

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 759 280**

21 Número de solicitud: 202030203

51 Int. Cl.:

H01L 21/78 (2006.01)

H01L 21/306 (2006.01)

12

SOLICITUD DE PATENTE

A1

22 Fecha de presentación:

11.03.2020

43 Fecha de publicación de la solicitud:

08.05.2020

71 Solicitantes:

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID

(100.0%)

AVDA. RAMIRO DE MAEZTU Nº 7

28040 MADRID ES

72 Inventor/es:

LOMBARDERO HERNANDEZ, Iván;

CIFUENTES BARO, Luís y

ALGORA DEL VALLE, Carlos

74 Agente/Representante:

UNGRÍA LÓPEZ, Javier

54 Título: **PROCEDIMIENTO DE FABRICACIÓN DE CÉLULAS SOLARES EN OBLEAS DE GERMANIO**

57 Resumen:

Se describe un procedimiento de fabricación de células solares en obleas de germanio que comprende realizar un adelgazamiento de la cara trasera de la oblea a la vez que se mantiene una zona no adelgazada que hace de soporte, y posteriormente una conformación e individualización química de las células solares fabricadas en la oblea sin necesidad de emplear medios de separación mecánicos, dado el menor grosor que presenta dicha oblea antes de la individualización. Se trata de un procedimiento fácilmente escalable, que permite trabajar con obleas de bajo espesor, y por tanto bajo peso, y dotar a las células solares de cualquier configuración posible, ya que no hay limitaciones geométricas como las asociadas al uso de sierras para corte mecánico.

ES 2 759 280 A1

DESCRIPCIÓN

PROCEDIMIENTO DE FABRICACIÓN DE CÉLULAS SOLARES EN OBLEAS DE GERMANIO

5 OBJETO DE LA INVENCION

El objeto de la presente invención se enmarca en el sector de la fabricación de dispositivos electrónicos en obleas de material semiconductor. Más concretamente, el procedimiento está orientado a la fabricación de células solares fotovoltaicas en obleas de germanio.

10 Según el procedimiento de la invención, se pueden fabricar dispositivos electrónicos de bajo espesor y por tanto de bajo peso. Así pues, la presente invención está especialmente diseñada para ser empleada en la fabricación de células solares, de alta calidad, para el sector espacial, donde el peso es un factor crítico.

15 PROBLEMA TÉCNICO A RESOLVER Y ANTECEDENTES DE LA INVENCION

Del estado de la técnica se conocen dispositivos electrónicos, como por ejemplo las células solares fotovoltaicas, que se fabrican sobre las propias obleas de material semiconductor, que hacen de sustrato. La oblea puede formar parte o no de la unión PN (o NP indistintamente), si bien es cierto que en ciertos materiales, como silicio o germanio, lo más habitual es que la oblea forme parte de la unión PN. No obstante, si se quiere disponer de células solares flexibles o más ligeras, el método habitual consiste en crecer la unión PN sin hacer uso de la oblea y separarla posteriormente (para desprenderse así del peso y rigidez aportados por la oblea). Para ello, se utiliza habitualmente una capa de sacrificio entre la oblea y la célula solar, de forma que esta capa pueda ser atacada selectivamente (es decir, utilizando un ataque químico que sólo ataca esa capa en particular) después de crecer la célula solar, separándola así de la oblea. Sin embargo, esto no es viable para todos los materiales, especialmente en células de germanio o silicio. Las células solares disponen de al menos un contacto eléctrico delantero y uno trasero para poder extraer la corriente eléctrica. El contacto delantero puede ser, por ejemplo, de AuGe/Ni/Au, donde las capas se depositan evaporando los materiales mencionados. El contacto trasero suele estar formado únicamente por Au habitualmente.

Estas obleas pueden ser de un tipo de material muy diverso (silicio, germanio...) y se obtienen habitualmente a partir de lingotes de material semiconductor (generalmente dichos lingotes son cuerpos cilíndricos) mediante un corte mecánico. Posteriormente, las obleas se

pulen para obtener una superficie plana sobre la cual se pueden realizar crecimientos epitaxiales (lo que se conoce como superficie *epi-ready*).

5 Entre los materiales utilizados para la oblea, el germanio es el más empleado actualmente en la fabricación de células solares para aplicaciones espaciales. Pero su excesivo peso relativo en el cuerpo de la célula, por la necesidad de utilizar obleas gruesas, es un hándicap. En efecto, el espesor de la oblea debe ser suficiente y cumplir unas condiciones en su preparación para evitar que se rompa durante los procesos de corte y pulido. Generalmente, este espesor debe ser superior a las 100µm, y más preferentemente estar
10 comprendido entre 150µm y 300µm, lo que asegura su solidez para aguantar los tratamientos posteriores. Además, conforme aumenta el tamaño del radio de la oblea se hace necesario aumentar también su espesor. Para la fabricación de dispositivos electrónicos en las obleas, como por ejemplo células solares, en los que dicha oblea actúa de sustrato, al menos una de las caras de la oblea debe estar pulida. Posteriormente, se
15 depositan las capas semiconductoras pertinentes y los contactos eléctricos de cada dispositivo. Finalmente, los dispositivos fabricados se aíslan entre sí. Primero, se aíslan eléctricamente mediante ataques químicos a través de los cuales se realizan trincheras de aproximadamente entre 5µm y 10µm de profundidad. En segundo lugar, para realizar la separación completa, se realiza el corte mecánico de la oblea en la zona que ha sido
20 atacada químicamente, por ejemplo mediante una sierra de diamante. El motivo por el que las obleas no se cortan directamente con la sierra de diamante es que este corte podría provocar daños por abrasión en las capas superiores de la oblea, donde se ha fabricado el dispositivo electrónico. Estas capas superiores deben tener una calidad extremadamente elevada, por lo que es necesario realizar el ataque químico mencionado previamente que
25 permita garantizar dicha calidad.

Así pues, en los procedimientos del estado de la técnica es necesario realizar el corte de separación de las células en dos pasos, uno de corte químico y otro de corte mecánico. Además, no se pueden realizar cortes curvos porque no se puede dar forma curva de
30 manera mecánica, con la sierra, pero sí se han desarrollado cortes químicos que permiten obtener este tipo de superficies curvas.

Tampoco se ha podido sustituir enteramente el corte mecánico por una acción química ya que debido al espesor de la oblea, que como hemos dicho es necesariamente gruesa, un
35 ataque químico en toda su altura para separar e individualizar las células fotovoltaicas

conllevaría unas pérdidas laterales de material demasiado elevadas. Este corte mecánico causa también problemas en la eficiencia del proceso de fabricación de células, ya que el área desaprovechada entre ellas es alta.

5 De este modo, uno de los principales problemas es el espesor de la célula solar, ya que debe ser gruesa por razones mecánicas y de fabricación, pero todo este excedente de material perjudica su rendimiento. Dicho espesor mínimo viene determinado por el proceso de corte de la oblea, a la vez que el espesor determina o influye en el peso y eficiencia. En este sentido, la oblea en la que se fabrica la célula solar representa más del 95% del peso
10 de la célula solar y un porcentaje similar del espesor es igualmente innecesario desde el punto de vista de generación de energía.

