



19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 335 156**

51 Int. Cl.:
H01L 31/18 (2006.01)
H01L 23/544 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **07726561 .9**
96 Fecha de presentación : **28.02.2007**
97 Número de publicación de la solicitud: **1989740**
97 Fecha de publicación de la solicitud: **12.11.2008**

54 Título: **Procedimiento de marcación de celdas solares y celda solar.**

30 Prioridad: **28.02.2006 DE 10 2006 009 584**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
22.03.2010

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
22.03.2010

73 Titular/es: **Q-Cells SE**
Sonnenallee 17-21, OT Thalheim
06766 Bitterfeld-Wolfen, DE

72 Inventor/es: **Müller, Jörg y**
Patzlaff, Toralf

74 Agente: **Aznárez Urbieto, Pablo**

ES 2 335 156 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).

ES 2 335 156 T3

DESCRIPCIÓN

Procedimiento de marcación de celdas solares y celda solar.

5 La invención se refiere a un procedimiento de marcación de celdas solares según el concepto general de la reivindicación 1, como también a una celda solar según el concepto general de la reivindicación 17.

10 En el documento US 6.235.637 B1, se revela un procedimiento para la marcación de plaquitas semiconductoras por medio de un láser. Para ello en primer lugar se recubre la superficie de la plaquita con barniz fotosensible. A continuación, en una forma de realización, se graba mediante láser un surco en el barniz fotosensible que se extiende hasta la superficie de la plaquita y eventualmente penetra en la superficie de la plaquita. De acuerdo con una realización alternativa, en primera instancia se elimina la capa de barniz fotosensible en un área de marcación en el borde de la plaquita. A continuación, en esta área de marcación, se graba una marca por medio de un láser.

15 En el documento US 4.568.409 A, se describe la estructuración por láser de capas delgadas para confeccionar un módulo solar de capa delgada con conmutación monolítica. Para ello se graban "scribes" de láser, en especial en capas de metalización.

20 El documento US 2004/166444 A1, se refiere al posicionamiento de una marcación en un sustrato que es procesado en un procedimiento en línea. El sustrato luego se utiliza en una estructura de sustrato o de superestrato como soporte para celdas solares de capa delgada que están conmutadas para conformar un módulo solar.

25 Por el documento EP 1 089 346 A2, se conoce un procedimiento para la marcación de celdas solares, en el que en primer lugar se pone a disposición un sustrato con una superficie de sustrato para confeccionar una celda solar que presenta una zona activa, y a continuación se efectúa al menos un ahondamiento en la superficie del sustrato, utilizando para ello un rayo láser. Ese como mínimo un hueco constituye una marcación para marcar la celda solar, y la realización del hueco se lleva a cabo antes del proceso de fabricación de celdas solares o mientras se concreta la fabricación de la celda solar. Pero este procedimiento de marcación de celdas solares está optimizado para el uso de módulos solares denominados de capa delgada. Dichos módulos de capa delgada comprenden una multiplicidad de celdas solares de capa delgada que están conmutadas en serie de manera monolítica. Estas celdas solares de capa delgada son asentadas en un sustrato conformado como placa de vidrio. A fin de que la marcación grabada con rayo láser no afecte la función de las celdas solares de capa delgada, la marcación es ubicada en el área perimetral de la placa de vidrio que no es utilizada para la generación de corriente eléctrica en el módulo solar.

35 Pero dado que las áreas perimetrales no aportan a la generación de corriente eléctrica de las celdas solares, es deseable conformar estas áreas perimetrales lo más reducidas posible.

40 La presente invención se basa en el objetivo de crear un sencillo procedimiento de marcación de celdas solares que permita minimizar las áreas perimetrales de la celda solar que no se utilizan para la generación de corriente eléctrica.

Este objetivo se cumple por medio de un procedimiento de marcación de celdas solares con las características de la reivindicación 1.

45 Según la invención, se prevé que el sustrato se conforme como plaquita semiconductoras con una superficie de plaquita y que la marcación en la superficie de plaquita se posicione de modo tal que la marcación se ubica en la zona activa de la celda solar conformada por la plaquita semiconductoras.

50 Debido a que se utilizan plaquitas semiconductoras como sustratos, es posible maximizar la zona activa de la celda solar generada en la superficie del sustrato hasta poco antes del borde del sustrato. Los diferentes pasos del proceso en comparación con los módulos solares de capa delgada, al confeccionar celdas solares de plaquitas semiconductoras, permiten el posicionamiento de una marcación en la zona activa de la celda solar, donde la marcación se produce en forma de como mínimo un ahondamiento realizado en la superficie de la plaquita, generado mediante radiación láser.

55 Durante la fabricación de las celdas solares de plaquitas semiconductoras, en el paso del proceso en el que se realiza la marcación en la superficie de la plaquita, es posible efectuar un seguimiento retrospectivo de dicho proceso de fabricación al elegir una marcación en especial.

60 Como plaquita semiconductoras se puede usar material poli o monocristalino, en especial naturalmente silicio, pero también germanio y otros materiales de semiconductores conocidos como plaquitas. Asimismo es factible utilizar una plaquita semiconductoras confeccionada mediante el procedimiento "string-ribbon".

65 La selección de las marcaciones, de preferencia se efectúa al final del proceso de fabricación de celdas solares, aunque también es posible concretarla entre distintos pasos parciales durante el procesamiento. Al continuar con el procesamiento de las celdas solares, por ejemplo para la confección de un módulo solar, se dispone de la misma posibilidad. Las celdas solares dispuestas en los módulos solares están orientadas con sus zonas activas de modo tal que puedan ser alcanzadas lo mejor posible por la irradiación lumínica. De esa manera se asegura además, como efecto adicional, que las marcaciones de las celdas solares en cada módulo solar puedan ser leídas sin dificultades por

ES 2 335 156 T3

medio de dispositivos de lectura que operan con generadores ópticos de imagen. De ese modo es posible concretar un seguimiento a largo plazo de las celdas solares en módulos solares durante toda la vida útil del producto.

5 El procedimiento se refiere tanto al caso, en el que en una plaquita semiconductor se fabrique una sola celda solar, como también al caso en que en una plaquita semiconductor se fabrique una pluralidad de celdas solares. Si se trata de varias celdas solares, se puede generar una o más marcaciones.

10 De preferencia, se realiza como mínimo un ahondamiento con una profundidad tal que la marcación así obtenida incluso pueda ser leída por medio de un dispositivo optoelectrónico de lectura, incluso después de realizado el proceso de fabricación completo. De esa manera, con un mismo ahondamiento es posible efectuar el seguimiento del proceso de fabricación completo de una celda solar de plaquita semiconductor. En los pasos del proceso durante la confección es posible, por ejemplo, aplicar material sobre la superficie de la plaquita, como también, por ejemplo en forma de procesos de corrosión, se puede erosionar material de la superficie de la plaquita. Dependiendo del espesor (espesores de capa al precipitar y corroer) y la isotropía de la alteración del material, como también teniendo en cuenta los requerimientos del dispositivo lector que se utilice, se determina la profundidad de los ahondamientos.

