



(19)



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

(11) Número de publicación: **2 347 141**

(51) Int. Cl.:
H01L 21/762 (2006.01)
H01L 31/18 (2006.01)
H01L 21/20 (2006.01)

(12)

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

(96) Número de solicitud europea: **03447188 .8**
(96) Fecha de presentación : **18.07.2003**
(97) Número de publicación de la solicitud: **1385200**
(97) Fecha de publicación de la solicitud: **28.01.2004**

(54) Título: **Procedimiento para la elaboración de dispositivos de película delgada destinados para células solares o aplicaciones SOL.**

(30) Prioridad: **24.07.2002 EP 02447146**

(45) Fecha de publicación de la mención BOPI:
26.10.2010

(45) Fecha de la publicación del folleto de la patente:
26.10.2010

(73) Titular/es: **IMEC**
Kapeldreef 75
3001 Leuven, BE

(72) Inventor/es: **Solanki, Chetan Singh;**
Bilyalov, Renat y
Poortmans, Jef

(74) Agente: **Curell Suñol, Marcelino**

ES 2 347 141 T3

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

DESCRIPCIÓN

Procedimiento para la elaboración de dispositivos de película delgada destinados para células solares o aplicaciones SOL.

Campo de la invención

La presente invención se refiere a la microelectrónica y más particularmente al campo de las aplicaciones de dispositivos de película delgada, tales como estructuras de silicio sobre aislante (SOI) o células solares en particular. Además, la presente invención se refiere a un procedimiento de elaboración de tales dispositivos.

Estado de la técnica

Las pastillas de silicio que se encuentran en los dispositivos de semiconductores existentes presentan generalmente un espesor de varios cientos de micras. Sin embargo, el dominio eléctricamente activo de una pastilla está limitado a su superficie, de hecho, se requiere menos de unas pocas micras de espesor. La parte restante de una pastilla se utiliza como sustrato. Lamentablemente, este exceso de material produce tanto una elevación en el consumo de energía como un descenso en la velocidad de funcionamiento del dispositivo. Las pastillas de SOI incorporan una capa aislante entre su dominio activo muy delgado (menos de unas pocas micras) y su sustrato mucho más grueso. El sustrato se aísla y de este modo ya no puede deteriorar la velocidad ni la eficacia de la capa activa.

La tecnología de silicio sobre aislante (SOI) implica la formación de una capa semiconductor de silicio monocristalina en un material aislante tal como óxido de silicio.

Una aplicación importante de un dispositivo de película delgada es la elaboración de las células solares. Las células solares generalmente comprenden en la parte superior de una pastilla de silicio una superficie activa en forma de un dispositivo de película delgada depositado sobre dicha pastilla de silicio.

Durante la conversión de luz en energía eléctrica, tal como se ha mencionado anteriormente, únicamente las pocas micras superiores de dicha capa superior son realmente activas. La mayor parte de esta pastilla de silicio proporciona únicamente resistencia mecánica al dispositivo. Esta función puede conseguirse mediante cualquier otro sustrato económico compatible con el procedimiento de producción. Los requisitos para un sustrato de este tipo, excepto el del bajo coste, son la estabilidad a alta temperatura (1.100°C), la adaptación de los coeficientes de dilatación térmica y un bajo contenido de impurezas.

Más generalmente, en la técnica anterior, la preparación de una capa semiconductor porosa sobre un sustrato como una capa protectora fungible para célula solar comprende generalmente varias etapas tales como por lo menos la conformación de una capa semiconductor porosa sobre un sustrato original, la deposición de una capa de silicio epitaxial, la fabricación del dispositivo sobre dicho sustrato y la separación del dispositivo del sustrato original y la transferencia a un sustrato extraño con el fin de reutilizar posiblemente el sustrato original. Esta secuencia se ilustra ampliamente en los documentos USPN 6.258.698 (Iwasaki *et al*, Canon) USPN 6.211.038 (Nakagawa *et al*, Canon) y USPN 6.326.280 (Tayanaka, Sony Corporation).

En la técnica anterior, son conocidos diversos procedimientos para separar películas semiconductoras (porosas) delgadas de un sustrato. Todos estos procedimientos utilizan un procedimiento de despegado o separación al final de la cadena de producción. El inconveniente de estos procedimientos es que durante todas las etapas del procedimiento, los parámetros tales como la temperatura, la presión y los productos químicos están condicionados por la resistencia del sustrato original. La separación de la película y su transferencia es la última etapa tecnológica que requiere preservar las características altamente porosas de la capa de Si. El hecho de mantener dichas características porosas en muchas etapas de alta temperatura permite únicamente unos límites estrechos de fabricación por lo que respecta a la temperatura y la porosidad. Además en dicho caso, es difícil de conseguir la transferencia de manera adecuada.

En particular, en el documento EP-A-1 132 952 se describe un procedimiento de despegado en el que se muestra que puede separarse una película de silicio porosa delgada de 5 a 50 μm del sustrato de silicio sobre el que está depositada. En tal caso, el sustrato puede reutilizarse muchas veces para obtener nuevas películas de silicio porosas. Otras técnicas posibles para la separación de película delgada son las técnicas de implantación de iones o de unión de pastillas.

En el documento EP-A-0 993 029, se da a conocer un procedimiento para la producción de una película semiconductor cristalina. Dicha producción se realiza conformando una capa porosa sobre un sustrato semiconductor, despegando la capa porosa, y antes o después del despegado aplicando una etapa de recocido térmico tal que la capa porosa se cristaliza por lo menos parcialmente. Para la etapa de despegado se da a conocer un procedimiento en el que la capa porosa se adhiere a un "Hilfsträger", que puede traducirse como un "subsoporte", o un "sustrato extraño". La capa porosa se une o encola físicamente a dicho sustrato extraño.