Del estado de la técnica se conoce por ejemplo el documento US2011177675, que propone un procedimiento de separación de dispositivos semiconductores mediante ataque químico,
15 en obleas de silicio. Incluye una etapa de protección secundaria de las paredes de la trinchera abierta por un primer ataque químico de manera que la separación se pueda realizar en varias etapas, no en una. Se protegen las superficies laterales próximas al dispositivo semiconductor mediante una etapa fotolitográfica que deja descubierta únicamente el fondo de la trinchera para realizar la separación mediante el ataque químico.
20 Es decir, se describe un método que permite atacar verticalmente un material sin atacarlo lateralmente, en base a un proceso iterativo de protección de las paredes laterales. Este documento no puede emplearse en la producción de células solares pues propone una etapa de pegado de un adhesivo o "tape" en la superficie frontal de la oblea para realizar el adelgazamiento del substrato, lo cual puede degradar el dispositivo final al afectar a la
25 capacidad de recepción de luz por dicha superficie frontal de la célula solar. Otra desventaja es que el depósito del contacto eléctrico trasero, que es esencial para las células solares, no se puede realizar con este método ya que los dispositivos sufren durante el proceso altas temperaturas (principalmente durante los procesos de evaporación y aleado del contacto eléctrico), despegándose como consecuencia del tape o del substrato temporal en cuestión.
30 En nuestro caso, como decimos, sería necesario evaporar el contacto metálico trasero. Si las células se pegan a un *tape*, o a cualquier otro portador temporal mediante un adhesivo, para evitar su separación, se dificulta este proceso ya que se alcanzan altas temperaturas y podrían despegarse.

Se conoce también el documento US2019080965, que describe cómo combinar un proceso de adelgazamiento de obleas de silicio con el aislamiento previo de los dispositivos para que queden aislados unos de otros. El proceso plantea problemas técnicos relevantes, ya que comprende un etapa de pegado de la parte superior de la oblea a un *tape*, con los correspondientes problemas que eso puede acarrear (degradación de superficie frontal, falta de resistencia a ciertos procesos de alta temperatura), para poder realizar posteriormente el adelgazamiento de la oblea. Un problema técnico asociado al método descrito es que incluye una etapa de unión de la oblea a un *tape* u otro tipo de elemento portador pero dicha etapa se realiza después del adelgazamiento. El manejo de la oblea ya adelgazada para su pegado en el *tape* es muy complejo y puede provocar, por ejemplo la fractura de la oblea. En este caso, además, se necesitan químicos que ataquen selectivamente el silicio. Este método no podría ser empleado para la fabricación de células solares porque, o bien las células quedan totalmente separadas entre sí durante el procedimiento o bien habría que disponer un *tape* en la superficie frontal que afectaría a la calidad de dicha superficie frontal y, por tanto, a la cantidad de luz absorbida. En este caso, como el documento está pensado para producción de dispositivos en obleas de silicio, como transistores u otros dispositivos electrónicos, el hecho de colocar el *tape* en la superficie frontal no supone un problema. Además, en estos dispositivos no es necesario realizar el depósito del contacto trasero, paso que sí es esencial cuando se fabrican células solares, lo cual involucra los mismos problemas detallados para la patente US2011177675 (los procesos de alta temperatura impiden utilizar una sujeción frontal ya que el adhesivo no aguantará la temperatura). De estos mismos problemas adolecen otras invenciones, como las descritas en los documentos WO2015094863 y US6884717, que proponen la protección de ciertas áreas de la oblea para mantener un determinado nivel de resistencia mecánica a la hora de afrontar los tratamientos posteriores de preparación. El primero de ellos divulga estructuras de soporte pero para llevar a cabo procesos de plasma-*etching*. El segundo detalla la formación del contacto eléctrico trasero de la célula vía *hole*, es decir, desde la cara frontal, y en tamaños muy pequeños (mm^2) de material.

Del estado de la técnica se conoce también el documento US6162702, que describe el empleo de estructuras en la cara trasera de la oblea para aumentar la resistencia de esta.

DESCRIPCIÓN DE LA INVENCIÓN

La invención se refiere a un procedimiento de fabricación de dispositivos electrónicos, más concretamente células solares, en obleas de germanio, lo cual supone un cambio de

material importante respecto a la mayoría de los procedimientos conocidos del estado de la técnica, en los que se trabaja con obleas de silicio, al ser su tratamiento muy diferente. Esto supone un reto, por cuanto en el desarrollo del procedimiento deben considerarse, además de la naturaleza del material, las limitaciones y requerimientos asociados a la fabricación de células solares (requisitos de alta calidad superficial para que puedan absorber la luz correctamente o depósito de contactos traseros, los cuales se realizan a alta temperatura, y se han de alear, superando la temperatura que puede aguantar los tapes y otros adhesivos empleados en este tipo de procedimientos).

- 5
- 10 El principal objeto de la presente invención consiste en un procedimiento de fabricación de células solares fotovoltaicas con oblea de germanio que comprende las siguientes etapas:
- a) depositar una primera capa protectora o máscara
 - sobre toda la superficie de la cara frontal de la oblea de germanio, la cual presenta al menos una capa (superior) de material semiconductor (depositada o crecida sobre la oblea); y
 - sobre una parte de la superficie de la cara trasera de la oblea, siendo intercambiable el orden de ambos depósitos;
 - b) realizar un primer ataque químico sobre el germanio de la cara trasera de la oblea, para reducir el espesor de la misma en toda la superficie no protegida por la capa protectora;
 - c) incorporar en la cara trasera de la oblea un contacto eléctrico;
 - d) retirar la primera capa de protección, tanto de la superficie frontal como de la trasera, y proceder con una acción de aleado de dicho contacto eléctrico;
 - e) depositar un substrato de soporte (y fijación) sobre la cara trasera de la oblea, configurado para mantener la posición de las células solares durante su proceso de conformación y evitar que queden liberadas de forma incontrolada cuando se separan;
 - f) depositar una segunda capa protectora en la cara frontal de la oblea y definir la forma o cuerpo de las células solares sobre dicha capa protectora mediante un proceso fotolitográfico, de tal forma que se deja, entre dichos cuerpos definidos en la capa protectora, una superficie de oblea sin protección que es al menos el doble del espesor de la oblea tras el primer ataque químico;
 - g) realizar un segundo ataque químico, selectivo, para atacar la al menos una capa superior de material semiconductor desprotegida, sin atacar la oblea;
 - h) eliminar los restos de la segunda capa protectora y depositar una tercera capa protectora o máscara que cubre la superficie superior previamente definida con la
- 15
- 20
- 25
- 30
- 35

segunda capa protectora, incluyendo los laterales de los cuerpos de las células previamente definidos y parte del área de la capa de material semiconductor que quedó expuesta con el segundo ataque químico, de manera que la superficie de la cara frontal desprotegida de la oblea que queda entre dichas partes de capa protectora es menor a la distancia de separación definida en la segunda capa de protección y preferiblemente en el entorno de las 2-7 μ m, más preferentemente siendo menor de 5 μ m; y

- i) realizar un tercer ataque químico sobre el germanio de la oblea en la superficie desprotegida, de tal forma que las células quedan individualizadas y separadas entre sí, a la vez que fijadas al substrato de soporte de la cara trasera.

