



19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 365 155**

51 Int. Cl.:
H01L 31/18 (2006.01)
H01L 31/0352 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **06250651 .4**
96 Fecha de presentación : **07.02.2006**
97 Número de publicación de la solicitud: **1693903**
97 Fecha de publicación de la solicitud: **23.08.2006**

54 Título: **Disposición de células solares esféricas y su procedimiento de fabricación.**

30 Prioridad: **18.02.2005 JP 2005-42001**
01.03.2005 JP 2005-56495

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
23.09.2011

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
23.09.2011

73 Titular/es: **CLEAN VENTURE 21 CORPORATION**
35, Daimotsu Kamitoba, Minami-ku
Kyoto-shi, Kyoto 601-8121, JP

72 Inventor/es: **Murozono, Mikio;**
Hibino, Takeshi;
Mouri, Noboru;
Park, Young-Tae;
Nakamura, Toshiyuki y
Kodani, Yoshiaki

74 Agente: **Curell Aguilá, Marcelino**

ES 2 365 155 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

Disposición de células solares esféricas y su procedimiento de fabricación

5 **Campo de la invención**

La presente invención se refiere a un procedimiento para producir un dispositivo fotovoltaico que incluye elementos fotovoltaicos esféricos y al dispositivo fotovoltaico.

10 **Antecedentes de la invención**

Los dispositivos fotovoltaicos han recibido atención como fuente de energía limpia. Existen dos tipos de dispositivos fotovoltaicos representativos: los que utilizan un elemento realizado a partir de una oblea de semiconductor de silicio cristalino; y los que utilizan una capa de semiconductor realizada a partir de silicio amorfo. El primero requiere etapas complicadas para producir un lingote monocristalino y procesar el lingote monocristalino para obtener obleas de semiconductor. Además, su coste de producción es elevado, puesto que la tasa de utilización del costoso material de silicio en bruto es baja debido al residuo de cristal producido en la etapa de corte o similar. En el último, cuando la estructura amorfa, en la que se combina hidrógeno con el enlace libre de silicio, se expone a la luz, el hidrógeno se libera y un tiende a producirse un cambio estructural. Por lo tanto, el último dispositivo presenta el problema de que la eficacia fotovoltaica se reduce gradualmente debido a la exposición a la luz.

Para proporcionar un dispositivo fotovoltaico que esté libre de tal degradación de características, barato, y del que se espera que proporcione un alta potencia de salida, se han examinado células solares esféricas que utilizan un elemento fotovoltaico esférico que se compone de un semiconductor de tipo p esférico (primer semiconductor) y una capa de semiconductor de tipo n (capa de segundo semiconductor) formada sobre la superficie del semiconductor de tipo p esférico. Un ejemplo de este tipo es una disposición solar según se propone en la patente US nº 4.581.103, en el que se incrustan elementos de silicio (Si) esféricos en las aberturas de una hoja de aluminio (Al) plana, sus capas de semiconductor de tipo n se someten a ataque químico desde la cara posterior de la hoja de aluminio para exponer los semiconductores de tipo p interiores, y los semiconductores de tipo p expuestos se conectan a otra hoja de aluminio.

Esta propuesta emplea elementos pequeños con un diámetro de aproximadamente 1 mm, disminuyendo de ese modo el espesor promedio de toda la sección fotovoltaica y reduciendo la cantidad de Si de alta pureza. Sin embargo, puesto que esta célula solar esférica es del tipo que no emplea luz reflejada, su potencia de salida por elemento es baja. Por tanto, para mejorar la eficacia de conversión por superficie receptora de luz del módulo, es necesario disponer un gran número de elementos densamente de modo que estén cercanos entre sí. Por lo tanto, el proceso para conectar los elementos a la hoja de aluminio se complica y, además, son necesarios un gran número de elementos. Como resultado, no es posible una gran reducción en el coste.

Asimismo, para unir los semiconductores de Si a la capa conductora de hoja de aluminio y obtener una buena conexión eléctrica entre las mismas, la propuesta anterior incluye la etapa de aplicar un tratamiento térmico a de 500 a 577°C para formar una capa de aleación de aluminio y Si en la unión entre las mismas. Sin embargo, un tratamiento térmico de este tipo provoca un fenómeno de cortocircuito puesto que la capa de segundo semiconductor es una capa delgada con un espesor de 0,5 µm o menos y la capa conductora atraviesa la delgada capa de segundo semiconductor tras el tratamiento térmico. Por tanto, existen inconvenientes de grandes deterioros en tensión de circuito abierto, factor de relleno, y similares.

Para resolver estos problemas, se ha propuesto una célula solar que se compone de un soporte con un gran número de rebajes y elementos fotovoltaicos esféricos con un diámetro de aproximadamente 1 mm dispuestos en los rebajes, en la que las caras interiores de los rebajes se emplean como espejos reflectantes (por ejemplo, la publicación de patente japonesa abierta al público nº 2002-50780, el documento US 2002/0096206 A1, y el documento US 2004/0016456 A1). Una célula solar de este tipo se denomina célula solar esférica de tipo de micro concentrador o de tipo de bajo concentrador. Una primera ventaja de esta configuración es una reducción en la cantidad de materiales elementales, particularmente, el costoso Si. Una segunda ventaja es la utilización eficaz de la luz; debido a la acción del espejo reflectante, puede permitirse que entre en el elemento luz que es de 4 a 6 veces la luz directamente incidente sobre el elemento.

A continuación se describe la propuesta realizada anteriormente por los presentes inventores (documento US 2004/0016456 A1), como procedimiento convencional representativo para producir dispositivos fotovoltaicos de este tipo. Un elemento fotovoltaico comprende un primer semiconductor esférico y una capa de segundo semiconductor que recubre la superficie del mismo, y se expone una parte del primer semiconductor a partir de la capa de segundo semiconductor. Un electrodo se forma previamente sobre la parte expuesta del primer semiconductor y la capa de segundo semiconductor. Un soporte presenta una pluralidad de rebajes para recubrir tales elementos y comprende una capa de segundo conductor que va a conectarse eléctricamente a las capas de segundo semiconductor y una capa de aislante eléctrico formado sobre la cara posterior de la capa de segundo conductor. Sobre la cara posterior de la capa de aislante eléctrico se forma una capa de primer conductor que

interconecta eléctricamente los electrodos de los primeros semiconductores.

Según una configuración de este tipo, antes de disponer los elementos en el soporte se realiza la formación del electrodo que precisa de un tratamiento térmico alta temperatura. Por lo tanto, existe la ventaja de que los electrodos y la capa conductora pueden conectarse a una temperatura relativamente baja después de disponer los elementos en el soporte. Sin embargo, puesto que el electrodo para la capa de segundo semiconductor se forma sobre una superficie curva próxima a la abertura de la capa de segundo semiconductor, una formación de electrodo de este tipo requiere de un posicionamiento preciso y una técnica para formar una forma fina siendo por tanto inadecuada para la producción en masa.

Además, este soporte presenta una estructura de dos capas que consiste en la capa de segundo conductor con los rebajes para recubrir los elementos y la capa de aislante eléctrico. Un soporte de este tipo puede producirse, por ejemplo, laminando de manera solidaria una capa de segundo conductor, lo que se obtiene trabajando una lámina metálica para formar una pluralidad de rebajes, presentando cada rebaje una abertura en la parte inferior, y una lámina de aislante eléctrico con orificios pasantes correspondientes a las aberturas. Sin embargo, en la actualidad, en el proceso de integrar estas dos láminas mediante adhesión o pegado por termocompresión, puede deformarse la lámina de aislante eléctrico realizada a partir de resina, provocando de ese modo cambios en la distancia de separación las dimensiones, y la forma de los orificios pasantes y por lo tanto un desplazamiento. Por tanto, es difícil producir un soporte de este tipo con buena precisión. El soporte de tres capas tal y como se da a conocer, por ejemplo, en el documento US 2002/0096206 A1 también presenta el mismo problema que el soporte de dos capas anteriormente mencionado.

Además, en células solares esféricas, es extremadamente importante montar la totalidad del gran número de elementos esféricos muy pequeños en posiciones predeterminadas dentro de los pequeños rebajes de manera precisa y rápida. Si el posicionamiento de los elementos es impreciso o se produce un desplazamiento durante el proceso de producción o funcionamiento de la célula solar esférica, la capa de segundo conductor entra en contacto con la parte expuesta o electrodo del primer semiconductor para provocar un cortocircuito, o no puede formarse una conexión eléctrica entre el semiconductor y la capa conductora. En caso de separación de los elementos, la potencia de salida del dispositivo fotovoltaico se reduce.

Para resolver estos problemas, por ejemplo, el documento US 2004/0016456 A1 da a conocer un procedimiento para posicionar elementos, con una pasta conductora aplicada a los electrodos de sus segundos semiconductores, dentro de los rebajes del soporte, y a continuación calentando los elementos para fijarlos al soporte. Sin embargo, este procedimiento presenta los siguientes problemas. Por ejemplo, es difícil aplicar la pasta conductora a los diminutos electrodos a alta velocidad. Asimismo, en el proceso de posicionamiento de los elementos en el soporte, la pasta conductora aplicada a los elementos se adhiere a los espejos reflectantes de los rebajes, reduciendo de ese modo la eficacia fotovoltaica.

Breve resumen de la invención

La presente invención trata los problemas indicados anteriormente asociados a la célula solar esférica que se compone de un soporte con un gran número de rebajes y elementos fotovoltaicos esféricos dispuestos en los rebajes respectivos. Existe la necesidad de un procedimiento para producir eficazmente un dispositivo fotovoltaico con alta calidad y alta fiabilidad, fijando los elementos a elementos fotovoltaicos soldados dentro de los orificios. Cada uno de los elementos fotovoltaicos incluye un recubrimiento que impide la reflexión.

El documento EP-A-1.213.772 da a conocer un aparato fotovoltaico que presenta rebajes con paredes interiores reflectantes que funcionan como espejos.

Breve resumen de la invención

La presente invención trata los problemas indicados anteriormente asociados a la célula solar esférica que se compone de un soporte con un gran número de rebajes y elementos fotovoltaicos esféricos dispuestos en los rebajes respectivos. Existe la necesidad de un procedimiento para producir eficazmente un dispositivo fotovoltaico con alta calidad y alta fiabilidad, fijando los elementos en posiciones predeterminadas dentro de los rebajes respectivos de forma fiable y conectando eléctricamente los semiconductores de los elementos a la capa conductora con una resistencia baja. También existe la necesidad de un dispositivo fotovoltaico de este tipo con alta calidad y alta fiabilidad.

La presente invención proporciona un procedimiento de producción de un dispositivo fotovoltaico según la reivindicación 1.

En una primera forma de realización preferida del procedimiento de producción de la presente invención, se realizan las etapas (a) y (d), y a continuación se realizan las etapas (e), (f), (b), (g), (h), (c), e (i) en este orden. En una segunda forma de realización preferida, se realizan las etapas (a) y (d), y a continuación se realizan las etapas (e), (f), (b), (c), (g), (h), e (i) en este orden. Además, en una tercera realización preferida, se realizan las etapas (a) y (d),

y se realizan a continuación las etapas (e), (f), (g), (h), (b), (c), e (i) en este orden.

En las formas de realización primera a tercera, en primer lugar, se realiza la etapa (a) para preparar una pluralidad de elementos fotovoltaicos A1, mientras que se realiza la etapa (d) para preparar un soporte que sirve como una capa de segundo conductor. Posteriormente, se realiza la etapa (e) para aplicar un adhesivo conductor a la periferia de cada una de las aberturas del soporte. En la siguiente etapa (f), se dispone cada uno de los elementos fotovoltaicos A1 en cada rebaje del soporte de modo que la capa de segundo semiconductor de los mismos está en contacto con el borde de la abertura, por medio de lo cual la capa de segundo semiconductor se adhiere al borde de la abertura con el adhesivo conductor, y además, se calienta el soporte para solidificar el adhesivo conductor. Estas etapas producen una estructura B1 en la que los elementos fotovoltaicos A1 están fijos en las posiciones predeterminadas del soporte de modo que sus capas de segundo semiconductor están conectadas eléctricamente a la capa de segundo conductor.

En la primera forma de realización, después de las etapas (a), (d), (e), y (f), se realiza la etapa (b). Es decir, se retira por lo menos una parte de la capa de segundo semiconductor de cada elemento fotovoltaico A1 sobre la cara posterior del soporte de la estructura B1 para exponer el primer semiconductor. Como resultado, los elementos fotovoltaicos A1 se convierten en elementos fotovoltaicos A2. Posteriormente, se realiza la etapa (g) para formar una capa de aislante eléctrico sobre la cara posterior del soporte, y a continuación se realiza la etapa (h) para formar orificios pasantes en la capa de aislante eléctrico de modo que se expone por lo menos una parte de la parte expuesta del primer semiconductor de cada elemento fotovoltaico A2. A continuación, se realiza la etapa (c) para formar un electrodo sobre la superficie expuesta del primer semiconductor dentro de cada orificio pasante. Como resultado, los elementos fotovoltaicos A2 se convierten en elementos fotovoltaicos A3. En la última etapa (i), se forma una capa de primer conductor. La capa de primer conductor interconecta eléctricamente los electrodos de los elementos fotovoltaicos A3 que están expuestos dentro de los orificios pasantes de la capa de aislante eléctrico, con los orificios pasantes que sirven como trayectorias conductoras.

En la segunda forma de realización, de la misma forma que en la primera realización, después de las etapas (a), (d), (e), y (f), se realiza la etapa (b) para exponer por lo menos una parte del primer semiconductor sobre la cara posterior del soporte de la estructura B1. Como resultado, los elementos fotovoltaicos A1 se convierten en elementos fotovoltaicos A2. A continuación, se realiza la etapa (c) para formar un electrodo sobre la superficie expuesta del primer semiconductor. Como resultado, los elementos fotovoltaicos A2 se convierten en elementos fotovoltaicos A3. Posteriormente, se realiza la etapa (g) para formar una capa de aislante eléctrico sobre la cara posterior del soporte, y a continuación se realiza la etapa (h) para formar orificios pasantes en la capa de aislante eléctrico de modo que están expuestos los electrodos de los elementos fotovoltaicos A3. En la última etapa (i), se forma una capa de primer conductor de la misma forma que en la primera forma de realización.

En la tercera forma de realización, después de las etapas (a), (d), (e), y (f), se realiza la etapa (g) para formar una capa de aislante eléctrico sobre la cara posterior del soporte de la estructura B1, y a continuación se realiza la etapa (h) para formar orificios pasantes en la capa de aislante eléctrico de modo que se expone una parte de la capa de segundo semiconductor de cada elemento fotovoltaico A1. Posteriormente, se realiza la etapa (b) para eliminar la parte de la capa de segundo semiconductor expuesta dentro de cada orificio pasante de la capa de aislante eléctrico de modo que se expone el primer semiconductor. Como resultado, los elementos fotovoltaicos A1 se convierten en elementos fotovoltaicos A2. Después se realiza la etapa (c) para formar un electrodo sobre la superficie expuesta del primer semiconductor de cada elemento fotovoltaico A2. Como resultado, los elementos fotovoltaicos A2 se convierten en elementos fotovoltaicos A3. En la última etapa (i), se forma una capa de primer conductor de la misma forma que en la primera forma de realización.

En una cuarta forma de realización preferida del procedimiento de producción de la presente invención, se realizan las etapas (a), (b), (c), y (d), y a continuación se realizan las etapas (e), (f), (g), (h), e (i) en este orden. En la cuarta realización, en primer lugar, se realiza la etapa (a) para preparar elementos fotovoltaicos A1, y a continuación se realiza la etapa (b) para eliminar una parte de la capa de segundo semiconductor de cada elemento fotovoltaico A1 para exponer una parte del primer semiconductor. Como resultado, se obtienen elementos fotovoltaicos A2. Posteriormente, se realiza la etapa (c) para formar un electrodo sobre las superficies expuestas de los primeros semiconductores de los elementos fotovoltaicos A2, para preparar elementos fotovoltaicos A3. Mientras tanto, se realiza la etapa (d) para preparar un soporte de la misma forma que en la realización 1. Posteriormente, se realiza la etapa (e) para aplicar un adhesivo conductor a la periferia de cada abertura del soporte. Después, en la etapa (f), se dispone cada uno de los elementos fotovoltaicos A3 en cada rebaje del soporte de modo que la capa de segundo semiconductor de los mismos está en contacto con el borde de la abertura, y se calienta el soporte para solidificar el adhesivo conductor. Estas etapas producen una estructura B2 en la que los elementos fotovoltaicos A3 con los electrodos están fijados a las posiciones predeterminadas del soporte de modo que sus capas de segundo semiconductor están conectadas eléctricamente a la capa de segundo conductor.

Después, se realiza la etapa (g) para formar una capa de aislante eléctrico sobre la cara posterior del soporte de la estructura B2, y a continuación se realiza la etapa (h) para formar orificios pasantes en la capa de aislante eléctrico de modo que están expuestos los electrodos de los elementos fotovoltaicos A3. En la última etapa (i), se forma una capa de primer conductor de la misma forma que en la primera forma de realización.

En una quinta forma de realización preferida del procedimiento de producción de la presente invención, se realizan las etapas (a), (b), y (d), y a continuación se realizan las etapas (e), (f), (g), (h), (c), e (i) en este orden. En la quinta realización, en primer lugar, se realiza la etapa (a) para preparar elementos fotovoltaicos A1. A continuación, se realiza la etapa (b) para eliminar una parte de la capa de segundo semiconductor para exponer una parte del primer semiconductor. Como resultado, se obtienen elementos fotovoltaicos A2. Mientras tanto, se realiza la etapa (d) para preparar un soporte que sirve como una capa de segundo conductor. Posteriormente, se realiza la etapa (e) para aplicar un adhesivo conductor a la periferia de cada abertura del soporte. En la siguiente etapa (f), se dispone cada uno de los elementos fotovoltaicos A2 en cada rebaje del soporte de modo que la capa de segundo semiconductor está en contacto con el borde de la abertura, y se calienta el soporte para solidificar el adhesivo conductor. Estas etapas producen una estructura B3 en la que los elementos fotovoltaicos A2, que presentan cada uno la parte expuesta del primer semiconductor, están fijados a las posiciones predeterminadas del soporte de modo que sus capas de segundo semiconductor están conectadas eléctricamente a la capa de segundo conductor.

A continuación, se realiza la etapa (g) para formar una capa de aislante eléctrico sobre la cara posterior del soporte de la estructura B3, y a continuación se realiza la etapa (h) para formar orificios pasantes en la capa de aislante eléctrico de modo que el primer semiconductor de cada elemento fotovoltaico A2 se expone dentro de cada orificio pasante. A continuación, se realiza la etapa (c) para formar un electrodo sobre la superficie expuesta del primer semiconductor dentro del orificio pasante de la capa de aislante eléctrico. Como resultado, los elementos fotovoltaicos A2 se convierten en elementos fotovoltaicos A3. En la última etapa (i), se forma una capa de primer conductor de la misma forma que en la primera realización.

Se prefiere que los elementos fotovoltaicos de la presente invención se compongan principalmente de silicio.

El recubrimiento antirreflexión comprende preferentemente óxido de estaño dopado con por lo menos uno de flúor y antimonio y presenta preferentemente un espesor de 50 a 100 nm.

La etapa (e) incluye preferentemente las etapas siguientes:

aplicar el adhesivo conductor sobre puntas de patillas que son ligeramente mayores que las aberturas del soporte; y transferir el adhesivo conductor aplicado a las puntas a las periferias de las aberturas, insertando las puntas en los rebajes del soporte desde la cara frontal del soporte y poniendo las puntas en contacto con las periferias de las aberturas de modo que los centros de las puntas y las aberturas se alineen.

La etapa (e) incluye preferentemente las etapas siguientes:

colocar una máscara metálica sobre la cara posterior del soporte, presentando la máscara metálica una pluralidad de grupos de aberturas correspondientes a las aberturas del soporte, consistiendo cada grupo de aberturas en una pluralidad de aberturas que están dispuestas a lo largo de un borde de abertura de cada abertura, estando conformada cada abertura de modo que recubre un área que se extiende desde una parte exterior del borde de abertura de la abertura hasta una parte interior del mismo; e

imprimir el adhesivo conductor sobre el soporte a través de las aberturas de la máscara metálica, de modo que el adhesivo conductor se aplica al soporte en una pluralidad de ubicaciones a lo largo del borde de abertura de cada una de las aberturas de modo que recubre un área que se extiende desde una periferia de cada abertura sobre la cara posterior del soporte hasta una periferia de la abertura sobre la cara frontal del mismo.

La etapa (b) incluye preferentemente retirar una parte de la capa de segundo semiconductor de cada uno de los elementos fotovoltaicos A1 mediante ataque químico, para formar la abertura. La etapa (b) incluye preferentemente, antes de la etapa de ataque químico, la etapa de retirar previamente la parte de la capa de segundo semiconductor que va a someterse a ataque químico mediante cepillado o pulido con chorro de arena.

En la cuarta forma de realización, la etapa (b) incluye preferentemente la etapa de cortar una parte de cada uno de los elementos fotovoltaicos A1 de modo que la abertura de la capa de segundo semiconductor de los mismos esté sustancialmente enrasada con la parte expuesta del primer semiconductor.

La etapa (c) incluye preferentemente las etapas siguientes:

aplicar una pasta conductora a la parte expuesta del primer semiconductor de cada uno de los elementos fotovoltaicos A2; y

aplicar un tratamiento térmico a la pasta conductora aplicada mediante irradiación láser, para formar el electrodo.

En la cuarta forma de realización, la etapa (b) incluye preferentemente las etapas de:

proporcionar un elemento de soporte que presenta una pluralidad de rebajes en un patrón predeterminado para recubrir los elementos fotovoltaicos A1 a una profundidad predeterminada;

5 disponer los elementos fotovoltaicos A1 en los rebajes del elemento de soporte;

aplicar una cera fundida al elemento de soporte y enfriarla, para fijar los elementos fotovoltaicos A1 a los rebajes del elemento de soporte con la cera solidificada; y

10 presionar una rectificadora giratoria sobre los elementos fotovoltaicos A1 fijados al elemento de soporte para rectificar las superficies de los elementos fotovoltaicos A1, para formar las partes expuestas de los primeros semiconductores, y la etapa (c) incluye preferentemente las etapas de:

aplicar una pasta conductora a las partes expuestas de los primeros semiconductores; y

15 calentar el elemento de soporte a una temperatura de 400 a 800 °C, para eliminar la cera y formar los electrodos sobre las partes expuestas de los primeros semiconductores.

20 En la cuarta forma de realización, cada uno de los elementos fotovoltaicos A3 está configurado preferentemente de modo que el electrodo o las inmediaciones del mismo es más magnético que otras partes, y la etapa (f) incluye preferentemente la etapa de aplicar un campo magnético a los elementos fotovoltaicos A3 en una dirección predeterminada, para alinear los electrodos o las inmediaciones de los mismos en una orientación predeterminada.

25 La etapa (g) incluye preferentemente la etapa de unir una capa de aislante eléctrico semicurado, que comprende una lámina aislante compuesta principalmente por una resina termoendurecible, a la cara posterior del soporte a presión. La etapa (i) incluye preferentemente las etapas de:

unir una lámina metálica conductora a la capa de aislante eléctrico semicurado a presión; y

30 disponer la capa de aislante eléctrico semicurado mediante un tratamiento térmico, para fijar la lámina metálica conductora a la capa de aislante eléctrico.

35 La etapa (i) incluye preferentemente la etapa de aplicar una pasta conductora a la capa de aislante eléctrico de modo que interconecta los electrodos de los elementos fotovoltaicos A3 que están expuestos dentro de los orificios pasantes de la capa de aislante eléctrico y calentarla para su solidificación, para formar la capa de primer conductor.

La etapa (i) incluye preferentemente las etapas siguientes:

40 rellenar con una pasta conductora los orificios pasantes de la capa de aislante eléctrico de modo que entren en contacto con los electrodos de los elementos fotovoltaicos A3;

unir una lámina metálica conductora a la capa de aislante eléctrico; y

45 calentar y solidificar la pasta conductora, para conectar eléctricamente la pasta conductora a la lámina metálica conductora.