En el documento US-A-5.391.257 se describe un procedimiento para transferir una película delgada a un sustrato alternativo. La etapa del procedimiento de transferencia incluye la utilización de tres sustratos con el fin de que sea aplicable a la transferencia de cualquier película delgada.

Objetivos de la invención

La presente invención proporciona un procedimiento sencillo para la preparación de dispositivos de película delgada para estructuras que son muy eficaces y económicas. Son ejemplos de dichas estructuras las estructuras de silicio sobre aislante (SOI) o las células solares. La utilización de película delgada en estructuras SOI en general y en células solares en particular permite la reducción de la cantidad de material consumido por estructura, lo cual reduce considerablemente los altos costes del sustrato activo, mientras que la calidad de la película proporciona las buenas características de todo el dispositivo.

Otro objetivo de la presente invención consiste en reducir el impacto de las etapas del procedimiento de fabricación del dispositivo sobre el sustrato original, la capa de silicio porosa, la conformación de la capa de silicio porosa, las colas necesarias y el sustrato objetivo.

Otro objetivo de la presente invención consiste en mejorar el control del procedimiento de producción y transferencia de películas delgadas.

Sumario de la invención

La presente invención se refiere a un procedimiento para la elaboración de un dispositivo semiconductor, comprendiendo dicho procedimiento las etapas posteriores siguientes:

- (a) conformación de una capa semiconductor porosa (1, 2) en forma de una película delgada (10) sobre un sustrato original (3),
- (b) siguiendo inmediatamente a dicha conformación la etapa de separación de dicha película delgada (10) mediante un procedimiento de despegado de dicho sustrato original (3);
- (c) transferencia de dicha película delgada (10) a un soporte artificial (4), siendo dicha película delgada (10) una película delgada de libre colocación, no unida físicamente ni encolada a dicho soporte artificial (4) sino simplemente dispuesta o colocada sobre el mismo;
- (d) fabricación de un dispositivo semiconductor (11) sobre la parte superior de dicha película delgada (10);
- (e) transferencia y unión de dicho dispositivo semiconductor formado en dicha película delgada (12; 10, 11) sobre un sustrato extraño (8).

En particular, el documento EP-A-1 132 952 describe especialmente la producción de películas porosas delgadas.

En la técnica, el elemento “sustrato original” se ha denominado también “sustrato madre”, “sustrato de inicio” o “sustrato de origen”. El elemento “soporte artificial” también puede denominarse en la técnica “soporte o sustrato intermedio”, “sustrato soporte” o “sustrato artificial”. El elemento “sustrato extraño” también puede denominarse en la técnica “sustrato objetivo”, “sustrato final” o “sustrato fin”. El sustrato extraño puede ser cualquier sustrato, por ejemplo, vidrio. En los documentos EP-A-0 767 486 y USPN-6.391.219 se proporcionan más ejemplos de posibles sustratos, en los que el sustrato final se denomina sustrato soporte. Para evitar cualquier confusión, en el presente contexto, la distinción entre el soporte artificial y el soporte final consiste en que el soporte artificial es un soporte en el que la fabricación de un dispositivo puede tener lugar fácilmente con total libertad de parámetros de procedimiento y/o sin un impacto negativo de ninguna etapa de procedimiento en el sustrato original, la capa de silicio porosa, la conformación de capa de silicio porosa, las colas necesarias y/o el sustrato objetivo. El soporte artificial es un soporte al que se transfiere la capa porosa de manera intermedia sin una unión física con el mismo. El sustrato artificial proporciona el soporte necesario y/o la resistencia mecánica a la(s) capa(s) porosa(s) durante la fabricación en el mismo de un dispositivo. En ausencia de dicho material de soporte, la(s) capa(s) porosa(s) podría(n) romperse durante la fabricación del dispositivo debido a que es (son) demasiado frágil(es).

El procedimiento según la presente invención se diferencia de los procedimientos conocidos en la técnica en la secuencia de sus etapas. Se diferencia además de los procedimientos de la técnica anterior por el hecho de que un dispositivo se fabrica en la película delgada mientras que se coloca sobre un soporte en el cual la película delgada no se une físicamente y/o encola. Es decir, el dispositivo se fabrica en una película delgada de libre colocación. Los efectos ventajosos que acompañan a estas variaciones con respecto a la técnica anterior se tratan a lo largo de toda la especificación.

Cómo realizar las distintas etapas es de por sí bien conocido en la técnica. Por ejemplo, se dan a conocer diversos posibles procedimientos para las etapas (a) y/o (b) en los documentos EP-A-0 767 486, EP-A-0 993 029, EP-A-1 132 952, USPN-6.391.219 y en referencias citadas en el presente documento. En una forma de realización de la presente invención pueden suavizarse las superficies peladas antes de un tratamiento adicional, tal como se describe por ejemplo en el documento USPN-6.391.219. En una forma de realización preferida de la invención, el sustrato original puede reutilizarse directamente y/o prepararse para su reutilización.

Según la presente invención, la fabricación de un dispositivo o por lo menos parte del mismo tiene lugar sobre una película delgada de libre colocación, antes de la transferencia de película y el dispositivo a un sustrato final que se hace parte del dispositivo de película delgada final, preferentemente de bajo coste pero muy eficaz.

En todas las etapas (b) a (d), en el presente contexto, se alude con frecuencia a la película delgada como una película delgada de libre colocación, también después de la transferencia a un sustrato artificial en la etapa (c). El término “de libre colocación” se refiere al hecho de que la película no se adhiere ni se une físicamente al sustrato artificial sino que únicamente se dispone o coloca sobre el mismo, posiblemente fijado entre dos soportes para proporcionar resistencia mecánica a la capa semiconductora porosa.