Tras este proceso, se elimina el resto de la capa protectora que cubre la superficie de las células, quedando las células listas para su almacenamiento y uso, células solares cuya proporción de oblea (y peso) está significativamente reducida.

Antes de comenzar el proceso descrito, es decir antes de cubrir la superficie delantera o trasera con la primera capa protectora, la capa o capas semiconductoras pueden presentar en su superficie superior contactos eléctricos frontales. Sin embargo, estos contactos eléctricos, que deben protegerse y que forman parte de la célula solar, también pueden depositarse después de la etapa de adelgazamiento de la oblea, o tras esta etapa y antes de los ataques químicos. Lo más preferible es que estos contactos se encuentren sobre la superficie de la al menos una capa semiconductoras al comienzo del proceso, porque es conveniente que la oblea se manipule lo menos posible una vez se ha reducido su espesor.

Tanto el contacto eléctrico frontal como el posterior están compuestos preferentemente por capas de AuGe/Au o Au directamente (AuGe son aleaciones de oro germanio). Estas capas se depositan preferentemente evaporando los materiales mencionados sobre las capas semiconductoras.

En cuanto al substrato de soporte que se emplea para fijar la cara trasera de la oblea cuando se individualizan las células solares, puede ser por ejemplo una cinta adhesiva del tipo de las que pierde la adherencia bajo ciertas condiciones (con calor, por iluminación -al iluminarla con ultravioleta-, etc.) para poder despegar las células solares tras su fabricación. En el sector se emplea habitualmente el término en inglés "*tape*" para hacer referencia a esta cinta adhesiva, pudiendo denominarse también como *blue tape* o *dicing tape*. El *tape*

aumenta la resistencia mecánica del conjunto de la oblea, lo cual es vital para garantizar que los siguientes pasos de fabricación se pueden realizar adecuadamente sin dañar las células solares. Además, el *tape* mantiene unidas las células durante su fabricación, evitando la “mezcla sin control de células” cuando se realiza el corte de individualización de las mismas.

5 En numerosos casos, la solución utilizada para este tipo de proceso es pegar un soporte frontal, como se menciona en otras referencias bibliográficas, conllevando los problemas anteriormente destacados. El *tape* puede depositarse 1) en toda la superficie de la cara trasera de la oblea, es decir tanto en la parte adelgazada como también en a la estructura geométrica definida que mantiene el grosor original y hace de soporte, o puede 2)
10 “recortarse” y adaptarse a dicha estructura geométrica definida de soporte, para así depositarse únicamente en la zona adelgazada (cuyo grosor se ha reducido). De esta última forma, la estructura geométrica trazada como soporte en la oblea queda suelta, quedando una mezcla de dispositivos adheridos a distintos *tapes*, sin orden una vez separados. Por esta razón, puede ser preferible adherir el *tape* a toda la cara trasera de la oblea, incluida la
15 estructura geométrica interna configurada para actuar como soporte. Por otra parte, es importante resaltar que en caso de haber definido una estructura geométrica interna, esta ha de definirse acorde a las células solares definidas en la cara frontal. Es decir, la forma geométrica donde no se adelgaza el espesor de la oblea ha de ser necesariamente aquella zona de la oblea donde no hay células solares definidas en la cara frontal.

20 El procedimiento descrito permite trabajar, tras las primeras etapas, con obleas de bajo peso y bajo espesor. A pesar de tratarse de una oblea adelgazada, se puede trabajar con ella como si no lo estuviera, con los procesos convencionales, lo que no obliga a emplear técnicas específicas o adaptadas. Esto se produce gracias a que se forman estructuras de
25 soporte inferiores (en la cara trasera de la oblea) para dar mayor resistencia mecánica a toda la estructura multicapa, facilitando así el manejo de las obleas adelgazadas que son más endebles a los procesos posteriores. Además, la invención permite el corte de las obleas mediante ataques químicos manteniendo un alto aprovechamiento de la oblea. Estos ataques químicos se integran entre el resto de ataques químicos que se realizan en un
30 procedimiento habitual. Así se simplifica su fabricación y se evita la degradación de las células solares (ya que no se emplea el corte por sierra).

En efecto, gracias al procedimiento propuesto se evita el empleo de técnicas de abrasión mecánica, como por ejemplo métodos de pulido, que pueden afectar a la configuración de la
35 célula. Además, el ataque químico de adelgazamiento que se propone está especialmente

desarrollado para el ataque de obleas de germanio que generalmente son las empleadas en la fabricación de células solares en el campo espacial.

5 Con la presente invención se consigue reducir hasta un 85-90% el peso de las células solares (si se presuponen obleas muy gruesas, como por ejemplo de unos 250 μm de espesor, se llega al 90% de reducción; en obleas normales de aproximadamente 175 μm de espesor, las reducciones obtenidas son del 85%), lo cual las hace especialmente interesantes para su uso en dichas aplicaciones espaciales. Además, en los últimos años el mercado está evolucionando hacia la fabricación y empleo de obleas más grandes para
10 abaratar costes. Esto hace todavía más necesario reducir el peso de la oblea ya que una oblea de mayor radio necesita un mayor espesor y, por tanto, al aumentar el tamaño se estaría aumentando mucho el peso de ésta.

El procedimiento propuesto permite adelgazar y separar células solares que han sido
15 fabricadas en la propia oblea. Este hecho es de gran importancia ya que las células de germanio fabricadas en oblea son las que mayor calidad han reportado hasta la fecha y son las que copan el mercado espacial. Además, el proceso de adelgazamiento hace uso de un ataque químico que no hace falta que sea selectivo ya que nunca entra en contacto con nada que no sea la oblea de germanio (a excepción de la capa de protección de fotoresina,
20 el tape o substrato temporal, y el contacto trasero de oro, que son inertes químicamente). Por tanto se puede crecer cualquier capa semiconductor encima de la oblea sin problemas de compatibilidad con el ataque químico a emplear. No obstante, si es necesario que las capas semiconductoras crecidas encima del germanio se puedan atacar selectivamente hasta llegar al germanio o, que el ataque utilizado para estas capas no genere residuos que
25 interfieran con el posterior ataque realizado para cortar la oblea de germanio.

El procedimiento descrito permite controlar muy bien el ataque químico, por lo que se pueden hacer ataques muy cortos si se desea (para reducir muy poco el espesor de la oblea), es decir, se puede controlar fácilmente el grosor de la oblea para después poder
30 individualizar las células. El procedimiento está especialmente recomendado para fabricar células solares a partir de obleas de un espesor de unas 150 μm . Este espesor se puede reducir con el procedimiento hasta, por ejemplo, un espesor de unas 20-30 μm de oblea. En obleas de menor tamaño superficial, el espesor podría reducirse todavía más. Esto se debe a que las obleas no tienen exactamente el mismo espesor a lo largo de toda su superficie,

esta incertidumbre determina el espesor mínimo que se puede alcanzar con el proceso de adelgazamiento propuesto.

