

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 564 885**

51 Int. Cl.:

H01L 27/142 (2014.01)

H01L 31/0224 (2006.01)

H01L 31/042 (2014.01)

H01L 31/0352 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **14.09.2012 E 12768756 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **16.12.2015 EP 2758993**

54 Título: **Módulo solar de capa fina con conexión en serie y método para la conexión en serie de células solares de capa fina**

30 Prioridad:

19.09.2011 EP 11181769

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:

29.03.2016

73 Titular/es:

**SAINT-GOBAIN GLASS FRANCE (100.0%)
18 avenue d' Alsace
92400 Courbevoie, FR**

72 Inventor/es:

KARG, FRANZ

74 Agente/Representante:

DE ELZABURU MÁRQUEZ, Alberto

ES 2 564 885 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín europeo de patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Módulo solar de capa fina con conexión en serie y método para la conexión en serie de células solares de capa fina

5 La invención se refiere a un módulo solar de capa fina con conexión en serie y a un método para la conexión en serie de células solares de capa fina para formar un módulo solar de capa fina.

10 Los sistemas de capas fotovoltaicos para la conversión directa de radiación solar en energía eléctrica son suficientemente conocidos. Los materiales y la disposición de las capas están adaptados de tal forma que la radiación incidente desde una o varias capas de semiconductores es convertida con el más alto rendimiento de radiación posible directamente en corriente eléctrica. Los sistemas de capas fotovoltaicos y extendidos superficialmente se designan como células solares.

15 Las células solares contienen en todos los casos material semiconductor. Las células solares, que necesitan sustratos de soporte para la preparación de una resistencia mecánica suficiente, se designan como células solares de capa fina. En virtud de las propiedades físicas y de la facilidad de manejo tecnológico, son especialmente adecuados para células solares sistemas de capa fina con silicio amorfo, micromorfo o policristalino, telururo de cadmio (CdTe), arseniuro de galio (GaAs), sulfuro de seleniuro de cobre e indio (galio) (Cu(In, Ga) (S, Se)₂), sulfoseleniuro de cobre, cinc y estaño (CZTS) del grupo de las cesteritas) así como semiconductores orgánicos. El semiconductor pentenario Cu(In, Ga) (S, Se)₂ pertenece al grupo de los semiconductores de calcopirita, que se designan con frecuencia como CIS (diseleniuro o sulfuro de cobre e indio) o CIGS (diseleniuro de cobre, indio y galio, disulfuro de cobre, indio y galio o disulfoseleniuro de cobre, indio y galio. S puede representar en la forma abreviada CIGS selenio, azufre o una mezcla de ambos calcógenos.

25 Los sustratos de soporte conocidos para células solares de capa fina contienen vidrio inorgánico, polímeros, metales o aleaciones de metales y pueden estar configurados en función del espesor de capa y de las propiedades del material como placas rígidas o láminas flexibles. En virtud de los sustratos de soporte ampliamente disponibles y de una conexión en serie monolítica sencilla se pueden fabricar económicamente disposiciones de superficie grande de células solares de capa fina.

30 Un circuito eléctrico de varias células solares se designa como módulo fotovoltaico o módulo solar. El circuito de células solares es protegido en estructuras estables a la intemperie conocidas de manera duradera contra influencias del medio ambiente. Normalmente se conectan vidrios de cal sódica pobres en hierro y láminas de polímeros adherentes con células solares para formar un módulo fotovoltaico estable a la intemperie. Los módulos fotovoltaicos pueden estar integrados a través de cajas de conexión en un circuito de varios módulos fotovoltaicos. El circuito de módulos fotovoltaicos está conectado a través de electrónica de potencia conocida con la red de suministro público o con un suministro de energía eléctrica autárquico.

35 En la conexión en serie de módulos solares de capa fina se emplea, en general, una conexión en serie integrada. En la conexión en serie integrada se divide la superficie activa de las células en bandas longitudinales, que representan, respectivamente, una célula solar de capa fina individual. Las células solares de capa fina individuales son conectadas en serie en sus cantos longitudinales con las células vecinas, respectivamente. En este caso, la capa trasera de electrodos, la capa fotoactiva de semiconductores y la capa delantera de electrodos se dividen por líneas de estructuración PR, PA, PF y la capa trasera de electrodos de una primera zona se conecta a través de una segunda línea de estructuración PA con la capa delantera de electrodos de una zona adyacente.

Una conexión de acuerdo con la invención se publica, por ejemplo, en el documento US 2008/156372 A1.

40 En la práctica se ha mostrado que el rendimiento de una célula solar de capa fina individual se reduce a medida que se incrementa la anchura de las células solares. Para limitar las pérdidas del módulo solar, no se puede incrementar la anchura de una célula solar individual, de acuerdo con la estructura utilizada de las células, aproximadamente 1 cm en módulos solares-CIS o bien 1 cm a 1,5 cm en módulos solares de silicio amorfo. Los módulos solares de capa fina con células solares individuales de anchura mayor serían ventajosos debido a sus tensiones reducidas y sus corrientes más elevadas para determinadas aplicaciones, por ejemplo para cargar baterías.

55 El cometido de la presente invención consiste en preparar un módulo solar de capa fina mejorado con un rendimiento más elevado en células solares de capa fina individuales ensanchadas - lo que es equivalente con un número reducido por superficie del módulo de células solares individuales conectadas en serie -.

60 El cometido de la presente invención se soluciona de acuerdo con la invención por medio de un módulo solar de capa fina con conexión en serie de acuerdo con la reivindicación 1. Las formas de realización preferidas se deducen a partir de las reivindicaciones dependientes.

Por lo demás, la invención comprende un método para la conexión en serie de células solares de capa fina para

formar un módulo solar de capa fina.

Una utilización del método de acuerdo con la invención se deduce a partir de las otras reivindicaciones.

5 Una célula solar de capa fina individual está constituida esencialmente por tres capas: una capa trasera de electrodos sobre el lado alejado de la luz, una capa delantera de electrodos y una capa fotoactiva de semiconductores entre ellas. El flujo de corriente generado a través de la incidencia de la luz es acumulado dentro de una célula solar perpendicularmente a las tres líneas de estructuración PR, PA, PF en la capa delantera de electrodos, es conducido hacia la otra línea de estructuración y desde allí es transmitido hacia abajo hacia la capa trasera de electrodos de la célula vecina.

10 Una característica básica de este diseño es la densidad de la corriente que se incrementa fuertemente en la dirección de la conexión en serie dentro de la capa delantera de electrodos o bien la densidad de la corriente decreciente en la capa trasera de electrodos. En oposición a la capa trasera de electrodos, que está constituida, en general, de metales altamente conductores, la capa delantera de electrodos presenta una conductividad más reducida al menos el factor 2, pero la mayoría de las veces al menos el factor 10-100. Esto está condicionado por el requerimiento de una transparencia óptica alta de la capa delantera de electrodos, que solamente existe en capas delanteras de electrodos finas, no dotadas demasiado fuertes. Condicionadas por la conductividad reducida de la capa delantera de electrodos se provoca un incremento en las pérdidas óhmicas considerables, que se incrementan linealmente en dirección transversal a la célula solar. En el caso de una reducción fuerte de la anchura de las células solares, se reducen, en efecto, las pérdidas óhmicas, pero con ello se incrementan las pérdidas de superficie activa, condicionada por el número creciente de líneas de estructuración PR, PA, PF y de porciones de la superficie inactivas desde el punto de vista fotovoltaico condicionado con ello. Con una anchura dada del módulo solar, no se puede variar de esta manera en amplias zonas el número de las células solares individuales y con ello la tensión total del módulo solar. La anchura óptima de la célula w_{opt} en propiedades opto-electrónicas dadas de la capa fotoactiva de semiconductores y de la capa delantera de electrodos está, por lo tanto, fijada en límites estrechos de tiempo.

15 La solución del problema de acuerdo con la invención reside en una utilización de la conductividad suficientemente presente de la capa trasera metálica de electrodos para el apoyo del flujo de corriente, que debería ser recibido por la capa delantera de electrodos. A tal fin la forma de una célula solar individual no está configurada como rectángulo exacto, sino que presenta en un canto longitudinal unos ensanchamientos, en los que el flujo de corriente es recibido por la capa delantera de electrodos débilmente conductora a través de la capa trasera de electrodos sobre la segunda línea de estructuración PA fabricada en estampación especial. Los trayectos medios necesarios para la acumulación de la corriente dentro de la capa delantera de electrodos se pueden reducir de esta manera. Por lo tanto, resultan pérdidas reducidas de la resistencia en serie y nuevos grados de libertad en la configuración de la curva característica eléctrica de módulos solares de capa fina. En formatos de sustrato dado, se puede seleccionar casi libremente el número de las células solares individuales y, por lo tanto, la relación de la tensión / corriente del módulo solar. Éstos son condiciones previas decisivas especialmente para aplicaciones para la carga de baterías. Pero también en otras aplicaciones es ventajoso emplear módulos con tensiones más bajas y corrientes más altas, por ejemplo para poder configurar cadenas más largas de células solares conectadas en serie dentro de una instalación fotovoltaica grande.

20 Un módulo solar de capa fina de acuerdo con la invención con conexión en serie sobre un sustrato comprende, por lo tanto, al menos:

- una capa trasera de electrodos, que está dividida por líneas de estructuración PR,
- una capa fotoactiva de semiconductores, que está dispuesta sobre la capa trasera de electrodos y está dividida por líneas de estructuración PA y
- una capa delantera de electrodos, que está dispuesta sobre el lado, opuesto a la capa trasera de electrodos, de la capa fotoactiva de semiconductores y está dividida por medio de líneas de estructuración PF.

25 A través de la línea de estructuración PA se realiza una conexión eléctrica del electrodo delantero y del electrodo trasero de células individuales vecinas. Por lo demás, las líneas de estructuración PA están configuradas con ensanchamientos y cantos y las segundas líneas de estructuración PA están configurada con ensanchamientos y cantos, de tal manera que se reduce el trayecto medio de la corriente generada en la capa fotoactiva de semiconductores a través de la capa delantera de electrodos.

30 Canto en el sentido de la presente invención es una sección de una línea de estructuración PA, PR o PR, que no comprende un ensanchamiento.

El módulo solar de capa fina de acuerdo con la invención se puede estructurar en la llamada configuración de sustrato o la llamada configuración de superestratos. En ambas configuraciones se realiza la estructura a partir de

varias cajas finas, semiconductoras y metálicas sobre un material aislante en forma de placa.

Una configuración ventajosa de un módulo solar de capa fina de acuerdo con la invención con conexión en serie en configuración de sustrato comprende al menos:

- 5
- una capa trasera de electrodos, que está dispuesta sobre un sustrato y está dividida por líneas de estructuración PR,
 - una capa fotoactiva de semiconductores, que está dispuesta sobre la capa trasera de electrodos y que está dividida por líneas de estructuración PA y
 - 10 • una capa delantera de electrodos, que está dispuesta sobre la capa fotoactiva de semiconductores, en la que al menos la capa delantera de electrodos está dividida por líneas de estructuración PF en zonas y la capa delantera de electrodos de una primera zona está conectada en conexión en serie con la capa trasera de electrodos de una segunda zona,
 - 15 en el que las líneas de estructuración PR son configuradas con ensanchamientos y cantos y las líneas de estructuración PA son configuradas con ensanchamientos y cantos entre sí, de tal manera que a través de un trayecto medio reducido de la corriente generada en la capa fotoactiva de semiconductores a través de la capa delantera de electrodos se reduce una pérdida óhmica.

20 En una configuración preferida del módulo solar de capa fina de acuerdo con la invención, la capa delantera de electrodos y la capa fotoactiva de semiconductores están divididas por líneas de estructuración PF en zonas.

