

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 382 203**

51 Int. Cl.:  
**H01L 27/142** (2006.01)  
**H01L 31/0224** (2006.01)  
**H01L 31/18** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 96 Número de solicitud europea: **09775952 .6**
- 96 Fecha de presentación: **11.07.2009**
- 97 Número de publicación de la solicitud: **2308090**
- 97 Fecha de publicación de la solicitud: **13.04.2011**

54 Título: **Módulo solar de capas delgadas contactado en un solo lado y provisto de una capa de contacto interior**

30 Prioridad:  
**30.07.2008 DE 102008035327**  
**01.12.2008 DE 102008060404**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:  
**06.06.2012**

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:  
**06.06.2012**

73 Titular/es:  
**Helmholtz-Zentrum Berlin für Materialien und  
Energie GmbH**  
**Glienicker Strasse 100**  
**14109 Berlin**

72 Inventor/es:  
**STANGL, Rolf;**  
**LIPS, Klaus y**  
**RECH, Bernd**

74 Agente/Representante:  
**Lehmann Novo, Isabel**

ES 2 382 203 T3

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

## DESCRIPCIÓN

Módulo solar de capas delgadas contactado en un solo lado y provisto de una capa de contacto interior.

La invención se refiere a un módulo solar de capas delgadas contactado en un solo lado que comprende una capa de soporte, una capa absorbidora fotoactiva y al menos una capa dopante depositada sobre toda la superficie de un lado de la capa absorbidora, así como otras capas funcionales, estando subdividido el paquete de capas delgadas formado a base de éstas en zonas de célula solar por medio de zanjas de separación aislantes, y que comprende también un primer sistema de contacto, que presenta elementos de contactado y una capa de contacto de unión de estos, y un segundo sistema de contacto que presenta una capa de contacto en el lado de la capa absorbidora alejado de la capa de soporte para la derivación separada de portadores de carga (p, n) sobrantes generados en la capa absorbidora por la incidencia de la luz, estando conectados en serie ambos sistemas de contacto dentro de zonas de conexionado y estando eléctricamente aislados uno respecto de otro por fuera de las zonas de conexionado, y a un procedimiento para la fabricación de un módulo solar de capas delgadas de esta clase.

Los módulos solares fabricados por la tecnología de capas delgadas se basan en semiconductores que se aplican preferiblemente sobre una superficie grande de capas de soporte generalmente baratas, como vidrio, películas de metal o películas de plástico. Las diferentes variantes tecnológicas no se han llevado ciertamente todavía al grado de madurez para fabricación en serie de la misma manera que la tecnología de las pastillas de silicio, pero ofrecen a medio plazo el mayor potencial de reducción de costes. Se economiza material semiconductor caro en comparación con la tecnología de pastillas convencional. En el caso de silicio cristalino esto es especialmente importante, ya que actualmente no son suficientes las capacidades de fabricación del silicio para cubrir la demanda. Además, en los módulos solares de capas delgadas se suprime el ensamble de células solares individuales. Los paquetes de capas delgadas depositados sobre una gran superficie se subdividen en zonas más pequeñas (casi siempre zonas de célula solar paralelas en forma de tiras) y se conexionan después en serie de una manera integrada. Se pueden revestir así capas de soporte de hasta un metro cuadrado de tamaño, lo que reduce significativamente el coste de manipulación en fábrica. El desafío en los módulos solares de capas delgadas reside en la consecución de rendimientos eficientes mediante una absorción de luz suficiente en las capas funcionales.

Las zonas de célula solar de los módulos solares de capas delgadas transforman la luz en energía eléctrica. Usualmente, éstas se componen de materiales semiconductores directos o indirectos que, por dopado, contienen capas o zonas de conductividad diferente para portadores de carga positivos (p, agujeros, tipo p) y negativos (n, electrones, tipo n). Estas capas se denominarán seguidamente con el nombre de "capas dopantes" para la acumulación de los portadores de carga. Los portadores sobrantes positivos y negativos generados por la luz incidente son generados principalmente en la capa absorbidora; ésta está en una configuración pin no dopada (intrínsecamente, i) o sólo débilmente dopada y está en contacto por ambos lados tanto con capas dopantes fuertemente conductoras de tipo n como con capas dopantes fuertemente conductoras de tipo p. Cuando la capa absorbidora está dopada, la al menos una capa fuertemente contradopada se denomina capa emisora y se presenta una configuración pn. Opcionalmente, la capa absorbidora y la capa emisora pueden estar todavía en contacto con capas funcionales dotadas de un fuerte dopado idéntico. Se originan capas de pasivación de campo que sirven en el lado frontal o en el lado dorsal para la retrodispersión de portadores de carga no acumulados (capas o zonas BSF o FSF). Los portadores de carga sobrantes son separados en la transición pn entre la capa emisora y la capa absorbidora (configuración pn empleando una capa absorbidora dopada) o por el campo eléctrico en la capa absorbidora intrínseca o débilmente dopada, que es cubierta por las capas dopantes de tipo n y de tipo p dispuestas en ambos lados de la capa absorbidora (configuración pin empleando una capa absorbidora intrínseca), y dichos portadores de carga pueden ser acumulados y evacuados por sistemas de contacto unidos de forma eléctricamente conductora con las respectivas zonas/capas. La configuración pin puede considerarse como un caso límite de la configuración pn con un perfil de dopado especial. Sin embargo, contribuyen a la potencia eléctrica utilizable de módulos solares de capas delgadas únicamente los portadores de carga sobrantes que alcanzan también los sistemas de contacto y no se recombinan previamente.

En contraste con las células solares monocristalinas o multicristalinas convencionales a base de pastillas de silicio, las células solares de capas delgadas con una capa absorbidora ultradelgada son más delgadas en aproximadamente el factor 100. Para los respectivos materiales de las células solares están disponibles diferentes procedimientos de fabricación industriales desde vaporización del material de soporte en alto vacío hasta procedimientos de rociado. Gracias a las células solares de capas delgadas se espera a largo plazo una sensible reducción de los precios de las instalaciones fotovoltaicas. El ahorro de material, la investigación de nuevos materiales semiconductores, los procesos de baja temperatura, que son netamente más eficientes en energía, las sencilla fabricación de módulos por estructuración de zonas planas de células solares y un alto grado de automatización hacen posibles unos costes de fabricación más bajos. Aparte de las células solares de capas delgadas a base de silicio amorfo (a-Si:H) o semiconductores de compuestos de calcogenuro (Cl(G)S(e), CdTe), se tiene que especialmente las células solares de capas delgadas a base de silicio microcristalino o policristalino ( $\mu\text{c-Si}$ , polic-Si; c-Si representa ambas clases) son muy atractivas a largo plazo, ya que poseen el potencial de altos rendimientos, son ecológicamente inocuas y el material de partida está presente en cantidad suficiente. Es también especialmente muy prometedora la combinación de silicio microcristalino o policristalino como absorbedor y silicio

amorfo como emisor, ya que su hueco de banda, debido al hidrógeno contenido, es mayor que el del silicio cristalino (c-Si/a-Si:H) y el a-Si:H puede pasivar bien la superficie límite del absorbedor.

En general, los módulos solares de capas delgadas comercialmente obtenibles presentan un conexionado en serie de dos lados en el que un contacto superficial del lado posterior de la célula solar se une con un contacto superficial del lado delantero de la célula solar. Esto origina un contactado en ambos lados de las zonas individualizadas de la célula solar. Sin embargo, resulta de esto una zona muerta relativamente grande que reduce la eficiencia en el módulo solar terminado. Debido al contactado superficial en ambos lados no se pueden aplicar conceptos incrementadores del rendimiento, tal como, por ejemplo, la introducción de contactados puntiformes o un contactado exclusivo en el lado trasero, evitando pérdidas de absorción por el sistema de contacto del lado delantero.

En contraste con esto, en los módulos solares de capas delgadas con un conexionado en serie por un lado ambos sistemas de contacto para la acumulación separada de los portadores de carga están situados en un lado común de la capa absorbidora. Esto tiene de momento básicamente la ventaja de que solamente tiene que mecanizarse un lado para el contactado. En el sentido de la presente invención, se emplea el término "contactado del lado delantero" cuando ambos sistemas de contacto se encuentran en el lado ("lado delantero") del módulo solar que está expuesto a la incidencia de la luz durante el funcionamiento del módulo solar. Por el contrario, el término "contactado del lado trasero" se emplea cuando ambos sistemas de contacto están dispuestos en el lado ("lado trasero") del módulo solar que no está expuesto a la incidencia de la luz durante el funcionamiento del módulo solar. En la disposición de los sistemas de contacto es importante en primer lugar su eficiencia para la acumulación de portadores de carga. En caso de una configuración pn se cumple que: si la capa absorbidora es de calidad electrónica suficientemente buena, es decir que la longitud de difusión aparente efectiva de los portadores de carga minoritarios es sensiblemente mayor que el espesor de la capa absorbidora, la capa emisora deberá encontrarse entonces regularmente de manera ventajosa en el lado trasero del módulo solar de capas delgadas ("contactado del lado trasero"). Resultan de esto entonces especialmente las ventajas de que, en primer lugar, no se presentan pérdidas por sombras o absorción a través de un sistema de contacto del lado delantero, lo que conduce a una mejora de la eficiencia, y, en segundo lugar, es posible una sencilla cobertura de toda la superficie del lado del módulo solar de capas delgadas - expuesto a la incidencia de la luz durante el funcionamiento del módulo solar - con otras capas funcionales. En este caso, se puede tratar, por ejemplo, de capas antirreflejos o de pasivación superficial, pero también de una capa de pasivación de campo del lado frontal (Front Surface Field FSF - campo de superficie frontal) para la retrodispersión de portadores de carga emigrados. Sin embargo, si la carga absorbidora es de calidad electrónica relativamente pequeña, es decir que la longitud de difusión aparente efectiva de los portadores de carga minoritarios es del orden de magnitud del espesor de la capa absorbidora o más pequeña que éste, la capa emisora deberá estar situada entonces ventajosamente en el lado delantero del módulo ("contactado del lado delantero"). Todos los portadores de carga minoritarios de la capa absorbidora, que se generan a una profundidad que es más pequeña que la longitud de difusión aparente efectiva de la capa absorbidora, pueden ser acumulados entonces de manera fiable. En el contactado del lado delantero puede estar prevista, para lograr una retrodispersión mejoradora de la eficiencia, una capa de pasivación de campo del lado trasero (Back Surface Field, BSF - campo de superficie dorsal) (análogamente a lo que ocurre en el contactado del lado trasero de una capa de pasivación de campo del lado frontal (Front Surface Field FSF)). Sin embargo, un contactado del lado delantero origina desventajas por pérdidas por absorción o por sombras inevitables a través de los sistemas de contacto del lado delantero. En el caso de una configuración pin se aplican consideraciones análogas en una forma algo debilitada.

Sin embargo, apenas se han podido materializar hasta ahora módulos solares de capas delgadas contactados en un solo lado, lo que está relacionado especialmente con el elevado coste de estructuración originado hasta este momento por un contactado de un solo lado y con un conexionado en serie compatible con el mismo en el módulo solar de capas delgadas. El único módulo solar de capas delgadas contactado en un solo lado (lado dorsal), conocido e industrialmente realizado emplea un conexionado en serie especialmente desarrollado ("concepto de doble punto").

## ESTADO DE LA TÉCNICA

La presente invención parte del módulo solar de capas delgadas conocido por el documento WO 03/019674 A1, con una configuración de lado trasero de ambos sistemas de contacto (véanse las figuras 1A y 1B referentes al estado de la técnica, denominado en lo que sigue "concepto de doble punto"), como estado de la técnica más próximo (compárese también con la publicación I de P. A. Basore: "Simplified Processing and Improved Efficiency of Crystalline Silicon on Glass Modules", Proc. EPVSEC-19, París, Francia, Junio de 2004). En este concepto de doble punto ambos sistemas de contacto del lado trasero están configurados con elementos de contactado puntiformes de estructuración diferente. Por tanto, para poder acumular eficientemente los portadores de carga sobrantes son necesarios tamaños de estructura que son significativamente más pequeños que la longitud de difusión efectiva de la capa absorbidora. Por consiguiente, en caso de una calidad peor del absorbedor se necesitan tamaños de estructura muy pequeños. Estos pueden materializarse tecnológicamente en la actualidad - si es que ello es siquiera posible - con sólo un coste muy grande, por ejemplo mediante fotolitografía. Por este motivo, para configurar la longitud de difusión efectiva lo más grande posible se emplea también en el concepto de doble punto conocido silicio recristalizado para la capa absorbidora, el cual presenta una longitud de difusión efectiva relativamente alta para

módulos solares de capas delgadas. Por tanto, en el concepto de doble punto conocido solamente se pueden utilizar absorbedores con grandes longitudes de difusión.