El dispositivo fabricado que debe transferirse al sustrato extraño puede ser un dispositivo no acabado o intermedio. Algunas etapas de procedimiento de fabricación para, por ejemplo, acabar el dispositivo, es decir, para obtener un dispositivo que funcione adecuadamente, pueden realizarse después del acoplamiento del dispositivo intermedio sobre un sustrato extraño. Según la presente invención, por lo menos dichas etapas de procedimiento se realizan en un dispositivo de libre colocación dispuesto sobre un soporte artificial (pero no físicamente adherido al mismo) que de lo contrario sería limitado con respecto a la temperatura y/o otros parámetros del procedimiento de fabricación. En una forma de realización preferida de la invención, por lo menos se fabrica una capa semiconductora activa epitaxial en el dispositivo delgado de libre colocación antes de su transferencia y acoplamiento a un sustrato extraño sobre el que se acaba a continuación.

Según una forma de realización preferida de la presente invención las etapas (c) y (d) se realizan dos veces, de manera que la etapa repetida (c) descubre el lado sin tratar de la película delgada después de la primera etapa (d). Es decir, las etapas (c) y (d) pueden repetirse de manera que las etapas (d) se realizan unas en un lado de la película delgada y otras en el otro lado de la película delgada.

Según una forma de realización preferida de la presente invención, la etapa de la fabricación de un dispositivo comprende la deposición de una capa semiconductora activa sobre dicha película delgada. En otra forma de realización preferida a esta conformación de dicha capa le sigue además la fabricación de un dispositivo, que puede ponerse en contacto, sobre dicha capa semiconductora activa. El dispositivo mencionado en la reivindicación 1 puede ser cualquier dispositivo adecuado conocido en la técnica.

El procedimiento de despegado según la presente invención puede realizarse sumergiendo el sustrato en una solución de HF en una concentración entre el 12 y 35% y utilizando densidades corrientes entre 50 y 250 mA/cm² sin variar ningún otro parámetro.

Preferentemente, la deposición de dicha capa activa se realiza mediante deposición de vapor químico (CVD) epitaxial.

La capa semiconductora según la presente invención puede ser un material semiconductor cristalino o amorfo que comprende germanio de silicio, materiales III-V tales como GaAs, InGaAs y polímeros semiconductores.

El sustrato extraño puede ser cualquier sustrato. Ventajosamente, el sustrato extraño comprende un sustrato económico tal como vidrio o un material polimérico.

Breve descripción de los dibujos

La figura 1 representa dos secuencias de elaboración de la técnica anterior para la fabricación de células solares (procedimiento PSI [A-B-C-E-G] y procedimiento ELTRAN[®] [A-B-C-D-F-H]).

La figura 2 representa la secuencia de elaboración de la presente invención para la fabricación de una célula solar.

La figura 3 ilustra el procedimiento de producción de película porosa en el que la ramificación de poros da como resultado una porosidad lateral aumentada seguida por la separación de película (procedimiento de despegado). Este procedimiento se describe con detalle en el documento EP-A-1 132 952.

La figura 4 es un dibujo del dispositivo de película delgada de libre colocación después del despegado y antes de la transferencia al soporte. La transferencia puede realizarse por ejemplo manualmente tal como se muestra.

La figura 5 representa la disposición utilizada para la conformación de la capa semiconductora porosa según el documento EP-A-1 132 952.

La figura 6 representa el sustrato artificial para retener la película semiconductora porosa durante la deposición de la capa epitaxial. La película porosa no se adhiere ni se acopla físicamente al sustrato artificial.

La figura 7 representa un dispositivo dispuesto con adhesivo sobre un sustrato extraño.

Descripción detallada de las formas de realización preferidas

La tecnología de silicio sobre aislante (SOI) ampliamente conocida implica la conformación de una capa semiconductor monocristalina sobre un material aislante, tal como óxido de silicio o vidrio.

Una forma de realización particular de la presente invención se refiere a la fabricación de células solares las cuales se describen en detalle en las figuras 1 y 2.

En la figura 1 se describe la secuencia del procedimiento de fabricación de la técnica anterior mientras que la figura 2 representa el procedimiento de elaboración para la fabricación de una célula solar según la presente invención.

La figura 1 [A-B-C-E-G] representa según la técnica anterior la preparación de una capa de silicio porosa (10, doble capa 1+2) sobre un sustrato (3) (figura 1A) seguida por una deposición de capa de silicio epitaxial (7) (figura 1B), la fabricación del dispositivo en contacto (6) sobre dicho sustrato (figura 1C) y por último la separación de dicho dispositivo (12=10+11) del sustrato (3) (figura 1E) y la transferencia a un sustrato extraño (8) con el fin de reutilizar posiblemente el sustrato original (figura 1G).

La figura 1 [A-B-D-F-H] representa un procedimiento similar según la técnica anterior en el que a la preparación de una capa de silicio porosa (10, doble capa 1+2) sobre un sustrato (3) (figura 1A) le sigue una deposición de capa de silicio epitaxial (7) (figura 1B), la fabricación del dispositivo (11), que aún no está en contacto, sobre dicho sustrato y por último la separación de dicho dispositivo (12=10+11) del sustrato (3) (figura 1D) y la transferencia a un sustrato extraño (8) con el fin de reutilizar posiblemente el sustrato original (figura 1F). Los contactos del dispositivo se forman entonces después de la unión sobre el sustrato extraño (figura 1H).

La figura 2 representa la secuencia del procedimiento para la elaboración de una célula solar según la presente invención. Dicho procedimiento comprende la conformación de una capa semiconductor porosa (doble capa 1+2, etapa I) en forma de una película delgada (10) a un sustrato o soporte original (3), siguiendo inmediatamente a dicha conformación la separación de dicha película delgada (10) mediante un procedimiento de despegado de dicho sustrato original (3) (etapa J), la transferencia de dicha película delgada (10) sobre un sustrato artificial (4, etapa K), y la preparación del dispositivo (11) que incluye la deposición de capa de silicio epitaxial (7) y preferentemente la fabricación (6) en contacto (etapa L). Por último la transferencia de todo el dispositivo a un sustrato extraño (8) con el fin de realizar la célula solar (etapa M). Posiblemente, la fabricación en contacto (6) puede tener lugar después de la transferencia de un dispositivo no acabado al sustrato extraño (8).