El sustrato está constituido aquí, por ejemplo, de vidrio con una transparencia a la luz relativamente reducida, pudiendo emplearse de la misma manera otros materiales aislantes de electricidad con resistencia deseada y comportamiento inerte frente a las etapas del proceso realizadas.

25 La capa trasera de electrodos de alta conductividad contiene, por ejemplo, un metal como molibdeno (Mo), aluminio (Al), cobre (Cu) o titanio (Ti) y se puede aplicar, por ejemplo, a través de evaporación o a través de atomización catódica asistida por campo magnético sobre el sustrato. La capa trasera de electrodos está dividida por primera líneas de estructuración PR.

30 Sobre la capa trasera de electrodos está dispuesta una capa fotoactiva de semiconductores, que rellena también las líneas de estructuración. Como capa fotoactiva de semiconductores es adecuada cualquier estructura de capas adecuada para la fabricación de células solares de capa fina. Tal estructura de capas contiene con preferencia silicio amorfo, micromorfo o policristalino de diferente dotación, telururo de cadmio (CdTe), arseniuro de galio (GaAs), sulfo-seleniuro de cobre, cinc y estaño (CZTS), semiconductores orgánicos o sulfuro de seleniuro de cobre, cinc e indio (galio) (Cu(In, Ga) (S, Se)₂). La capa fotoactiva de semiconductores está dividida al menos por las líneas de estructuración PA, pero puede estar dividida también adicionalmente por las líneas de estructuración PF.

35 Sobre la capa fotoactiva de semiconductores está dispuesta al menos una capa delantera de electrodos, que es en gran medida transparente para radiación en la zona de la sensibilidad espectral, de manera que se debilita sólo un poco la luz solar radiante. La capa delantera de electrodos rellena también las líneas de estructuración PA en la capa fotoactiva de semiconductores, con lo que la capa delantera de electrodos de una primera zona se conecta con la capa trasera de electrodos de una segunda zona en la conexión en serie.

45 La capa la capa delantera de electrodos contiene con preferencia una capa de óxido metálico conductora transparente, en particular óxido de cinc (ZnO), óxido de cinc dotado con aluminio (ZnO:Al), óxido de cinc dotado con boro (ZnO:B), óxido de cinc dotado con indio (ZnO:In), óxido de cinc dotado con galio (ZnO:Ga), óxido de estaño dotado con flúor (SnO₂:F), óxido de estaño dotado con antimonio (SnO₂:Sb) u óxido de indio y estaño (ITO). La capa delantera de electrodos se puede aplicar, por ejemplo, a través de evaporación, separación química de fase de gas (CVD) o a través de atomización catódica asistida por campo magnético sobre la capa fotoactiva de semiconductores. Antes de la separación del electrodo delantera se puede aplicar para la mejora de las propiedades optoelectrónicas también adicionalmente una capa tampón fina (por ejemplo, de II-VI semiconductores o III-IV semiconductores).

50 En el caso de la configuración del sustrato, la capa delantera de electrodos y, dado el caso, también la capa fotoactiva de semiconductores están dividida por líneas de estructuración PF, con lo que se conectan en serie entre sí las células solares de capa fina individuales del módulo solar de capa fina.

60 Una configuración ventajosa de un módulo solar de capa fina de acuerdo con la invención con conexión en serie en configuración de superestratos comprende al menos:

- una capa delantera de electrodos, que está dispuesta sobre un sustrato transparente y está dividida por líneas de estructuración PF,
- una capa fotoactiva de semiconductores, que está dispuesta sobre la capa delantera de electrodos y que

está dividida por líneas de estructuración PA y

- una capa trasera de electrodos, que está dispuesta sobre la capa fotoactiva de semiconductores, en la que al menos la capa trasera de electrodos está dividida por líneas de estructuración PR en zonas y la capa trasera de electrodos de una primera zona está conectada en conexión en serie con la capa delantera de electrodos de una segunda zona,

en el que las líneas de estructuración PR están configuradas con ensanchamientos y cantos y las líneas de estructuración PA son configuradas con ensanchamientos y cantos entre sí, de tal manera que se reduce el trayecto medio de la corriente generada en la capa fotoactiva de semiconductores a través de la capa delantera de electrodos.

La configuración en la configuración de superestratos se realiza a través de una estructura de capas sobre la superficie alejada de la luz de un sustrato transparente. El sustrato transparente está constituido, por ejemplo, de vidrio extra blanco con contenido reducido de hierro, en el que se pueden emplear de la misma manera otros materiales aislantes de electricidad y ópticamente transparentes con la resistencia deseada y comportamiento inerte frente a las etapas del proceso realizadas.

En esta configuración del módulo solar de capa fina de acuerdo con la invención, la capa delantera de electrodos está dividida por líneas de estructuración PF, la capa fotoactiva de semiconductores está dividida por segundas líneas de estructuración PA y al menos la capa trasera de electrodos, dado el caso también la capa de absorción adyacente, están divididas por terceras líneas de estructuración PR. La conexión en serie de las células solares de capa fina individuales se realiza en este caso a través de la conexión de la capa trasera de electrodos de una primera zona con la capa delantera de electrodos de una segunda zona.

En el módulo de capa fina de acuerdo con la invención, las líneas de estructuración PR están configuradas con ensanchamientos y cantos y las líneas de estructuración PA están configuradas con ensanchamientos y cantos entre sí, de tal forma que el trayecto medio de la corriente generada en la capa fotoactiva de semiconductores está reducida a través de la capa delantera de electrodos.

La corriente generada en la capa fotoactiva de semiconductores es absorbida a través del electrodo delantero y es transmitida a través de la segunda línea de estructuración PA hacia la capa trasera de electrodos de la célula solar de capa fina que sigue en conexión en serie. Los ensanchamientos de la segunda línea de estructuración PA conducen a que la corriente no fluya ya en bandas rectas paralelas a la dirección de la conexión longitudinal o conexión en serie de la célula solar de capa fina a través de la capa delantera de electrodos, sino que sigue la trayectoria de la resistencia eléctrica mínima. A través de los ensanchamientos de la segunda línea de estructuración PA se reduce la distancia media de diferentes zonas de la capa delantera de electrodos con respecto a la segunda línea de estructuración PA. De esta manera se reduce el trayecto medio de la corriente generada en la capa fotoactiva de semiconductores a través de la capa delantera de electrodos y se reduce la resistencia eléctrica media a través de la capa delantera de electrodos. La corriente eléctrica se conduce a través de la línea de estructuración PA a la capa trasera de electrodos mejor conductora de electricidad. Esto conduce a una resistencia total más reducida de la célula solar de capa fina.

En otra configuración ventajosa del módulo solar de capa fina de acuerdo con la invención, también las líneas de estructuración PF están configuradas con ensanchamientos y cantos similares. A través de esta medida se puede incrementar la superficie fotovoltaica activa de cada célula solar de capa fina individual, puesto que se reduce la superficie fotovoltaica inactiva entre la segunda línea de estructuración PA y la tercera línea de estructuración PR vecina.

En otra configuración ventajosa del módulo solar de capa fina de acuerdo con la invención, los ensanchamientos de la línea de estructuración PR, de las líneas de estructuración PA y PR o de las líneas de estructuración PR, PA y PF están configuradas de manera que terminan en punta.

En otra configuración ventajosa del módulo de solar de capa fina de acuerdo con la invención, los ensanchamientos están configurados por al menos las líneas de estructuración PR, dado el caso también las líneas de estructuración PA y/o PF en forma de triángulo.

En otra configuración ventajosa del módulo solar de capa fina de acuerdo con la invención, los ensanchamientos de las líneas de estructuración PA están configurados de forma lineal o rectangular. Esta configuración de las líneas de estructuración PA se puede realizar de manera especialmente sencilla desde el punto de vista técnico.

En otra configuración ventajosa del módulo solar de capa fina de acuerdo con la invención, los ensanchamientos de líneas de estructuración vecinas PR, PA y PF están configurados al menos aproximadamente paralelos adyacentes entre sí. De esta manera se reduce la superficie fotovoltaica inactiva entre las líneas de estructuración PF, PA y PR y se incrementa la superficie fotovoltaica activa de cada célula solar de capa fina individual. En este caso, los ensanchamientos de las líneas de estructuración PR, PA y dado el caso PF están dirigidos en la misma dirección

(por ejemplo, perpendicularmente a la extensión de las líneas de estructuración), es decir, que las líneas de estructuración están ensanchadas, respectivamente, en la misma dirección (por ejemplo, perpendicularmente a su extensión). De esta manera, las líneas de estructuración PR, PA y, dado el caso, PF están provistas con ensanchamientos dirigidos en la misma dirección.

5 El trayecto medio de la corriente generada en la capa fotoactiva de semiconductores a través de la capa delantera de electrodos, que se designa a continuación también como foto corriente, es con preferencia menor o igual que la anchura óptima de las células w_{opt} .

10 Como ya se ha descrito al principio, en la práctica se ha mostrado que el rendimiento de una célula solar de capa fina individual se reduce a medida que se incrementa la anchura de la célula solar. Esto es consecuencia, entre otras cosas, de la resistencia óhmica creciente con la anchura de las células, que resulta en primer término a partir de la conductividad limitada del electrodo delantero transparente. A la inversa, a medida que se reduce la anchura de las células, se incrementa la porción relativa de la superficie opto-electrónica inactiva que se necesita para las
15 líneas de estructuración. La anchura óptima de las células w_{opt} que resulta a partir de estos dos efectos opuestos depende, en la conexión en serie convencional, esencialmente de la tensión de la densidad de la foto corriente de una célula solar respectiva. Como han mostrado los ensayos, la anchura óptima de las células w_{opt} en un módulo solar de capa fina-CIS o CIGS con una tensión de marcha en vacío de aproximadamente 0,5 V y densidades de foto corriente comparativamente altas es aproximadamente de 5 mm a 10 mm y con preferencia de 4,5 a 6,5 mm. En el
20 caso de células solares con altas tensiones de marcha en vacío y densidades de foto corriente comparativamente bajas, como por ejemplo células solares de silicio amorfo con una tensión de marcha en vacío de aproximadamente 0,9 V, la anchura óptima de las células w_{opt} es, por ejemplo, de 7 mm a 15 mm y con preferencia de 7,5 mm a 10,5 mm.

25 En otra configuración ventajosa del módulo solar de capa fina de acuerdo con la invención, los ensanchamientos de la línea de estructuración PR están configurados con una distancia mínima d con respecto a la línea de estructuración PF de la célula vecina inferior o igual a la anchura óptima de las células w_{opt} . La línea de estructuración PF relevante para la distancia d se encuentra sobre el lado alejado de la línea de estructuración PA siguiente (ver para ilustración, por ejemplo, la figura 4). La línea de estructuración PF relevante delimita la capa
30 delantera de electrodos con respecto a la célula solar de capa fina precedente en la conexión en serie.

En una configuración ventajosa del módulo solar de capa fina de acuerdo con la invención, los ensanchamientos están configurados con una distancia 'a' a largo de las líneas de estructuración, siendo la distancia 'a' menor o igual al doble de la distancia de w_{opt} . Esto tiene la ventaja especial de que la foto corriente generada entre los dos
35 ensanchamientos es menor o igual a la anchura óptima de las células w_{opt} , para llegar a través de la línea de estructuración PA hacia el electrodo trasero.

En otra configuración ventajosa del módulo solar de capa fina de acuerdo con la invención, la capa trasera de electrodos tiene una resistencia eléctrica de la superficie más reducida al menos en el factor 10, con preferencia en
40 el factor 100 que la capa delantera de electrodos. De esta manera, es posible reducir la anchura de base b_{FR} de los ensanchamientos de la línea de estructuración PR del electrodo trasero. Una reducción de la anchura de base b_{FR} conduce a una reducción de la superficie fotoeléctrica inactiva y, por lo tanto, conduce a una elevación del rendimiento.