En las formas de realización segunda y cuarta, las etapas (g) a (i) incluyen preferentemente las etapas de:

50 unir una capa de aislante eléctrico y una lámina metálica conductora a la cara posterior del soporte de modo que la capa de aislante eléctrico separa la lámina metálica conductora del soporte;

formar orificios pasantes en la capa de aislante eléctrico y la lámina metálica conductora pegada al soporte para exponer los electrodos de los elementos fotovoltaicos A3 dentro de los orificios pasantes; y

55 rellenar con una pasta conductora los orificios pasantes para conectar eléctricamente los electrodos a la lámina metálica conductora, para formar la capa de primer conductor.

60 En las formas de realización segunda y cuarta, la etapa de unir la capa de aislante eléctrico y la lámina metálica conductora a la cara posterior del soporte incluye preferentemente la etapa de unir una lámina de material compuesto, que incluye una lámina metálica conductora y una capa de aislante eléctrico laminada a un lado de la lámina metálica conductora, a la cara posterior del soporte de modo que la capa de aislante eléctrico está enfrentada con el soporte.

65 En las formas de realización segunda y cuarta, la etapa de unir la lámina de material compuesto comprende las etapas siguientes:

aplicar un adhesivo eléctricamente aislante a la cara posterior del soporte, para formar una capa de adhesivo; y

unir la capa de aislante eléctrico de la lámina de material compuesto a la capa de adhesivo del soporte.

En la reivindicación 27 se da a conocer un dispositivo fotovoltaico según la presente invención.

5 Mientras que las características novedosas de la invención se exponen particularmente en las reivindicaciones adjuntas, la invención, tanto en organización como en contenido, se entenderá y se apreciará mejor, junto con otros objetivos y características de la misma, a partir de la siguiente descripción detallada tomada junto con los dibujos.

10 **Breve descripción de las diversas vistas de los dibujos**

La figura 1 es una vista en sección longitudinal de un elemento fotovoltaico A1 preparado en la etapa (a);

15 la figura 2 es una vista en sección longitudinal de un elemento fotovoltaico A1 con un recubrimiento antirreflexión sobre la superficie, que se prepara en la etapa (a) de la presente invención;

la figura 3 es una vista en planta de un soporte en un primer modo, que se prepara en la etapa (d) de la presente invención;

20 la figura 4 es una vista en sección transversal del soporte de la figura 3 tomada a lo largo de la línea 4-4 de la misma;

la figura 5 es una vista en sección longitudinal de un soporte en un segundo modo, que se prepara en la etapa (d) de la presente invención;

25 la figura 6 es una vista en sección longitudinal de un soporte en un tercer modo, que se prepara en la etapa (d) de la presente invención;

30 la figura 7 son unas vistas en sección longitudinal que muestran la etapa de aplicar un adhesivo conductor sobre el soporte en la etapa (e) de la presente invención;

la figura 8 es una vista en planta de una pantalla metálica usada en otro procedimiento de aplicación en la etapa anterior de la presente invención;

35 la figura 9 es una vista en sección longitudinal del soporte con el adhesivo conductor aplicado al mismo con la pantalla metálica de la figura 8;

40 la figura 10 son vistas en sección longitudinal que muestran la etapa de disponer elementos fotovoltaicos A1 en el soporte con el adhesivo conductor aplicado al mismo en la etapa (f) de las formas de realización 1 a 3 de la presente invención;

la figura 11 es una vista en sección longitudinal del soporte con el elemento fotovoltaico A1 dispuesto en el interior del mismo, que se obtiene mediante la etapa anterior (f);

45 la figura 12 es una vista en sección longitudinal de una estructura que incluye un elemento fotovoltaico A2, que se obtiene por conversión a partir del elemento fotovoltaico A1 de la figura 11 mediante la etapa (b) de las formas de realización 1 y 2;

50 la figura 13 son unas vistas en sección longitudinal que muestran las etapas de formar una capa de aislante eléctrico sobre la cara posterior de la estructura de la figura 12 y formar un orificio pasante en el interior de la misma que sirve como una trayectoria conductora en las etapas (g) y (h) de la realización 1;

55 la figura 14 son unas vistas en sección longitudinal que muestran la etapa de formar un electrodo sobre la superficie del primer semiconductor de la estructura de la figura 13 en la etapa (c) de la realización anterior;

la figura 15 son unas vistas en sección longitudinal que muestran la etapa de formar una capa de primer conductor sobre la capa de aislante eléctrico de la estructura de la figura 14 mediante un primer procedimiento de la etapa (i) de la realización anterior;

60 la figura 16 es una vista en sección longitudinal de un dispositivo fotovoltaico con una capa de primer conductor formada mediante un segundo procedimiento de la etapa anterior;

la figura 17 son unas vistas en sección longitudinal que muestran la etapa de formar una capa de primer conductor mediante un tercer procedimiento de la etapa anterior;

65 la figura 18 es una vista en planta que muestra un patrón de aplicación de la pasta conductora aplicada a la capa de

aislante eléctrico en la etapa de la figura 17;

la figura 19 son vistas en sección longitudinal que muestran la etapa de formar un electrodo sobre el elemento fotovoltaico A2 de la estructura de la figura 11 en la etapa (c) de la realización 2 de la presente invención, por medio de la cual el elemento fotovoltaico A2 se convierte en un elemento fotovoltaico A3;

la figura 20 son vistas en sección longitudinal que muestran las etapas de formar una capa de aislante eléctrico sobre la cara posterior de la estructura obtenida mediante la etapa de la figura 19 y formar una capa de primer conductor sobre la misma, en las etapas (g), (h), e (i) de la realización 2 de la presente invención;

la figura 21A y 21B son unas vistas en sección longitudinal que muestran otro procedimiento de formar una capa de aislante eléctrico y una capa de primer conductor en las etapas anteriores;

la figura 22 son unas vistas en sección longitudinal que muestran las etapas desde la etapa de convertir el elemento fotovoltaico A1 de una estructura B1 en un elemento fotovoltaico A3 hasta la etapa de formar una capa de primer conductor en las etapas (g), (h), (b), (c), e (i) de la realización 3 de la presente invención;

la figura 23 es una vista en sección longitudinal de un elemento fotovoltaico A2 obtenido mediante la etapa (b) de la realización 4 de la presente invención;

la figura 24 es una vista desde abajo del elemento fotovoltaico A2 de la figura 23;

la figura 25 es una vista en sección longitudinal de otro elemento fotovoltaico A2 obtenido mediante la etapa anterior;

la figura 26 es una vista en sección longitudinal de un elemento fotovoltaico A3 obtenido mediante la etapa (c) de la realización 4 de la presente invención;

la figura 27 son unas vistas en sección longitudinal que muestran otros elementos fotovoltaicos A3 a modo de ejemplo obtenidos mediante la etapa anterior;

la figura 28A y 28B son vistas en sección longitudinal que muestran la etapa de disponer los elementos fotovoltaicos A3 en el soporte con el adhesivo conductor aplicado al mismo en la etapa (f) de la realización 4 de la presente invención;

la figura 29 son unas vistas en sección longitudinal que muestran la primera etapa para disponer los elementos fotovoltaicos A3 en el soporte con el adhesivo conductor aplicado al mismo mediante otro procedimiento de la etapa anterior;

la figura 30 son unas vistas en sección longitudinal que muestran la etapa intermedia para la etapa anterior;

la figura 31 son unas vistas en sección longitudinal que muestran la última etapa para la etapa anterior;

la figura 32 son vistas en sección longitudinal que muestran las etapas de formar una capa de aislante eléctrico y una capa de primer conductor sobre la cara posterior de una estructura B2 en las etapas (g), (h), e (i) de la realización 4 de la presente invención;

la figura 33 son vistas en sección longitudinal que muestran las etapas de formar una capa de aislante eléctrico y una capa de primer conductor según otro procedimiento de las etapas (g), (h), e (i) de la realización 4 de la presente invención;

la figura 34 son vistas en sección longitudinal que muestran las etapas desde la etapa de disponer el elemento fotovoltaico A2 en el soporte en la etapa (f) hasta la etapa de formar una capa de primer conductor en la etapa (i) de la realización 5 de la presente invención; y

la figura 35 es una vista en sección longitudinal que muestra un dispositivo fotovoltaico según la presente invención.

Descripción detallada de la invención

La figura 1 ilustra un elemento en el que una capa de semiconductor de tipo n o una capa de semiconductor de tipo p se forma sobre la superficie de un primer semiconductor 1 como una capa de segundo semiconductor 2. La figura 2 ilustra un elemento adicional que presenta un recubrimiento antirreflexión 9 conductor sobre la capa de segundo semiconductor 2. Pueden intercambiarse los elementos según se ilustra en las figuras 1 y 2 como el elemento A1.

El lector debería observar que, aunque gran parte de la siguiente descripción se proporciona con referencia al elemento de la figura 1, el dispositivo fotovoltaico producido utilizando el elemento de la figura 1 queda fuera del alcance de la presente invención.

El lector debe reemplazar mentalmente el elemento de la figura 1 por el elemento de la figura 2 de modo que conciba un procedimiento de producción que produce un dispositivo fotovoltaico que es según la presente invención.

5 La presente invención se ha completado particularmente tratando los problemas indicados anteriormente asociados al procedimiento de producción según la invención de los presentes inventores tal y como se da a conocer en el documento US 2004/0016456 A1. La presente invención ha hecho posible producir eficazmente una célula solar esférica con alta calidad y alta fiabilidad.

10 Una primera característica del procedimiento de producción según la presente invención es que antes del montaje de los elementos fotovoltaicos A1, A2, o A3 en las posiciones predeterminadas del soporte, se aplica previamente un adhesivo conductor a la periferia de la abertura en cada rebaje del soporte. El adhesivo conductor sirve para fijar cada elemento a la posición predeterminada del soporte y conectar eléctricamente la capa de segundo semiconductor a la capa de segundo conductor.

15 Según un procedimiento convencional, por ejemplo, se aplica previamente un adhesivo conductor al electrodo formado sobre la superficie exterior de la capa de segundo semiconductor de un elemento, y este elemento se posiciona y se monta a continuación en el rebaje de un soporte. Según se describe anteriormente, este procedimiento presenta el problema de que cuando el elemento está montado en el soporte, el adhesivo conductor aplicado al electrodo tiende a adherirse a la cara interior del rebaje, perjudicando de ese modo la función de la cara interior del rebaje como espejo reflectante. Otro problema es que la fijación del elemento al soporte y la conexión eléctrica sobre la cara de la capa de segundo semiconductor son poco fiables. Además, también existe un inconveniente de productividad puesto que la etapa de aplicar el adhesivo conductor al diminuto electrodo es difícil.

20 Por otro lado, según la presente invención, cuando el elemento está montado en el soporte, el adhesivo conductor no se adhiere a la cara interior del rebaje. Por tanto, la fijación del elemento y la conexión eléctrica sobre la cara de la capa de segundo semiconductor puede conseguirse de manera fiable sin perjudicar la función como espejo reflectante. Además, el adhesivo conductor puede aplicarse al soporte a alta velocidad mediante impresión, transferencia y similares.

25 Una segunda característica del procedimiento de producción según la presente invención es la utilización del soporte por separado de la capa de aislante eléctrico, en lugar del soporte de dos capas convencional que consiste en la capa de segundo conductor y la capa de aislante eléctrico que están unidas solidariamente o el soporte de tres capas convencional que comprende además la capa de primer conductor. Este soporte presenta una pluralidad de rebajes, diseñándose cada rebaje para recubrir un elemento fotovoltaico, y la cara interior del rebaje funciona como espejo reflectante. por lo menos la superficie del soporte en la cara receptora de luz es conductora y funciona como la capa de segundo conductor.

30 Además, una tercera característica del procedimiento de producción según la presente invención se refiere a la segunda característica. Es decir, después de que se forme la capa de aislante eléctrico sobre la cara posterior del soporte con los elementos fotovoltaicos A1, A2, o A3 montados en el mismo, se forman orificios pasantes en la capa de aislante eléctrico para proporcionar trayectorias conductoras que interconectan eléctricamente los electrodos de los primeros semiconductores.

35 Una primera ventaja derivada de la segunda y tercera características de la presente invención es que la capa de aislante eléctrico, que comprende resina, está libre de daño tal como deformación térmica debida al tratamiento térmico que se aplica para solidificar el adhesivo conductor para fijar los elementos al soporte, puesto que el soporte se encuentra separado de la capa de aislante eléctrico. Esto resuelve el problema convencional de deformación de las trayectorias conductoras formadas anteriormente en la capa de aislante eléctrico, lo que provoca un desplazamiento de los elementos dispuestos en los rebajes del soporte y por lo tanto un cortocircuito interno o una mala conexión eléctrica.

40 Una segunda ventaja es que el soporte de la presente invención, que habitualmente presenta una estructura metálica de una capa, puede obtenerse con alta precisión trabajando una placa metálica delgada mediante presión, corte o similar. En el caso del soporte convencional con la estructura de dos capas o de tres capas, no puede obtenerse un soporte altamente preciso, debido a la deformación térmica de la capa de aislante eléctrico durante la producción del soporte y los errores que pueden producirse al laminar las capas. Es, por tanto, difícil montar elementos en las posiciones predeterminadas.

45 Una tercera ventaja es que puede evitarse el desplazamiento o la deformación térmica de las trayectorias conductoras en la capa de aislante eléctrico. Según la presente invención, la capa de aislante eléctrico se forma sobre la cara posterior del soporte con los elementos montados en el mismo y los orificios pasantes se forman en el mismo en un patrón predeterminado. Por tanto, las trayectorias conductoras formadas de tal forma están exentas de desplazamiento. Además, puesto que la capa de aislante eléctrico no se sobrecalienta, las trayectorias conductoras están exentas de deformación.

Además, en la presente invención, no siempre es necesario formar previamente un electrodo para el segundo semiconductor. Esto se debe a que a diferencia del primer semiconductor, la capa de segundo semiconductor presenta una resistencia baja puesto que contiene una alta concentración de una impureza difundida en la misma. Los presentes inventores han hallado experimentalmente que la capa de segundo semiconductor y la capa de segundo conductor pueden conectarse eléctricamente con una resistencia baja sin formar un electrodo para el segundo semiconductor, aplicando una pasta conductora que contiene, por ejemplo, una resina termoendurecible o una frita de vidrio de bajo punto de fusión como aglutinante entre las mismas y sometiéndola a un tratamiento térmico a de aproximadamente 100 a 500°C. Por consiguiente, se ha hecho posible conectar eléctricamente la capa de segundo semiconductor a la capa de segundo conductor sin formar un electrodo para la capa de segundo semiconductor uniendo directamente la capa de segundo semiconductor de cada elemento dispuesto en el soporte a la cara interior (capa de segundo conductor) del rebaje del soporte con un adhesivo conductor y aplicando un tratamiento térmico al mismo. Puesto que este tratamiento térmico puede realizarse a una temperatura relativamente baja, no daña el soporte compuesto principalmente de metal tal como aluminio.

A continuación en el presente documento, las formas de realización preferidas primera a quinta del procedimiento para producir un dispositivo fotovoltaico según la presente invención se describen específicamente etapa a etapa.

Forma de realización 1

Esta forma de realización tiene como objetivo un procedimiento de producción en el que se realizan las etapas (a) y (d), y a continuación se realizan las etapas (e), (f), (b), (g), (h), (c), e (i) en este orden.

1-1) Etapa (a)

En esta etapa, se prepara una pluralidad de elementos fotovoltaicos A1, comprendiendo cada uno un primer semiconductor esférico y una capa de segundo semiconductor que recubre toda la superficie del mismo.

El primer semiconductor puede producirse, por ejemplo, suministrando pastillas de Si policristalino de tipo p que contienen trazas de boro en un crisol, fundiéndolo en una atmósfera de gas inerte, vertiendo la colada desde un diminuto orificio de boquilla en la parte inferior del crisol y enfriando las gotitas que se vierten para su solidificación. El primer semiconductor esférico resultante es un semiconductor policristalino o monocristalino de tipo p. Habitualmente, su superficie se desgasta por rozamiento, y la capa superficial de aproximadamente 50 µm se retira mediante ataque químico o similar antes de usarse como el primer semiconductor esférico.

El primer semiconductor de tipo p se somete a un tratamiento térmico a de 800 a 950°C durante de 10 a 30 minutos, utilizando, por ejemplo, oxicluro de fósforo como fuente de difusión, mediante lo cual se forma una capa de difusión de fósforo con un espesor de aproximadamente 0,5 µm sobre la superficie del primer semiconductor de tipo p como la capa de segundo semiconductor, es decir, la capa de semiconductor de tipo n. La capa de semiconductor de tipo n puede formarse también mediante CVD utilizando un gas mezclado, tal como silano que contiene fosfina.

Aunque el elemento A1 según se describe anteriormente está configurado de modo que el primer semiconductor es un semiconductor de tipo p y la capa de segundo semiconductor es una capa de semiconductor de tipo n, el elemento A1 puede configurarse de modo que el primer semiconductor es un semiconductor de tipo n y la capa de segundo semiconductor es una capa de semiconductor de tipo p. El primer semiconductor puede estar compuesto de un material de núcleo cuya superficie exterior está recubierta de una capa de primer semiconductor. Alternativamente, el primer semiconductor puede ser hueco alrededor del centro del mismo. A pesar de que se prefiere que el primer semiconductor sea completamente esférico, puede ser sustancialmente esférico. El diámetro del primer semiconductor de 0,5 a 2 mm, preferentemente de 0,8 a 1,2 mm.

En el caso del elemento A1 con el recubrimiento antirreflexión formado sobre la capa de segundo semiconductor, la capa de segundo semiconductor está conectada eléctricamente a un soporte (capa de segundo conductor) con el recubrimiento antirreflexión interpuesto entre las mismas, en la etapa (f) que se describirá posteriormente. Por tanto, el recubrimiento antirreflexión de la presente invención es conductor. Por ejemplo, es posible utilizar una película delgada compuesta principalmente de ZnO, SnO₂, ITO (In₂O₃-Sn) o similar que se prepara por precipitación, atomización, pulverización o similar.

En términos de conductividad e índice de refracción, se prefiere particularmente que el recubrimiento antirreflexión comprenda un recubrimiento óxido de estaño (SnO₂) dopado con por lo menos uno de flúor (F) y antimonio (Sb) y presente un espesor de 50 a 100 nm. Por ejemplo, se forma un recubrimiento de SnO₂ con un espesor casi uniforme sobre las superficies de un gran número de elementos con una capa de segundo semiconductor formada sobre las mismas, pulverizando partículas finas de una disolución con un material dopante y un compuesto de estaño disuelto en la misma sobre los elementos mientras se calientan los elementos sobre una placa de calentamiento a de 400 a 600°C y se les hace girar. Se dopa el recubrimiento de SnO₂ formado sobre la superficie del elemento con por lo menos uno de F y Sb como resultado de la descomposición térmica de las partículas finas de la disolución sobre o cerca de la superficie del elemento. Los materiales dopantes a modo de ejemplo que pueden utilizarse incluyen fluoruro de amonio, ácido fluorhídrico, pentacloruro de antimonio y tricloruro de antimonio, y los compuestos de

estaño a modo de ejemplo que pueden utilizarse incluyen tetracloruro de estaño, dicloruro de dimetilestaño y cloruro de trimetilestaño.

5 Puesto que el recubrimiento de SnO₂ es altamente conductor, se ha examinado su utilización como película conductora transparente de un dispositivo fotovoltaico que emplea un elemento fotovoltaico de tipo placa plana. Sin embargo, puesto que un recubrimiento de este tipo presenta un espesor relativamente grande de 400 a 1000 nm, muestra una reflectancia muy alta de aproximadamente el 12,3% cuando se forma sobre la superficie de un semiconductor de Si. Por tanto, no puede funcionar completamente como recubrimiento antirreflexión.

10 Aunque el elemento A1 según se describe en la realización precedente comprende un semiconductor de Si cristalino, puede comprender un semiconductor compuesto o similar. Puede comprender también un material amorfo, además de monocristal y policristal. Además, el elemento A1 puede presentar una estructura tal como un tipo patilla que presenta una capa no dopada en la interfase entre el primer semiconductor y la capa de segundo semiconductor, uno de tipo MIS, uno de tipo barrera de Schottky, uno de tipo homo-unión o uno de tipo hetero-unión.

15 1-2) Etapa (d)

En esta etapa, se prepara un soporte. El soporte presenta un gran número de rebajes para recubrir los elementos fotovoltaicos y también sirve como una capa de segundo conductor que está conectada eléctricamente con las capas de segundo semiconductor de los elementos. Por lo tanto, el soporte ha de ser conductor por lo menos en la cara receptora de luz.

25 La figura 3 es una vista en planta que muestra una parte de un soporte a modo de ejemplo que se prepara prensando una placa delgada de aluminio con un espesor de 0,2 mm, y la figura 4 es una vista en sección transversal tomada a lo largo de la línea 4-4 de la figura 3. Un soporte 15 presenta rebajes 16 que están conformados como un panel, y sus bordes de abertura son hexagonales y adyacentes entre sí. Cada uno de los rebajes 16 se estrecha hacia la parte inferior y presenta una abertura 17 en la parte inferior. La abertura 17 es menor que el diámetro exterior de cada elemento.

30 Si el soporte presenta una escasa resistencia térmica, es propenso a deformarse o deteriorarse en la etapa de tratamiento térmico realizada para fijar los elementos al soporte. Se prefiere, por tanto, utilizar un soporte que comprende a resistente al calor material tal como metal. El material principal del soporte es preferentemente aluminio con vistas a la procesabilidad, conductividad, flexibilidad y costes, pero puede ser un material conductor tal como cobre, acero inoxidable o níquel. Si se forma una capa de un material altamente conductor y reflectante, tal como plata (Ag), sobre la cara interior de cada rebaje del soporte mediante recubrimiento electrolítico, deposición electrónica, deposición de vacío o similar, las funciones del soporte como capa de segundo conductor y espejo reflectante aumentan.

40 Además del soporte de la figura 3, es posible también utilizar varios soportes según se ilustra en las figuras 5 y 6. La figura 5 muestra un soporte que comprende un sustrato de aluminio o acero inoxidable 25 que presenta un gran número de rebajes 26, presentando cada rebaje una abertura 27 en la parte inferior, formada mediante impresión o similar, con una capa de espejo reflectante 29, realizada a partir de, por ejemplo, Ag, sobre las caras interiores de los rebajes 26. La capa de espejo reflectante 29 sirve para aumentar significativamente la salida del dispositivo fotovoltaico.

45 La figura 6 muestra un soporte de aluminio 35 de aproximadamente 1,0 mm de espesor con un gran número de rebajes 36, presentando cada rebaje una abertura 37, formada mediante impresión, trabajo de corte o similar.

50 El tratamiento térmico aplicado para conectar la capa de segundo semiconductor al soporte en la etapa (f), que se describirá posteriormente no deforma los soportes descritos anteriormente realizados a partir de un material metálico, incluso aunque se use una pasta conductora de tipo frita de vidrio de baja temperatura o una pasta conductora de tipo resina como adhesivo conductor. Por ejemplo, un soporte realizado a partir de aluminio no se deforma incluso aunque la más alta temperatura del tratamiento térmico sea tan alta como 550°C.

55 1-3) Etapa (e)

En esta etapa, se aplica un adhesivo conductor a la periferia de cada abertura en el rebaje del soporte preparado en la etapa (d), para conectar la capa de segundo semiconductor de cada elemento fotovoltaico A1 al soporte.

60 El adhesivo conductor se aplica preferentemente mediante transferencia y serigrafía. En primer lugar, se describe la transferencia con referencia a la figura 7. Según se ilustra en la figura 7 (1), un adhesivo conductor 121 se coloca sobre la superficie plana de una placa metálica 123, y desplazando un rodillo escurridor 120 hacia la derecha, el adhesivo conductor 121 se esparce finamente sobre la placa 123, para formar una capa conductora de adhesivo 122 con un espesor uniforme. La viscosidad del adhesivo conductor se ajusta a aproximadamente 100 Pa·s. Posteriormente, según se ilustra en la figura 7(2), se baja una placa de transferencia 125, que presenta patillas de transferencia 124 incrustadas en la misma a las mismas distancias de separación que las de las aberturas 17 del

soporte 15 de la figura 3, en la dirección vertical, y los bordes 126 de las patillas de transferencia 124 se ponen en contacto con la capa conductora de adhesivo 122. A continuación, según se ilustra en la figura 7(3), se sube la placa de transferencia 125 con un adhesivo conductor 51 aplicado a los bordes 126 de las patillas de transferencia.

