

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 606 374**

51 Int. Cl.:

H01L 31/0224 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **12.06.2008** **E 12191953 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **31.08.2016** **EP 2568508**

54 Título: **Componente semiconductor y método para producir un contacto semiconductor de metal**

30 Prioridad:

13.06.2007 DE 102007027263

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

23.03.2017

73 Titular/es:

**SCHOTT SOLAR AG (100.0%)
Hattenbergstrasse 10
55122 Mainz, DE**

72 Inventor/es:

**WILDPANNER, BERND;
VON CAMPE, DR., HILMAR y
BUSS, WERNER**

74 Agente/Representante:

CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel

ES 2 606 374 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

Componente semiconductor y método para producir un contacto semiconductor de metal

5 La presente invención hace referencia a un componente semiconductor que comprende una primera capa compuesta por material semiconductor, como sustrato, una segunda capa que se extiende sobre la misma, al menos una primera y una segunda capa intermedia que se extienden entre la primera y la segunda capa, realizadas de los materiales de la primera y la segunda capa, así como un contacto eléctricamente conductor que forma una conexión eléctricamente conductora con la primera capa y que parte desde la segunda capa o que la atraviesa, donde el lado posterior del componente semiconductor, en total o al menos de forma parcial, está cubierto en el área del punto de contacto por al menos la segunda capa y el contacto eléctricamente conductor comprende un material metálico que puede soldarse o que pueda licuarse, el cual se encuentra aleado en la segunda capa o forma una mezcla con el material de la segunda capa.

15 Además, la invención hace referencia a un método para producir un contacto semiconductor de metal de un componente semiconductor, como una célula solar, el cual comprende una primera capa como sustrato en base material semiconductor, así como una segunda capa porosa aplicada sobre la misma, de un material de contacto base que contiene o se compone de un metal.

En la fabricación de semiconductores, en particular en la producción de células solares, por motivos vinculados a la producción se utilizan contactos de metal sinterizados sobre el lado anterior o sobre el lado posterior de la célula.

20 Generalmente, sobre el lado posterior de una célula solar de silicio se encuentra una capa de aluminio de gran superficie que, a través de tratamiento térmico durante la fabricación de la célula solar, es expuesta a un proceso de sinterizado, debido a lo cual al mismo tiempo se logra una pasivación del lado posterior de las células solares, a través de un así llamado campo de superficie posterior (Back-Surface-Field - BSF).

25 Durante el sinterizado, la capa de aluminio que se encuentra en contacto directo con el sustrato de silicio, el cual puede denominarse como primera capa, se funde en la superficie límite entre la capa de aluminio y el sustrato de silicio, aleándose con la primera capa contigua. Al enfriarse, una capa de silicio enriquecida en alto grado con aluminio se solidifica de forma epitáctica sobre el lado posterior de la oblea que se encuentra orientada hacia el silicio, es decir, hacia el lado del sustrato. Simultáneamente con respecto a ello, sobre el lado orientado hacia la capa de aluminio, se solidifica una capa de aluminio enriquecida con silicio, y al final del proceso de solidificación se solidifica un sistema eutéctico de aluminio - silicio entre la capa enriquecida en alto grado con aluminio y la capa enriquecida con silicio. La capa de silicio que ha crecido de forma epitáctica es responsable de la pasivación del lado posterior de las células solares. A través del elevado enriquecimiento con aluminio, en el material semiconductor de la capa se forma un excedente de aceptores de aluminio fijo, cargado de forma negativa, desde los cuales se genera un campo eléctrico que repele los portadores minoritarios, el así llamado campo de superficie posterior.

35 Cuando la capa de aluminio se extiende sobre todo el lado posterior de la célula solar, así como del sustrato, se presenta sin embargo un problema técnico en cuanto al soldado, ya que no es posible de forma sencilla soldar directamente conectores de metal por ejemplo estañados o no estañados, en particular conectores de cobre, sobre el lado posterior del aluminio. A pesar de ello, para establecer el contacto eléctrico necesario, generalmente pistas conductoras de contacto de plata o puntos de soldadura se sueldan directamente sobre la superficie del sustrato a través de serigrafía, tampografía u otros tratamientos con presión adecuados, donde en dichos elementos se sueldan las pistas de cobre estañadas. Por consiguiente, en el área de los contactos de soldadura se proporciona una escotadura de la capa de aluminio, con la consecuencia de que en esa área no puede formarse un campo de superficie posterior, de modo que la superficie posterior de las células solares no se pasiviza eléctricamente por completo, debido a lo cual se presentan fotocorrientes localmente más reducidas. Esto tiene consecuencias negativas para el nivel del grado de efectividad.

45 Puesto que la plata como material en bruto es un material costoso debe prescindirse del mismo también para reducir los costes de producción. Por eso se considera conveniente evitar por completo el contacto de plata.

50 Un soldado directo de las pistas de contacto sobre la capa de aluminio difícilmente es posible por varios motivos. Un motivo reside en la superficie oxidada de las partículas de aluminio. Otro motivo es que el lado superior del aluminio, debido al proceso de sinterizado, no está conformado de forma continua con la extensión suficiente. De este modo, durante el proceso de sinterizado, sobre la capa de aleación enriquecida con silicio, se produce una capa de aluminio en forma de partículas de aluminio (capa sinterizada) individuales en forma de esferas, sinterizadas de forma conjunta, donde no se encuentra presente ningún material compuesto de aluminio cerrado, sino un material compuesto sinterizado relativamente suelto, el cual, en función de la composición de la pasta de aluminio, así como de los parámetros del proceso durante el sinterizado, es más o menos poroso. Los poros pueden estar llenados con componentes vítreos.

