائقة يسير كل منها طول الوحدة. تُجزأ حشوات تلامس بمأخذ غير ظاهر
وتوصيلات بينية قصيرة 3400 كل خلية فائقة إلى أخماس وتصل كهربائياً أقسام خلية فائقة
مجاورة على التوازي، ومن ثم تعمل على تكوين خمسة مجموعات من أقسام خلية فائقة متصلة
15 على التوازي. تكون كل مجموعة متصلة على التوازي بأخرى مختلفة من صمامات ثنائية للتفريع
E2100-A2100 مدرجة في (مضمنة في) البنية الصفائحية للوحدة. قد توجد صمامات ثنائية
للتفريع، على سبيل المثال، مباشرة خلف الخلايا الفائقة أو بين الخلايا الفائقة. تشكل توصيلات
بينية طرفية لخلية فائقة 3410 الناقل المتواصل بطول طرف واحد للوحدة الشمسية لتوصيل
ملامسات طرفية لسطح أمامي للخلايا الفائقة كهربائياً، وتوصيلات بينية طرفية لخلية فائقة 3410
20 إضافية تشكل الناقل المتواصل بطول الطرف المقابل للوحدة الشمسية لتوصيل ملامسات طرفية
للسطح الخلفي للخلايا الفائقة كهربائياً. في المثال من الشكل 48أ، يكون صندوق وصلة واحد
2110 متصل كهربائياً بناقل التوصيل البيني للسطح الأمامي والخلفي الطرفي بواسطة موصلات
2115أ و2115ب. لا توجد صمامات ثنائية في صندوق وصلة، ومع ذلك، على نحو بديل
(الشكل 48ب) يمكن التخلص من موصلات العودة الطويلة 2215أ و2115ب واستبدال صندوق
25 وصلة واحد 2110 باثنين من صندوق وصلات القطبية (+ أو -) 2110أ-2110ب المتواجدة،

على سبيل المثال، عند الحواف المقابلة من الوحدة. يتخلص ذلك من الفقد المقاوم في موصلات العودة الطويلة.

على الرغم من استخدام الأمثلة الموصوفة في الطلب الحالي لمأخذ غير ظاهرة للتجزئة الكهربائية لكل خلية فائقة إلى ثلاث أو خمسة مجموعات من الخلايا الشمسية، فهذه الأمثلة تكون بغرض الإيضاح وليس الحصر. بشكل عام، يمكن استخدام مأخذ غير ظاهرة للتجزئة الكهربائية للخلية الفائقة إلى المزيد من أو أقل من مجموعات الخلايا الشمسية الموضحة، و/ أو إلى المزيد من أو القليل من الخلايا الشمسية لكل مجموعة موضحة.

في التشغيل الطبيعي للوحدات الشمسية الموصوفة في الطلب الحالي، عند عدم انحياز أي صمام ثنائي للتفريع نحو الأمام وفي الحث، يوجد القليل من أو لا توجد تدفقات تيار عبر أية حشوة تلامس بمأخذ غير ظاهر. بدلاً من ذلك، تتكون تدفقات التيار عبر طول كل خلية فائقة عبر الروابط الموصلة خلية-إلى-خلية بين الخلايا الشمسية المتراكبة المجاورة. في المقابل، يوضح

الشكل 45 تدفق التيار عند تحويل جزء من الوحدة الشمسية عبر صمام ثنائي للتفريع منحاز نحو الأمام. كما يتضح بواسطة الأسهم، في هذا المثال يتدفق التيار في أقصى يسار الخلية الفائقة بطول الخلية الفائقة حتى يصل إلى الخلية الشمسية المتصلة بالمأخذ، وبعد ذلك عبر معدنة

السطح الخلفي للخلية الشمسية، حشوة تلامس بمأخذ غير ظاهر (غير موضحة)، توصيل بيني 3400 بالخلية الشمسية الثانية في خلية فائقة مجاورة، حشوة تلامس بمأخذ غير ظاهر أخرى (غير موضحة) يرتبط بها التوصيل البيني في الخلية الشمسية الثانية، من خلال معدنة السطح الخلفي للخلية الشمسية الثانية، وعبر حشوات تلامس بمأخذ غير ظاهر إضافية، توصيلات بينية، ومعدنة السطح الخلفي للخلية الشمسية ليصل إلى ناقل توصيل 1500 إلى صمام ثنائي للتفريع.

يتشابه تدفق التيار عبر الخلايا الفائقة الأخرى. كما يتضح من الرسم التوضيحي، في الحالات المذكورة يمكن لحشوات تلامس بمأخذ غير ظاهر توصيل تيار من اثنين أو أكثر من صفوف الخلايا الفائقة، وبالتالي توصيل تيار أكبر من التيار المتولد في أية خلية شمسية واحدة في الوحدة.

نمطياً لا يوجد القضيب الناقل، حشوة تلامس، أو عنصر آخر حاجز للضوء (غير أصابع معدنة السطح الأمامي أو جزء متراكب من الخلية الشمسية المجاورة) على السطح الأمامي للخلية الشمسية مقابل حشوة تلامس بمأخذ غير ظاهر. وبناءً عليه، إذا تكونت حشوة التلامس بمأخذ غير

ظاهر من الفضة على الخلية الشمسية من السيليكون، قد تنخفض كفاءة تحويل الضوء للخلية الشمسية في منطقة حشوة التلامس بمأخذ غير ظاهر إذا خفضت حشوة التلامس من الفضة تأثير مجال السطح الخلفي الذي يمنع توليفة الحام بالقصدير للسطح الخلفي. كي يتسنى تجنب هذا الفقد في الكفاءة، لا تشتمل نمطياً معظم الخلايا الشمسية في الخلية الفائقة على حشوات تلامس بمأخذ

- 5 غير ظاهر. (على سبيل المثال، في بعض الصور المغايرة ستشتمل تلك الخلايا الشمسية فقط والتي تكون فيها حشوة تلامس بمأخذ غير ظاهر ضرورية لدائرة صمام ثنائي للتفرع على حشوة تلامس بمأخذ غير ظاهر مذكورة). علاوة على ما سبق، لمطابقة توليد التيار في الخلايا الشمسية التي تشتمل على حشوات تلامس بمأخذ غير ظاهر لتوليد التيار في الخلايا الشمسية التي تفتقر إلى حشوات تلامس بمأخذ غير ظاهر، قد تكون مساحة الخلايا الشمسية التي تشتمل على حشوات تلامس بمأخذ غير ظاهر مساحة تجمع ضوء أكبر من الخلايا الشمسية التي تفتقر إلى حشوات تلامس بمأخذ غير ظاهر.

قد يكون لحشوات تلامس بمأخذ غير ظاهر الفردية أبعاد مستطيلة، على سبيل المثال، أقل من أو يساوي حوالي 2 مم في أقل من أو يساوي حوالي 5 مم.

- تتعرض الوحدات الشمسية إلى تدوير درجة الحرارة كنتيجة لصور مغايرة من درجة الحرارة في البيئة التي تم تركيبها فيها، أثناء التشغيل، وأثناء الاختبار. وفقاً للموضح في الشكل 46أ، أثناء تدوير درجة الحرارة المذكور ينتج عن عدم التوافق في التمدد الحراري بين الخلايا الشمسية من السيليكون في الخلية الفائقة والأجزاء الأخرى من الوحدة، على سبيل المثال رقاقة أمامية زجاجية للوحدة، حركة نسبية بين الخلية الفائقة والأجزاء الأخرى من الوحدة بطول المحور الطولي لصفوف الخلية الفائقة. يميل عدم التوافق المذكور إلى تمديد أو ضغط الخلايا الفائقة، وقد يتلف الخلايا الشمسية أو الروابط الموصلة بين الخلايا الشمسية في الخلايا الفائقة. على نحو مماثل، وفقاً للموضح في الشكل 46ب، أثناء تدوير درجة الحرارة ينتج عن عدم التوافق في التمدد الحراري بين وصلة بينية مرتبطة بالخلية الشمسية والخلية الشمسية الحركة النسبية بين التوصيل البيني والخلية الشمسية في اتجاه عمودي على صفوف الخلايا الفائقة. يعمل عدم التوافق المذكور على إجهاد وقد يتلف الخلايا الشمسية، التوصيل البيني، والرابط الموصل بينها. قد يحدث ذلك مع توصيلات بينية

مرتبطة بحشوات تلامس بمأخذ غير ظاهر وتوصيلات بينية مرتبطة بالسطح الأمامي أو الخلفي لخلية فائقة أو الملامسات الطرفية.

على نحو مماثل، قد يخلق التحميل الميكانيكي الحلقي لوحدة شمسية، على سبيل المثال أثناء الشحن أو بسبب الطقس (على سبيل المثال الرياح والثلج)، قوى قص موضعية عند روابط خلية- إلى-خلية داخل الخلية الفائقة وعند الرابط بين الخلية الشمسية والوصلة البينية. يمكن لقوى القص المذكورة أيضاً إتلاف الوحدة الشمسية.

- لتجنب المشكلات الناشئة من الحركة النسبية بين الخلايا الفائقة والأجزاء الأخرى للوحدة الشمسية بطول المحور الطولي لصفوف الخلية الفائقة، مكن انتقاء مادة لاصقة موصلة مستخدمة لربط الخلايا الشمسية المتراكبة المجاورة ببعضها البعض لتكوين الرابط الموصل المرن 3515 (الشكل 10 46) بين الخلايا الشمسية المتراكبة لتوفير توافق ميكانيكي مع الخلايا الفائقة يستوعب عدم التوافق في التمدد الحراري بين الخلايا الفائقة ورقاقة أمامية زجاجية للوحدة في اتجاه مواز لصفوف في مدى درجة حرارة من حوالي -40° م إلى حوالي 100° م دون تلف الوحدة الشمسية. يمكن انتقاء مادة لاصقة موصلة لتكوين الروابط الموصلة التي لها معامل قص عند ظروف الاختبار القياسية (أي، 25° م)، على سبيل المثال، أقل من أو يساوي حوالي 100 ميغا باسكال (ميغا باسكال)، أقل من أو يساوي حوالي 200 ميغا باسكال، أقل من أو يساوي حوالي 300 ميغا باسكال، أقل من أو يساوي حوالي 400 ميغا باسكال، أقل من أو يساوي حوالي 500 ميغا باسكال، أقل من أو يساوي حوالي 600 ميغا باسكال، أقل من أو يساوي حوالي 700 ميغا باسكال، أقل من أو يساوي حوالي 800 ميغا باسكال، أقل من أو يساوي حوالي 900 ميغا باسكال، أو أقل من أو يساوي حوالي 1000 ميغا باسكال. يمكن للروابط الموصلة المرنة بين خلايا شمسية متجاورة متراكبة معادلة الحركة التفاضلية بين كل خلية ورقاقة أمامية زجاجية أكبر من أو يساوي حوالي 15 ميكرون، على سبيل المثال. قد تشمل مواد لاصقة موصلة مناسبة، على سبيل المثال، على ECM 1541-S3 متوفر من Engineered Conductive Materials LLC.

- لتعزيز تدفق الحرارة بطول الخلية الفائقة، مما يقلل من خطر تلف الوحدة الشمسية بسبب البقع الساخنة التي قد تنشأ أثناء التشغيل الوحدة الشمسية إذا كانت الخلية الشمسية في الوحدة منحازة عكسياً نتيجة للتظليل أو لسبب آخر، قد تتكون الروابط الموصلة بين خلايا شمسية متجاورة متراكبة

باستخدام، على سبيل المثال، سُمك عمودي على الخلايا الشمسية أقل من أو يساوي حوالي 50 ميكرون وموصلية حرارية عمودية على الخلايا الشمسية أكبر من أو يساوي حوالي 1.5 واط/(متر-كيلو).

- لتجنب المشكلات الناشئة من الحركة النسبية بين التوصيل البيني والخلية الشمسية التي ترتبط به،
- 5 يمكن انتقاء مادة لاصقة موصلة مستخدمة لربط التوصيل البيني بالخلية الشمسية لتكوين الرابط الموصل بين الخلية الشمسية والتوصيل البيني الجاسئ على نحو كافٍ لدفع التوصيل البيني لاستيعاب عدم التوافق في التمدد الحراري بين الخلية الشمسية والتوصيل البيني في مدى درجة حرارة من حوالي -40° م إلى حوالي 180° م دون تلف الوحدة الشمسية. يمكن انتقاء مادة لاصقة موصلة مذكورة لتكوين الرابط الموصل الذي له معامل قص عند ظروف الاختبار القياسية (أي،
- 10 25° م)، على سبيل المثال، أكبر من أو يساوي حوالي 1800 ميغا باسكال، أكبر من أو يساوي حوالي 1900 ميغا باسكال، أكبر من أو يساوي حوالي 2000 ميغا باسكال، أكبر من أو يساوي حوالي 2100 ميغا باسكال، أكبر من أو يساوي حوالي 2200 ميغا باسكال، أكبر من أو يساوي حوالي 2300 ميغا باسكال، أكبر من أو يساوي حوالي 2400 ميغا باسكال، أكبر من أو يساوي حوالي 2500 ميغا باسكال، أكبر من أو يساوي حوالي 2600 ميغا باسكال، أكبر من أو يساوي حوالي 2700 ميغا باسكال، أكبر من أو يساوي حوالي 2800 ميغا باسكال، أكبر من أو يساوي حوالي 2900 ميغا باسكال، أكبر من أو يساوي حوالي 3000 ميغا باسكال، أكبر من أو يساوي حوالي 3100 ميغا باسكال أكبر من أو يساوي حوالي 3200 ميغا باسكال، أكبر من أو يساوي حوالي 3300 ميغا باسكال، أكبر من أو يساوي حوالي 3400 ميغا باسكال، أكبر من أو يساوي حوالي 3500 ميغا باسكال، أكبر من أو يساوي حوالي 3600 ميغا باسكال، أكبر من أو يساوي حوالي 3700 ميغا باسكال، أكبر من أو يساوي حوالي 3800 ميغا باسكال، أكبر من أو يساوي حوالي 3900 ميغا باسكال، أو أكبر من أو يساوي حوالي 4000 ميغا باسكال. في الصور
- 15 المغايرة المذكورة يمكن للتوصيل البيني تحمل التمدد الحراري أو انكماش التوصيل البيني أكبر من أو يساوي حوالي 40 ميكرون، على سبيل المثال. قد تشمل مواد لاصقة موصلة مناسبة، على سبيل المثال، على Hitachi CP-450 ولحامات بالقصدير.
- 20

وعلى هذا النحو، تتمكن الروابط الموصلة بين خلايا شمسية متجاورة متراكبة داخل الخلية الفائقة من الاستفادة من مادة لاصقة موصلة مختلفة عن الروابط الموصلة بين الخلية الفائقة والتوصيل البيني الكهربائي المرن. على سبيل المثال، قد يتكون الرابط الموصل بين الخلية الفائقة والتوصيل البيني الكهربائي المرن من لحام بالقصدير، وتتكون الروابط الموصلة بين خلايا شمسية متجاورة متراكبة من مادة لاصقة موصلة غير ملحومة بالقصدير. في بعض الصور المغايرة، يمكن إنضاج كل المواد اللاصقة الموصلة في عملية أحادية الخطوة، على سبيل المثال في من حوالي 150° م إلى حوالي 180° م نافذة العملية.

- انصب التركيز في النقاش السابق على تجميع مجموعة من الخلايا الشمسية (قد تكون الخلايا الشمسية المقطوعة) بطريقة مسقفة على ركيزة مشتركة. يترتب على ذلك تكوين الوحدة.
- 10 كي يتسنى تجميع مقدار كافٍ من الطاقة الشمسية المفيدة، ومع ذلك، تشتمل المنشأة نمطياً على عدد من الوحدات المذكورة التي تكون مجتمعة بذاتها معاً. طبقاً للنماذج، مجموعة قد تكون من وحدات خلية شمسية أيضاً مجتمعة بطريقة مسقفة لزيادة كفاءة مساحة المصفوفة.
- في النماذج المحددة، يمكن للوحدة تمييز الشريط الموصل العلوي المواجه لاتجاه الطاقة الشمسية، والشريط الموصل السفلي المواجه بعيداً عن اتجاه الطاقة الشمسية.
- 15 تم طمر الشريط السفلي أسفل الخلايا. بالتالي، لا يعيق الضوء القادم ويؤثر على نحو عكسي على كفاءة مساحة الوحدة. على النقيض، تم كشف الشريط العلوي ويمكنه إعاقة الضوء القادم والتأثير على على نحو عكسي على الكفاءة.
- طبقاً للنماذج قد تكون الوحدات ذاتها مسقفة، بحيث يكون الشريط العلوي مغطى بواسطة وحدة مجاورة. يمكن لهيأة الوحدة المسقفة المذكورة توفير أيضاً مساحة إضافية في الوحدة لعناصر أخرى،
- 20 دون التأثير العكسي على المساحة النهائية لمصفوفة الوحدة المكشوفة. قد تشتمل أمثلة على عناصر الوحدة التي قد يتم تحديد موضعها في المناطق المتراكبة دون حصر على، صندوق الوصلات (الصناديق j) و/ أو أشربة الناقل.

في النماذج المحددة، تكون الصناديق Z للوحدات المسقفة المجاورة المناظرة في تجهيزة تقارن كي يتسنى تحقيق التوصيل الكهربائي بينها. هذا يعمل على تبسيط هيئة مصفوفة من الوحدات المسقفة بواسطة التخلص من الأسلاك.

في النماذج المحددة، يمكن تعزيز الصناديق Z و/أو دمجها مع واجهات بنيوية إضافية. قد تعمل الهيئة المذكورة على تكوين حل حامل تركيبة سقف مائل متكامل، حيث تحدد أبعاد الوصلة الصندوق الإماله. قد يكون التنفيذ المذكور مفيد على نحو محدد حيث يتم تركيب مصفوفة الوحدات المسقفة على سطح مسطح.

تفسح الخلايا الفائقة المسقفة المجال أمام فرص فريدة لمخطط الوحدة فيما يتعلق بأجهزة إدارة القدرة على مستوى الوحدة (على سبيل المثال، المحولات الصغيرة DC/AC، محسنات قدرة الوحدة DC/DC، ذكاء الفولطية والمحوالات الذكية، والأجهزة ذات الصلة). تتمثل مزايا نظم إدارة القدرة على مستوى الوحدة في تحسين قدرة. يمكن للخلايا الفائقة وفقاً للموصوف والمستخدم في الطلب الحالي إنتاج قيم فولطية أعلى من الألواح التقليدية. على نحو إضافي، يمكن لمخطط وحدة خلية فائقة تجزئة الوحدة على نحو إضافي. تعمل كل من قيم الفولطية الأعلى والتجزئة المتزايدة على تكوين مزايا محتملة لتحسين قدرة.

تكشف هذه المواصفة عن الوحدات الشمسية مرتفعة الكفاءة (أي، اللوحات الشمسية) التي تشتمل على الخلايا الشمسية المستطيلة الضيقة من السيليكون المرتبة بطريقة مسقفة ومتصلة كهربائياً على التوالي لتكوين الخلايا الفائقة، مع الخلايا الفائقة المرتبة في الصفوف المتوازية مادياً في الوحدة الشمسية. قد يكون للخلايا الفائقة أطوال تمتد كامل طول أو عرض الوحدة الشمسية، على سبيل المثال، أو اثنين أو أكثر من الخلايا الفائقة قد تكون مرتبة طرف إلى طرف في صف. قد تشتمل كل خلية فائقة على أي عدد من الخلايا الشمسية، يشتمل في بعض الصور المغايرة على الأقل على 19 خلايا شمسية وفي صور مغايرة محددة أكبر من أو يساوي 100 خلية شمسية من السيليكون، على سبيل المثال. قد يكون لكل وحدة شمسية حجم وشكل تقليدي وكذلك المئات من الخلايا الشمسية من السيليكون، تسمح باتصال الخلايا الفائقة في وحدة شمسية واحدة بينياً كهربائياً لتوفير فولطية تيار مباشر (DC) يتراوح على سبيل المثال، من حوالي 90 فولط (V) إلى حوالي

25 450 V أو أكثر.

- وفقاً للموصوف على نحو إضافي فيما يلي، تيسر هذه الفولطية المرتفعة DC التحول من تيار متردد إلى مباشر (AC) بواسطة محول (على سبيل المثال، محول دقيق يوجد على الوحدة الشمسية) بواسطة التخلص من أو الحد من الحاجة إلى تعزيز DC إلى DC (الزيادة في فولطية DC) قبل التحول إلى AC بواسطة محول. أيضاً وفقاً للموصوف على نحو إضافي فيما يلي،
- 5 تيسر فولطية مرتفعة DC أيضاً استخدام التجهيزات والتي فيها يمكن إجراء تحول DC/ AC بواسطة محول مركزي يستقبل خرج الفولطية المرتفع DC من اثنين أو أكثر من الوحدات المسقفة مرتفعة الفولطية لخلية شمسية متصلة كهربائياً على التوازي ببعضها البعض.
- بالرجوع الآن إلى الأشكال لفهم أكثر تفصيلاً للوحدات الشمسية الموصوفة في هذه الموصوفة، يوضح الشكل 1 منظر بمقطع عرضي لسلسلة من الخلايا الشمسية المتصلة على التوالي 10 مرتبة بطريقة مسقفة مع أطراف خلايا شمسية متجاورة متراكبة ومتصلة كهربائياً لتكوين الخلية الفائقة 100. تشتمل كل خلية شمسية 10 على بنية صمام ثنائي شبه موصل وملامسات كهربائية لبنية صمام ثنائي شبه موصل والتي بواسطتها يمكن توفير التيار الكهربائي المتولد في الخلية الشمسية 10 عند إضاءتها بواسطة الضوء إلى حمل خارجي.
- في الأمثلة الموصوفة في هذه الموصوفة، تكون كل الخلية الشمسية 10 خلية شمسية بلورية مستطيلة من السيليكون لها أنماط معدنة سطح أمامي (جانب الشمس) ووسط خلفي (الجانب المظلل) تقدم تلامس كهربائي مع الجوانب المتقابلة لوصلة n-p، يكون نمط المعدنة للسطح الأمامي موضوع على طبقة شبه موصلة لموصلية النوع n، ونمط معدنة سطح خلفي موضوع على طبقة شبه موصلة لموصلية النوع p. ومع ذلك، يمكن استخدام نظم المادة، بنيات صمام ثنائي، أبعاد مادية، أو تجهيزات تلامس كهربائي إذا كان ذلك ملائماً. على سبيل المثال، نمط معدنة السطح الأمامي (جانب الشمس) قد يكون موضوع على طبقة شبه موصلة لموصلية النوع p، ونمط معدنة سطح خلفي (الجانب المظلل) موضوع على طبقة شبه موصلة لموصلية النوع n.
- بالإشارة مرة ثانية إلى الشكل 1، في خلية فائقة 100 تكون خلايا شمسية متجاورة 10 مرتبطة على نحو موصل ببعضها البعض في المنطقة والتي فيها تتراكب بواسطة مادة ربط موصلة كهربائياً تصل كهربائياً نمط المعدنة للسطح الأمامي لخلية شمسية واحدة بنمط معدنة سطح خلفي للخلية الشمسية المجاورة. قد تشتمل مواد ربط موصلة كهربائياً، على سبيل المثال، على مواد
- 25

لاصقة موصلة كهربائياً وأغشية لاصقة موصلة كهربائياً وشرائط لاصقة، ولحامات بالقصدير تقليدية.

- الشكل 2 يوضح وحدة شمسية مستطيلة تمثيلية 200 تشتمل على ستة من الخلايا الفائقة المستطيلة 100، يكون لكل منها طول يساوي تقريباً طول الجوانب الطويلة من الوحدة الشمسية.
- 5 تكون الخلايا الفائقة مرتبة في صورة ستة صفوف متوازية مع توجيه الجوانب الطويلة لها على نحو موازٍ للجوانب الطويلة من الوحدة. على نحو مماثل قد تشتمل وحدة شمسية تمت تهيأتها على المزيد من أو أقل من صفوف الخلايا الفائقة جانبية الطول المذكورة أقل من الموضح في هذا المثال. في صور مغايرة أخرى قد يكون لكل من الخلايا الفائقة طول يساوي تقريباً طول الجانب القصير لوحدة شمسية مستطيلة، وتكون صفوف مرتبة على التوازي مع توجيه الجوانب الطويلة لها على نحو موازٍ للجوانب القصيرة للوحدة. في التجهيزات الأخرى كذلك قد يشتمل كل صف على اثنين أو أكثر من الخلايا الفائقة المتصلة بينياً كهربائياً على التوالي. قد تشتمل الوحدات على جوانب قصيرة لها طول، على سبيل المثال، حوالي 1 متر والجوانب الطويلة لها طول، على سبيل المثال، من حوالي 1.5 إلى حوالي 2.0 متر. يمكن استخدام أية أشكال مناسبة أخرى (على سبيل المثال، مربعة) وأبعاد للوحدات الشمسية أيضاً.
- 15 في بعض الصور المغايرة، توفر الروابط الموصلة بين الخلايا الشمسية المتراكبة توافق ميكانيكي مع الخلايا الفائقة يستوعب عدم التوافق في التمدد الحراري بين الخلايا الفائقة ورقاقة أمامية زجاجية للوحدة الشمسية في اتجاه موازٍ لصفوف في مدى درجة حرارة من حوالي -40° م إلى حوالي 100° م دون تلف الوحدة الشمسية.
- 20 تشتمل كل خلية فائقة في المثال الموضح على 72 من الخلايا الشمسية المستطيلة لكل منها عرض يساوي أو يساوي تقريباً 1/6 عرض رقاقة السيليكون المربعة أو المربعة الزائفة ذات الحجم التقليدي 156 مم أو وطول يساوي أو يساوي تقريباً عرض الرقاقة المربعة أو المربعة الزائفة. على نحو عام أكثر، قد تشتمل الخلايا الشمسية المستطيلة من السيليكون المستخدمة في الوحدات الشمسية الموصوفة في الطلب الحالي على أطوال، على سبيل المثال، تساوي أو تساوي تقريباً عرض رقاقة السيليكون المربعة أو المربعة الزائفة ذات الحجم التقليدي وقيم عرض، على سبيل المثال، تساوي أو تساوي تقريباً 1/M عرض الرقاقة المربعة أو المربعة الزائفة ذات الحجم
- 25

التقليدي، بحيث M تكون أي عدد صحيح $M \geq 20$. M قد تكون على سبيل المثال 3، 4، 5، 6 أو 12. M قد تكون أيضاً أكبر من 20. قد تشتمل الخلية الفائقة على أي عدد مناسب من الخلايا الشمسية المستطيلة المذكورة.

- 5 قد تكون الخلايا الفائقة في وحدة شمسية 200 متصلة بينياً على التوالي بواسطة توصيلات بينية كهربائية (اختيارياً، التوصيلات البينية الكهربائية المرنة) أو بواسطة إلكترونيات قدرة مستوى الوحدة وفقاً للموصوف فيما يلي لتوفير فولطية وحدة شمسية ذات حجم تقليدي أعلى من الفولطية التقليدية، لأن طريقة التسقيف الموصوفة قبل قليل تضم الكثير من الخلايا لكل وحدة أكثر من التقليدية. على سبيل المثال، تشتمل وحدة شمسية ذات الحجم التقليدي على الخلايا الفائقة المصنوعة من 1/ ثمن الخلايا الشمسية المقطوعة من السيليكون التي قد تشتمل على أكثر من 600 خلية شمسية لكل وحدة. بالمقارنة، تشتمل وحدة شمسية ذات الحجم التقليدي على الخلايا الشمسية ذات الحجم التقليدي ومتصلة بينياً من السيليكون تشتمل نمطياً على حوالي 60 خلية شمسية لكل وحدة. في الوحدات الشمسية من السيليكون التقليدية، تكون الخلايا الشمسية المربعة أو المربعة الزائفة نمطياً متصلة بينياً بواسطة شرائط نحاس ومباعدة عن بعضها البعض لاستيعاب الوصلات البينية. في الحالات المذكورة، سيؤدي تقطيع الرقاقة المربعة أو الزائفة المربعة ذات الحجم التقليدي إلى مستطيلات ضيقة إلى خفض إجمالي مقدار المساحة الانشطة من الخلية الشمسية في الوحدة وبناءً عليه يحد من وحدة القدرة بسبب توصيلات بينية إضافية خلية-إلى-خلية. في المقابل، في الوحدات الشمسية التي تم الكشف عنها في الطلب الحالي تحجب التجهيزة المسقفة توصيلات بينية كهربائية خلية-إلى-خلية أسفل المساحة النشطة من الخلية الشمسية. وبناءً عليه قد تقدم الوحدات الشمسية الموصوفة في الطلب الحالي قيم خرج فولطية أعلى دون خفض قدرة دخل الوحدة بسبب وجود القليل من التفاوض أو لا تفاوض بين وحدة القدرة وأعداد الخلايا الشمسية (والتوصيلات البينية خلية-إلى-خلية المطلوبة) في الوحدة الشمسية.
- 15 مستطيلات ضيقة إلى خفض إجمالي مقدار المساحة الانشطة من الخلية الشمسية في الوحدة وبناءً عليه يحد من وحدة القدرة بسبب توصيلات بينية إضافية خلية-إلى-خلية. في المقابل، في الوحدات الشمسية التي تم الكشف عنها في الطلب الحالي تحجب التجهيزة المسقفة توصيلات بينية كهربائية خلية-إلى-خلية أسفل المساحة النشطة من الخلية الشمسية. وبناءً عليه قد تقدم الوحدات الشمسية الموصوفة في الطلب الحالي قيم خرج فولطية أعلى دون خفض قدرة دخل الوحدة بسبب وجود القليل من التفاوض أو لا تفاوض بين وحدة القدرة وأعداد الخلايا الشمسية (والتوصيلات البينية خلية-إلى-خلية المطلوبة) في الوحدة الشمسية.
- 20 مستطيلات ضيقة إلى خفض إجمالي مقدار المساحة الانشطة من الخلية الشمسية في الوحدة وبناءً عليه يحد من وحدة القدرة بسبب توصيلات بينية إضافية خلية-إلى-خلية. في المقابل، في الوحدات الشمسية التي تم الكشف عنها في الطلب الحالي تحجب التجهيزة المسقفة توصيلات بينية كهربائية خلية-إلى-خلية أسفل المساحة النشطة من الخلية الشمسية. وبناءً عليه قد تقدم الوحدات الشمسية الموصوفة في الطلب الحالي قيم خرج فولطية أعلى دون خفض قدرة دخل الوحدة بسبب وجود القليل من التفاوض أو لا تفاوض بين وحدة القدرة وأعداد الخلايا الشمسية (والتوصيلات البينية خلية-إلى-خلية المطلوبة) في الوحدة الشمسية.

عندما تكون جميع الخلايا الشمسية متصلة على التوالي، قد توفر وحدة خلية شمسية مسقفة وفقاً للموصوف في الطلب الحالي فولطية DC في مدى من حوالي 90 فولط إلى حوالي 450 فولط أو أكثر من، على سبيل المثال. وفقاً للمشار إليه سابقاً، قد تكون هذه الفولطية المرتفعة DC مفيدة.

- على سبيل المثال، يمكن استخدام محول دقيق موضوع على أو قريباً من وحدة شمسية لتحسين قدرة على مستوى الوحدة وتحويل DC إلى AC. بالإشارة الآن إلى الأشكال 49أ-49ب، يتقبل محول دقيق 4310 على نحو تقليدي خرج 25 فولط إلى 40 فولط DC من وحدة شمسية واحدة 4300 ويخرج 230 فولط خرج AC لمطابقة الشبكة المتصلة. يشتمل محول دقيق نمطياً على اثنين من المكونات الرئيسية، تعزيز DC/ DC وعكس DC/ AC. تتم الاستفادة من تعزيز DC/ DC لزيادة فولطية ناقل DC المطلوبة لتحويل DC/ AC، وتكون نمطياً مكون أكثر تكلفة وخسارة (2٪ فقد في الكفاءة). لأن الوحدات الشمسية الموصوفة في الطلب الحالي تقدم خرج فولطية مرتفع، قد تنخفض الحاجة إلى تعزيز DC/ DC أو يمكن التخلص منها (الشكل 49ب). قد يقلص ذلك من التكلفة ويرفع الكفاءة وموثوقية الوحدة الشمسية 200.
- 10 في التجهيزات التقليدية باستخدام محول مركزي ("سلسلة") بدلاً من محولات دقيقة، الوحدات الشمسية التقليدية منخفضة خرج DC تكون متصلة كهربائياً على التوالي ببعضها البعض وبمحول سلسلة. الفولطية المنتجة بواسطة سلسلة من الوحدات الشمسية تساوي مجموعة وحدة قيم الفولطية الفردية، لأن الوحدات متصلة على التوالي. يحدد مدى الفولطية المسموح به الحد الأقصى والحد الأدنى لعدد الوحدات في السلسلة. يتم تعيين الحد الأقصى لعدد الوحدات بواسطة حدود فولطية الوحدة وفولطية الشفرة: على سبيل المثال $N_{max} \times V_{oc} > 600$ فولط (المعيار السكني في الولايات المتحدة) أو $N_{max} \times V_{oc} > 1,000$ فولط (المعيار التجاري). الحد الأدنى لعدد الوحدات على التوالي المحدد بواسطة فولطية الوحدة والحد الأدنى لفولطية التشغيل المطلوبة بواسطة محول سلسلة: $N_{min} \times V_{mp} > V_{Invertermin}$. الحد الأدنى لفولطية التشغيل ($V_{Invertermin}$) المطلوبة بواسطة محول سلسلة (على سبيل المثال، Fronius، Powerone، أو محول SMA) يتراوح نمطياً بين حوالي 180 فولط وحوالي 250 فولط. نمطياً، فولطية التشغيل المثالية لمحول السلسلة تبلغ حوالي 400 فولط.
- 20
- قد تنتج وحدة خلية شمسية واحدة مسقفة مرتفعة فولطية DC وفقاً للموصوف في الطلب الحالي فولطية أكبر من الحد الأدنى لفولطية التشغيل المطلوبة بواسطة محول سلسلة، واختيارياً عند أو قريباً من فولطية التشغيل المثالية لمحول سلسلة. ونتيجة لذلك، قد تكون وحدات خلية شمسية مسقفة مرتفعة الفولطية DC موصوفة في الطلب الحالي متصلة كهربائياً على التوازي ببعضها
- 25

- البعض بمحول سلسلة. وبذلك يمكن تجنب متطلبات طول السلسلة لسلاسل الوحدة المتصلة على التوالي، مما قد يعمل على تعقيد تصميم النظام والتركيب. أيضاً، في سلسلة متصلة على التوالي من الوحدات الشمسية يسيطر أقل تيار وحدة، ويتعذر تشغيل النظام بكفاءة في حالة استقبال وحدات في السلسلة إضاءة مختلفة كما يحدث مع وحدات في منحدرات السقف أو كنتيجة لظليل شجرة. 5 قد تتجنب هياكل الوحدة الموازية مرتفعة الفولطية الموصوفة في الطلب الحالي هذه المشكلات كذلك، لأن التيار عبر كل وحدة شمسية مستقل عن تيار عبر الوحدات الشمسية الأخرى. علاوة على ما سبق، يجب ألا تتطلب التجهيزات المذكورة إلكترونيات قدرة على مستوى الوحدة وبالتالي يمكن أن تحسن من موثوقية الوحدات الشمسية، وقد يكون ذلك هاماً على نحو محدد في صور مغايرة تنتشر فيها الوحدات الشمسية على سطح المبنى.
- 10 بالإشارة الآن إلى الأشكال 50أ-50ب، وفقاً للموصوف سابقاً، قد تسير الخلية الفائقة تقريباً كامل طول أو عرض الوحدة الشمسية. لتمكين الوصلات الكهربائية بطول الخلية الفائقة، يمكن دمج نقطة التوصيل بمأخذ كهربائي (من منظر أمامي) في بنية الوحدة الشمسية. يمكن إنجاز ذلك بواسطة توصيل موصل كهربائي بمعدنة السطح الخلفي من الخلية الشمسية عند طرف أو موقع وسيط في الخلية الفائقة. تسمح المآخذ غير الظاهرة المذكورة بالتجزئة الكهربائية للخلية الفائقة، 15 وتساعد على التوصيل البيني للخلايا الفائقة أو أقسام الخلايا الفائقة بصمامات ثنائية للتفريع، إلكترونيات قدرة على مستوى الوحدة (على سبيل المثال محول دقيق، محسنات القدرة، ذكاء الفولطية والمحويلات الذكية، والأجهزة ذات الصلة)، أو المكونات الأخرى. يتم وصف استخدام مأخذ غير ظاهرة علاوة على ذلك في طلب البراءة الأمريكية المؤقت رقم 62/081،200، طلب البراءة الأمريكية المؤقت رقم 62/133،205، وطلب البراءة الأمريكية رقم 14/674،983، وقد تم إدراج كل منها في الطلب الحالي كمرجع في مجملها. 20
- في الأمثلة من الشكل 50أ (مخطط مادي تمثيلي) والشكل 50ب (مخطط كهربائي تمثيلي)، الوحدات الشمسية 200 الموضحة تشتمل كل على ستة من الخلايا الفائقة 100 متصلة كهربائياً على التوالي لتوفير فولطية مرتفعة DC. كل خلية فائقة تتم تجزئتها كهربائياً إلى العديد من مجموعات الخلايا الشمسية بواسطة مأخذ غير ظاهرة 4400، بحيث تكون كل مجموعة من الخلايا الشمسية متصلة كهربائياً على التوازي بصمام ثنائي للتفريع 4410 مختلف. في هذه 25

الأمثلة تكون صمامات ثنائية للتفريع موضوعة داخل البنية الصفائحية للوحدة الشمسية ، أي، تكون الخلايا الشمسية في مُغلف بين رقاقة سطح أمامي شفافة ورقاقة خلفية. على نحو بديل، قد تكون صمامات ثنائية للتفريع موضوعة في وصلة صندوق توجد على السطح الخلفي أو حافة الوحدة الشمسية، ومتصلة بينياً بـمأخذ غير ظاهرة بواسطة تشيغلات موصل.

5 في الأمثلة من الشكل 51أ (مخطط مادي) والشكل 51 ب (المناظر للمخطط الكهربائي)، تم توضيح وحدة شمسية 200 أيضاً تشتمل على ستة من الخلايا الفائقة 100 متصلة كهربائياً على التوالي لتوفير فولتية DC مرتفعة . في هذا المثال، تتم تجزئة الوحدة الشمسية كهربائياً إلى ثلاثة سلاسل مزدوجة متصلة الخلايا الفائقة، مع كل زوج من الخلايا الفائقة المتصلة كهربائياً على التوازي مع صمام ثنائي مختلف للتفريع . في هذا المثال يتم وضع صمامات ثنائية للتفريع داخل صندوق وصلة 4500 توجد على السطح الخلفي للوحدة الشمسية. يمكن أن تكون صمامات ثنائية للتفريع بدلاً من ذلك موجودة في الوحدة الشمسية البنية الصفائحية أو في صندوق وصلة مُركب على حافة.

15 في الأمثلة وفي الأشكال 50-51 ب ، في التشغيل الطبيعي للوحدة الشمسية يتم شد كل الخلية الشمسية إلى الأمام وكل الصمامات الثنائية للتفريع يتم شدها بالتالي إلى الاتجاه العكسي وليس توصيلها . إذا كانت واحدة أو أكثر من الخلايا الشمسية في المجموعة قد تم شدها بشكل عكسي إلى فولتية أعلى بشكل كاف ، ومع ذلك، فإن الصمام الثنائي للتفريع المناظر لتلك المجموعة سوف يتم تشغيله ويتم تدفق التيار خلال الوحدة ويتفرع خلال الخلايا الشمسية المشدودة بشكل عكسي . يمنع هذا تكوين البقع الساخنة الخطيرة عند وجود ظل أو تلف في التشغيل للخلايا الشمسية.

20 على نحو بديل، يمكن تحقيق فعالية صمام ثنائي للتفريع داخل إلكترونيات قدرة في مستوى الوحدة، على سبيل المثال محول دقيق، موضوع على أو بالقرب من الوحدة الشمسية. (يمكن أن تتم الإشارة أيضاً إلى إلكترونيات قدرة بمستوى الوحدة واستخدامها في الطلب الحالي بأنها وسائل أو أنظمة إدارة القدرة على مستوى الوحدة وإدارة القدرة على مستوى الوحدة). يمكن أن تحسن إلكترونيات قدرة مستوى الوحدة المذكورة ، اختياريًا المدمجة في الوحدة الشمسية للقدرة من مجموعات من الخلايا الفائقة، ومن كل خلية فائقة، أو من كل جزء خلية فائقة فردية في الخلايا الفائقة المجزأة بشكل كهربائي (على سبيل المثال، بواسطة opera تشغيل مجموعة من الخلايا الفائقة، لخلية فائقة، أو

جزء خلية فائقة عند نقطة القدرة عند الحد العلوي لها) وبالتالي توفير تحسين قدرة منفصلة في الوحدة. يمكن أن تقوم الإلكترونيات الخاصة بقدرة مستوى الوحدة بالقضاء على الحاجة لأي صمامات ثنائية في الوحدة مثل الإلكترونيات الخاصة بالقدرة التي تحدد موعد التمرير الفرعي للوحدة بكاملها ومجموعة معينة من خلايا فائقة وواحد أو أكثر من الخلايا الفائقة الفردية و/أو واحدة أو أكثر من أجزاء الخلية الفائقة المعينة.

5

يمكن تحقيق ذلك، على سبيل المثال، بواسطة معلومات فولتية متكامل عند مستوى الوحدة. وعن طريق مراقبة خرج الفولتية من دائرة خلية شمسية، (على سبيل المثال، واحدة أو أكثر من الخلايا الفائقة أو أجزاء الخلية الفائقة) في وحدة شمسية، فإن "المفتاح الذكي" لوسيلة إدارة القدرة يمكن تحديده إذا كان الدائرة مشتملة على أي خلايا شمسية في الاتجاه العكسي. إذا تم اكتشاف خلية شمسية مشدودة بشكل عكسي، فإن وسيلة إدارة القدرة يمكنها ان تنفصل عن الدائرة المناظرة من النظام الكهربائي باستخدام، على سبيل المثال، مفتاح ترحيل أو أي مكون آخر. على سبيل المثال، إذا انخفضت دائرة اخلية الشمسية التي تمت مراقبتها إلى أقل من القيمة الحدية التي تم تحديدها بشكل مسبق، فإن وسيلة إدارة القدرة سوف تقوم بإيقاف (فتح الدائرة). يمكن أن تكون القيمة الحدية المحددة بشكل مسبق، على سبيل المثال، عبارة عن نسبة مئوية معينة أو مقدار (على سبيل المثال، 20% أو 10 فولت) بالمقارنة مع التشغيل الطبيعي للدائرة. يمكن تضمين تنفيذات معلومات الفولتية بداخل منتجات إلكترونيات قدرة المستوى للوحدة الموجودة (على سبيل المثال، من (Inc.، Tigo Energy، Inc.، Solaredge Technologies،Enphase Energy Inc. خلال تصميم دائرة تقليدي.

15

يوضح الشكل 52أ (مخطط مادي) والشكل 52ب (المناظر للمخطط الكهربائي) تخطيط توضيحي لإدارة القدرة على مستوى الوحدة من فولتية عالية تشتمل وحدة شمسية على الخلايا الفائقة المسقفة. في هذا المثال، تشتمل وحدة شمسية مستطيلة 200 على ستة خلايا فائقة مسقفة مستطيلة 100 مرتبة في ستة صفوف تمتد بطول الجوانب الطويلة من الوحدة الشمسية. تكون ستة من الخلايا الفائقة متصلة كهربائياً على التوالي لتوفير فولتية DC مرتفعة . يمكن أن تقوم إلكترونيات قدرة مستوى الوحدة 4600 بإجراء استشعار فولتية، إدارة قدرة ، و/ أو تحويل DC/ AC لوحدة كاملة.

25

- يقوم الشكل 53 (مخطط مادي) والشكل 53ب (المناظر للمخطط الكهربائي) بتوضيح تصميم تخطيطي آخر لإدارة القدرة على مستوى الوحدة من فولتية عالية حيث تشتمل وحدة شمسية على الخلايا الفائقة المسقفة. في هذا المثال، تمتد وحدة شمسية مستطيلة 200 تشتمل على ستة خلايا فائقة مسقفة مستطيلة 100 مرتبة في ستة صفوف على طول الجوانب الطويلة من الوحدة الشمسية. 5 ستة تكون الخلايا الفائقة مقترنة كهربياً بداخل ثلاثة سلاسل مزدوجة متصلة للخلايا الفائقة. يتصل كل زوج من الخلايا الفائقة بشكل فردي مع إلكترونيات قدرة لمستوى الوحدة 4600، والتي يمكن أن تقوم بإجراء استشعار فولتية و تحسين القدرة على أزواج فردية من الخلايا الفائقة ، توصيل اثنين أو أكثر منها على التوالي لتوفير فولتية DC مرتفعة ، و/ أو إجراء تحويل DC/ AC.
- الشكل 54 (مخطط مادي) والشكل 54ب (المناظر للمخطط الكهربائي) يوضح تصميم تخطيطي آخر لإدارة القدرة على مستوى الوحدة من فولتية عالية، تشتمل وحدة شمسية على الخلايا الفائقة المسقفة. في هذا المثال، تمتد وحدة شمسية مستطيلة 200 تشتمل على ستة خلايا فائقة مسقفة مستطيلة 100 مرتبة في ستة صفوف على طول الجوانب الطويلة من الوحدة الشمسية. كل خلية فائقة متصلة بشكل فردي مع إلكترونيات قدرة مستوى الوحدة 4600، والتي يمكن أن تقوم بإجراء استشعار فولتية و تحسين القدرة على كل خلية فائقة، توصيل اثنين أو أكثر منها على التوالي لتوفير فولتية DC مرتفعة ، و/ أو إجراء تحويل DC/ AC. 10
- يقوم الشكل 55 (مخطط مادي) والشكل 55ب (المناظر للمخطط الكهربائي) بتوضيح تصميم تخطيطي آخر لإدارة القدرة على مستوى الوحدة من فولتية عالية تشتمل وحدة شمسية على الخلايا الفائقة المسقفة. في هذا المثال، تمتد وحدة شمسية مستطيلة 200 تشتمل على ستة خلايا فائقة مسقفة مستطيلة 100 مرتبة في ستة صفوف على طول الجوانب الطويلة من الوحدة الشمسية. تتم تجزئة كل خلية فائقة كهربائياً إلى اثنين أو أكثر من مجموعات الخلايا الشمسية بواسطة مآخذ غير ظاهرة 4400. تكون كل مجموعة ناتجة للخلايا الشمسية متصلة بشكل فردي مع إلكترونيات قدرة مستوى الوحدة 4600، والتي يمكن أن تقوم بإجراء استشعار فولتية و تحسين القدرة على كل مجموعة الخلايا الشمسية، مجموعة متصلة من المجموعات على التوالي لتوفير فولتية DC مرتفعة ، و/ أو إجراء تحويل DC/ AC . 15
- 20
- 25

في بعض الصور المغايرة تكون اثنين أو أكثر من DC عالية الفولتية مسقفة لوحدة خلية شمسية وفقاً للموصوف في الطلب الحالي متصلة كهربائياً على التوالي لتوفير خرج فولتية عالي DC، الذي يتم تحويله إلى AC بواسطة محول . يمكن أن يكون المحول عبارة عن محول دقيق مدمج في واحدة من الوحدات الشمسية، على سبيل المثال. في الحالات المذكورة يمكن أن يرتبط المحول الدقيق بشكل اختياري بواسطة إدارة القدرة على إلكترونيات مستوي الوحدة التي تقوم أيضاً بالاستشعار الإضافي و ووظائف التوصيل وفقاً للموصوف سابقاً. على نحو بديل يمكن أن يكون المحول عبارة عن محول سلسلة مركزية " مثل الذي تجري مناقشته فيما يلي.

وكما هو موضح في الشكل رقم 56، عندما تكون الخلايا الوترية على التوالي في الوحدة الشمسية المتجاورة في صفوف من الخلايا الفائقة فيمكن أن تتم إزاحتها على طول محاورها في طريقة مرتبة متمائلة. يسمح هذا التمايل للأطراف المتجاورة من صفوف الخلايا الفائقة للصفوف بأن تكون مرتبطة على نحو كهربائي على التوالي بواسطة الرابطة الداخلية 4700 التي يتم ربطها مع الجزء العلوي من الخلية الفائقة الواحدة والجزء السفلي من الأخرى ومع الجزء السفلي من الأخرى بينما تكون المساحة الخاصة بالوحدة التي توفر (الحيز/ الطول) كما هو الحال مع التصنيع الانسيابي. يمكن إزاحة الصفوف المتجاورة من الخلايا الفائقة بمقدار حوالي 5 ملليمتر، على سبيل المثال.

يمكن أن يؤدي التمدد الحراري التفاضلي بين توصيلات بينية كهربائية 4700 والخلايا الشمسية من السيليكون والإجهاد الناتج على الخلية الشمسية على الخلية الشمسية ويمكن أن يؤدي التقطع الداخلي إلى التكسير وأنواع الفشل الأخرى التي يمكن أن يتم تحليل الأداء والوحدة الشمسية. ونتيجة لذلك، من المرغوب أن يكون الارتباط الداخلي والتصميم قد تم احتواؤه مثل التمدد المتمايز بدون زيادة الضغط الكبير. يمكن أن يوفر الربط الداخلي ضغط وخفض التمدد الحراري، على سبيل

المثال، التي يتم تشكيلها من مواد مطروقة عالية (على سبيل المثال، رقاقة من نحاس لين أو رقاقة من نحاس رفيع) التي تم تشكيلها من مواد فعالة للتمديد الحراري المنخفض (على سبيل المثال، كوفار وإنفار أو أي سبائك حديد -نيكل لها تمدد حراري منخفض) أو من مواد لها معامل تمدد حراري متوافق إلى حد تقريبي من السيليكون وتشتمل على سمات تمدد هندسية مستوية مثل الشقوق الطولية والشقوق والثقوب أو بنيات مثل الجمالون والتي تحتوي التمدد الحراري التفاضلي بين الالتحام والخلية الشمسية من السيليكون و/أو استخدام سمات هندسية خلاف المسطحة مثل

الالتواءات أو التذبذب، والنقرات والتي تحتوي مثل تلك التمددات الحرارية التفاضلية. يمكن أن تكون أجزاء التوصيل الخاصة بالتوصيلات الداخلية لها سُمْك أقل من حوالي 100 ميكرون أو أقل من حوالي 50 ميكرون، أقل من حوالي 30 ميكرون، أو أقل من حوالي 25 ميكرون لزيادة مرونة التوصيلات البينية. (يوفر التيار المنخفض بشكل عام في الوحدات الشمسية المذكورة استخدام شرائط موصلة مرنة رفيعة بدون فقد كبير في القدة ناتج عن مقاومة كهربية من الربط البيني الرفيع).

في بعض الصور المغايرة، تقوم الروابط الموصلة بين الخلية الفائقة والتوصيل البيني الكهربائي المرن بإجبار التوصيل البيني الكهربائي المرن لاستيعاب عدم التوافق في التمدد الحراري بين الخلية الفائقة والتوصيل البيني الكهربائي المرن لمدى درجة حرارة من حوالي -40° م إلى حوالي 180° م دون تلف الوحدة الشمسية.

يوضح الشكل 7أ (تمت مناقشته أعلاه) العديد من التصميمات البينية التوضحية التي تم تحديدها بواسطة الأعداد المرجعية من 400-400 ت والتي يتم استخدامها في إجهاد مسطح مع سمات هندسية تخفف الضغط في المسطح وتوضح الأشكال 7ب-1 و 7ب-2 (التي تمت مناقشتها أعلاه أيضاً) أحد أمثلة التصميمات البينية التي تم تحديدها بواسطة الأرقام المرجعية من 400 ش و 3705 التي تستخدم سمات هندسية تخفف ضغط الجزء المسوي. تكون أي واحدة أو أي توليفة من الهياكل المتصلة داخلياً المستخدمة في سمات تخفف الضغط يمكن أن تكون مناسبة لخلايا فائقة متصلة بشكل داخلي على نحو كهربائي في العديد لكي يتم توفير فولتية DC عالية كما تم وصفه هنا.

ترتكز المناقشة فيما يتعلق بالأشكال من 51أ55ب على مستوى الوحدة الخاصة بتحسين الأداء مع تحويل DC/AC محتمل من فولتية وحدة DC عالية بواسطة إلكترونيات قدرة مستوى خاصة بالوحدة لتوفير خرج AC من الوحدة. وكما تمت ملاحظته أعلاه، فإن تحويل DC/AC من الفولتيات العالية لـ DC من وحدات الخلية الشمسية هنا يمكن أن تقوم بدلاً من ذلك بتشغيل وسيلة تحويل وترية مركزية. على سبيل المثال، فإن الشكل رقم 57أ يوضح على نحو تخطيطي نظام فولطائي ضوئي 4800 الذي يشتمل على مجموعة من فولتية DC عالية لوحدات خلية شمسية مسقفة 200 مرتبطة بشكل كهربائي ومتصل على نحو مواز مع بعضها البعض بوسيلة تحويل وترية

- 4815 من خلال موصل سالب لفولتية DC عالية 4820 وموصل موجب الفولتية 4810. وبشكل نمطي فإن كل وحدة شمسية 200 تشتمل على مجموعة من خلايا فائقة مسقفة متصلة على نحو كهربى في مجموعة من الوصلات الداخلية الكهربائية لتوفير فولتية DC عالية كما تم وصفه أعلاه. يمكن أن تشتمل الوحدات الشمسية 200 بشكل اختياري على صمامات ثنائية للتفريغ مرتبة وفقاً للموصوف سابقاً، على سبيل المثال. يوضح الشكل 57 مثلاً لنشر نظام فولطائي ضوئي 4800 على الجزء العلوي من السقف.
- 5
- في بعض الصور المتغيرة من النظام الفولطائي الضوئي 4800، هناك اثنين أو أكثر من السلاسل القصيرة المرتبطة من الأوتار الخاصة بوحدات خلية شمسية مسقفة عالية الفولتية DC والتي يتم ربطها بشكل كهربى على نحو مواز مع محول من السلسلة. وبالإشارة مرة ثانية إلى الشكل رقم 57، على سبيل المثال، فإن كل وحدة شمسية 200 يمكن استبدالها باستخدام سلاسل مرتبطة مع سلسلة من اثنين أو أكثر من وحدات الخلية الشمسية المسقفة عالية الفولتية 200. يمكن إجراء ذلك، على سبيل المثال، لتحسين الفولتية التي تم توفيرها من المحول بينما يتم الوفاء بالمعايير المنظمة.
- 10
- تقوم الوحدات الشمسية التقليدية بشكل نمطي بإنتاج حوالي 8 أمبير I_{sc} (تيار دائرة قصير) حوالي 50 Voc (فولتية دائرة مفتوحة) وحوالي 35 Vmp (فولتية نقطية الخاصة بالقدرة عند الحد الأقصى لها). وكما تمت مناقشته أعلاه، فإن وحدات الخلية الشمسية المسقفة عالية الفولتية DC كما تم وصفه هنا تشتمل على M من المرات من عدد تقليدي من الخلايا الشمسية مع كل من الخلايا الشمسية لها مساحة من حوالي 1/ مولار/ من المساحة الخاصة بخلايا شمسية تقليدية والتي تنتج بشكل جيد M من المرات مع فولتية أعلى و $M/1$ الحالية من الوحدة الشمسية التقليدية. وكما تمت ملاحظته أعلاه فإن M يمكن أن يكون عبارة عن أي عدد مناسب، بشكل نمطي $20 \geq$ ، ولكن يمكن أن يكون أكبر من 20. يمكن أن تكون M على سبيل المثال 3، 4، 5، 6، أو 12.
- 15
- إذ كانت $M = 6$ ، تكون Voc خاصة بوحدات خلايا شمسية مسقفة عالية الفولتية DC والتي يمكن، على سبيل المثال، أن تكون حوالي 300 فولت. يوفر ربط اثنين من الوحدات المذكورة على التوالي حوالي 600 فولت DC للموصل والتي تكون متوائمة مع المجموعة عند الحد الأقصى لها
- 20
- 25

من المقاييس الأساسية US . إذا كانت $M = 4$ ، تكون V_{oc} خاصة بوحدات خلية شمسية عالية الفولتية مسقفة، تكون على سبيل المثال، حوالي 200 فولت. ومع ربط ثلاثة من تلك الوحدات في مجموعات فإنها يمكن أن توفر حوالي 600 فولت DC خاصة بالموصل. إذا كانت $M = 12$ ، فإن V_{oc} تكون خاصة بوحدات خلية شمسية مسقفة عالية الفولتية من DC التي يمكن أن تكون على سبيل المثال، حوالي 600 فولت. يمكن أن يتم أيضا تصميم نظام له فولتية موصل أقل من 600 فولت. وفي مثل تلك التغييرات فإن هناك وحدات خلية شمسية مسقفة عالية الفولتية DC، يمكن أن تكون، على سبيل امثال، مرتبطة في أزواج مع صور ثلاثية أو أي توليفة مناسبة في صندوق وسيلة توفيق لتوفير فولتية مثالية خاصة بالمحول.

يكون هناك زيادة خاصة بالتحدي من التصميمات المتوازية من وحدات خلية شمسية مسقفة عالية الفولتية DC تم وصفها أعلاه حيث لا يكون هناك أي وحدة شمسية لها دائرة قصيرة من الوحدات الشمسية التي يمكن أن يتم غمسها بشكل شامل فيما يتعلق بقدرتها على الوحدة القصيرة (أي، يتم دفع التيار الحالي خلال قدرة مشتتة في وحدة قصيرة) ويتم إنشاء الصورة الخاصة بالخطر. يمكن تجنب تلك المشكلة، على سبيل المثال، من خلال استخدام صمامات ثنائية حاجبة مرتبة لتجنب وحدات أخرى من الدفع خلال وحدة نمطية قصيرة، واستخدام مصاهر مقيدة للتيار في توليفة مع صمامات ثنائية حاجبة. يوضح الشكل 57 بشكل تخطيط استخدام اثنين من المصاهر المقيدة للتيار 4830 على أطراف موجبة وسالبة من سلالة خلية شمسية مسقفة عالية الفولتية DC من الوحدة النمطية 200.

يكون هناك ترتيب خاص بالحماية من الصمامات الثنائية الحاجبة و/أو المنصهرات الذي يمكن أن يعتمد على ما إذا كان هناك محول أو لم يمكن يشتمل على وسيلة تحويل. يكون هناك أنظمة خاصة باستخدام وسيلة تحويل تشتمل على وسيلة تحويل يتم توصيلها أرضياً بشكل نمطي مع موصل سالب. لا تتصل الأنظمة التي تستخدم محول بشكل نمطي بخط أرضي مع موصل سالب. بالنسبة لمحول وسيلة التحويل يمكن أن يكون من المفضل أن يشتمل على منصهر في اتصال مع طرف موجب من الوحدة الشمسية و منصهر خاص بتحديد تيار آخر في ارتباط مع طرف سالب. يمكن وضع صمامات ثنائية حاجبة و/أو مصاهر مقيدة للتيار، على سبيل المثال، مع كل وحدة في صندوق وصلة أو في الوحدة الصفائحية. قد يشتمل صندوق الوصلات المناسبة، صمامات

- ثنائية حاجبة (على سبيل المثال، في ارتباط مع صمامات ثنائية حاجبة)، ومصاهر (على سبيل المثال، في ارتباط مع مصاهر) على تلك المتاحة من Shoals Technology Group.
- يوضح الشكل 58 مثال DC عالية الفولتية مسقفة لوحدة خلية شمسية تشتمل على صندوق وصلة 4840 والتي فيها صمام ثنائي حاجب 4850 يكون متماشياً مع الطرف الموجب للوحدة الشمسية. لا يشتمل صندوق الوصلة على تيار مقيد بمنصهر . يمكن على نحو مفضل استخدام هذه الهيئة
- 5 في توليفة مع واحد أو أكثر من مصاهر مقيدة للتيار موجودة بمكان آخر (على سبيل المثال في صندوق الواحد) بما يتماشى مع أطراف موجبة و/أو أطراف سالبة للوحدة الشمسية (على سبيل المثال، انظر الشكل 58 فيما يلي). يوضح الشكل 58 مثال DC عالية الفولتية مسقفة لوحدة خلية شمسية تشتمل على صندوق وصلة 4840 والتي يكون فيها صمام ثنائي حاجب متماشياً مع
- 10 الطرف الموجب للوحدة الشمسية وتيار مقيد بمنصهر يكون عبارة عن 4830 بما يتماشى مع الطرف السالب . يوضح الشكل 58 مثالاً لـ DC عالية الفولتية مسقفة وحدة خلية شمسية تشتمل على صندوق وصلة 4840 والتي فيها تيار مقيد بمنصهر يكون عبارة عن 4830 بما يتماشى مع الطرف الموجب للوحدة الشمسية وتيار آخر مقيد بمنصهر يكون عبارة عن 4830 بما يتماشى مع الطرف السالب . يوضح الشكل 58 مثال DC عالية الفولتية مسقفة وحدة خلية شمسية تشتمل على صندوق وصلة 4840 تم تصميمه كما هو في الشكل 58أ، ومصاهر موجودة بجانب صندوق وصلة بما يتماشى مع الصورة لموجبة وبعد ذلك أطراف سالبة للوحدة الشمسية.
- بالإشارة الآن إلى الأشكال 59أ-59ب، وكبديل للتصميمات التي تم وصفها أعلاه، فإن الصمامات الثنائية الحاجبة و/أو المنصهرات القميدة للتيار الحال لكل وحدات خلية شمسية مسقفة عالية الفولتية من DC يمكن أن يتم وضعهما معاً في صندوق وسيلة دمج 4860. في مثل تلك
- 20 التغييرات فإن واحدة أو أكثر من الموصفات الفردية يمكن أن يتم تشغيلها على نحو منفصل من كل وحدة مع صندوق وسيلة الدمج. وكما هو موضح في الشكل رقم 59 أ، وفي أحد الخيارات فإن الموصل المنفرد لمجموعة (على سبيل المثال، بشكل سلبي كما هو موضح) تتم مشاركته بين كل الوحدات. في خيار آخر (الشكل رقم 59ب) لكل الأقطاب يكون له موصلات فردية خاصة بكل وحدة. على الرغم من ذلك فإن الأشكال 59أ-59ب توضح فقط منصهرات موجودة في صندوق الموحد 4860، يمكن أن توجد أي توليفة من المنصهرات و أو الصمامات الثنائية الحاجبة في
- 25

الصندوق الموحد. بالإضافة إلى ذلك، يمكن أن تقوم الأجزاء الإلكترونية قادرة على إجراء الوظائف الأخرى، مثل، على سبيل المثال، المراقبة والتتبع النقطة للقدرة عند الحد الأقصى لها و/أو فصل الوحدات الفردية أو المجموعات من الوحدات في صندوق موحد.

- يمكن إجراء التشغيل الخاص بالشد العكسي من الوحدة الشمسية عندما تكون خناك واحدة أو أكثر من الخلايا الشمسية في وحدة شمسية تلقي ظالها أو خلاف ذلك تقو بإنشاء تيار منخفض ويتم تشغيل القدرة الشمسية عند نقطة تيار فولتية والتي تقوم بدفع التيار الأكبر خلال خلية شمسية منخفضة التيار بالمقارنة مع الخلية الشمسية ذات التيار المنخفض والتي يتم تداولها. يمكن تخزين الخلية الشمسية بالشد العكسي ويمكن إنشاء حالة الخطر. وفي تجهيزة موازية لوحدة الخلية الشمسية المسقفة عالية الفولتية DC ، وكما هو موضح في الشكل رقم 58 أ، على سبيل المثال، يمكن أن يتم توفير وحدات خاصة بالحماية من عمليات الشد العكسي بواسطة ضبط فولتية التشغيل المناسبة فيما يتعلق بالمحول. تم عرض تلك الحالة، على سبيل المثال بواسطة الأشكال 60أ-60ب.

- يوضح الشكل رقم 60 أ مخطط 4870 من التيار في مقابل الفولتية والمخطط 4880 من القدرة في مقابل فولتية سلسلة مرتبطة على نحو مواز من حوالي عشرة من الوحدات الشمسية المسقفة عالية الفولتية DC. تم حساب تلك المخططات بالنسبة للوحدة والتي لا يكون بها أي وحدات شمسية موجودة بداخل خلية شمسية خاصة بالشد العكسي. وبسبب أن الوحدات النمطية الشمسية متصلة بشكل كهربائي وعلى نحو مواز، فسيكون لكل منها نفس فولتية التشغيل وتتم إضافة التيارات الخاصة بها. وعلى نحو نمطي، فإن المحول سوف يقوم بتنوع المحول على الدائرة لكي يتم استكشاف منحنى الفولتية الخاص بالقدرة وتحديد النقطة عند الحد الأقصى لها على المنحنى وبعد ذلك يتم التشغيل لدائرة الوحدة عند النقطة الخاصة بزيادة القدرة الخاصة بالخرج.

- على العكس من ذلك، فإن الشكل رقم 60ب يوضح المخطط 4890 من التيار في مقابل الفولتية والمخطط 4900 من القدرة في مقابل الفولتية لنظام نموذج من الشكل رقم 60 أ، بالنسبة للحالة التي يكون بها بعض الوحدات الشمسية في دائرة ومشملة على واحد أو أكثر من خلايا الشد العكسية. فإن الوحدات المشدودة بشكل عكسي تظهر نفسها في المنحنى الخاص بالفولتية الحالية بواسطة شكل الركبة مع انتقال من حوالي 10 أمبير عند لولتية أقل إلى حوالي 210 فولت إلى

- حوالي 16 أمبير عند التشغيل للفولتية أقل من حوالي 200 فولت. وعند فولتية أقل من حوالي 210 فولت فإن الوحدات التي يكون لها ظل تشتت على خلايا شمسية مشدودة بشكل عكسي. تظهر الوحدات المشدودة بشكل عكسي نفسها في منحني فولتية خاص بالقدرة بواسطة وجود اثنين من الحدود القصوى: يكون هناك الصورة عند الحد الأقصى لها عند حوالي 200 فولت والصورة
- 5 الموضعية عند الحد الأقصى لها عند حوالي 240 فولت. يمكن أن يكون المحول قد تم تصميمه بحيث يتعلق على تلك العلامات من الوحدات النمطية الشمسية للشد العكسي ويتم التشغيل عند وحدات نمطية شمسية عند فولتية نقطة قدرة عند الحد الأقصى لها الموضعية أو المطلقة والتي لا يكون عندما قدرة شد عكسية. في مثال الشكل رقم 60، يمكن تشغيل المحول للوحدات عند نقطة قدرة موضعي عند الحد الأقصى لها لضمان أنه لا يوجد شد عكسي. بالإضافة إلى ذلك أو على نحو بديل، يمكن اختيار فولتية التشغيل عند الحد الأدنى لها فيما يتعلق بالمحول وفيما يلي والتي لا تكون مشابهة لأي وحدات يمكن أن يتم شدها بشكل عكسي. يمكن أن يتم ضبط فولتية التشغيل عند الحد الأدنى لها بالاعتماد على متغيرات أخرى مثل درجة الحرارة المحيطة وتيار التشغيل ودرجة الحرارة المحسوبة أو المقاسة وايضاً المعلومات التي يتم استقبالها من المصادر الخارجية مثل الإشعاع، على سبيل المثال.
- 15 في بعض النماذج، فإن الوحدات النمطية الشمسية عالية الفولتية من DC نفسها يمكن أن تكون مسقفة مع وحدات شمسية مجاورة يتم ترتيبها في طريقة متراكبة بشكل جزئي وعلى نحو اختياري مرتبطة داخلياً بشكل كهربائي في مناطق متراكبة منها. يمكن استخدام الهياكل المسقفة المذكورة فيما يتعلق بوحدات شمسية عالية الفولتية المتصلة على نحو كهربائي في موازاة والتي توفر فولتية DC عالية لكي مع محول السلسلة أو لوحدات شمسية عالية الفولتية والتي تشتمل كل منها على محول دقيق حيث يقوم بتحويل الوحدة الشمسية لفولتية DC عالية مع خرج وحدة من AC . يكون هناك زوج من الوحدات الشمسية عالية الفولتية يتم سقفها كما تم وصفه ومرتبطة على نحو كهربائي على التالي لتوفير فولتية DC المطلوبة، على سبيل المثال.
- 20 تكون محولات السلسلة التقليدية مطلوبة في الغالب بحيث يكون لها مدى واسع من فولتية الإدخال المحتملة (أو "أو مدى ديناميكي") بسبب (1) يجب أن تكون متوافقة مع أطوال السلسلة الخاصة بالوحدة المرتبطة على نحو متوالي وبشكل مختلف، (2) تكون بعض الوحدات في السلسلة لها ظل
- 25

- كامل أو ظل جزئي، و 3) التغيرات في درجة الحرارة المحيطة والتغير في الإشعاع لفولتية الوحدة. في الأنظمة المستخدمة في تصميم مواز كما تم وصفه هنا فإن الطول الخاص بوحدة شمسية مرتبطة على نحو مواز في السلسلة والتي لا تؤثر على الفولتية. بالإضافة إلى ذلك وبالنسبة للحالة التي يكون بها بعض الوحدات قد تم عليها وضع ظلال وبضها لا تقرر التشغيل للنظام عند فولتية من وحدات ليس لها ظل (على سبيل المثال، كما تم وصفه أعلاه). وبالتالي وفي مدى من الفولتية الخاصة بالمحول في نظام التصميم الموازي فيمكن أن لا يكون هناك حاجة لاحتواء مدى ديناميك من العامل # 3 - من درجة الحرارة والتغير في الإشعاع. وبسبب أن هذا أقل، على سبيل المثال، بحوالي 30% من المدى الديناميكي التقليدي المطلوب لوسائل التحويل فإن وسائل التحويل المستخدمة مع أنظمة التصميم الموازية سوف تكون كما تم وصفها هنا ويمكن أن يكون لها مدى أضيق من MPPT (تتبع نقطي لقدرة عند الحد الأقصى لها) على سبيل المثال، بين حوالي 250 فولت وظروف قياسية وعند حوالي 175 فولت عند درجة حرارة مرتفعة إشعاع منخفض أو على سبيل المثال بين حوالي 450 فولت عند حالات قياسية وعند حوالي 350 فولت عند درجة حرارة عالية وعند إشعاع منخفض (وفي هذه الحالة تكون 450 فولت من تشغيل MPPT والذي يكون مناظراً لـ VOC في ظل 600 فولت في التشغيل عند درجة الحرارة المنخفضة). بالإضافة إلى ذلك، وكما تم وصفه أعلاه فإن المحولات يمكن أن تستقبل فولتية DC كافية لكي تقوم بالتحويل المباشر لـ AC بدون طور الزيادة. ونتيجة لذلك فإن سلسلة المحولات يتم استخدامها مع أنظمة تصميم موازية كما تم وصفه هنا والتي تكون أبسط وبتكلفة أقل ويتم التشغيل عند فعاليات أعلى بالمقارنة مع محولات سلسلة مستخدمة في الأنظمة التقليدية.
- وبالنسبة لكل من المحولات الدقيقة وسلسلة المحولات المستخدمة مع تيار مباشر بفولتية عالية من وحدات الخلايا الشمسية الموصوفة هنا لكي يتم تجنب طلب زيادة DC فيفضل أن يتم تصميم الوحدة لشمسية (أو فمياً يتعلق بسلسلة متصلة على التوالي قصيرة من الوحدات الشمسية) وبالتالي يتم توفير التشغيل (على سبيل المثال، نقطة القدرة عند الحد الأقصى من V_{mp}) فإن الفولتية الخاصة بـ DC تكون أعلى من فولتية عند قمة لقمة من AC. على سبيل المثال، وبالنسبة لـ 120 فولت AC فإن القمة إلى القمة تكون كما يلي: $170V = \sqrt{2} * 120V$. وبالتالي فإن الوحدات الشمسية يجب أن يتم تصميمها بحيث توفر V_{mp} عند الحد الأدنى له من حوالي 175 فولت،

على سبيل المثال. يمكن أن تكون Vmp عند الحد الأدنى لها من الظروف حوالي 212 فولت (بافتراض 0.35% من معامل درجة الفولتية السالب ودرجة التشغيل عند الحد الأقصى من 75°م)

و Vmp عند حالة تشغيل لدرجة حرارة عند الحد الأدنى لها (على سبيل المثال، -15°م) والتي يمكن أن تكون حوالي 242 فولت وبالتالي تكون Voc أقل من حوالي 300 فولت (بالاعتماد على

5 عامل ملء خاص بالوحدة). بالنسبة لطور التشتي فإن 12 فولت من AC (أو 240 فولت من

AC) كلها من تلك الأعداد تكون مزدوجة والتي يتم تحويلها في شكل 600 فولت DC التي يتم السماح بها عهد الحد الأقصى في US بالنسبة للمزيد من التطبيقات المتنوعة. بالنسبة لتطبيقات تجارية والمطلوبة والتي تسمح بفولتية عالية فإن الأعداد المذكورة يمكن أن تكون متزايدة أيضاً.

يمكن تصميم وحدة خلية شمسية مسقفة عالية الفولتية كما تم وصفه هنا لكي تعمل عند $600 < \text{VOC}$

10 $\text{VOC} < 100$ وفي تلك الحالة فإن الوحدة يمكن أن تشتمل على إلكترونيات قدرة متكامله والتي تمنع الفولتية التي تم توفيرها بواسطة القدرة من متطلبات شفرة متزايدة. يمكن أن توفر تلك التجهيزات تشغيل Vmp بحيث يكون كافياً فيما يتعلق بطور التشتي 120 فولت (240 فولت الذي يتطلب 350 فولت) بدون مشاكل من VOC عند درجات حرارة تزيد عن 600 فولت.

عندما يتم قطع اتصال المبنى مع الشبكة الكهربائية، على سبيل المثال، بواسطة فرق إطفاء

15 الحرائق فإن الوحدات الشمسية (على سبيل المثال، الموجودة على السقف) تقوم بتوفير الكهرباء للمبنى والتي يمكن أن تظل مولدة للكهرباء ما دامت الشمس ساطعة. يرفع ذلك الاهتمام الخاص

بأن الوحدات الشمسية المذكورة يمكن أن تحافظ على سقف "حي" مع فولتية خطيرة بعد قطع الارتباط عن المبنى من الشبكة. ولموائمة هذا الاعتبار فإن هناك فولتية عالية يتم توجيهها نحو وحدات خلية شمسية مسقفة عالية تم وصفها هنا يمكن أن تشتمل بشكل اختياري على قطع، على

20 سبيل المثال، في أو بجوار صندوق موحد للوحدة. يمكن أن يكون الانقطاع المذكور عبارة ان

انقطاع فيزيائي أو انقطاع للحالة الصلبة، على سبيل المثال. يمكن أن يتم تصميم الانقطاع، على سبيل المثال لكي يتم "القطع الطبيعي" عندما يكون هناك فقداً في إشارة معينة (على سبيل المثال، من المحول) والذي يتم قطعه من الوحدة الشمسية عند خرج فولتية عالي من الدائرة. يكون الاتصال الخاص بالقطع، على سبيل المثال، على مدى كبلات فولتية عالية خلال سلك منفصل أو بشكل

25 لاسلكي.

- تتطوي ميزة هامة للوحدات الشمسية المسقفة عالية الفولتية في نشر الحرارة بين الخلايا الشمسية في خلية فائقة مسقفة. وقد اكتشف مقدمي الطلب أنه يمكن بسهولة نقل الحرارة بطول خلية سيليكون فائقة خلال روابط كهربية رفيعة الروابط الموصلة حرارياً بين الخلايا الشمسية المتراكبة المجاورة من السيليكون. يمكن أن يكون سُمك الرابط الموصل كهربائياً بين الخلايا الشمسية المتراكبة المجاورة المكونة بواسطة مادة الربط الموصلة كهربائياً، مقاس عمودياً على السطح الأمامي والخلفي من الخلايا الشمسية، ويمكن أن يكون على سبيل المثال أقل من أو يساوي حوالي 200 ميكرون، أو أقل من أو يساوي حوالي 150 ميكرون، أو أقل من أو يساوي حوالي 125 ميكرون، أو أقل من أو يساوي حوالي 100 ميكرون، أو أقل من أو يساوي حوالي 90 ميكرون، أو أقل من أو يساوي حوالي 80 ميكرون، أو أقل من أو يساوي حوالي 70 ميكرون، أو أقل من أو يساوي حوالي 60 ميكرون، أو أقل من أو يساوي حوالي 50 ميكرون، أو أقل من أو يساوي حوالي 25 ميكرون. يقلل هذا الرابط الرقيق الفقد المقاوم عند الوصلة البينية بين الخلايا، وأيضاً يعزز تدفق الحرارة بطول الخلية الفائقة من أي البقعة الساخنة في الخلية الفائقة التي يمكن أن تزيد أثناء التشغيل. يمكن أن تكون الموصلية الحرارية للرابط بين الخلايا الشمسية، على سبيل المثال، $\leq$ حوالي 1.5 واط / (متر كلفن). علاوة على ما سبق، يمكن أن تكون نسبة السمة المستطيلة الخاصة بالخلايا الشمسية التي تم استخدامها هنا موفرة لمناطق ممتدة من التلامس الحراري بين الخلايا الشمسية المتجاورة.
- على العكس من ذلك ، في الوحدات الشمسية التقليدية يتم استخدام توصيلات بينية بشرائط بين خلايا شمسية متجاورة والتي تقوم بتوليد الحرارة في واحدة من الخلايا الشمسية التي لا تنتشر بسهولة خلال التوصيل البيني الخاص بالشرائط بالنسبة لخلايا شمسية أخرى في الوحدة. يعمل ذلك وحدات نمطية شمسية تقليدية والتي تكون معرضة لتطور نقاط ساخنة بالمقارنة مع الوحدات الشمسية التي تم وصفها.
- بالإضافة إلى ذلك، وخلال الخلية الفائقة في الوحدات الشمسية التي تم وصفها هنا فإنها تكون أقل بشكل نمطي عن السلسلة الخاصة بخلايا شمسية تقليدية بسبب أن الخلايا الشمسية التي تم وصفها هنا يتم تشكيلها بشكل نمطي بواسطة خلايا شمسية مستطيلة مسقفة يكون لكل منها مساحة فعالة أقل (على سبيل المثال، 9/1) والتي تكون عبارة عن خلية شمسية تقليدية.

ونتيجة لذلك وفي الوحدات الشمسية التقليدية التي تم الكشف عنها هنا فإن هناك حرارة أقل يتم تشتيتها في خلية شمسية يتم شدها بشكل عكسي عند فولتية غير معروفة ويمكن نشر الحرارة بسهولة خلال الخلية الفائقة والوحدة الشمسية بدون إنشاء نقطة ساخنة خطيرة.

- 5 يمكن أن تقوم العديد من السمات الاختياري المتعددة والإضافية لها وحدات شمسية عالية الفولتية والتي تستخدم خلايا فائقة كما تم وصفه هنا والتي يمكن أن تكون أكثر تحملاً فيما يتعلق بتشتيت الحرارة في خلية شمسية يتم شدها بشكل عكسي. على سبيل المثال، فإن الخلايا الفائقة يمكن تغليفها بمادة من بوليمر أولفين حراري بلاستيكي (TPO). إن تغليف TPO يكون أكثر ثباتاً من الناحية الحرارية والضوئية بالمقارنة بأغلفة من أسيتات إيثيلين - فينيل (EVA). سوف تكون EVA نامية مع درجة الحرارة ومع الضوء فوق البنفسجي والذي يمكن أن يؤدي على مشكلات في البقع الساخنة التي يتم إنشاؤها بواسطة خلايا مقيدة للتيار. بالإضافة إلى ذلك فإن الوحدات النمطية الشمسية سوف يكون لها بنية زجاجية- زجاجية والتي يكون بها خلايا فائقة خاصة بالكبسلة والتي يتم شطرها بين الرقاقة الأمامية من الزجاج والرقاقة الخلفية من الزجاج. توفر البنية من الزجاج - الزجاج المذكورة وحدة نمطية شمسية بحيث يتم التشغيل بأمان عند درجات حرارة أعلى من تلك التي يمكن تحملها بواسطة رقاقة خلفية من البوليمر التقليدي. بالإضافة إلى ذلك، فإن صناديق الربط، إذا كانت موجودة فإنه يتم تركيبها على واحدة أو أكثر من الحواف الخاصة بالوحدة الشمسية خلاف ذلك تكون خلف الوحدة الشمسية حيث أن صندوق الربط يمكن أن يضاف إلى طبقة إضافية من العزل الحراري على الخلايا الشمسية في الوحدة أعلاه.
- 10
- 15

- وبالتالي تعرف مقدمي الطلب على أن الوحدات الشمسية ذات الفولتية العالية قد تم تشكيلها من خلايا فائقة كما تم وصفه هنا ويمكن استخدامها على نحو أبعد من صمامات ثانوية خاصة بالتقسيم بالمقارنة مع وحدات شمسية تقليدية بسبب أن تدفق الحرارة خلال الخلايا الفائقة يمكن أن يسمح للوحدة بأن تعمل بدون خطر كبير مع واحد أو أكثر من الخلايا الشمسية المشدودة بشكل عكسي. على سبيل المثال، في بعض التغييرات يكون هناك وحدات شمسية خاصة بالفولتية كما تم وصفه أعلاه يتم استخدامها بمقدار أقل مع صمام ثنائي للتفريغ لكل 25 خلية شمسية أو أقل من صمام ثنائي للتفريغ واحد لكل 30 خلية شمسية، أقل من صمام ثنائي للتفريغ واحد لكل 50 الخلية الشمسية، أقل من صمام ثنائي للتفريغ واحد لكل 75 الخلايا الشمسية، أقل من صمام ثنائي للتفريغ
- 20
- 25

واحد لكل 100 خلية شمسية، فقط صمام ثنائي للتفريع واحد، أو مع عدم وجود صمام ثنائي للتفريع.

- بالإشارة الآن إلى الأشكال 61أ-61ج، تم توفير وحدات شمسية عالية الفولتية تستخدم صمامات ثنائية للتفريع. عندما يكون هناك جزء من الوحدة الشمسية معرض للظل فإن تلف الوحدة يمكن منه أو تقليله من خلال استخدام الصمامات الثنائية الخاصة بالتفريع. وعلى سبيل المثال، فإن الوحدة الشمسية 4700 الموضحة في الشكل رقم 61أ و 10 من الخلايا الفائقة 100 يتم ربطها على التوالي. وكما هو موضح فإن 10 من الخلايا الفائقة يتم ترتيبها في صفوف موازية. تشمل كل خلية فائقة على 40 خلية شمسية مرتبطة على نحو متوالي 10، حيث أن كل من 40 خلية شمسية تكون مصممة من 6 / 1 من العرض إلى العرض التخلي كما تم وصفه هنا. وتحتم
- 10 عمليات طبيعية ليس لها ظل فإن التدفقات الحالية تكون في صورة صندوق رقط 4716 خلال كل من الخلايا الفائقة 100 يتم ربطها على نحو متوالي خلال الروابط 4715 وبعد ذلك تكون التدفقات الحالية خلال صندوق الوصلة 4717. وعلى نحو اختاري فإن هناك صندوق ربط منفرد يتم استخدامه بدلاً من صناديق الربط المنفصلة 4716 و 4717 بحيث أن التيار يعود إلى صندوق الربط. يوضح المثال الموضح في الشكل رقم 61أ تنفيذات مع صمام ثنائي للتفريع واحد على الأقل لكل خلية شمسية. وكما هو موضح فإن الصمام الثنائي للتفريع يتم ربطه بشكل كهربائي بين زوج من الخلايا الفائقة المجاورة عند نقطة تقريباً في نصف المسافة بطول الخلايا الفائقة (على سبيل المثال، صمام التفريع الثنائي المنفرد 4901 أ والمرتبطة بشكل كهربائي بين الخلية الشمسية الثانية والعشرين والخلية الشمسية الفائقة الأولى والخلية الشمسية المجاورة لها في خلية فائقة ثانية، وصمام ثانوي للتفريع 4901 ب والمتصل بشكل كهربائي بين الخلية الفائقة الثانية والخلية الفائقة الثالثة وما إلى ذلك). يكون للسلاسل الأولى والأخيرة من الخلايا تقريباً نصف عدد الخلايا الشمسية في خلية فائقة لكل صمام ثنائي خاص بالتفريع. على سبيل المثال، وكما هو موضح في الشكل رقم 61أ فإن السلاسل الأولى والثانية من الخلايا تشمل فقط على 22 خلية لكل صمام ثنائي خاص بالتفريع. يكون العدد الإجمالي الخاص بصمامات ثنائية للتفريع (11) خاصاً بالتغيرات في الوحدة الشمسية الخاصة بالفولتية الموضحة في الشكل رقم 61أ والذي يكون مساوياً لعدد من الخلايا الفائقة بالإضافة إلى 1 من الصمامات الثنائية الإضافية الخاصة بالتفريع.
- 25

- كل صمام ثنائي للتفرع يمكن دمجه في دائرة مرنة، على سبيل المثال. بالإشارة الآن إلى الشكل 61ب، يتم عرض المنظر المكبر لمنطقة متصلة لصمام ثنائي للتفرع لاثنتين من الخلايا الفائقة المجاورة. المنظر في الشكل 61ب يكون من الجانب غير المشرق. وفقاً للموضح، تكون اثنتين من الخلايا الشمسية 10 في الخلايا الفائقة المجاورة متصلة كهربائياً باستخدام دائرة مرنة 4718
- 5 تشتمل على صمام ثنائي للتفرع 4720. دائرة مرنة 4718 ويكون صمام ثنائي للتفرع 4720 متصل كهربائياً بالخلايا الشمسية 10 باستخدام حشوات التلامس 4719 التي توجد على الأسطح الخلفية من الخلايا الشمسية. (انظر أيضاً المزيد من النقاش التالي لاستخدام حشوات تلامس غير ظاهرة لتوفير مأخذ غير ظاهرة لصمامات ثنائية للتفرع.) يمكن توظيف مخططات التوصيل الكهربائي لصمام ثنائي للتفرع الإضافية لخفض عدد الخلايا الشمسية لكل صمام ثنائي للتفرع.
- 10 يتم عرض أحد الأمثلة في الشكل 61ج. وفقاً للموضح، سيكون صمام ثنائي للتفرع واحد متصل كهربائياً بين كل زوج من الخلايا الفائقة المجاورة تقريباً في منتصف الطريق بطول الخلايا الفائقة. يكون صمام ثنائي للتفرع 4901 متصل كهربائياً بين الخلايا الشمسية المجاورة في الخلايا الفائقة الأولى والثانية، يكون صمام ثنائي للتفرع 4901 متصل كهربائياً بين الخلايا الشمسية المجاورة في الخلايا الفائقة الثانية والثالثة، يكون صمام ثنائي للتفرع 4901 ج متصل كهربائياً بين الخلايا الشمسية المجاورة في الخلايا الفائقة الثالثة والرابعة، وهكذا. المجموعة الثانية من صمامات ثنائية للتفرع يمكن تضمينها لخفض عدد الخلايا الشمسية التي سيتم تحويلها في حالة الظل الجزئي.
- 15 على سبيل المثال، يكون صمام ثنائي للتفرع 4902 متصل كهربائياً بين الخلايا الفائقة الأولى والثانية عند نقطة متوسطة بين صمامات ثنائية للتفرع 4901 و 4901أ، ويكون صمام ثنائي للتفرع 4902 ب متصل كهربائياً بين الخلايا الفائقة الثانية والثالثة عند نقطة متوسطة بين صمامات ثنائية للتفرع 4901 و 4901ج، وهكذا، يقلل من عدد الخلايا لكل صمام ثنائي للتفرع. اختياريًا، كذلك قد تكون مجموعة أخرى من صمامات ثنائية للتفرع متصل كهربائياً لمزيد من خفض عدد الخلايا الشمسية المطلوب تحويلها في حالة الظل الجزئي. صمام ثنائي للتفرع 4903 أ يكون متصل كهربائياً بين الخلايا الفائقة الأولى والثانية عند نقطة متوسطة بين صمامات ثنائية للتفرع 4902 و 4901ب، يكون صمام ثنائي للتفرع 4903 ب متصل كهربائياً بين الخلايا الفائقة الثانية والثالثة عند نقطة متوسطة بين صمامات ثنائية للتفرع 4902 و 4901ج، يقلل
- 25 على نحو إضافي من عدد الخلايا لكل صمام ثنائي للتفرع. ينتج عن هذه الهيئة هيئة متداخلة من

- صمامات ثنائية للتفريغ، والتي تتيح تحويل مجموعات صغيرة من الخلايا أثناء الظل الجزئي. قد تكون صمامات ثنائية إضافية متصلة كهربائياً بهذه الطريقة حتى الوصول إلى عدد الخلايا الشمسية المطلوب لكل صمام ثنائي للتفريغ، على سبيل المثال، حوالي 8، حوالي 6، حوالي 4، أو حوالي 2 لكل صمام ثنائي للتفريغ. في بعض من الوحدات، يفضل حوالي 4 من الخلايا الشمسية لكل صمام ثنائي للتفريغ. حسب الطلب، يتم عرض واحد أو أكثر من صمامات ثنائية للتفريغ في الشكل 61ج ويمكن دمجه في التوصيل البيني المرن غير الظاهر كما يتضح في الشكل 61ب.
- 5
- تكشف هذه المواصفة عن أدوات شق الخلية الشمسية وطرق شق الخلية الشمسية والتي يمكن استخدامها، على سبيل المثال، لفصل الخلايا الشمسية المربعة أو المربعة الزائفة ذات الحجم التقليدي إلى مجموعة من خلايا شمسية مستطيلة ضيقة أو مستطيلة إلى حد ما. تسلط أدوات وطرق الشق تلك ضغط خوائي بين الأسطح السفلية للخلايا الشمسية ذات الحجم التقليدي وسطح دعم مقوس لثني الخلايا الشمسية ذات الحجم التقليدي مقابل سطح دعم مقوس ومن ثم شق الخلايا الشمسية بطول خطوط المخطاط التي تم تجهيزها مسبقاً. تتمثل ميزة أدوات الشق وطرق الشق المذكورة في عدم حاجتها إلى اتصال مادي بالأسطح العلوية للخلايا الشمسية. وبناءً عليه، يمكن توظيف أدوات وطرق الشق في شق الخلايا الشمسية التي تشتمل على مواد لينة و/ أو غير ناضجة على الأسطح العلوية لها والتي قد تتعرض للتلف بواسطة الاتصال المادي. على نحو إضافي، في بعض الصور المغايرة قد تتطلب أدوات الشق وطرق الشق المذكورة التلامس مع فقط أجزاء من الأسطح السفلية للخلايا الشمسية. في الصور المغايرة المذكورة يمكن توظيف أدوات الشق وطرق الشق لشق الخلايا الشمسية التي تشتمل على مواد لينة و/ أو غير ناضجة في أجزاء من الأسطح السفلية لها غير المتلامسة بواسطة أداة شق.
- 10
- على سبيل المثال، تستفيد إحدى طرق تصنيع الخلية الشمسية من أدوات الشق وطرق الشق التي تم الكشف عنها في الطلب الحالي التي تشتمل على النسخ بالليزر لواحد أو أكثر من خطوط المخطاط على كل من واحدة أو أكثر من الخلايا الشمسية ذات الحجم التقليدي من السيليكون لتحديد مجموعة من المناطق مستطيلة الشكل على الخلايا الشمسية من السيليكون، ووضع مادة ربط لاصقة موصلة كهربائياً على أجزاء من الأسطح العليا لواحدة أو أكثر من الخلايا الشمسية من السيليكون، وتسلط ضغط خوائي بين الأسطح السفلية لواحدة أو أكثر من الخلايا الشمسية من
- 15
- 20
- 25

السيليكون وسطح دعم مقوس لثني واحدة أو أكثر من الخلايا الشمسية من السيليكون مقابل سطح دعم مقوس ومن ثم شق واحدة أو أكثر من الخلايا الشمسية من السيليكون بطول خطوط المخطاط لتوفير مجموعة من الخلايا الشمسية المستطيلة من السيليكون يتضمن كل منها جزء من مادة ربط لاصقة موصلة كهربائياً موضوعة على السطح الأمامي لها بجوار جانب طويل. قد يتم وضع المادة الرابطة من المادة اللاصقة الموصلة على الخلايا الشمسية من السيليكون ذات الحجم التقليدي إما قبل أو بعد نسخ الخلايا الشمسية بالليزر.

قد تكون المجموعة الناتجة من الخلايا الشمسية المستطيلة من السيليكون مرتبة على نفس الخط مع جوانب طويلة من الخلايا الشمسية المجاورة المستطيلة من السيليكون المتراكبة بطريقة مسقفة مع جزء من مادة ربط لاصقة موصلة كهربائياً موضوعة فيما بينها. يمكن إنضاج مادة الربط الموصلة كهربائياً بعد ذلك لربط الخلايا الشمسية المجاورة المتراكبة المستطيلة من السيليكون ببعضها البعض وتوصيلها كهربائياً على التوالي. تشكل هذه العملية "خلية فائقة" مسقفة وفقاً للموصوف في طلبات البراءة المدرجة سابقاً في " Cross Reference To Related Applications".

بالعودة الآن إلى الأشكال من أجل فهم أفضل لأدوات وطرق الشطر التي تم الكشف عنها هنا، الشكل 20 يشرح بشكل تخطيطي مسقطاً جانبياً لجهاز تمثيلي 1050 الذي يمكن استخدامه لشطر خلايا شمسية مخدوشة. في هذا الجهاز، يتم حمل رقاقة خلية شمسية مخدوشة بحجم مناسب 45 بواسطة حزام متحرك مثقب 1060 على جزء مقوس من مُشعب تفريغ 1070. عند مرور رقاقة الخلية الشمسية 45 على الجزء المقوس من مُشعب التفريغ، ويقوم التفريغ الذي يتم تطبيقه خلال الثقوب في الحزام بسحب السطح السفلي لرقاقة الخلية الشمسية 45 مقابل مُشعب التفريغ وبالتالي يثني الخلية الشمسية.

يمكن اختيار نصف قطر الانحناء R للجزء المقوس من مُشعب التفريغ بحيث يؤدي ثني رقاقة الخلية الشمسية 45 بهذه الطريقة إلى شطر الخلية الشمسية على امتداد خطوط النسخ لتكوين خلايا شمسية مستطيلة 10. الخلايا الشمسية المستطيلة 10 يمكن استخدامها مثلاً في خلية فائقة كما شرح ذلك في الشكلين 1 و2. يمكن شطر رقاقة الخلية الشمسية 45 بهذه الطريقة دون

ملازمة السطح العلوي لرقاقة الخلية الشمسية 45 التي تم وضع المادة الرابطة اللاصقة الموصلة عليها.

- يمكن بدء الشطر على نحو تفضيلي عند طرف واحد من خط نسخ (أي عند حافة واحدة من الخلية الشمسية 45) مثلاً عن طريق ترتيب خطوط النسخ بحيث تتجه بزاوية θ إلى مُشعِب التفريغ بحيث يصل طرف واحد لكل خط نسخ إلى الجزء المقوس من مُشعِب التفريغ قبل الطرف الآخر. 5
- كما هو مبين في الشكل 20ب، على سبيل المثال يمكن توجيه الخلايا الشمسية مع خطوط النسخ الخاصة بها إلى اتجاه سير الحزام وإلى جزء شطر مقوس من المُشعِب المتجه عمودياً على اتجاه سير الحزام. كمثال آخر، الشكل 20ج يوضح الخلايا المتجهة مع خطوط النسخ الخاصة بها عمودياً على اتجاه سير الحزام، وجزء شطر مقوس من المُشعِب المتجه بزاوية نحو اتجاه سير الحزام. 10

- يمكن لآلة الشطر 1050 أن تستخدم، على سبيل المثال، حزاماً مفرداً مثقّباً ومتحركاً 1060 له عرض متعامد على اتجاه السير الخاص به يكون مساوياً تقريباً لعرض رقاقة الخلية الشمسية 45. على نحو بديل، يمكن أن تشتمل الأداة 1050 على اثنين، أو ثلاثة، أو أربعة، أو أكثر من الأحزمة المثقبة المتحركة 1060 التي يمكن ترتيبها جنباً إلى جنب بشكل متواز ومباعدتها اختياريًا عن بعضها البعض مثلاً. يمكن لآلة الشطر 1050 أن تستخدم مُشعِب تفريغ مفرد والذي يمكن أن يكون له مثلاً عرض متعامد على اتجاه سير الخلايا الشمسية الذي يكون مساوياً تقريباً لعرض رقاقة خلية شمسية 45. يمكن استخدام مُشعِب التفريغ المذكور على سبيل المثال مع حزام مفرد مثقّب ومتحرك بعرض كامل 1060 أو مع حزامين أو أكثر مرتبين جنباً إلى جنب بشكل متواز واختياريًا متباعدين عن بعضهما البعض مثلاً. 15

- يمكن أن تشتمل أداة الشطر 1050 على اثنين أو أكثر من المُشعِبات مرتبة جنباً إلى جنب بشكل متواز ومتباعدة عن بعضها البعض، حيث يكون لكل مُشعِب تفريغ نفس درجة الانحناء. يمكن توظيف الهيئة المرتبة المذكورة على سبيل المثال مع حزام مفرد كامل العرض مثقّب ومتحرك 1060 أو مع اثنين أو أكثر من الأحزمة المذكورة المرتبة جنباً إلى جنب بشكل متواز والمتباعدة عن بعضها البعض. على سبيل المثال، يمكن أن تشتمل الأداة على حزام مثقّب متحرك 1060 لكل مُشعِب تفريغ. في الهيئة الترتيبية الأخيرة، يمكن ترتيب مُشعِبات التفريغ والأحزمة المثقبة 25

المتحركة المناظرة لها لتلامس قاع رقاقة الخلية الشمسية فقط على امتداد شريطين ضيقين اثنين محددًا بعرض الأحزمة. في الحالات المذكورة يمكن أن تشمل الخلية الشمسية على مواد ناعمة في منطقة السطح السفلي لرقاقة الخلية الشمسية التي لا تلامسها الأحزمة دون التعرض لخطر تضرر المواد الناعمة أثناء عملية الشطر.

5 يمكن استخدام أي ترتيب مناسب للأحزمة المثقبة المتحركة ومُشعِبات التفريغ في أداة الشطر 1050.

في بعض الصور المتغيرة، يمكن أن تشمل رقاقة الخلايا الشمسية المخدوشة على مادة رابطة لاصقة موصلة غير معالجة و/أو مواد ناعمة أخرى على الأسطح العلوية و/أو الأسطح السفلية لها قبل الشطر باستخدام أداة الشطر 1050. يمكن أن يكون قد حدث نسخ رقاقة الخلية الشمسية ووضع المادة الناعمة بأي ترتيب.

الشكل 62 يشرح بشكل تخطيطي مسقطًا جانبيًا، والشكل 62ب يشرح مسقطًا علويًا، أو أداة شطر تمثيلية أخرى 5210 مشابهة لأداة الشطر 1050 الموصوفة أعلاه. عند استخدام خلية الشطر 5210، توضع رقاقة خلية شمسية مخدوشة مناسبة الحجم 45 على زوج من الأحزمة المثقبة 5230 المتوازية والمتباعدة التي تتحرك بسرعة ثابتة على زوج من مُشعِبات التفريغ 5235 المناظرة المتوازية والمتباعدة. مُشعِبات التفريغ 5235 تتضمن بشكل نموذجي نفس الانحناء. عند سير الرقاقة مع الأحزمة على مُشعِبات التفريغ خلال منطقة شطر C5235، يتم لف الرقاقة حول نصف قطر شاطر محدد بالأسطح الحاملة المقوسة لمُشعِبات التفريغ من خلال قوة سحب التفريغ على قاع الرقاقة.

عند لف الرقاقة حول نصف القطر الشاطر تتحول خطوط النسخ إلى تشققات تفصل الرقاقة عن الخلايا الشمسية المستطيلة الفردية. كما سيتم وصف ذلك بشكل أكبر أدناه، يتم ترتيب انحناء لمُشعِبات التفريغ بحيث لا تكون الخلايا الشمسية المستطيلة المتجاورة المنشطرة متحدة المستوى وبحيث لا تتلامس حافات الخلايا الشمسية المستطيلة المتجاورة المنشطرة بشكل متتابع مع بعضها البعض بعد حدوث عملية الشطر. يمكن إفراغ حمولة الخلايا الشمسية المستطيلة المتجاورة المنشطرة من الأحزمة المثقبة بأي طريقة مناسبة، والتي تم وصف أمثلة عديدة عليها أدناه. تقوم

طريقة إفراغ الحمولة نمطيًا أيضًا بفصل الخلايا الشمسية المستطيلة المتجاورة المنشطرة عن بعضها البعض لمنع التلامس بينها إذا كانت في وضع متحد المستوى بشكل متتابع.

بالإشارة أيضًا إلى الأشكال 62-أ-62ب، يمكن أن يشتمل كل مُشعِب مثلاً على منطقة مسطحة F5235 التي توفر تفريغًا منخفضًا أو مرتفعًا أو لا توفر تفريغًا، ومنطقة انتقالية مقوسة اختيارية 5235 ع التي توفر تفريغًا منخفضًا أو مرتفعًا أو لا توفر تفريغًا، أو انتقالًا من تفريغ منخفض إلى

تفريغ مرتفع على امتداد طولها، منطقة شطر C5235 التي توفر تفريغًا مرتفعًا، ومنطقة شطر عمودية بقطر أصيق PC 5235 التي توفر تفريغًا منخفضًا. تقوم الأحزمة 5230 بنقل الرقاقات 45 من المنطقة المسطحة F5235 إلى وخلال المنطقة الانتقالية 5235 ع وبعد ذلك إلى منطقة الشطر C5235، حيث تنشطر الرقاقات، وبعد ذلك نقل الخلايا الشمسية المنشطرة الناتجة 10

10 خارج منطقة الشطر C5235 وإلى منطقة بعد الشطر PC 5235.

يتم تشغيل المنطقة المسطحة F5235 نمطيًا عند تفريغ منخفض يكفي لتقييد الرقاقات 45 إلى الأحزمة ومُشعِبات التفريغ. التفريغ هنا يمكن أن يكون منخفضًا (أو غير موجود) لتقليل الاحتكاك وبالتالي الشد المطلوب للحزام، ولأنه من السهل تقييد الرقاقات 45 إلى سطح مسطح عنه إلى أسطح منحنية. يكون التفريغ في المنطقة المسطحة F5235 على سبيل المثال حوالي 1 إلى حوالي 6 بوصات زئبق.

المنطقة الانتقالية T5235 توفر انحناء انتقاليًا من المنطقة المسطحة T5235 إلى منطقة الشطر C5235. نصف قطر الانحناء أو أنصاف أقطار الانحناء، في المنطقة الانتقالية T5235 يكون أكبر من نصف قطر الانحناء في منطقة الشطر C5235. المنحنى في المنطقة الانتقالية

T5235 يمكن أن يكون جزءًا من قطع ناقص مثلاً، ولكن يمكن استخدام أي منحنى آخر. إن جعل الرقاقات 45 تقترب من منطقة الشطر C5235 من خلال المنطقة الانتقالية T5235 مع

تغير طفيف في الانحناء، بدلاً من الانتقال مباشرة من اتجاه مسطح في المنطقة F5235 إلى نصف قطر الشطر في منطقة الشطر C5235، يساعد على ضمان ألا ترتفع حافات الرقاقات 45 وتعطل التفريغ والذي يمكن أن يصعب من تقييد الرقاقات إلى نصف قطر الشطر في منطقة الشطر C5235. التفريغ في المنطقة الانتقالية T 5235 يمكن أن يكون مثلاً هو نفس التفريغ في

25 منطقة الشطر C5235، أو وسط بين تفريغ المنطقة F5235 وتفرغ المنطقة C5235، أو

انتقالًا على امتداد طول المنطقة T5235 بين التفريغ في المنطقة F5235 والتفريغ في المنطقة C5235. التفريغ في المنطقة الانتقالية T5235 يمكن أن يكون مثلاً حوالي 2 إلى حوالي 8 بوصات زئبق.

- 5 منطقة الشطر C 5235 يمكن أن تتضمن نصف قطر متغير للانحناء، أو اختياريًا، نصف قطر انحناء ثابت. نصف القطر الثابت للانحناء يمكن أن يكون مثلاً حوالي 11.5 بوصة، أو حوالي 12.5 بوصة، أو بين حوالي 6 بوصات وحوالي 18 بوصة. يمكن استخدام أي نطاق مناسب للانحناء، ويمكن اختياره بناءً جزئيًا على كثافة الرقاقة 45 وعمق وشكل خطوط النسخ في الرقاقة 45. نمطيًا كلما كانت الرقاقة أكثر نحافة كلما قُصِّرَ نصف قطر الانحناء المطلوب لثني الرقاقة بشكل كافٍ لشقها على طول خط نسخ. يمكن أن يتراوح عمق خطوط النسخ مثلاً من حوالي 60 ميكرون إلى حوالي 140 ميكرون، على الرغم من إمكانية استخدام أي عمق خط نسخ مناسب أكثر ضحالة أو أكثر عمقًا. نمطيًا كلما كانت النسخ أكثر ضحالة كلما قُصِّرَ نصف قطر الانحناء المطلوب لثني الرقاقة بشكل كافٍ لشقها على طول خط نسخ. الشكل المقطعي العرضي لخط النسخ يؤثر أيضًا على نصف قطر الانحناء المطلوب. خط النسخ الذي يكون على شكل إسفين أو له قاع على شكل إسفين يمكن أن يركز الإجهاد بشكل أكثر فعالية من خط نسخ مدور الشكل أو له قاع مدور. خطوط النسخ التي تركز الإجهاد بشكل أكثر فعالية قد لا تحتاج إلى نصف قطر انحناء ضيق في منطقة الشطر بالمقارنة بخطوط النسخ التي تركز الإجهاد بشكل أقل فاعلية.