En el concepto de doble punto conocido se conexionan en serie uno con otro los elementos de contactado puntiformes diferentemente realizados de ambos sistemas de contacto. Esto requiere un contactado de las zonas de célula solar de forma de tira a través exclusivamente de contactos puntuales. Sin embargo, aumenta con ello el coste de la estructuración, ya que tienen que materializarse dos elementos de contactado puntuales de clases diferentes. Asimismo, en el concepto de doble punto conocido se plantean también problemas con la alineación de los módulos solares de capas delgadas fabricados durante el proceso de producción para realizar el conexionado en serie. Existe el problema - extraordinariamente difícil de resolver en el plano tecnológico - de la alineación de estructuras pequeñas sobre superficies grandes, ya que los diferentes elementos de contactado puntiformes sobre superficies grandes tienen que estar exactamente alineados uno con otro para poder unirlos eléctricamente.

Exclusivamente en el sector de la tecnología de células solares (de capas gruesas) basada en pastillas se conoce el documento DE 11 2005 002 592 T2, en el que se describe para una pastilla absorbidora un contactado del lado trasero, con un primer sistema de contacto con elementos de contactado puntiformes y una capa de contacto exterior, y un segundo sistema de contacto con exclusivamente una capa de contacto interior superficial para una configuración pn con una capa emisora dispuesta en el lado trasero. Ambos sistemas de contacto están situados uno sobre otro en el lado de la pastilla absorbidora vuelto hacia el emisor y están separados eléctricamente uno de otro por una capa de aislamiento. La pastilla absorbidora es contactada de manera puntiforme por el primer sistema de contacto y la capa emisora es contactada de forma superficial. La implementación práctica de este concepto exclusivamente para células solares (de capas gruesas) basadas en pastillas es conocida por la Publicación II de R. Stangl et al. "Planar Rear Emitter Back Contact Amorphous/Crystalline Silicon Heterojunction Solar Cells (RECASH/PREASH)" (Informe IEEE-PVSEC-33, Conf., San Diego, USA, 12-16.05.08, presentado el 08.05.2008). Sin embargo, ambas publicaciones carecen de informaciones sobre un posible conexionado de módulos. No obstante, los conceptos de contactado y conexionado de módulos presentados en la tecnología de pastillas no pueden en principio ser transferidos sin más ni más a la tecnología de capas delgadas, ya que las condiciones electrónicas en la capa absorbidora y, por tanto, las condiciones marginales y los requisitos para los sistemas de contacto acumuladores de los portadores de carga se diferencian fundamentalmente. En esto puede verse también la razón por la que hasta ahora no están disponibles en el mercado sistemas de contactado baratos y eficientes para módulos solares de capas delgadas.

### 30 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El problema para la presente invención puede verse, frente al documento WO 03/019674 A1 anteriormente discutido, en indicar un módulo solar de capas delgadas contactado en un solo lado de la clase genérica descrita al principio, en el que no se planteen problemas de alineación durante el conexionado del módulo en serie y las medidas de estructuración necesarias se puedan controlar en principio con medios técnicos y estén reducidas a un mínimo. Asimismo, se deberán poder materializar igualmente con medios técnicos configuraciones pn y configuraciones pin con tamaños de estructura extremadamente pequeños. Esto deberá ser válido tanto para sistemas de material homogéneos como para sistemas de material heterogéneos y tanto para un contactado del lado delantero como para un contactado del lado trasero en estructuras sobrepuestas de superestrato y de substrato. La solución para este problema según la invención puede encontrarse en la reivindicación principal. Se indica también un procedimiento de fabricación preferido para el módulo solar de capas delgadas reivindicado. Perfeccionamientos ventajosos pueden encontrarse en las respectivas reivindicaciones subordinadas y se explican seguidamente con más detalle en relación con el dibujo.

En el módulo solar de capas delgadas según la invención el segundo sistema de contacto consiste exclusivamente en una capa de contacto interior que cubre continuamente la superficie de todo el lado de las zonas de célula solar de capas delgadas que queda alejado de la capa de soporte y que presenta únicamente estructuraciones (en el sentido de escotaduras tales como agujeros, hendiduras, etc.) para los elementos de contactado del primer sistema de contacto. No están presentes elementos de contactado que sobresalgan de la superficie de contacto interior y sirvan para alcanzar capas funcionales más profundas y que a su vez harían necesarias unas estructuraciones en las capas funcionales intermedias. En consecuencia, se suprimen completamente en la invención los pasos de estructuración que deberían preverse para ello. La capa de contacto del primer sistema de contacto está configurada como capa de contacto exterior, cubre todo el paquete de capas delgadas y abarca todos los elementos de contactado. Estos atraviesan en forma eléctricamente aislada las estructuraciones en la capa de contacto interior. La capa de contacto interior y la capa de contacto exterior están dispuestas una sobre otra. Fuera de las zonas de conexionado las dos capas de contacto están eléctricamente aisladas una respecto de otra por medio de la intercalación de una capa de aislamiento. Dentro de las zonas de conexionado estas capas de contacto están unidas una con otra de manera eléctricamente conductora por medio de contactos en serie.

Por tanto, el módulo solar de capas delgadas según la invención implementa por primera vez de una manera técnicamente consecuente para un sistema de capas delgadas un contactado en un solo lado con un primer sistema de contacto puntual y un segundo sistema de contacto superficial. Gracias a la supresión de un segundo sistema de

contacto puntual se reduce considerablemente el coste de la estructuración frente al concepto de doble punto conocido. En la invención es necesario ahora un paso de estructuración. Se estructura la primera capa de contacto del segundo sistema de contacto para formar los elementos de contactado del primer sistema de contacto. No se presentan problemas de alineación durante la conexión de los módulo, ya que ahora los elementos de contactado puntuales se unen con una capa de contacto superficial.

Para implementar la invención, el segundo sistema de contacto presenta exclusivamente una capa de contacto interior que está dispuesta entre la capa absorbedora y la capa de contacto exterior del primer sistema de contacto y que - según la constitución del paquete de capas delgadas - puede servir para el contactado de la propia capa absorbedora, pero también para cualquier otra capa funcional conductora de portadores de carga. Además, los dos sistemas de contacto están eléctricamente aislados uno de otro, fuera de las zonas de conexionado, por medio de una capa de aislamiento que cubre de plano toda la superficie de la célula solar de capas delgadas. Después de una estructuración conjunta de la capa de contacto interior del segundo sistema de contacto, en unión de la capa de aislamiento y de las capas funcionales en el módulo solar de capas delgadas, se pueden aplicar entonces otras capas funcionales y la capa de contacto exterior del primer sistema de contacto sin ninguna estructuración adicional. El conexionado en serie de las distintas zonas de célula solar de capas delgadas en el módulo, configuradas preferiblemente en forma de tiras, está aquí ya integrado en la estructuración. Con ambos sistemas de contacto se puede contactar cualquier clase de capa funcional (capa emisora, capa de pasivación de campo BSF o FSF, capa absorbedora, capas dopantes de dopado contrario y capa intrínseca) mediante una disposición correspondiente de las capas de contacto y una realización correspondiente de los elementos de contactado, así como mediante la previsión de elementos de contactado pasantes (prolongaciones de los elementos de contactado a través de la capa absorbedora), todo ello según la ejecución de la capa de soporte, la disposición de las capas funcionales y la ejecución de la configuración (pn o pin).

Se presenta con la invención un módulo solar de capas delgadas contactado en un solo lado, con un conexionado en serie en un solo lado en el que los elementos de contactado del primer sistema de contacto con la capa de contacto del segundo sistema de contactado están conexionados en serie de una manera extraordinariamente sencilla entre zonas de célula solar de capas delgadas contiguas. Para el conexionado del módulo se necesitan entonces solamente contactos eléctricos en serie así como zanjas de aislamiento configuradas linealmente o en forma de meandros. Un módulo solar de capas delgadas contactado en un sólo lado y conexionado de una manera tan sencilla presenta frente a todos los conexionados de módulo en un solo lado un coste de estructuración considerablemente más reducido. Además, se suprime el problema de la alineación de pequeñas estructuras sobre superficies grandes, ya que no tienen que alinearse mutuamente elementos de contactado puntuales de naturalezas diferentes. En comparación con el conexionado convencional de sistemas de contacto en ambos lados, utilizado hasta ahora en casi todos los demás módulos solares de capas delgadas, se reduce, además, netamente la zona muerta ineficiente en el módulo. En el caso de un elemento de contactado del lado trasero se pueden evitar completamente con la invención las pérdidas por absorción o por sombras del sistema de contacto del lado delantero, es decir, el sistema de contacto vuelto hacia la incidencia de la luz. Además, se facilita también sensiblemente el proceso técnico para elementos de contactado pasantes a través de la capa absorbedora hasta las capas funcionales situadas debajo de ésta. Con una disposición de los sistemas de contacto en el lado delantero, las superficies de contacto se pueden realizar como transparentes o en forma de rejilla y los elementos de contactado se pueden realizar con superficie minimizada, especialmente en forma puntual o lineal.

Preferiblemente, los contactos en serie están configurados en forma lineal para el conexionado en serie de las zonas de célula solar de capas delgadas. La capa de contacto exterior del primer sistema de contacto está estructurada entonces en las zonas de conexionado por medio de zanjas de aislamiento lineales. Como alternativa, los contactos en serie pueden estar configurados también como puntiformes, estando estructurada entonces la capa de contacto exterior del primer sistema de contacto en las zonas de conexionado por medio de zanjas de aislamiento en forma de meandros. Asimismo, los elementos de contactado del primer sistema de contacto y las estructuraciones de la capa de contacto interior del segundo sistema de contacto pueden estar configurados preferiblemente en forma puntual o lineal.

En el módulo solar de capas delgadas según la invención puede formarse tanto un contactado del lado trasero, cuando la capa de soporte está configurada como un superestrato y los dos sistemas de contacto están dispuestos en el lado del módulo solar de capas delgadas que queda alejado de la incidencia de la luz, como puede configurarse también un contactado del lado delantero cuando la capa de soporte está configurada como un sustrato y los dos sistemas de contacto están dispuestos en el lado del módulo solar de capas delgadas que queda vuelto hacia la incidencia de la luz. Una realización de superestrato con contactado del lado delantero o una realización de sustrato con contactado del lado trasero origina una disposición de los sistemas de contacto entre la capa absorbedora y la capa de soporte. Estas formas de realización son ciertamente materializables en el aspecto técnico, pero son menos interesantes en cuanto a su aplicación. Asimismo, se puede implementar una configuración pn con una capa absorbedora dopada y al menos una capa emisora contradopada como capa dopante para separar los portadores de carga sobrantes generados por la incidencia de la luz en la capa absorbedora. En este caso, la capa absorbedora o una capa funcional correspondiente conductora de portadores de carga puede ser contactada entonces a través de los elementos de contactado del primer sistema de contacto que atraviesan en forma aislada

5 las capas situadas encima de ella y la capa emisora o una capa funcional correspondiente conductora de portadores de carga puede ser contactada con la capa de contacto interior del segundo sistema de contacto. Es igualmente posible una asociación inversa. Asimismo, con una configuración pn la capa emisora está dispuesta en el lado del módulo solar de capas delgadas que queda vuelto hacia la incidencia de la luz o alejado de ésta. Por otro lado, en el

10 módulo solar de capas delgadas según la invención se puede implementar también de manera especialmente ventajosa una configuración pin con una capa absorbidora intrínseca o débilmente dopada y al menos dos capas dopantes de dopado contrario a ambos lados de la capa absorbidora para separar los portadores de carga sobrantes generados por la incidencia de la luz en la capa absorbidora. Una de las dos capas dopantes o una capa funcional correspondiente conductora de portadores de carga puede ser contactada entonces a través de los

15 elementos de contactado del primer sistema de contacto que atraviesan en forma aislada las capas situadas encima de ella y la otra capa dopante o una capa funcional correspondiente conductora de portadores de carga puede ser contactada con la capa de contacto interior del segundo sistema de contacto. Otros detalles de posibles formas de realización pueden deducirse de la parte especial de la descripción.

20 En otras formas de realización del módulo solar de capas delgadas según la invención pueden estar previstas todavía ventajosamente como al menos una capa funcional adicional una capa antirreflejos, una capa de semillas, una capa de pasivación superficial, una capa de pasivación de campo, una capa conductora y/o una capa tampón. Además, pueden materializarse tanto homorealizaciones, en las que la al menos una capa dopante consiste en el mismo material semiconductor que el material semiconductor de la capa absorbidora, como heterorealizaciones con material semiconductor diferente. En el aspecto técnico de los materiales, la capa absorbidora consiste en silicio cristalino (c-Si) o en silicio policristalino (poli-Si), la capa emisora o la capa dopante consiste en silicio amorfo enriquecido en hidrógeno (a-Si:H) o en silicio policristalino (poli-Si), las capas de pasivación de campo consisten en silicio amorfo enriquecido en hidrógeno (a-Si:H), las capas tampón consisten en silicio intrínseco amorfo (i-a-Si), la capa de aislamiento consiste en resina u óxido de silicio, la capa conductora consiste en óxido conductor transparente (TCO) o molibdeno, las capas de pasivación superficial, de reflexión y de antirreflejos consisten en

25 nitruro de silicio (SiN), el superestrato o el substrato consiste en vidrio y los sistemas de contacto consisten en aluminio u óxido transparente conductor (TCO).