- 5 No obstante, si debiera soldarse sobre esa capa de aluminio sinterizada, entonces sin embargo, debido a la porosidad y a la inestabilidad de la capa condicionada por ello, se presentaría sólo una estabilidad muy reducida. Esa estabilidad muy reducida se manifiesta en fuerzas de extracción muy reducidas de aproximadamente 2-8 N, donde la capa sinterizada se quiebra separándose, de manera que en ambos lados del punto de rotura se reconoce la estructura cónica de las partículas. Debido a ello se presenta el riesgo de que la capa sinterizada se destruya si se intenta separar la pista de contacto. Lo mismo sucede cuando la unión de soldadura sobre la capa de aluminio se expone a las fuerzas de tracción que actúan en un módulo bajo condiciones operativas. Pueden producirse roturas pequeñas que conducen a una estabilidad más reducida y que también pueden tener como consecuencia resistencias de paso más elevadas.
- 10 La solicitud US-A-4,492,812 hace referencia a la conformación de contactos eléctricos en una célula solar. De este modo, existe la posibilidad de aplicar sobre el lado posterior de la célula solar una mezcla de aluminio y de un material que puede soldarse o, en forma de capas, de aluminio y de un material que puede soldarse.
- 15 El objeto de la solicitud WO-A-2006/132766 consiste en contactos de células solares libres de plomo. En ese caso, primero una pasta de plata se aplica sobre una oblea de silicio, y se seca. A continuación se imprime una pasta de contacto de aluminio y se seca.
- Según la solicitud EP-A-0 729 189, sobre el lado posterior de una oblea se aplica una pasta de aluminio de plata o una pasta de aluminio con pequeñas aberturas, en las cuales se introduce después una pasta de plata, para proporcionar un contacto eléctrico.
- 20 La solicitud JP-A-05326990 hace referencia a la producción de un elemento fotoeléctrico, donde sobre el lado posterior de un sustrato de silicio se aplica pasta de plata y después se seca. A continuación se aplica una pasta de aluminio que recubre parcialmente la pasta de plata.
- En la solicitud US-A-4,293,451 pueden observarse contactos para componentes semiconductores. De este modo, metal elemental, aleaciones o combinaciones de éstos pueden aplicarse como fritada en un modelo deseado para un sustrato y a continuación son pulidos con fieltro.
- 25 De acuerdo con la solicitud US-A-4,392,010, una mezcla de aluminio y un material que puede soldarse se aplica sobre una superficie de silicio de una célula solar, donde se regula una temperatura que posibilita que se forme la aleación de silicio y la mezcla, para unir contactos del lado posterior con una célula solar mediante soldadura por ultrasonido.
- 30 En la solicitud WO-A-83/02200 puede observarse un componente semiconductor acorde al género, en forma de una célula solar. La célula solar presenta una capa del lado posterior compuesta por aluminio, sobre la cual se aplica una pasta de plata o de plata - paladio. A continuación tiene lugar un tratamiento térmico.
- Una célula solar según la solicitud EP-A-0 538 840 presenta capas de reflexión metálicas que contienen estaño.
- En la solicitud US-A-4 336 648 puede observarse un método para contactar una célula solar. Los conectores se contactan con el lado anterior o con el lado posterior mediante ultrasonido.
- 35 Las capas del contacto, según la solicitud DE-A-29 45 450, se aplican sobre una célula solar a través de pulverización con llama o de pulverización de plasma.
- Según la solicitud GB-A-1 018 848, conductores eléctricos se sueldan con un componente semiconductor mediante ultrasonido.
- 40 El objeto de la presente invención consiste en perfeccionar un componente semiconductor, así como un método para producir un contacto semiconductor de metal de la clase mencionada en la introducción, de manera que se genere un contacto que pueda mantenerse de forma mecánica, que pueda soldarse eléctricamente de forma correcta en el área del material de la segunda capa, la cual en particular se compone de aluminio o lo contiene, sin que se interrumpa o resulte dañado el campo de superficie posterior esencial para la pasivación.
- 45 De acuerdo con la invención, dicho objeto se alcanzará a través de un componente semiconductor de la clase antes descrita, de manera que el material metálico que puede soldarse o que pueda licuarse como el contacto eléctricamente conductor que parte desde la segunda capa está aleado en al menos una de las dos capas intermedias o las atraviesa.
- El material metálico que pueda licuarse es un material de contacto que es licuado por la masa fundida de soldadura respectivamente utilizada, con el cual se suelda el conductor.

De acuerdo con la invención se produce un componente semiconductor, cuyo lado posterior, en total o al menos de forma parcial, está cubierto en el área del punto de contacto por la segunda capa de material de contacto base, en particular compuesta por aluminio o que contiene el material de contacto base, como aluminio, la cual se encuentra aleada con el material semiconductor, debido a lo cual resulta un lado posterior del componente semiconductor pasivado en toda la superficie a través de un campo de superficie posterior. La capa que forma el campo de contacto posterior es la segunda capa intermedia.

Posteriormente, sobre la segunda capa puede aplicarse una capa que contiene un material de soldadura, como una capa de estaño, para ser aleado mediante un procedimiento adecuado, de manera que se produce un contacto eléctrico continuo hasta la primera capa. Mediante este contacto existe la posibilidad de soldar sobre el lado posterior un conector, como un conector de cobre.

La primera capa intermedia es la capa enriquecida con el material semiconductor, del material de contacto base, como aluminio y/o adicionalmente de material de soldadura. El mismo puede estar compuesto por Sn, SnAg, PbSn, CdSn, SnZn, SnMg, SnBa y/o SnCa, así como puede comprender uno o varios de esos materiales. De este modo, la primera capa intermedia puede comprender también un sistema eutéctico compuesto por los materiales de la primera y de la segunda capa.

El material metálico que puede soldarse o que pueda licuarse eventualmente puede estar aleado en un área en el componente semiconductor, de manera que el material metálico que pueda licuarse se encuentra aleado hasta en la segunda capa intermedia enriquecida con material de contacto base, la cual forma el campo de superficie posterior, como capa de barrera de la primera capa. Puesto que la segunda capa intermedia correspondiente está conformada en base a la primera capa, en correspondencia con ello tiene lugar un aleado hasta el límite del material semiconductor, sin que se perjudique sin embargo la función del campo de superficie posterior. El material metálico que pueda licuarse, por tanto, puede llegar hasta el material semiconductor, es decir, que incluso puede alearse en la capa de barrera enriquecida con el material de contacto base.

La segunda capa es al menos un material o una mezcla de materiales del grupo Al, In, Ga, B.

El material metálico que pueda licuarse del contacto eléctricamente conductor es al menos un material del grupo Sn, Pb, Zn, Mg, Ca, Ba, In, Ga, Cd, Ag, Au, Ni, Fe u otro material de soldadura adecuado, así como una mezcla de materiales del grupo correspondiente.

La segunda capa puede estar compuesta por un material que está producido a partir de una mezcla del material de contacto base, como aluminio, y el material que puede soldarse.

La proporción del material agregado en la segunda capa puede ascender a 0,01 % en peso, hasta 99,9 % en peso. Preferentemente, sin embargo, se prevén rangos entre 10 % en peso y 30 % en peso, así como entre 50 % en peso y 70 % en peso.

De acuerdo con la invención se produce un contacto eléctrico continuo que parte desde la primera capa y que atraviesa la segunda capa, en donde un conector, como un conector de cobre, puede ser soldado sobre la segunda capa. El contacto eléctrico mencionado, el cual preferentemente comprende una soldadura de estaño o al menos una soldadura que contiene estaño, llena los poros de la segunda capa, como una capa sinterizada de aluminio, formando una capa de metal continua. A través de esta medida, la porosidad de la capa sinterizada que se destaca durante el proceso de sinterizado, la cual es responsable por la mala estabilidad mecánica y por las malas propiedades eléctricas de contacto, se elimina al menos de forma local, en particular en donde se encuentra la soldadura.

De manera alternativa, la segunda capa, como capa de aluminio, puede ser soldada debido a que a la pasta compuesta por el material base de la segunda capa, como pasta de aluminio, puede agregarse en cantidades adecuadas por ejemplo un polvo de estaño o un polvo de aleación de estaño, debido a lo cual se logra producir un contacto eléctrico que parte desde la primera capa compuesta por material semiconductor como sustrato y que atraviesa la segunda capa como capa de contacto posterior de aluminio, en donde puede soldarse un conductor de cobre.

Se produce un contacto eléctrico metálico que llega al menos hasta la capa enriquecida, compuesta por material semiconductor, con el cual no se prescinde de una unión mecánicamente adhesiva, sin que se perjudiquen las propiedades eléctricas del campo de superficie posterior.