- التفريغ في منطقة الشطر C 5235 ، لواحد على الأقل من مُشعِّبات التفريغ، يكون نمطيًا أعلى منه في المناطق الأخرى لضمان أن يتم تقييد الرقاقة بشكل صحيح إلى نصف قطر الانحناء الشاطر للحفاظ على إجهاد انثناء ثابت. على نحو اختياري، وكما سيتم شرحه باستفاضة أدناه، في هذه المنطقة يمكن أن يوفر مُشعِّب متشعب واحد تفريغًا أعلى من الآخر من أجل التحكم بشكل أفضل في التشقق على طول خطوط النسخ. التفريغ في منطقة الشطر C5235 يمكن أن يكون مثلاً حوالي 4 إلى حوالي 15 بوصة زئبق، أو حوالي 4 إلى حوالي 26 بوصة زئبق.

- المنطقة بعد الشطر PC 5235 تشتمل نمطيًا على نصف قطر انحناء أضيق من منطقة الشطر C5235، وهذا يسهل من نقل الخلايا الشمسية المنشطرة من الأحزمة 5230 دون السماح

- لأسطح المتكسرة من الخلايا الشمسية المنشطرة المتجاورة بالاحتكاك أو اللمس (مما يمكن أن يسبب أعطالاً للخلية الشمسية من التشققات أو أنماط الفشل الأخرى). بوجه خاص، نصف قطر الانحناء الأضيق يوفر فصلاً كبيراً بين حافات الخلايا الشمسية المتجاورة المنشطرة على الأحزمة. التفريغ في منطقة ما بعد الشطر PC 5235 يمكن أن يكن منخفضاً (مثلاً مشابهاً أو يكون نفس التفريغ الخاص بالمنطقة المسطحة F5235) لأن الرقاقات 45 يكون قد تم شطرها بالفعل إلى خلايا شمسية 10 لذا لم يعد من الضروري تقييد الخلايا الشمسية إلى نصف القطر المنحني لمُشعبات التفريغ. حافات الخلايا الشمسية المنشطرة 10 يمكن أن ترتفع من الأحزمة 5230 مثلاً. أيضاً قد يكون من المرغوب ألا يتم الإجهاد المفرط للخلايا الشمسية المنشطرة 10.
- 10 المناطق المسطحة والانتقالية ومناطق الشطر ومناطق بعد الشطر لمُشعبات التفريغ يمكن أن تكون عبارة عن أجزاء منفصلة لمنحنيات مختلفة مع تطابق أطرافها. على سبيل المثال، السطح العلوي لكل مُشعب متشعب يمكن أن يشتمل على جزء مسطح مستوي، وجزء من قطع ناقص للمنطقة الانتقالية، قوس دائرة لمنطقة الشطر، وقوس دائرة آخر أو جزء من قطع ناقص لمنطقة ما بعد الشطر. على نحو بديل، يمكن أن تشتمل بعض أو كل الأجزاء المنحنية للسطح العلوي لمُشعب متشعب على دالة هندسية مستمرة لانحناء متزايد (ينقص قطر الدائرة المجاورة). الدوال المناسبة المذكورة يمكن أن تشتمل، ولكن لا تقتصر على، دول حلزونية مثل الدوال الشراعية مثلاً ودالة اللوغارتم الطبيعي. الدالة الشراعية عبارة عن منحنى يزيد فيه الانحناء خطياً على امتداد طول مسار المنحنى. على سبيل المثال، في بعض الصور المتغيرة، تكون جميع المناطق الانتقالية ومناطق الشطر ومناطق ما بعد الشطر جزءاً من منحنى شراعي مفرد لها طرف واحد متوافق مع المنطقة المسطحة. في بعض الصور الأخرى، تكون المنطقة الانتقالية عبارة عن منحنى شراعي له طرف متناسب مع المنطقة المسطحة وطرف آخر متناسب مع منطقة شطر لها انحناء دائري. في الصور المتغيرة الأخيرة، يمكن أن تشتمل منطقة ما بعد الشطر مثلاً على انحناء دائري بنصف قطر أضيق، أو انحناء شراعي بنصف قطر أضيق.
- 20 كما يلاحظ أعلاه وعلى النحو المبين في الشكل 62ب والشكل 63أ، في بعض الصور المتغيرة مُشعب متشعب واحد يوفر تفريعاً عالياً في منطقة الشطر C5235 والمُشعب الآخر يوفر تفريعاً منخفضاً في منطقة الشطر C5235. المُشعب عالي التفريغ يقيد بشكل كامل طرف الرقاقة التي
- 25

- يحملها إلى انحناء المُشْعِب، الذي يوفر إجهادًا كافيًا عند نهاية خط نسخ يتمدد أعلى المُشْعِب عالي التفريغ لبدء شق على طول خط النسخ. المُشْعِب منخفض التفريغ لا يقيد بشكل كامل طرف الرقاقة التي يحملها إلى انحناء المُشْعِب، لذلك لا يكون نصف القطر المنتهي للرقاقة على ذلك الجانب كافيًا لخلق الإجهاد اللازم لبدء شق في خط النسخ. ومع ذلك، فإن الإجهاد يكون مرتفعًا بشكل كافٍ لتمديد الشق الذي بدأ عند الطرف الآخر من خط النسخ الذي يغطي الخط المتشعب 5 عالي التفريغ. بدون وجود بعض التفريغ على الجانب "منخفض التفريغ" من أجل تقييد ذلك الطرف من الرقاقة جزئيًا وبشكل كافٍ إلى انحناء المُشْعِب، يكون هناك خطر متعلق بعدم تمدد الشق الذي بدأ على الطرف المقابل "عالي التفريغ" للرقاقة على طول الطريق عبر الرقاقة. في الصورة المتغيرة التي وصفت تَوًا يمكن لمُشْعِب متشعب واحد أن يوفر تفريغًا منخفضًا على امتداد الطول الكامل له، من منطقة مسطحة F5235 خلال منطقة ما بعد الشطر PC 5235. 10
- كما وصف للتو، فإن هيئة تفريغ غير متماثلة في منطقة شطر C5235 توفر إجهادًا غير متماثل على طول خطوط النسخ الذي يتحكم في تنوي وتمدد الشقوق على امتداد خطوط النسخ. بالإشارة إلى المثال الموجود في الشكل 63ب، في حالة بدلًا من ذلك وفر مُشْعِب التفريغ المتشعبان تفريغًا متساويًا (عاليًا مثلًا) في مناطق الشطر C5235، فإن التشققات قد تنتوي عند كلا طرفي الرقاقة، وتتمدد تجاه بعضها البعض، وتتقابل في مكان ما في منطقة وسطى من الرقاقة. تحت هذه الظروف، هناك مخاطر متعلقة بآلا تكون التشققات متماشية مع بعضها البعض ومن ثم تنتج نقطة عطل ميكانيكي محتملة في الخلايا المنشطرة الناتجة عند التقاء التشققات. 15
- كبدل لهيئة التفريغ غير المتماثلة الموصوفة أعلاه، أو بالإضافة إليها، يمكن بدء الانشطار بشكل تفاضلي عند طرف أول لخط نسخ بواسطة تهيئة طرف أول من خط النسخ ليصل إلى منطقة الشطر للأنايب المتشعبة قبل الطرف الآخر. يمكن تحقيق هذا على سبيل المثال عن طريق توجيه رقاقات الخلية الشمسية عند زاوية إلى مُشْعِب التفريغ كما وصف أعلاه بالنسبة للشكل 20ب. 20
- بدلًا من ذلك، يمكن ترتيب مُشْعِب التفريغ بحيث تكون منطقة الشطر لواحد من المُشْعِبَيْن المتشعبيين أكثر امتدادًا على طول مسار الحزام من منطقة الشطر لمشعب التفريغ الآخر. على سبيل المثال، يمكن أن يكون اثنان من مُشْعِب التفريغ اللذان لهما نفس الانحناء إلى الخارج قليلًا

في اتجاه سير الحزام المتحرك بحيث تصل رقاقات الخلية الشمسية إلى منطقة الشطر لمشعب متشعب واحد قبل وصولها إلى منطقة الشطر لمشعب التفريغ الآخر.

- 5 بالإشارة الآن إلى الشكل 64، في المثال المشروح يشتمل كل مشعب 5235 على ثقب خلالية 5240 مرتبة في صف أسفل مركز قناة تفريغ 5245. كما هو مبين في الأشكال 65-65ب، تنحسر قناة التفريغ 5245 في سطح علوي من المشعب الذي يحمل حزامًا مثقبًا 5230. يشتمل كل مشعب أيضًا على أعمدة مركزية 5250 توضع بين الثقوب الخلالية 5240 ويتم ترتيبها في صف أسفل مركز قناة التفريغ 5245. الأعمدة المركزية 5250 تقوم بشكل فعال بفصل قناة التفريغ 5245 إلى قناتي تفريغ متوازيتين على كلا جانبي صف الأعمدة المركزية. الأعمدة المركزية 5250 تقوم أيضًا بدور حامل للحزام 5230، فبدون الأعمدة المركزية 5250، سيكون الحزام 5230 معرضًا لمنطقة أطول غير محمولة ومن المحتمل أن يهبط تجاه الثقوب الخلالية 5240. هذا قد ينتج عنه انثناء ثلاثي الأبعاد للرقاقات 45 (انثناء مع نصف قطر الشطر ومتعامد على نصف قطر الشطر)، مما يمكن أن يحدث ضررًا للخلايا الشمسية ويتداخل مع عملية الشطر.
- 10 كما هو مبين في الأشكال 65-65ب والأشكال 66-67، في المثال المشروح تتصل الثقوب الخلالية 5240 بغرفة تفريغ منخفض 5260 L (منطقة مسطحة 5235 F ومنطقة انتقالية 5235 ع في الشكل 62أ)، بغرفة تفريغ مرتفع 5260 ح (منطقة شطر 5235 C في الشكل 62أ)، وبغرفة تفريغ منخفض أخرى 5260 L (منطقة ما بعد الشطر 5235 PC في الشكل 62أ). هذا الترتيب يوفر انتقالًا سلسًا بين مناطق التفريغ المنخفض والتفريغ المرتفع في قناة التفريغ 5245. الثقوب الخلالية 5240 توفر مقاومة تدفق كافية بحيث إنه في حالة ترك المنطقة التي يتناظر معها ثقب مفتوحة بشكل كامل فإن تدفق الهواء لن ينحرف بشكل تام إلى ذلك الثقب، بما يسمح للمناطق الأخرى بالحفاظ على التفريغ. تساعد قناة التفريغ 5245 في التأكد من أن ثقوب حزام التفريغ 5255 ستشتمل دائمًا على تفريغ ولن تكون في منطقة ميتة عند وضعها بين الثقوب الخلالية 5240.

- 20 بالإشارة مرة أخرى إلى الأشكال 65-65ب وأيضًا إلى الشكل 67، يمكن أن تشتمل الأحزمة المثقبة 5230 مثلًا على صفيين من الثقوب 5255 المرتبة بشكل اختياري بحيث تكون الحافات الأمامية والخلفية 527 لرقاقة 45 أو خلية شمسية منشطرة 10 تحت التفريغ على الدوام عند تقدم
- 25

- الحزام على طول المُشْعِب. على وجه الخصوص، الترتيب المتتالي للثقوب 5255 في المثال المشروح يضمن أن تتشابك حافات رقاقة 45 أو خلية شمسية منشطرة 10 بشكل دائم عند ثقب واحد على الأقل 5255 في كل حزام 5230، وهذا يساعد في منع رفع حافات رقاقة 45 أو خلية شمسية منشطرة 10 بعيدًا عن الحزام 5230 والمُشْعِب 5235. يمكن أيضًا استخدام أي ترتيب مناسب آخر للثقوب 5255. في بعض الصور المتغيرة، ترتيب الثقوب 5255 لا يضمن أن تكون حافات رقاقة 45 أو خلية شمسية منشطرة 10 دائمًا تحت التفريغ.
- 5
- الأحزمة المثقبة المتحركة 5230 في المثال المشروح لأداة الشطر 5210 تلامس قاع رقاقة الخلية الشمسية 45 فقط على امتداد شريطين ضيقين محددان بعرض الأحزمة على امتداد الحافات الجانبية لرقاقة الخلية الشمسية. وتبعًا لذلك، يمكن أن تشمل رقاقة الخلية الشمسية على مواد ناعمة مثل مواد لاصقة غير معالجة مثلًا في منطقة السطح السفلي لرقاقة الخلية الشمسية التي لا تلامسها الأحزمة 5230 دون خطر تضرر المواد الناعمة أثناء عملية شطر.
- 10
- في صور متغيرة بديلة، يمكن أن تستخدم أداة الشطر 5210 على سبيل المثال حزامًا مثقبًا متحركًا مفردًا 5230 له عرض متعامد على اتجاه السير الخاص به يكون مساويًا تقريبًا لعرض رقاقة الخلية الشمسية 45، بدلًا من حزامين مثقبين متحركين كما وصف للتو. على نحو بديل، يمكن أن تشمل أداة الشطر 5210 على اثنين، أو ثلاثة، أو أربعة، أو أكثر من الأحزمة المثقبة المتحركة 5230 التي يمكن ترتيبها جنبًا إلى جنب بشكل متواز ومباعدتها اختياريًا عن بعضها البعض.
- 15
- يمكن لأداة الشطر 5210 أن تستخدم مُشْعِب مفرد 5235 والذي يمكن أن يكون له مثلًا عرض متعامد على اتجاه سير الخلايا الشمسية الذي يكون مساويًا تقريبًا لعرض رقاقة خلية شمسية 45. يمكن استخدام المُشْعِب المذكور على سبيل المثال مع حزام مفرد مثقب ومتحرك بعرض كامل
- 20
- 5230 أو مع حزامين أو أكثر مرتبين جنبًا إلى جنب بشكل متواز واختياريًا متباعدين عن بعضهما البعض. يمكن أن تشمل أداة الشطر 5210 مثلًا على حزام مفرد مثقب ومتحرك 5230 محمول على طول الحافات الجانبية المقابلة بواسطة مُشْعِب تفريغ متشعبين منحنيين 5235 مرتبين جنبًا إلى جنب بشكل متواز ومتباعدين عن بعضهما البعض، ويكون لكل مُشْعِب نفس الانحناء. يمكن أن تشمل أداة الشطر 5210 على ثلاثة أو أكثر من مُشْعِبَات التفريغ 5235 المرتبة جنبًا إلى جنب بشكل متواز والمتباعدة عن بعضها البعض، حيث يكون لكل مُشْعِب نفس الانحناء. يمكن
- 25

استخدام الترتيب المذكور على سبيل المثال مع حزام مفرد كامل العرض مثقب ومتحرك 5230 أو مع ثلاثة أو أكثر من هذه الأحزمة مرتبة جنبًا إلى جنب ومتباعدة اختياريًا عن بعضها البعض. يمكن أن تشمل أداة الشطر على حزام مثقب متحرك 5230 لكل مُشعِب على سبيل المثال.

يمكن استخدام أي ترتيب مناسب للأحزمة المثقبة المتحركة ومُشعِبات التفريغ في أداة الشطر

5 5210.

كما يلاحظ أعلاه، في بعض الصور المتغيرة، يمكن أن تشمل رقايات الخلايا الشمسية المخدوشة 45 التي تم شطرها بأداة الشطر 5210 على مادة رابطة لاصقة موصلة غير معالجة و/أو مواد ناعمة أخرى على الاسطح العلوية و/أو الأسطح السفلية لها قبل الشطر. يمكن أن يكون قد حدث نسخ لرقاقة الخلية الشمسية ووضع المادة الناعمة بأي ترتيب.

10 الأحزمة المثقبة 5230 في أداة الشطر 5210 (والأحزمة المثقبة 1060 في أداة الشطر 1050) يمكنها نقل رقايات الخلية الشمسية 45 بسرعة تتراوح مثلًا من حوالي 40 ملي متر/ثانية (ملم/ث) إلى حوالي 2000 ملم/ث أو أكثر، أو حوالي 40 ملم/ث إلى حوالي 500 ملم/ث أو أكثر، أو حوالي 80 ملم/ث أو أكثر. انشطار رقايات الخلية الشمسية 45 يمكن أن يكون أكثر سهولة عند السرعات العالية منه عند السرعات المنخفضة.

15 بالإشارة الآن على الشكل 68، فور شطرها سيكون هناك بعض الانفصال بين الحافات الأمامية والخلفية 527 للخلايا المنشطرة المتجاورة 10 نظرًا للشكل الهندسي للانشاء حول منحنى، الذي يخلق فجوة على شكل إسفين بين الخلايا الشمسية المنشطرة المتجاورة. في حالة السماح للخلايا المنشطرة بالعودة إلى اتجاه مسطح متحد المستوى دون أولاً زيادة الانفصال بين الخلايا المنشطرة، هناك احتمال أن تتلامس حافات الخلايا المنشطرة المتجاورة وتحدث ضررًا لبعضها البعض. ولذلك

20 من المميز إزالة الخلايا المنشطرة من الأحزمة 5230 (أو الأحزمة 1060) بينما لا تزال محمولة بواسطة سطح منحنى.

الأشكال 69أ-69ب تشرح بشكل تخطيطي العديد من الأجهزة والطرق التي يمكن من خلالها إزالة الخلايا الشمسية المنشطرة من الأحزمة 5230 (أو الأحزمة 1060) ونقلها إلى واحد أو أكثر من الأحزمة المتحركة الإضافية أو الاسطح المتحركة مع فصل متزايد بين الخلايا الشمسية المنشطرة.

- في مثال الشكل 69أ، يتم جمع الخلايا الشمسية المنشطرة 10 من الأحزمة 5230 بواسطة واحد أو أكثر من أحزمة النقل 5265، التي تتحرك بشكل أسرع من أحزمة النقل 5230 وبالتالي تزيد من الانفصال بين الخلايا الشمسية المنشطرة 10. في مثال الشكل 69ب، يتم فصل الرقاقات المنشطرة 10 من خلال التسبب في انزلاق شريحة منزلفة 5270 موضوعة بين الحزامين 5230. 5 في هذا المثال، تقوم الأحزمة 5230 بدفع كل خلية منشطرة إلى داخل منطقة تفريغ منخفض (لا يوجد بها تفريغ مثلاً) من المشعبات 5235 لإطلاق الخلية المنشطرة إلى الشريحة المنزلقة 5270، بينما لا تزال الأحزمة 5230 تمسك بالجزء غير المنشطر من الرقاقة 45. تزويد بطانة هوائية بين الخلية المنشطرة 10 والشريحة المنزلقة 5270 يساعد على ضمان عدم سحب كل من الخلية والشريحة المنزلقة أثناء التشغيل، ويسمح أيضاً بانزلاق الخلايا المنشطرة 10 بشكل أسرع بعيداً عن الرقاقة 45 وبالتالي السماح بسرعات تشغيل أكثر سرعة لحزام الشطر. 10
- في مثال الشكل 69ج، تقوم العربات 5275أ في هيئة "عجلة فيريس" 5275 الدوارة بنقل الخلايا الشمسية المنشطرة 10 من الأحزمة 5230 إلى واحد أو أكثر من الأحزمة 5280.
- في مثال الشكل 69د، تقوم الاسطوانة الدوارة 5285 بتطبيق تفريغ خلال المشغلات 5285 لالتقاط الخلايا الشمسية المنشطرة 10 من الأحزمة 5230 ووضعها على الأحزمة 5280.
- 15 في مثال الشكل 69هـ، يشتمل مشغل عربة 5290 على عربة 5290أ ومشغل قابل للانسياب وقابل للانعكاس 5290ب مركب على العربة. تتحرك العربة 5290أ إلى الأمام وإلى الخلف لوضع المشغل 5290ب في موقع يسمح له بإزالة خلية شمسية منشطرة 10 من الأحزمة 5230 وبعد ذلك وضع المشغل 5290ب في موقع يسمح له بوضع الخلية الشمسية المنشطرة على الأحزمة 5280.
- 20 في مثال الشكل 69و، تشتمل هيئة مسار عربة 5295 على عربات 5295أ متصلة بحزام متحرك 5300 الذي يحرك العربات 5295أ إلى موقع يسمح لها بإزالة الخلايا الشمسية المنشطرة 10 من الأحزمة 5230 وبعد ذلك يحرك العربات 5295أ إلى موقع يسمح لها بوضع الخلايا الشمسية المنشطرة 10 على الأحزمة 5280، ويحدث هذا الأمر الأخير عندما تسقط العربات أو تتسحب بعيداً عن الحزام 5280 نظراً لمسار الحزام 5230.

في مثال الشكل 69ز، تقوم هيئة حزام تفريغ منعكس 5305 بتطبيق ضغط خلال واحد أو أكثر من الأحزمة المتحركة المثقبة لنقل الخلايا الشمسية المنشطرة 10 من الأحزمة 5230 إلى الأحزمة 5280.

الاشكال 70أ-70ج توفر مساقط عمودية لصورة متغيرة إضافية من الأداة التمثيلية الموصوفة 5 أعلاه بالإشارة إلى الأشكال 62أ-62ب والأشكال اللاحقة. هذه الصورة المتغيرة 5310 تستخدم أحزمة نقل 5265، كما في المثال الموجود في الشكل 69أ، لإزالة الخلايا الشمسية المنشطرة 10 من الأحزمة المثقبة 5230 التي تنقل الرقاقة غير المنشطرة 45 إلى منطقة الشطر من الأداة. المساقط المنظورية من الأشكال 71أ-71ب تعرض هذه الصورة المتغيرة لأداة الشطر في مرحلتين مختلفتين من مراحل التشغيل. في الشكل 71أ تقترب رقاقة غير منشطرة من منطقة الشطر من الأداة، وفي الشكل 71ب تدخل الرقاقة 45 منطقة الشطر ويكون قد تم فصل الخليتين الشمسيتين 10 المنشطرتين 10 عن الرقاقة وبعد ذلك فصلهما أيضًا عن بعضهما البعض عند نقلهما بواسطة أحزمة النقل 5265.

علاوة على السمات الموصوفة سابقًا، الأشكال 70أ-71ب تعرض منافذ تفريغ متعددة 5315 على كل مُشعب. استخدام منافذ متعددة لكل مشعب يمكن أن يسمح بتحكم أكبر في تنوع التفريغ على امتداد طول السطح العلوي للمشعب. على سبيل المثال، يمكن لمنافذ تفريغ مختلفة 5315 أن 15 تتصل اختياريًا بغرف تفريغ مختلفة (مثل 5260 لـ 5260ح في الشكل 66 والشكل 72ب)، و/أو يتم توصيلها اختياريًا بمضخات تفريغ مختلفة لتوفير ضغوط تفريغ مختلفة على طول المشعب. الأشكال 70أ-70ب تعرض أيضًا المسارات الكاملة للأحزمة المثقبة 5230 التي تلتف حول العجلات 5325، والأسطح العلوية لمشعبات التفريغ 5235، والعجلات 5320. يمكن تشغيل 20 الأحزمة 5230 إما بواسطة العجلات 5320 أو العجلات 5325 على سبيل المثال.

الشكلان 72أ و72ب يعرضان مساقط منظورية لجزء من مشعب تفريغ 5235 ممد بواسطة جزء من حزام مثقب 5230 بالنسبة للصورة المتغيرة الموجودة في الأشكال 70أ-70ب، حيث يقدم الشكل 72أ مسقطًا مقررًا لجزء من الشكل 72ب. الشكل 73أ يعرض مسقطًا علويًا لجزء من مشعب تفريغ 5235 يمتد فوقه حزام مثقب 5230، والشكل 73ب يعرض مسقطًا مقطعيًا عرضيًا 25 لنفس هيئة مشعب التفريغ والحزام المثقب مأخوذة على طول الخط C-C المشار إليه في الشكل

73. كما هو مبين في الشكل 73ب، الاتجاهات النسبية للثقوب الخالية 5240 يمكن أن تتنوع على امتداد طول مشعب التفريغ بحيث يتم ترتيب كل ثقب خلالي بشكل متعامد على جزء السطح العلوي للمشعب الموجود مباشرة فوق الثقب الخلالي. الشكل 74أ يعرض مسقطاً علوياً آخر لجزء من مشعب التفريغ 5235 الذي يتمدد فوقه حزام مثقب 5230، ويتم عرض غرف التفريغ 5260 لـ 5260 ح في مساقط شفافة. الشكل 74ب يعرض مسقطاً مقرباً لجزء من الشكل 74أ.

الأشكال 75أ-75ز تعرض أنماطاً متعددة لثقوب تمثيلية يمكن استخدامها اختياريًا لأحزمة التفريغ المثقبة 5230. الخاصية التي تجمع بين هذه الأنماط هو أن الحافة المستقيمة لرقاقة 45 أو لخلية شمسية منشطرة 10 العابرة للنمط بشكل متعامد على المحور الطويل للحزام عند أي موضع من الحزام سوف تتداخل دائمًا مع ثقب واحد 5255 على الأقل في كل حزام. يمكن أن تشمل الأنماط على سبيل المثال على صفين أو أكثر من الثقوب المتتالية المربعة أو المستطيلة (الأشكال 75أ، 75د)، أو اثنين أو أكثر من الصفوف المتتالية الدائرية (الأشكال 75ب، 75هـ، 75ز)، أو اثنين أو أكثر من الشقوق الزاوية (الأشكال 75ج، 75و)، أو أي هيئة أخرى مناسبة من الثقوب.

يكشف هذا الوصف عن وحدات شمسية عالية الكفاءة تشتمل على خلايا شمسية من السليكون مرتبة بطريقة متداخلة ومتراكبة ومتصلة كهربياً بشكل متسلسل بواسطة روابط موصلة بين الخلايا الشمسية المتجاورة المتداخلة لتكوين خلايا فائقة، حيث تكون الخلايا الفائقة مرتبطة في صفوف متوازية فيزيائياً في الوحدة الشمسية. يمكن أن تشتمل خلية فائقة على أي عدد مناسب من الخلايا الشمسية. الخلايا الفائقة يمكن أن تشتمل على أطوال تغطي نطاقاً بالضرورة الطول الكامل أو العرض الكامل للوحدة الشمسية، على سبيل المثال يمكن ترتيب اثنتين أو أكثر من الخلايا الفائقة من الطرف إلى الطرف في صف، وهذا الترتيب يخفي التداخلات الكهربائية البينية لخلية شمسية إلى خلية شمسية، ولذلك يمكن استخدامه لخلق وحدة شمسية جذابة بصرياً لا تشتمل على تناقض بين الخلايا الشمسية المتجاورة المتصلة بشكل متسلسل أو يوجد بها تناقض طفيف.

يكشف هذا الوصف أيضاً عن أنماط لمعدنة الخلايا التي تسهل من الطباعة بالاستنسل للمعدنة على الأسطح الأمامية (واختياريًا) الأسطح الخلفية للخلايا الشمسية. حسب استخدامها هنا، تشير عبارة "الطباعة بالاستنسل" لمعدنة الخلايا إلى تطبيق مادة معدنة (مثل معجون فضة) على سطح خلية شمسية خلال فتحات مقولبة في رقاقة أخرى غير منفذة من مادة. الاستنسل يمكن أن يكون

عبارة عن رقاقة مقولبة من الاستنسل ستيل مثلاً. تكون الفتحات المقولبة في الاستنسل خالية تماماً من مادة الاستنسل، ولا تشمل مثلاً على أي شبكة أو مصفاة. عدم وجود مادة شبكة أو مصفاة في

الفتحات الاستنسل المقولبة يميز "الطباعة بالاستنسل" حسب استخدامها هنا عن "الطباعة المسامية". وعلى النقيض، في الطباعة المسامية توضع مادة المعدنة على سطح خلية شمسية خلال مصفاة (شبكة مثلاً) تحمل مادة غير منفذة مقولبة. يشتمل القالب على فتحات في المادة غير المنفذة يتم من خلاله وضع مادة المعدنة على الخلية الشمسية. تمتد المصفاة الحاملة عبر الفتحات في المادة غير المنفذة.

- 5 بالمقارنة بالطباعة المسامية، تقدم الطباعة بالاستنسل لأنماط معدنة الخلية مزايا عديدة تشمل قيم عرض خطوط أضيق، نسبة أبعاد أكبر (نسبة ارتفاع الخط إلى عرضه)، تجانس وتعريف أفضل للخط، وطول أكبر للاستنسل مقارنة بمصفاة. ومع ذلك، فإن الطباعة بالاستنسل لا يمكنها طباعة "جزر" في مرور واحد حسب ما هو مطلوب في تصميمات معدنة ثلاثية قضيب التوصيل التقليدية. أيضاً الطباعة بالاستنسل لا يمكنها الطباعة في مرور واحد نمط معدنة يتطلب أن يشتمل الاستنسل على هياكل غير محمولة التي تكون غير مقيدة لتقع في مستوى الاستنسل أثناء الطباعة وقد تتداخل مع وضع واستخدام الاستنسل. على سبيل المثال، الطباعة بالاستنسل لا تستطيع في مرور واحد طباعة نمط معدنة الذي تكون فيه أصابع المعدنة المرتبة بشكل متواز موصلة بينياً بواسطة قضيب توصيل أو سمة معدنة أخرى تسير بشكل متعامد على الأصابع، لأن استنسل مفرد لهذا التصميم سوف يشتمل على السنة من مادة رقائعية غير محمولة محددة بواسطة الفتحة لقضيب التوصيل والفتحات للأصابع. لن يتم تقييد السنة بواسطة توصيلات فيزيائية إلى أجزاء أخرى من الاستنسل حتى تقع في مستوى الاستنسل أثناء الطباعة ومن المحتمل أن تُزاح خارج المستوى وتشوه من وضعية واستخدام الاستنسل.
- 10
- 15
- 20

بالتالي، تتطلب المحاولات عند استخدام الطباعة بالاستنسل لطباعة الخلايا الشمسية التقليدية تمريرين لمعدنة الجانب الأمامي باستخدام أسلوبيين مختلفين للطباعة بالاستنسل المختلفة، أو باستخدام خطوة الطباعة بالاستنسل بالاشتراك مع خطوة طباعة شاشة، تزيد من إجمالي عدد خطوات الطباعة لكل خلية والتي تشكل قضية "خزم" حيث تتداخل طبعتان ويترتب عليها ارتفاع

مزدوج. يعقد الخزم بصورة إضافية من العمليات والطباعة الإضافية وتزيد الخطوات الإضافية من التكلفة. ولذلك فإن الطباعة بالاستنسيل ليست شائعة للخلايا الشمسية.

- 5 طبقاً لما تم وصفه فيما يلي بالتفصيل، يمكن أن تتضمن أنماط معدنة السطح الأمامي الموصوفة في الطلب الحالي أي مصفوفة من الأصابع (على سبيل المثال، خطوط متوازية) لا يتم توصيلها إلى بعضها البعض بواسطة نمط معدنة السطح الأمامي. يمكن طباعة هذه الأنماط بالاستنسيل في تمريرة واحدة باستخدام استنسيل مفرد لأن الاستنسيل المطلوب لا يتضمن أجزاء أو بنايات غير مدعومة (على سبيل المثال، أسنة). يمكن أن تكون أنماط معدنة السطح الأمامي المذكورة غير مميزة للخلايا الشمسية ذات الحجم القياسي ولسلاسل الخلايا الشمسية التي يتم فيها التوصيل البيني للخلايا الشمسية المتباعدة بواسطة أشطرة نحاسية، لأن نمط المعدنة ذاته لا يوفر انتشار تيار
- 10 أساسي أو توصيل كهربائي عمودي على الأصابع. ومع ذلك، يمكن أن تعمل أنماط معدنة السطح الأمامي الموصوفة في الطلب الحالي بصورة جيدة في التجهيزات المسقوفة من الخلايا الشمسية المستطيلة طبقاً لما هو موصوف في الطلب الحالي يتم فيه تداخل جزء من نمط معدنة السطح الأمامي لخلية شمسية ويكون مرتبط على نحو توصيلي بنمط معدنة السطح الخلفي لخلية شمسية مجاورة. وهذا راجع إلى أن معدنة السطح الخلفي المتداخل للخلية الشمسية المجاورة يمكن أن يوفر انتشار تيار وتوصيل كهربائي عمودي على الأصابع في نمط معدنة السطح الأمامي.
- 15 بالرجوع إلى الأشكال لفهم بمزيد من التفصيل للوحدات الشمسية الموصوفة في هذه المواصفة، الشكل 1 يوضح منظر بمقطع عرضي لسلسلة من الخلايا الشمسية المتصلة على التوالي 10 مرتبة بطريقة مسقفة مع أطراف خلايا شمسية متجاورة متراكبة ومتصلة كهربائياً لتكوين الخلية الفائقة 100. تشتمل كل خلية شمسية 10 على بنية صمام ثنائي شبه موصل وملاصات كهربائية ببنية صمام ثنائي شبه موصل والتي بواسطتها يمكن توفير التيار الكهربائي المتولد في الخلية الشمسية 10 عند إضاءتها بواسطة ضوء يمكن توفيره إلى حمل خارجي.
- 20 في الأمثلة الموصوفة في هذه المواصفة، تكون كل خلية شمسية 10 عبارة عن خلية شمسية بلورية مستطيلة من السيليكون تشتمل على أنماط معدنة سطح أمامي (جانب الشمس) و سطح خلفي (الجانب المظلل) توفر تلامس كهربائي مع الجوانب المتقابلة لوصلة n-p، يتم وضع نمط معدنة السطح الأمامي على طبقة شبه موصلة لها موصلية من النوع n، و يتم وضع نمط معدنة السطح
- 25

الخلفي على طبقة شبه موصلة لها موصلية النوع p. ومع ذلك، يمكن استخدام أي نظم مادة،
بنيات صمام ثنائي، أبعاد مادية، أو تجهيزات تلامس كهربائية أخرى إذا كان ذلك مناسباً. على
سبيل المثال، يمكن وضع نمط معدنة السطح الأمامي (جانب الشمس) على طبقة شبه موصلة لها
موصلية من النوع p، ويكون نمط معدنة سطح خلفي (الجانب المظلل) موضوع على طبقة شبه
موصلة لها موصلية من النوع n. 5

بالرجوع مرة أخرى إلى الشكل 1، في خلية فائقة 100 يتم ربط خلايا شمسية متجاورة 10 على
نحو توصيلي مباشرة ببعضها البعض في المنطقة التي تتداخل فيها بواسطة مادة رابطة موصلة
كهربائياً توصل كهربائياً نمط المعدنة للسطح الأمامي بإحدى الخلايا الشمسية إلى نمط معدنة
السطح الخلفي للخلية الشمسية المجاورة. يمكن أن تتضمن المواد الرابطة الموصلة كهربائياً
المناسبة، على سبيل المثال، المواد اللاصقة الموصلة كهربائياً وأغشية المواد اللاصقة الموصلة
كهربائياً والأشرطة اللاصقة، ولحامات القصدير التقليدية. 10

بالرجوع مرة أخرى إلى الشكل 2، الشكل 2 يوضح وحدة شمسية مستطيلة مثالية 200 تشتمل على
ست خلايا فائقة مستطيلة 100، كل منها له طول يساوي تقريباً طول الجوانب الطويلة من الوحدة
الشمسية. الخلايا الفائقة تكون مرتبة على هيئة ستة صفوف متوازية مع جوانبها الطويلة الموجهة
على نحو مواز للجوانب الطويلة من الوحدة. يمكن أن تتضمن الوحدة الشمسية المهيأة على نحو
مماثل أكثر أو أقل من صفوف الخلايا الفائقة المذكورة ذات الطول الجانبي مما هو موضح في
هذا المثال. في تنويعات أخرى يمكن أن يكون لكل واحدة من الخلايا الفائقة طول يساوي تقريباً
طول جانب قصير من وحدة شمسية مستطيلة، ويمكن أن تكون صفوف مرتبة على التوازي مع
جوانبها الطويلة الموجهة على نحو مواز للجوانب القصيرة من الوحدة. في تجهيزات أخرى كذلك قد
يشتمل كل صف على اثنتين أو أكثر من الخلايا الفائقة، يمكن أن تكون متصلة بينياً كهربائياً على
التوالي على سبيل المثال. يمكن أن يكون للوحدات جوانب قصيرة لها طول، على سبيل المثال،
يتراوح من حوالي 1 متر وجوانب طويلة لها طول، على سبيل المثال، يتراوح من حوالي 1.5 إلى
حوالي 2.0 متراً. يمكن كذلك استخدام أي أشكال مناسبة أخرى (على سبيل المثال، مربعة) وأبعاد
للوحدات الشمسية أيضاً. كل خلية فائقة في هذا المثال تشتمل على 72 خلية شمسية مستطيلة كل
منها له عرض يساوي تقريباً 6/1 عرض 156 ملليمتر (مم) مربع أو رقاقة زائفة مربعة الشكل 25

وطول يتراوح من حوالي 156 مم. يمكن كذلك استخدام أي عدد آخر مناسب من الخلايا الشمسية المستطيلة ذات أي أبعاد أخرى مناسبة.

- الشكل 76 يوضح أحد الأمثلة على نمط معدنة سطح أمامي على خلية شمسية المستطيلة 10 تسهل طباعة استنسل طبقاً لما تم وصفه فيما سبق. يمكن تشكيل نمط المعدنة للسطح الأمامي، على سبيل المثال، من معجون فضة. في المثال من الشكل 76 يشتمل نمط المعدنة للسطح 5 الأمامي على مجموعة من أصابع 6015 تمتد بالتوازي لبعضها البعض، وبالتوازي مع الجوانب القصيرة للخلية الشمسية، وعمودية على الجوانب الطويلة من الخلية الشمسية. يشتمل نمط المعدنة للسطح الأمامي أيضاً على صف من حشيات التلامس الاختيارية 6020 التي تمتد بالتوازي مع وبجوار حافة الجانب الطويل للخلية الشمسية، بحيث تقع كل حشية تلامس 6020 عند نهاية الأصبع 6015. حيثما تكون موجودة، تشكل كل حشية تلامس 6020 مساحة لخرزة فردية من مادة لاصقة موصلة كهربائياً (ECA)، لحام قصدير، أو مادة رابطة موصلة كهربائياً أخرى مستخدمة لتربط على نحو موصل السطح الأمامي للخلية الشمسية الموضحة إلى تداخل جزء من السطح الخلفي لخلية شمسية مجاورة. يمكن أن يكون للحشيات أشكال دائرية، مربعة، أو مستطيلة على سبيل المثال، غير أنه يمكن استخدام أي شكل حشية مناسب. كبديل لاستخدام الخزرات الفردية من المادة الرابطة الموصلة كهربائياً، يمكن أن يقوم أي شريط متواصل أو بخط متقطع من ECA، لحام قصدير، موصل، أو مادة رابطة أخرى موصلة كهربائياً موضوعة بطول حافة الجانب الطويل للخلية الشمسية بالتوصيل البيني لبعض أو جميع الأصابع فضلاً عن ربط الخلية الشمسية لتداخل الخلية الشمسية المجاورة. يمكن استخدام الخط المتقطع أو المتواصل المذكور من المادة الرابطة الموصلة كهربائياً بالاشتراك مع الحشيات الموصلة عند أطراف الأصابع، أو دون مثل تلك الحشيات الموصلة. 20

يمكن أن يكون للخلية الشمسية 10، على سبيل المثال، طول يتراوح من حوالي 156 مم، عرض حوالي 26 مم، وبالتالي فإن النسبة الباعية (طول الجانب القصير / طول الجانب الطويل) يتراوح من حوالي 1:6. يمكن تحضير الخلايا الشمسية الست المذكورة على رقاقة سيليكون ببعد قياسي 156 مم x 156 مم، وبعد ذلك يتم فصلها (تجزئتها) لتوفير الخلايا الشمسية وفقاً لما هو

موضح. في تنويعات أخرى، يمكن تحضير ثمان خلايا شمسية 10 لها أبعاد تتراوح من حوالي 25

19.5 مم x 156 مم، وبالتالي فإن النسبة الباعية تتراوح من حوالي 1:8، من رقاقة سيليكون قياسية. بصفة عامة أكثر، يمكن أن يكون للخلايا الشمسية 10 نسب باعية، على سبيل المثال، تبلغ حوالي 1:2 إلى حوالي 1:20 ويمكن تحضيرها من الرقاقات ذات حجم قياسي أو من الرقاقات التي لها أية أبعاد أخرى مناسبة.

5 بالرجوع مرة أخرى إلى الشكل 76، قد يشتمل نمط المعدنة للسطح الأمامي على، على سبيل المثال، حوالي 60 إلى حوالي 120 أصابع لكل 156 مم من عرض الخلية، على سبيل المثال حوالي 90 أصابع. يمكن أن يكون للأصابع 6015 قيم عرض، على سبيل المثال، حوالي 10 إلى حوالي 90 ميكرون، على سبيل المثال حوالي 30 ميكرون. يمكن أن يكون للأصابع 6015 ارتفاعات عمودية على سطح الخلية الشمسية تبلغ، على سبيل المثال، حوالي 10 إلى حوالي 50 ميكرون. يمكن أن تكون ارتفاعات الأصابع، على سبيل المثال، حوالي 10 ميكرون أو أكثر، حوالي 20 ميكرون أو أكثر، حوالي 30 ميكرون أو أكثر، حوالي 40 ميكرون أو أكثر، أو حوالي 50 ميكرون أو أكثر. يمكن أن يكون للحشيات 6020 أقطار (دوائر) أو أطوال جانبية (مربعات أو مستطيلات) تبلغ، على سبيل المثال، حوالي 0.1 مم إلى حوالي 1 مم، على سبيل المثال حوالي 0.5 مم.

15 يمكن أن يشتمل نمط معدنة السطح الخلفي للخلية الشمسية المستطيلة 10، على سبيل المثال، على صف من حشيات التلامس المتميزة، أو صف من حشيات التلامس المتصلة بينياً، أو قضيب توصيل متواصل يمتد بالتوازي مع وجوار حافة الجانب الطويل للخلية الشمسية. ومع ذلك لا تكون حشيات التلامس أو قضيب التوصيل المذكورة مطلوبة. إذا اشتمل نمط معدنة السطح الأمامي على حشيات التلامس 6020 مرتبة بطول حافة واحدة من الجوانب الطويلة من الخلية الشمسية، 20 حينئذ يكون صف من حشيات التلامس أو قضيب التوصيل (إن وجد) في نمط معدنة السطح الخلفي مرتباً بطول حافة الجانب الطويل الآخر للخلية الشمسية. يمكن أن يشتمل نمط معدنة السطح الخلفي أيضاً على ملامس سطح خلفي معدني يغطي إلى حد بعيد جميع السطح الخلفي المتبقي للخلية الشمسية. يشتمل المثال على نمط معدنة سطح خلفي من الشكل 77 على صف من حشيات التلامس المتميزة 6025 بالاشتراك مع ملامس سطح خلفي معدني 6030 طبقاً لما تم

وصفه توأ، ويشتمل نمط معدنة السطح الخلفي النموذجي من الشكل 77 ب على قضيب توصيل متواصل 35 بالاشتراك مع ملامس سطح خلفي معدني 6030 طبقاً لما تم وصفه توأ.

- 5 في خلية مسقوفة فائقة يكون نمط المعدنة للسطح الأمامي للخلية الشمسية مرتبطاً على نحو موصل بتداخل جزء من نمط معدنة السطح الخلفي لخلية شمسية مجاورة. على سبيل المثال، إذا كانت الخلايا الشمسية تشتمل على معدنة حشيات التلامس لسطح أمامي 6020، يمكن أن تكون كل حشية تلامس 6020 متحاذاة مع ومرتبطة إلى حشية تلامس معدنة سطح خلفي مناظر 6025 (إن وجد)، أو متحاذاة مع ومرتبطة إلى قضيب توصيل معدنة سطح خلفي 35 (إن وجد)، أو مرتبطة إلى ملامس سطح خلفي معدني 6030 (إن وجد) على الخلية الشمسية المجاورة. يمكن تحقيق هذا على سبيل المثال بحيث تكون الأجزاء الالمتميزة (على سبيل المثال، خرزات) من المادة الرابطة الموصلة كهربائياً موضوعة على كل حشية تلامس 6020، أو بخط منقطع أو متواصل من المادة الرابطة الموصلة كهربائياً يمتد بالتوازي مع حافة الخلية الشمسية واختيارياً توصيل بيني كهربائياً اثنين أو أكثر من حشيات التلامس 6020.

- 15 إذا كانت الخلايا الشمسية تفتقر إلى حشيات تلامس معدنة سطح أمامي 6020، حينئذ على سبيل المثال يمكن أن يكون كل أصبع نمط معدنة سطح أمامي 6015 متحاذاً مع ومرتبطة إلى حشية تلامس معدنة سطح خلفي مناظر 6025 (إن وجد)، أو مرتبطة إلى قضيب توصيل معدنة سطح خلفي 35 (إن وجد)، أو مرتبطة إلى ملامس سطح خلفي معدني 6030 (إن وجد) على الخلية الشمسية المجاورة. يمكن تحقيق هذا على سبيل المثال باستخدام الأجزاء المتميزة (على سبيل المثال، خرزات) من المادة الرابطة الموصلة كهربائياً الموضوعة على الطرف المتداخل من كل أصبع 6015، أو بخط منقطع أو متواصل من المادة الرابطة الموصلة كهربائياً تمتد بالتوازي مع حافة الخلية الشمسية واختيارياً توصيل بيني كهربائياً اثنين أو أكثر من الأصابع 6015.

- 20 طبقاً لما تمت ملاحظته فيما سبق، يمكن أن توفر أجزاء من معدنة السطح الخلفي المتداخلة للخلية الشمسية المجاورة، على سبيل المثال قضيب توصيل سطح خلفي 35 و/ أو ملامس سطح خلفي 6030 إن وجد، انتشار تيار وتوصيل كهربائي عمودي على الأصابع في نمط المعدنة للسطح الأمامي. في تنويعات تستخدم الخطوط المتقطعة أو المتواصلة من المادة الرابطة الموصلة كهربائياً طبقاً لما تم وصفه فيما سبق، يمكن أن توفر المادة الرابطة الموصلة كهربائياً انتشار تيار وتوصيل

كهربائي عمودي على الأصابع في نمط المعدنة للسطح الأمامي. يمكن أن تحمل معدني السطح الخلفي المتداخلة و/ أو المادة الرابطة الموصلة كهربائياً على سبيل المثال التيار إلى أصابع التفريع المجزأ أو اضطرابات الأصبع الأخرى في نمط المعدنة للسطح الأمامي.

يمكن تشكيل حشيات تلامس معدنة السطح الخلفي 6025 وقضيب التوصيل 35، إن وجد، على سبيل المثال من معجون فضة، يمكن وضعها بواسطة طباعة الاستنسل، الطباعة بالاستنسل، أو أية طريقة مناسبة أخرى. ملامس سطح خلفي معدني 6030، على سبيل المثال، من الألومنيوم.

يمكن أيضاً استخدام أية أنماط معدنة أخرى مناسبة للسطح الخلفي والمواد.

الشكل 78 يوضح أحد الأمثلة على نمط معدنة سطح أمامي على خلية شمسية مربعة 6300 يمكن تجزئتها لتكوين مجموعة من الخلايا الشمسية المستطيلة كل ذات نمط المعدنة للسطح الأمامي الموضحة في الشكل 76.

الشكل 79 يوضح أحد الأمثلة على نمط معدنة سطح خلفي على خلية شمسية مربعة 6300 يمكن تجزئتها لتكوين مجموعة من الخلايا الشمسية المستطيلة كل ذات نمط معدنة السطح الخلفي الموضحة في الشكل 77.

يمكن أن يتيح نمط المعدنة للأسطح الأمامية الموصوف في الطلب الحالي طباعة استنسل لمعدنة السطح الأمامي على خط إنتاج الخلية الشمسية بطابعة ثلاثية قياسية. على سبيل المثال، قد

تشتمل عملية الإنتاج على معجون فضة للاستنسل أو الطباعة بالاستنسل على السطح الخلفي لخلية شمسية مربعة لتكوين حشيات التلامس لسطح خلفي أو فضة قضيب توصيل بسطح خلفي باستخدام طابعة أولى، بعد ذلك تجفيف معجون فضة السطح الخلفي، ثم استنسل أو الطباعة

بالاستنسل لملامس من الألومنيوم على السطح الخلفي للخلية الشمسية باستخدام طابعة ثانية، ثم تجفيف ملامس الألومنيوم، ثم معجون فضة للطباعة بالاستنسل على السطح الأمامي من الخلية الشمسية لتكوين نمط معدنة سطح أمامي كامل باستخدام استنسل واحد في خطوة واحدة للطباعة بالاستنسل باستخدام طابعة ثالثة، ثم تجفيف معجون الفضة، بعد ذلك تشغيل الخلية الشمسية.

يمكن أن تحدث هذه الطباعة والخطوات المرتبطة بها في أي ترتيب آخر، أو يمكن حذفها، حسبما يكون مناسباً.

- يتيح استخدام الاستنسل لطباعة نمط المعدنة للسطح الأمامي إنتاج أصابع أضيق مما يمكن بالطباعة بالاستنسل، مما يمكن أن يحسن كفاءة الخلية الشمسية ويخفض استخدام الفضة وبالتالي تكلفة الإنتاج. يتيح طباعة استنسل لنمط المعدنة للسطح الأمامي في خطوة طباعة استنسل واحدة باستخدام استنسل واحد إنتاج نمط معدنة سطح أمامي له ارتفاع منتظم، على سبيل المثال، لا يظهر خزم كما يمكن أن يحدث في حالة استخدام طباعة الاستنسل أو طباعة استنسل متعددة بالاشتراك مع الطباعة بالاستنسل لتداخل الطباعات لتحديد السمات التي تمتد في الاتجاهات الأخرى.
- 5
- بعد تشكيل نمط معدنة السطح الأمامي والخلفي على الخلايا الشمسية المربعة، يمكن فصل كل خلية شمسية مربعة إلى اثنتين أو أكثر من الخلايا الشمسية المستطيلة. يمكن تحقيق هذا على سبيل المثال بالنسخ بالليزر يليه الشطر، أو بأية طريقة مناسبة أخرى. يمكن بعد ذلك ترتيب الخلايا الشمسية المستطيلة بطريقة تداخل مسقوف ومرتبطة على نحو موصل ببعضها البعض طبقاً لما تم وصفه فيما سبق لتكوين الخلية الفائقة. هذه المواصفة تكشف عن طرق لتصنيع الخلايا الشمسية بقيم فقد منخفضة في توليفة الحامل عند حواف الخلية الشمسية، على سبيل المثال، دون حواف مشقوفة تعزز توليفة الحامل. يمكن أن تكون الخلايا الشمسية خلايا شمسية من السيليكون، على سبيل المثال، وبمزيد من التحديد يمكن أن تكون خلايا شمسية HIT من السيليكون. تكشف هذه المواصفة أيضاً عن تجهيزات خلية فائقة مسقوفة (تداخل) من الخلايا الشمسية المذكورة. يمكن أن يكون للخلايا الشمسية الفردية في الخلية الفائقة المذكورة أشكال هندسية مستطيلة الشكل ضيقة (على سبيل المثال، أشكال شبيهة بالشرائح)، بحيث تكون الجوانب الطويلة من الخلايا الشمسية المتجاورة مرتبة لتداخل.
- 10
- من التحديات الكبيرة التي تواجه تطبيق الخلايا الشمسية مرتفعة الكفاءة الموفر في التكلفة مثل الخلايا الشمسية HIT الحاجة المدركة تقليدياً لكميات كبيرة من الفلز لحمل تيار كبير من مثل تلك الخلية الشمسية مرتفعة الكفاءة إلى الخلية الشمسية مرتفعة الكفاءة المتصلة على التوالي. تكعيب مثل تلك الخلية الشمسية مرتفعة الكفاءة إلى شرائح الخلايا الشمسية المستطيلة الضيقة، وبعد ذلك يتيح ترتيب الخلايا الشمسية الناتجة في نمط متداخل (مسقوف) مع روابط موصلة بين الأجزاء المتداخلة من خلايا شمسية متجاورة لتكوين سلسلة متصلة على التوالي للخلايا الشمسية في الخلية
- 15
- 20
- 25

الفائقة، فرصة لتقليل تكلفة الوحدة من خلال تبسيط العملية. وهذا راجع إلى أنه يمكن تقليل خطوات عملية التمييز المطلوبة تقليدياً للتوصيل البيني لخلايا شمسية متجاوزة باستخدام شرائط فلزية. من شأن طريقة التسقيف هذه أن تحسن أيضاً من كفاءة الوحدة بتقليل التيار من خلال الخلايا الشمسية (لأن شرائح الخلية الشمسية الفردية يمكن أن يكون لها أصغر من مساحات فعالة تقليدية) وبتقليل طول مسار التيار بين خلايا شمسية متجاوزة، حيث يميل كل منها لتقليل فقد المقاومة. يمكن أن يسمح التيار المخفض أيضاً باستبدال موصلات مقاومة أقل تكلفة ولكن أكثر مقاومة (على سبيل المثال، نحاس) بالنسبة للموصلات الأكثر تكلفة ولكن أقل مقاومة (على سبيل المثال، فضة) دون فقد كبير في الأداء. على نحو إضافي، يمكن أن تقلل طريقة التسقيف المذكورة مساحة الوحدة غير النشطة بتقليل الأشرطة المتصلة بينياً والملامسات المتصلة من الأسطح الأمامية من الخلايا الشمسية.

10

يمكن أن يكون للخلايا الشمسية ذات الحجم التقليدي، على سبيل المثال، أسطح أمامية وخلفية مربعة إلى حد بعيد بأبعاد تتراوح من حوالي 156 ملليمتر (مم) x حوالي 156 مم. في مخطط التسقيف الموصوف للتو، يتم تكعيب مثل هذه الخلية الشمسية إلى اثنين أو أكثر (على سبيل المثال، اثنين إلى عشرين) 156 مم طولاً شرائح الخلية الشمسية. تتمثل الصعوبة الممكنة في طريقة التسقيف هذه في أن تكعيب خلية شمسية بحجم تقليدي إلى شرائح رقيقة يزيد من طول حافة الخلية للمساحة النشطة من الخلية الشمسية مقارنة ب خلية شمسية بحجم تقليدي، الأمر الذي يمكن أن يخفض من الأداء نتيجة توليفة الحامل عند الحواف.

15

على سبيل المثال، الشكل 80 يوضح بصورة تخطيطية تكعيب الخلية الشمسية HIT 7100 التي لها أبعاد سطح أمامي وخلفي تتراوح من حوالي 156 مم x حوالي 156 مم إلى العديد من شرائح الخلية الشمسية (7100أ، 7100ب، 7100ج، و7100د) كل منها له أسطح أمامية وخلفية مستطيلة ضيقة بأبعاد تتراوح من حوالي 156 مم x حوالي 40 مم. (إن الجوانب الطويلة 156 مم من شرائح الخلية الشمسية تمتد في الصفحة). في خلية HIT النموذجية الموضحة 7100 تشتمل على قاعدة أحادية البلورة من نوع 5105n، يمكن أن يكون لها على سبيل المثال سمك يتراوح من حوالي 180 ميكرون وأسطح أمامية وخلفية مربعة بأبعاد تتراوح من حوالي 156 مم x حوالي 156 مم. تم وضع طبقة بسمك يبلغ حوالي 5 نانو متر (نانو متر) من Si:H (a-Si:H) غير

20

25

- المتبلرة المتأصلة وطبقة بسمك يبلغ حوالي 5 نانومتر من $a\text{-Si:H}$ مشاب n^+ (تم بيان كلا الطبقتين معا بالرقم المرجعي 7110) على السطح الأمامي لقاعدة سيليكون بلورية 7105. تم وضع غشاء بسمك يبلغ حوالي 65 نانومتر 5120 من أكسيد موصل شفاف (TCO) على طبقات $a\text{-Si:H}$ 7110. توفر الخطوط التربيعية الفلزية الموصلة 7130 الموضوعة على طبقة TCO 7120 تلامس كهربائي إلى السطح الأمامي من الخلية الشمسية. تم وضع طبقة بسمك يبلغ حوالي 5 نانومتر من $a\text{-Si:H}$ المتأصلة وطبقة بسمك يبلغ حوالي 5 نانومتر من $a\text{-Si:H}$ مشاب p^+ (تم بيان كلا الطبقتين معا بالرقم المرجعي 7115) على السطح الخلفي لقاعدة سيليكون بلورية 7105. تم وضع غشاء بسمك يبلغ حوالي 65 نانومتر 7125 من أكسيد موصل شفاف (TCO) على طبقات $a\text{-Si:H}$ 7115، وتوفر خطوط تربيعية فلزية موصلة 7135 موضوعة على طبقة TCO 7125 تلامس كهربائي إلى السطح الخلفي من الخلية الشمسية (المقصود بالأبعاد والمواد المنوه عنها فيما سبق تكون بالأحرى تمثيلية، وليست مقيدة، ويمكن أن تكون متباينة على النحو المناسب).
- بالرجوع كذلك إلى الشكل 80، في حالة انشطار الخلية الشمسية HIT 7100 بالطرق التقليدية لتكوين شريط الخلايا الشمسية 7100، 7100ب، 7100ج، و7100د، ولا يتم جعل الحواف المشقوقة المشكلة 7140 في وضع عدم تشغيل. تحتوي هذه الحواف غير المخددة على كثافة عالية من الروابط الكيميائية المتدلية، التي تعزز توليفة الحامل وتخفيض أداء الخلايا الشمسية. على وجه الخصوص، لا يتم جعل السطح المنشطر 7145 الذي يكشف وصلة $n\text{-p}$ والسطح المنشطر الذي يكشف مجال السطح الأمامي المشاب بشدة (في الطبقات 7110) في وضع عدم تشغيل ويمكن أن يحسن بدرجة كبيرة توليفة الحامل. علاوة على ما سبق، في حالة استخدام ليزر تقليدي لعمليات القطع أو النسخ بالليزر في تكعيب الخلية الشمسية 7100، يمكن أن يحدث تلف حراري مثل إعادة التبلر 7150 للسيليكون غير المتبلر على الحواف المشكلة مجدداً. كنتيجة للحواف غير المشغلة والتلف الحراري، في حالة استخدام عمليات التصنيع التقليدية يمكن أن نتوقع من الحواف الجديدة المشكلة على الخلايا الشمسية المشقوقة 7100، 7100ب، 7100ج، و7100د أن تقلل تيار قصر الدائرة، جهد الدائرة المفتوحة، وعامل الملء الزائف من الخلايا الشمسية. وهذا يصل إلى تخفيض كبير في أداء الخلايا الشمسية.

- يمكن تجنب تكوين حواف تعزيز إعادة الاندماج أثناء تكعيب الخلية الشمسية HIT ذات الحجم التقليدي في شرائح الخلية الشمسية الأضيقة باستخدام الطريقة الموضحة في الأشكال 85-85ي. تستخدم هذه الطريقة أخاديد العزل على السطح الأمامي والخلفي للخلية الشمسية ذات الحجم التقليدي 7100 لعزل وصلة p-n كهربائياً ومجال السطح الأمامي المشاب بدرجة شديدة من الحواف المشقوقة التي يمكن أن تقوم بخلاف ذلك بوظيفة مواضع إعادة الاندماج للحاملات قليلة الانتشار. لا يتم تحديد حواف الأخاديد بالانشطار التقليدي، وإنما بدلا من ذلك بالحفر الكيميائي أو تعيين النمط بالليزر، يلي ذلك بترسيب طبقة التخميل مثل أكسيد TCO الذي يخمل كل من الحز الأمامي والخلفي. مقارنة بالمناطق المشابة بشدة، تكون إشابة القاعدة منخفضة بدرجة كافية بحيث تكون احتمالية وصول الإلكترونات في الوصلة إلى قاعدة ذات حواف مقطوعة غير مخملة ضئيلة.
- 10 على نحو إضافي، يمكن استخدام تقنية التكعيب لرقاقة بدون تثلثات ، الفصل الحراري بالليزر (TLS)، لقطع الرقاقت، وتجنب التلف الحراري المحتمل.
- في المثال الموضح في الأشكال 85-85ي، تكون المادة البادئة حوالي 156 مم سيليكون مربع من نوع n أحادي البلورة في صورة رقاقة مقطوعة، يمكن أن يكون لها مقاومة كتلية تبلغ على سبيل المثال حوالي 1 إلى حوالي 3 أوم سنتيمتر ويمكن أن تكون على سبيل المثال بسمك حوالي 180 ميكرون. (الرقاقة 7105 تشكل قاعدة الخلايا الشمسية).
- 15 بالرجوع إلى الشكل 81، تكون الرقاقة 7105 المقطوعة في صورة قطع ذات قوام محفور تقليدياً، ومغسولة بالحمض، ومشطوفة، ومجففة.
- بعد ذلك، في الشكل 81ب يتم ترسيب طبقة a-Si:H بسمك حوالي 5 نانومتر ذاتي وطبقة n+ a-Si:H مشابهة بسمك حوالي 5 نانومتر (يتم بيان كلا الطبقتين معاً بالرقم المرجعي 7110) على السطح الأمامي للرقاقة 7105 بالترسيب بالبخار الكيميائي المحسن بالبلازما (PECVD)، على سبيل المثال، عند درجة حرارة تتراوح من حوالي 150°م إلى حوالي 200°م ، على سبيل المثال.
- 20 بعد ذلك، في الشكل 81ج يتم ترسيب طبقة a-Si:H ذاتية بسمك حوالي 5 نانومتر وطبقة مشابهة ب a-Si:H p+ بسمك حوالي 5 نانومتر (يتم بيان كلا الطبقتين معاً بالرقم المرجعي 7115)

على السطح الخلفي للرقاقة 7105، بواسطة PECVD، على سبيل المثال، عند درجة حرارة تتراوح من حوالي 150° م إلى حوالي 200° م، على سبيل المثال.

بعد ذلك، في الشكل 81د يتم تعيين نمط الطبقات الأمامية a-Si:H 7110 لتكوين أخاديد العزل 7112. أخاديد العزل 7112 التي تخترق نمطياً الطبقات 7110 لتصل الرقاقة 7105 ويمكن أن يكون لها قيم عرض، على سبيل المثال، حوالي 100 ميكرون إلى حوالي 1000 ميكرون، على سبيل المثال حوالي 200 ميكرون. نمطياً يكون للأخاديد أصغر قيم عرض يمكن استخدامها، بناءً على دقة تقنيات تحديد الأنماط وتقنيات الانشطار المطبقة بعد ذلك. يمكن تحقيق أنماط الأخاديد 7112، على سبيل المثال، باستخدام تحديد النمط بالليزر أو الحفر الكيميائي (على سبيل المثال، تحديد النمط بالحقن على البلل).

10 بعد ذلك، في الشكل 81هـ يتم تحديد أنماط الطبقات الخلفية a-Si:H 7115 لتكوين أخاديد العزل 7117. على نحو مماثل لأخاديد العزل 7112، أخاديد العزل 7117 التي تخترق نمطياً الطبقات 7115 لتصل الرقاقة 7105 ويمكن أن يكون لها قيم عرض، على سبيل المثال، حوالي 100 ميكرون إلى حوالي 1000 ميكرون، على سبيل المثال حوالي 200 ميكرون. يمكن تحقيق أنماط الأخاديد 7117، على سبيل المثال، باستخدام تحديد النمط بالليزر أو الحفر الكيميائي (على سبيل المثال، تحديد النمط بالحقن على البلل). يكون كل أخدود 7117 بما يتماشى مع أخدود مناظر 7112 على السطح الأمامي للبنية.

بعد ذلك، في الشكل 81و يتم ترسيب طبقة TCO بسبك حوالي 65 نانومتر 7120 على الطبقات الأمامية محددة الأنماط a-Si:H 7110. يمكن تحقيق هذا بالترسيب بالبخار المادي (PVD) أو بالطلي بالأيون، على سبيل المثال. طبقة TCO 7120 تملأ الأخاديد 7112 في طبقات a-Si:H 7110 وتطلي طبقات الحواف الخارجية 7110، من ثم تخدم أسطح الطبقات 7110. طبقة TCO 7120 أيضاً تقوم بوظيفة طلاء مضاد للانعكاس.

20 بعد ذلك، في الشكل 81ز يتم ترسيب طبقة TCO بسبك حوالي 65 نانومتر 7125 على الطبقات الخلفية محددة النمط a-Si:H 7115. يمكن تحقيق هذا بواسطة PVD أو بالطلي بالأيون، على سبيل المثال. طبقة TCO 7125 تملأ الأخاديد 7117 في طبقات a-Si:H

7115 وتطلي طبقات الحواف الخارجية 115، من ثم تخدم أسطح الطبقات 7115. طبقة TCO 7125 أيضاً تقوم بوظيفة طلاء مضاد للانعكاس.

بعد ذلك، في الشكل 81 ح تتم طباعة حريرية للسطح (على سبيل المثال، فلز) الأمامي الموصل لخطوط الشبكة المصبعة 7130 على طبقة TCO 7120. يمكن تشكيل خطوط الشبكة المصبعة 7130 من معاجين فضة منخفضة درجة الحرارة، على سبيل المثال.

بعد ذلك، في الشكل 81 ح تتم طباعة حريرية للسطح (على سبيل المثال، فلز) الخلفي الموصل لخطوط الشبكة المصبعة 7135 على طبقة TCO 7125. يمكن تشكيل خطوط الشبكة المصبعة 7135 من معاجين فضة منخفضة درجة الحرارة، على سبيل المثال.

بعد ذلك، بعد ترسيب لخطوط الشبكة المصبعة 7130 ولخطوط الشبكة المصبعة 7135، يتم إنضاج الخلية الشمسية عند درجة حرارة تتراوح من حوالي 200° م لمدة حوالي 30 دقيقة، على سبيل المثال.

بعد ذلك، في الشكل 81 ح يتم فصل الخلية الشمسية إلى شرائح الخلية الشمسية 7155، 7155 ج، و 7155 د بتكعيب الخلية الشمسية عند منتصف الأخاديد. يمكن تحقيق التكعيب على سبيل المثال باستخدام النسخ بالليزر التقليدي والشطر الميكانيكي عند منتصف الأخاديد لشطر الخلية الشمسية بما يتماشى مع الأخاديد. على نحو بديل، يمكن تحقيق التكعيب باستخدام عملية الفصل الحراري بالليزر (طبقاً لما ابتكره Jenoptik AG، على سبيل المثال) التي يتم فيها إجراء حث بالتسخين المستحث بالليزر عند منتصف الأخاديد للجهد الميكانيكي الذي يؤدي إلى شطر الخلية الشمسية بما يتماشى مع الأخاديد. يمكن أن تتجنب الطريقة الأخيرة التلف الحراري لحواف الخلايا الشمسية.

تختلف الخلايا الشمسية ذات الشريحة الناتجة 7155-7155 د عن الخلايا الشمسية ذات الشريحة 7100-7100 د الموضحة في الشكل 80. على وجه الخصوص، يتم تشكيل حواف الطبقات a-Si:H 7110 وطبقات a-Si:H 7115 في الخلايا الشمسية 7140-7140 د بحفر أو التنميط بالليزر، وليس بالشطر الميكانيكي. على نحو إضافي، يتم تخميل حواف الطبقات 7110 و 7115 في الخلايا الشمسية 7155-7155 د بواسطة طبقة TCO. كنتيجة لذلك، الخلايا الشمسية

7140-7140د تفتقر إلى توليفة الحامل التي تقوي حواف مشقوقة تكون موجودة في الخلايا الشمسية 7100-7100د.

- يقصد من الطريقة الموصوفة بالنسبة إلى الأشكال 81-81ي أن تكون تمثيلية وليست مقيدة. بحيث يتم إجراء الخطوات الموصوفة في تسلسلات معينة في تسلسلات أخرى أو على التوازي،
- 5 حسبما يكون مناسباً. يمكن حذف طبقات المواد والخطوات أو إضافتها أو استبدالها حسبما يكون مناسباً. على سبيل المثال، في حالة استخدام المعدنة بالطلاء بالنحاس حينئذ يمكن إدراج تنميط إضافي وخطوات ترسيب طبقة تنوية في العملية. علاوة على ما سبق، في بعض الصور المغايرة يتم تنميط الطبقات الأمامية a-Si:H فقط 7110 لتكوين أخاديد العزل، ولا يتم تشكيل أخاديد العزل في الطبقات الخلفية a-Si:H 7115. في تنويعات أخرى يتم تنميط الطبقات الخلفية a-Si:H 7115 فقط لتكوين أخاديد العزل، ولا يتم تشكيل أخاديد العزل في الطبقات الأمامية a-Si:H 10 7115. كما في المثال من الأشكال 81-81ي، في هذه التنويعات كذلك يحدث التكعيب عند منتصف الأخاديد.

- يمكن كذلك تجنب تكوين حواف تعزيز إعادة الاندماج أثناء تكعيب الخلية الشمسية HIT ذات الحجم التقليدي في شرائح الخلية الشمسية الأضيقة باستخدام الطريقة الموضحة في الأشكال 82-82ي، التي تستخدم كذلك أخاديد العزل على نحو مماثل للمستخدم في الطريقة الموصوفة بالنسبة إلى الأشكال 81-81ي.
- 15

- بالرجوع إلى الشكل 82، في هذا المثال تكون المادة البادئة مرة أخرى سيليكون مربع بسمك حوالي 156 مم من نوع n أحادي البلورة في صورة رقاقة مقطوعة 7105، يمكن أن يكون لها مقاومة كتلية تبلغ على سبيل المثال حوالي 1 إلى حوالي 3 أوم سنتيمتر ويمكن أن تكون على سبيل المثال بسمك حوالي 180 ميكرون.
- 20

- بالرجوع إلى الشكل 82ب، يتم تشكيل أخاديد 7160 في السطح الأمامي للرقاقة 7105. يمكن أن يكون لهذه الأخاديد أعماق على سبيل المثال، تبلغ حوالي 80 ميكرون إلى حوالي 150 ميكرون، على سبيل المثال حوالي 90 ميكرون، ويمكن أن تبلغ قيم العرض هذه على سبيل المثال ما يتراوح من حوالي 10 ميكرون إلى حوالي 100 ميكرون. تحدد أخاديد العزل 7160 الشكل الهندسي

لشرائح الخلية الشمسية المطلوب تشكيلها من الرقاقة 7105. طبقاً لما هو موضح فيما يلي، يتم شطر الرقاقة 7105 بما يتماشى مع هذه الأخاديد. يمكن تشكيل أخاديد 7160 بالنسخ التقليدي للرقاقة بالليزر، على سبيل المثال.

5 بعد ذلك، في الشكل 82 ج تكون الرقاقة 7105 ذات قوام محفور تقليدياً، ومغسولة بالحمض، ومشطوفة، ومجففة. يزيل الحفر نمطياً التلف الموجود بداية في أسطح صورة رقاقة مقطوعة 7105 أو يتم أثناء تكوين الأخاديد 7160. يمكن أن يوسع الحفر أيضاً ويعمق الأخاديد 7160.

10 بعد ذلك، في الشكل 82 د يتم ترسيب طبقة $a-Si:H$ ذاتية بسمك حوالي 5 نانومتر وطبقة n^+ $a-Si:H$ مشابهة بسمك حوالي 5 نانومتر (يتم بيان كلا الطبقتين معاً بالرقم المرجعي 7110) على السطح الأمامي للرقاقة 7105 بواسطة PECVD، على سبيل المثال، عند درجة حرارة تتراوح من حوالي 150 °م إلى حوالي 200 °م ، على سبيل المثال.

بعد ذلك، في الشكل 82 هـ يتم ترسيب طبقة $a-Si:H$ ذاتية بسمك حوالي 5 نانومتر وطبقة p^+ $a-Si:H$ مشابهة بسمك حوالي 5 نانومتر (يتم بيان كلا الطبقتين معاً بالرقم المرجعي 7115) على السطح الخلفي للرقاقة 7105، بواسطة PECVD، على سبيل المثال، عند درجة حرارة تتراوح من حوالي 150 °م إلى حوالي 200 °م ، على سبيل المثال.

15 بعد ذلك، في الشكل 82 و يتم ترسيب طبقة TCO بسمك حوالي 65 نانومتر 7120 على الطبقات الأمامية $a-Si:H$ 7110. يمكن تحقيق هذا بالترسيب بالبخار المادي (PVD) أو بالطلي بالأيون، على سبيل المثال. يمكن أن تملأ طبقة TCO 7120 أخاديد 7160 ونمطياً تطلي جدران وطبقات قاع الأخاديد 7160 وطبقات الحواف الخارجية 7110، من ثم تخمل الأسطح المطلية. طبقة TCO 7120 أيضاً تقوم بوظيفة طلاء مضاد للانعكاس.

20 بعد ذلك، في الشكل 82 ز يتم ترسيب طبقة TCO بسمك حوالي 65 نانومتر 7125 على الطبقات الخلفية $a-Si:H$ 7115. يمكن تحقيق هذا بـ PVD أو بالطلي بالأيون، على سبيل المثال. تخمل طبقة TCO 7125 الأسطح (على سبيل المثال، التي تتضمن الحواف الخارجية) للطبقات 7115 وأيضاً تقوم بوظيفة طلاء مضاد للانعكاس.

بعد ذلك، في الشكل 82 ح تتم الطباعة الحرارية للسطح الأمامي (على سبيل المثال، فلز) الموصل لخطوط الشبكة المصبة 7130 حريراً على طبقة TCO 7120. يمكن تشكيل خطوط الشبكة المصبة 7130 من معاجين فضة منخفضة درجة الحرارة، على سبيل المثال.

5 بعد ذلك، في الشكل 82 ط تتم الطباعة الحرارية للسطح الخلفي (على سبيل المثال، فلز) الموصل لخطوط الشبكة المصبة 7135 حريراً على طبقة TCO 7125. يمكن تشكيل خطوط الشبكة المصبة 7135 من معاجين فضة منخفضة درجة الحرارة، على سبيل المثال.

بعد ذلك، بعد ترسيب لخطوط الشبكة المصبة 7130 ولخطوط الشبكة المصبة 7135، يتم إنضاج الخلية الشمسية عند درجة حرارة تتراوح من حوالي 200° م لمدة حوالي 30 دقيقة، على سبيل المثال.

10 بعد ذلك، في الشكل 82 ي يتم فصل الخلية الشمسية إلى شرائح الخلية الشمسية 7165أ، 7165ب، 7165ج، و7165د، بتكعيب الخلية الشمسية عند منتصف الأخاديد. يمكن تحقيق التكعيب على سبيل المثال باستخدام الشطر الميكانيكي التقليدي عند منتصف الأخاديد لشطر الخلية الشمسية بما يتماشى مع الأخاديد. على نحو بديل، يمكن تحقيق التكعيب باستخدام عملية الفصل الحراري بالليزر طبقاً لما تم وصفه فيما سبق، على سبيل المثال.

15 تختلف الخلايا الشمسية ذات الشريحة الناتجة 7165أ-7165د عن الخلايا الشمسية ذات الشريحة 7100أ-7100د الموضحة في الشكل 80. على وجه الخصوص، يتم تشكيل حواف الطبقات a-Si:H 7110 في الخلايا الشمسية 7165أ-7165د بحفر، وليس بالشطر الميكانيكي. على نحو إضافي، يتم تخميل حواف الطبقات 7110 في الخلايا الشمسية 7165أ-7165د بواسطة طبقة TCO. كنتيجة لذلك، تفتقر الخلايا الشمسية 7165أ-7165د إلى توليفة الحامل التي تقوي حواف مشقوقة تكون موجودة في الخلايا الشمسية 7100أ-7100د.

20 المقصود من الطريقة الموصوفة بالنسبة إلى الأشكال 81أ-81ي أن تكون تمثيلية وليست مقيدة. بحيث يتم إجراء الخطوات الموصوفة في تسلسلات معينة في تسلسلات أخرى أو على التوازي، حسبما يكون مناسباً. يمكن حذف طبقات المواد والخطوات أو إضافتها أو استبدالها حسبما يكون مناسباً. على سبيل المثال، في حالة استخدام المعدنة بالطلاء بالنحاس حينئذ يمكن إدراج تنميط

إضافي وخطوات ترسيب طبقة تنوية في العملية. علاوة على ما سبق، في بعض الصور المغايرة يتم تشكيل بعض أخاديد التنويعات 7160 في السطح الخلفي للرقاقة 7105 بدلا منه في السطح الأمامي للرقاقة 7105.

- تكون الطرق الموصوفة فيما سبق بالنسبة إلى الأشكال 81-أ و 86-أ و 86-ي مطبقة على كل
- 5 من الخلايا الشمسية من نوع n و HIT من نوع p. يمكن أن تكون الخلايا الشمسية باعثة أمامي أو باعثة خلفي. يمكن أن يكون من المفضل تطبيق عملية الفصل على الجانب دون الباعث. علاوة على ما سبق، يكون استخدام أخاديد العزل وطبقات التخميل طبقاً لما تم وصفه فيما سبق لتقليل الاندماج على حواف الرقاقة المشطورة قابل للتطبيق على تصاميم الخلية الشمسية الأخرى وعلى الخلايا الشمسية باستخدام نظم المواد الأخرى غير السيليكون.
- 10 بالرجوع مرة أخرى إلى الشكل 1، يمكن أن تكون سلسلة من الخلايا المتصلة على التوالي الشمسية 10 المشكلة بالطرق الموصوفة فيما سبق مرتبة على نحو مميز بطريقة مسقفة بحيث تكون حواف خلايا شمسية متجاورة متداخلة ومتصلة كهربائياً لتكوين الخلية الفائقة 100. في خلية فائقة 100 تكون الخلايا الشمسية المتجاورة 10 مرتبطة على نحو موصل ببعضها البعض في المنطقة التي تتداخل فيها بواسطة مادة رابطة موصلة كهربائياً توصل كهربائياً نمط المعدنة للسطح الأمامي لإحدى الخلايا الشمسية بنمط معدنة السطح الخلفي للخلية الشمسية المجاورة. يمكن أن تتضمن المواد الرابطة الموصلة كهربائياً المناسبة، على سبيل المثال، المواد اللاصقة الموصلة كهربائياً والأغشية اللاصقة الموصلة كهربائياً والأشرطة اللاصقة، واللحامات التقليدية.
- بالرجوع مرة أخرى إلى الأشكال 5-أ و 5-ب، الشكل 5 أ يوضح وحدة شمسية مستطيلة مثالية 200 تشتمل على عشرين خلية فائقة مستطيلة 100، كل منها له طول يساوي تقريباً نصف طول الجوانب القصيرة للوحدة الشمسية. تكون الخلايا الفائقة مرتبة بطريقة طرف إلى طرف في أزواج لتكوين عشرة صفوف من الخلايا الفائقة، بحيث تكون الصفوف والجوانب الطويلة من الخلايا الفائقة موجهة على نحو مواز للجوانب القصيرة للوحدة الشمسية. في تنويعات أخرى، يمكن أن يتضمن كل صف من الخلايا الفائقة ثلاث أو أكثر من الخلايا الفائقة. أيضاً، في تنويعات أخرى يمكن أن تكون الخلايا الفائقة مرتبة طرف إلى طرف في صفوف، بحيث تكون الصفوف والجوانب الطويلة من الخلايا الفائقة موجهة على نحو مواز للجوانب الطويلة من وحدة شمسية مستطيلة أو
- 25

موجه على نحو موازٍ لجانب وحدة شمسية مربعة. علاوة على ما سبق، يمكن أن تتضمن الوحدة الشمسية أكثر أو أقل من الخلايا الفائقة وأكثر أو أقل من صفوف من الخلايا الفائقة مما هو موضح في هذا المثال.

5 يمكن أن تكون فجوة اختيارية 210 موضحة في الشكل 5 موجودة لتسهيل عمل تلامس كهربائي إلى ملامسات طرفية لسطح أمامي من الخلايا الفائقة 100 بطول خط المنتصف للوحدة الشمسية، في التنويعات التي تكون فيها الخلايا الفائقة في كل صف مرتبة بحيث واحدة على الأقل منها يكون لها سطح أمامي لتلامس طرفي في نهاية الخلية الفائقة بجوار الخلية الفائقة الأخرى في الصف. في الصور المتنوعة التي يتضمن فيها كل صف من الخلايا الفائقة ثلاثة أو أكثر من الخلايا الفائقة، يمكن وجود فجوات اختيارية إضافية بين الخلايا الفائقة لتسهيل على نحو مماثل عمل تلامس كهربائي إلى ملامسات طرفية لسطح أمامي تكون موجودة بعيدة عن جوانب الوحدة الشمسية. 10

الشكل 5 ب يوضح وحدة شمسية أخرى مستطيلة نموذجية 300 تشتمل على عشر خلايا فائقة مستطيلة 100، كل منها له طول يساوي تقريباً طول الجوانب القصيرة للوحدة الشمسية. تكون الخلايا الفائقة مرتبة بحيث تكون جوانبها الطويلة موجهة على نحو موازٍ للجوانب القصيرة تبلغ الوحدة. في تنويعات أخرى يمكن أن يكون للخلايا الفائقة أطوال تساوي تقريباً طول الجوانب الطويلة من وحدة شمسية مستطيلة وتكون موجهة بجوانبها الطويلة بالتوازي مع الجوانب الطويلة من الوحدة الشمسية. يمكن أن يكون كذلك للخلايا الفائقة أطوال تساوي تقريباً طول جوانب وحدة شمسية مربعة، وتكون موجهة بجوانبها الطويلة بالتوازي مع جانب الوحدة الشمسية. علاوة على ما سبق، يمكن أن تتضمن الوحدة الشمسية أكثر أو أقل من الخلايا الفائقة ذات طول الجانب غير الموضح في هذا المثال. 20

الشكل 5 ب يوضح أيضاً ما تبدو عليه وحدة شمسية 200 من الشكل 5 أ عندما لا يكون هناك فجوات بين الخلايا الفائقة المجاورة في صفوف الخلايا الفائقة في وحدة شمسية 200. يمكن كذلك استخدام أية ترتيبية أخرى مناسبة من الخلايا الفائقة 100 في وحدة شمسية.

توفر الفقرات المرقمة التالية جوانب إضافية غير مقيدة من الكشف.

1. وحدة شمسية تشتمل على:

سلسلة متصلة على التوالي من $N \leq 25$ خلايا شمسية مستطيلة أو مستطيلة إلى حد ما لها في المتوسط فلتية انهيار أكبر من حوالي 10 فولط، الخلايا الشمسية مجمعة في واحدة أو أكثر من الخلايا الفائقة يشتمل كل منها على اثنين أو أكثر من الخلايا الشمسية مرتبة على نفس الخط مع جوانب طويلة من خلايا شمسية متجاوزة المتداخلة ومرتبطة على نحو توصيلي مع بعضها البعض 5 بمادة لاصقة موصلة كهربائياً وحرارياً؛

حيث لا تكون خلية شمسية أو مجموعة واحدة من $N >$ خلايا شمسية في السلسلة للخلايا الشمسية متصلة كهربائياً بصورة فردية على التوازي بصمام ثنائي للتفريع.

2. الوحدة الشمسية وفقاً للفقرة 1، حيث N تكون أكبر من أو يساوي 30.

3. الوحدة الشمسية وفقاً للفقرة 1، حيث N تكون أكبر من أو يساوي 50. 10

4. الوحدة الشمسية وفقاً للفقرة 1، حيث N تكون أكبر من أو يساوي 100.

5. الوحدة الشمسية وفقاً للفقرة 1، حيث تشكل المادة اللاصقة روابط بين خلايا شمسية متجاوزة لها سمك عمودي على الخلايا الشمسية أقل من أو يساوي حوالي 0.1 مم وموصلية حرارية عمودي على الخلايا الشمسية أكبر من أو يساوي حوالي 1.5 واط/م/ك.

6. الوحدة الشمسية وفقاً للفقرة 1، حيث يتم تجميع N الخلايا الشمسية في خلية فائقة واحدة. 15

7. الوحدة الشمسية وفقاً للفقرة 1، حيث تكون الخلايا الفائقة مغلفة في بوليمر.

7أ. الوحدة الشمسية وفقاً للفقرة 7 حيث يشتمل البوليمر على بوليمر أولفين لدن حرارياً.

7ب. الوحدة الشمسية وفقاً للفقرة 7 حيث يكون البوليمر محصور بين لوح أمامي من الزجاج ورقاقة خلفية.

7ج. الوحدة الشمسية وفقاً للفقرة 7ب حيث اللوح الخلفي يشتمل على زجاج. 20

8. الوحدة الشمسية وفقاً للفقرة 1، حيث تكون الخلايا الشمسية خلايا شمسية من السيليكون.

9. وحدة شمسية تشتمل على:

الخلية الفائقة التي تغطي إلى حد بعيد كامل طول أو عرض للوحدة الشمسية بالتوازي مع حافة الوحدة الشمسية، الخلية الفائقة تشتمل على سلسلة متصلة على التوالي من N خلايا شمسية مستطيلة أو مستطيلة إلى حد ما لها في المتوسط فطية انهيار أكبر من حوالي 10 فولط مرتبة على نفس الخط مع جوانب طويلة من خلايا شمسية متجاوزة المتداخلة ومرتبطة على نحو توصيلي مع بعضها البعض بمادة لاصقة موصلة كهربائياً وحرارياً؛

حيث لا تكون خلية شمسية أو مجموعة واحدة من $N >$ الخلايا الشمسية في الخلية الفائقة متصلة كهربائياً بصورة فردية على التوازي بصمام ثنائي للتفريع.

10. الوحدة الشمسية وفقاً للفقرة 9، حيث $N < 24$.

10 11. الوحدة الشمسية وفقاً للفقرة 9، حيث يكون للخلية الفائقة طول في اتجاه تدفق التيار يبلغ على الأقل حوالي 500 مم.

12. الوحدة الشمسية وفقاً للفقرة 9، حيث تكون الخلايا الفائقة مغلقة في بوليمر أولفين لدن حرارياً محصور بين رقاقات أمامية وخلفية من الزجاج.

13. الخلية الفائقة تشتمل على:

15 مجموعة من الخلايا الشمسية من السيليكون يتضمن كل منها:

أسطح أمامية أو خلفية مستطيلة أو مستطيلة إلى حد بعيد بأشكال محددة بالجوانب الطويلة المتوازية الأولى والثانية الموضوعة على نحو متقابل وجانبين قصيرين موضوعين على نحو متقابل، يتم تعريض أجزاء على الأقل من الأسطح الأمامية إلى أشعة الشمس أثناء تشغيل سلسلة الخلايا الشمسية؛

20 نمط معدنة سطح أمامي موصل كهربائياً موضوع على السطح الأمامي ويشتمل على حشية تلامس سطح أمامي واحد على الأقل موضوعة بجوار الجانب الطويل الأول؛ و

نمط معدنة سطح خلفي موصل كهربائياً موضوع على السطح الخلفي ويشتمل على حشية تلامس سطح خلفي واحد على الأقل موضوعة بجوار الجانب الطويل الثاني؛

حيث يتم ترتيب الخلايا الشمسية من السيليكون على نفس الخط مع الجوانب الطويلة الأولى والثانية من الخلايا الشمسية المجاورة من السيليكون المتداخلة وبحيث تكون حشيات تلامس السطح الأمامي والخلفي على الخلايا الشمسية المجاورة من السيليكون المتداخلة ومرتبطة على نحو

5

توصيلي ببعضها البعض بمادة رابطة لمادة لاصقة موصلة لتوصيل الخلايا الشمسية كهربائياً من السيليكون على التوالي؛ و

حيث نمط المعدنة للسطح الأمامي لكل خلية شمسية من السيليكون يشتمل على حاجز مهياً ليحدد إلى حد بعيد المادة الرابطة للمادة اللاصقة الموصلة إلى واحدة على الأقل حشية تلامس سطح أمامي قبل إنضاج المادة الرابطة للمادة اللاصقة الموصلة أثناء تصنيع الخلية الفائقة.

10

14. الخلية الفائقة وفقاً للفقرة 13، حيث لكل زوج من الخلايا الشمسية المتداخلة والمتجاورة من السيليكون، الحاجز على السطح الأمامي لواحدة من الخلايا الشمسية من السيليكون يكون متداخل وغير ظاهر جزء من خلية شمسية أخرى من السيليكون، من ثم يحدد إلى حد بعيد المادة الرابطة للمادة اللاصقة الموصلة للمناطق المتداخلة من السطح الأمامي للخلية الشمسية من السيليكون قبل إنضاج المادة الرابطة للمادة اللاصقة الموصلة أثناء تصنيع الخلية الفائقة.

15

15. الخلية الفائقة وفقاً للفقرة 13، حيث يشتمل الحاجز على خط موصل متواصل يمتد بالتوازي مع وللطول الكامل إلى حد بعيد للجانب الطويل الأول، بحيث تكون حشية تلامس سطح أمامي واحدة على الأقل موجودة بين الخط الموصل المتواصل والجانب الطويل الأول من الخلية الشمسية.

16. الخلية الفائقة وفقاً للفقرة 15، حيث يشتمل نمط المعدنة للسطح الأمامي على أصابع متصلة كهربائياً لحشيات تلامس سطح أمامي واحد على الأقل وتمتد عمودياً على الجانب الطويل الأول، والخط الموصل المتواصل المتصل بينياً كهربائياً للأصابع لتوفير عدة مسارات موصلة من كل أصبع إلى حشية تلامس سطح أمامي واحدة على الأقل.

20

17. الخلية الفائقة وفقاً للفقرة 13، حيث يشتمل نمط المعدنة للسطح الأمامي على مجموعة من حشيات التلامس المتميزة مرتبة في صف مجاور إلى وبالتوازي مع الجانب الطويل الأول، ويشتمل الحاجز على مجموعة من سمات تشكل حواجز منفصلة لكل حشية تلامس مميزة تحدد إلى حد بعيد المادة الرابطة للمادة اللاصقة الموصلة إلى حشيات التلامس المتميزة قبل إنضاج المادة
- 5 الرابطة للمادة اللاصقة الموصلة أثناء تصنيع الخلية الفائقة.
18. الخلية الفائقة وفقاً للفقرة 17، حيث تتناكب الحواجز المنفصلة وتكون أطول من حشيات التلامس المتميزة المناظرة لها.
19. الخلية الفائقة تشتمل على:
- مجموعة من الخلايا الشمسية من السيليكون يتضمن كل منها:
- 10 أسطح أمامية أو خلفية مستطيلة أو مستطيلة إلى حد بعيد بأشكال محددة بالجوانب الطويلة المتوازية الأولى والثانية الموضوعة على نحو متقابل وجانبين قصيرين موضوعين على نحو متقابل، يتم تعريض أجزاء على الأقل من الأسطح الأمامية إلى أشعة الشمس أثناء تشغيل سلسلة الخلايا الشمسية؛
- نمط معدنة سطح أمامي موصل كهربائياً موضوع على السطح الأمامي ويشتمل على حشية تلامس
- 15 سطح أمامي واحد على الأقل موضوعة بجوار الجانب الطويل الأول؛ و
- نمط معدنة سطح خلفي موصل كهربائياً موضوع على السطح الخلفي ويشتمل على حشية تلامس
- سطح خلفي واحد على الأقل موضوعة بجوار الجانب الطويل الثاني؛
- حيث يتم ترتيب الخلايا الشمسية من السيليكون على نفس الخط مع الجوانب الطويلة الأولى
- والثانية من الخلايا الشمسية المجاورة من السيليكون المتداخلة وبحيث تكون حشيات تلامس السطح
- الأمامي والخلفي على الخلايا الشمسية المجاورة من السيليكون المتداخلة ومرتبطة على نحو
- 20 توصيلي ببعضها البعض بمادة رابطة لمادة لاصقة موصلة لتوصيل الخلايا الشمسية كهربائياً من السيليكون على التوالي؛ و

حيث نمط تعدين السطح الخلفي لكل خلية شمسية من السيليكون يشتمل على حاجز مهياً ليحدد إلى حد بعيد المادة الرابطة للمادة اللاصقة الموصلة إلى حشيات تلامس السطح الخلفي الواحد على الأقل قبل إنضاج المادة الرابطة للمادة اللاصقة الموصلة أثناء تصنيع الخلية الفائقة.

20. الخلية الفائقة وفقاً للفقرة 19، حيث نمط تعدين السطح الخلفي تشتمل على واحد أو أكثر من حشيات التلامس المتميزة مرتبة في صف مجاور إلى وبالتوازي مع الجانب الطويل الثاني، ويشتمل الحاجز على مجموعة من سمات تشكل حواجز منفصلة لكل حشية تلامس مميزة تحدد إلى حد بعيد المادة الرابطة للمادة اللاصقة الموصلة إلى حشيات التلامس المتميزة قبل إنضاج المادة الرابطة للمادة اللاصقة الموصلة أثناء تصنيع الخلية الفائقة.

21. الخلية الفائقة وفقاً للفقرة 20، حيث تتناكب الحواجز المنفصلة وتكون أطول من حشيات التلامس المتميزة المناظرة لها.

22. طريقة التصنيع سلسلة للخلايا الشمسية، تشتمل الطريقة على:

تكعيب واحدة أو أكثر من رقاقات السيليكون المربعة الزائفة بطول مجموعة من الخطوط الموازية إلى حافة طويلة لكل رقاقة لتشكيل مجموعة من الخلايا الشمسية المستطيلة من السيليكون يكون لكل منها بدرجة كبيرة نفس الطول بطول محوره الطولي؛ و

ترتيب الخلايا الشمسية المستطيلة من السيليكون بما يتماشى مع جوانب طويلة من خلايا شمسية متجاورة المتداخلة ومرتبطة على نحو توصيلي ببعضها البعض لتوصيل الخلايا الشمسية كهربائياً على التوالي؛

حيث مجموعة من الخلايا الشمسية المستطيلة من السيليكون تشتمل على الخلية الشمسية المستطيلة الواحدة على الأقل التي لها اثنين من الأركان الشطبية المناظرة لأركان أو على أجزاء من أركان الرقاقة الزائفة مربعة الشكل، وواحد أو أكثر من الخلايا الشمسية المستطيلة من السيليكون كل تفتقر إلى الأركان الشطبية؛ و

حيث يتم انتقاء المباعدة بين الخطوط المتوازية والتي بطولها تم تكعيب الرقاقة الزائفة مربعة الشكل لمعادلة الأركان الشطبية بأن يكون العرض عمودياً على المحور الطولي من الخلايا الشمسية

المستطيلة من السيليكون التي تشتمل على الأركان الشطبية أكبر من العرض عمودياً على المحور الطولي من الخلايا الشمسية المستطيلة من السيليكون التي تفتقر إلى الأركان الشطبية، بحيث كل من مجموعة من الخلايا الشمسية المستطيلة من السيليكون في السلسلة للخلايا الشمسية لها سطح أمامي بنفس المساحة بدرجة كبيرة المعرضة للضوء في تشغيل سلسلة الخلايا الشمسية.

5 23. سلسلة من الخلايا الشمسية تشتمل على:

مجموعة من الخلايا الشمسية من السيليكون مرتبة على نفس الخط مع الأجزاء الطرفية من خلايا شمسية متجاورة المتداخلة ومرتبطة على نحو توصيلي ببعضها البعض لتوصيل الخلايا الشمسية كهربائياً على التوالي؛

10 حيث واحدة على الأقل من الخلايا الشمسية من السيليكون يكون لها الأركان الشطبية التي تناظر أركان أو أجزاء من أركان من رقاقة السيليكون مربعة الشكل الزائفة والتي تم تقطيعها منها إلى مكعبات، حيث تفتقر واحدة على الأقل من الخلايا الشمسية من السيليكون إلى الأركان الشطبية، وكل من الخلايا الشمسية من السيليكون لها سطح أمامي بنفس المساحة بدرجة كبيرة المعرضة للضوء أثناء تشغيل سلسلة الخلايا الشمسية.

24. طريقة تصنيع اثنين أو أكثر من سلاسل للخلايا الشمسية، تشتمل الطريقة على:

15 تكعيب واحدة أو أكثر من رقاقات السيليكون المربعة الزائفة بطول مجموعة من الخطوط الموازية إلى حافة طويلة لكل رقاقة لتشكيل مجموعة أولى من الخلايا الشمسية المستطيلة من السيليكون تشتمل على الأركان الشطبية المناظرة لأركان أو أجزاء من أركان رقاقات السيليكون مربعة الشكل الزائفة ومجموعة ثانية من الخلايا الشمسية المستطيلة من السيليكون كل منها لها طول أول يغطي كامل عرض رقاقات السيليكون مربعة الشكل الزائفة وتفتقر إلى الأركان الشطبية؛

20 إزالة الأركان الشطبية من كل من مجموعة أولى من الخلايا الشمسية المستطيلة من السيليكون لتكوين مجموعة ثالثة من الخلايا الشمسية المستطيلة من السيليكون لكل منها طول ثانٍ أقصر من الطول الأول وتفتقر إلى الأركان الشطبية؛

ترتيب مجموعة ثانية من الخلايا الشمسية المستطيلة من السيليكون بما يتماشى مع جوانب طويلة من الخلايا الشمسية المجاورة المستطيلة من السيليكون المتداخلة ومرتبطة على نحو توصيلي ببعضها البعض للتوصيل كهربائياً مجموعة ثانية من الخلايا الشمسية المستطيلة من السيليكون على التوالي لتكوين سلسلة الخلية الشمسية التي لها عرض يساوي الطول الأول؛ و

5 ترتيب مجموعة ثالثة من الخلايا الشمسية المستطيلة من السيليكون بما يتماشى مع جوانب طويلة من الخلايا الشمسية المجاورة المستطيلة من السيليكون المتداخلة ومرتبطة على نحو توصيلي ببعضها البعض للتوصيل كهربائياً مجموعة ثالثة من الخلايا الشمسية المستطيلة من السيليكون على التوالي لتكوين سلسلة الخلية الشمسية التي لها عرض يساوي الطول الثاني.

25. طريقة تصنيع اثنين أو أكثر من سلاسل للخلايا الشمسية، تشتمل الطريقة على:

10 تكعيب واحدة أو أكثر من رقائق السيليكون المربعة الزائفة بطول مجموعة من الخطوط الموازية إلى حافة طويلة لكل رقاقة لتشكيل مجموعة أولى من الخلايا الشمسية المستطيلة من السيليكون تشتمل على الأركان الشطبية المناظرة لأركان أو أجزاء من أركان رقائق السيليكون مربعة الشكل الزائفة ومجموعة ثانية من الخلايا الشمسية المستطيلة من السيليكون تفتقر إلى الأركان الشطبية؛

ترتيب مجموعة أولى من الخلايا الشمسية المستطيلة من السيليكون بما يتماشى مع جوانب طويلة من الخلايا الشمسية المجاورة المستطيلة من السيليكون المتداخلة ومرتبطة على نحو توصيلي ببعضها البعض للتوصيل مجموعة أولى من الخلايا الشمسية المستطيلة من السيليكون كهربائياً على التوالي؛ و

ترتيب مجموعة ثانية من الخلايا الشمسية المستطيلة من السيليكون بما يتماشى مع جوانب طويلة من الخلايا الشمسية المجاورة المستطيلة من السيليكون المتداخلة ومرتبطة على نحو توصيلي ببعضها البعض للتوصيل كهربائياً مجموعة ثانية من الخلايا الشمسية المستطيلة من السيليكون على التوالي.

20

26. طريقة تصنيع وحدة شمسية، تشتمل الطريقة على:

تكعيب كل واحدة من مجموعة من رقاقات السيليكون مربعة الشكل الزائفة بطول مجموعة من الخطوط بالتوازي مع حافة طويلة من الرقاقة لتكوين من مجموعة من رقاقات السيليكون مربعة الشكل الزائفة مجموعة من الخلايا الشمسية المستطيلة من السيليكون تشتمل على الأركان الشطبية المناظرة لأركان رقاقات السيليكون مربعة الشكل الزائفة ومجموعة من الخلايا الشمسية المستطيلة من السيليكون تفتقر إلى الأركان الشطبية؛ 5

ترتيب بعض الخلايا الشمسية المستطيلة على الأقل من السيليكون تفتقر إلى الأركان الشطبية لتكوين مجموعة أولى من الخلايا الفائقة يشتمل كل منها على الخلايا الشمسية المستطيلة فقط من السيليكون تفتقر إلى الأركان الشطبية مرتبة على نفس الخط مع جوانب طويلة من الخلايا الشمسية من السيليكون المتداخلة ومرتبطة على نحو توصيلي ببعضها البعض لتوصيل الخلايا الشمسية كهربائياً من السيليكون على التوالي؛ 10

ترتيب بعض الخلايا الشمسية المستطيلة على الأقل من السيليكون تشتمل على الأركان الشطبية لتكوين مجموعة ثانية من الخلايا الفائقة يشتمل كل منها على الخلايا الشمسية المستطيلة فقط من السيليكون تشتمل على الأركان الشطبية مرتبة على نفس الخط مع جوانب طويلة من الخلايا الشمسية من السيليكون المتداخلة ومرتبطة على نحو توصيلي ببعضها البعض لتوصيل الخلايا الشمسية كهربائياً من السيليكون على التوالي؛ و 15

ترتيب الخلايا الفائقة على التوازي صفوف من الخلايا الفائقة لطول مساوي إلى حد بعيد لتكوين سطح أمامي للوحدة الشمسية، بحيث يشتمل كل صف من الخلايا الفائقة على من مجموعة أولى من الخلايا الفائقة أو الخلايا الفائقة فقط من مجموعة ثانية من الخلايا الفائقة.

27. الوحدة الشمسية وفقاً للفقرة 26، حيث يتضمن اثنان من صفوف الخلايا الفائقة المجاورة إلى الحواف المتقابلة المتوازية للوحدة الشمسية الخلايا الفائقة فقط من مجموعة ثانية من الخلايا الفائقة، وتتضمن كافة صفوف الخلايا الفائقة الأخرى المتوازية للوحدة الشمسية الخلايا الفائقة فقط من مجموعة أولى من الخلايا الفائقة. 20

28. الوحدة الشمسية وفقاً للفقرة 27، حيث الوحدة الشمسية تشتمل على إجمالي ستة صفوف من الخلايا الفائقة.

29. الخلية الفائقة تشتمل على:

مجموعة من الخلايا الشمسية من السيليكون مرتبة على نفس الخط في اتجاه أول مع الأجزاء الطرفية من الخلايا الشمسية المجاورة من السيليكون المتداخلة ومرتبطة على نحو توصيلي ببعضها البعض لتوصيل الخلايا الشمسية كهربائياً من السيليكون على التوالي؛ و

- 5 توصيل بيني كهربائي مرن ممدود مع محوره الطولي موجه على نحو موازٍ لاتجاه ثانٍ عمودي على الاتجاه الأول، مرتبط على نحو موصل بالسطح الأمامي أو الخلفي لواحدة طرفية من الخلايا الشمسية من السيليكون عند ثلاثة أو أكثر من المواقع المنفصلة مرتبة بطول الاتجاه الثاني، وتسير على الأقل كامل عرض الخلية الشمسية الطرفية في الاتجاه الثاني، لها سُمْك موصل أقل من أو يساوي حوالي 100 ميكرون مقاس عمودياً على السطح الأمامي أو الخلفي للخلية الشمسية الطرفية
- 10 من السيليكون، توفر مقاومة لتدفق التيار في الاتجاه الثاني يبلغ أقل من أو يساوي حوالي 0.012 أوم، ومهيأ لتوفير مرونة تستوعب التمدد التفاضلي في الاتجاه الثاني بين الخلية الشمسية الطرفية من السيليكون والتوصيل البيني لمدى درجة حرارة يتراوح من حوالي - 40° م إلى حوالي 85° م.
30. الخلية الفائقة وفقاً للفقرة 29، حيث يكون للتوصيل البيني الكهربائي المرن سُمْك موصل أقل من أو يساوي حوالي 30 ميكرون مقاس عمودياً على السطح الأمامي والخلفي للخلية الشمسية الطرفية من السيليكون.
- 15
31. الخلية الفائقة وفقاً للفقرة 29، حيث يمتد التوصيل البيني الكهربائي المرن فيما وراء الخلية الفائقة في الاتجاه الثاني لتوفير توصيل بيني كهربائي إلى خلية فائقة ثانية على الأقل موضوعة موازية ل وبجوار الخلية الفائقة في وحدة شمسية.
32. الخلية الفائقة وفقاً للفقرة 29، حيث يمتد التوصيل البيني الكهربائي المرن فيما وراء الخلية الفائقة في الاتجاه الأول لتوفير توصيل بيني كهربائي إلى خلية فائقة ثانية موضوعة موازية ل وبما يتماشى مع الخلية الفائقة في وحدة شمسية.
- 20
33. وحدة شمسية تشتمل على:

مجموعة من الخلايا الفائقة مرتبة في اثنين أو أكثر من الصفوف المتوازية التي تغطي عرض الوحدة لتكوين سطح أمامي للوحدة، كل خلية فائقة تشتمل على مجموعة من الخلايا الشمسية من السيليكون مرتبة على نفس الخط مع الأجزاء الطرفية من الخلايا الشمسية المجاورة من السيليكون المتداخلة ومرتبطة على نحو توصيلي ببعضها البعض لتوصيل الخلايا الشمسية كهربائياً من السيليكون على التوالي؛ 5

حيث على الأقل طرف خلية فائقة أولى يجاور حافة الوحدة في صف أول يكون متصلاً كهربائياً إلى طرف لخلية فائقة ثانية يجاور نفس حافة الوحدة في صف ثانٍ عن طريق توصيل بيني كهربائي مرن مرتبط بالسطح الأمامي للخلية الفائقة الأولى عند مجموعة من المواقع المنفصلة بمادة ربط لاصقة موصلة كهربائياً، تسير على نحو موازٍ لحافة الوحدة، وجزء على الأقل منها ينتهي حول نهاية خلية فائقة أولى ويكون محجوب عن الرؤية من أمام الوحدة. 10

34. الوحدة الشمسية وفقاً للفقرة 33، حيث تتم تغطية أو تلوين أسطح التوصيل البيني الكهربائي المرن على السطح الأمامي للوحدة لتقليل التباين المرئي مع الخلايا الفائقة.