45 Otro aspecto de la invención comprende un método para la fabricación y conexión en serie de un módulo solar de capa fina en una llamada configuración de sustrato, en el que:

- a) una capa trasera de electrodos es separada sobre un sustrato y la capa trasera de electrodos es dividida por líneas de estructuración PR,
- 50 b) una capa fotoactiva de semiconductores es separada sobre la capa trasera de electrodos y la capa fotoactiva de semiconductores es dividida por segundas líneas de estructuración PA y
- c) una capa delantera de electrodos es separada sobre la capa fotoactiva de semiconductores, la capa delantera de electrodos y la capa fotoactiva de semiconductores están divididas por terceras líneas de estructuración PF en zonas y la capa delantera de electrodos de una primera zona está conectada en
55 conexión en serie con la capa trasera de electrodos de una segunda zona (6),

en el que las primeras líneas de estructuración PR están configuradas con ensanchamientos y cantos y la segunda línea de estructuración PA está configurada con ensanchamientos y cantos entre sí, de tal manera que se reduce el trayecto medio de la corriente generada en la capa fotoactiva de semiconductores a través de la capa delantera de
60 electrodos.

Otro aspecto de la invención comprende un método de acuerdo con la invención para la fabricación y conexión en serie de un módulo solar de capa fina en una llamada configuración de superestratos, en el que:

a) una capa delantera de electrodos es separada sobre un sustrato transparente y la capa delantera de electrodos es dividida por líneas de estructuración PF,
 b) una capa fotoactiva de semiconductores es separada sobre la capa delantera de electrodos y la capa fotoactiva de semiconductores es dividida por segundas líneas de estructuración PA y
 5 c) una capa trasera de electrodos es separada sobre la capa fotoactiva de semiconductores, la capa trasera de electrodos y la capa fotoactiva de semiconductores están divididas por terceras líneas de estructuración PR en zonas y la capa trasera de electrodos de una primera zona está conectada en conexión en serie con la capa delantera de electrodos de una segunda zona,

10 en el que las líneas de estructuración PR están configuradas con ensanchamientos y cantos y las líneas de estructuración PA están configuradas con ensanchamientos y cantos entre sí, de tal manera que se reduce el trayecto medio de la corriente generada en la capa fotoactiva de semiconductores a través de la capa delantera de electrodos.

15 Otro aspecto de la invención comprende la utilización del método de acuerdo con la invención para la fabricación y conexión en serie de un módulo solar de capa fina, en particular de un módulo solar de capa fina de silicio amorfo, micromorfo o policristalino, telururo de cadmio (CdTe), arseniuro de galio (GaAs), semiconductores basados en cesterita como sulfo-seleniuro de cobre, cinc y estaño (CZTS) semiconductores basados en calcopirita como sulfuro de seleniuro de cobre e indio (galio) (Cu(In, Ga) (S, Se)₂) o semiconductores orgánicos.

20 Breve descripción de los dibujos

A continuación se explica en detalle la invención con la ayuda de figuras y de un ejemplo. No están representadas totalmente a escala exacta. La invención no está limitada de ninguna manera por las figuras. En este caso:

25 La figura 1 muestra una representación esquemática de la sección transversal de un ejemplo de realización del módulo solar de capa fina de acuerdo con la invención con dos células solares de capa fina conectadas en serie.

La figura 2 muestra una representación de la sección transversal a lo largo de la línea de intersección A-A' de la figura 1.

30 La figura 3 muestra una representación esquemática del flujo de la corriente a través de dos células solares de capa fina conectadas en serie.

La figura 4 muestra una representación esquemática de la secuencia de las líneas de estructuración PR, PA y PF de un módulo solar de capa fina de acuerdo con la invención.

35 La figura 5 muestra una representación esquemática de una configuración alternativa de las líneas de estructuración PR, PA y PF de un módulo solar de capa fina de acuerdo con la invención.

La figura 6 muestra una representación esquemática de una configuración alternativa de las líneas de estructuración PR, PA y PF de un módulo solar de capa fina de acuerdo con la invención.

La figura 7 muestra una representación esquemática de una configuración alternativa de las líneas de estructuración PR, PA y PF de un módulo solar de capa fina de acuerdo con la invención.

40 La figura 8 muestra una representación esquemática de una configuración alternativa de las líneas de estructuración PR, PA y PF de un módulo solar de capa fina de acuerdo con la invención.

La figura 9 muestra una representación esquemática de la sección transversal de un ejemplo de realización alternativo (estructura de superestratos) de un módulo solar de capa fina de acuerdo con la invención.

45 La figura 10 muestra una representación esquemática de la secuencia de las líneas de estructuración PR, PA y PF de un módulo solar de capa fina de acuerdo con la invención (estructura de superestratos).

La figura 11 muestra un diagrama de flujo detallado del método de acuerdo con la invención, y

La figura 12 muestra un diagrama de flujo detallado de una forma de realización alternativa del método de acuerdo con la invención.

50 Descripción detallada de los dibujos

En la figura 1 se ilustra un módulo solar de capa fina de acuerdo con la invención, designado con el signo de referencia 1. El módulo solar de capa fina 1 comprende una pluralidad de células solares 1.1, 1.2 conectadas en serie en forma integrada, dos de las cuales se representan en la figura 1. La figura 2 muestra una representación de la sección transversal a lo largo de la línea de intersección de la figura 1. La dirección L indica la dirección longitudinal o la dirección paralelamente a las líneas de estructuración, la dirección Q indica la dirección transversal perpendicularmente a las líneas de estructuración del módulo solar de capa fina 1.

60 El módulo solar de capa fina 1 tiene una estructura que corresponde a la llamada configuración de sustrato. Es decir, que dispone de un sustrato 2 aislante eléctrico con una estructura de capas 10 aplicada encima de capas finas. La estructura de capas 10 está dispuesta sobre la superficie III del lado de entrada de la luz del sustrato 2. El sustrato 2 está constituido aquí, por ejemplo, de vidrio, que puede presentar también una transparencia a la luz relativamente reducida (pero no necesariamente).

La estructura de capas 10 comprende una capa trasera de electrodos 3 dispuesta sobre la superficie III del sustrato

2. La capa trasera de electrodos 3 está dividida por líneas de estructuración PR. La capa trasera de electrodos 3 contiene, por ejemplo, un metal opaco como molibdeno (Mo) y se puede aplicar, por ejemplo, a través de evaporación o a través de atomización catódica asistida por campo magnético sobre el sustrato 2. La capa trasera de electrodos 3 tiene un espesor de capa de 100 a 600 nm, que tiene por ejemplo 500 nm. La capa trasera de electrodos 3 tiene una resistencia superficial eléctrica de 1 ohmio/cuadrado a 0,01 ohmio/cuadrado y por ejemplo de 0,1 ohmio/cuadrado.

Sobre la capa cuadrada de electrodos 3 está separada una capa fotoactiva de semiconductores 4. La capa fotoactiva de semiconductores 4 está dividida por líneas de estructuración PA. La capa fotoactiva de semiconductores 4 contiene, por ejemplo, un semiconductor dotado, cuya distancia de la banda está en condiciones con preferencia de absorber una porción lo más grande posible de la luz solar. La capa fotoactiva de semiconductores 4 comprende, por ejemplo, una capa de absorción 4.1 y una capa tampón 4.2. La capa de absorción 4.1 contiene, por ejemplo, un semiconductor de calcopirita conductor-p, por ejemplo una conexión del grupo Cu(In, Ga) (S, Se)₂. La capa de absorción 4.1 tiene, por ejemplo, un espesor de capa de 0,5 μm a 5 μm y, por ejemplo, de aproximadamente 2 μm.

Sobre la capa de absorción 4.1 está separada una capa tampón 4.2, que está constituida aquí, por ejemplo, por una capa individual de sulfuro de cadmio (CdS) y por una capa individual de óxido de cinc intrínseco (i-ZnO), lo que no se representa en detalle en la figura 1.

Sobre la capa tampón 4.2 está aplicada una capa delantera de electrodos 5, por ejemplo, a través de pulverización catódica. La capa delantera de electrodos 5 rellena también las líneas de estructuración PA, con lo que se forma una conexión de línea eléctrica entre la capa delantera de electrodos 5 de una primera zona 6.1 y la capa trasera de electrodos 3 de una segunda zona 6.2. La capa delantera de electrodos 5 es transparente para radiación en la zona espectral visible ("electrodo de ventaja"), de manera que a luz solar incidente solamente se debilita un poco. La capa delantera de electrodos 5 transparente se basa, por ejemplo, en un óxido metálico dotado, por ejemplo óxido de cinc dotado con aluminio (Al) conductor-n (ZnO:Al). Tal capa delantera de electrodos 5 se designa, en general, como capa-TCO (TCO = Óxido Conductor Transparente). A través de la capa delantera de electrodos 5 se forma en común con la capa tampón 4.2 y la capa de absorción 4.1 una heterotransición (es decir, una secuencia de capas de tipo de conducción opuesto). En este caso, la capa tampón 4.2 puede provocar una adaptación electrónica entre el material semiconductor de la capa de absorción 4.1 y el material de la capa delantera de electrodos 5. La capa delantera de electrodos 5 tiene un espesor de capa de 100 nm a 2000 nm, que tiene, por ejemplo, 1000 nm. La capa delantera de electrodos 5 tiene una resistencia superficial de 5 ohmios/cuadrado hasta 20 ohmios/cuadrado y tiene por ejemplo 10 ohmios/cuadrado. La capa delantera de electrodos 5 y la capa fotoactiva de semiconductores 4 están divididas por líneas de estructuración PF en células solares de capa fina 1.1, 1.2 individuales.

Para la protección contra influencias del medio ambiente, sobre la capa delantera de electrodos 5 está aplicada una capa adhesiva 8 que está constituida, por ejemplo, de un polímero, que sirve para el encapsulamiento de la estructura de capas 10. La superficie III del lado de entrada de la luz del sustrato 2 y la superficie II del lado de salida de la luz de un sustrato transparente 9 están conectadas fijamente entre sí por medio de la capa adhesiva 8. La capa adhesiva 8 es aquí, por ejemplo, una capa adhesiva termoplástica, que se puede deformar plásticamente a través de calentamiento y durante la refrigeración se conectan fijamente entre sí el sustrato 2 y el sustrato transparente 9. Capa adhesivas 8 adecuadas para el encapsulamiento son, por ejemplo, láminas de polivinilo butiral (PVB) o láminas de etileno vinil acetato (EVA). Las láminas de polivinilo butiral (PVB) o láminas de etileno vinil acetato (EVA) tienen, por ejemplo, un espesor de 1 mm.

El sustrato transparente 9 está constituido, por ejemplo, de vidrio extra blanco con contenido reducido de hierro, pudiendo ajustarse de la misma manera otros materiales aislantes eléctricos con resistencia y comportamiento inerte deseados frente a las etapas realizadas del proceso.

Aunque en la figura 1 y en la figura 2 no se representa en detalle, un intersticio marginal circundante entre el sustrato 2 y el sustrato transparente 9 está obturado con un material de obturación que sirve como barrera para el agua. La obturación mejora la estabilidad a largo plazo del módulo solar de capa fina 1 a través de una inhibición de la entrada de agua y reduce la corrosión de las diferentes capas de la estructura de capas 10. Un material de capas adecuado es, por ejemplo, poliisobutileno (PIB).

La figura 3 muestra una representación esquemática del flujo de corriente a través de dos células solares de capa fina 1.1, 1.2 conectadas en serie. La corriente eléctrica generada en la capa fotoactiva de semiconductores 4 es acumulada en la capa delantera de electrodos 5 de una primera zona 6.1 y es conducida a lo largo de la trayectoria de la corriente 11 hacia la línea de estructuración PA. La conducción de la corriente eléctrica hacia la capa trasera de electrodos 2 de una segunda zona 6.2 se realiza a través de la línea de estructuración PA.