Un método para producir un contacto semiconductor de la clase mencionada en la introducción se caracteriza porque después de la conformación de la segunda capa, sobre la misma se aplica un material metálico que puede soldarse o que pueda licuarse o, para conformar la segunda capa sobre la primera capa se aplica una mezcla del material de contacto base y de un material que puede soldarse y porque a través de tratamiento mecánico y/o

ES 2 606 374 T3

tratamiento térmico y/o pulverización térmica del material metálico que puede soldarse o que pueda licuarse, el material metálico que puede soldarse o que pueda licuarse es aleado en la segunda capa o en la segunda capa y en al menos una capa intermedia que debe formarse entre la primera y la segunda capa durante la producción del componente semiconductor.

- 5 Un posible método de producción se caracteriza porque el material metálico que puede soldarse o que pueda licuarse puede alearse en la segunda capa, así como hasta al menos una capa intermedia y/o hasta la primera capa, a través de procesamiento mecánico o acústico-mecánico, como fricción, estampado o aplicación de sonido o ultrasonido del elemento semiconductor, al mismo tiempo que el tratamiento térmico, durante y/o después de la conformación de la segunda capa. La aplicación de ultrasonido puede realizarse a una frecuencia f de $10 \text{ kHz} \leq f \leq 100 \text{ kHz}$, en particular de $20 \text{ kHz} \leq f \leq 80 \text{ kHz}$. En particular se prevé que el componente semiconductor que debe producirse se exponga a una temperatura T de $0 \text{ °C} \leq T \leq 800 \text{ °C}$, en particular de $180 \text{ °C} \leq T \leq 350 \text{ °C}$.

- 15 En otra posibilidad se prevé que el material metálico que puede soldarse o que pueda licuarse se encuentre aleado de forma exclusiva o esencialmente de forma exclusiva a través del tratamiento térmico del componente semiconductor que debe producirse durante o después de la conformación de la segunda capa y eventualmente en al menos la primera capa intermedia. El tratamiento térmico debe realizarse en un rango de temperatura de entre 150 °C y 1.600 °C (local, transitoria), preferentemente en el rango de entre 230 °C y 450 °C .

- 20 En el caso de temperaturas muy elevadas se prevé la entrada de calor a través de un haz láser o de una fuente de luz intensiva (ZMR). La fuente de luz se centra en las áreas que deben soldarse a través de un espejo elíptico y posteriormente se conduce a las áreas que deben soldarse. De manera alternativa, sobre las áreas que deben soldarse pueden emitirse pulsaciones luminosas. Finalmente, un haz láser puede descomponerse sobre las áreas que deben soldarse. Otra posibilidad para calentar las áreas que deben soldarse consiste en el acoplamiento de un campo electromagnético de frecuencia media o alta (soldado inductivo). Se prevén para ello frecuencias en el rango de 10 kHz a 10 MHz , preferentemente de 100 a 800 kHz .

- 25 Si el material metálico que puede soldarse o que pueda licuarse se aplica a través de pulverización térmica, debido a lo cual tiene lugar al mismo tiempo una aleación preferentemente hasta al menos la primera capa intermedia, entonces el material que puede soldarse debe aplicarse con una velocidad V de $10 \text{ m/s} \leq V < 1000 \text{ m/s}$, donde preferentemente $V \approx 300 \text{ m/s}$. Durante la pulverización el componente semiconductor que debe producirse debe exponerse además a una temperatura que se ubica en el rango entre 100 °C y 600 °C .

- 30 Durante la pulverización térmica, el elemento semiconductor puede ser aplicado también con ultrasonido de una frecuencia en particular de $10 \text{ kHz} \leq f \leq 100 \text{ kHz}$, preferentemente de $20 \text{ kHz} \leq f \leq 80 \text{ kHz}$.

- 35 De manera alternativa, sobre la primera capa puede aplicarse una mezcla del material de contacto base de la segunda capa, como pasta de aluminio, y el material metálico que puede soldarse o que pueda licuarse o con una aleación que contiene el material que puede soldarse, para después conformar la segunda capa. Como la mezcla se utiliza en particular una mezcla cuya proporción de % en peso x de material metálico que puede soldarse o que pueda licuarse, así como la aleación que contiene el material que puede soldarse, asciende a 0 % en peso $< x \leq 50 \text{ %}$ en peso o 50 % en peso $\leq x < 100 \text{ %}$ en peso.

El material metálico que puede soldarse o que pueda licuarse, sin embargo, puede alearse también a través de una aplicación puntual de temperatura de la segunda capa, en particular a través de soldadura, hasta preferentemente al menos la primera capa intermedia.

- 40 Como material de contacto base para la segunda capa se utiliza un material que es o contiene al menos un material del grupo Al, In, Ga, B o una mezcla de materiales del grupo.

- 45 Como material metálico que puede soldarse o que pueda licuarse - como también por ejemplo metal y también material cerámico - se utiliza en particular un material que es o contiene un material del grupo estaño, aleación de estaño, indio, plomo, cadmio, galio, plata, oro, níquel, hierro, titanio, hafnio, cinc, magnesio, calcio, bario o una mezcla de los materiales del grupo.

Además, sobre el contacto de aluminio en toda la superficie, sobre toda la superficie o al menos en subáreas, puede aplicarse otro material metálico que pueda licuarse. Como ejemplo de una estructura de capas que puede soldarse, aplicada en toda la superficie, puede considerarse una capa Ni:V, tratada con pulverización catódica, de aproximadamente 80 nm de espesor.

- 50 Como ejemplo de materiales aplicados en subáreas pueden mencionarse Al y Cu o Ag y Cu. Metales posibles son Ag, Cu, Al, Ni, Zn.

Otros detalles, ventajas y características de la invención resultan no sólo de las características que se indican en las reivindicaciones - tanto de las características en sí mismas y/o de la combinación de las mismas - sino también de la siguiente descripción del ejemplo de ejecución preferente que se representa en los dibujos.

Las figuras muestran:

5 Figura 1: una representación básica de una sección de un sistema de capas semiconductor compuesto por una primera capa de semiconductor y una segunda capa de material de contacto base;

Figura 2: una estructura básica del componente semiconductor según la figura 1, con contacto de metal semiconductor conformado;

Figura 3: el componente semiconductor según la figura 2 con material que puede soldarse aplicado;

10 Figura 4: el componente semiconductor según la figura 2 con contacto de metal semiconductor extenso; y

Figura 5: el componente semiconductor según la figura 2 con contacto de metal semiconductor que llega hasta una primera capa intermedia, así como con un contacto de metal semiconductor aleado sólo en la segunda capa.

15 En las figuras puede observarse de forma básica una sección de un componente semiconductor que, para simplificar, se denominará a continuación como célula solar. Se representa un sustrato 10 compuesto por silicio, por tanto una capa de material semiconductor - denominado a continuación también capa de semiconductor - sobre cuyo lado anterior, de manera conocida, pueden estar aplicadas capas semiconductoras para conformar un paso pn, así como contactos frontales y eventualmente capas de pasivación. A este respecto se remitirá sin embargo a construcciones o estructuras, conocidas desde hace tiempo, de componentes semiconductores como células solares, sin que se requieran explicaciones detalladas.

20 Sobre la capa de semiconductor 10, denominada como primera capa, por ejemplo mediante serigrafía, tampografía, pulverización térmica, se aplica una capa de un metal o material semimetálico - denominado a continuación como aluminio para todos los materiales considerados - la cual se expone a un proceso de sinterizado durante la producción de la célula solar, debido a lo cual resulta una capa sinterizada de aluminio 12 externa, como segunda capa. Entre la capa sinterizada de aluminio 12 y el sustrato de silicio 10, durante la producción, se conforman una
25 capa de silicio 14 enriquecida con aluminio, la cual forma el campo de superficie posterior, y una capa de aluminio 16 enriquecida con aluminio, con un sistema eutéctico de aluminio - silicio 18. A este respecto se remite sin embargo igualmente al estado del arte ya conocido. La capa de aluminio 16 enriquecida con silicio se denomina como primera capa intermedia y la capa de silicio enriquecida con aluminio se denomina como segunda capa intermedia 14.