En un procedimiento preferido para fabricar el módulo solar de capas delgadas contactado en un solo lado anteriormente descrito según la invención en sus diferentes formas de realización, el primer sistema de contacto puede fabricarse con sus elementos de contactado y su capa de contacto exterior por

- 30 - generación de estructuraciones en el paquete de capas delgadas hasta la capa dopante o funcional a contactar por medio de perforación, corrosión o ablación con láser,
- aislamiento eléctrico de las estructuraciones dejando que fluya material aislante líquido y
- metalización no estructurada de toda la superficie del paquete de capas delgadas y de las estructuraciones.

35 En este caso, el material aislante fluyente puede consistir en resina. Además, se puede realizar ventajosamente antes de la metalización una deposición no estructurada de otra capa funcional ocupando toda la superficie. Como alternativa, los elementos de contactado del primer sistema de contacto y/o los contactos eléctricos en serie para el conexionado en serie de las zonas de la célula solar pueden producirse también por quemado con láser.

### **EJEMPLOS DE REALIZACIÓN**

40 El módulo solar de capas delgadas contactado en un solo lado según la invención en sus diferentes formas de realización es explicado seguidamente con más detalle ayudándose de ejemplos de realización contenidos en las figuras esquemáticas no realizadas a escala (por motivos de representabilidad, todas las capas no están relacionadas a escala unas con otras), cuyas figuras ofrecen secciones transversales y vistas en planta de módulos solares de capas delgadas.

### **RESPECTO DEL ESTADO DE LA TÉCNICA, MUESTRAN:**

45 La figura 1A, un concepto de conexionado de doble punto para el conexionado en serie por el lado trasero de módulos solares de capas delgadas, en sección transversal, y

La figura 1B, un concepto de conexionado de doble punto para el conexionado en serie por el lado trasero de módulos solares de capas delgadas según la figura 1A, en una vista en planta.

### **RESPECTO DE LA INVENCIÓN, MUESTRAN:**

50 La figura 2, una forma de realización con capa emisora y capa de pasivación de campo en el lado trasero,

La figura 3, una forma de realización con capa emisora y capa conductora en el lado trasero,

La figura 4, una forma de realización con capa emisora en el lado trasero, sin capa conductora,

La figura 5, una forma de realización con capa emisora en el lado delantero, sin capa conductora,

La figura 6, una forma de realización con capa emisora y capa conductora en el lado delantero,

La figura 7A, una vista en planta con contactos en serie lineales,

5 La figura 7B, una vista en planta con contactos en serie puntiformes y

Las figuras 8A-J, la fabricación de un módulo solar de capas delgadas según la figura 2.

Respecto del estado de la técnica, en las figuras 1A (sección transversal) y 1B (vista en planta con indicación de sección) se representa el único concepto de conexionado de módulo por un solo lado (lado trasero), técnicamente realizado hasta ahora, en técnica de capas delgadas ("concepto de doble punto") según el documento WO 10 03/019674 A1 ya discutido en la introducción de la descripción, para obtener una configuración pn técnicamente realizable con realización de superestrato. Un primer sistema de contacto 100 del lado trasero y un segundo sistema de contacto 200 del lado trasero presentan ambos unos puntos de contacto 300, 400 para el contactado de una capa emisora 500 y una capa de pasivación de campo 600 a ambos lados de una capa absorbidora 700 sobre un superestrato 770. Los contactos puntuales 300, 400 están alineados uno con otro y están unidos de manera eléctricamente conductora uno con otro a través de estrechas tiras de contacto 800 de modo que resulta un conexionado en serie de las zonas 900 de forma de tira de una célula solar. Por lo demás, los dos sistemas de contacto 100, 200 están eléctricamente aislados uno de otro por medio de una capa de aislamiento 990.

Todas las figuras de la invención muestran configuraciones de superestrato en las que la incidencia de la luz se efectúa a través del superestrato actuante como capa de soporte. Sin embargo, las configuraciones de substrato son idénticas en la constitución de su paquete de capas delgadas a las configuraciones de superestrato mostradas. En las configuraciones de substrato la luz incide en el paquete de capas delgadas a través de los dos sistemas de contacto y ya no a través de la capa de soporte. Como consecuencia, los dos sistemas de contacto y la capa de aislamiento tienen que estar realizados en forma transparente. Ambos sistemas de contacto pueden ser, por ejemplo, de óxido transparente conductivo (TCO) y la capa de aislamiento - en vez de ser de resina - puede consistir, por ejemplo, en óxido de silicio transparente ( $\text{SiO}_2$ ) o nitruro de silicio transparente (SiN). Por el contrario, la capa de pasivación aislante o la capa conductora ya no tiene que estar realizada de todos modos como necesariamente transparente, tal como es necesario en la configuración de superestrato. Por tanto, la capa conductora en la configuración de substrato puede ser, por ejemplo, de metal en vez de ser de óxido conductivo.

Además, las figuras 2 a 8 muestran configuraciones pn. Sin embargo, todas las formas de realización mostradas pueden ejecutarse de manera correspondiente también como una respectiva configuración pin, ya que el esquema de contactado hacia fuera es idéntico. Se contactan solamente cada vez por los sistemas de contacto primero y segundo otras capas funcionales en el paquete de capas delgadas. Las capas emisoras y de pasivación de campo mostradas en la configuraciones pn corresponden a capas dopantes en configuraciones pin acumuladoras de portadores de carga (electrones tipo n, agujeros tipo p) y la capa absorbidora no está entonces fuertemente dopada, sino que está en estado no dopado (intrínseco) o sólo está ligeramente dopada. Todas las capas dopantes pueden consistir, por ejemplo, como capa individual en a-Si:H dopado o en una capa doble de a-Si:H intrínseco y dopado. La capa intrínseca realiza entonces la función de una capa tampón (no representada). Los símbolos de referencia no mostrados o descritos seguidamente en las figuras pueden encontrarse en las figuras y las descripciones precedentes.

La figura 2 muestra un módulo solar 00 de capas delgadas conexionado en serie a base de zonas de célula solar 01 de forma de tiras en configuración pn. Una capa portadora 02 está configurada como superestrato 03 y está dispuesta por encima de un paquete 04 de capas delgadas. La incidencia 05 de la luz se efectúa a través del superestrato 03. Se representa una capa absorbidora 06 con la que limita una capa emisora 07. Ésta puede estar configurada como una capa individual o como una capa doble (véase más arriba). Respecto de la incidencia 05 de la luz, la capa emisora 07 está dispuesta en el lado trasero de la capa absorbidora 06. En el lado delantero, es decir, entre la capa absorbidora 06 y el superestrato 03, se encuentra la capa de pasivación superficial transparente eléctricamente aislante 08, por ejemplo de SiN, la cual es opcional. Asimismo, está prevista una capa de pasivación de campo eléctricamente conductora 11 (BSF del lado trasero). Ésta a su vez puede estar configurada como una capa individual o una capa doble (véase más arriba). Sin embargo, la capa de pasivación de campo 11 es también opcional.

En la figura 2 se muestran un primer sistema de contacto 12 y un segundo sistema de contacto 13, los cuales están dispuestos ambos en el lado trasero del módulo solar 00 de capas delgadas (referido a la incidencia 05 de la luz) y, por consiguiente, no tienen que estar realizados como transparentes. El primer sistema de contacto 12 está constituido por unos elementos de contactado generalmente puntiformes o lineales 14 y una capa de contacto exterior 15 configurada en forma superficial o en forma de rejilla. Los sitios de contacto puntiformes o lineales 14 contactan la capa absorbidora 06 en su lado alejado de la incidencia 05 de la luz y, por consiguiente, no están

realizados como elementos de contactado pasantes. Por el contrario, el segundo sistema de contacto 13 consiste en una capa de contacto interior 16 de configuración superficial que está correspondientemente estructurada para la realización de los elementos de contactado puntuales o lineales 14 del primer sistema de contacto 12. Entre el primer sistema de contacto 12 y el segundo sistema de contacto 13 está dispuesta una capa de aislamiento 17.

5 En el módulo solar 00 de capas delgadas se representa una zona de conexionado 21 definida por un conexionado en serie 20 de las zonas 01 de la célula solar. Dentro de esta zona de conexionado 21, la capa de contacto exterior 15 - que penetra en la zona de conexionado 21 - del primer sistema de contacto 12 de una zona de célula solar 09 adyacente a la zona de conexionado 21 en uno de los lados está unida de manera eléctricamente conductora por medio de contactos en serie 22 con la capa de contacto interior 16 - que penetra en la zona de conexionado 21 - del  
10 segundo sistema de contacto de una zona de célula solar 10 adyacente a la zona de conexionado 21 en el otro lado. Por fuera de la zona de conexionado 21 los dos sistemas de contacto 12, 13 están eléctricamente aislados uno de otro por la capa de aislamiento 17. Los contactos en serie 22 definen una zona de contacto 23 en la zona de conexionado 21. Además, en la zona de conexionado 21 se encuentra una zona muerta 24 que, en el concepto de  
15 conexionado según la invención, es especialmente pequeña. Asimismo, dentro de la zona de conexionado 21 está prevista una zanja aislante 25 para interrumpir la capa de contacto exterior 15 del primer sistema de contacto 12 y, por tanto, para aislar eléctricamente las zonas de célula solar contiguas 09, 10. El paquete 04 de capas delgadas es subdividido por zanjas de separación 26 en las zonas de célula solar 01 de forma de tiras.

La figura 3 muestra una configuración de un módulo solar 30 de capas delgadas con un primer sistema de contacto 31, cuyos elementos de contactado 32 están configurados como elementos de contactado pasantes 33 a través de  
20 la capa absorbidora 06. Los elementos de contactado pasantes 34 contactan en el ejemplo de realización mostrado con una capa conductora transparente 34, por ejemplo de TCO. Entre la capa absorbidora 06 y el superestrato 07 está dispuesta una capa de pasivación de campo 35 (FSF) estructurada, transparente y conductora. Debido a los elementos de contactado pasantes 33 se producen en la capa absorbidora fotoactiva 06, aparte de la zona muerta 24 en la zona de conexionado 21, otras zonas muertas adicionales 57.

25 La figura 4 muestra una configuración de un módulo solar 36 de capas delgadas con un primer sistema de contacto 37, cuyos elementos de contactado 38 están configurados como elementos de contactado pasantes 39 a través de la capa absorbidora 06 y contactan una capa de pasivación de campo 40 (FSF) no estructurada, transparente y conductora. Entre la capa absorbidora 06 y el superestrato 03 está dispuesta una capa de pasivación superficial 41  
30 aislante y transparente. Ésta es opcional debido a que ya está presente la capa de pasivación de campo 40. Debido a los elementos de contacto pasantes 39 se producen en la capa absorbidora fotoactiva 06, aparte de la zona muerta 24 en la zona de conexionado 21, otras zonas muertas adicionales 57.

En la figura 5 se representa un módulo solar 50 de capas delgadas en el que una capa emisora 51 no estructurada esta dispuesta en el lado delantero de la capa absorbidora 06 previsto con respecto a la incidencia de la luz. En el  
35 lado trasero de la capa absorbidora 06 está prevista ahora una capa de pasivación de campo 52 (BSF) estructurada. El primer sistema de contacto 53 presenta elementos de contactado 54 que, como elementos de contactado pasantes 55, contactan la capa emisora 51 no estructurada. Por debajo de la capa emisora 51 no estructurada está dispuesta una capa de pasivación superficial 56 eléctricamente aislante y transparente, pero la cual es opcional. Sin embargo, con una disposición de la capa emisora 51 en el lado delantero de la capa absorbidora 06, considerado con respecto a la incidencia 05 de la luz, se producen, aparte de la zona muerta 24 en  
40 la zona de conexionado 21, otras zonas muertas adicionales 57 por fuera de la zona de conexionado 21.

La figura 6 muestra un módulo solar 60 de capas delgadas con una capa emisora estructurada 61 en el lado delantero de la capa absorbidora 06. El primer sistema de contacto 62 presenta elementos de contactado 63 en forma de elementos de contactado pasantes 64 que contactan una capa conductora transparente 65 (TCO) no estructurada.