35. الوحدة الشمسية وفقاً للفقرة 33، حيث يتم ترتيب الاثنين أو أكثر من الصفوف المتوازية من الخلايا الفائقة على رقاقة خلفية بيضاء لتكوين سطح أمامي للوحدة الشمسية مطلوب إضاءته بواسطة إشعاع شمسي أثناء تشغيل الوحدة الشمسية، الرقاقة الخلفية البيضاء تشتمل على شرائح قاتمة متوازية لها أماكن وقيم عرض مناظرة لأماكن وقيم عرض الفراغات بين الصفوف المتوازية من الخلايا الفائقة، والأجزاء البيضاء من الألواح الخلفية لا تكون مرئية من خلال الفراغات بين الصفوف. 15

36. طريقة التصنيع سلسلة للخلايا الشمسية، تشتمل الطريقة على:

20 النسخ بالليزر لواحد أو أكثر من خطوط المخطاط على كل واحد أو أكثر من الخلايا الشمسية من السيليكون لتحديد مجموعة من المناطق مستطيلة الشكل على الخلايا الشمسية من السيليكون، وضع مادة ربط لاصقة موصلة كهربائياً على الواحدة أو أكثر من الخلايا الشمسية من السيليكون المخدوشة عند واحد أو أكثر من المواقع المجاورة للجانب الطويل لكل منطقة مستطيلة الشكل؛

فصل الخلايا الشمسية من السيليكون بطول خطوط المخطاط لتوفير مجموعة من الخلايا الشمسية المستطيلة من السيليكون يتضمن كل منها جزء من مادة ربط لاصقة موصلة كهربائياً موضوعة على سطحها الأمامي بجوار جانب طويل؛

ترتيب مجموعة من الخلايا الشمسية المستطيلة من السيليكون بما يتماشى مع جوانب طويلة من الخلايا الشمسية المجاورة المستطيلة من السيليكون المتداخلة بطريقة مسقفة مع جزء من مادة ربط لاصقة موصلة كهربائياً موضوعة فيما بين؛ و

إنضاج المادة الرابطة الموصلة كهربائياً، من ثم ربط الخلايا الشمسية المتجاورة المتداخلة المستطيلة من السيليكون ببعضها البعض وتوصيلها كهربائياً على التوالي.

37. طريقة التصنيع سلسلة للخلايا الشمسية، تشتمل الطريقة على:

النسخ بالليزر لواحد أو أكثر من خطوط المخطاط على كل واحد أو أكثر من الخلايا الشمسية من السيليكون لتحديد مجموعة من المناطق مستطيلة الشكل على الخلايا الشمسية من السيليكون، كل الخلية الشمسية تشتمل على سطح علوي و سطح سفلي موضوع على نحو متقابل؛

وضع مادة ربط لاصقة موصلة كهربائياً على أجزاء من الأسطح العلوية للوحدة أو أكثر من الخلايا الشمسية من السيليكون؛

تسليط ضغط خوائي بين الأسطح السفلية للوحدة أو أكثر من الخلايا الشمسية من السيليكون و سطح دعم مقوس لثني الواحد أو أكثر من الخلايا الشمسية من السيليكون مقابل سطح الدعم المقوس ومن ثم شق الواحد أو أكثر من الخلايا الشمسية من السيليكون بطول خطوط المخطاط لتوفير مجموعة من الخلايا الشمسية المستطيلة من السيليكون يتضمن كل منها جزء من مادة ربط لاصقة موصلة كهربائياً موضوعة على سطحها الأمامي بجوار جانب طويل؛

ترتيب مجموعة من الخلايا الشمسية المستطيلة من السيليكون بما يتماشى مع جوانب طويلة من الخلايا الشمسية المجاورة المستطيلة من السيليكون المتداخلة بطريقة مسقفة مع جزء من مادة ربط لاصقة موصلة كهربائياً موضوعة فيما بين؛ و

إنضاج المادة الرابطة الموصلة كهربائياً، من ثم ربط الخلايا الشمسية المتجاورة المتداخلة المستطيلة من السيليكون ببعضها البعض وتوصيلها كهربائياً على التوالي.

38. الطريقة وفقاً للفقرة 37، تشتمل على وضع مادة الربط اللاصقة الموصلة كهربائياً على الوحدة أو أكثر من الخلايا الشمسية من السيليكون، وبعد ذلك النسخ بالليزر الواحد أو أكثر من خطوط المخطاط على كل واحدة أو أكثر من الخلايا الشمسية من السيليكون.

39. الطريقة وفقاً للفقرة 37، تشتمل على النسخ بالليزر الواحد أو أكثر من خطوط المخطاط على كل واحدة أو أكثر من الخلايا الشمسية من السيليكون، وبعد ذلك وضع مادة الربط اللاصقة الموصلة كهربائياً على الوحدة أو أكثر من الخلايا الشمسية من السيليكون.

40. وحدة شمسية تشتمل على:

10 مجموعة من الخلايا الفائقة مرتبة في اثنين أو أكثر من الصفوف المتوازية لتكوين سطح أمامي للوحدة الشمسية، كل خلية فائقة تشتمل على مجموعة من الخلايا الشمسية من السيليكون مرتبة على نفس الخط مع الأجزاء الطرفية من الخلايا الشمسية المجاورة من السيليكون المتداخلة ومرتبطة على نحو توصيلي ببعضها البعض لتوصيل الخلايا الشمسية كهربائياً من السيليكون على التوالي، كل خلية فائقة تشتمل على ملامس طرفي لسطح أمامي عند أحد طرفي الخلية الفائقة ولامس طرفي لسطح خلفي لقطبية مقابلة عند طرف مقابل للخلية الفائقة؛

حيث صف أول من الخلايا الفائقة تشتمل على خلية فائقة أولى مرتبة بحيث يكون ملامسها الطرفي لسطح أمامي مجاور وبالتوازي مع حافة أولى للوحدة الشمسية، والوحدة الشمسية تشتمل على توصيل بيني كهربائي مرن يكون طولي وتسير على نحو موازٍ للحافة الأولى للوحدة الشمسية، وتكون مرتبطة على نحو موصل باللامس الطرفي للسطح الأمامي للخلية الفائقة الأولى، وتشغل جزء ضيق فقط من السطح الأمامي للوحدة الشمسية مجاور إلى الحافة الأولى للوحدة الشمسية ولا تكون أوسع من حوالي 1 سنتيمتر مقاس عمودياً على الحافة الأولى للوحدة الشمسية.

41. الوحدة الشمسية وفقاً للفقرة 40، حيث جزء من التوصيل البيني الأول الكهربائي المرن يمتد حول نهاية خلية فائقة أولى الأقرب إلى الحافة الأولى للوحدة الشمسية، وخلف الخلية الفائقة الأولى.
42. الوحدة الشمسية وفقاً للفقرة 40، حيث التوصيل البيني المرن الأول تشتمل على جزء شريطي رفيع مرتبط على نحو موصل بالملامس الطرفي للسطح الأمامي للخلية الفائقة الأولى وجزء أسمك يمتد بالتوازي مع الحافة الأولى للوحدة الشمسية.
43. الوحدة الشمسية وفقاً للفقرة 40، حيث التوصيل البيني المرن الأول تشتمل على جزء شريطي رفيع مرتبط على نحو موصل بالملامس الطرفي للسطح الأمامي للخلية الفائقة الأولى وجزء شريطي ملف يمتد بالتوازي مع الحافة الأولى للوحدة الشمسية.
44. الوحدة الشمسية وفقاً للفقرة 40، حيث صف ثانٍ من الخلايا الفائقة تشتمل على خلية فائقة ثانية مرتبة مع ملامسها الطرفي لسطح أمامي مجاور إلى وبالتوازي مع الحافة الأولى للوحدة الشمسية، والملامس الطرفي للسطح الأمامي للخلية الفائقة الأولى يكون متصلاً كهربائياً بالملامس الطرفي للسطح الأمامي للخلية الفائقة الثانية عن طريق التوصيل البيني الكهربائي المرن الأول.
45. الوحدة الشمسية وفقاً للفقرة 40، حيث الملامس الطرفي لسطح خلفي للخلية الفائقة الأولى يقع مجاور إلى وبالتوازي مع حافة ثانية للوحدة الشمسية مقابل الحافة الأولى للوحدة الشمسية، يشتمل على التوصيل الثاني البيني الكهربائي المرن يكون طولي ويسير على نحو موازٍ للحافة الثانية للوحدة الشمسية، ويكون مرتبطاً على نحو موصل بالملامس الطرفي لسطح خلفي للخلية الفائقة الأولى، ويقع بالكامل خلف الخلايا الفائقة.
46. الوحدة الشمسية وفقاً للفقرة 45، حيث:
- يشتمل صف ثانٍ من الخلايا الفائقة على خلية فائقة ثانية مرتبة مع ملامسها الطرفي لسطح أمامي مجاور إلى وبالتوازي مع الحافة الأولى للوحدة الشمسية ويقع ملامسه الطرفي لسطح خلفي مجاور إلى وبالتوازي مع الحافة الثانية للوحدة الشمسية؛

الملامس الطرفي للسطح الأمامي للخلية الفائقة الأولى يكون متصلاً كهربائياً بالملامس الطرفي للسطح الأمامي للخلية الفائقة الثانية عن طريق التوصيل البيني الكهربائي المرن الأول؛ و الملامس الطرفي لسطح خلفي للخلية الفائقة الأولى يكون متصلاً كهربائياً بالملامس الطرفي لسطح خلفي للخلية الفائقة الثانية عن طريق التوصيل البيني الثاني الكهربائي المرن.

5 47. الوحدة الشمسية وفقاً للفقرة 40، تشمل على:

خلية فائقة ثانية مرتبة في الصف الأول من الخلايا الفائقة على التوالي مع الخلية الفائقة الأولى ومع ملامسها الطرفي لسطح خلفي بجوار حافة ثانية للوحدة الشمسية مقابل الحافة الأولى للوحدة الشمسية؛ و

توصيل بيني كهربائي مرن ثاني يكون طولي وتسير على نحو موازٍ للحافة الثانية للوحدة الشمسية، وتكون مرتبطة على نحو موصل بالملامس الطرفي لسطح خلفي للخلية الفائقة الأولى، ويقع بالكامل خلف الخلايا الفائقة.

10

48. الوحدة الشمسية وفقاً للفقرة 47، حيث :

يشتمل صف ثانٍ من الخلايا الفائقة على خلية فائقة ثالثة وخلية فائقة رابعة مرتبة على التوالي مع ملامس طرفي لسطح أمامي للخلية الفائقة الثالثة بجوار الحافة الأولى للوحدة الشمسية واللامس الطرفي لسطح خلفي للخلية الفائقة الرابعة بجوار الحافة الثانية للوحدة الشمسية؛ و

15

الملامس الطرفي للسطح الأمامي للخلية الفائقة الأولى يكون متصلاً كهربائياً بالملامس الطرفي للسطح الأمامي للخلية الفائقة الثالثة عن طريق التوصيل البيني الكهربائي المرن الأول واللامس الطرفي لسطح خلفي للخلية الفائقة الثانية يكون متصلاً كهربائياً بالملامس الطرفي لسطح خلفي للخلية الفائقة الرابعة عن طريق التوصيل البيني الثاني الكهربائي المرن.

20 49. الوحدة الشمسية وفقاً للفقرة 40، حيث الخلايا الفائقة تكون مرتبة على رقاقة خلفية بيضاء تشتمل على شرائح قاتمة متوازية لها أماكن وقيم عرض مناظرة لأماكن وقيم عرض الفراغات بين الصفوف المتوازية من الخلايا الفائقة، والأجزاء البيضاء من الألواح الخلفية لا تكون مرئية من خلال الفراغات بين الصفوف.

50. الوحدة الشمسية وفقاً للفقرة 40، حيث تتم تغطية أو تلوين جميع أجزاء التوصيل البيني الكهربائي المرن الأول التي تقع على السطح الأمامي للوحدة الشمسية لتقليل التباين المرئي مع الخلايا الفائقة.

51. الوحدة الشمسية وفقاً للفقرة 40، حيث :

5 كل خلية شمسية من السيليكون تشتمل على:

أسطح أمامية أو خلفية مستطيلة أو مستطيلة إلى حد بعيد بأشكال محددة بالجوانب الطويلة المتوازية الأولى والثانية الموضوعة على نحو متقابل وجانبين قصيرين موضوعين على نحو متقابل، يتم تعريض أجزاء على الأقل من الأسطح الأمامية إلى أشعة الشمس أثناء تشغيل سلسلة الخلايا الشمسية؛

10 نمط معدنة سطح أمامي موصل كهربائياً موضوع على السطح الأمامي ويشتمل على مجموعة من أصابع تمتد عمودي على الجوانب الطويلة ومجموعة من حشيات تلامس مميزة للسطح الأمامي موضوعة في صف مجاور إلى الجانب الطويل الأول، كل حشية تلامس سطح أمامي متصلة كهربائياً إلى واحد على الأقل من الأصابع؛ و

نمط معدنة سطح خلفي موصل كهربائياً موضوع على السطح الخلفي ويشتمل على مجموعة من حشيات تلامس السطح الخلفي المتميزة الموضوعة في صف بجوار الجانب الطويل الثاني؛ و

داخل كل خلية فائقة يتم ترتيب الخلايا الشمسية من السيليكون على نفس الخط مع الجوانب الطويلة الأولى والثانية من الخلايا الشمسية المجاورة من السيليكون المتداخلة وبحيث تكون حشيات تلامس السطح الأمامي المتميزة المناظرة وحشيات تلامس السطح الخلفي المتميزة على الخلايا الشمسية المجاورة من السيليكون متحاذاة، ومتداخلة، ومرتبطة على نحو توصيلي ببعضها البعض بمادة رابطة لمادة لاصقة موصلة لتوصيل الخلايا الشمسية كهربائياً من السيليكون على التوالي.

52. الوحدة الشمسية وفقاً للفقرة 51، حيث نمط المعدنة للسطح الأمامي لكل خلية شمسية من السيليكون تشتمل على مجموعة من الموصلات الرفيعة للتوصيل البيني كهربائياً بجوار حشيات

تلامس السطح الأمامي المتميزة، وكل موصل رفيع يكون أرق من عرض حشيات التلامس المتميزة مقاس عمودياً على الجوانب الطويلة من الخلايا الشمسية.

53. الوحدة الشمسية وفقاً للفقرة 51، حيث المادة الرابطة للمادة اللاصقة الموصلة تكون محددة إلى حد بعيد بآماكن حشيات تلامس السطح الأمامي المتميزة بسمات نمط المعدنة للسطح الأمامي التي تشكل واحد أو أكثر من حواجز مجاور إلى حشيات تلامس السطح الأمامي المتميزة.

54. الوحدة الشمسية وفقاً للفقرة 51، حيث المادة الرابطة للمادة اللاصقة الموصلة تكون محددة إلى حد بعيد بآماكن حشيات تلامس السطح الخلفي المتميزة بسمات نمط تعدين السطح الخلفي التي تشكل واحد أو أكثر من حواجز مجاور إلى حشية تلامس السطح الخلفي المتميزة.

55. طريقة تصنيع وحدة شمسية، تشتمل الطريقة على:

10 تجميع مجموعة من الخلايا الفائقة، كل خلية فائقة تشتمل على مجموعة من الخلايا الشمسية المستطيلة من السيليكون مرتبة على نفس الخط بحيث تكون الأجزاء الطرفية على جوانب طويلة من الخلايا الشمسية المجاورة المستطيلة من السيليكون المتداخلة بطريقة مسقفة؛

إنضاج مادة رابطة موصلة كهربائياً موضوعة بين الأجزاء الطرفية المتداخلة من الخلايا الشمسية المجاورة المستطيلة من السيليكون بتسليط الحرارة والضغط على الخلايا الفائقة، من ثم ربط الخلايا الشمسية المتجاورة المتداخلة المستطيلة من السيليكون ببعضها البعض وتوصيلها كهربائياً على التوالي؛

ترتيب وتوصيل بيني للخلايا الفائقة في هيئة وحدة شمسية مطلوبة في تراس للطبقات تشتمل على مغلف؛ و

تسليط الحرارة والضغط على تراس للطبقات لتكوين بنية صفائحية.

20 56. الطريقة وفقاً للفقرة 55، تشتمل على إنضاج أو إنضاج جزئياً المادة الرابطة الموصلة كهربائياً بتسليط الحرارة والضغط على الخلايا الفائقة قبل تسليط الحرارة والضغط على تراس للطبقات لتكوين البنية الصفائحية، من ثم تكوين الخلايا المنضجة أو المنضجة جزئياً الفائقة كمنتج مباشر قبل تكوين البنية الصفائحية.

57. الطريقة وفقاً للفقرة 56، حيث حيث كل خلية شمسية مستطيلة إضافية من السيليكون تضاف إلى الخلية الفائقة أثناء التجميع للخلية الفائقة، مادة الربط اللاصقة الموصلة كهربائياً بين الخلية الشمسية المضافة مجدداً والمجاورة المتداخلة لها يتم إنضاج الخلية الشمسية أو المنضجة جزئياً قبل خلية شمسية أخرى مستطيلة من السيليكون تضاف إلى الخلية الفائقة.

5 58. الطريقة وفقاً للفقرة 56، تشتمل على إنضاج أو إنضاج جزئياً لجميع المادة الرابطة الموصلة كهربائياً في الخلية الفائقة في نفس الخطوة.

59. الطريقة وفقاً للفقرة 56، تشتمل على:

إنضاج جزئياً المادة الرابطة الموصلة كهربائياً بتسليط الحرارة والضغط على الخلايا الفائقة قبل تسليط الحرارة والضغط على تراص للطبقات لتكوين بنية صفائحية، من ثم تكوين الخلايا الفائقة المنضجة جزئياً كمنتج مباشر قبل تكوين البنية الصفائحية؛ و

10 استكمال إنضاج المادة الرابطة الموصلة كهربائياً أثناء تسليط الحرارة والضغط على تراص للطبقات لتكوين البنية الصفائحية.

60. الطريقة وفقاً للفقرة 55، تشتمل على إنضاج المادة الرابطة الموصلة كهربائياً أثناء تسليط الحرارة والضغط على تراص للطبقات لتكوين بنية صفائحية، دون تكوين الخلايا المنضجة أو المنضجة جزئياً الفائقة كمنتج مباشر قبل تكوين البنية الصفائحية.

61. الطريقة وفقاً للفقرة 55، تشتمل على تكعيب واحد أو أكثر من الخلايا الشمسية من السيليكون إلى أشكال مستطيلة لتوفير الخلايا الشمسية المستطيلة من السيليكون.

62. الطريقة وفقاً للفقرة 61، تشتمل على وضع مادة الربط اللاصقة الموصلة كهربائياً على الواحدة أو أكثر من الخلايا الشمسية من السيليكون قبل تكعيب الواحد أو أكثر من الخلايا الشمسية من السيليكون لتوفير الخلايا الشمسية المستطيلة من السيليكون مع مادة ربط لاصقة موصلة كهربائياً موضوعة مسبقاً.

63. الطريقة وفقاً للفقرة 62، تشتمل على وضع مادة الربط اللاصقة الموصلة كهربائياً على الواحدة أو أكثر من الخلايا الشمسية من السيليكون، بعد ذلك استخدام ليزر لنسخ واحد أو أكثر من

الخطوط على كل واحدة أو أكثر من الخلايا الشمسية من السيليكون، ثم شطر الواحدة أو أكثر من الخلايا الشمسية من السيليكون بطول الخطوط المخدوشة.

64. الطريقة وفقاً للفقرة 62، تشتمل على استخدام ليزر لنسخ واحد أو أكثر من الخطوط على كل واحدة أو أكثر من الخلايا الشمسية من السيليكون، وبعد ذلك وضع مادة الربط اللاصقة الموصلة كهربائياً على الواحدة أو أكثر من الخلايا الشمسية من السيليكون، ثم شطر الواحدة أو أكثر من الخلايا الشمسية من السيليكون بطول الخطوط المخدوشة.

65. الطريقة وفقاً للفقرة 62، حيث مادة الربط اللاصقة الموصلة كهربائياً يتم وضعها على سطح علوي من كل من واحدة أو أكثر من الخلايا الشمسية من السيليكون ولا وضعها على نحو مقابل للسطح السفلي من كل من واحدة أو أكثر من الخلايا الشمسية من السيليكون، تشتمل على تسليط ضغط خوائي بين الأسطح السفلية للواحدة أو أكثر من الخلايا الشمسية من السيليكون وسطح دعم مقوس لثني الواحدة أو أكثر من الخلايا الشمسية من السيليكون مقابل سطح الدعم المقوس ومن ثم شق الواحدة أو أكثر من الخلايا الشمسية من السيليكون بطول خطوط المخطط.

66. الطريقة وفقاً للفقرة 61، تشتمل على وضع مادة الربط اللاصقة الموصلة كهربائياً على الخلايا الشمسية المستطيلة من السيليكون بعد تكعيب الواحدة أو أكثر من الخلايا الشمسية من السيليكون لتوفير الخلايا الشمسية المستطيلة من السيليكون.

67. الطريقة وفقاً للفقرة 55، حيث المادة الرابطة للمادة اللاصقة الموصلة لها درجة حرارة تزجج تبلغ أقل من أو يساوي حوالي 0° م.

1. وحدة شمسية تشتمل على:

مجموعة من الخلايا الفائقة مرتبة في اثنين أو أكثر من الصفوف المتوازية لتكوين سطح أمامي للوحدة الشمسية، كل خلية فائقة تشتمل على مجموعة من الخلايا الشمسية من السيليكون مرتبة على نفس الخط مع الأجزاء الطرفية من الخلايا الشمسية المجاورة من السيليكون المتداخلة ومرتبطة على نحو توصيلي ببعضها البعض لتوصيل الخلايا الشمسية كهربائياً من السيليكون على التوالي، كل خلية فائقة تشتمل على ملامس طرفي لسطح أمامي عند أحد طرفي الخلية الفائقة ولامس طرفي لسطح خلفي لقطبية مقابلة عند طرف مقابل للخلية الفائقة؛

حيث صف أول من الخلايا الفائقة تشتمل على خلية فائقة أولى مرتبة بحيث يكون ملامسها الطرفي لسطح أمامي مجاور وبالتوازي مع حافة أولى للوحدة الشمسية، والوحدة الشمسية تشتمل على توصيل بيني كهربائي مرن يكون طولي وتسير على نحو موازٍ للحافة الأولى للوحدة الشمسية، وتكون مرتبطة على نحو موصل بالملامس الطرفي للسطح الأمامي للخلية الفائقة الأولى، وتشغل جزء ضيق فقط من السطح الأمامي للوحدة الشمسية مجاور إلى الحافة الأولى للوحدة الشمسية ولا تكون أوسع من حوالي 1 سنتيمتر مقاس عمودياً على الحافة الأولى للوحدة الشمسية.

5

2أ. الوحدة الشمسية وفقاً للفقرة 1أ، حيث جزء من التوصيل البيني الأول الكهربائي المرن يمتد حول نهاية خلية فائقة أولى الأقرب إلى الحافة الأولى للوحدة الشمسية، وخلف الخلية الفائقة الأولى.

10

3أ. الوحدة الشمسية وفقاً للفقرة 1أ، حيث التوصيل البيني المرن الأول تشتمل على جزء شريطي رفيع مرتبط على نحو موصل بالملامس الطرفي للسطح الأمامي للخلية الفائقة الأولى وجزء أسمك يمتد بالتوازي مع الحافة الأولى للوحدة الشمسية.

4أ. الوحدة الشمسية وفقاً للفقرة 1أ، حيث التوصيل البيني المرن الأول تشتمل على جزء شريطي رفيع مرتبط على نحو موصل بالملامس الطرفي للسطح الأمامي للخلية الفائقة الأولى وجزء شريطي ملتف يمتد بالتوازي مع الحافة الأولى للوحدة الشمسية.

15

5أ. الوحدة الشمسية وفقاً للفقرة 1أ، حيث يشتمل صف ثانٍ من الخلايا الفائقة على خلية فائقة ثانية مرتبة مع ملامسها الطرفي لسطح أمامي مجاور إلى وبالتوازي مع الحافة الأولى للوحدة الشمسية، والملامس الطرفي للسطح الأمامي للخلية الفائقة الأولى يكون متصلاً كهربائياً بالملامس الطرفي للسطح الأمامي للخلية الفائقة الثانية عن طريق التوصيل البيني الكهربائي المرن الأول.

20

6أ. الوحدة الشمسية وفقاً للفقرة 1أ، حيث الملامس الطرفي لسطح خلفي للخلية الفائقة الأولى يقع مجاور إلى وبالتوازي مع حافة ثانية للوحدة الشمسية مقابل الحافة الأولى للوحدة الشمسية، يشتمل على التوصيل الثاني البيني الكهربائي المرن يكون طولي وتسير على نحو موازٍ للحافة الثانية

للوحدة الشمسية، وتكون مرتبطة على نحو موصل بالملامس الطرفي لسطح خلفي للخلية الفائقة الأولى، ويقع بالكامل خلف الخلايا الفائقة.

أ7. الوحدة الشمسية وفقاً للفقرة 6أ، حيث :

يشتمل صف ثانٍ من الخلايا الفائقة على خلية فائقة ثانية مرتبة مع ملامسها الطرفي لسطح أمامي مجاور إلى وبالتوازي مع الحافة الأولى للوحدة الشمسية ويقع ملامسه الطرفي لسطح خلفي مجاور إلى وبالتوازي مع الحافة الثانية للوحدة الشمسية؛

اللامس الطرفي للسطح الأمامي للخلية الفائقة الأولى يكون متصلاً كهربائياً باللامس الطرفي للسطح الأمامي للخلية الفائقة الثانية عن طريق التوصيل البيني الكهربائي المرن الأول؛ و الملامس الطرفي لسطح خلفي للخلية الفائقة الأولى يكون متصلاً كهربائياً باللامس الطرفي لسطح خلفي للخلية الفائقة الثانية عن طريق التوصيل البيني الثاني الكهربائي المرن.

أ8. الوحدة الشمسية وفقاً للفقرة 1أ، تشتمل على:

خلية فائقة ثانية مرتبة في الصف الأول من الخلايا الفائقة على التوالي مع الخلية الفائقة الأولى ومع ملامسها الطرفي لسطح خلفي بجوار حافة ثانية للوحدة الشمسية مقابل الحافة الأولى للوحدة الشمسية؛ و

توصيل بيني كهربائي مرن ثاني يكون طولي وتسير على نحو موازٍ للحافة الثانية للوحدة الشمسية، وتكون مرتبطة على نحو موصل باللامس الطرفي لسطح خلفي للخلية الفائقة الأولى، ويقع بالكامل خلف الخلايا الفائقة.

أ9. الوحدة الشمسية وفقاً للفقرة 8أ، حيث :

يشتمل صف ثانٍ من الخلايا الفائقة على خلية فائقة ثالثة وخلية فائقة رابعة مرتبة على التوالي مع ملامس طرفي لسطح أمامي للخلية الفائقة الثالثة بجوار الحافة الأولى للوحدة الشمسية واللامس الطرفي لسطح خلفي للخلية الفائقة الرابعة بجوار الحافة الثانية للوحدة الشمسية؛ و

الملامس الطرفي للسطح الأمامي للخلية الفائقة الأولى يكون متصلاً كهربائياً بالملامس الطرفي للسطح الأمامي للخلية الفائقة الثالثة عن طريق التوصيل البيني الكهربائي المرن الأول والملامس الطرفي لسطح خلفي للخلية الفائقة الثانية يكون متصلاً كهربائياً بالملامس الطرفي لسطح خلفي للخلية الفائقة الرابعة عن طريق التوصيل البيني الثاني الكهربائي المرن.

5 10. أ. الوحدة الشمسية وفقاً للفقرة 1أ، حيث بعيداً عن الحواف الخارجية للوحدة الشمسية لا يوجد توصيلات بينية كهربائية بين الخلايا الفائقة التي تخفض المساحة النشطة من السطح الأمامي للوحدة.

11. أ. الوحدة الشمسية وفقاً للفقرة 1أ حيث زوج واحد على الأقل من الخلايا الفائقة يكون مرتباً على نفس الخط على نفس الخط الملامس الطرفي للسطح الخلفي لزوج واحد من الخلايا الفائقة مجاور إلى الملامس الطرفي للسطح الخلفي للزوج الآخر من الخلايا الفائقة.

10 12. أ. الوحدة الشمسية وفقاً للفقرة 1أ حيث :

زوج واحد على الأقل من الخلايا الفائقة يكون مرتباً على نفس الخط على نفس الخط بجوار أطراف اثنين من الخلايا الفائقة لها ملامسات طرفية لقطبية مقابلة؛

تتداخل أطراف الزوج من الخلايا الفائقة المتجاورة؛ و

15 الخلايا الفائقة في الزوج من الخلايا الفائقة تكون متصلة كهربائياً على التوالي بواسطة توصيل بيني مرن يكون محصوراً بين أطرافها المتداخلة ولا تظل السطح الأمامي.

13. أ. الوحدة الشمسية وفقاً للفقرة 1أ، حيث الخلايا الفائقة تكون مرتبة على رقاقة خلفية بيضاء تشتمل على شرائح قاتمة متوازية لها أماكن وقيم عرض مناظرة لأماكن وقيم عرض الفراغات بين الصفوف المتوازية من الخلايا الفائقة، والأجزاء البيضاء من رقاقات الخلفية لا تكون مرئية من خلال الفراغات بين الصفوف.

20

14. أ. الوحدة الشمسية وفقاً للفقرة 1أ، حيث تتم تغطية أو تلوين جميع أجزاء التوصيل البيني الكهربائي المرن الأول التي تقع على السطح الأمامي للوحدة الشمسية لتقليل التباين المرئي مع الخلايا الفائقة.

15أ. الوحدة الشمسية وفقاً للفقرة 1أ، حيث :

كل خلية شمسية من السيليكون تشتمل على:

أسطح أمامية أو خلفية مستطيلة أو مستطيلة إلى حد بعيد بأشكال محددة بالجوانب الطويلة المتوازية الأولى والثانية الموضوعة على نحو متقابل وجانبين قصيرين موضوعين على نحو متقابل، يتم تعريض أجزاء على الأقل من الأسطح الأمامية إلى أشعة الشمس أثناء تشغيل سلسلة الخلايا الشمسية؛

5

نمط معدنة سطح أمامي موصل كهربائياً موضوع على السطح الأمامي ويشتمل على مجموعة من أصابع تمتد عمودي على الجوانب الطويلة ومجموعة من حشيات تلامس مميزة للسطح الأمامي موضوعة في صف مجاور إلى الجانب الطويل الأول، كل حشية تلامس سطح أمامي متصلة كهربائياً إلى واحد على الأقل من الأصابع؛ و

10

نمط معدنة سطح خلفي موصل كهربائياً موضوع على السطح الخلفي ويشتمل على مجموعة من حشيات تلامس السطح الخلفي المتميزة الموضوعة في صف بجوار الجانب الطويل الثاني؛ و

داخل كل خلية فائقة يتم ترتيب الخلايا الشمسية من السيليكون على نفس الخط مع الجوانب الطويلة الأولى والثانية من الخلايا الشمسية المجاورة من السيليكون المتداخلة وبحيث تكون حشيات تلامس السطح الأمامي المتميزة المناظرة وحشيات تلامس السطح الخلفي المتميزة على الخلايا الشمسية المجاورة من السيليكون متحاذاة، ومتداخلة، ومرتبطة على نحو توصيلي ببعضها البعض بمادة رابطة لمادة لاصقة موصلة لتوصيل الخلايا الشمسية كهربائياً من السيليكون على التوالي.

15

16أ. الوحدة الشمسية وفقاً للفقرة 15أ، حيث نمط المعدنة للسطح الأمامي لكل خلية شمسية من السيليكون تشتمل على مجموعة من الموصلات الرفيعة للتوصيل البيني كهربائياً بجوار حشيات تلامس السطح الأمامي المتميزة، وكل موصل رفيع يكون أرق من عرض حشيات التلامس المتميزة مقاس عمودياً على الجوانب الطويلة من الخلايا الشمسية.

20

17. الوحدة الشمسية وفقاً للفقرة 15أ، حيث المادة الرابطة للمادة اللاصقة الموصلة تكون محددة إلى حد بعيد بآماكن حشيات تلامس السطح الأمامي المتميزة بسمات نمط المعدنة للسطح الأمامي التي تشكل حواجز حول كل حشية تلامس سطح أمامي متميزة.

18. الوحدة الشمسية وفقاً للفقرة 15أ، حيث المادة الرابطة للمادة اللاصقة الموصلة تكون محددة إلى حد بعيد بآماكن حشيات تلامس السطح الخلفي المتميزة بسمات نمط تعدين السطح الخلفي التي تشكل حواجز حول كل حشية تلامس السطح الخلفي المتميزة.

19. الوحدة الشمسية وفقاً للفقرة 15أ، حيث حشيات تلامس السطح الخلفي المتميزة تكون حشيات التلامس السطح الخلفي من الفضة، وفيما عدا حشيات تلامس السطح الخلفي المتميزة من الفضة لا يشتمل نمط تعدين السطح الخلفي لكل خلية شمسية من السيليكون على ملامس من فضة عند أي موقع يتضمن جزء من سطح أمامي للخلية الشمسية لا يتم تداخله بواسطة بجوار خلية شمسية من السيليكون.

20. وحدة شمسية تشتمل على:

مجموعة من الخلايا الفائقة، كل خلية فائقة تشتمل على مجموعة من الخلايا الشمسية من السيليكون مرتبة على نفس الخط مع الأجزاء الطرفية من الخلايا الشمسية المجاورة من السيليكون المتداخلة ومرتبطة على نحو توصيلي ببعضها البعض لتوصيل الخلايا الشمسية كهربائياً من السيليكون على التوالي؛

حيث كل خلية شمسية من السيليكون تشتمل على:

أسطح أمامية أو خلفية مستطيلة أو مستطيلة إلى حد بعيد بأشكال محددة بالجوانب الطويلة المتوازية الأولى والثانية الموضوعة على نحو متقابل وجانبين قصيرين موضوعين على نحو متقابل، يتم تعريض أجزاء على الأقل من الأسطح الأمامية إلى أشعة الشمس أثناء تشغيل سلسلة الخلايا الشمسية؛

نمط معدنة سطح أمامي موصل كهربائياً موضوع على السطح الأمامي ويشتمل على مجموعة من أصابع تمتد عمودي على الجوانب الطويلة ومجموعة من حشيات تلامس مميزة للسطح الأمامي موضوعة في صف مجاور إلى الجانب الطويل الأول،

كل حشية تلامس سطح أمامي متصلة كهربائياً إلى واحد على الأقل من الأصابع؛ و

5 نمط معدنة سطح خلفي موصل كهربائياً موضوع على السطح الخلفي ويشتمل على مجموعة من حشيات تلامس السطح الخلفي المتميزة الموضوعة في صف بجوار الجانب الطويل الثاني؛

حيث داخل كل خلية فائقة يتم ترتيب الخلايا الشمسية من السيليكون على نفس الخط مع الجوانب الطويلة الأولى والثانية من الخلايا الشمسية المجاورة من السيليكون المتداخلة وبحيث تكون حشيات تلامس السطح الأمامي المتميزة المناظرة وحشيات تلامس السطح الخلفي المتميزة على الخلايا الشمسية المجاورة من السيليكون متحاذاة، ومتداخلة، ومرتبطة على نحو توصيلي ببعضها البعض بمادة رابطة لمادة لاصقة موصلة لتوصيل الخلايا الشمسية كهربائياً من السيليكون على التوالي؛ و

حيث الخلايا الفائقة تكون مرتبة في صف واحد أو في اثنين أو أكثر من الصفوف المتوازية إلى حد بعيد التي تغطي طول أو عرض للوحدة الشمسية لتكوين سطح أمامي للوحدة الشمسية مطلوب إضاءته بواسطة إشعاع شمسي أثناء تشغيل الوحدة الشمسية.

15 21أ. الوحدة الشمسية وفقاً للفقرة 20أ، حيث حشيات تلامس السطح الخلفي المتميزة تكون حشيات التلامس السطح الخلفي من الفضة، وفيما عدا حشيات تلامس السطح الخلفي المتميزة من الفضة لا يشتمل نمط تعدين السطح الخلفي لكل خلية شمسية من السيليكون على ملامس من فضة عند أي موقع يتضمن جزء من سطح أمامي للخلية الشمسية لا يتم تداخله بواسطة بجوار خلية شمسية من السيليكون.

20 22أ. الوحدة الشمسية وفقاً للفقرة 20أ، حيث نمط المعدنة للسطح الأمامي لكل خلية شمسية من السيليكون تشتمل على مجموعة من الموصلات الرفيعة للتوصيل البيني كهربائياً بجوار حشيات تلامس السطح الأمامي المتميزة، وكل موصل رفيع يكون أرق من عرض حشيات التلامس المتميزة مقاس عمودياً على الجوانب الطويلة من الخلايا الشمسية.

23أ. الوحدة الشمسية وفقاً للفقرة 20أ، حيث المادة الرابطة للمادة اللاصقة الموصلة تكون محددة إلى حد بعيد بأماكن حشيات تلامس السطح الأمامي المتميزة بسمات نمط المعدنة للسطح الأمامي التي تشكل حواجز حول كل حشية تلامس سطح أمامي متميزة.

24أ. الوحدة الشمسية وفقاً للفقرة 20أ، حيث المادة الرابطة للمادة اللاصقة الموصلة تكون محددة إلى حد بعيد بأماكن حشيات تلامس السطح الخلفي المتميزة بسمات نمط تعدين السطح الخلفي التي تشكل حواجز حول كل حشية تلامس السطح الخلفي المتميزة.

5

25أ. الخلية الفائقة تشتمل على:

مجموعة من الخلايا الشمسية من السيليكون يتضمن كل منها:

أسطح أمامية أو خلفية مستطيلة أو مستطيلة إلى حد بعيد بأشكال محددة بالجوانب الطويلة المتوازية الأولى والثانية الموضوعة على نحو متقابل وجانبين قصيرين موضوعين على نحو متقابل، يتم تعريض أجزاء على الأقل من الأسطح الأمامية إلى أشعة الشمس أثناء تشغيل سلسلة الخلايا الشمسية؛

10

نمط معدنة سطح أمامي موصل كهربائياً موضوع على السطح الأمامي ويشتمل على مجموعة من أصابع تمتد عمودي على الجوانب الطويلة ومجموعة من حشيات تلامس مميزة للسطح الأمامي موضوعة في صف مجاور إلى الجانب الطويل الأول، كل حشية تلامس سطح أمامي متصلة كهربائياً إلى واحد على الأقل من الأصابع؛ و

15

نمط معدنة سطح خلفي موصل كهربائياً موضوع على السطح الخلفي ويشتمل على مجموعة من حشيات تلامس السطح الخلفي المتميزة من الفضة الموضوعة في صف بجوار الجانب الطويل الثاني؛

الثاني؛

حيث يتم ترتيب الخلايا الشمسية من السيليكون على نفس الخط مع الجوانب الطويلة الأولى والثانية من الخلايا الشمسية المجاورة من السيليكون المتداخلة وبحيث تكون حشيات تلامس السطح الأمامي المتميزة المناظرة وحشيات تلامس السطح الخلفي المتميزة على الخلايا الشمسية المجاورة

20

من السيليكون متحاذية، ومتداخلة، ومرتبطة على نحو توصيلي ببعضها البعض بمادة رابطة لمادة لاصقة موصلة لتوصيل الخلايا الشمسية كهربائياً من السيليكون على التوالي.

26أ. الوحدة الشمسية وفقاً للفقرة 25أ، حيث حشيات تلامس السطح الخلفي المتميزة تكون حشيات التلامس السطح الخلفي من الفضة، وفيما عدا حشيات تلامس السطح الخلفي المتميزة من الفضة لا يشتمل نمط تعدين السطح الخلفي لكل خلية شمسية من السيليكون على ملامس من فضة عند أي موقع يتضمن جزء من سطح أمامي للخلية الشمسية لا يتم تداخله بواسطة بجوار خلية شمسية من السيليكون.

27أ. سلسلة الخلايا الشمسية وفقاً للفقرة 25أ، حيث يشتمل نمط المعدنة للسطح الأمامي على مجموعة من الموصلات الرفيعة للتوصيل البيني كهربائياً بجوار حشيات تلامس السطح الأمامي المتميزة، وكل موصل رفيع يكون أرق من عرض حشيات التلامس المتميزة مقاس عمودياً على الجوانب الطويلة من الخلايا الشمسية.

28أ. سلسلة الخلايا الشمسية وفقاً للفقرة 25أ، حيث المادة الرابطة للمادة اللاصقة الموصلة تكون محددة إلى حد بعيد بآماكن حشيات تلامس السطح الأمامي المتميزة بسمات نمط المعدنة للسطح الأمامي التي تشكل حواجز حول كل حشية تلامس سطح أمامي متميزة.

29أ. سلسلة الخلايا الشمسية وفقاً للفقرة 25أ، حيث المادة الرابطة للمادة اللاصقة الموصلة تكون محددة إلى حد بعيد بآماكن حشيات تلامس السطح الخلفي المتميزة بسمات نمط تعدين السطح الخلفي التي تشكل حواجز حول كل حشية تلامس السطح الخلفي المتميزة.

30أ. سلسلة الخلايا الشمسية وفقاً للفقرة 25أ، حيث المادة الرابطة للمادة اللاصقة الموصلة لها درجة تحول إلى زجاج أقل من أو يساوي حوالي 0 م.

31أ. طريقة تصنيع وحدة شمسية، تشتمل الطريقة على:

تجميع مجموعة من الخلايا الفائقة، كل خلية فائقة تشتمل على مجموعة من الخلايا الشمسية المستطيلة من السيليكون مرتبة على نفس الخط بحيث تكون الأجزاء الطرفية على جوانب طويلة من الخلايا الشمسية المجاورة المستطيلة من السيليكون المتداخلة بطريقة مسقفة؛

إنضاج مادة رابطة موصلة كهربائياً موضوعة بين الأجزاء الطرفية المتداخلة من الخلايا الشمسية المجاورة المستطيلة من السيليكون بتسليط الحرارة والضغط على الخلايا الفائقة، من ثم ربط الخلايا الشمسية المتجاورة المتداخلة المستطيلة من السيليكون ببعضها البعض وتوصيلها كهربائياً على التوالي؛

5 ترتيب وتوصيل بيني للخلايا الفائقة في هيئة وحدة شمسية مطلوبة في تراص للطبقات تشتمل على مغلف؛ و

تسليط الحرارة والضغط على تراص للطبقات لتكوين بنية صفائحية.

32. الطريقة وفقاً للفقرة 31أ، تشتمل على إنضاج أو إنضاج جزئياً المادة الرابطة الموصلة كهربائياً بتسليط الحرارة والضغط على الخلايا الفائقة قبل تسليط الحرارة والضغط على تراص للطبقات لتكوين البنية الصفائحية، من ثم تكوين الخلايا المنضجة أو المنضجة جزئياً الفائقة كمنتج مباشر قبل تكوين البنية الصفائحية.

10

33. الطريقة وفقاً للفقرة 32أ، حيث حيث كل خلية شمسية مستطيلة إضافية من السيليكون تضاف إلى الخلية الفائقة أثناء التجميع للخلية الفائقة، مادة الربط اللاصقة الموصلة كهربائياً بين الخلية الشمسية المضافة مجدداً والمجاورة المتداخلة لها يتم إنضاج الخلية الشمسية أو المنضجة جزئياً قبل خلية شمسية أخرى مستطيلة من السيليكون تضاف إلى الخلية الفائقة.

15

34. الطريقة وفقاً للفقرة 32أ، تشتمل على إنضاج أو إنضاج جزئياً لجميع المادة الرابطة الموصلة كهربائياً في الخلية الفائقة في نفس الخطوة.

35. الطريقة وفقاً للفقرة 32أ، تشتمل على:

إنضاج جزئياً المادة الرابطة الموصلة كهربائياً بتسليط الحرارة والضغط على الخلايا الفائقة قبل تسليط الحرارة والضغط على تراص للطبقات لتكوين بنية صفائحية، من ثم تكوين الخلايا الفائقة المنضجة جزئياً كمنتج مباشر قبل تكوين البنية الصفائحية؛ و

استكمال إنضاج المادة الرابطة الموصلة كهربائياً أثناء تسليط الحرارة والضغط على تراص للطبقات لتكوين البنية الصفائحية.

36أ. الطريقة وفقاً للفقرة 31أ، تشتمل على إنضاج المادة الرابطة الموصلة كهربائياً أثناء تسليط الحرارة والضغط على تراص للطبقات لتكوين بنية صفائحية، دون تكوين الخلايا المنضجة أو المنضجة جزئياً الفائقة كمنتج مباشر قبل تكوين البنية الصفائحية.

37أ. الطريقة وفقاً للفقرة 31أ، تشتمل على تكعيب واحد أو أكثر من الخلايا الشمسية من السيليكون إلى أشكال مستطيلة لتوفير الخلايا الشمسية المستطيلة من السيليكون.

5

38أ. الطريقة وفقاً للفقرة 37أ، تشتمل على وضع مادة الربط اللاصقة الموصلة كهربائياً على الواحدة أو أكثر من الخلايا الشمسية من السيليكون قبل تكعيب الواحدة أو أكثر من الخلايا الشمسية من السيليكون لتوفير الخلايا الشمسية المستطيلة من السيليكون مع مادة ربط لاصقة موصلة كهربائياً موضوعة مسبقاً.

39أ. الطريقة وفقاً للفقرة 38أ، تشتمل على وضع مادة الربط اللاصقة الموصلة كهربائياً على الواحدة أو أكثر من الخلايا الشمسية من السيليكون، بعد ذلك استخدام ليزر لنسخ واحد أو أكثر من الخطوط على كل واحدة أو أكثر من الخلايا الشمسية من السيليكون، ثم شطر الواحدة أو أكثر من الخلايا الشمسية من السيليكون بطول الخطوط المخدوشة.

10

40أ. الطريقة وفقاً للفقرة 38أ، تشتمل على استخدام ليزر لنسخ واحد أو أكثر من الخطوط على كل واحدة أو أكثر من الخلايا الشمسية من السيليكون، وبعد ذلك وضع مادة الربط اللاصقة الموصلة كهربائياً على الواحدة أو أكثر من الخلايا الشمسية من السيليكون، ثم شطر الواحدة أو أكثر من الخلايا الشمسية من السيليكون بطول الخطوط المخدوشة.

15

41أ. الطريقة وفقاً للفقرة 38أ، حيث مادة الربط اللاصقة الموصلة كهربائياً يتم وضعها على سطح علوي من كل من واحدة أو أكثر من الخلايا الشمسية من السيليكون ولا وضعها على نحو مقابل السطح السفلي من كل من واحدة أو أكثر من الخلايا الشمسية من السيليكون، تشتمل على تسليط ضغط خوائي بين الأسطح السفلية للواحدة أو أكثر من الخلايا الشمسية من السيليكون وسطح دعم مقوس لثني الواحدة أو أكثر من الخلايا الشمسية من السيليكون مقابل سطح الدعم المقوس ومن ثم شق الواحدة أو أكثر من الخلايا الشمسية من السيليكون بطول خطوط المخطط.

20

42. الطريقة وفقاً للفقرة 37أ، تشتمل على وضع مادة الربط اللاصقة الموصلة كهربائياً على الخلايا الشمسية المستطيلة من السيليكون بعد تكعيب الواحدة أو أكثر من الخلايا الشمسية من السيليكون لتوفير الخلايا الشمسية المستطيلة من السيليكون.

43. الطريقة وفقاً للفقرة 31أ، حيث المادة الرابطة للمادة اللاصقة الموصلة لها درجة حرارة تزجج تبلغ أقل من أو يساوي حوالي 0° م.

5

44. طريقة تصنيع الخلية الفائقة، تشتمل الطريقة على:

النسخ بالليزر لواحد أو أكثر من خطوط المخطاط على كل واحد أو أكثر من الخلايا الشمسية من السيليكون لتحديد مجموعة من المناطق مستطيلة الشكل على الخلايا الشمسية من السيليكون، وضع مادة ربط لاصقة موصلة كهربائياً على الواحدة أو أكثر من الخلايا الشمسية من السيليكون المخدوشة عند واحد أو أكثر من المواقع المجاورة للجانب الطويل لكل منطقة مستطيلة الشكل؛

10

فصل الخلايا الشمسية من السيليكون بطول خطوط المخطاط لتوفير مجموعة من الخلايا الشمسية المستطيلة من السيليكون يتضمن كل منها جزء من مادة ربط لاصقة موصلة كهربائياً موضوعة على سطحها الأمامي بجوار جانب طويل؛

ترتيب مجموعة من الخلايا الشمسية المستطيلة من السيليكون بما يتماشى مع جوانب طويلة من الخلايا الشمسية المجاورة المستطيلة من السيليكون المتداخلة بطريقة مسقفة مع جزء من مادة ربط لاصقة موصلة كهربائياً موضوعة فيما بين؛ و

15

إنضاج المادة الرابطة الموصلة كهربائياً، من ثم ربط الخلايا الشمسية المتجاورة المتداخلة المستطيلة من السيليكون ببعضها البعض وتوصيلها كهربائياً على التوالي.

45. طريقة تصنيع الخلية الفائقة، تشتمل الطريقة على:

النسخ بالليزر لواحد أو أكثر من خطوط المخطاط على كل واحد أو أكثر من الخلايا الشمسية من السيليكون لتحديد مجموعة من المناطق مستطيلة الشكل على الخلايا الشمسية من السيليكون، كل الخلية الشمسية تشتمل على سطح علوي ووسط سفلي موضوع على نحو متقابل؛

20

وضع مادة ربط لاصقة موصلة كهربائياً على أجزاء من الأسطح العلوية للوحدة أو أكثر من الخلايا الشمسية من السيليكون؛

- 5 تسليط ضغط خوائي بين الأسطح السفلية للوحدة أو أكثر من الخلايا الشمسية من السيليكون و سطح دعم مقوس لثني الوحدة أو أكثر من الخلايا الشمسية من السيليكون مقابل سطح الدعم المقوس ومن ثم شق الوحدة أو أكثر من الخلايا الشمسية من السيليكون بطول خطوط المخطاط لتوفير مجموعة من الخلايا الشمسية المستطيلة من السيليكون يتضمن كل منها جزء من مادة ربط لاصقة موصلة كهربائياً موضوعة على سطحها الأمامي بجوار جانب طويل؛
- 10 ترتيب مجموعة من الخلايا الشمسية المستطيلة من السيليكون بما يتماشى مع جوانب طويلة من الخلايا الشمسية المجاورة المستطيلة من السيليكون المتداخلة بطريقة مسقفة مع جزء من مادة ربط لاصقة موصلة كهربائياً موضوعة فيما بين؛ و
- إنضاج المادة الرابطة الموصلة كهربائياً، من ثم ربط الخلايا الشمسية المتجاورة المتداخلة المستطيلة من السيليكون ببعضها البعض وتوصيلها كهربائياً على التوالي.

46. طريقة تصنيع الخلية الفائقة، تشتمل الطريقة على:

- 15 تكعيب واحدة أو أكثر من رقائق السيليكون المربعة الزائفة بطول مجموعة من الخطوط الموازية إلى حافة طويلة لكل رقاقة لتشكيل مجموعة من الخلايا الشمسية المستطيلة من السيليكون يكون لكل منها بدرجة كبيرة نفس الطول بطول محوره الطولي؛ و
- ترتيب الخلايا الشمسية المستطيلة من السيليكون بما يتماشى مع جوانب طويلة من خلايا شمسية متجاورة المتداخلة ومرتبطة على نحو توصيلي ببعضها البعض لتوصيل الخلايا الشمسية كهربائياً على التوالي؛
- 20 حيث مجموعة من الخلايا الشمسية المستطيلة من السيليكون تشتمل على الخلية الشمسية المستطيلة الواحدة على الأقل التي بها اثنين من الأركان المشطوفة المناظرة للأركان أو على أجزاء من أركان الرقاقة الزائفة مربعة الشكل، وواحدة أو أكثر من الخلايا الشمسية المستطيلة من السيليكون كل تفتقر إلى الأركان المشطوفة؛ و

حيث يتم انتقاء المبعادة بين الخطوط المتوازية والتي بطولها تم تكعيب الرقاقة الزائفة مربعة الشكل لمعادلة للأركان المشطوفة بأن يكون العرض عمودياً على المحور الطولي من الخلايا الشمسية المستطيلة من السيليكون التي تشتمل على الأركان المشطوفة أكبر من العرض عمودياً على المحور الطولي من الخلايا الشمسية المستطيلة من السيليكون التي تفتقر إلى الأركان المشطوفة،

5 بحيث كل من مجموعة من الخلايا الشمسية المستطيلة من السيليكون في السلسلة للخلايا الشمسية لها سطح أمامي بنفس المساحة بدرجة كبيرة المعرضة للضوء في تشغيل سلسلة الخلايا الشمسية.

47. الخلية الفائقة تشتمل على:

مجموعة من الخلايا الشمسية من السيليكون مرتبة على نفس الخط مع الأجزاء الطرفية من خلايا شمسية متجاورة المتداخلة ومرتبطة على نحو توصيلي ببعضها البعض لتوصيل الخلايا الشمسية كهربائياً على التوالي؛

10

حيث واحدة على الأقل من الخلايا الشمسية من السيليكون يكون لها الأركان المشطوفة التي تناظر الأركان أو أجزاء من الأركان من رقاقة السيليكون مربعة الشكل الزائفة والتي تم تقطيعها منها إلى مكعبات، حيث تفتقر واحدة على الأقل من الخلايا الشمسية من السيليكون إلى الأركان المشطوفة، وكل من الخلايا الشمسية من السيليكون لها سطح أمامي بنفس المساحة بدرجة كبيرة المعرضة للضوء أثناء تشغيل سلسلة الخلايا الشمسية.

15

48. طريقة تصنيع اثنين أو أكثر من الخلايا الفائقة، تشتمل الطريقة على:

تكعيب واحدة أو أكثر من رقاقات السيليكون المربعة الزائفة بطول مجموعة من الخطوط الموازية إلى حافة طويلة لكل رقاقة لتشكيل مجموعة أولى من الخلايا الشمسية المستطيلة من السيليكون تشتمل على الأركان المشطوفة المناظرة ل الأركان أو أجزاء من الأركان رقاقات السيليكون مربعة الشكل الزائفة ومجموعة ثانية من الخلايا الشمسية المستطيلة من السيليكون كل منها لها طول أول يغطي كامل عرض رقاقات السيليكون مربعة الشكل الزائفة وتفتقر إلى الأركان المشطوفة ؛

20

إزالة الأركان المشطوفة من كل من مجموعة أولى من الخلايا الشمسية المستطيلة من السيليكون لتكوين مجموعة ثالثة من الخلايا الشمسية المستطيلة من السيليكون لكل منها طول ثانٍ أقصر من الطول الأول وتفتقر إلى الأركان المشطوفة ؛

ترتيب مجموعة ثانية من الخلايا الشمسية المستطيلة من السيليكون بما يتماشى مع جوانب طويلة من الخلايا الشمسية المجاورة المستطيلة من السيليكون المتداخلة ومرتبطة على نحو توصيلي ببعضها البعض للتوصيل كهربائياً مجموعة ثانية من الخلايا الشمسية المستطيلة من السيليكون على التوالي لتكوين سلسلة الخلية الشمسية التي لها عرض يساوي الطول الأول؛ و

5 ترتيب مجموعة ثالثة من الخلايا الشمسية المستطيلة من السيليكون بما يتماشى مع جوانب طويلة من الخلايا الشمسية المجاورة المستطيلة من السيليكون المتداخلة ومرتبطة على نحو توصيلي ببعضها البعض للتوصيل كهربائياً مجموعة ثالثة من الخلايا الشمسية المستطيلة من السيليكون على التوالي لتكوين سلسلة الخلية الشمسية التي لها عرض يساوي الطول الثاني.

49. طريقة تصنيع اثنين أو أكثر من الخلايا الفائقة، تشتمل الطريقة على:

10 تكعيب واحدة أو أكثر من رقاقات السيليكون المربعة الزائفة بطول مجموعة من الخطوط الموازية إلى حافة طويلة لكل رقاقة لتشكيل مجموعة أولى من الخلايا الشمسية المستطيلة من السيليكون تشتمل على الأركان المشطوفة المناظرة ل الأركان أو أجزاء من الأركان رقاقات السيليكون مربعة الشكل الزائفة ومجموعة ثانية من الخلايا الشمسية المستطيلة من السيليكون تفتقر إلى الأركان المشطوفة؛

15 ترتيب مجموعة أولى من الخلايا الشمسية المستطيلة من السيليكون بما يتماشى مع جوانب طويلة من الخلايا الشمسية المجاورة المستطيلة من السيليكون المتداخلة ومرتبطة على نحو توصيلي ببعضها البعض للتوصيل مجموعة أولى من الخلايا الشمسية المستطيلة من السيليكون كهربائياً على التوالي؛ و

20 ترتيب مجموعة ثانية من الخلايا الشمسية المستطيلة من السيليكون بما يتماشى مع جوانب طويلة من الخلايا الشمسية المجاورة المستطيلة من السيليكون المتداخلة ومرتبطة على نحو توصيلي ببعضها البعض للتوصيل كهربائياً مجموعة ثانية من الخلايا الشمسية المستطيلة من السيليكون على التوالي.

50. وحدة شمسية تشتمل على:

سلسلة متصلة على التوالي من $N \leq 25$ خلايا شمسية مستطيلة أو مستطيلة إلى حد ما لها في المتوسط فلطية انهيار أكبر من حوالي 10 فولط، الخلايا الشمسية مجمعة في واحدة أو أكثر من الخلايا الفائقة يشتمل كل منها على اثنين أو أكثر من الخلايا الشمسية مرتبة على نفس الخط مع جوانب طويلة من خلايا شمسية متجاوزة المتداخلة ومرتبطة على نحو توصيلي مع بعضها البعض بمادة لاصقة موصلة كهربائياً وحرارياً؛ 5

حيث لا تكون خلية شمسية أو مجموعة واحدة من $N >$ خلايا شمسية في السلسلة للخلايا الشمسية متصلة كهربائياً بصورة فردية على التوازي بصمام ثنائي للتفريع.

51. أ. الوحدة الشمسية وفقاً للفقرة 50 أ ، حيث N تكون أكبر من أو يساوي 30.

52 أ. الوحدة الشمسية وفقاً للفقرة 50 أ ، حيث N تكون أكبر من أو يساوي 50.

53 أ. الوحدة الشمسية وفقاً للفقرة 50 أ ، حيث N تكون أكبر من أو يساوي 100. 10

54 أ. الوحدة الشمسية وفقاً للفقرة 50 أ ، حيث تشكل المادة اللاصقة روابط بين خلايا شمسية متجاوزة لها سمك عمودي على الخلايا الشمسية أقل من أو يساوي حوالي 0.1 مم وموصلية حرارية عمودي على الخلايا الشمسية أكبر من أو يساوي حوالي 1.5 واط/م/ك.

55 أ. الوحدة الشمسية وفقاً للفقرة 50 أ ، حيث يتم تجميع N الخلايا الشمسية في خلية فائقة واحدة. 15

56 أ. الوحدة الشمسية وفقاً للفقرة 50 أ ، حيث تكون الخلايا الشمسية خلايا شمسية من السيليكون.

57 أ. وحدة شمسية تشتمل على:

الخلية الفائقة التي تغطي إلى حد بعيد كامل طول أو عرض للوحدة الشمسية بالتوازي مع حافة الوحدة الشمسية، الخلية الفائقة تشتمل على سلسلة متصلة على التوالي من N خلايا شمسية مستطيلة أو مستطيلة إلى حد ما لها في المتوسط فلطية انهيار أكبر من حوالي 10 فولط مرتبة

20

على نفس الخط مع جوانب طويلة من خلايا شمسية متجاورة المتداخلة ومرتبطة على نحو توصيلي مع بعضها البعض بمادة لاصقة موصلة كهربائياً وحرارياً؛

حيث لا تكون خلية شمسية أو مجموعة واحدة من $N >$ الخلايا الشمسية في الخلية الفائقة متصلة كهربائياً بصورة فردية على التوازي بصمام ثنائي للتفريع.

5 58 أ. الوحدة الشمسية وفقاً للفقرة 57 أ ، حيث $N < 24$.

59 أ. الوحدة الشمسية وفقاً للفقرة 57 أ ، حيث يكون للخلية الفائقة طول في اتجاه تدفق التيار يبلغ على الأقل حوالي 500 مم.

60 أ. الخلية الفائقة تشتمل على:

مجموعة من الخلايا الشمسية من السيليكون يتضمن كل منها:

10 أسطح أمامية أو خلفية مستطيلة أو مستطيلة إلى حد بعيد بأشكال محددة بالجوانب الطويلة المتوازية الأولى والثانية الموضوعة على نحو متقابل وجانبين قصيرين موضوعين على نحو متقابل، يتم تعريض أجزاء على الأقل من الأسطح الأمامية إلى أشعة الشمس أثناء تشغيل سلسلة الخلايا الشمسية؛

15 نمط معدنة سطح أمامي موصل كهربائياً موضوع على السطح الأمامي ويشتمل على حشية تلامس سطح أمامي واحد على الأقل موضوعة بجوار الجانب الطويل الأول؛ و

نمط معدنة سطح خلفي موصل كهربائياً موضوع على السطح الخلفي ويشتمل على حشية تلامس سطح خلفي واحد على الأقل موضوعة بجوار الجانب الطويل الثاني؛

20 حيث يتم ترتيب الخلايا الشمسية من السيليكون على نفس الخط مع الجوانب الطويلة الأولى والثانية من الخلايا الشمسية المجاورة من السيليكون المتداخلة وبحيث تكون حشيات تلامس السطح الأمامي والخلفي على الخلايا الشمسية المجاورة من السيليكون المتداخلة ومرتبطة على نحو توصيلي ببعضها البعض بمادة رابطة لمادة لاصقة موصلة لتوصيل الخلايا الشمسية كهربائياً من السيليكون على التوالي؛ و

حيث نمط المعدنة للسطح الأمامي لكل خلية شمسية من السيليكون يشتمل على حاجز مهياً ليحدد إلى حد بعيد المادة الرابطة للمادة اللاصقة الموصلة لحشيات تلامس سطح أمامي واحد على الأقل قبل إنضاج المادة الرابطة للمادة اللاصقة الموصلة أثناء تصنيع الخلية الفائقة.

61 أ. الخلية الفائقة وفقاً للفقرة 60 أ ، حيث لكل زوج من الخلايا الشمسية المتداخلة والمتجاورة

5 من السيليكون، الحاجز على السطح الأمامي لواحدة من الخلايا الشمسية من السيليكون يكون متداخل وغير ظاهر جزء من خلية شمسية أخرى من السيليكون، من ثم يحدد إلى حد بعيد المادة الرابطة للمادة اللاصقة الموصلة للمناطق المتداخلة من السطح الأمامي للخلية الشمسية من السيليكون قبل إنضاج المادة الرابطة للمادة اللاصقة الموصلة أثناء تصنيع الخلية الفائقة.

62 أ. الخلية الفائقة وفقاً للفقرة 60 أ ، حيث يشتمل الحاجز على خط موصل متواصل يمتد

10 بالتوازي مع وللطول الكامل إلى حد بعيد للجانب الطويل الأول، مع واحدة على الأقل حشيات تلامس السطح الأمامي موجود بين الخط الموصل المتواصل والجانب الطويل الأول من الخلية الشمسية.

63 أ. الخلية الفائقة وفقاً للفقرة 62 أ ، حيث يشتمل نمط المعدنة للسطح الأمامي على أصابع

15 متصلة كهربائياً لحشيات تلامس سطح أمامي واحد على الأقل وتمتد عمودياً على الجانب الطويل الأول ، والخط الموصل المتواصل المتصل بينياً كهربائياً للأصابع لتوفير عدة مسارات موصلة من كل أصبع لحشيات تلامس سطح أمامي واحد على الأقل.

64 أ. الخلية الفائقة وفقاً للفقرة 60 أ ، حيث يشتمل نمط المعدنة للسطح الأمامي على مجموعة

من حشيات التلامس المتميزة مرتبة في صف مجاور إلى وبالتوازي مع الجانب الطويل الأول، ويشتمل الحاجز على مجموعة من سمات تشكل حواجز منفصلة لكل حشية تلامس مميزة تحدد إلى حد بعيد المادة الرابطة للمادة اللاصقة الموصلة إلى حشيات التلامس المتميزة قبل إنضاج المادة الرابطة للمادة اللاصقة الموصلة أثناء تصنيع الخلية الفائقة.

65 أ. الخلية الفائقة وفقاً للفقرة 64 أ ، حيث تتناكب الحواجز المنفصلة وتكون أطول من حشيات

التلامس المتميزة المناظرة لها.

66 أ. الخلية الفائقة تشتمل على:

مجموعة من الخلايا الشمسية من السيليكون يتضمن كل منها:

أسطح أمامية أو خلفية مستطيلة أو مستطيلة إلى حد بعيد بأشكال محددة بالجوانب الطويلة المتوازية الأولى والثانية الموضوعة على نحو متقابل وجانبين قصيرين موضوعين على نحو متقابل، يتم تعريض أجزاء على الأقل من الأسطح الأمامية إلى أشعة الشمس أثناء تشغيل سلسلة الخلايا الشمسية؛ 5

نمط معدنة سطح أمامي موصل كهربائياً موضوع على السطح الأمامي ويشتمل على حشية تلامس سطح أمامي واحد على الأقل موضوعة بجوار الجانب الطويل الأول؛ و

نمط معدنة سطح خلفي موصل كهربائياً موضوع على السطح الخلفي ويشتمل على حشية تلامس سطح خلفي واحد على الأقل موضوعة بجوار الجانب الطويل الثاني؛

10 حيث يتم ترتيب الخلايا الشمسية من السيليكون على نفس الخط مع الجوانب الطويلة الأولى والثانية من الخلايا الشمسية المجاورة من السيليكون المتداخلة وبحيث تكون حشيات تلامس السطح الأمامي والخلفي على الخلايا الشمسية المجاورة من السيليكون المتداخلة ومرتبطة على نحو توصيلي ببعضها البعض بمادة رابطة لمادة لاصقة موصلة لتوصيل الخلايا الشمسية كهربائياً من السيليكون على التوالي؛ و

15 حيث نمط تعدين السطح الخلفي لكل خلية شمسية من السيليكون يشتمل على حاجز مهياً ليحدد إلى حد بعيد المادة الرابطة للمادة اللاصقة الموصلة إلى حشيات تلامس السطح الخلفي الواحد على الأقل قبل إنضاج المادة الرابطة للمادة اللاصقة الموصلة أثناء تصنيع الخلية الفائقة.

67 أ. الخلية الفائقة وفقاً للفقرة 66 أ ، حيث نمط تعدين السطح الخلفي تشتمل على واحد أو أكثر من حشيات التلامس المتميزة مرتبة في صف مجاور إلى وبالتوازي مع الجانب الطويل الثاني، ويشتمل الحاجز على مجموعة من سمات تشكل حواجز منفصلة لكل حشية تلامس مميزة تحدد إلى حد بعيد المادة الرابطة للمادة اللاصقة الموصلة إلى حشيات التلامس المتميزة قبل إنضاج المادة الرابطة للمادة اللاصقة الموصلة أثناء تصنيع الخلية الفائقة. 20

68 أ. الخلية الفائقة وفقاً للفقرة 67 أ ، حيث تتناكب الحواجز المنفصلة وتكون أطول من حشيات التلامس المتميزة المناظرة لها.

69 أ. طريقة التصنيع سلسلة للخلايا الشمسية، تشتمل الطريقة على:

تكعيب واحدة أو أكثر من رقايات السيليكون المربعة الزائفة بطول مجموعة من الخطوط الموازية
5 إلى حافة طويلة لكل رقاقة لتشكيل مجموعة من الخلايا الشمسية المستطيلة من السيليكون يكون لكل منها بدرجة كبيرة نفس الطول بطول محوره الطولي؛ و

ترتيب الخلايا الشمسية المستطيلة من السيليكون بما يتماشى مع جوانب طويلة من خلايا شمسية متجاورة المتداخلة ومرتبطة على نحو توصيلي ببعضها البعض لتوصيل الخلايا الشمسية كهربائياً على التوالي؛

10 حيث مجموعة من الخلايا الشمسية المستطيلة من السيليكون تشتمل على الخلية الشمسية المستطيلة الواحدة على الأقل التي بها اثنين من الأركان المشطوفة المناظرة للأركان أو على أجزاء من أركان الرقاقة الزائفة مربعة الشكل، وواحدة أو أكثر من الخلايا الشمسية المستطيلة من السيليكون كل تفتقر إلى الأركان المشطوفة؛ و

حيث يتم انتقاء المباعدة بين الخطوط المتوازية والتي بطولها تم تكعيب الرقاقة الزائفة مربعة الشكل
15 لمعادلة للأركان المشطوفة بأن يكون العرض عمودياً على المحور الطولي من الخلايا الشمسية المستطيلة من السيليكون التي تشتمل على الأركان المشطوفة أكبر من العرض عمودياً على المحور الطولي من الخلايا الشمسية المستطيلة من السيليكون التي تفتقر إلى الأركان المشطوفة، بحيث كل من مجموعة من الخلايا الشمسية المستطيلة من السيليكون في السلسلة للخلايا الشمسية لها سطح أمامي بنفس المساحة بدرجة كبيرة المعرضة للضوء في تشغيل سلسلة الخلايا الشمسية.

20 70 أ. سلسلة من الخلايا الشمسية تشتمل على:

مجموعة من الخلايا الشمسية من السيليكون مرتبة على نفس الخط مع الأجزاء الطرفية من خلايا شمسية متجاورة المتداخلة ومرتبطة على نحو توصيلي ببعضها البعض لتوصيل الخلايا الشمسية كهربائياً على التوالي؛

حيث واحدة على الأقل من الخلايا الشمسية من السيليكون يكون لها الأركان المشطوفة التي تناظر الأركان أو أجزاء من الأركان من رقاقة السيليكون مربعة الشكل الزائفة والتي تم تقطيعها منها إلى مكعبات، حيث تفتقر واحدة على الأقل من الخلايا الشمسية من السيليكون إلى الأركان المشطوفة، وكل من الخلايا الشمسية من السيليكون لها سطح أمامي بنفس المساحة بدرجة كبيرة المعرضة للضوء أثناء تشغيل سلسلة الخلايا الشمسية. 5

71 أ. طريقة تصنيع اثنين أو أكثر من سلاسل للخلايا الشمسية، تشتمل الطريقة على:

تكعيب واحدة أو أكثر من رقاقات السيليكون المربعة الزائفة بطول مجموعة من الخطوط الموازية إلى حافة طويلة لكل رقاقة لتشكيل مجموعة أولى من الخلايا الشمسية المستطيلة من السيليكون تشتمل على الأركان المشطوفة المناظرة ل الأركان أو أجزاء من الأركان رقاقات السيليكون مربعة الشكل الزائفة ومجموعة ثانية من الخلايا الشمسية المستطيلة من السيليكون كل منها لها طول أول يغطي كامل عرض رقاقات السيليكون مربعة الشكل الزائفة وتفتقر إلى الأركان المشطوفة ؛

إزالة الأركان المشطوفة من كل من مجموعة أولى من الخلايا الشمسية المستطيلة من السيليكون لتكوين مجموعة ثالثة من الخلايا الشمسية المستطيلة من السيليكون لكل منها طول ثانٍ أقصر من الطول الأول وتفتقر إلى الأركان المشطوفة ؛

ترتيب مجموعة ثانية من الخلايا الشمسية المستطيلة من السيليكون بما يتماشى مع جوانب طويلة من الخلايا الشمسية المجاورة المستطيلة من السيليكون المتداخلة ومرتبطة على نحو توصيلي ببعضها البعض للتوصيل كهربائياً مجموعة ثانية من الخلايا الشمسية المستطيلة من السيليكون على التوالي لتكوين سلسلة الخلية الشمسية التي لها عرض يساوي الطول الأول؛ و

ترتيب مجموعة ثالثة من الخلايا الشمسية المستطيلة من السيليكون بما يتماشى مع جوانب طويلة من الخلايا الشمسية المجاورة المستطيلة من السيليكون المتداخلة ومرتبطة على نحو توصيلي ببعضها البعض للتوصيل كهربائياً مجموعة ثالثة من الخلايا الشمسية المستطيلة من السيليكون على التوالي لتكوين سلسلة الخلية الشمسية التي لها عرض يساوي الطول الثاني.

72 أ. طريقة تصنيع اثنين أو أكثر من سلاسل للخلايا الشمسية، تشتمل الطريقة على:

تكعيب واحدة أو أكثر من رقاقات السيليكون المربعة الزائفة بطول مجموعة من الخطوط الموازية إلى حافة طويلة لكل رقاقة لتشكيل مجموعة أولى من الخلايا الشمسية المستطيلة من السيليكون تشتمل على الأركان المشطوفة المناظرة ل الأركان أو أجزاء من الأركان رقاقات السيليكون مربعة الشكل الزائفة ومجموعة ثانية من الخلايا الشمسية المستطيلة من السيليكون تفتقر إلى الأركان المشطوفة؛ 5

ترتيب مجموعة أولى من الخلايا الشمسية المستطيلة من السيليكون بما يتماشى مع جوانب طويلة من الخلايا الشمسية المجاورة المستطيلة من السيليكون المتداخلة ومرتبطة على نحو توصيلي ببعضها البعض للتوصيل مجموعة أولى من الخلايا الشمسية المستطيلة من السيليكون كهربائياً على التوالي؛ و

ترتيب مجموعة ثانية من الخلايا الشمسية المستطيلة من السيليكون بما يتماشى مع جوانب طويلة من الخلايا الشمسية المجاورة المستطيلة من السيليكون المتداخلة ومرتبطة على نحو توصيلي ببعضها البعض للتوصيل كهربائياً مجموعة ثانية من الخلايا الشمسية المستطيلة من السيليكون على التوالي. 10

73 أ. طريقة تصنيع وحدة شمسية، تشتمل الطريقة على:

تكعيب كل واحدة من مجموعة من رقاقات السيليكون مربعة الشكل الزائفة بطول مجموعة من الخطوط بالتوازي مع حافة طويلة من الرقاقة لتكوين من مجموعة من رقاقات السيليكون مربعة الشكل الزائفة مجموعة من الخلايا الشمسية المستطيلة من السيليكون تشتمل على الأركان المشطوفة المناظرة للأركان رقاقات السيليكون مربعة الشكل الزائفة ومجموعة من الخلايا الشمسية المستطيلة من السيليكون تفتقر إلى الأركان المشطوفة؛ 15

ترتيب بعض الخلايا الشمسية المستطيلة على الأقل من السيليكون تفتقر إلى الأركان المشطوفة لتكوين مجموعة أولى من الخلايا الفائقة يشتمل كل منها على الخلايا الشمسية المستطيلة فقط من السيليكون تفتقر إلى الأركان المشطوفة مرتبة على نفس الخط مع جوانب طويلة من الخلايا الشمسية من السيليكون المتداخلة ومرتبطة على نحو توصيلي ببعضها البعض لتوصيل الخلايا الشمسية كهربائياً من السيليكون على التوالي؛ 20

ترتيب بعض الخلايا الشمسية المستطيلة على الأقل من السيليكون تشتمل على الأركان المشطوفة لتكوين مجموعة ثانية من الخلايا الفائقة يشتمل كل منها على الخلايا الشمسية المستطيلة فقط من السيليكون تشتمل على الأركان المشطوفة مرتبة على نفس الخط مع جوانب طويلة من الخلايا الشمسية من السيليكون المتداخلة ومرتبطة على نحو توصيلي ببعضها البعض لتوصيل الخلايا الشمسية كهربائياً من السيليكون على التوالي؛ و 5

ترتيب الخلايا الفائقة على التوازي صفوف من الخلايا الفائقة لطول مساوي إلى حد بعيد لتكوين سطح أمامي للوحدة الشمسية، بحيث يشتمل كل صف من الخلايا الفائقة على من مجموعة أولى من الخلايا الفائقة أو الخلايا الفائقة فقط من مجموعة ثانية من الخلايا الفائقة.

74 أ. الوحدة الشمسية وفقاً للفقرة 73 أ ، حيث يتضمن اثنان من صفوف الخلايا الفائقة المجاورة إلى الحواف المتقابلة المتوازية للوحدة الشمسية الخلايا الفائقة فقط من مجموعة ثانية من الخلايا الفائقة، وتتضمن كافة صفوف الخلايا الفائقة الأخرى المتوازية للوحدة الشمسية الخلايا الفائقة فقط من مجموعة أولى من الخلايا الفائقة.

75 أ. الوحدة الشمسية وفقاً للفقرة 74 أ ، حيث الوحدة الشمسية تشتمل على إجمالي ستة صفوف من الخلايا الفائقة.

15 76 أ. الخلية الفائقة تشتمل على:

مجموعة من الخلايا الشمسية من السيليكون مرتبة على نفس الخط في اتجاه أول مع الأجزاء الطرفية من الخلايا الشمسية المجاورة من السيليكون المتداخلة ومرتبطة على نحو توصيلي ببعضها البعض لتوصيل الخلايا الشمسية كهربائياً من السيليكون على التوالي؛ و

توصيل بيني كهربائي مرن ممدود مع محوره الطولي موجه على نحو مواز لاتجاه ثانٍ عمودي على الاتجاه الأول، مرتبط على نحو موصل سطح أمامي أو خلفي لواحدة طرفية من الخلايا الشمسية من السيليكون عند ثلاثة أو أكثر من المواقع المنفصلة مرتبة بطول الاتجاه الثاني، وتسير على الأقل كامل عرض الخلية الشمسية الطرفية في الاتجاه الثاني، لها سُمك موصل أقل من أو يساوي حوالي 100 ميكرون مقاس عمودياً على السطح الأمامي أو الخلفي للخلية الشمسية الطرفية من السيليكون، توفر مقاومة لتدفق التيار في الاتجاه الثاني يبلغ أقل من أو يساوي حوالي 0.012

أوم، ومهياً لتوفير مرونة تستوعب التمدد التفاضلي في الاتجاه الثاني بين الخلية الشمسية الطرفية من السيليكون والتوصيل البيني لمدى درجة حرارة يتراوح من حوالي - 40° م إلى حوالي 85° م.

77. الخلية الفائقة وفقاً للفقرة 76، حيث يكون للتوصيل البيني الكهربائي المرن سُمك موصل أقل من أو يساوي حوالي 30 ميكرون مقاس عمودياً على السطح الأمامي والخلفي للخلية الشمسية الطرفية من السيليكون. 5

78. الخلية الفائقة وفقاً للفقرة 76، حيث يمتد التوصيل البيني الكهربائي المرن فيما وراء الخلية الفائقة في الاتجاه الثاني لتوفير توصيل بيني كهربائي إلى خلية فائقة ثانية على الأقل موضوعة موازية ل وجوار الخلية الفائقة في وحدة شمسية.

79. الخلية الفائقة وفقاً للفقرة 76، حيث يمتد التوصيل البيني الكهربائي المرن فيما وراء الخلية الفائقة في الاتجاه الأول لتوفير توصيل بيني كهربائي إلى خلية فائقة ثانية موضوعة موازية ل وبما يتماشى مع الخلية الفائقة في وحدة شمسية. 10

80. وحدة شمسية تشتمل على:

مجموعة من الخلايا الفائقة مرتبة في اثنين أو أكثر من الصفوف المتوازية التي تغطي عرض الوحدة لتكوين سطح أمامي للوحدة، كل خلية فائقة تشتمل على مجموعة من الخلايا الشمسية من السيليكون مرتبة على نفس الخط مع الأجزاء الطرفية من الخلايا الشمسية المجاورة من السيليكون المتداخلة ومرتبطة على نحو توصيلي ببعضها البعض لتوصيل الخلايا الشمسية كهربائياً من السيليكون على التوالي؛ 15

حيث على الأقل طرف خلية فائقة أولى يجاور حافة الوحدة في صف أول يكون متصلاً كهربائياً إلى طرف لخلية فائقة ثانية يجاور نفس حافة الوحدة في صف ثانٍ عن طريق توصيل بيني كهربائي مرن مرتبط بالسطح الأمامي للخلية الفائقة الأولى عند مجموعة من المواقع المنفصلة بمادة ربط لاصقة موصلة كهربائياً، تسير على نحو موازٍ لحافة الوحدة، وجزء على الأقل منها ينتهي حول نهاية خلية فائقة أولى ويكون محجوب عن الرؤية من أمام الوحدة. 20

81. الوحدة الشمسية وفقاً للفقرة 80، حيث تتم تغطية أو تلوين أسطح التوصيل البيني الكهربائي المرن على السطح الأمامي للوحدة لتقليل التباين المرئي مع الخلايا الفائقة.

82. الوحدة الشمسية وفقاً للفقرة 80، حيث الاثنين أو أكثر من الصفوف المتوازية من الخلايا الفائقة تكون مرتبة على رقاقة خلفية بيضاء لتكوين سطح أمامي للوحدة الشمسية مطلوب إضاءته بواسطة إشعاع شمسي أثناء تشغيل الوحدة الشمسية، الرقاقة الخلفية البيضاء تشتمل على شرائح قاتمة متوازية لها أماكن وقيم عرض مناظرة لأماكن وقيم عرض الفراغات بين الصفوف المتوازية من الخلايا الفائقة، والأجزاء البيضاء من رقاقات الخلفية لا تكون مرئية من خلال الفراغات بين الصفوف.

83. طريقة التصنيع سلسلة للخلايا الشمسية، تشتمل الطريقة على:

10 النسخ بالليزر لواحد أو أكثر من خطوط المخطاط على كل واحد أو أكثر من الخلايا الشمسية من السيليكون لتحديد مجموعة من المناطق مستطيلة الشكل على الخلايا الشمسية من السيليكون،

وضع مادة ربط لاصقة موصلة كهربائياً على الواحدة أو أكثر من الخلايا الشمسية من السيليكون المخدوشة عند واحد أو أكثر من المواقع المجاورة للجانب الطويل لكل منطقة مستطيلة الشكل؛

15 فصل الخلايا الشمسية من السيليكون بطول خطوط المخطاط لتوفير مجموعة من الخلايا الشمسية المستطيلة من السيليكون يتضمن كل منها جزء من مادة ربط لاصقة موصلة كهربائياً موضوعة على سطحها الأمامي بجوار جانب طويل؛

ترتيب مجموعة من الخلايا الشمسية المستطيلة من السيليكون بما يتماشى مع جوانب طويلة من الخلايا الشمسية المجاورة المستطيلة من السيليكون المتداخلة بطريقة مسقفة مع جزء من مادة ربط لاصقة موصلة كهربائياً موضوعة فيما بين؛ و

20 إنضاج المادة الرابطة الموصلة كهربائياً، من ثم ربط الخلايا الشمسية المتجاورة المتداخلة المستطيلة من السيليكون ببعضها البعض وتوصيلها كهربائياً على التوالي.

84. طريقة التصنيع سلسلة للخلايا الشمسية، تشتمل الطريقة على:

النسخ بالليزر لواحد أو أكثر من خطوط المخطاط على كل واحد أو أكثر من الخلايا الشمسية من السيليكون لتحديد مجموعة من المناطق مستطيلة الشكل على الخلايا الشمسية من السيليكون، كل الخلية الشمسية تشتمل على سطح علوي و سطح سفلي موضوع على نحو متقابل؛

وضع مادة ربط لاصقة موصلة كهربائياً على أجزاء من الأسطح العلوية للوحدة أو أكثر من الخلايا الشمسية من السيليكون؛

5

تسليط ضغط خوائي بين الأسطح السفلية للوحدة أو أكثر من الخلايا الشمسية من السيليكون و سطح دعم مقوس لثني الوحدة أو أكثر من الخلايا الشمسية من السيليكون مقابل سطح الدعم المقوس ومن ثم شق الوحدة أو أكثر من الخلايا الشمسية من السيليكون بطول خطوط المخطاط لتوفير مجموعة من الخلايا الشمسية المستطيلة من السيليكون يتضمن كل منها جزء من مادة ربط لاصقة موصلة كهربائياً موضوعة على سطحها الأمامي بجوار جانب طويل؛

10

ترتيب مجموعة من الخلايا الشمسية المستطيلة من السيليكون بما يتماشى مع جوانب طويلة من الخلايا الشمسية المجاورة المستطيلة من السيليكون المتداخلة بطريقة مسقفة مع جزء من مادة ربط لاصقة موصلة كهربائياً موضوعة فيما بين؛ و

إنضاج المادة الرابطة الموصلة كهربائياً، من ثم ربط الخلايا الشمسية المتجاورة المتداخلة المستطيلة من السيليكون ببعضها البعض وتوصيلها كهربائياً على التوالي.

15

85أ. الطريقة وفقاً للفقرة 84أ، تشتمل على وضع مادة الربط اللاصقة الموصلة كهربائياً على الوحدة أو أكثر من الخلايا الشمسية من السيليكون، وبعد ذلك النسخ بالليزر الواحد أو أكثر من خطوط المخطاط على كل واحدة أو أكثر من الخلايا الشمسية من السيليكون.

86أ. الطريقة وفقاً للفقرة 84أ، تشتمل على النسخ بالليزر الواحد أو أكثر من خطوط المخطاط على كل واحدة أو أكثر من الخلايا الشمسية من السيليكون، وبعد ذلك وضع مادة الربط اللاصقة الموصلة كهربائياً على الوحدة أو أكثر من الخلايا الشمسية من السيليكون.

20

1أ. خليفة تشتمل على:

1أ. جهاز يشتمل على:

سلسلة متصلة على التوالي من على الأقل 25 خلايا شمسية متصلة على التوازي بصمام ثنائي مشترك للتفريع، كل خلية شمسية لها فلتية انهيار أكبر من حوالي 10 فولط ومجموعة في الخلية الفائقة تشتمل على الخلايا الشمسية مرتبة بجوانب طويلة من خلايا شمسية متجاورة المتداخلة ومرتبطة على نحو توصيلي بمادة لاصقة.

- 5 2ب. جهاز وفقاً للفقرة 1ب حيث N تكون أكبر من أو يساوي 30.
- 3ب. جهاز وفقاً للفقرة 1ب حيث N تكون أكبر من أو يساوي 50.
- 4ب. جهاز وفقاً للفقرة 1ب حيث N تكون أكبر من أو يساوي 100.
- 5ب. جهاز وفقاً للفقرة 1ب حيث المادة اللاصقة لها سمك أقل من أو يساوي حوالي 0.1 مم، ولها موصلية حرارية أكبر من أو يساوي حوالي 1.5 واط/م/ك.
- 10 6ب. جهاز وفقاً للفقرة 1ب حيث يتم تجميع N الخلايا الشمسية في خلية فائقة واحدة.
- 7ب. جهاز وفقاً للفقرة 1ب حيث N تكون الخلايا الشمسية مجموعة في مجموعة من الخلايا الفائقة على نفس السطح الخلفي.
- 8ب. جهاز وفقاً للفقرة 1ب حيث تكون الخلايا الشمسية خلايا شمسية من السيليكون.
- 9ب. جهاز وفقاً للفقرة 1ب حيث يكون للخلية الفائقة طول في اتجاه تدفق التيار يبلغ على الأقل حوالي 500 مم.
- 15 10ب. جهاز وفقاً للفقرة 1ب حيث تشتمل الخلايا الشمسية على سمة مهيأة لتحديد انتشار المادة اللاصقة.
- 11ب. جهاز وفقاً للفقرة 10ب حيث السمة تشتمل على سمة مرفوعة.
- 12ب. جهاز وفقاً للفقرة 10ب حيث السمة تشتمل على معدنة.

13ب. جهاز وفقاً للفقرة 12ب حيث تشتمل المعدنة على خط يمتد بكامل طول الجانب الطويل الأول، يشتمل الجهاز كذلك على حشية تلامس واحدة على الأقل موجودة بين الخط والجانب الطويل الأول.

14ب. جهاز وفقاً للفقرة 13ب حيث :

5 تشتمل المعدنة علاوة على ذلك على أصابع متصلة كهربائياً بحشية تلامس واحدة على الأقل وتمتد عمودياً على الجانب الطويل الأول ؛ و

توصيلات بينية للخط الموصل للأصابع.

15ب. جهاز وفقاً للفقرة 10ب حيث السمة تكون على جانب أمامي للخلية الشمسية.

16ب. جهاز وفقاً للفقرة 10ب حيث السمة تكون على جانب خلفي للخلية الشمسية.

10 17ب. جهاز وفقاً للفقرة 10ب حيث السمة تشتمل على سمة مجوفة.

18ب. جهاز وفقاً للفقرة 10ب حيث يتم إخفاء السمة بواسطة الخلية الشمسية المجاورة للخلية الفائقة.

19ب. جهاز وفقاً للفقرة 1ب حيث يكون لخلية شمسية أولى للخلية الفائقة الأركان الشطبية والخلية الشمسية الثانية للخلية الفائقة تفتقر إلى الأركان الشطبية، والخلية الشمسية الأولى والخلية الشمسية الثانية يكون لها نفس المساحة المعرضة للضوء.

20ب. جهاز وفقاً للفقرة 1ب يشتمل كذلك على توصيل بيني كهربائي مرن له المحور الطولي بالتوازي مع اتجاه ثانٍ عمودي على الاتجاه الأول، التوصيل البيني الكهربائي المرن مرتبط على نحو موصل بسطح الخلية الشمسية وتستوعب التمدد الحراري للخلية الشمسية في بعدين اثنين.

21ب. جهاز وفقاً للفقرة 20ب حيث التوصيل البيني الكهربائي المرن له سمك أقل من أو يساوي

20 حوالي 100 ميكرون لتوفير مقاومة تبلغ أقل من أو يساوي حوالي 0.012 أوم.

22ب. جهاز وفقاً للفقرة 20ب حيث يشتمل السطح على سطح خلفي.

23ب. جهاز وفقاً للفقرة 20ب حيث التوصيل البيني الكهربائي المرن يلامس خلية فائقة أخرى.

24ب. جهاز وفقاً للفقرة 23ب حيث تكون الخلية الفائقة الأخرى في اتساق مع الخلية الفائقة.

25ب. جهاز وفقاً للفقرة 23ب حيث تكون الخلية الفائقة الأخرى مجاورة إلى الخلية الفائقة.

26ب. جهاز وفقاً للفقرة 20ب حيث جزء أول من التوصيل البيني ينثني حول حافة للخلية الفائقة

5 حيث يكون جزء التوصيل البيني الثاني المتبقي على جانب خلفي للخلية الفائقة.

27ب. جهاز وفقاً للفقرة 20ب حيث التوصيل البيني الكهربائي المرن يكون متصلاً كهربائياً إلى

صمام ثنائي للتفريع.

28ب. جهاز وفقاً للفقرة 1ب حيث تكون مجموعة من الخلايا الفائقة مرتبة في اثنين أو أكثر من

الصفوف المتوازية على رقاقة خلفية لتكوين وحدة شمسية سطح أمامي، حيث تكون الرقاقة الخلفية

بيضاء وتشتمل على شرائح معتمدة للموقع والعرض المناظرة للفراغات بين الخلايا الفائقة. 10

29ب. جهاز وفقاً للفقرة 1ب حيث الخلية الفائقة تشتمل على زوج واحد على الأقل من سلاسل

الخلية المتصلة بنظام إدارة القدرة.

30ب. جهاز وفقاً للفقرة 1ب يشتمل كذلك على جهاز إدارة القدرة في اتصال كهربائي مع الخلية

الفائقة ومهيأ ل،

15 استقبال خرج فولتية للخلية الفائقة؛

بناء على الفولتية، تحديد ما إذا كانت الخلية الشمسية في ميل عكسي؛ و

فصل الخلية الشمسية في الميل العكسي من دائرة وحدة الخلية الفائقة.

31ب. جهاز وفقاً للفقرة 1ب حيث يتم وضع الخلية الفائقة على سطح خلفي أول لتكوين وحدة

أولى لها شريط موصل علوي على جانب أول مواجه لاتجاه الطاقة الشمسية، يشتمل الجهاز كذلك

20 على:

خلية فائقة أخرى موضوعة على سطح خلفي ثاني لتكوين وحدة ثانية لها شريط سفلي على جانب ثاني مواجه لاتجاه بعيداً عن اتجاه الطاقة الشمسية،

حيث تتداخل الوحدة الثانية ويتم ربطها بجزء من الوحدة الأولى التي تتضمن الشريط العلوي.

32ب. جهاز وفقاً للفقرة 31ب حيث الوحدة الثانية يتم ربطها بالوحدة الأولى بمادة لاصقة.

5 33ب. جهاز وفقاً للفقرة 31ب حيث الوحدة الثانية يتم ربطها بالوحدة الأولى بتجهيزة توافق.

34ب. جهاز وفقاً للفقرة 31ب يشتمل كذلك على صندوق وصل متداخل بواسطة الوحدة الثانية.

35ب. جهاز وفقاً للفقرة 34ب حيث الوحدة الثانية يتم ربطها بالوحدة الأولى بتجهيزة توافق.

36ب. جهاز وفقاً للفقرة 35ب حيث تجهيزة التوافق تكون بين صندوق الوصل وصندوق وصل آخر على الوحدة الثانية.

10 37ب. جهاز وفقاً للفقرة 31ب حيث السطح الخلفي الأول يشتمل على زجاج.

38ب. جهاز وفقاً للفقرة 31ب حيث السطح الخلفي الأول يشتمل على مادة أخرى غير الزجاج.

39ب. جهاز وفقاً للفقرة 1ب حيث الخلية الشمسية يشتمل على قطع بجزء مشطوف من قطعة أكبر.

40ب. جهاز وفقاً للفقرة 39ب حيث الخلية الفائقة تشتمل علاوة على ذلك على خلية شمسية أخرى

15 لها جزء مشطوف، حيث يكون الجانب الطويل للخلية الشمسية في اتصال كهربائي مع الجانب الطويل للخلية الشمسية الأخرى الذي يكون له طول مماثل.

1ج1. طريقة تشتمل على:

تكوين الخلية الفائقة تشتمل على سلسلة متصلة على التوالي من على الأقل $N \leq 25$ الخلايا الشمسية على نفس السطح الخلفي، كل خلية شمسية لها فلتية انهيار أكبر من حوالي 10 فولط ومرتبة بجوانب طويلة من خلايا شمسية متجاورة المتداخلة ومرتبطة على نحو توصيلي بمادة لاصقة؛ و

- توصيل كل خلية فائقة على الأكثر بصمام ثنائي مفرد للتفريع
- 2ج1. طريقة وفقاً للفقرة 1ج1 حيث N تكون أكبر من أو يساوي 30.
- 3ج1. طريقة وفقاً للفقرة 1ج1 حيث N تكون أكبر من أو يساوي 50.
- 4ج1. طريقة وفقاً للفقرة 1ج1 حيث N تكون أكبر من أو يساوي 100.
- 5 5ج1. طريقة وفقاً للفقرة 1ج1 حيث المادة اللاصقة لها سمك أقل من أو يساوي حوالي 0.1 مم، ولها موصلية حرارية أكبر من أو يساوي حوالي 1.5 واط/م/ك.
- 6ج1. طريقة وفقاً للفقرة 1ج1 حيث تكون الخلايا الشمسية خلايا شمسية من السيليكون.
- 7ج1. طريقة وفقاً للفقرة 1ج1 حيث يكون للخلية الفائقة طول في اتجاه تدفق التيار يبلغ على الأقل حوالي 500 مم.
- 10 8ج1. طريقة وفقاً للفقرة 1ج1 حيث يكون لخلية شمسية أولى للخلية الفائقة الأركان الشطبية والخلية الشمسية الثانية للخلية الفائقة تفتقر إلى الأركان الشطبية، والخلية الشمسية الأولى والخلية الشمسية الثانية يكون لها نفس المساحة المعرضة للضوء.
- 9ج1. طريقة وفقاً للفقرة 1ج1 تشتمل كذلك على تحديد انتشار المادة اللاصقة باستخدام سمة على سطح خلية شمسية.
- 15 10ج1. طريقة وفقاً للفقرة 9ج1 حيث السمة تشتمل على سمة مرفوعة.
- 11ج1. طريقة وفقاً للفقرة 9ج1 حيث السمة تشتمل على معدنة.
- 12ج1. طريقة وفقاً للفقرة 11ج1 حيث تشتمل المعدنة على خط يمتد بكامل طول الجانب الطويل الأول، حشية تلامس واحدة على الأقل موجود بين الخط والجانب الطويل الأول.
- 13ج1. طريقة وفقاً للفقرة 12ج1 حيث :
- 20 تشتمل المعدنة علاوة على ذلك على أصابع متصلة كهربائياً بحشية تلامس واحدة على الأقل وتمتد عمودياً على الجانب الطويل الأول ؛ و

توصيلات بينية للخط الموصل للأصابع.

- 14ج1. طريقة وفقاً للفقرة 9ج1 حيث السمة تكون على جانب أمامي للخلية الشمسية.
- 15ج1. طريقة وفقاً للفقرة 9ج1 حيث السمة تكون على جانب خلفي للخلية الشمسية.
- 16ج1. طريقة وفقاً للفقرة 9ج1 حيث السمة تشتمل على سمة مجوفة.
- 5 17ج1. طريقة وفقاً للفقرة 9ج1 حيث يتم إخفاء السمة بواسطة الخلية الشمسية المجاورة للخلية الفائقة.
- 18ج1. طريقة وفقاً للفقرة 1ج1 يشتمل كذلك على تكوين خلية فائقة أخرى على نفس السطح الخلفي.
- 19ج1. طريقة وفقاً للفقرة 1ج1 يشتمل كذلك على :
- 10 ربط على نحو موصل إلى سطح للخلية الشمسية، توصيل بيني كهربائي مرن له المحور الطولي بالتوازي مع اتجاه ثانٍ عمودي على الاتجاه الأول؛ و
- جعل التوصيل البيني الكهربائي المرن يستوعب التمدد الحراري للخلية الشمسية في بعدين اثنين
- 20ج1. طريقة وفقاً للفقرة 19ج1 حيث التوصيل البيني الكهربائي المرن له سمك أقل من أو يساوي حوالي 100 ميكرون لتوفير مقاومة تبلغ أقل من أو يساوي حوالي 0.012 أوم.
- 15 21ج1. طريقة وفقاً للفقرة 19ج1 حيث يشتمل السطح على سطح خلفي.
- 22ج1. طريقة وفقاً للفقرة 19ج1 يشتمل كذلك على تلامس خلية فائقة أخرى مع التوصيل البيني الكهربائي المرن.
- 23ج1. طريقة وفقاً للفقرة 22ج1 حيث تكون الخلية الفائقة الأخرى في اتساق مع الخلية الفائقة.
- 24ج1. طريقة وفقاً للفقرة 22ج1 حيث تكون الخلية الفائقة الأخرى مجاورة إلى الخلية الفائقة.
- 20 25ج1. طريقة وفقاً للفقرة 19ج1 يشتمل كذلك على طي جزء أول من التوصيل البيني حول حافة للخلية الفائقة حيث يكون جزء التوصيل البيني الثاني المتبقي على جانب خلفي للخلية الفائقة.

26ج1. طريقة وفقاً للفقرة 19ج1 يشتمل كذلك على توصيل كهربائياً التوصيل البيني الكهربائي المرن إلى صمام ثنائي للتفريع.

27ج1. طريقة وفقاً للفقرة 1ج1 يشتمل كذلك على :

5 ترتيب مجموعة من الخلايا الفائقة في اثنين أو أكثر من الصفوف المتوازية على نفس السطح الخلفي لتكوين وحدة شمسية سطح أمامي، حيث تكون الرقاقة الخلفية بيضاء وتشتمل على شرائح معتمدة للموقع والعرض المناظرة للفراغات بين الخلايا الفائقة.

28ج1. طريقة وفقاً للفقرة 1ج1 يشتمل كذلك على توصيل زوج واحد على الأقل من سلاسل الخلية إلى نظام إدارة القدرة.

29ج1. طريقة وفقاً للفقرة 1ج1 يشتمل كذلك على :

10 توصيل كهربائياً جهاز إدارة القدرة مع الخلية الفائقة؛

جعل جهاز إدارة القدرة يستقبل خرج فولتية للخلية الفائقة؛

بناء على الفولتية، جعل جهاز إدارة القدرة تحدد ما إذا كانت الخلية الشمسية في ميل عكسي؛ و

جعل جهاز إدارة القدرة يفصل الخلية الشمسية في الميل العكسي من دائرة وحدة الخلية الفائقة

30ج1. طريقة وفقاً للفقرة 1ج1 حيث يتم وضع الخلية الفائقة على السطح الخلفي لتكوين وحدة

15 أولى لها شريط موصل علوي على جانب أول مواجه لاتجاه الطاقة الشمسية، الطريقة يشتمل كذلك على :

وضع خلية فائقة أخرى على سطح خلفي آخر لتكوين وحدة ثانية لها شريط سفلي على جانب ثاني مواجه لاتجاه بعيداً عن اتجاه الطاقة الشمسية،

حيث تتداخل الوحدة الثانية ويتم ربطها بجزء من الوحدة الأولى التي تتضمن الشريط العلوي.

31ج1. طريقة وفقاً للفقرة 30ج1 حيث الوحدة الثانية يتم ربطها بالوحدة الأولى بمادة لاصقة.

32ج1. طريقة وفقاً للفقرة 30ج1 حيث الوحدة الثانية يتم ربطها بالوحدة الأولى بتجهيزة توافق.

33ج1. طريقة وفقاً للفقرة 30ج1 تشتمل كذلك على تداخل صندوق وصل مع الوحدة الثانية.
34ج1. طريقة وفقاً للفقرة 33ج1 حيث الوحدة الثانية يتم ربطها بالوحدة الأولى بتجهيزة توافق.
35ج1. طريقة وفقاً للفقرة 34ج1 حيث تجهيزة التوافق تكون بين صندوق الوصل وصندوق وصل آخر على الوحدة الثانية.

5 36ج1. طريقة وفقاً للفقرة 30ج1 حيث السطح الخلفي يشتمل على زجاج.

37ج1. طريقة وفقاً للفقرة 30ج1 حيث السطح الخلفي يشتمل على مادة أخرى غير الزجاج.

38ج1. طريقة وفقاً للفقرة 30ج1 تشتمل كذلك على:

توصيل كهربائياً مفتاح مرحل على التوالي بين الوحدة الأولى والوحدة الثانية؛

استشعار فولطية خرج الوحدة الأولى بواسطة وسيلة تحكم؛ و

10 تشغيل مفتاح التقوية مع وسيلة تحكم حيث فولطية الخرج تسقط أدنى من الحد.

39ج1. طريقة وفقاً للفقرة 1ج1 حيث الخلية الشمسية تشتمل على قطع بجزء مشطوف من قطعة أكبر.

40ج1. طريقة وفقاً للفقرة 39ج1 حيث تكوين الخلية الفائقة يشتمل على وضع للجانب الطويل للخلية الشمسية في تلامس كهربائي مع الجانب الطويل لنفس طول خلية شمسية أخرى لها جزء مشطوف. 15

1ج2. جهاز يشتمل على:

وحدة شمسية تشتمل على سطح أمامي يتضمن سلسلة أولى متصلة على التوالي من على الأقل 19 الخلايا الشمسية مجمعة في خلية فائقة أولى مرتبة بجوانب طويلة من خلايا شمسية متجاورة المتداخلة ومرتبطة على نحو توصيلي بمادة لاصقة؛ و

20 موصل شريطي متصل كهربائياً إلى ملاس سطح خلفي للخلية الفائقة الأولى لتوفير مأخذ غير ظاهر إلى مكون كهربائي.