5 A continuación, según se ilustra en la figura 7(4), se baja la placa de transferencia 125 hacia el soporte 15 de modo que se alineen los centros del rebaje 16 y la patilla de transferencia 124, y se presiona el borde 126 de la patilla de transferencia 124 contra la periferia de la abertura 17. Después, según se ilustra en la figura 7(5), se sube la patilla de transferencia 124. El borde 126 de la patilla de transferencia está conformado como un anillo, y el diámetro exterior es mayor que el diámetro de la abertura del soporte en aproximadamente 0,15 mm mientras que el diámetro interno es menor que el diámetro de la abertura del soporte en aproximadamente 0,15 mm. Como resultado, el adhesivo conductor 51 que se adhiere al borde 126 de la patilla de transferencia se transfiere a la periferia de la abertura 17 del soporte, de modo que el adhesivo conductor 51 se aplica a la periferia de la abertura del soporte en forma de anillo.

15 El borde de la patilla de transferencia puede estar en forma de círculo ligeramente mayor que el diámetro de la abertura del soporte o puede presentar una superficie curva. Aunque el material de la patilla de transferencia no está limitado particularmente, se prefiere utilizar un material que sea relativamente duro y excelente en resistencia química, por ejemplo, un metal tal como acero inoxidable, resina de fluorocarbono o polipropileno.

20 A continuación, se describe la serigrafía. Puesto que la parte a la que va a aplicarse el adhesivo conductor se encuentra sobre la parte inferior de los rebajes del soporte, no puede utilizarse la serigrafía convencional. En esta realización, imprimiendo el adhesivo conductor desde la cara posterior del soporte, se aplica el adhesivo conductor a un área que se extiende desde la periferia de cada abertura sobre la cara posterior del soporte hasta la periferia de la abertura sobre la cara frontal. Según se ilustra en la figura 8, la máscara metálica utilizada en la serigrafía presenta una pluralidad de grupos de aberturas 21 correspondientes a las aberturas 17 del soporte 15 de la figura 3. Cada uno de los grupos de aberturas 21 consiste en seis aberturas 22 que están dispuestas a lo largo del borde de abertura de cada abertura 17. Cada una de las aberturas 22 está conformada de modo que recubre un área que se extiende desde la parte exterior del borde de abertura de la abertura 17 hasta la parte interior de la misma. El espesor del soporte 15 alrededor de la abertura 17 es de 0,12 mm, y el diámetro de la abertura 17 es de 0,85 mm. El espesor de la máscara metálica es de 50 μm , y el diámetro de la abertura 22 es de 0,3 mm.

La máscara metálica se ajusta sobre la cara posterior del soporte 15 de modo que los centros de las aberturas 22 se encuentran sobre el borde de abertura de la abertura 17, y se imprime un adhesivo conductor 13 en forma de pasta sobre la cara posterior del soporte 15. Como resultado, según se ilustra en la figura 9, el adhesivo conductor 13 se aplica a seis ubicaciones alrededor de cada abertura 17 de tal forma recubren la periferia de la abertura 17, la pared interior de la abertura 17, y la cara interior del rebaje 16. El adhesivo conductor es, por ejemplo, una pasta conductora de tipo resina compuesta de una mezcla de un adhesivo de tipo epoxídico y un polvo de Ag que sirve como agente conductor, cuya viscosidad a 25°C es de 20 Pa·s.

40 1-4) Etapa (f)

En esta etapa, cada uno de los elementos fotovoltaicos A1 preparado en la etapa (a) se dispone en cada rebaje de modo que la capa de segundo semiconductor de los mismos está en contacto con el borde de la abertura en el rebaje del soporte, mediante lo cual la capa de segundo semiconductor se une a la periferia de la abertura con el adhesivo conductor aplicado en la etapa (e). Además, se calienta el adhesivo conductor para su solidificación. Esto produce una estructura B1 en la que los elementos A1 están fijados a las posiciones predeterminadas del soporte de modo que sus capas de segundo semiconductor están conectadas eléctricamente a la capa de segundo conductor.

El procedimiento para producir la estructura B1 se describe específicamente con referencia a la figura 10. Mientras el adhesivo conductor aplicado al soporte en la etapa (e) es aún adhesivo antes de secarse, los elementos A1 se disponen en las posiciones predeterminadas del soporte de la siguiente forma.

En primer lugar, la presión de aire sobre la cara posterior de una placa de succión 131, en la que se forman un gran número de orificios de succión 130 en el mismo patrón que el de las aberturas 17 del soporte 15, se reduce para aspirar los elementos 10 de la figura 1 dentro de los orificios de succión 130 respectivos. La placa de succión 131 se mueve a una posición por encima del soporte 15 de la figura 7(5) de modo que se alineen los centros de los orificios de succión 130 y las aberturas 17, y se baja la placa de succión 131 según se ilustra en la figura 10(1). La placa de succión 131 se baja hasta que las capas de segundo semiconductor 2 de los elementos 10 entran en contacto con las periferias de las aberturas 17 en los rebajes 16 del soporte, y a continuación se presionan ligeramente mientras que se libera la presión de aire sobre la cara posterior de la placa de succión 131 a una presión normal. Posteriormente, según se ilustra en la figura 10(2), se sube la placa de succión 131. Como resultado, cada una de las capas de segundo semiconductor 2 se adhiere a la periferia de cada abertura 17 con el adhesivo conductor 51, sin provocar que el adhesivo conductor 51 se adhiera a la cara interior del rebaje 16 con la excepción de la periferia de la abertura 17.

El soporte 15 con los elementos 10 dispuestos en el mismo de la forma anterior se calienta para solidificar el

adhesivo conductor 51, para producir una estructura B1 en la que las capas de segundo semiconductor 2 de los elementos 10 están conectadas firmemente a las periferias de las aberturas 17 del soporte, según se ilustra en la figura 11.

5 1-5) Etapa (b)

En esta etapa, se retira por lo menos una parte de la capa de segundo semiconductor de cada elemento fotovoltaico A1 sobre la cara posterior del soporte de la estructura B1 fabricado en la etapa (f) previa para exponer el primer semiconductor. Como resultado, los elementos A1 se convierten en elementos A2.

10 Específicamente, para eliminar la capa superficial (espesor: aproximadamente de 1 a 3 μm) del elemento A1 que incluye la capa de segundo semiconductor (espesor: inferior a 1 μm) se utiliza ataque químico, pulido con chorro de arena, cepillado o un procedimiento que emplee una combinación de éstos. En el caso de pulido con chorro de arena, se pulveriza desde una boquilla un polvo fino abrasivo que comprende, por ejemplo, alúmina, junto con aire sobre la cara posterior de la estructura B1, mediante lo cual la capa superficial del elemento A1 que incluye la capa de segundo semiconductor sobre la cara posterior del soporte se retira con el abrasivo. En el caso del cepillado, la capa superficial se desgasta por rozamiento, por ejemplo, haciendo girar un cepillo de nailon con granos abrasivos de diamante acoplados al mismo y poniéndolo en contacto con la superficie del elemento A1 expuesta a la cara posterior del soporte.

20 Según el pulido con chorro de arena y el cepillado, los materiales duros tales como el recubrimiento antirreflexión y Si, particularmente el recubrimiento antirreflexión, se desgastan fácilmente por rozamiento, pero los materiales blandos tales como el soporte de aluminio y el adhesivo conductor no se desgastan fácilmente por rozamiento. Por tanto, según estos procedimientos, la capa superficial del elemento A1 sobre la cara posterior del soporte puede retirarse sin provocar un daño sustancial al soporte.

30 En el caso de ataque químico, se pone un agente de ataque químico en contacto con la cara posterior de la estructura B1 para disolver y retirar la capa superficial de la capa de segundo semiconductor, seguido por un lavado con agua y secado. Por ejemplo, utilizando un agente de ataque químico compuesto de una mezcla de aproximadamente un 60% de concentración de ácido fluorhídrico y aproximadamente un 40% de concentración de ácido nítrico en una razón en volumen de 4:1, el ataque químico se realiza durante de 10 a 20 segundos. Como otro agente de ataque químico, es posible utilizar también una disolución acuosa alcalina en la que se disuelven hidróxido de tetrametilamonio y un agente oxidante, tal como peróxido de hidrógeno.

35 Aunque estos agentes de ataque químico disuelven el Si y el recubrimiento antirreflexión, es poco probable que disuelvan el aluminio. Por tanto, ajustando apropiadamente condiciones tales como tiempo de tratamiento, solamente puede retirarse la capa superficial del elemento A1 sin provocar un daño sustancial al soporte de aluminio. Si se forma una capa de espejo reflectante de Ag sobre la superficie del soporte, se prefiere utilizar la disolución acuosa alcalina anteriormente mencionada que es poco probable que disuelva la Ag.

40 Según el pulido con chorro de arena y el cepillado indicados anteriormente, particularmente el recubrimiento antirreflexión de la capa superficial del elemento A1 se retira fácilmente. En contraposición, según el ataque químico, es más probable que se retire el Si que el recubrimiento antirreflexión. Por tanto, es eficaz utilizar pulido con chorro de arena o cepillado para retirar principalmente el recubrimiento antirreflexión, y a continuación utilizar un ataque químico para retirar principalmente la capa de semiconductor.

50 Además, en el caso de retirar la capa de segundo semiconductor solamente mediante pulido con chorro de arena o cepillado, se prefiere también aplicar un ataque químico ligero a la superficie que va a desgastarse por rozamiento con el agente de ataque químico indicado anteriormente y lavarla con agua, según sea apropiado, para facilitar la formación de un electrodo en una etapa posterior y evitar perjudicar las características fotovoltaicas. Según los procedimientos respectivos anteriormente mencionados, se retira una capa de superficie muy delgada del elemento A1, de modo que el elemento A2 resultante permanece casi esférico. La figura 12 ilustra una parte expuesta 14 del primer semiconductor 1 formado sobre la cara posterior del soporte 15 de la estructura B1 de la figura 11.

55 En esta etapa, además de los procedimientos anteriores, es posible también emplear un procedimiento de retirar la parte del elemento A1 sobre la cara posterior del soporte mediante rectificado o similar de modo que la abertura de la capa de segundo semiconductor está enrasada con la parte expuesta del primer semiconductor. Según este procedimiento, tras el rectificado, se aplica una carga al elemento A1 fijado al soporte desde la cara posterior del soporte. Es, por tanto, necesario darle una especial consideración de modo que el elemento A1 no se separe del soporte por esta carga.

60 1-6) Etapa (g)

65 En esta etapa, se forma una capa de aislante eléctrico sobre la cara posterior del soporte con los elementos fotovoltaicos A2 incorporados en el mismo.

La capa de aislante eléctrico puede formarse, por ejemplo, pegando una lámina de resina a la cara posterior del soporte con un adhesivo o mediante unión por termocompresión o similar. Materiales a modo de ejemplos de la lámina de resina que pueden utilizarse incluyen resinas tales como de tipo poliamida, de tipo epoxídico, de tipo poliéter éter cetona, de tipo poliamida aromática, de tipo poliéter sulfona, de tipo poliéterimida y de tipo fluorocarbono.

Haciendo referencia ahora a la figura 13, se describe específicamente el procedimiento de formar la capa de aislante eléctrico utilizando una lámina de resina. Según se ilustra en la figura 13(1), el soporte 15 de la figura 12 con el elemento A2 fijo al mismo se coloca con su superficie receptora de luz abajo, y una lámina de resina de tipo poliéter éter cetona 38 se dispone sobre la cara posterior del soporte 15. Posteriormente, se aplica un tratamiento térmico al mismo a aproximadamente 380°C durante aproximadamente 10 minutos, para que la lámina de resina 38 se una a la cara posterior del soporte 15, según se ilustra en la figura 13(2). Aunque se utilice una lámina de resina delgada con un espesor de aproximadamente 50 µm, su adhesión a la cara posterior del soporte es muy buena, y su resistencia es también suficiente.

Otro procedimiento para formar la capa de aislante eléctrico utilizando una lámina de resina es el procedimiento de utilizar una lámina semicurada compuesta principalmente de una resina termoendurecible, tal como resina epoxídica. Según este procedimiento, en primer lugar, se presiona una lámina de resina dispuesta sobre la cara posterior del soporte de la misma forma que en la figura 13(1) con un laminador de rodillo caliente calentado hasta una temperatura relativamente baja de aproximadamente 120°C. Este rodillo presenta preferentemente una lámina elástica, tal como caucho, acoplada al mismo. Mediante este calentamiento, la lámina semicurada de resina se vuelve flexible y adhesiva en un grado adecuado sin llegar a curarse. Por tanto, presionando la lámina de resina según se describe anteriormente, puede unirse la lámina de resina a la cara posterior del soporte de la misma forma que en la figura 13(2).

Si no se somete esta lámina de resina al tratamiento térmico para mantener la lámina semicurada, la lámina de resina funciona como adhesivo en la etapa (i), que se describirá posteriormente. Es decir, uniendo una lámina metálica conductora a esta lámina de resina con un laminador de rodillo caliente y aplicando a continuación un tratamiento térmico para curar la lámina de resina, se unen firmemente el soporte y la lámina de resina, y la lámina de resina y la lámina metálica. En lugar del procedimiento mencionado anteriormente que utiliza un laminador de rodillo caliente, es posible también apilar el soporte y la lámina de resina, o la lámina de resina y la lámina metálica, y calentarlos mientras se reduce la presión de aire en el espacio entre los dos elementos apilados, para pegar los dos elementos entre sí. Como lámina de resina, además de la lámina de resina termoendurecible, es posible también utilizar una lámina que comprende una resina termoendurecible y, por ejemplo, fibras de vidrio mezcladas en la misma.

Otro procedimiento más para formar la capa de aislante eléctrico es el procedimiento de aplicar una pasta de resina mediante serigrafía, pulverización, impresión offset o similar y secándola. Como material de la pasta de resina, pueden utilizarse varias resinas tales como de tipo epoxídico, de tipo poliamida, de tipo silicona, de tipo uretano y de tipo acrílico. Con vistas a los costes y la factibilidad, lo más preferible es la utilización de una resina de tipo epoxídico. La pasta de resina se prepara disolviendo o dispersando un material de resina de este tipo en un disolvente orgánico o agua.

1-7) Etapa (h)

En esta etapa, se forman orificios pasantes en la capa de aislante eléctrico preparada en la etapa previa (g). Estos orificios pasantes se forman para exponer por lo menos una parte de la parte expuesta del primer semiconductor de cada elemento fotovoltaico A2 preparado en la etapa (b). Los orificios pasantes sirven como trayectorias conductoras que interconectan los electrodos de los respectivos elementos A3 en la etapa (i) que se describirá posteriormente.

Para formar un orificio pasante de este tipo en la capa de aislante eléctrico, se prefiere irradiar la parte de la capa de aislante eléctrico que va a retirarse con un haz láser de modo que se descomponga la resina de la parte irradiada. La figura 13(3) ilustra la etapa de formar un orificio pasante en la capa de aislante eléctrico de la figura 13(2) preparada uniendo la lámina de resina a la cara posterior del soporte. Una parte o toda la parte de la lámina de resina 38 que recubre la parte expuesta 14 del primer semiconductor 1 se irradia con un haz láser 28, para formar un orificio pasante 60 en la parte irradiada de la lámina de resina 38. Utilizando un láser YAG de 50 W como dispositivo de irradiación de haz láser 59, y con un tiempo de irradiación de aproximadamente 0,01 segundos, puede retirarse la parte irradiada de la lámina de resina 38 con un diámetro de aproximadamente 100 a 150 µm. En el caso de utilizar una lámina semicurada de resina de tipo resina epoxídica, pueden aplicarse también casi las mismas condiciones que las mencionadas anteriormente para la formación de un orificio pasante. En el caso de formar un orificio pasante en la capa de aislante eléctrico preparada aplicando una pasta de resina a la cara posterior del soporte, puede aplicarse también el procedimiento anterior.

1-8) Etapa (c)

En esta etapa, se forma un electrodo sobre la superficie expuesta del primer semiconductor dentro de cada orificio pasante preparado en la etapa previa (h). Como resultado, los elementos fotovoltaicos A2 incorporados a la estructura B1 se convierten en elementos A3.

Haciendo referencia a continuación a la figura 14, se describe esta etapa específicamente. En primer lugar, se prepara la estructura de la figura 14(1), en la que los orificios pasantes 60 se formaron en la capa de aislante eléctrico 38 en la etapa previa. Según se ilustra en la figura 14(2), el orificio pasante 60 se rellena con una pasta conductora 61 mediante impresión o con un dispensador, para aplicar la pasta conductora 61 a la parte expuesta 14 del primer semiconductor dentro del orificio pasante 60.

Posteriormente, la pasta conductora 61 se calienta localmente irradiando la pasta conductora 61 con un haz láser, para que se forme un electrodo 62 según se ilustra en la figura 14(3). La irradiación láser puede realizarse utilizando, por ejemplo, un láser YAG, a una velocidad de barrido de 1000 mm/s y una frecuencia de pulso de impresión de 10 μm . La pasta conductora es preferentemente una pasta conductora de tipo frita de vidrio que contiene frita de vidrio como aglutinante y un agente conductor tal como plata o aluminio.

1-9) Etapa (i)

En esta etapa, se forma una capa de primer conductor que interconecta eléctricamente los electrodos de los elementos fotovoltaicos A3 formados dentro de los orificios pasantes de la capa de aislante eléctrico en la etapa previa (c). Los orificios pasantes de la capa de aislante eléctrico funcionan como trayectorias conductoras para interconectar eléctricamente los electrodos.

Procedimientos específicos a modo de ejemplos incluyen un procedimiento de unión de una lámina metálica conductora realizada en papel de aluminio a la capa de aislante eléctrico y un procedimiento de aplicar una pasta conductora de modo que interconecta los electrodos dentro de los orificios pasantes de la capa de aislante eléctrico y solidificándola.

En el caso de formar la capa de primer conductor utilizando una lámina metálica, en primer lugar, cada orificio pasante de la capa de aislante eléctrico se rellena con una pasta conductora, para aplicar la pasta conductora a la superficie del electrodo. Posteriormente, utilizando esta pasta conductora como adhesivo, se une una lámina metálica a la superficie de la capa de aislante eléctrico. Por ejemplo, según se ilustra en la figura 15(1), el orificio pasante de la capa de aislante eléctrico 38 se rellena con una pasta conductora 63. Si necesario, según se ilustra en la figura 15(2), se aplica un adhesivo conductor 64 a la superficie de la capa de aislante eléctrico 38. Después, según se ilustra en la figura 15(3), se une una lámina metálica 70 a la misma y se somete a un tratamiento térmico para solidificar la pasta conductora 63 y el adhesivo conductor 64. Como resultado, la lámina metálica se une a la capa de aislante eléctrico con la pasta conductora solidificada y el adhesivo conductor, y se fija a la cara del soporte. De este modo, los electrodos 62 de los respectivos elementos están conectados eléctricamente con la lámina metálica 70, para formar la capa de primer conductor.

Además, cuando la lámina de resina termoendurecible semicurada se utilizó como capa de aislante eléctrico en la etapa (g), en primer lugar, el orificio pasante de la capa de aislante eléctrico se rellena con una pasta conductora para aplicar la pasta conductora a la superficie del electrodo. A continuación, según se describe en 1-6), se coloca una lámina metálica sobre la capa de aislante eléctrico, y se unen entre sí a presión con un laminador de rodillo caliente calentado hasta aproximadamente 120°C, seguido por un tratamiento térmico a de 150 a 200°C. La figura 16 ilustra la capa de primer conductor resultante. Según este procedimiento, la lámina metálica 70 se une firmemente a una capa de aislante eléctrico 71 que comprende una lámina de resina termoendurecible, sin la necesidad de utilizar el adhesivo conductor 64 de la figura 15 aplicado a la superficie de la capa de aislante eléctrico. Como resultado, los electrodos 62 respectivos están conectados eléctricamente a la lámina metálica 70 de forma fiable. La lámina metálica conductora utilizada en los procedimientos anteriormente mencionados puede ser, por ejemplo, una placa delgada con un espesor de aproximadamente de 50 a 100 μm , que comprende níquel, cobre o acero inoxidable, además de aluminio.

A continuación, se describe a continuación el procedimiento de formar la capa de primer conductor aplicando una pasta conductora de modo que interconecta los electrodos dentro de los orificios pasantes de la capa de aislante eléctrico y solidificar la pasta conductora. La pasta conductora puede aplicarse mediante dispensación, serigrafía, impresión offset y pulverización. Si la cara posterior del soporte es irregular, se prefieren la dispensación y pulverización puesto que estos procedimientos pueden aplicar una pasta conductora incluso a las depresiones de la superficie irregular.

La figura 17 ilustra la etapa de formar la capa de primer conductor aplicando una pasta conductora dispensando y aplicando un tratamiento térmico. Según se ilustra en la figura 17(1), al dispensar una pasta conductora 31 desde una boquilla 36 de un dispensador, la boquilla 36 se mueve a lo largo de la línea recta que conecta los electrodos 62 dentro de los orificios pasantes respectivos en la capa de aislante eléctrico 38 sobre la cara posterior del soporte 15

de la estructura de la figura 14(3). Como resultado, según se ilustra en la figura 17(2), se forma una capa de recubrimiento 32 de pasta conductora en forma de una línea sobre la capa de aislante eléctrico 38. Esta capa de recubrimiento 32 interconecta los electrodos 62 de los respectivos elementos fijados al soporte 15 sobre la capa de aislante eléctrico 38.

La figura 18 ilustra el patrón de aplicación de la capa de recubrimiento 32 formada de la forma anterior. La figura 18 es una vista en planta de la cara posterior del soporte 15 con las capas de recubrimiento 32 de pasta conductora formada en la etapa de la figura 17. Para mayor simplicidad, se omiten de la figura detalles tales como los electrodos y los orificios pasantes de la capa de aislante eléctrico. Las capas de recubrimiento 32 se forman sobre la capa de aislante eléctrico 38 de modo que interconectan los electrodos de los elementos fijados al gran número de rebajes 16 que están alineados en líneas rectas. La anchura de línea de cada capa de recubrimiento 32 es ligeramente menor que el diámetro de cada abertura 17 del soporte y sustancialmente igual al diámetro de la parte expuesta de cada primer semiconductor. Juzgando a partir las características eléctricas del dispositivo fotovoltaico, la anchura de línea de la capa de recubrimiento 32 debería ser de 310 μm o más. Los bordes respectivos de las capas de recubrimiento 32 que están alineados en paralelo se conectan mediante una capa de recubrimiento lineal 39 de pasta conductora formada en el borde del soporte 15.

Además del patrón de aplicación descrito anteriormente, es posible también emplear, por ejemplo, un patrón de tipo red que consiste en capas de recubrimiento lineales de pasta conductora, en el que electrodos respectivos se encuentran en las intersecciones de las capas de recubrimiento lineales. Es decir, el patrón de aplicación puede ser de modo que los electrodos respectivos de los elementos A3 montados en el soporte se aíslan del soporte y las capas de segundo semiconductor mediante la capa de aislante eléctrico mientras que se interconectan de una u otra forma con la pasta conductora. Por ejemplo, la pasta conductora puede aplicarse a toda la superficie de la capa de aislante eléctrico mediante impresión.

Aplicando un tratamiento térmico a la capa de recubrimiento de pasta conductora, se forma una capa de primer conductor que comprende la pasta conductora solidificada. Según este procedimiento, la capa de primer conductor puede formarse a alta velocidad, y puede reducirse el número de componentes.

Se prefiere que la pasta conductora y el adhesivo conductor utilizados en los procedimientos anteriores se solidifiquen a temperaturas que no provoquen daño, tal como deformación o deterioro, a la capa de aislante eléctrico. Normalmente, se utiliza una pasta conductora de tipo resina que se solidifica a una temperatura de tratamiento térmico relativamente baja de 100 a 200°C. Cuando la capa de aislante eléctrico se compone de un material con una resistencia térmica relativamente alta, tal como resina de fluorocarbono, puede utilizarse una pasta conductora de tipo fritada de vidrio de baja temperatura.