45 En las figuras 2 a 6 se representan configuraciones pn con una capa absorbidora 06 y unas capas emisoras 07, 51, 61. En una configuración pin se emplea una capa absorbidora intrínseca o débilmente dopada 70 entre dos capas dopantes contrariamente dopadas 71, 72. Según el dopado, estas capas corresponden a la capa emisora y a la capa de pasivación de campo a ambos lados de la capa absorbidora 06. La configuración pin se ha insinuado a título de ejemplo en las figuras 5 y 6 mediante la identificación de las capas correspondientes con los símbolos de referencia  
50 70, 71 y 72.

En las figuras 7A y 7B se muestran dos vistas en planta posibles de módulos solares 00 de capas delgadas según la invención (se han dibujado las líneas de sección para las vistas en sección transversal de las figuras 2 a 6). En la figura 7A se representan los contactos en serie 22 en la realización de contactos en serie lineales 84 para el  
55 conexionado en serie de los dos sistemas de contacto 12, 13 de zonas de célula solar contigua 09, 10. Resultan unas zanjas aislantes 25 en la realización de zanjas aislantes lineales 85. En la figura 7B se representan los contactos en serie 22 en la versión de contactos en serie puntiformes 86 para el conexionado en serie de los dos sistemas de contacto de zonas de célula solar contiguas 09, 10. Resultan unas zanjas aislantes 25 en la versión de zanjas aislantes 87 en forma de meandros. Además, se han insinuado siempre las zanjas de separación lineales 26 entre las zonas de célula solar 09, 10. Se han insinuado también unos elementos de contactado 14 del primer

sistema de contacto 12 en la forma de realización de elementos de contactado puntiformes 88. Especialmente en la forma de realización según la figura 7A con contactos en serie lineales 84, los elementos de contactado 14 pueden estar realizados también como elementos de contactado lineales (no representado adicionalmente). Estas formas de realización citadas son todas ellas idénticas para todas las transiciones entre las zonas de célula solar 01 y rigen para todas las demás formas de realización de módulos solares de capas delgadas según la invención. En las figuras 8A...J se ilustra la fabricación de un módulo solar 00 de capas delgadas con zonas de célula solar 01 configuradas en forma de tiras según la figura 2, incluyendo el conexionado integrado del módulo.

5

(Figura 8A) Habilitación del paquete 04 de capas delgadas

10 Deposición del paquete 04 de capas delgadas: Superestrato 03 (por ejemplo, vidrio)/capa de pasivación (opcional) 08 (por ejemplo, SiN de 80 nm)/capa antirreflejos opcional (no representada)/capa de pasivación de campo opcional (BSF, no representada)/(capa conductora opcional (no representada)/capa absorbidora 06 (por ejemplo, poli-Si recristalizado, que se ha producido mediante un atemperado de a-Si:H de 2  $\mu\text{m}$  depositado en forma amorfa)/capa emisora 07 (por ejemplo, a-Si:H de 30 nm depositado por PECVD)/capa de contacto interior metálica 16 del segundo sistema de contacto 13 (por ejemplo, Al de 500  $\mu\text{m}$  evaporado por haz de electrones).

15 (Figura 8B) Estructuración del módulo

Estructuración del módulo del paquete 04 de capas delgadas en zonas de célula solar individuales 09, 10 (aquí tiras) y producción de zanjas de separación 26, por ejemplo mediante rayado mecánico o trazado con láser.

(Figura 8C) Aplicación de la capa de aislamiento 17 (aislamiento eléctrico del segundo sistema de contacto 13)

20 Se deposita una capa de aislamiento 17 sobre la capa de contacto interior 16 del segundo sistema de contacto 13. Esto se efectúa en toda la superficie (por ejemplo, por deposición PECVD de  $\text{SiO}_2$ ) y estructuración subsiguiente o ya por aplicación estructurada (por ejemplo, serigrafía, impresión por chorros de tinta de una resina (resina de colada), por ejemplo orgánica, o de pastas aislantes).

(Figura 8D) Estructuración puntiforme de la capa de aislamiento 17

25 Se estructura ahora de manera puntiforme la capa de aislamiento 17 dispuesta en el lado trasero. Esto quiere decir que se producen en la capa de aislamiento 17 unas estructuraciones regularmente dispuestas 75 (por ejemplo, agujeros con un diámetro de 100  $\mu\text{m}$ ). La estructuración se efectúa ya al aplicar la propia capa de aislamiento 17 (por ejemplo, por serigrafía/impresión por chorros de tinta de la capa de aislamiento 17) o por impresión mediante chorros de tinta de una solución corrosiva o mediante serigrafía/impresión por chorros de tinta de una capa de enmascaramiento y un proceso de corrosión subsiguiente.

30 (Figura 8E) Exposición puntiforme de la capa absorbidora 06

35 La capa de aislamiento 17 estructurada ahora de manera puntiforme sirve como capa de enmascaramiento para exponer el lado trasero de la capa absorbidora 06 por medio de una solución corrosiva. Se retiran de manera puntiforme tanto la capa de contacto interior 16 del segundo sistema de contacto 13 como la capa emisora 07. Opcionalmente, en caso de que esté presente una capa de pasivación de campo (BSF), se puede retirar también de manera puntiforme la capa absorbidora, produciéndose entonces elementos de contactado pasantes.

Como alternativa a esto, se puede exponer también paso a paso una capa de aislamiento 17 aplicada en forma superficial por medio de estructuración con láser hasta alcanzar el lado trasero de la capa absorbidora 06 (perforación paso a paso con láser de estructuraciones 75 a través de la capa de aislamiento 17, la capa de contacto 16 del segundo sistema de contacto 13 y la capa emisora 07).

40 (Figura 8F) Aislamiento interior de las estructuraciones 75

45 Se cubren los lados interiores de las estructuraciones producidas 75 con un revestimiento de aislamiento 76. Esto se realiza del modo más sencillo empleando una resina de colada orgánica como revestimiento de aislamiento 76 obtenido a través de un breve atemperado. El revestimiento de aislamiento 76 (resina) se licúa después y corre por las estructuraciones 75 abajo. Como alternativa, se puede aplicar una capa de aislamiento adicional sobre toda la superficie de la capa de aislamiento 17 dispuesta en el lado trasero (ésta cubre entonces la capa de aislamiento 17, las paredes y los fondos de las estructuraciones 75) y se pueden liberar (corroer) nuevamente los fondos por mediación de una capa de enmascaramiento aplicada por serigrafía/impresión de chorros de tinta. El material de la capa de aislamiento 17 y el del revestimiento de aislamiento 76 pueden ser idénticos.

50 (Figura 8G) Exposición de aberturas de contactado 77 para los contactos en serie posteriores 22 de los conexionados en serie

Se exponen en la capa de aislamiento 17 unas aberturas de contactado lineales 77 (éstas pueden ser también puntiformes, véase la figura 7B) hacia la capa de contacto 16(13) del segundo sistema de contacto 13 (aquí

contactado de la capa emisora 07) para los contactos en serie 22 de los conexionados en serie del módulo 00 de capas delgadas, efectuándose esto de una manera análoga al paso del procedimiento según la figura 5d. Como alternativa, se puede prescindir de la exposición, y los contactos en serie 22 entre el primer sistema de contacto 12 y el segundo sistema de contacto 13 para la conexión en serie entre las zonas de célula solar contiguas 09, 10 se pueden producir más tarde mediante un contactado realizado por quemado con láser.

(Figura 8H) Deposición opcional no estructurada de una capa de pasivación de campo sobre toda la superficie

Se deposita opcionalmente sobre la capa de aislamiento 17 dispuesta en el lado trasero, ahora estructurada, una capa de pasivación de campo 11 (por ejemplo, a-Si:H de 30 nm depositado por PECVD). Por tanto, esta capa cubre la capa de aislamiento 17 y también los fondos de agujero expuestos del lado trasero de la capa absorbidora 12 y forma así unos elementos de contactado 14 (aquí puntiformes, análogamente también lineales) para el lado trasero del absorbedor.

(Figura 8I) Deposición no estructurada del primer sistema de contacto sobre toda la superficie

Se deposita la capa de contacto exterior metálica 15 del primer sistema de contacto 12 (por ejemplo, Al evaporado por haz de electrones o pastas metálicas serigrafiadas/impresas por chorros de tinta) sobre la capa de pasivación de campo 11 opcionalmente depositada o sobre la capa de aislamiento estructurada 17 dispuesta en el lado trasero. Por tanto, la capa de contacto 15 cubre la capa de pasivación de campo 11 o la capa de aislamiento 17. En la zona de las estructuras previamente aplicadas se originan entonces automáticamente los elementos de contactado 14 y los contactos en serie 22, sin que sean necesarios unos costosos pasos de estructuración propios: El rellenado de la zanja se separación 26 ilustrada en la capa de aislamiento 17 queda entonces sin función.

(Figura 8J) Separación de la capa de contacto exterior del primer sistema de contacto

Para materializar el conexionado en serie de las zonas de célula solar 09, 10 se vuelven a suprimir seguidamente zanjas de aislamiento de la capa de contacto exterior 15 y de la capa de pasivación de campo opcionalmente depositada 11 mediante ablación con láser o mediante un proceso de enmascaramiento con corrosión subsiguiente.

Como alternativa, la capa de contacto metálica exterior 15 puede ser depositada enseguida también en forma estructurada (por ejemplo, mediante pastas metálicas serigrafiadas o impresas por chorros de tinta), de modo que los elementos de contactado 14 contacten tramos de capa de contacto 27 que se depositan estructurados de manera superficial (en forma de tiras o de rejillas) de tal manera que contacten todos los elementos de contactado 14 pertenecientes a una zona de célula solar 09, 10 y un respectivo listón de la rejilla de una zona de célula solar 10 acumule los contactos en serie 22 de la zona de célula solar contigua 09 (no representado en la figura 8J). Si se suprimiera el paso del procedimiento según la figura 8G, se tendría que establecer entonces a continuación, por ejemplo mediante contactado por quemado con láser, la unión eléctricamente conductora del primer sistema de contacto 12 con el segundo sistema de contacto 13.

La producción de un conexionado de módulo con un paquete de capas delgadas con estructura pin se efectúa de una manera completamente análoga, incorporándose en el paquete de capas delgadas una capa absorbidora intrínseca o débilmente dopada y dos capas dopantes contrariamente dopadas. Todos los pasos de revestimiento y de estructuración se realizan de la misma manera que en las realizaciones anteriores. La constitución del paquete de capas delgadas no tiene ninguna influencia sobre la constitución básica del conexionado del módulo con los dos sistemas de contactado, los cuales contactan tan sólo capas correspondientemente diferentes.

En comparación con el conexionado de módulo en serie realizado por un lado en forma superficial/puntual según la invención y conforme a la figura 8J, con un conexionado de módulo en serie superficial por ambos lados, convencional y conocido por el estado de la técnica, en el que casi toda la zona de conexionado es al mismo tiempo también una zona muerta, se tiene que en la invención la zona muerta es significativamente más pequeña. Esto tiene como consecuencia en la invención un mayor rendimiento del módulo, referido a la superficie, en comparación con conexionados en serie convencionales por los dos lados de módulos solares de capas delgadas.