- 2ج2. جهاز وفقاً للفقرة 1ج2 حيث المكون الكهربائي يشتمل على صمام ثنائي للتفريع.
- 2ج3. جهاز وفقاً للفقرة 2ج2 حيث الصمام الثنائي للتفريع يوجد على سطح خلفي للوحدة الشمسية.
- 2ج4. جهاز وفقاً للفقرة 3ج2 حيث الصمام الثنائي للتفريع يوجد خارج صندوق وصل.
- 5 2ج5. جهاز وفقاً للفقرة 4ج2 حيث صندوق الوصل يشتمل على طرف مفرد.
- 2ج6. جهاز وفقاً للفقرة 3ج2 حيث يتم وضع الصمام الثنائي للتفريع بالقرب من حافة الوحدة الشمسية.
- 2ج7. جهاز وفقاً للفقرة 2ج2 حيث يتم وضع الصمام الثنائي للتفريع في بنية صفائحية.
- 2ج8. جهاز وفقاً للفقرة 7ج2 حيث يتم تغليف الخلية الفائقة الأولى داخل البنية الصفائحية.
- 10 2ج9. جهاز وفقاً للفقرة 2ج2 حيث يتم وضع الصمام الثنائي للتفريع حول محيط للوحدة الشمسية.
- 2ج10. جهاز وفقاً للفقرة 1ج2 حيث المكون الكهربائي يشتمل على طرف وحدة، صندوق وصل، نظام إدارة القدرة، مفتاح ذكي، مرحل، وسيلة تحكم في استشعار الفولطية، محول مركزي، محول دقيق DC/AC ، أو محسن قدرة وحدة DC/AC .
- 2ج11. جهاز وفقاً للفقرة 1ج1 حيث المكون الكهربائي يوجد على سطح خلفي للوحدة الشمسية.
- 15 2ج12. جهاز وفقاً للفقرة 1ج1 حيث الوحدة الشمسية تشتمل علاوة على ذلك على سلسلة ثانية متصلة على التوالي من على الأقل 19 الخلايا الشمسية مجمعة في خلية فائقة ثانية لها طرف أول متصل كهربائياً على التوالي إلى الخلية الفائقة الأولى.
- 2ج13. جهاز وفقاً للفقرة 12ج2 حيث تكون الخلية الفائقة الثانية متداخلة ومتصلة كهربائياً على التوالي إلى الخلية الفائقة الأولى بمادة لاصقة موصلة.
- 20 2ج14. جهاز وفقاً للفقرة 12ج2 حيث يقع ملامس السطح الخلفي بعيداً عن الطرف الأول.

15ج2. جهاز وفقاً للفقرة 12ج2 يشتمل كذلك على توصيل بيني مرن بين الطرف الأول والخلية الفائقة الأولى.

16ج2. جهاز وفقاً للفقرة 15ج2 حيث التوصيل البيني المرن يمتد فيما وراء الحواف الجانبية الخلايا الفائقة الأولى والثانية للتوصيل كهربائياً الخلايا الفائقة الأولى والثانية على التوازي مع خلية فائقة أخرى. 5

17ج2. جهاز وفقاً للفقرة 1ج2 حيث المادة اللاصقة لها سمك أقل من أو يساوي حوالي 0.1 مم، ولها موصلية حرارية أكبر من أو يساوي حوالي 1.5 واط/م/ك.

18ج2. جهاز وفقاً للفقرة 1ج2 حيث تكون الخلايا الشمسية خلايا شمسية من السيليكون لها فلتية انهيار أكبر من حوالي 10 فولط.

19ج2. جهاز وفقاً للفقرة 1ج2 حيث يكون للخلية الفائقة الأولى طول في اتجاه تدفق التيار يبلغ على الأقل حوالي 500 مم. 10

20ج2. جهاز وفقاً للفقرة 1ج2 حيث الخلية الشمسية للخلية الفائقة الأولى تشتمل على سمة مهيأة لتحديد انتشار المادة اللاصقة.

21ج2. جهاز وفقاً للفقرة 20ج2 حيث السمة تشتمل على سمة مرفوعة.

22ج2. جهاز وفقاً للفقرة 21ج2 حيث السمة تشتمل على معدنة. 15

23ج2. جهاز وفقاً للفقرة 22ج2 حيث تشتمل المعدنة على خط موصل يمتد بكامل طول الجانب الطويل الأول، يشتمل الجهاز كذلك على حشية تلامس واحدة على الأقل موجود بين الخط والجانب الطويل الأول.

24ج2. جهاز وفقاً للفقرة 23ج2 حيث :

20 تشتمل المعدنة علاوة على ذلك على أصابع متصلة كهربائياً بحشية تلامس واحدة على الأقل وتمتد عمودياً على الجانب الطويل الأول ؛ و

توصيلات بينية للخط الموصل للأصابع.

- 25ج2. جهاز وفقاً للفقرة 20ج2 حيث السمة تكون على جانب أمامي للخلية الشمسية.
- 26ج2. جهاز وفقاً للفقرة 20ج2 حيث السمة تكون على جانب خلفي للخلية الشمسية.
- 27ج2. جهاز وفقاً للفقرة 20ج2 حيث السمة تشتمل على سمة مجوفة.
- 28ج2. جهاز وفقاً للفقرة 20ج2 حيث يتم إخفاء السمة بواسطة الخلية الشمسية المجاورة للخلية
- 5 الفائقة الأولى.
- 29ج2. جهاز وفقاً للفقرة 1ج2 حيث الخلية الشمسية للخلية الفائقة الأولى تشتمل على جزء مشطوف.
- 30ج2. جهاز وفقاً للفقرة 29ج2 حيث الخلية الفائقة الأولى تشتمل علاوة على ذلك على خلية شمسية أخرى لها جزء مشطوف، و حيث يكون الجانب الطويل للخلية الشمسية في اتصال كهربائي مع الجانب الطويل للخلية الشمسية الأخرى الذي يكون له طول مماثل.
- 10
- 31ج2. جهاز وفقاً للفقرة 29ج2 حيث الخلية الفائقة الأولى تشتمل علاوة على ذلك على خلية شمسية أخرى تفتقر إلى الأركان الشطبية، والخلية الشمسية والخلية الشمسية الأخرى يكون لها نفس المساحة المعرضة للضوء.
- 32ج2. جهاز وفقاً للفقرة 1ج2 حيث :
- 15 الخلية الفائقة الأولى يكون مرتباً مع خلية فائقة ثانية على التوازي صفوف على رقاقة خلفية سطح أمامي؛ و
- تكون الرقاقة الخلفية بيضاء وتشتمل على شرائح معتمدة للموقع والعرض المناظرة للفراغات بين الخلية الفائقة الأولى والخلية الفائقة الثانية.
- 33ج2. جهاز وفقاً للفقرة 1ج2 حيث الخلية الفائقة الأولى تشتمل على زوج واحد على الأقل من
- 20 سلاسل الخلايا المتصلة بنظام إدارة القدرة.
- 34ج2. جهاز وفقاً للفقرة 1ج2 يشتمل كذلك على جهاز إدارة القدرة في اتصال كهربائي مع الخلية الفائقة الأولى ومهيأ ل،

استقبال خرج فولطية للخلية الفائقة الأولى؛

بناء على الفولطية، تحديد ما إذا كانت الخلية الشمسية للخلية الفائقة الأولى في الميل العكسي؛ و

فصل الخلية الشمسية في الميل العكسي من دائرة وحدة الخلية الفائقة.

35ج2. جهاز وفقاً للفقرة 34ج2 حيث جهاز إدارة القدرة تشتمل على مرحل.

5 36ج2. جهاز وفقاً للفقرة 1ج2 حيث يتم وضع الخلية الفائقة الأولى على سطح خلفي أول لتكوين

الوحدة لها شريط موصل علوي على جانب أول مواجه لاتجاه الطاقة الشمسية، يشتمل الجهاز كذلك على:

خلية فائقة أخرى موضوعة على سطح خلفي ثاني لتكوين وحدة مختلفة لها شريط سفلي على جانب ثاني مواجه لاتجاه بعيداً عن اتجاه الطاقة الشمسية،

10 حيث تتداخل الوحدة المختلفة ويتم ربطها بجزء للوحدة التي تتضمن الشريط العلوي.

37ج2. جهاز وفقاً للفقرة 36ج2 حيث يتم ربط الوحدة المختلفة بالوحدة بمادة لاصقة.

38ج2. جهاز وفقاً للفقرة 36ج2 حيث يتم ربط الوحدة المختلفة بالوحدة بتجهيزة توافق.

39ج2. جهاز وفقاً للفقرة 36ج2 يشتمل كذلك على صندوق وصل متداخل بواسطة الوحدة المختلفة.

15 40ج2. جهاز وفقاً للفقرة 39ج2 حيث يتم ربط الوحدة المختلفة بالوحدة بتجهيزة توافق بين صندوق

الوصل وصندوق وصل آخر على وحدة شمسية مختلفة.

1ج3. جهاز يشتمل على:

خلية فائقة أولى موضوعة على وحدة شمسية سطح أمامي وتشتمل على مجموعة من الخلايا الشمسية، كل لها فلطية انهيار تبلغ

20 أكبر من حوالي 10 فولط؛

موصل شريطي أول متصلة كهربائياً بملامس سطح خلفي للخلية الفائقة الأولى لتوفير مأخذ أول غير ظاهر إلى مكون كهربائي؛

خلية فائقة ثانية موضوعة على الوحدة الشمسية سطح أمامي وتشتمل على مجموعة من الخلايا الشمسية، كل لها فلتية انهيار

5 تبلغ أكبر من حوالي 10 فولط؛ و

موصل شريطي ثاني متصلة كهربائياً بملامس سطح خلفي للخلية الفائقة الثانية لتوفير مأخذ غير ظاهر ثاني.

جهاز وفقاً للفقرة 1 ج3 حيث المكون الكهربائي يشتمل على صمام ثنائي للتفريع.

جهاز وفقاً للفقرة 2 ج3 حيث يقع الصمام الثنائي للتفريع على سطح خلفي لوحدة شمسية.

10 جهاز وفقاً للفقرة 3 ج3 حيث الصمام الثنائي للتفريع يوجد خارج صندوق وصل.

جهاز وفقاً للفقرة 4 ج3 حيث صندوق الوصل يشتمل على طرف مفرد.

جهاز وفقاً للفقرة 3 ج3 حيث يتم وضع الصمام الثنائي للتفريع بالقرب من حافة وحدة شمسية.

جهاز وفقاً للفقرة 2 ج3 حيث يتم وضع الصمام الثنائي للتفريع في بنية صفائحية.

15 جهاز وفقاً للفقرة 7 ج3 حيث يتم تغليف الخلية الفائقة الأولى داخل البنية الصفائحية.

جهاز وفقاً للفقرة 8 ج3 حيث يتم وضع الصمام الثنائي للتفريع حول محيط وحدة شمسية.

جهاز وفقاً للفقرة 1 ج3 حيث يتم توصيل الخلية الفائقة الأولى على التوالي مع خلية فائقة ثانية.

جهاز وفقاً للفقرة 10 ج3 حيث :

20 الخلية الفائقة الأولى والخلية الفائقة الثانية تشكل زوج أول؛ و

يشتمل الجهاز علاوة على ذلك على اثنتين إضافيتين من الخلايا الفائقة في زوج ثاني متصلة على التوازي مع زوج أول.

12ج3. جهاز وفقاً للفقرة 10ج3 حيث يتم توصيل المأخذ غير الظاهر الثاني إلى المكون الكهربائي.

5 13ج3. جهاز وفقاً للفقرة 12ج3 حيث المكون الكهربائي يشتمل على صمام ثنائي للتفريع.

14ج3. جهاز وفقاً للفقرة 13ج3 حيث الخلية الفائقة الأولى تشتمل على ما لا يقل عن 19 الخلايا الشمسية.

15ج3. جهاز وفقاً للفقرة 12ج3 حيث المكون الكهربائي يشتمل على نظام إدارة القدرة.

16ج3. جهاز وفقاً للفقرة 1ج3 حيث المكون الكهربائي يشتمل على مفتاح.

10 17ج3. جهاز وفقاً للفقرة 16ج3 يشتمل كذلك على وسيلة تحكم في استشعار الفولطية في اتصال مع مفتاح.

18ج3. جهاز وفقاً للفقرة 16ج3 حيث يكون المفتاح في اتصال مع محول مركزي.

19ج3. جهاز وفقاً للفقرة 1ج3 حيث المكون الكهربائي يشتمل على جهاز إدارة قدرة مهياً لـ،

استقبال خرج فولطية للخلية الفائقة الأولى؛

15 بناء على الفولطية، تحديد ما إذا كانت الخلية الشمسية للخلية الفائقة الأولى في الميل العكسي؛ و

فصل الخلية الشمسية في الميل العكسي من دائرة وحدة الخلية الفائقة.

20ج3. جهاز وفقاً للفقرة 1 حيث المكون الكهربائي يشتمل على محول.

21ج3. جهاز وفقاً للفقرة 20ج3 حيث يشتمل المحول على محول دقيق DC/AC .

22ج3. جهاز وفقاً للفقرة 1ج3 حيث المكون الكهربائي يشتمل على طرف وحدة شمسية.

23ج3. جهاز وفقاً للفقرة 22ج3 حيث طرف الوحدة الشمسية يكون طرف وحدة شمسية مفرد داخل صندوق وصل.

24ج3. جهاز وفقاً للفقرة 1ج3 حيث يقع المكون الكهربائي على سطح خلفي لوحدة شمسية.

25ج3. جهاز وفقاً للفقرة 1ج3 حيث يقع ملامس السطح الخلفي بعيداً عن طرف للخلية الفائقة الأولى 5 تداخل الخلية الفائقة الثانية.

26ج3. جهاز وفقاً للفقرة 1ج3 حيث يكون للخلية الفائقة الأولى طول في اتجاه تدفق التيار يبلغ على الأقل حوالي 500 مم.

27ج3. جهاز وفقاً للفقرة 1ج3 حيث الخلية الشمسية للخلية الفائقة الأولى تشتمل على سمة مهيأة لتحديد انتشار المادة اللاصقة.

28ج3. جهاز وفقاً للفقرة 27ج3 حيث السمة تشتمل على سمة مرفوعة. 10

29ج3. جهاز وفقاً للفقرة 28ج3 حيث السمة تشتمل على معدنة.

30ج3. جهاز وفقاً للفقرة 27ج3 حيث السمة تشتمل على سمة مجوفة.

31ج3. جهاز وفقاً للفقرة 27ج3 حيث السمة تكون على جانب خلفي للخلية الشمسية.

32ج3. جهاز وفقاً للفقرة 27ج3 حيث يتم إخفاء السمة بواسطة الخلية الشمسية المجاورة للخلية الفائقة الأولى. 15

33ج3. جهاز وفقاً للفقرة 1ج3 حيث الخلية الشمسية للخلية الفائقة الأولى تشتمل على جزء مشطوف.

34ج3. جهاز وفقاً للفقرة 33ج3 حيث الخلية الفائقة الأولى تشتمل علاوة على ذلك على خلية شمسية أخرى لها جزء مشطوف، و حيث يكون الجانب الطويل للخلية الشمسية في اتصال كهربائي مع الجانب الطويل للخلية الشمسية الأخرى الذي يكون له طول مماثل. 20

35ج3. جهاز وفقاً للفقرة 33ج3 حيث الخلية الفائقة الأولى تشتمل علاوة على ذلك على خلية شمسية أخرى تفتقر إلى الأركان الشطبية، والخلية الشمسية والخلية الشمسية الأخرى يكون لها نفس المساحة المعرضة للضوء.

36ج3. جهاز وفقاً للفقرة 1ج3 حيث :

5 الخلية الفائقة الأولى يكون مرتباً مع خلية فائقة ثانية على التوازي صفوف على رقاقة خلفية سطح أمامي؛ و

تكون الرقاقة الخلفية بيضاء وتشتمل على شرائح معتمدة للموقع والعرض المناظرة للفراغات بين الخلية الفائقة الأولى والخلية الفائقة الثانية.

37ج3. جهاز وفقاً للفقرة 1ج3 حيث يتم وضع الخلية الفائقة الأولى على سطح خلفي أول لتكوين وحدة لها شريط موصل علوي على سطح أمامي للوحدة مواجه لاتجاه الطاقة الشمسية، يشتمل الجهاز كذلك على:

خلية فائقة ثالثة موضوعة على سطح خلفي ثاني لتكوين وحدة مختلفة لها شريط سفلي على جانب ثاني مواجه لاتجاه بعيداً عن اتجاه الطاقة الشمسية،

حيث تتداخل الوحدة المختلفة ويتم ربطها بجزء للوحدة التي تتضمن الشريط العلوي.

15 38ج3. جهاز وفقاً للفقرة 37ج3 حيث يتم ربط الوحدة المختلفة بالوحدة بمادة لاصقة.

39ج3. جهاز وفقاً للفقرة 37ج3 يشتمل كذلك على صندوق وصل متداخل بواسطة الوحدة المختلفة.

40ج3. جهاز وفقاً للفقرة 39ج3 حيث يتم ربط الوحدة المختلفة بالوحدة بتجهيزة توافق بين صندوق الوصل وصندوق وصل آخر على الوحدة المختلفة.

20 1ج4. جهاز يشتمل على:

وحدة شمسية تشتمل على سطح أمامي يتضمن سلسلة متصلة بسلسلة أولى للخلايا الشمسية مجموعة في خلية فائقة أولى مرتبة بجوانب تبلغ خلايا شمسية متجاورة المتداخلة ومرتبطة على نحو توصيلي بمادة لاصقة؛ و

سمة سطح الخلية الشمسية مهيأة لتحديد المادة اللاصقة.

- 5 2ج4. جهاز وفقاً للفقرة 1ج4 حيث سمة سطح الخلية الشمسية تشتمل على سمة مجوفة.
- 3ج4. جهاز وفقاً للفقرة 1ج4 حيث سمة سطح الخلية الشمسية تشتمل على سمة مرفوعة.
- 4ج4. جهاز وفقاً للفقرة 3ج4 حيث تكون السمة المرفوعة على سطح أمامي للخلية الشمسية.
- 5ج4. جهاز وفقاً للفقرة 4ج4 حيث السمة المرفوعة تشتمل على نمط معدنة.
- 6ج4. جهاز وفقاً للفقرة 5ج4 حيث نمط معدنة تشتمل على خط موصل تمتد بالتوازي مع وإلى حد بعيد بطول للجانب الطويل للخلية الشمسية.
- 10 7ج4. جهاز وفقاً للفقرة 6ج4 يشتمل كذلك على حشية تلامس بين الخط الموصل والجانب الطويل.
- 8ج4. جهاز وفقاً للفقرة 7ج4 حيث :
- نمط معدنة تشتمل علاوة على ذلك على مجموعة من أصابع؛ و
- 15 الخط الموصل المتصل بينياً كهربائياً للأصابع لتوفير عدة مسارات موصلة من كل أصبع إلى حشية التلامس.
- 9ج4. جهاز وفقاً للفقرة 7ج4 يشتمل كذلك على مجموعة من حشيات التلامس المتميزة مرتبة في صف مجاور إلى وبالتوازي مع الجانب الطويل، نمط معدنة تكوين مجموعة من حواجز منفصلة لتحديد المادة اللاصقة إلى حشيات التلامس المتميزة.
- 20 10ج4. جهاز وفقاً للفقرة 8ج4 حيث مجموعة من حواجز منفصلة تتناكب حشيات التلامس المتميزة المناظرة.

11ج4. جهاز وفقاً للفقرة 8ج4 حيث تكون مجموعة من الحواجز المنفصلة أطول من حشيات التلامس المتميزة المناظرة.

12ج4. جهاز وفقاً للفقرة 1ج4 حيث سمة سطح الخلية الشمسية تكون غير ظاهرة بواسطة تداخل جانب من خلية شمسية أخرى.

5 13ج4. جهاز وفقاً للفقرة 12ج4 حيث الخلية الشمسية الأخرى تكون جزء من الخلية الفائقة.

14ج4. جهاز وفقاً للفقرة 12ج4 حيث الخلية الشمسية الأخرى تكون جزء من خلية فائقة أخرى.

15ج4. جهاز وفقاً للفقرة 3ج4 حيث تكون السمة المرفوعة على سطح خلفي للخلية الشمسية.

16ج4. جهاز وفقاً للفقرة 15ج4 حيث السمة المرفوعة تشتمل على نمط معدنة.

17ج4. جهاز وفقاً للفقرة 16ج4 حيث يشكل نمط المعدنة مجموعة من حواجز منفصلة لتحديد

10 المادة اللاصقة إلى مجموعة من حشيات التلامس المتميزة تقع على سطح أمامي لخلية شمسية أخرى متداخل بواسطة الخلية الشمسية.

18ج4. جهاز وفقاً للفقرة 17ج4 حيث مجموعة من حواجز منفصلة تناكب حشيات التلامس المتميزة المناظرة.

19ج4. جهاز وفقاً للفقرة 17ج4 حيث تكون مجموعة من الحواجز المنفصلة أطول من حشيات التلامس المتميزة المناظرة.

20ج4. جهاز وفقاً للفقرة 1ج1 حيث كل الخلية الشمسية للخلية الفائقة يكون لها فلتية انهيار تبلغ 10 فولت أو أكبر.

21ج4. جهاز وفقاً للفقرة 1ج1 حيث يكون للخلية الفائقة طول في اتجاه تدفق التيار يبلغ على الأقل حوالي 500 مم.

20 22ج4. جهاز وفقاً للفقرة 1ج1 حيث الخلية الشمسية للخلية الفائقة تشتمل على جزء مشطوف.

23ج4. جهاز وفقاً للفقرة 22ج4 حيث الخلية الفائقة تشتمل علاوة على ذلك على خلية شمسية أخرى لها جزء مشطوف، و حيث يكون الجانب الطويل للخلية الشمسية في اتصال كهربائي مع الجانب الطويل للخلية الشمسية الأخرى الذي يكون له طول مماثل.

24ج4. جهاز وفقاً للفقرة 22ج4 حيث الخلية الفائقة تشتمل علاوة على ذلك على خلية شمسية أخرى تفتقر إلى الأركان الشطبية، والخلية الشمسية والخلية الشمسية الأخرى يكون لها نفس المساحة المعرضة للضوء.

25ج4. جهاز وفقاً للفقرة 1ج4 حيث تكون الخلية الفائقة مرتبة مع خلية فائقة ثانية على سطح أمامي لرقاقة سطح خلفي أول لتكوين وحدة أولى.

26ج4. جهاز وفقاً للفقرة 25ج4 حيث تكون الرقاقة الخلفية بيضاء وتشتمل على شرائح معتمدة للموقع وعرض المناظرة للفراغات بين الخلية الفائقة والخلية الفائقة الثانية.

27ج4. جهاز وفقاً للفقرة 25ج4 حيث يكون للوحدة الأولى شريط موصل علوي على وحدة أولى سطح أمامي مواجه لاتجاه الطاقة الشمسية، يشتمل الجهاز كذلك على:

خلية فائقة ثالثة موضوعة على سطح خلفي ثاني لتكوين وحدة ثانية لها شريط سفلي على جانب وحدة ثانية متجه بعيداً عن الطاقة الشمسية، و

15 حيث تتداخل الوحدة الثانية ويتم ربطها بجزء من الوحدة الأولى التي تتضمن الشريط العلوي.

28ج4. جهاز وفقاً للفقرة 27ج4 حيث الوحدة الثانية يتم ربطها بالوحدة الأولى بمادة لاصقة.

29ج4. جهاز وفقاً للفقرة 27ج4 يشتمل كذلك على صندوق وصل متداخل بواسطة الوحدة الثانية.

30ج4. جهاز وفقاً للفقرة 29ج4 حيث الوحدة الثانية يتم ربطها بالوحدة الأولى بتجهيزة توافق بين صندوق الوصل وصندوق وصل آخر على الوحدة الثانية.

20 31ج4. جهاز وفقاً للفقرة 29ج4 حيث صندوق الوصل يحتوي على وحدة طرفية واحدة.

32ج4. جهاز وفقاً للفقرة 27ج4 يشتمل كذلك على مفتاح بين الوحدة الأولى والوحدة الثانية.

33ج4. جهاز وفقاً للفقرة 32ج4 يشتمل كذلك على وسيلة تحكم في استشعار الفولطية في اتصال مع مفتاح.

34ج4. جهاز وفقاً للفقرة 27ج4 حيث الخلية الفائقة تشتمل على ما لا يقل عن تسعة عشر خلية شمسية متصلة على حدة كهربائياً على التوازي بصمام ثنائي مفرد للتفريع.

35ج4. 5 جهاز وفقاً للفقرة 34ج4 حيث يتم وضع الصمام الثنائي للتفريع الواحد بالقرب من حافة وحدة أولى.

36ج4. جهاز وفقاً للفقرة 34ج4 حيث يتم وضع الصمام الثنائي للتفريع الواحد في بنية صفائحية.

37ج4. جهاز وفقاً للفقرة 36ج4 حيث تكون الخلية الفائقة مغلفة داخل البنية الصفائحية.

38ج4. 10 جهاز وفقاً للفقرة 34ج4 حيث يتم وضع الصمام الثنائي للتفريع الواحد حول محيط وحدة أولى.

39ج4. جهاز وفقاً للفقرة 25ج4 حيث الخلية الفائقة والخلية الفائقة الثانية تشتمل على زوج متصل على حدة بجهاز إدارة القدرة.

40ج4. جهاز وفقاً للفقرة 25ج4 يشتمل كذلك على جهاز إدارة القدرة مهياً لـ،

استقبال خرج فولطية للخلية الفائقة؛

15 بناء على الفولطية، تحديد ما إذا كانت الخلية الشمسية للخلية الفائقة في الميل العكسي؛ و

فصل الخلية الشمسية في الميل العكسي من دائرة وحدة الخلية الفائقة.

1ج5. جهاز يشتمل على:

وحدة شمسية تشتمل على سطح أمامي يتضمن سلسلة متصلة بسلسلة أولى من الخلايا الشمسية

من السيليكون مجموعة في خلية فائقة أولى تشتمل على خلية شمسية أولى من السيليكون لها

20 الأركان الشطبية ومرتبة بجانب متداخل ومرتبطة على نحو توصيلي بمادة لاصقة إلى خلية شمسية ثانية من السيليكون.

- 2ج5. جهاز وفقاً للفقرة 1ج5 حيث الخلية الشمسية الثانية من السيليكون تفتقر إلى الأركان الشطبية، كل خلية شمسية من السيليكون للخلية الفائقة الأولى لها إلى حد بعيد نفس مساحة السطح الأمامي المعرضة للضوء.
- 3ج5. جهاز وفقاً للفقرة 2ج5 حيث :
- 5 الخلية الشمسية الأولى من السيليكون والخلية الشمسية الثانية من السيليكون يكون لها نفس الطول؛ و
- يكون عرض الخلية الشمسية الأولى من السيليكون أكبر من عرض الخلية الشمسية الثانية من السيليكون.
- 4ج5. جهاز وفقاً للفقرة 3ج5 حيث ينسخ الطول شكل من الرفاقة الزائفة مربعة الشكل.
- 10 5ج5. جهاز وفقاً للفقرة 3ج5 حيث يبلغ الطول 156 مم.
- 6ج5. جهاز وفقاً للفقرة 3ج5 حيث يبلغ الطول 125 مم.
- 7ج5. جهاز وفقاً للفقرة 3ج5 حيث النسبة الباعية بين عرض وطول الخلية الشمسية الأولى تكون بين حوالي 1:2 إلى حوالي 1:20.
- 8ج5. جهاز وفقاً للفقرة 3ج5 حيث الخلية الشمسية الأولى من السيليكون تتداخل مع الخلية الشمسية الثانية من السيليكون فيما بين حوالي 1 مم إلى حوالي 5مم.
- 15 9ج5. جهاز وفقاً للفقرة 3ج5 حيث الخلية الفائقة الأولى تشتمل على الأقل تسعة عشر خلية شمسية من السيليكون كل لها فلطية انهيار أكبر من حوالي 10 فولط.
- 10ج5. جهاز وفقاً للفقرة 3ج5 حيث يكون للخلية الفائقة الأولى طول في اتجاه تدفق التيار يبلغ على الأقل حوالي 500 مم.
- 20 11ج5. جهاز وفقاً للفقرة 3ج5 حيث :
- يتم توصيل الخلية الفائقة الأولى على التوازي مع خلية فائقة ثانية على السطح الأمامي؛ و

السطح الأمامي يشتمل على سطح خلفي أبيض يحدد شرائح معتمة للموقع والعرض المناظرة للفراغات بين الخلية الفائقة الأولى والخلية الفائقة الثانية.

12ج5. جهاز وفقاً للفقرة 1ج5 حيث الخلية الشمسية الثانية من السيليكون تتضمن الأركان المشطوفة.

5 13ج5. جهاز وفقاً للفقرة 12ج5 حيث للجانب الطويل للخلية الشمسية الأولى من السيليكون تتداخل مع الجانب الطويل للخلية الشمسية الثانية من السيليكون.

14ج5. جهاز وفقاً للفقرة 12ج5 حيث للجانب الطويل للخلية الشمسية الأولى من السيليكون تتداخل مع جانب قصير من الخلية الشمسية الثانية من السيليكون.

15ج5. جهاز وفقاً للفقرة 1ج5 حيث السطح الأمامي يشتمل على:

10 صف أول يشتمل على خلية فائقة أولى تتكون من خلايا شمسية بالأركان المشطوفة؛ و

صف ثانٍ يشتمل على سلسلة ثانية متصلة على التوالي من الخلايا الشمسية من السيليكون مجموعة في خلية فائقة ثانية متصلة على التوازي مع الخلية الفائقة الأولى وتتكون من الخلايا الشمسية تفتقر إلى الأركان المشطوفة، ويكون طول الصف الثاني إلى حد بعيد هو نفس طول الصف الأول.

15 16ج5. جهاز وفقاً للفقرة 15ج5 حيث يكون الصف الأول مجاور إلى حافة وحدة ولا يكون الصف الثاني بجوار حافة الوحدة.

17ج5. جهاز وفقاً للفقرة 15ج5 حيث الخلية الفائقة الأولى تشتمل على الأقل تسعة عشر خلية شمسية كل لها فلتية انهيار أكبر من حوالي 10 فولط، ويكون للخلية الفائقة الأولى طول في اتجاه تدفق التيار يبلغ على الأقل حوالي 500 مم.

20 18ج5. جهاز وفقاً للفقرة 15ج5 حيث السطح الأمامي يشتمل على سطح خلفي أبيض يحدد شرائح معتمة للموقع والعرض المناظرة للفراغات بين الخلية الفائقة الأولى والخلية الفائقة الثانية.

19ج5. جهاز وفقاً للفقرة 1ج5 يشتمل كذلك على نمط معدنة على جانب أمامي للخلية الشمسية الثانية.

20ج5. جهاز وفقاً للفقرة 19ج5 حيث يشتمل نمط المعدنة على جزء مستدق يمتد حول ركن مشطوف.

5 21ج5. جهاز وفقاً للفقرة 19ج5 حيث يشتمل نمط المعدنة على سمة مرفوعة لتحديد انتشار المادة اللاصقة.

22ج5. جهاز وفقاً للفقرة 19ج5 حيث يشتمل نمط المعدنة على:

مجموعة من حشيات التلامس المتميزة؛

أصابع متصلة كهربائياً إلى مجموعة من حشيات التلامس المتميزة؛ و

10 خط موصل للتوصيل البيني للأصابع.

23ج5. جهاز وفقاً للفقرة 22ج5 حيث يشكل نمط المعدنة مجموعة من حواجز منفصلة لتحديد المادة اللاصقة إلى حشيات التلامس المتميزة.

24ج5. جهاز وفقاً للفقرة 23ج5 حيث مجموعة من حواجز منفصلة تتناكب وتكون أطول من حشيات التلامس المتميزة المناظرة.

15 25ج5. جهاز وفقاً للفقرة 1ج5 يشتمل كذلك على توصيل بيني كهربائي مرن مرتبط على نحو موصل بسطح الخلية الشمسية الأولى وتستوعب التمدد الحراري للخلية الشمسية الأولى في بعدين اثنين.

26ج5. جهاز وفقاً للفقرة 25ج5 حيث جزء أول من التوصيل البيني ينثني حول حافة للخلية الفائقة الأولى حيث يكون جزء التوصيل البيني الثاني المتبقي على جانب خلفي للخلية الفائقة الأولى.

27ج5. جهاز وفقاً للفقرة 1ج5 حيث يكون للوحدة شريط موصل علوي على السطح الأمامي مواجه لاتجاه الطاقة الشمسية، يشتمل الجهاز كذلك على:

وحدة أخرى بها خلية فائقة ثانية موضوعة على سطح أمامي، شريط سفلي على الوحدة الأخرى متجه بعيداً عن الطاقة الشمسية، و

حيث تتداخل الوحدة الثانية ويتم ربطها بجزء من الوحدة الأولى التي تتضمن الشريط العلوي.

5ج28. جهاز وفقاً للفقرة 5ج27 حيث يتم ربط الوحدة الأخرى بالوحدة بمادة لاصقة.

5 5ج29. جهاز وفقاً للفقرة 5ج27 يشتمل كذلك على صندوق وصل متداخل بواسطة الوحدة الأخرى.

5ج30. جهاز وفقاً للفقرة 5ج29 حيث يتم ربط الوحدة الأخرى بالوحدة بتجهيزة توافق بين صندوق الوصل وصندوق وصل آخر على الوحدة الأخرى.

5ج31. جهاز وفقاً للفقرة 5ج29 حيث صندوق الوصل يحتوي على وحدة طرفية واحدة.

10 5ج32. جهاز وفقاً للفقرة 5ج27 يشتمل كذلك على مفاتيح بين الوحدة والوحدة الأخرى.

5ج33. جهاز وفقاً للفقرة 5ج32 يشتمل كذلك على وسيلة تحكم في استشعار الفولطية في اتصال مع مفاتيح.

5ج34. جهاز وفقاً للفقرة 5ج27 حيث الخلية الفائقة الأولى تشتمل على ما لا يقل عن تسعة عشر خلية شمسية متصلة كهربائياً بصمام ثنائي مفرد للتفريع.

15 5ج35. جهاز وفقاً للفقرة 5ج34 حيث يتم وضع الصمام الثنائي للتفريع الواحد بالقرب من حافة وحدة أولى.

5ج36. جهاز وفقاً للفقرة 5ج34 حيث يتم وضع الصمام الثنائي للتفريع الواحد في بنية صفائحية.

5ج37. جهاز وفقاً للفقرة 5ج36 حيث تكون الخلية الفائقة مغلفة داخل البنية الصفائحية.

5ج38. جهاز وفقاً للفقرة 5ج34 حيث يتم وضع الصمام الثنائي للتفريع الواحد حول محيط وحدة أولى. 20

39ج5. جهاز وفقاً للفقرة 27ج5 حيث الخلية الفائقة الأولى والخلية الفائقة الثانية تتضمن زوج متصل إلى جهاز إدارة القدرة.

40ج5. جهاز وفقاً للفقرة 27ج5 يشتمل كذلك على جهاز إدارة القدرة مهياً لـ،

استقبال خرج فولتية للخلية الفائقة الأولى؛

5 بناء على الفولتية، تحديد ما إذا كانت الخلية الشمسية للخلية الفائقة الأولى في الميل العكسي؛ و

فصل الخلية الشمسية في الميل العكسي من دائرة وحدة الخلية الفائقة.

1ج6. جهاز يشتمل على:

وحدة شمسية تشتمل على سطح أمامي يتضمن سلسلة متصلة بسلسلة أولى من الخلايا الشمسية

من السيليكون مجموعة في خلية فائقة أولى تشتمل على خلية شمسية أولى من السيليكون لها

10 الأركان المشطوفة ومرتبة بجانب متداخل ومرتبطة على نحو توصيلي بمادة لاصقة إلى خلية

شمسية ثانية من السيليكون.

2ج6. جهاز وفقاً للفقرة 1ج6 حيث الخلية الشمسية الثانية من السيليكون تفتقر إلى الأركان

المشطوفة، كل خلية شمسية من السيليكون للخلية الفائقة الأولى لها إلى حد بعيد نفس مساحة

السطح الأمامي المعرضة للضوء.

15 3ج6. جهاز وفقاً للفقرة 2ج6 حيث :

الخلية الشمسية الأولى من السيليكون والخلية الشمسية الثانية من السيليكون يكون لها نفس الطول؛

و

يكون عرض الخلية الشمسية الأولى من السيليكون أكبر من عرض الخلية الشمسية الثانية من

السيليكون.

20 4ج6. جهاز وفقاً للفقرة 3ج6 حيث ينسخ الطول شكل من الرقاقة الزائفة مربعة الشكل.

5ج6. جهاز وفقاً للفقرة 3ج6 حيث يبلغ الطول 156 مم.

- 6ج6. جهاز وفقاً للفقرة 3ج6 حيث يبلغ الطول 125 مم.
- 7ج6. جهاز وفقاً للفقرة 3ج6 حيث النسبة الباعية بين عرض وطول الخلية الشمسية الأولى تكون بين حوالي 1:2 إلى حوالي 1:20.
- 8ج6. جهاز وفقاً للفقرة 3ج6 حيث الخلية الشمسية الأولى من السيليكون تتداخل مع الخلية الشمسية الثانية من السيليكون فيما بين حوالي 1 مم إلى حوالي 5مم.
- 9ج6. جهاز وفقاً للفقرة 3ج6 حيث الخلية الفائقة الأولى تشتمل على الأقل تسعة عشر خلية شمسية من السيليكون كل لها فلطية انهيار أكبر من حوالي 10 فولط.
- 10ج6. جهاز وفقاً للفقرة 3ج6 حيث يكون للخلية الفائقة الأولى طول في اتجاه تدفق التيار يبلغ على الأقل حوالي 500 مم.
- 10 11ج6. جهاز وفقاً للفقرة 3ج6 حيث :
- يتم توصيل الخلية الفائقة الأولى على التوازي مع خلية فائقة ثانية على السطح الأمامي؛ و السطح الأمامي يشتمل على سطح خلفي أبيض يحدد شرائح معتمة للموقع والعرض المناظرة للفراغات بين الخلية الفائقة الأولى والخلية الفائقة الثانية.
- 12ج6. جهاز وفقاً للفقرة 1ج6 حيث الخلية الشمسية الثانية من السيليكون تتضمن الأركان المشطوفة.
- 15 13ج6. جهاز وفقاً للفقرة 12ج6 حيث للجانب الطويل للخلية الشمسية الأولى من السيليكون تتداخل مع الجانب الطويل للخلية الشمسية الثانية من السيليكون.
- 14ج6. جهاز وفقاً للفقرة 12ج6 حيث للجانب الطويل للخلية الشمسية الأولى من السيليكون تتداخل مع جانب قصير من الخلية الشمسية الثانية من السيليكون.
- 20 15ج6. جهاز وفقاً للفقرة 1ج6 حيث السطح الأمامي يشتمل على:
- صف أول يشتمل على خلية فائقة أولى تتكون من خلايا شمسية ب الأركان المشطوفة؛ و

صف ثانٍ يشتمل على سلسلة ثانية متصلة على التوالي من الخلايا الشمسية من السيليكون مجموعة في خلية فائقة ثانية متصلة على التوازي مع الخلية الفائقة الأولى وتتكون من الخلايا الشمسية تنقر إلى الأركان المشطوفة، ويكون طول الصف الثاني إلى حد بعيد هو نفس طول الصف الأول.

5 16ج6. جهاز وفقاً للفقرة 15ج6 حيث يكون الصف الأول مجاور إلى حافة وحدة ولا يكون الصف الثاني بجوار حافة الوحدة.

17ج6. جهاز وفقاً للفقرة 15ج6 حيث الخلية الفائقة الأولى تشتمل على الأقل تسعة عشر خلية شمسية كل لها فلتية انهيار أكبر من حوالي 10 فولط، ويكون للخلية الفائقة الأولى طول في اتجاه تدفق التيار يبلغ على الأقل حوالي 500 مم.

10 18ج6. جهاز وفقاً للفقرة 15ج6 حيث السطح الأمامي يشتمل على سطح خلفي أبيض يحدد شرائح معتمدة للموقع والعرض المناظرة للفراغات بين الخلية الفائقة الأولى والخلية الفائقة الثانية.

19ج6. جهاز وفقاً للفقرة 1ج6 يشتمل كذلك على نمط معدنة على جانب أمامي للخلية الشمسية الثانية.

20ج6. جهاز وفقاً للفقرة 19ج6 حيث يشتمل نمط المعدنة على جزء مستدق يمتد حول ركن مشطوف.

21ج6. جهاز وفقاً للفقرة 19ج6 حيث يشتمل نمط المعدنة على سمة مرفوعة لتحديد انتشار المادة اللاصقة.

22ج6. جهاز وفقاً للفقرة 19ج6 حيث يشتمل نمط المعدنة على:

مجموعة من حشيات التلامس المتميزة؛

20 أصابع متصلة كهربائياً إلى مجموعة من حشيات التلامس المتميزة؛ و

خط موصل للتوصيل البيني للأصابع.

23ج6. جهاز وفقاً للفقرة 22ج6 حيث يشكل نمط المعدنة مجموعة من حواجز منفصلة لتحديد المادة اللاصقة إلى حشيات التلامس المتميزة.

24ج6. جهاز وفقاً للفقرة 23ج6 حيث مجموعة من حواجز منفصلة تتناكب وتكون أطول من حشيات التلامس المتميزة المناظرة.

5 25ج6. جهاز وفقاً للفقرة 1ج6 يشتمل كذلك على توصيل بيني كهربائي مرن مرتبط على نحو موصل بسطح الخلية الشمسية الأولى وتستوعب التمدد الحراري للخلية الشمسية الأولى في بعدين اثنين.

26ج6. جهاز وفقاً للفقرة 25ج6 حيث جزء أول من التوصيل البيني ينثني حول حافة للخلية الفائقة الأولى حيث يكون جزء التوصيل البيني الثاني المتبقي على جانب خلفي للخلية الفائقة الأولى. 10

27ج6. جهاز وفقاً للفقرة 1ج6 حيث يكون للوحدة شريط موصل علوي على السطح الأمامي مواجه لاتجاه الطاقة الشمسية، يشتمل الجهاز كذلك على:

وحدة أخرى بها خلية فائقة ثانية موضوعة على سطح أمامي، شريط سفلي على الوحدة الأخرى متجه بعيداً عن الطاقة الشمسية، و

15 حيث تتداخل الوحدة الثانية ويتم ربطها بجزء من الوحدة الأولى التي تتضمن الشريط العلوي.

28ج6. جهاز وفقاً للفقرة 27ج6 حيث يتم ربط الوحدة الأخرى بالوحدة بمادة لاصقة.

29ج6. جهاز وفقاً للفقرة 27ج6 يشتمل كذلك على صندوق وصل متداخل بواسطة الوحدة الأخرى.

30ج6. جهاز وفقاً للفقرة 29ج6 حيث يتم ربط الوحدة الأخرى بالوحدة بتجهيزة توافق بين صندوق الوصل وصندوق وصل آخر على الوحدة الأخرى. 20

31ج6. جهاز وفقاً للفقرة 29ج6 حيث صندوق الوصل يحتوي على وحدة طرفية واحدة.

32ج6. جهاز وفقاً للفقرة 27ج6 يشتمل كذلك على مفتاح بين الوحدة والوحدة الأخرى.

33ج6. جهاز وفقاً للفقرة 32ج6 يشتمل كذلك على وسيلة تحكم في استشعار الفولطية في اتصال مع مفتاح.

34ج6. جهاز وفقاً للفقرة 27ج6 حيث الخلية الفائقة الأولى تشتمل على ما لا يقل عن تسعة عشر خلية شمسية متصلة كهربائياً بصمام ثنائي مفرد للتفريع.

5 35ج6. جهاز وفقاً للفقرة 34ج6 حيث يتم وضع الصمام الثنائي للتفريع الواحد بالقرب من حافة وحدة أولى.

36ج6. جهاز وفقاً للفقرة 34ج6 حيث يتم وضع الصمام الثنائي للتفريع الواحد في بنية صفائحية.

37ج6. جهاز وفقاً للفقرة 36ج6 حيث تكون الخلية الفائقة مغلفة داخل البنية الصفائحية.

10 38ج6. جهاز وفقاً للفقرة 34ج6 حيث يتم وضع الصمام الثنائي للتفريع الواحد حول محيط وحدة أولى.

39ج6. جهاز وفقاً للفقرة 27ج6 حيث الخلية الفائقة الأولى والخلية الفائقة الثانية تتضمن زوج متصل إلى جهاز إدارة القدرة.

40ج6. جهاز وفقاً للفقرة 27ج6 يشتمل كذلك على جهاز إدارة القدرة مهياً لـ،

استقبال خرج فولطية للخلية الفائقة الأولى؛

15 بناء على الفولطية، تحديد ما إذا كانت الخلية الشمسية للخلية الفائقة الأولى في الميل العكسي؛ و

فصل الخلية الشمسية في الميل العكسي من دائرة وحدة الخلية الفائقة.

1ج7. جهاز يشتمل على:

وحدة شمسية تشتمل على سطح أمامي يتضمن سلسلة أولى متصلة على التوالي من على الأقل

تسعة عشر خلية شمسية كل لها فلطية انهيار أكبر من حوالي 10 فولط، ومجموعة في الخلية

20 الفائقة تشتمل على خلية شمسية أولى من السيليكون مرتبة مع الطرف المتداخل ومرتبطة على نحو

توصيلي بمادة لاصقة إلى خلية شمسية ثانية من السيليكون؛ و

- توصيل بيني مرتبط على نحو موصل بسطح الخلية الشمسية .
- 7ج2. جهاز وفقاً للفقرة 1ج7 حيث سطح الخلية الشمسية يشتمل على سطح خلفي من الخلية الشمسية الأولى من السيليكون.
- 7ج3. جهاز وفقاً للفقرة 2ج7 يشتمل كذلك على موصل شريطي توصيل كهربائياً الخلية الفائقة 5 إلى مكون كهربائي.
- 7ج4. جهاز وفقاً للفقرة 3ج7 حيث الموصل الشريطي وتكون مرتبطة على نحو موصل بسطح الخلية الشمسية بعيداً عن طرف التداخل .
- 7ج5. جهاز وفقاً للفقرة 4ج7 حيث المكون الكهربائي يكون على سطح خلفي لوحدة شمسية .
- 7ج6. جهاز وفقاً للفقرة 4ج7 حيث المكون الكهربائي يشتمل على صندوق وصل.
- 7ج7. جهاز وفقاً للفقرة 6ج7 حيث صندوق الوصل يكون في تعشيق توافق مع صندوق وصل 10 آخر على وحدة مختلفة متداخل بواسطة الوحدة.
- 7ج8. جهاز وفقاً للفقرة 4ج7 حيث المكون الكهربائي يشتمل على صمام ثنائي للتفريغ.
- 7ج9. جهاز وفقاً للفقرة 4ج7 حيث المكون الكهربائي يشتمل على طرف وحدة.
- 7ج10. جهاز وفقاً للفقرة 4ج7 حيث المكون الكهربائي يشتمل على محول.
- 7ج11. جهاز وفقاً للفقرة 10ج7 حيث يشتمل المحول على محول دقيق DC/AC . 15
- 7ج12. جهاز وفقاً للفقرة 11ج7 حيث محول دقيق DC/AC على سطح خلفي لوحدة شمسية .
- 7ج13. جهاز وفقاً للفقرة 4ج7 حيث المكون الكهربائي يشتمل على جهاز إدارة قدرة.
- 7ج14. جهاز وفقاً للفقرة 13ج7 حيث جهاز إدارة القدرة تشتمل على مفتاح.
- 7ج15. جهاز وفقاً للفقرة 14ج7 يشتمل كذلك على وسيلة تحكم في استشعار الفولطية في اتصال 20 مع مفتاح.

- 16ج7. جهاز وفقاً للفقرة 13ج7 حيث يكون جهاز إدارة القدرة مهياً لـ،
استقبال خرج فولطية للخلية الفائقة؛
- بناء على الفولطية، تحديد ما إذا كانت الخلية الشمسية للخلية الفائقة في الميل العكسي؛ و
فصل للخلية الشمسية في الميل العكسي من دائرة وحدة الخلية الفائقة .
- 5 17ج7. جهاز وفقاً للفقرة 16ج7 حيث يكون جهاز إدارة القدرة في اتصال كهربائي مع محول مركزي.
- 18ج7. جهاز وفقاً للفقرة 13ج7 حيث جهاز إدارة القدرة تشتمل على محسن قدرة وحدة DC/AC.
- 19ج7. جهاز وفقاً للفقرة 3ج7 حيث التوصيل البيني يكون محصور بين الخلية الفائقة وخلية فائقة أخرى على السطح الأمامي.
- 10 20ج7. جهاز وفقاً للفقرة 3ج7 حيث الموصل الشريطي وتكون مرتبطة على نحو موصل ب التوصيل البيني.
- 21ج7. جهاز وفقاً للفقرة 3ج7 حيث التوصيل البيني يوفر مقاومة لتدفق التيار يبلغ أقل من أو يساوي حوالي 0.012 أوم.
- 22ج7. جهاز وفقاً للفقرة 3ج7 حيث يكون التوصيل البيني مهياً لاستيعاب التمدد التفاضلي بين الخلية الشمسية الأولى من السيليكون والتوصيل البيني لمدى درجة حرارة يتراوح من بين حوالي - 40 °م إلى حوالي 85 °م.
- 15 23ج7. جهاز وفقاً للفقرة 3ج7 حيث يكون سمك التوصيل البيني أقل من أو يساوي حوالي 100 ميكرون.
- 24ج7. جهاز وفقاً للفقرة 3ج7 حيث يكون سمك التوصيل البيني أقل من أو يساوي حوالي 30 ميكرون.
- 20

- 25ج7. جهاز وفقاً للفقرة 3ج7 حيث يكون للخلية الفائقة طول في اتجاه تدفق التيار يبلغ على الأقل حوالي 500 مم.
- 26ج7. جهاز وفقاً للفقرة 3ج7 يشتمل كذلك على خلية فائقة أخرى على سطح أمامي للوحدة .
- 27ج7. جهاز وفقاً للفقرة 26ج7 حيث التوصيل البيني يوصل الخلية الفائقة الأخرى على التوالي مع الخلية الفائقة. 5
- 28ج7. جهاز وفقاً للفقرة 26ج7 حيث التوصيل البيني يوصل الخلية الفائقة الأخرى على التوازي مع الخلية الفائقة.
- 29ج7. جهاز وفقاً للفقرة 26ج7 حيث السطح الأمامي يشتمل على سطح خلفي أبيض يحدد شرائح معتمدة للموقع والعرض المناظرة للفراغات بين الخلية الفائقة والخلية الفائقة الأخرى.
- 30ج7. جهاز وفقاً للفقرة 3ج7 حيث التوصيل البيني يشتمل على نمط. 10
- 31ج7. جهاز وفقاً للفقرة 30ج7 حيث يشتمل النمط على شقوق، شقوق مائلة، و/ أو ثقوب.
- 32ج7. جهاز وفقاً للفقرة 3ج7 حيث يكون جزء من التوصيل البيني مظلماً.
- 33ج7. جهاز وفقاً للفقرة 3ج7 حيث :
- الخلية الشمسية الأولى من السيليكون تتضمن الأركان المشطوفة؛
- 15 الخلية الشمسية الثانية من السيليكون تفتقر إلى الأركان المشطوفة؛ و
- كل خلية شمسية من السيليكون للخلية الفائقة يكون لها إلى حد بعيد نفس مساحة السطح الأمامي المعرضة للضوء.
- 34ج7. جهاز وفقاً للفقرة 3ج7 حيث :
- الخلية الشمسية الأولى من السيليكون تتضمن الأركان المشطوفة؛
- 20 الخلية الشمسية الثانية من السيليكون تتضمن الأركان المشطوفة؛ و

يشتمل الجانب على جانب طويل تداخل للجانب الطويل للخلية الشمسية الثانية من السيليكون.

35ج7. جهاز وفقاً للفقرة 3ج7 حيث التوصيل البيني يشكل كبل نقل.

36ج7. جهاز وفقاً للفقرة 3ج7 حيث التوصيل البيني وتكون مرتبطة على نحو موصل بسطح الخلية الشمسية عند وصلة مثبتة بغراء.

5 37ج7. جهاز وفقاً للفقرة 3ج7 حيث جزء أول من التوصيل البيني ينتهي حول حافة للخلية الفائقة حيث يقع الجزء الثاني المتبقي على جانب خلفي للخلية الفائقة.

38ج7. جهاز وفقاً للفقرة 3ج7 يشتمل كذلك على نمط معدنة على السطح الأمامي وتشتمل على خط يمتد بطول جانب طويل، يشتمل الجهاز كذلك على عند مجموعة من حشيات التلامس المتميزة موجود بين الخط والجانب الطويل.

10 39ج7. جهاز وفقاً للفقرة 38ج7 حيث:

تشتمل المعدنة علاوة على ذلك على أصابع متصلة كهربائياً بحشيات التلامس المتميزة المناظرة وتمتد عمودياً على الجانب الطويل؛ و توصيلات بينية للخط الموصل للأصابع.

40ج7. جهاز وفقاً للفقرة 38ج7 حيث يشتمل نمط المعدنة على سمة مرفوعة لتحديد انتشار المادة اللاصقة.

15

1ج8. جهاز يشتمل على:

مجموعة من الخلايا الفائقة مرتبة في صفوف على وحدة شمسية سطح أمامي، كل خلية فائقة تشتمل على الأقل تسعة عشر خلية شمسية من السيليكون لها فلطية انهيار يبلغ على الأقل 10 فولط مرتبة على نفس الخط مع الأجزاء الطرفية من الخلايا الشمسية المجاورة من السيليكون المتداخلة ومرتبطة على نحو توصيلي لتوصيل الخلايا الشمسية كهربائياً من السيليكون على التوالي؛

20

حيث طرف خلية فائقة أولى مجاور إلى حافة وحدة في صف أول يكون متصلاً كهربائياً إلى طرف لخلية فائقة ثانية بجوار حافة الوحدة في صف ثانٍ عن طريق التوصيل البيني الكهربائي المرن مرتبطة إلى السطح الأمامي للخلية الفائقة الأولى.

ج8ج2. جهاز وفقاً للفقرة 1ج8 حيث جزء من التوصيل البيني الكهربائي المرن يكون مغطى بغشاء معتم. 5

ج8ج3. جهاز وفقاً للفقرة 2ج8 حيث يشتمل السطح الأمامي للوحدة الشمسية على رقاقة سطح خلفي تظهر تباين مرئي منخفض مع التوصيل البيني الكهربائي المرن.

ج8ج4. جهاز وفقاً للفقرة 1ج8 حيث يكون جزء من التوصيل البيني الكهربائي المرن ملوناً.

ج8ج5. جهاز وفقاً للفقرة 4ج8 حيث يشتمل السطح الأمامي للوحدة الشمسية على رقاقة سطح خلفي تظهر تباين مرئي منخفض مع التوصيل البيني الكهربائي المرن. 10

ج8ج6. جهاز وفقاً للفقرة 1ج8 حيث يشتمل السطح الأمامي للوحدة الشمسية على رقاقة سطح خلفي بيضاء.

ج8ج7. جهاز وفقاً للفقرة 6ج8 يشتمل كذلك على شرائح معتمة المناظرة للفراغات بين الصفوف.

ج8ج8. جهاز وفقاً للفقرة 6ج8 حيث تتجه الطبقة شبه الموصلة من نوع n للخلية الشمسية من السيليكون نحو رقاقة السطح الخلفي. 15

ج8ج9. جهاز وفقاً للفقرة 1ج8 حيث:

يشتمل السطح الأمامي للوحدة الشمسية على رقاقة سطح خلفي؛ و

تتضمن رقاقة السطح الخلفي، التوصيل البيني الكهربائي المرن، الخلية الفائقة الأولى، والمغلف بنية صفائحية.

ج8ج10. جهاز وفقاً للفقرة 9ج8 حيث يشتمل المغلف على بوليمر حراري التلدن. 20

- 11ج8. جهاز وفقاً للفقرة 10ج8 حيث البوليمر حراري التلدن يشتمل على بوليمر أولفين لدن حرارياً.
- 12ج8. جهاز وفقاً للفقرة 9ج8 يشتمل كذلك على رقاقة زجاج أمامية.
- 13ج8. جهاز وفقاً للفقرة 12ج8 حيث رقاقة السطح الخلفي تشتمل على زجاج.
- 5 14ج8. جهاز وفقاً للفقرة 1ج8 حيث التوصيل البيني الكهربائي المرن يكون مرتبط عند مجموعة من المواقع المنفصلة.
- 15ج8. جهاز وفقاً للفقرة 1ج8 حيث التوصيل البيني الكهربائي المرن يكون مرتبط بمادة ربط لاصقة موصلة كهربائياً.
- 16ج8. جهاز وفقاً للفقرة 1ج8 يشتمل كذلك على وصلة مثبتة بغراء.
- 10 17ج8. جهاز وفقاً للفقرة 1ج8 حيث التوصيل البيني الكهربائي المرن تسير على نحو مواز لحافة الوحدة.
- 18ج8. جهاز وفقاً للفقرة 1ج8 حيث ينتهي جزء من التوصيل البيني الكهربائي المرن حول الخلية الفائقة الأولى وغير ظاهر.
- 15 19ج8. جهاز وفقاً للفقرة 1ج8 يشتمل كذلك على موصل شريطي توصيل كهربائياً الخلية الفائقة الأولى إلى مكون كهربائي.
- 20ج8. جهاز وفقاً للفقرة 19ج8 حيث الموصل الشريطي وتكون مرتبطة على نحو موصل بالتوصيل البيني الكهربائي المرن.
- 21ج8. جهاز وفقاً للفقرة 19ج8 حيث الموصل الشريطي وتكون مرتبطة على نحو موصل بسطح الخلية الشمسية بعيداً عن طرف التداخل.
- 20 22ج8. جهاز وفقاً للفقرة 19ج8 حيث المكون الكهربائي يكون على سطح خلفي لوحدة شمسية .
- 23ج8. جهاز وفقاً للفقرة 19ج8 حيث المكون الكهربائي يشتمل على صندوق وصل.

24ج8. جهاز وفقاً للفقرة 23ج8 حيث صندوق الوصل يكون في تعشيق توافق مع صندوق وصل آخر على سطح أمامي آخر لوحدة شمسية.

25ج8. جهاز وفقاً للفقرة 23ج8 حيث صندوق الوصل يشتمل على صندوق وصل بطرف واحد.

26ج8. جهاز وفقاً للفقرة 19ج8 حيث المكون الكهربائي يشتمل على صمام ثنائي للتفريغ.

27ج8. جهاز وفقاً للفقرة 19ج8 حيث المكون الكهربائي يشتمل على مفتاح. 5

28ج8. جهاز وفقاً للفقرة 27ج8 يشتمل كذلك على وسيلة تحكم في استشعار الفولطية مهياً لـ،

استقبال خرج فولطية للخلية الفائقة الأولى؛

بناء على الفولطية، تحديد ما إذا كانت الخلية الشمسية للخلية الفائقة الأولى في الميل العكسي؛ و

الاتصال مع مفتاح لفصل الخلية الشمسية في الميل العكسي من دائرة وحدة الخلية الفائقة.

29ج8. جهاز وفقاً للفقرة 1ج8 حيث تكون الخلية الفائقة الأولى متصلة على التوالي مع خلية فائقة ثانية. 10

30ج8. جهاز وفقاً للفقرة 1ج8 حيث :

خلية شمسية أولى من السيليكون للخلية الفائقة الأولى تتضمن الأركان المشطوفة؛

خلية شمسية ثانية من السيليكون للخلية الفائقة الأولى تفتقر إلى الأركان المشطوفة؛ و

15 يكون لكل خلية شمسية من السيليكون للخلية الفائقة الأولى إلى حد بعيد نفس مساحة السطح الأمامي المعرضة للضوء.

31ج8. جهاز وفقاً للفقرة 1ج8 حيث :

خلية شمسية أولى من السيليكون للخلية الفائقة الأولى تتضمن الأركان المشطوفة؛

خلية شمسية ثانية من السيليكون للخلية الفائقة الأولى تتضمن الأركان المشطوفة؛ و

للجانب الطويل للخلية الشمسية الأولى من السيليكون تتداخل مع الجانب الطويل للخلية الشمسية الثانية من السيليكون.

32ج8. جهاز وفقاً للفقرة 1ج8 حيث خلية شمسية من السيليكون للخلية الفائقة الأولى تشتمل على شريحة بها طول تتراوح من حوالي 156 مم.

5 33ج8. جهاز وفقاً للفقرة 1ج8 حيث خلية شمسية من السيليكون للخلية الفائقة الأولى تشتمل على شريحة بها طول تتراوح من حوالي 125 مم.

34ج8. جهاز وفقاً للفقرة 1ج8 حيث خلية شمسية من السيليكون للخلية الفائقة الأولى تشتمل على شريحة بها النسبة الباعية بين عرض وطول بين حوالي 1:2 إلى حوالي 1:20.

35ج8. جهاز وفقاً للفقرة 1ج8 حيث الخلايا الشمسية المتداخلة المجاورة من السيليكون للخلية الفائقة الأولى تكون مرتبطة على نحو موصل بمادة لاصقة، يشتمل الجهاز كذلك على سمة مهيأة لتحديد انتشار المادة اللاصقة.

10

36ج8. جهاز وفقاً للفقرة 35ج8 حيث السمة تشتمل على خندق.

37ج8. جهاز وفقاً للفقرة 36ج8 حيث يتم تشكيل الخندق بنمط معدنة.

38ج8. جهاز وفقاً للفقرة 37ج8 حيث يشتمل نمط المعدنة على خط يمتد بطول الجانب الطويل للخلية الشمسية من السيليكون، يشتمل الجهاز كذلك على مجموعة من حشيات التلامس المتميزة موجود بين الخط والجانب الطويل.

15

39ج8. جهاز وفقاً للفقرة 37ج8 حيث يقع نمط المعدنة على أمام خلية شمسية من السيليكون للخلية الفائقة الأولى.

40ج8. جهاز وفقاً للفقرة 37ج8 حيث يقع نمط المعدنة على سطح خلفي من خلية شمسية من السيليكون للخلية الفائقة الثانية.

20

1ج9. جهاز يشتمل على:

وحدة شمسية تشتمل على سطح أمامي يتضمن خلايا شمسية متصلة على التوالي من السيليكون مجموعة في خلية فائقة أولى تشتمل على شريحة مقطوعة أولى لها نمط معدنة لجانب أمامي بطول حافة خارجية أولى متداخل بواسطة شريحة مقطوعة ثانية.

2ج9. جهاز وفقاً للفقرة 1ج9 حيث شريحة القطع الأولى وشريحة القطع الثانية لها طول ينسخ طول الرقاقة التي يتم تقسيم شريحة القطع الأولى منها.

3ج9. جهاز وفقاً للفقرة 2ج9 حيث يبلغ الطول 156 مم.

4ج9. جهاز وفقاً للفقرة 2ج9 حيث يبلغ الطول 125 مم.

5ج9. جهاز وفقاً للفقرة 2ج9 حيث النسبة الباعية بين عرض شريحة القطع الأولى ويكون الطول بين حوالي 1:2 إلى حوالي 1:20.

6ج9. جهاز وفقاً للفقرة 2ج9 حيث شريحة القطع الأولى تتضمن ركن أول مشطوف.

7ج9. جهاز وفقاً للفقرة 6ج9 حيث يكون الركن الأول المشطوف بطول الحافة الخارجية الأولى.

8ج9. جهاز وفقاً للفقرة 6ج9 حيث لا يكون الركن الأول المشطوف بطول الحافة الخارجية الأولى.

9ج9. جهاز وفقاً للفقرة 6ج9 حيث شريحة القطع الثانية تتضمن ركن ثاني مشطوف.

10ج9. جهاز وفقاً للفقرة 9ج9 حيث تداخل حافة شريحة القطع الثانية يتضمن الركن الثاني المشطوف.

11ج9. جهاز وفقاً للفقرة 9ج9 حيث لا يتضمن تداخل حافة شريحة القطع الثانية الركن الثاني المشطوف.

12ج9. جهاز وفقاً للفقرة 6ج9 حيث ينسخ الطول شكل من الرقاقة الزائفة مربعة الشكل التي يتم تقسيم شريحة القطع الأولى منها.

13ج9. جهاز وفقاً للفقرة 6ج9 حيث يكون عرض شريحة القطع الأولى مختلفاً عن عرض شريحة القطع الثانية حيث شريحة القطع الأولى وشريحة القطع الثانية يكون لها تقريباً نفس مساحة الشريحة.

14ج9. جهاز وفقاً للفقرة 1ج9 حيث شريحة القطع الثانية تتداخل مع شريحة القطع الأولى فيما بين حوالي 1-5 مم. 5

15ج9. جهاز وفقاً للفقرة 1ج9 حيث يشتمل نمط معدنة الجانب الأمامي على قضيب توصيل.

16ج9. جهاز وفقاً للفقرة 15ج9 حيث يتضمن قضيب التوصيل جزء مستدق.

17ج9. جهاز وفقاً للفقرة 1ج9 حيث يشتمل نمط معدنة الجانب الأمامي على حشية تلامس مميزة.

18ج9. جهاز وفقاً للفقرة 17ج9 حيث : 10

شريحة مقطوعة ثانية يتم ربطها بشريحة القطع الأولى بمادة لاصقة؛ و

تشتمل حشية التلامس المميزة علاوة على ذلك على سمة لتحديد انتشار مادة لاصقة.

19ج9. جهاز وفقاً للفقرة 18ج9 حيث السمة تشتمل على خندق.

20ج9. جهاز وفقاً للفقرة 1ج9 حيث يشتمل نمط معدنة الجانب الأمامي على صمام ثنائي للتفريع. 15

21ج9. جهاز وفقاً للفقرة 1ج9 حيث يشتمل نمط معدنة الجانب الأمامي على أصبع.

22ج9. جهاز وفقاً للفقرة 1ج9 حيث شريحة القطع الأولى تشتمل علاوة على ذلك على نمط معدنة للجانب الخلفي بطول حافة خارجية ثانية مقابل الحافة الخارجية الأولى.

23ج9. جهاز وفقاً للفقرة 22ج9 حيث يشتمل نمط معدنة الجانب الخلفي على حشية تلامس.

24ج9. جهاز وفقاً للفقرة 22ج9 حيث يشتمل نمط معدنة الجانب الخلفي على قضيب توصيل. 20

- 25ج9. جهاز وفقاً للفقرة 1ج9 حيث الخلية الفائقة تشتمل على الأقل على تسعة عشر شريحة سيليكون مقطوعة كل لها فلطية انهيار أكبر من حوالي 10 فولط.
- 26ج9. جهاز وفقاً للفقرة 1ج9 حيث يتم توصيل الخلية الفائقة مع خلية فائقة أخرى على سطح أمامي للوحدة .
- 5 27ج9. جهاز وفقاً للفقرة 26ج9 حيث الوحدة سطح أمامي تشتمل على سطح خلفي أبيض يحدد شرائح معتمدة المناظرة للفراغات بين الخلية الفائقة والخلية الفائقة الأخرى.
- 28ج9. جهاز وفقاً للفقرة 26ج9 حيث :
- يشتمل السطح الأمامي للوحدة الشمسية على رقاقة سطح خلفي؛ و رقاقة السطح الخلفي ، التوصيل البيني، الخلية الفائقة، ومغلف تشتمل على بنية صفائحية.
- 10 29ج9. جهاز وفقاً للفقرة 28ج9 حيث يشتمل المغلف على بوليمر حراري التلدن.
- 30ج9. جهاز وفقاً للفقرة 29ج9 حيث البوليمر حراري التلدن تشتمل على بوليمر أولفين لدن حرارياً.
- 31ج9. جهاز وفقاً للفقرة 26ج9 يشتمل كذلك على توصيل بيني بين الخلية الفائقة والخلية الفائقة الأخرى.
- 15 32ج9. جهاز وفقاً للفقرة 31ج9 حيث تتم تغطية جزء من التوصيل البيني بغشاء معتم.
- 33ج9. جهاز وفقاً للفقرة 31ج9 حيث يكون جزء من التوصيل البيني ملون.
- 34ج9. جهاز وفقاً للفقرة 31ج9 يشتمل كذلك على موصل شريطي توصيل كهربائياً الخلية الفائقة إلى مكون كهربائي.
- 35ج9. جهاز وفقاً للفقرة 34ج9 حيث يكون الموصل الشريطي مرتبط على نحو موصل بجانب خلفي من شريحة القطع الأولى.
- 20 36ج9. جهاز وفقاً للفقرة 34ج9 حيث المكون الكهربائي يشتمل على صمام ثنائي للتفريع.

- 37ج9. جهاز وفقاً للفقرة 34ج9 حيث المكون الكهربائي يشتمل على مفتاح.
- 38ج9. جهاز وفقاً للفقرة 34ج9 حيث المكون الكهربائي يشتمل على صندوق وصل.
- 39ج9. جهاز وفقاً للفقرة 38ج9 حيث صندوق الوصل يتداخل مع ويكون في تجهيزة توافق مع صندوق توصيل آخر .
- 5 40ج9. جهاز وفقاً للفقرة 26ج9 حيث الخلية الفائقة والخلية الفائقة الأخرى تكون متصلة على التوالي.
- 1ج10. طريقة تشتمل على:
- النسخ بالليزر لخط نسخ على رقاقة سيليكون لتحديد منطقة الخلية الشمسية ؛
- وضع مادة ربط لاصقة موصلة كهربائياً على سطح علوي من رقاقة السيليكون المخدوشة مجاور
- 10 إلى الجانب الطويل لمنطقة الخلية الشمسية؛ و
- فصل رقاقة سيليكون بطول خط النسخ لتوفير شريحة الخلية الشمسية تشتمل على جزء من مادة
- ربط لاصقة موصلة كهربائياً موضوعة مجاورة إلى الجانب الطويل لشريحة الخلية الشمسية.
- 2ج10. طريقة وفقاً للفقرة 1ج10 يشتمل كذلك على تزويد رقاقة السيليكون بنمط معدنة، حيث
- يحدث الفصل شريحة الخلية الشمسية ذات نمط معدنة بطول الجانب الطويل.
- 15 3ج10. طريقة وفقاً للفقرة 2ج10 حيث يشتمل نمط المعدنة على قضيب توصيل أو حشية تلامس مميزة.
- 4ج10. طريقة وفقاً للفقرة 2ج10 حيث يشتمل التزويد على طباعة نمط معدنة.
- 5ج10. طريقة وفقاً للفقرة 2ج10 حيث يشتمل التزويد على استشراد كهربائي لنمط معدنة.
- 6ج10. طريقة وفقاً للفقرة 2ج10 حيث يشتمل نمط المعدنة على سمة مهياة لتحديد انتشار مادة
- 20 الربط اللاصقة الموصلة كهربائياً.
- 7ج10. جهاز وفقاً للفقرة 6ج10 حيث السمة تشتمل على خندق.

- 8ج10. طريقة وفقاً للفقرة 1ج10 حيث يشتمل الوضع على الطباعة.
- 9ج10. طريقة وفقاً للفقرة 1ج10 حيث يشتمل الوضع على ترسيب باستخدام قناع.
- 10ج10. طريقة وفقاً للفقرة 1ج10 حيث طول الجانب الطويل لشريحة الخلية الشمسية ينسخ شكل الرقاقة.
- 5 11ج10. طريقة وفقاً للفقرة 10ج10 حيث يبلغ الطول 156 مم أو 125 مم.
- 12ج10. طريقة وفقاً للفقرة 10ج10 حيث النسبة الباعية بين عرض شريحة الخلية الشمسية ويكون الطول بين حوالي 1:2 إلى حوالي 1:20.
- 13ج10. طريقة وفقاً للفقرة 1ج10 حيث يشتمل الفصل على:
- 10 تسليط ضغط خوائي بين سطح سفلي من الرقاقة وسطح دعم مقوس لثني منطقة الخلية الشمسية مقابل سطح الدعم المقوس ومن ثم شق رقاقة السيليكون بطول خط النسخ.
- 14ج10. طريقة وفقاً للفقرة 1ج10 يشتمل كذلك على:
- ترتيب مجموعة من شرائح الخلية الشمسية بما يتماشى مع جوانب طويلة من تداخل شرائح الخلية الشمسية المجاورة وجزء من مادة الربط اللاصقة الموصلة كهربائياً موضوعة فيما بين؛ و
- إنضاج المادة الرابطة الموصلة كهربائياً، من ثم الربط بجوار تداخل شرائح الخلية الشمسية ببعضها البعض وتوصيلها كهربائياً على التوالي.
- 15 15ج10. طريقة وفقاً للفقرة 14ج10 حيث يشتمل الإنضاج على تسليط الحرارة.
- 16ج10. طريقة وفقاً للفقرة 14ج10 حيث يشتمل الإنضاج على تسليط الضغط.
- 17ج10. طريقة وفقاً للفقرة 14ج10 حيث يشتمل الترتيب على تكوين بنية ذات طبقات.
- 18ج10. طريقة وفقاً للفقرة 17ج10 حيث يشتمل الإنضاج على تسليط الحرارة والضغط على البنية ذات الطبقات.
- 20 19ج10. طريقة وفقاً للفقرة 17ج10 حيث البنية ذات الطبقات تشتمل على مغلف.

- 20ج10. طريقة وفقاً للفقرة 19ج10 حيث يشتمل المغلف على بوليمر حراري التلدن.
- 21ج10. طريقة وفقاً للفقرة 20ج10 حيث البوليمر حراري التلدن تشتمل على بوليمر أولفين لدن حرارياً.
- 22ج10. طريقة وفقاً للفقرة 17ج10 حيث البنية ذات الطبقات تشتمل على رقاقة سطح خلفي.
- 5 23ج10. طريقة وفقاً للفقرة 22ج10 حيث :
- تكون الرقاقة الخلفية بيضاء؛ و
- البنية ذات الطبقات تشتمل علاوة على ذلك على شرائح معتمدة.
- 24ج10. طريقة وفقاً للفقرة 14ج10 حيث يشتمل الترتيب على ترتيب على الأقل تسعة عشر شرائح الخلية الشمسية على نفس الخط.
- 10 25ج10. طريقة وفقاً للفقرة 24ج10 حيث كل من على الأقل تسعة عشر شرائح الخلية الشمسية يكون لها فلتية انهيار تبلغ على الأقل 10 فولط.
- 26ج10. طريقة وفقاً للفقرة 24ج10 يشتمل كذلك على وضع على الأقل تسعة عشر شرائح للخلية الشمسية في اتصال مع صمام ثنائي واحد فقط للتفريع.
- 15 27ج10. طريقة وفقاً للفقرة 26ج10 يشتمل كذلك على تكوين موصل شريطي بين واحد من على الأقل تسعة عشر شرائح الخلية الشمسية والصمام الثنائي للتفريع الواحد .
- 28ج10. طريقة وفقاً للفقرة 27ج10 حيث يقع الصمام الثنائي للتفريع الواحد في صندوق وصل.
- 29ج10. طريقة وفقاً للفقرة 28ج10 حيث صندوق الوصل تكون على جانب خلفي لوحدة شمسية، في تجهيزة توافق مع صندوق توصيل آخر لوحدة شمسية مختلفة.
- 30ج10. طريقة وفقاً للفقرة 14ج10 حيث تداخل شريحة الخلية من مجموعة من شرائح الخلية الشمسية ، تتداخل مع شريحة الخلية الشمسية فيما بين حوالي 1-5 مم.
- 20 31ج10. طريقة وفقاً للفقرة 14ج10 حيث شريحة الخلية الشمسية تتضمن ركن أول مشطوف.

- 32ج10. طريقة وفقاً للفقرة 31ج10 حيث يكون للجانب الطويل لتداخل خلية الشمسية شريحة من مجموعة من شرائح الخلية الشمسية، لا يتضمن ركن ثاني مشطوف.
- 33ج10. طريقة وفقاً للفقرة 32ج10 حيث يكون عرض شريحة الخلية الشمسية أكبر من عرض تداخل شريحة الخلية الشمسية ، حيث شريحة الخلية الشمسية وتداخل شريحة الخلية الشمسية يكون لها تقريباً نفس مساحة الشريحة. 5
- 34ج10. طريقة وفقاً للفقرة 31ج10 حيث يتضمن الجانب الطويل لتداخل لشريحة خلية الشمسية لمجموعة من شرائح الخلية الشمسية ركن ثاني مشطوف.
- 35ج10. طريقة وفقاً للفقرة 34ج10 حيث الجانب الطويل لتداخل شريحة الخلية الشمسية لمجموعة من شرائح الخلية الشمسية، يتداخل مع الجانب الطويل لشريحة الخلية يتضمن الركن الأول المشطوف. 10
- 36ج10. طريقة وفقاً للفقرة 34ج10 حيث الجانب الطويل لتداخل شريحة الخلية الشمسية لمجموعة من شرائح الخلية الشمسية، يتداخل مع الجانب الطويل لشريحة الخلية لا يتضمن الركن الأول المشطوف.
- 37ج10. طريقة وفقاً للفقرة 14ج10 تشتمل كذلك على توصيل مجموعة من شرائح الخلية الشمسية مع مجموعة أخرى من شرائح الخلية الشمسية باستخدام توصيل بيني. 15
- 38ج10. طريقة وفقاً للفقرة 37ج10 حيث تتم تغطية جزء من التوصيل البيني بغشاء معتم.
- 39ج10. طريقة وفقاً للفقرة 37ج10 حيث يكون جزء من التوصيل البيني ملون.
- 40ج10. طريقة وفقاً للفقرة 37ج10 حيث تكون مجموعة من شرائح الخلية الشمسية متصلة على التوالي مع مجموعة أخرى من شرائح الخلية الشمسية.
- 11ج1. طريقة تشتمل على: 20
- توفير رقاقة سيليكون لها طول؛
- نسخ خط نسخ على رقاقة السيليكون لتحديد منطقة الخلية الشمسية؛

- وضع مادة ربط لاصقة موصلة كهربائياً إلى سطح رقاقة السيليكون؛ و
- فصل رقاقة سيليكون بطول خط النسخ لتوفير شريحة الخلية الشمسية تشتمل على جزء من مادة ربط لاصقة موصلة كهربائياً موضوعة مجاورة إلى الجانب الطويل لشريحة الخلية الشمسية.
- 2ج11. طريقة وفقاً للفقرة 1ج11 حيث يشتمل النسخ على النسخ بالليزر.
- 5 3ج11. طريقة وفقاً للفقرة 2ج11 تشتمل على النسخ بالليزر خط النسخ، ووبعد ذلك وضع مادة الربط اللاصقة الموصلة كهربائياً.
- 4ج11. طريقة وفقاً للفقرة 2ج11 تشتمل على وضع مادة الربط اللاصقة الموصلة كهربائياً على الرقاقة، وبعد ذلك النسخ بالليزر خط النسخ.
- 5ج11. طريقة وفقاً للفقرة 4ج11 حيث :
- 10 يشتمل الوضع على وضع مادة ربط غير منضجة لاصقة موصلة كهربائياً؛ و
- النسخ بالليزر يشتمل على تجنب إنضاج مادة لاصقة رابطة موصلة غير ناضجة بحرارة الليزر.
- 6ج11. طريقة وفقاً للفقرة 5ج11 حيث يشتمل التجنب على انتقاء قوة الليزر و/ أو المسافة بين خط النسخ ومادة لاصقة رابطة موصلة غير ناضجة.
- 7ج11. طريقة وفقاً للفقرة 1ج11 حيث يشتمل الوضع على الطباعة.
- 15 8ج11. طريقة وفقاً للفقرة 1ج11 حيث يشتمل الوضع على ترسيب باستخدام قناع.
- 9ج11. طريقة وفقاً للفقرة 1ج11 حيث خط النسخ ومادة الربط اللاصقة الموصلة كهربائياً تكون على السطح.
- 10ج11. طريقة وفقاً للفقرة 1ج11 حيث يشتمل الفصل على:
- تسليط ضغط خوائي بين سطح الرقاقة وسطح دعم مقوس لثني منطقة الخلية الشمسية مقابل سطح الدعم المقوس ومن ثم شق رقاقة السيليكون بطول خط النسخ.
- 20

11ج11. طريقة وفقاً للفقرة 10ج11 حيث يشتمل الفصل على ترتيب خط النسخ بزاوية نسبة إلى مشعب فراغي.

11ج12. طريقة وفقاً للفقرة 1ج11 حيث يشتمل الفصل على استخدام اسطوانة لتسليط الضغط على الرقاقة.

5 11ج13. طريقة وفقاً للفقرة 1ج11 حيث يشتمل التزويد على تزويد رقاقة السيليكون بنمط معدنة، حيث يحدث الفصل شريحة الخلية الشمسية ذات نمط معدنة بطول الجانب الطويل.

11ج14. طريقة وفقاً للفقرة 13ج11 حيث يشتمل نمط المعدنة على قضيب توصيل أو حشية تلامس مميزة.

11ج15. طريقة وفقاً للفقرة 13ج11 حيث يشتمل التزويد على طباعة نمط معدنة.

10 11ج16. طريقة وفقاً للفقرة 13ج11 حيث يشتمل التزويد على استشراد كهربائي نمط معدنة.

11ج17. طريقة وفقاً للفقرة 13ج11 حيث يشتمل نمط المعدنة على سمة مهياة لتحديد انتشار مادة الربط اللاصقة الموصلة كهربائياً.

11ج18. طريقة وفقاً للفقرة 1ج11 حيث طول الجانب الطويل لشريحة الخلية الشمسية ينسخ شكل الرقاقة.

15 11ج19. طريقة وفقاً للفقرة 18ج11 حيث يبلغ الطول 156 مم أو 125 مم.

11ج20. طريقة وفقاً للفقرة 18ج11 حيث النسبة الباعية بين عرض شريحة الخلية الشمسية ويكون الطول بين حوالي 1:2 إلى حوالي 1:20.

11ج21. طريقة وفقاً للفقرة 1ج11 يشتمل كذلك على :

ترتيب مجموعة من شرائح الخلية الشمسية بما يتماشى مع جوانب طويلة من تداخل شرائح الخلية الشمسية المجاورة وجزء من مادة الربط اللاصقة الموصلة كهربائياً موضوعة فيما بين؛ و

20

إنضاج المادة الرابطة الموصلة كهربائياً، من ثم الربط بجوار تداخل شرائح الخلية الشمسية ببعضها البعض وتوصيلها كهربائياً على التوالي.

22ج11. طريقة وفقاً للفقرة 21ج11 حيث :

يشتمل الترتيب على تكوين بنية ذات طبقات؛ و

5 يشتمل الإنضاج على تسليط الحرارة و/ أو الضغط على البنية ذات الطبقات.

23ج11. طريقة وفقاً للفقرة 22ج11 حيث البنية ذات الطبقات تشتمل على بوليمر أولفين لدن حرارياً مغلف.

24ج11. طريقة وفقاً للفقرة 22ج11 حيث البنية ذات الطبقات تشتمل على:

رقاقة سطح خلفي بيضاء؛ و

10 شرائح معتمدة على رقاقة السطح الخلفي البيضاء.

25ج11. طريقة وفقاً للفقرة 21ج11 حيث :

يتم تقديم مجموعة من الرقاقات على قالب؛

يتم توزيع المادة الرابطة للمادة اللاصقة الموصلة على مجموعة من الرقاقات؛ و

تكون مجموعة من الرقاقات خلايا منفصلة آنياً إلى مجموعة من شرائح الخلية الشمسية بتثبيت.

15 26ج11. طريقة وفقاً للفقرة 25ج11 يشتمل كذلك على نقل مجموعة من شرائح الخلية الشمسية

كمجموعة، وحيث يشتمل الترتيب على ترتيب مجموعة من شرائح الخلية الشمسية إلى وحدة.

27ج11. طريقة وفقاً للفقرة 21ج11 حيث يشتمل الترتيب على ترتيب على الأقل تسعة عشر

شرائح الخلية الشمسية لها فلتية انهيار يبلغ على الأقل 10 فولط بما يتماشى مع صمام ثنائي واحد فقط للتفريع.

20 28ج11. طريقة وفقاً للفقرة 27ج11 يشتمل كذلك على تكوين موصل شريطي بين واحد من على

الأقل تسعة عشر شرائح الخلية الشمسية والصمام الثنائي للتفريع الواحد .

- 29ج11. طريقة وفقاً للفقرة 28ج11 حيث يقع الصمام الثنائي للتفريع الواحد في صندوق وصل أول لوحدة شمسية أولى تكون في تجهيزة توافق مع صندوق وصل ثاني لوحدة شمسية ثانية.
- 30ج11. طريقة وفقاً للفقرة 27ج11 يشتمل كذلك على تكوين موصل شريطي بين واحد من على الأقل تسعة عشر شرائح الخلية الشمسية ومفتاح ذكي.
- 5 31ج11. طريقة وفقاً للفقرة 21ج11 حيث تداخل شريحة الخلية من مجموعة من شرائح الخلية الشمسية ، تتداخل مع شريحة الخلية الشمسية فيما بين حوالي 1-5 مم.
- 32ج11. طريقة وفقاً للفقرة 21ج11 حيث شريحة الخلية الشمسية تتضمن ركن أول مشطوف.
- 33ج11. طريقة وفقاً للفقرة 32ج11 حيث لا يتضمن الجانب الطويل لشريحة خلية شمسية متداخلة لمجموعة من شرائح الخلية الشمسية، ركن ثاني مشطوف.
- 10 34ج11. طريقة وفقاً للفقرة 33ج11 حيث يكون عرض شريحة الخلية الشمسية أكبر من عرض تداخل شريحة الخلية الشمسية، حيث شريحة الخلية الشمسية وتداخل شريحة الخلية الشمسية يكون لها تقريباً نفس مساحة الشريحة.
- 35ج11. طريقة وفقاً للفقرة 32ج11 حيث يتضمن الجانب الطويل لتداخل لشريحة خلية الشمسية لمجموعة من شرائح الخلية الشمسية ركن ثاني مشطوف.
- 15 36ج11. طريقة وفقاً للفقرة 35ج11 حيث الجانب الطويل لتداخل شريحة الخلية الشمسية لمجموعة من شرائح الخلية الشمسية، يتداخل مع الجانب الطويل لشريحة الخلية يتضمن الركن الأول المشطوف.
- 37ج11. طريقة وفقاً للفقرة 35ج11 حيث الجانب الطويل لتداخل شريحة الخلية الشمسية لمجموعة من شرائح الخلية الشمسية، يتداخل مع الجانب الطويل لشريحة الخلية لا يتضمن الركن الأول المشطوف.
- 20 38ج11. طريقة وفقاً للفقرة 21ج11 تشتمل كذلك على توصيل مجموعة من شرائح الخلية الشمسية مع مجموعة أخرى من شرائح الخلية الشمسية باستخدام توصيل بيني.

39ج11. طريقة وفقاً للفقرة 38ج11 حيث تتم تغطية جزء من التوصيل البيني بغشاء معتم أو يكون ملون.

40ج11. طريقة وفقاً للفقرة 38ج11 حيث تكون مجموعة من شرائح الخلية الشمسية متصلة على التوالي مع مجموعة أخرى من شرائح الخلية الشمسية.

5 1ج12. طريقة تشتمل على:

توفير رقاقة سيليكون لها طول؛

نسخ لخط نسخ على رقاقة سيليكون لتحديد منطقة الخلية الشمسية ؛

فصل رقاقة سيليكون بطول خط النسخ لتوفير شريحة الخلية الشمسية ؛ و

وضع مادة ربط لاصقة موصلة كهربائياً موضوعة مجاورة إلى الجانب الطويل لشريحة الخلية الشمسية . 10

2ج12. طريقة وفقاً للفقرة 1ج12 حيث يشتمل النسخ على النسخ بالليزر.

3ج12. طريقة وفقاً للفقرة 1ج12 حيث يشتمل الوضع على الطباعة بالاستنسيل.

4ج12. طريقة وفقاً للفقرة 1ج12 حيث يشتمل الوضع على الطباعة بالحبر النفث.

5ج12. طريقة وفقاً للفقرة 1ج12 حيث يشتمل الوضع على ترسيب باستخدام قناع.

6ج12. طريقة وفقاً للفقرة 1ج12 حيث يشتمل الفصل على تسليط ضغط خوائي بين سطح الرقاقة ووسط مقوس. 15

7ج12. طريقة وفقاً للفقرة 6ج12 حيث يشتمل السطح المقوس على مشعب فراغي، ويشتمل الفصل على توجيه خط النسخ بزاوية بالنسبة إلى المشعب الفراغي.

8ج12. طريقة وفقاً للفقرة 7ج12 حيث تكون الزاوية عمودية.

9ج12. طريقة وفقاً للفقرة 7ج12 حيث تكون الزاوية بدرجة أخرى غير عمودية. 20

10ج12. طريقة وفقاً للفقرة 6ج12 حيث يتم تسليط الضغط الفراغي من خلال سير متحرك.

11ج12. طريقة وفقاً للفقرة 1ج12 يشتمل كذلك على :

ترتيب مجموعة من شرائح الخلية الشمسية بما يتماشى مع جوانب طويلة من تداخل شرائح الخلية الشمسية المجاورة مادة الربط اللاصقة الموصلة كهربائياً موضوعة فيما بين؛ و

5 إنضاج المادة الرابطة الموصلة كهربائياً للربط بجوار تداخل شرائح الخلية الشمسية متصلة كهربائياً على التوالي.

12ج12. طريقة وفقاً للفقرة 11ج12 حيث يشتمل الترتيب على تكوين بنية ذات طبقات يتضمن مغلف، الطريقة يشتمل كذلك على تصفيح البنية ذات الطبقات.

13ج12. طريقة وفقاً للفقرة 12ج12 حيث يحدث الإنضاج جزئياً على الأقل أثناء التصفيح

10 14ج12. طريقة وفقاً للفقرة 12ج12 حيث يحدث الإنضاج بصورة مستقلة عن التصفيح.

15ج12. طريقة وفقاً للفقرة 12ج12 حيث يشتمل التصفيح على تسليط ضغط خوائي.

16ج12. طريقة وفقاً للفقرة 15ج12 حيث يتم تسليط الضغط الخوائي على جزء منتفخ.

17ج12. طريقة وفقاً للفقرة 15ج12 حيث يتم تسليط الضغط الخوائي على سير.

18ج12. طريقة وفقاً للفقرة 12ج12 حيث يشتمل المغلف على بوليمر أولفين لدن حرارياً.

15 19ج12. طريقة وفقاً للفقرة 12ج12 حيث البنية ذات الطبقات تشتمل على:

رقاقة سطح خلفي بيضاء؛ و

شرائح معتمدة على رقاقة السطح الخلفي البيضاء.

20ج12. طريقة وفقاً للفقرة 11ج12 حيث يشتمل التزويد على تزويد رقاقة السيليكون بنمط معدنة،

حيث يحدث الفصل شريحة الخلية الشمسية ذات نمط معدنة بطول الجانب الطويل.

21ج12. طريقة وفقاً للفقرة 20ج12 حيث يشتمل نمط المعدنة على قضيب توصيل أو حشية تلامس مميزة.

22ج12. طريقة وفقاً للفقرة 20ج12 حيث يشتمل التزويد على طباعة أو استشراء كهربائي نمط معدنة.

5 23ج12. طريقة وفقاً للفقرة 20ج12 حيث يشتمل الترتيب على تحديد انتشار مادة الربط اللاصقة الموصلة كهربائياً باستخدام سمة نمط معدنة.

24ج12. طريقة وفقاً للفقرة 23ج12 حيث السمة تكون على جانب أمامي لشريحة الخلية الشمسية .

25ج12. طريقة وفقاً للفقرة 23ج12 حيث السمة تكون على جانب خلفي لشريحة الخلية الشمسية . 10

26ج12. طريقة وفقاً للفقرة 11ج12 حيث طول الجانب الطويل لشريحة الخلية الشمسية ينسخ شكل الرقاقة.

27ج12. طريقة وفقاً للفقرة 26ج12 حيث يبلغ الطول 156 مم أو 125 مم.

28ج12. طريقة وفقاً للفقرة 26ج12 حيث النسبة الباعية بين عرض شريحة الخلية الشمسية ويكون الطول بين حوالي 1:2 إلى حوالي 20:1. 15

29ج12. طريقة وفقاً للفقرة 11ج12 حيث يشتمل الترتيب على ترتيب على الأقل تسعة عشر شرائح الخلية الشمسية لها فلتية انهيار يبلغ على الأقل 10 فولت على نفس الخط كخلية فائقة أولى مع صمام ثنائي واحد فقط للتفريع.

30ج12. طريقة وفقاً للفقرة 29ج12 يشتمل كذلك على وضع مادة الربط اللاصقة الموصلة كهربائياً بين الخلية الفائقة الأولى وتوصيل بيني. 20

31ج12. طريقة وفقاً للفقرة 30ج12 حيث التوصيل البيني يوصل الخلية الفائقة الأولى على التوازي مع خلية فائقة ثانية.

32ج12. طريقة وفقاً للفقرة 30ج12 حيث التوصيل البيني يوصل الخلية الفائقة الأولى على التوالي مع خلية فائقة ثانية.

33ج12. طريقة وفقاً للفقرة 29ج12 يشتمل كذلك على تكوين موصل شريطي بين الخلية الفائقة الأولى والصمام الثنائي للتفرع الواحد .

5 34ج12. طريقة وفقاً للفقرة 33ج12 حيث يقع الصمام الثنائي للتفرع الواحد في صندوق وصل أول لوحدة شمسية أولى تكون في تجهيزة توافق مع صندوق وصل ثاني لوحدة شمسية ثانية.

35ج12. طريقة وفقاً للفقرة 11ج12 حيث شريحة الخلية الشمسية تتضمن ركن أول مشطوف.

36ج12. طريقة وفقاً للفقرة 35ج12 حيث للجانب الطويل لشريحة خلية شمسية متداخلة لمجموعة من شرائح الخلية الشمسية، لا يتضمن ركن ثاني مشطوف.

10 37ج12. طريقة وفقاً للفقرة 36ج12 حيث يكون عرض شريحة الخلية الشمسية أكبر من عرض تداخل شريحة الخلية الشمسية، حيث شريحة الخلية الشمسية وتداخل شريحة الخلية الشمسية يكون لها تقريباً نفس مساحة الشريحة.

38ج12. طريقة وفقاً للفقرة 35ج12 حيث يتضمن الجانب الطويل لتداخل لشريحة خلية الشمسية لمجموعة من شرائح الخلية الشمسية ركن ثاني مشطوف.

15 39ج12. طريقة وفقاً للفقرة 38ج12 حيث الجانب الطويل لتداخل شريحة الخلية الشمسية لمجموعة من شرائح الخلية الشمسية، تتداخل مع الجانب الطويل لشريحة الخلية يتضمن الركن الأول المشطوف.

40ج12. طريقة وفقاً للفقرة 38ج12 حيث الجانب الطويل لتداخل شريحة الخلية الشمسية لمجموعة من شرائح الخلية الشمسية، تتداخل مع الجانب الطويل لشريحة الخلية لا يتضمن الركن الأول المشطوف. 20

1ج13. جهاز يشتمل على:

رقاقة شبه موصلة لها سطح أول يتضمن نمط معدنة أول بطول حافة خارجية أولى، ونمط معدنة ثاني بطول حافة خارجية ثانية مقابل الحافة الخارجية الأولى، الرقاقة شبه الموصلة يشتمل كذلك على خط نسخ أول بين نمط المعدنة الأول ونمط المعدنة الثاني.

جهاز 13ج2. وفقاً للفقرة 1ج13 حيث يشتمل نمط المعدنة الأول على حشية تلامس مميزة.

5 3ج13. جهاز وفقاً للفقرة 1ج13 حيث يشتمل نمط المعدنة الأول على أصبع أول يتجه بعيداً عن الحافة الخارجية الأولى نحو نمط المعدنة الثاني.

جهاز 13ج4. وفقاً للفقرة 3ج13 حيث يشتمل نمط المعدنة الأول علاوة على ذلك على قضيب توصيل يمر بطول الحافة الخارجية الأولى ويتقاطع مع الأصبع الأول.

جهاز 13ج5. وفقاً للفقرة 4ج13 حيث نمط المعدنة الثاني تشتمل على:

10 أصبع ثاني يتجه بعيداً عن الحافة الخارجية الثانية نحو نمط المعدنة الأول؛ و

قضيب موصل ثاني يمتد بطول الحافة الخارجية الثانية ويتقاطع مع الأصبع الثاني.

جهاز 13ج6. وفقاً للفقرة 3ج13 يشتمل كذلك على مادة لاصقة موصلة كهربائياً تمتد بطول الحافة الخارجية الأولى وفي تلامس مع الأصبع الأول.

جهاز 13ج7. وفقاً للفقرة 3ج13 حيث يشتمل نمط المعدنة الأول علاوة على ذلك على موصل 15 تفريع أول.

جهاز 13ج8. وفقاً للفقرة 3ج13 حيث يشتمل نمط المعدنة الأول علاوة على ذلك على موصل طرفي أول.

جهاز 13ج9. وفقاً للفقرة 1ج13 حيث يشتمل نمط المعدنة الأول على فضة.

جهاز 13ج10. وفقاً للفقرة 9ج13 حيث يشتمل نمط المعدنة الأول على معجون فضة.

20 11ج13. جهاز وفقاً للفقرة 9ج13 حيث يشتمل نمط المعدنة الأول على ملامسات متميزة.

12ج13. جهاز وفقاً للفقرة 1ج13 حيث يشتمل نمط المعدنة الأول على قصدير، ألومنيوم، أو موصل آخر أقل تكلفة من الفضة.

13ج13. جهاز وفقاً للفقرة 1ج13 حيث يشتمل نمط المعدنة الأول على نحاس.

14ج13. جهاز وفقاً للفقرة 13ج13 حيث يشتمل نمط المعدنة الأول على نحاس مستشرد كهربائياً. 5

15ج13. جهاز وفقاً للفقرة 13ج13 يشتمل كذلك على مخطط تخميل لتقليل الاندماج.

16ج13. جهاز وفقاً للفقرة 1ج13 يشتمل كذلك على:

نمط معدنة ثالث على السطح الأول للرقاقة شبه الموصلة وليس قريباً من الحافة الخارجية الأولى أو إلى الحافة الخارجية الثانية؛ و

10 خط نسخ ثاني بين نمط المعدنة الثالث ونمط المعدنة الثاني، حيث يكون خط النسخ الأول بين نمط المعدنة الأول ونمط المعدنة الثالث.

17ج13. جهاز وفقاً للفقرة 16ج13 حيث إن نسبة العرض الأول المحدد بين خط النسخ الأول وخط النسخ الثاني مقسومة على طول الرقاقة شبه الموصلة، تكون بين حوالي 1:2 إلى حوالي 1:20.

15 18ج13. جهاز وفقاً للفقرة 17ج13 حيث يبلغ الطول حوالي 156 مم أو حوالي 125 مم.

19ج13. جهاز وفقاً للفقرة 17ج13 حيث الرقاقة شبه الموصلة تتضمن الأركان المشطوفة.

20ج13. جهاز وفقاً للفقرة 19ج13 حيث:

خط النسخ الأول يحدد مع حافة خارجية أولى، منطقة أولى مستطيلة الشكل تشتمل على اثنين من الأركان المشطوفة ونمط المعدنة الأول، يكون للمنطقة الأولى مستطيلة الشكل مساحة مناظرة لنتائج الطول الأول وعرض ثاني أكبر من العرض الأول، ناقص مساحة مشتركة من اثنين من الأركان المشطوفة؛ و

خط النسخ الثاني يحدد مع خط النسخ الأول، منطقة ثانية مستطيلة الشكل لا تتضمن الأركان المشطوفة ويتضمن نمط المعدنة الثالث، المنطقة الثانية مستطيلة الشكل لها مساحة مناظرة لنتاج الطول الأول والعرض الأول.

21ج13. جهاز وفقاً للفقرة 16ج13 حيث نمط المعدنة الثالث تشتمل على أصبع يتجه نحو نمط المعدنة الثاني. 5

22ج13. جهاز وفقاً للفقرة 1ج13 يشتمل كذلك على نمط معدنة ثالث على سطح ثاني للرقاقة شبه الموصلة مقابل السطح الأول.

23ج13. جهاز وفقاً للفقرة 22ج13 حيث نمط المعدنة الثالث تشتمل على حشية تلامس قريبة إلى موقع خط النسخ الأول.

24ج13. جهاز وفقاً للفقرة 1ج13 حيث يتم تشكيل خط النسخ الأول بواسطة ليزر. 10

25ج13. جهاز وفقاً للفقرة 1ج13 حيث يكون خط النسخ الأول في السطح الأول.

26ج13. جهاز وفقاً للفقرة 1ج13 حيث يشتمل نمط المعدنة الأول على سمة مهيأة لتحديد انتشار مادة لاصقة موصلة كهربائياً.

27ج13. جهاز وفقاً للفقرة 26ج13 حيث السمة تشتمل على سمة مرفوعة.

28ج13. جهاز وفقاً للفقرة 27ج13 حيث يشتمل نمط المعدنة الأول على حشية تلامس، والسمة تشتمل على تناكب سد وأطول من حشية التلامس. 15

29ج13. جهاز وفقاً للفقرة 26ج13 حيث السمة تشتمل على سمة مجوفة.

30ج13. جهاز وفقاً للفقرة 29ج13 حيث يشتمل السمة المجوفة على خندق.

31ج13. جهاز وفقاً للفقرة 26ج13 يشتمل كذلك على مادة لاصقة موصلة كهربائياً في تلامس مع نمط المعدنة الأول. 20

32ج13. جهاز وفقاً للفقرة 31ج13 حيث تكون المادة اللاصقة الموصلة كهربائياً مطبوعة.

- 33ج13. جهاز وفقاً للفقرة 1ج13 حيث الرقاقة شبه الموصلة تشتمل على سيليكون.
- 34ج13. جهاز وفقاً للفقرة 33ج13 حيث الرقاقة شبه الموصلة تشتمل على سيليكون بلوري.
- 35ج13. جهاز وفقاً للفقرة 33ج13 حيث يكون السطح الأول بموصلية من نوع n.
- 36ج13. جهاز وفقاً للفقرة 33ج13 حيث يكون السطح الأول بموصلية من نوع p.
- 5 37ج13. جهاز وفقاً للفقرة 1ج13 حيث:
- نمط المعدنة الأول يكون 5 مم أو أقل من الحافة الخارجية الأولى؛ و
- نمط المعدنة الثاني يكون 5 مم أو أقل من الحافة الخارجية الثانية.
- 38ج13. جهاز وفقاً للفقرة 1ج13 حيث الرقاقة شبه الموصلة تتضمن الأركان المشطوفة، ويشتمل نمط المعدنة الأول على جزء مستدق يمتد حول ركن مشطوف.
- 10 39ج13. جهاز وفقاً للفقرة 38ج13 حيث يشتمل الجزء المستدق على قضيب توصيل.
- 40ج13. جهاز وفقاً للفقرة 38ج13 حيث يشتمل الجزء المستدق على توصيل بموصل لحشية تلامس مميزة.
- 14ج1. طريقة تشتمل على:
- نسخ خط النسخ الأول على رقاقة؛ و
- 15 فصل الرقاقة بطول خط النسخ الأول باستخدام ضغط خوائي لتوفير شريحة الخلية الشمسية .
- 14ج2. طريقة وفقاً للفقرة 1ج14 حيث يشتمل النسخ على النسخ بالليزر.
- 14ج3. طريقة وفقاً للفقرة 2ج14 حيث يشتمل الفصل على تسليط الضغط الخوائي بين سطح الرقاقة وسطح مقوس.
- 14ج4. طريقة وفقاً للفقرة 3ج14 حيث يشتمل السطح المقوس على مشعب فراغي.

5ج14. طريقة وفقاً للفقرة 4ج14 حيث يتم حمل الرقاقة على سير متحرك إلى مشعب الضغط الخوائي، ويتم تسليط الضغط الفراغي من خلال السير.

6ج14. طريقة وفقاً للفقرة 5ج14 حيث يشتمل الفصل على:

توجيه خط النسخ الأول بزاوية بالنسبة إلى المشعب الفراغي؛ و

5 بدء شطر عند أحد طرفي خط النسخ الأول.

7ج14. طريقة وفقاً للفقرة 6ج14 حيث تكون الزاوية إلى حد بعيد عمودية.

8ج14. طريقة وفقاً للفقرة 6ج14 حيث تكون الزاوية بأية درجة أخرى غير أن تكون إلى حد بعيد عمودية.

9ج14. طريقة وفقاً للفقرة 3ج14 تشتمل كذلك على وضع مادة ربط غير منضجة لاصقة موصلة كهربائياً. 10

10ج14. طريقة وفقاً للفقرة 9ج14 حيث خط النسخ الأول ومادة الربط غير المنضجة اللاصقة الموصلة كهربائياً تكون على نفس سطح الرقاقة.

11ج14. طريقة وفقاً للفقرة 10ج14 حيث النسخ بالليزر يتجنب إنضاج مادة لاصقة رابطة موصلة غير ناضجة بانتقاء قوة الليزر و/ أو المسافة بين خط النسخ الأول ومادة لاصقة رابطة موصلة غير ناضجة. 15

12ج14. طريقة وفقاً للفقرة 10ج14 حيث يكون نفس السطح مقابل سطح الرقاقة محمول بواسطة سير يحرك الرقاقة إلى السطح المقوس.

13ج14. طريقة وفقاً للفقرة 12ج14 حيث يشتمل السطح المقوس على مشعب فراغي.

14ج14. طريقة وفقاً للفقرة 9ج14 حيث يحدث التسليط بعد النسخ.

15ج14. طريقة وفقاً للفقرة 9ج14 حيث يحدث التسليط بعد الفصل. 20

16ج14. طريقة وفقاً للفقرة 9ج14 حيث يشتمل الوضع على الطباعة بالاستنسيل.