20 Una variante especialmente ventajosa del procedimiento está caracterizada porque después de producir el como mínimo un ahondamiento se prevé un paso de corrosión de manera tal que las zonas afectadas por la carga de energía en la superficie de la plaquita son eliminadas por completo en el área del ahondamiento. Al producir los ahondamientos se actúa sobre la microestructura del material semiconductor en el área de la superficie de la plaquita mediante la aplicación de energía. De ese modo se actúa en especial sobre la vida útil del soporte de carga como magnitud importante para la función de la celda solar. Debido a que las zonas afectadas por la carga de energía son eliminadas en la superficie de la plaquita, puede evitarse que la celda solar sea afectada por la aplicación de energía de la radiación láser.

25 De preferencia, el paso de corrosión para eliminar la zona afectada por la carga de energía, se conforma de manera tal que la superficie de la plaquita es corroída con un mayor índice de corrosión en el área de los ahondamientos que fuera de la misma. De esa manera puede intensificarse aún más los ahondamientos en la superficie de la plaquita.

30 Es ventajoso que el paso de corrosión se realice como pulido químico en húmedo o como paso de corrosión en seco, en especial como proceso de corrosión plasmática. En este caso pueden usarse formas del proceso que se conocen, por ejemplo en la técnica de microistemas, para el procesamiento controlado de la superficie de la plaquita.

35 En una variante especialmente ventajosa del proceso de fabricación se prevé que por medio del paso de corrosión adicionalmente se textura la superficie de la plaquita provista de la marcación. Al combinar la texturación con la eliminación de las zonas afectadas por la carga de energía, el proceso de fabricación puede ser implementado de manera más económica.

40 Las realizaciones preferidas del procedimiento están caracterizadas porque el como mínimo un ahondamiento se produce mediante erosión láser con una profundidad mayor que $8\ \mu\text{m}$, de preferencia mayor que $12\ \mu\text{m}$, de preferencia especial entre 15 y $30\ \mu\text{m}$.

45 En relación con los parámetros antes mencionados respecto de la profundidad de los ahondamientos, es ventajoso que la relación de la profundidad respecto del diámetro del como mínimo un ahondamiento al producir el ahondamiento sea mayor que 1:12, de preferencia mayor que 1:10 y de preferencia especial se ubica en el rango que varía entre 1:7 y 1:3. En el caso de ahondamientos que no presentan un contorno redondo, la característica del diámetro en el sentido de la presente invención, se debe entender como la menor medida de distancia de áreas perimetrales situadas frente al ahondamiento. Mediante las relaciones de tamaño se asegura que la marcación pueda leerse de modo seguro con los dispositivos lectores para marcaciones, por ejemplo con escáneres optoelectrónicos para el reconocimiento óptico de caracteres "Optical Character Recognition" (OCR), durante y después de pasar por todos los pasos del proceso en la fabricación de celdas solares de plaquitas semiconductoras.

55 Otro aspecto importante es la distancia entre los distintos ahondamientos, cuando se usa una pluralidad de ahondamientos para conformar la marcación. A lo largo de la distancia mínima de dos ahondamientos adyacentes, por lo general se extiende un nervio que separa entre sí a los dos ahondamientos. Para el contraste necesario para la selección de la marcación se requiere un suficiente ancho del nervio. Los ahondamientos adyacentes deberían producirse con una distancia mínima de aproximadamente 20 a $30\ \mu\text{m}$. Debe tenerse en cuenta que la distancia de los ahondamientos se reduce aún más mediante un paso de corrosión isotrópico para eliminar las zonas afectadas por la radiación láser. Si en cambio el paso de corrosión se conforma de manera anisotrópica, la distancia entre dos ahondamientos se mantiene esencialmente igual.

65 En un procedimiento preferido para la marcación de celdas solares se prevé que el proceso de fabricación de las celdas solares comprenda los siguientes pasos: la producción de un pasaje p-n de gran superficie en la superficie de la plaquita provista de la marcación, por ejemplo mediante difusión térmica con una sustancia de dotación, en especial con fósforo; la precipitación de una capa antirrefleora en la superficie de la plaquita provista de la marcación, por ejemplo en forma de una capa delgada de nitruro de silicio o dióxido de titanio, y la aplicación, el secado y el cocido de una pasta en forma de una rejilla metálica de electrodos (frontgrid) que incluye circuitos impresos en la superficie de la plaquita con la zona activa provista de la marcación. Naturalmente pueden concretarse otras conformaciones

ES 2 335 156 T3

del pasaje p-n o de la realización de la rejilla de electrodos que difieren de las realizaciones indicadas previamente. Así, por ejemplo, también pueden conformarse una diversidad de pasajes p-n en una plaquita semiconductor o bien realizarse la rejilla de electrodos mediante una precipitación de capas con posterior estructuración de capas, en lugar de utilizar el procedimiento por serigrafía.

5 En los procedimientos antes mencionados es preferible que los circuitos impresos se dispongan a una cierta distancia de la marcación. De esta manera se evita que los circuitos impresos durante su confección sean afectados en su conductividad de corriente eléctrica por los ahondamientos que existen en la superficie de la plaquita.

10 Otra variante ventajosa del procedimiento prevé que dichos circuitos impresos se dispongan equidistantes entre sí.

En otra variante del procedimiento de marcación, se prevé respecto de la disposición de los circuitos impresos que la marcación se disponga en el centro de la plaquita semiconductor y los circuitos impresos se dispongan de manera tal que un primer circuito impreso central desde uno de los lados de la superficie de la plaquita se extienda hacia la marcación y un segundo circuito impreso central del lado opuesto de la superficie de la plaquita se extienda hacia la marcación, mientras que el primer circuito impreso central y el segundo circuito impreso central, antes de contactarse con la marcación doblen en sentidos opuestos y desemboquen en circuitos impresos que son adyacentes en cada caso. De esta manera es posible posicionar marcaciones en la zona activa de las celdas solares, cuyas medidas son más anchas que la distancia máxima entre dos circuitos impresos adyacentes.

20 De preferencia, la marcación se compone de una pluralidad de ahondamientos de manera tal que está conformada como un código matriz de datos o como un código de barras. Los ahondamientos en principio pueden ser de una forma cualquiera, por ejemplo, en forma de punto o de raya. De esta manera se pueden usar sistemas de marcación ya probados en la práctica para celdas solares de plaquitas semiconductoras. De preferencia, la marcación se genera como código matriz de datos 14 x 14 con una longitud de borde de esencialmente 2 mm x 2 mm.