#### LISTA DE SÍMBOLOS DE REFERENCIA

|     |                             |
|-----|-----------------------------|
| 100 | Primer sistema de contacto  |
| 200 | Segundo sistema de contacto |
| 300 | Contacto puntual            |
| 400 | Contacto puntual            |
| 500 | Capa emisora                |
| 600 | Capa de pasivación de campo |
| 700 | Capa absorbidora            |
| 770 | Superestrato                |
| 800 | Tira de contacto            |
| 900 | Zona de célula solar        |

|    |     |   |
|----|-----|---|
|    | 990 | Capa de aislamiento                               |
|    | 00  | Módulo solar de capas delgadas conectado en serie |
|    | 01  | Zona de célula solar                              |
|    | 02  | Capa de soporte                                   |
| 5  | 03  | Superestrato                                      |
|    | 04  | Paquete de capas delgadas                         |
|    | 05  | Incidencia de la luz                              |
|    | 06  | Capa absorbedora                                  |
|    | 07  | Capa emisora                                      |
| 10 | 08  | Capa de pasivación superficial (capa funcional)   |
|    | 09  | Zona de célula solar (contigua)                   |
|    | 10  | Zona de célula solar (contigua)                   |
|    | 11  | Capa de pasivación de campo (capa funcional)      |
|    | 12  | Primer sistema de contacto                        |
| 15 | 13  | Segundo sistema de contacto                       |
|    | 14  | Elementos de contactado (12)                      |
|    | 15  | Capa de contacto exterior (12)                    |
|    | 16  | Capa de contacto interior (13)                    |
|    | 17  | Capa de aislamiento                               |
| 20 | 20  | Conexionado en serie                              |
|    | 21  | Zona de conexionado                               |
|    | 22  | Contacto en serie                                 |
|    | 23  | Zona de contacto                                  |
|    | 24  | Zona muerta                                       |
| 25 | 25  | Zanja de aislamiento                              |
|    | 26  | Zanja de separación                               |
|    | 27  | Tramos de capa de contacto                        |
|    | 30  | Módulo solar de capas delgadas                    |
|    | 31  | Primer sistema de contacto                        |
| 30 | 32  | Elementos de contactado (31)                      |
|    | 33  | Elemento de contactado pasante (32)               |
|    | 34  | Capa conductora                                   |
|    | 35  | Capa de pasivación de campo (capa funcional)      |
|    | 36  | Módulo solar de capas delgadas                    |
| 35 | 37  | Primer sistema de contacto                        |
|    | 38  | Elementos de contacto (37)                        |
|    | 39  | Elemento de contactado pasante (38)               |
|    | 40  | Capa de pasivación de campo (capa funcional)      |
|    | 41  | Capa de pasivación superficial (capa funcional)   |
| 40 | 50  | Módulo solar de capas delgadas                    |
|    | 51  | Capa emisora                                      |
|    | 52  | Capa de pasivación de campo (capa funcional)      |
|    | 53  | Primer sistema de contacto                        |
|    | 54  | Elementos de contactado (53)                      |
| 45 | 55  | Elemento de contactado pasante (54)               |
|    | 56  | Capa de pasivación superficial (capa funcional)   |
|    | 57  | Zona muerta adicional                             |
|    | 60  | Módulo solar de capas delgadas                    |
|    | 61  | Capa emisora                                      |
| 50 | 62  | Primer sistema de contacto                        |
|    | 63  | Elementos de contactado (62)                      |
|    | 64  | Elemento de contactado pasante (63)               |
|    | 65  | Capa conductora (capa funcional)                  |
|    | 70  | Capa absorbedora intrínseca o débilmente dopada   |
| 55 | 71  | Capa dopante (tipo p o n, al contrario que 72)    |
|    | 72  | Capa dopante (tipo n o p, al contrario que 71)    |
|    | 75  | Estructuración                                    |
|    | 76  | Revestimiento de aislamiento                      |
|    | 77  | Abertura de contactado                            |
| 60 | 84  | Contacto en serie lineal (22)                     |
|    | 85  | Zanja de aislamiento lineal (25)                  |
|    | 86  | Contacto en serie puntiforme (22)                 |
|    | 87  | Zanja de aislamiento en forma de meandros (25)    |
|    | 88  | Elemento de contactado puntiforme (14)            |

**REIVINDICACIONES**

1. Módulo solar de capas delgadas contactado en un solo lado que comprende una capa de soporte, una capa absorbidora fotoactiva y al menos una capa dopante depositada sobre toda la superficie de un lado de la capa absorbidora, así como otras capas funcionales, en donde el paquete de capas delgadas formado por dichas capas está subdividido en zonas de célula solar por medio de zanjas de separación aislantes, y que comprende también un primer sistema de contacto, que presenta elementos de contactado y una capa de contacto que une estos elementos, y un segundo sistema de contacto que presenta una capa de contacto, en el lado de la capa absorbidora alejado de la capa de soporte para la derivación separada de portadores de carga sobrantes (p, n) generados por la incidencia de la luz en la capa absorbidora, estando ambos sistemas de contacto conectados en serie dentro de zonas de conexionado y estando eléctricamente aislados uno de otra fuera de las zonas de conexionado, **caracterizado** porque el segundo sistema de contacto (13) consiste exclusivamente en una capa de contacto interior (16) que cubre superficialmente de manera continua todo el lado de las zonas de célula solar (01) de capas delgadas alejado de la capa de soporte y presenta estructuraciones para los elementos de contactado (14) del primer sistema de contacto (12), y porque la capa de contacto del primer sistema de contacto (12) está configurada como una capa de contacto exterior (15) que incluye los elementos de contactado (14) que atraviesan en forma eléctricamente aislada las estructuraciones (75) de la capa de contacto interior (16), estando la capa de contacto interior (16) y la capa de contacto exterior (15) dispuestas una sobre otra y estando eléctricamente aisladas una de otra, fuera de las zonas de conexionado (21), por medio de la intercalación de una capa de aislamiento (17) y estando unidas una con otra de manera eléctricamente conductora, por dentro de las zonas de conexionado (21), por medio de unos contactos en serie (22).
2. Módulo solar de capas delgadas contactado en un solo lado según la reivindicación 1, **caracterizado** porque los contactos en serie (22) están configurados en forma lineal (84) y la capa de contacto exterior (15) del primer sistema de contacto (12) está estructurada en las zonas de conexionado (21) por una zanja de aislamiento lineal (85), o bien los contactos en serie (22) están configurados de manera puntiforme (85) y la capa de contacto exterior (15) del primer sistema de contacto (12) está estructurada en las zonas de conexionado (21) por medio de una zanja aislante (87) en forma de meandros.
3. Módulo solar de capas delgadas contactado en un solo lado según la reivindicación 1, **caracterizado** porque los elementos de contactado (14) del primer sistema de contacto (12) y las estructuraciones (75) de la capa de contacto interior (16) del segundo sistema de contacto (13) están configurados en forma puntual o lineal.
4. Módulo solar de capas delgadas contactado en un solo lado según la reivindicación 1, **caracterizado** porque la capa de soporte (02) está configurada como un superestrato (03) y los dos sistemas de contacto (12, 13) están dispuestos en el lado del módulo solar (00) de capas delgadas que queda alejado de la incidencia (05) de la luz (contactado del lado trasero), o bien la capa de soporte (02) está configurada como un sustrato y los dos sistemas de contacto (12, 13) están dispuestos en el lado del módulo solar (00) de capas delgadas vuelto hacia la incidencia (05) de la luz (contactado del lado delantero).
5. Módulo solar de capas delgadas contactado en un solo lado según la reivindicación 1, **caracterizado** porque está prevista una configuración pn con una capa absorbidora dopada (06) y al menos una capa emisora contradopada (07) como capa dopante para separar los portadores de carga sobrantes generados por la incidencia (05) de la luz en la capa absorbidora (06).
6. Módulo solar de capas delgadas contactado en un solo lado según la reivindicación 5, **caracterizado** porque la capa absorbidora (06) o una capa funcional correspondiente (11, 34, 40) conductora de portadores de carga es contactada a través de los elementos de contactado (14) del primer sistema de contacto (12) que atraviesan en forma aislada las capas situadas encima de ella, y la capa emisora (07, 51, 72) o una capa funcional correspondiente (65) conductora de portadores de carga es contactada con la capa de contacto interior (16) del segundo sistema de contacto (13), o viceversa.
7. Módulo solar de capas delgadas contactado en un solo lado según la reivindicación 5, **caracterizado** porque la capa emisora (07, 51, 61, 72) está dispuesta en el lado del módulo solar (00) de capas delgadas que queda vuelto hacia la incidencia (05) de la luz o alejado de ésta.
8. Módulo solar de capas delgadas contactado en un solo lado según la reivindicación 1, **caracterizado** porque está prevista una configuración pin con una capa absorbidora (70) intrínseca o débilmente dopada y al menos dos capas dopantes (71, 72) de dopado contrario a ambos lados de la capa absorbidora (70) para la separación de los portadores de carga sobrantes generados por la incidencia (05) de la luz en la capa absorbidora (70).
9. Módulo solar de capas delgadas contactado en un solo lado según la reivindicación 8, **caracterizado** porque una de las dos capas dopantes (72) o una capa funcional correspondiente (65) conductora de portadores de carga es contactada a través de los elementos de contactado (14) del primer sistema de contacto (12) que atraviesan en forma aislada las capas situadas sobre ella, y la otra capa dopante (71) o una capa funcional correspondiente conductora de portadores de carga es contactada con la capa de contacto interior (16) del segundo sistema de

contacto (13).

5 10. Módulo solar de capas delgadas contactado en un solo lado según la reivindicación 1, **caracterizado** porque están previstas como capa funcional adicional una capa antirreflejos, una capa de semillas, una capa de pasivación superficial (08, 41, 56), una capa de pasivación de campo (11, 35, 40, 52), una capa conductora (34) y/o una capa tampón.

11. Módulo solar de capas delgadas contactado en un solo lado según la reivindicación 1, **caracterizado** porque la al menos una capa dopante (07, 71, 72) consiste en un material semiconductor idéntico (homorealización) o diferente (heterorealización) con respecto al material semiconductor de la capa absorbidora (06, 70).

10 12. Módulo solar de capas delgadas contactado en un solo lado según la reivindicación 1, **caracterizado** porque la capa absorbidora (06, 70) consiste en silicio cristalino (c-Si) o en silicio policristalino (poli-Si), la capa emisora (07, 51, 61) o las capas dopantes (71, 72) consisten en silicio amorfo enriquecido en hidrógeno (a-Si:H) o en silicio policristalino (poli-Si), las capas de pasivación de campo (35, 40, 52) consisten en silicio amorfo enriquecido en hidrógeno (a-Si:H), las capas tampón consisten en silicio intrínseco amorfo (i-a-Si), la capa de aislamiento (17) consiste en resina u óxido de silicio, la capa conductora (65) consiste en óxido transparente conductor (TCO) o molibdeno, las capas de pasivación superficial, de reflexión y antirreflejos (08, 41, 56) consisten en nitruro de silicio (SiN), el sustrato (03) o el sustrato consisten en vidrio y los sistemas de contacto (12, 13) consisten en aluminio u óxido transparente conductor (TCO).

15

20 13. Procedimiento para fabricar un módulo solar de capas delgadas contactado en un solo lado según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 12, **caracterizado** porque se fabrica el primer sistema de contacto (12) con sus elementos de contacto (14) y su capa de contacto exterior (15) por

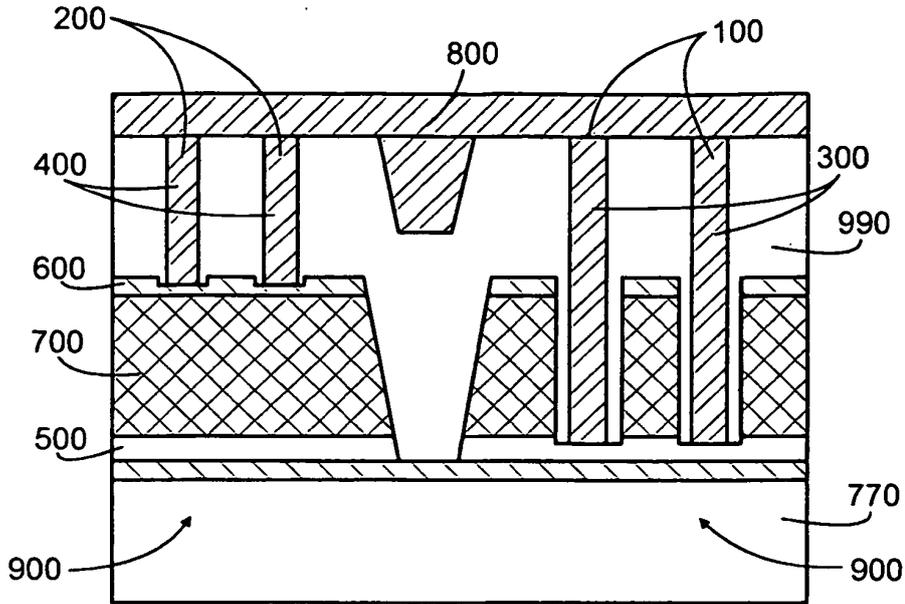
- generación de estructuraciones (75) en el paquete (04) de capas delgadas hasta la capa dopante o funcional (07, 35, 51, 52, 61, 70, 71) - que se debe contactar - por medio de perforación, corrosión o ablación con láser,

- aislamiento eléctrico de las estructuraciones (75) dejando que fluya material aislante líquido y

25 - metalización no estructurada de toda la extensión de la superficie del paquete (04) de capas metálicas y de las estructuraciones (75).