- 17ج14. طريقة وفقاً للفقرة 9ج14 حيث يشتمل الوضع على الطباعة بالحبر النفث. 5
- 18ج14. طريقة وفقاً للفقرة 9ج14 حيث يشتمل الوضع على ترسيب باستخدام قناع.
- 19ج14. طريقة وفقاً للفقرة 3ج14 حيث يكون خط النسخ الأول بين،
- نمط معدنة أول على سطح الرقاقة بطول حافة خارجية أولى، و
- 5 نمط معدنة ثاني على سطح الرقاقة بطول حافة خارجية ثانية.
- 20ج14. طريقة وفقاً للفقرة 19ج14 حيث الرقاقة تشتمل علاوة على ذلك على نمط معدنة ثالث على سطح الرقاقة شبه الموصلة وليس قريباً من الحافة الخارجية الأولى أو إلى الحافة الخارجية الثانية، والطريقة تشتمل علاوة على ذلك على:
- نسخ خط نسخ ثاني بين نمط المعدنة الثالث ونمط المعدنة الثاني، حيث يكون خط النسخ الأول
- 10 بين نمط المعدنة الأول ونمط المعدنة الثالث؛ و
- فصل الرقاقة بطول خط النسخ الثاني لتوفير شريحة خلية شمسية أخرى.
- 21ج14. طريقة وفقاً للفقرة 20ج14 حيث تشكل المسافة بين خط النسخ الأول وخط النسخ الثاني عرض يحدد النسبة الباعية بين حوالي 1:2 وحوالي 1:20 بحيث يشتمل طول الرقاقة على حوالي 125 مم أو حوالي 156 مم.
- 22ج14. طريقة وفقاً للفقرة 19ج14 حيث يشتمل نمط المعدنة الأول على أصبع يتجه نحو نمط المعدنة الثاني. 15
- 23ج14. طريقة وفقاً للفقرة 22ج14 حيث يشتمل نمط المعدنة الأول علاوة على ذلك على قضيب توصيل يتقاطع مع الأصبع.
- 24ج14. طريقة وفقاً للفقرة 23ج14 حيث يكون قضيب التوصيل داخل 5 مم من الحافة الخارجية الأولى. 20

- 25ج14. طريقة وفقاً للفقرة 22ج14 يشتمل كذلك على مادة ربط غير منضجة لاصقة موصلة كهربائياً في تلامس مع أصبع.
- 26ج14. طريقة وفقاً للفقرة 19ج14 حيث يشتمل نمط المعدنة الأول على حشية تلامس مميزة.
- 27ج14. طريقة وفقاً للفقرة 19ج14 يشتمل كذلك على الطباعة أو استشراد كهربائي نمط المعدنة الأول على الرقاقة. 5
- 28ج14. طريقة وفقاً للفقرة 3 يشتمل كذلك على :
- ترتيب شريحة الخلية الشمسية في خلية فائقة أولى تشتمل على الأقل تسعة عشر شرائح الخلية الشمسية كل لها فلتية انهيار يبلغ على الأقل 10 فولط، بجوانب طويلة من تداخل شرائح الخلية الشمسية المجاورة مادة الربط اللاصقة الموصلة كهربائياً موضوعة فيما بين؛ و
- 10 إنضاج المادة الرابطة الموصلة كهربائياً للربط بجوار تداخل شرائح الخلية الشمسية متصلة كهربائياً على التوالي.
- 29ج14. طريقة وفقاً للفقرة 28ج14 حيث يشتمل الترتيب على تكوين بنية ذات طبقات يتضمن مغلف، الطريقة يشتمل كذلك على تصفيح البنية ذات الطبقات.
- 30ج14. طريقة وفقاً للفقرة 29ج14 حيث يحدث الإنضاج جزئياً على الأقل أثناء التصفيح
- 15 31ج14. طريقة وفقاً للفقرة 29ج14 حيث يحدث الإنضاج بصورة مستقلة عن التصفيح.
- 32ج14. طريقة وفقاً للفقرة 29ج14 حيث يشتمل المغلف على بوليمر أولفين لدن حرارياً.
- 33ج14. طريقة وفقاً للفقرة 29ج14 حيث البنية ذات الطبقات تشتمل على:
- رقاقة سطح خلفي بيضاء؛ و
- شرائح معتمدة على رقاقة السطح الخلفي البيضاء.
- 20 34ج14. طريقة وفقاً للفقرة 28ج14 حيث يشتمل الترتيب على تحديد انتشار مادة الربط اللاصقة الموصلة كهربائياً باستخدام سمة نمط المعدنة.

35ج14. طريقة وفقاً للفقرة 34ج14 حيث يكون نمط المعدنة سمة على سطح أمامي لشريحة الخلية الشمسية .

36ج14. طريقة وفقاً للفقرة 34ج14 حيث يكون نمط المعدنة سمة على سطح خلفي لشريحة الخلية الشمسية.

5 37ج14. طريقة وفقاً للفقرة 28ج14 يشتمل كذلك على وضع مادة الربط اللاصقة الموصلة كهربائياً بين الخلية الفائقة الأولى وتوصيل بيني توصيل خلية فائقة ثانية على التوالي.

38ج14. طريقة وفقاً للفقرة 28ج14 يشتمل كذلك على تكوين موصل شريطي بين صمام ثنائي مفرد للتفرع للخلية الفائقة الأولى، الصمام الثنائي للتفرع الواحد تقع في صندوق وصل أول لوحدة شمسية أولى في تجهيزة توافق مع صندوق وصل ثاني لوحدة شمسية ثانية.

10 39ج14. طريقة وفقاً للفقرة 28ج14 حيث:

شريحة الخلية الشمسية تتضمن ركن أول مشطوف؛

للجانب الطويل لشريحة خلية شمسية متداخلة لمجموعة من شرائح الخلية الشمسية، لا يتضمن ركن ثاني مشطوف؛ و

15 يكون عرض شريحة الخلية الشمسية أكبر من عرض تداخل شريحة الخلية الشمسية، حيث شريحة الخلية الشمسية وتداخل شريحة الخلية الشمسية يكون لها تقريباً نفس مساحة الشريحة.

40ج14. طريقة وفقاً للفقرة 28ج14 حيث :

شريحة الخلية الشمسية تتضمن ركن أول مشطوف؛

يتضمن الجانب الطويل لتداخل لشريحة خلية الشمسية لمجموعة من شرائح الخلية الشمسية ركن ثاني مشطوف؛ و

20 الجانب الطويل لتداخل شريحة الخلية الشمسية لمجموعة من شرائح الخلية الشمسية، تتداخل مع الجانب الطويل لشريحة الخلية الشمسية لا تتضمن الركن الأول المشطوف.

1ج15. طريقة تشتمل على:

تكوين نمط معدنة أول بطول حافة خارجية أولى لسطح أول لرقاقة شبه موصلة؛

تكوين نمط معدنة ثاني بطول حافة خارجية ثانية للسطح الأول، الحافة الخارجية الثانية مقابل الحافة الخارجية الأولى؛ و

5 تكوين خط نسخ أول بين نمط المعدنة الأول ونمط المعدنة الثاني.

2ج15. طريقة وفقاً للفقرة 1ج15 حيث :

يشتمل نمط المعدنة الأول على أصبع أول يتجه نحو نمط المعدنة الثاني؛ و

نمط المعدنة الثاني تشتمل على أصبع ثاني يتجه نحو نمط المعدنة الأول.

3ج15. طريقة وفقاً للفقرة 2ج15 حيث:

10 يشتمل نمط المعدنة الأول علاوة على ذلك على قضيب موصل أول يتقاطع مع الأصبع الأول

وتقع داخل 5 مم من الحافة الخارجية الأولى؛ و

نمط المعدنة الثاني تشتمل على قضيب موصل ثاني يتقاطع مع الأصبع الثاني وتقع داخل 5 مم من الحافة الخارجية الثانية.

4ج15. طريقة وفقاً للفقرة 3ج15 يشتمل كذلك على :

15 تكوين على السطح الأول، نمط معدنة ثالث ليس بطول الحافة الخارجية الأولى أو بطول الحافة

الخارجية الثانية، نمط المعدنة الثالث يشتمل على،

قضيب موصل ثالث بالتوازي مع القضيب الموصل الأول، و

أصبع ثالث يتجه نحو نمط المعدنة الثاني؛ و

تكوين خط نسخ ثاني بين نمط المعدنة الثالث ونمط المعدنة الثاني، حيث يكون خط النسخ الأول

20 بين نمط المعدنة الأول ونمط المعدنة الثالث.

5ج15. طريقة وفقاً للفقرة 4ج15 حيث يتم فصل خط النسخ الأول وخط النسخ الثاني بعرض له نسبة إلى طول الرقاقة شبه الموصلة، تبلغ بين حوالي 1:2 إلى حوالي 1:20.

6ج15. طريقة وفقاً للفقرة 5ج15 حيث يكون طول الرقاقة شبه الموصلة حوالي 156 مم أو حوالي 125 مم.

5 7ج15. طريقة وفقاً للفقرة 4ج15 حيث الرقاقة شبه الموصلة تتضمن الأركان المشطوفة.

8ج15. طريقة وفقاً للفقرة 7ج15 حيث :

خط النسخ الأول يحدد مع حافة خارجية أولى، منطقة خلية شمسية أولى تشتمل على اثنين من الأركان المشطوفة ونمط المعدنة الأول، بحيث يكون لمنطقة الخلية الشمسية الأولى مساحة أولى مناظرة لنتاج طول الرقاقة شبه الموصلة وعرض أول، ناقص مساحة مشتركة من اثنين من الأركان المشطوفة؛ و 10

يحدد خط النسخ الثاني مع خط النسخ الأول، منطقة ثانية للخلية الشمسية لا تتضمن الأركان المشطوفة ويتضمن نمط المعدنة الثالث، ويكون لمنطقة الخلية الشمسية الثانية منطقة ثانية مناظرة لنتاج الطول الأول وعرض ثاني أضيق من العرض الأول، حيث تكون المساحة الأولى والمساحة الثانية متماثلة تقريباً.

15 9ج15. طريقة وفقاً للفقرة 8ج15 حيث يبلغ الطول حوالي 156 مم أو حوالي 125 مم.

10ج15. طريقة وفقاً للفقرة 4ج15 حيث يشتمل تكوين خط النسخ الأول وتكوين خط النسخ الثاني على النسخ بالليزر.

11ج15. طريقة وفقاً للفقرة 4ج15 حيث يشتمل تكوين نمط المعدنة الأول، تكوين نمط المعدنة الثاني، وتكوين نمط المعدنة الثالث، على الطباعة.

20 12ج15. طريقة وفقاً للفقرة 11ج15 حيث يشتمل تكوين نمط المعدنة الأول، تكوين نمط المعدنة الثاني، وتكوين نمط المعدنة الثالث، على الطباعة بالاستنسل.

13ج15. طريقة وفقاً للفقرة 11ج15 حيث تكوين يشتمل نمط المعدنة الأول على تكوين مجموعة من حشيات التلامس تشتمل على فضة.

14ج15. طريقة وفقاً للفقرة 4ج15 حيث يشتمل تكوين نمط المعدنة الأول، تكوين نمط المعدنة الثاني، وتكوين نمط المعدنة الثالث، على استشراد كهربائي.

5 15ج15. طريقة وفقاً للفقرة 14ج15 حيث يشتمل نمط المعدنة الأول، نمط المعدنة الثاني، ونمط المعدنة الثالث على نحاس.

16ج15. طريقة وفقاً للفقرة 4ج15 حيث يشتمل نمط المعدنة الأول على ألومنيوم، قصدير، فضة، نحاس، و/ أو موصل أقل تكلفة من الفضة.

17ج15. طريقة وفقاً للفقرة 4ج15 حيث الرقاقة شبه الموصلة تشتمل على سيليكون.

10 18ج15. طريقة وفقاً للفقرة 17ج15 حيث الرقاقة شبه الموصلة تشتمل على سيليكون بلوري.

19ج15. طريقة وفقاً للفقرة 4ج15 يشتمل كذلك على تكوين نمط معدنة رابع على سطح ثاني للرقاقة شبه الموصلة بين الحافة الخارجية الأولى وداخل 5 مم من موقع خط النسخ الثاني.

20ج15. طريقة وفقاً للفقرة 4ج15 حيث السطح الأول يشتمل على نوع موصلية أول ويشتمل السطح الثاني على موصلية ثانية من نوع مقابل نوع الموصلية الأول.

15 21ج15. طريقة وفقاً للفقرة 4ج15 حيث يشتمل نمط المعدنة الرابع على حشية تلامس.

22ج15. طريقة وفقاً للفقرة 3ج15 يشتمل كذلك على وضع مادة لاصقة موصلة إلى الرقاقة شبه الموصلة.

23ج15. طريقة وفقاً للفقرة 22ج15 يشتمل كذلك على وضع المادة اللاصقة الموصلة في تلامس مع الأصبع الأول.

20 24ج15. طريقة وفقاً للفقرة 23ج15 حيث وضع المادة اللاصقة الموصلة تشتمل على الطباعة بالاستنسيل أو ترسيب باستخدام قناع.

25ج15. طريقة وفقاً للفقرة 3ج15 يشتمل كذلك على فصل رقاقة شبه موصلة بطول خط النسخ الأول لتكوين شريحة خلية شمسية أولى يتضمن نمط المعدنة الأول.

26ج15. طريقة وفقاً للفقرة 25ج15 حيث يشتمل الفصل على تسليط ضغط خوائي إلى خط النسخ الأول.

5 27ج15. طريقة وفقاً للفقرة 26ج15 يشتمل كذلك على وضع الرقاقة شبه الموصلة على سير متحرك إلى الضغط الخوائي.

28ج15. طريقة وفقاً للفقرة 25ج15 يشتمل كذلك على وضع مادة لاصقة موصلة إلى شريحة الخلية الشمسية الأولى .

29ج15. طريقة وفقاً للفقرة 25ج15 يشتمل كذلك على :

10 ترتيب شريحة الخلية الشمسية الأولى في خلية فائقة أولى تشتمل على الأقل تسعة عشر شرائح الخلية الشمسية كل لها فلتية انهيار يبلغ على الأقل 10 فولط، بجوانب طويلة من تداخل شرائح الخلية الشمسية المجاورة مادة لاصقة موصلة موضوعة فيما بين؛ و
إنضاج المادة اللاصقة الموصلة للربط بجوار تداخل شرائح الخلية الشمسية متصلة كهربائياً على التوالي.

15 30ج15. طريقة وفقاً للفقرة 29ج15 حيث يشتمل الترتيب على تكوين بنية ذات طبقات يتضمن مغلف، الطريقة يشتمل كذلك على تصفيح البنية ذات الطبقات.

31ج15. طريقة وفقاً للفقرة 30ج15 حيث يحدث الإنضاج جزئياً على الأقل أثناء التصفيح.

32ج15. طريقة وفقاً للفقرة 30ج15 حيث يحدث الإنضاج بصورة مستقلة عن التصفيح.

33ج15. طريقة وفقاً للفقرة 30ج15 حيث يشتمل المغلف على بوليمر أولفين لدن حرارياً.

20 34ج15. طريقة وفقاً للفقرة 30ج15 حيث البنية ذات الطبقات تشتمل على:

رقاقة سطح خلفي بيضاء؛ و

شرائح معتمدة على رقاقة السطح الخلفي البضاء.

35ج15. طريقة وفقاً للفقرة 29ج15 حيث يشتمل الترتيب على تحديد انتشار المادة اللاصقة الموصلة بسمة نمط المعدنة .

36ج15. طريقة وفقاً للفقرة 35ج15 حيث تكون سمة نمط المعدنة على سطح أمامي لشريحة الخلية الشمسية الأولى . 5

37ج15. طريقة وفقاً للفقرة 29ج15 يشتمل كذلك على وضع المادة اللاصقة الموصلة بين الخلية الفائقة الأولى وتوصيل بيني توصيل خلية فائقة ثانية على التوالي.

38ج15. طريقة وفقاً للفقرة 29ج15 يشتمل كذلك على تكوين موصل شريطي بين صمام ثنائي مفرد للتفريع للخلية الفائقة الأولى، الصمام الثنائي للتفريع الواحد تقع في صندوق وصل أول لوحدة شمسية أولى في تجهيزة توافق مع صندوق وصل ثاني لوحدة شمسية ثانية. 10

39ج15. طريقة وفقاً للفقرة 29ج15 حيث :

شريحة الخلية الشمسية الأولى تتضمن ركن أول مشطوف؛

الجانب الطويل لشريحة خلية شمسية متداخلة للخلية الفائقة الأولى، لا يتضمن ركن ثاني مشطوف؛ و

15 عرض شريحة الخلية الشمسية الأولى يكون أكبر من عرض تداخل شريحة الخلية الشمسية، حيث شريحة الخلية الشمسية الأولى وتداخل شريحة الخلية الشمسية يكون لها تقريباً نفس مساحة الشريحة.

40ج15. طريقة وفقاً للفقرة 29ج15 حيث :

شريحة الخلية الشمسية الأولى تتضمن ركن أول مشطوف؛

20 للجانب الطويل لشريحة خلية شمسية متداخلة للخلية الفائقة الأولى، تتضمن ركن ثاني مشطوف؛ و

الجانب الطويل لتداخل شريحة الخلية الشمسية، تتداخل مع للجانب الطويل لشريحة الخلية الشمسية الأولى لا تتضمن الركن الأول المشطوف.

16ج1. طريقة تشتمل على:

- 5 الحصول على أو توفير رقاقة سيليكون تشتمل على نمط معدنة سطح أمامي يتضمن قضيب موصل أول أو صف من حشيات التلامس مرتبة بالتوازي مع ومجاورة لحافة خارجية أولى من الرقاقة وقضيب موصل ثاني أو صف من حشيات التلامس مرتبة بالتوازي مع ومجاورة لحافة خارجية ثانية للرقاقة مقابل من وبالتوازي مع الحافة الأولى للرقاقة ؛
- 10 فصل رقاقة سيليكون بطول واحد أو أكثر من خطوط المخطاط بالتوازي مع الحافة الأولى والثانية الخارجية للرقاقة لتكوين مجموعة من الخلايا الشمسية المستطيلة، مع القضيب الموصل الأول أو صف من حشيات التلامس مرتبة بالتوازي مع ومجاورة لحافة خارجية طويلة من خلية أولى من الخلايا الشمسية المستطيلة والقضيب الموصل الثاني أو صف من حشيات التلامس مرتبة بالتوازي مع ومجاورة لحافة خارجية طويلة من صف ثاني من الخلايا الشمسية المستطيلة؛ و ترتيب الخلايا الشمسية المستطيلة بما يتماشى مع جوانب طويلة من خلايا شمسية متجاورة المتداخلة ومرتبطة على نحو توصيلي ببعضها البعض لتوصيل الخلايا الشمسية كهربائياً على التوالي لتكوين الخلية الفائقة؛
- 15 حيث القضيب الموصل الأول أو صف من حشيات التلامس على الخلية الأولى من الخلايا الشمسية المستطيلة يكون متداخل بواسطة ومرتبطة على نحو موصل بسطح سفلي من الخلية الشمسية المجاورة المستطيلة في الخلية الفائقة.
- 20 16ج2. الطريقة وفقاً للفقرة 16ج1، حيث القضيب الموصل الثاني أو صف من حشيات التلامس على الثانية من الخلايا الشمسية المستطيلة يكون متداخل بواسطة ومرتبطة على نحو موصل بسطح سفلي من الخلية الشمسية المجاورة المستطيلة في الخلية الفائقة.
- 16ج3. الطريقة وفقاً للفقرة 16ج1، حيث تكون رقاقة السيليكون مربعة أو رقاقة السيليكون مربعة الشكل الزائفة.

4ج16. الطريقة وفقاً للفقرة 3ج16، حيث تشتمل رقاقة السيليكون على جوانب تبلغ حوالي 125 مم طولاً أو حوالي 156 مم طولاً.

5ج16. الطريقة وفقاً للفقرة 3ج16، حيث تكون نسبة الطول إلى عرض للخلية الشمسية المستطيلة تكون بين حوالي 1:2 وحوالي 1:20.

5 6ج16. الطريقة وفقاً للفقرة 1ج16، حيث تكون رقاقة السيليكون رقاقة سيليكون بلورية.

7ج16. الطريقة وفقاً للفقرة 1ج16، حيث القضيب الموصل الأول أو صف من حشيات التلامس والقضيب الموصل الثاني أو صف من حشيات التلامس تكون موجودة في مناطق حافة رقاقة السيليكون تحول الضوء إلى كهرباء بكفاءة أقل من المناطق المركزية من رقاقة السيليكون.

8ج16. الطريقة وفقاً للفقرة 1ج16، حيث يشتمل نمط المعدنة للسطح الأمامي على مجموعة أولى من أصابع متوازية متصلة كهربائياً إلى القضيب الموصل الأول أو صف من حشيات التلامس وتمتد نحو الداخل من الحافة الخارجية الأولى من الرقاقة ومجموعة ثانية من أصابع متوازية متصلة كهربائياً إلى القضيب الموصل الثاني أو صف من حشيات التلامس وتمتد نحو الداخل من الحافة الثانية الخارجية من الرقاقة.

9ج16. الطريقة وفقاً للفقرة 1ج16، حيث يشتمل نمط المعدنة للسطح الأمامي على الأقل قضيب موصل ثالث أو صف من حشيات التلامس موجه على نحو مواز ل وموجود بين القضيب الموصل الأول أو صف من حشيات التلامس والقضيب الموصل الثاني أو صف من حشيات التلامس ومجموعة ثالثة من أصابع متوازية موجهة عمودياً على ومتصلة كهربائياً بالقضيب الموصل الثالث أو صف من حشيات التلامس، والقضيب الموصل الثالث أو صف من حشيات التلامس يكون مرتباً بالتوازي مع ومجاور للحافة الخارجية الطويلة من الثالثة من الخلايا الشمسية المستطيلة بعد أن يتم فصل رقاقة السيليكون لتكوين مجموعة من الخلايا الشمسية المستطيلة.

10ج16. الطريقة وفقاً للفقرة 1ج16، تشتمل على وضع مادة لاصقة موصلة إلى القضيب الموصل الأول أو صف من حشيات التلامس يربط بها على نحو موصل مع الخلية الشمسية الأولى المستطيلة إلى الخلية الشمسية المجاورة.

11ج16. الطريقة وفقاً للفقرة 10ج16، حيث نمط معدنة يشتمل على حاجز مهياً لتحديد انتشار المادة اللاصقة الموصلة.

12ج16. الطريقة وفقاً للفقرة 10ج16، تشتمل على وضع المادة اللاصقة الموصلة بالطباعة بالاستنسيل.

5 13ج16. الطريقة وفقاً للفقرة 10ج16، تشتمل على وضع المادة اللاصقة الموصلة بالطباعة بالحبر النفث.

14ج16. الطريقة وفقاً للفقرة 10ج16، حيث يتم وضع المادة اللاصقة الموصلة قبل تكوين خطوط المخطاط في رقاقة السيليكون.

10 15ج16. الطريقة وفقاً للفقرة 1ج16، حيث فصل رقاقة سيليكون بطول الواحد أو أكثر من خطوط المخطاط تشتمل على تسليط ضغط خوائي بين سطح سفلي من رقاقة السيليكون و سطح دعم مقوس لثني رقاقة السيليكون مقابل سطح الدعم المقوس ومن ثم شق رقاقة السيليكون بطول الواحد أو أكثر من خطوط المخطاط.

16ج16. الطريقة وفقاً للفقرة 1ج16 حيث :

15 تكون رقاقة السيليكون رقاقة السيليكون مربعة الشكل الزائفة تشتمل على الأركان المشطوفة وبعد فصل رقاقة السيليكون لتكوين مجموعة من الخلايا الشمسية المستطيلة واحدة أو أكثر من الخلايا الشمسية المستطيلة تشتمل على واحد أو أكثر من الأركان المشطوفة؛ و

20 يتم انتقاء المباعدة بين خطوط المخطاط لمعادلة الأركان المشطوفة بأن يكون العرض عمودياً على المحور الطولي من الخلايا الشمسية المستطيلة التي تشتمل على الأركان المشطوفة أكبر من العرض عمودياً على المحور الطولي من الخلايا الشمسية المستطيلة التي تفتقر إلى الأركان المشطوفة، بحيث كل من مجموعة من الخلايا الشمسية المستطيلة في الخلية الفائقة لها سطح أمامي بنفس المساحة بدرجة كبيرة المعرضة للضوء في تشغيل الخلية الفائقة.

17ج16. الطريقة وفقاً للفقرة 1ج16، تشتمل على ترتيب الخلية الفائقة في بنية ذات طبقات بين رقاقة أمامية شفافة ورقاقة خلفية وتصفيح البنية ذات الطبقات.

18ج16. الطريقة وفقاً للفقرة 17ج16، حيث تصفيح البنية ذات الطبقات يكمل إنضاج مادة لاصقة موصلة موضوعة بين الخلايا الشمسية المستطيلة المتجاورة في الخلية الفائقة لتربط على نحو موصل الخلايا الشمسية المستطيلة المتجاورة ببعضها البعض.

19ج16. الطريقة وفقاً للفقرة 17ج16، حيث تكون الخلية الفائقة مرتبة في البنية ذات الطبقات في واحد من اثنين أو أكثر من الصفوف المتوازية من الخلايا الفائقة، واللوح الخلفي يكون رقاقة بيضاء تشتمل على شرائح قاتمة متوازية لها أماكن وقيم عرض مناظرة لمناطق وقيم عرض الفراغات بين الاثنين أو أكثر من صفوف من الخلايا الفائقة بحيث لا تكون أجزاء اللوح الخلفي البيضاء مرئية من خلال الفراغات بين صفوف الخلايا الفائقة في الوحدة المجمعة.

20ج16. الطريقة وفقاً للفقرة 17ج16، حيث اللوح الأمامي واللوح الخلفي تكون ألواح زجاجية وتكون الخلية الفائقة مغلفة في طبقة أولفين لدنة حرارياً محصورة بين الألواح الزجاجية.

21ج16. الطريقة وفقاً للفقرة 1ج16، تشتمل على ترتيب الخلية الفائقة في وحدة أولى تشتمل على صندوق وصل في تجهيزة توافق مع صندوق وصل ثاني لوحدة شمسية ثانية.

1د. وحدة شمسية تشتمل على:

مجموعة من الخلايا الفائقة مرتبة في اثنين أو أكثر من الصفوف المتوازية، كل خلية فائقة تشتمل على مجموعة من الخلايا الشمسية المستطيلة أو المستطيلة إلى حد بعيد من السيليكون مرتبة على نفس الخط مع جوانب طويلة من الخلايا الشمسية المجاورة من السيليكون المتداخلة ومرتبطة على نحو توصيلي مباشرة ببعضها البعض لتوصيل الخلايا الشمسية كهربائياً من السيليكون على التوالي؛

حشية تلامس أولى بمأخذ غير ظاهر موجود على السطح الخلفي من خلية شمسية أولى يقع عند موضع متوسط بطول خلية أولى من الخلايا الفائقة؛ و

توصيل بيني كهربائي أول مرتبط على نحو موصل بحشية التلامس الأولى بمأخذ غير ظاهر؛

حيث التوصيل البيني الكهربائي الأول يشتمل على سمة تخفيف إجهاد تستوعب تمدد حراري تفاضلي بين التوصيل البيني والخلية الشمسية من السيليكون المطلوب الارتباط بها.

2د. الوحدة الشمسية وفقاً للفقرة 1د، تشتمل على حشية تلامس ثانية بمأخذ غير ظاهر الموجود على السطح الخلفي من الخلية الشمسية الثانية تقع الخلية الشمسية المجاورة الأولى عند موضع متوسط بطول صف ثاني من الخلايا الفائقة، حيث حشية التلامس الأولى بمأخذ غير ظاهر يكون متصلاً كهربائياً إلى حشية التلامس الثانية بمأخذ غير ظاهر من خلال التوصيل البيني الكهربائي الأول. 5

3د. الوحدة الشمسية وفقاً للفقرة 2د، حيث يمتد التوصيل البيني الكهربائي الأول عبر فراغ بين الخلية الفائقة الأولى والخلية الفائقة الثانية وتكون مرتبطة على نحو موصل بحشية التلامس الثانية بمأخذ غير ظاهر.

4د. الوحدة الشمسية وفقاً للفقرة 1د، تشتمل على حشية تلامس ثانية بمأخذ غير ظاهر الموجود على السطح الخلفي من الخلية الشمسية الثانية تقع في وضع متوسط آخر بطول الواحدة الأولى من الخلايا الفائقة، توصيل بيني كهربائي ثاني مرتبط على نحو موصل بحشية التلامس الثانية بمأخذ غير ظاهر، والصمام الثنائي للتفرع متصل كهربائياً بالتوصيل البيني الكهربائي الأول والتوصيل البيني الكهربائي الثاني على التوازي مع الخلايا الشمسية الموجودة بين حشية التلامس الأولى بمأخذ غير ظاهر وحشية التلامس الثانية بمأخذ غير ظاهر. 10

5د. الوحدة الشمسية وفقاً للفقرة 1د، حيث حشية التلامس الأولى بمأخذ غير ظاهر يكون واحد من مجموعة من حشيات تلامس بمأخذ غير ظاهر مرتب على السطح الخلفي للخلية الشمسية الأولى في صف يمتد بالتوازي مع المحور الطولي من الخلية الشمسية الأولى، والتوصيل البيني الكهربائي الأول وتكون مرتبطة على نحو موصل بكل واحدة من مجموعة من الملامسات وتمتد إلى حد بعيد بطول الخلية الشمسية الأولى بطول المحور الطولي. 15

6د. الوحدة الشمسية وفقاً للفقرة 1د، حيث تقع حشية التلامس الأولى بمأخذ غير ظاهر بجوار جانب قصير من السطح الخلفي للخلية الشمسية الأولى، ولا يمتد التوصيل البيني الكهربائي الأول إلى حد بعيد نحو الداخل من حشية التلامس بمأخذ غير ظاهر بطول المحور الطولي من الخلية الشمسية، ويوفر نمط معدنة السطح الخلفي على الخلية الشمسية الأولى مسار موصل إلى التوصيل البيني له مقاومة اللوح أقل من أو يساوي حوالي 5 أوم للمتر المربع. 20

7د. الوحدة الشمسية وفقاً للفقرة 6د، حيث تكون المقاومة اللوحية أقل من أو تساوي حوالي 2.5 أوم للمتر المربع.

8د. الوحدة الشمسية وفقاً للفقرة 6د، حيث التوصيل البيئي الأول يشتمل على اثنتين من العروات الموضوعة على الجوانب المقابلة لسمة تخفيف الجهد، وتكون واحدة من العروات مرتبطة على نحو موصل بحشية التلامس الأولى بمأخذ غير ظاهر. 5

9د. الوحدة الشمسية وفقاً للفقرة 8د، حيث تكون اثنتان من العروات ذات أطوال مختلفة.

10د. الوحدة الشمسية وفقاً للفقرة 1د، حيث التوصيل البيئي الأول يشتمل على سمات محاذاة تحدد محاذاة مطلوبة ب حشية التلامس الأولى بمأخذ غير ظاهر.

11د. الوحدة الشمسية وفقاً للفقرة 1د، حيث التوصيل البيئي الأول يشتمل على سمات محاذاة تحدد محاذاة مطلوبة بحافة للخلية الفائقة الأولى. 10

12د. الوحدة الشمسية وفقاً للفقرة 1د، مرتبة بطريقة مسقفة متداخلة مع وحدة شمسية أخرى تكون متصلة بها كهربائياً في منطقة متداخلة.

13د. وحدة شمسية تشتمل على:

لوح أمامي من الزجاج؛

15 لوح خلفي؛

مجموعة من الخلايا الفائقة مرتبة في اثنتين أو أكثر من الصفوف المتوازية بين اللوح الأمامي الزجاجي واللوح الخلفي، كل خلية فائقة تشتمل على مجموعة من الخلايا الشمسية المستطيلة أو المستطيلة إلى حد بعيد من السيليكون مرتبة على نفس الخط مع جوانب طويلة من الخلايا الشمسية المجاورة من السيليكون المتداخلة ومرتبطة بمرونة على نحو موصل مباشرة ببعضها البعض لتوصيل الخلايا الشمسية كهربائياً من السيليكون على التوالي؛ و 20

التوصيل البيئي الأول الكهربائي المرن على نحو صلب مرتبط على نحو موصل بخلية أولى من الخلايا الفائقة؛

حيث توفر روابط موصلة مرنة بين الخلايا الشمسية المتداخلة توافق ميكانيكي مع الخلايا الفائقة يستوعب عدم التوافق في التمدد الحراري بين الخلايا الفائقة واللوح الأمامي الزجاجي في اتجاه موازي للصفوف لمدى درجة حرارة يتراوح من حوالي -40° م إلى حوالي 100° م دون إتلاف الوحدة الشمسية؛ و

5 حيث الرابطة الجاسئة الموصلة بين الخلية الفائقة الأولى والتوصيل البيئي الكهربائي المرن الأول يدفع التوصيل البيئي الكهربائي المرن الأول إلى استيعاب عدم التوافق في التمدد الحراري بين الخلية الفائقة الأولى والتوصيل البيئي المرن الأول في اتجاه عمودي على الصفوف لمدى درجة حرارة يتراوح من حوالي -40° م إلى حوالي 180° م دون إتلاف الوحدة الشمسية.

14د. الوحدة الشمسية وفقاً للفقرة 13د، حيث الروابط الموصلة بين الخلايا الشمسية المتجاورة المتداخلة داخل الخلية الفائقة تستخدم مادة لاصقة موصلة مختلفة عن الروابط الموصلة بين الخلية الفائقة والتوصيل البيئي الكهربائي المرن 10

15د. الوحدة الشمسية وفقاً للفقرة 14د، حيث يمكن إنضاج كل من المادة اللاصقة الموصلة في نفس خطوة المعالجة.

16د. الوحدة الشمسية وفقاً للفقرة 13د، حيث الرابطة الموصلة عند جانب واحد من واحدة على الأقل للخلية الشمسية داخل الخلية الفائقة تستخدم مادة لاصقة موصلة مختلفة عن الرابطة الموصلة عند جانبها الآخر 15

17د. الوحدة الشمسية وفقاً للفقرة 16د، حيث يمكن إنضاج كل من المادة اللاصقة الموصلة في نفس خطوة المعالجة.

18د. الوحدة الشمسية وفقاً للفقرة 13د، حيث الروابط الموصلة بين الخلايا الشمسية المتجاورة المتداخلة تستوعب الحركة التفاضلية بين كل خلية واللوح الأمامي الزجاجي تبلغ أكبر من أو يساوي حوالي 15 ميكرون. 20

- 19د. الوحدة الشمسية وفقاً للفقرة 13د، حيث يكون للروابط الموصلة بين الخلايا الشمسية المتجاورة المتداخلة سمك عمودي على الخلايا الشمسية يبلغ أقل من أو يساوي حوالي 50 ميكرون وموصلية حرارية عمودي على الخلايا الشمسية أكبر من أو يساوي حوالي 1.5 واط/ (متر-ك).
- 20د. الوحدة الشمسية وفقاً للفقرة 13د، حيث التوصيل البيني الكهربائي المرن الأول يتحمل التمدد الحراري أو انكماش التوصيل البيني المرن الأول تبلغ أكبر من أو يساوي حوالي 40 ميكرون. 5
- 21د. الوحدة الشمسية وفقاً للفقرة 13د، حيث الجزء من التوصيل البيني الكهربائي المرن الأول مرتبط على نحو موصل بالخلية الفائقة يكون شبيه بشريط، مشكل من نحاس، وله سمك عمودي على سطح الخلية الشمسية يرتبط به يبلغ أقل من أو يساوي حوالي 50 ميكرون.
- 22د. الوحدة الشمسية وفقاً للفقرة 21د، حيث الجزء من التوصيل البيني الكهربائي المرن الأول مرتبط على نحو موصل بالخلية الفائقة يكون شبيه بشريط، مشكل من نحاس، وله سمك عمودي على سطح الخلية الشمسية يرتبط به يبلغ أقل من أو يساوي حوالي 30 ميكرون. 10
- 23د. الوحدة الشمسية وفقاً للفقرة 21د، حيث التوصيل البيني الكهربائي المرن الأول يشتمل على جزء نحاس موصل مدمج غير مرتبط في الخلية الشمسية ويوفر موصلية أعلى من الجزء من التوصيل البيني الكهربائي المرن الأول الذي يكون مرتبط على نحو موصل بالخلية الشمسية.
- 24د. الوحدة الشمسية وفقاً للفقرة 21د، حيث التوصيل البيني الكهربائي المرن الأول له عرض أكبر من أو يساوي حوالي 10 مم في مستوى سطح الخلية الشمسية في اتجاه عمودي على تدفق التيار من خلال التوصيل البيني. 15
- 25د. الوحدة الشمسية وفقاً للفقرة 21د، حيث يكون التوصيل البيني الكهربائي المرن الأول مرتبط على نحو موصل بموصل قريب من الخلية الشمسية يوفر موصلية أعلى من التوصيل البيني الكهربائي الأول. 20
- 26د. الوحدة الشمسية وفقاً للفقرة 13د، مرتبة بطريقة مسقفة متداخلة مع وحدة شمسية أخرى تكون متصلة بها كهربائياً في منطقة متداخلة.
- 27د. وحدة شمسية تشتمل على:

مجموعة من الخلايا الفائقة مرتبة في اثنين أو أكثر من الصفوف المتوازية، كل خلية فائقة تشتمل على مجموعة من الخلايا الشمسية المستطيلة أو المستطيلة إلى حد بعيد من السيليكون مرتبة على نفس الخط مع جوانب طويلة من الخلايا الشمسية المجاورة من السيليكون المتداخلة ومرتبطة على نحو توصيلي مباشرة ببعضها البعض لتوصيل الخلايا الشمسية كهربائياً من السيليكون على التوالي؛ و 5

حشية تلامس بمأخذ غير ظاهر لا يوصل تيار بكمية كبيرة في التشغيل المعتاد الموجود على السطح الخلفي من خلية شمسية أولى؛

حيث الخلية الشمسية الأولى توجد عند موضع متوسط بطول خلية أولى من الخلايا الفائقة في خلية أولى من صفوف الخلايا الفائقة وتكون حشية التلامس بمأخذ غير ظاهر متصلة كهربائياً على التوازي إلى الخلية الشمسية الثانية على الأقل في صف ثاني من صفوف الخلايا الفائقة. 10

28د. الوحدة الشمسية وفقاً للفقرة 27د، تشتمل على توصيل بيني كهربائي مرتبط بحشية التلامس بمأخذ غير ظاهر وتوصيل بيني كهربائياً حشية التلامس بمأخذ غير ظاهر إلى الخلية الشمسية الثانية، حيث التوصيل البيني الكهربائي لا يمتد إلى حد بعيد بطول الخلية الشمسية الأولى ونمط معدنة السطح الخلفي على الخلية الشمسية الأولى يوفر مسار موصلية إلى حشية التلامس بمأخذ غير ظاهر له مقاومة اللوح أقل من أو يساوي حوالي 5 أوم للمتر المربع. 15

29د. الوحدة الشمسية وفقاً للفقرة 27د، حيث تكون مجموعة من الخلايا الفائقة مرتبة في ثلاثة أو أكثر من الصفوف المتوازية التي تمتد بطول عرض للوحدة الشمسية عمودي على الصفوف، وتكون حشية التلامس بمأخذ غير ظاهر متصلة كهربائياً إلى حشية تلامس غير ظاهرة على واحدة على الأقل للخلية الشمسية في كل من صفوف من الخلايا الفائقة للتوصيل كهربائياً صفوف الخلايا الفائقة على التوازي، وتوصيل كبل نقل بيانات واحد على الأقل واحدة على الأقل لحشية التلامس بمأخذ غير ظاهرة أو إلى توصيل بيني بين حشيات تلامس بمأخذ غير ظاهر يوصل إلى صمام ثنائي للتفريع أو جهاز إلكتروني آخر. 20

30د. الوحدة الشمسية وفقاً للفقرة 27د، تشتمل على توصيل بيني كهربائي مرن مرتبط على نحو موصل بحشية التلامس بمأخذ غير ظاهر لتوصيله كهربائياً إلى الخلية الشمسية الثانية، حيث :

الجزء من يكون التوصيل البيني الكهربائي المرن المرتبط على نحو موصل بحشية التلامس بمأخذ غير ظاهر على شكل شريط، مشكل من نحاس، وله سمك عمودي على سطح الخلية الشمسية يرتبط به يبلغ أقل من أو يساوي حوالي 50 ميكرون؛ و

5 الرابطة الموصلة بين حشية التلامس بمأخذ غير ظاهر والتوصيل البيني الكهربائي المرن يدفع التوصيل البيني الكهربائي المرن ليتحمل عدم توافق في التمدد الحراري بين الخلية الشمسية الأولى والتوصيل البيني المرن، ولاستيعاب الحركة النسبية بين الخلية الشمسية الأولى والخلية الشمسية الثانية الناتجة من التمدد الحراري، لمدى درجة حرارة يتراوح من حوالي -40° م إلى حوالي 180° م دون إتلاف الوحدة الشمسية.

31د. الوحدة الشمسية وفقاً للفقرة 27د، حيث في تشغيل الوحدة الشمسية حشية التلامس غير الظاهرة الأولى يمكن أن توصل تيار أكبر من التيار المتولد في أية واحدة من الخلايا الشمسية. 10

32د. الوحدة الشمسية وفقاً للفقرة 27د، حيث السطح الأمامي من الخلية الشمسية الأولى الذي يعلو فوق حشية التلامس الأولى بمأخذ غير ظاهر لا يكون مشغولا بواسطة حشيات التلامس أو أي من سمات التوصيل البيني الأخرى.

33د. الوحدة الشمسية وفقاً للفقرة 27د، حيث أية مساحة من السطح الأمامي من الخلية الشمسية الأولى لا تكون متداخلة بواسطة جزء من الخلية الشمسية المجاورة في الخلية الفائقة الأولى لا يكون مشغولا بواسطة حشيات التلامس أو أي من سمات التوصيل البيني الأخرى. 15

34د. الوحدة الشمسية وفقاً للفقرة 27د، حيث في كل خلية فائقة لا يكون بمعظم الخلايا حشيات تلامس بمأخذ غير ظاهر.

35د. الوحدة الشمسية وفقاً للفقرة 34د، حيث الخلايا التي بها حشيات تلامس بمأخذ غير ظاهر بها مساحة تجمع ضوء أكبر من الخلايا التي ليس بها حشيات تلامس بمأخذ غير ظاهر. 20

36د. الوحدة الشمسية وفقاً للفقرة 27د، مرتبة بطريقة مسقفة متداخلة مع وحدة شمسية أخرى تكون متصلة بها كهربائياً في منطقة متداخلة.

37د. وحدة شمسية تشتمل على:

لوح أمامي من الزجاج؛

لوح خلفي؛

مجموعة من الخلايا الفائقة مرتبة في اثنين أو أكثر من الصفوف المتوازية بين اللوح الأمامي الزجاجي واللوح الخلفي، كل خلية فائقة تشتمل على مجموعة من الخلايا الشمسية المستطيلة أو

5 المستطيلة إلى حد بعيد من السيليكون مرتبة على نفس الخط مع جوانب طويلة من الخلايا

الشمسية المجاورة من السيليكون المتداخلة ومرتبطة بمرونة على نحو موصل مباشرة ببعضها البعض لتوصيل الخلايا الشمسية كهربائياً من السيليكون على التوالي؛ و

التوصيل البيني الأول الكهربائي المرن على نحو صلب مرتبط على نحو موصل بخلية أولى من الخلايا الفائقة؛

10 حيث يتم تشكيل روابط موصلة مرنة بين الخلايا الشمسية المتداخلة من مادة لاصقة أولى و لها معامل قص أقل من أو يساوي حوالي 800 ميغا باسكال؛ و

حيث يتم تشكيل الرابطة الجاسئة الموصلة بين الخلية الفائقة الأولى والتوصيل البيني الكهربائي المرن الأول من مادة لاصقة موصلة ثانية ولها معامل قص تبلغ أكبر من أو يساوي حوالي 2000 ميغا باسكال.

15 38د. الوحدة الشمسية وفقاً للفقرة 37د، حيث تكون المادة اللاصقة الموصلة الأولى والمادة اللاصقة الموصلة الثانية مختلفتين، ويمكن إنضاج كل من المادة اللاصقة الموصلة في نفس خطوة المعالجة

39د. الوحدة الشمسية وفقاً للفقرة 37د، حيث يكون للروابط الموصلة بين الخلايا الشمسية المتجاورة المتداخلة سمك عمودي على الخلايا الشمسية يبلغ أقل من أو يساوي حوالي 50 ميكرون وموصلية حرارية عمودي على الخلايا الشمسية أكبر من أو يساوي حوالي 1.5 واط/ (متر-ك). 20

40د. الوحدة الشمسية وفقاً للفقرة 37د، مرتبة بطريقة مسقفة متداخلة مع وحدة شمسية أخرى تكون متصلة بها كهربائياً في منطقة متداخلة.

- 1هـ. وحدة شمسية تشتمل على: عدد N أكبر من أو يساوي حوالي 150 الخلايا الشمسية المستطيلة أو المستطيلة إلى حد بعيد من السيليكون مرتبة كمجموعة من الخلايا الفائقة في اثنين أو أكثر من الصفوف المتوازية، كل خلية فائقة تشتمل على مجموعة من الخلايا الشمسية من السيليكون مرتبة على نفس الخط مع جوانب طويلة من الخلايا الشمسية المجاورة من السيليكون المتداخلة ومرتبطة على نحو توصيلي ببعضها البعض لتوصيل الخلايا الشمسية كهربائياً من السيليكون على التوالي؛ حيث تكون الخلايا الفائقة متصلة كهربائياً لتوفير فولتية تيار مباشر مرتفعة تبلغ أكبر من أو يساوي حوالي 90 فولط.
- 2هـ. الوحدة الشمسية وفقاً للفقرة 1هـ، تشتمل على واحد أو أكثر من التوصيل البيئي الكهربائي المرن مرتبة للتوصيل كهربائياً مجموعة من الخلايا الفائقة على التوالي لتوفير فولتية التيار المباشر المرتفعة.
- 3هـ. الوحدة الشمسية وفقاً للفقرة 2هـ، تشتمل على إلكترونيات القدرة على مستوى الوحدة يتضمن محول يحول فولتية التيار المباشر المرتفعة إلى فولتية تيار متردد.
- 4هـ. الوحدة الشمسية وفقاً للفقرة 3هـ، حيث الإللكترونيات القدرة على مستوى الوحدة تستشعر فولتية التيار المباشر المرتفعة وتشغل الوحدة عند نقطة قدرة فولتية تيار مثلى.
- 5هـ. الوحدة الشمسية وفقاً للفقرة 1هـ، تشتمل على إلكترونيات القدرة على مستوى الوحدة متصلة كهربائياً إلى أزواج مفردة بجوار صفوف متصلة على التوالي من الخلايا الفائقة، توصيل كهربائياً واحد أو أكثر من أزواج من صفوف من الخلايا الفائقة على التوالي لتوفير فولتية التيار المباشر المرتفعة، وتشتمل على محول يحول فولتية التيار المباشر المرتفعة إلى فولتية تيار متردد.
- 6هـ. الوحدة الشمسية وفقاً للفقرة 5هـ، حيث الإللكترونيات القدرة على مستوى الوحدة تستشعر الفولتية عبر كل زوج مفرد من صفوف من الخلايا الفائقة وتشغل كل زوج مفرد من صفوف من الخلايا الفائقة عند نقطة قدرة فولتية تيار مثلى.
- 7هـ. الوحدة الشمسية وفقاً للفقرة 6هـ، حيث الإللكترونيات القدرة على مستوى الوحدة مفتاح زوج مفرد من صفوف من الخلايا الفائقة من دائرة تزويد فولتية التيار المباشر المرتفعة إذا كانت الفولتية عبر زوج من صفوف أدنى من قيمة حدية.

8هـ. الوحدة الشمسية وفقاً للفقرة 1هـ، تشتمل على إلكترونيات القدرة على مستوى الوحدة متصلة كهربائياً إلى كل صف فردي من الخلايا الفائقة، توصيل كهربائياً اثنين أو أكثر من صفوف الخلايا الفائقة على التوالي لتوفير فولتية التيار المباشر المرتفعة، وتشتمل على محول يحول فولتية التيار المباشر المرتفعة إلى فولتية تيار متردد.

5 9هـ. الوحدة الشمسية وفقاً للفقرة 8هـ، حيث الإللكترونيات القدرة على مستوى الوحدة تستشعر الفولطية عبر كل صف فردي من الخلايا الفائقة وتشغل كل صف فردي من الخلايا الفائقة عند نقطة قدرة فولتية تيار مثلى.

10 10هـ. الوحدة الشمسية وفقاً للفقرة 9هـ، حيث الإللكترونيات القدرة على مستوى الوحدة مفتاح صف فردي من الخلايا الفائقة من دائرة تزويد فولتية التيار المباشر المرتفعة إذا كانت الفولطية عبر الصف من الخلايا الفائقة أدنى من قيمة حدية.

11هـ. الوحدة الشمسية وفقاً للفقرة 1هـ، تشتمل على إلكترونيات القدرة على مستوى الوحدة متصلة كهربائياً إلى كل خلية فائقة فردية، توصيل كهربائياً اثنين أو أكثر من الخلايا الفائقة على التوالي لتوفير فولتية التيار المباشر المرتفعة، وتشتمل على محول يحول فولتية التيار المباشر المرتفعة إلى فولطية تيار متردد.

15 12هـ. الوحدة الشمسية وفقاً للفقرة 11هـ، حيث الإللكترونيات القدرة على مستوى الوحدة تستشعر الفولطية عبر كل خلية فائقة فردية وتشغل كل خلية فائقة فردية عند نقطة قدرة فولتية تيار مثلى.

13هـ. الوحدة الشمسية وفقاً للفقرة 12هـ، حيث الإللكترونيات القدرة على مستوى الوحدة مفتاح خلية فائقة فردية من دائرة تزويد فولتية التيار المباشر المرتفعة إذا كانت الفولطية عبر الخلية الفائقة أدنى من قيمة حدية.

20 14هـ. الوحدة الشمسية وفقاً للفقرة 1هـ، حيث كل خلية فائقة يتم تقسيمها كهربائياً إلى مجموعة من أقسام بواسطة مأخذ غير ظاهرة، تشتمل الوحدة الشمسية على إلكترونيات القدرة على مستوى الوحدة متصلة كهربائياً إلى كل قسم من كل خلية فائقة من خلال المأخذ غير الظاهرة، توصيل كهربائياً لاتنين أو أقسام على التوالي لتوفير فولتية التيار المباشر المرتفعة، وتشتمل على محول يحول فولتية التيار المباشر المرتفعة إلى فولطية تيار متردد.

15هـ. الوحدة الشمسية وفقاً للفقرة 14هـ، حيث الإلكترونيات القدرة على مستوى الوحدة تستشعر الفولطية عبر كل قسم فردي من كل خلية فائقة وتشغل كل قسم فردي عند نقطة قدرة فولتية تيار مثلى.

16هـ. الوحدة الشمسية وفقاً للفقرة 15هـ، حيث الإلكترونيات القدرة على مستوى الوحدة مفتاح قسم فردي من دائرة تزويد فولتية التيار المباشر المرتفعة إذا كانت الفولطية عبر القسم تكون أدنى من قيمة حدية.

17هـ. الوحدة الشمسية وفقاً لأي من الفقرات 4هـ، 6هـ، 9هـ، 12هـ، أو 15هـ، حيث تكون نقطة قدرة تيار الفولتية المثلى تكون أقصى نقطة قدرة تيار - فولطية.

18هـ. الوحدة الشمسية وفقاً لأي من الفقرات 3هـ-17هـ، حيث الإلكترونيات القدرة على مستوى الوحدة تفتقر إلى مكون تعزيز تيار مباشر إلى تيار مباشر.

19هـ. الوحدة الشمسية وفقاً لأي من الفقرات 1هـ-18هـ، حيث N تكون أكبر من أو يساوي حوالي 200، أكبر من أو يساوي حوالي 250، أكبر من أو يساوي حوالي 300، أكبر من أو يساوي حوالي 350، أكبر من أو يساوي حوالي 400، أكبر من أو يساوي حوالي 450، أكبر من أو يساوي حوالي 500، أكبر من أو يساوي حوالي 550، أكبر من أو يساوي حوالي 600 أكبر من أو يساوي حوالي 650، أو أكبر من أو يساوي حوالي 700.

20هـ. الوحدة الشمسية وفقاً لأي من الفقرات 1هـ-19هـ، حيث تكون فولتية التيار المباشر المرتفعة أكبر من أو يساوي حوالي 120 فولط، أكبر من أو يساوي حوالي 180 فولط، أكبر من أو يساوي حوالي 240 فولط، أكبر من أو يساوي حوالي 300 فولط، أكبر من أو يساوي حوالي 360 فولط، أكبر من أو يساوي حوالي 420 فولط، أكبر من أو يساوي حوالي 480 فولط، أكبر من أو يساوي حوالي 540 فولط، أو أكبر من أو يساوي حوالي 600 فولط.

21هـ. نظام شمسي فولطائي ضوئي تشتمل على:

اثنتين أو أكثر من الوحدات الشمسية متصلة كهربائياً على التوازي؛ و

محول؛

- حيث كل وحدة شمسية تشتمل على عدد N أكبر من أو يساوي حوالي 150 الخلايا الشمسية المستطيلة أو المستطيلة إلى حد بعيد من السيليكون مرتبة كمجموعة من الخلايا الفائقة في اثنين أو أكثر من الصفوف المتوازية، كل خلية فائقة في كل وحدة تشتمل على اثنتين أو أكثر من الخلايا الشمسية من السيليكون في أن وحدة مرتبة على نفس الخط مع جوانب طويلة من الخلايا الشمسية المجاورة من السيليكون المتداخلة ومرتبطة على نحو توصيلي ببعضها البعض لتوصيل الخلايا الشمسية كهربائياً من السيليكون على التوالي، وفي كل وحدة تكون الخلايا الفائقة متصلة كهربائياً لتوفير خرج وحدة تيار مباشر بفولطية عالية تبلغ أكبر من أو يساوي حوالي 90 فولط؛ و حيث يكون المحول متصلاً كهربائياً إلى الاثنين أو أكثر من الوحدات الشمسية لتحويل خرج تيارها المباشر عالي الفولتية إلى تيار متردد.
- 10 22هـ. النظام الشمسي الفولطائي ضوئي وفقاً للفقرة 21هـ، حيث كل وحدة شمسية تشتمل على واحد أو أكثر من التوصيلات البينية الكهربائية المرنة مرتبة للتوصيل كهربائياً الخلايا الفائقة في الوحدة الشمسية على التوالي لتوفير خرج تيار مباشر عالي الفولطية للوحدة الشمسية.
- 23هـ. النظام الشمسي الفولطائي ضوئي وفقاً للفقرة 21هـ، يشتمل على الوحدة الشمسية الثالثة على الأقل متصلة كهربائياً على التوالي مع خلية أولى من الاثنين أو أكثر من الوحدات الشمسية المتصلة كهربائياً على التوازي، حيث الوحدة الشمسية الثالثة تشتمل على عدد N أكبر من أو يساوي حوالي 150 الخلايا الشمسية المستطيلة أو المستطيلة إلى حد بعيد من السيليكون مرتبة كمجموعة من الخلايا الفائقة في اثنين أو أكثر من الصفوف المتوازية، كل خلية فائقة في الوحدة الشمسية الثالثة تشتمل على اثنتين أو أكثر من الخلايا الشمسية من السيليكون في أن وحدة مرتبة على نفس الخط مع جوانب طويلة من الخلايا الشمسية المجاورة من السيليكون المتداخلة ومرتبطة على نحو توصيلي ببعضها البعض لتوصيل الخلايا الشمسية كهربائياً من السيليكون على التوالي، وفي الوحدة الشمسية الثالثة تكون الخلايا الفائقة متصلة كهربائياً لتوفير خرج تيار مباشر بفولطية عالية للوحدة يبلغ أكبر من أو يساوي حوالي 90 فولط.
- 24هـ. النظام الشمسي الفولطائي ضوئي وفقاً للفقرة 23هـ، يشتمل على وحدة شمسية رابعة على الأقل متصلة كهربائياً على التوالي مع صف ثاني من الاثنين أو أكثر من الوحدات الشمسية

- المتصلة كهربائياً على التوازي، حيث الوحدة الشمسية الرابعة تشتمل على عدد N أكبر من أو يساوي حوالي 150 الخلايا الشمسية المستطيلة أو المستطيلة إلى حد بعيد من السيليكون مرتبة كمجموعة من الخلايا الفائقة في اثنين أو أكثر من الصفوف المتوازية، كل خلية فائقة في الوحدة الشمسية الرابعة تشتمل على اثنين أو أكثر من الخلايا الشمسية من السيليكون في أن الوحدة المرتبة على نفس الخط مع جوانب طويلة من الخلايا الشمسية المجاورة من السيليكون المتداخلة ومرتبطة على نحو توصيلي ببعضها البعض لتوصيل الخلايا الشمسية كهربائياً من السيليكون على التوالي، وفي الوحدة الشمسية الرابعة تكون الخلايا الفائقة متصلة كهربائياً لتوفير خرج تيار مباشر بفولطية عالية للوحدة يبلغ أكبر من أو يساوي حوالي 90 فولط.
- 25هـ. النظام الشمسي الفولطائي ضوئي وفقاً لل فقرات 21هـ-24هـ، يشتمل على منصهرات مرتبة لمنع حدوث قصر دائرة في أية واحدة من الوحدات الشمسية من تبديد القدرة المتولدة في الوحدات الشمسية الأخرى.
- 26هـ. النظام الشمسي الفولطائي ضوئي وفقاً أي من الفقرات 21هـ-25هـ، يشتمل على صمامات ثنائية للإعاقة مرتبة لمنع حدوث قصر دائرة في أية واحدة من الوحدات الشمسية من تبديد القدرة المتولدة في الوحدات الأخرى من الوحدات الشمسية.
- 27هـ. النظام الشمسي الفولطائي ضوئي وفقاً أي من الفقرات 21هـ-26هـ، يشتمل على كبلات موجبة وسالبة تكون الاثنان أو أكثر من الوحدات الشمسية متصلة كهربائياً بها على التوازي ويكون المحول متصلاً بها كهربائياً.
- 28هـ. النظام الشمسي الفولطائي ضوئي وفقاً أي من الفقرات 21هـ-26هـ، يشتمل على صندوق مجمع تكون الاثنان أو أكثر من الوحدات الشمسية متصلة كهربائياً به بموصل منفصل، يوصل صندوق المجمع كهربائياً الوحدات الشمسية على التوازي.
- 29هـ. النظام الشمسي الفولطائي ضوئي وفقاً للفقرة 28هـ، حيث صندوق المجمع تشتمل على منصهرات مرتبة لمنع حدوث قصر دائرة في أية واحدة من الوحدات الشمسية من تبديد القدرة المتولدة في الوحدات الشمسية الأخرى.

30هـ. النظام الشمسي الفولطائي ضوئي وفقاً للفقرة 28هـ أو الفقرة 29هـ، حيث صندوق المجمع تشتمل على صمامات ثنائية للإعاقة مرتبة لمنع حدوث قصر دائرة في أية واحدة من الوحدات الشمسية من تبديد القدرة المتولدة في الوحدات الأخرى من الوحدات الشمسية.

31هـ. النظام الشمسي الفولطائي ضوئي وفقاً لأي من الفقرات 21هـ-30هـ، حيث يكون المحول 5 مهياً لتشغيل الوحدات الشمسية عند فولتية تيار مباشر أعلى من أدنى قيمة مضبوطة لتجنب إمالة عكسية وحدة.

32هـ. النظام الشمسي الفولطائي ضوئي وفقاً لأي من الفقرات 21هـ-30هـ، حيث يكون المحول مهياً ليتعرف على حالة إمالة عكسية وتشغل الوحدات الشمسية بفولطية تتجنب حالة الإمالة العكسية.

33هـ. الوحدة الشمسية وفقاً لأي من الفقرات 21هـ-32هـ، حيث N تكون أكبر من أو يساوي 10 حوالي 200، أكبر من أو يساوي حوالي 250، أكبر من أو يساوي حوالي 300، أكبر من أو يساوي حوالي 350، أكبر من أو يساوي حوالي 400، أكبر من أو يساوي حوالي 450، أكبر من أو يساوي حوالي 500، أكبر من أو يساوي حوالي 550، أكبر من أو يساوي حوالي 600 أكبر من أو يساوي حوالي 650، أو أكبر من أو يساوي حوالي 700.

34هـ. الوحدة الشمسية وفقاً لأي من الفقرات 21هـ-33هـ، حيث تكون فولتية التيار المباشر 15 المرتفعة أكبر من أو يساوي حوالي 120 فولط، أكبر من أو يساوي حوالي 180 فولط، أكبر من أو يساوي حوالي 240 فولط، أكبر من أو يساوي حوالي 300 فولط، أكبر من أو يساوي حوالي 360 فولط، أكبر من أو يساوي حوالي 420 فولط، أكبر من أو يساوي حوالي 480 فولط، أكبر من أو يساوي حوالي 540 فولط، أو أكبر من أو يساوي حوالي 600 فولط.

35هـ. النظام الشمسي الفولطائي ضوئي وفقاً لأي من الفقرات 21هـ-34هـ، موضوع على أعلى 20 سطح.

36هـ. نظام شمسي فولطائي ضوئي تشتمل على:

وحدة شمسية أولى تشتمل على عدد N أكبر من أو يساوي حوالي 150 الخلايا الشمسية المستطيلة أو المستطيلة إلى حد بعيد من السيليكون مرتبة كمجموعة من الخلايا الفائقة في اثنين أو أكثر من الصفوف المتوازية، كل خلية فائقة تشتمل على مجموعة من الخلايا الشمسية من السيليكون مرتبة على نفس الخط مع جوانب طويلة من الخلايا الشمسية المجاورة من السيليكون المتداخلة ومرتبطة على نحو توصيلي ببعضها البعض لتوصيل الخلايا الشمسية كهربائياً من السيليكون على التوالي؛ و

محول؛

حيث تكون الخلايا الفائقة متصلة كهربائياً لتوفير فولتية تيار مباشر مرتفعة تبلغ أكبر من أو يساوي حوالي 90 فولط إلى المحول، الذي يحول التيار المباشر إلى تيار متردد.

10 37هـ. النظام الشمسي الفولطائي ضوئي وفقاً للفقرة 36هـ، حيث يكون المحول محول دقيق مدمج مع الوحدة الشمسية الأولى.

38هـ. النظام الشمسي الفولطائي ضوئي وفقاً للفقرة 36هـ، حيث الوحدة الشمسية الأولى تشتمل على واحد أو أكثر من التوصيلات البينية الكهربائية المرنة مرتبة للتوصيل كهربائياً الخلايا الفائقة في الوحدة الشمسية على التوالي لتوفير خرج تيار مباشر عالي الفولتية للوحدة الشمسية.

15 39هـ. النظام الشمسي الفولطائي ضوئي وفقاً لأي من الفقرات 36هـ-38هـ، تشتمل على الأقل الوحدة الشمسية الثانية متصلة كهربائياً على التوالي مع الوحدة الشمسية الأولى، حيث الوحدة الشمسية الثانية تشتمل على عدد N' أكبر من أو يساوي حوالي 150 الخلايا الشمسية المستطيلة أو المستطيلة إلى حد بعيد من السيليكون مرتبة كمجموعة من الخلايا الفائقة في اثنين أو أكثر من الصفوف المتوازية، كل خلية فائقة في الوحدة الشمسية الثانية تشتمل على اثنين أو أكثر من الخلايا الشمسية من السيليكون في أن وحدة مرتبة على نفس الخط مع جوانب طويلة من الخلايا الشمسية المجاورة من السيليكون المتداخلة ومرتبطة على نحو توصيلي ببعضها البعض لتوصيل الخلايا الشمسية كهربائياً من السيليكون على التوالي، وفي الوحدة الشمسية الثانية تكون الخلايا الفائقة متصلة كهربائياً لتوفير خرج تيار مباشر بفولتية عالية للوحدة يبلغ أكبر من أو يساوي حوالي 90 فولط.

40هـ. الوحدة الشمسية وفقاً لأي من الفقرات 36هـ-39هـ، حيث يفتقر المحول إلى مكون تعزيز تيار مباشر إلى تيار مباشر.

41هـ. الوحدة الشمسية وفقاً لأي من الفقرات 36هـ-40هـ، حيث N تكون أكبر من أو يساوي حوالي 200، أكبر من أو يساوي حوالي 250، أكبر من أو يساوي حوالي 300، أكبر من أو يساوي حوالي 350، أكبر من أو يساوي حوالي 400، أكبر من أو يساوي حوالي 450، أكبر من أو يساوي حوالي 500، أكبر من أو يساوي حوالي 550، أكبر من أو يساوي حوالي 600 أكبر من أو يساوي حوالي 650، أو أكبر من أو يساوي حوالي 700.

42هـ. الوحدة الشمسية وفقاً لأي من الفقرات 36هـ-41هـ، حيث تكون فولتية التيار المباشر المرتفعة أكبر من أو يساوي حوالي 120 فولط، أكبر من أو يساوي حوالي 180 فولط، أكبر من أو يساوي حوالي 240 فولط، أكبر من أو يساوي حوالي 300 فولط، أكبر من أو يساوي حوالي 360 فولط، أكبر من أو يساوي حوالي 420 فولط، أكبر من أو يساوي حوالي 480 فولط، أكبر من أو يساوي حوالي 540 فولط، أو أكبر من أو يساوي حوالي 600 فولط.

43هـ. وحدة شمسية تشتمل على:

عدد N أكبر من أو يساوي حوالي 250 الخلايا الشمسية المستطيلة أو المستطيلة إلى حد بعيد من السيليكون مرتبة كمجموعة من الخلايا المتصلة على التوالي الفائقة في اثنين أو أكثر من الصفوف المتوازية، كل خلية فائقة تشتمل على مجموعة من الخلايا الشمسية من السيليكون مرتبة على نفس الخط مع جوانب طويلة من الخلايا الشمسية المجاورة من السيليكون المتداخلة ومرتبطة على نحو توصيلي مباشرة مع بعضها البعض بمادة لاصقة موصلة كهربائياً وحرارياً للتوصيل كهربائياً الخلايا الشمسية من السيليكون في الخلية الفائقة على التوالي؛ و

أقل من صمام ثنائي واحد للتفريع لكل 25 الخلايا الشمسية؛

حيث تشكل المادة اللاصقة الموصلة حرارياً وكهربائياً روابط بين خلايا شمسية متجاورة لها سمك عمودي على الخلايا الشمسية يبلغ أقل من أو يساوي حوالي 50 ميكرون وموصلية حرارية عمودي على الخلايا الشمسية أكبر من أو يساوي حوالي 1.5 واط/ (متر-ك).

44هـ. الوحدة الشمسية وفقاً للفقرة 43هـ، حيث تكون الخلايا الفائقة مغلفة في طبقة أولفين لدنة حرارية بين الرقاقة الأمامية والخلفية.

45هـ. الوحدة الشمسية وفقاً للفقرة 43هـ، حيث تكون الخلايا الفائقة مغلفة في بين الرقاقة الأمامية والخلفية الزجاجية.

5 46هـ. الوحدة الشمسية وفقاً للفقرة 43هـ، تشتمل على أقل من صمام ثنائي واحد للتفرع لكل 30 الخلايا الشمسية، أو أقل من صمام ثنائي واحد للتفرع لكل 50 الخلايا الشمسية، أو أقل من صمام ثنائي واحد للتفرع لكل 100 الخلايا الشمسية، أو صمام ثنائي واحد فقط للتفرع، أو لا تشتمل على صمام ثنائي للتفرع.

47هـ. الوحدة الشمسية وفقاً للفقرة 43هـ، لا تشتمل على صمام ثنائي للتفرع، أو صمام ثنائي واحد فقط للتفرع، أو ما لا يزيد عن ثلاثة صمامات ثنائية للتفرع، أو ما لا يزيد عن ستة صمامات ثنائية للتفرع، أو ما لا يزيد عن عشرة صمامات ثنائية للتفرع.

10

48هـ. الوحدة الشمسية وفقاً للفقرة 43هـ، حيث توفر الروابط الموصلة بين الخلايا الشمسية المتداخلة توافق ميكانيكي مع الخلايا الفائقة يستوعب عدم التوافق في التمدد الحراري بين الخلايا الفائقة واللوح الأمامي الزجاجي في اتجاه موازي للصفوف لمدى درجة حرارة يتراوح من حوالي - 40° م إلى حوالي 100° م دون إتلاف الوحدة الشمسية.

15

49هـ. الوحدة الشمسية وفقاً لأي من الفقرات 43هـ-48هـ، حيث تكون أكبر من أو يساوي حوالي 300، أكبر من أو يساوي حوالي 350، أكبر من أو يساوي حوالي 400، أكبر من أو يساوي حوالي 450، أكبر من أو يساوي حوالي 500، أكبر من أو يساوي حوالي 550، أكبر من أو يساوي حوالي 600 أكبر من أو يساوي حوالي 650، أو أكبر من أو يساوي حوالي 700.

50هـ. الوحدة الشمسية وفقاً لأي من الفقرات 43هـ-49هـ، حيث تكون الخلايا الفائقة متصلة كهربائياً لتوفير فولتية تيار مباشر مرتفعة تبلغ أكبر من أو يساوي حوالي 120 فولط، أكبر من أو يساوي حوالي 180 فولط، أكبر من أو يساوي حوالي 240 فولط، أكبر من أو يساوي حوالي 300 فولط، أكبر من أو يساوي حوالي 360 فولط، أكبر من أو يساوي حوالي 420 فولط، أكبر من أو

20

يساوي حوالي 480 فولط، أكبر من أو يساوي حوالي 540 فولط، أو أكبر من أو يساوي حوالي 600 فولط.

51هـ. نظام طاقة شمسية يشتمل على:

الوحدة الشمسية وفقاً للفقرة 43هـ؛ و

5 محول متصل كهربائياً بالوحدة الشمسية ومهيأ لتحويل خرج DC من الوحدة الشمسية لتوفير خرج AC.

52هـ. نظام الطاقة الشمسية وفقاً للفقرة 51هـ، حيث يفتر المحول إلى DC لمكون تقوية تيار DC .

53هـ. نظام الطاقة الشمسية وفقاً للفقرة 51هـ، حيث يكون المحول مهيأ لتشغيل الوحدة الشمسية عند فولتية تيار مباشر أعلى من أدنى قيمة مضبوطة لتجنب إمالة عكسية الخلية الشمسية. 10

54هـ. نظام الطاقة الشمسية وفقاً للفقرة 53هـ، حيث تكون أدنى قيمة فولتية مبنية على درجة الحرارة.

55هـ. نظام الطاقة الشمسية وفقاً للفقرة 51هـ، حيث يكون المحول مهيأ ليتعرف على حالة إمالة عكسية ويشغل الوحدة الشمسية بفولطية تتجنب حالة الإمالة العكسية.

56هـ. نظام الطاقة الشمسية وفقاً للفقرة 55هـ، حيث يكون المحول مهيأ لتشغيل الوحدة الشمسية في أقصى منطقة محلية لمنحنيات قدرة الفولتية- التيار للوحدة الشمسية لتجنب حالة الميل العكسي. 15

57هـ. نظام الطاقة الشمسية وفقاً لأي من الفقرات 51هـ-56هـ، حيث يكون المحول محول دقيق مدمج مع الوحدة الشمسية.

20 1و. طريقة تصنيع الخلايا الشمسية، تشتمل الطريقة على:

تقديم رقاقة الخلية الشمسية بطول سطح مقوس؛ و

تسليط ضغط خوائي بين السطح المقوس والسطح السفلي من رقاقة الخلية الشمسية لثني رقاقة الخلية الشمسية مقابل السطح المقوس ومن ثم شق رقاقة الخلية الشمسية بطول واحد أو أكثر من التي تم تجهيزها مسبقاً خطوط المخطاط لفصل مجموعة من للخلايا الشمسية من رقاقة الخلية الشمسية.

5 2و. الطريقة وفقاً للفقرة 1و، حيث السطح المقوس يكون جزء مقوس من سطح علوي من مشعب خوائي يسلط الضغط الخوائي على السطح السفلي من رقاقة الخلية الشمسية.

3و. الطريقة وفقاً للفقرة 2و، حيث الضغط الخوائي المسلط على السطح السفلي من رقاقة الخلية الشمسية بواسطة المشعب الخوائي يتفاوت بطول اتجاه حركة رقاقة الخلية الشمسية ويكون الأقوى في منطقة المشعب الخوائي التي تتشطر فيها رقاقة الخلية الشمسية.

10 4و. الطريقة وفقاً للفقرة 2و أو الفقرة 3و، تشتمل على نقل رقاقة الخلية الشمسية بطول السطح العلوي المقوس للمشعب الخوائي بسير مثقب، حيث يتم تسليط الضغط الخوائي على السطح السفلي من رقاقة الخلية الشمسية من خلال الثقوب في السير المثقب.

5و. الطريقة وفقاً للفقرة 4و، حيث الثقوب في السير تكون مرتبة بحيث أن الحواف البارزة والخلفية من رقاقة الخلية الشمسية بطول اتجاه الحركة في رقاقة الخلية الشمسية يتعين أن تغطي ثقب واحد على الأقل في السير.

6و. الطريقة وفقاً لأي من الفقرات 2و-5و، تشتمل على تقديم رقاقة الخلية الشمسية بطول منطقة مسطحة من السطح العلوي للمشعب الخوائي للوصول إلى المنطقة المقوسة الانتقالية من السطح العلوي للمشعب الخوائي الذي له تقوس أول، وبعد ذلك تقديم رقاقة الخلية الشمسية في منطقة انشطار السطح العلوي للمشعب الخوائي حيث يتم انشطار رقاقة الخلية الشمسية، يكون لمنطقة انشطار للمشعب الخوائي انحناء ثاني أضيق من الانحناء الأول.

7و. الطريقة وفقاً للفقرة 6و، حيث يتم تحديد انحناء المنطقة الانتقالية بهيئة هندسية متواصلة للانحناء المتزايد.

8و. الطريقة وفقاً للفقرة 7و، حيث يتم تحديد انحناء منطقة انشطار بالهيئة الهندسية المتواصلة للانحناء المتزايد.

9و. الطريقة وفقاً للفقرة 6و، تشتمل على تقديم الخلايا الشمسية المنشطرة في منطقة بعد الانشطار للمشعب الخوائي لها انحناء ثالث أضيق من الانحناء الثاني.

5 10و. الطريقة وفقاً للفقرة 9و، حيث انحناءات المنطقة المقوسة الانتقالية، منطقة انشطار، والمنطقة بعد الانشطار يتم تحديدها بواسطة هيئة هندسية متواصلة واحدة للانحناء المتزايد.

11و. الطريقة وفقاً للفقرة 7و، الفقرة 8و، أو الفقرة 10و، حيث الهيئة الهندسية المتواصلة للانحناء المتزايد تكون شراعية.

10 12و. الطريقة وفقاً لأي من الفقرات 1و-11و، تشتمل على تسليط ضغط خوائي أقوى بين رقاقة الخلية الشمسية والسطح المقوس عند أحد طرفي كل خط نسخ وبعد ذلك عند الطرف المقابل من كل خط نسخ لتوفير توزيع جهد غير متماثل بطول كل خط نسخ يعزز تنوي و انتشار تصدع شق واحد بطول كل خط نسخ.

13و. الطريقة وفقاً لأي من الفقرات 1و-12و، تشتمل على إزالة الخلايا الشمسية المنشطرة من السطح المقوس، حيث حواف الخلايا الشمسية المنشطرة لا تتلامس قبل إزالة من الخلايا الشمسية من السطح المقوس.

15

14و. الطريقة وفقاً لأي من الفقرات 1و-13و، تشتمل على:

النسخ بالليزر خطوط المخطاط على رقاقة الخلية الشمسية؛ و

وضع مادة ربط لاصقة موصلة كهربائياً على أجزاء من سطح علوي من رقاقة الخلية الشمسية قبل شطر رقاقة الخلية الشمسية بطول خطوط المخطاط؛

20 حيث كل خلية شمسية منشطرة تشتمل على جزء من مادة ربط لاصقة موصلة كهربائياً موضوعة بطول حافة منشطرة من سطحها العلوي.

15. الطريقة وفقاً للفقرة 14و، تشتمل على النسخ بالليزر خطوط المخطاط، وبعد ذلك وضع مادة الربط اللاصقة الموصلة كهربائياً.

16. الطريقة وفقاً للفقرة 14و، تشتمل على وضع مادة الربط اللاصقة الموصلة كهربائياً، وبعد ذلك النسخ بالليزر خطوط المخطاط.

5 17. طريقة التصنيع سلسلة للخلايا الشمسية من الخلايا الشمسية المشقوقة المصنوعة بواسطة الطريقة وفقاً لأي من الفقرات 14و-16و، حيث الخلايا الشمسية المنشطرة تكون مستطيلة، تشتمل الطريقة على:

ترتيب مجموعة من الخلايا الشمسية المستطيلة بما يتماشى مع جوانب طويلة من الخلايا الشمسية المستطيلة المتجاورة المتداخلة بطريقة مسقفة مع جزء من مادة ربط لاصقة موصلة كهربائياً موضوعة فيما بين؛ و 10

إنضاج المادة الرابطة الموصلة كهربائياً، من ثم ربط الخلايا الشمسية المستطيلة المتجاورة المتداخلة ببعضها البعض وتوصيلها كهربائياً على التوالي.

18. الطريقة وفقاً لأي من الفقرات 1و-17و، حيث رقاقة الخلية الشمسية تكون مربعة أو رقاقة خلية شمسية من السيليكون المربع الزائف.

15 G1. طريقة التصنيع سلسلة للخلايا الشمسية، تشتمل الطريقة على:

تشكيل نمط معدنة سطح خلفي على كل واحد أو أكثر من الخلايا الشمسية المربعة؛

طباعة استنسل نمط معدنة سطح أمامي كامل على كل من واحدة أو أكثر من الخلايا الشمسية المربعة باستخدام استنسل واحد في خطوة طباعة استنسل واحدة؛

separating كل square الخلية الشمسية into اثنين أو أكثر من الخلايا الشمسية المستطيلة

20 لتكوين من الواحدة أو أكثر من الخلايا الشمسية المربعة مجموعة من الخلايا الشمسية المستطيلة يتضمن كل منها نمط معدنة سطح أمامي كامل ونمط معدنة سطح خلفي؛

ترتيب مجموعة من الخلايا الشمسية المستطيلة بما يتماشى مع جوانب طويلة من الخلايا الشمسية المستطيلة المتجاورة المتداخلة بطريقة مسقفة؛ و

ربط على نحو موصل الخلايا الشمسية المستطيلة في كل زوج من الخلايا الشمسية المستطيلة المتجاورة المتداخلة ببعضها البعض مع مادة رابطة موصلة كهربائياً موضوعة بينها للتوصيل كهربائياً نمط المعدنة للسطح الأمامي لواحدة من الخلايا الشمسية المستطيلة في الزوج إلى نمط معدنة السطح الخلفي للخلايا الشمسية المستطيلة الأخرى في الزوج، من ثم التوصيل كهربائياً لمجموعة من الخلايا الشمسية المستطيلة على التوالي.

G2. الطريقة وفقاً للفقرة G1، حيث جميع أجزاء الاستنسل التي تحدد واحدة أو أكثر من سمات نمط المعدنة للسطح الأمامي على الواحدة أو أكثر من الخلايا الشمسية المربعة يتم تقييدها بالتوصيلات المادية إلى الأجزاء الأخرى من الاستنسل لتمتد في مستوى الاستنسل أثناء طباعة استنسل.

G3. الطريقة وفقاً للفقرة G1، حيث نمط المعدنة للسطح الأمامي على كل خلية شمسية مستطيلة تشتمل على مجموعة من الأصابع الموجهة عمودياً على الجوانب الطويلة من الخلية الشمسية المستطيلة وواحد من الأصابع في نمط المعدنة للسطح الأمامي تكون متصلة مادياً ببعضها البعض بنمط المعدنة للسطح الأمامي.

G4. الطريقة وفقاً للفقرة G3، حيث يكون للأصابع قيم عرض تتراوح من حوالي 10 ميكرون إلى حوالي 90 ميكرون.

G5. الطريقة وفقاً للفقرة G3، حيث يكون للأصابع قيم عرض تتراوح من حوالي 10 ميكرون إلى حوالي 50 ميكرون.

G6. الطريقة وفقاً للفقرة G3، حيث يكون للأصابع قيم عرض تتراوح من حوالي 10 ميكرون إلى حوالي 30 ميكرون.

G7. الطريقة وفقاً للفقرة G3، حيث يكون للأصابع قيم ارتفاع عمودية على السطح الأمامي من الخلية الشمسية المستطيلة تتراوح من حوالي 10 ميكرون إلى حوالي 50 ميكرون.

G8. الطريقة وفقاً للفقرة G3، حيث يكون للأصابع قيم ارتفاع عمودية على السطح الأمامي للخلية الشمسية المستطيلة تتراوح من حوالي 30 ميكرون أو أكبر.

G9. الطريقة وفقاً للفقرة G3، حيث نمط المعدنة للسطح الأمامي على كل خلية شمسية مستطيلة تشتمل على مجموعة من حشيات التلامس مرتبة بالتوازي مع وجوار حافة للجانب الطويل للخلية الشمسية المستطيلة، بحيث توجد كل حشية تلامس عند طرف الأصبع المناظر.

G10. الطريقة وفقاً للفقرة G3، حيث نمط معدنة السطح الخلفي على كل خلية شمسية مستطيلة تشتمل على مجموعة من حشيات التلامس مرتبة في صف بالتوازي مع وجوار حافة للجانب الطويل للخلية الشمسية المستطيلة، وكل زوج من الخلايا الشمسية المستطيلة المتجاورة المتداخلة يكون مرتباً بحيث تكون كل واحدة من حشيات تلامس السطح الخلفي على واحد من الزوج من الخلايا الشمسية المستطيلة متحاذاة مع ومتصلة كهربائياً بأصبع مناظر في نمط المعدنة للسطح الأمامي على الخلية الأخرى من الخلايا الشمسية المستطيلة في الزوج.

G11. الطريقة وفقاً للفقرة G3، حيث نمط معدنة السطح الخلفي على كل خلية شمسية مستطيلة تشتمل على قضيب توصيل يمر بالتوازي مع وجوار حافة للجانب الطويل للخلية الشمسية المستطيلة، وكل زوج من الخلايا الشمسية المستطيلة المتجاورة المتداخلة يكون مرتباً مع قضيب التوصيل على واحد من الزوج من الخلايا الشمسية المستطيلة المتداخلة ومتصلة كهربائياً بالأصابع في نمط المعدنة للسطح الأمامي على الخلية الأخرى من الخلايا الشمسية المستطيلة في الزوج.

G12. الطريقة وفقاً للفقرة G3، حيث :

نمط المعدنة للسطح الأمامي على كل خلية شمسية مستطيلة تشتمل على مجموعة من حشيات التلامس مرتبة بالتوازي مع وجوار حافة للجانب الطويل للخلية الشمسية المستطيلة، بحيث توجد كل حشية تلامس عند طرف الأصبع المناظر؛

نمط معدنة السطح الخلفي على كل خلية شمسية مستطيلة تشتمل على مجموعة من حشيات التلامس مرتبة في صف بالتوازي مع وجوار حافة للجانب الطويل للخلية الشمسية المستطيلة؛ و

كل زوج من الخلايا الشمسية المستطيلة المتجاورة المتداخلة يكون مرتباً بحيث تكون كل واحدة من حشيات تلامس السطح الخلفي على واحد من الزوج من الخلايا الشمسية المستطيلة المتداخلة مع ومتصلة كهربائياً بحشية تلامس مناظرة في نمط المعدنة للسطح الأمامي على الخلية الأخرى من الخلايا الشمسية المستطيلة في الزوج.

5 G13. الطريقة وفقاً للفقرة G12، حيث الخلايا الشمسية المستطيلة في كل زوج من الخلايا الشمسية المستطيلة المتجاورة المتداخلة تكون مرتبطة على نحو موصل ببعضها البعض بأجزاء متميزة من مادة رابطة موصلة كهربائياً موضوعة بين حشيات التلامس المتداخلة للسطح الأمامي والسطح الخلفي.

10 G14. الطريقة وفقاً للفقرة G3، حيث الخلايا الشمسية المستطيلة في كل زوج من الخلايا الشمسية المستطيلة المتجاورة المتداخلة تكون مرتبطة على نحو موصل ببعضها البعض بأجزاء متميزة من مادة رابطة موصلة كهربائياً موضوعة بين الأطراف المتداخلة للأصابع في نمط المعدنة للسطح الأمامي لزوج واحد من الخلايا الشمسية المستطيلة ونمط معدنة السطح الخلفي للزوج الآخر من الخلايا الشمسية المستطيلة.

15 G15. الطريقة وفقاً للفقرة G3، حيث الخلايا الشمسية المستطيلة في كل زوج من الخلايا الشمسية المستطيلة المتجاورة المتداخلة تكون مرتبطة على نحو موصل ببعضها البعض بخط متقطع أو متواصل من مادة رابطة موصلة كهربائياً موضوعة بين الأطراف المتداخلة للأصابع في نمط المعدنة للسطح الأمامي لزوج واحد من الخلايا الشمسية المستطيلة ونمط معدنة السطح الخلفي للزوج الآخر من الخلايا الشمسية المستطيلة، الخط المتواصل أو المتقطع المادة الرابطة الموصلة كهربائياً توصيل بيني كهربائياً لواحد أو أكثر من الأصابع.

20 G16. الطريقة وفقاً للفقرة G3 حيث :

نمط المعدنة للسطح الأمامي على كل خلية شمسية مستطيلة تشتمل على مجموعة من حشيات التلامس مرتبة بالتوازي مع وبجوار حافة الجانب الطويل للخلية الشمسية المستطيلة، بحيث توجد كل حشية تلامس عند طرف الأصبع المناظر؛ و

الخلايا الشمسية المستطيلة في كل زوج من الخلايا الشمسية المستطيلة المتجاورة المتداخلة تكون مرتبطة على نحو موصل ببعضها البعض بأجزاء متميزة من مادة رابطة موصلة كهربائياً موضوعة بين حشيات التلامس في نمط المعدنة للسطح الأمامي لزوج واحد من الخلايا الشمسية المستطيلة ونمط معدنة السطح الخلفي للزوج الآخر من الخلايا الشمسية المستطيلة.

5 G17. الطريقة وفقاً للفقرة G3 حيث :

نمط المعدنة للسطح الأمامي على كل خلية شمسية مستطيلة تشتمل على مجموعة من حشيات التلامس مرتبة بالتوازي مع وجوار حافة للجانب الطويل للخلية الشمسية المستطيلة، بحيث توجد كل حشية تلامس عند طرف الأصبع المناظر؛ و

10 الخلايا الشمسية المستطيلة في كل زوج من الخلايا الشمسية المستطيلة المتجاورة المتداخلة تكون مرتبطة على نحو موصل ببعضها البعض بخط منقطع أو متواصل من مادة رابطة موصلة كهربائياً موضوعة بين حشيات التلامس في نمط المعدنة للسطح الأمامي لزوج واحد من الخلايا الشمسية المستطيلة ونمط معدنة السطح الخلفي للزوج الآخر من الخلايا الشمسية المستطيلة، الخط المتواصل أو المتقطع المادة الرابطة الموصلة كهربائياً توصيل بيني كهربائياً لواحد أو أكثر من الأصابع.

15 18ز. الطريقة وفقاً لأي من الفقرات 1ز-17ز، حيث يتم تكوين نمط المعدنة للسطح الأمامي من معجون فضة.

1ح. طريقة تصنيع مجموعة من للخلايا الشمسية، تشتمل الطريقة على:

ترسيب واحدة أو أكثر من طبقات السيليكون غير المتبلرة لسطح أمامي على سطح أمامي من رقاقة سيليكون بلورية، طبقات السيليكون غير المتبلرة للسطح الأمامي تتم إضاءتها بالضوء في تشغيل الخلايا الشمسية؛

20

ترسيب واحد أو أكثر من طبقات السيليكون غير المتبلرة للسطح الخلفي على السطح الخلفي لرقاقة السيليكون البلورية على الجانب المقابل من لرقاقة السيليكون البلورية من السطح الأمامي؛

- تنميط الواحدة أو أكثر من طبقات السيليكون غير المتبلرة لسطح أمامي لتكوين واحد أو أكثر من سطح أمامي أخاديد في الواحدة أو أكثر من طبقات السيليكون غير المتبلرة لسطح أمامي ؛
- ترسيب طبقة تخميل سطح أمامي فوق الواحدة أو أكثر من طبقات السيليكون غير المتبلرة لسطح أمامي وفي السطح الأمامي أخاديد؛
- 5 تنميط الواحد أو أكثر من طبقات السيليكون غير المتبلرة للسطح الخلفي لتكوين واحد أو أكثر من أخاديد السطح الخلفي في الواحد أو أكثر من طبقات السيليكون غير المتبلرة للسطح الخلفي، كل من واحد أو أكثر من أخاديد السطح الخلفي المشكلة على نفس الخط مع سطح مناظر من السطح الأمامي أخاديد؛
- 10 ترسيب طبقة تخميل سطح خلفي على الواحدة أو أكثر من طبقات السيليكون غير المتبلرة للسطح الخلفي وفي السطح الخلفي أخاديد؛ و
- شطر لرقاقة السيليكون البلورية عند واحد أو أكثر من مستويات الشطر، كل مستوى شطر ممرکز أو إلى حد بعيد ممرکز على زوج مختلف من أخاديد السطح الأمامي والخلفي المناظرة.
- 2ح. الطريقة وفقاً للفقرة 1ح، تشتمل على تكوين الواحد أو أكثر من سطح أمامي أخاديد لاختراق طبقات السيليكون غير المتبلرة للسطح الأمامي لتصل السطح الأمامي لرقاقة السيليكون البلورية.
- 15 3ح. الطريقة وفقاً للفقرة 1ح، تشتمل على تكوين الواحد أو أكثر من أخاديد السطح الخلفي لاختراق الواحد أو أكثر من طبقات السيليكون غير المتبلرة للسطح الخلفي لتصل السطح الخلفي لرقاقة السيليكون البلورية.
- 4ح. الطريقة وفقاً للفقرة 1ح، تشتمل على تكوين طبقة تخميل السطح الأمامي وطبقة تخميل السطح الخلفي من أكسيد موصل شفاف.
- 20 5ح. الطريقة وفقاً للفقرة 1ح، تشتمل على استخدام ليزر لحث إجهاد حراري في لرقاقة السيليكون البلورية لشطر لرقاقة السيليكون البلورية عند الواحد أو أكثر من مستويات الشطر.

6ح. الطريقة وفقاً للفقرة 1ح، تشتمل على شطر ميكانيكياً لرقاقة السيليكون البلورية عند الواحد أو أكثر من مستويات الشطر.

7ح. الطريقة وفقاً للفقرة 1ح، حيث الواحدة أو أكثر من طبقات السيليكون غير المتبلرة للسطح الأمامي تشكل وصلة n-p مع رقاقة سيليكون بلورية.

5 8ح. الطريقة وفقاً للفقرة 7ح، تشتمل على شطر لرقاقة السيليكون البلورية من جانب سطحها الخلفي.

9ح. الطريقة وفقاً للفقرة 1ح، حيث تشكل الواحدة أو أكثر من طبقات السيليكون غير المتبلرة للسطح الخلفي وصلة n-p مع رقاقة سيليكون بلورية.

10 10ح. الطريقة وفقاً للفقرة 9ح، تشتمل على شطر لرقاقة السيليكون البلورية من جانب سطحها الأمامي.

11ح. طريقة تصنيع مجموعة من الخلايا الشمسية، تشتمل الطريقة على:

تكوين واحد أو أكثر من أخاديد في سطح أول من رقاقة سيليكون بلورية؛

ترسيب واحد أو أكثر من طبقات سيليكون غير متبلرة على السطح الأول لرقاقة السيليكون البلورية؛

ترسيب طبقة تخميل في الأخاديد وعلى الواحدة أو أكثر من طبقات سيليكون غير متبلرة على السطح الأول لرقاقة السيليكون البلورية؛

ترسيب واحد أو أكثر من طبقات سيليكون غير متبلرة على سطح ثاني لرقاقة السيليكون البلورية على الجانب المقابل من لرقاقة السيليكون البلورية من السطح الأول؛

شطر لرقاقة السيليكون البلورية عند واحد أو أكثر من مستويات الشطر، كل مستوى شطر ممرکز أو إلى حد بعيد ممرکز على أخدود واحد مختلف من الواحد أو أكثر من الأخاديد.

20 12ح. الطريقة وفقاً للفقرة 11ح، تشتمل على تكوين طبقة التخميد من أكسيد موصل شفاف.

- 13ح. الطريقة وفقاً للفقرة 11ح، تشتمل على باستخدام ليزر لحث إجهاد حراري في لرقاقة السيليكون البلورية لشر لرقاقة السيليكون البلورية عند الواحد أو أكثر من مستويات الشر.
- 14ح. الطريقة وفقاً للفقرة 11ح، تشتمل على شر ميكانيكياً لرقاقة السيليكون البلورية عند الواحد أو أكثر من مستويات الشر.
- 5 15ح. الطريقة وفقاً للفقرة 11ح، حيث تشكل الواحدة أو أكثر من طبقات السيليكون سطح أول غير متبلر وصلة n-p مع رقاقة سيليكون بلورية.
- 16ح. الطريقة وفقاً للفقرة 11ح، حيث الواحدة أو أكثر من طبقات السيليكون البلورية غير المائية الثانية تشكل وصلة n-p مع رقاقة سيليكون بلورية.
- 10 17ح. الطريقة وفقاً للفقرة 11ح، حيث السطح الأول لرقاقة السيليكون البلورية تتم إضاءته بالضوء في تشغيل الخلايا الشمسية.
- 18ح. الطريقة وفقاً للفقرة 11ح، حيث السطح الثاني لرقاقة السيليكون البلورية تتم إضاءته بالضوء في تشغيل الخلايا الشمسية.
- 19ح. مستوى شمسي يشتمل على:
- 15 مجموعة من الخلايا الفائقة، كل خلية فائقة تشتمل على مجموعة من الخلايا الشمسية مرتبة على نفس الخط مع الأجزاء الطرفية من خلايا شمسية متجاورة المتداخلة بطريقة مسقفة ومرتبطة على نحو موصل ببعضها البعض لتوصيل الخلايا الشمسية كهربائياً على التوالي؛
- 20 حيث تتضمن كل خلية شمسية قاعدة سيليكون بلورية، واحدة أو أكثر لسطح أول لطبقات سيليكون غير متبلرة موضوعة على سطح أول لقاعدة السيليكون البلورية لتكوين وصلة n-p، واحدة أو أكثر من طبقات سيليكون غير متبلرة لسطح ثاني موضوعة على السطح الثاني من قاعدة السيليكون البلورية على الجانب المقابل من قاعدة السيليكون البلورية من السطح الأول، وطبقات تخميل تمنع توليفة الحامل عند حواف السطح الأول طبقات سيليكون غير متبلرة، عند حواف السطح الثاني طبقات سيليكون غير متبلرة، أو عند حواف السطح الأول طبقات سيليكون غير متبلرة وحواف السطح الثاني طبقات سيليكون غير متبلرة.

20 ح. اللوح الشمسي وفقاً للفقرة 19 ح، حيث تشتمل طبقات التخميد على أكسيد موصل شفاف.

21 ح. اللوح الشمسي وفقاً للفقرة 19 ح، حيث الخلايا الفائقة تكون مرتبة في صف واحد، أو في اثنين أو أكثر من الصفوف المتوازية، لتكوين سطح أمامي من اللوح الشمسي لتتم إضاءته بواسطة الإشعاع الشمسي أثناء تشغيل اللوح الشمسي.

5 غ1. وحدة شمسية تشتمل على:

عدد N أكبر من أو يساوي حوالي 250 الخلايا الشمسية المستطيلة أو المستطيلة إلى حد بعيد من السيليكون مرتبة كمجموعة من الخلايا المتصلة على التوالي الفائقة في اثنين أو أكثر من الصفوف المتوازية، كل خلية فائقة تشتمل على مجموعة من الخلايا الشمسية من السيليكون مرتبة على نفس الخط مع جوانب طويلة من الخلايا الشمسية المجاورة من السيليكون المتداخلة ومرتبطة على نحو توصيلي مباشرة مع بعضها البعض بمادة لاصقة موصلة كهربائياً وحرارياً للتوصيل كهربائياً الخلايا الشمسية من السيليكون في الخلية الفائقة على التوالي؛ و

واحد أو أكثر من الصمامات الثنائية للتفرع؛

حيث كل زوج من الصفوف المتوازية المتجاورة في الوحدة الشمسية يكون متصلاً كهربائياً بصمام ثنائي للتفرع الذي يكون مرتبط على نحو موصل بملامس كهربائي على السطح الخلفي على الخلية الشمسية الموجودة على نحو مركزي في صف واحد من الزوج ومرتبطة على نحو موصل بملامس كهربائي على السطح الخلفي على خلية شمسية مجاورة في الصف الآخر من الزوج.

غ2. الوحدة الشمسية وفقاً للفقرة 1 غ، حيث كل زوج من الصفوف المتوازية المتجاورة يكون متصلاً كهربائياً بواحد على الأقل من الصمامات الثنائية للتفرع الأخرى الذي يكون مرتبط على نحو موصل بملامس كهربائي على السطح الخلفي على خلية شمسية في صف واحد من الزوج ومرتبطة على نحو موصل بملامس كهربائي على السطح الخلفي على خلية شمسية مجاورة في الصف الآخر من الزوج.

غ3. الوحدة الشمسية وفقاً للفقرة 2 غ، حيث كل زوج من الصفوف المتوازية المتجاورة يكون متصلاً كهربائياً بواحد على الأقل من الصمامات الثنائية للتفرع الأخرى الذي يكون مرتبط على نحو

موصل بملامس كهربائي على السطح الخلفي على خلية شمسية في صف واحد من الزوج ومرتبطة على نحو موصل بملامس كهربائي على السطح الخلفي على خلية شمسية مجاورة في الصف الآخر من الزوج.

5 غ4. الوحدة الشمسية وفقاً للفقرة 1، حيث تشكل المادة اللاصقة الموصلة حرارياً وكهربائياً روابط بين خلايا شمسية متجاورة لها سمك عمودي على الخلايا الشمسية يبلغ أقل من أو يساوي حوالي 50 ميكرون وموصلية حرارية عمودي على الخلايا الشمسية أكبر من أو يساوي حوالي 1.5 واط/ (متر-ك).

5 غ5. الوحدة الشمسية وفقاً للفقرة 1، حيث تكون الخلايا الفائقة مغلفة في طبقة أولفين لدنة حرارية بين الرقاقات الزجاجية الأمامية والخلفية.

10 غ6. الوحدة الشمسية وفقاً للفقرة 1، حيث توفر الروابط الموصلة بين الخلايا الشمسية المتداخلة توافق ميكانيكي مع الخلايا الفائقة يستوعب عدم التوافق في التمدد الحراري بين الخلايا الفائقة واللوح الأمامي الزجاجي في اتجاه موازي للصفوف لمدى درجة حرارة يتراوح من حوالي -40° م إلى حوالي 100° م دون إتلاف الوحدة الشمسية.

15 غ7. الوحدة الشمسية وفقاً لأي من الفقرات 1-6، حيث تكون أكبر من أو يساوي حوالي 300، أكبر من أو يساوي حوالي 350، أكبر من أو يساوي حوالي 400، أكبر من أو يساوي حوالي 450، أكبر من أو يساوي حوالي 500، أكبر من أو يساوي حوالي 550، أكبر من أو يساوي حوالي 600 أكبر من أو يساوي حوالي 650، أو أكبر من أو يساوي حوالي 700.

20 غ8. الوحدة الشمسية وفقاً لأي من الفقرات 1-7، حيث تكون الخلايا الفائقة متصلة كهربائياً لتوفير فولتية تيار مباشر مرتفعة تبلغ أكبر من أو يساوي حوالي 120 فولط، أكبر من أو يساوي حوالي 180 فولط، أكبر من أو يساوي حوالي 240 فولط، أكبر من أو يساوي حوالي 300 فولط، أكبر من أو يساوي حوالي 360 فولط، أكبر من أو يساوي حوالي 420 فولط، أكبر من أو يساوي حوالي 480 فولط، أكبر من أو يساوي حوالي 540 فولط، أو أكبر من أو يساوي حوالي 600 فولط.

9 غ9. نظام طاقة شمسية يشتمل على:

الوحدة الشمسية وفقاً للفقرة غ1؛ و

محول متصل كهربائياً بالوحدة الشمسية ومهيأ لتحويل خرج DC من الوحدة الشمسية لتوفير خرج AC.

غ10. نظام الطاقة الشمسية وفقاً للفقرة غ9، حيث يفتر المحول إلى DC لمكون تقوية تيار DC

5 .

غ11. نظام الطاقة الشمسية وفقاً للفقرة غ9، حيث يكون المحول مهيأ لتشغيل الوحدة الشمسية عند فولتية تيار مباشر أعلى من أدنى قيمة مضبوطة لتجنب إمالة عكسية الخلية الشمسية.

غ12. نظام الطاقة الشمسية وفقاً للفقرة غ11، حيث تكون أدنى قيمة فولتية مبنية على درجة الحرارة.

غ13. نظام الطاقة الشمسية وفقاً للفقرة غ9، حيث يكون المحول مهيأ ليتعرف على حالة إمالة عكسية ويشغل الوحدة الشمسية بفولطية تتجنب حالة الإمالة العكسية.

غ14. نظام الطاقة الشمسية وفقاً للفقرة غ13، حيث يكون المحول مهيأ لتشغيل الوحدة الشمسية في أقصى منطقة محلية لمنحنيات قدرة الفولتية- التيار للوحدة الشمسية لتجنب حالة الميل العكسي.

غ15. نظام الطاقة الشمسية وفقاً لأي من الفقرات غ9-غ14، حيث يكون المحول محول دقيق مدمج مع الوحدة الشمسية.

يُعد هذا الكشف توضيحياً وليس حصرياً. حيث تتضح التعديلات الإضافية للشخص المتمرس في المجال في ضوء هذا الكشف والمقصود منها أن تقع في نطاق مجال عناصر الحماية المرفقة.

عناصر الحماية

1. وحدة شمسية تشتمل على:

مجموعة من الخلايا الفائقة المثبتة في صفين موازيين مادياً أو أكثر، حيث تشتمل كل خلية فائقة على مجموعة من الخلايا الشمسية المثبتة مع خلايا شمسية متجاورة متداخلة ومرتبطة توصيلياً ببعضها لتوصيل مجموعة الخلايا الشمسية ببعضها كهربياً على التوالي، حيث تشتمل كل واحدة من مجموعة الخلايا الشمسية على سطح أمامي ستتم إضاءته بأشعة الشمس أثناء تشغيل الوحدة

وسطح خلفي متمركز في المقابل؛ و

وصلة طرفية أولى أو مجموعة وصلات طرفية أولى تمتد بشكل مستعرض إلى الصفوف لتقوم بتوصيل كل مجموعة خلايا شمسية كهربياً التي تقع عند طرف أول لكل واحد من الصفين الموازيين مادياً أو الأكثر؛ و

10 وصلة طرفية ثانية أو مجموعة وصلات طرفية ثانية تمتد بشكل مستعرض إلى الصفوف لتقوم بتوصيل كل مجموعة خلايا شمسية كهربياً التي تقع عند طرف ثانٍ لكل واحد من الصفين الموازيين مادياً أو الأكثر في مقابل الطرف الأول؛ و

مجموعة من الوصلات الشريطية المخفية التي تمتد بشكل مستعرض إلى الصفوف على طول الأسطح الخلفية للصفين أو الأكثر من الخلايا الشمسية التي تقع في موضع طولي واحد أو أكثر في الصفوف بين الأطراف الأولى والثانية للصفوف، حيث تقوم الوصلات الشريطية المخفية بتوصيل الاثنين أو الأكثر من مجموعة الخلايا الشمسية كهربياً التي تقع في نفس الموضع الطولي الواحد أو الأكثر في كل صف؛ و

مجموعة من الصمامات الثنائية التحويلية؛

حيث تقوم الوصلة الطرفية الأولى أو مجموعة الوصلات الطرفية الأولى، والوصلة الطرفية الثانية

20 أو مجموعة الوصلات الطرفية الثانية، ومجموعة الوصلات الشريطية المخفية بتقسيم كل صف

كهربياً إلى جزأين طوليين أو أكثر وتوصيل كهربياً أجزاء الصفوف المتجاورة في الصفوف

المتجاورة على التوازي لتشكيل اثنتين أو أكثر من مجموعات أجزاء الصفوف؛ و

حيث يتم توصيل كل واحدة من مجموعتي أجزاء الصفوف أو الأكثر كهربياً على التوازي بصمام مختلف من الصمامات الثنائية التحويلية.

2. الوحدة الشمسية وفقاً لعنصر الحماية 1، حيث يشتمل كل واحد من الصفيين الموازيين مادياً أو الأكثر على اثنتين أو أكثر من الخلايا الفائقة المتصلة كهربياً على التوالي.

3. الوحدة الشمسية وفقاً لعنصر الحماية 1، حيث:

- 5 يشتمل كل واحد من الصفيين الموازيين مادياً أو الأكثر على خلية فائقة واحدة فقط؛
تقوم الوصلة الطرفية الأولى أو مجموعة الوصلات الطرفية الأولى، والوصلة الطرفية الثانية أو مجموعة الوصلات الطرفية الثانية، ومجموعة الوصلات الشريطية المخفية بتقسيم كل خلية فائقة كهربياً إلى جزأين طويلين أو أكثر وتوصيل كهربياً أجزاء الخلية الفائقة المتجاورة في الصفوف المتجاورة على التوازي لتشكيل اثنتين أو أكثر من مجموعات أجزاء الخلية الفائقة؛ و
10 يتم توصيل كل واحدة من مجموعتي أجزاء الخلية الفائقة أو الأكثر كهربياً على التوازي بصمام مختلف من الصمامات الثنائية التحويلية.