Forma de realización 2

Esta realización tiene como objetivo un procedimiento de producción en el que se realizan las etapas (a) y (d) y a continuación se realizan las etapas (e), (f), (b), (c), (g), (h) e (i) en este orden.

Esta forma de realización la misma que la realización 1 hasta que se forma la parte expuesta del primer semiconductor sobre cada elemento fotovoltaico A1 incorporado a la estructura B1, pero difiere de la realización 1 en que el electrodo se forma antes de que se forme la capa de aislante eléctrico.

2-1) Etapas (a), (d), (e), (f) y (b)

Mediante estas etapas, se forma una estructura B1, y se retira la capa de segundo semiconductor de cada elemento fotovoltaico A1 sobre la cara posterior del soporte. Como resultado, los elementos A1 se convierten en elementos A2. Estas etapas pueden llevarse a cabo mediante absolutamente los mismos procedimientos y secuencia que los de la realización 1.

2-2) Etapa (c)

En esta etapa, se forma un electrodo sobre la parte expuesta del primer semiconductor de cada elemento fotovoltaico A2 preparado en la etapa previa (b). Como resultado, los elementos A2 se convierten en elementos A3. La figura 19 ilustra esta etapa. En primer lugar, según se ilustra en la figura 19(1), se aplica una pasta conductora 65 a la parte expuesta 14 del primer semiconductor de la estructura de la figura 12 mediante impresión o con un dispensador. A continuación, según se ilustra en la figura 19(2), se forma un electrodo 67 irradiando localmente la parte aplicada de la pasta conductora 65 con un haz láser para calentarla. El procedimiento de irradiación láser y la pasta conductora utilizada son los mismos que los que se describen en 1-8) de la realización 1.

2-3) Etapas (g) y (h)

En esta forma de realización 2, después de la etapa previa (c) de formar el electrodo sobre la parte expuesta del primer semiconductor, se realiza la etapa (g) para formar una capa de aislante eléctrico sobre la cara posterior del

soporte, y a continuación se realiza la etapa (h) para formar orificios pasantes en la capa de aislante eléctrico para exponer los electrodos. Puesto que las etapas (g) y (h) son las mismas que las de la forma de realización 1 excepto que la base subyacente a la capa de aislante eléctrico es ligeramente diferente, pueden llevarse a cabo según los procedimientos según se describe en 1-6) y 1-7) de la forma de realización 1. Se ilustran modos a modo de ejemplos en la figura 20(1) y la figura 20(2). La figura 20(1) ilustra una capa de aislante eléctrico 71, que comprende una lámina de resina termoendurecible, unida a la cara posterior de la estructura de la figura 19(2), y la figura 20(2) ilustra la capa de aislante eléctrico 71 con un orificio pasante 68 formado en el mismo.

2-4) Etapa (i)

En esta etapa, se forma una capa de primer conductor que interconecta eléctricamente los electrodos de los elementos fotovoltaicos A3, con los orificios pasantes de la capa de aislante eléctrico formados en la etapa previa (h) como trayectorias conductoras.

Específicamente, pueden realizarse los mismos procedimientos que los de las figuras 15 a 18 según se describe en 1-9) de la forma de realización 1. Por ejemplo, según se ilustra en la figura 20(3), el orificio pasante de la capa de aislante eléctrico 71 de la figura 20(2) se rellena con una pasta conductora 80 para aplicar la pasta conductora 80 sobre el electrodo 67, y se une una lámina metálica 70 a la capa de aislante eléctrico 71.

En 2-1) a 2-4) anteriormente, se ha descrito la segunda realización preferida del procedimiento de producción del dispositivo fotovoltaico según la presente invención. A continuación en el presente documento, se describen otras modificaciones englobadas por la segunda realización. Este procedimiento de producción es absolutamente el mismo que el anterior hasta la etapa (c), pero las etapas posteriores (g), (h) e (i) son diferentes.

En este procedimiento, como etapa correspondiente a la etapa (g), se pegan una capa de aislante eléctrico y una lámina metálica conductora a la cara posterior del soporte de la estructura con los electrodos formados en la etapa (c) de 2-2). Posteriormente, como etapa correspondiente a la etapa (h), se forman orificios pasantes en la capa de aislante eléctrico y la lámina metálica para exponer los electrodos de los elementos A3. Después, como etapa (i), los orificios pasantes se rellenan con una pasta conductora, y se aplica un tratamiento térmico para solidificar la pasta conductora. Como resultado, los electrodos están conectados eléctricamente a la lámina metálica con la pasta conductora solidificada dentro de los orificios pasantes, con la capa de aislante eléctrico interpuesta entre las mismas, para formar una capa de primer conductor.

Un procedimiento preferido es según se expone a continuación. En la etapa (g), en primer lugar, se forma una capa de adhesivo eléctricamente aislante sobre la cara posterior del soporte. A continuación, se prepara una lámina de material compuesto que consiste en una lámina metálica conductora y una capa de aislante eléctrico unida a una cara de la lámina metálica conductora, y la capa de aislante eléctrico de la lámina de material compuesto se une a la capa de adhesivo. La capa de adhesivo se forma aplicando un adhesivo de tipo pasta mediante serigrafía, pulverización, impresión offset o similar. Como material del adhesivo, por ejemplo, se utiliza resina de tipo epoxídico, de tipo poliamida, de tipo silicona, de tipo uretano o de tipo acrílico. Una lámina de material compuesto preferida a modo de ejemplo se compone de una capa de aislante eléctrico que comprende una película de tereftalato de polietileno de 25 μm de espesor y lámina de aluminio una 20 μm de espesor unida a la capa de aislante eléctrico.

Este procedimiento de producción se ilustra en la figura 21A y la figura 21B. En primer lugar, según se ilustra en la figura 21A(1), se forma una capa de adhesivo 69 sobre la cara posterior del soporte 15 de la estructura de la figura 19(2). Posteriormente, según se ilustra en la figura 21A(2), se coloca una lámina de material compuesto 90 que consiste en una lámina metálica 92 y una capa de aislante eléctrico 91 sobre la capa de adhesivo 69 del soporte 15, y la capa de aislante eléctrico 91 de la lámina de material compuesto 90 se pega al soporte 15 mientras que la presión entre las mismas se reduce. Según se ilustra en la figura 21B(3), la lámina de material compuesto 90 se adhiere la capa de adhesivo 69 sobre y alrededor del electrodo 67 del elemento. Cuando el soporte 15 está compuesto por una lámina metálica delgada, la capa de adhesivo sobre las caras posteriores de las separaciones entre los rebajes produce el efecto de reforzar las separaciones del soporte y el efecto de fijar más firmemente los elementos al soporte. Una vez unida la lámina de material compuesto, se aplica un tratamiento térmico para solidificar o curar la capa de adhesivo, si es necesario. En esta etapa, también es posible pegar la lámina de resina de la capa de aislante eléctrico o la capa de adhesivo aislante a la cara posterior del soporte y a continuación unir la lámina metálica al mismo.

A continuación, se irradia la parte correspondiente al centro de la abertura 17 del soporte con un haz láser. Como resultado, según se ilustra en la figura 21B(4), se retira la parte irradiada de la lámina metálica 92, la capa de aislante eléctrico 91 y la capa de adhesivo 69, para formar un orificio pasante 93 dentro del cual se expone el electrodo 67. Utilizando un láser YAG con una potencia de salida de 12 W como dispositivo de irradiación del haz láser, y con un tiempo de irradiación de aproximadamente 0,017 segundos, puede formarse el orificio pasante 93 con un diámetro de aproximadamente 100 a 150 μm .

Después, según se ilustra en la figura 21B(5), el orificio pasante 93 se rellena con una pasta conductora 94 para conectar el electrodo 67 de cada elemento a la lámina metálica 92 con la pasta conductora. La pasta conductora es

preferentemente una pasta conductora de tipo resina. Si el material de la capa de aislante eléctrico tiene una resistencia térmica relativamente alta, tal como resina fluorocarbonada, puede utilizarse también una pasta conductora de tipo de fritada de vidrio de baja temperatura. La pasta conductora puede aplicarse mediante dispensación, serigrafía, impresión offset, y pulverización.

5

Forma de realización 3

Esta forma de realización tiene como objetivo un procedimiento de producción en el que se realizan las etapas (a) y (d) y a continuación se realizan las etapas (e), (f), (g), (h), (b), (c), e (i) en este orden. Esta forma de realización es la misma que las formas de realización 1 y 2 hasta que se forma la estructura B1. Después, se forman los orificios pasantes en la capa de aislante eléctrico sobre la cara posterior de la estructura B1 para exponer los primeros semiconductores dentro de los orificios pasantes, y se forma el electrodo sobre las superficies expuestas de los primeros semiconductores.

10

3-1) Etapas (a), (d), (e), y (f)

Mediante estas etapas, se fabrica una estructura B1 con elementos fotovoltaicos A1 fijados al soporte. Estas etapas se llevan a cabo mediante absolutamente los mismos procedimientos y secuencia que los de la realización 1.

15

3-2) Etapas (g) y (h)

En esta forma de realización, se realiza la etapa (g) para formar una capa de aislante eléctrico sobre la cara posterior de la estructura B1, y a continuación se realiza la etapa (h) para realizar orificios pasantes en la capa de aislante eléctrico para exponer las capas de segundo semiconductor en los mismos. La secuencia de estas etapas es diferente de la de la realización 1 en la que se forman las partes expuestas de los primeros semiconductores, se forma la capa de aislante eléctrico, y se realizan los orificios pasantes en la capa de aislante eléctrico. En estas dos formas de realización, la base subyacente a la capa de aislante eléctrico es ligeramente diferente. Sin embargo, en esta realización 3, las etapas (g) y (h) pueden realizarse según los procedimientos descritos en 1-6) y 1-7) de la realización 1. Ejemplos representativos se muestran en la figura 22(1) y la figura 22(2). La figura 22(1) ilustra una capa de aislante eléctrico 71, que comprende una lámina de resina termoendurecible, unida a la cara posterior del soporte 15 de la estructura de la figura 11, y la figura 22(2) ilustra la capa de aislante eléctrico 71 con un orificio pasante 95 formado en la misma para exponer la capa de segundo semiconductor 2.

25

30

3-3) Etapa (b)

35

En esta etapa, se retira la capa de segundo semiconductor que está expuesta dentro del orificio pasante 95 formado en la etapa (h) anterior. Como resultado, los elementos fotovoltaicos A1 incorporados en la estructura B1 se convierten en elementos A2 con una parte del primer semiconductor expuesta.

40

45

En esta forma de realización, el ataque químico es apropiado como procedimiento para retirar la capa de segundo semiconductor. Esto se debe a que la capa de aislante eléctrico pegada a la cara posterior del soporte impide que la superficie del soporte entre en contacto con un agente de ataque químico y se desgaste. Por ejemplo, un agente de ataque químico, que puede ser la mezcla líquida de ácido fluorhídrico y ácido nítrico utilizada en 1-5) de la forma de realización 1, se pone en contacto sólo con la cara posterior del soporte durante aproximadamente 20 segundos, seguido de lavado con agua y secado. Como resultado, según se ilustra en la figura 22(3), se retira la capa superficial de aproximadamente 1 a 3 μm de profundidad que incluye la capa de segundo semiconductor 2 dentro del orificio pasante 95, de modo que se forma una parte expuesta 96 del primer semiconductor 1 en el orificio pasante.

50

3-4) Etapa (c)

En esta etapa, se forma un electrodo sobre la superficie expuesta del primer semiconductor del elemento fotovoltaico A2 preparado en la etapa (b) anterior dentro del orificio pasante 95. Como resultado, los elementos A2 se convierten en elementos A3.

55

En esta etapa, el electrodo puede formarse mediante el mismo procedimiento que el de 1-8) de la forma de realización 1. La figura 22 (4) ilustra un electrodo 97 formado sobre la parte expuesta 96 del primer semiconductor dentro del orificio pasante 95 de la capa de aislante eléctrico.

60

3-5) Etapa (i)

En esta etapa, se forma una capa de primer conductor que interconecta eléctricamente los electrodos de los elementos fotovoltaicos A3, con los orificios pasantes 95 realizados en la etapa (h) anterior como trayectorias conductoras.

65

De la misma forma que en 1-9) de la forma de realización 1, esta etapa puede realizarse mediante el procedimiento

de unir una lámina metálica conductora a la capa de aislante eléctrico con un adhesivo conductor, el procedimiento de aplicar una pasta conductora de modo que interconecta los electrodos dentro de los orificios pasantes de la capa de aislante eléctrico y solidificar la misma, o similar. Por ejemplo, según se ilustra en la figura 22(5), el electrodo 97 de cada elemento está conectado eléctricamente a una lámina metálica 70 con una pasta conductora 98 con la que se ha rellenado el orificio pasante 95 de la capa de aislante eléctrico 71.

Forma de realización 4

Esta forma de realización tiene como objetivo un procedimiento de producción en el que se realizan las etapas (a), (b), (c), y (d) y a continuación se realizan las etapas (e), (f), (g), (h), e (i) en este orden.

Esta forma de realización es diferente de las formas de realización 1 a 3 en la los elementos fotovoltaicos A1 se montan en el soporte para fabricar la estructura B1. En su lugar, se montan elementos fotovoltaicos A3 con electrodos en el soporte para fabricar una estructura B2, y a través de esta etapa, se produce un dispositivo fotovoltaico.

4-1) Etapa (a)

En esta etapa, se preparan una pluralidad de elementos fotovoltaicos A1 mediante el mismo procedimiento que el de 1-1) de la realización 1.

4-2) Etapa (b)

En esta etapa, se expone por lo menos una parte del primer semiconductor de cada elemento fotovoltaico A1 preparado en la etapa (a) anterior para obtener elementos A2.

Un procedimiento preferido de esta etapa es un procedimiento de retirar una parte de los elementos A1 mediante rectificación. Específicamente, en primer lugar, se prepara un elemento de soporte que presenta un gran número de rebajes en un patrón predeterminado, presentando cada rebaje una profundidad predeterminada. Los elementos A1 se colocan en los rebajes respectivos de modo que se expone una parte de los mismos. Posteriormente, se aplica cera fundida al elemento de soporte y se enfría para su solidificación. Como resultado, los elementos A1 se fijan a los rebajes del elemento de soporte con la cera solidificada. Una rectificadora giratoria se presiona a continuación contra la parte expuesta de cada elemento A1 para rectificar y eliminar la parte expuesta del elemento A1. Después, la cera se calienta para su evaporación o descomposición térmica para eliminar la cera de la superficie del elemento.

La figura 23 muestra una sección transversal del elemento A2 producido en el procedimiento anterior, y la figura 24 muestra una cara inferior del mismo. Se corta y se retira una parte del primer semiconductor 1 cubierta con la capa de segundo semiconductor 2, y se forma una abertura 3 de la capa de segundo semiconductor en la circunferencia de la sección transversal de corte recto. Se forma una parte expuesta 4 de la capa de primer semiconductor dentro de la abertura 3. El ángulo central θ formado conectando el punto central del elemento A2 a dos puntos opuestos sobre la circunferencia de la abertura puede ser de 45 a 90°, y preferentemente de 60 a 90°. En este caso, el área de la abertura es apropiada para conectar eléctricamente el primer semiconductor a la capa de primer conductor.

El elemento A2 también puede obtenerse tapando la superficie del elemento A1, salvo una parte de la misma, con parafina o similar, y aplicando un proceso de ataque químico para eliminar la parte de la capa de segundo semiconductor fuera de la parte tapada. La figura 25 muestra una sección transversal del elemento A2 obtenido en este procedimiento. Puesto que la capa de segundo semiconductor 2 es muy delgada, la forma externa del elemento A2 de la figura 25 se mantiene casi sin variación respecto a la del elemento A1, de la misma forma que en el elemento 10 de la figura 12.

4-3) Etapa (c)

En esta etapa, se forma un electrodo sobre la parte expuesta del primer semiconductor de cada elemento fotovoltaico A2 preparado en la etapa (b) anterior, para obtener elementos A3.

El electrodo puede formarse, por ejemplo, aplicando una pasta conductora a la parte expuesta del primer semiconductor del elemento A2 y aplicando un tratamiento térmico al mismo. Cuando el primer semiconductor es un semiconductor de tipo p, se prefiere usar una pasta conductora de tipo de fritada de vidrio en la que se dispersa polvo de aluminio o una mezcla de polvo de aluminio y polvo de plata o similar como agente conductor. Cuando el primer semiconductor es un semiconductor de tipo n, se prefiere usar una mezcla de un compuesto fosforoso y polvo de Ag como agente conductor. Secando la pasta conductora aplicada y aplicando un tratamiento térmico, se obtiene una buena capa conductora (electrodo).

Específicamente, en la etapa (b) anterior, según el procedimiento tal como se ha descrito en 4-2), los elementos A1 se fijan al gran número de rebajes del elemento de soporte con la cera, y las partes de los elementos A1 expuestas desde los rebajes se rectifican para exponer los primeros semiconductores, para producir elementos A2. Los

elementos A2 se dejan fijados al elemento de soporte tal como están. En esta etapa, se aplica una pasta conductora mediante impresión o similar a las partes expuestas de los primeros semiconductores de los elementos A2 fijados a los rebajes en el patrón predeterminado, seguido de calentamiento a de 400 a 800 °C. Como resultado, la cera se retira de las superficies de los elementos mediante evaporación o descomposición térmica, y al mismo tiempo, se forman los electrodos. En este caso, también es posible eliminar la cera mediante calentamiento a de 400 a 600 °C, moviendo los elementos A2 desde el elemento de soporte a otro recipiente, y aplicando un tratamiento térmico a de 650 a 800 °C para formar los electrodos.

Mediante el tratamiento térmico mencionado anteriormente, se forma una capa de difusión o capa de aleación del agente conductor contenido en la pasta conductora sobre las superficies de los primeros semiconductores, y al mismo tiempo, con fritas de vidrio fundida actuando como aglutinante, se forma un electrodo resistente. Debido a la acción de la capa de aleación o capa de difusión, la resistencia de contacto en la unión entre el primer semiconductor y el electrodo se vuelve pequeña.

La figura 26 muestra una sección transversal del elemento A3 con un electrodo 5 formado sobre la parte expuesta 4 del primer semiconductor del elemento A2 de la figura 23. El electrodo 5 puede formarse aplicando una pasta conductora con un dispensador a una parte central circular de la parte expuesta 4 con un diámetro de aproximadamente 300 µm a una velocidad de 2 puntos/segundo, y aplicando un tratamiento térmico. La pasta conductora también puede aplicarse mediante serigrafía, impresión offset o chorro de tinta. La forma del electrodo puede ser oval, poligonal, en forma de anillo, y en forma de un conjunto de puntos, así como circular.

Tal como se detallará posteriormente en la etapa (f) de esta realización, existe un procedimiento para colocar el elemento A3 en la posición predeterminada del rebaje del soporte haciendo el electrodo o las inmediaciones del mismo más magnético que otras partes y empleando el magnetismo. A continuación en el presente documento, se describe el elemento al que se aplica este procedimiento.

El electrodo magnético puede formarse utilizando una pasta conductora de tipo de fritas de vidrio que contiene adicionalmente un polvo de sustancia ferromagnética tal como Ni o Fe. Mediante el mismo procedimiento que el del electrodo del elemento A3 de la figura 26, el electrodo puede obtenerse de la misma forma. Las inmediaciones del electrodo pueden magnetizarse fuertemente formando una capa de sustancia magnética que contiene una sustancia ferromagnética alrededor del electrodo. La capa de sustancia magnética puede formarse aplicando una pasta para formar una capa de sustancia magnética sobre o alrededor del electrodo con un dispensador o similar y aplicando un tratamiento térmico. La pasta para formar la capa de sustancia magnética es, por ejemplo, una dispersión de un polvo de sustancia ferromagnética conductora tal como Ni o Fe y, si es necesario, un agente conductor tal como Ag en un disolvente orgánico, una resina termoendurecible, o similar.

La figura 27(1) ilustra una sección transversal del elemento A3 con una capa de sustancia magnética 6 formada sobre el electrodo 5 del elemento de la figura 26, y la figura 27(2) ilustra una sección del elemento A3 con una capa de sustancia magnética 7 formada alrededor del electrodo 5.

4-4) Etapas (d) y (e)

En la etapa (d) se prepara un soporte en el que van a montarse los elementos fotovoltaicos A3, y en la etapa (e) se aplica un adhesivo conductor a las periferias de las aberturas del soporte. Estas etapas pueden realizarse mediante los mismos procedimientos que los de 1-2) y 1-3) de la realización 1.

4-5) Etapa (f)

En esta etapa, los elementos fotovoltaicos A3 se montan en una orientación específica en el soporte de modo que sus capas de segundo semiconductor están en contacto con los bordes de las aberturas del soporte al que se aplicó el adhesivo conductor en la etapa (e) anterior. Como resultado, se fabrica una estructura B2 en la que las capas de segundo semiconductor de los elementos A3 están conectadas eléctrica y físicamente al soporte con el adhesivo conductor.

Haciendo referencia a continuación a la figura 28A y la figura 28B, se describe un primer procedimiento para fabricar la estructura B2. En primer lugar, según se ilustra en la figura 28A(1), se prepara un sustrato temporal 81 que presenta un gran número de cavidades 80 para recubrir temporalmente elementos en el mismo patrón que el de los rebajes 16 del soporte 15 de la figura 3. El diámetro de una abertura superior 88 de cada cavidad 80 es ligeramente mayor que el diámetro del elemento de la figura 23. La parte inferior de cada cavidad 80 presenta un orificio pasante 84. El orificio pasante 84 presenta una abertura superior 83, que es ligeramente mayor que la abertura 3 del segundo semiconductor, y una abertura inferior 82, que es menor que la abertura 3. Posteriormente, un gran número de los elementos de la figura 26 se hacen rodar sobre el sustrato temporal 81, de modo que los elementos 85, 86, y 87 se recubren en las cavidades 80 en orientaciones aleatorias.

A continuación, según se ilustra en la figura 28A(2), una placa deslizante 89, que consiste en una lámina de esponja 101 unida a una placa plana de resina 100, se mueve ligeramente de izquierda a derecha de modo que cepilla

ligeramente la cara superior del sustrato temporal 81 con los elementos temporalmente dispuestos en su interior. Como resultado, las partes de los elementos 85, 86, y 87 que sobresalen de las cavidades 80 se frotran mediante la lámina de esponja 101, de modo que los elementos 85, 86, y 87 se deslizan y rotan dentro de las cavidades 80 en la dirección mostrada por la flecha. Por ejemplo, la orientación del elemento 85 cambia a la del elemento 86 y después a la del elemento 87.

Si la operación de mover la placa deslizante 89 de izquierda a derecha continúa, cada elemento rota hasta que el electrodo 5 se posiciona en el centro de la abertura superior 88 de la cavidad 80. En este momento, puesto que ninguna parte del elemento sobresale de la cavidad 80 y no se aplica ninguna fuerza externa al elemento por el movimiento de la placa deslizante 89, la rotación del elemento se detiene. Repitiendo la operación de mover la placa deslizante 89 varias veces, todos los elementos 85, 86, y 87 se recubren finalmente en las cavidades 80 con sus electrodos orientados hacia arriba, según se ilustra en la figura 28A(3).

Posteriormente, según se ilustra en la figura 28B(4), el soporte 15 de la figura 7(5) con la pasta conductora 51 aplicada al mismo, y el sustrato temporal 81 de la figura 28A (3) con los elementos recubiertos en la orientación controlada, se laminan de modo que los centros de los rebajes 16 y las cavidades 80 correspondientes del sustrato temporal están enfrentados entre sí. Sobre la cara posterior del sustrato temporal 81, se proporciona una placa 104 que presenta salientes 103, menores que las aberturas 82, en el mismo patrón que el de los orificios pasantes 84. Empujando la placa 104 hacia arriba para insertar los salientes 103 en las cavidades 80 a través de los orificios pasantes 84, los elementos 85, 86, y 87 se empujan al interior de los rebajes 16. Como resultado, según se ilustra en la figura 28B(5), los elementos 85, 86, y 87 se colocan en las posiciones predeterminadas del soporte en la orientación específica, y al mismo tiempo, los elementos se fijan temporalmente al soporte con sus capas de segundo semiconductor 2 pegadas a los bordes o periferias de las aberturas 17 con el adhesivo conductor 51. Esta etapa se realiza antes de que el adhesivo conductor aplicado al soporte se solidifique.