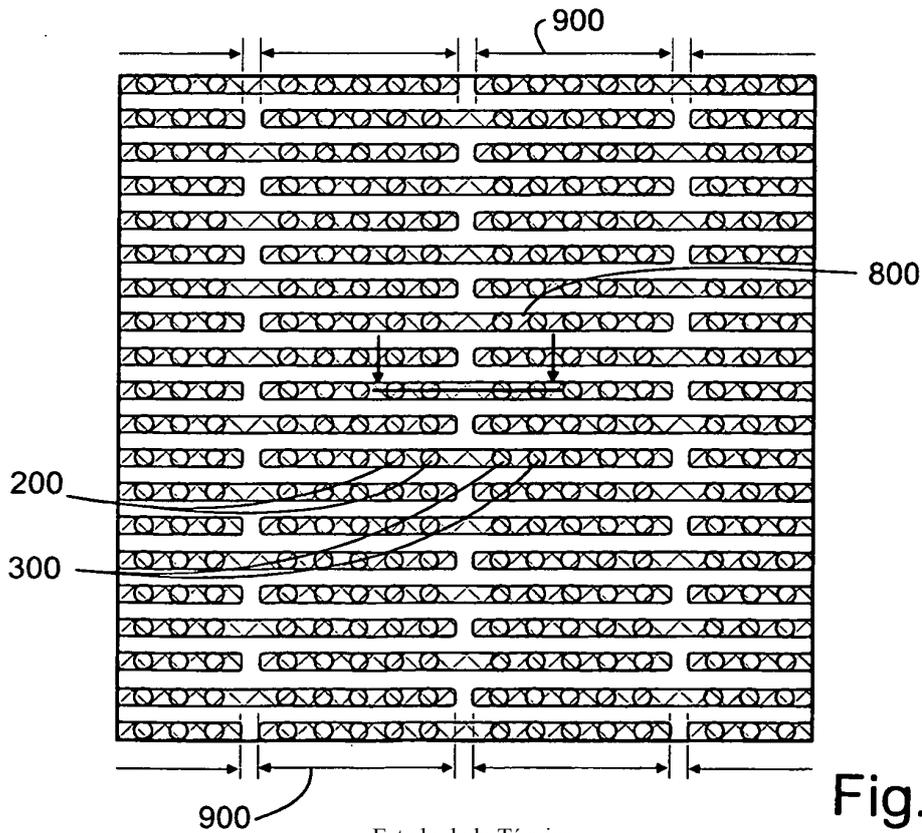
14. Procedimiento según la reivindicación 13, **caracterizado** porque se realiza antes de la metalización una deposición no estructurada de una capa funcional adicional (11) sobre toda la superficie.

30 15. Procedimiento para fabricar un módulo solar de capas delgadas contactado en un solo lado según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 12, **caracterizado** porque se generan mediante quemado con láser los elementos de contacto (14) del primer sistema de contacto (12) y/o los contactos en serie eléctricos (22) para el conexionado en serie de las zonas de célula solar (01).



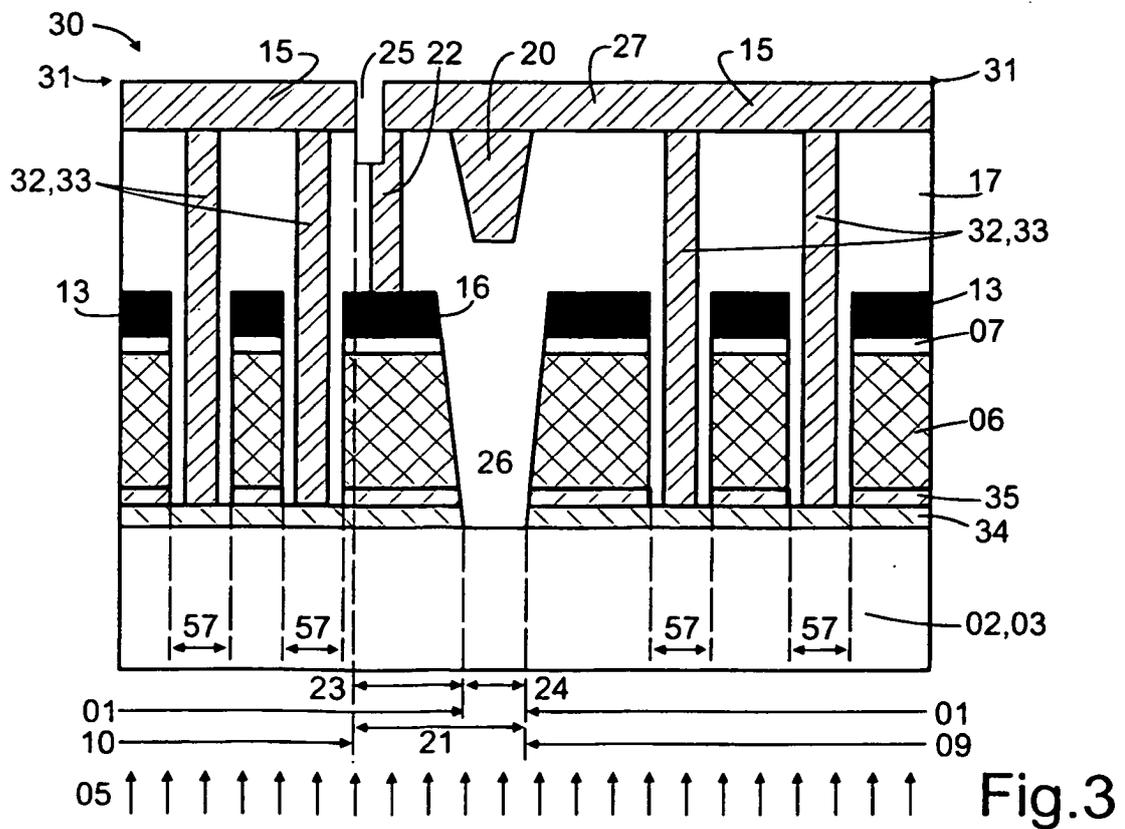
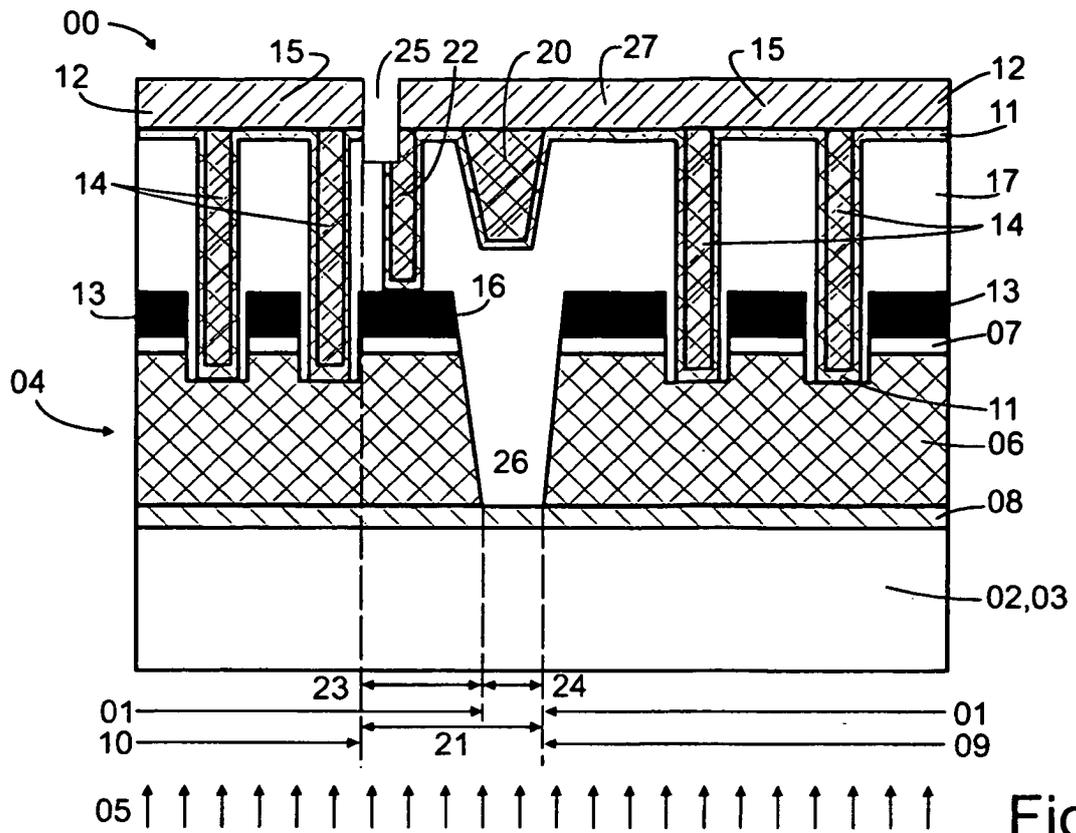
Estado de la Técnica