4. الوحدة الشمسية وفقاً لعنصر الحماية 1، حيث تمتد وصلة طرفية أولى واحدة بشكل مستعرض إلى الصفوف لتوصيل كهربياً كل واحدة من مجموعة الخلايا الشمسية التي تقع عند الطرف الأول من كل صف.
- 15

5. الوحدة الشمسية وفقاً لعنصر الحماية 1، حيث تمتد مجموعة من الوصلات الطرفية الأولى بشكل مستعرض إلى الصفوف لتوصيل كهربياً كل واحدة من مجموعة الخلايا الشمسية التي تقع عند الطرف الأول من كل صف.

20

6. الوحدة الشمسية وفقاً لعنصر الحماية 1، حيث أنه عند كل واحد من الموضع الطولي الواحد أو الأكثر، تمتد وصلة شريطية مخفية واحدة بشكل مستعرض إلى الصفوف على طول الأسطح الخلفية للاثنتين أو الأكثر من مجموعة الخلايا الشمسية لتوصيل كهربياً الاثنتين أو الأكثر من مجموعة الخلايا الشمسية التي تقع في ذلك الموضع الطولي في كل صف.

25

7. الوحدة الشمسية وفقًا لعنصر الحماية 1، حيث تقع الصمامات الثنائية التحويلية على طول واحدة أو أكثر من الحواف الطرفية للوحدة الشمسية.

8. الوحدة الشمسية وفقًا لعنصر الحماية 1، حيث تقع الصمامات الثنائية التحويلية خلف واحدة أو أكثر من الخلايا الفائقة. 5

9. الوحدة الشمسية وفقًا لعنصر الحماية 1، حيث تقع الصمامات الثنائية التحويلية في مستوى الخلايا الفائقة.

10. الوحدة الشمسية وفقًا لعنصر الحماية 1، حيث تقع الصمامات الثنائية التحويلية بين الصفوف المتجاورة من الخلايا الفائقة. 10

11. الوحدة الشمسية وفقًا لعنصر الحماية 1، حيث تقع الصمامات الثنائية التحويلية على طول خط منتصف الوحدة والذي يكون باتجاه موازي لصفوف الخلايا الفائقة. 15

12. الوحدة الشمسية وفقًا لعنصر الحماية 1، حيث تكون الصمامات الثنائية التحويلية في صندوق توصيل يقع على سطح خلفي للوحدة الشمسية غير المضاء بشكل مباشر بأشعة الشمس أثناء تشغيل الوحدة الشمسية.

13. الوحدة الشمسية وفقًا لعنصر الحماية 1، حيث: 20

يشتمل كل واحد من الصفيين الموازين ماديًا أو الأكثر على خلية فائقة واحدة فقط؛ و
وصلة طرفية أولى واحدة تمتد بشكل مستعرض إلى الصفوف لتوصيل كهربيًا الخلايا الشمسية
الطرفية من مجموعة الخلايا الشمسية في كل خلية فائقة عند الطرف الأول لكل صف؛ و
وصلة طرفية ثانية واحدة تمتد بشكل مستعرض إلى الصفوف لتوصيل كهربيًا الخلايا الشمسية
الطرفية من مجموعة الخلايا الشمسية في كل خلية فائقة عند الطرف الثاني لكل صف؛ و 25

عند كل واحد من الموضع الطولي الواحد أو الأكثر، تمتد وصلة شريطية مخفية واحدة بشكل مستعرض إلى الصفوف على طول الأسطح الخلفية للثنتين أو الأكثر من مجموعة الخلايا الشمسية لتوصيل كهربياً الاثنين أو الأكثر من مجموعة الخلايا الشمسية التي تقع في ذلك الموضع الطولي في كل صف؛ و

- 5 تقوم الوصلة الطرفية الأولى أو مجموعة الوصلات الطرفية الأولى، والوصلة الطرفية الثانية أو مجموعة الوصلات الطرفية الثانية، ومجموعة الوصلات الشريطية المخفية بتقسيم كل خلية فائقة كهربياً إلى جزأين طوليين أو أكثر وتوصيل كهربياً أجزاء الخلية الفائقة المتجاورة في الصفوف المتجاورة على التوازي لتشكيل اثنتين أو أكثر من مجموعات أجزاء الخلية الفائقة؛ و يتم توصيل كل واحدة من مجموعتي أجزاء الخلية الفائقة أو الأكثر كهربياً على التوازي بصمام مختلف من الصمامات الثنائية التحويلية.
- 10

14. الوحدة الشمسية وفقاً لعنصر الحماية 13، حيث تقع الصمامات الثنائية التحويلية على طول واحدة أو أكثر من الحواف الطرفية للوحدة الشمسية.

15. الوحدة الشمسية وفقاً لعنصر الحماية 13، حيث تقع الصمامات الثنائية التحويلية على طول خط منتصف الوحدة والذي يكون باتجاه موازي لصفوف الخلايا الفائقة.
- 15

16. وحدة شمسية تشتمل على:

- مجموعة من الخلايا الفائقة المثبتة في صفين موازيين مادياً أو أكثر، حيث تشتمل كل خلية فائقة على مجموعة من الخلايا الشمسية المثبتة بالتوازي مع خلايا شمسية متجاورة متداخلة ومرتبطة توصيلياً ببعضها لتوصيل مجموعة الخلايا الشمسية ببعضها كهربياً على التوالي، حيث تشتمل كل واحدة من مجموعة الخلايا الشمسية على سطح أمامي ستم إضاءته بأشعة الشمس أثناء تشغيل الوحدة ووسط خلفي متمركز في المقابل؛ و
- 20

وصلة طرفية أولى أو مجموعة وصلات طرفية أولى تمتد بشكل مستعرض إلى الصفوف لتقوم

- بتوصيل كل مجموعة خلايا شمسية كهربياً التي تقع عند طرف أول لكل واحد من الصفين
- 25

الموازيين مادياً أو الأكثر؛ و

- وصلة طرفية ثانية أو مجموعة وصلات طرفية ثانية تمتد بشكل مستعرض إلى الصفوف لتقوم بتوصيل كل مجموعة خلايا شمسية كهربيًا التي تقع عند طرف ثانٍ لكل واحد من الصفيين الموازيين ماديًا أو الأكثر في مقابل الطرف الأول؛ و
- وصلة شريطية مخفية أولى أو مجموعة من الوصلات الشريطية المخفية الأولى تمتد بشكل مستعرض إلى الصفوف على طول الأسطح الخلفية من الاثنتين أو الأكثر من مجموعة الخلايا الشمسية التي تقع في موضع طولي أول في الصفوف بين الطرف الأول والطرف الثاني للصفوف، حيث تقوم الوصلة الشريطية المخفية الأولى أو مجموعة الوصلات الشريطية المخفية الأولى بتوصيل كهربيًا الاثنتين أو الأكثر من مجموعة الخلايا الشمسية التي تقع عند الموضع الطولي الأول في كل صف؛ و
- 5
- وصلة شريطية مخفية ثانية أو مجموعة من الوصلات الشريطية المخفية الثانية تمتد بشكل مستعرض إلى الصفوف على طول الأسطح الخلفية من الاثنتين أو الأكثر من مجموعة الخلايا الشمسية التي تقع في موضع طولي ثانٍ في الصفوف بين الطرف الأول والطرف الثاني للصفوف، حيث تقوم الوصلة الشريطية المخفية الثانية أو مجموعة الوصلات الشريطية المخفية الثانية بتوصيل كهربيًا الاثنتين أو الأكثر من مجموعة الخلايا الشمسية التي تقع عند الموضع الطولي الثاني في كل صف؛ و
- 10
- صمام ثنائي تحويلي أول متصل كهربيًا بين الوصلة الطرفية الأولى أو مجموعة الوصلات الطرفية الأولى والوصلة الشريطية المخفية الأولى أو مجموعة الوصلات الشريطية المخفية الأولى؛ و صمام ثنائي تحويلي ثانٍ متصل كهربيًا بين الوصلة الشريطية المخفية الأولى أو مجموعة الوصلات الشريطية المخفية الأولى والوصلة الشريطية المخفية الثانية أو مجموعة الوصلات الشريطية المخفية الثانية؛ و
- 15
- صمام ثنائي تحويلي ثالث متصل كهربيًا بين الوصلة الشريطية المخفية الثانية أو مجموعة الوصلات الشريطية المخفية الثانية والوصلة الطرفية الثانية أو مجموعة الوصلات الطرفية الثانية.
- 20
17. الوحدة الشمسية وفقًا لعنصر الحماية 16، حيث يشتمل كل واحد من الصفيين الموازيين ماديًا أو الأكثر على اثنتين أو أكثر من الخلايا الفائقة المتصلة كهربيًا على التوالي.
- 25

18. الوحدة الشمسية وفقاً لعنصر الحماية 16، حيث يشتمل كل واحد من الصفين الموازيين مادياً أو الأكثر على خلية فائقة واحدة فقط.

19. الوحدة الشمسية وفقاً لعنصر الحماية 18، حيث؛

- 5 تمتد وصلة طرفية أولى واحدة بشكل مستعرض إلى الصفوف لتوصيل كهربياً الخلايا الشمسية الطرفية من مجموعة الخلايا الشمسية في كل خلية فائقة عند الطرف الأول لكل صف؛ و تمتد وصلة طرفية ثانية واحدة بشكل مستعرض إلى الصفوف لتوصيل كهربياً الخلايا الشمسية الطرفية من مجموعة الخلايا الشمسية في كل خلية فائقة عند الطرف الثاني لكل صف؛ و تمتد وصلة شريطية مخفية أولى مفردة بشكل مستعرض إلى الصفوف على طول الأسطح الخلفية للصفين أو الأكثر من الخلايا الشمسية التي تقع في الموضع الطولي الأول في الصفوف بين الأطراف الأولى والثانية للصفوف، حيث تقوم الوصلات الشريطية المخفية بتوصيل الاثنين أو الأكثر من مجموعة الخلايا الشمسية كهربياً التي تقع في الموضع الطولي الأول في كل صف؛ و وصلة شريطية مخفية ثانية واحدة تمتد بشكل مستعرض إلى الصفوف على طول الأسطح الخلفية من الاثنين أو الأكثر من مجموعة الخلايا الشمسية التي تقع في موضع طولي ثانٍ في الصفوف بين الطرف الأول والطرف الثاني للصفوف، حيث تقوم الوصلة الشريطية المخفية الثانية الواحدة بتوصيل كهربياً الاثنين أو الأكثر من مجموعة الخلايا الشمسية التي تقع عند الموضع الطولي الثاني في كل صف.
- 10
- 15

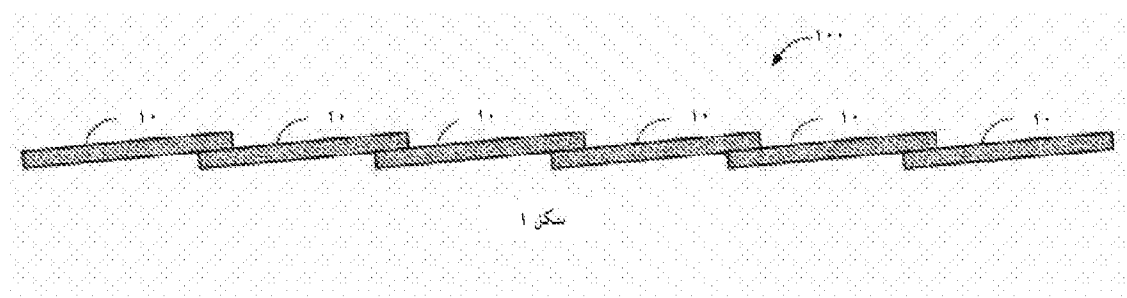
20. وحدة شمسية تشتمل على:

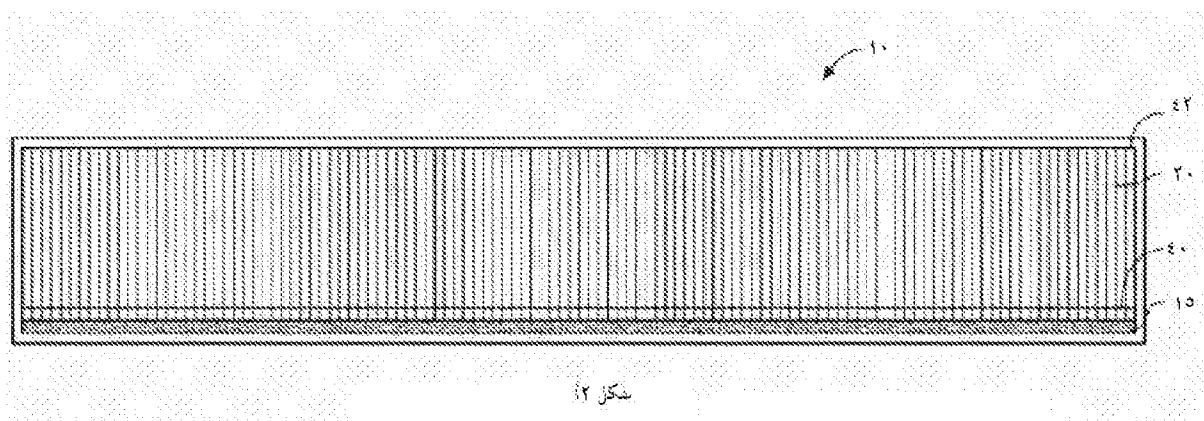
- 20 مجموعة من الخلايا الفائقة المثبتة في صفين موازيين مادياً أو أكثر، حيث تشتمل كل خلية فائقة على مجموعة من الخلايا الشمسية المثبتة مع خلايا شمسية متجاورة متداخلة ومرتبطة توصيلياً ببعضها لتوصيل الخلايا الشمسية ببعضها كهربياً على التوالي، حيث تشتمل كل واحدة من مجموعة الخلايا الشمسية على سطح أمامي ستنم إضاءته بأشعة الشمس أثناء تشغيل الوحدة و سطح خلفي متمركز في المقابل؛ و
- 25 مجموعة من الوصلات الشريطية المخفية التي تمتد بشكل مستعرض إلى الاثنين أو الأكثر من الصفوف الموازية مادياً على طول الأسطح الخلفية للاثنين أو الأكثر من مجموعة الخلايا

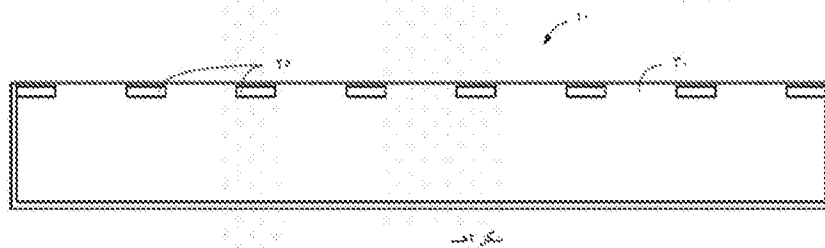
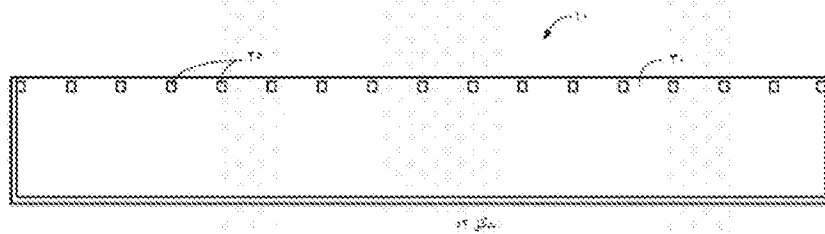
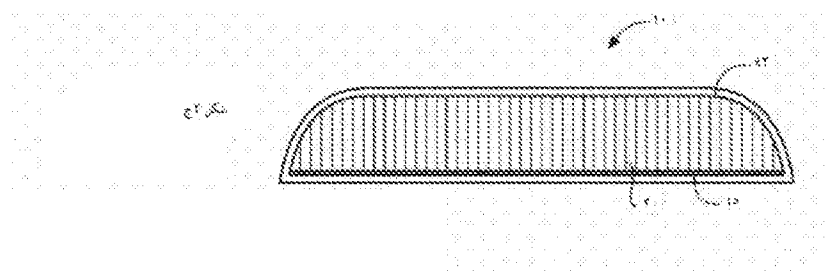
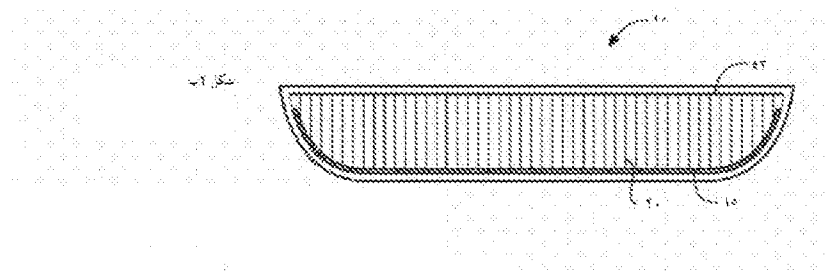
الشمسية، حيث تقوم مجموعة الوصلات الشريطية المخفية بتوصيل كهربياً الاثنتين أو الأكثر من مجموعة الخلايا الشمسية التي تقع على طول كل واحدة من مجموعة الوصلات الشريطية المخفية لتقسيم كهربياً كل واحدة من مجموعة الخلايا الفائقة إلى مجموعة من الأجزاء المتصلة على التوالي مع الأجزاء المتصلة على التوالي المتجاورة المتصلة كهربياً على التوازي؛ و

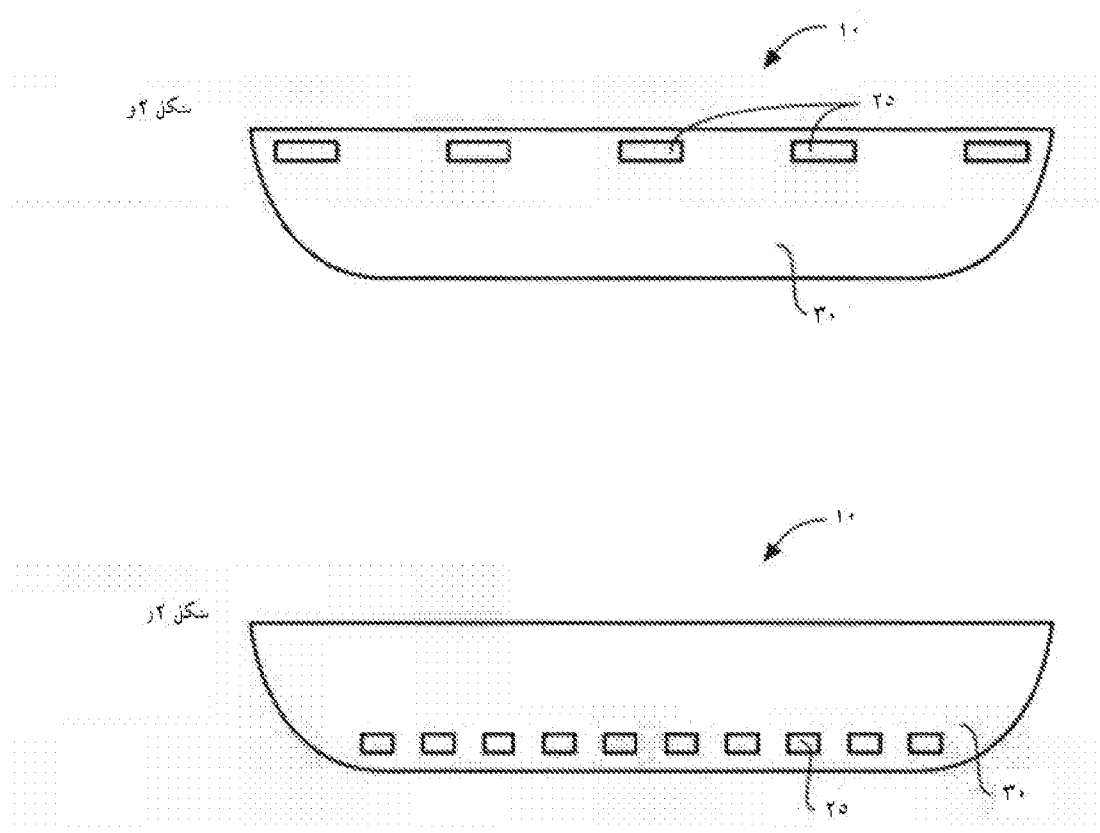
5 وصلة طرفية أولى تمتد بشكل مستعرض إلى الصفوف لتقوم بتوصيل كل مجموعة خلايا شمسية كهربياً التي تقع عند طرف أول لكل واحد من الصفين الموازيين مادياً أو الأكثر؛ و
وصلة طرفية ثانية تمتد بشكل مستعرض إلى الصفوف لتقوم بتوصيل كل مجموعة خلايا شمسية كهربياً التي تقع عند طرف ثانٍ لكل واحد من الصفين الموازيين مادياً أو الأكثر في مقابل الطرف الأول؛ و

10 مجموعة من الصمامات الثنائية التحويلية؛ و
حيث تقوم الوصلة الطرفية الأولى، والوصلة الطرفية الثانية، ومجموعة الوصلات الشريطية المخفية معاً بتقسيم كل صف كهربياً إلى جزأين طوليين أو أكثر وتوصيل كهربياً أجزاء الصفوف المتجاورة في الصفوف المتجاورة على التوازي لتشكيل اثنتين أو أكثر من مجموعات أجزاء الصفوف؛ و
حيث يتم توصيل كل واحدة من مجموعتي أجزاء الصفوف أو الأكثر كهربياً على التوازي بصمام
15 مختلف من الصمامات الثنائية التحويلية.

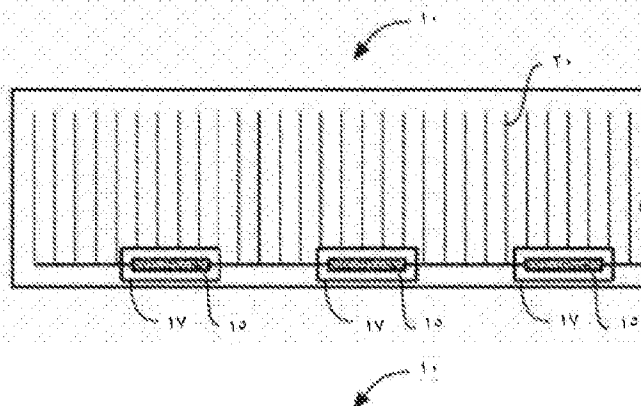




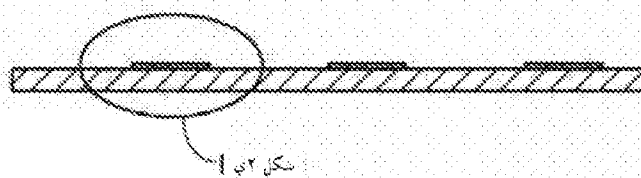




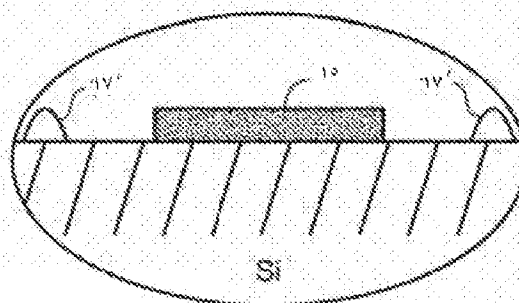
شکل ۲ ج



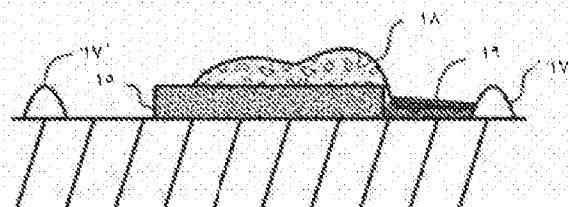
شکل ۲ ط

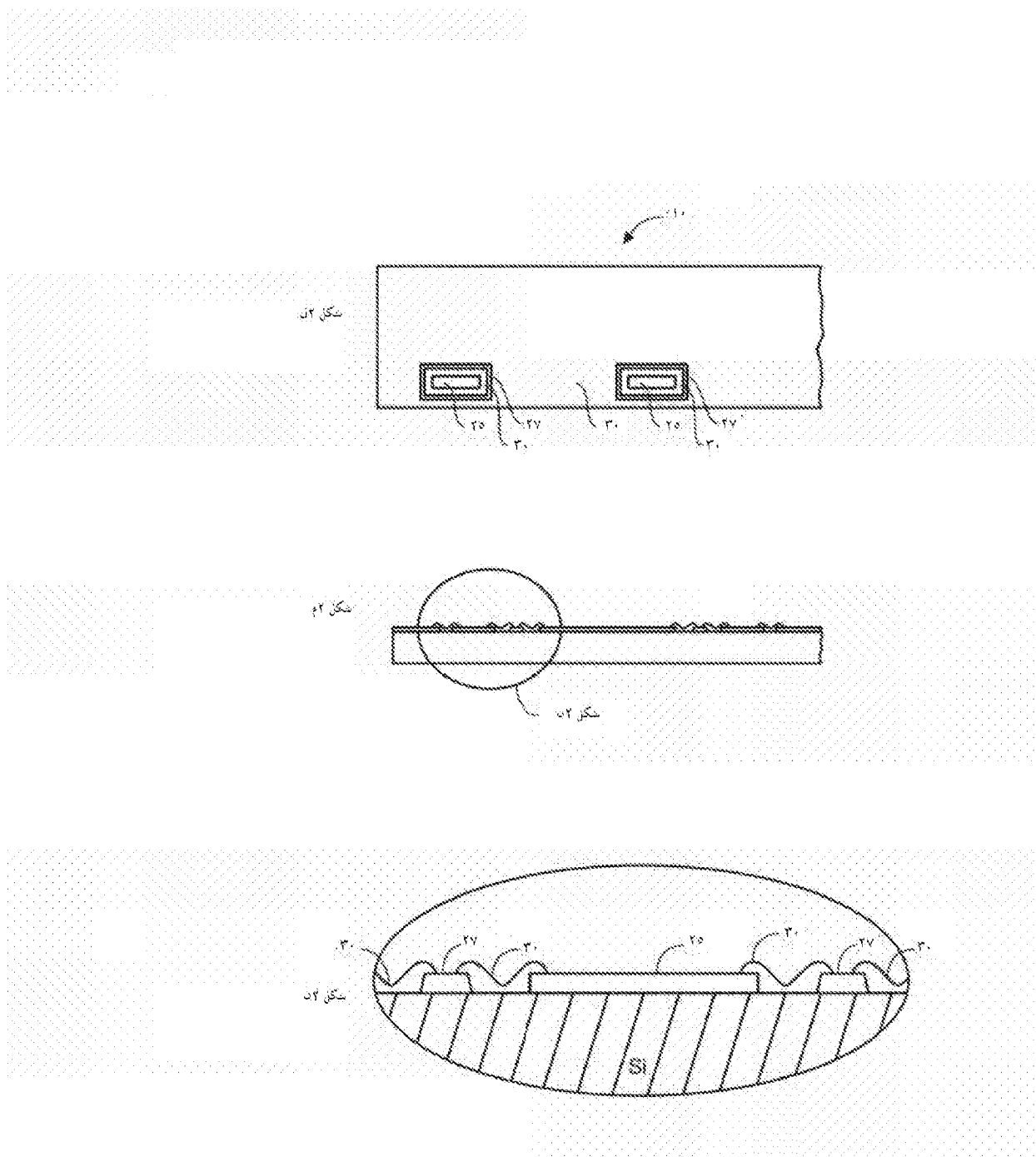


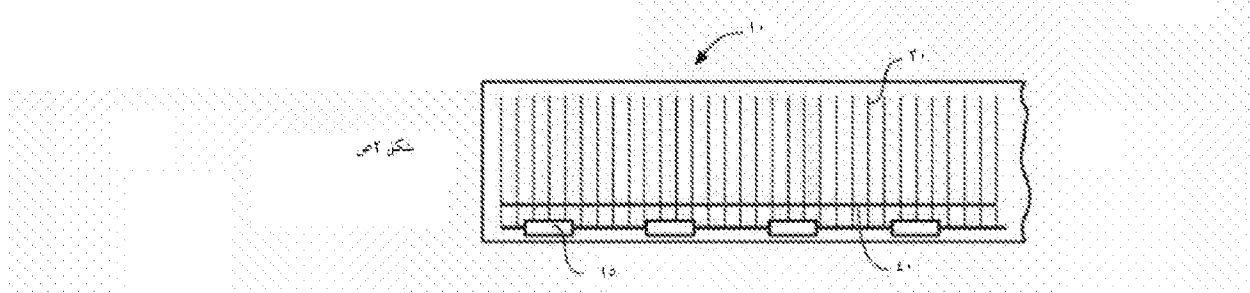
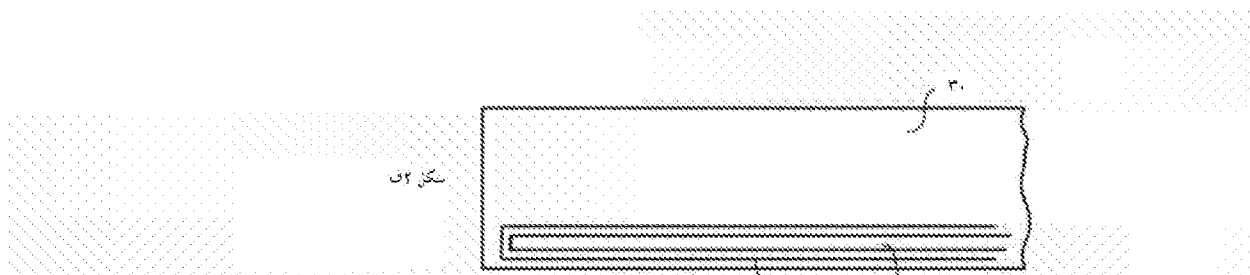
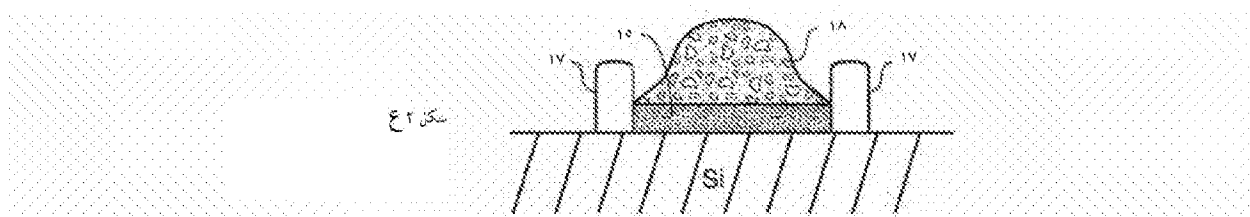
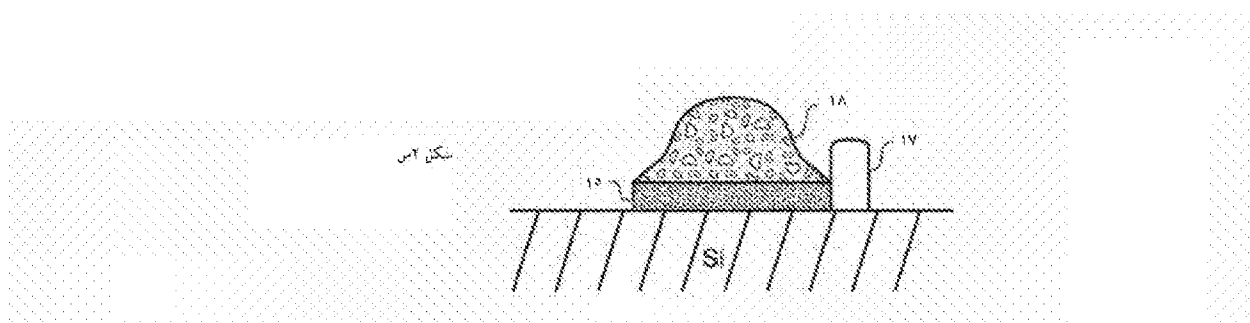
شکل ۲ ق

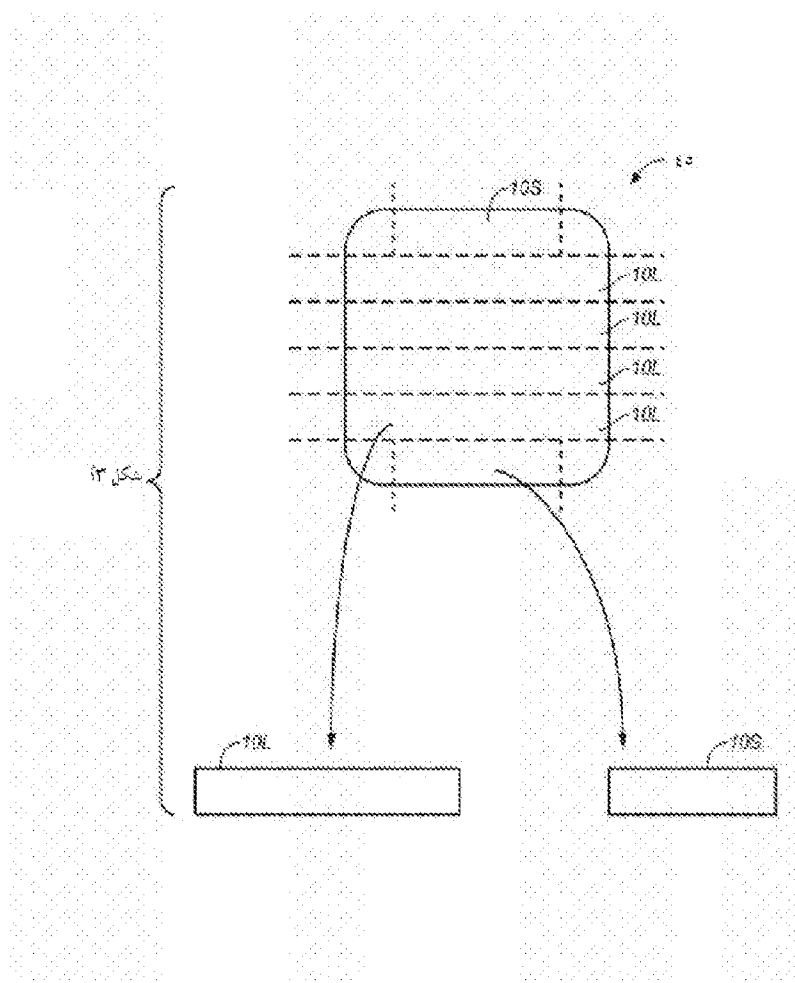


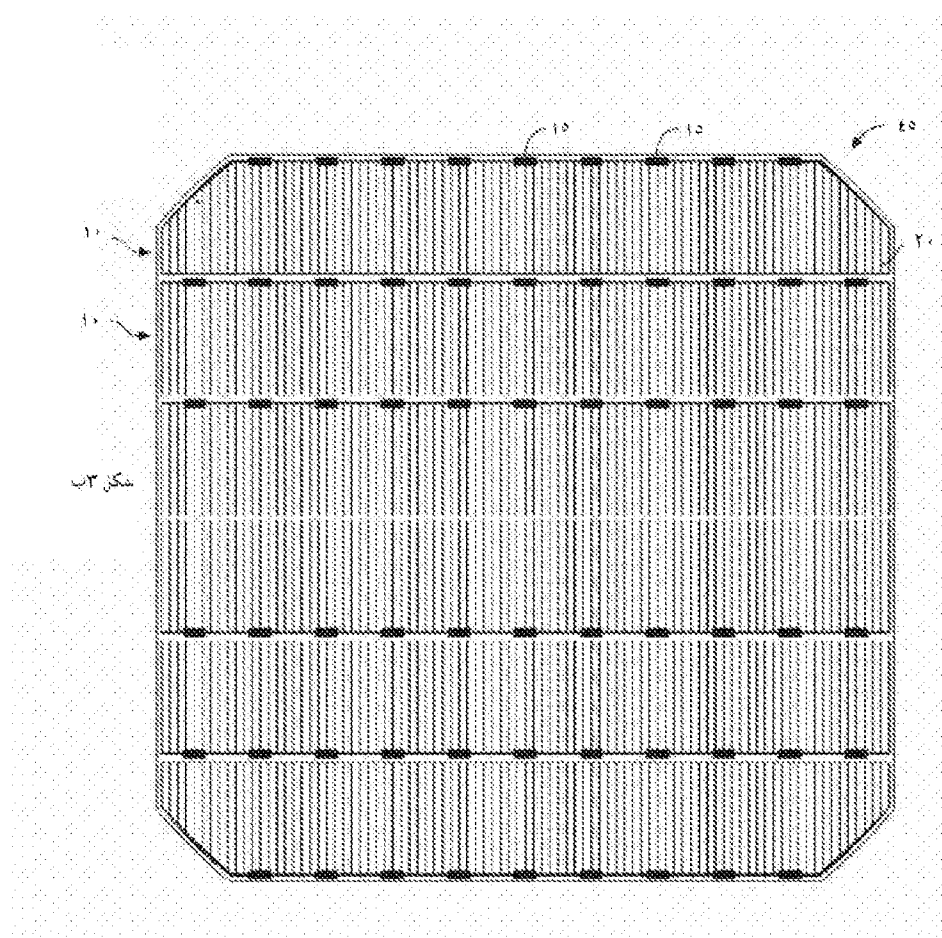
شکل ۲ ك

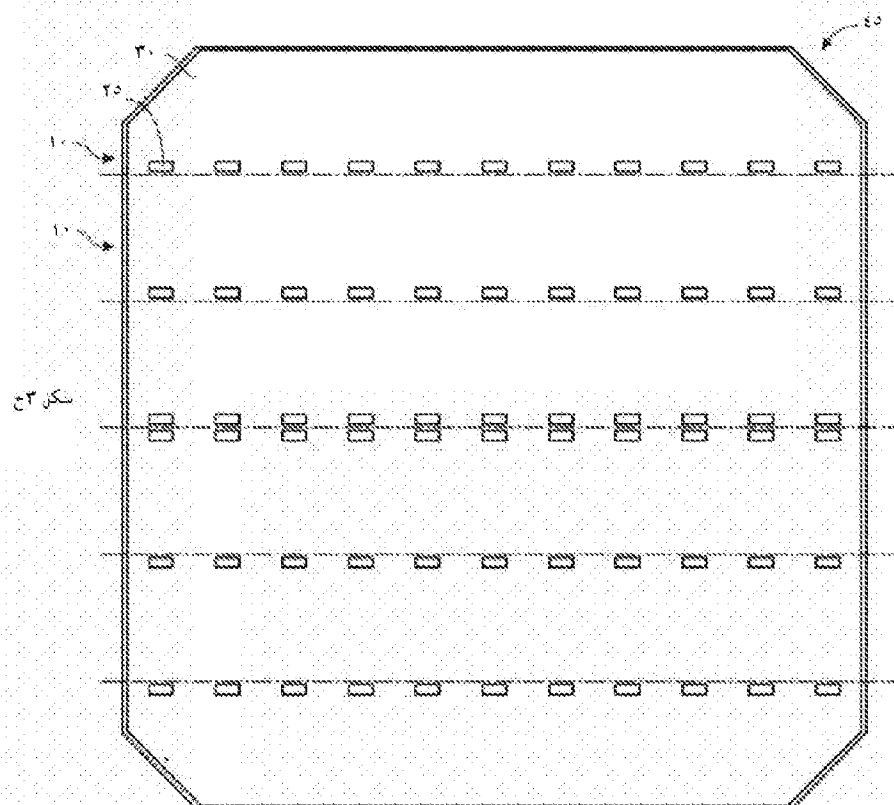


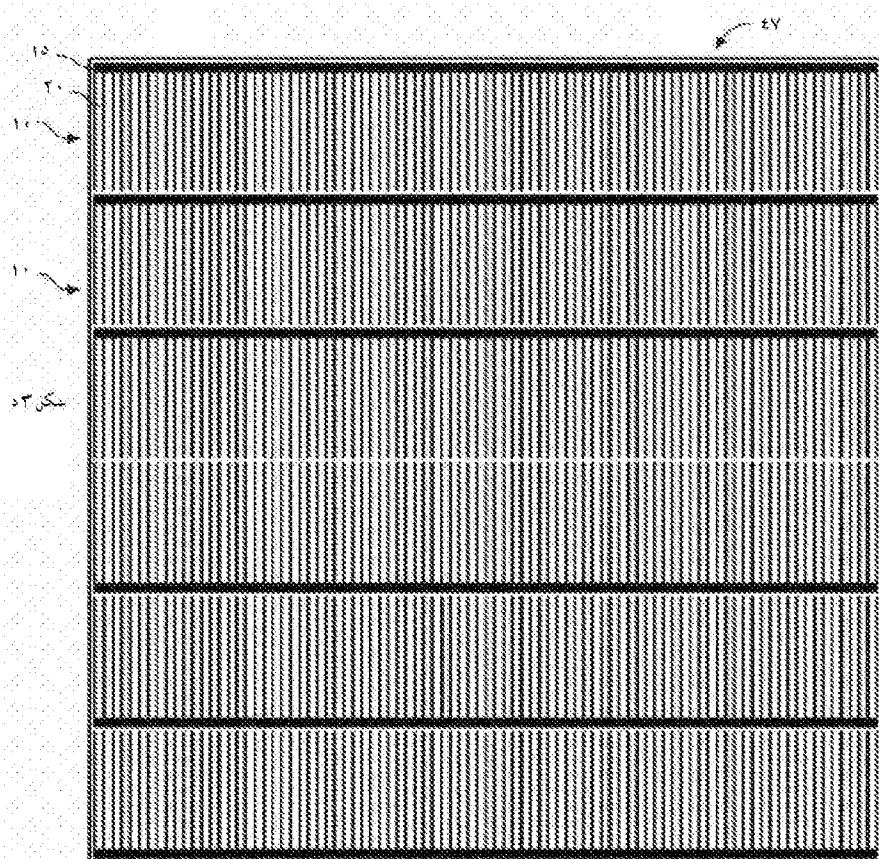


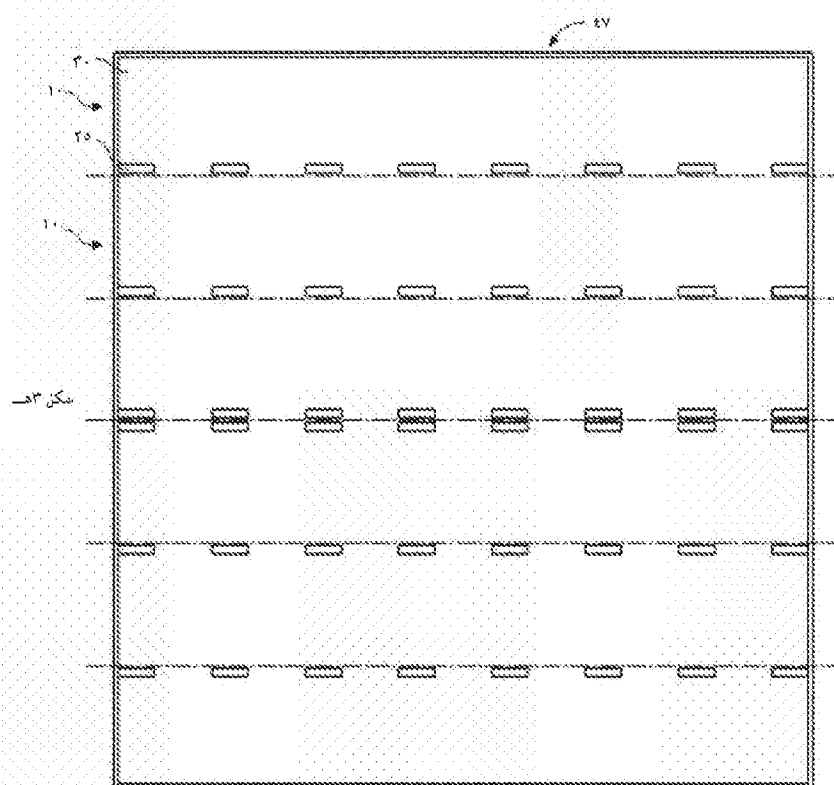


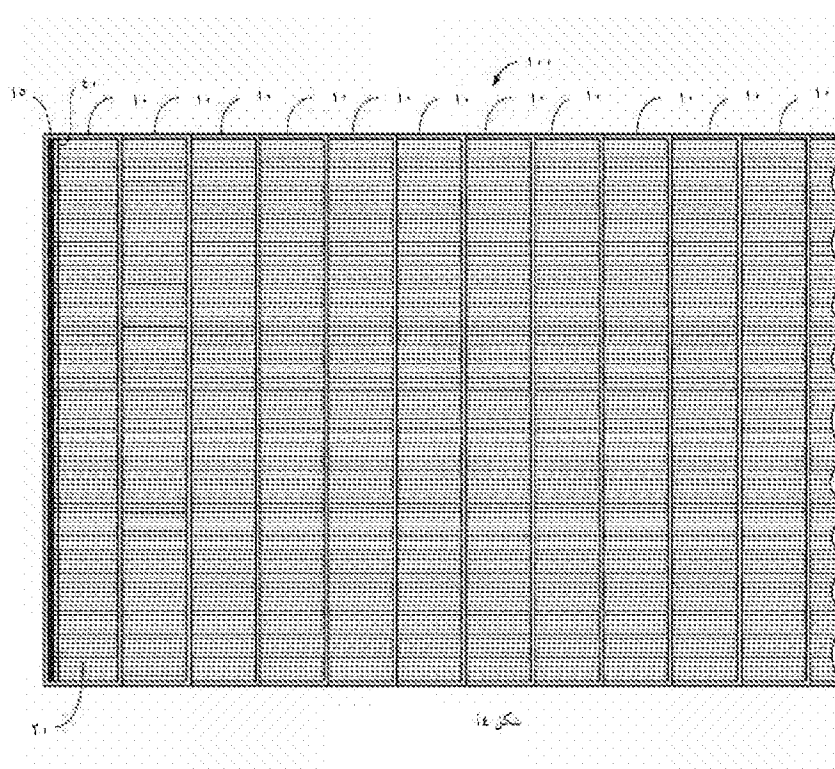


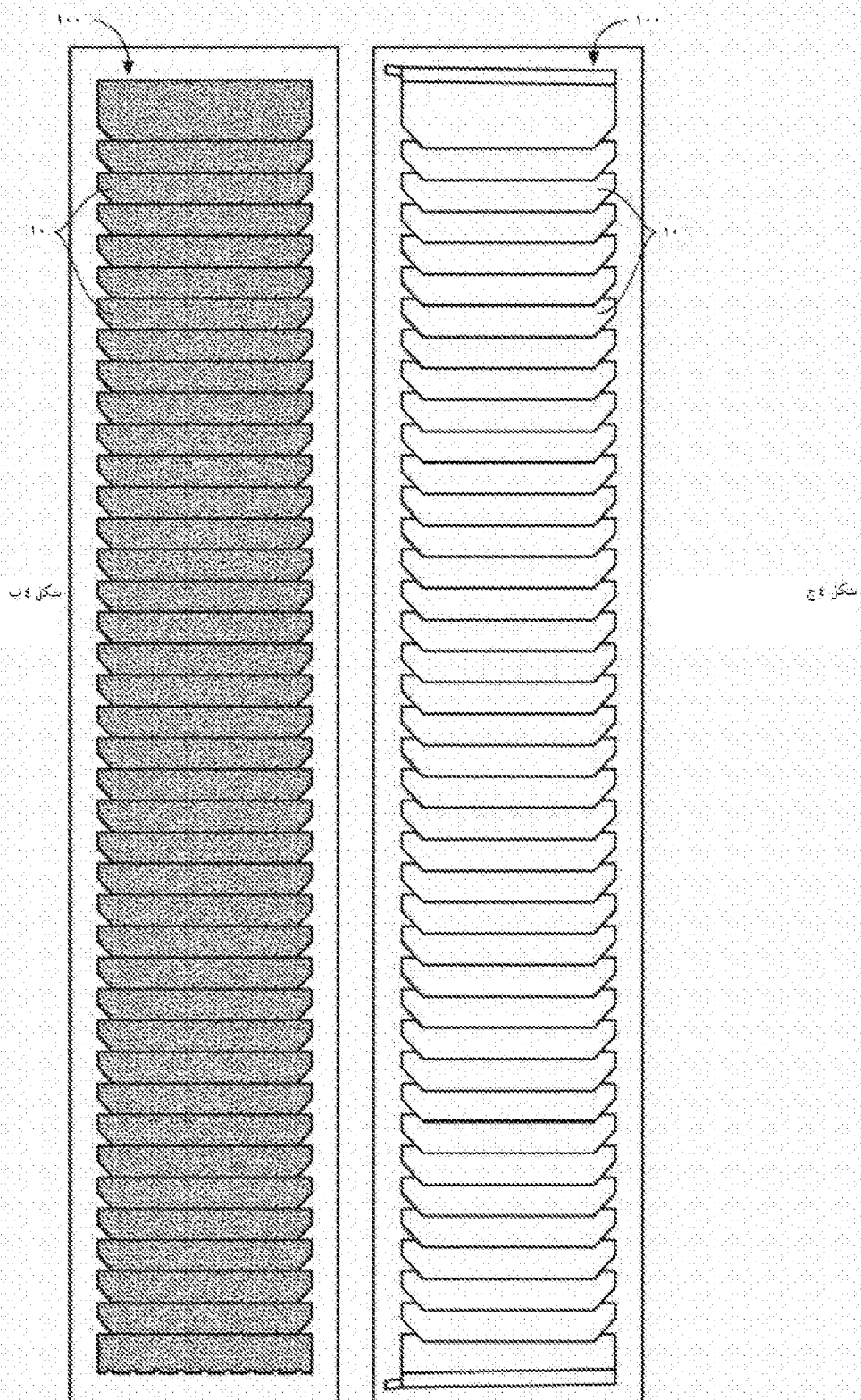


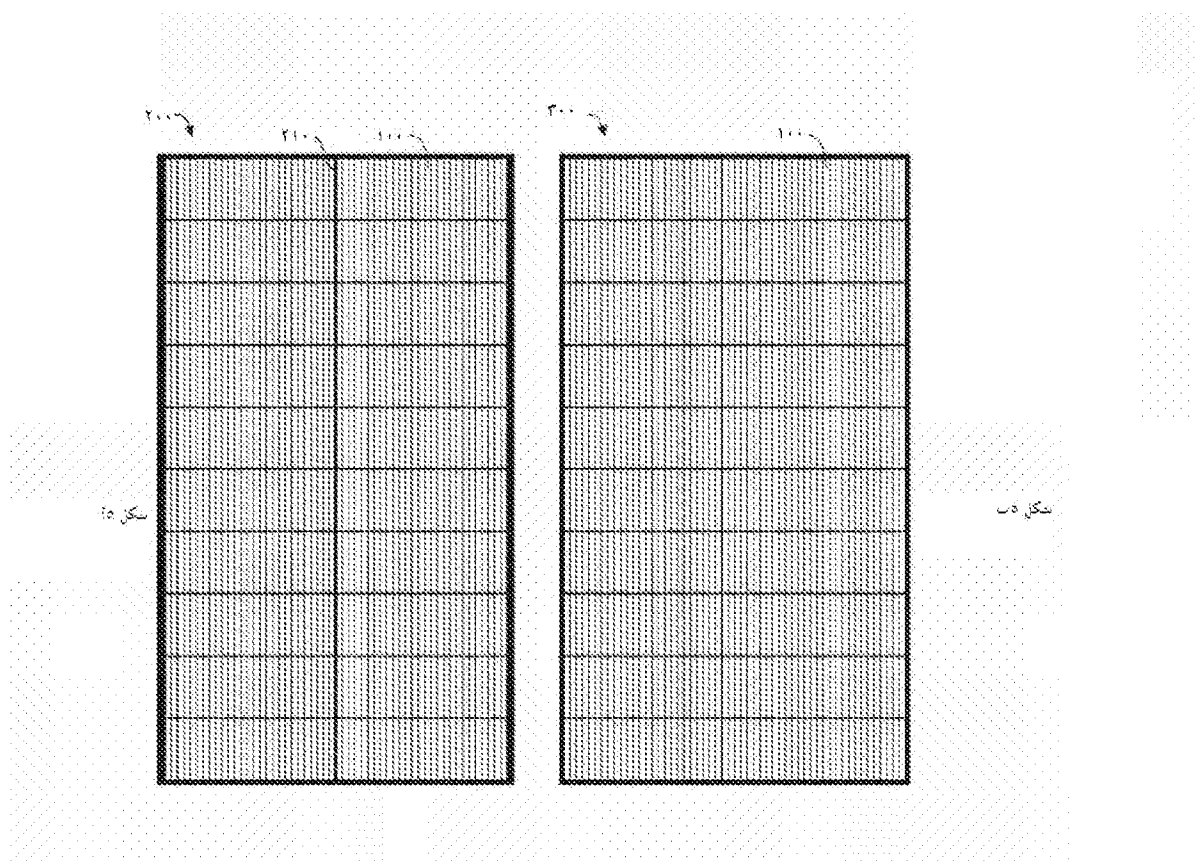


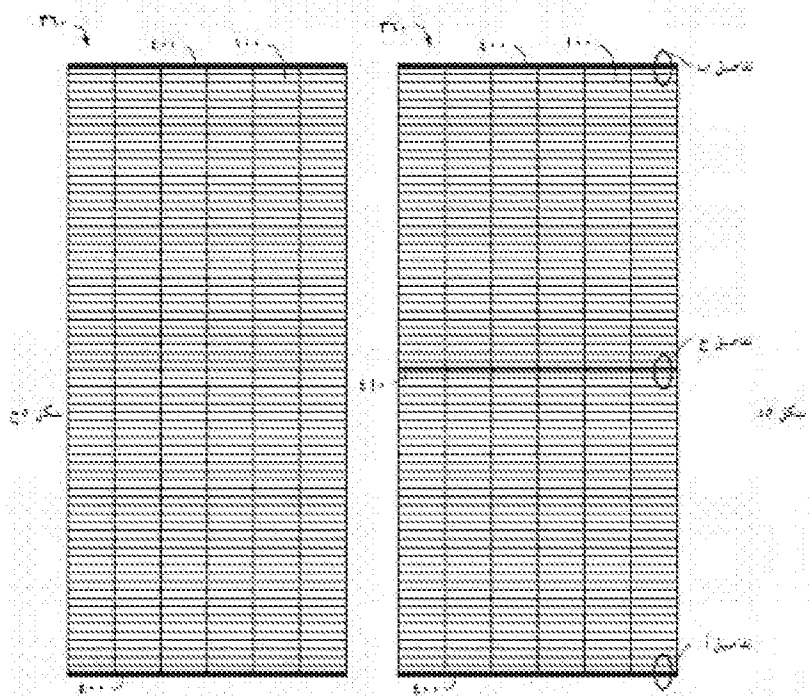


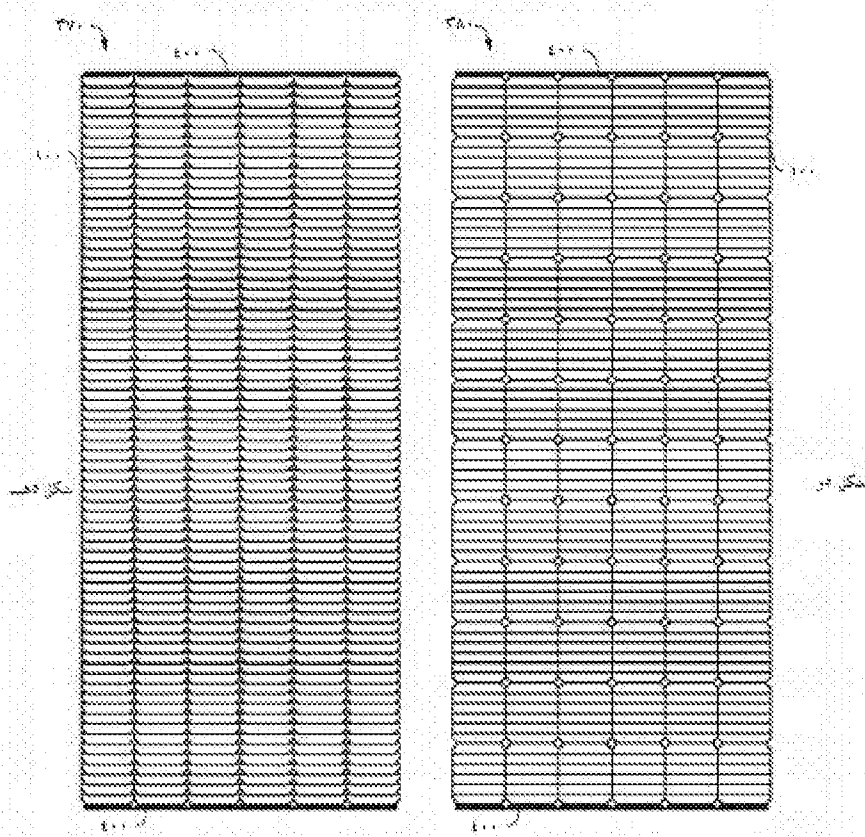


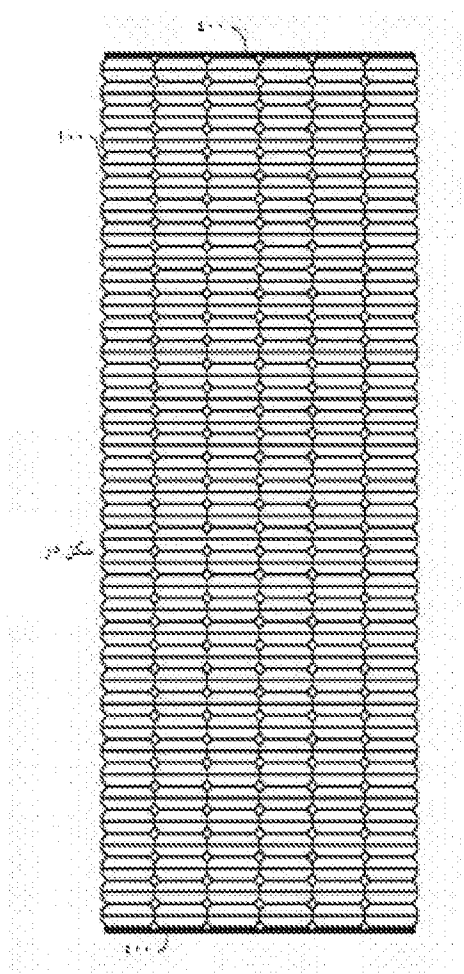


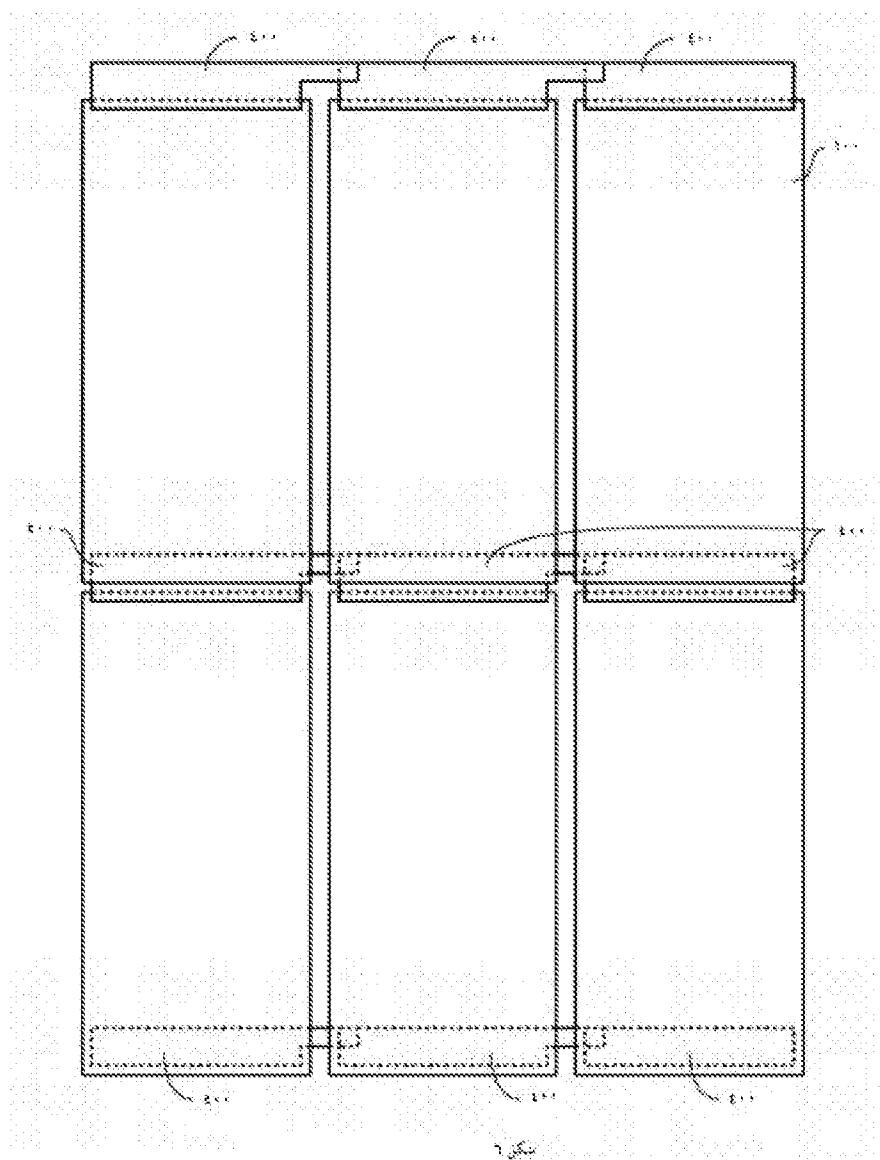


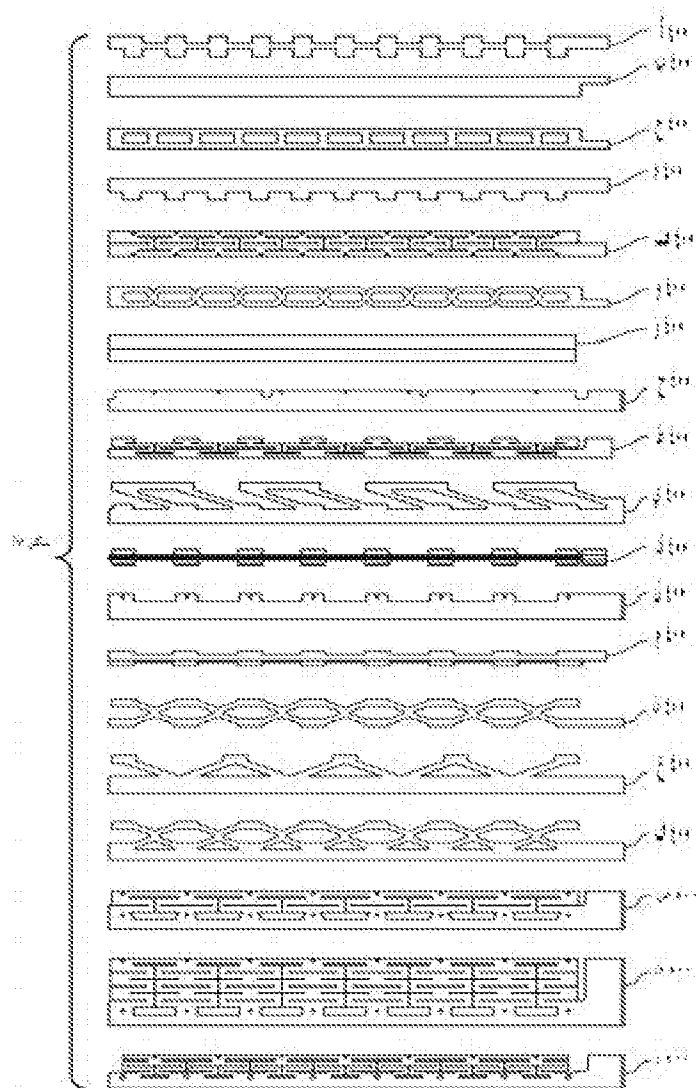


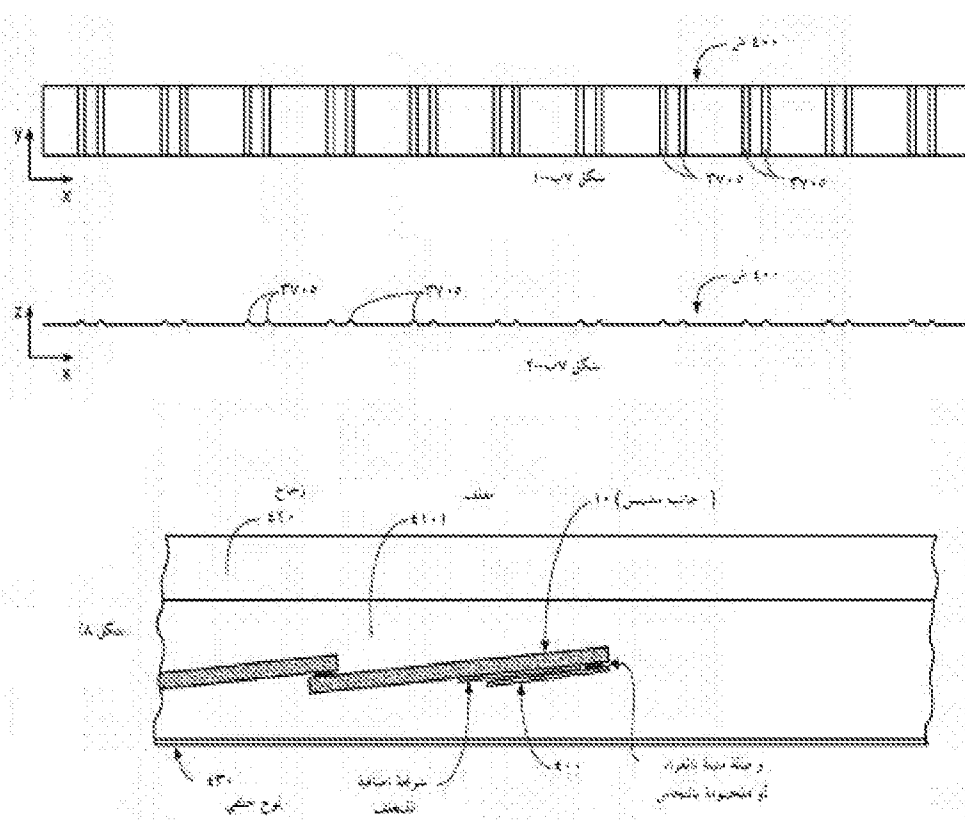


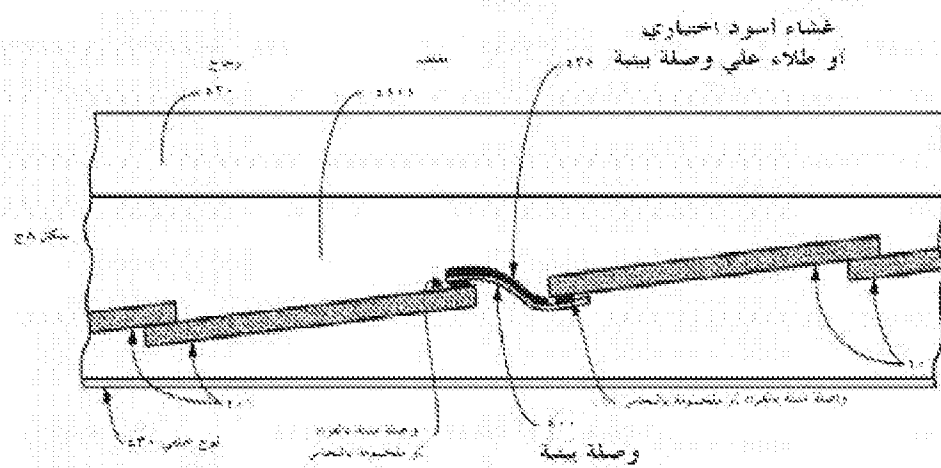
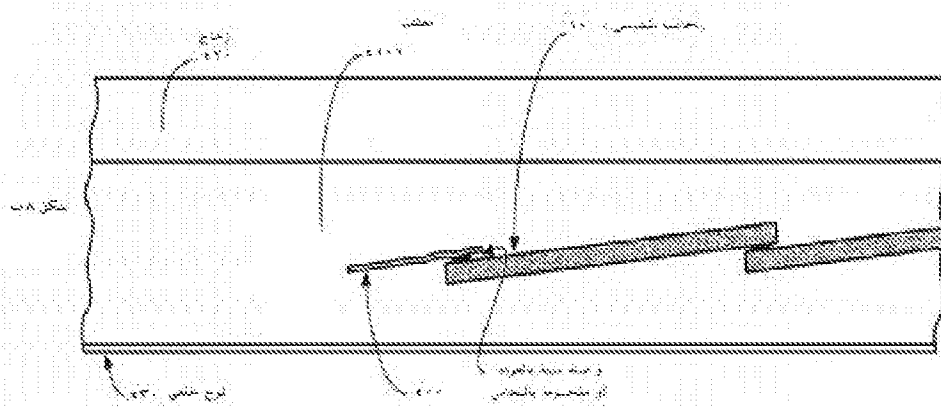


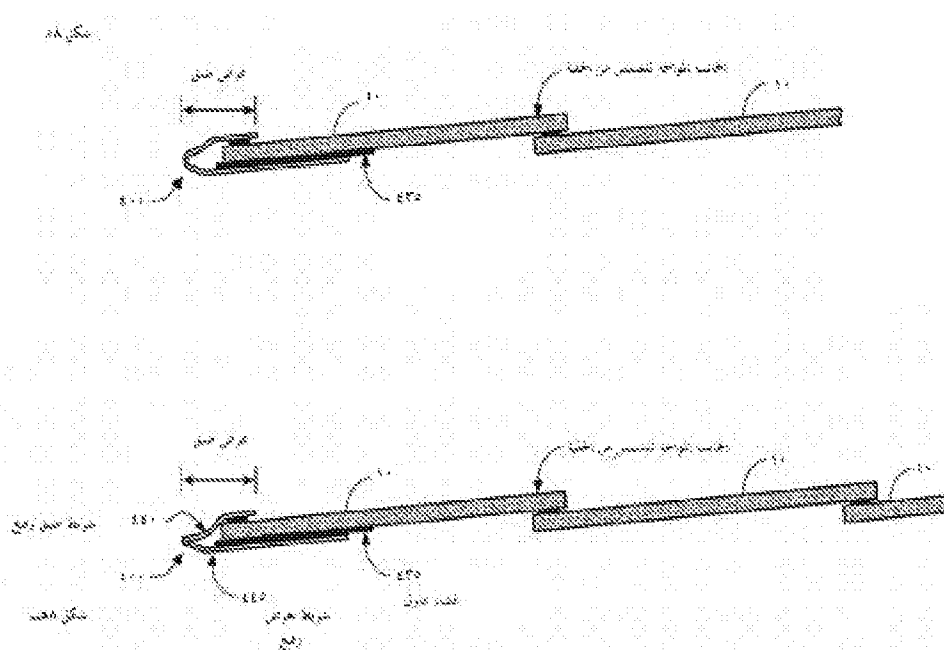




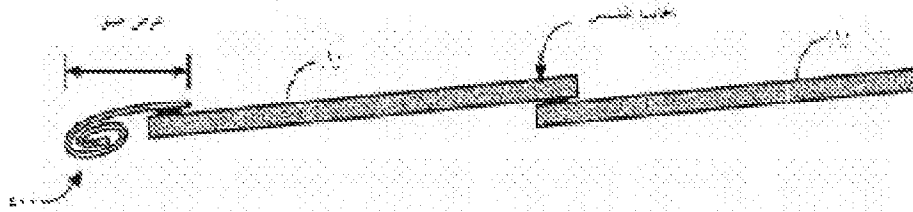




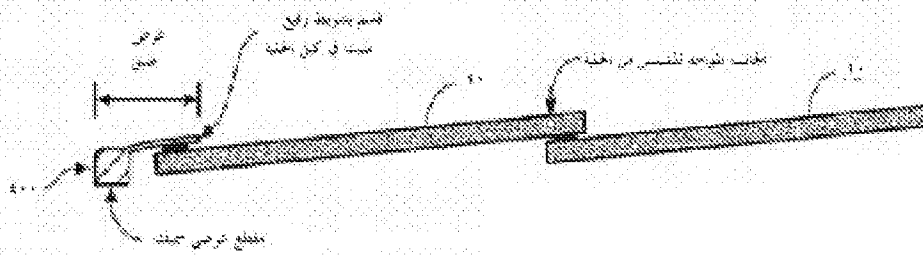


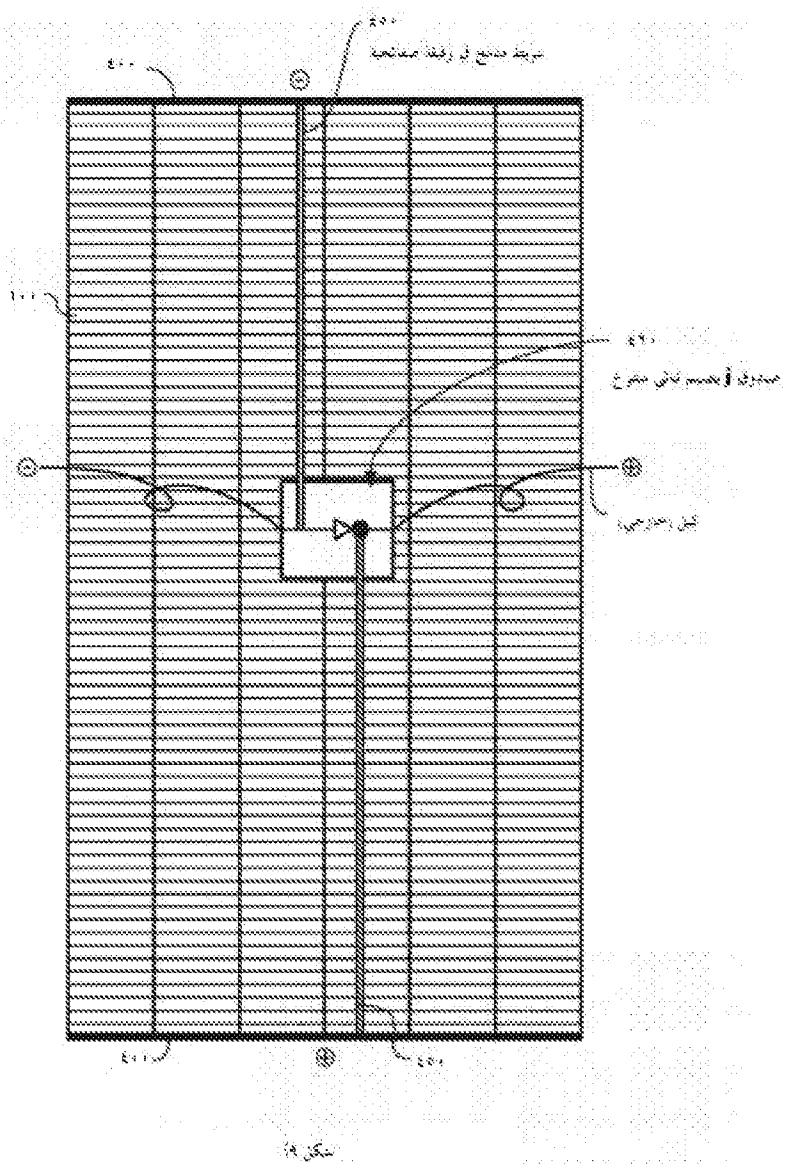


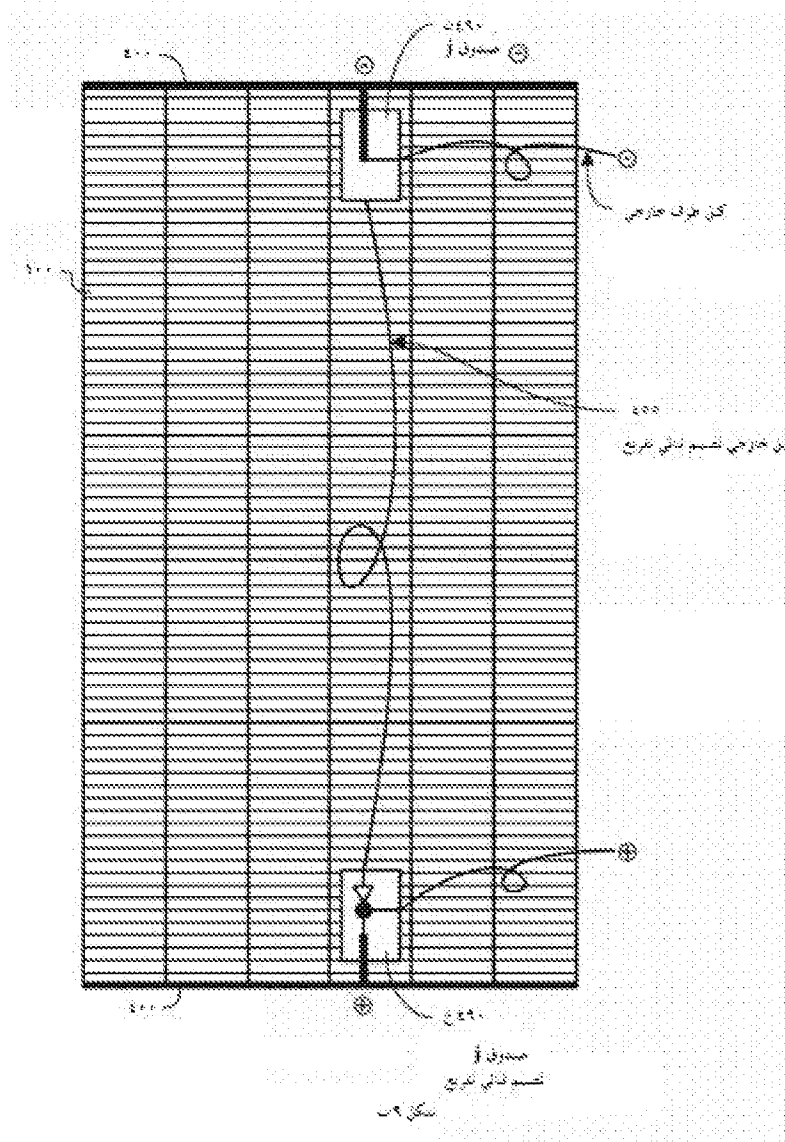
شکل ۸۰

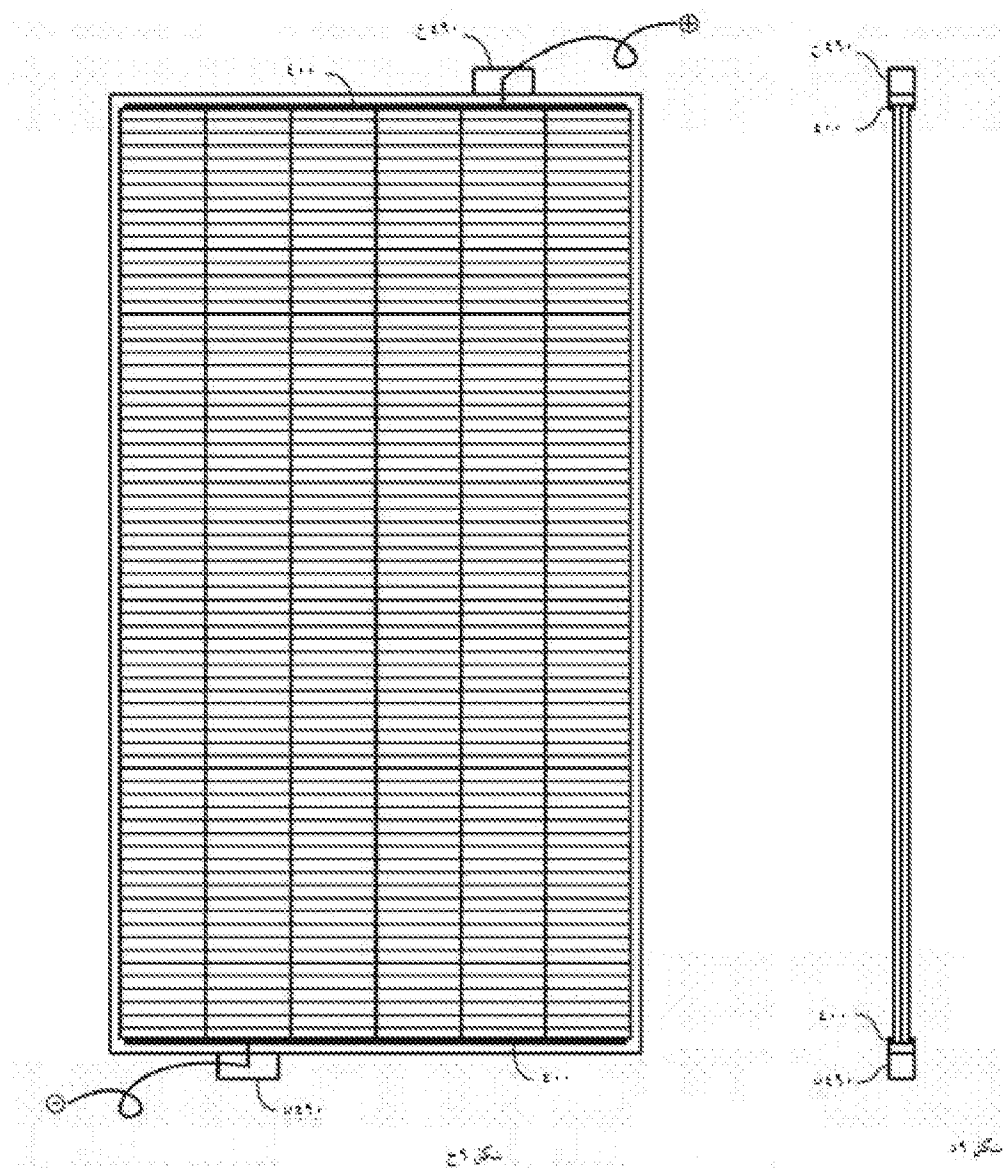


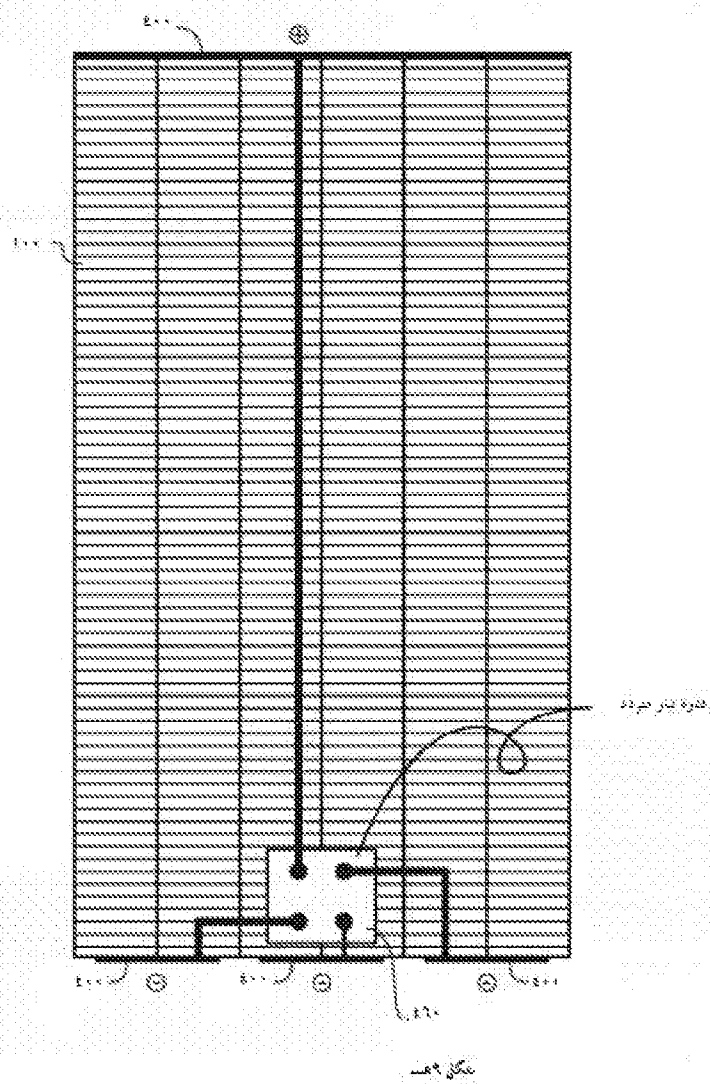
شکل ۸۱

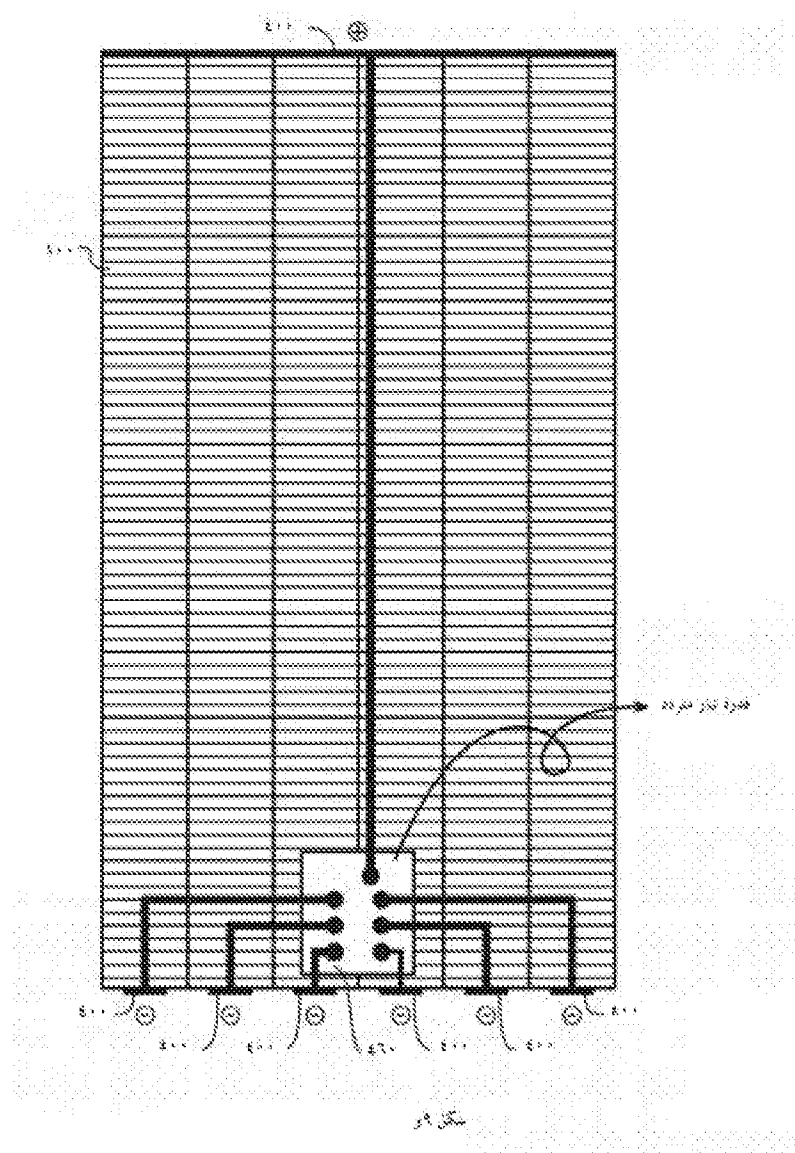


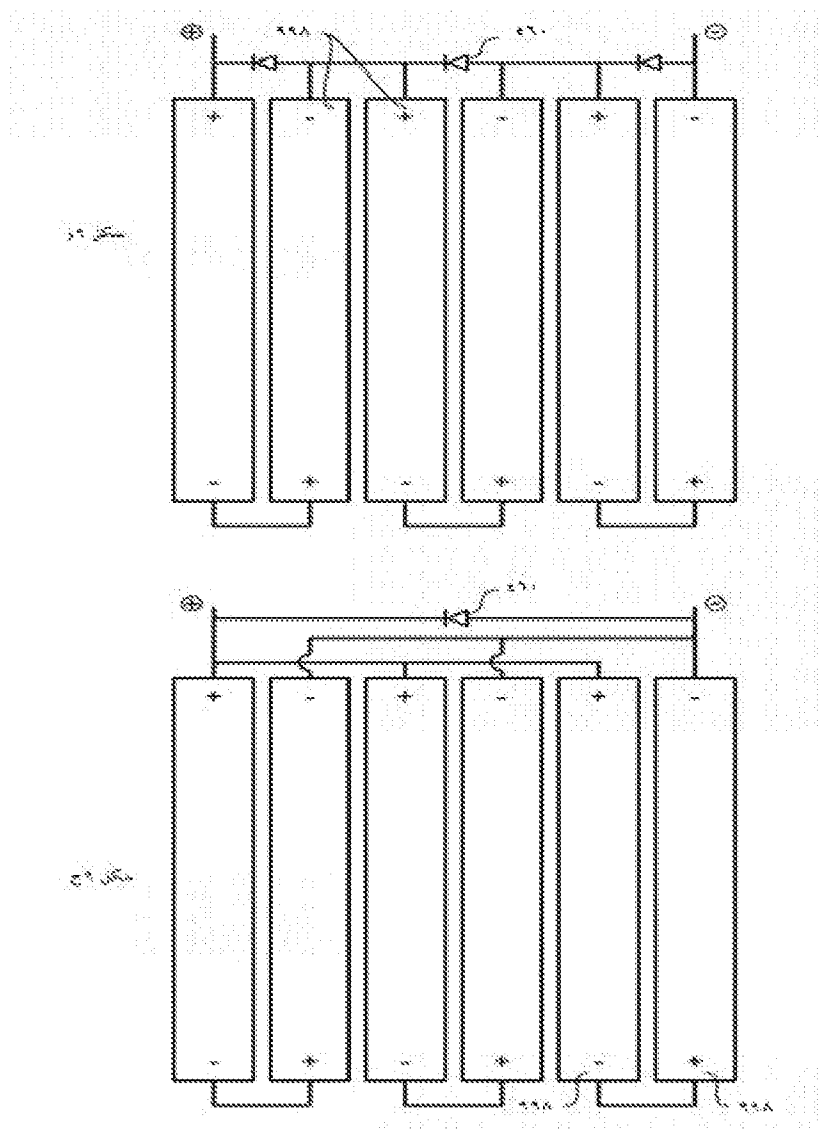


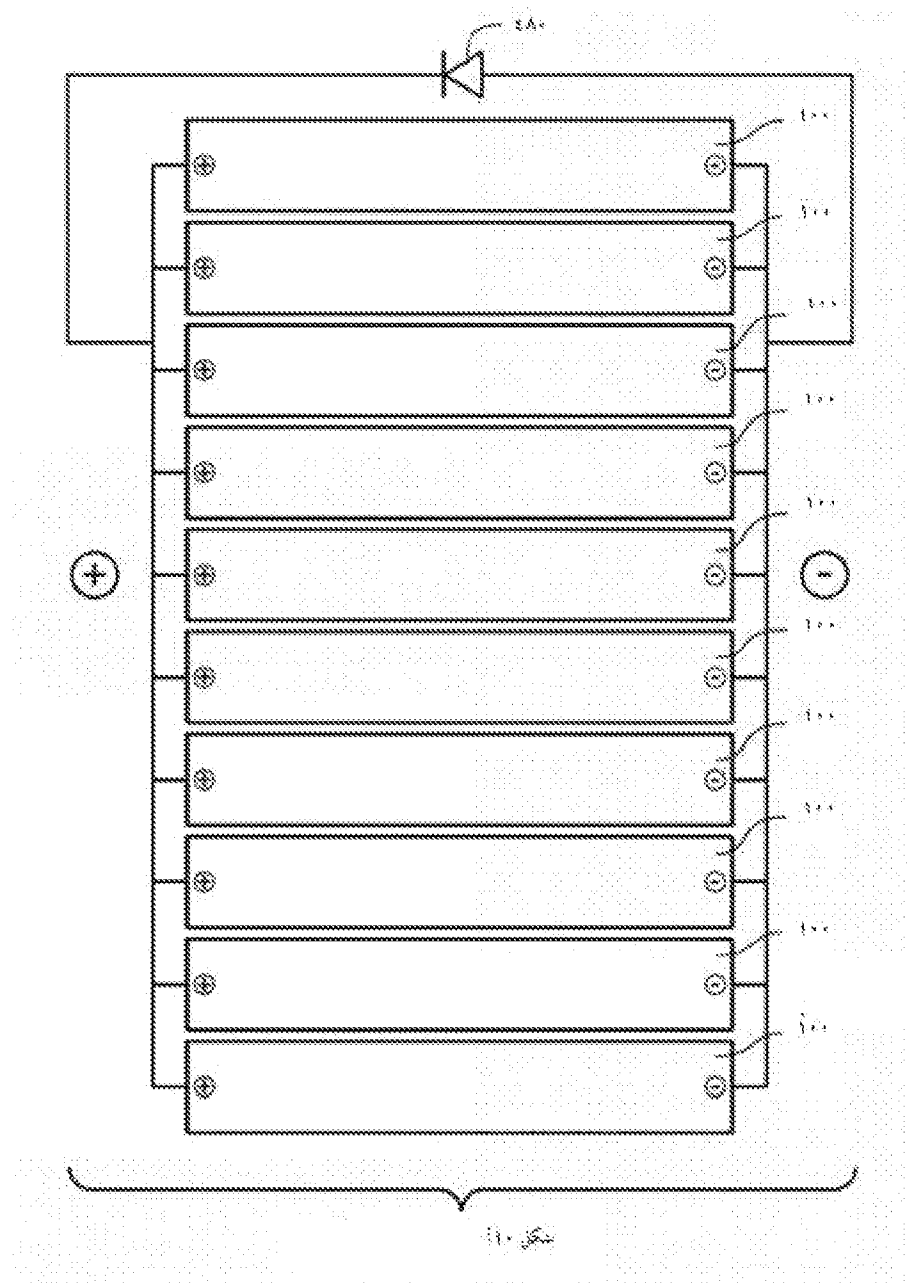


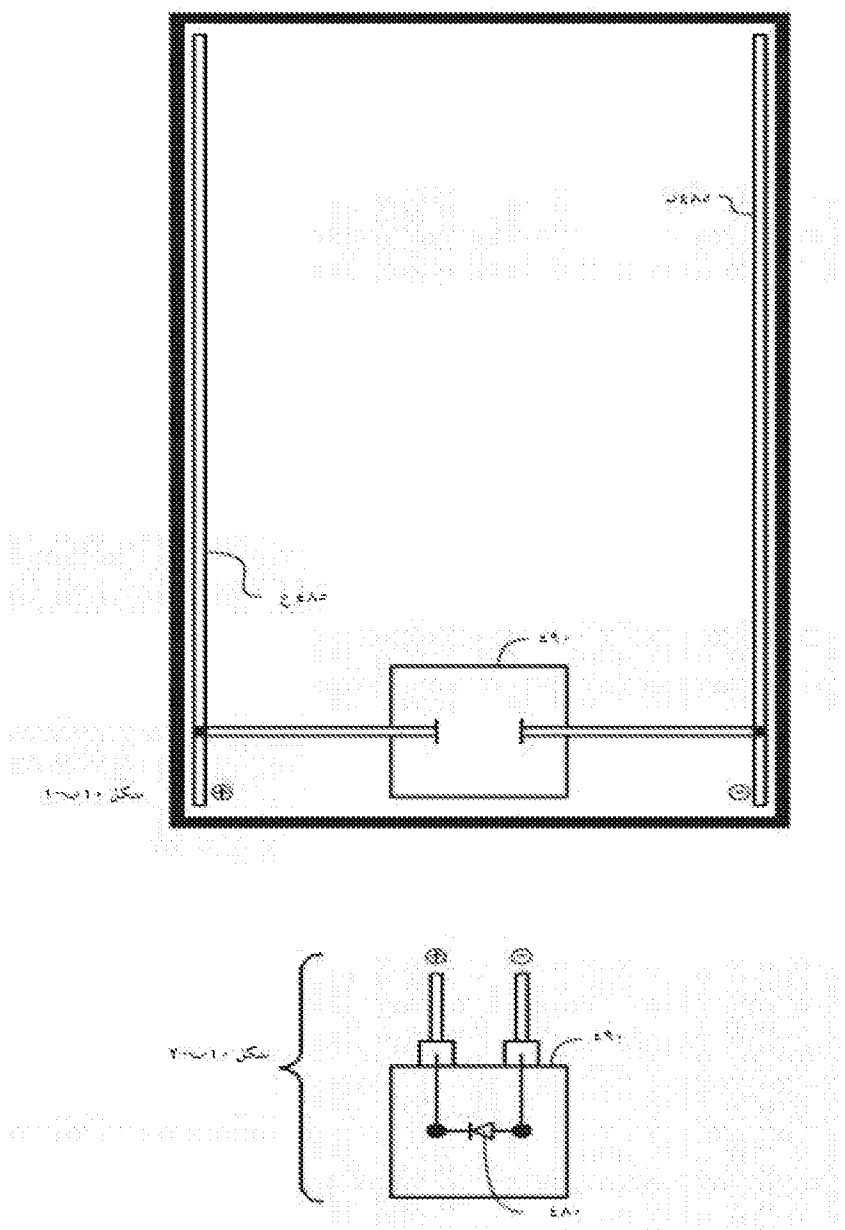


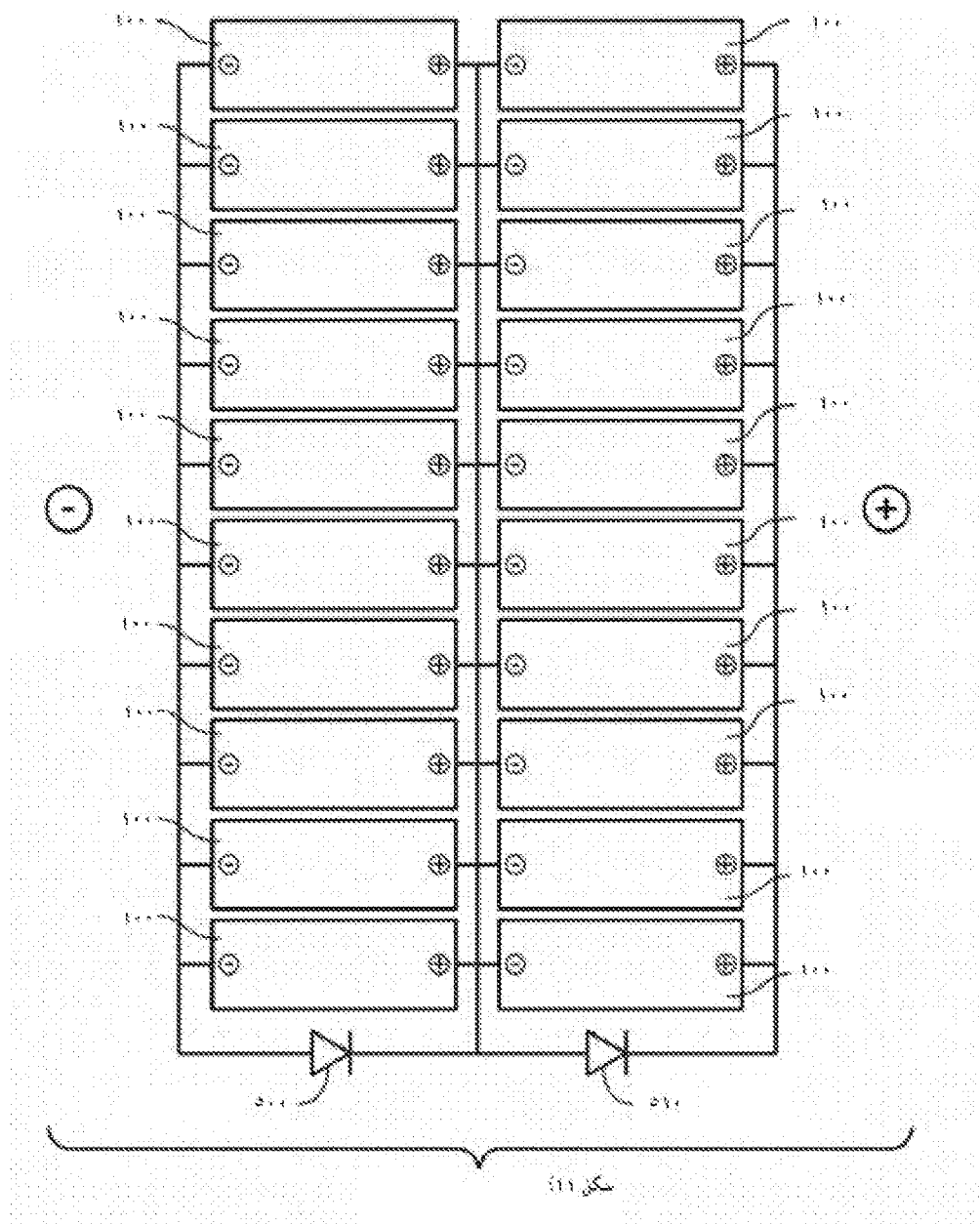


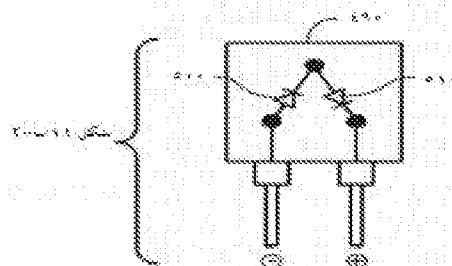
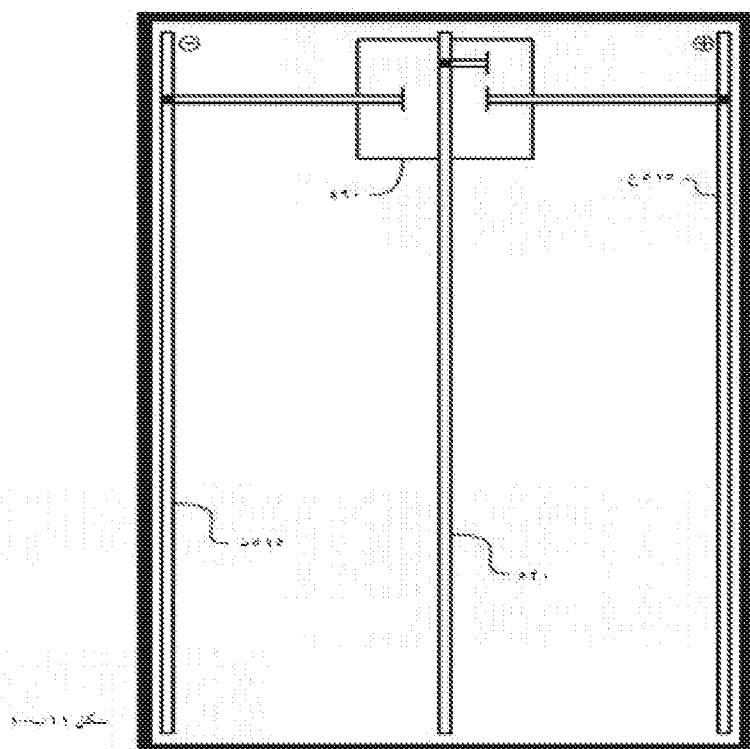


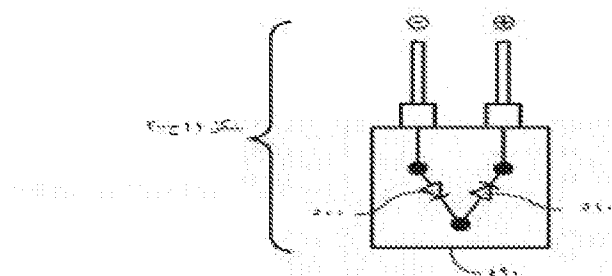
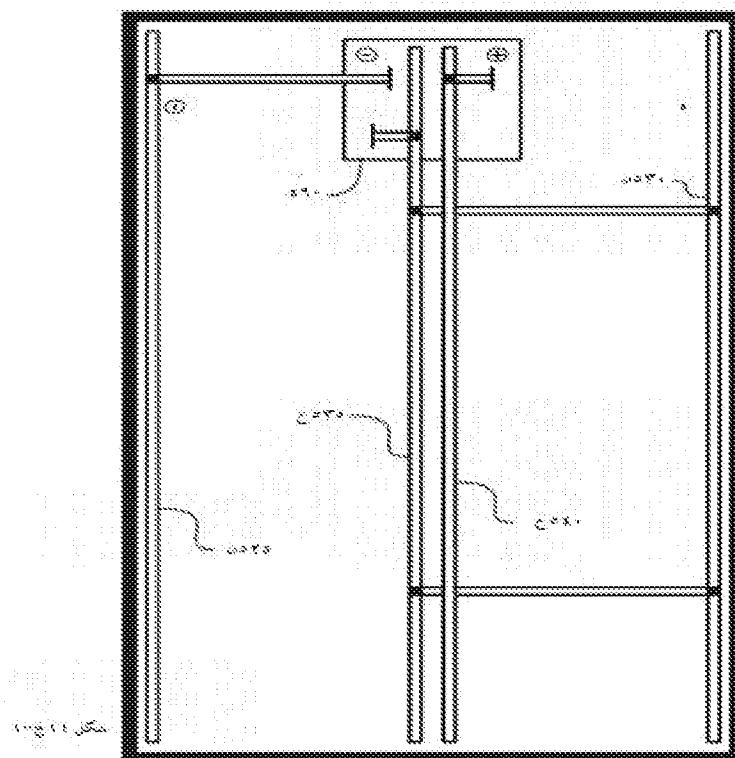