Así, preferentemente, en la etapa b), el espesor de la oblea se reduce hasta un espesor inferior a 150 μm , más preferentemente hasta un espesor comprendido entre 20-30 μm . Como ya se ha dicho, el espesor de una célula solar debe ser muy eficiente, o lo que es lo mismo: el mínimo espesor posible que permita absorber toda la luz necesaria. La presente invención maximiza la eficiencia de este parámetro. Los ataques químicos para cortar la oblea se realizan sobre obleas previamente adelgazadas, por lo que se consigue reducir la pérdida lateral hasta que es muy pequeña. Esto supone una ventaja más en el campo, ya que en las soluciones del estado de la técnica en las que se realizan ataques químicos en obleas de gran espesor, sin adelgazar (espesor superior a 150 micras), la pérdida de material útil en los ataques laterales es muy elevada y reduce mucho el aprovechamiento de la oblea.

En definitiva, la presente invención permite trabajar con obleas de gran tamaño (gran radio) sin que la cantidad de dicho material en la célula obtenida sea excesivo y reduzca su eficiencia, ya que comprende al menos una etapa de adelgazamiento de la oblea. Además el corte posterior de la oblea se realiza mediante un ataque químico y no mediante cortes mecánicos, por lo que el corte no degrada en absoluto la calidad de la oblea y el espesor o fragilidad de esta ya no determina un tamaño mínimo necesario para evitar las roturas en su manejo.

En un ejemplo de realización preferido, la primera capa protectora es una capa de polímero, y más preferentemente es una fotoresina, que se puede depositar sobre la superficie de la capa semiconductor por ejemplo mediante *spin-coating*. Con este método se deposita una pequeña cantidad de fotoresina sobre la oblea y esta se hace girar rápidamente. La fotoresina es líquida y, al girar, se esparce homogéneamente sobre toda la superficie frontal de la oblea. Por su parte, la superficie de protección de la cara trasera de la oblea determina la zona que no se va a reducir o adelgazar, es decir, la zona que va a conservar el espesor original, haciendo las veces de soporte de toda la estructura. Este soporte no reducido puede ser de muchas formas diversas; es decir, por ejemplo, puede ser un anillo perimetral en su forma más simple o una estructura geométrica predefinida (en función de la distribución que se desee de las células) pudiendo estar combinada o no con el mencionado anillo perimetral o cualquier otra forma simple, de formas muy variadas, por no decir de

cualquier forma que se quiera establecer (retícula con forma de cuadrados, de rombos, con forma irregular...). La técnica de protección de la cara trasera de la oblea es también más o menos compleja en función de si es necesario realizar un patrón de acuerdo con la forma de la estructura de soporte o si solo es necesario cubrir el anillo perimetral o una forma geométrica sencilla (una cruz, por ejemplo). En el primer caso es preferible utilizar un proceso fotolitográfico para realizar el patrón con gran precisión, mientras que, si solo se protege el anillo perimetral u otra estructura sencilla, se puede aplicar la resina directamente en la zona correspondiente sin necesidad de realizar un proceso fotolitográfico. De este modo, en un ejemplo de realización, la zona que se mantiene con el espesor original de la oblea y cuyo espesor no se reduce con el primer ataque químico sobre el germanio es la zona perimetral de la oblea, es decir, se conforma una estructura de soporte con forma de anillo perimetral. En otro ejemplo de realización, no se protege la zona perimetral de la oblea, sino que se mantiene el espesor original de la oblea en una zona interna de estructura geométrica con una configuración a determinar, que depende del número de dispositivos electrónicos a fabricar en la oblea y de su tamaño y distribución en ella. En un tercer ejemplo, se puede llevar a cabo una combinación de ambos soportes: se puede proteger la zona perimetral de la oblea, como primera zona de soporte, y además una estructura geométrica interna (en la zona central de la cara trasera de la oblea, dentro del perímetro). En cualquiera de los casos, lo más preferible es que siempre se proteja la zona perimetral, ya que da protección lateral y soporte a toda la estructura en una zona que se puede desechar posteriormente al final del proceso de fabricación sin afectar al resto de la oblea.

Así, durante el procedimiento se emplean unas estructuras de soporte, conformadas en la propia oblea, que pueden tener configuración de anillo perimetral y/o diferentes configuraciones o estructuras geométricas internas (por ejemplo, una malla o retícula) que se extienden en la superficie trasera de la oblea (con un patrón predefinido: forma de cruz, una retícula homogénea o incluso con forma irregular...). Dichas estructuras de soporte se conforman mediante aplicación de una capa protectora en una cara posterior de la oblea, con el patrón de la estructura de soporte que se quiere "dibujar" (por ejemplo, mediante iluminación en fotolitografía). Dicha capa protectora determina así el patrón de la forma de las estructuras de soporte, y el espesor de la oblea no se ve modificado en las zonas protegidas a pesar de que se la someta a un ataque químico.

Es especialmente importante poder controlar la forma de los patrones internos para las obleas de gran tamaño, porque dichos patrones permiten asegurar una correcta resistencia mecánica de la oblea cuando estas son de gran tamaño. Hay muchos patrones de geometrías complejas que serían muy difíciles de realizar mediante técnicas abrasivas (como el pulido) o incluso imposibles de llevar a cabo. En el procedimiento propuesto el hecho de dotar de una forma u otra a las estructuras protectoras no supone mayor complejidad ni cambios en las etapas a realizar.

Tras la etapa b) de adelgazamiento o reducción del espesor de la oblea, y depósito del contacto eléctrico trasero c), es habitual eliminar los restos de la primera capa de protección que se ha utilizado para configurar la estructura de soporte.

De manera preferida también, el contacto trasero se incorpora en la etapa c) por evaporación. Este contacto, tras su incorporación y posterior retirada de la capa de protección, se somete a una etapa de aleado para mejorar su resistencia específica de contacto y permitir un correcto funcionamiento del dispositivo. Tras el proceso de aleado se añade el tape a la parte trasera, etapa d), como se ha especificado previamente (ya sea de forma interna a la estructura geométrica configurada o al anillo perimetral, o incluso al conjunto entero de la oblea). Adherir el tape en este momento es de vital importancia ya que aumenta la resistencia mecánica del conjunto de la oblea. Además, sirve para mantener controladas las células tras conformarse y una vez se individualicen.

Las siguientes etapas del procedimiento, una vez reducido el espesor, tienen por objeto configurar e individualizar los dispositivos electrónicos (células solares) mediante el empleo de ataques químicos. Es decir, cuando ya se han fabricado los dispositivos electrónicos en la oblea y ésta se ha adelgazado químicamente, se realiza un nuevo ataque químico para realizar el corte de ésta al individualizar las células solares.