De manera alternativa o acumulativa, la marcación se genera como identificación de serie legible por medio de un procedimiento de OCR, que comprende una pluralidad de signos y cifras y/o letras, donde los signos se conforman con una altura de aproximadamente un milímetro.

30 Una variante preferida del procedimiento de marcación está caracterizada porque se generan una pluralidad de marcaciones en la superficie de plaquita. De este modo, la plaquita semiconductor se puede proveer de diferente información, por ejemplo, en diferentes pasos del proceso.

35 El objetivo de la presente invención se cumple además por medio de una celda solar con las características de la reivindicación 17.

Se prevé, según la invención, que la celda solar se fabrique de una plaquita semiconductor con una superficie de plaquita y la marcación en la superficie de la plaquita se conforme en el área de la zona activa de la celda solar.

40 Debido a que la celda solar está compuesta de una plaquita semiconductor a modo de sustratos, la zona activa de la celda solar generada en la superficie del sustrato puede maximizarse hasta poco antes del borde del sustrato. Las distintas pasos del proceso en la confección de celdas solares de plaquitas semiconductoras que son diferentes en comparación con módulos solares de capa delgada, permiten el posicionamiento de una marcación en la zona activa de la celda solar, donde la marcación se conforma a modo de como mínimo un ahondamiento generado por radiación láser en la superficie de la plaquita.

45 De preferencia, la celda solar comprende como mínimo un ahondamiento con una profundidad tal que la marcación conformada por el mismo, continúa siendo legible por medio de un dispositivo optoelectrónico de lectura, incluso después de realizado el proceso de fabricación completo. De esta manera con un mismo ahondamiento es posible realizar el seguimiento del proceso de fabricación completo de una celda solar de plaquita semiconductor. Los pasos del proceso durante la confección pueden consistir tanto, por ejemplo, en la precipitación de capas para la aplicación de material en la superficie de la plaquita, como también, por ejemplo, en forma de procesos de corrosión para erosionar material de la superficie de la plaquita. La profundidad de los ahondamientos se determina en relación con el espesor (espesor de capas al realizar el precipitado y la corrosión) y la isotropía de la alteración de material y teniendo en cuenta el requerimiento del dispositivo de lectura utilizado.

50 De preferencia, la celda solar se conforma de manera tal que las áreas adyacentes presentan en el interior del como mínimo un ahondamiento, una microestructura multicristalina o monocristalina que no es afectada esencialmente por la carga de energía láser. Al producir los ahondamientos, se afecta la microestructura del material semiconductor en el área de la superficie de la plaquita por medio de la energía aplicada. De esa manera se influye especialmente en la vida útil del soporte de carga como magnitud importante para la función de la celda solar. Debido a que las zonas afectadas por la carga de energía son eliminadas en la superficie de la plaquita, las áreas adyacentes en el interior del como mínimo un ahondamiento se presentan como semiconductores multicristalinos o monocristalinos no afectados por la aplicación de energía del rayo láser.

ES 2 335 156 T3

En una variante preferida de la celda solar, se prevé que la superficie de la plaquita en el interior del como mínimo un ahondamiento presente una conformación texturada. Mediante la texturación se puede aumentar el grado de efectividad de la celda solar, como es de conocimiento general.

5 Es ventajoso que la celda solar comprenda como mínimo un ahondamiento con una profundidad mayor que 8 μm , de preferencia mayor que 12 μm , de preferencia especial entre 15 y 30 μm . En relación con la profundidad de los ahondamientos, además es ventajoso para la celda solar que la relación de tamaño de la profundidad respecto al diámetro del como mínimo un ahondamiento al producir el ahondamiento sea mayor que 1:12, de preferencia mayor que 1:10 y de preferencia especial se ubica en el rango que varía entre 1:7 y 1:3. De esa manera se asegura que la
10 marcación pueda leerse de modo seguro con los dispositivos lectores para marcaciones, por ejemplo con escáneres optoelectrónicos para el reconocimiento óptico de caracteres "Optical Character Recognition" (OCR), durante y después de pasar por todos los pasos del proceso en la confección de celdas solares de plaquitas semiconductoras.

Otro aspecto importante es la distancia entre los distintos ahondamientos, cuando se usa una pluralidad de ahondamientos para conformar la marcación. A lo largo de la distancia mínima de dos ahondamientos adyacentes por lo general se extiende un nervio que separa los dos ahondamientos. Para el contraste necesario para la selección de la marcación se requiere un suficiente ancho de nervio. Los ahondamientos adyacentes deberían producirse con una distancia mínima de aproximadamente 20 a 30 μm .

20 Una realización preferida de la celda solar comprende un pasaje p-n de gran superficie en la superficie de la plaquita provista de la marcación; una capa antirrefleitora en la superficie de la plaquita provista de la marcación y una rejilla metálica de electrodos (frontgrid) con una pluralidad de circuitos impresos en la superficie de la plaquita con la zona activa provista de la marcación, extendiéndose los circuitos impresos a una cierta distancia de la marcación. Naturalmente existe una cantidad de otras variantes que no se describen aquí, en especial respecto a la conformación y el posicionamiento del pasaje p-n en la plaquita semiconductoras.

Un ejemplo consiste en una celda solar individual con una marcación en forma de un código de datos matriz dispuesto en forma central en el lado anterior en la zona activa de la celda solar. El frontgrid de la celda entonces se habría conformado de manera tal que los circuitos impresos del frontgrid que se extienden en el área central de la celda solar se prolongan alrededor de la marcación del código de los datos matriz.

En una variante de la realización preferida de la celda solar que se ha descrito antes, se prevé que la marcación se haya dispuesto en el centro en la plaquita semiconductoras y los circuitos impresos se hayan dispuesto de modo tal que un primer circuito impreso central desde uno de los lados de la superficie de la plaquita se extienda hacia la marcación y un segundo circuito impreso central del lado opuesto de la superficie de la plaquita se extienda hacia la marcación, mientras que el primer circuito impreso central y el segundo circuito impreso central, antes de contactarse con la marcación doblen en sentidos opuestos y desemboquen en circuitos impresos que son adyacentes en cada caso. De esta manera es posible posicionar marcaciones en la zona activa de las celdas solares, cuyas dimensiones son más anchas que la distancia máxima entre dos circuitos impresos adyacentes.

40 La marcación de la celda solar preferentemente se compone de una pluralidad de ahondamientos y está conformada a modo de identificación de serie, como un código matriz de datos o como un código de barras. De este modo es posible implementar diferentes sistemas de marcación conocidos del estado de la técnica con sus ventajas y desventajas para el uso de celdas solares de plaquitas semiconductoras.

45 En una variante ventajosa de la celda solar, se prevé que la marcación se haya conformado como código matriz de datos 14 x 14 con una longitud de borde de esencialmente 2 mm x 2 mm. De manera alternativa o acumulativa, la marcación se genera como identificación de serie legible por medio de un procedimiento de OCR, que comprende una pluralidad de signos y cifras y/o letras, donde los signos se conforman con una altura de aproximadamente un milímetro.