30 La segunda capa 12 o capa externa compuesta por aluminio, de acuerdo con la invención, es porosa debido al proceso de sinterizado y, por consiguiente, presenta una pluralidad de cavidades.

Con respecto a las capas 10, 12 y a las capas intermedias 14, 16; incluyendo el sistema eutéctico, cabe señalar que en el dibujo dichas capas se representan de forma estrictamente esquemática, de manera que no reflejan las dimensiones reales.

35 Para poder soldar un conector, como un conector de cobre, para establecer un contacto, sobre la capa sinterizada de aluminio 12 que puede denominarse como segunda capa, en correspondencia con la representación gráfica de la figura 3, sobre la segunda capa 12 en toda la superficie o en subáreas, se aplica una capa 20 que contiene un material metálico que pueda licuarse o que puede soldarse o que se encuentra compuesta por el mismo. Lo mencionado debe entenderse como un ejemplo, ya que - tal como se explicará más adelante - existen otras
40 posibilidades para colocar en capas material metálico que puede soldarse o que pueda licuarse, de manera que se produzca un contacto que pueda soldarse.

El término material que puede soldarse abarca también material metálico que pueda licuarse, es decir, material de contacto que es licuado por la masa fundida de soldadura respectivamente utilizada, con la cual se suelda el conector.

45 Del modo mencionado, en el dibujo se prevé que sobre la segunda capa 12, es decir sobre la capa sinterizada, se aplique la capa 20, la cual preferentemente contiene estaño, se compone de estaño o contiene una aleación de estaño, para después, por ejemplo a través de una aplicación puntual de calor, como por ejemplo a través del soldado del material que puede soldarse, alearse desde la capa 20 hasta al menos el área del borde de la capa de silicio enriquecida con aluminio, la cual forma el campo de superficie posterior, como la segunda capa intermedia 14. Lo mencionado se muestra claramente mediante el sombreado en la figura 4. Sobre el área marcada de forma
50 correspondiente con el símbolo de referencia 15 puede soldarse por tanto un conductor como un conductor de cobre, de manera que se posibilita el circuito eléctrico requerido del componente semiconductor, a pesar del hecho

ES 2 606 374 T3

de que el lado posterior no puede soldarse con la segunda capa 12 como la capa sinterizada de aluminio, por el motivo mencionado. El área 15 es el contacto eléctricamente conductor.

Para conformar el contacto de metal semiconductor existen diferentes posibilidades que a continuación se explican de forma básica.

- 5 A través de la introducción de vibraciones acústico - mecánicas y de calor en un sistema existente formado por la capa de semiconductor, como una capa de silicio, como primera capa 10, la segunda capa 12 compuesta por el material de contacto base, como por ejemplo aluminio, indio, galio, boro, o formada por una mezcla de los mismos, y por las capas intermedias 14, 16, 18 que se extienden entre las mismas, el material que puede soldarse 10 aplicado sobre la segunda capa 12 es aleado hasta el área del borde de la capa de silicio 14 enriquecida con aluminio, la cual
10 forma el campo de superficie posterior. De manera alternativa, el material que puede soldarse se encuentra ya en la segunda capa 12. La vibración requerida se genera a través de una aplicación de ultrasonido, donde se aplican frecuencias de entre 10 kHz y 100 kHz, preferentemente en el rango entre 20 kHz y 80 kHz. Durante el aleado del material que puede soldarse, el componente semiconductor debe calentarse a una temperatura deseada, la cual puede ubicarse entre 0 °C y 600 °C, preferentemente entre la temperatura ambiente y 300 °C.
- 15 De manera alternativa puede tener lugar sólo un tratamiento térmico para alear el material que puede soldarse, donde se utilizan temperaturas que se ubican por encima de la temperatura de fusión del material que puede soldarse. Los valores de temperatura preferentes se ubican entre 230 °C y 900 °C, en particular entre 350 °C y 400 °C, y en función del material que puede soldarse, el cual puede tratarse de estaño, indio, plomo, galio, cadmio, plata, oro, níquel, hierro, titanio, hafnio, cinc, magnesio, calcio, bario o de una mezcla de los mismos. Preferentemente, el
20 material que puede soldarse y alearse puede aplicarse después de la conformación de la capa sinterizada 12.

Sin embargo, para producir la capa sinterizada 12, existe también la posibilidad de utilizar un material inicial o una pasta que ya contiene el material que puede soldarse. En ese caso, a través del tratamiento térmico, como por ejemplo en el proceso de sinterizado entre 700° C y 1000°C en la capa 12 resulta una mezcla del material de contacto base de la segunda capa 12 y el material que puede soldarse, el cual, debido al tratamiento térmico, es
25 aleado en al menos la primera capa intermedia 16, por consiguiente, en el ejemplo de ejecución, en la capa de aluminio enriquecida con silicio (área 15 en la figura 5). Puede tener lugar un aleado adicional hasta el área del borde de la capa 14 que forma el campo de superficie posterior (área 15 en la figura 4).

Otra posibilidad para introducir el material que puede soldarse en al menos la primera capa intermedia 16, así como hasta la segunda capa intermedia 14, consiste en el hecho de que el material que puede soldarse a través de
30 pulverización térmica se aplica sobre la capa de aluminio 12 sinterizada. De manera adicional pueden tener lugar una aplicación de ultrasonido y/o un tratamiento térmico. Si se hace vibrar el componente semiconductor para alear el material que puede soldarse, entonces debe aplicarse ultrasonido en el rango de frecuencia entre 10 kHz y 100 kHz, preferentemente en el rango entre 20 kHz y 80 kHz. El propio material que puede soldarse debe incidir con una velocidad de entre 10 m/s y 1000 m/s, preferentemente en el rango de 300 m/s.

35 Del modo mencionado anteriormente, el contacto de metal semiconductor puede producirse también a través de la técnica de soldadura tradicional. Para ello, durante la producción del componente semiconductor, se aplica una pasta de material de contacto base para el contacto posterior con partes de material que puede soldarse, como estaño o componentes de aleación de estaño - aluminio. Ya durante la producción del componente semiconductor, así como de la célula solar, es decir, durante la formación del contacto posterior en la superficie límite de aluminio -
40 silicio, por tanto en el área de transición entre las capas 14 y 16, se conforma una capa de aluminio - estaño continua que se extiende como capa de aluminio - estaño hasta la superficie externa del lado posterior.

Si se utiliza una pasta de aluminio con componentes de estaño, entonces sus proporciones de estaño se ubican en el rango entre 0 at.-% < x < 50 at.-%. Debido a la solubilidad extremadamente reducida del estaño en silicio, la cual (en el diagrama de fases binario Si-Sn) se ubica en 700 °C 0,05 at.-% y a 900 °C en 0,08 at.-%, durante la fase de
45 aleación, al formarse el contacto posterior, se mantiene la proporción de aluminio, de manera que la capa de aleación de aluminio - silicio y la capa de silicio 14 que ha crecido epitácticamente, la cual es responsable por el campo de superficie posterior en el lado posterior, enriquecida en alto grado con aluminio, puede crecer sin dificultades en presencia de estaño. Puesto que el estaño es isoelectrónico con respecto al silicio no resulta aquí ninguna modificación considerable de las propiedades eléctricas del contacto posterior. De este modo pueden
50 mantenerse parámetros del proceso tradicionales, de manera que, por consiguiente, no es necesario modificar la tecnología.