En el ejemplo representado aquí, tanto la conexión de la tensión positiva (+) resultante como también la conexión de la tensión negativa (-) resultante del módulo solar de capa fina 1 se conducen sobre la capa trasera de electrodos 3

y contacta allí eléctricamente. El módulo solar de capa fina 1 de acuerdo con la invención contiene, por ejemplo, aproximadamente 100 células solares de capa fina 1.1, 1.2 conectadas en serie y presenta una tensión de marcha en vacío de aproximadamente 50 voltios. La anchura c de una célula solar de capa fina individual tiene de 3 mm a 20 mm y tiene, por ejemplo, 10 mm.

La figura 4 muestra una representación esquemática de la secuencia de las líneas de estructuración PR, PA y PF de cuatro zonas 6.0, 6.1, 6.2 y 6.3 conectadas en serie. La distancia de líneas de estructuración PR vecinas así como la distancia de líneas de estructuración PA vecinas corresponde a la anchura c de las células solares de capa fina 1.1, 1.2 individuales.

Las líneas de estructuración PR presentan ensanchamientos 7.10 y las líneas de estructuración PA presentan ensanchamientos 7.20. Las líneas de estructuración PR y PA vecinas están configuradas aproximadamente paralelas entre sí o bien tienen un desarrollo paralelo. Los ensanchamientos 7.10 de las líneas de estructuración PR y los ensanchamientos 7.20 de las líneas de estructuración PA tienen, respectivamente, una distancia 'a' de por ejemplo 12 mm. La distancia 'a' corresponde en este caso aproximadamente al doble de la anchura óptima de las células w_{opt} de 6 mm. Entre los ensanchamientos 7.10 se extienden las líneas de estructuración PR en dirección longitudinal L a lo largo de los cantos 7.11. La anchura de base b_{PR} de los ensanchamientos 7.10 tiene por ejemplo 2 mm. La longitud b_1 de los cantos 7.11 tiene por ejemplo 10 mm. La longitud b_2 de los cantos 7.20 de las líneas de estructuración PA tiene por ejemplo 1 mm. La distancia mínima d de un ensanchamiento 7.10 de una línea de estructuración PR con respecto a la línea de estructuración PF vecina, colocada delante en la dirección de la conexión en serie L corresponde a la anchura óptima de las células w_{opt} y tiene por ejemplo 6 mm. Las líneas de estructuración PF están realizadas en este ejemplo de realización sin ensanchamientos y presentan solamente un canto continuo 7.31. Los ensanchamientos 7.10, 7.20 están ensanchados en cada caso perpendicularmente (en dirección contraria Q) a la extensión (dirección L) de las líneas de estructuración PA, PR.

Las trayectorias de la corriente generada en la capa fotoactiva de semiconductores 4 a través de la capa delantera de electrodos 5 están identificadas por medio de flechas con el número de referencia 11. Las trayectorias de la corriente 11 se extienden a lo largo del recorrido con la resistencia mínima, con lo que se reduce el trayecto medio de la corriente a través de la capa delantera de electrodos 5 en comparación con las células solares conectadas en serie de acuerdo con el estado de la técnica. Un desplazamiento del transporte de la corriente desde la capa delantera de electrodos 5 de resistencia más elevada hacia la capa trasera de electrodos 3 de resistencia más baja da como resultado una resistencia general más baja de la célula solar de capa fina.

La figura 5 muestra una representación esquemática de una configuración alternativa de las líneas de estructuración PR, PA y PF de cuatro zonas 6.0, 6.2, 6.2 y 6.3 conectadas en serie. Las líneas de estructuración PF están configuradas con ensanchamientos 7.30 y cantos 7.31. Las líneas de estructuración PR, PA y PF están configuradas adyacentes aproximadamente paralelas entre sí o bien tienen un desarrollo paralelo. Los ensanchamientos 7.10, 7.20 y 7.30 están ensanchados en cada caso perpendicularmente (en contra de la dirección Q) a la extensión (dirección L) de las líneas de estructuración PA, PR o bien PF.

La longitud b_3 de los cantos 7.31 tiene por ejemplo 11 mm. De esta manera se reduce al mínimo la superficie fotovoltaica inactiva entre la línea de estructuración PA y la línea de estructuración vecina PF y se incrementa la superficie fotovoltaica activa de cada célula solar de capa fina individual 1.1, 1.2, 1.3.

La figura 6 muestra una representación esquemática de otra configuración alternativa de las líneas de estructuración PR, PA y PF de un módulo solar de capa fina 1 de acuerdo con la invención. Los ensanchamientos 7.20 de las líneas de estructuración PA están configurados de forma lineal en este ejemplo de realización. La longitud b_2 de los cantos 7.21 corresponde en este ejemplo a la distancia 'a' de los ensanchamientos 7.20.

La figura 7 muestra una variante del ejemplo de realización de la figura 6. La distancia d entre la línea de estructuración PR y la línea de estructuración PF de dos zonas vecinas se reduce en comparación con la figura 5, siendo incrementada al mismo tiempo la longitud b_1 del canto 7.11 y siendo reducida la anchura de la base b_{PR} .

La figura 8 muestra una representación esquemática de otra configuración alternativa de las líneas de estructuración PR, PA y PF de un módulo solar de capa fina 1 de acuerdo con la invención. Los ensanchamientos 7.10 de las líneas de estructuración PR y los ensanchamientos 7.20 de las líneas de estructuración PA están configurados redondeados y terminando en punta. La longitud b_1 del canto 7.11 de la línea de estructuración PR y la longitud b_2 del canto 7.21 de la línea de estructuración PA pueden ser en el caso límite también 0, de manera que las líneas de estructuración PR y PA solamente están constituidas por ensanchamientos redondeados 7.10, 7.20. La forma redondeada de los ensanchamientos 7.20 posibilita un acortamiento especialmente efectivo del trayecto medio de las trayectorias de la corriente 11 en la capa delantera de electrodos 5.

La figura 9 muestra una representación esquemática de la sección transversal de un ejemplo de realización alternativo del módulo solar de capa fina 1 de acuerdo con la invención con dos células solares de capa fina 1.1, 1.2

conectadas en serie. El módulo solar de capa fina 1 tiene una estructura que corresponde a la llamada configuración de superestratos, es decir, que dispone de un sustrato transparente 9 con una estructura de capas 10 colocada encima formada de capas finas. La estructura de capas 10 comprende una capa delantera de electrodos 5 dispuesta sobre la superficie II en el lado de salida de la luz, que está dividida por líneas de estructuración PF. Sobre la capa delantera de electrodos 5 está separada una capa fotoactiva de semiconductores 4. La capa fotoactiva de semiconductores 4 está dividida por líneas de estructuración PA. Sobre la capa fotoactiva de semiconductores 4 está dispuesta una capa trasera de electrodos 3, que rellena también las líneas de estructuración PA. La capa trasera de electrodos 3 y la capa fotoactiva de semiconductores 4 están divididas por líneas de estructuración PR en células solares de capa fina 1.1, 1.2 individuales. La conexión en serie de las células solares de capa fina 1.1, 1.2 individuales se realiza a través de líneas de estructuración PA, que conectan de forma conductora de electricidad la capa trasera de electrodos 3 de una primera zona 6.1 con la capa delantera de electrodos 5 de una segunda zona 6.1. Los materiales y los parámetros de los materiales de los sustratos 2, 9 y de la estructura de capas 10 corresponden al ejemplo de realización de un módulo solar de capa fina 1 de acuerdo con la invención en configuración de sustrato en la figura 1. La capa de absorción 4.1 contiene, por ejemplo, un absorbedor conductor-p como telururo de cadmio (CdTe).

La figura 210 muestra una representación esquemática de la secuencia de las líneas de estructuración PR, PA y PF de un módulo solar de capa fina de acuerdo con la invención en configuración de superestratos, como se representa de forma ejemplar en la figura 9.

La figura 11 muestra un diagrama de flujo detallado del método de acuerdo con la invención para la fabricación y conexión en serie de un módulo solar de capa fina 1 de acuerdo con la invención de sustrato. En una primera etapa a) se separa una capa trasera de electrodos 3 sobre un sustrato 2 y se divide la capa trasera de electrodos 3 por líneas de estructuración PR. En una segunda etapa b) se separa una capa fotoactiva de semiconductores 4 sobre la capa trasera de electrodos 3 y se divide la capa fotoactiva de semiconductores 4 por líneas de estructuración PA. En una tercer etapa c) se separa una capa delantera de electrodos 5 sobre la capa fotoactiva de semiconductores 4, se dividen la capa delantera de electrodos 5 y la capa fotoactiva de semiconductores 4 por líneas de estructuración PF en zonas 6 y se conecta la capa delantera de electrodos 5 de una primera zona 6 en conexión en serie con la capa trasera de electrodos 3 de una segunda zona 6. En este caso, las líneas de estructuración PR están configuradas con ensanchamientos 7.20 y cantos 7.21 entre sí de tal manera que el trayecto medio de la corriente generada en la capa fotoactiva de semiconductores 4 se reduce a través de la capa delantera de electrodos 5.

Las incisiones para las líneas de estructuración PR, PA y PF se configuran mediante el empleo de una tecnología de estructuración adecuada, como escritura por láser, por ejemplo con un láser-Nd:YAG o por procesamiento mecánico, por ejemplo a través de corte y rayado.

La figura 12 muestra un diagrama de flujo detallado de una forma de realización alternativa del método de acuerdo con la invención para la fabricación y conexión en serie de un módulo solar de capa final 1 de acuerdo con la invención en configuración de superestratos. En una primera etapa a) se separa una capa delantera de electrodos 6 sobre un sustrato transparente 9 y se divide la capa delantera de electrodos 5 por medio de líneas de estructuración PP. En una segunda etapa b) se separa una capa fotoactiva de semiconductores 4 sobre la capa delantera de electrodos 5 y la capa fotoactiva de semiconductores 4 se divide por medio de líneas de estructuración PA. En una tercera etapa c) se separa una capa trasera de electrodos 3 sobre la capa fotoactiva de semiconductores 4, se dividen la capa trasera de electrodos 3 y la capa fotoactiva de semiconductores 4 a través de líneas de estructuración PR en zonas 6 y se conecta la capa trasera de electrodos 3 de una primera zona 6 en conexión en serie con la capa delantera de electrodos 5 de una segunda zona 6. En este caso, las líneas de estructuración PR se configuran con ensanchamientos 7.10 y cantos 7.11 y las líneas de estructuración PA se configuran con ensanchamientos 7.20 y 7.21 entre sí, de tal manera que el trayecto medio de la corriente generada en la capa fotoactiva de semiconductores 4 se reduce a través de la capa delantera de electrodos.