Otra variante de la celda solar se conforma con una pluralidad de marcaciones en la superficie de la plaquita. Así pueden combinarse diferentes sistemas de marcación con sus respectivas ventajas y desventajas para una celda solar de plaquita semiconductoras.

55 Además, y por medio de la determinación de las medidas de las marcaciones, se puede tener en cuenta el hecho de que el tiempo insumido para marcar y seleccionar la marcación, no debería reducir el rendimiento durante la confección de las celdas solares. La marcación se debería concebir adecuada respecto de su realización y la selección para un tiempo de ciclo típico para el área de las celdas solares de un equipo de producción en línea de 1,5 seg. Esto rige tanto para el proceso de marcación de celdas solares, como también para la celda solar provista de la marcación.

La presente invención se explica a continuación con mayor detalle mediante los ejemplos de realización y haciendo referencia a las figuras. Estas muestran:

65 Figura 1: Un recorte de la zona activa 5 de una primera forma de realización de la celda solar.

Figura 2: Un recorte en representación ampliada en comparación con la figura 1, de la zona activa 5 de una segunda forma de realización de la celda solar.

ES 2 335 156 T3

Figura 3a: Una representación esquemática no a escala de una sección transversal a través de tres ahondamientos 21 dispuestos de manera adyacente en la superficie de una plaquita semiconductor a aún sin tratar.

Figura 3b: Representación de tres ahondamientos 21 dispuestos de manera adyacente en la figura 3a, después de un paso de corrosión.

Figura 3c: Representación de ahondamientos 21 adyacentes de la figura 3b, después del paso de la difusión de una sustancia de dotación para conformar un pasaje p-n.

Figura 3d: vista esquemática en sección transversal, no a escala, de tres ahondamientos 21 adyacentes de la figura 2 a lo largo de la línea de corte IIIId - IIIId, y:

Figura 4: Una representación esquemática de pasos del procedimiento para la confección de celdas solares de acuerdo con las representaciones de las figuras 1 a 3d.

En la figura 1, se representa un recorte de la zona activa 5 de una celda solar 1. La celda solar 1 presenta una marcación de código matriz de datos 2, que se compone de distintos ahondamientos 21, dispuesta en la zona activa 5 en la superficie de la plaquita. La celda solar 1 se confeccionó de una plaquita de silicio multicristalina o monocristalina, en la que antes del procesamiento propiamente dicho para confeccionar la celda solar 1 ya se generaron los ahondamientos 21 por erosión láser. La marcación de código matriz de datos 2 presenta una pluralidad de ahondamientos adyacentes 21 que en cada caso tienen una forma puntual y están dispuestos en una estructura matriz bidimensional de conformación periódica. Los distintos ahondamientos 21 representan distintos segmentos o bien unidades informativas de un código matriz de datos.

Adicionalmente, se prevé debajo de la marcación de código matriz de datos 2 una marcación en forma de una identificación de serie 3 realizada en la superficie de la plaquita de la celda solar 1. La identificación de serie 3 también está dispuesta en el área de la zona activa 5 de la celda solar 1. En el presente caso, la identificación de serie 3 está conformada por la combinación de ahondamientos 31 en forma de cifras. Pero también es factible utilizar una combinación cualquiera de cifras y letras de cualquier idioma. Los ahondamientos 31 que forman la identificación de serie 3 son generados, al igual que los ahondamientos 21 de la marcación de código matriz de datos 2, mediante erosión por láser en la plaquita de silicio en bruto, antes del proceso propiamente dicho para la confección de la celda solar 1 en una posición que se ubica en la zona activa 5 de la celda solar 1 que aún debe conformarse. La identificación de serie 3 se compone de una secuencia de ahondamientos 31 dispuestos adyacentes que en cada caso poseen la forma de una cifra. Estos ahondamientos 31 de preferencia se conformaron de modo tal que pueden leerse mediante, por ejemplo, un dispositivo lector OCR de efecto electroóptico. En general tales marcaciones de OCR pueden presentar secuencias legibles por seres humanos o bien en forma mecánica de signos cualesquiera, por ejemplo, letras o números.

La celda solar 1 además presenta en su zona activa 5, circuitos impresos 4, 4a, 4b, 41a, 41b. Estos circuitos impresos 4, 4a, 4b, 41a, 41b dispuestos esencialmente equidistantes entre sí y que se extienden paralelos, se utilizan para contactar la celda solar 1 y conforman un electrodo, así llamado, de frontgrid. Los circuitos impresos 4a, 4b, 41a, 41b, en el ejemplo de realización de la figura 1, se disponen de modo tal en el área de la marcación de código matriz de datos 2 que presentan una suficiente distancia respecto de la marcación 2. En el presente caso, la marcación de código matriz de datos 2 se dispone en el centro de la celda solar 1 en su zona activa 5 y cubre una superficie de aproximadamente $2 \times 2 \text{ mm}^2$. En el centro a través de la zona activa 5 de la celda solar 1 se extienden dos circuitos impresos 41a y 41b hacia la marcación 2 y antes de contactarse con la marcación de código matriz de datos 2 doblan en sentidos opuestos para desembocar en los circuitos impresos 4a, 4b, que son adyacentes en cada caso. De esta manera se puede respetar una distancia suficiente respecto de la marcación de código matriz de datos 2, incluso cuando las medidas de una marcación 2, 3 se extendieran superando la distancia de dos circuitos impresos 4 adyacentes.

En la figura 2, se muestra un recorte ampliado en relación con la figura 1, de la zona activa 5 de una segunda forma de realización de una celda solar 1 con una marcación de código matriz de datos 2 y una identificación de serie 3, que también se conforma como marcación OCR, y donde las marcaciones 2, 3 se disponen en el centro entre dos circuitos impresos 4 adyacentes. La marcación de código matriz de datos 2 se compone de una pluralidad de ahondamientos 21 puntuales que se realizan en la zona activa 5 en la superficie de plaquita de la celda solar 1 y conjuntamente forman la marcación 2 a modo de un código matriz de datos. La identificación de serie 3 presenta ahondamientos 31 individuales en forma de cifras, que se forman en cada caso mediante una entalladura continua de mayor tamaño, en comparación con los ahondamientos 21 de la marcación de código matriz de datos 2, en la zona activa 5 de la superficie de plaquita de la celda solar 1.

Tanto la marcación de código matriz de datos 2 como también la identificación de serie 3 se conforman por acción del láser antes del procesamiento propiamente dicho de la plaquita semiconductor para la confección de la celda solar 1 en la superficie de la plaquita. En principio es factible realizar también la conformación de una marcación 2, 3 en un momento posterior durante el proceso de confección de una celda solar 1. Independientemente del momento en el que se realiza la marcación durante el proceso de fabricación, mediante la posición de la marcación 2, 3 en la zona activa 5 de la celda solar 1, se garantiza que incluso después de la instalación de la celda solar 1 en un módulo solar, la celda solar 1 pueda reconocerse bien y por lo tanto leerse con facilidad.