El procedimiento de despegado preferido que implica la separación de la película de su sustrato se describe en detalle en la figura (3). Otros procedimientos de despegado o despegado son bien conocidos en la técnica.

La conformación de poros según este procedimiento de despegado preferido se inicia en una posición determinada, va directa hacia abajo en los semiconductores tal como se muestra en la figura 3 (zona 31). Cuando los poros no son suficientemente profundos, la reacción se produce en la parte inferior del poro. En este momento, existen suficientes iones de fluoruro disponibles en la parte inferior pero sin duda alguna menos que el número de iones de fluoruro disponibles en la superficie puesto que tienen que esparcirse a través del poro al punto de reacción. La porosidad de la capa aumenta con la disminución en la concentración de HF en solución. Aunque no se sustituye la solución inicial que contiene F, se obtiene una variación de concentración *in situ*. Por lo tanto, a medida que se profundiza, la porosidad de la capa aumenta. La variación de porosidad se produce desde el punto en que se afecta la disponibilidad del ión de fluoruro mediante su difusión por los poros.

Cuando los poros son suficientemente profundos en el silicio, la concentración de iones de fluoruro en el punto de reacción se reduce a un nivel muy bajo en comparación con la concentración en superficie. Esto da como resultado la variación del punto de reacción a un nivel ligeramente más alto debido a una resistencia muy alta de la parte más inferior del poro. Esta variación en la reacción da lugar a la formación de ramificaciones de los poros (zona 32). Por cada disolución de un átomo de silicio, se produce una molécula de hidrógeno como un producto del ataque electroquímico. Las moléculas de hidrógeno ejercen fuerza en las paredes de los poros. En algunos puntos, debido a la ramificación de los poros, las paredes se hacen muy delgadas y no pueden soportar la presión hidrodinámica ejercida por la molécula de hidrógeno. Ello da como resultado grietas horizontales en la capa. La presencia de suficientes grietas horizontales produce la separación de la capa del sustrato (zona 33).

En la figura 4 se describe un ejemplo de una película delgada de libre colocación después del despegado y antes de la transferencia a un soporte. La transferencia puede realizarse manualmente, tal como se muestra. Alternativamente, la transferencia puede realizarse con un dispositivo que retiene la película delgada mediante aspiración.

La solución de la presente invención abre nuevas posibilidades en la conformación de capas porosas en forma de películas delgadas proponiendo una nueva secuencia para la preparación de dispositivos de película delgada de libre colocación para ser utilizados para estructuras SOI o células solares en particular. Unos ejemplos de dichas capas semiconductoras porosas denominadas a partir de ahora como PSL podrían ser un material semiconductor cristalino y amorfo que incluye silicio, germanio, materiales III-V tales como GaAs, InGaAs y polímeros semiconductores.

En las técnicas convencionales se prepara una capa de doble porosidad mediante un ataque electroquímico y cambiando uno de los parámetros de conformación tal como la densidad de corriente electrolítica o la concentración de HF de la solución electrolítica.

Los parámetros de la formación de silicio poroso también pueden permanecer sin variación de manera que se alcanza la separación permitiendo que la corriente circule durante una cantidad suficiente de tiempo (véase EP-A-1 132 952).

En la figura 5 se ha descrito con detalle un ejemplo de una disposición preferida para la conformación de dicha doble capa semiconductor porosa.

La figura 5 representa la disposición utilizada para la conformación de la capa semiconductor porosa (PSL) según dicha forma de realización preferida. En dicho procedimiento, el electrodo de platino (55), que es resistente contra el ácido fluorhídrico, actúa como un electrodo negativo. La placa inferior (53) (por ejemplo, una placa de acero inoxidable), que está en contacto con la pastilla de silicio (3) (cara pulimentada), actúa como un cátodo. El anillo de caucho (52) evita la salida de la solución de la zona de contacto del cubilete de Teflon® (54) y el sustrato de pastilla (3). El anillo de caucho se mantiene bajo presión mediante el cubilete (54), que a su vez se mantiene a presión mediante un anillo roscado de acero inoxidable (no representado). La disposición comprende una solución de ataque (51).

Según el procedimiento de la presente invención, después de la preparación de la capa de silicio porosa, la película obtenida se separa inmediatamente del sustrato mediante una lista de procedimientos bien conocidos en la técnica y a continuación se realiza la fabricación del dispositivo para la célula solar sin transferir permanentemente la película sobre otros sustratos. Ello hace al procedimiento muy sencillo debido a que bajo estas condiciones, no se justifica ninguna preocupación por el sustrato extraño así como el sustrato original y las colas sobre las cuales se tiene que transferir la película. Al mismo tiempo esto proporciona una total libertad de parámetros de procedimiento. Puesto que no existe ninguna limitación debida al sustrato extraño y debido a la porosidad de la capa semiconductor, puede utilizarse cualquier ciclo.

En una forma de realización preferida de la invención, la capa de silicio porosa se separa primero con el 100% de probabilidad (pleno control del procedimiento) evitando posibles perjuicios conocidos que se producen con determinados procedimientos de la técnica anterior. Por ejemplo, si la porosidad de la capa de alta porosidad (2) no es lo suficiente alta, la separación después de la deposición epitaxial sobre la capa delgada según dicho procedimiento de la técnica anterior no puede ser posible de manera que el despegado se hace infructuoso. Si la porosidad de la capa de alta porosidad es demasiado alta entonces puede separarse de manera no conveniente durante la deposición de la capa epitaxial. La forma de realización preferida según la invención, en la que la conformación y despegado de capas porosas (etapas (a) y (b)) es según el procedimiento descrito en el documento EP-A-1 132 952, evita dichos problemas.