Sin embargo, existe también la posibilidad de que la pasta de aluminio contenga componentes de estaño en el rango entre 50 at.-% y menos de 100 at.-%. En el caso de una composición correspondiente, la metalización del lado posterior en su totalidad se funde ya a temperaturas inferiores en el rango entre 230 °C y 580 °C, de manera que se
55 forma una capa límite de aluminio - silicio que contiene aluminio. Debido a la solubilidad reducida del estaño en el silicio aplican las explicaciones precedentes.

5 Las diferencias entre el método de producción de los contactos descrito anteriormente a través de la utilización de pastas con diferentes componentes de estaño, reside en el hecho de que en el caso de una proporción de estaño $\leq 50\%$, la capa de contacto más elevada a través de la formación de aleación entre aluminio y silicio se funde sólo hasta un cierto grado, mientras que en el caso de una proporción de estaño mayor (50 % hasta menos de 100 %) la capa de contacto posterior se funde por completo a través de la formación de aleación entre aluminio y silicio.

Por esto, la parte de estaño de la capa llega hasta al menos la capa de aleación de aluminio - silicio - estaño 16, tal como se indica de forma básica en la figura 5.

10 Otro método para conformar el contacto de metal semiconductor reside en el hecho de que al soldarse el material que puede soldarse sobre el lado posterior del material semiconductor se produce una aleación. En ese caso, la segunda capa presenta igualmente un material que puede soldarse de forma correspondiente, con una regulación definida. A continuación se parte del supuesto de que el material base de la segunda capa 12 es aluminio y el material de soldadura es estaño. Si se suelda con soldadura de estaño en el lado posterior, se produce entonces un enriquecimiento local de la aleación de aluminio - estaño con estaño y, en base a ello, una composición diferente de la capa de aluminio que depende de la cantidad de estaño disponible. A través de la temperatura de soldadura limitada se define la profundidad de penetración de la aleación de soldadura/zona de soldadura. En el caso de una temperatura de soldadura de 250° se disuelven 2 at.-% de aluminio. Sin embargo, puesto que el contenido de estaño en la capa de contacto posterior de metal 12 ha sido regulado de forma definida en correspondencia con la temperatura de equilibrio, dicha capa llega hasta la superficie límite de la capa de aleación 16. La soldadura penetra en la capa de metal, donde se modifica la concentración, ya que el contenido de aluminio aumenta en alto grado. Si la proporción de aluminio se vuelve muy elevada entonces puede atravesar la zona de fusión. El efecto de soldadura puede intensificarse debido a que la capa de contacto de metal 12 es enriquecida con estaño. A través de la composición adecuada de la aleación de aluminio - estaño puede regularse la profundidad de inserción a una temperatura predeterminada.

25 Durante la formación de la capa de aleación en el contacto, durante la fase de sinterizado, el aluminio y el estaño se unen formando una capa continua que es porosa para la composición en el caso de una parte en peso inferior al 50 %, referido al estaño y que es compacta en el caso de una composición donde la proporción de estaño es superior al 50 % en peso. Gracias a ello puede tener lugar una soldadura en partículas que contienen estaño o en subáreas de la capa de aleación. Si se incrementa el contenido de estaño puede reducirse la temperatura de soldadura.

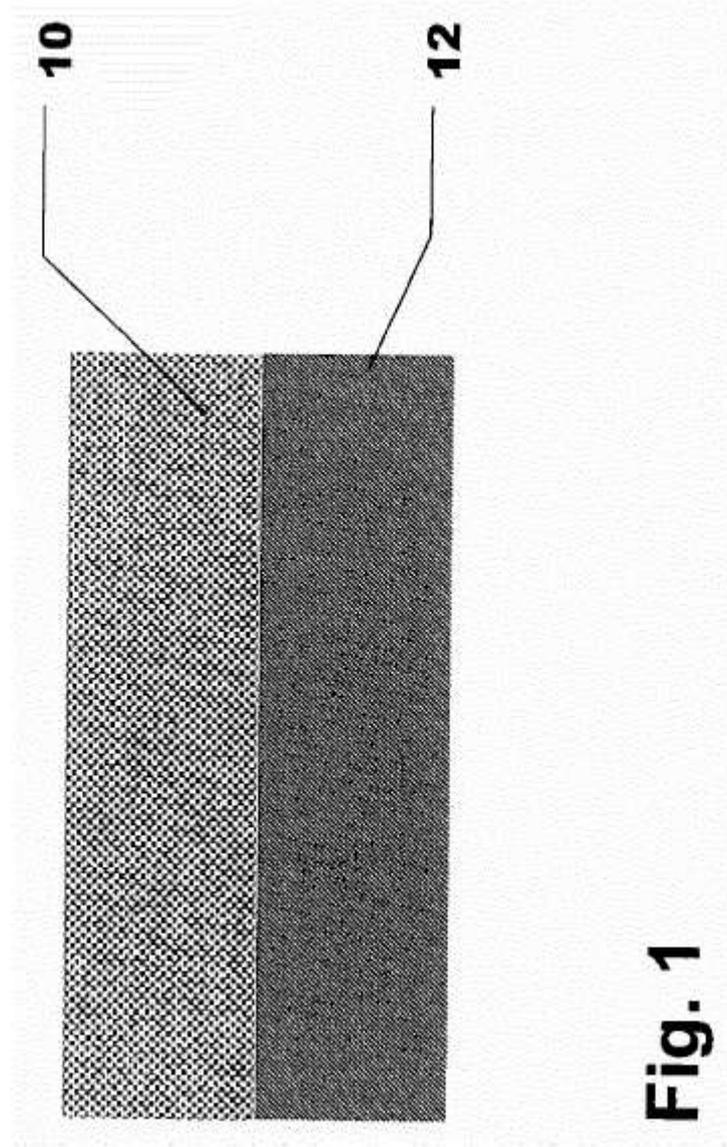
30 En la figura 4, con el símbolo de referencia 15 se representa el contacto eléctricamente conductor 15 que parte desde la superficie externa de la segunda capa 12, el cual se extiende hasta la segunda capa intermedia 14, por tanto hacia la capa de silicio enriquecida con aluminio, la cual forma el campo de superficie posterior. En la figura 5, el contacto eléctricamente conductor se extiende desde la capa sinterizada, por tanto desde la segunda capa 12, hasta la primera capa intermedia 16 que es la capa de aluminio enriquecida con silicio. Sin embargo, existe también la posibilidad de que el contacto eléctrico se extienda hasta el sistema eutéctico de aluminio - silicio 18, tal como se ilustra en la figura 4 y se muestra claramente en el área provista del símbolo de referencia 15a.

Otra posibilidad consiste en el hecho de que el contacto eléctrico se encuentre aleado sólo en la segunda capa, tal como se ilustra en la figura 5 y se muestra en el área provista del símbolo de referencia 15b.