Lista de signos de referencia

1	Módulo solar de capa fina
1.1, 1.2, 1.3	Célula solar de capa fina
2	Sustrato
3	Capa trasera de electrodos
4	Capa fotoactiva de semiconductores
4.1	Capa de absorción
4.2	Capa tampón
5	Capa delantera de electrodos
6, 6.0, 6.1, 6.2, 6.3	Zona
7.10, 7.20, 7.30	Ensanchamiento
7.11, 7.21, 7.31	Canto
8	Capa adhesiva
9	Sustrato transparente

ES 2 564 885 T3

10	Estructura de capas
11	Flujo de la corriente, trayectoria de la corriente
a	Distancia de los ensanchamientos 7.10, 7.20, 7.30
b1	Longitud del canto 7.11
5	b2 Longitud del canto 7.21
b3 Longitud del canto 7.31	
BF	Zona de la capa delantera de electrodos
b _{FR}	Anchura básica de los ensanchamientos
BR	Zona de la capa trasera de electrodos 3
10	c Anchura de una célula solar de capa fina 1.1, 1.2, 1.3
d	Distancia
W _{opt}	Anchura óptima de las células
PR	Línea de estructuración PR
PA	Línea de estructuración PA
15	PF Línea de estructuración PF
II	Superficie del sustrato transparente 9 en el lado de salida de la luz
III	Superficie del sustrato 2 en el lado de entrada de la luz
Q	Dirección transversal
L	Dirección longitudinal de la conexión en serie
20	A-A' Línea de intersección

REIVINDICACIONES

1.- Módulo solar de capa fina (1) con conexión en serie, que comprende al menos:

- 5 • una capa trasera de electrodos (3), que está dividida por líneas de estructuración PR en zonas BR,
 • una capa fotoactiva de semiconductores (4), que está dispuesta sobre la capa trasera de electrodos (3) y
 está dividida por líneas de estructuración PA y
 • una capa delantera de electrodos (5), que está dispuesta sobre el lado, opuesto a la capa trasera de
 10 electrodos (3), de la capa fotoactiva de semiconductores (4) y está dividida por líneas de estructuración PF en
 zonas BF,
 en el que zonas BF de la capa delantera de electrodos (5) están conectadas eléctricamente con zonas BR
 vecinas de la capa trasera de electrodos (3) a través de líneas de estructuración PA en conexión en serie,
caracterizado por que las líneas de estructuración PR están configuradas con ensanchamientos (7.10) y
 cantos (7.11) y las líneas de estructuración PA están configuradas con ensanchamientos (7.20) y cantos
 15 (7.21) entre sí, de tal manera que a través de un recorrido medio reducido de la corriente generada en la capa
 fotoactiva de semiconductores (4) a través de la capa delantera de electrodos (5) se reduce una pérdida
 óhmica.

20 2.- Módulo solar de capa fina (1) de acuerdo con la reivindicación 1, en el que las líneas de estructuración PF están
 configuradas con ensanchamientos (7.30) y cantos (7.31).

3.- Módulo solar de capa fina (1) de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 ó 2, en el que los ensanchamientos
 (7.10, 7.20, 7.30) de la línea de estructuración PR, de la línea de estructuración PR y PA o de la línea de
 25 estructuración PR, PA y PF están configuradas de manera que terminan en punta.

4.- Módulo solar de capa fina (1) de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 3, en el que los ensanchamientos
 (7.10, 7.20 ó 7.30) de al menos una de las líneas de estructuración PR, PA o PF están configurados de forma
 30 triangular.

5.- Módulo solar de capa fina (1) de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 4, en el que los ensanchamientos
 (7.20) de la línea de estructuración PA están configurados de forma lineal o rectangular.

6.- Módulo solar de capa fina (1) de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 5, en el que los ensanchamientos
 (7.10, 7.20, 7.30) de líneas de estructuración PR, PA y PF vecina están configurados al menos aproximadamente
 35 paralelos adyacentes.

7.- Módulo solar de capa fina (1) de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 6, en el que la capa trasera de
 electrodos (3) presenta una resistencia superficial eléctrica más reducida, con preferencia una resistencia superficial
 eléctrica más reducida en un factor 10 y de manera especialmente preferida una resistencia superficial eléctrica más
 40 reducida en un factor 100 que la capa delantera de electrodos (5).

8.- Módulo solar de capa fina (1) de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 7, en el que la distancia mínima d
 de los ensanchamientos (7.10) de la línea de estructuración PR con respecto a la línea de estructuración PF de una
 zona vecina es inferior o igual a la anchura óptima de las células w_{opt} de 5 mm a 15 mm.
 45

9.- Módulo solar de capa fina (1) de acuerdo con la reivindicación 8, en el que la distancia a de los ensanchamientos
 (7.10) de la línea de estructuración PR es menos o igual a la anchura óptima de las células w_{opt} de 5 mm a 15 mm.

10.- Módulo solar de capa fina (1) de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 9, en el que la capa trasera de
 electrodos (3) contiene un metal, en particular molibdeno (Mo), aluminio (Al), cobre (Cu), titanio (Ti) y/o la capa
 50 delantera de electrodos (5) contiene una capa metálica conductora transparente, en particular óxido de cinc (ZnO),
 óxido de cinc dotado con aluminio (ZnO:Al), óxido de cinc dotado con boro (ZnO:B), óxido de cinc dotado con indio
 (ZnO:In), óxido de cinc dotado con galio (ZnO:Ga), óxido de estaño dotado con flúor (SnO₂:F), óxido de estaño
 dotado con antimonio (SnO₂:Sb) u óxido de indio y estaño (ITO).
 55

11.- Módulo solar de capa fina (1) de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 10, en el que la capa fotoactiva de
 semiconductores (4) contiene silicio amorfo, micromorfo o policristalino, telururo de cadmio (CdTE), semiconductores
 orgánicos, arseniuro de galio (GaAs), semiconductores basados en calcopirita o cesterita.

60 12.- Método para la fabricación y conexión en serie de un módulo solar de capa fina (1), en el que:
 a) una capa trasera de electrodos (3) es separada sobre un sustrato (2) y la capa trasera de electrodos (3) es
 dividida por líneas de estructuración PR,
 b) una capa fotoactiva de semiconductores (4) es separada sobre la capa trasera de electrodos (3) y la capa

fotoactiva de semiconductores (4) es dividida por líneas de estructuración PA y
c) una capa delantera de electrodos (5) es separada sobre la capa fotoactiva de semiconductores (4), la capa
delantera de electrodos (5) y la capa fotoactiva de semiconductores (4) están divididas por líneas de
estructuración PF en zonas (6) y la capa delantera de electrodos (5) de una primera zona (6) está conectada
5 en conexión en serie con la capa trasera de electrodos (3) de una segunda zona (6),
en el que las líneas de estructuración PR están configuradas con ensanchamientos (7.10) y cantos (7.11) y
las líneas de estructuración PA están configuradas con ensanchamientos (7.20) y cantos (7.21) entre sí, de tal
manera que a través de un trayecto medio reducido de la corriente generada en la capa fotoactiva de
semiconductores (4) a través de la capa delantera de electrodos (5) se reduce una pérdida óhmica.

10 13.- Método para la fabricación y conexión en serie de un módulo solar de capa fina (1), en el que:

a) una capa delantera de electrodos (5) es separada sobre un sustrato transparente (9) y la capa delantera de
electrodos (5) es dividida por líneas de estructuración PF,
15 b) una capa fotoactiva de semiconductores (4) es separada sobre la capa delantera de electrodos (5) y la
capa fotoactiva de semiconductores (4) es dividida por líneas de estructuración PA y
c) una capa trasera de electrodos (3) es separada sobre la capa fotoactiva de semiconductores (4), la capa
trasera de electrodos (3) y la capa fotoactiva de semiconductores (4) están divididas por líneas de
20 estructuración PR en zonas (6) y la capa trasera de electrodos (3) de una primera zona (6) está conectada en
conexión en serie con la capa delantera de electrodos (5) de una segunda zona (6),
en el que las líneas de estructuración PR están configuradas con ensanchamientos (7.10) y cantos (7.11) y
las líneas de estructuración PA están configuradas con ensanchamientos (7.20) y cantos (7.21) entre sí, de tal
manera que a través de un trayecto medio reducido de la corriente generada en la capa fotoactiva de
semiconductores (4) a través de la capa delantera de electrodos (5) se reduce una pérdida óhmica.

25 14.- Utilización del método de acuerdo con la reivindicación 12 ó 13 para la fabricación y conexión en serie de un
módulo solar de capa fina, en particular de un módulo solar de capa fina de silicio amorfo, micromorfo o
policristalino, telururo de cadmio (CdTe), arseniuro de galio (GaAs), semiconductores basados en calcopirita o
30 cesterita o semiconductores orgánicos.