Generalmente el ataque químico para cortar obleas está desaconsejado para espesores mayores a 100 μm . En este caso, como se ha reducido ya el espesor de la oblea, el procedimiento de corte mediante ataque químico es posible y es más corto que en los casos del estado de la técnica en los que se describe el empleo de cortes químicos. Esto permite aumentar el aprovechamiento de la oblea ya que el ataque lateral (el ataque químico no ataca sólo verticalmente, sino también hacia los lados) es menor al haber reducido el tiempo durante el cual se realiza el ataque químico. Por tanto, un menor ataque lateral permite

reducir la separación entre los dispositivos fabricados en la oblea y aprovechar la oblea de forma más eficiente. Además, como se ha descrito previamente, los ataques químicos generan superficies lisas y libres de imperfecciones. En aplicaciones como la fabricación de células solares esto permite obtener células solares con un rendimiento aumentado. Es más, a medida que se reduce el espesor de la célula, mayor impacto tiene la calidad de esta superficie en el rendimiento final del dispositivo.

La segunda y tercera capas protectoras también son preferentemente de polímero, pudiendo ser de fotoresina, como la primera, o de un material diferente. Es decir, las tres capas protectoras pueden ser del mismo material o de un material diferente, independientemente unas de otras.

Así, cuando se realiza el segundo ataque químico del proceso una vez depositada la segunda capa protectora sobre la superficie de la oblea, y en la que se han definido las formas de células, éste afecta también lateralmente a las partes de la capa semiconductoras que quedan debajo de la capa protectora. Este ataque lateral se produce en ambas direcciones (izquierda y derecha) por lo que por cada micra de ataque vertical hay una micra de ataque en cada sentido en dirección lateral (suponiendo un ataque isotrópico). Sin embargo, el espesor de estas capas suele ser muy reducido, por lo que el ataque lateral suele ser despreciable respecto del área total de la célula. Después, lo que se busca conseguir con la protección previa al tercer ataque es que dicho tercer ataque no entre en contacto nunca con las capas superiores de la célula solar a pesar de que se está atacando una capa mucho más gruesa y por tanto el ataque lateral será mucho mayor. No obstante, al haber atacado una zona mucho más ancha en el segundo ataque, el tercero no llega a entrar en contacto con las capas superiores a pesar de su mayor ataque lateral.

Como se ha dicho, la separación entre células solares en la tercera capa protectora está preferentemente comprendida entre 2-7 μm , siendo más preferentemente menor a 5 μm y estando más preferentemente aún comprendida entre 3 y 5 μm , superficie que corresponde a la superficie frontal de la oblea que queda expuesta y desprotegida, dispuesta para ser atacada.

Gracias al empleo de dos patrones diferentes de protección, el tercer ataque químico, que afecta al germanio de la oblea en su cara frontal hasta individualizar las células solares, no entra en contacto con las capas superiores semiconductoras de las mismas (las capas de

material semiconductor y los contactos eléctricos crecidos o depositados en la oblea) por lo que se preserva su calidad.

De forma preferida, el agente químico utilizado para atacar el germanio en el primer ataque químico (parte trasera) y en el tercer ataque (separación de células) es $H_3PO_4:H_2O_2:H_2O$ en una proporción de 1:6:3. Aunque este tipo de ataque ha sido reportado para efectuar ataques químicos en semiconductores, nunca se ha utilizado para separar células solares ni atacar un espesor tan grande de germanio. Lo máximo descrito en la literatura ha sido un ataque con profundidad de 80 micras. Aquí el ataque es de más de 150 micras, lo que no es obvio porque otros químicos capaces de atacar un material con grosor de decenas de micras se vuelven inservibles para mayores profundidades.

Preferiblemente, todos los ataques químicos se llevan a cabo a temperatura ambiente ($25^\circ C$) ya que así se minimizan los problemas que pueden surgir respecto a la aceleración de dichos ataques. Esta temperatura se ve determinada también por el material escogido para las capas protectoras.

Cuando se retira la estructura de soporte que se ha definido en la cara trasera de la oblea durante las primeras etapas del proceso, y también las capas de protección superior de las células una vez estructuradas, quedan así las células solares adelgazadas e individualizadas y unidas al *tape*, listas para ser utilizadas. Lo habitual es que, posteriormente, las células solares se separen del *tape* pero este paso no es esencial porque algunas zonas del contacto eléctrico trasero ya pueden haber quedado descubiertas tras los ataques, permitiendo acceder al contacto eléctrico trasero desde la parte frontal.

El proceso se puede emplear con o sin agitación en el agente químico que se emplea en el ataque, para evitar la saturación, asegurando así que la disolución en contacto con el material semiconductor tiene las proporciones adecuadas. Sin embargo, no se han observado variaciones de la velocidad de ataque con la agitación, lo que permite realizar el ataque químico sin agitación, simplificando así el ataque químico y por tanto la aplicación industrial del procedimiento.

Las claves de la presente invención son la reducción del espesor de las obleas hasta 20-30 micras manteniendo el espesor original en una estructura de soporte (generalmente un anillo perimetral) que asegura la resistencia. Es decir, se consigue realizar un adelgazamiento de

la oblea hasta un espesor de menos de 100 micras, incluso de menos de 85 micras, sin peligro de rotura de la oblea. Esto es esencial para las aplicaciones de células solares para las que está diseñada la invención. Posteriormente se realiza la separación química garantizando la calidad del corte y manteniendo la calidad en las caras superiores que conforman las células solares.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LAS FIGURAS

Para completar la descripción y con objeto de ayudar a una mejor comprensión de las características de la invención, se acompaña a esta memoria descriptiva, como parte integrante de la misma, un conjunto de dibujos en donde con carácter ilustrativo y no limitativo, se ha representado lo siguiente:

Las figuras 1A-M representan las etapas del procedimiento de fabricación de células solares en obleas de germanio. Se ha representado la oblea de germanio con la al menos una capa superior de material semiconductor a lo largo de las diferentes etapas del procedimiento. Así pues se aprecian también las diferentes capas protectoras que se depositan en la oblea y/o en las capas superiores de material semiconductor.

A continuación se proporciona una lista de los distintos elementos representados en las figuras que integran la invención:

1. Oblea de germanio
2. Capas superiores de material semiconductor con contactos eléctricos frontales en este ejemplo de realización
3. Primera capa protectora
4. Contacto trasero
5. Substrato de fijación: Cinta adhesiva
6. Segunda capa protectora
7. Elevaciones o remanente de capa(s) semiconductor(a)s depositados sobre la oblea tras el primer ataque químico.
8. Tercera capa protectora

1A) Se muestra una oblea de germanio (rectángulo blanco) con estructura semiconductor crecida encima y el contacto frontal ya depositado (rectángulo negro). Los contactos frontales se pueden depositar posteriormente pero en este ejemplo de fabricación preferido, se depositan antes de adelgazar para reducir el manejo de la oblea adelgazada al máximo.