REIVINDICACIONES

- 5 1. Componente semiconductor que comprende una primera capa (10) compuesta por material semiconductor, como sustrato, una segunda capa (12) que se extiende sobre la misma, al menos dos capas intermedias (14, 16) que se extienden entre la primera y la segunda capa, realizadas de los materiales de la primera y la segunda capa, donde la primera capa intermedia (16) que se encuentra orientada hacia la segunda capa (12) puede contener una mezcla eutéctica (18) de los materiales de la primera y la segunda capa, así como un contacto eléctricamente conductor (15, 15a, 15b) que forma una conexión eléctricamente conductora con la primera capa y que parte desde la segunda capa o que la atraviesa, donde el lado posterior del componente semiconductor, en total o al menos de forma parcial, está cubierto en el área del punto de contacto por al menos la segunda capa (12) y el contacto eléctricamente conductor (15, 15a, 15b) comprende un material metálico que puede soldarse o que pueda licuarse, el cual se encuentra aleado en la segunda capa (12) o forma una mezcla con el material de la segunda capa, caracterizado porque, el material metálico que puede soldarse o que pueda licuarse como el contacto eléctricamente conductor (15, 15a, 15b) que parte desde la segunda capa (12) está aleado en al menos una de las dos capas intermedias (14, 16) o las atraviesa, donde la segunda capa (12) es porosa.
- 15 2. Componente semiconductor según la reivindicación 1, caracterizado porque entre la primera capa (10) y la primera capa intermedia (16) contigua a la segunda capa (12) se extiende la segunda capa intermedia (14) enriquecida con el material de la segunda capa, hasta la cual se extiende el contacto eléctricamente conductor (15, 15a, 15b) que contiene el material metálico que puede soldarse o que pueda licuarse.
- 20 3. Componente semiconductor según la reivindicación 1 ó 2, caracterizado porque la segunda capa (12) es o contiene al menos un material de contacto base del grupo Al, In, Ga, B o una mezcla de materiales del grupo y/o se compone al menos en algunas áreas de una mezcla de Al y del material metálico que puede soldarse o que pueda licuarse, o porque la segunda capa (12) se compone de un material que está producido a partir de una mezcla de Al y el material metálico que puede soldarse o que pueda licuarse.
- 25 4. Componente semiconductor según al menos una de las reivindicaciones precedentes, caracterizado porque el material metálico que puede soldarse o que pueda licuarse es o contiene un material del grupo Sn, Pb, In, Ga, Cd, Fe, Ag, Au, Ti, Hf, Zn, Mg, Ca, Ba, material de soldadura o una mezcla de materiales del grupo, se encuentra aleado en el mismo después de la conformación de la segunda capa (12), o porque en la segunda capa intermedia (14) que se compone de un material semiconductor aleado con el material de contacto base de la segunda capa (12), la cual forma un campo de superficie posterior (Back-Surface-Field), se encuentra aleado el material metálico que puede soldarse o que pueda licuarse.
- 30 5. Componente semiconductor según al menos una de las reivindicaciones precedentes, caracterizado porque en la segunda capa intermedia (14), conformada a partir de la primera capa (10), se encuentra disuelto material de contacto base de la segunda capa (12), así como material metálico que puede soldarse o que pueda licuarse.
- 35 6. Componente semiconductor según al menos una de las reivindicaciones precedentes, caracterizado porque la segunda capa (12) contiene 0,01 % en peso hasta 99,9 % en peso, en particular 10 % en peso hasta 50 % en peso de material metálico que puede soldarse o que pueda licuarse, como estaño o una aleación de estaño.
- 40 7. Método para producir un contacto semiconductor de metal (15, 15a, 15b) de un componente semiconductor, como una célula solar, el cual presenta una primera capa (10), como sustrato, de material semiconductor, así como una segunda capa (12) porosa aplicada sobre la misma, de un material de contacto base que contiene metal o que se compone de metal, donde después de la conformación de la segunda capa (12) en el lado posterior del componente semiconductor, de forma total o parcial en el área de puntos de contacto que deben conformarse en la segunda capa, se aplica un material metálico (20) que puede soldarse o que pueda licuarse o, para conformar la segunda capa sobre la primera capa (10), se aplica una mezcla del segundo material y de un material metálico que puede soldarse o que pueda licuarse, y donde a través de tratamiento mecánico y/o tratamiento térmico y/o pulverización térmica del material metálico que puede soldarse o que pueda licuarse, material metálico que puede soldarse o que pueda licuarse es aleado en la segunda capa y al menos dentro de una capa intermedia (14, 16, 18) que debe formarse entre la primera y la segunda capa durante la producción del componente semiconductor.
- 45 8. Método según la reivindicación 7, caracterizado porque el material metálico que puede soldarse o que pueda licuarse se encuentra aleado de forma exclusiva o esencialmente de forma exclusiva a través del tratamiento térmico del componente semiconductor que debe producirse durante y/o después de la conformación de la segunda capa (12) en la segunda capa (12) o en la segunda capa (12) y en al menos una capa intermedia (14, 16, 18), donde preferentemente el tratamiento térmico se realiza a una temperatura T de $150\text{ °C} \leq T \leq 800\text{ °C}$, en particular de $230\text{ °C} \leq T \leq 600\text{ °C}$.
- 50

9. Método según la reivindicación 7, caracterizado porque el material metálico que puede soldarse o que pueda licuarse es aleado a través de tratamiento acústico - mecánico en la segunda capa o en la segunda capa (12) y en al menos una capa intermedia (14, 16, 18).
- 5 10. Método según una de las reivindicaciones 7 a 9, caracterizado porque el material metálico que puede soldarse o que pueda licuarse del componente semiconductor que debe producirse es aleado en la segunda capa o en la segunda capa y en al menos una capa intermedia (14, 16, 18) durante y/o después de la conformación de la segunda capa (12), donde en particular se realiza la aplicación de ultrasonido a una frecuencia f de 10 kHz $\leq f \leq 100$ kHz, en particular de 20 kHz $\leq f \leq 80$ kHz, preferentemente de 20 kHz o de 40 kHz, y porque preferentemente durante la aplicación de ultrasonido, el componente semiconductor que debe producirse se expone a una temperatura T de 0 °C $\leq T \leq 1.000$ °C, en particular de 20 °C $\leq T \leq 600$ °C.
- 10 11. Método según una de las reivindicaciones 7 a 10, caracterizado porque el material que puede soldarse se aplica sobre la segunda capa (12) a través de pulverización térmica, donde en particular el material metálico que puede soldarse o que pueda licuarse se aplica con una velocidad v de 10 m/s $\leq v \leq 3000$ m/s, donde preferentemente $v \approx 300$ m/s, donde preferentemente durante la pulverización térmica el componente semiconductor que debe producirse se expone a una temperatura T de 0 °C $\leq T \leq 500$ °C, preferentemente de 20 °C $\leq T \leq 600$ °C y/o porque durante la pulverización térmica, al componente semiconductor se aplica ultrasonido con una frecuencia f en particular de 10 kHz $\leq f \leq 100$ kHz, preferentemente de 20 kHz $\leq f \leq 80$ kHz, de forma especialmente preferente de 20 kHz o 40 kHz.
- 15 12. Método según una de las reivindicaciones 7 a 11, caracterizado porque sobre la primera capa (10) se aplica una mezcla a partir del material de contacto base de la segunda capa (12) como pasta de aluminio y del material metálico que puede soldarse o que pueda licuarse o una aleación que contiene el material metálico que puede soldarse o que pueda licuarse, conformándose a continuación la segunda capa (12), donde en particular se utiliza como mezcla una mezcla cuya proporción x de material metálico que puede soldarse o que pueda licuarse, así como la aleación que contiene el material que puede soldarse, asciende a 0 % en peso $< x \leq 50$ % en peso o a 50 % en peso $\leq x < 100$ % en peso.
- 20 13. Método según una de las reivindicaciones 7 a 12, caracterizado porque el material metálico que puede soldarse o que pueda licuarse se alea a través de aplicación puntual de temperatura de la segunda capa (12), en particular a través de soldadura en la segunda capa o en la segunda capa hasta al menos una capa intermedia.
- 25 14. Método según una de las reivindicaciones 7 a 13, caracterizado porque como material de contacto base para la segunda capa (12) se utiliza un material que es o contiene al menos un material del grupo Al, In, Ga, B o una mezcla de materiales del grupo, y/o porque como material metálico que puede soldarse o que pueda licuarse se utiliza un material que es o contiene un material del grupo Sn, In, Pb, Ga, Ag, Au, Cd, Fe, Ti, Hf, Zn, Mg, Ca, Ba o una mezcla de materiales del grupo, donde en particular como material metálico que puede soldarse o que pueda licuarse se utiliza una aleación Sn o una aleación que la contiene.
- 30 15. Método según una de las reivindicaciones 7 a 14, caracterizado porque entre la primera capa (10) y la segunda capa (12) se conforman una primera capa intermedia (16) que es una capa aleada de la segunda capa aleada con el material de la primera capa, una segunda capa intermedia (14) que es una capa de la primera capa aleada con el material de la segunda capa, así como un sistema eutéctico (18) que se extiende entre la primera capa intermedia y la segunda capa intermedia.
- 35