Con el procedimiento de la presente invención no existe tampoco ninguna limitación en la temperatura de deposición de capa epitaxial que en casos de la técnica anterior puede ser limitada debido a la estabilidad térmica de la capa de alta porosidad y/o a la estabilidad térmica del sustrato y la cola.

Puesto que la película no se une físicamente a ningún sustrato durante la epitaxia y fabricación de células, no existe ningún motivo de preocupación por las propiedades físicas y químicas de ningún sustrato extraño y/o cola y el impacto de las etapas de procedimiento en dichas propiedades.

Se ha demostrado que el crecimiento de una capa epitaxial (7) en una película delgada porosa, que se une, por ejemplo encolada a un sustrato (por ejemplo, un sustrato artificial) no es evidente, debido al impacto en la cola, por ejemplo de las altas temperaturas utilizadas (generalmente 1.050°C).

Los dos lados de la capa epitaxial están disponibles durante el procedimiento de fabricación de células completo de manera que existe más libertad de diseño y tratamiento de las células.

Preferentemente la fabricación del propio dispositivo se realiza transfiriendo la película de despegado (10) a un soporte artificial (4) con el fin de realizar la deposición epitaxial (figura 6). La película puede fijarse por ejemplo mediante pinzas (61). El sustrato artificial puede ser cualquier sustrato que proporcione el soporte necesario durante la fabricación del dispositivo y/o permita libertad de parámetros de procedimiento y/o no interaccione con la película delgada de manera que está última se quede unida al soporte artificial durante dicha fabricación del dispositivo. Es preferentemente resistente a las altas temperaturas (por ejemplo 1.050°C). Es preferentemente inerte en las etapas del procedimiento que se realizan durante la fabricación del dispositivo mientras se dispone sobre el sustrato artificial. En una forma de realización preferida de la invención el sustrato artificial es un sustrato de silicio o un sustrato de cuarzo. En una forma de realización preferida según la invención, el soporte artificial puede reutilizarse.

La presente invención da a conocer un procedimiento muy atractivo para la preparación de estructuras económicas, de alta calidad, tales como estructuras SOI o células solares. El procedimiento según la presente invención presenta claramente muchas ventajas sobre los procedimientos actualmente conocidos en la técnica.

La figura 7 representa una posible estructura final tal como una célula solar en la cual se ha adherido el dispositivo activo (11) mediante un adhesivo (71) sobre un sustrato económico (8).

Según una forma de realización preferida relacionada con el procedimiento de elaboración de células solares, el procedimiento es más sencillo y proporciona una total libertad por lo que se refiere a los parámetros de procedimiento, en comparación con las técnicas convencionales, por ejemplo, utilizando capas protectoras fungibles de silicio porosas para los procedimientos de transferencia de película delgada. El procedimiento de transferencia según la presente invención se produce directamente después de la preparación de la película de silicio porosa sobre un sustrato artificial que hace que sea inútil una capa intermedia como en la técnica anterior. Dichas capas intermedias (por ejemplo silsequioxano de hidrógeno) requieren estabilidad a alta temperatura (1.100°C) y un coeficiente de dilatación térmica adaptado así como un bajo contenido de impurezas. Para el sustrato, son necesarios requisitos similares. Por el contrario, para el procedimiento de la presente invención, no se realiza ninguna transferencia al sustrato real y por lo tanto no se utiliza ninguna capa intermedia. La manipulación de la capa delgada (película) es el mayor desafío, pero esta dificultad se compensa mediante menos condicionantes debido al número reducido de capas y más libertad por lo que se refiere a los parámetros de procedimiento. Las células solares de película delgada de Si monocristalino pueden adherirse a cualquier sustrato (incluso sustratos flexibles) y la manipulación de esta película sigue siendo el punto más crítico.

La presente invención da a conocer un procedimiento de gran calidad que permite la producción de una película semiconductor delgada que comprende una capa porosa y una capa epitaxial de gran calidad en la parte superior de dicha capa porosa, y para transferirla sobre un sustrato extraño. El dispositivo resultante puede utilizarse en diversas aplicaciones que comprenden las siguientes, pero sin estar limitado a las mismas:

- células solares terrestres, debido a su bajo coste.
- células solares para el espacio debido a su peso ligero (película delgada) combinado con una alta eficacia.
- estructuras SOI debido a su gran calidad de las capas epitaxiales.

El ejemplo siguiente se ofrece a título ilustrativo no limitativo.

Ejemplo 1

Fabricación de células solares

Se separa una película de silicio porosa de 20 μm partiendo de silicio <100>, tipo P muy mezclado, mediante ataque electroquímico en un baño de electrolito que contiene HF. Después del recocido de una película de silicio porosa a 1.050°C en H_2 , se deposita una capa de silicio tipo P con 20 μm de espesor utilizando una deposición de vapor químico (CVD) convencional. En la primera prueba, se aplica una célula solar sencilla de contacto en dos lados sin ninguna fotolitografía para dicha película de libre colocación. Se obtiene una eficacia del 10,6% para una célula de pequeña superficie (1 cm^2). Los otros parámetros de células son los siguientes: V_{oc} -581,3 mV, I_{sc} -30,29 mA/cm^2 y FF-60,1%. El análisis de eficacia de quantum interna (IQE) revela que la respuesta espectral de la película de libre colocación con metalización del lado posterior de Al se aumenta considerablemente en la zona de longitud de onda infrarroja en comparación a la célula transferida a los sustratos de cerámica convencionales.