Después, aplicando un tratamiento térmico al adhesivo conductor aplicado al soporte para su solidificación, los elementos posicionados correctamente se fijan manteniéndose su orientación, y sus capas de segundo semiconductor se conectan eléctricamente a la capa de segundo conductor. Esto produce una estructura B2. Cuando se usa una pasta conductora de tipo resina como adhesivo conductor, se somete a un tratamiento térmico a de 100 a 150°C de 10 a 20 minutos. Cuando se usa una pasta conductora de tipo de fritada de vidrio de baja temperatura, se seca a aproximadamente de 100 a 150°C y a continuación se somete a un tratamiento térmico a aproximadamente de 500°C de 10 a 20 minutos.

A continuación, se describe un segundo procedimiento para fabricar la estructura B2. Este procedimiento incluye la etapa de aplicar un campo magnético a elementos A3 cuyos electrodos o las inmediaciones de los mismos son más magnéticos que otras partes desde una dirección predeterminada para alinear los electrodos de los elementos A3 en una orientación predeterminada. En un modo preferido de este procedimiento de posicionamiento, en primer lugar, los elementos A3 se colocan en posiciones predeterminadas de un elemento de colocación temporal, y se aplica un campo magnético a los elementos A3 desde una dirección predeterminada para alinear los electrodos de los elementos A3 en una orientación predeterminada. Posteriormente, transfiriendo los elementos A3 al soporte al tiempo que se mantiene esta alineación, los elementos A3 se posicionan de modo que la parte expuesta de cada primer semiconductor con el electrodo formado sobre el mismo sobresale a través de la cara posterior del soporte desde la abertura del rebaje.

Este procedimiento de posicionamiento se describe específicamente haciendo referencia a las figuras 29 a 31. En primer lugar, mediante la etapa tal como se muestra mediante la figura 29, los elementos de la figura 27(2) se colocan temporalmente en orientaciones aleatorias en un elemento de colocación temporal que consiste en un filtro de succión/separación 40 y un filtro de alineación 50. El filtro de succión/separación 40 presenta un gran número de salientes 42 en el mismo patrón que el de los rebajes del soporte. En la parte central de cada saliente 42 se forma un orificio de succión/separación 41, que es ligeramente menor que la parte expuesta 4 del primer semiconductor de cada elemento 20. El filtro de alineación 50 presenta un gran número de orificios de colocación temporales 48, que son ligeramente mayores que los elementos 20 y ligeramente menores que los salientes 42, en el mismo patrón que el de los orificios de succión/separación 41.

Según se ilustra en la figura 29(1), el filtro de alineación 50 se lamina sobre el filtro de succión/separación 40 de modo que los centros de los orificios de succión/separación 41 y los orificios de colocación temporales 48 correspondientes se alineen. A continuación, mientras se aplican vibraciones a los mismos y reduciendo la presión de aire en el lado del filtro de succión/separación 40, un gran número de los elementos 20 se hacen rodar sobre el filtro de alineación 50. Como resultado, los elementos 20 se aspiran al interior de los orificios de succión/separación 41 y los elementos 20 se colocan temporalmente en todos los orificios de colocación temporales 48 en orientaciones aleatorias, según se ilustra en la figura 29(2). Los elementos 20 en exceso se retiran inclinando el elemento de colocación temporal.

Haciendo referencia a continuación a la figura 30, se describe la etapa de alinear los elementos 20 en una orientación específica aplicando un campo magnético a los elementos 20 temporalmente colocados en el elemento de colocación temporal desde una dirección predeterminada. Como medio para aplicar un campo magnético a los

elementos 20, se usa un conjunto 118 de imanes en forma de placa. El conjunto 118 de imanes consiste en una pluralidad de imanes rectangulares 111 unidos en paralelo. Se aplica un campo magnético a los elementos 20 desde el plano perpendicular a la unión entre imanes 111A y 111B adyacentes del conjunto 118 de imanes, de modo que las capas de sustancia magnética de los elementos 20 se atraen y alinean en una orientación predeterminada por la fuerza de atracción de las uniones 105 entre imanes. El uso de un conjunto de imanes 111 permite que las uniones 105 entre imanes produzcan una fuerza magnética mayor que el uso de imanes separados entre sí .

En primer lugar, se prepara un imán compuesto 110 que incluye el conjunto 118 de imanes que consiste en la pluralidad de imanes estrechos 111 con una sección transversal rectangular. El conjunto de imanes se estructura de modo que se disponen de manera alterna polos magnéticos de diferentes polaridades en el plano perpendicular a la unión de los imanes 111A y 111B. El imán compuesto 110 comprende una placa de culata trasera 119 que está unida solidariamente al conjunto de imanes por la fuerza de atracción del conjunto de imanes. A continuación, se coloca un separador 115 sobre el borde del elemento de colocación temporal de la figura 29(2) con los elementos 20 temporalmente colocados en su interior, y el plano de generación de fuerza magnética del imán compuesto 110 se acerca al elemento de colocación temporal, según se ilustra en la figura 30(1). En este momento, las uniones entre imanes 105 del plano de generación de fuerza magnética están opuestas a los centros de los orificios de colocación temporales 48 del filtro de alineación 50.

Posteriormente, bajando el imán compuesto 110 verticalmente y colocándolo sobre el separador 115, se aplica un campo magnético a los elementos 20 de modo que la fuerza de atracción se aplica a los centros de los elementos 20. Al mismo tiempo, presurizando el aire sobre la cara posterior del filtro de succión/separación 40, se aporta flotabilidad a los elementos 20 desde los orificios de succión/separación 41. Esta flotabilidad permite que los elementos 20 floten en los orificios 48, llegando un momento en el que la capa de sustancia magnética 7 se posiciona hacia arriba en cada orificio 48. En este momento, debido a la fuerza de atracción, la capa de sustancia magnética 7 es atraída hacia la unión entre imanes 105. Como resultado, según se ilustra en la figura 30(2), las orientaciones de todos los elementos 20 se controlan de modo que las partes expuestas de los primeros semiconductores con los electrodos 5 y las capas de sustancia magnética 7 formadas sobre los mismos se orientan hacia arriba.

A continuación, reduciendo la presión del aire sobre la cara posterior del filtro de succión/separación 40, los elementos 20 se separan del imán compuesto 110 y son aspirados al interior de los orificios de succión/separación 41 mientras que sus orientaciones se mantienen. Como resultado, según se ilustra en la figura 30(3), todos los elementos 20 se alinean en la orientación predeterminada en los orificios de succión/separación 41 del filtro de succión/separación. Entonces, al tiempo que se mantiene la presión reducida, se retira el imán compuesto 110 y el filtro de alineación 50 se sube, de modo que el filtro de alineación 50 se separa del filtro de succión/separación 40 con los elementos 20 aspirados hacia el mismo. La figura 30(4) ilustra todos los elementos 20 dispuestos en las posiciones predeterminadas del filtro de succión/separación 40 en la orientación predeterminada.

A continuación, transfiriendo los elementos 20 dispuestos en el elemento de colocación temporal al soporte al tiempo que se mantiene su estado, los elementos 20 se posicionan en el soporte. La figura 31 ilustra esta etapa. En primer lugar, se prepara el soporte 15 de la figura 7(5) con el adhesivo conductor aplicado a las periferias de las aberturas 17. A continuación, según se ilustra en la figura 31(1), se coloca el soporte 15 cerca del filtro de succión/separación 40 de la figura 30(4) con los elementos 20 aspirados hacia el mismo de modo que los centros de los rebajes 16 están opuestos a los centros de los orificios 41 correspondientes del filtro de succión/separación 40.

Posteriormente, el soporte 15 se baja y se coloca sobre el filtro de succión/separación 40. Como resultado, según se ilustra en la figura 31(2), la periferia de abertura de la capa de segundo semiconductor 2 de cada elemento 20 se ajusta en cada abertura 17, y la abertura de la capa de segundo semiconductor 2, la parte expuesta 4 del primer semiconductor, y el electrodo 5 y la capa de sustancia magnética 7 sobresalen a través de la cara posterior del soporte 15. En este momento, la periferia de abertura de la capa de segundo semiconductor 2 se adhiere al adhesivo conductor 51 aplicado a la periferia de la abertura 17 de cada rebaje, de modo que los elementos 20 se fijan temporalmente en la orientación predeterminada.

Para hacer esta fijación temporal más fiable, puede realizarse la etapa según se ilustra en la figura 31(3). Específicamente, el soporte 15 se fija al tiempo que se mantiene su posición, y el aire sobre la cara posterior del filtro de succión/separación 40 se presuriza para empujar hacia arriba los elementos 20 desde los orificios 41. Aplicando un tratamiento térmico al mismo para solidificar el adhesivo conductor 51, los elementos 20 se fijan y el soporte 15 se conecta eléctricamente a las capas de segundo semiconductor 2. El adhesivo conductor y sus condiciones de tratamiento térmico pueden ser iguales que en el primer procedimiento de fabricación de la estructura B2.

4-6) Etapas (g), (h), e (i)

La etapa (g) se realiza para formar una capa de aislante eléctrico sobre la cara posterior del soporte de la estructura B2 preparada en la etapa (f) anterior. A continuación se realiza la etapa (h) para formar orificios pasantes en la capa de aislante eléctrico para exponer los electrodos de los elementos fotovoltaicos A3. Después, se realiza la etapa (i)

para formar una capa de primer conductor que interconecta eléctricamente los electrodos con los orificios pasantes como trayectorias conductoras.

Estas etapas pueden llevarse a cabo mediante los mismos procedimientos descritos en 2-3) y 2-4) de la forma de realización 2. La figura 32 ilustra un procedimiento representativo de la misma. Una capa de aislante eléctrico 71 se une a la cara posterior del soporte 15 de la estructura B2 de la figura 32 (1). Según se ilustra en la figura 32(2), un orificio pasante 73 se realiza a continuación en la capa de aislante eléctrico 71 para exponer el electrodo 5 en su interior. Posteriormente, se rellena con una pasta conductora 74 el orificio pasante 73, y según se ilustra en la figura 32(3), se conecta una lámina metálica 70 a la capa de aislante eléctrico 71, para formar una capa de primer conductor.

Además, los procedimientos de las etapas (g), (h), e (i) anteriormente descritas como modificaciones en la realización 2 también pueden realizarse en esta forma de realización 4. La figura 33 ilustra un ejemplo específico de este procedimiento. Según se ilustra en la figura 33(1), se unen una capa de aislante eléctrico 91 y una lámina metálica 92 a la cara posterior del soporte 15 de la estructura B2 con una capa de adhesivo 69 interpuesta entre las mismas. A continuación, según se ilustra en la figura 33(2), se realiza un orificio pasante 77 en la capa de aislante eléctrico 91 y la lámina metálica 92. Después, según se ilustra en la figura 33(3), se rellena con una pasta conductora 78 el orificio pasante 77, para formar una capa de primer conductor.

Forma de realización 5

Esta forma de realización tiene como objetivo un procedimiento de producción en el que se realizan las etapas (a), (b), y (d) y a continuación se realizan las etapas (e), (f), (g), (h), (c), e (i) en este orden. En esta forma de realización, se montan los elementos fotovoltaicos A2, que presentan cada uno una parte expuesta del primer semiconductor pero que no presentan ningún electrodo, en un soporte para fabricar una estructura B3, y mediante esta etapa, se produce un dispositivo fotovoltaico.

5-1) Etapas (a) y (b)

La etapa (a) se realiza para preparar una pluralidad de elementos fotovoltaicos A1, y a continuación se realiza la etapa (b) para convertir estos elementos A1 en elementos A2. Estas etapas se llevan a cabo mediante los mismos procedimientos descritos en 4-1) y 4-2) de la forma de realización 4.

5-2) Etapas (d) y etapa (e)

La etapa (d) se realiza para preparar un soporte en el que los elementos fotovoltaicos A2 van a disponerse, y la etapa (e) se realiza a continuación para aplicar un adhesivo conductor a las periferias de las aberturas del soporte. Estas etapas se llevan a cabo mediante los mismos procedimientos descritos en 1-2) y 1-3) de la forma de realización 1.

5-3) Etapa (f)

En esta etapa, los elementos fotovoltaicos A2 se montan en el soporte en una orientación específica de modo que sus capas de segundo semiconductor están en contacto con los bordes de las aberturas del soporte al que se aplicó el adhesivo conductor en la etapa (e) anterior. Como resultado, se fabrica una estructura B3 en la que las capas de segundo semiconductor están conectadas eléctrica y físicamente al soporte.

En esta realización, los elementos A2 que no presentan ningún electrodo se montan en el soporte, mientras que en la realización 4, los elementos A3 con electrodos se disponen en el soporte. Aunque existe esta diferencia entre las mismas, de hecho los elementos A2 y los elementos A3 presentan sustancialmente la misma forma y dimensiones, puesto que el electrodo es una capa delgada con un espesor de aproximadamente de 5 a 20 μm . Por tanto, esta etapa puede realizarse según el primer procedimiento de fabricación de la estructura B2 tal como se ha descrito en 4-5) de la realización 4. La figura 34(1) ilustra la estructura B3 obtenida en esta etapa montando los elementos A2 de la figura 23 en el soporte 15 de la figura 7(5).

5-4) Etapas (g) y (h)

La etapa (g) se realiza para formar una capa de aislante eléctrico 71 sobre la cara posterior del soporte 15 de la estructura B3 fabricada en la etapa (f) anterior, y a continuación se realiza la etapa (h) para realizar los orificios pasantes 75 en la capa de aislante eléctrico 71. Estas etapas pueden llevarse a cabo mediante los mismos procedimientos descritos en 1-6) y 1-7) de la realización 1. La figura 34(2) ilustra el orificio pasante 75 en la capa de aislante eléctrico 71 sobre la cara posterior del soporte 15.

5-5) Etapas (c) e (i)

La etapa (c) se realiza para formar un electrodo sobre las superficies expuestas de los primeros semiconductores

dentro de los orificios pasantes 75 realizados en la etapa (h) anterior, por medio de la cual los elementos fotovoltaicos A2 se convierten en elementos A3 con electrodos. Posteriormente, la etapa (i) se realiza para formar una capa de primer conductor que interconecta eléctricamente los electrodos de los elementos A3, con los orificios pasantes 75 como trayectorias conductoras.

Estas etapas pueden llevarse a cabo mediante los mismos procedimientos descritos en 1-8) y 1-9) de la forma de realización 1. Por ejemplo, según se ilustra en la figura 34(3), un electrodo 79 se forma sobre la superficie del primer semiconductor 4 dentro del orificio pasante de la capa de aislante eléctrico 71. A continuación, según se ilustra en la figura 34(4), se aplica un adhesivo conductor 76 al electrodo 79 dentro del orificio pasante 75, y una lámina metálica 70 se pega a la capa de aislante eléctrico 71, para formar una capa de primer conductor.

Los procedimientos de producción de la presente invención descritos anteriormente pueden proporcionar dispositivos fotovoltaicos con alta calidad y alta fiabilidad, en los que los elementos fotovoltaicos esféricos se fijan firmemente en las posiciones predeterminadas dentro de los rebajes de un soporte y los primeros semiconductores y las capas de segundo semiconductor de todos los elementos fijados al soporte están conectadas eléctricamente a una capa de primer conductor y una capa de segundo conductor, respectivamente, de forma fiable.

De las formas de realización de los procedimientos de producción de la presente invención descritos anteriormente, en las formas de realización 1 a 3, los elementos fotovoltaicos A1 se montan en el soporte antes de formarse la parte expuesta del primer semiconductor y el electrodo. Por tanto, en la etapa (f), los elementos pueden disponerse en los rebajes del soporte en cualquier orientación. Por otro lado, en la realización 5 ó 4, al disponer los elementos A2 con la parte expuesta del primer semiconductor o los elementos A3 con el electrodo en el soporte, es necesario controlar la orientación de los elementos en una orientación particular. Por tanto, las formas de realización 1 a 3 presentan una ventaja respecto a las formas de realización 5 y 4 en que la etapa (f) se simplifica. Sin embargo, las formas de realización 4 y 5 presentan una ventaja en términos de control de calidad, es decir, las características de los elementos pueden comprobarse antes de montarse en el soporte.

Además, en la etapa (b), las formas de realización 1 y 2 presentan una ventaja en que la capa de segundo semiconductor puede retirarse sin quedar obstruida por la capa de aislante eléctrico, a diferencia de la realización 3 en la que la capa de segundo semiconductor dentro del orificio pasante de la capa de aislante eléctrico se retira. Por otro lado, en la realización 3, puesto que el soporte queda tapado por la capa de aislante eléctrico, las condiciones para controlar el ataque químico mejoran.

Además, en la etapa (c), en la realización 2, el electrodo se forma antes de formar la capa de aislante eléctrico. Por tanto, cuando la pasta conductora aplicada se somete a un tratamiento térmico mediante irradiación láser, pueden dispersarse productos de la descomposición tales como carbono, entrando en contacto de ese modo con el soporte y provocando un cortocircuito. Por otro lado, en las formas de realización 1 y 3, puesto que el electrodo se forma sobre el primer semiconductor dentro del orificio pasante de la capa de aislante eléctrico, los productos de la descomposición permanecen dentro del orificio pasante y no es probable que provoquen un cortocircuito. Por consiguiente, para evitar el cortocircuito, es necesario en la realización 2 controlar, por ejemplo, las condiciones de irradiación láser y el estado de aplicación de la pasta conductora con más cuidado que en las formas de realización 1 y 3.

Además, en la realización 4, puesto que las características de los elementos con el electrodo formado sobre los mismos pueden comprobarse previamente, los elementos pueden seleccionarse de manera más fiable que en la realización 5. Sin embargo, en la realización 5, puesto que el electrodo se forma sobre los elementos montados en el soporte en la etapa (c), existe una ventaja en que no son necesarias etapas complicadas en comparación con la realización 4 en la que el electrodo se forma sobre un gran número de los elementos que se fijan en la orientación controlada.

Según se describió anteriormente, puesto que las formas de realización respectivas presentan sus propias características únicas, pueden seleccionarse como apropiadas dependiendo de las condiciones de producción individuales de los dispositivos fotovoltaicos.

La figura 35 ilustra un dispositivo fotovoltaico según la presente invención. El dispositivo fotovoltaico de la figura 35 se produce según la primera realización del procedimiento de producción de la presente invención. Puesto que este dispositivo presenta la misma configuración que el de la figura 16 excepto en que la capa de segundo semiconductor presenta, sobre la superficie, un recubrimiento antirreflexión 9 conductor de 50 a 100 nm de espesor que comprende óxido de estaño dopado con por lo menos uno de flúor y antimonio, la explicación de la configuración se omite.

El dispositivo fotovoltaico según la presente invención puede producirse racionalmente con alta calidad mediante las formas de realización respectivas de los procedimientos de producción de la presente invención.

El elemento fotovoltaico usado en el dispositivo fotovoltaico de la presente invención presenta el recubrimiento antirreflexión conductor sobre la superficie de la capa de segundo semiconductor. Por tanto, la capa de segundo semiconductor puede conectarse a la capa de segundo conductor del soporte, con el recubrimiento antirreflexión y el

5 adhesivo conductor interpuesto en su interior, con una resistencia baja y sin un tratamiento térmico de alta temperatura. Puesto que no existe ninguna necesidad de exponer la capa de segundo conductor a altas temperaturas, incluso si la capa de segundo conductor presenta una capa delgada de plata adecuada como espejo reflectante, no hay temor de que la capa de plata pueda decolorarse o dañarse por el tratamiento térmico provocando un deterioro de la reflectividad.

10 Para conectar eléctricamente una capa de segundo semiconductor que no presenta ningún recubrimiento antirreflexión conductor a una capa de segundo conductor con una resistencia baja, se prefiere usar una pasta conductora de tipo de frita de vidrio, en lugar de una pasta conductora de tipo resina, como el adhesivo conductor y aplicar un tratamiento térmico a aproximadamente 500 °C. Sin embargo, un tratamiento térmico alta temperatura de este tipo provoca daño, tal como decoloración, a la plata, disminuyendo de ese modo la función como espejo reflectante. Los presentes inventores han descubierto experimentalmente que, en el caso de un elemento con un recubrimiento antirreflexión conductor, utilizando una pasta conductora de tipo resina y aplicando un tratamiento térmico a de 100 a 200 °C, o utilizando una pasta conductora que incluye un vidrio de bajo punto de fusión como aglutinante y aplicando un tratamiento térmico a de 200 a 400 °C, la capa de segundo semiconductor puede conectarse eléctricamente a la capa de segundo conductor con una resistencia baja sin decoloración de la plata. Aunque el motivo todavía no está claro, probablemente se debe a que el recubrimiento antirreflexión y la capa de semiconductor, y el recubrimiento antirreflexión y la pasta conductora, están conectados a una resistencia eléctrica baja, con el recubrimiento antirreflexión actuando como electrodo para el segundo semiconductor.

20 El dispositivo fotovoltaico tal como se ha descrito en las formas de realización anteriores constituye una unidad de un módulo de células solares. Esta unidad se compone de un soporte de, por ejemplo, 170 mm x 54 mm y 1800 elementos A3 con un diámetro de aproximadamente 1 mm montado en el soporte, y presenta una potencia de salida nominal de aproximadamente 1 W.

25 Aunque la presente invención se ha descrito en términos de las formas de realización preferidas en la actualidad, debe entenderse que dicha descripción no debe interpretarse como limitativa.