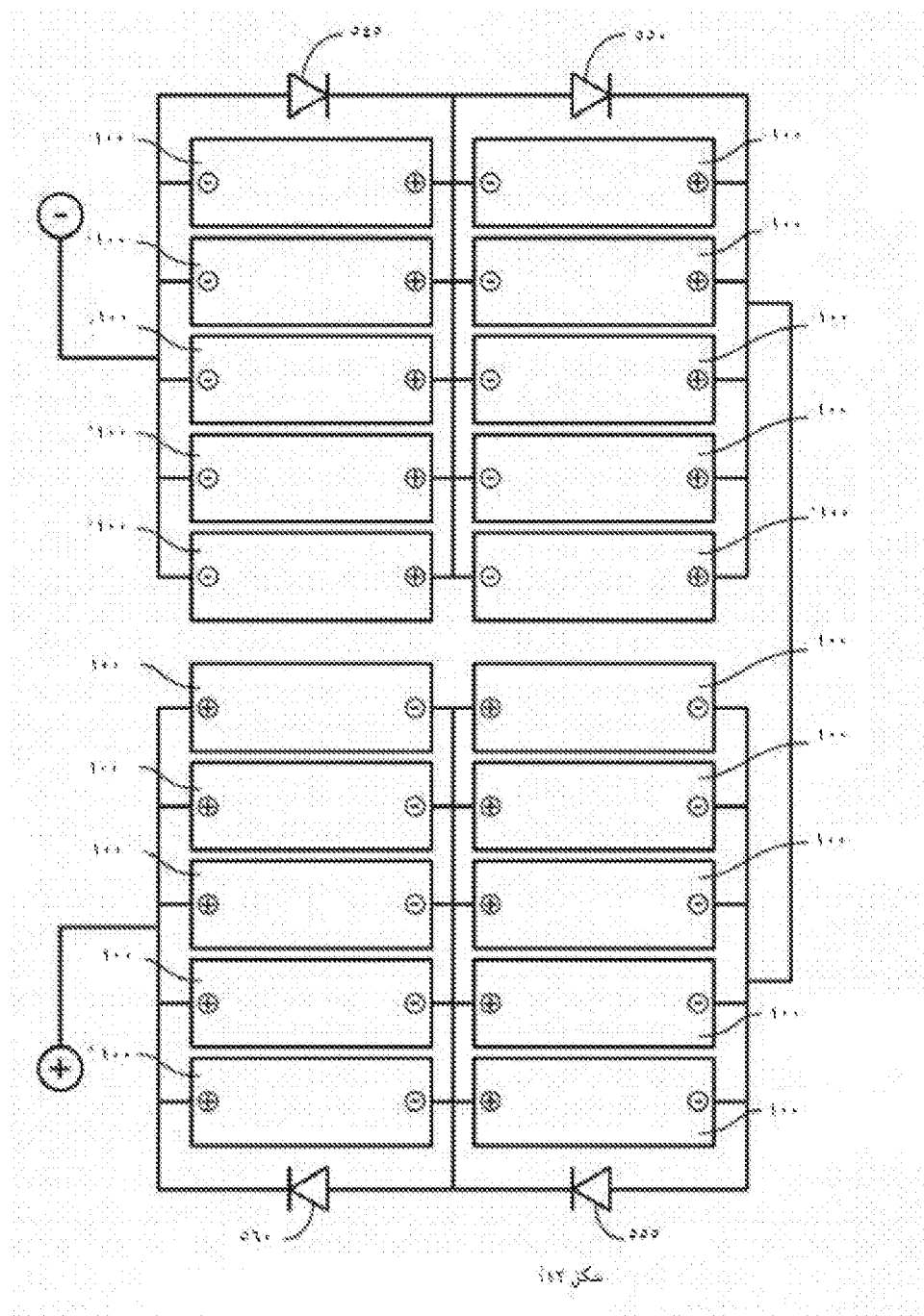


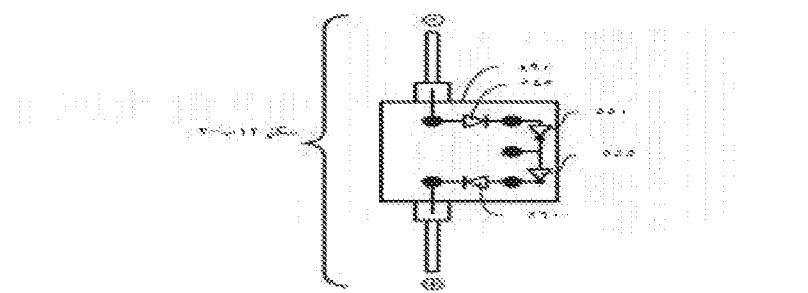
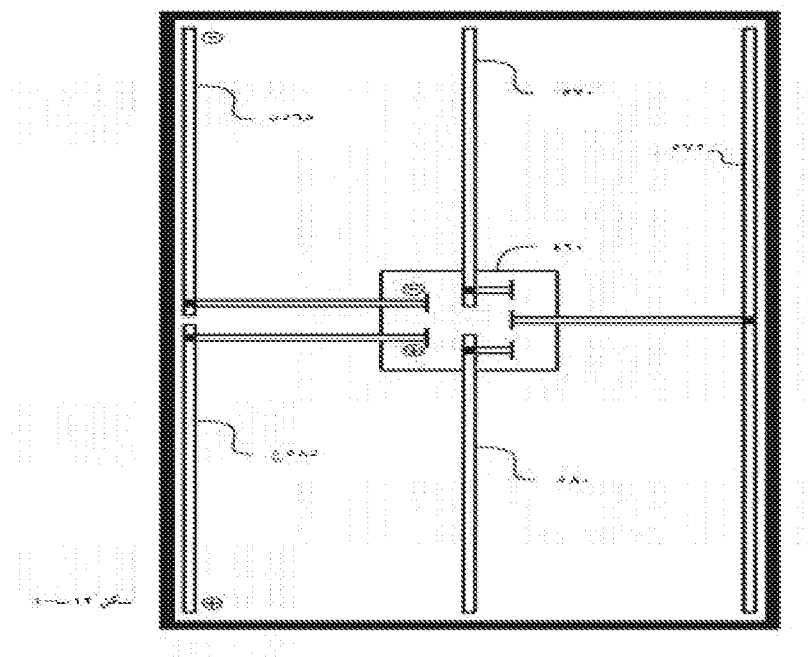


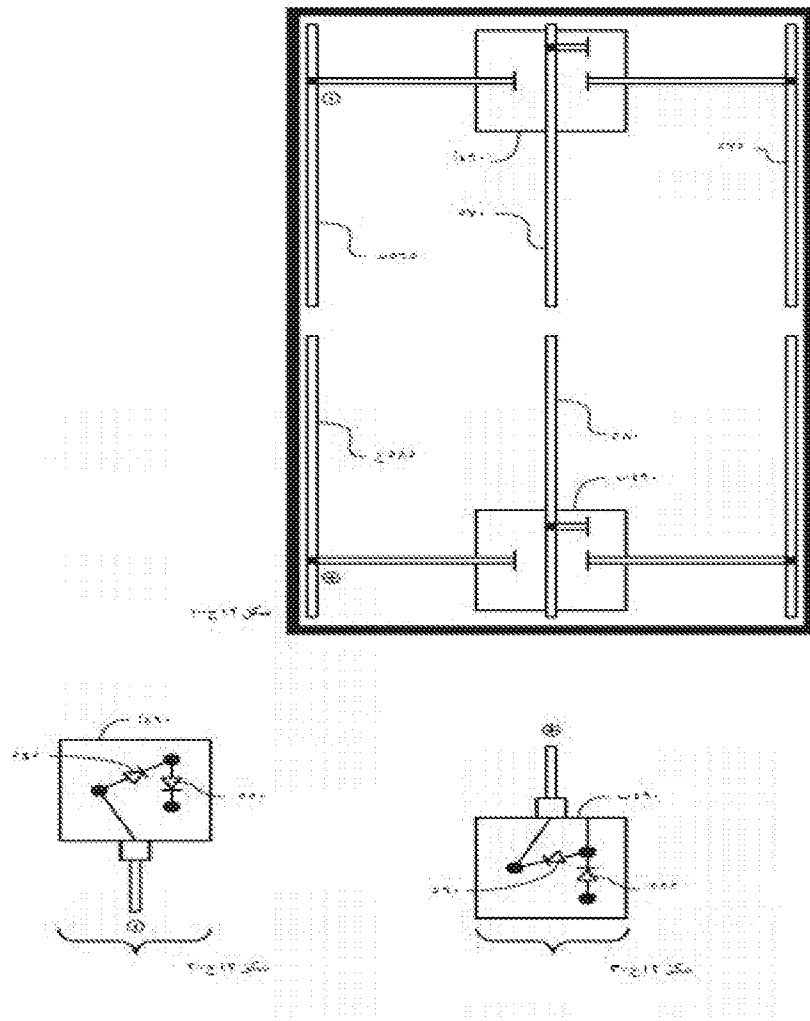


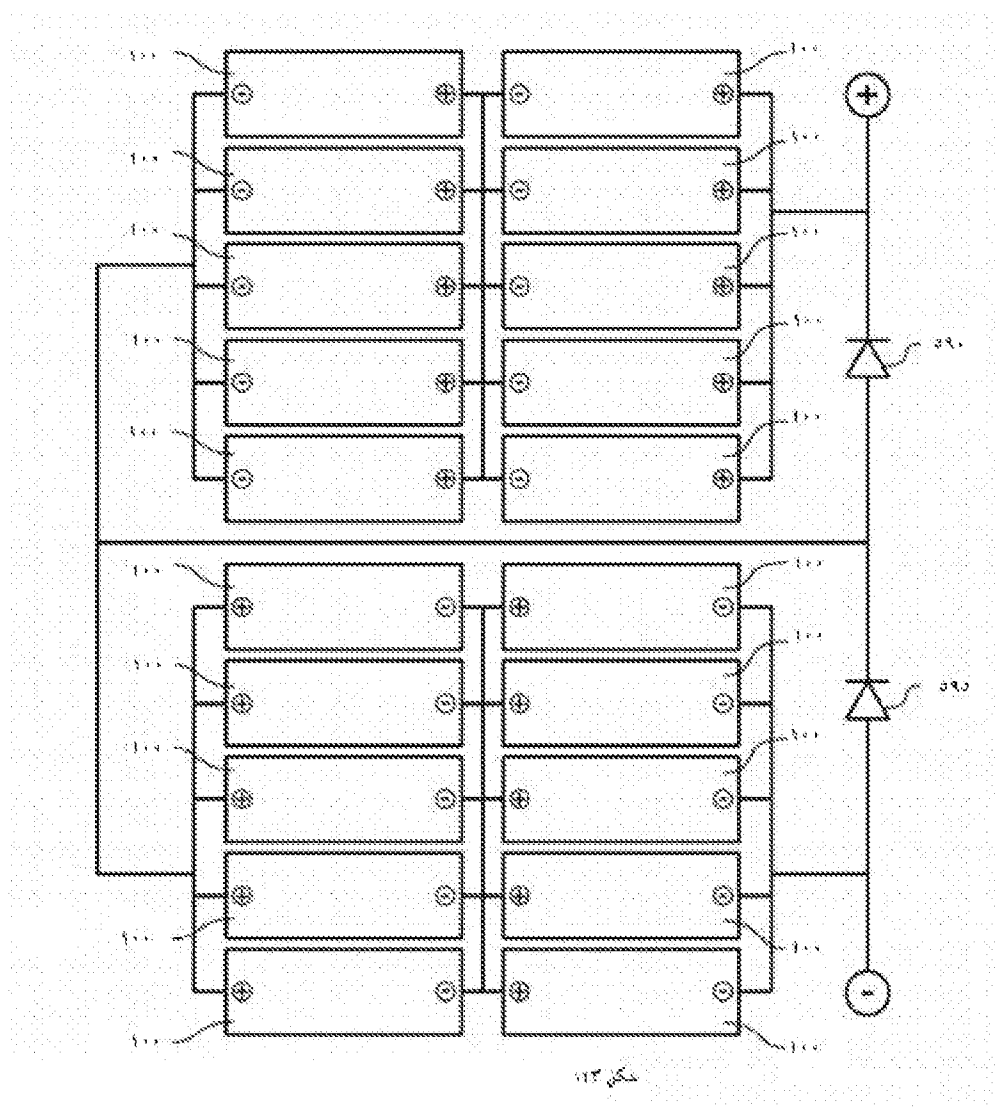


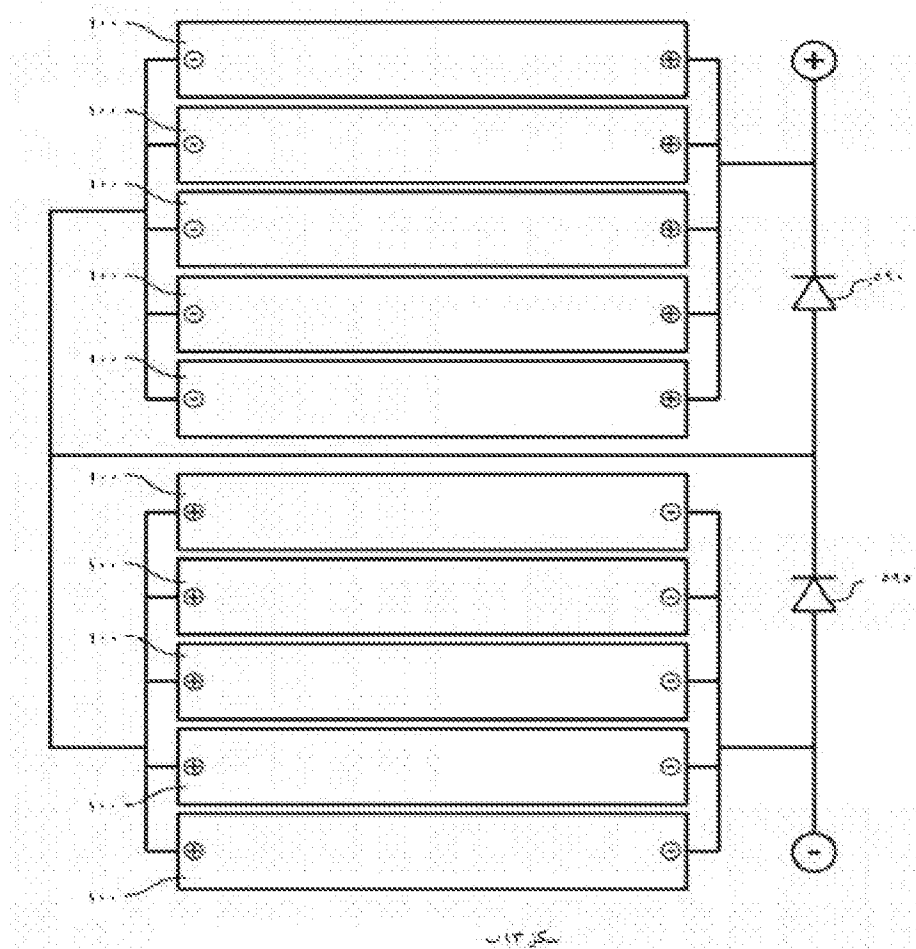


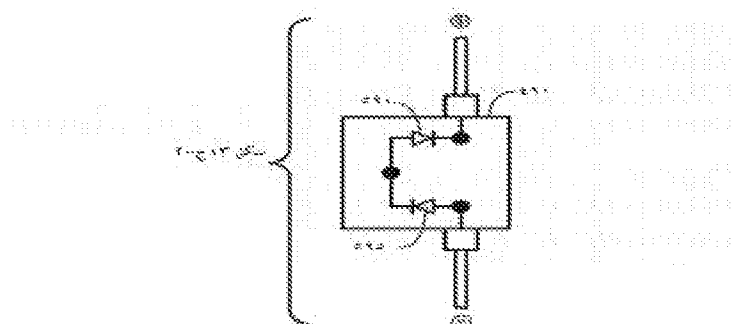
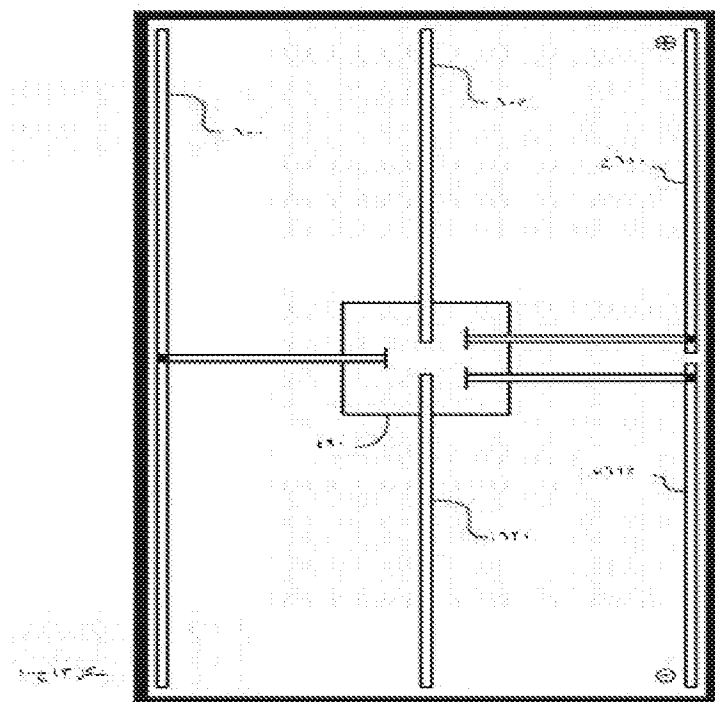


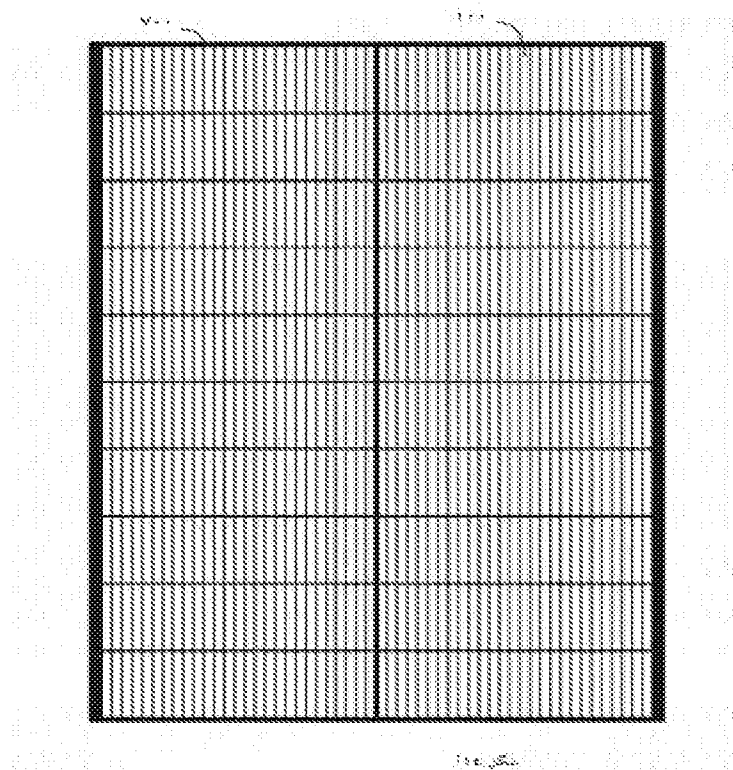


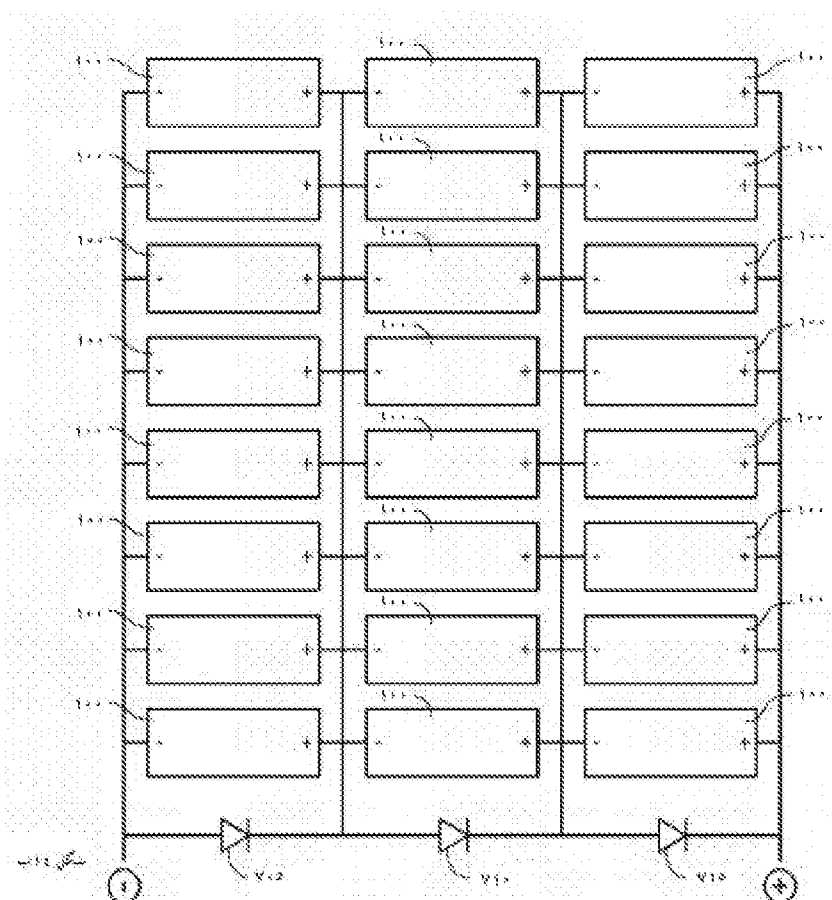


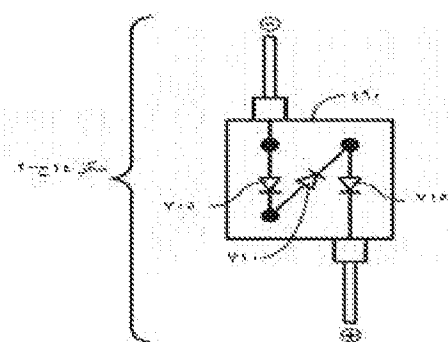
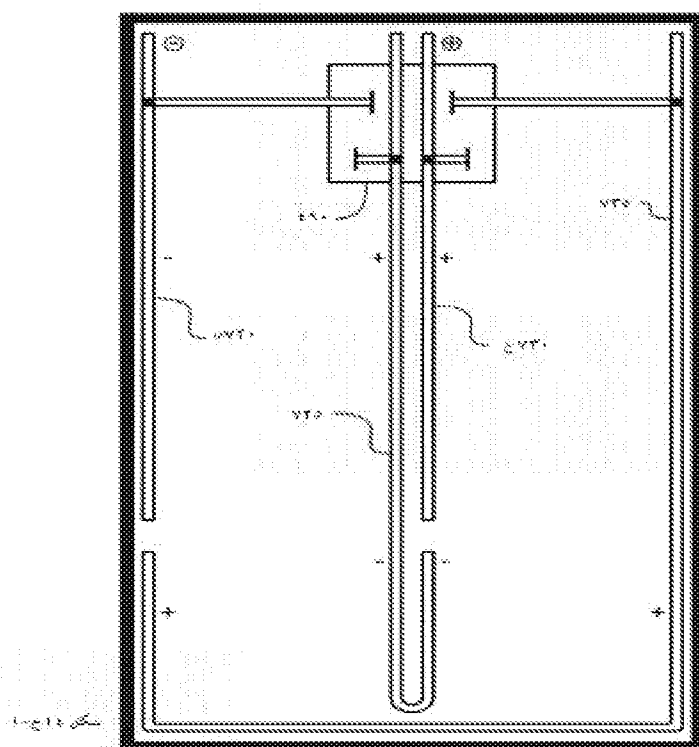


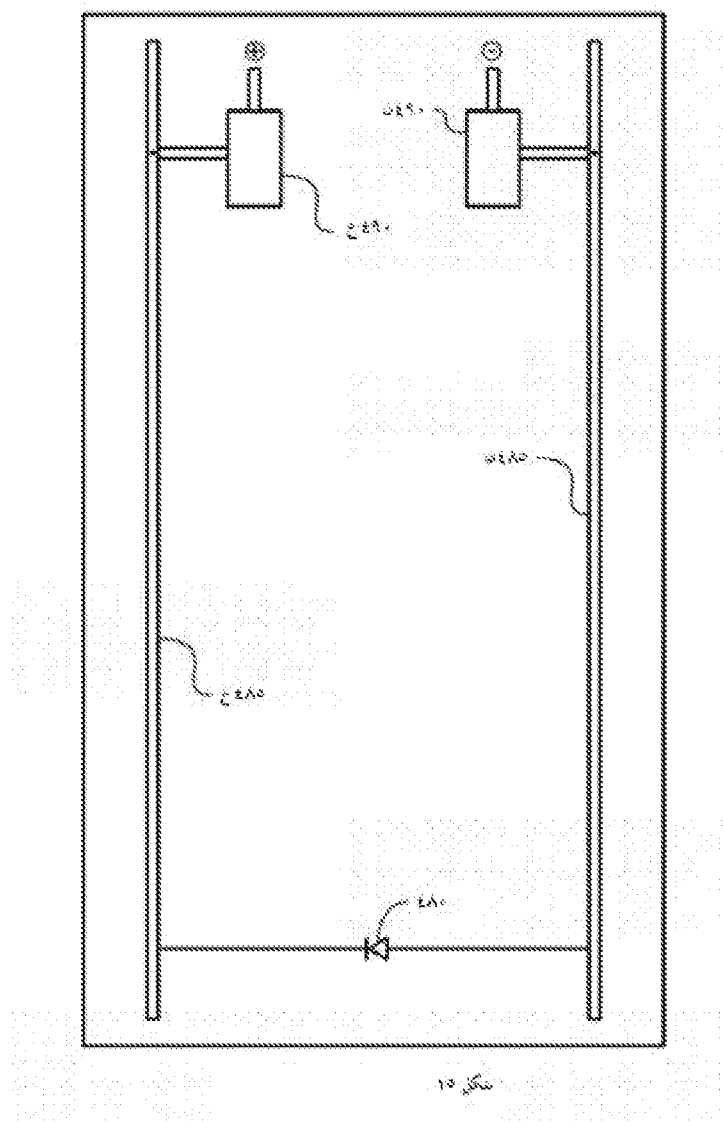


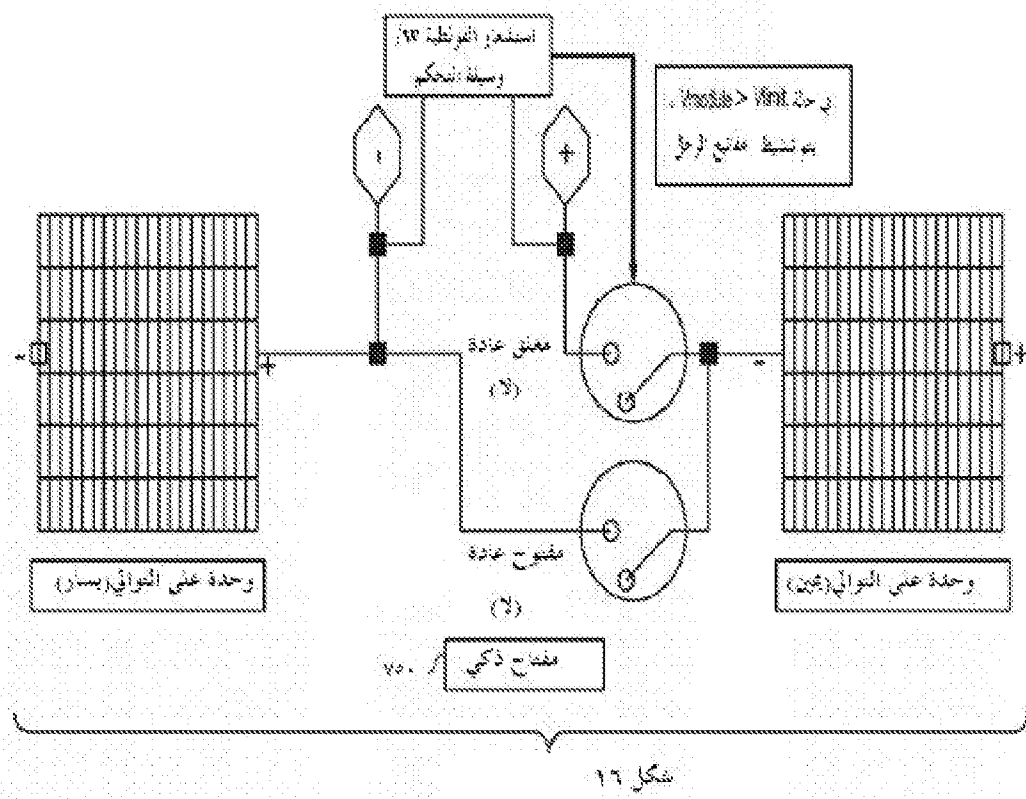


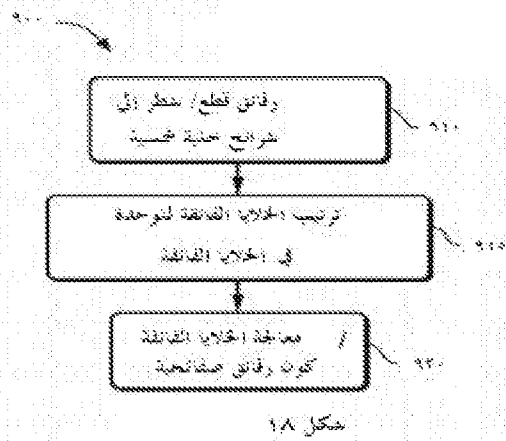
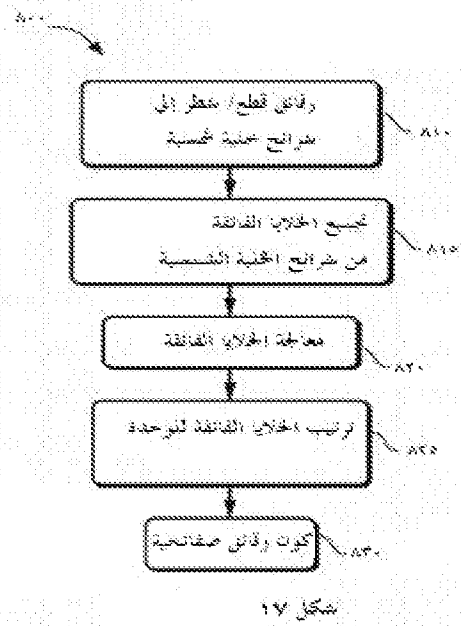


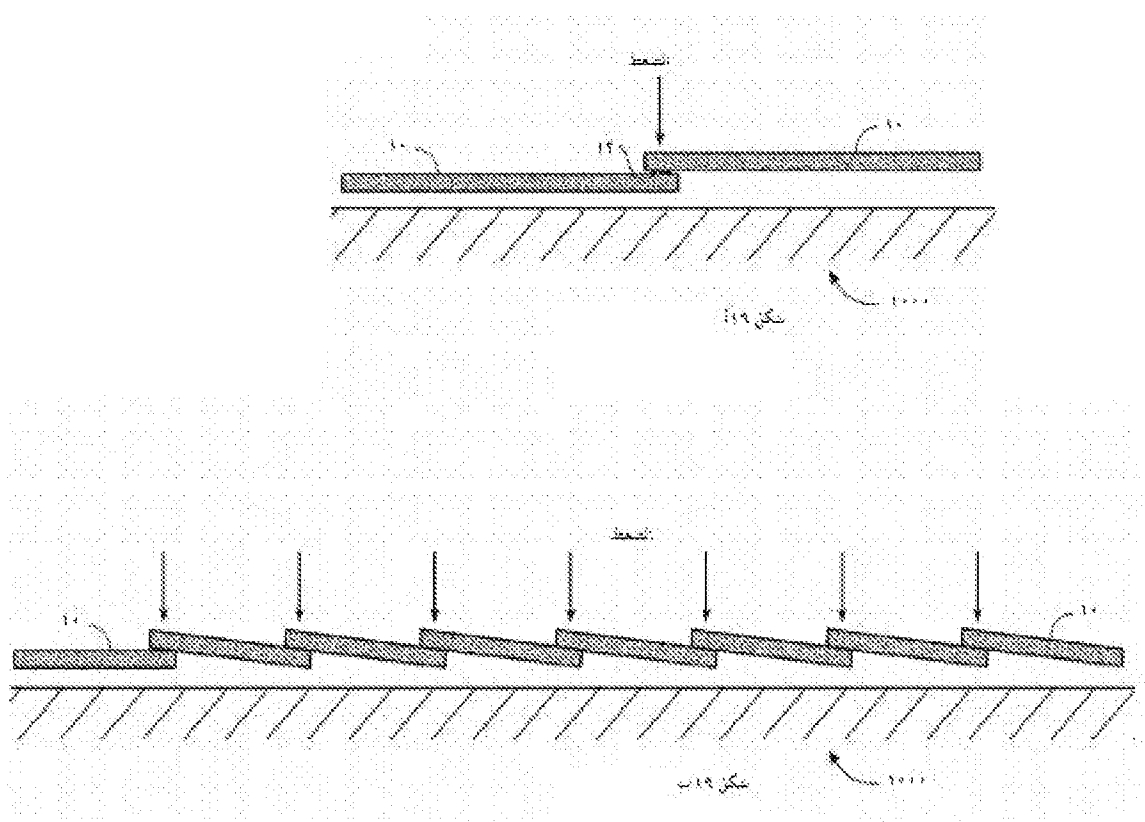


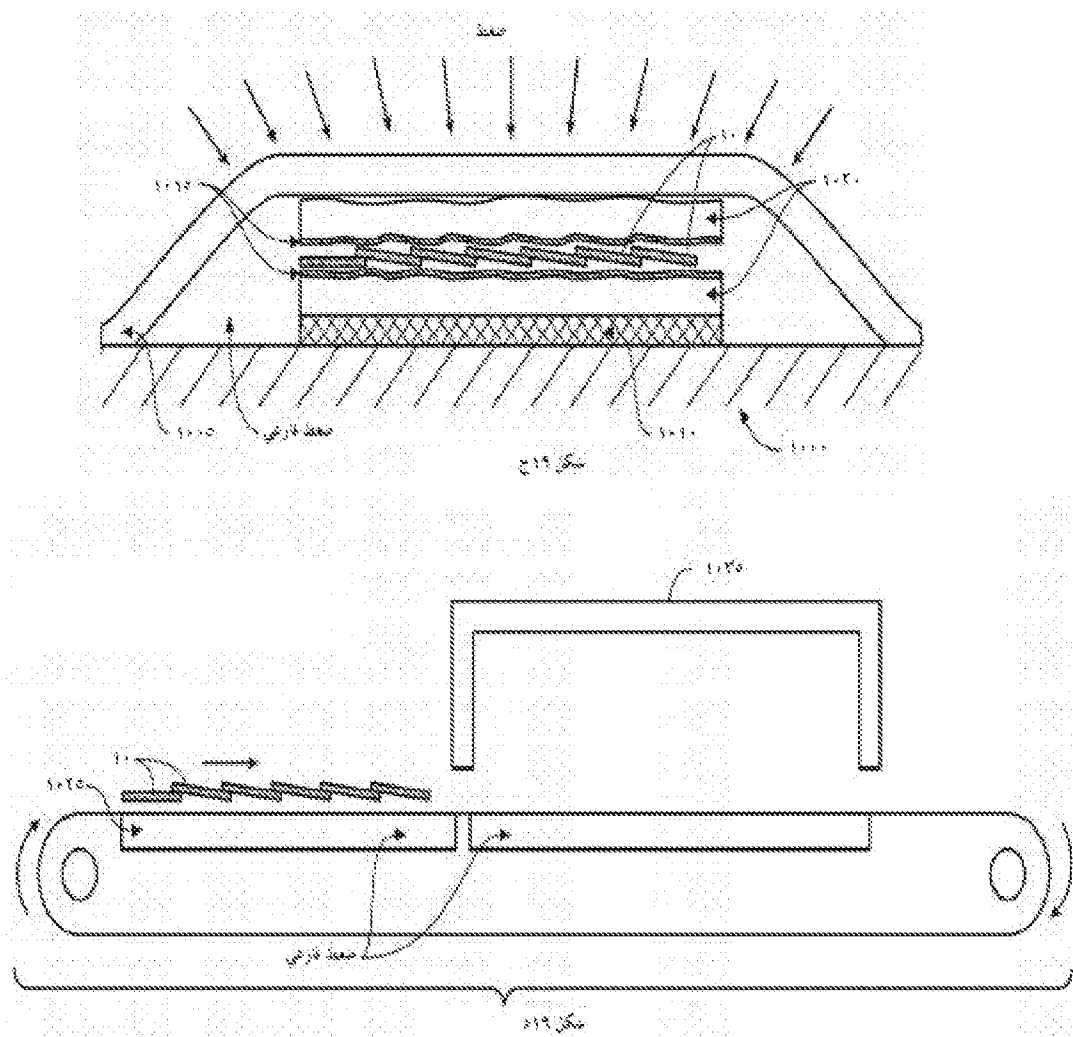


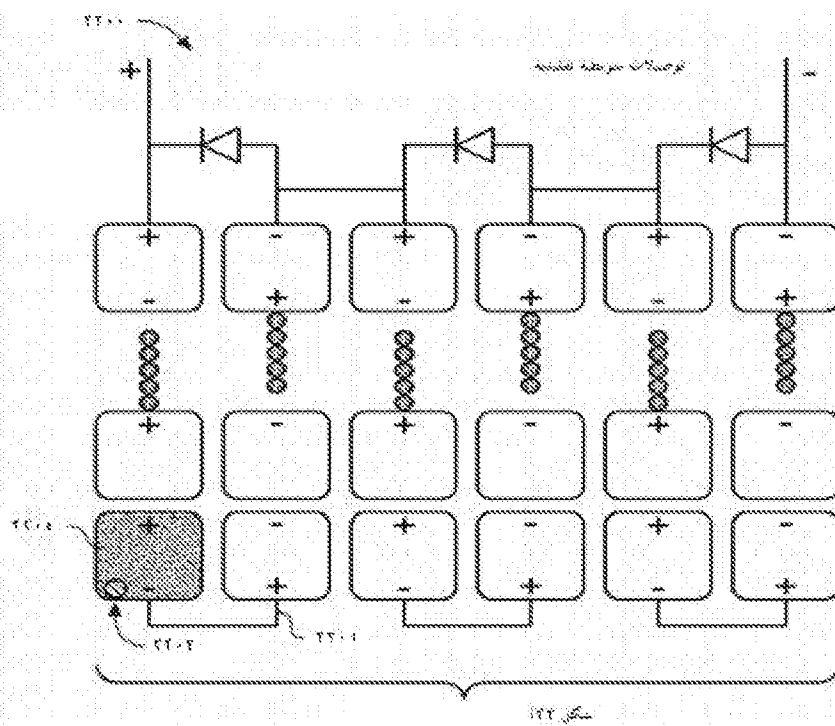
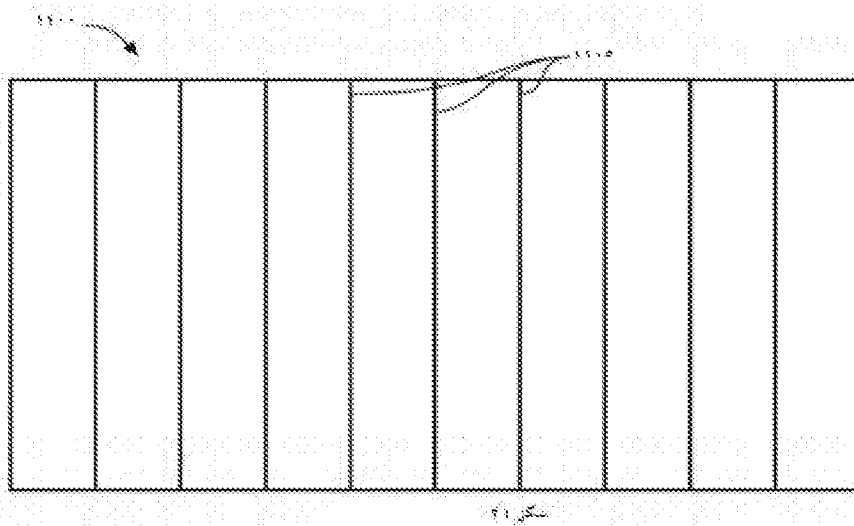


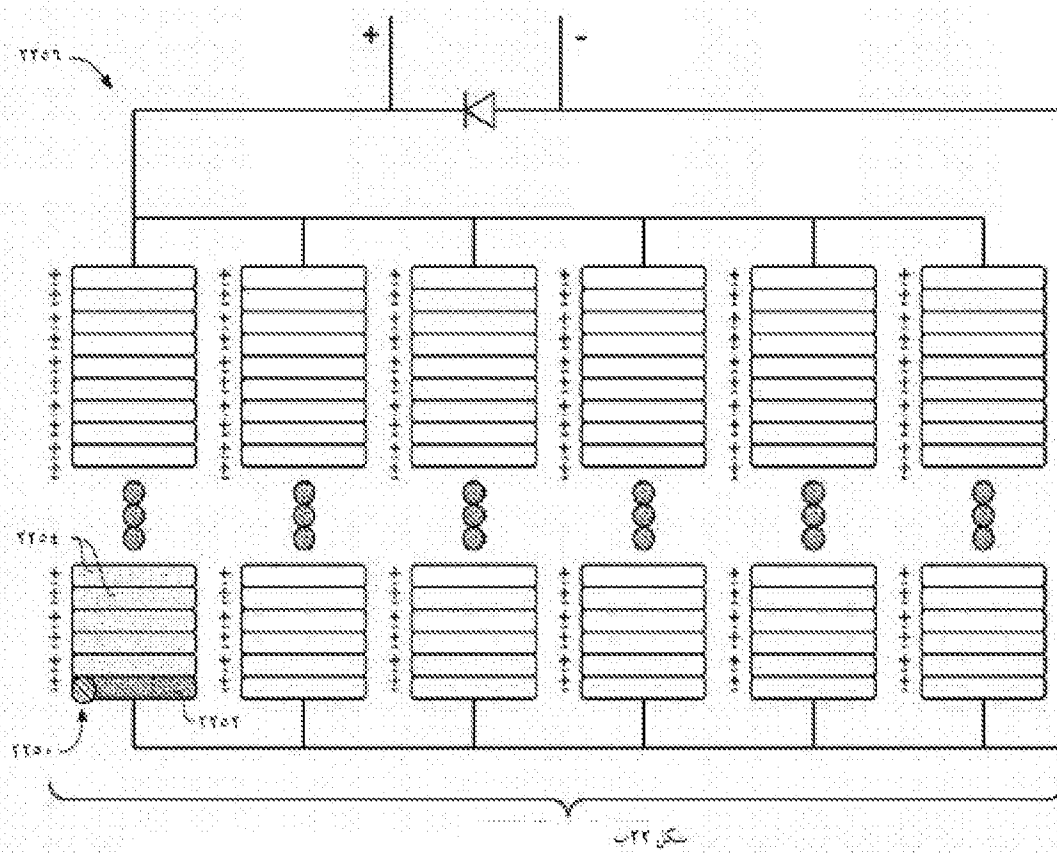


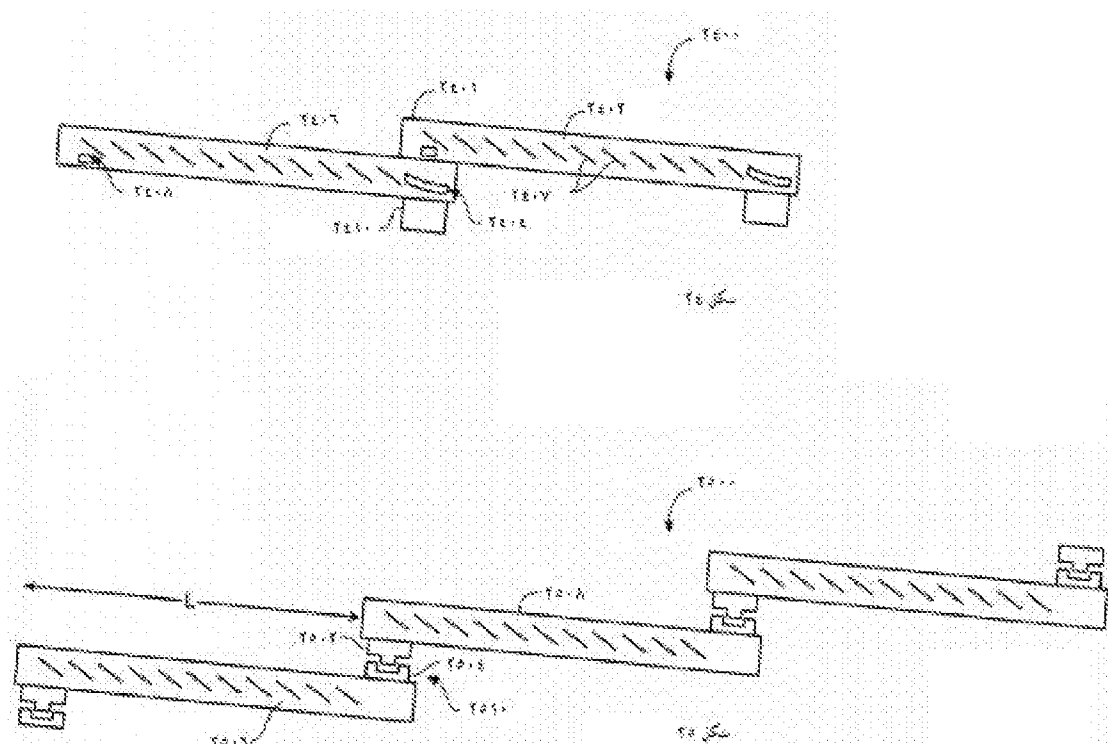


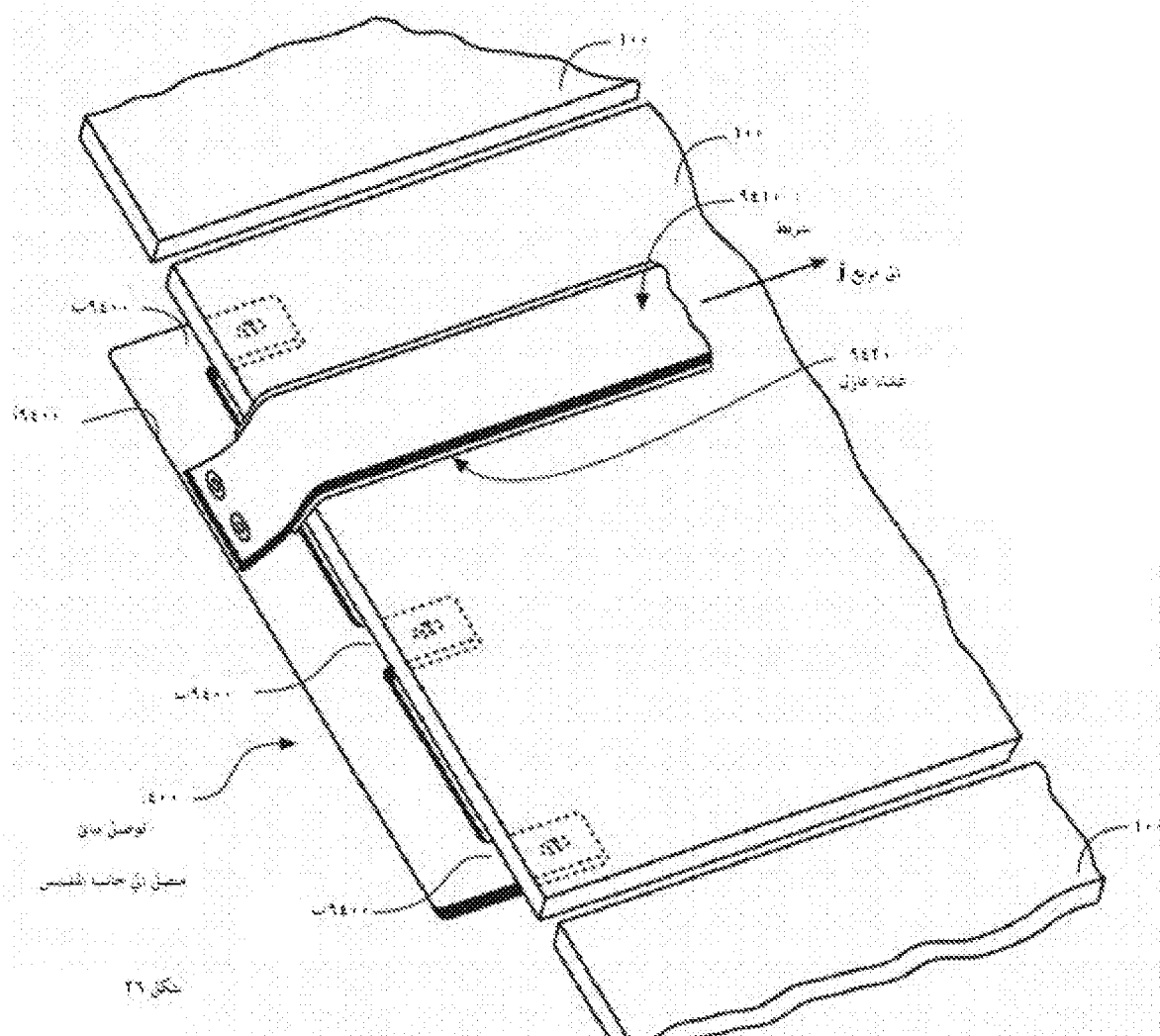


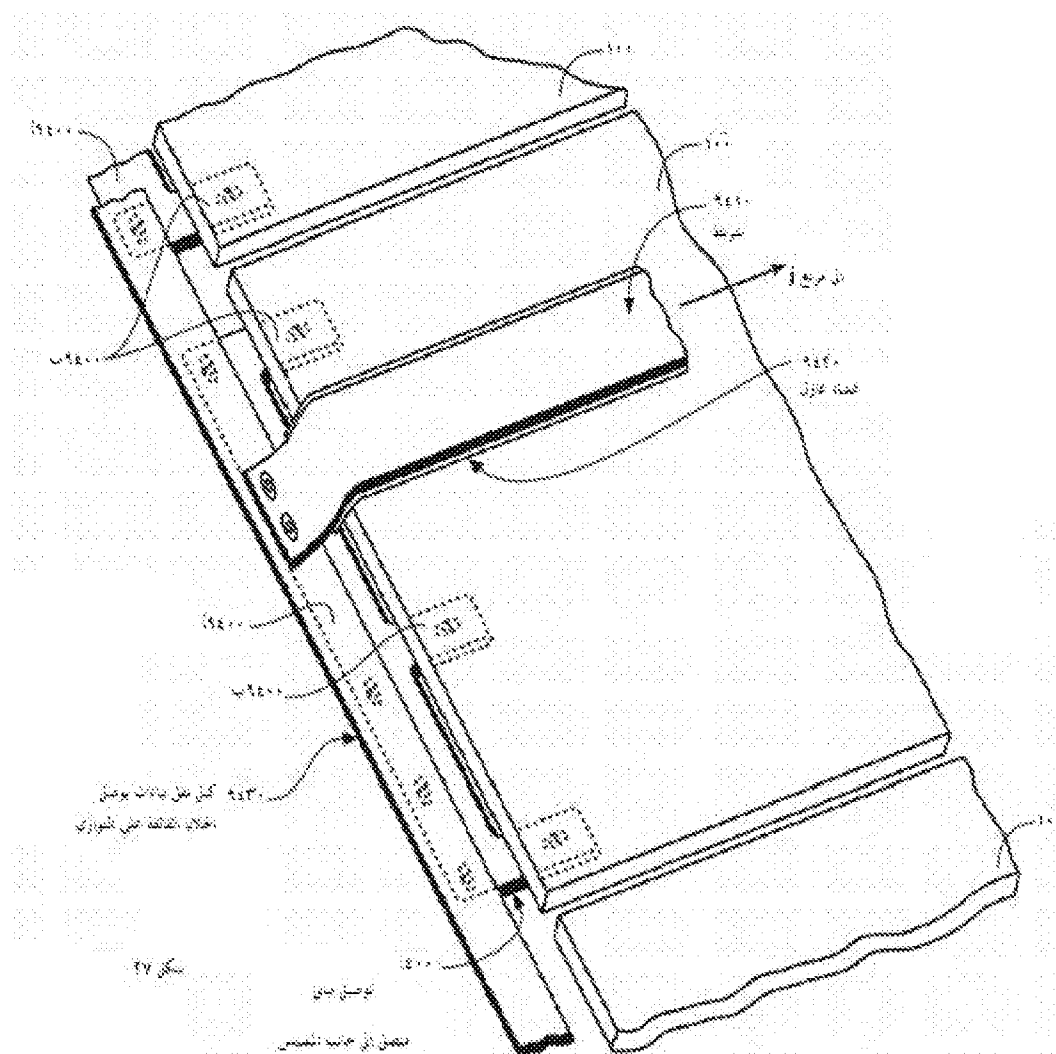


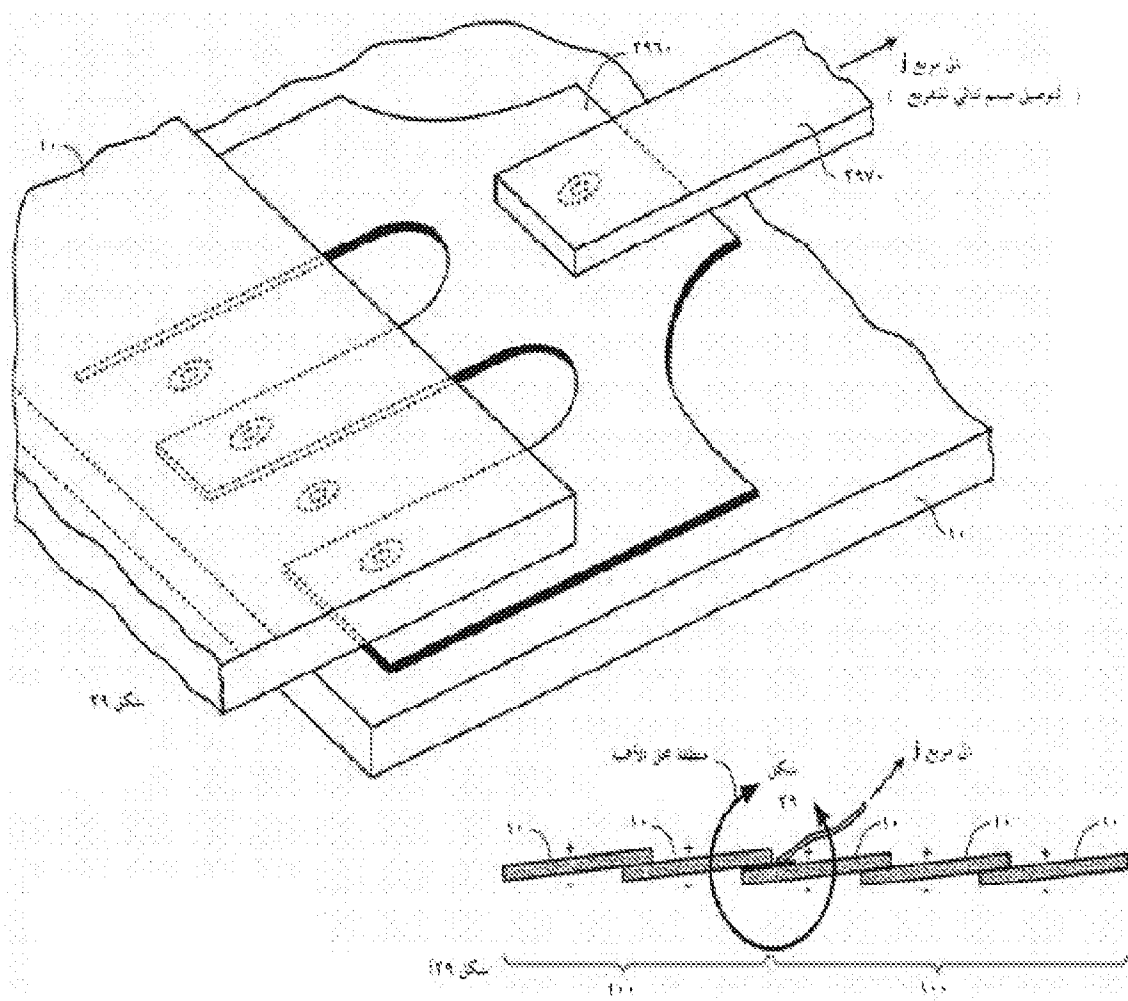


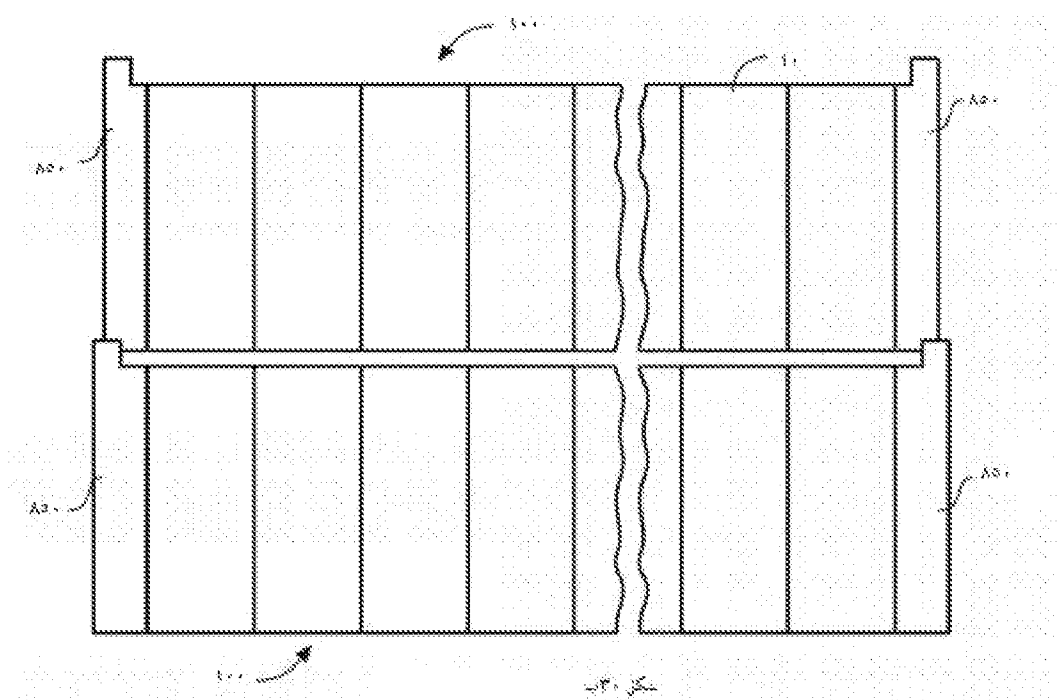
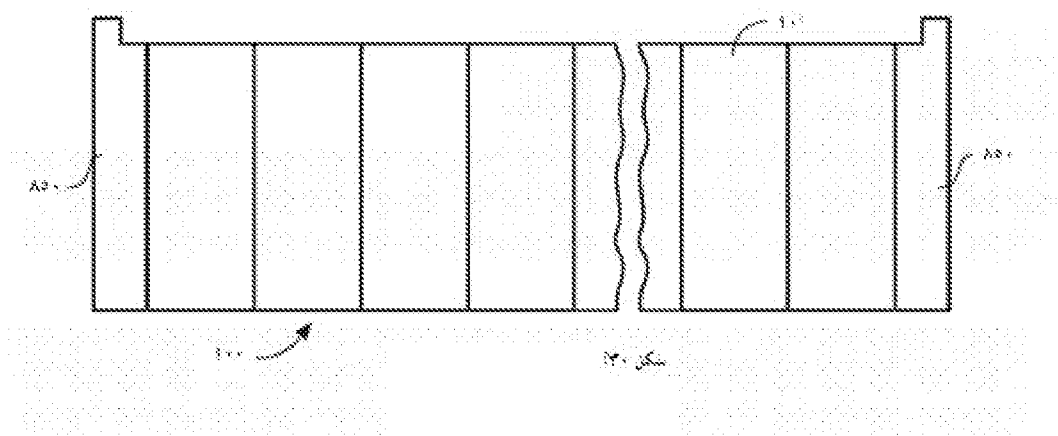


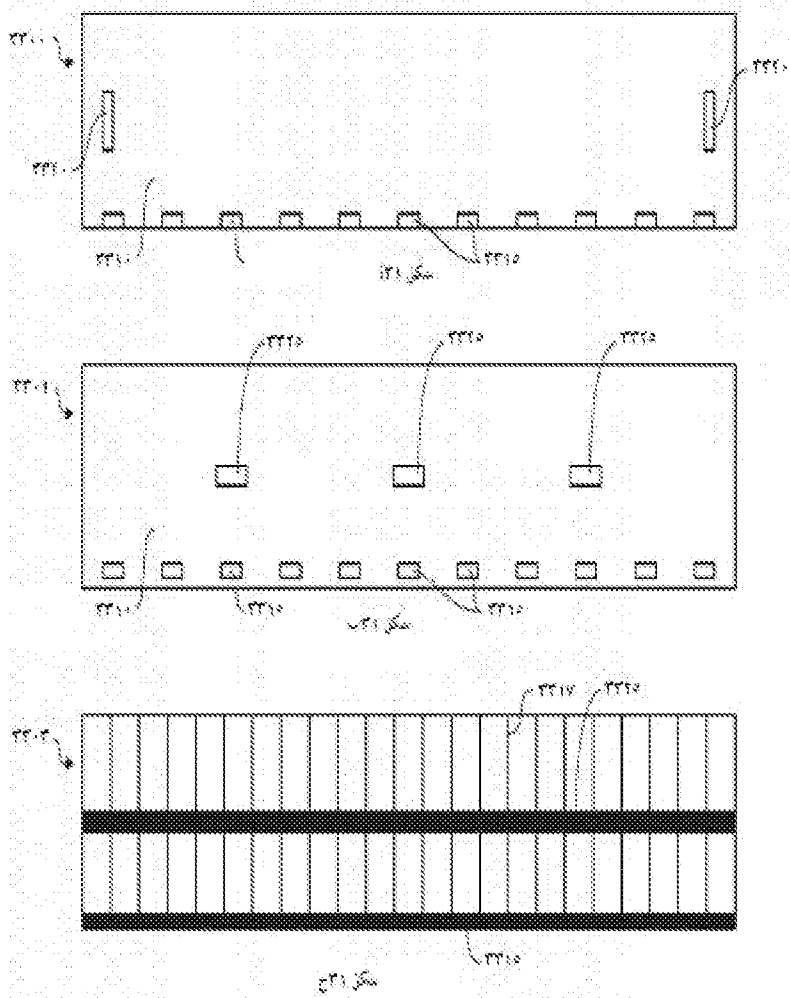












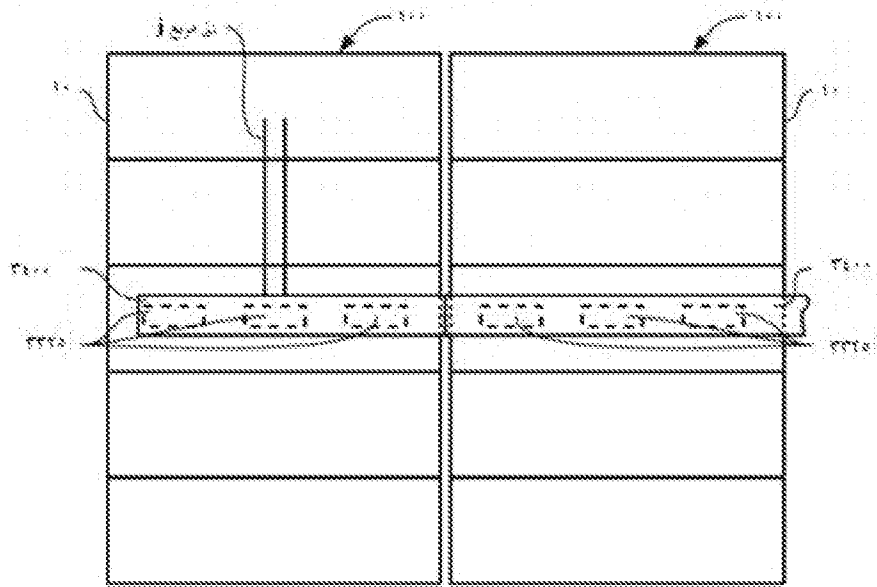


FIG. 2

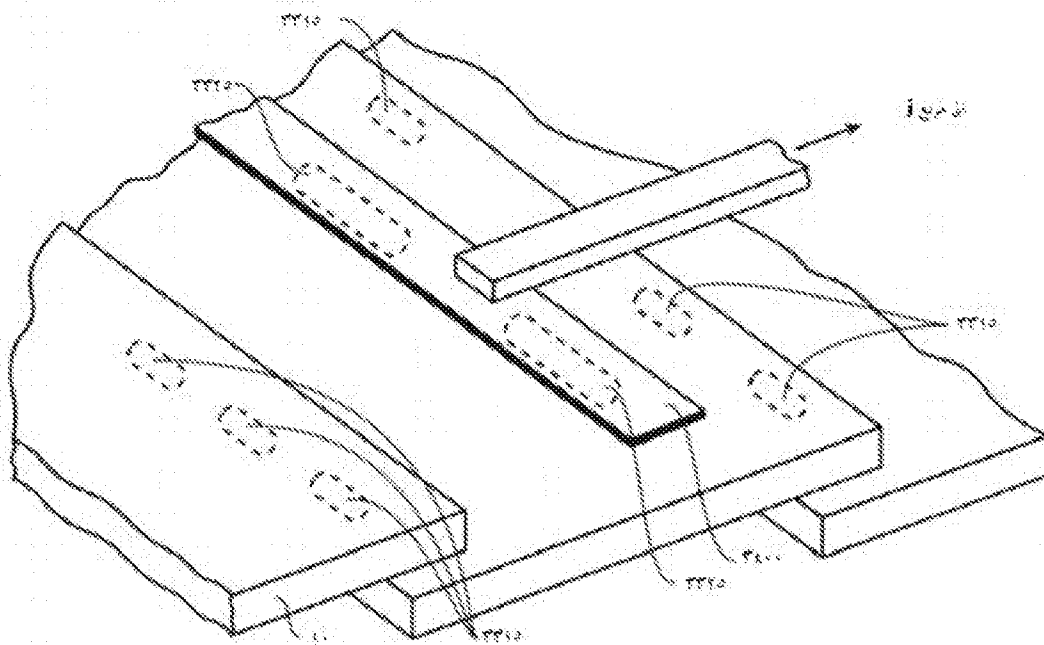
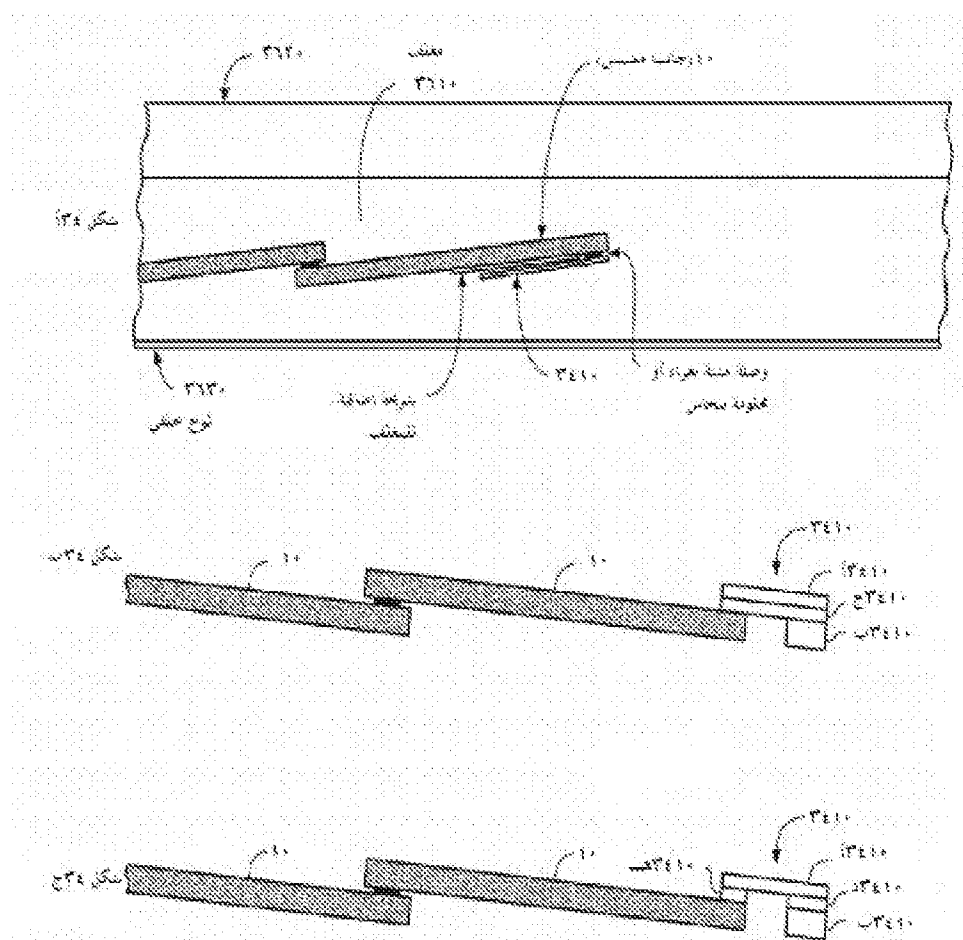
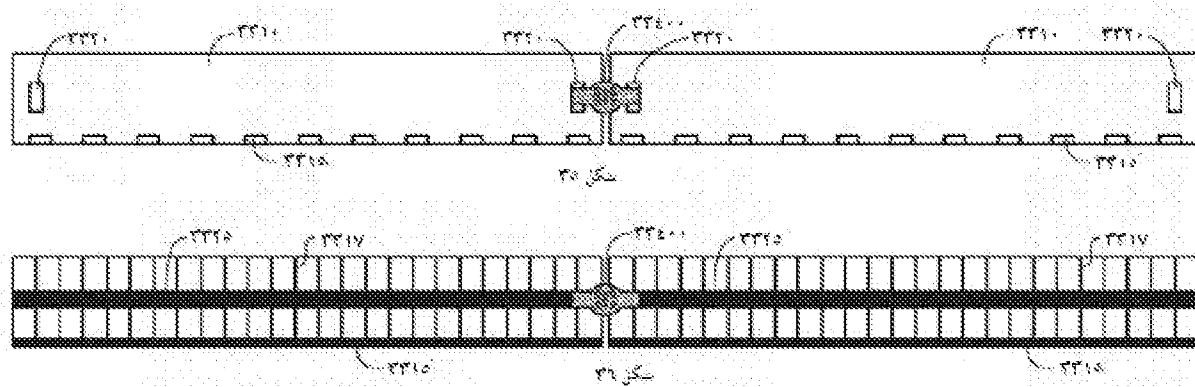
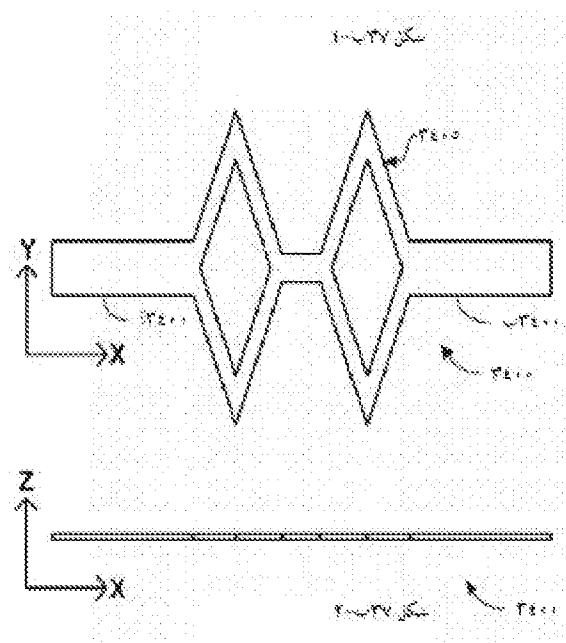
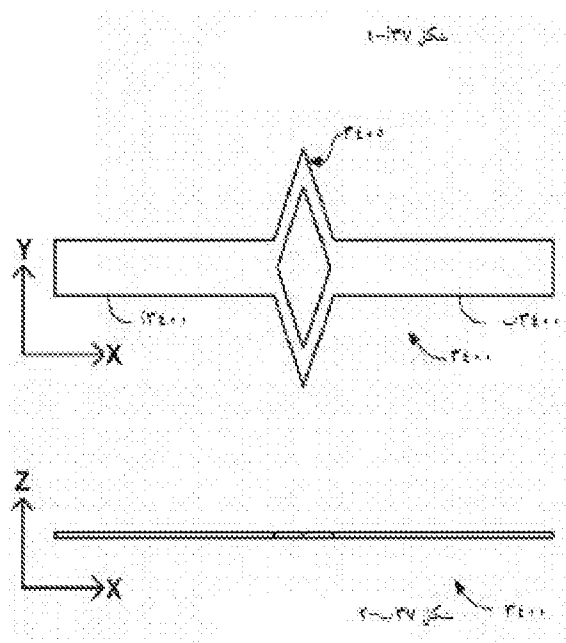
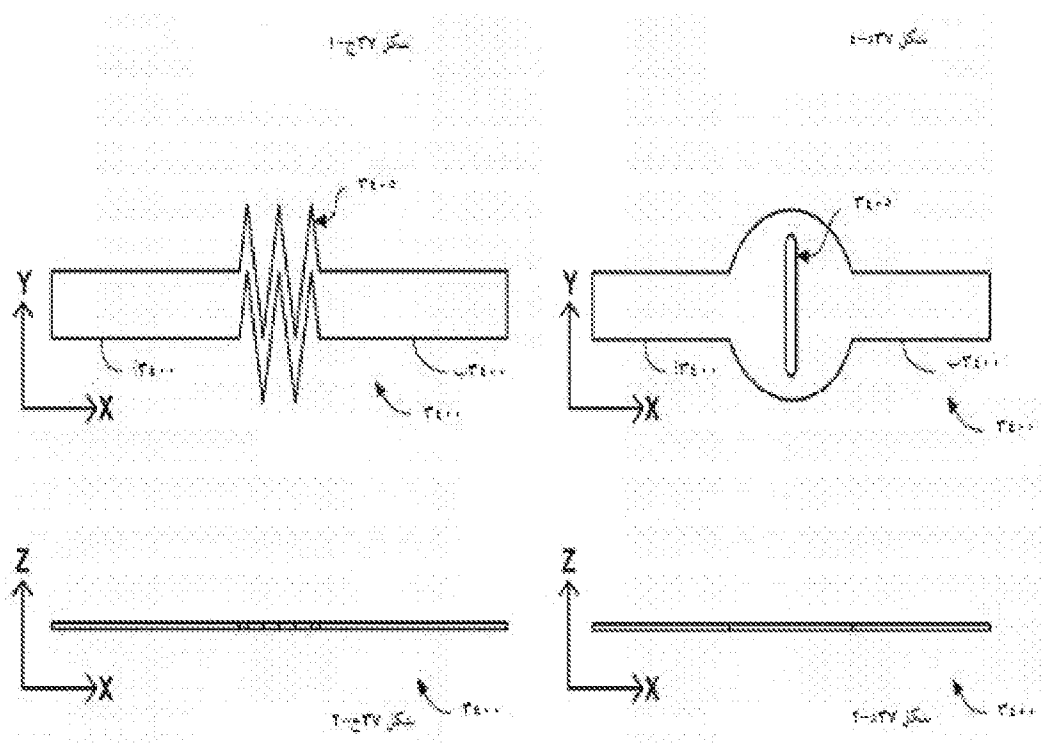


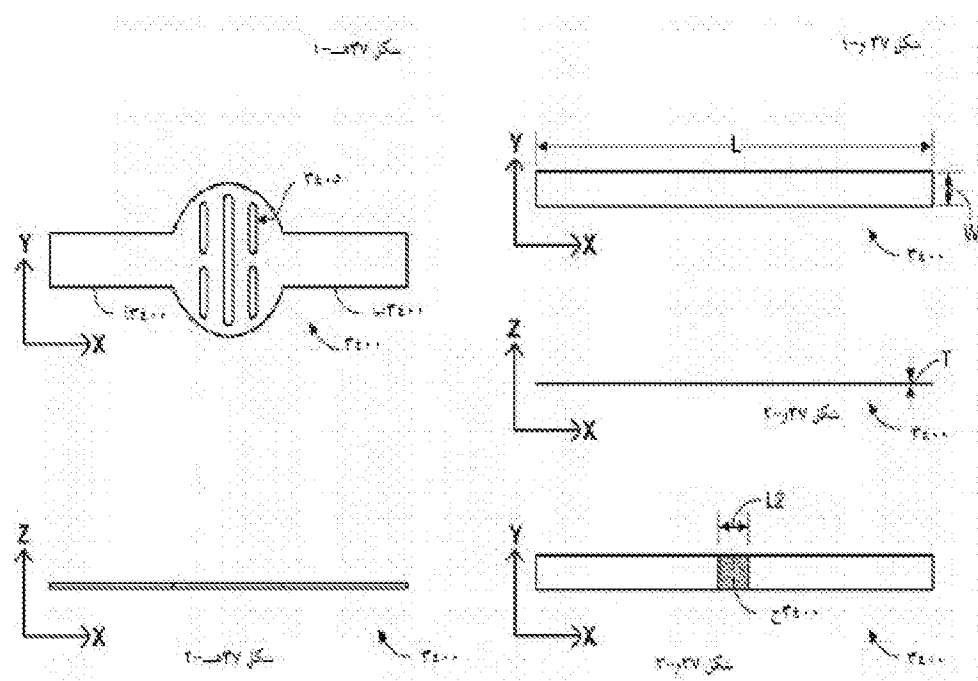
FIG. 3

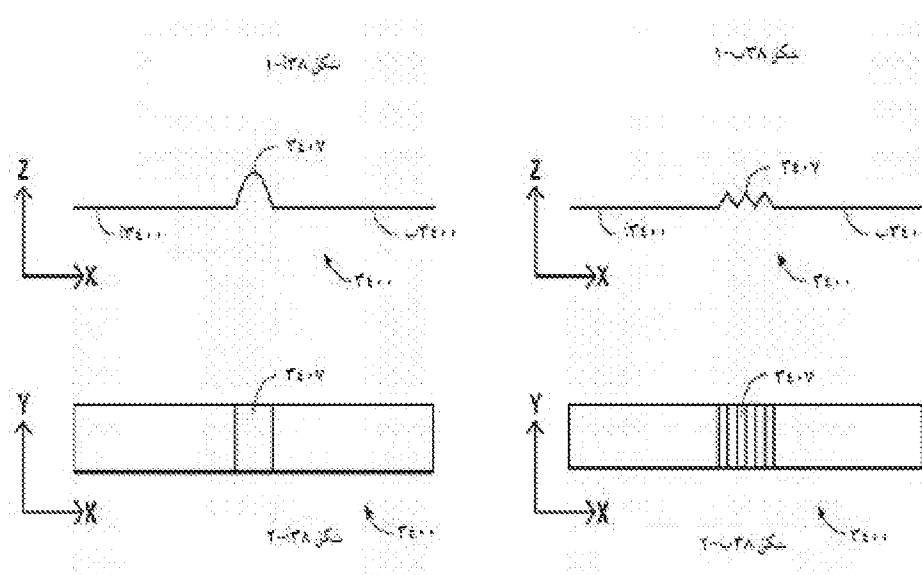


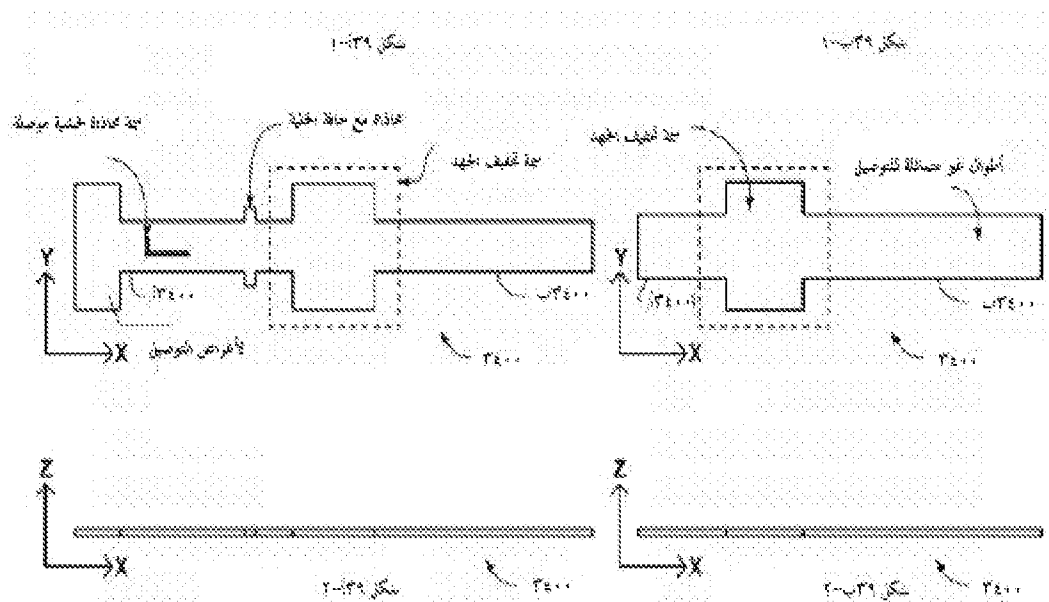


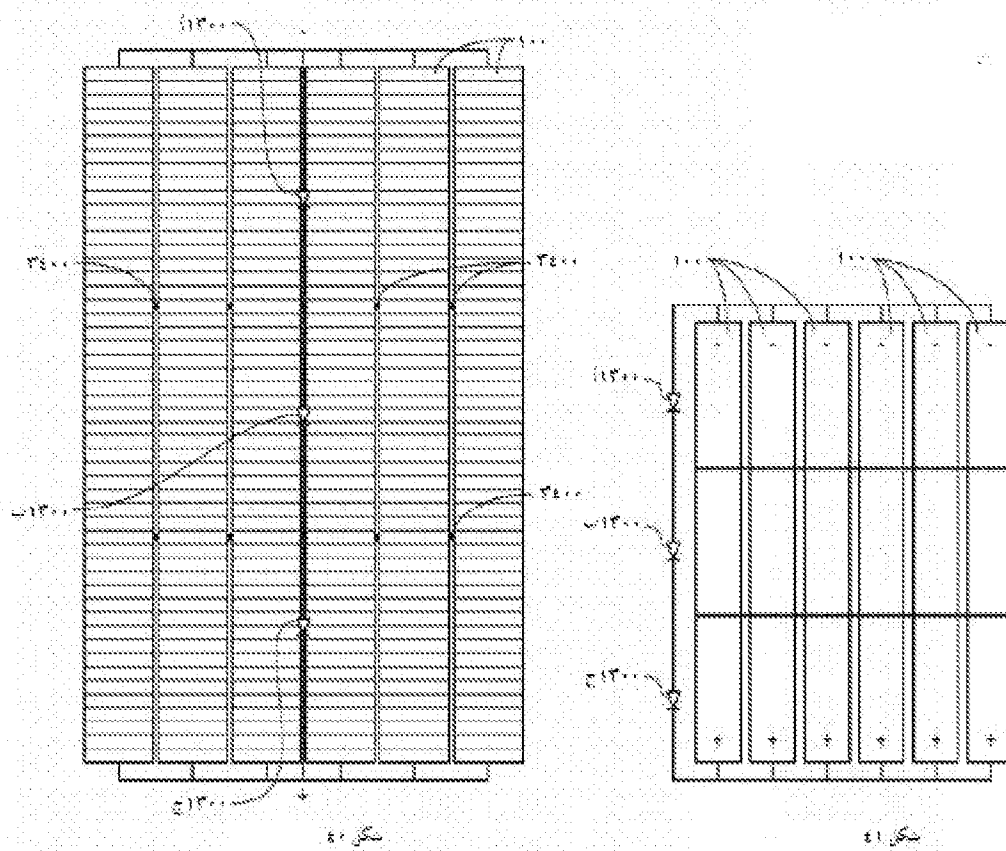


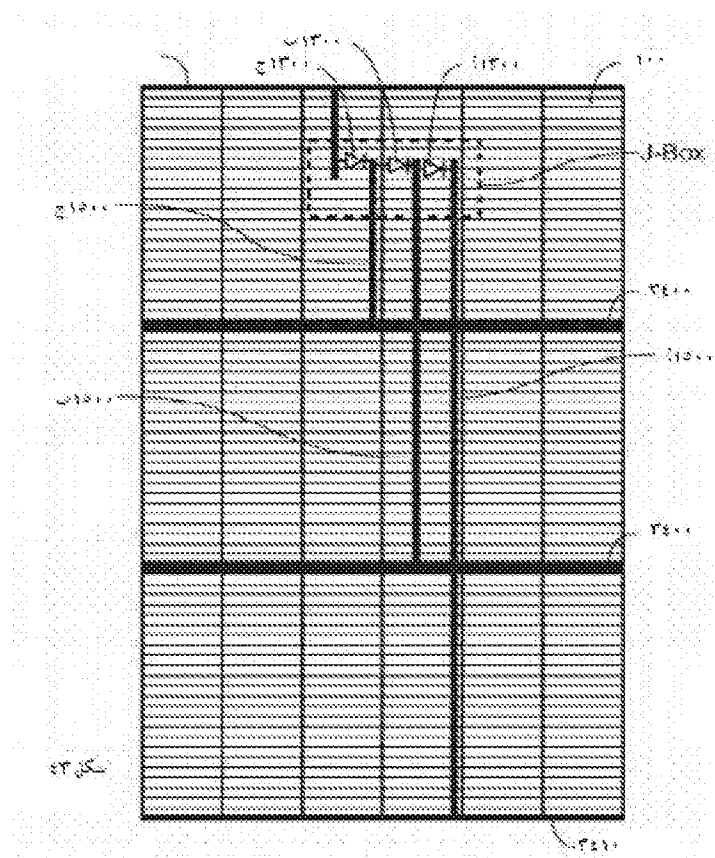


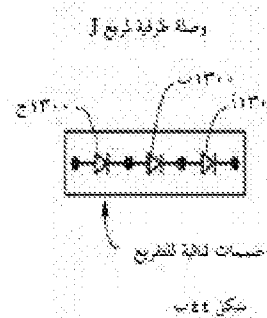
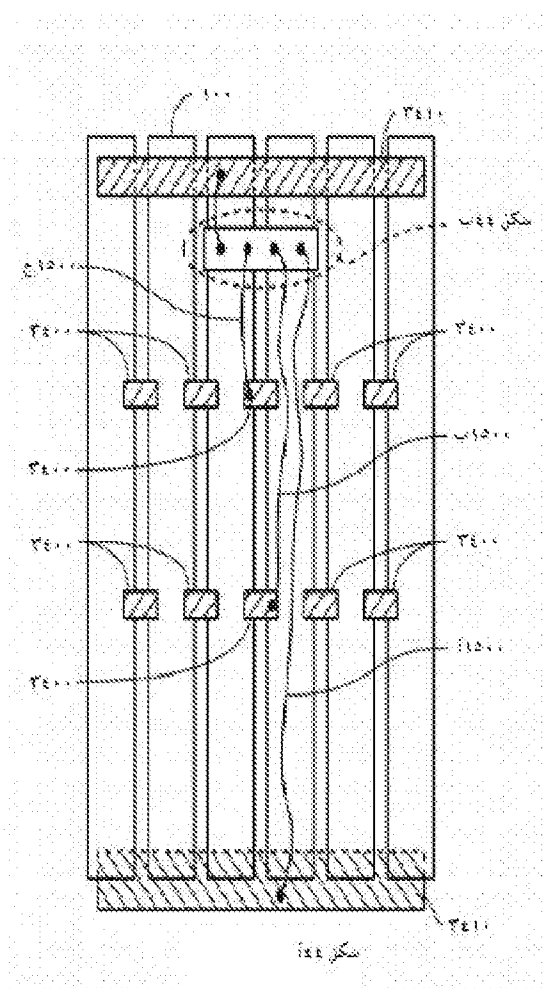


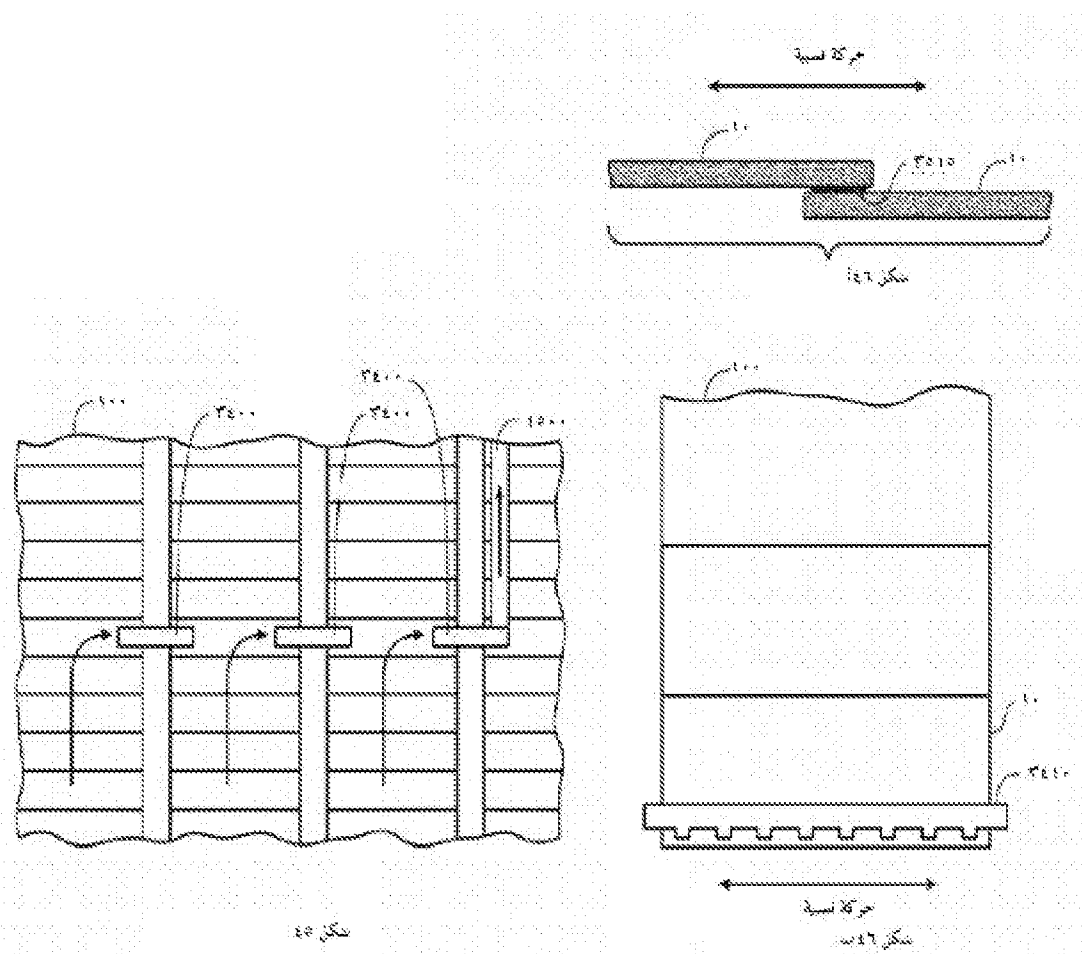


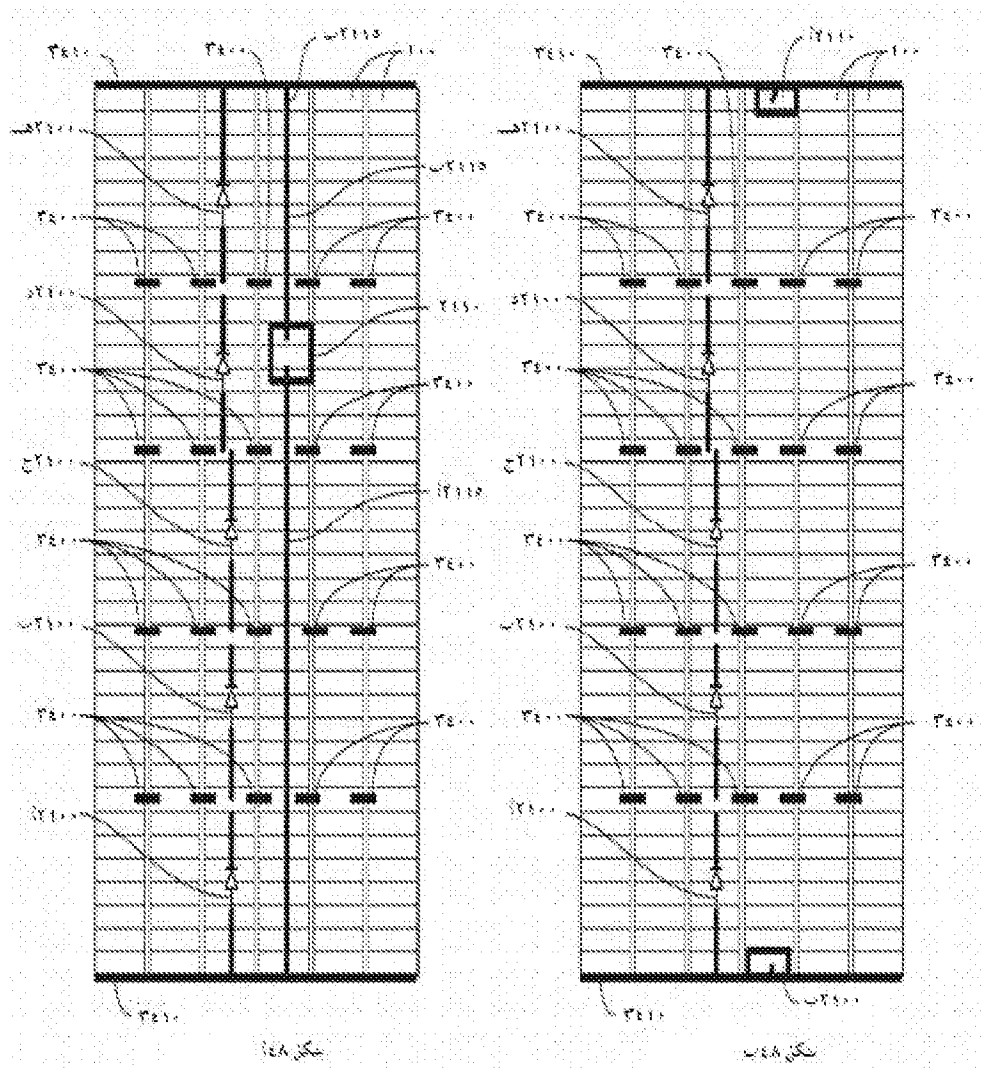


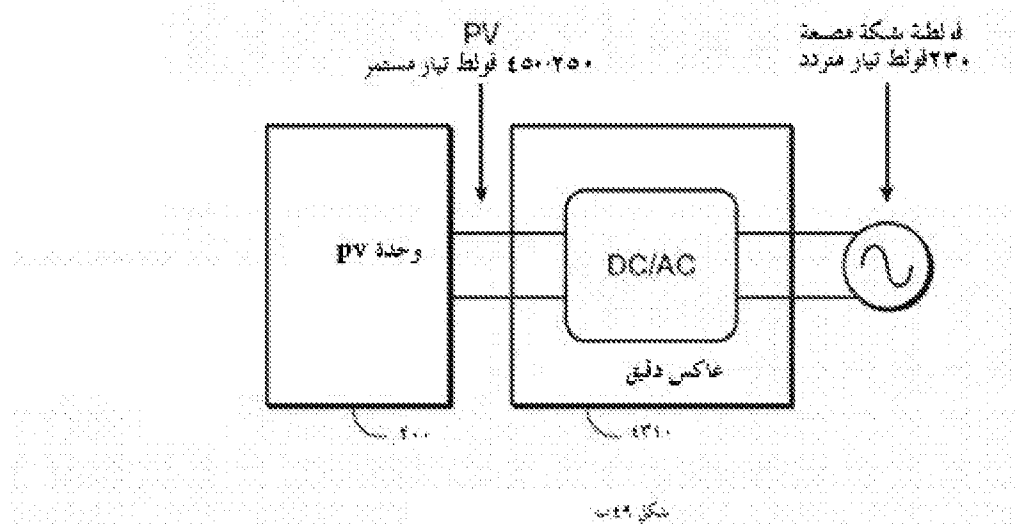
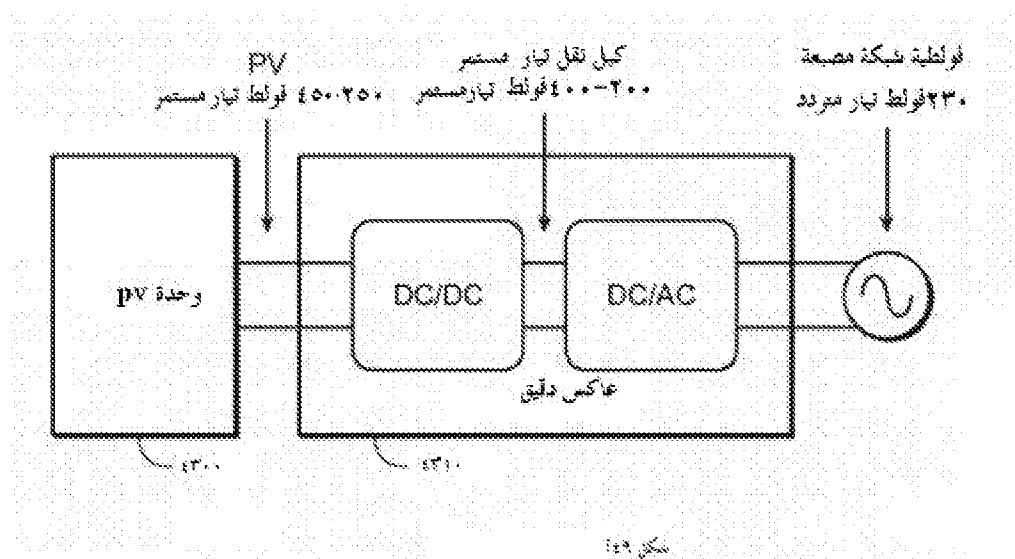


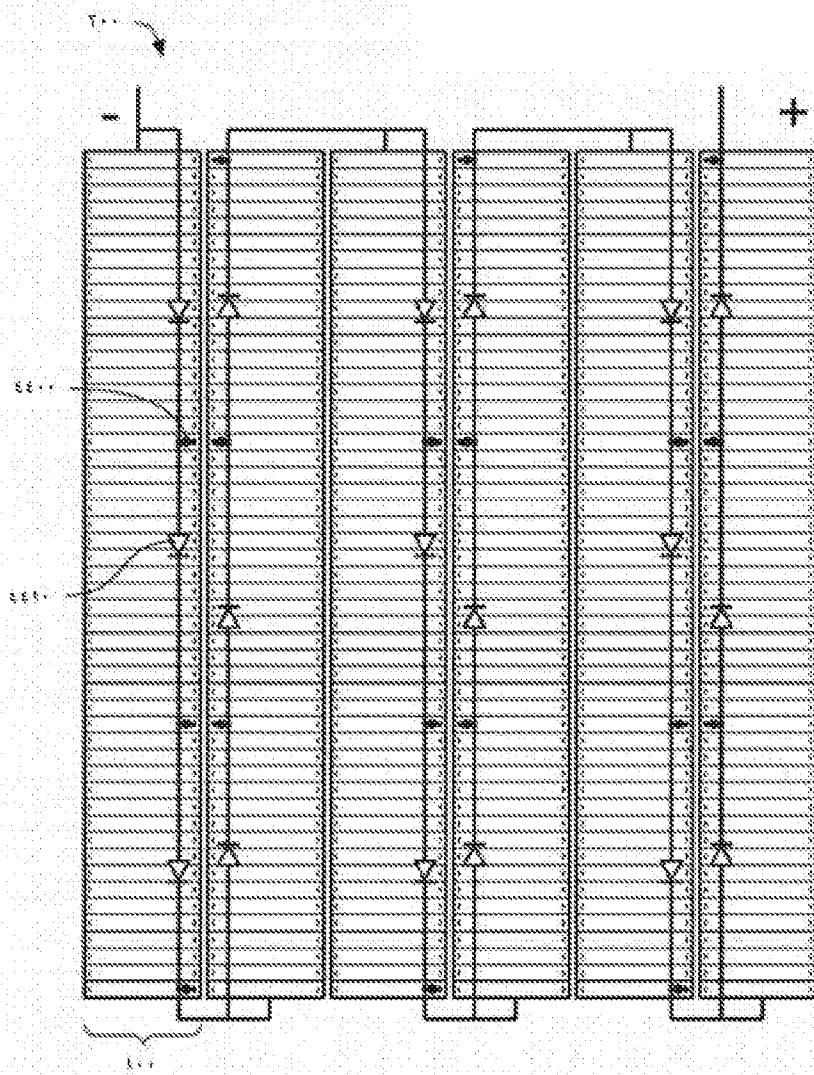


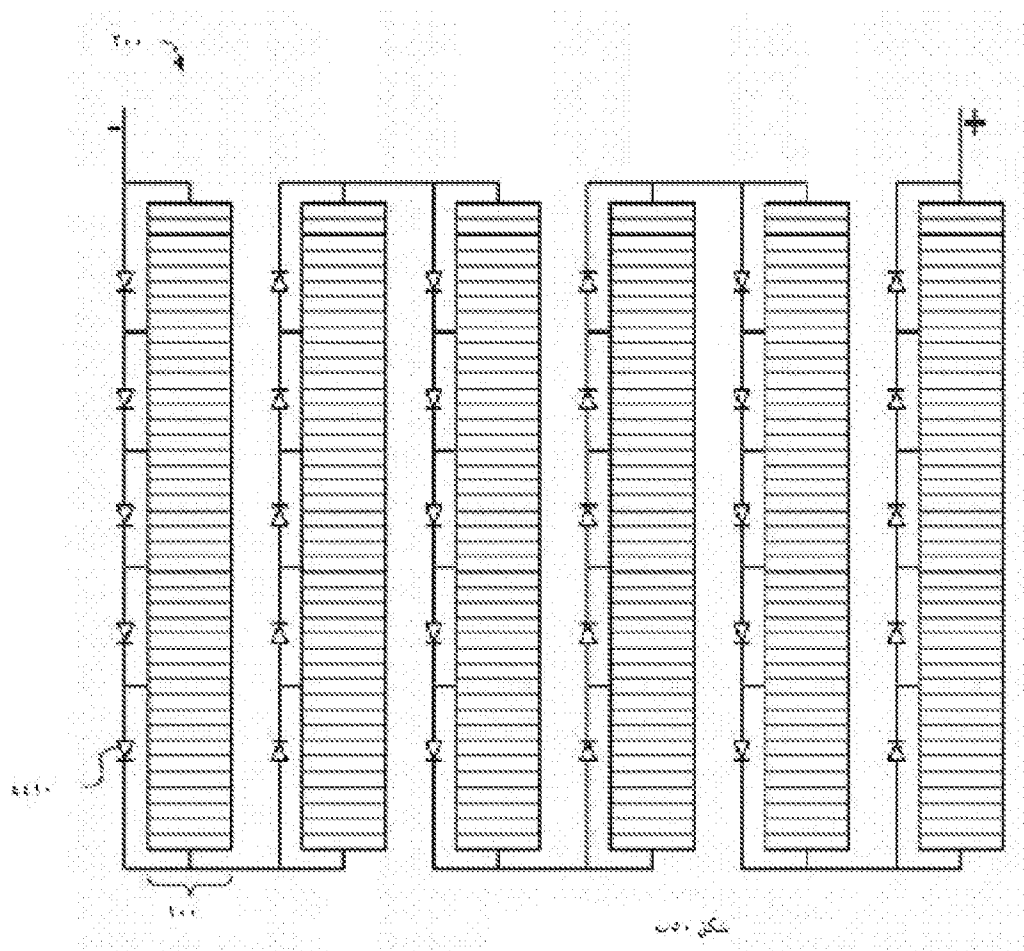


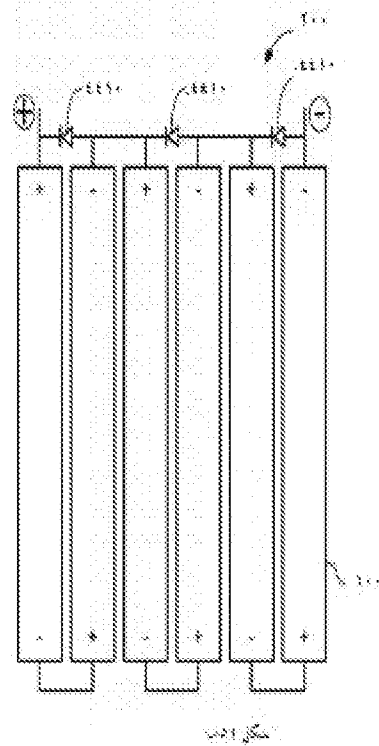
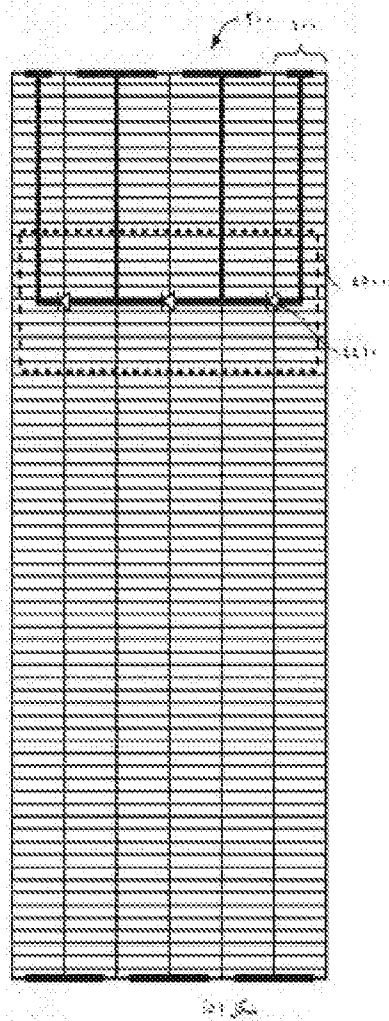