- 1B) Depósito de protección frontal (rectángulo rayado)
- 1C) Depósito de protección trasera (rectángulo rayado) – los pasos 1B y 1C son intercambiables
- 1D) Primer ataque químico para adelgazamiento de la oblea de germanio
- 5 1E) Incorporación del contacto trasero (rectángulo blanco) por evaporación.
- 1F) Limpieza de las zonas de protección y posterior aleado del contacto trasero
- 1G) Depósito del sustrato de soporte y fijación, como es un tape (rectángulo negro)
- 1H) Protección de la cara frontal donde se han fabricado las células con la segunda capa de protección (a efectos prácticos donde se hayan depositado previamente los contactos eléctricos frontales). Para ello se ha debido considerar que la distancia mínima a dejar entre dispositivos (que será similar a la anchura de la zona desprotegida en esta segunda capa de protección frontal) es como mínimo el doble del espesor de la oblea adelgazada.
- 10 1I) Segundo ataque químico, de las capas superiores de forma selectiva
- 1J) Limpieza de la segunda capa de protección
- 15 1K) Depósito de la tercera capa de protección (dejando esta vez un espesor mínimo, en el entorno de 5 μm)
- 1L) Tercer ataque químico, de la oblea de germanio
- 1M) Limpieza de la capa de protección y retirada del anillo perimetral
- 20 En la Figura 2 se muestra la incidencia de la temperatura en la velocidad de los ataques químicos. Los círculos representan las medidas tomadas, y la recta, el ajuste de dichas medidas ($y=a*10^{b*x}$) Como se ve, el proceso se acelera exponencialmente (el eje Y está en escala logarítmica) lo que permite reducir el tiempo necesario del ataque. Sin embargo, en la práctica, el tratamiento de ataque no puede llevarse a cualquier temperatura porque se
- 25 puede producir una degradación de los materiales, como puede ser la fotoresina, que es un polímero. Se comprobó que a partir de la media hora (a muy alta temperatura) la fotoresina se ha degradado y la cara frontal deja de estar protegida.

DESCRIPCIÓN DETALLADA

- 30 Si se sigue el esquema definido en las Figuras 1A a 1M se observa que en el primer paso A1) se representa la estructura inicial de una oblea de germanio (1), representada en color blanco, con un espesor de 175 micras, sobre la que está depositada la capa del material semiconductor (2), en color negro. En la segunda imagen 1B), que corresponde con la etapa a) del procedimiento objeto de la presente invención, se deposita una primera capa
- 35 protectora (3) de resina, mediante un rectángulo rayado, en toda la superficie superior de la

capa semiconductor (2). De este modo, en la imagen 1C) se representa la segunda parte de la etapa a), donde se deposita la primera capa protectora en la parte de la cara trasera de la oblea donde se desea mantener el soporte o estructura. Posteriormente, en la figura 1D) se lleva a cabo el primer ataque químico sobre la cara trasera de la oblea (1) para reducir o adelgazar su espesor, con $H_3PO_4:H_2O_2:H_2O$. El resultado es una oblea (1) adelgazada y de espesor reducido hasta las 20-30 micras, donde permanece un anillo perimetral no adelgazado de la oblea (1), que hace de soporte en las fases posteriores, representado aquí a modo de patas. Tras este ataque químico, se lleva a cabo una doble acción, correspondiente a las etapas c) y d) del proceso y que se muestran en las imágenes 1E) a 1H): primero, se incorpora, en la cara trasera de la oblea que ha sido adelgazada, el contacto eléctrico trasero (4), se retira la capa de protección (3) y se alea dicho contacto eléctrico trasero (4), y a continuación se incorpora un sustrato de fijación (5) que es un adhesivo o *tape*. Segundo, se deposita una segunda capa protectora (6) sobre la superficie de las capas semiconductoras y se define la forma de las células en la capa protectora (3) que recubre la capa de semiconductor (2) mediante un proceso fotolitográfico; esto se hace eliminando la parte de la capa protectora (3) de la parte donde no se va a constituir ninguna célula solar y, a su vez, dejando dicha capa protectora (3) en la parte donde se va a constituir la célula solar. De este modo, se puede llevar a cabo la etapa d) siguiente, mostrada en la Figura 1I), en la que se ataca químicamente y de forma selectiva la parte de capa semiconductor (2) que no está protegida por la capa de protección (6), pero nunca la oblea de germanio que se encuentra debajo. Este ataque, que comprende la realización de un conjunto de ataques químicos (tantos como sean necesarios) para atacar las capas crecidas encima de la oblea (1) de germanio, corresponde a lo que comúnmente se conoce como ataque de mesas (separa los dispositivos eléctricamente). De esta forma, se moldean las partes o cuerpos (7) de capa semiconductor sobre la oblea que van a constituir la estructura de las células; pueden tener diversas formas, como pueden ser trapezoidales, debido a que se elimina la zona de la capa semiconductor (2) entre zonas protegidas y, por tanto, ataca lateralmente dichas partes protegidas. En la figura 1J) se eliminan los restos de la capa protectora (6), antes de depositar la tercera capa protectora (8). En este caso, al tratarse de elevaciones o montículos, la protección no es sólo de su superficie superior, donde están los contactos eléctricos, sino también lateralmente, cubriéndolos totalmente y dejando un estrecho espacio entre ellos definido mediante un proceso fotolitográfico. El nuevo ataque químico se lleva a cabo sobre la parte de oblea de germanio desprotegida (1). Este ataque se realiza con el químico correspondiente, pudiendo ser $H_3PO_4:H_2O_2:H_2O$ u otro diseñado para tal fin.

El primer y el tercer ataque (aquellos utilizados para adelgazar la oblea de germanio y realizar su "corte" o individualización, respectivamente) no es necesario que sean ataques selectivos. El primer ataque finaliza antes de eliminar por completo la oblea por lo que en ningún momento está en contacto con ningún otro material que no sea germanio y por tanto no es necesario que sea selectivo. El tercer ataque finaliza en el contacto trasero, oro en este ejemplo de realización, por lo que tampoco es necesario que el ataque sea selectivo. El oro es una material muy inerte químicamente por lo que no hay problemas de corrosión. En cualquier caso, aunque ese oro se dañase, la parte de oro que realmente contacta la célula solar está protegida por la propia célula solar así que tampoco es un problema. Esto se aplica no sólo a este ejemplo de realización, sino a todas las variantes de la invención, ya que se trata de cuestiones generales del proceso.

En este ejemplo de realización, donde se reduce una oblea de 175 μm de espesor a 30 μm de espesor, el peso por unidad de área pasa de 93,1 mg/cm^2 a 10,6 mg/cm^2 .