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento de producción de un dispositivo fotovoltaico que comprende:

5 una pluralidad de elementos fotovoltaicos sustancialmente esféricos (10, 20), comprendiendo cada uno: un primer semiconductor (1) sustancialmente esférico; una capa de segundo semiconductor (2) que recubre la superficie del primer semiconductor (1); un recubrimiento antirreflexión (9) conductor que recubre la superficie de la capa de segundo semiconductor (2), presentando dicho recubrimiento antirreflexión (9) y dicha capa de segundo semiconductor (2) una abertura en común a través de la cual se expone una parte del primer semiconductor (1); y un electrodo (5, 62, 67, 79, 97) formado sobre la parte expuesta (4, 14, 96) del primer semiconductor;

15 un soporte (15, 25, 35) que presenta una pluralidad de rebajes adyacentes (16, 26, 36) para recubrir dichos elementos fotovoltaicos (10, 20) uno a uno sobre una cara frontal del mismo, presentando cada uno de los rebajes (16, 26, 36) una cara interior que funciona como un espejo reflectante y una abertura (17, 27, 37) en una parte inferior del mismo, siendo la abertura (17, 27, 37) menor que cada uno de dichos elementos fotovoltaicos (10, 20), sirviendo dicho soporte (15, 25, 35) como una capa de segundo conductor que está conectada eléctricamente con las capas de segundo semiconductor (2) de los respectivos elementos fotovoltaicos (10, 20) dispuestos en dichos rebajes (16, 26, 36), con dicho recubrimiento antirreflexión (9) interpuesto entre dichas capas de segundo semiconductor (2) y dicho soporte (15, 25, 35),

20 estando fijado cada uno de dichos elementos fotovoltaicos (10, 20) a cada uno de dichos rebajes (16, 26, 36) con un adhesivo conductor (13, 51), de modo que el recubrimiento antirreflexión (9) del mismo esté en contacto con un borde de dicha abertura (17, 27, 37) del rebaje (16, 26, 36) y que la parte expuesta (4, 14, 96) del primer semiconductor (1) sobresale a través de una cara posterior del soporte (15, 25, 35);

25 y una capa de aislante eléctrico (38, 71, 91) y una capa de primer conductor (32, 70, 92) que están previstas sobre la cara posterior del soporte (15, 25, 35), de modo que dicha capa de aislante eléctrico (38, 71, 91) aisle el soporte (15, 25, 35) de la capa de primer conductor (32, 70, 92), presentando dicha capa de aislante eléctrico (38, 71, 91) una pluralidad de orificios pasantes (60, 68, 73, 75, 77, 93, 95), estando dicha capa de primer conductor (32, 70, 92) conectada eléctricamente a dichos electrodos (5, 62, 67, 79, 97) de dichos elementos fotovoltaicos (10, 20) por medio de los orificios pasantes (60, 68, 73, 75, 77, 93, 95) o de dicha capa de aislante eléctrico (38, 71, 91),

comprendiendo dicho procedimiento las etapas siguientes:

35 (a) proporcionar una pluralidad de elementos fotovoltaicos sustancialmente esféricos A1, comprendiendo cada uno un primer semiconductor (1) sustancialmente esférico y una capa de segundo semiconductor (2) que recubre toda la superficie del primer semiconductor (1), y forma un recubrimiento antirreflexión (9) conductor sobre la superficie de cada una de dichas capas de segundo semiconductor (2);

40 (b) formar una abertura en la capa de segundo semiconductor (2) de cada uno de dichos elementos fotovoltaicos A1 para exponer una parte (4, 14, 96) del primer semiconductor (1), para preparar elementos fotovoltaicos A2, en los que una parte de dicho recubrimiento antirreflexión (9) se retira junto con la capa de segundo semiconductor (2) para formar dicha abertura;

45 (c) formar un electrodo (5, 62, 67, 79, 97) sobre la parte expuesta (4, 14, 96) del primer semiconductor (1) de cada uno de dichos elementos fotovoltaicos A2, para preparar elementos fotovoltaicos A3;

(d) proporcionar dicho soporte (15, 25, 35);

50 (e) aplicar un adhesivo conductor (13, 51) a una periferia de cada una de las aberturas (17, 27, 37) de dicho soporte (15, 25, 35);

55 (f) disponer dichos elementos fotovoltaicos A1, A2 o A3 en los rebajes (16, 26, 36) de dicho soporte (15, 25, 35) de modo que las capas de segundo semiconductor (2) estén en contacto con los bordes de las aberturas (17, 27, 37) de dicho soporte, y conectar dichas capas de segundo semiconductor (2) a dicho soporte (15, 25, 35) eléctrica y físicamente con dicho adhesivo conductor (13, 51);

(g) formar una capa de aislante eléctrico (38, 71, 91) sobre la cara posterior de dicho soporte (15, 25, 35);

60 (h) formar unos orificios pasantes (60, 68, 73, 75, 77, 93, 95) en dicha capa de aislante eléctrico (38, 71, 91), sirviendo dichos orificios pasantes como trayectorias conductoras para interconectar los electrodos (5, 62, 67, 79, 97) de dichos elementos fotovoltaicos A3; y

65 (i) formar una capa de primer conductor (32, 70, 92) sobre dicha capa de aislante eléctrico (38, 71, 91), interconectando dicha capa de primer conductor eléctricamente los electrodos (5, 62, 67, 79, 97) que están expuestos dentro de dichos orificios pasantes (60, 68, 73, 75, 77, 93, 95),

en el que dicha etapa (e) se realiza antes de dicha etapa (f), y dicha etapa (f) se realiza antes de dicha etapa (g).

- 5 2. Procedimiento de producción de un dispositivo fotovoltaico según la reivindicación 1, en el que se realizan dichas etapas (a) y (d), y a continuación se realizan en este orden dichas etapas (e), (f), (b), (g), (h), (c), e (i).
3. Procedimiento de producción de un dispositivo fotovoltaico según la reivindicación 1, en el que se realizan dichas etapas (a) y (d), y a continuación se realizan en este orden dichas etapas (e), (f), (b), (c), (g), (h), e (i).
- 10 4. Procedimiento de producción de un dispositivo fotovoltaico según la reivindicación 1, en el que se realizan dichas etapas (a) y (d), y a continuación se realizan en este orden dichas etapas (e), (f), (g), (h), (b), (c), e (i).
- 15 5. Procedimiento de producción de un dispositivo fotovoltaico según la reivindicación 1, en el que se realizan dichas etapas (a), (b), (c), y (d), y a continuación se realizan en este orden dichas etapas (e), (f), (g), (h), e (i).
6. Procedimiento de producción de un dispositivo fotovoltaico según la reivindicación 1, en el que se realizan dichas etapas (a), (b), y (d), y a continuación se realizan en este orden dichas etapas (e), (f), (g), (h), (c), e (i).
- 20 7. Procedimiento de producción de un dispositivo fotovoltaico según la reivindicación 1, en el que dichos elementos fotovoltaicos (10, 20) se componen principalmente de silicio.
8. Procedimiento de producción de un dispositivo fotovoltaico según la reivindicación 1, en el que dicho recubrimiento antirreflexión (9) comprende óxido de estaño dopado con por lo menos uno de flúor y antimonio.
- 25 9. Procedimiento de producción de un dispositivo fotovoltaico según la reivindicación 8, en el que dicho recubrimiento antirreflexión (9) presenta un espesor comprendido entre 50 y 100 nm.
10. Procedimiento de producción de un dispositivo fotovoltaico según la reivindicación 1, en el que dicha etapa (e) comprende las etapas siguientes:
- 30 aplicar dicho adhesivo conductor (51) sobre unas puntas (126) de patillas (124) que son ligeramente mayores que las aberturas (17) de dicho soporte (15); y
- 35 transferir dicho adhesivo conductor (51) aplicado a dichas puntas (126) a las periferias de dichas aberturas (17), insertando dichas puntas en los rebajes (16) de dicho soporte (15) desde la cara frontal de dicho soporte y poniendo dichas puntas (126) en contacto con las periferias de dichas aberturas (17), de modo que los centros de dichas puntas y dichas aberturas estén alineados.
- 40 11. Procedimiento de producción de un dispositivo fotovoltaico según la reivindicación 1, en el que dicha etapa (e) comprende las etapas siguientes:
- 45 colocar una máscara metálica sobre la cara posterior de dicho soporte (15), presentando dicha máscara metálica una pluralidad de grupos de aberturas (21) correspondientes a las aberturas (17) de dicho soporte (15), consistiendo cada grupo de aberturas (21) en una pluralidad de aberturas (22) que están dispuestas a lo largo de un borde de
- 50 abertura de cada abertura (17), estando conformada cada abertura (22) de modo que recubra un área que se extiende desde una parte exterior del borde de abertura de la abertura (17) hasta una parte interior del mismo; e
- imprimir el adhesivo conductor (13) sobre dicho soporte (15) a través de las aberturas (22) de dicha máscara metálica, de modo que se aplique el adhesivo conductor (13) a dicho soporte (15) en una pluralidad de ubicaciones a lo largo del borde de abertura de cada una de dichas aberturas (17), de modo que recubra un área que se extiende desde una periferia de cada abertura (17) sobre la cara posterior del soporte (15) hasta una periferia de la abertura (17) sobre la cara frontal del mismo.
- 55 12. Procedimiento de producción de un dispositivo fotovoltaico según la reivindicación 1, en el que dicha etapa (b) comprende retirar una parte de la capa de segundo semiconductor (2) de cada uno de dichos elementos fotovoltaicos A1 mediante ataque químico, para formar dicha abertura.
- 60 13. Procedimiento de producción de un dispositivo fotovoltaico según la reivindicación 12, en el que dicha etapa (b) comprende, antes de dicha etapa de ataque químico, la etapa de retirar previamente la parte de la capa de segundo semiconductor (2) que va a someterse a ataque químico mediante cepillado o pulido con chorro de arena.
- 65 14. Procedimiento de producción de un dispositivo fotovoltaico según la reivindicación 5, en el que dicha etapa (b) comprende la etapa de cortar una parte de cada uno de dichos elementos fotovoltaicos A1, de modo que la abertura de la capa de segundo semiconductor (2) de los mismos esté sustancialmente enrasada con la parte expuesta (4) del primer semiconductor (1).

15. Procedimiento de producción de un dispositivo fotovoltaico según la reivindicación 1, en el que dicha etapa (c) comprende las etapas siguientes:
- 5 aplicar una pasta conductora (61) a la parte expuesta (14) del primer semiconductor (1) de cada uno de dichos elementos fotovoltaicos A2; y
- aplicar un tratamiento térmico a la pasta conductora (61) aplicada mediante irradiación láser, para formar dicho electrodo (62).
- 10 16. Procedimiento de producción de un dispositivo fotovoltaico según la reivindicación 5, en el que dicha etapa (b) comprende las etapas siguientes:
- proporcionar un elemento de soporte que presenta una pluralidad de rebajes en un patrón predeterminado para recibir dichos elementos fotovoltaicos A1 a una profundidad predeterminada;
- 15 disponer los elementos fotovoltaicos A1 en los rebajes de dicho elemento de soporte;
- aplicar una cera fundida a dicho elemento de soporte y enfriarla, para fijar dichos elementos fotovoltaicos A1 a los rebajes de dicho elemento de soporte con la cera solidificada; y
- 20 presionar una rectificadora giratoria sobre los elementos fotovoltaicos A1 fijados a dicho elemento de soporte para rectificar las superficies de los elementos fotovoltaicos A1, para formar las partes expuestas (4) de los primeros semiconductores (1), y
- 25 dicha etapa (c) comprende las etapas siguientes:
- aplicar una pasta conductora a las partes expuestas (4) de los primeros semiconductores (1); y calentar dicho elemento de soporte a una temperatura comprendida entre 400 y 800 °C, para eliminar dicha cera y formar los electrodos (5) sobre las partes expuestas (4) de los primeros semiconductores (1).
- 30 17. Procedimiento de producción de un dispositivo fotovoltaico según la reivindicación 5,
- en el que cada uno de dichos elementos fotovoltaicos A3 está configurado de modo que el electrodo (5) o las inmediaciones del mismo (6, 7) es más magnético que otras partes, y
- 35 dicha etapa (f) comprende la etapa de aplicar un campo magnético a dichos elementos fotovoltaicos A3 desde una dirección predeterminada, para alinear dichos electrodos (5) o las inmediaciones de los mismos (6, 7) en una orientación predeterminada.
- 40 18. Procedimiento de producción de un dispositivo fotovoltaico según la reivindicación 1,
- en el que dicha etapa (g) comprende la etapa de unir una capa de aislante eléctrico semicurado (71), que comprende una lámina aislante compuesta principalmente de una resina termoendurecible, a la cara posterior de dicho soporte (15) a presión, y
- 45 dicha etapa (i) comprende las etapas siguientes:
- unir una lámina metálica conductora (70) a la capa de aislante eléctrico semicurado (71) a presión; y
- 50 curar la capa de aislante eléctrico semicurado (71) mediante un tratamiento térmico, para fijar dicha lámina metálica conductora (70) a la capa de aislante eléctrico (71).
19. Procedimiento de producción de un dispositivo fotovoltaico según la reivindicación 1, en el que dicha etapa (i) comprende la etapa de aplicar una pasta conductora (31) a dicha capa de aislante eléctrico (38), de modo que interconecte los electrodos (62) de los elementos fotovoltaicos A3 que están expuestos dentro de los orificios pasantes de dicha capa de aislante eléctrico (38) y calentarla para su solidificación, para formar la capa de primer conductor (32).
- 55 20. Procedimiento de producción de un dispositivo fotovoltaico según la reivindicación 1, en el que dicha etapa (i) comprende las etapas siguientes:
- rellenar con una pasta conductora (63) los orificios pasantes (60) de dicha capa de aislante eléctrico (38), de modo que entren en contacto con los electrodos (62) de los elementos fotovoltaicos A3;
- 60 unir una lámina metálica conductora (70) a dicha capa de aislante eléctrico (38); y
- 65

calentar y solidificar dicha pasta conductora (63), para conectar eléctricamente dicha pasta conductora (63) a dicha lámina metálica conductora (70).

5 21. Procedimiento de producción de un dispositivo fotovoltaico según la reivindicación 3, en el que dichas etapas (g) a (i) comprenden las etapas siguientes:

unir una capa de aislante eléctrico (91) y una lámina metálica conductora (92) a la cara posterior de dicho soporte (15), de modo que la capa de aislante eléctrico (91) separe dicha lámina metálica conductora (92) de dicho soporte (15);

10 formar unos orificios pasantes (93) en la capa de aislante eléctrico (91) y la lámina metálica conductora (92) unida a dicho soporte (15) para exponer los electrodos (67) de dichos elementos fotovoltaicos A3 dentro de dichos orificios pasantes (93); y

15 rellenar con una pasta conductora (94) dichos orificios pasantes (93) para conectar eléctricamente dichos electrodos (67) a dicha lámina metálica conductora (92), para formar dicha capa de primer conductor.

22. Procedimiento de producción de un dispositivo fotovoltaico según la reivindicación 5, en el que dichas etapas (g) a (i) comprenden las etapas siguientes:

20 unir una capa de aislante eléctrico (91) y una lámina metálica conductora (92) a la cara posterior de dicho soporte (15), de modo que la capa de aislante eléctrico (91) separe dicha lámina metálica conductora (92) de dicho soporte (15);

25 formar unos orificios pasantes (77) en la capa de aislante eléctrico (91) y la lámina metálica conductora (92) unida a dicho soporte (15) para exponer los electrodos (5) de dichos elementos fotovoltaicos A3 dentro de dichos orificios pasantes (77); y

30 rellenar con una pasta conductora (78) dichos orificios pasantes (77) para conectar eléctricamente dichos electrodos (5) a dicha lámina metálica conductora (92), para formar dicha capa de primer conductor.

23. Procedimiento de producción de un dispositivo fotovoltaico según la reivindicación 21, en el que dicha etapa de unir la capa de aislante eléctrico (91) y la lámina metálica conductora (92) a la cara posterior de dicho soporte (15) comprende la etapa de unir una lámina de material compuesto (90), que incluye una lámina metálica conductora (92) y una capa de aislante eléctrico (91) laminada a un lado de la lámina metálica conductora (92), a la cara posterior del soporte (15) de modo que la capa de aislante eléctrico (91) esté enfrentada con el soporte (15).

24. Procedimiento de producción de un dispositivo fotovoltaico según la reivindicación 22, en el que dicha etapa de unir la capa de aislante eléctrico (91) y la lámina metálica conductora (92) a la cara posterior de dicho soporte (15) comprende la etapa de unir una lámina de material compuesto (90), que incluye una lámina metálica conductora (92) y una capa de aislante eléctrico (91) laminada a un lado de la lámina metálica conductora (92), a la cara posterior del soporte (15) de modo que la capa de aislante eléctrico (91) esté enfrentada con el soporte (15).

25. Procedimiento de producción de un dispositivo fotovoltaico según la reivindicación 23, en el que dicha etapa de unir la lámina de material compuesto (90) comprende las etapas siguientes:

aplicar un adhesivo eléctricamente aislante a la cara posterior de dicho soporte (15), para formar una capa de adhesivo (69); y

50 unir la capa de aislante eléctrico (91) de dicha lámina de material compuesto (90) a dicha capa de adhesivo (69) del soporte (15).

26. Procedimiento de producción de un dispositivo fotovoltaico según la reivindicación 24, en el que dicha etapa de unir la lámina de material compuesto (90) comprende las etapas siguientes:

55 aplicar un adhesivo eléctricamente aislante a la cara posterior de dicho soporte (15), para formar una capa de adhesivo (69); y

60 unir la capa de aislante eléctrico (91) de dicha lámina de material compuesto (90) a dicha capa de adhesivo (69) del soporte (15).

27. Dispositivo fotovoltaico que comprende:

65 una pluralidad de elementos fotovoltaicos sustancialmente esféricos, comprendiendo cada uno: un primer semiconductor (1) sustancialmente esférico; una capa de segundo semiconductor (2) que recubre la superficie del primer semiconductor (1); un recubrimiento antirreflexión (9) conductor que recubre la superficie de la capa de

segundo semiconductor (2), presentando dicho recubrimiento antirreflexión (9) y dicha capa de segundo semiconductor (2) una abertura en común, a través de la cual se expone una parte del primer semiconductor (1); y un electrodo (62) formado sobre la parte expuesta (14) del primer semiconductor (1);

5 un soporte (15) que presenta una pluralidad de rebajes adyacentes para recubrir dichos elementos fotovoltaicos uno a uno sobre una cara frontal del mismo, presentando cada uno de los rebajes una cara interior que funciona como un espejo reflectante y una abertura en una parte inferior del mismo, siendo la abertura menor que cada uno de dichos elementos fotovoltaicos, sirviendo dicho soporte (15) como una capa de segundo conductor que está
10 conectada eléctricamente con las capas de segundo semiconductor (2) de los respectivos elementos fotovoltaicos dispuestos en dichos rebajes;

estando fijado cada uno de dichos elementos fotovoltaicos a cada uno de dichos rebajes con un adhesivo conductor (51) de modo que el recubrimiento antirreflexión (9) del mismo esté en contacto con un borde de dicha abertura del rebaje y que la parte expuesta (14) del primer semiconductor (1) sobresale a través de una cara posterior del soporte
15 (15);

una capa de aislante eléctrico (71) y una capa de primer conductor (70) que están previstas sobre la cara posterior del soporte (15) de modo que dicha capa de aislante eléctrico (71) aisle el soporte (15) de la capa de primer conductor (70), presentando dicha capa de aislante eléctrico (71) una pluralidad de orificios pasantes, estando dicha
20 capa de primer conductor (70) conectada eléctricamente a dichos electrodos (62) de dichos elementos fotovoltaicos por medio de los orificios pasantes de dicha capa de aislante eléctrico (71); y caracterizado porque

dicho recubrimiento antirreflexión (9) se interpone entre dichas capas de segundo semiconductor (2) y dicho soporte (15).