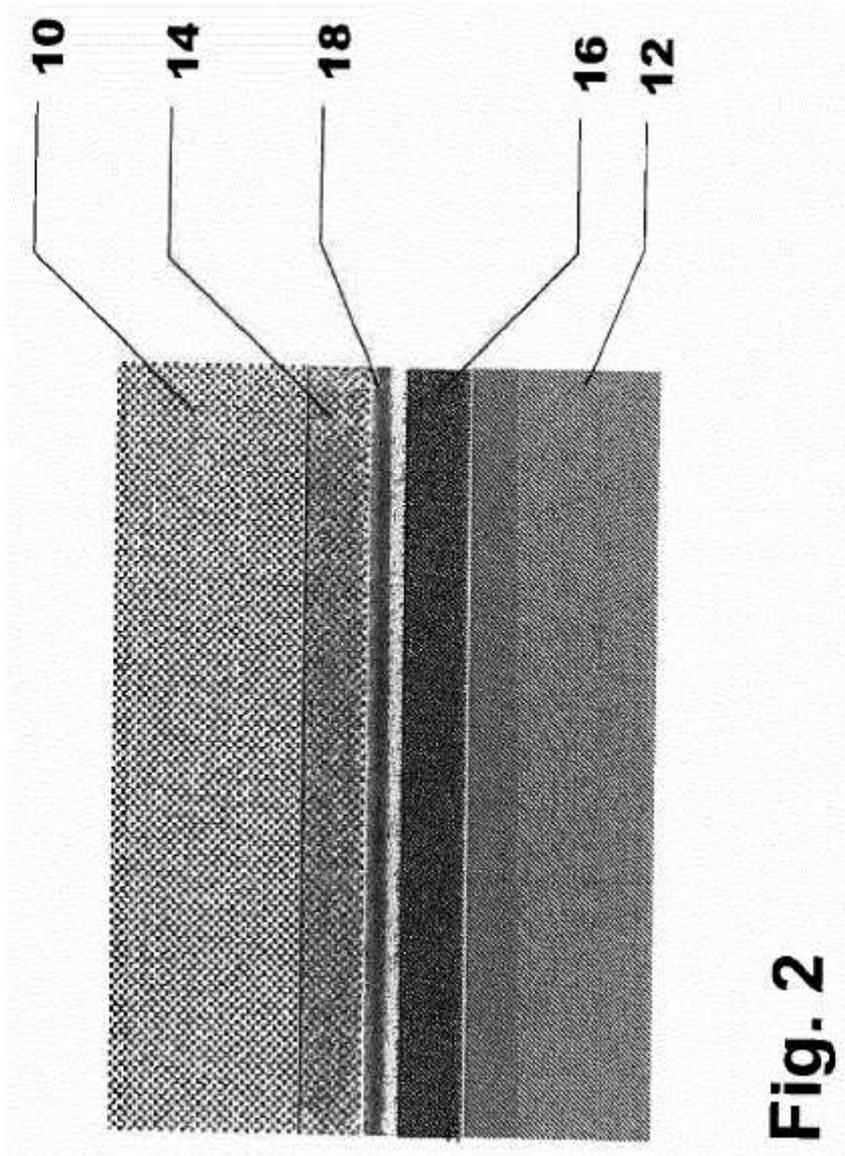


Fig. 2

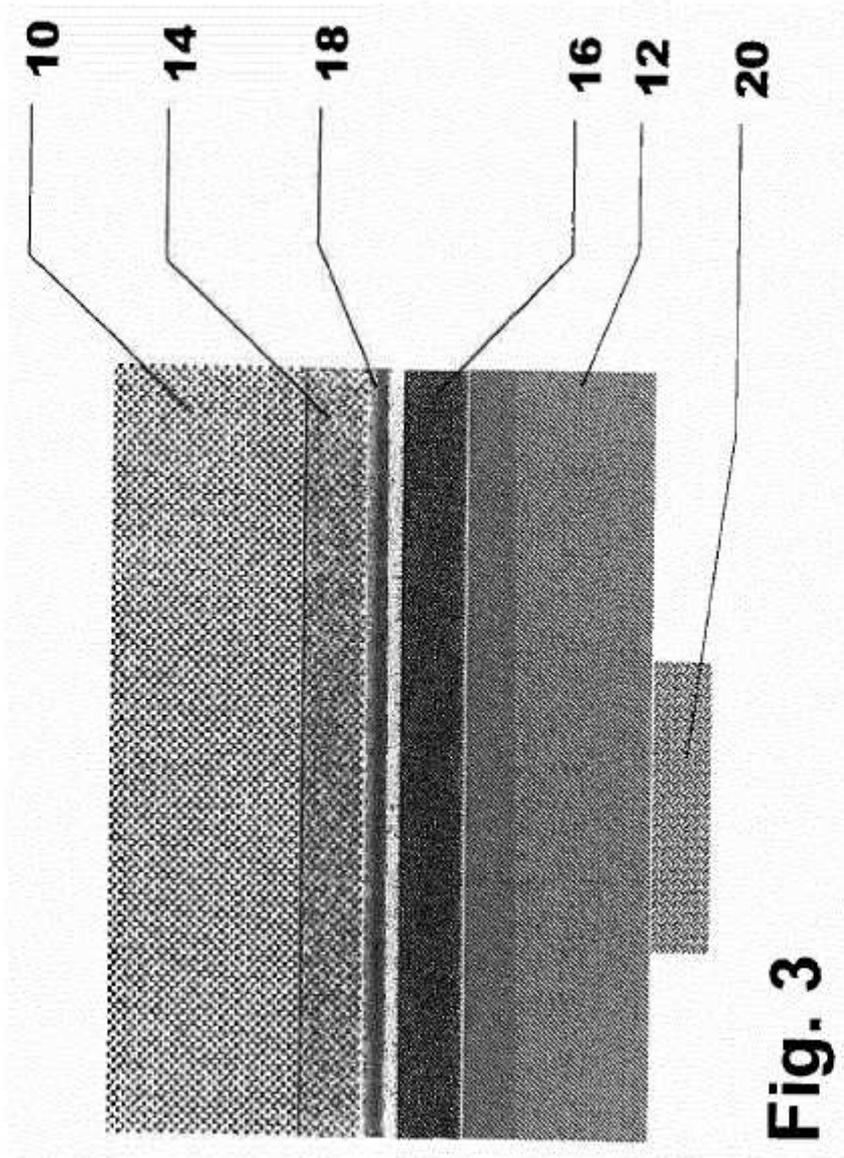


Fig. 3