ES 2 335 156 T3

Cuanto antes en el proceso de confección de la celda solar 1 se haya producido la marcación en la superficie de la plaquita, tanto más importante es prever una profundidad y diámetro suficientes para los ahondamientos 21, 31. Ello se debe a que los posteriores pasos del proceso como, por ejemplo, los pasos de corrosión y precipitación, modifican la profundidad, el diámetro y las características ópticas de la superficie de los ahondamientos 21, 31 y por lo tanto afectan al contraste óptico de la marcación 2,3 que es esencial para la lectura de la marcación.

En relación con la conformación concreta de los pasos del proceso, los distintos ahondamientos 21 puntuales o los ahondamientos 31 que conforman la identificación de serie 3, se deben generar con una profundidad tal que no se destruyan o no sean mayormente afectados por los posteriores pasos del proceso para la confección de la celda solar, es decir, que aún puedan ser leídos, en especial en forma mecánica mediante por ejemplo un dispositivo de lectura optoelectrónico para marcaciones OCR.

Las medidas preferidas para la marcación al comenzar un proceso de fabricación de celdas solares se explican a continuación, a modo de ejemplo, para los pasos del proceso representados en las figuras 3a a 3d para la fabricación de una celda solar 1.

En la figura 3a se muestra una representación esquemática en sección transversal, que no obedece a una escala, a través de tres ahondamientos 21 dispuestos en forma adyacente en la superficie de una plaquita semiconductor a aún sin procesar. Los ahondamientos 21 adyacentes están distanciados entre sí mediante nervios con un ancho de nervio S. En los nervios se pueden observar las asperezas en la superficie de la plaquita producidas por el aserrado de la plaquita semiconductor. En el área de los tres ahondamientos 21, la superficie de la plaquita presenta una conformación lisa. Ello se debe a que en estas áreas el material semiconductor está modificado en su microestructura debido a la aplicación de energía durante la erosión por láser, pero aún no está sometido a vaporización o sublimado directamente. Después de la desconexión del rayo láser, en la superficie de la plaquita existe material semiconductor modificado en su microestructura debido a la carga de energía. En contraposición a la microestructura cristalina no modificada de la plaquita semiconductor, se obtiene una zona 11 ("heat affected zone") en los ahondamientos que está afectada por la carga de energía. Mediante la energía de pulsación, la longitud de pulso como también el perfil de intensidad del rayo láser y el tiempo de uso de la radiación láser es posible manipular el ancho W y la profundidad C de los ahondamientos 21. Por medio de estos parámetros también se actúa sobre la profundidad Z de la zona 11 afectada por la aplicación de energía. Esta profundidad Z se reduce en el área de los flancos del ahondamiento de acuerdo con la intensidad de pulso que disminuye en los laterales.

Dado que los semiconductores con, por ejemplo, una microestructura cristalina afectada o no afectada por la radiación láser, presentan una vida útil de diferente duración de la de los soportes de carga, los parámetros físicos de una celda solar sobre la base de una plaquita semiconductor policristalina o monocristalina serían afectados negativamente por las zonas 11 afectadas por la aplicación de energía. Por esta razón, las zonas 11 afectadas por la aplicación de energía, de preferencia son eliminadas en un paso de corrosión posterior.

En la figura 3b, se muestra la representación de la figura 3a después de un paso de corrosión isotrópico, por ejemplo, una corrosión química en húmedo. Por medio de la concentración, la temperatura y el tiempo de acción del agente de corrosión se puede ajustar una profundidad de corrosión E deseada, y de ese modo eliminar de forma controlada material semiconductor. Puede observarse que el ancho de nervio S' corroído se ha reducido en comparación con el ancho de nervio S en aproximadamente el doble de la profundidad de corrosión E y el ancho del ahondamiento W' corroído ha aumentado de manera correspondiente el doble de la profundidad de corrosión E. Debido a la conducta isotrópica de corrosión, la profundidad C de los ahondamientos se mantiene esencialmente igual. Además, y debido a las razones antes mencionadas, se ajusta la profundidad de corrosión de modo tal que las zonas 11 representadas en la figura 3a, afectadas por la aplicación de energía, son eliminadas por completo en el área de los ahondamientos 21.

De manera adicional o simultánea con el pulido químico en húmedo, es ventajoso conformar el paso de corrosión de manera tal que se confiera a la superficie de la plaquita una forma de textura. Se trata de estructuras en forma de cráter o bien de aguja con diámetros o bien distancias en el rango submicrométrico y micrométrico y de profundidades que pueden ser de varios micrómetros.

La texturación definida de las superficies superiores y perimetrales es conocida y usual en las celdas solares. Las estructuras de las texturas finas producen múltiples reflexiones de la luz que impacta sobre ellas, por lo que se acopla mayor cantidad de luz en las celdas o bien la luz "captada" se mantiene durante mayor tiempo en las estructuras de absorción. De esta manera se aumenta finalmente el grado de efectividad de las celdas solares.

En la figura 3c, se muestra la representación en sección transversal de la figura 3b. En la superficie que se muestra de la plaquita semiconductor, se incluye una sustancia de dotación para la generación de un pasaje p-n. La profundidad de dotación D en toda la superficie, por ejemplo es de manera uniforme de $0,5 \mu\text{m}$ y como sustancia de dotación se integra fósforo mediante difusión térmica en la superficie de una plaquita semiconductor p-conductora. De esta manera se forma una zona de dotación 12 n-conductiva en forma de una capa delgada.

En la figura 3d, por último, se muestra la sección transversal esquemática, que no obedece a una escala, a través de tres ahondamientos 21 adyacentes de la figura 2 a lo largo de la línea de corte III d - III d de la figura 2. A diferencia de la representación de la figura 3c se agrega una capa antirreflectiva 13 de nitruro de silicio que se aplica por precipitación en la superficie completa de la plaquita semiconductor.

ES 2 335 156 T3

Para la generación de ahondamientos 21 son adecuados los sistemas de marcación láser Nd:YAG que pueden obtenerse en el mercado. Con tales sistemas con longitudes de onda de 1064 nm, una duración de pulso de 20 a 50 ns y potencias medias de láser de 5 a 30 W, pueden lograrse buenos resultados para la marcación de la plaquita semiconductoras.

En caso de procesarse las marcaciones realizadas al principio en el área de la futura zona activa de una celda solar con los pasos de proceso indicados a continuación, se deben tener en cuenta las modificaciones así generadas en las medidas y propiedades ópticas de superficie, en vista de la aptitud de los ahondamientos procesados para el desechado de las marcaciones.