FIG. 1

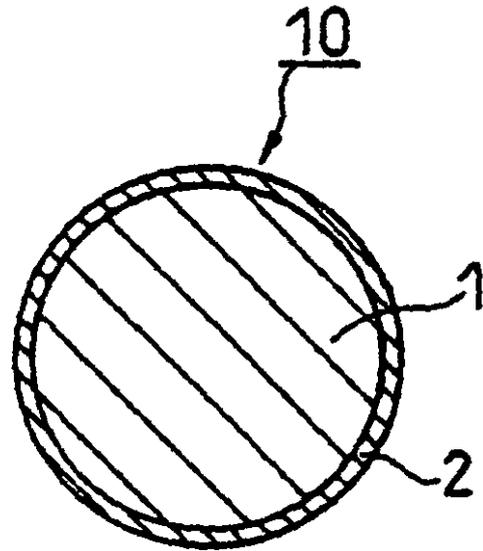


FIG. 2

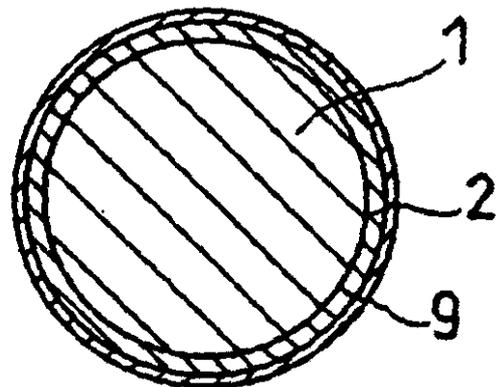


FIG. 3

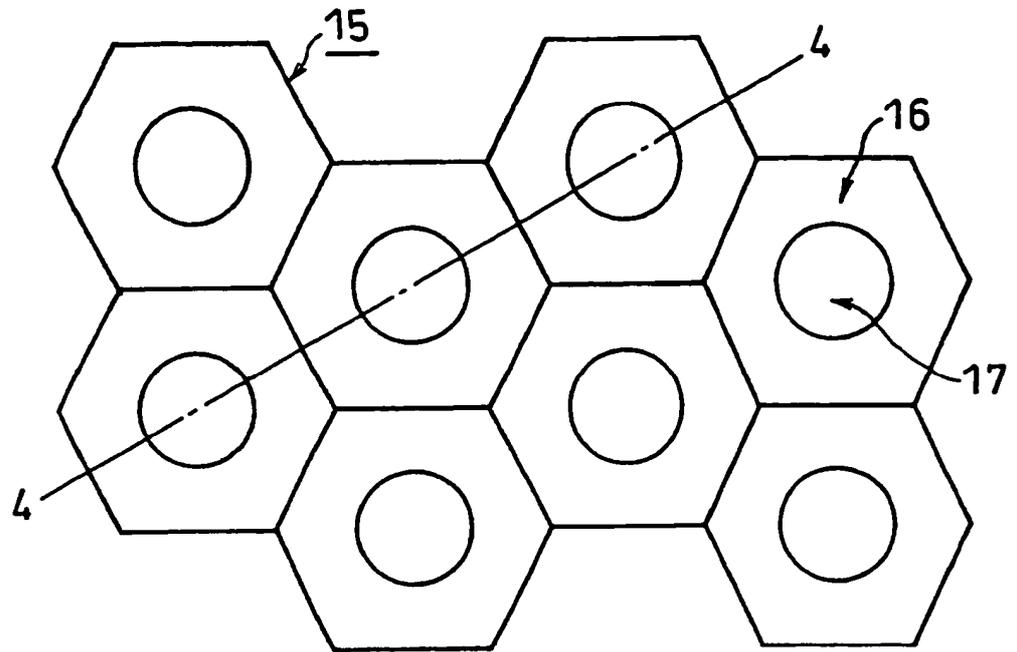


FIG. 4

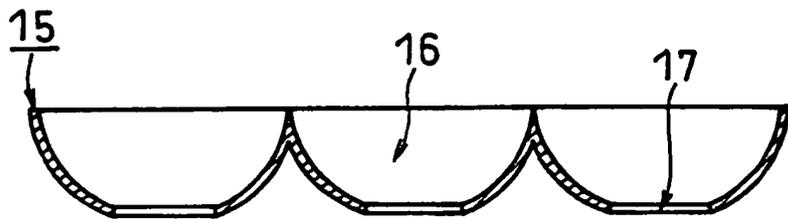


FIG. 5

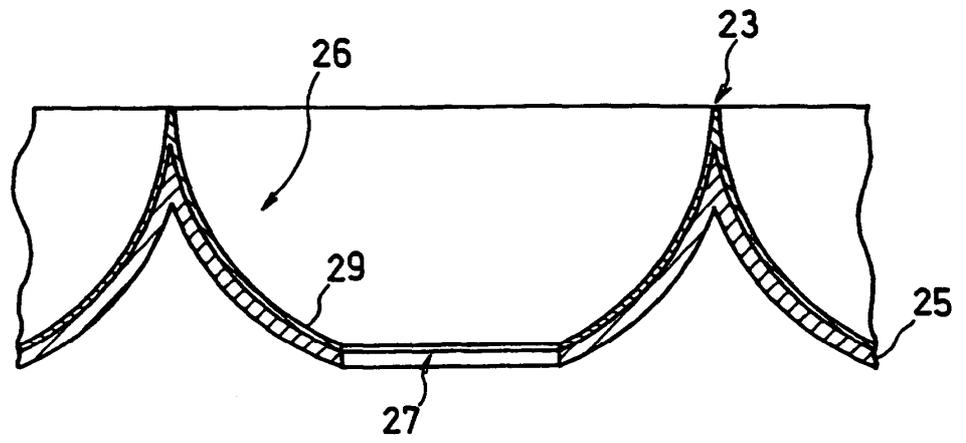


FIG. 6

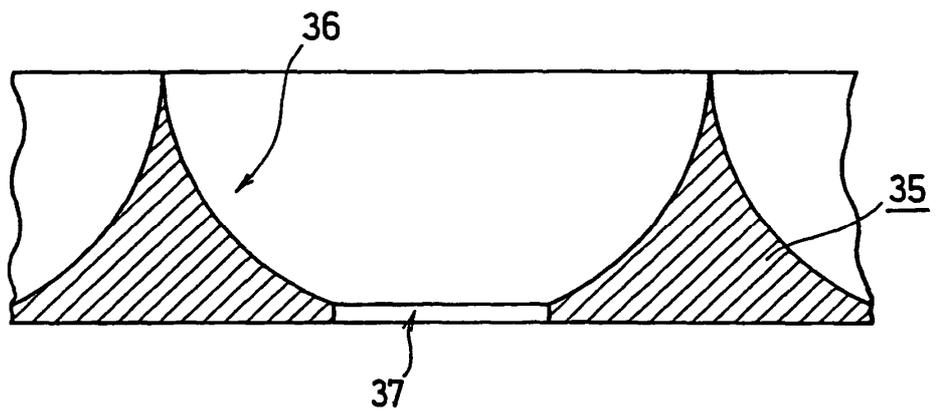


FIG. 7

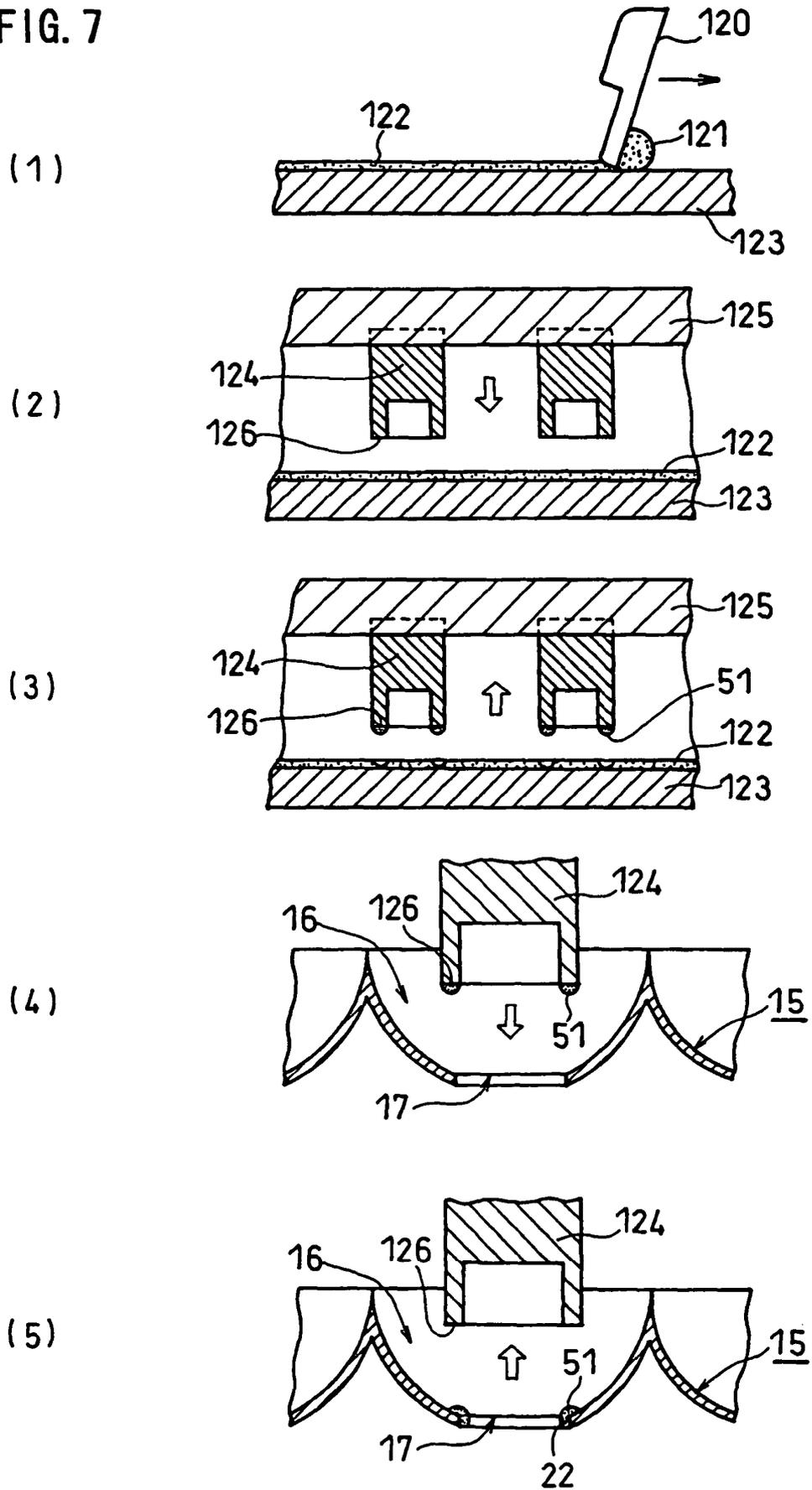


FIG. 8

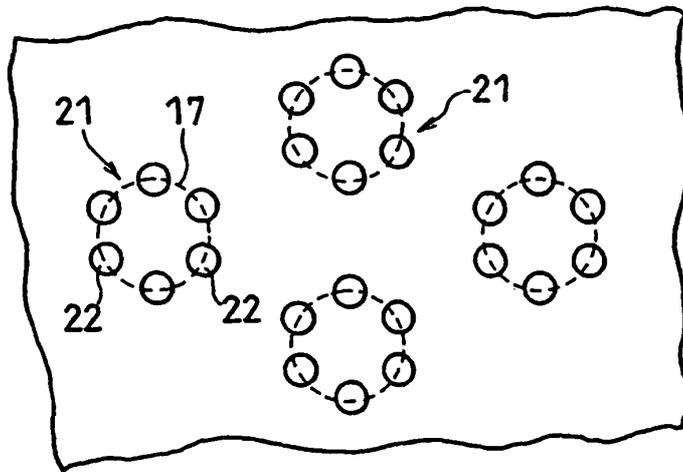


FIG. 9

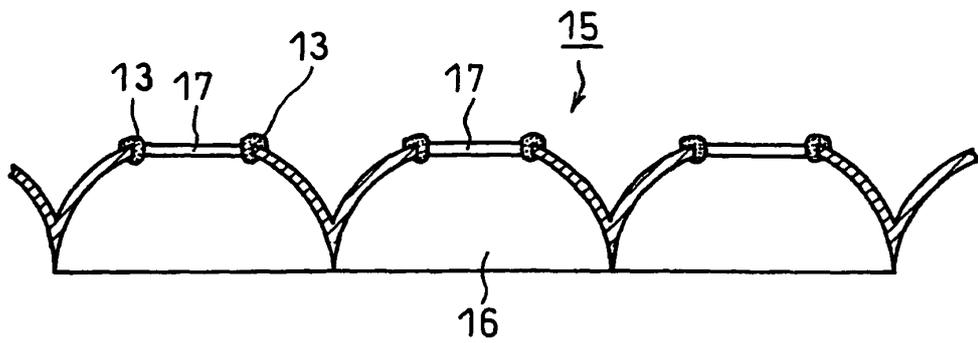


FIG. 10

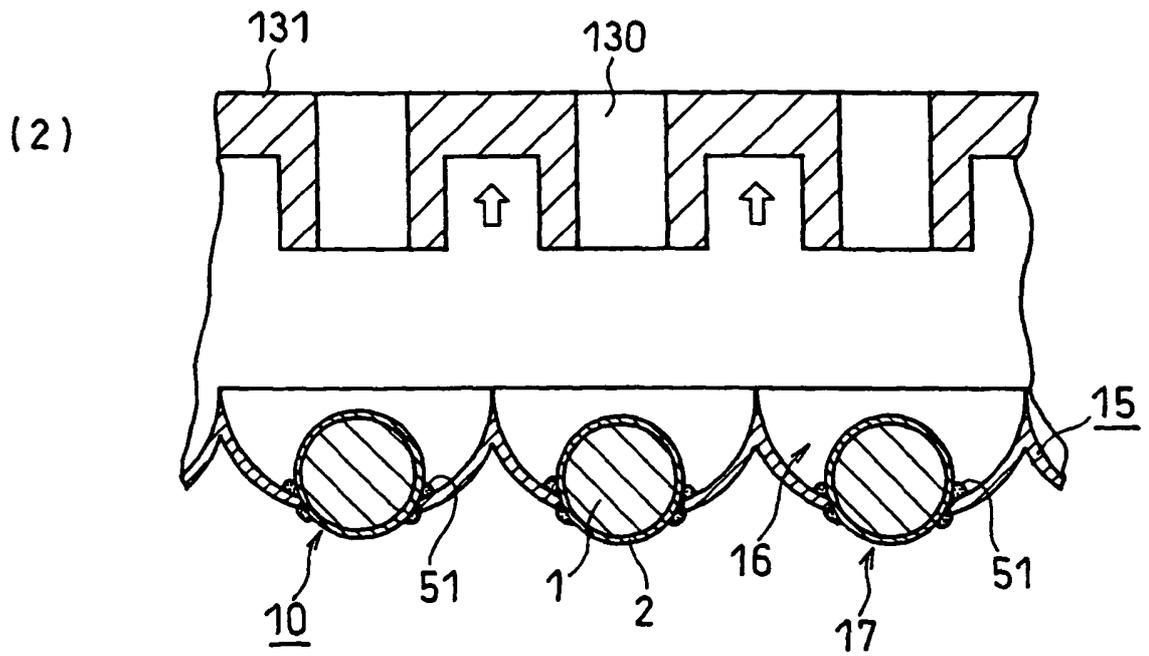
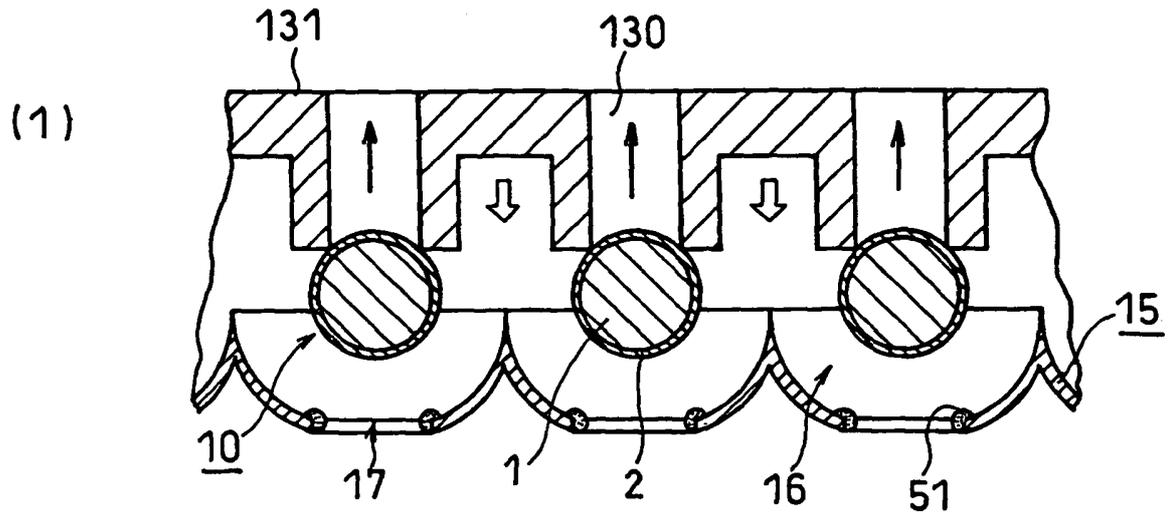


FIG. 11

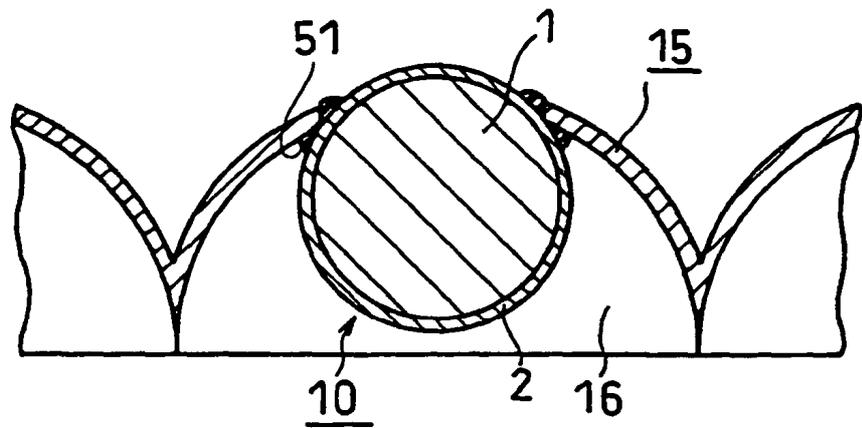


FIG. 12

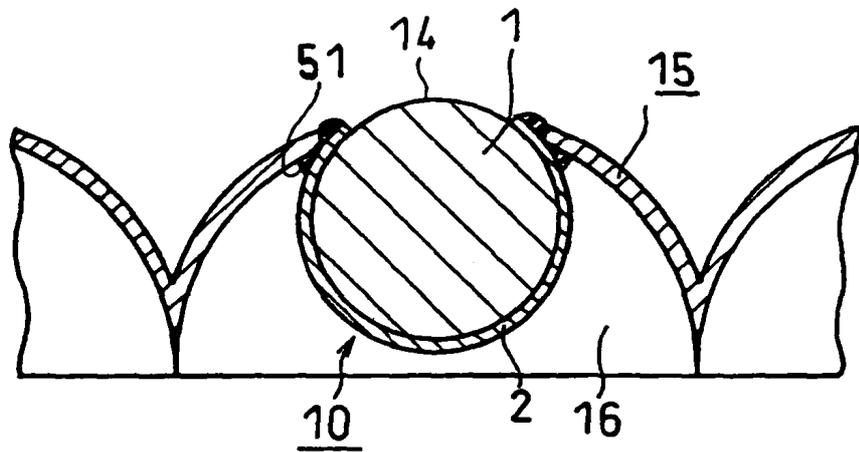


FIG. 13

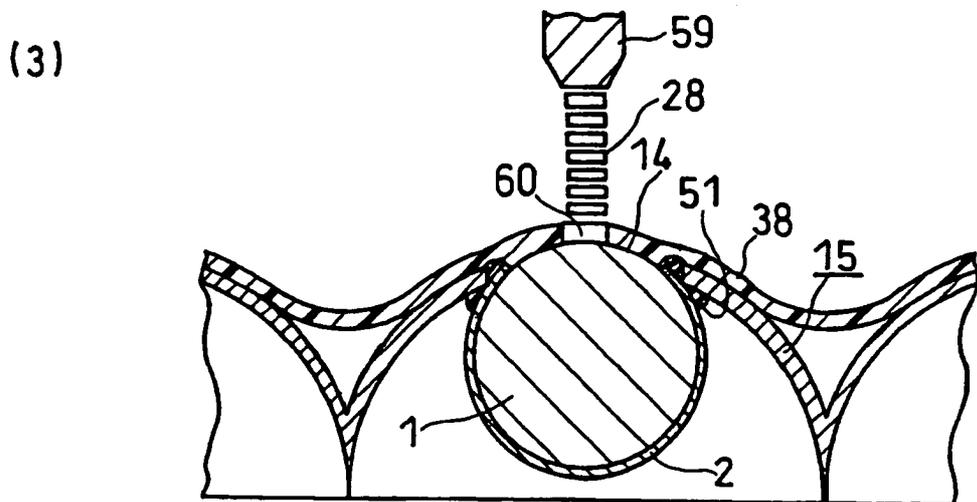
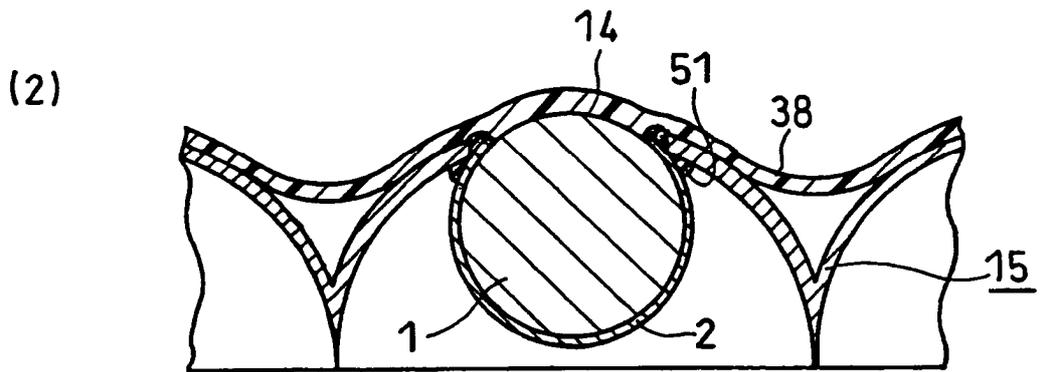
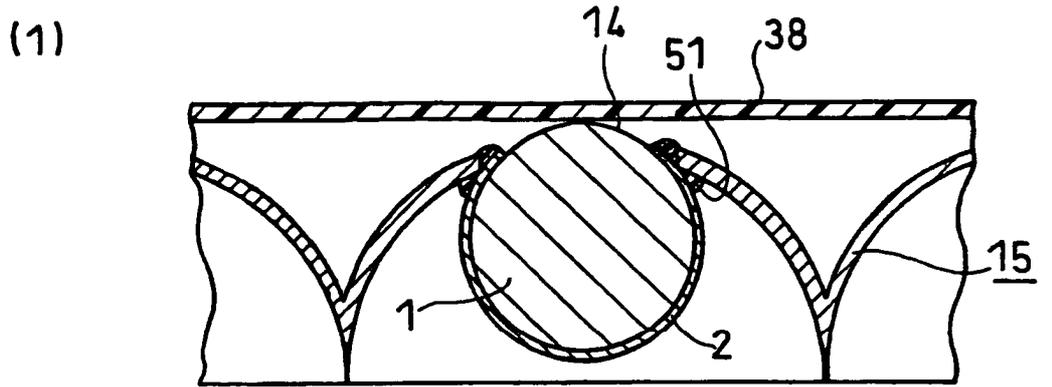


FIG. 14

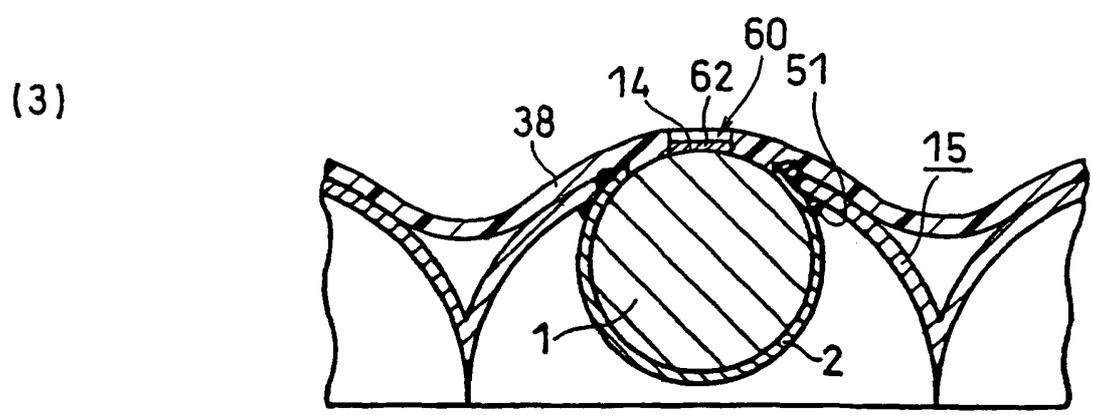
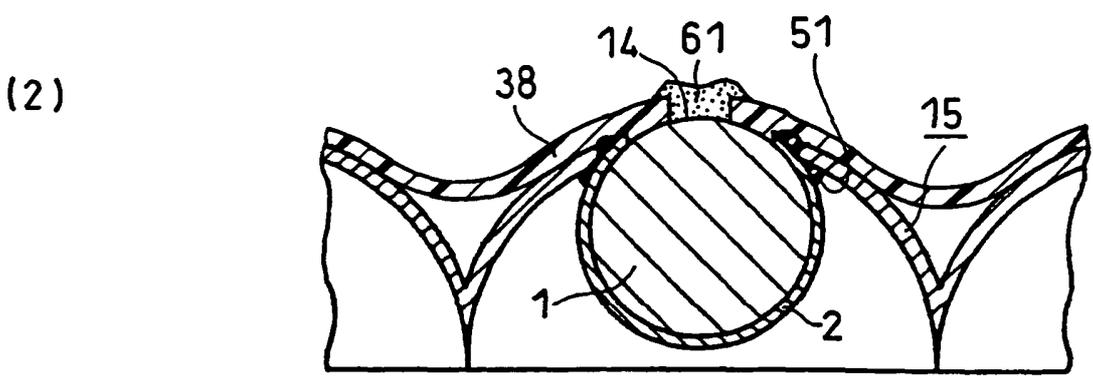
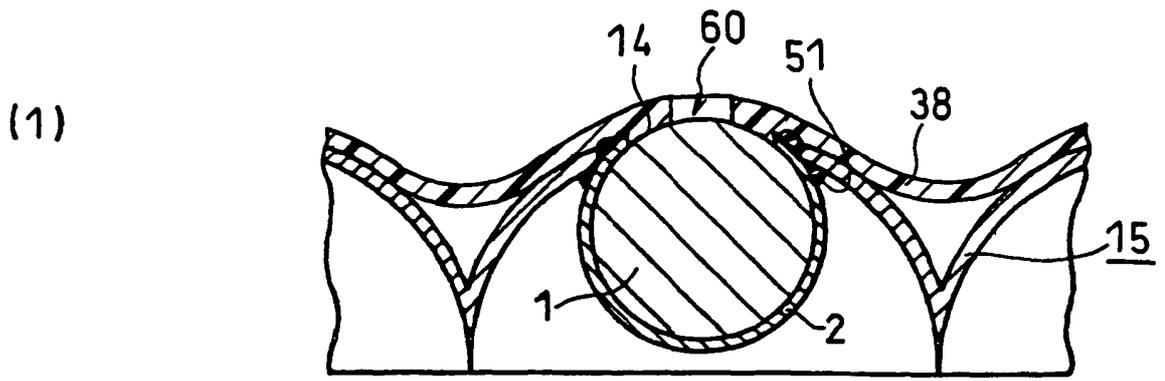


FIG. 15

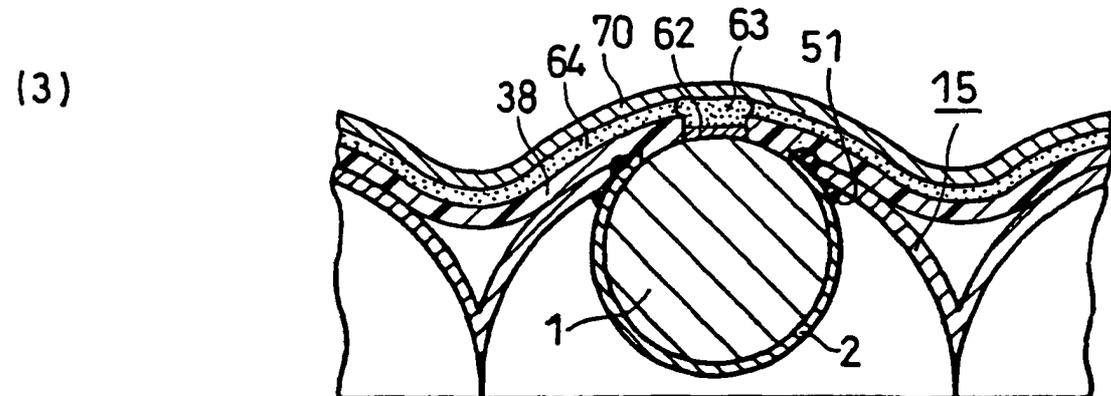
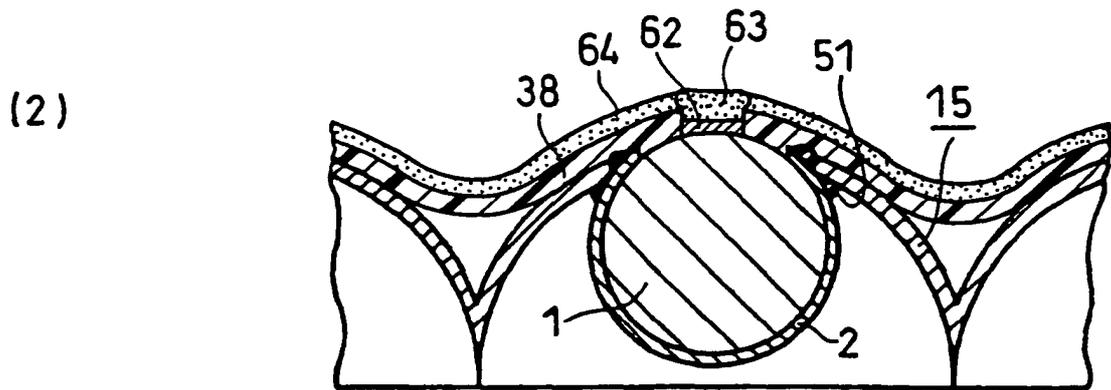
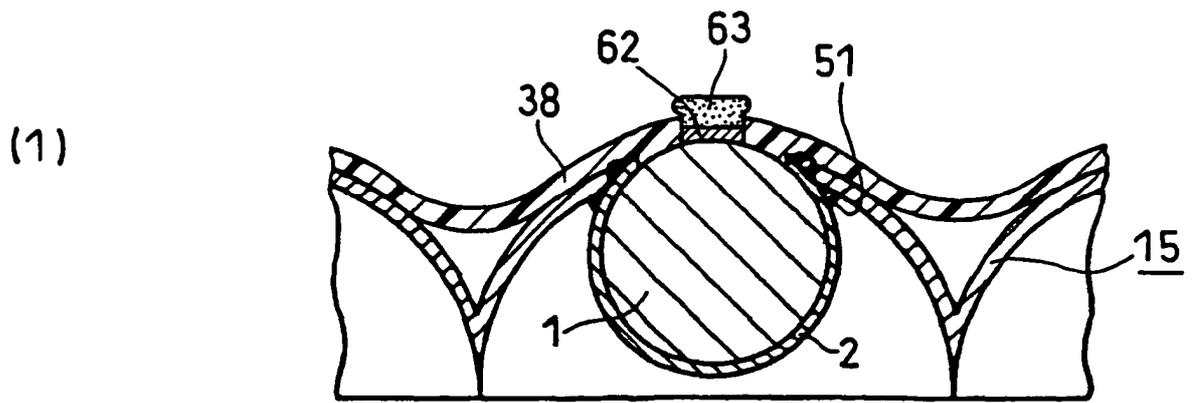