El procedimiento de la presente invención comprende las cuatro etapas de fabricación siguientes:

- a) *Formación de silicio poroso y separación del sustrato (original) reutilizable. (Véase también el documento EP-A-1 132 952)*

Para todos los experimentos se utilizan sustratos de CZ-Si monocristalinos tipo p muy mezclados con boro con una resistividad comprendida en el intervalo entre 0,02 $\Omega\text{-cm}$ y 0,05 $\Omega\text{-cm}$ y una superficie de 5x5 cm^2 . La formación de silicio poroso se realiza en una célula de PTFE (Teflón) convencional con una muestra de silicio como ánodo y un electrodo de oposición de platino tal como se muestra en la figura 5. Se utiliza el electrolito contenido de HF y ácido acético. La formación de silicio poroso se realiza en una densidad de corriente que abarca de 50 a 250 mA/cm^2 y una concentración de HF que comprende del 12 al 35% de volumen a temperatura ambiente bajo iluminación de fondo. La etapa a) corresponde a las etapas (a) y (b) del procedimiento de la reivindicación 1.

- b) *Transferencia de la capa semiconductor porosa a un sustrato artificial*

La capa semiconductor porosa no se une físicamente al sustrato artificial sino que se fija entre dos soportes para proporcionar resistencia mecánica a la misma. Por lo tanto, la denominamos “película de libre colocación” o “célula solar de libre colocación”. Dicha etapa b) corresponde a la etapa (c) del procedimiento de la reivindicación 1. La transferencia puede realizarse manualmente o con un dispositivo que retiene la película delgada mediante aspiración.

- c) *Fabricación del dispositivo*

Por ejemplo, deposición de capa de silicio epitaxial: la deposición de una capa activa puede realizarse con y sin recocido previo de la capa porosa en ambiente de H_2 a 1.050°C durante 30 minutos. En el primer caso, el objetivo es convertir el silicio poroso en silicio casi monocristalino (QMS) que proporciona una buena capa de sensibilización preliminar para la deposición de una capa de CVD. Se deposita una capa activa de 10 a 30 micras utilizando dicloro-

ES 2 347 141 T3

silano (DCS) o triclorosilano (TCS) a 1.050°C y 1.130°C respectivamente. La película de silicio porosa se mantiene (ninguna unión permanente) entre dos sustratos de silicio, con la ventana en el sustrato de superficie para la deposición de CVD.

5 Se fabrican células solares de contacto de un lado y contacto de dos lados mientras se mantiene el silicio+Epi poroso esencialmente de libre colocación (ninguna unión permanente a ningún sustrato). Se ha obtenido una eficacia del 10,6% en una superficie de 1 cm².

Dicha etapa (c) corresponde a la etapa (d) del procedimiento de la reivindicación 1.

10

d) *Adherir o transferir células solares sobre sustrato extraño*

En la etapa final de fabricación la célula solar se transfiere a un sustrato extraño como vidrio, plástico, etc., utilizando algún adhesivo como por ejemplo cola. Dicha etapa d) corresponde a la etapa (e) del procedimiento de la reivindicación 1.

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para la elaboración de un dispositivo semiconductor, comprendiendo dicho procedimiento las etapas posteriores siguientes:

- (a) conformación de una capa semiconductor porosa (1, 2) en forma de una película delgada (10) sobre un sustrato original (3),
- (b) siguiendo inmediatamente a dicha conformación la etapa de separación de dicha película delgada (10) mediante un procedimiento de despegado de dicho sustrato original (3);
- (c) transferencia de dicha película delgada (10) a un soporte artificial (4), siendo dicha película delgada (10) una película delgada de libre colocación, no unida físicamente ni encolada a dicho soporte artificial (4) sino simplemente dispuesta o colocada sobre el mismo;
- (d) fabricación de un dispositivo semiconductor (11) en la parte superior de dicha película delgada (10);
- (e) transferencia y unión de dicho dispositivo semiconductor formado en dicha película delgada (12; 10, 11) sobre un sustrato extraño (8).

2. Procedimiento según la reivindicación 1, en el que en la etapa (b) la separación de dicha película delgada (10) se realiza mediante un procedimiento de despegado, que produce grietas horizontales en la película delgada (10), con el fin de despegar dicha película delgada (10) de dicho sustrato original (3).

3. Procedimiento según la reivindicación 1 ó 2, en el que en las etapas (c) y (d) dicha película delgada es fijada a dicho soporte artificial (4) entre dos soportes o es sujeta mediante pinzas (61).

4. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que las etapas (c) y (d) se realizan dos veces, una vez en un lado de dicha película delgada y una vez en dicho otro lado de dicha película delgada.

5. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la etapa de dicha fabricación de un dispositivo (11) comprende por lo menos la deposición de una capa semiconductor activa (7) sobre dicha película delgada (10).

6. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la deposición de dicha capa semiconductor activa (7) se realiza mediante deposición de vapor químico epitaxial.

7. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el dispositivo transferido es un dispositivo no acabado que se acaba más después de la unión a dicho sustrato extraño (8).

8. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el procedimiento de despegado se consigue sumergiendo el sustrato (3) en una solución de HF en concentración entre 12 y 35% y utilizando densidades de corriente entre 50 y 250 mA/cm₂ sin variar ningún otro parámetro.

9. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la capa semiconductor porosa (1, 2) es una capa doble de material semiconductor cristalino o amorfo que incluye germanio de silicio, materiales III-V tales como GaAs, InGaAs y polímeros semiconductores.

10. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el sustrato extraño (8) es vidrio o un material polimérico.