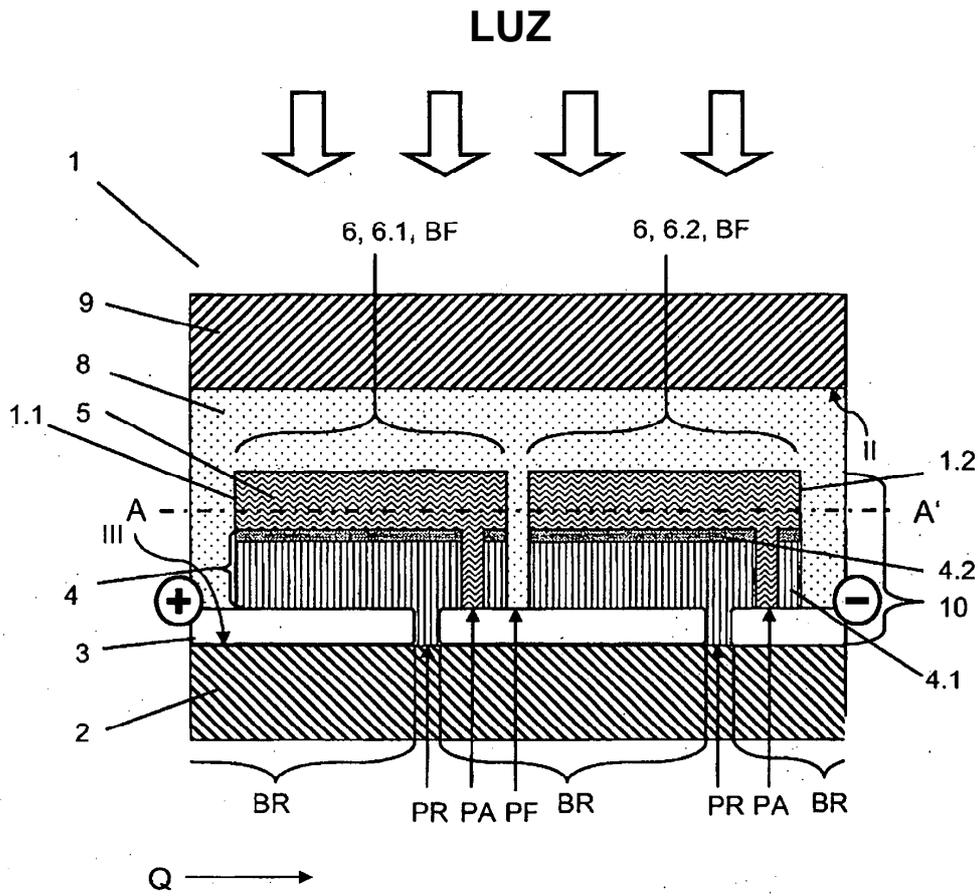


Fig 1

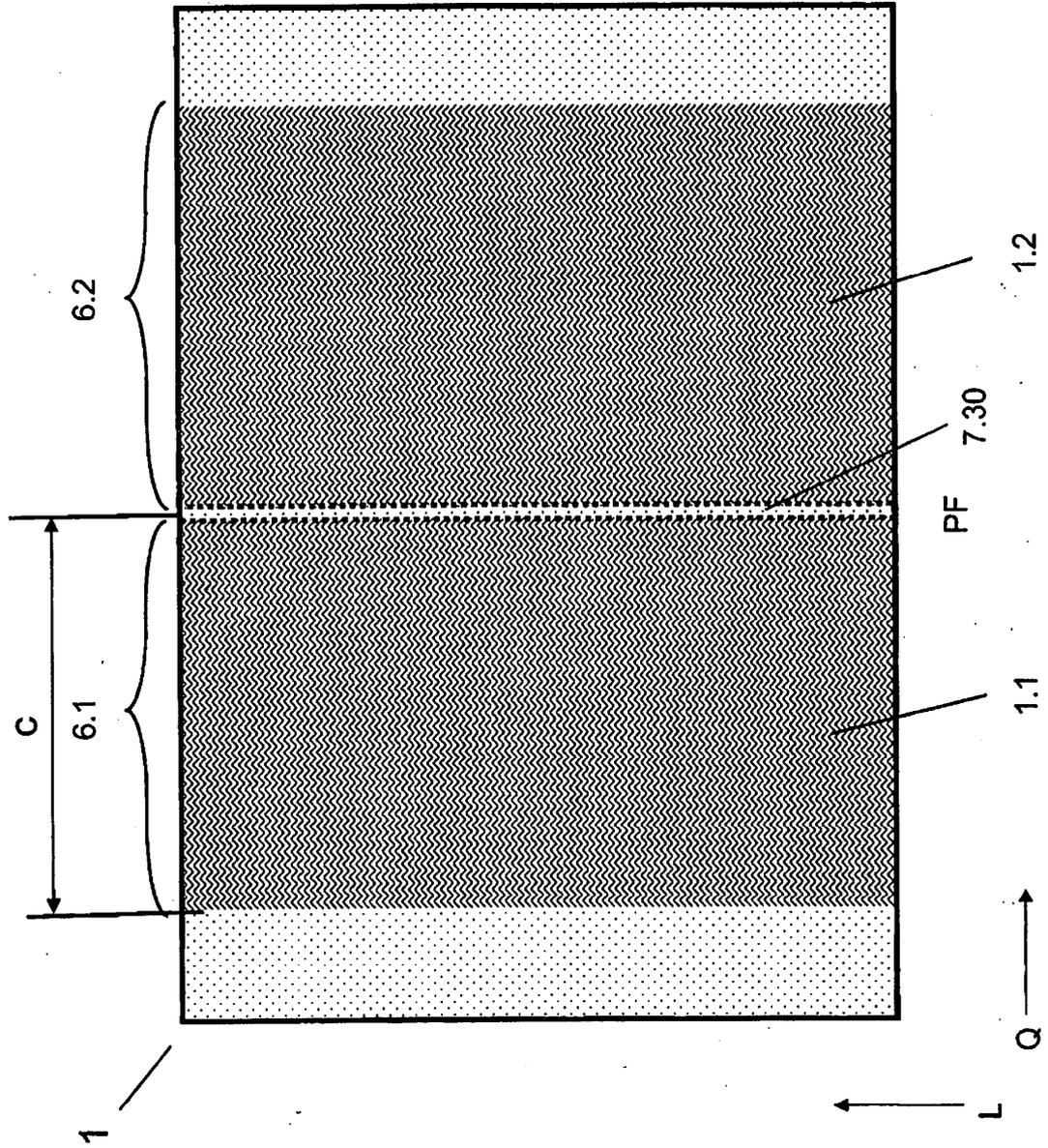


Fig. 2

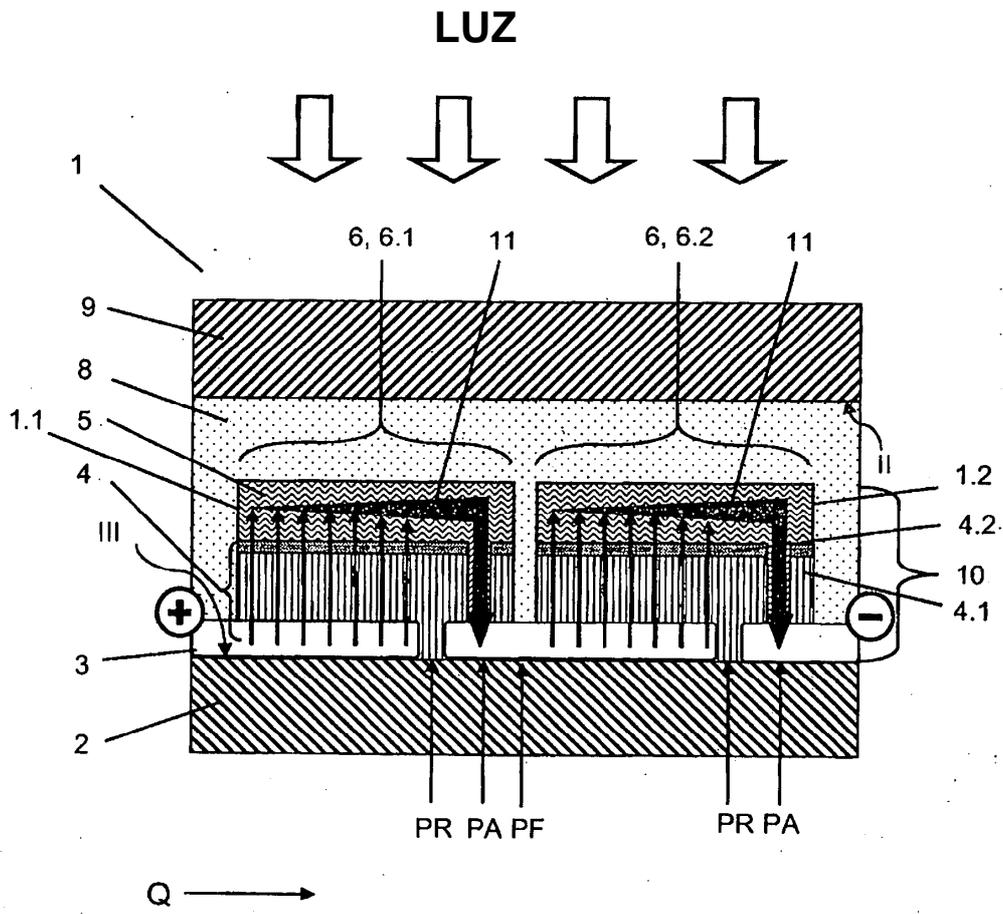


Fig. 3

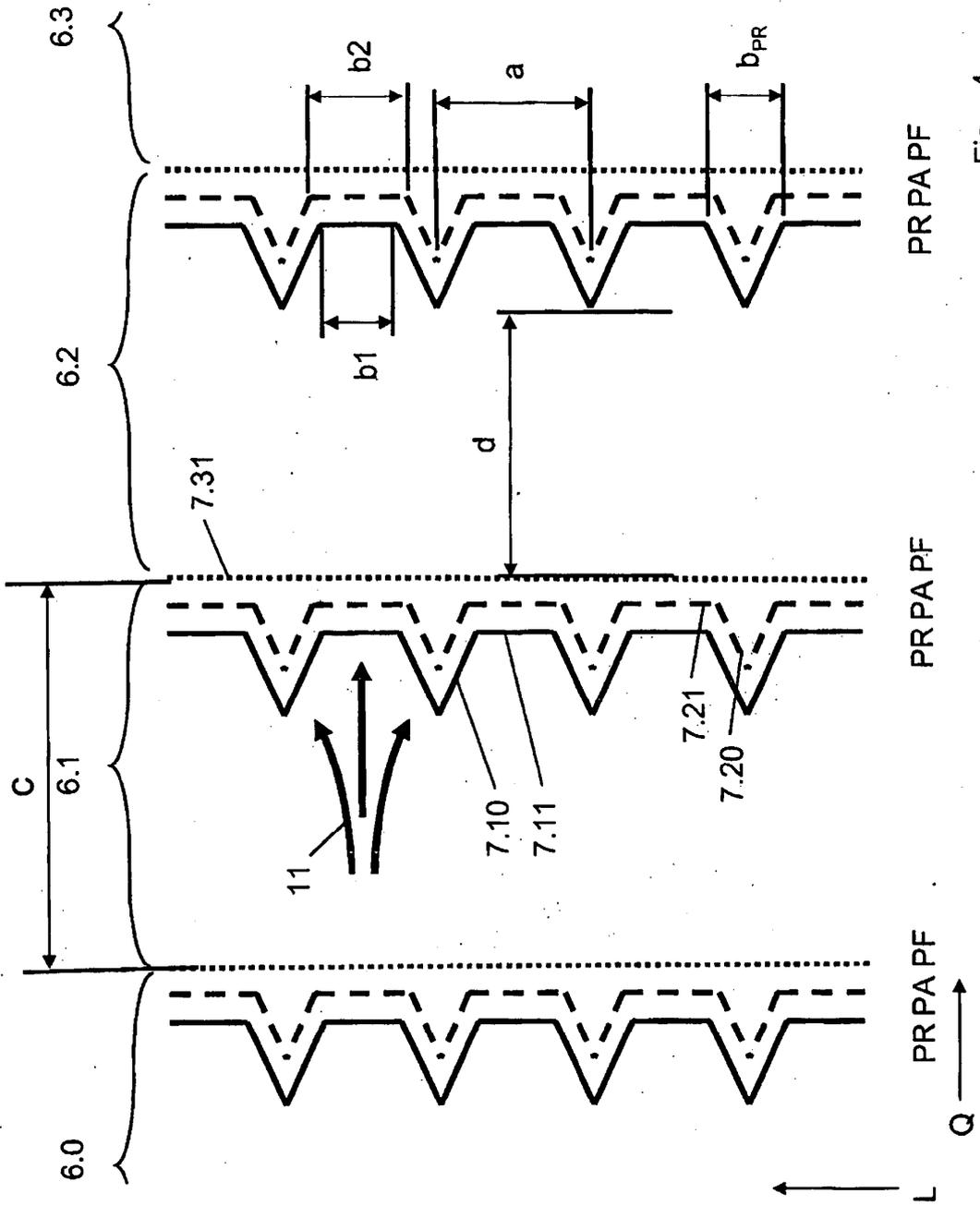


Fig. 4