REIVINDICACIONES

1.- Un procedimiento de fabricación de células solares fotovoltaicas con oblea de germanio que comprende las siguientes etapas:

- 5 a) depositar una primera capa protectora
- sobre toda la superficie de la cara frontal de la oblea de germanio, la cual presenta al menos una capa de material semiconductor; y
 - sobre una parte de la superficie de la cara trasera de la oblea, siendo intercambiable el orden de ambos depósitos;
- 10 b) realizar un primer ataque químico sobre el germanio de la cara trasera de la oblea, para reducir el espesor de la misma en toda la superficie no protegida por la capa protectora;
- c) incorporar un contacto eléctrico en la cara trasera de la oblea;
- d) retirar la primera capa de protección, tanto de la superficie frontal como de la trasera, y
- 15 proceder con una acción de aleado de dicho contacto eléctrico;
- e) depositar un sustrato de soporte sobre la cara trasera de la oblea, configurado para mantener la posición de las células solares durante su proceso de conformación y evitar que queden liberadas de forma incontrolada cuando se separan;
- f) depositar una segunda capa protectora en la cara frontal de la oblea y definir la forma o
- 20 cuerpo de las células solares sobre dicha capa protectora mediante un proceso fotolitográfico, de tal forma que se deja, entre dichos cuerpos definidos en la capa protectora, una superficie de oblea sin protección que es al menos el doble del espesor de la oblea tras el primer ataque químico;
- g) realizar un segundo ataque químico, selectivo, para atacar la al menos una capa superior de material semiconductor desprotegida, sin atacar la oblea;
- 25 h) eliminar los restos de la segunda capa protectora y depositar una tercera capa protectora que cubre la superficie superior previamente definida con la segunda capa protectora, incluyendo los laterales de los cuerpos de las células previamente definidos y parte del área de la capa de material semiconductor que queda expuesta con el
- 30 segundo ataque químico, de manera que la superficie de la cara frontal desprotegida de la oblea que queda entre dichas partes de capa protectora es menor a la distancia de separación definida en la segunda capa de protección; y
- i) realizar un tercer ataque químico sobre el germanio de la oblea en la superficie desprotegida, de tal forma que las células quedan individualizadas y separadas entre
- 35 sí, a la vez que fijadas al sustrato de soporte de la cara trasera.

- 5 2. El proceso de la reivindicación 1, donde se depositan contactos eléctricos frontales sobre la superficie de la capa o capas semiconductoras, o bien antes de cubrir la superficie trasera con la primera capa protectora, o bien después del primer ataque químico de reducción de espesor de la oblea, o tras esta etapa y antes del resto de ataques químicos.
- 10 3. El proceso según una cualquiera de las reivindicaciones 1 ó 2, donde el sustrato de soporte es una cinta adhesiva del tipo de las que pierde la adherencia bajo condiciones determinadas.
- 15 4. El proceso según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, donde la cinta adhesiva se deposita de una de las siguientes formas: 1) en toda la cara trasera de la oblea, incluyendo la parte donde se ha reducido el grosor como en el soporte como en la que permanece con el grosor original; o 2) sólo en la parte donde se reduce el grosor original de la oblea.
- 20 5. El proceso según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, donde el espesor de la oblea se reduce por debajo de las 85 micras.
- 25 6. El proceso según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, donde la primera, la segunda y la tercera capas protectoras son capas de polímero, iguales o diferentes entre sí.
- 30 7. El proceso según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, donde la parte de la oblea que se mantiene con su espesor original haciendo de soporte tiene una de las formas seleccionadas dentro del grupo compuesto por: un anillo perimetral alrededor de la cara trasera de la oblea; una estructura geométrica de patrón regular o irregular; y una combinación del anillo perimetral con una estructura geométrica de patrón regular o irregular.
- 35 8. El proceso según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, donde el contacto trasero se incorpora en la etapa c) por evaporación.
9. El proceso según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8, donde las zonas desprotegidas en la tercera capa protectora tienen una anchura menor a $5\mu\text{m}$, superficie que queda expuesta y desprotegida, dispuesta para ser atacada.

10. El proceso según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9, donde el agente químico utilizado para atacar el germanio en el primer ataque químico de la cara trasera de la oblea y en el tercer ataque donde se individualizan las células) es $\text{H}_3\text{PO}_4:\text{H}_2\text{O}_2:\text{H}_2\text{O}$, en una proporción de 1:6:3.

5

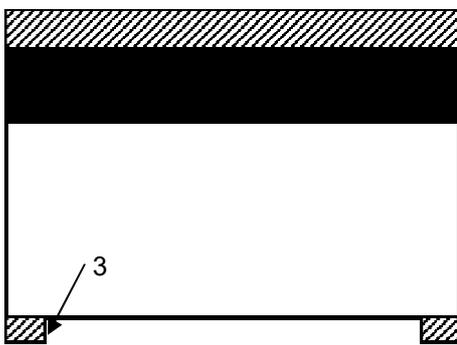
1A)



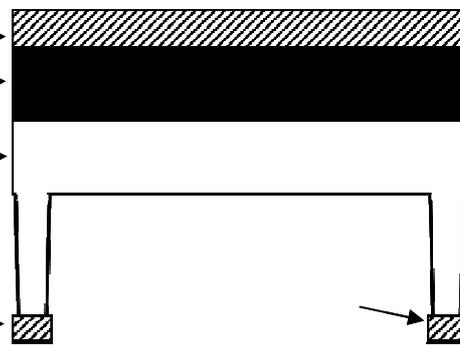
1B)



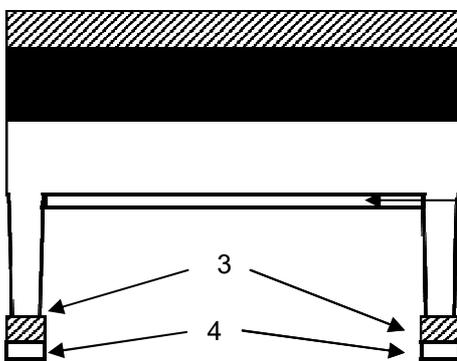
1C)



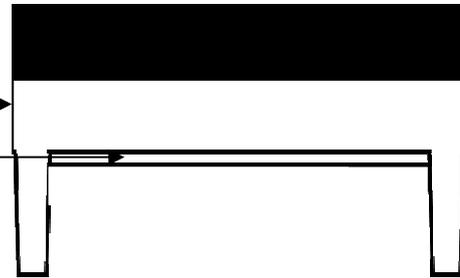
1D)



1E)



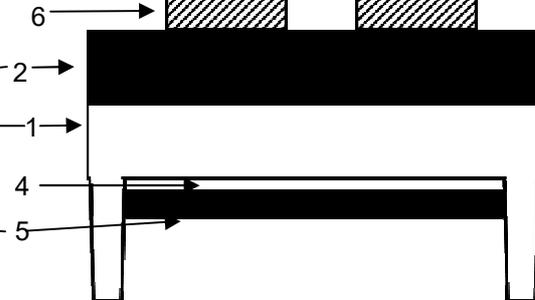
1F)



1G)



1H)