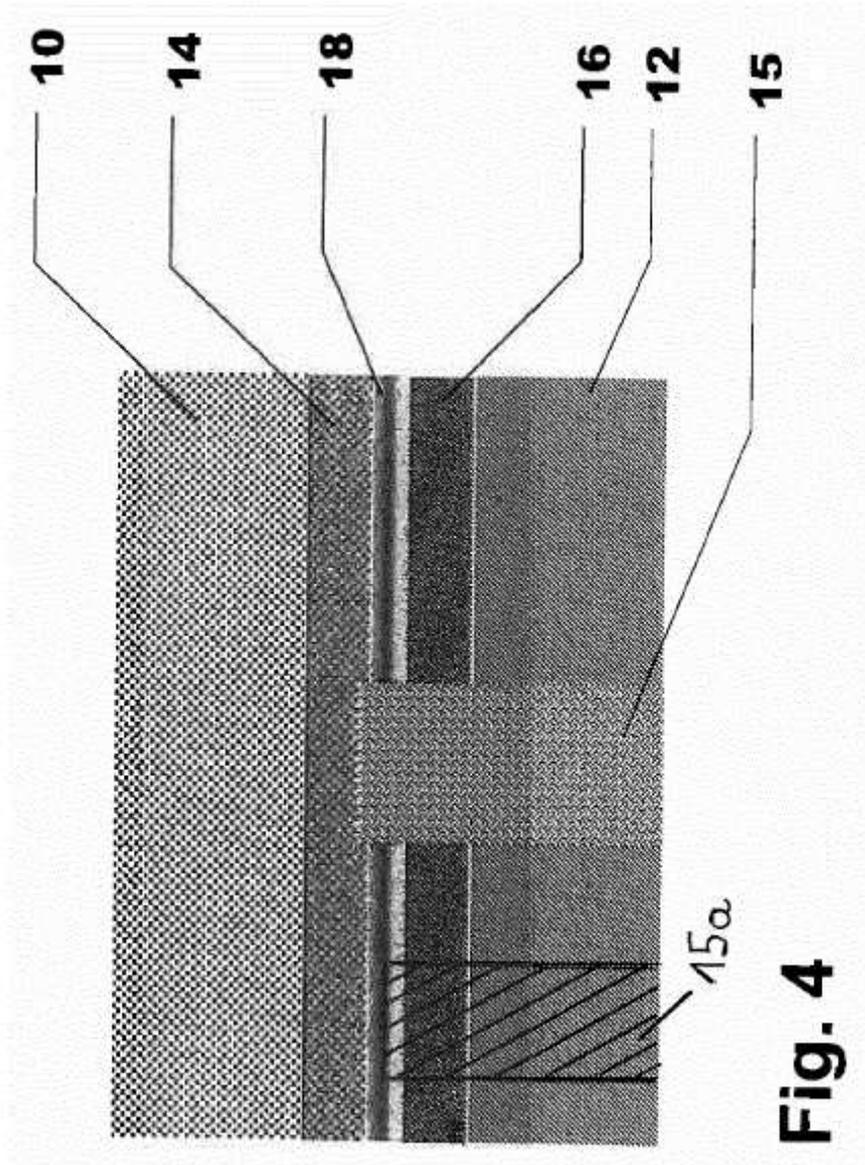


Fig. 4

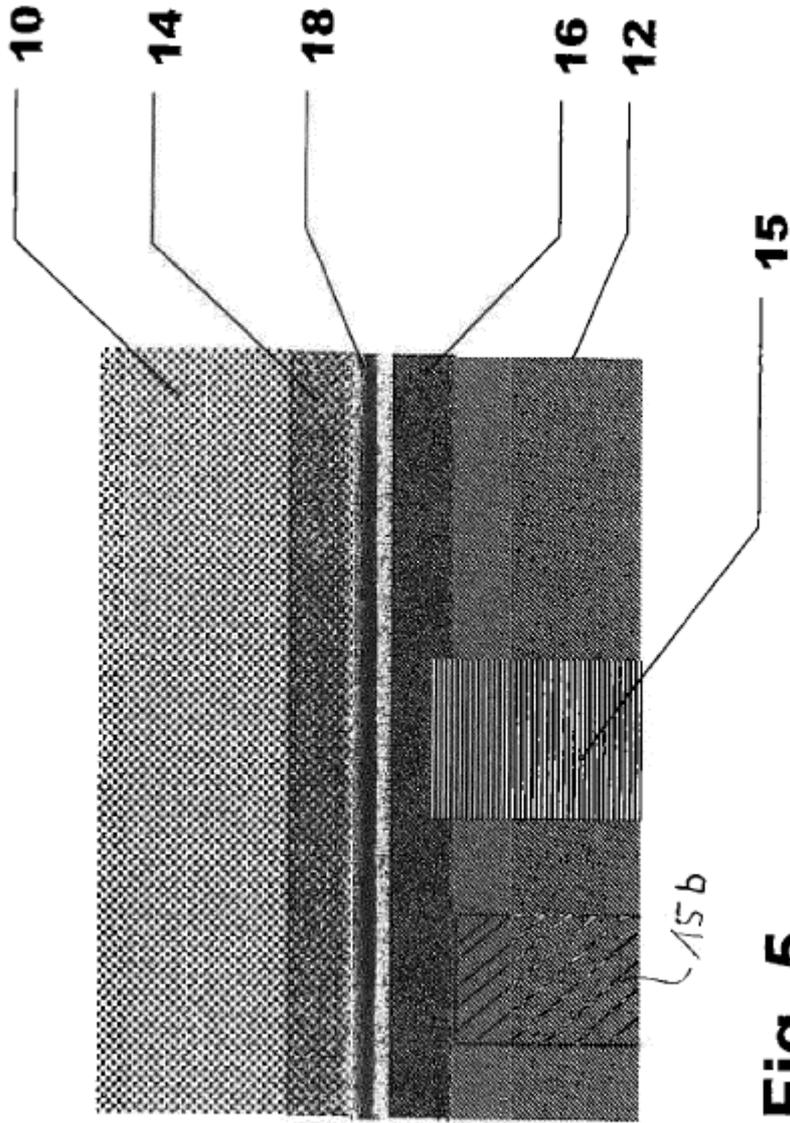


Fig. 5