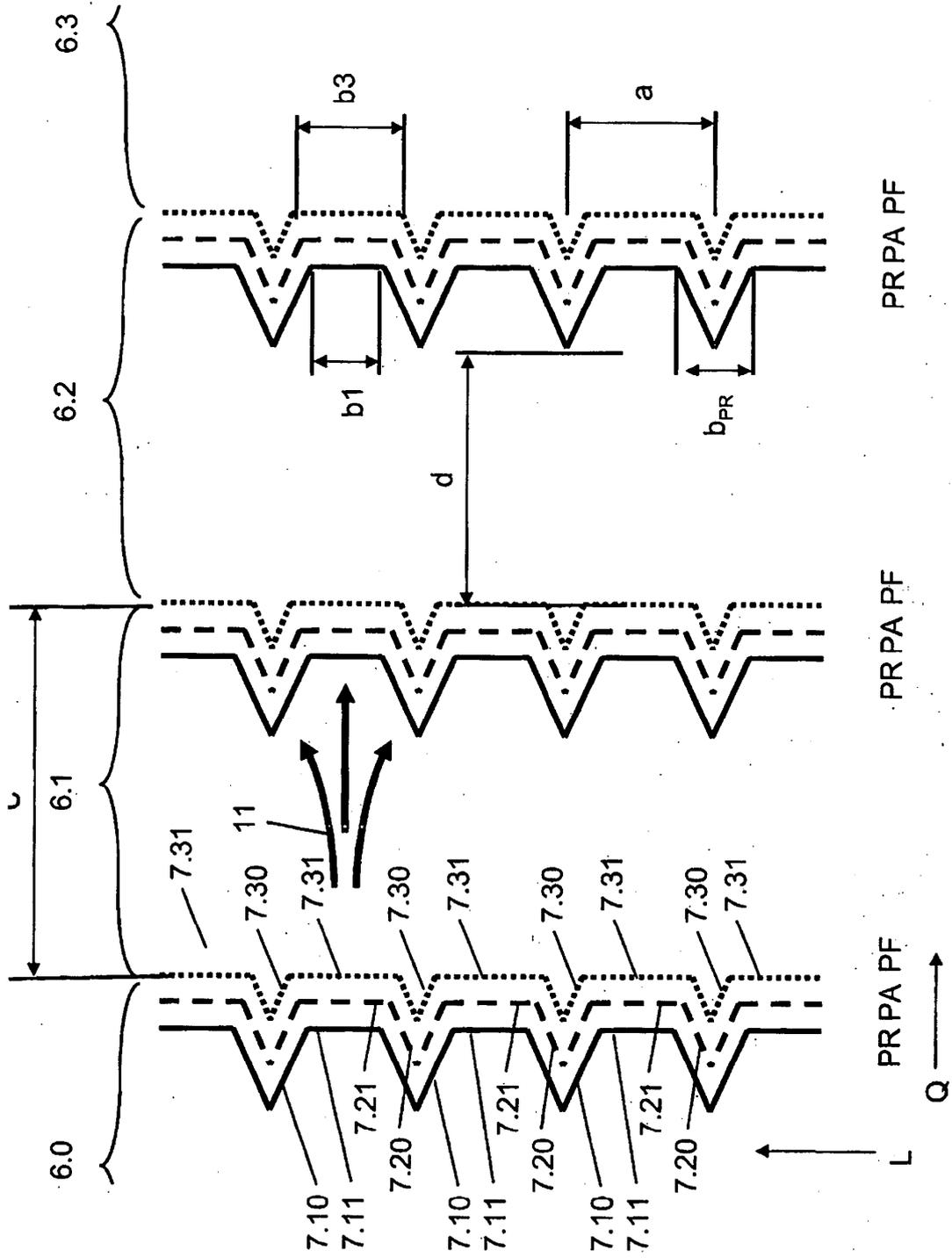


Fig 5

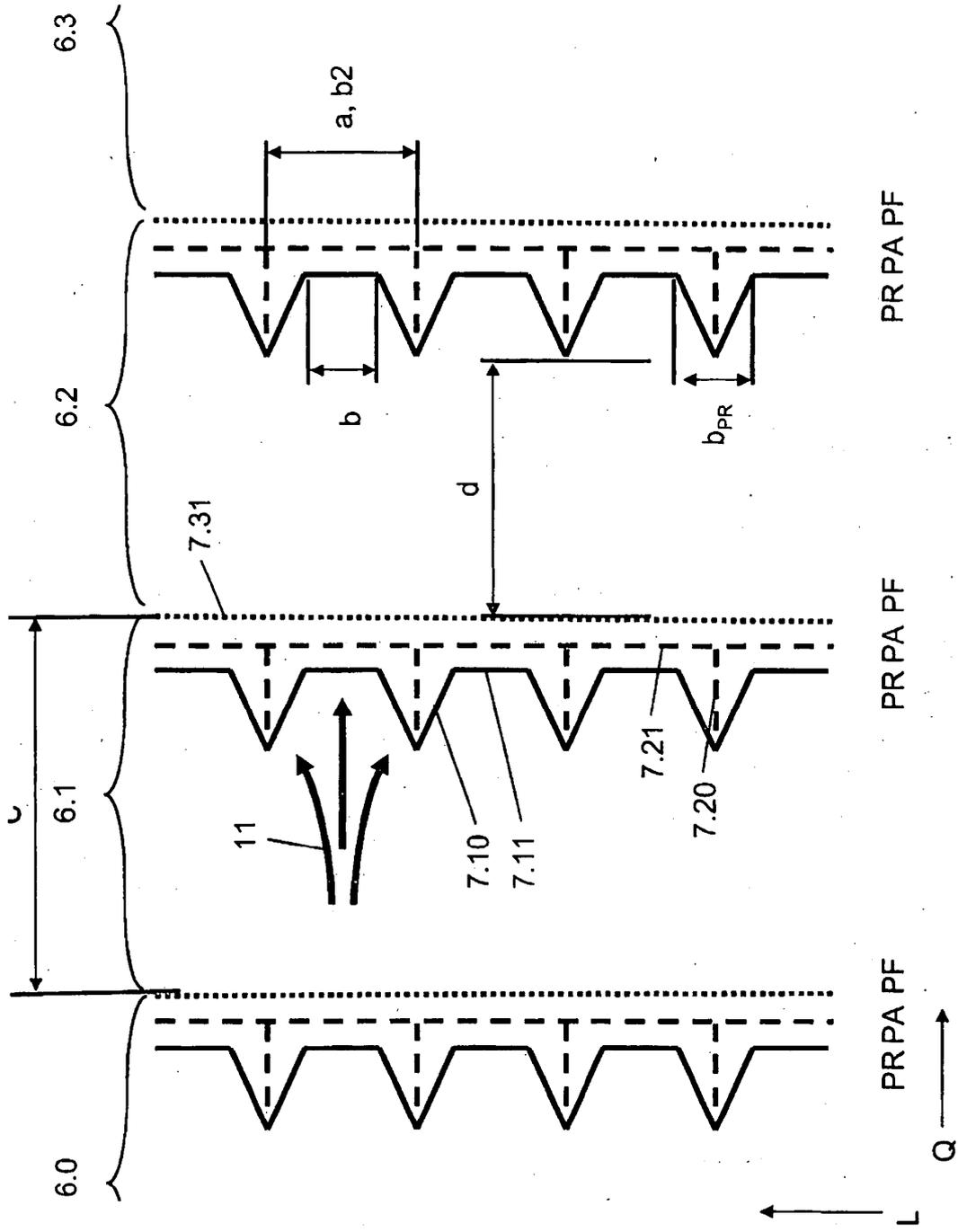


Fig 6

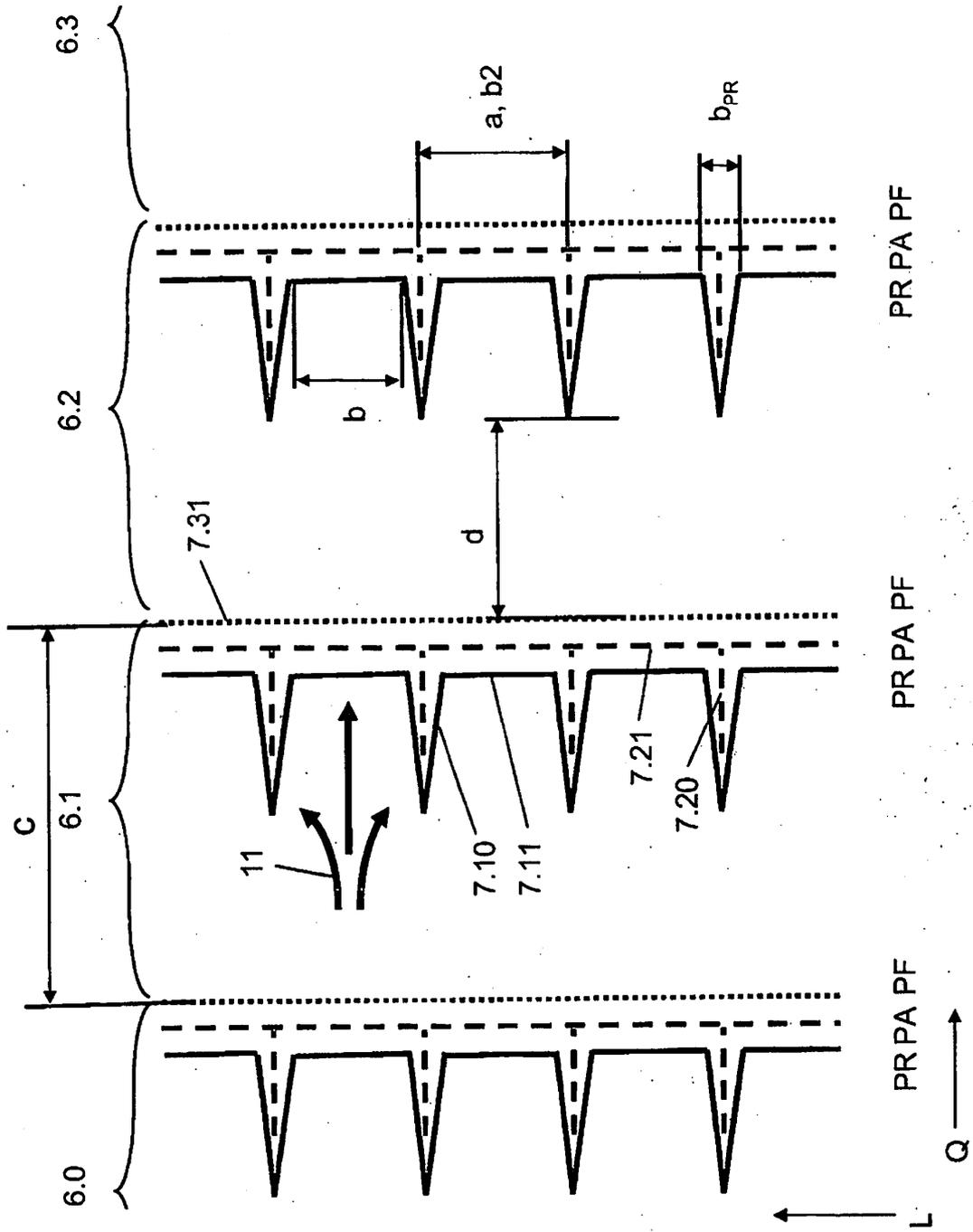


Fig 7

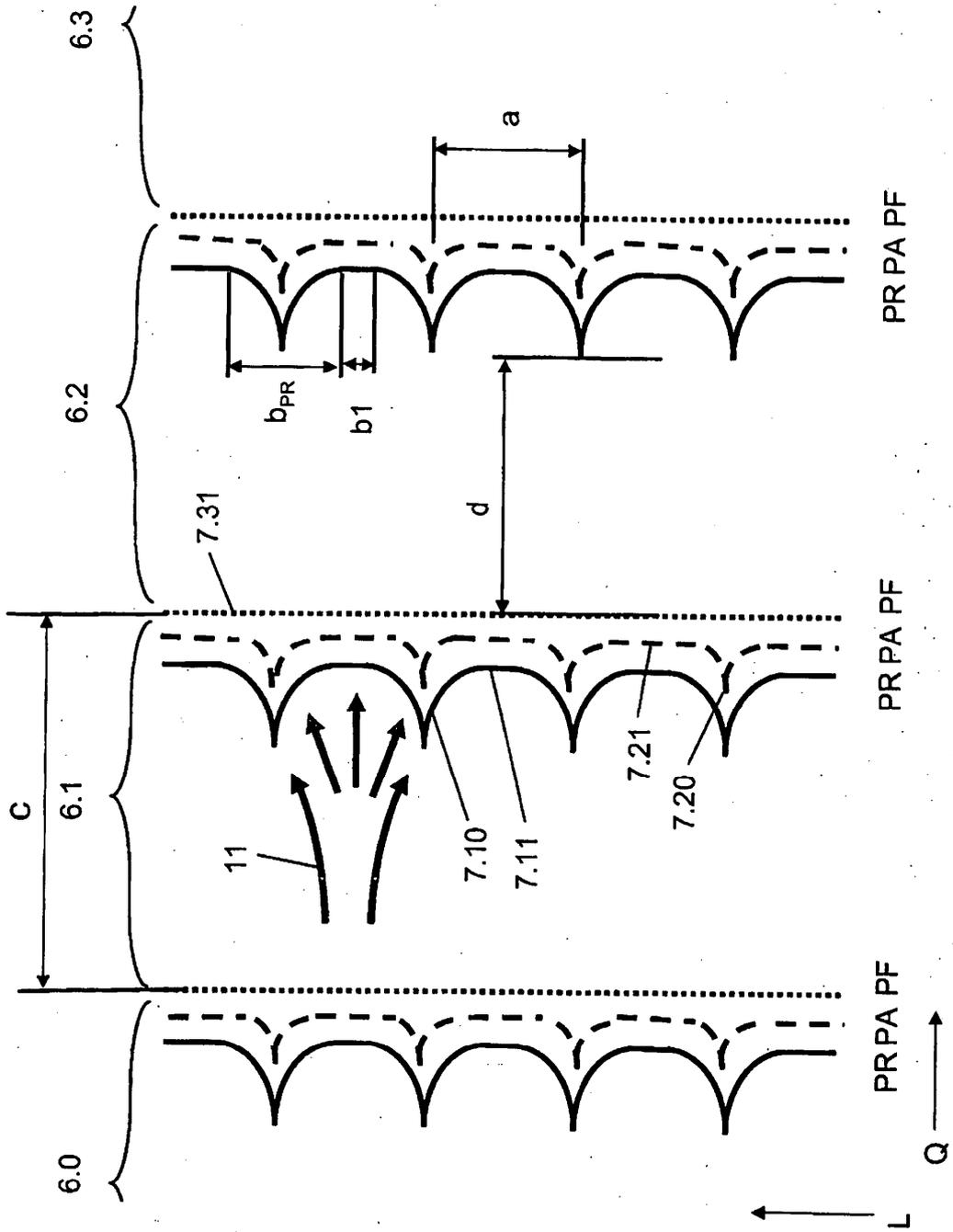


Fig. 8