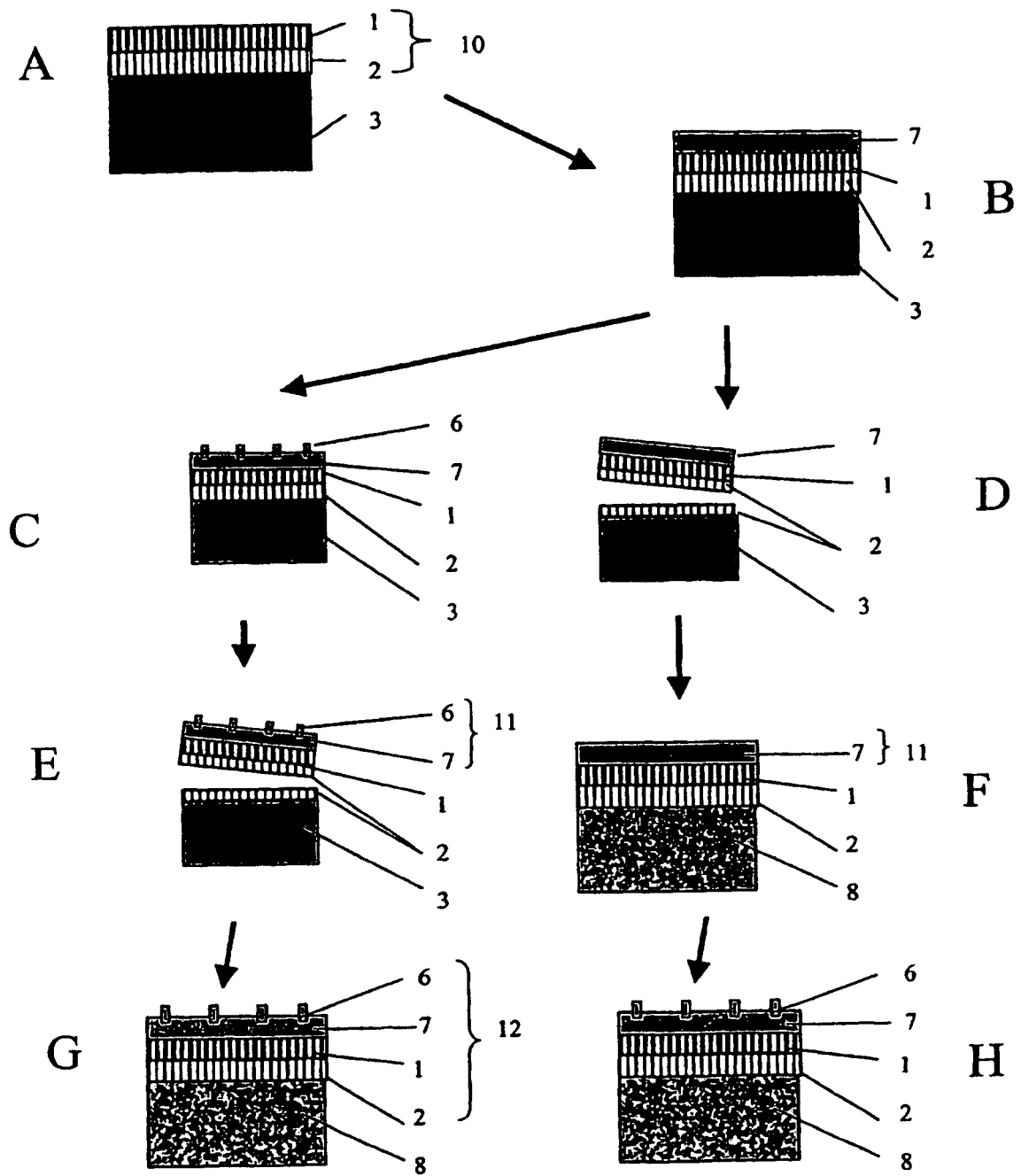


Fig. 1

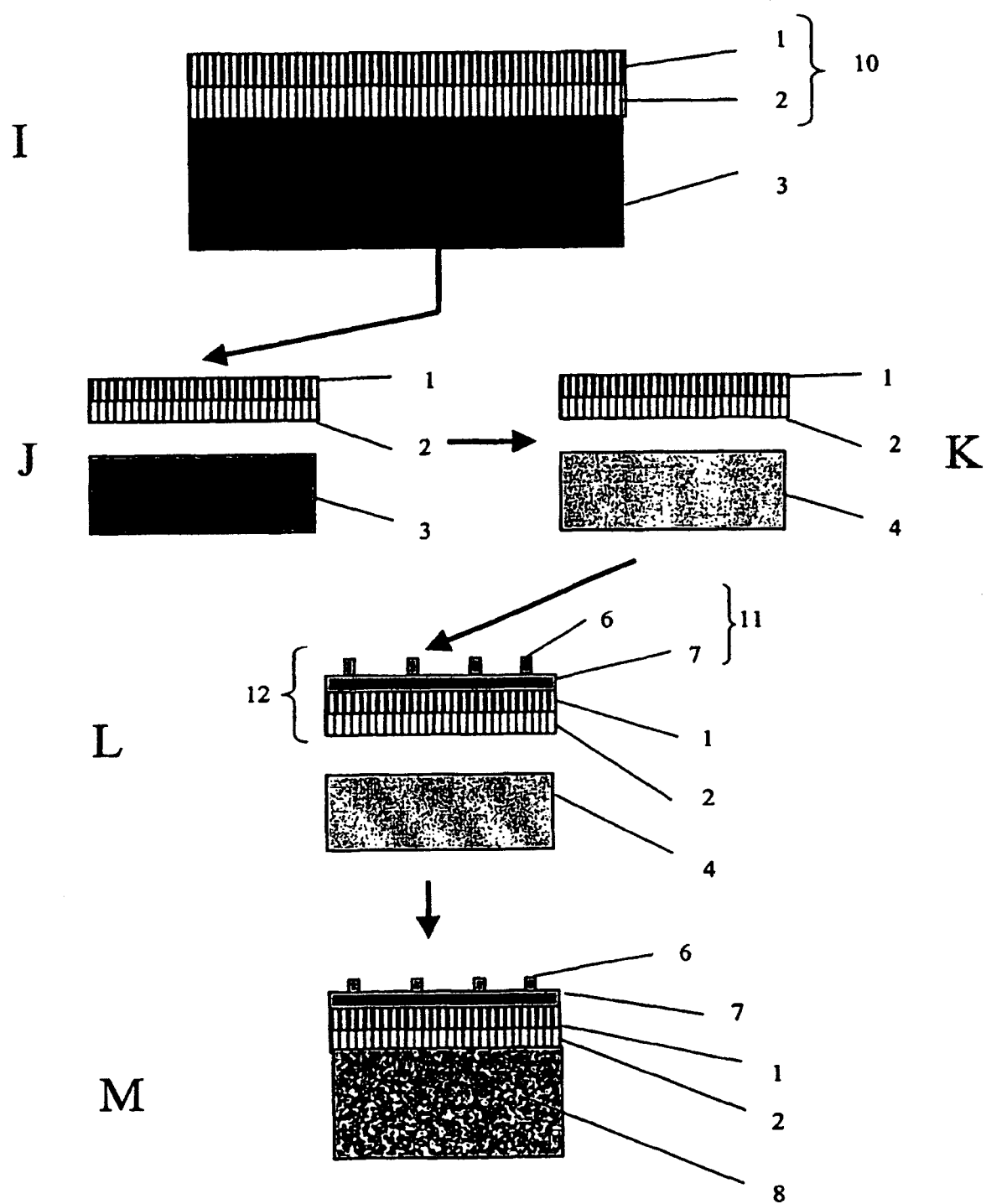


Fig. 2



Fig. 3

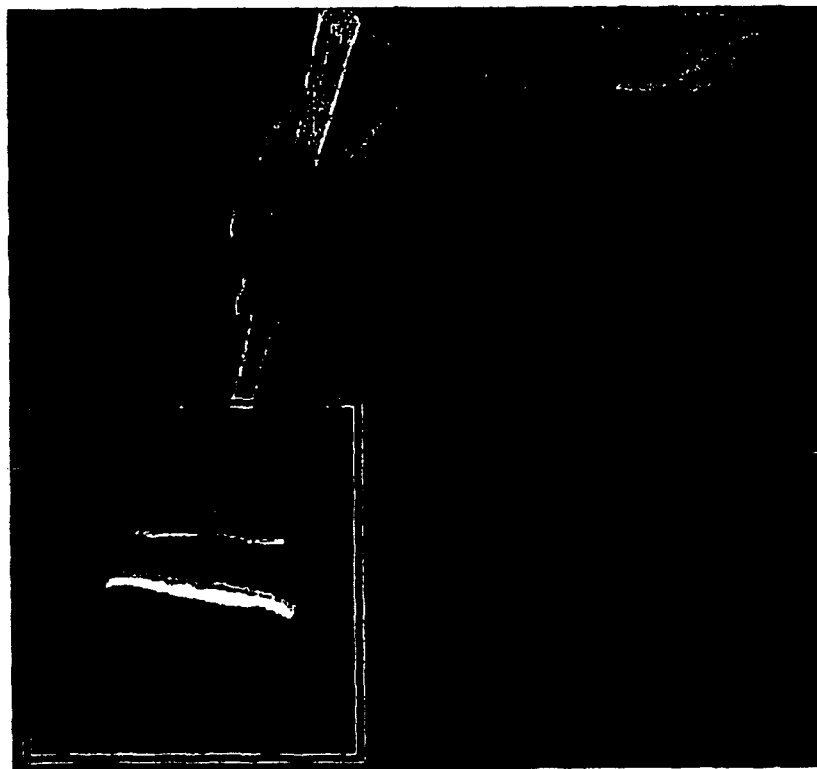