Fig.1A



Estado de la Técnica

Fig.1B



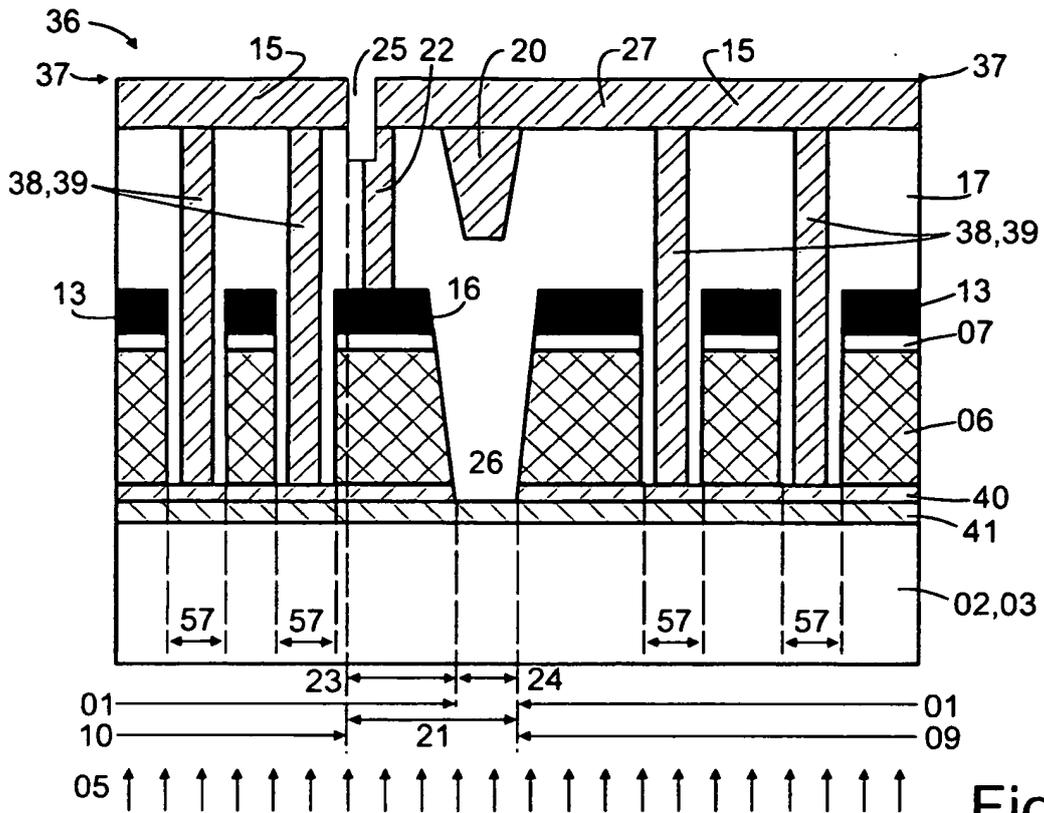


Fig.4

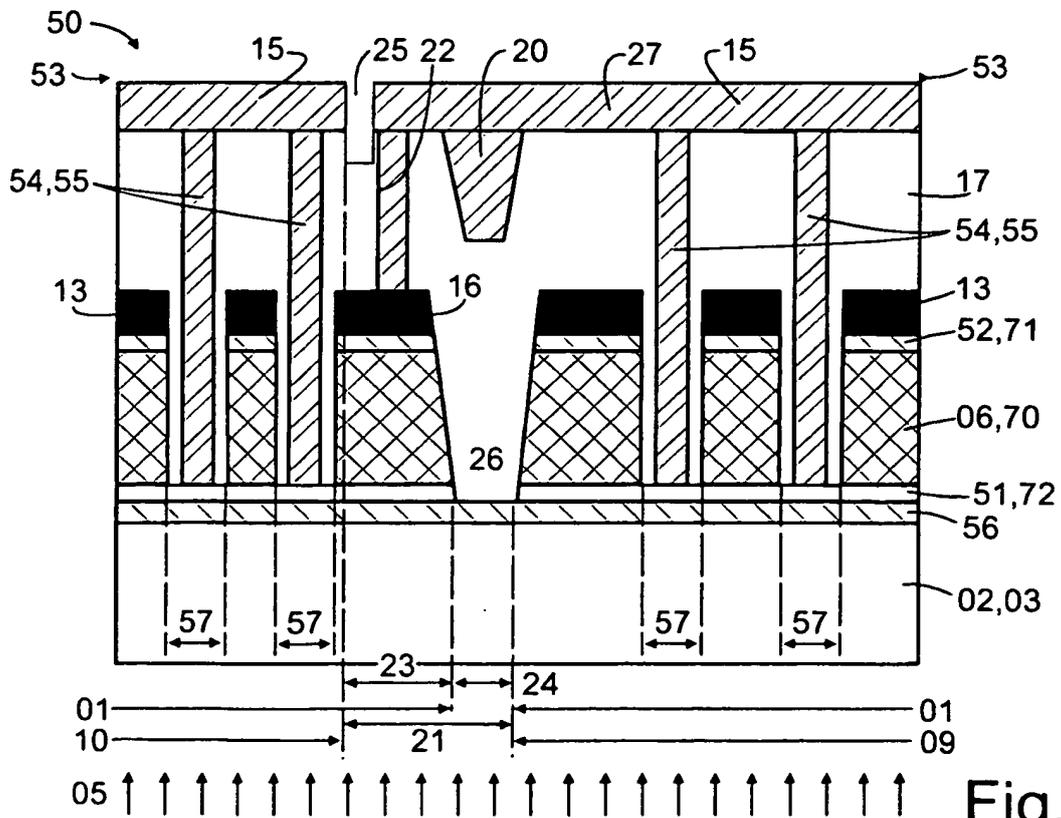


Fig.5

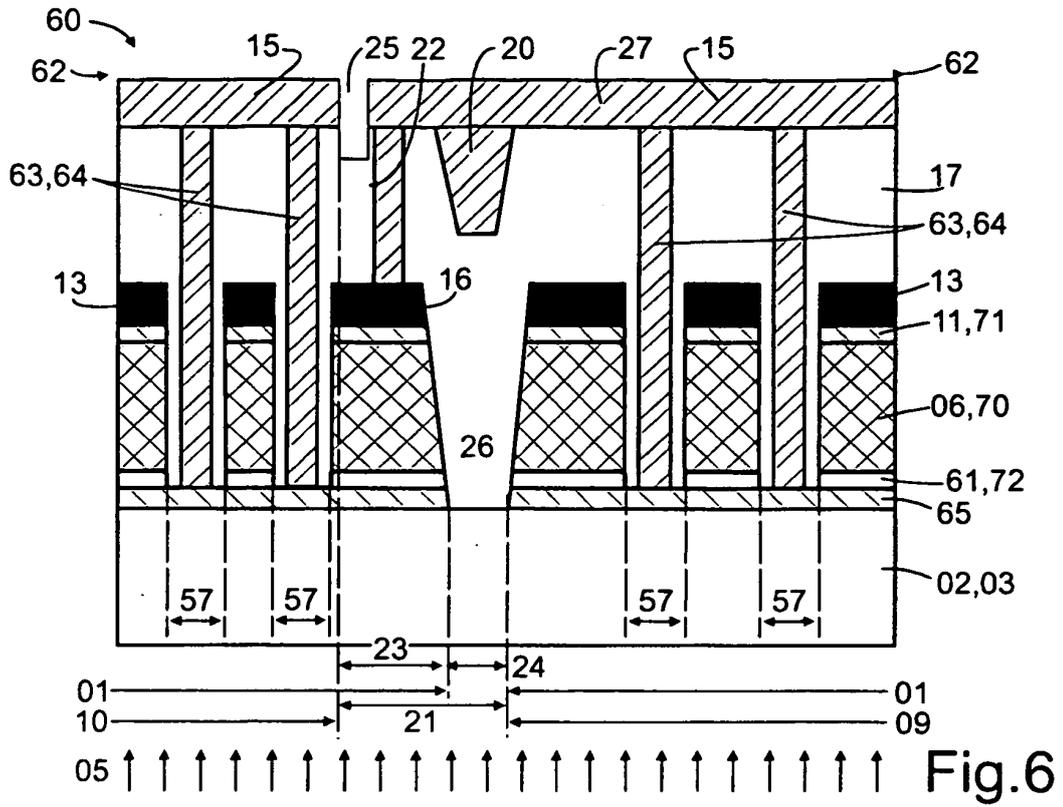


Fig.6

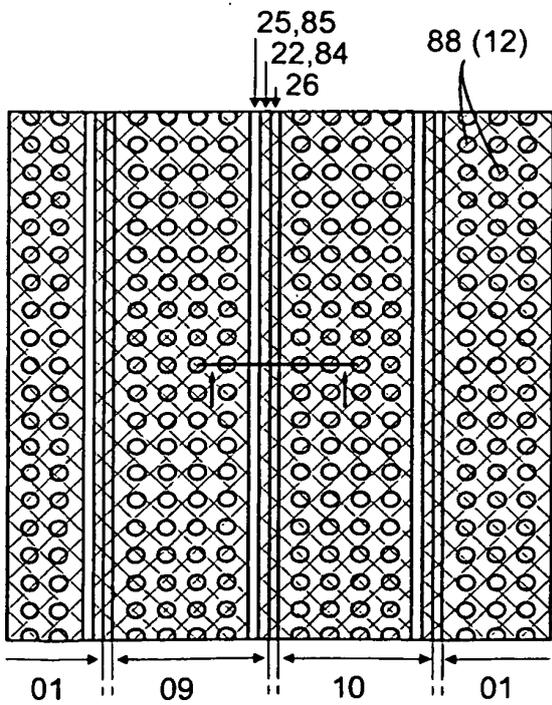


Fig.7A

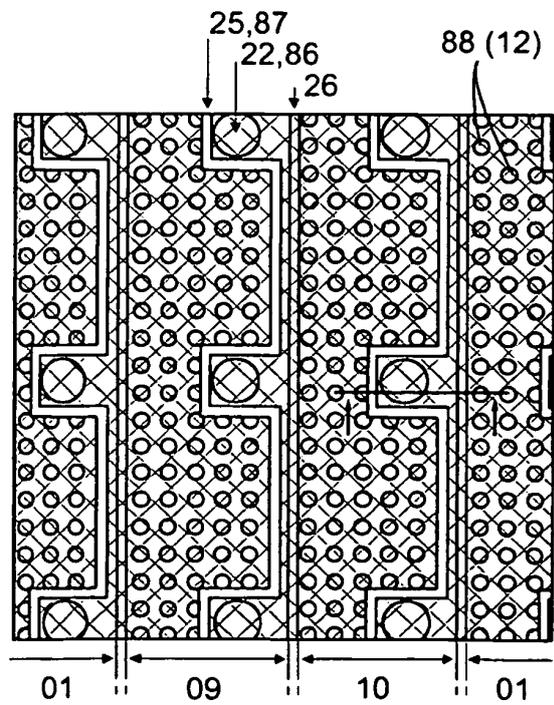


Fig.7B

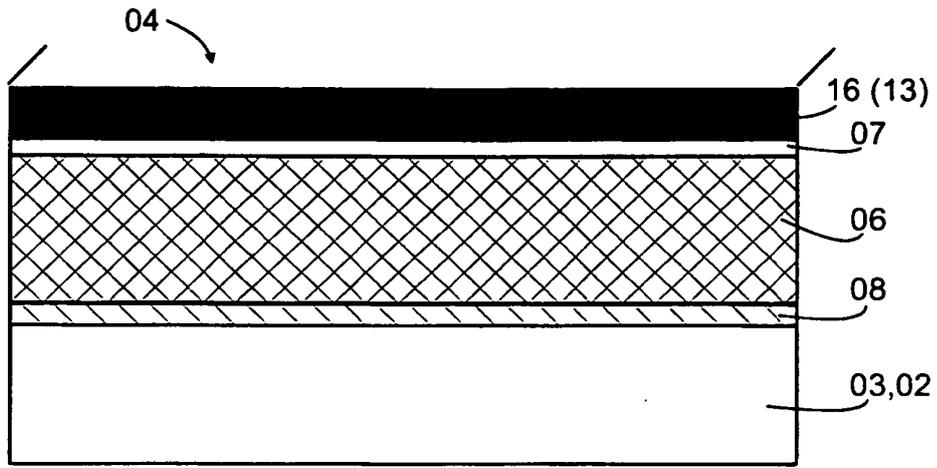


Fig.8A

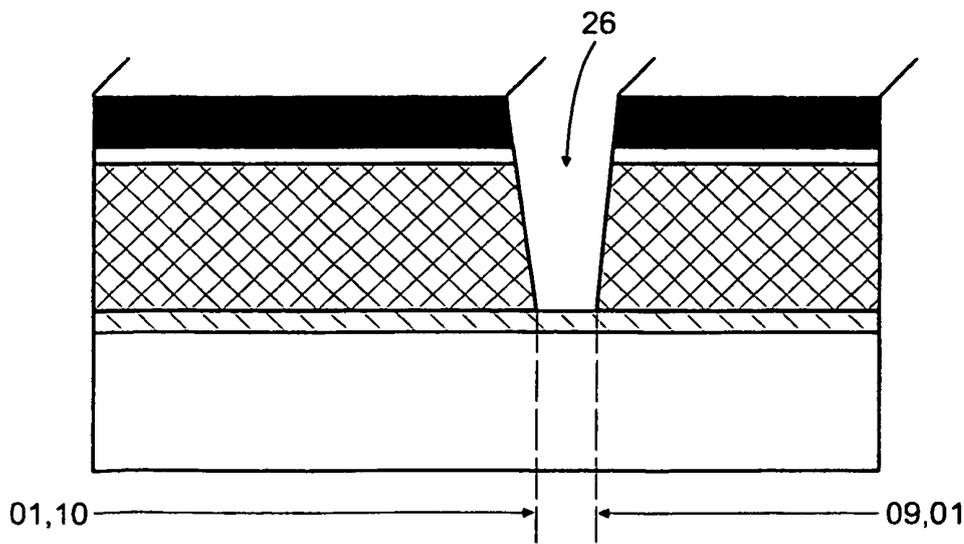


Fig.8B