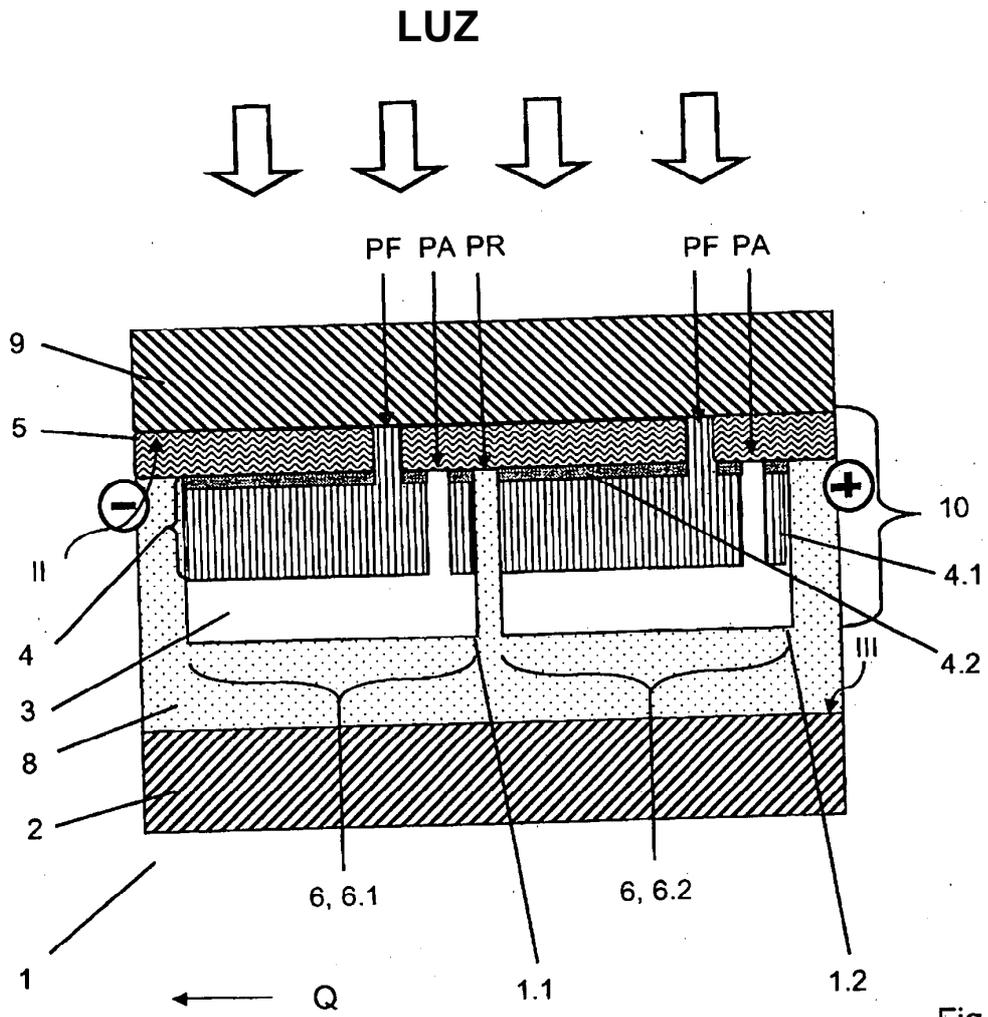


Fig 9

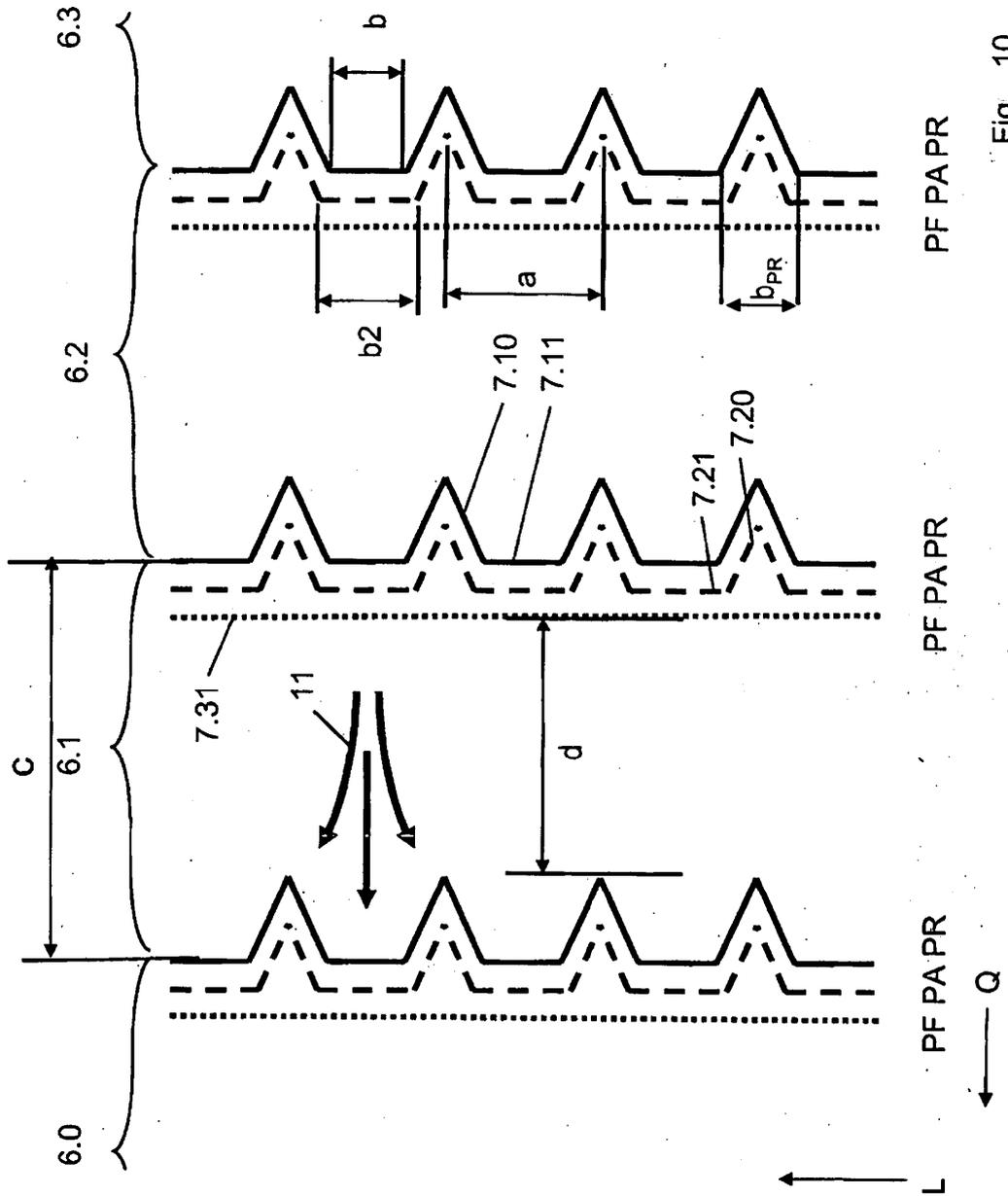


Fig. 10

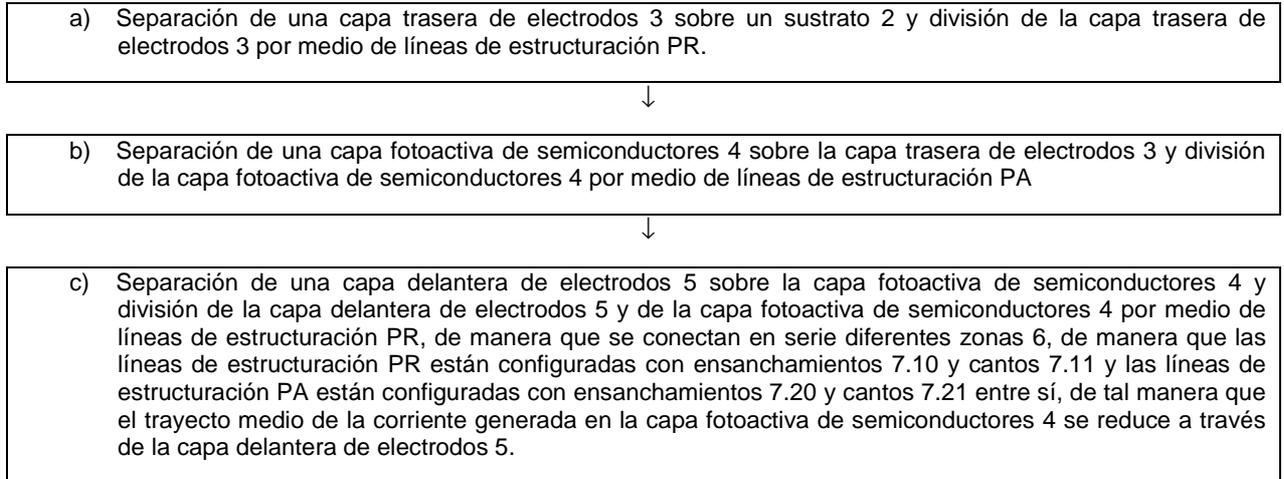


FIG. 11

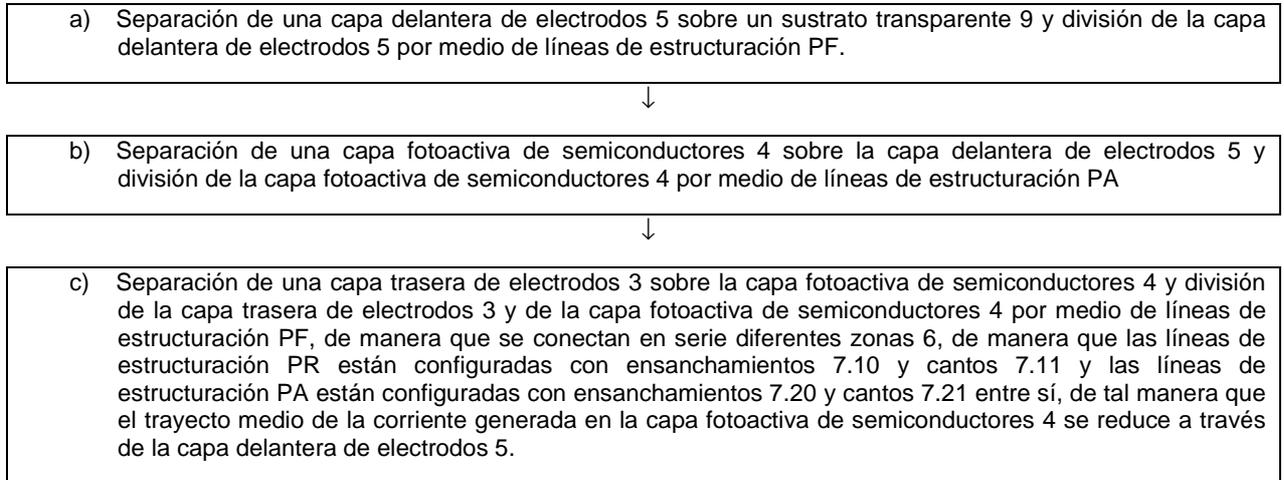


Fig. 12