Fig. 4

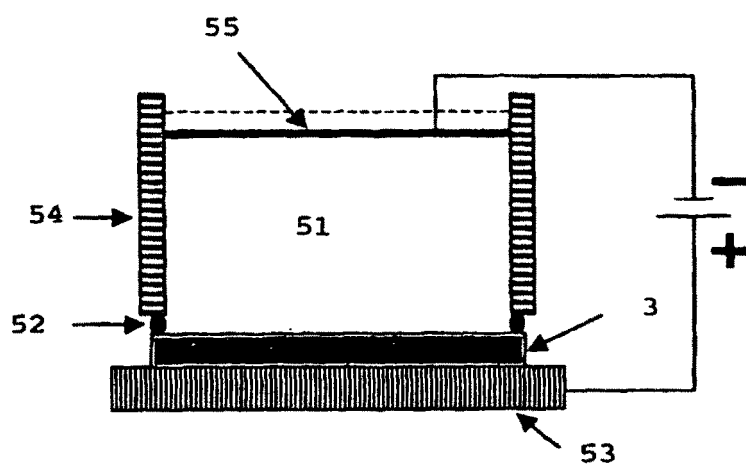


Fig. 5

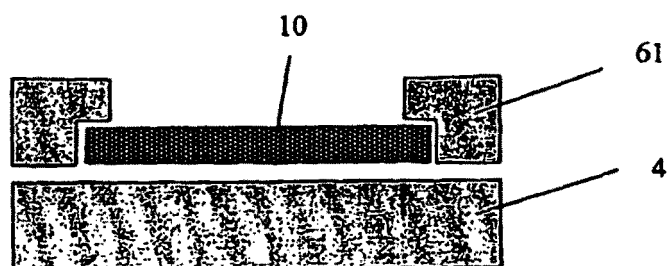


Fig. 6

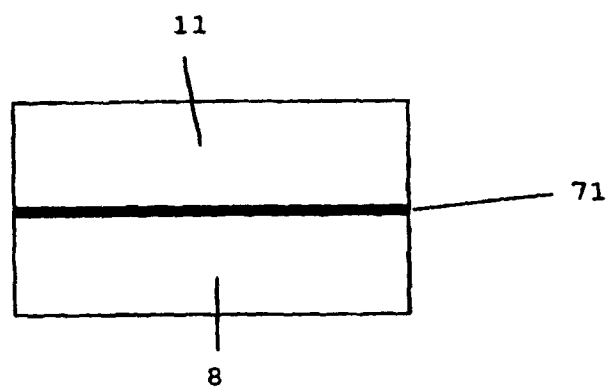


Fig. 7