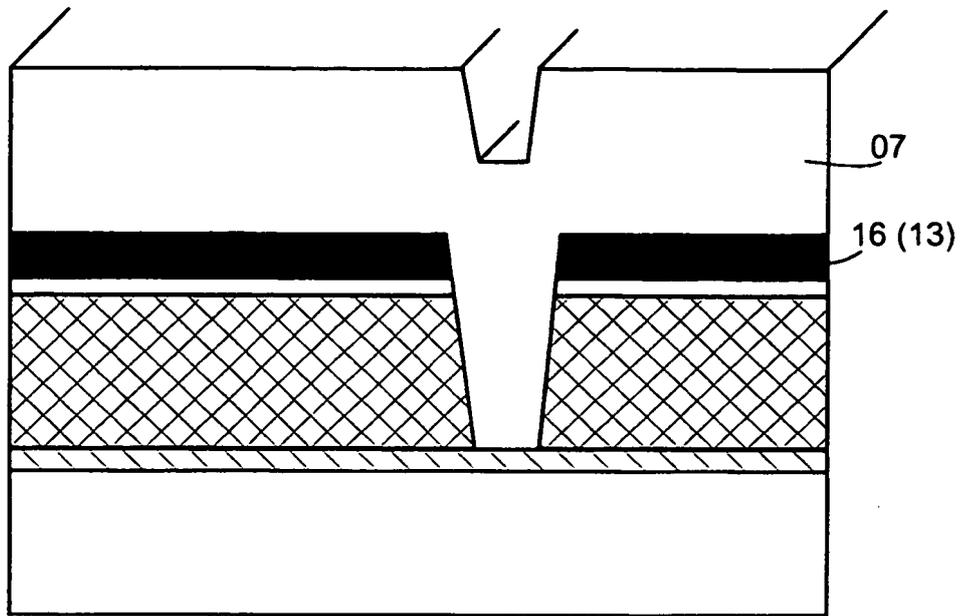


Fig.8C

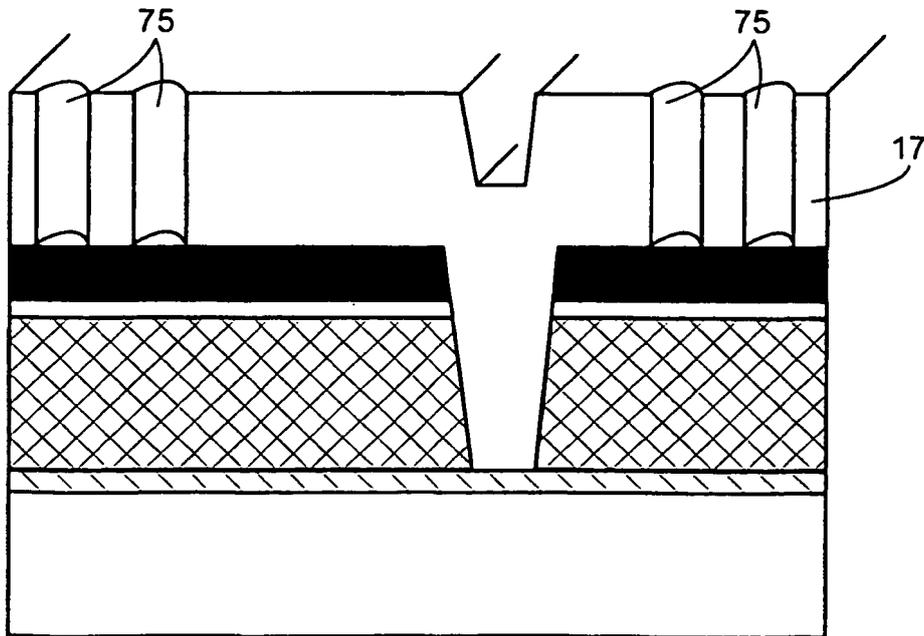


Fig.8D

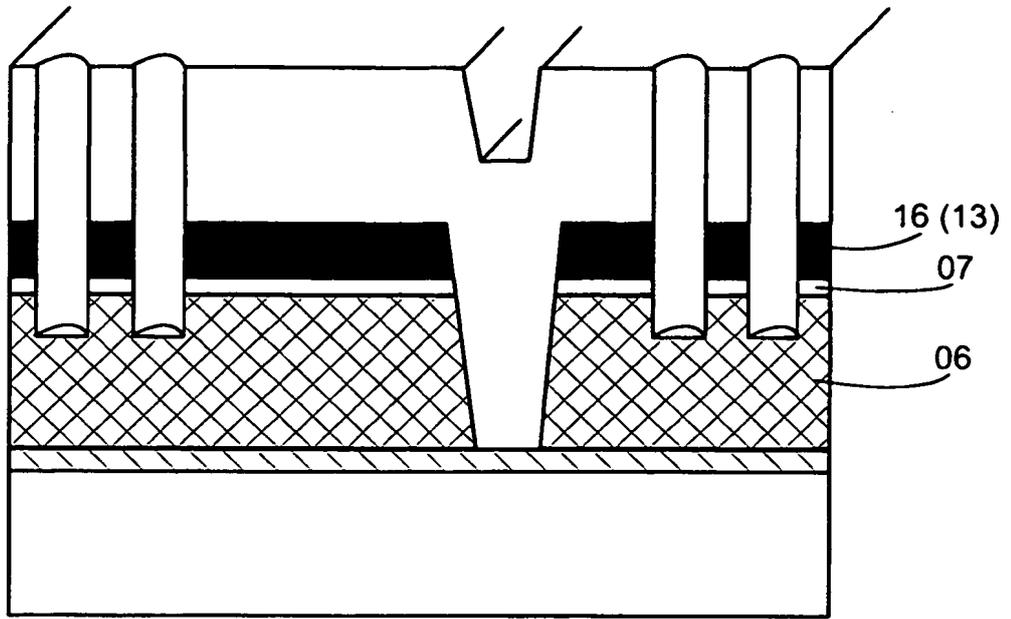


Fig.8E

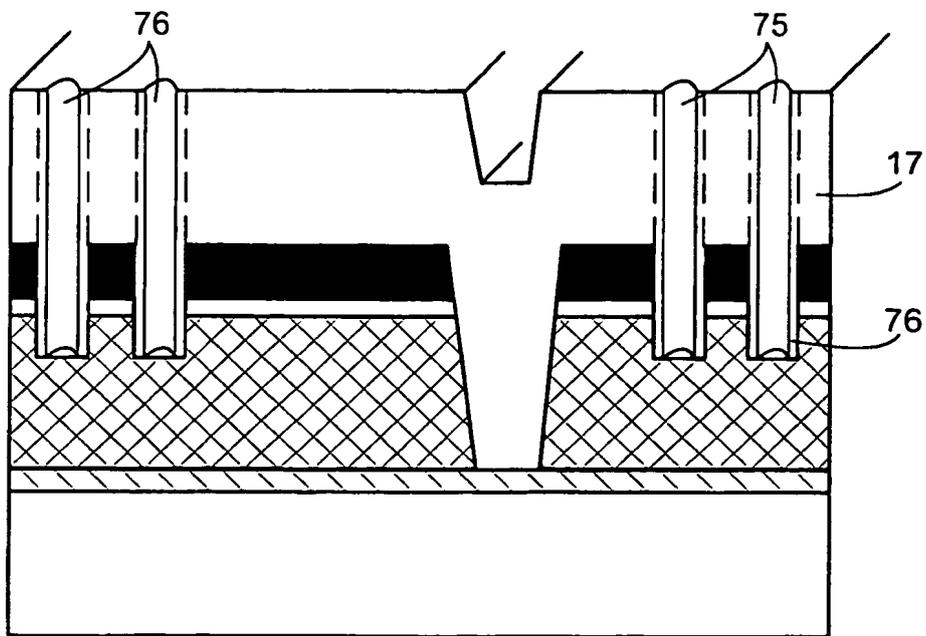


Fig.8F

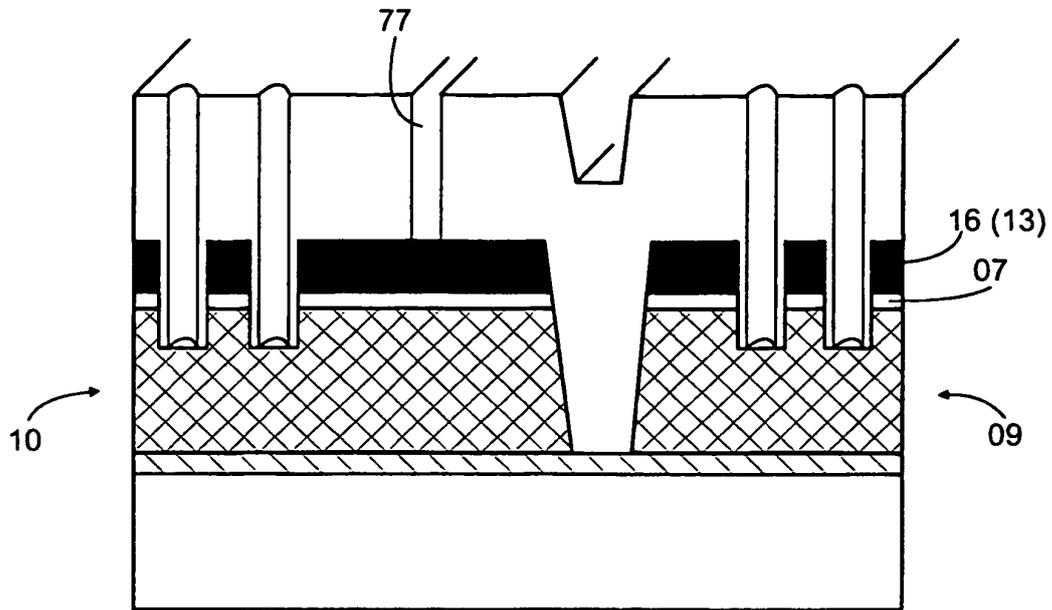


Fig.8G

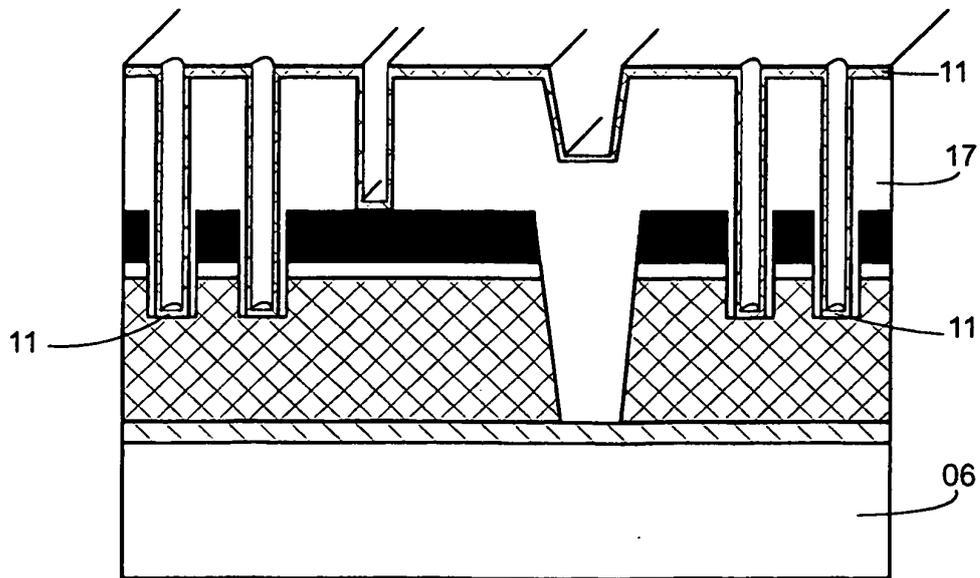


Fig.8H

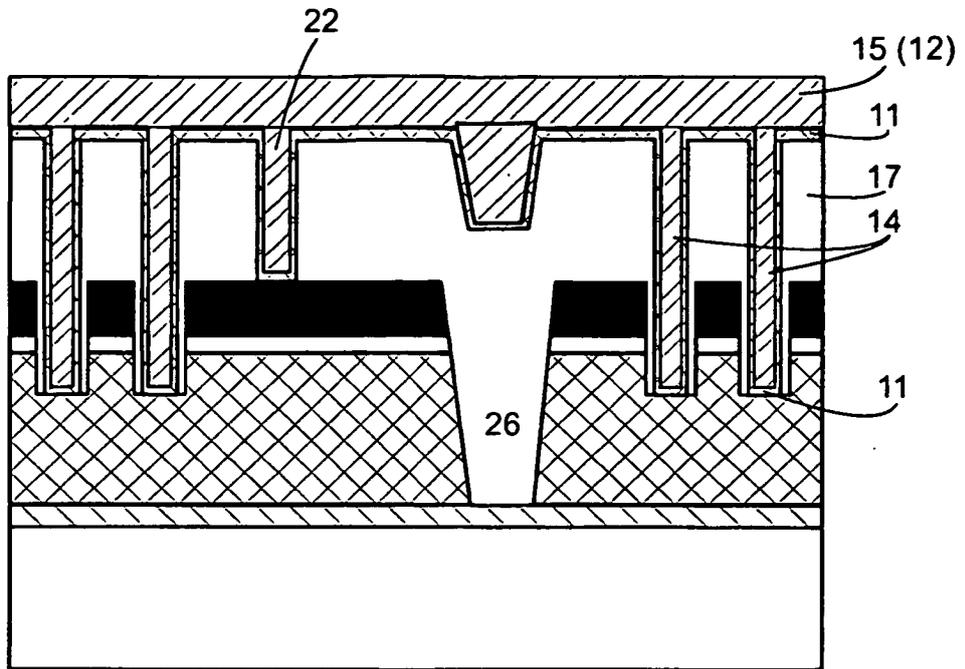


Fig.8I

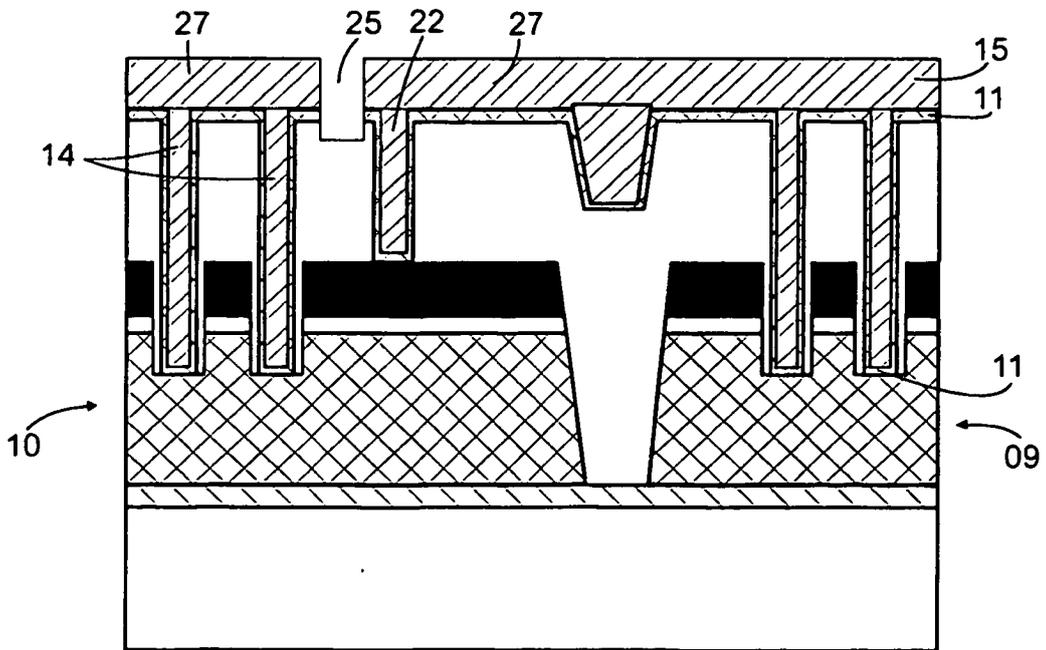


Fig.8J