En principio, el elevado grado de absorción de zonas activas de celdas solares para luz visible contrarresta por sí mismo una representación contrastada de una marcación dispuesta en la zona activa, cuando esta es iluminada. Resulta necesario conformar los ahondamientos notoriamente más anchos que profundos. En profundidades de 10 a 30 μm , de preferencia de 20 μm , resulta adecuado un diámetro de 100 μm antes de un paso de corrosión realizado a continuación. La profundidad de corrosión E del posterior paso de corrosión es de 5 μm , de modo han sido erosionadas por completo las zonas 11 generadas con los parámetros antes indicados, afectadas morfológicamente por la aplicación de la energía de la pulsación láser.

Otro aspecto importante es la distancia de los distintos ahondamientos 21, 31 entre sí. Los nervios que por ejemplo se muestran entre los ahondamientos 21 en la figura 3a con un ancho de nervio S o bien con el ancho de nervio S' corroído que se muestra en la figura 3b, son importantes para el contraste de la marcación 2, 3 al realizar el desechado. Para la variante que se describió antes de ahondamientos 21 adyacentes con forma de base redonda, el ancho de nervio S debería ser de aproximadamente 30 μm . Mediante el paso de corrosión se reduce el nervio esencialmente en el doble de profundidad de corrosión E, de modo que restan aproximadamente 20 μm de ancho corroído de nervio.

En la figura 4, se brinda mediante el diagrama de la secuencia, una sinopsis del procesamiento estándar completo para confeccionar una celda solar, que se explica por secciones en las figuras 3a a 3d.

El primer paso que se efectúa en la locación del fabricante de la celda solar, comprende una primera individualización de la plaquita semiconductoras en el clasificador A, a fin de preparar cada plaquita para los siguientes pasos del proceso. La marcación láser de las celdas solares que deben confeccionarse con la plaquita se efectúa antes de la individualización (variante A1) o después de esta primera individualización en el clasificador A (variante A2). La representación ampliada correspondiente se muestra en la figura 3a. De todos modos, la plaquita es marcada antes del primer paso del proceso, la corrosión de los daños de aserrado B, de modo tal que la marcación se posiciona en la zona activa de la celda solar confeccionada de esta manera.

La corrosión del daño del aserrado B de acuerdo con la representación de la figura 3b puede por ejemplo incluir un pulido químico en húmedo, en el que se erosiona material del lado anterior o bien del posterior de la plaquita. Aunque la marcación por láser de las celdas solares se realiza - tal como se explica previamente - de manera tal que no es destruida o no es afectada en mayor grado por el paso del proceso químico en húmedo. Una variante preferida del procedimiento y de la celda solar así confeccionada prevé que las zonas 11 representadas en la figura 3a en los ahondamientos 21 que son afectadas por la aplicación de energía, son eliminadas mediante el paso de corrosión del daño del aserrado B.

Antes del paso B del proceso propiamente dicho, se efectúa en el clasificador la lectura de la marcación de una celda solar, a fin de identificar la celda solar. En caso de que la primera selección se efectúe directamente después del procedimiento de marcación, también es posible realizar un control funcional de la unidad de marcación láser.

Posteriormente se efectúa el procesamiento propiamente dicho de la plaquita en los pasos de proceso C a F. Por medio de la difusión térmica de fósforo C se genera una n-dotación y en la superficie de la plaquita semiconductoras p-conductiva se produce un pasaje n-p de gran superficie (compárese, figura 3c). Después del paso de difusión C, en la superficie de plaquita se realiza la precipitación D de una capa antirreflectiva en forma de un recubrimiento SiN. Sobre la capa SiN se produce el proceso de serigrafía E con una pasta plateada con contenido metálico, en especial, para la conformación del electrodo frontgrid, que es cocido mediante el tratamiento térmico en el horno de cocción F a través de la capa antirreflectiva D hasta contactar con la capa semiconductoras n-dotada. Después de este paso de procedimiento, se considera concluido el proceso de fabricación de la celda solar.

Para el control de calidad, a continuación se efectúa una nueva lectura de la marcación en el tester G para comprobar el funcionamiento de la celda solar confeccionada, por lo que es posible asignar de manera segura la celda solar a los datos determinados por el tester. Al mismo tiempo se pueden desechar de forma automática las celdas solares cuya marcación es ilegible. Al final se efectúa una clasificación de la celda solar en diferentes clases de calidad de acuerdo con características de rendimiento claramente definidas.

Naturalmente también es posible realizar la lectura de las marcaciones de las distintas celdas solares durante el proceso, es decir, entre dos pasos de proceso. De esa manera se posibilita que el proceso de fabricación completo pueda ser registrado y seguido en forma continua.

ES 2 335 156 T3

Lista de referencias

	1	celda solar
5	11	zona afectada por el aporte de energía (“heat affected zone”)
	12	zona de dotación
	13	capa antirrefleitora
10	2	marcación como código bidimensional de matriz de datos
	21	ahondamiento
15	3	marcación como identificación de serie legible por OCR
	31	ahondamiento
	4	circuito impreso
20	4a, 4b	circuitos impresos adyacentes a los circuitos impresos centrales 41a, 41b
	41a, 41b	circuito impreso central
25	5	zona activa de la celda solar 1
	C	profundidad de los ahondamientos 21
	D	profundidad de difusión de la zona de dotación 12
30	S	distancia de los ahondamientos 21 antes del paso de corrosión
	S’	distancia de los ahondamientos 21 después del paso de corrosión
35	W	diámetro de los ahondamientos 21 antes del paso de corrosión
	W’	diámetro de los ahondamientos 21 después del paso de corrosión
40	E	profundidad de corrosión para el paso de corrosión isotrópica
	Z	profundidad de la zona afectada por la carga de energía 11.

45

50

55

60

65

ES 2 335 156 T3

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento de marcación de celdas solares, con los pasos

- 5
- disposición de un sustrato con una superficie de sustrato para confeccionar una celda solar (1) que presenta una zona activa (5), y
 - producción de como mínimo un ahondamiento (21, 31) en la superficie de sustrato mediante el uso de radiación láser, donde el como mínimo un ahondamiento (21, 31) forma una marcación (2, 3) para marcar la celda solar (1), y la producción del ahondamiento (21, 31) se realiza antes de efectuar un proceso de confección de celdas solares o mientras se lleva a cabo un proceso de fabricación de celdas solares,
- 10

15 **caracterizado** porque el sustrato se conforma como plaquita semiconductor con una superficie de plaquita, y la marcación (2, 3) en la superficie de plaquita se posiciona de modo tal que la marcación (2, 3) se ubica en la zona activa (5) de la celda solar (1) formada por la plaquita semiconductor.