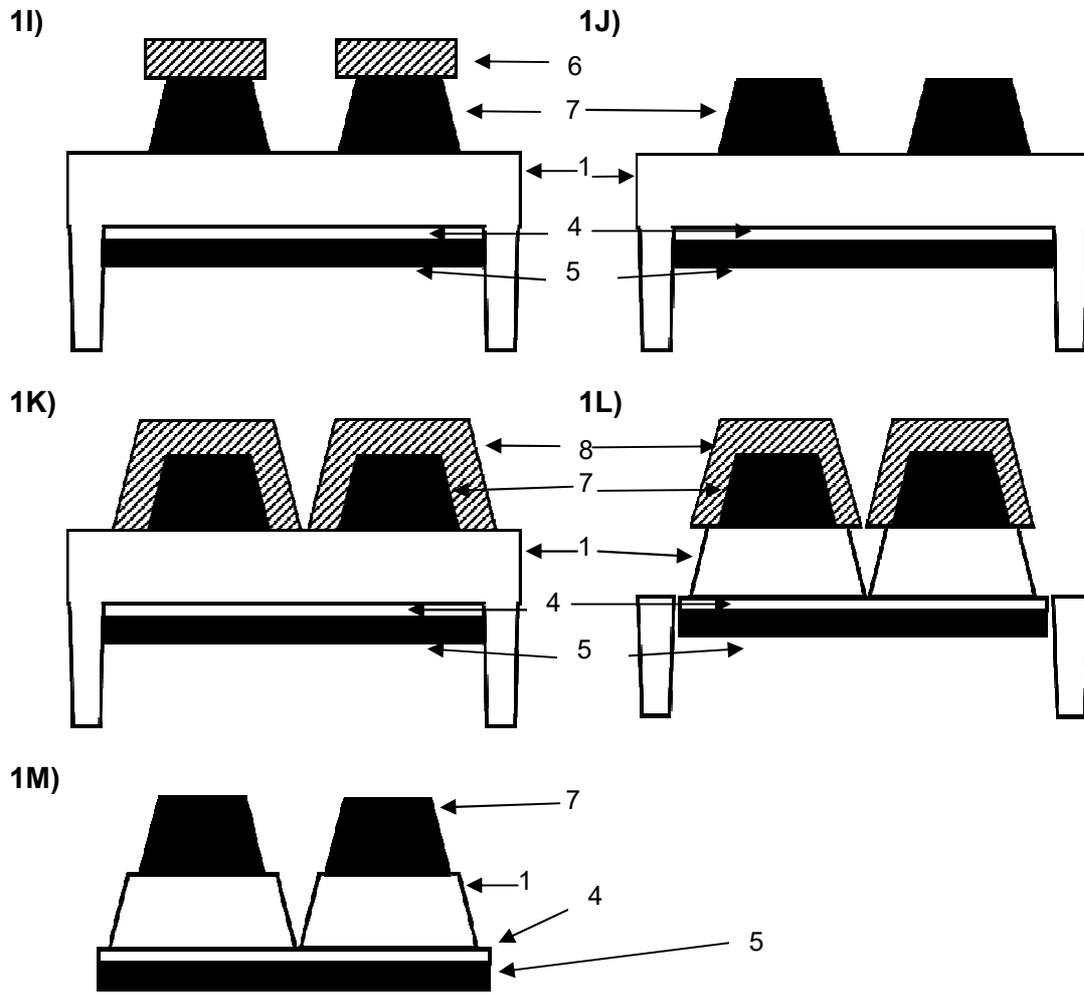


FIG. 1

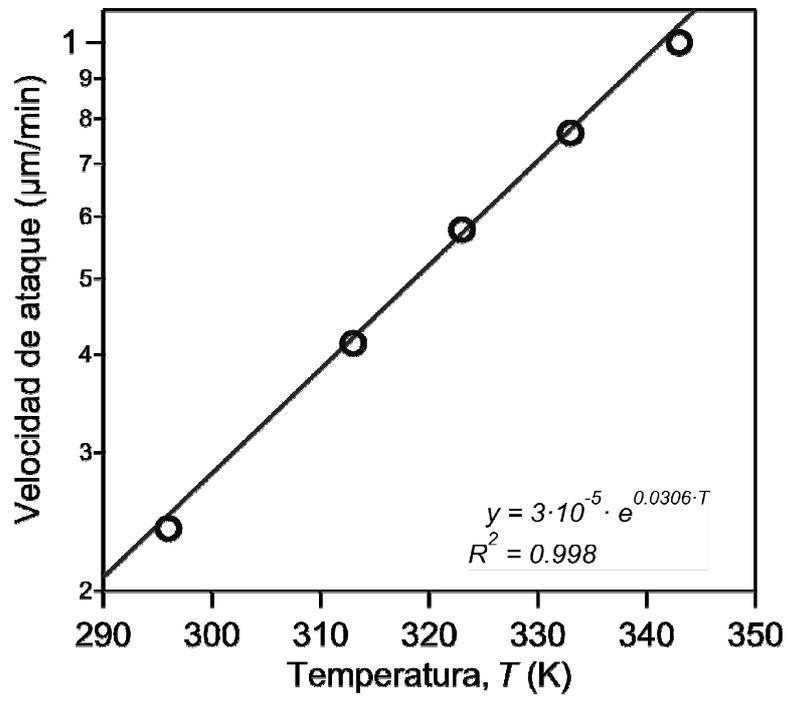


FIG. 2



OFICINA ESPAÑOLA
DE PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

21 N.º solicitud: 202030203

22 Fecha de presentación de la solicitud: 11.03.2020

32 Fecha de prioridad:

INFORME SOBRE EL ESTADO DE LA TECNICA

51 Int. Cl.: **H01L21/78** (2006.01)
H01L21/308 (2006.01)

DOCUMENTOS RELEVANTES

Categoría	56 Documentos citados	Reivindicaciones afectadas
Y	US 2018182670 A1 (ABE KUNIHIRO) 28/06/2018; Párrafos: [0021]- [0023], [0047].	1-10
Y	US 2015024606 A1 (HWANG CHIEN-LING et al.) 22/01/2015; párrafos: [0019] – [0024], [0034], [0036], [0054] y figs.	1-10
A	BRIANNA, C., et al., Improved GaAsP/SiGe tandem on silicon outdoors and under concentration, 2017 IEEE 44th Photovoltaic Specialist Conference (PVSC), 25/06/2017, páginas 1-5, <DOI: doi:10.1109/PVSC.2017.8366429>; resumen y fig.3	1-10
A	LOMBARDERO, I., et al., Thinned Germanium Substrates for III-V Multijunction Solar Cells., 2019 IEEE 46th Photovoltaic Specialists Conference (PVSC), 16/06/2019, páginas 1025-1028, <DOI: doi:10.1109/PVSC40753.2019.8980462>; apartado "Experimental".	1-10

Categoría de los documentos citados

X: de particular relevancia

Y: de particular relevancia combinado con otro/s de la misma categoría

A: refleja el estado de la técnica

O: referido a divulgación no escrita

P: publicado entre la fecha de prioridad y la de presentación de la solicitud

E: documento anterior, pero publicado después de la fecha de presentación de la solicitud

El presente informe ha sido realizado

para todas las reivindicaciones

para las reivindicaciones nº:

Fecha de realización del informe
24.04.2020

Examinador
M. d. García Poza

Página
1/2

Documentación mínima buscada (sistema de clasificación seguido de los símbolos de clasificación)

H01L

Bases de datos electrónicas consultadas durante la búsqueda (nombre de la base de datos y, si es posible, términos de búsqueda utilizados)

INVENES, EPODOC, WPI, NPL, XPESP