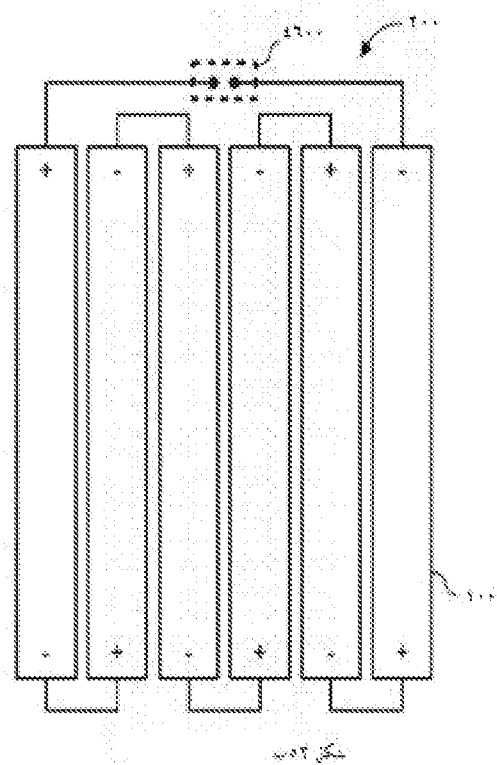
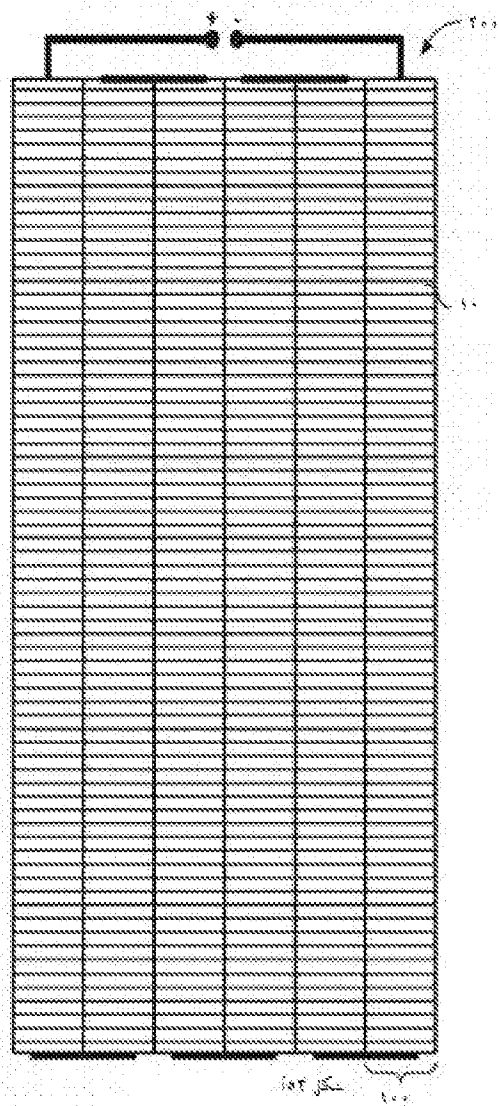


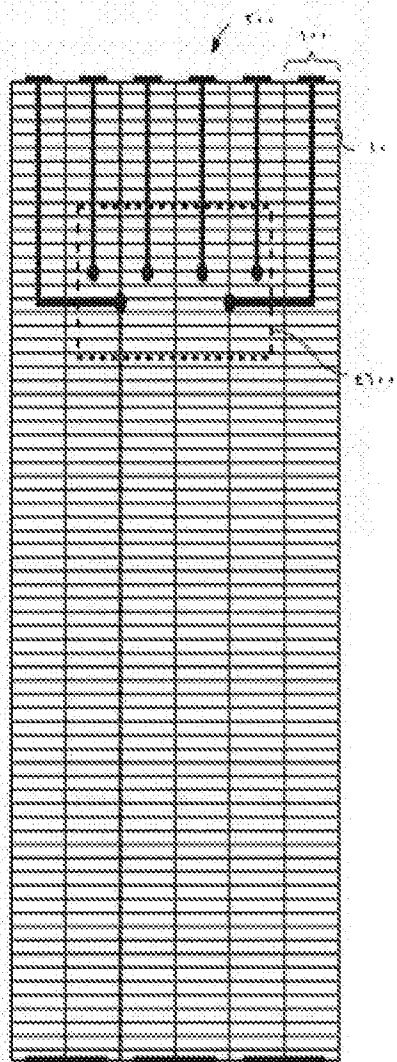




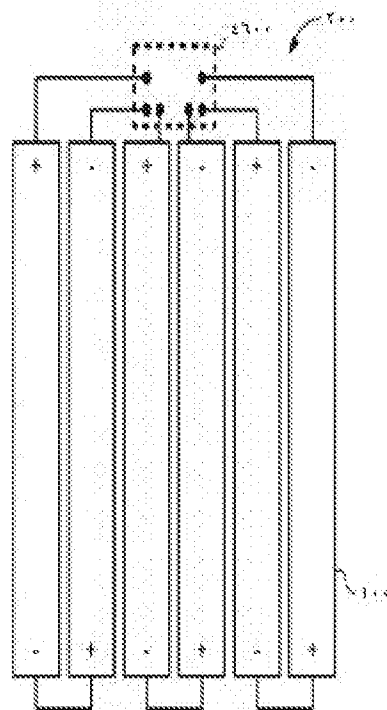




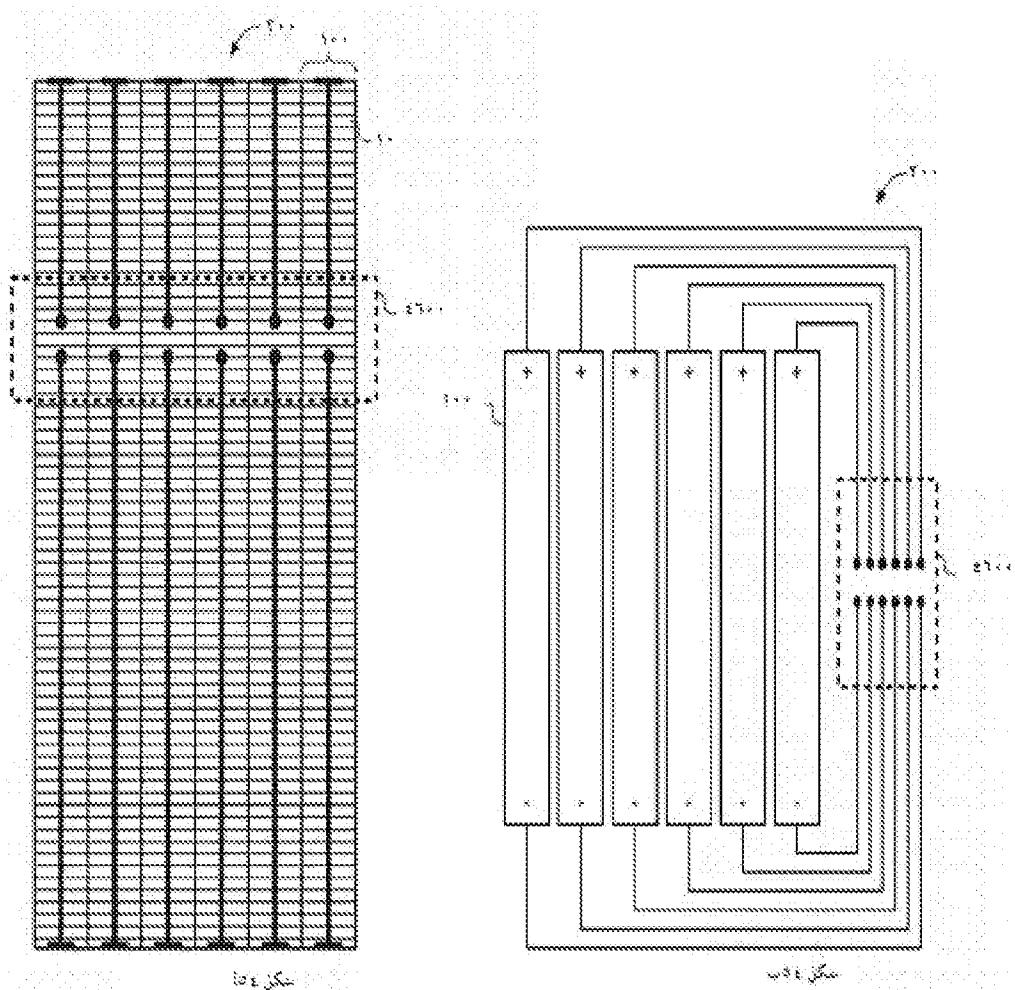


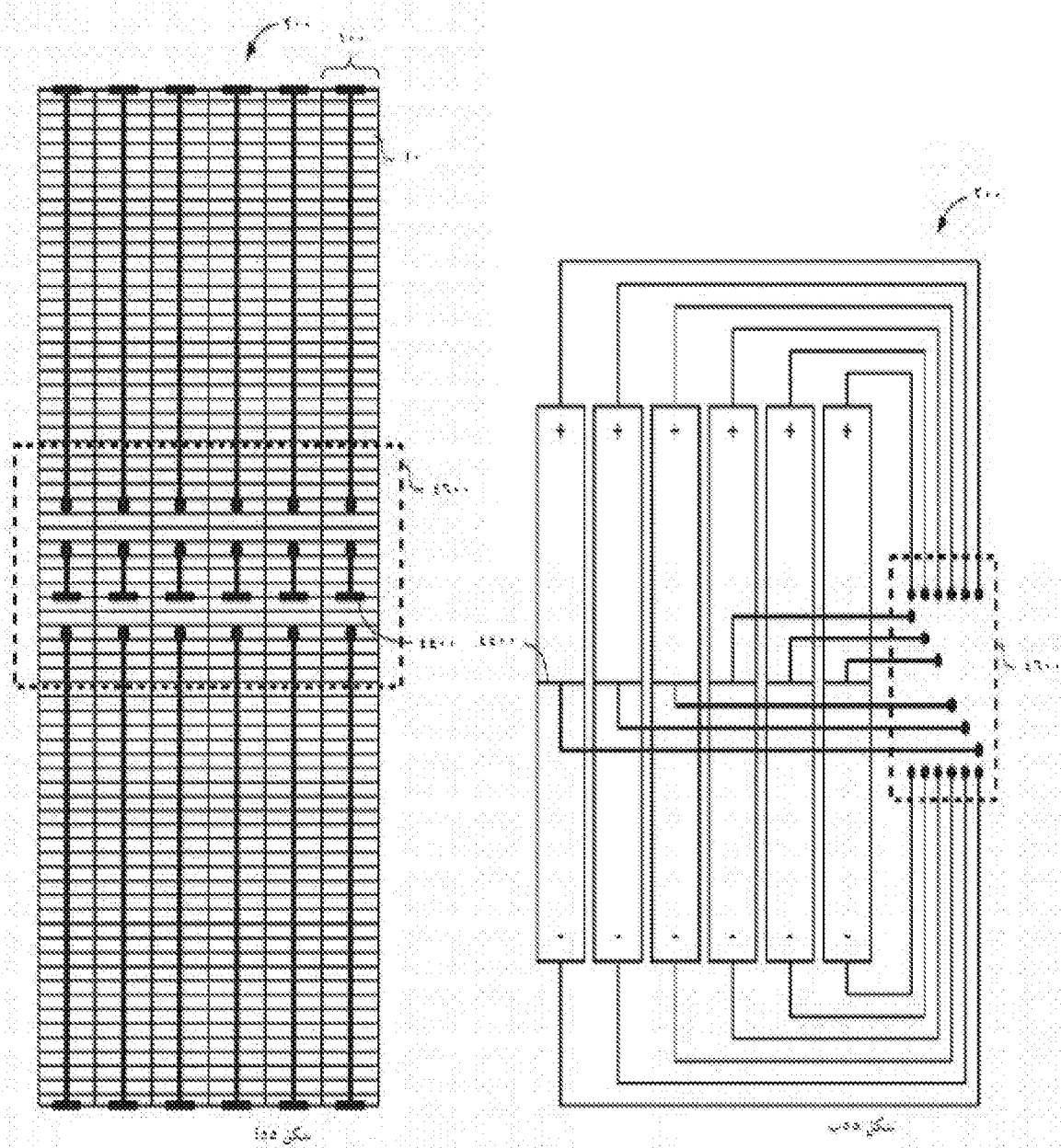


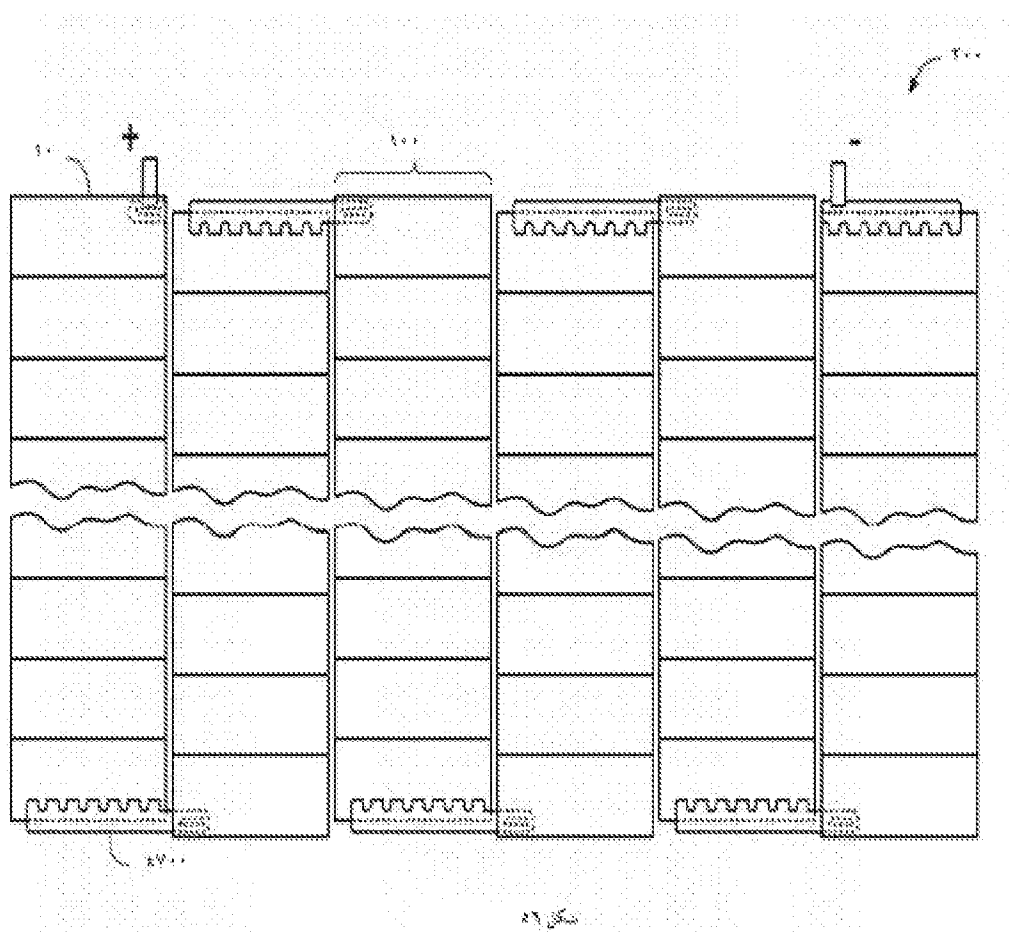
شکل ۱۰۳

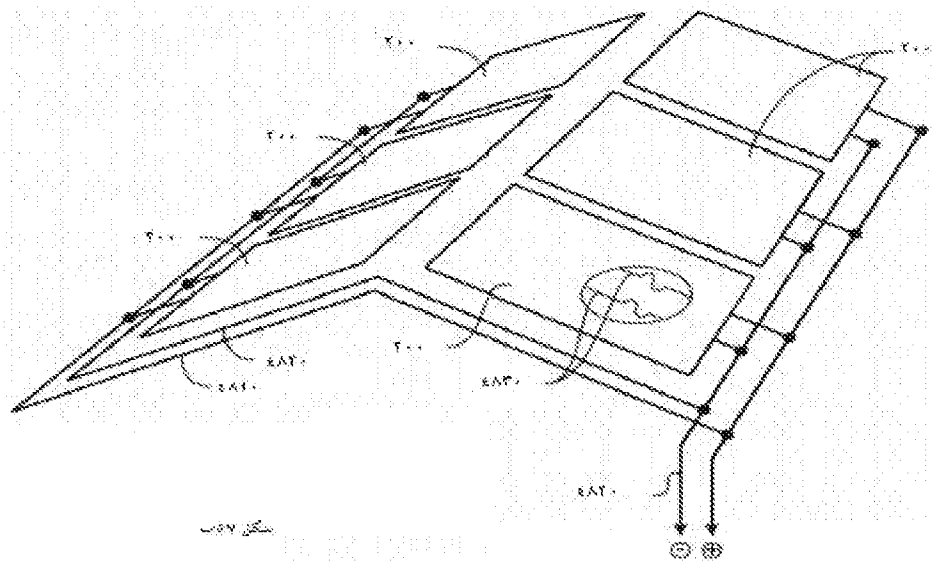
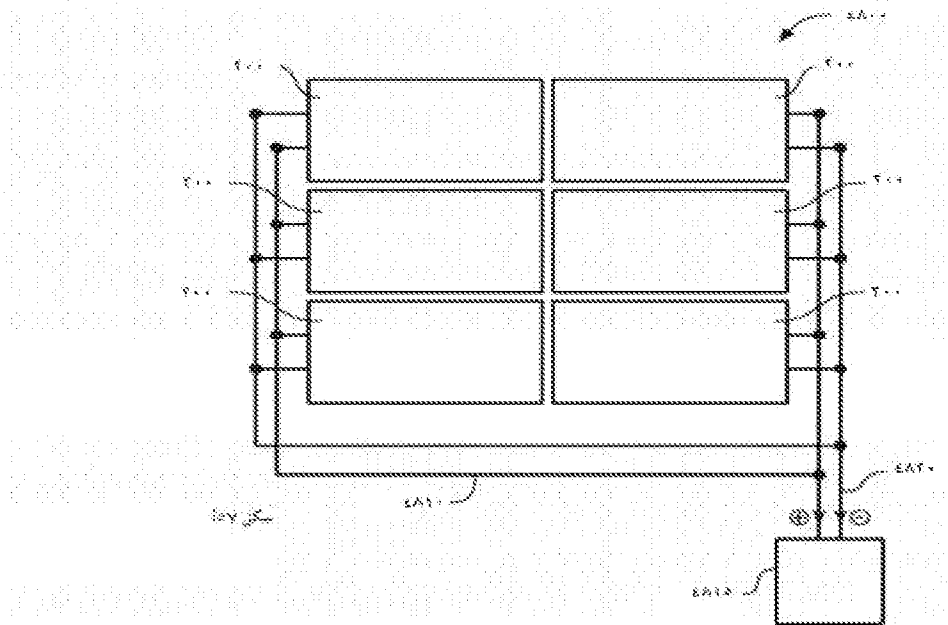


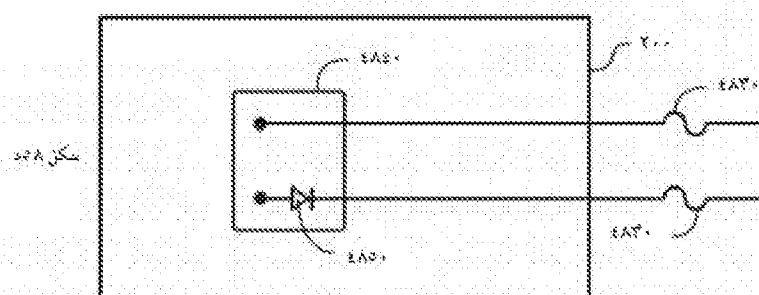
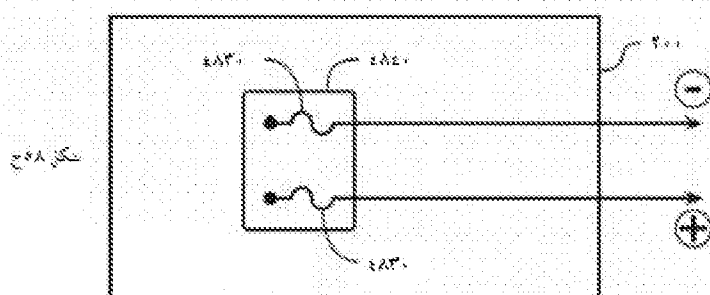
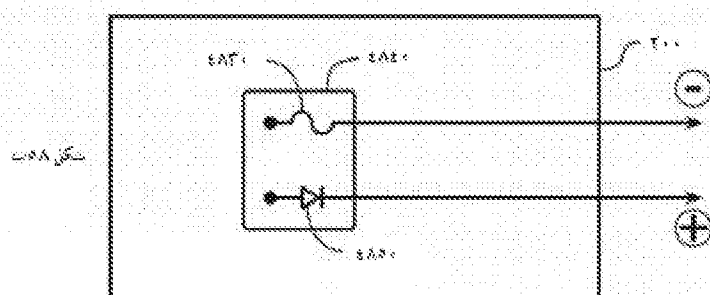
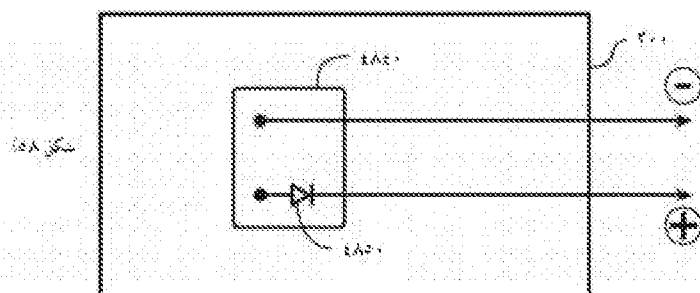
شکل ۱۰۴

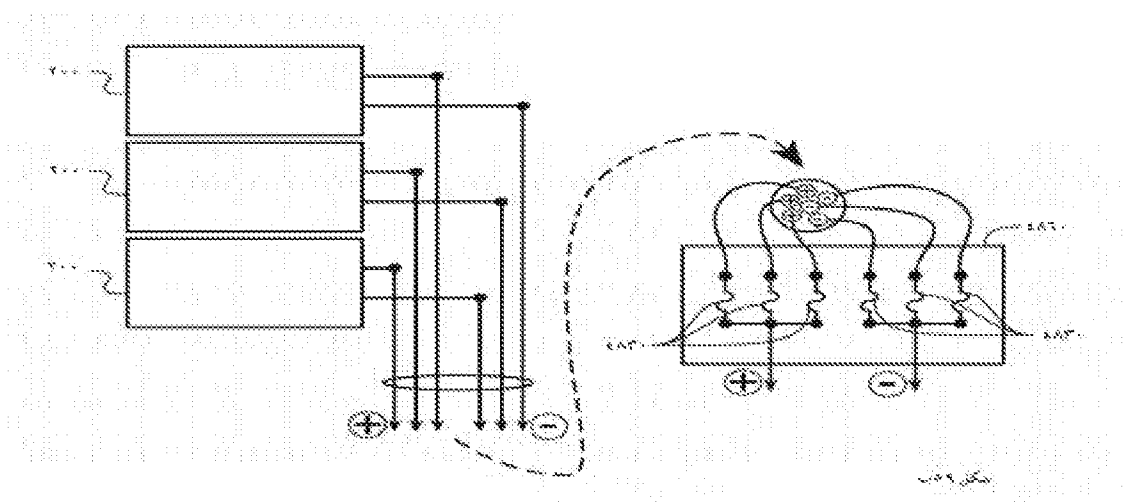
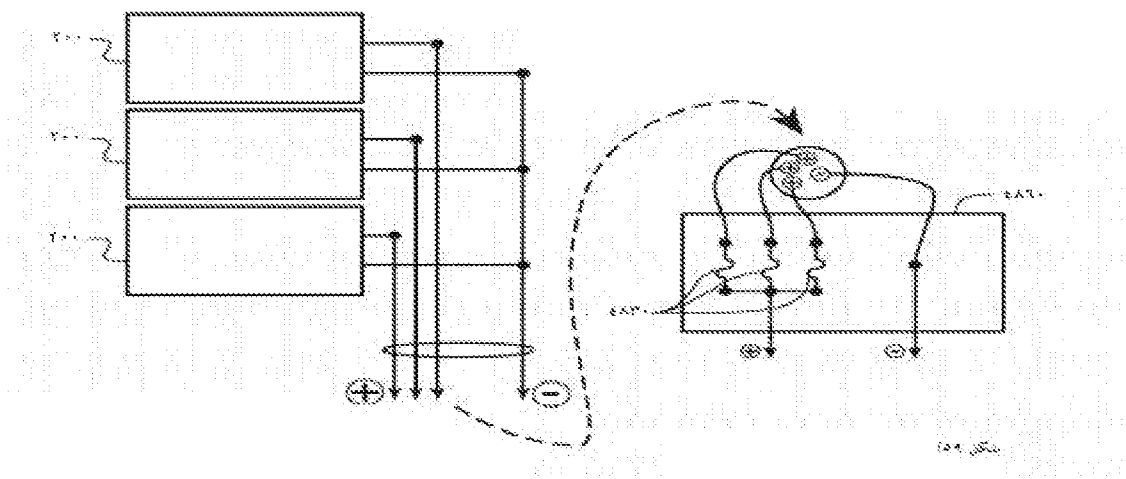


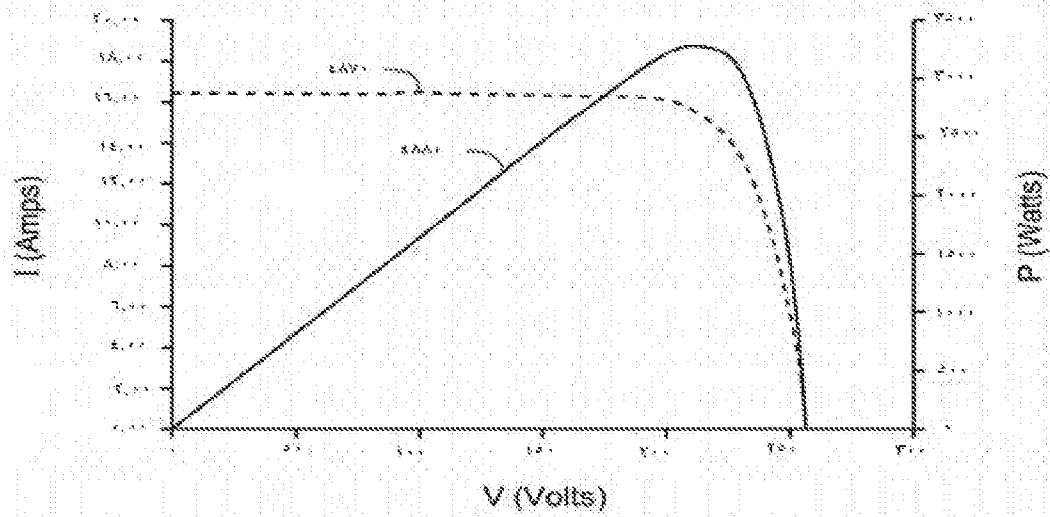




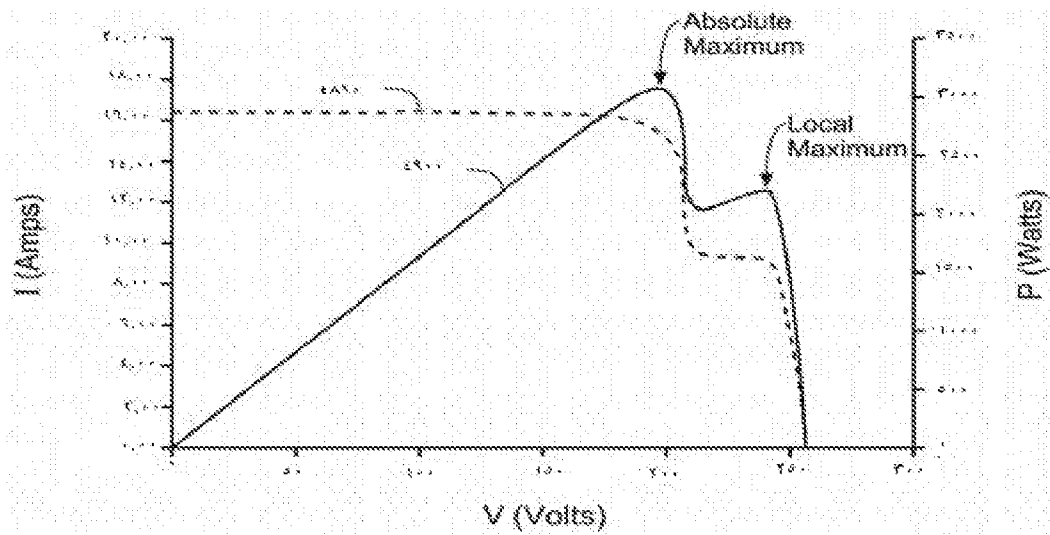




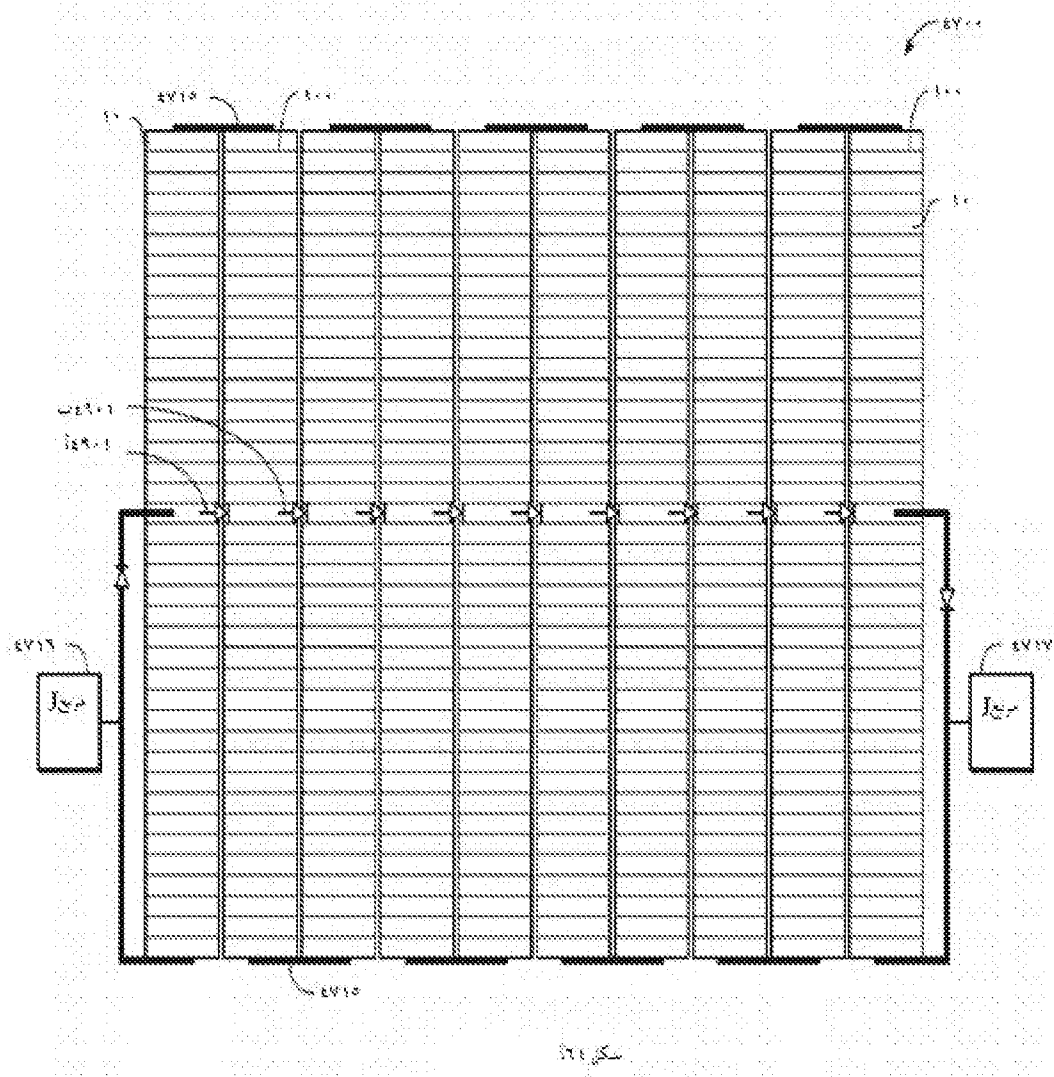


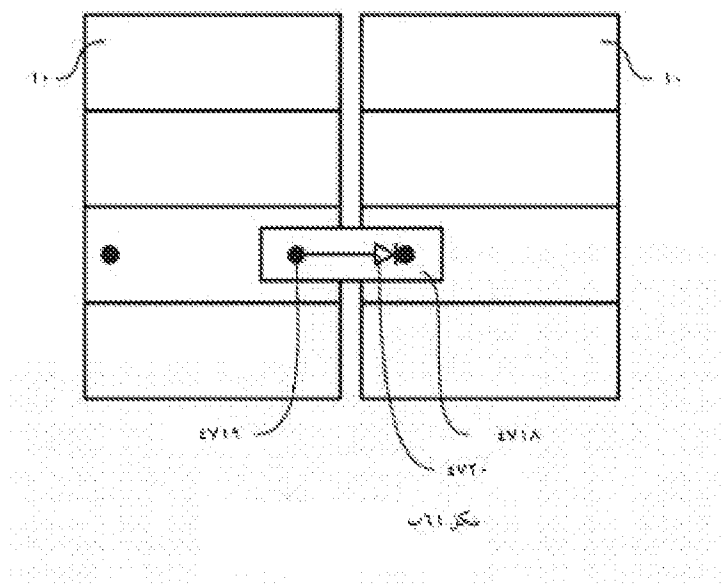


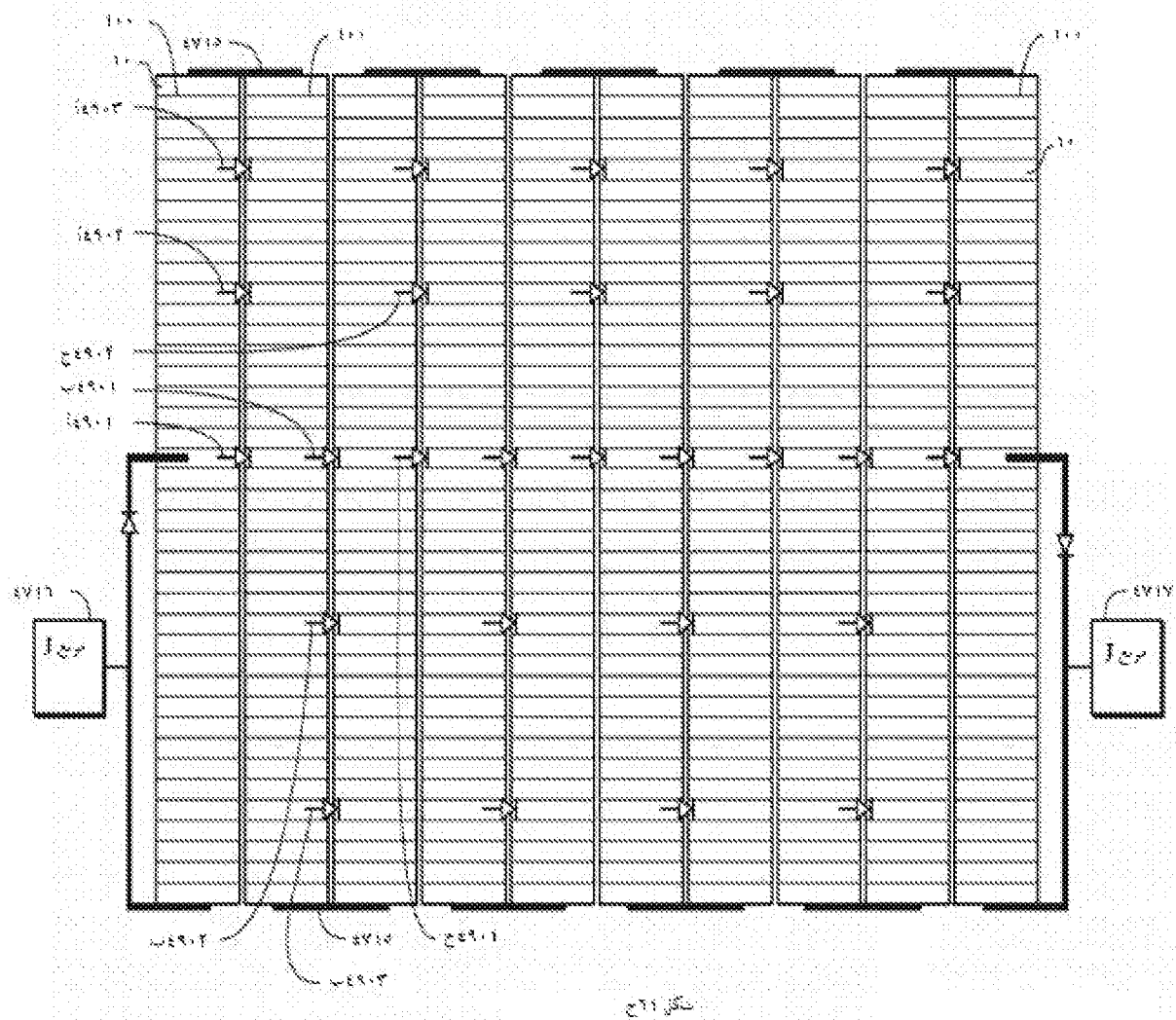
نکته

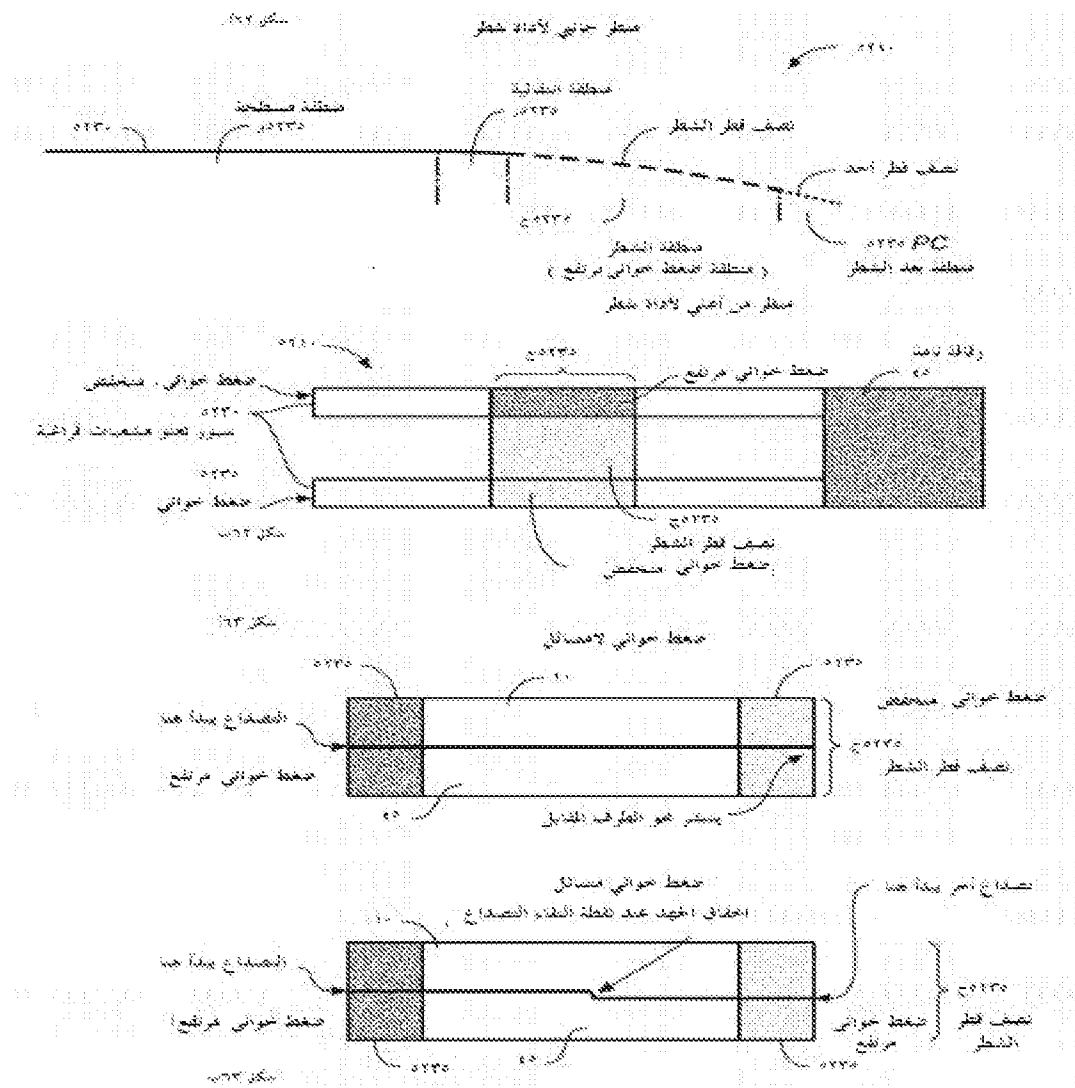


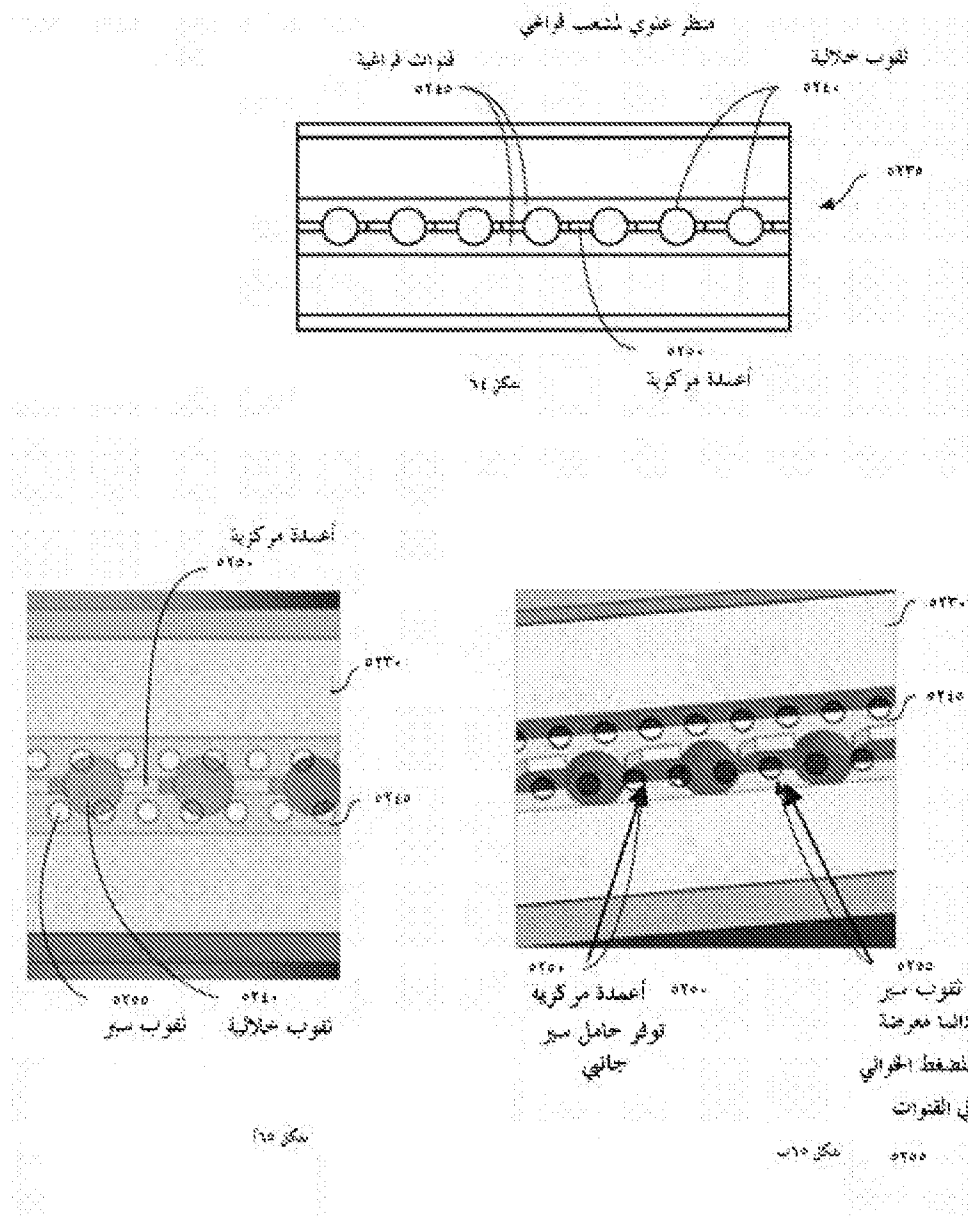
نکته

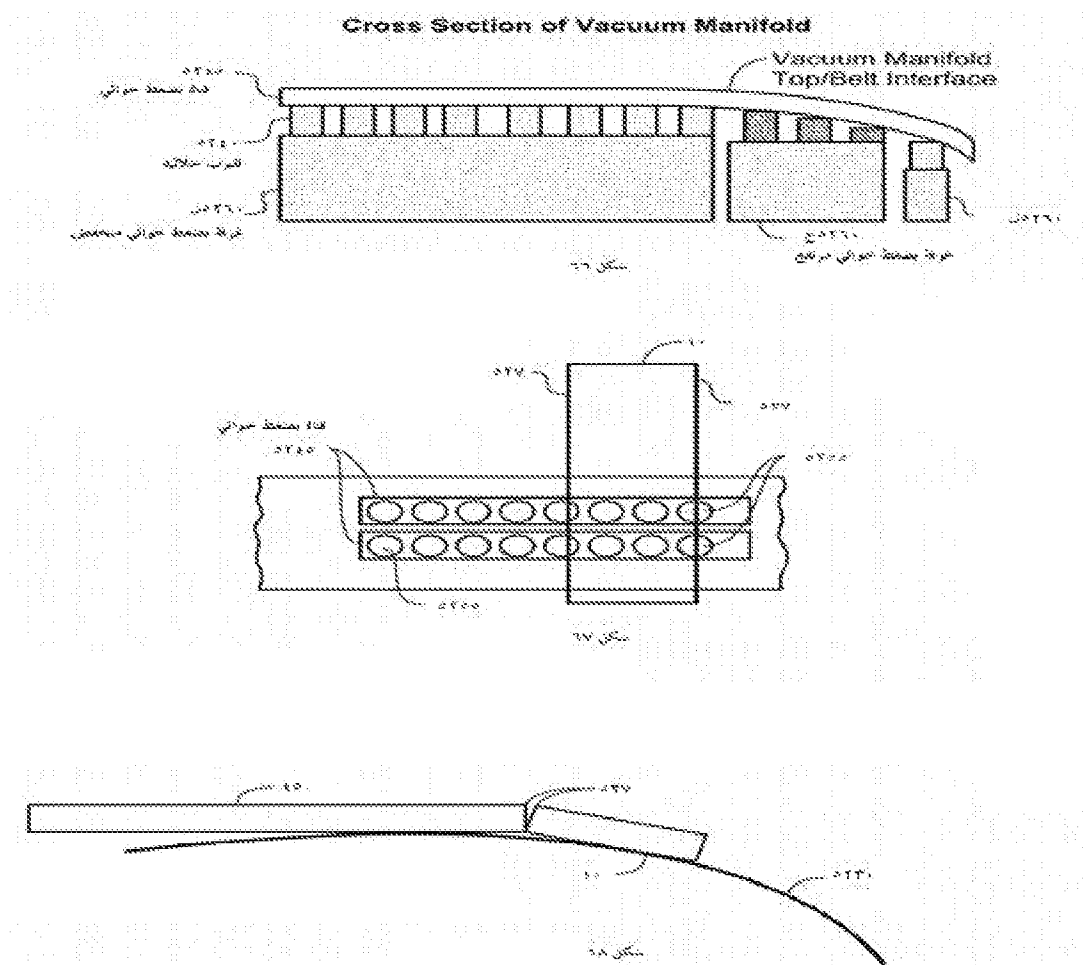


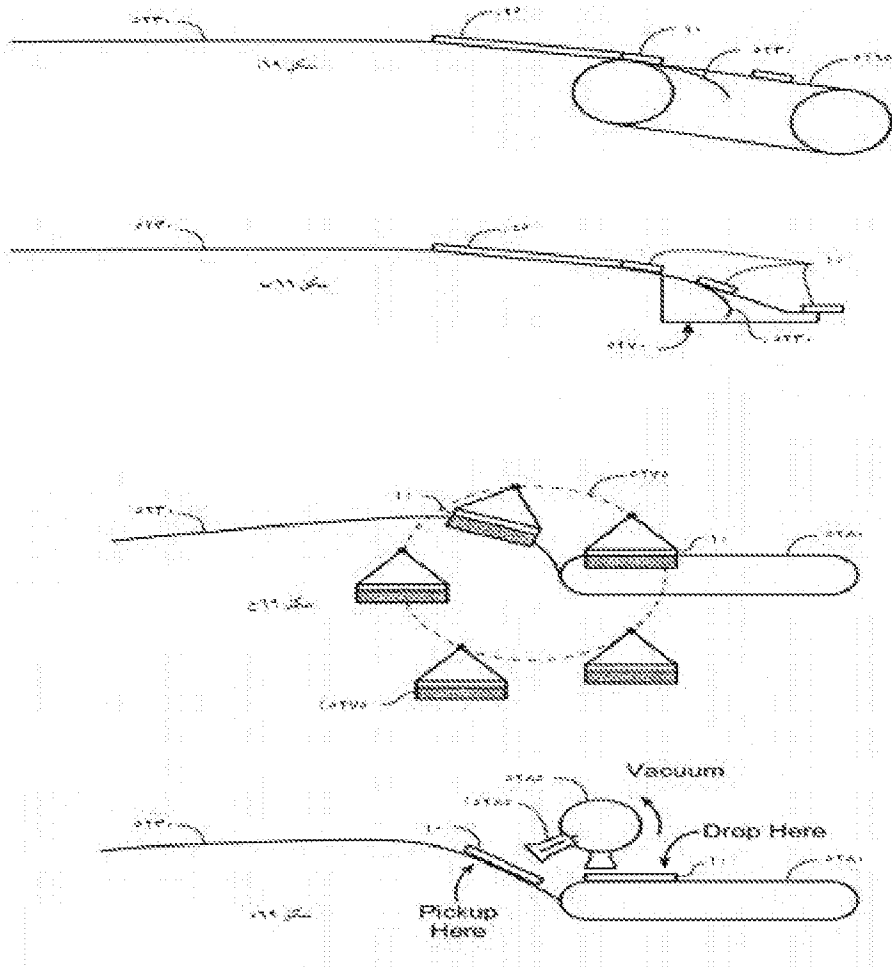


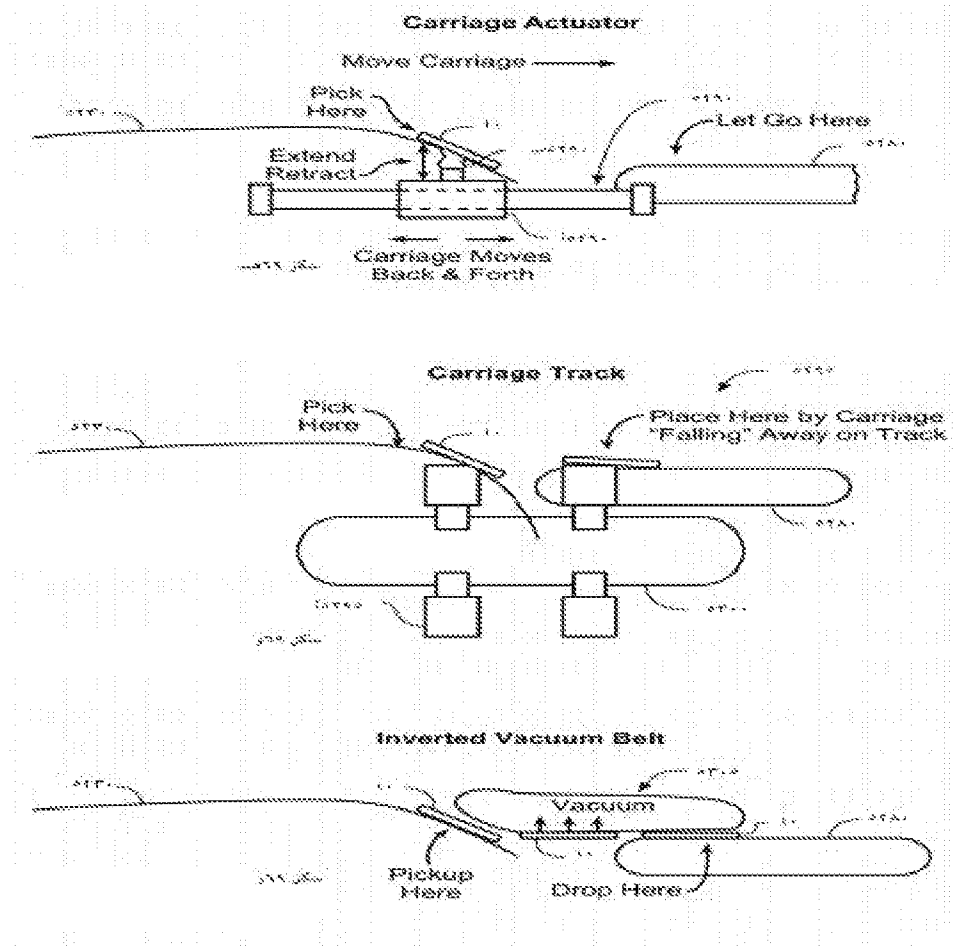


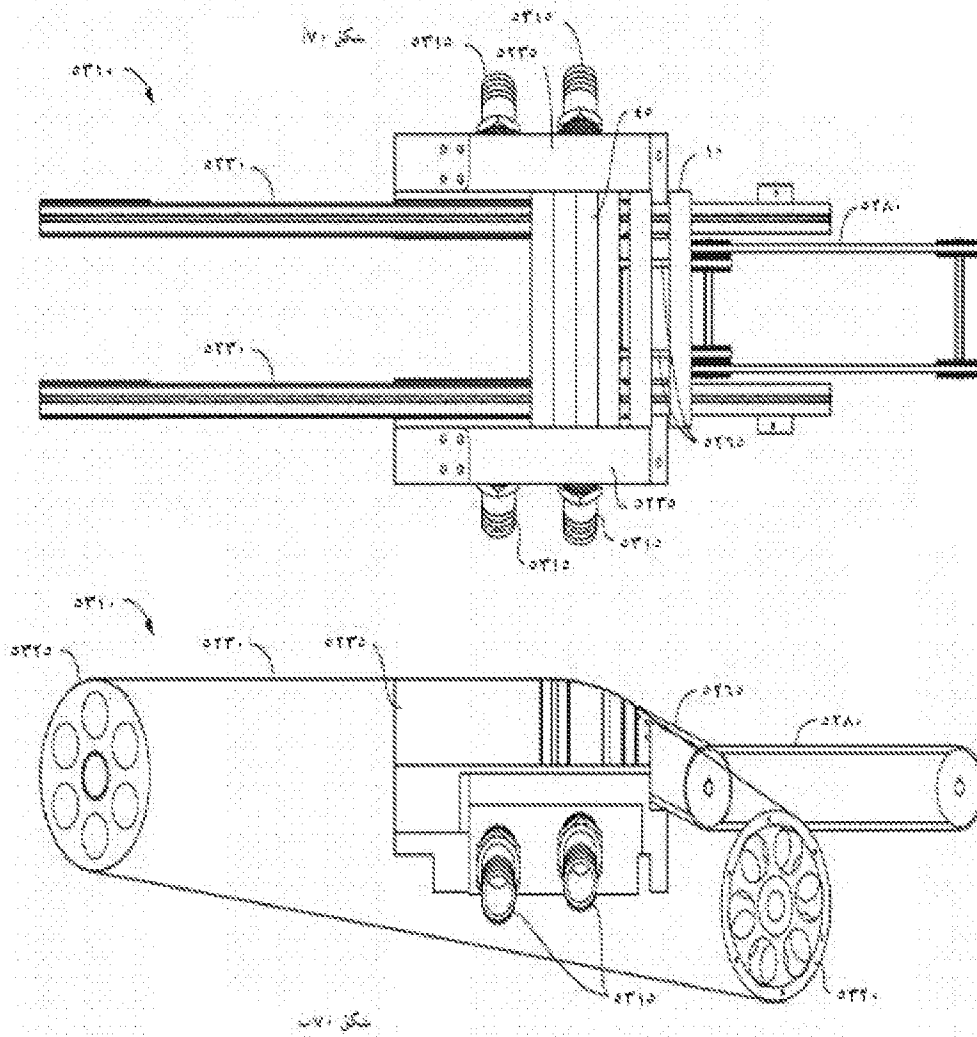


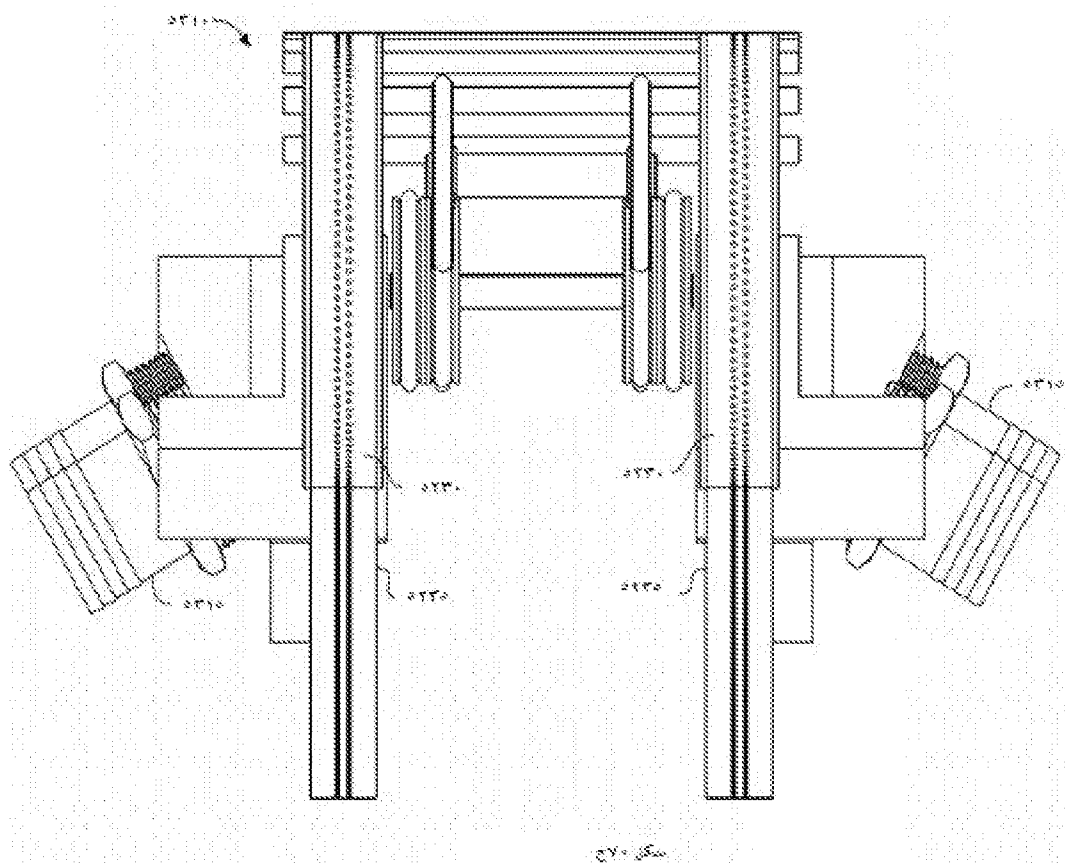


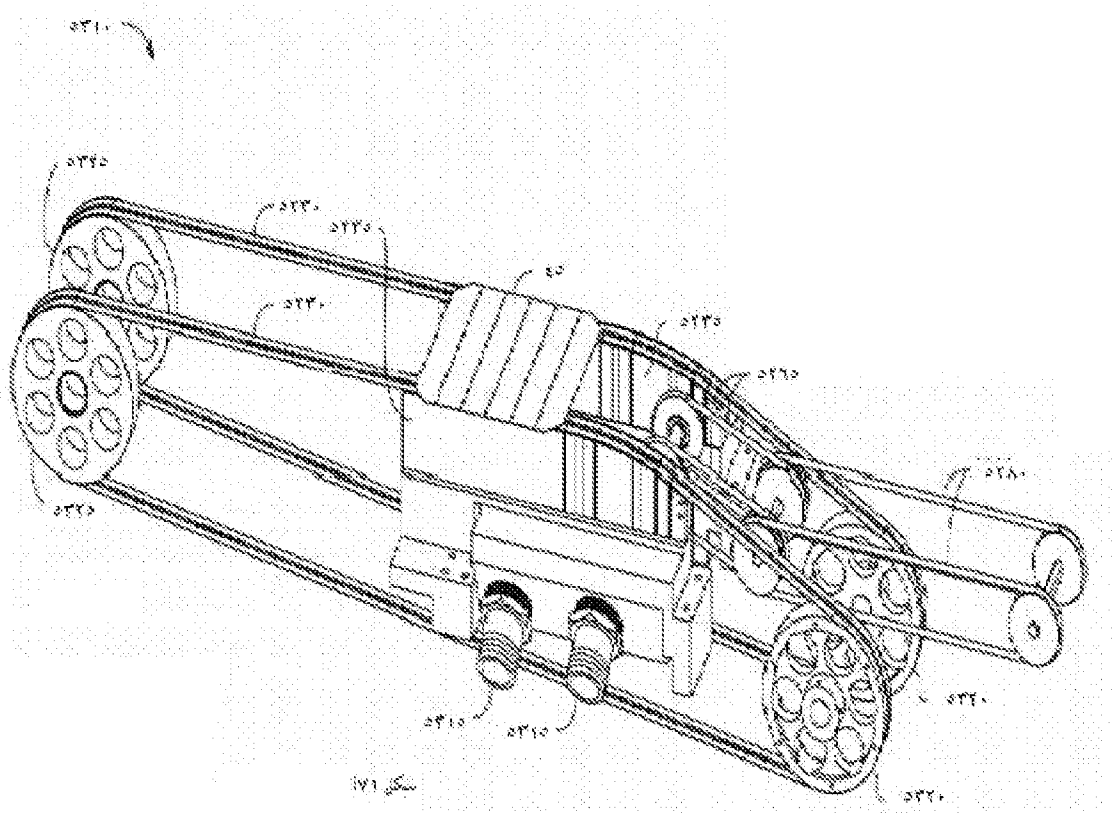


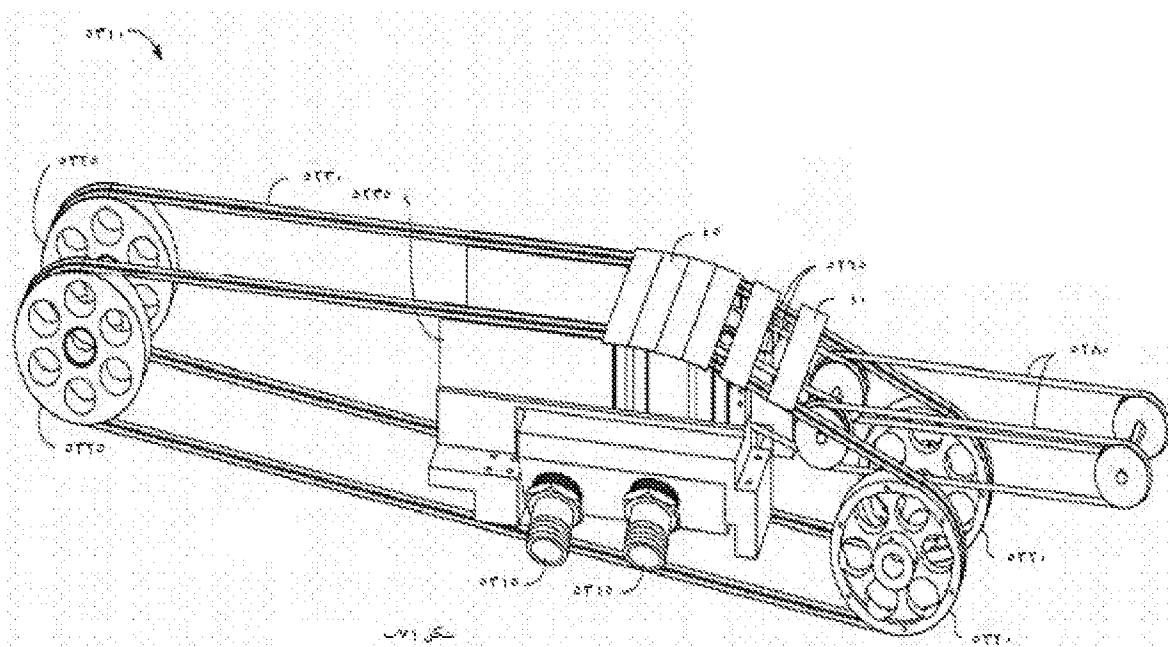


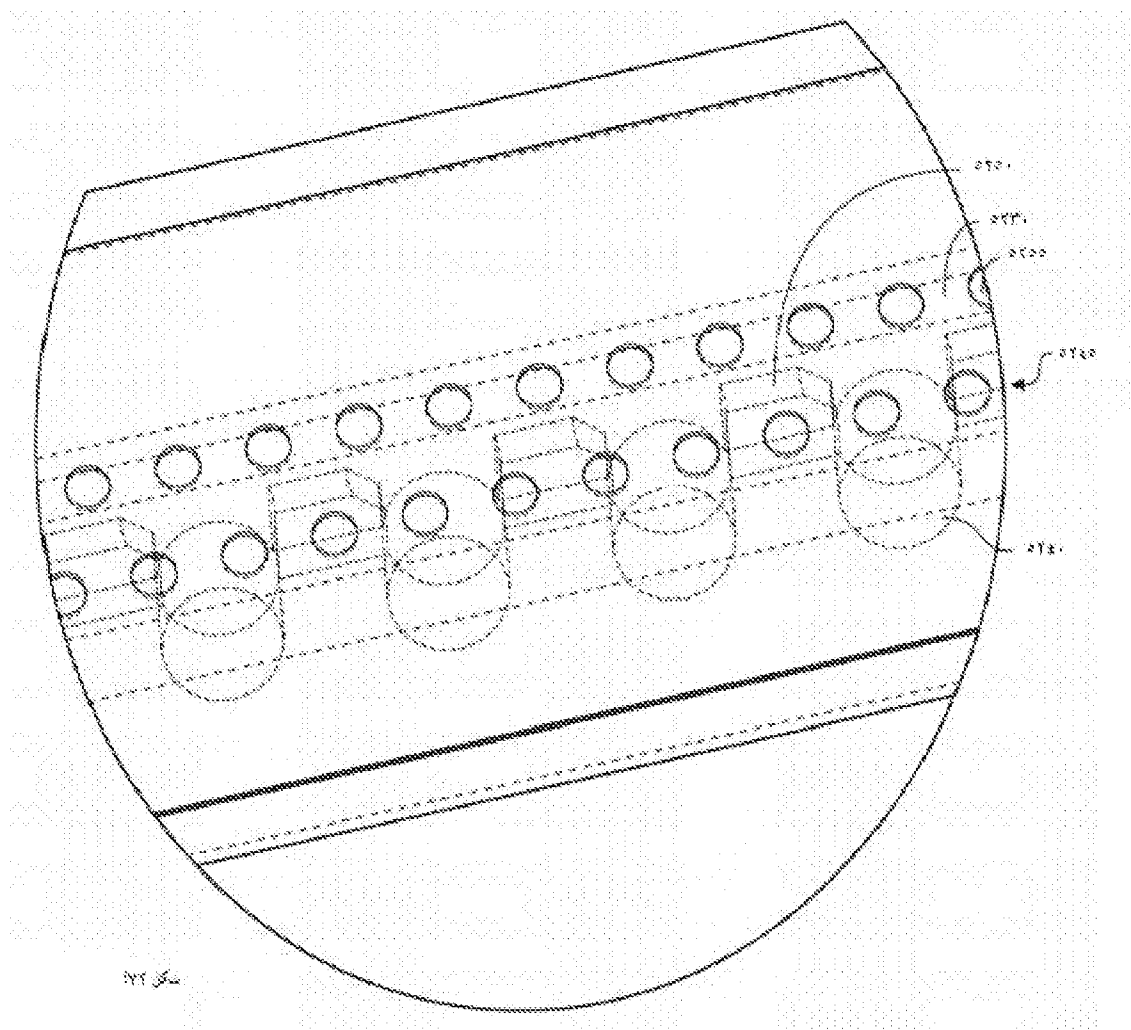


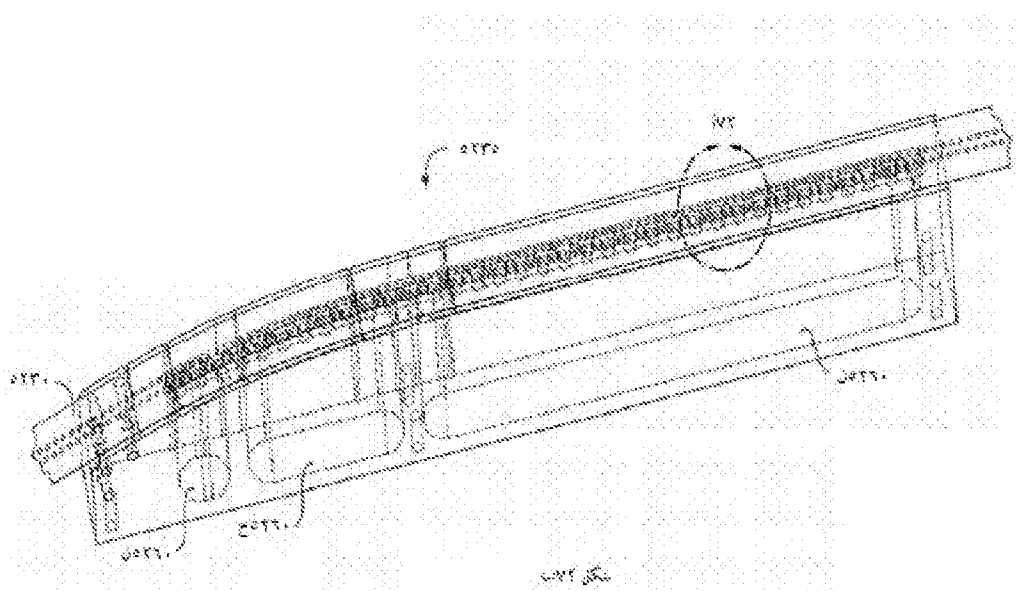


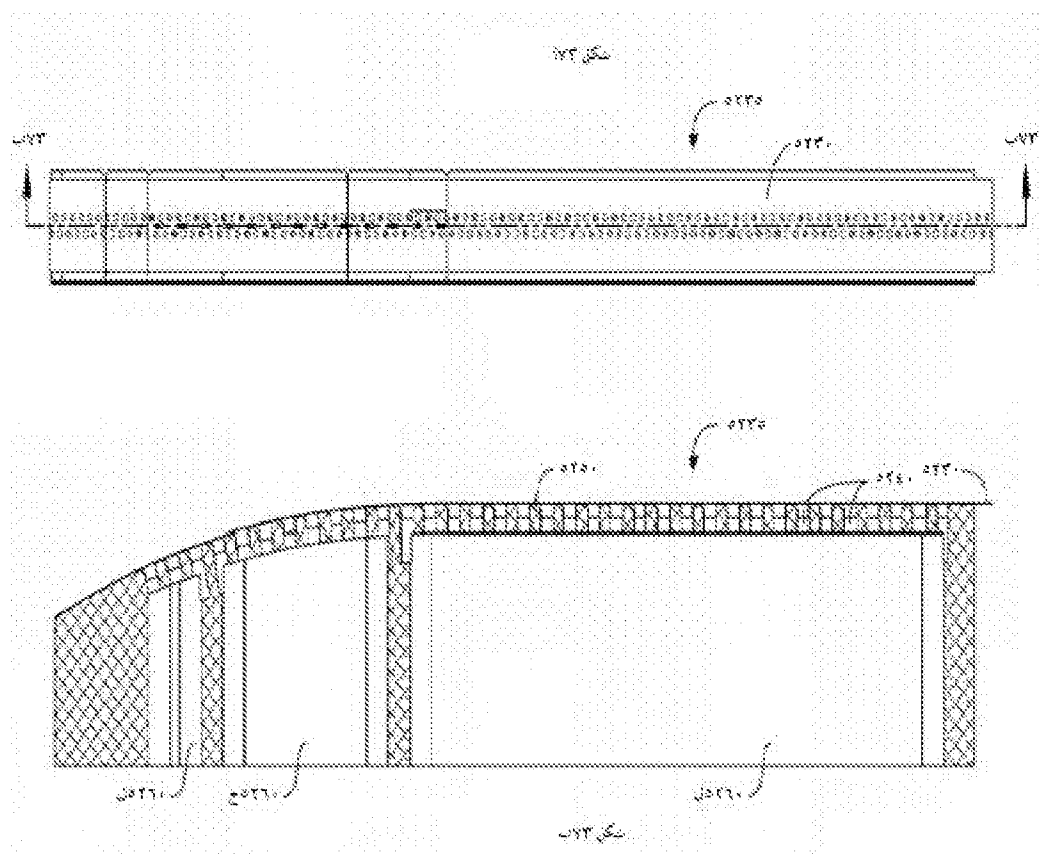


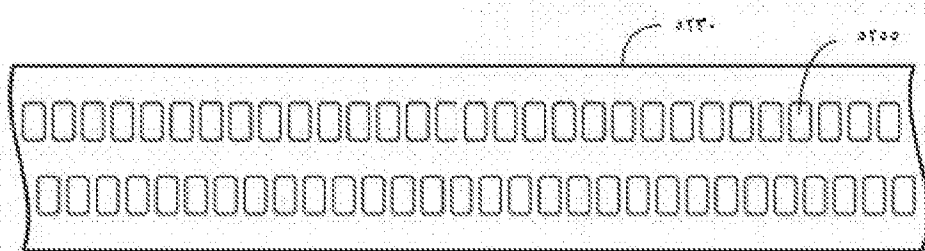




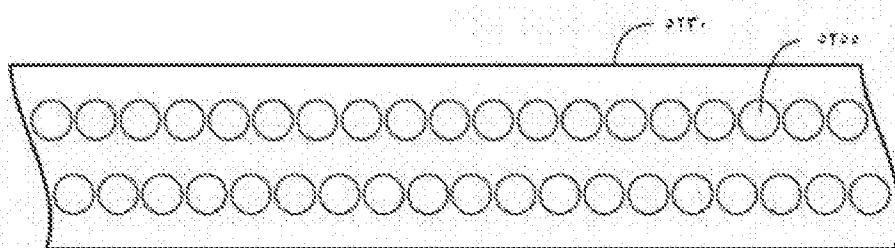




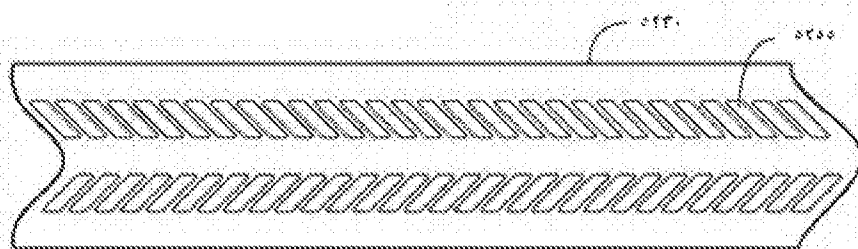




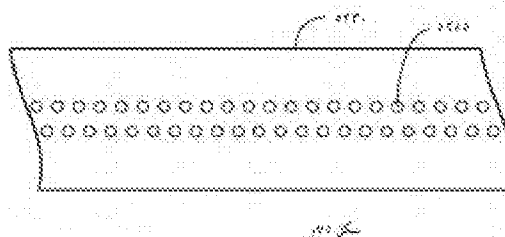
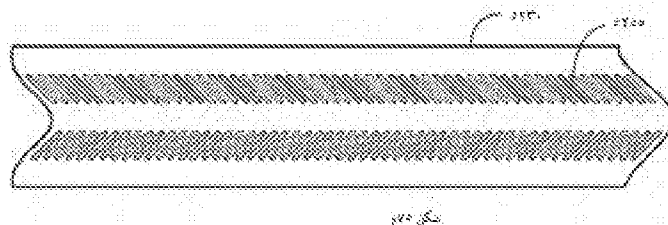
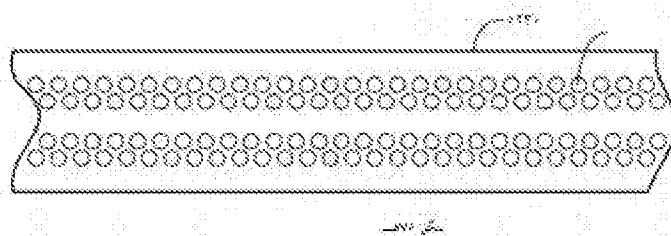
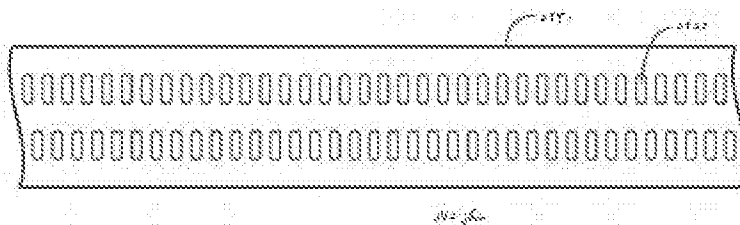
شکل ۱۶۵

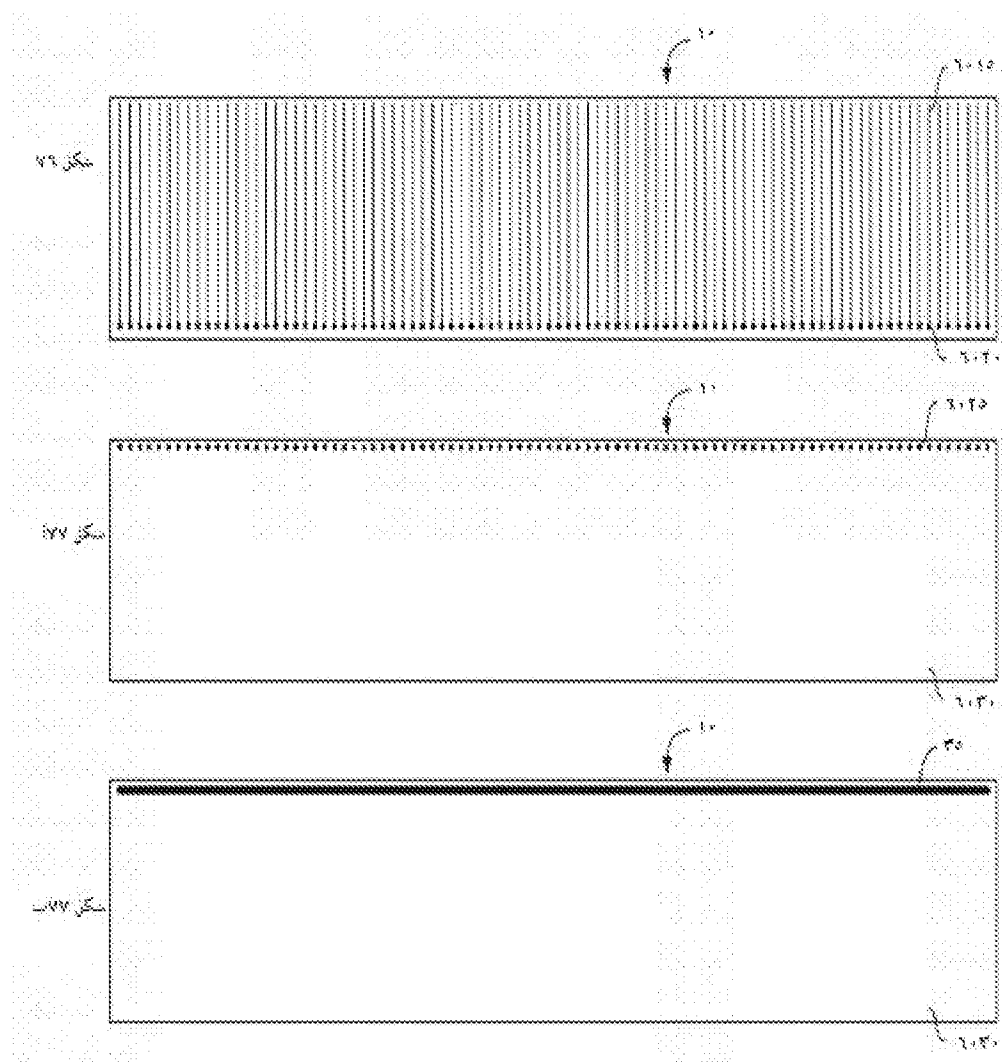


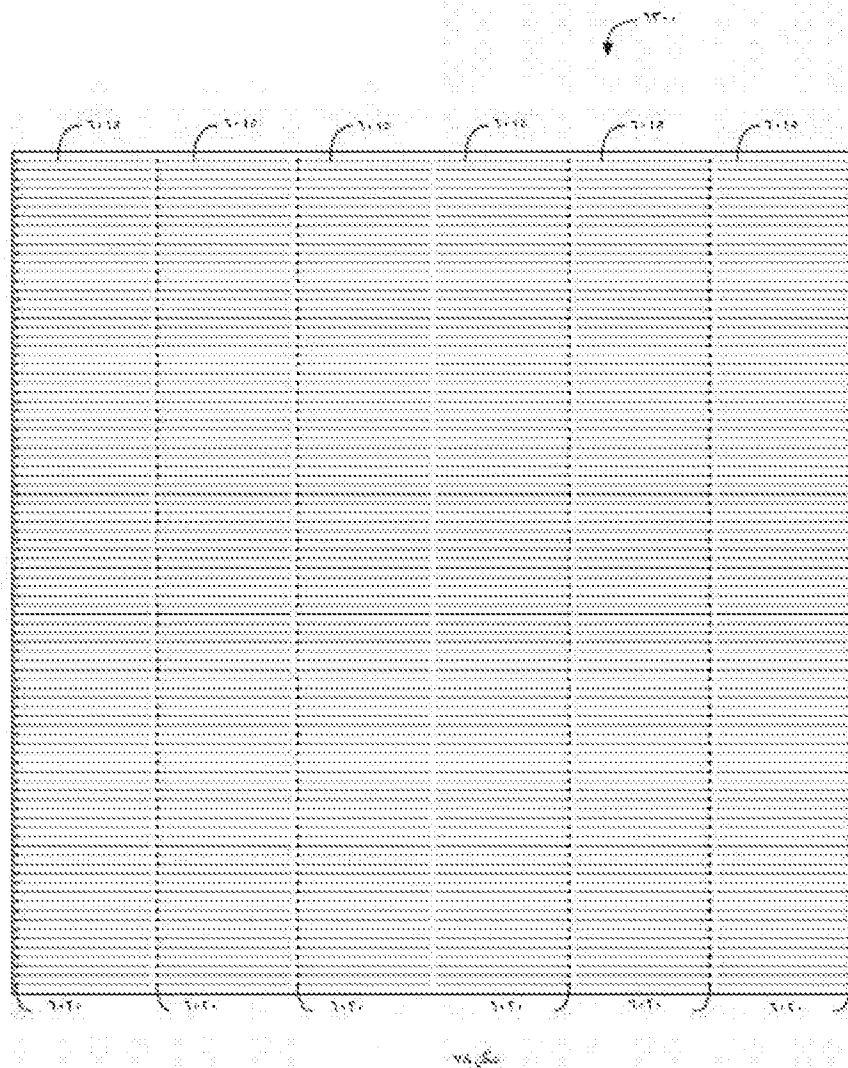
شکل ۱۶۵ ب

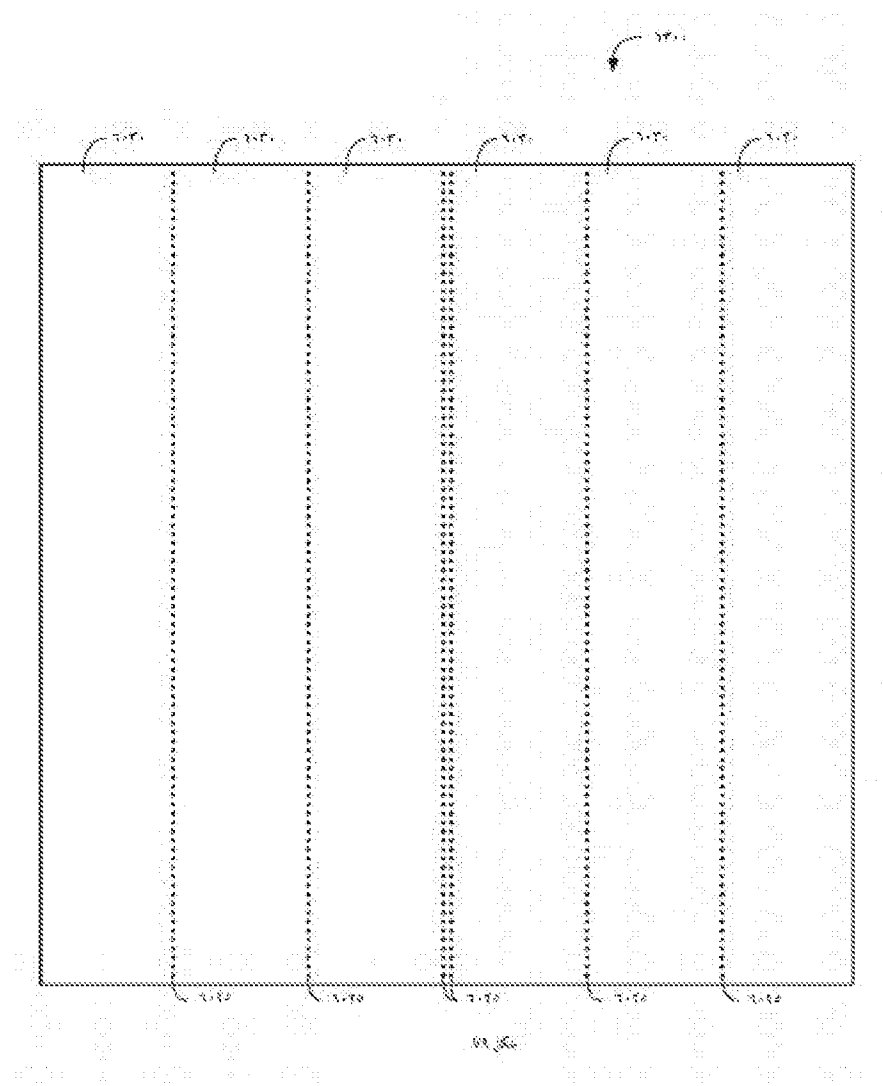


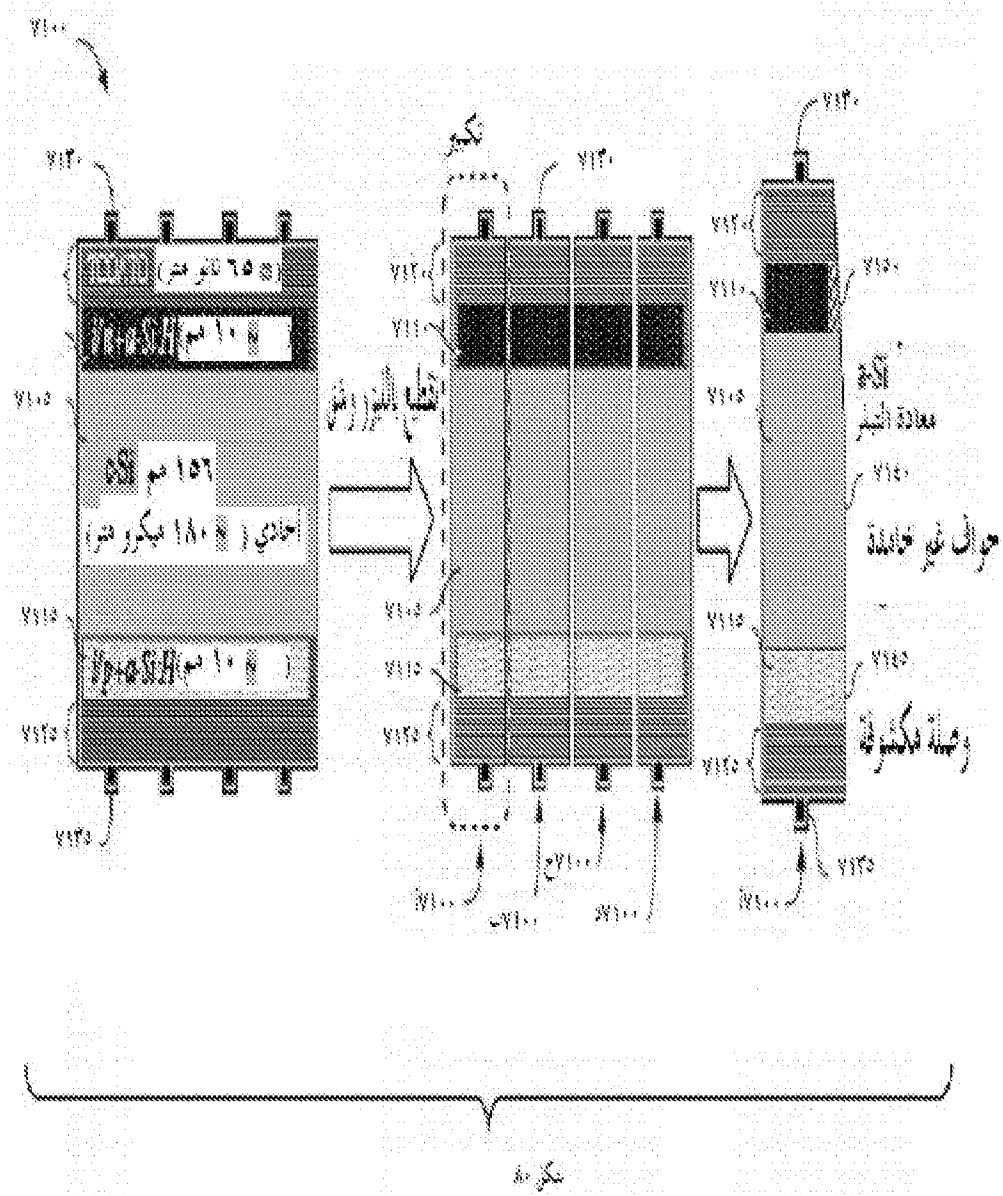
شکل ۱۶۵ ج



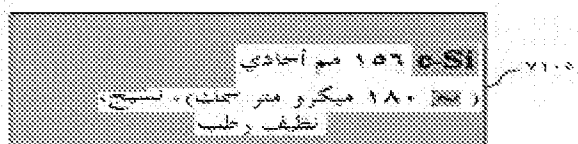




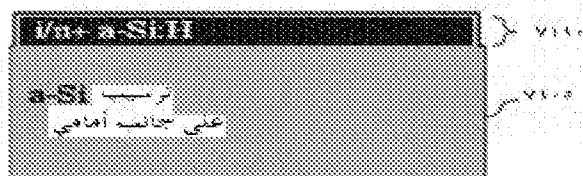




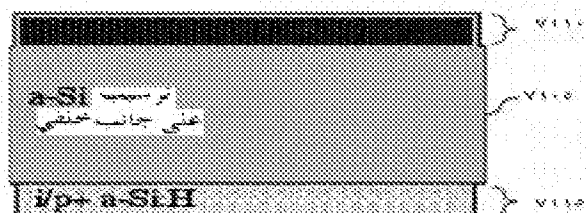
شکل ۱۸۶



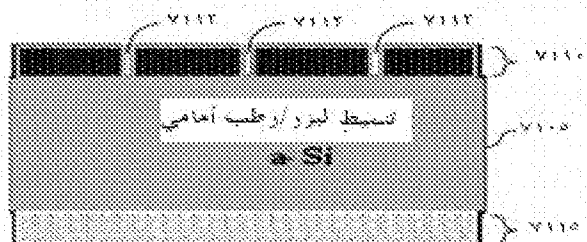
شکل ۱۸۷



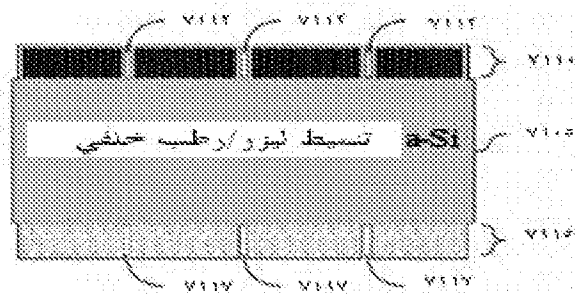
شکل ۱۸۸



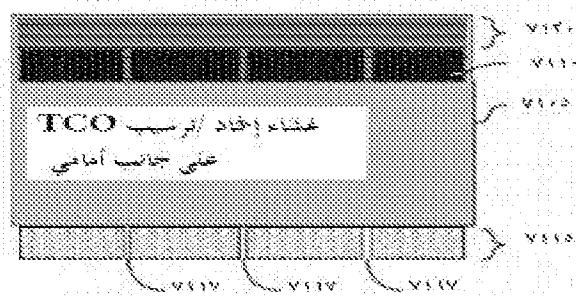
شکل ۱۸۹



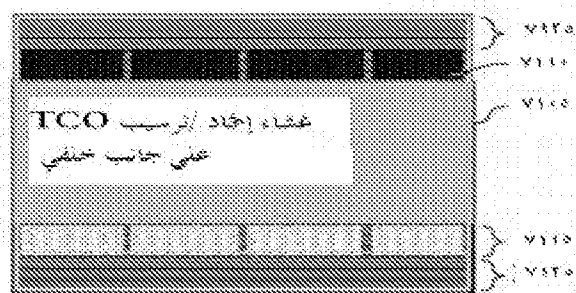
شکل ۸۸۱-



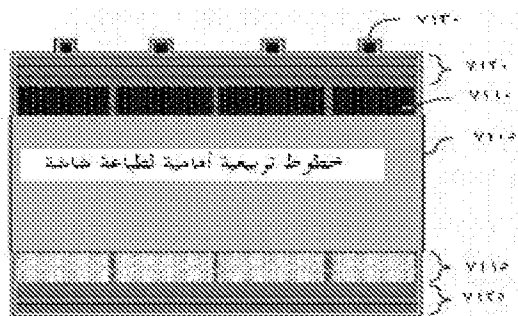
شکل ۸۸۲-



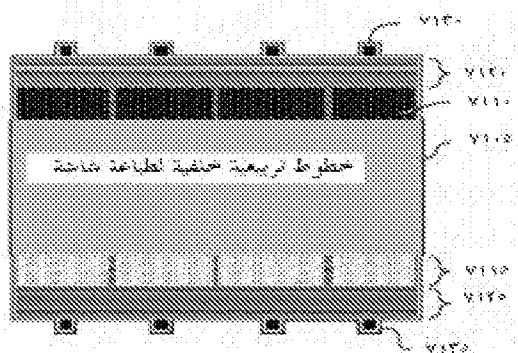
شکل ۸۸۳-



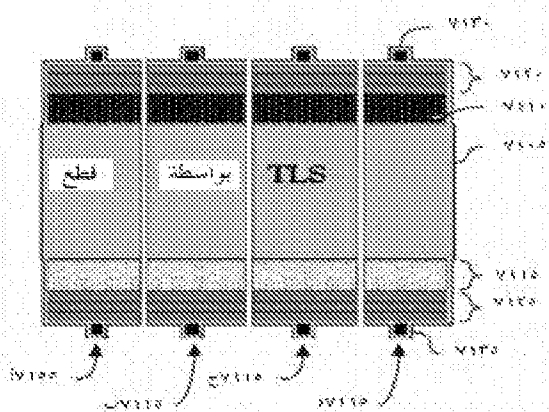
شکل ۸۱ ج

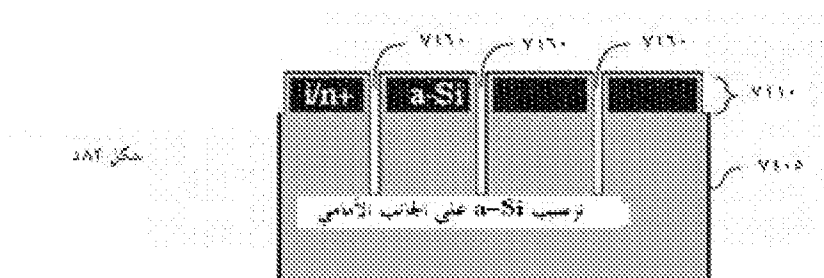
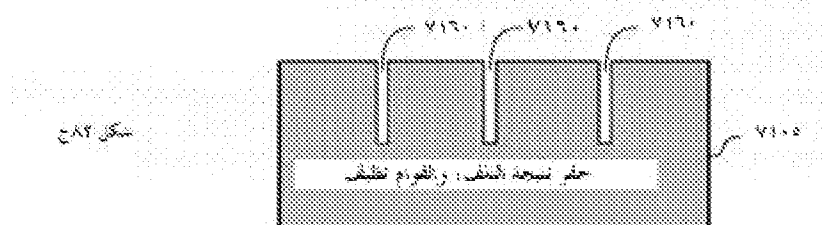
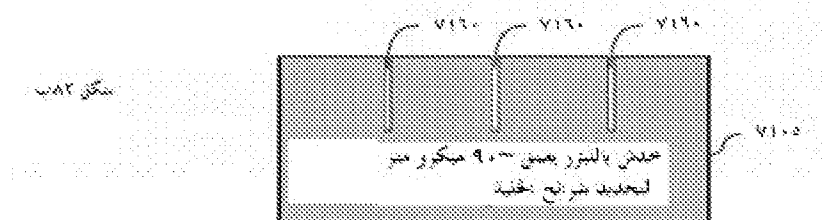
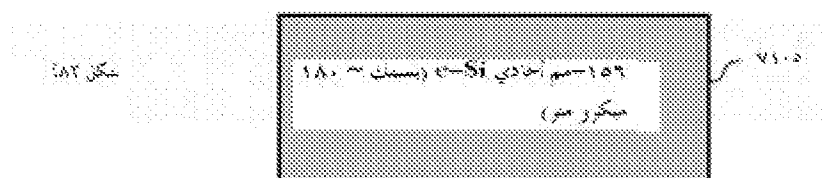


شکل ۸۱ ب

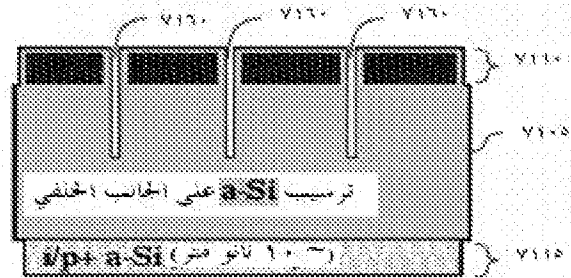


شکل ۸۱ د

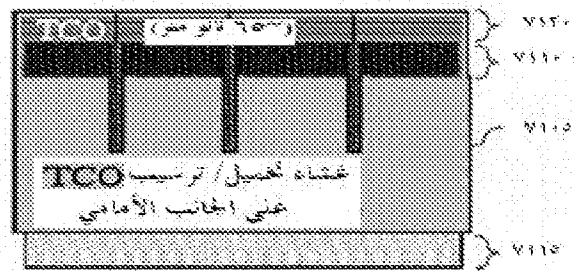




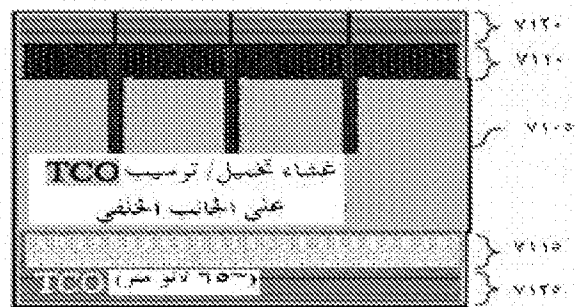
شكل ٨٢



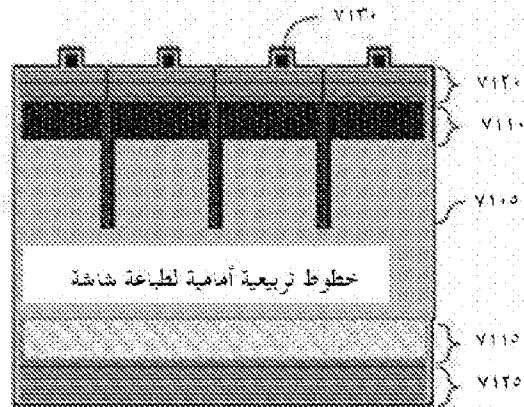
شكل ٨٣



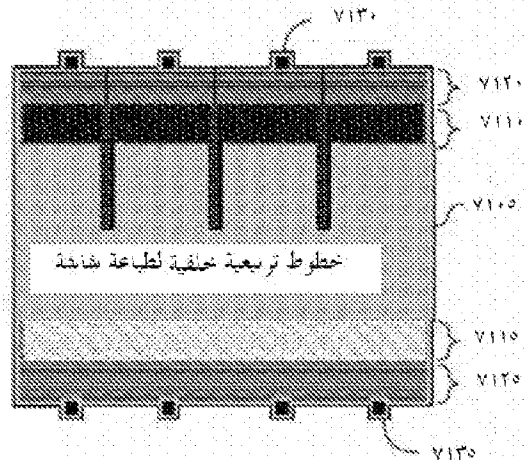
شكل ٨٤



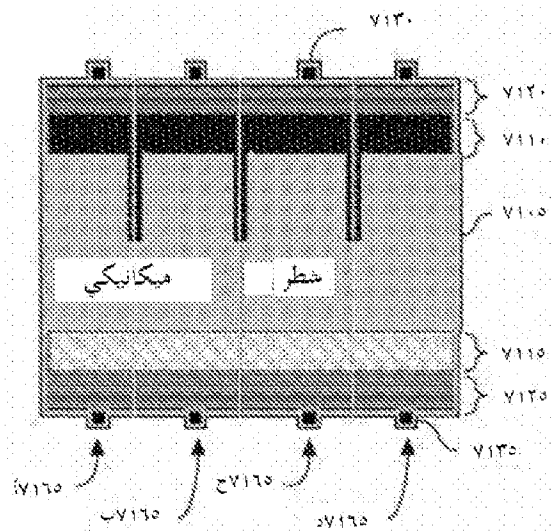
شكل ٨٢ ج



شكل ٨٢ ط



شكل ٨٢ د





مدة سريان هذه البراءة عشرون سنة من تاريخ إيداع الطلب

وذلك بشرط تسديد المقابل المالي السنوي للبراءة وعدم بطلانها أو سقوطها لمخالفتها لأي من أحكام نظام براءات الاختراع والتصميمات التخطيطية للدارات المتكاملة والأصناف النباتية والنماذج الصناعية أو لائحته التنفيذية.

صادرة عن
الهيئة السعودية للملكية الفكرية

ص ب ٦٥٣١ ، الرياض ١٣٣٢١ ، المملكة العربية السعودية

SAIP@SAIP.GOV.SA