20 2. Procedimiento de marcación de celdas solares según la reivindicación 1, **caracterizado** porque el como mínimo un ahondamiento (21, 31) se produce con una profundidad tal que la marcación (2, 3) conformada por el mismo continúa siendo legible por medio de un dispositivo optoelectrónico de lectura, incluso después de realizado el proceso de fabricación completo.

25 3. Procedimiento de marcación de celdas solares según la reivindicación 1 ó 2, **caracterizado** porque después de producir el como mínimo un ahondamiento (21, 31) se prevé un paso de corrosión de manera tal que las zonas (11) afectadas por la carga de energía en la superficie de la plaquita son eliminadas por completo en el área del ahondamiento (21, 31).

30 4. Procedimiento de marcación de celdas solares según la reivindicación 3, **caracterizado** porque el paso de corrosión previsto se conforma de manera tal que la superficie de la plaquita es corroída con un mayor índice de corrosión en el área de los ahondamientos que fuera de la misma.

35 5. Procedimiento de marcación de celdas solares según la reivindicación 3 ó 4, **caracterizado** porque el paso de corrosión se realiza como pulido químico en húmedo o como paso de corrosión en seco (por ejemplo corrosión por plasma).

6. Procedimiento de marcación de celdas solares según la reivindicación 5, **caracterizado** porque mediante el paso de corrosión se efectúa adicionalmente una textura de la superficie de la plaquita provista de la marcación (2, 3).

40 7. Procedimiento de marcación de celdas solares según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado** porque el como mínimo un ahondamiento (21, 31) se produce mediante erosión láser con una profundidad mayor que 8 μm , de preferencia mayor que 12 μm , de preferencia especial entre 15 y 30 μm .

45 8. Procedimiento de marcación de celdas solares según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado** porque la relación de tamaño de la profundidad respecto al diámetro del como mínimo un ahondamiento (21, 31) al producir el ahondamiento (21, 31) es mayor que 1:12, de preferencia mayor que 1:10 y de preferencia especial se ubica en el rango que varía entre 1:7 y 1:3.

50 9. Procedimiento de marcación de celdas solares según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado** porque el proceso de fabricación de las celdas solares comprende los siguientes pasos:

- la producción de un pasaje p-n de gran superficie en la superficie de la plaquita provista de la marcación (2, 3), por ejemplo mediante difusión térmica con una sustancia de dotación, en especial con fósforo;
 - la precipitación de una capa antirrefleтора en la superficie de la plaquita provista de la marcación (2, 3), por ejemplo en forma de una capa delgada (13) de nitruro de silicio o dióxido de titanio y
 - la aplicación, el secado y el cocido de una pasta en forma de una rejilla metálica de electrodos que incluye circuitos impresos (4), en la superficie de la plaquita provista de la marcación (2, 3).
- 55
- 60

10. Procedimiento de marcación de celdas solares según la reivindicación 9, **caracterizado** porque los circuitos impresos (4) se disponen a una cierta distancia de la marcación (2, 3).

65 11. Procedimiento de marcación de celdas solares según la reivindicación 10, **caracterizado** porque los circuitos impresos (4) se disponen equidistantes entre sí.

ES 2 335 156 T3

12. Procedimiento de marcación de celdas solares según la reivindicación 10 u 11, **caracterizado** porque la marcación (2, 3) se dispone en el centro de la plaquita semiconductor y los circuitos impresos (4) se disponen de manera tal que un primer circuito impreso central (41a) desde uno de los lados de la superficie de la plaquita se extiende hacia la marcación (2) y un segundo circuito impreso central (41 b) del lado opuesto de la superficie de la plaquita se extiende hacia la marcación (2, 3), mientras que el primer circuito impreso central (41a) y el segundo circuito impreso central (41b) antes de contactarse con la marcación (2, 3) doblan en sentidos opuestos y desembocan en circuitos impresos (4a, 4b) que son adyacentes en cada caso.

13. Procedimiento de marcación de celdas solares según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado** porque la marcación (2, 3) que consiste en una pluralidad de ahondamientos (21, 31) se conforma a modo de identificación de serie, como un código matriz de datos o como un código de barras.

14. Procedimiento de marcación de celdas solares según la reivindicación 13, **caracterizado** porque la marcación (2) se genera como código matriz de datos 14 x 14 con una longitud de borde de esencialmente 2 mm x 2 mm.

15. Procedimiento de marcación de celdas solares según la reivindicación 14, **caracterizado** porque la marcación (3) se genera como identificación de serie legible por medio de un procedimiento de OCR, que comprende una pluralidad de signos y cifras y/o letras, donde los signos se conforman con una altura de aproximadamente un milímetro.

16. Procedimiento de marcación de celdas solares según como mínimo una de las reivindicaciones 13 a 15, **caracterizado** porque se produce una pluralidad de marcaciones (2, 3) en la superficie de la plaquita.

17. Celda solar (1) con una zona fotovoltaicamente activa (5) que comprende una marcación (2, 3) que consiste en un ahondamiento (21, 31) producido por erosión con láser, **caracterizada** porque la celda solar (1) se fabrica de una plaquita semiconductor con una superficie de plaquita y la marcación (2,3) en la superficie de la plaquita se conforma en el área de la zona activa (5) de la celda solar.

18. Celda solar (1) según la reivindicación 17, **caracterizada** porque el como mínimo un ahondamiento (21, 31) se conforma con una profundidad tal que la marcación (2, 3) conformada por el mismo continúa siendo legible por medio de un dispositivo optoelectrónico de lectura, incluso después de realizado el proceso de fabricación completo.

19. Celda solar (1) según la reivindicación 17 o 18, **caracterizada** porque las áreas adyacentes (12) en el interior del como mínimo un ahondamiento (21, 31) presentan una microestructura multicristalina o monocristalina que no está afectada esencialmente por la carga de energía láser.

20. Celda solar (1) según una de las reivindicaciones 17 a 19, **caracterizada** porque la superficie de la plaquita en el interior del como mínimo un ahondamiento (21, 31) se conforma de manera texturada.

21. Celda solar (1) según una de las reivindicaciones 17 a 20, **caracterizada** porque el como mínimo un ahondamiento (21, 31) tiene una profundidad mayor que $8 \mu\text{m}$, de preferencia mayor que $12 \mu\text{m}$, de preferencia especial entre 15 y $30 \mu\text{m}$.

22. Celda solar (1) según una de las reivindicaciones 17 a 21, **caracterizada** porque el como mínimo un ahondamiento (21, 31) se conforma de modo tal que la relación de tamaño de la profundidad respecto al diámetro del como mínimo un ahondamiento (21, 31) es mayor que 1:12, de preferencia mayor que 1:10 y de preferencia especial se incluye en el rango entre 1:7 y 1:3.

23. Celda solar (1) según una de las reivindicaciones 17 a 22, que comprende:

- un pasaje p-n de gran superficie en la superficie de la plaquita provista de la marcación (2, 3);
- una capa antirrefleтора en la superficie de la plaquita provista de la marcación (2, 3), y
- una rejilla metálica de electrodos que incluye circuitos impresos (4), en la superficie de la plaquita provista de la marcación (2, 3),

donde los circuitos impresos (4) se extienden a una cierta distancia de la marcación (2,3).

24. Celda solar (1) según la reivindicación 23, **caracterizada** porque la marcación (2, 3) se dispone en el centro de la plaquita semiconductor y los circuitos impresos (4) se disponen de manera tal que un primer circuito impreso central (41a) desde uno de los lados de la superficie de la plaquita se extiende hacia la marcación (2) y un segundo circuito impreso central (41b) del lado opuesto de la superficie de la plaquita se extiende hacia la marcación (2, 3), y el primer circuito impreso central (41a) y el segundo circuito impreso central (41b) antes de contactarse con la marcación (2, 3) doblan en sentidos opuestos y desembocan en circuitos impresos (4a, 4b) que son adyacentes en cada caso.

25. Celda solar (1) según una de las reivindicaciones anteriores 17 a 24, **caracterizada** porque la marcación (2, 3) que consiste en una pluralidad de ahondamientos (21, 31) se conforma a modo de identificación de serie, como un código matriz de datos o como un código de barras.

ES 2 335 156 T3

26. Celda solar (1) según la reivindicación 25, **caracterizada** porque la marcación (2) se genera como código matriz de datos 14x14 con una longitud de borde de esencialmente 2 mm x 2 mm.

5 27. Celda solar (1) según la reivindicación 25, **caracterizada** porque la marcación (3) se genera como identificación de serie legible por medio de un procedimiento de OCR, que comprende una pluralidad de signos y cifras y/o letras, donde los signos se conforman con una altura de aproximadamente un milímetro.

10 28. Celda solar (1) según una de las reivindicaciones anteriores 25 a 27, **caracterizada** porque se produce una pluralidad de marcaciones (2, 3) en la superficie de la plaquita.

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

FIG 1

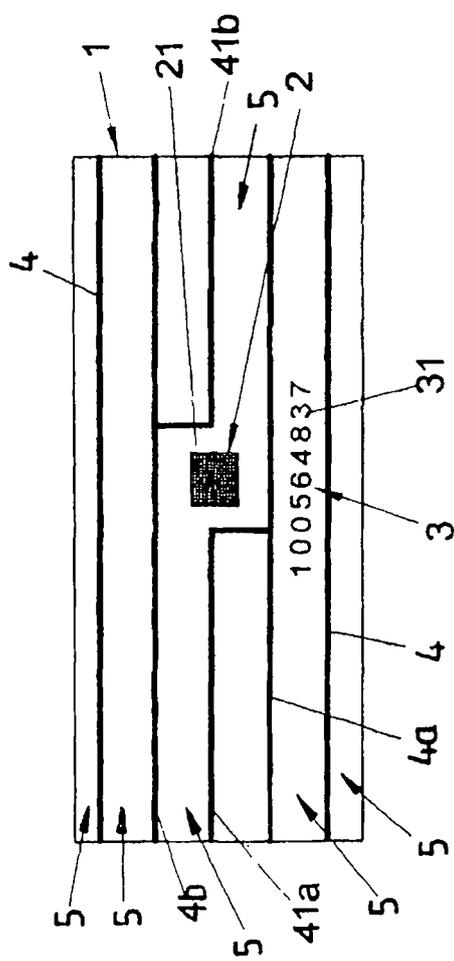


FIG 2

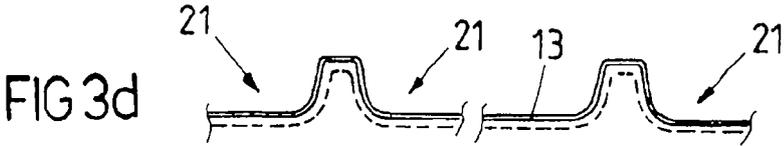
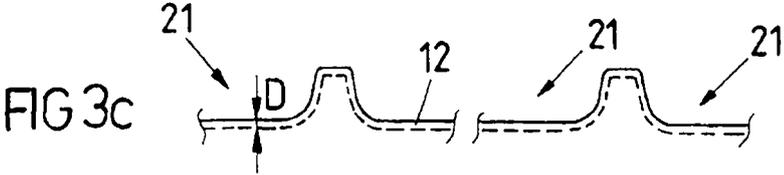
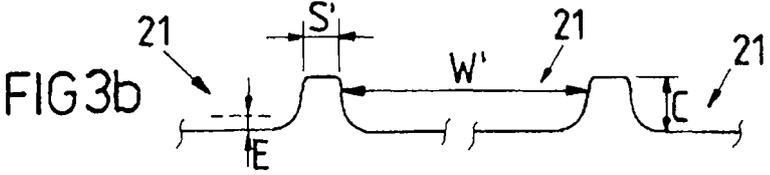
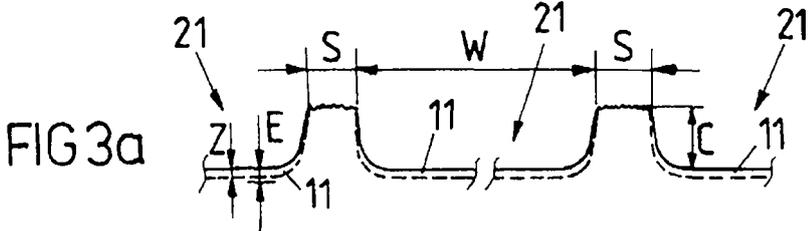
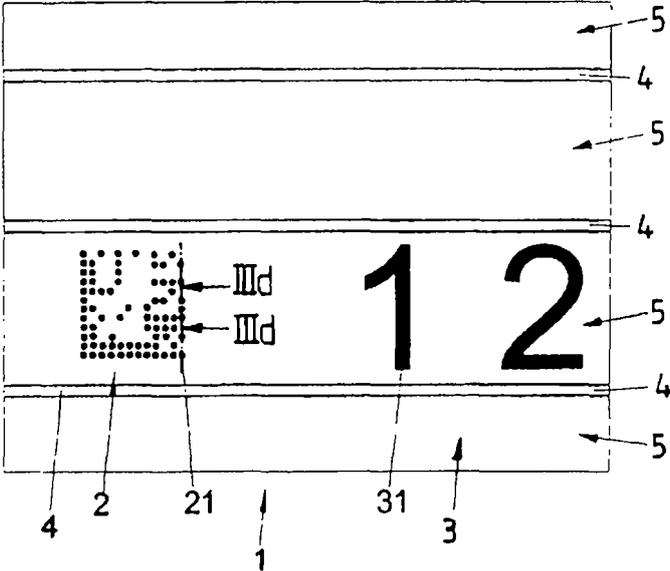


FIG 4