FIG. 16

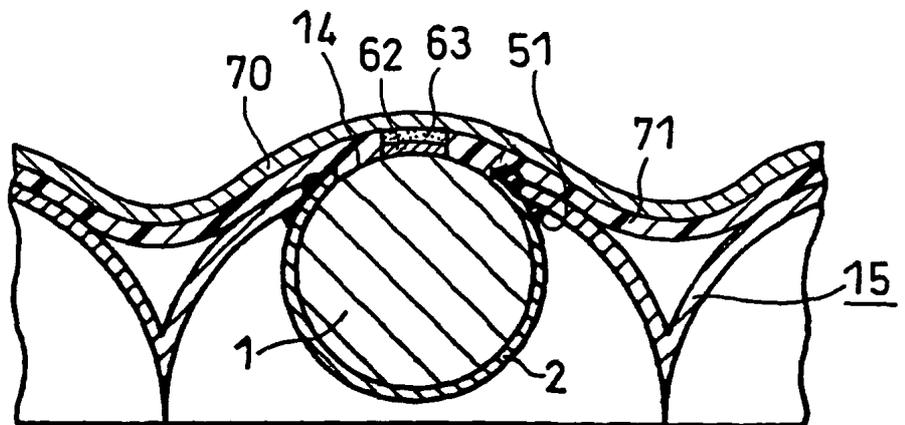


FIG. 17

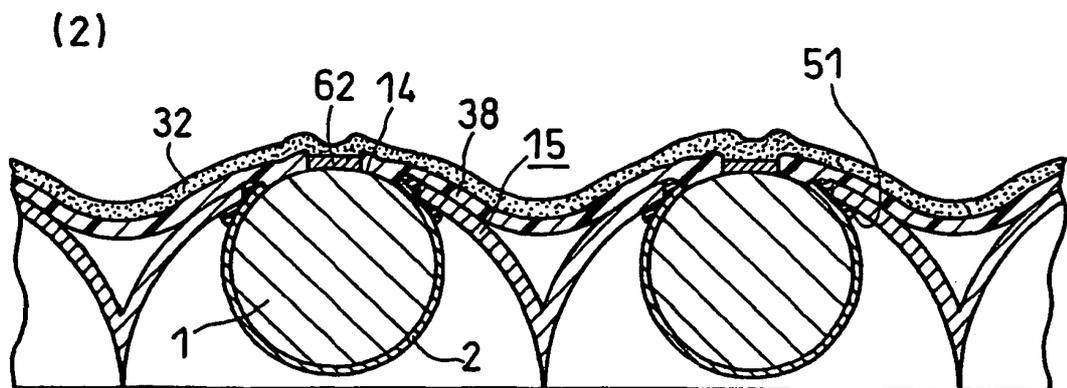
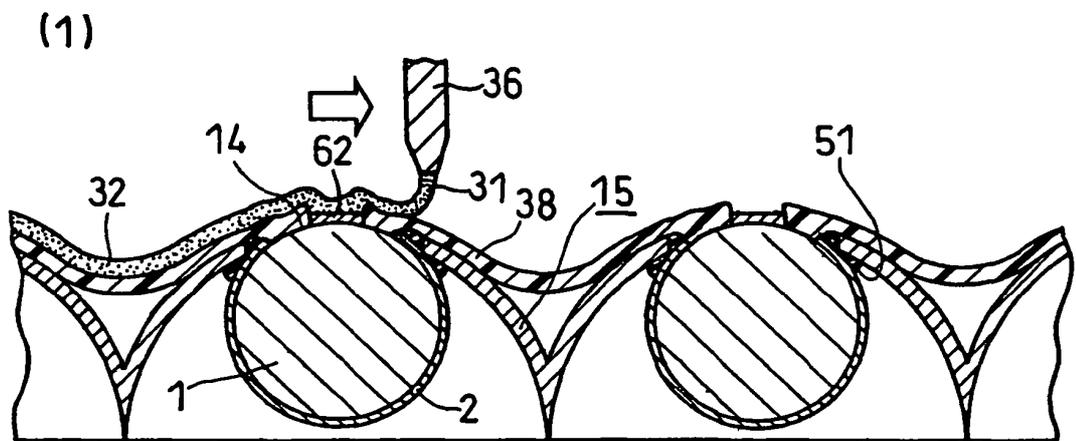


FIG. 18

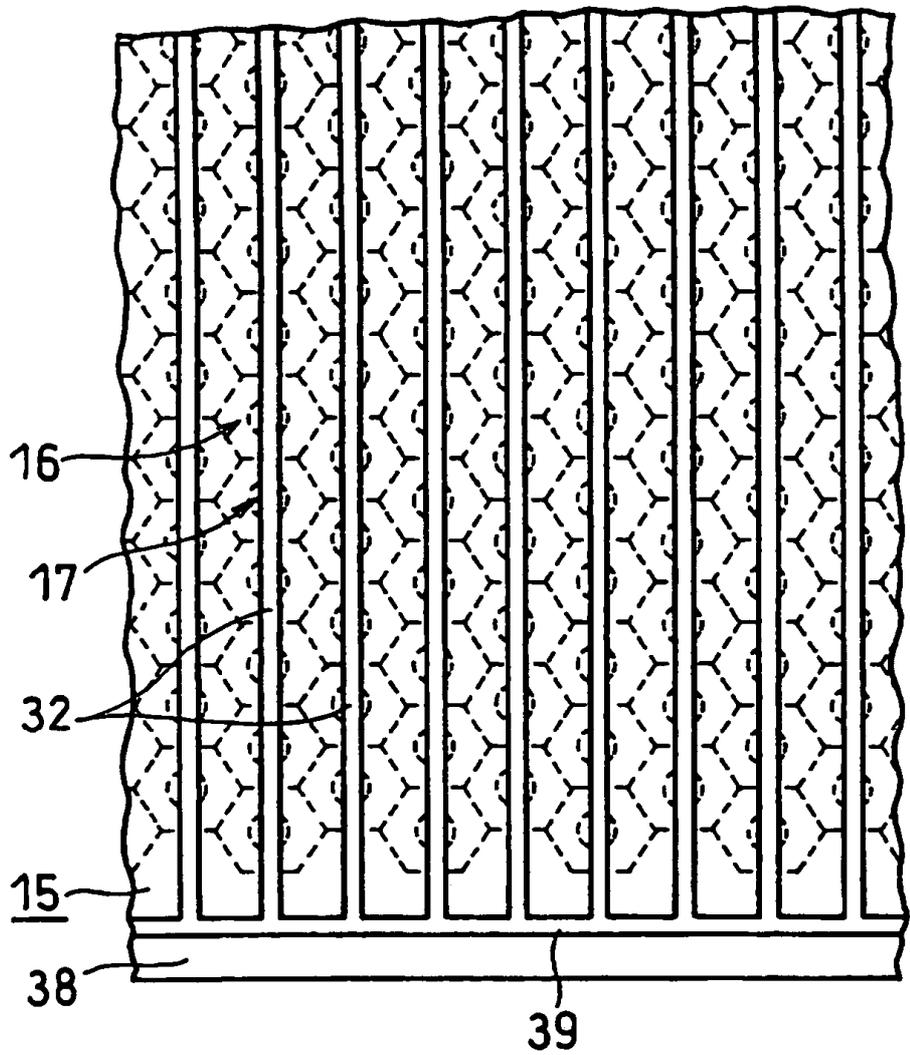


FIG. 19

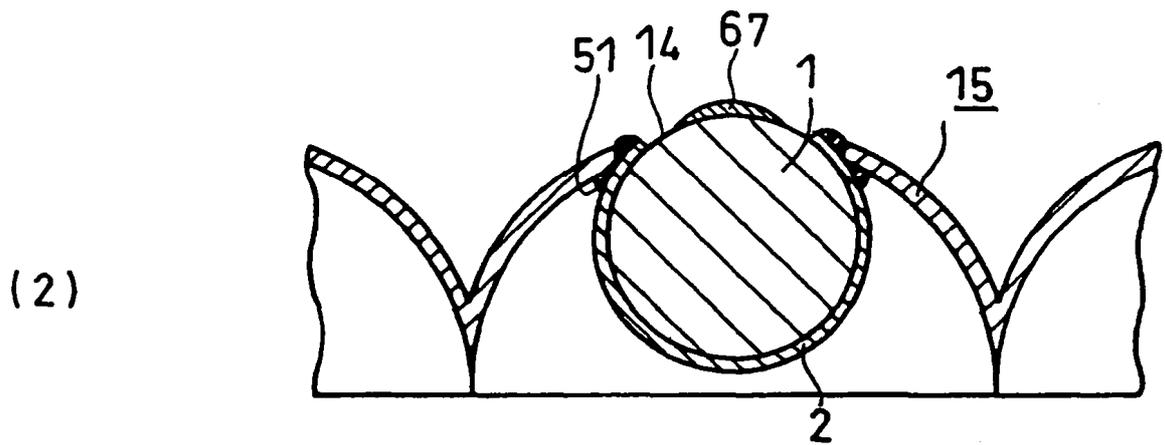
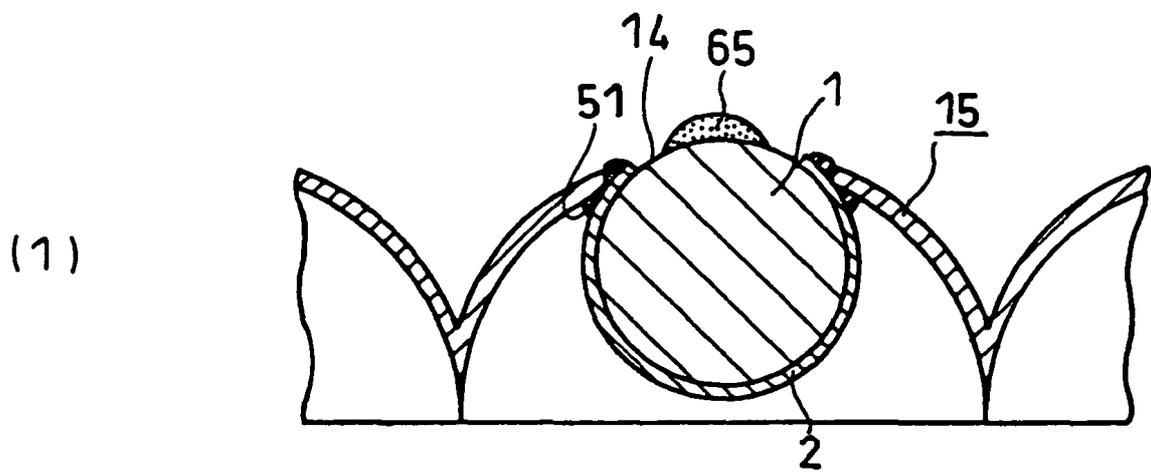


FIG. 20

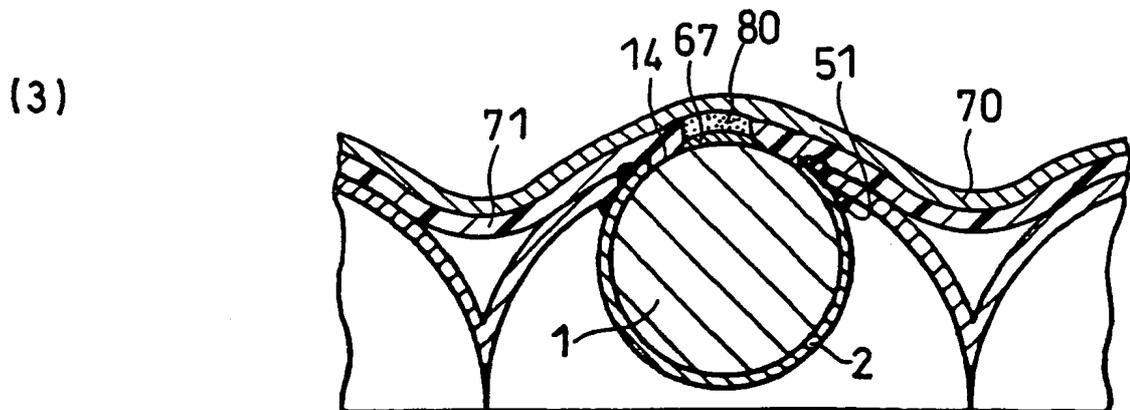
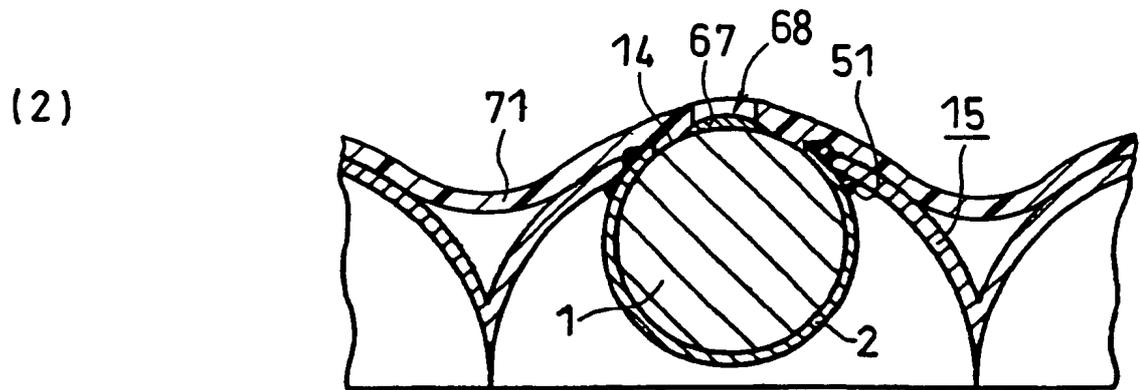
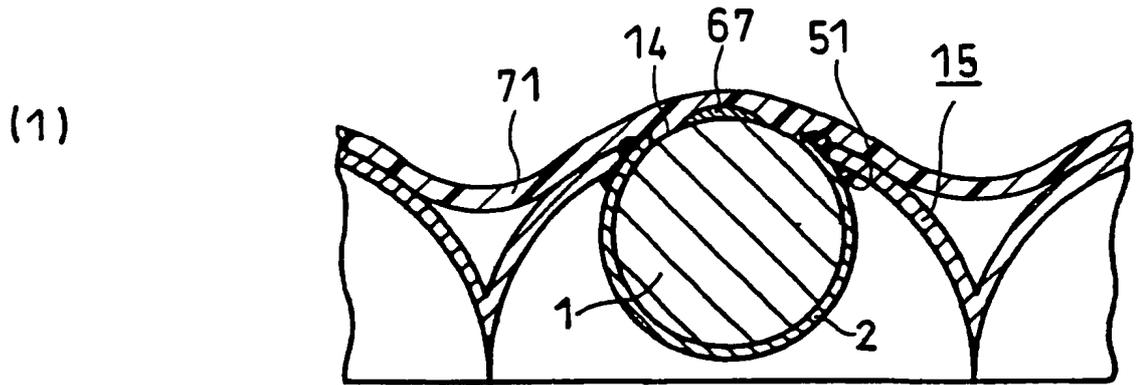
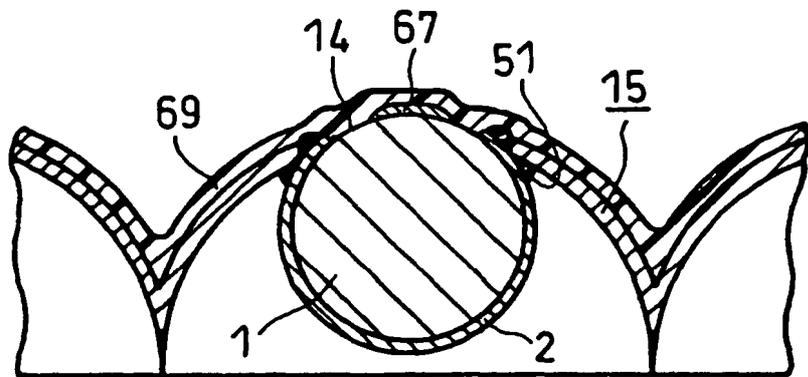


FIG. 21A

(1)



(2)

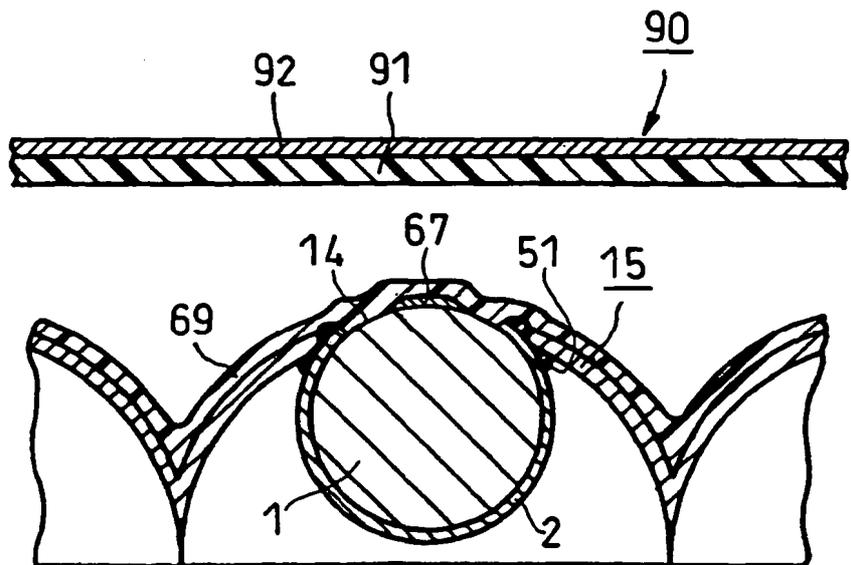


FIG. 21B

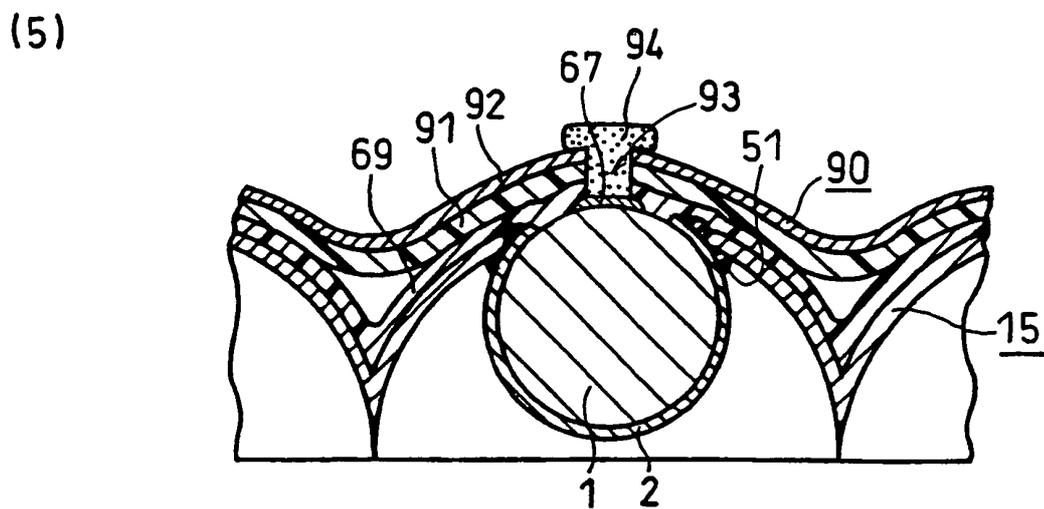
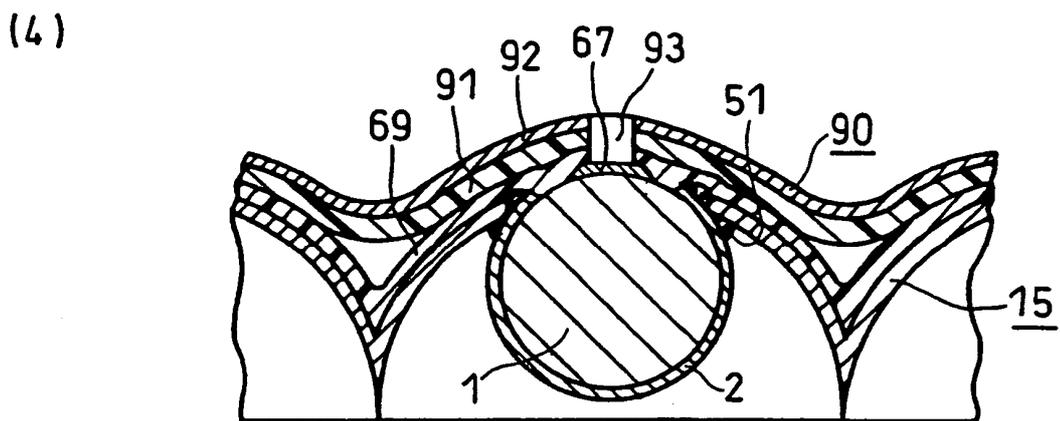
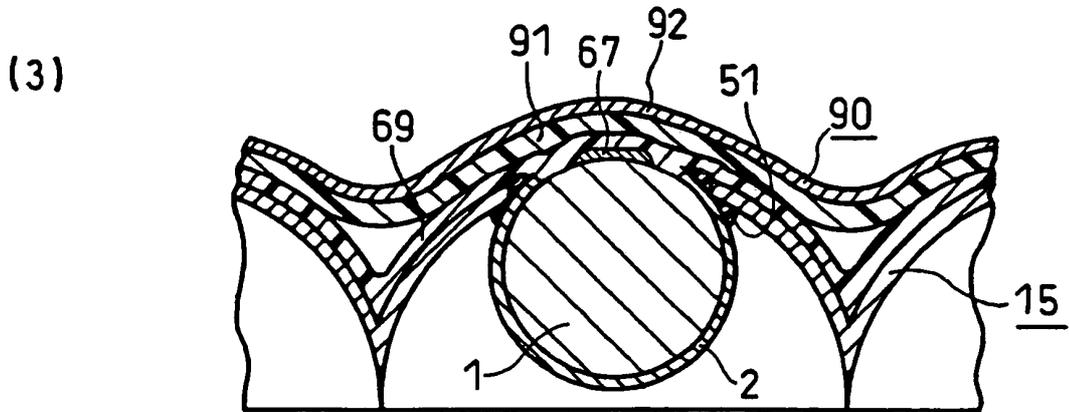


FIG. 22

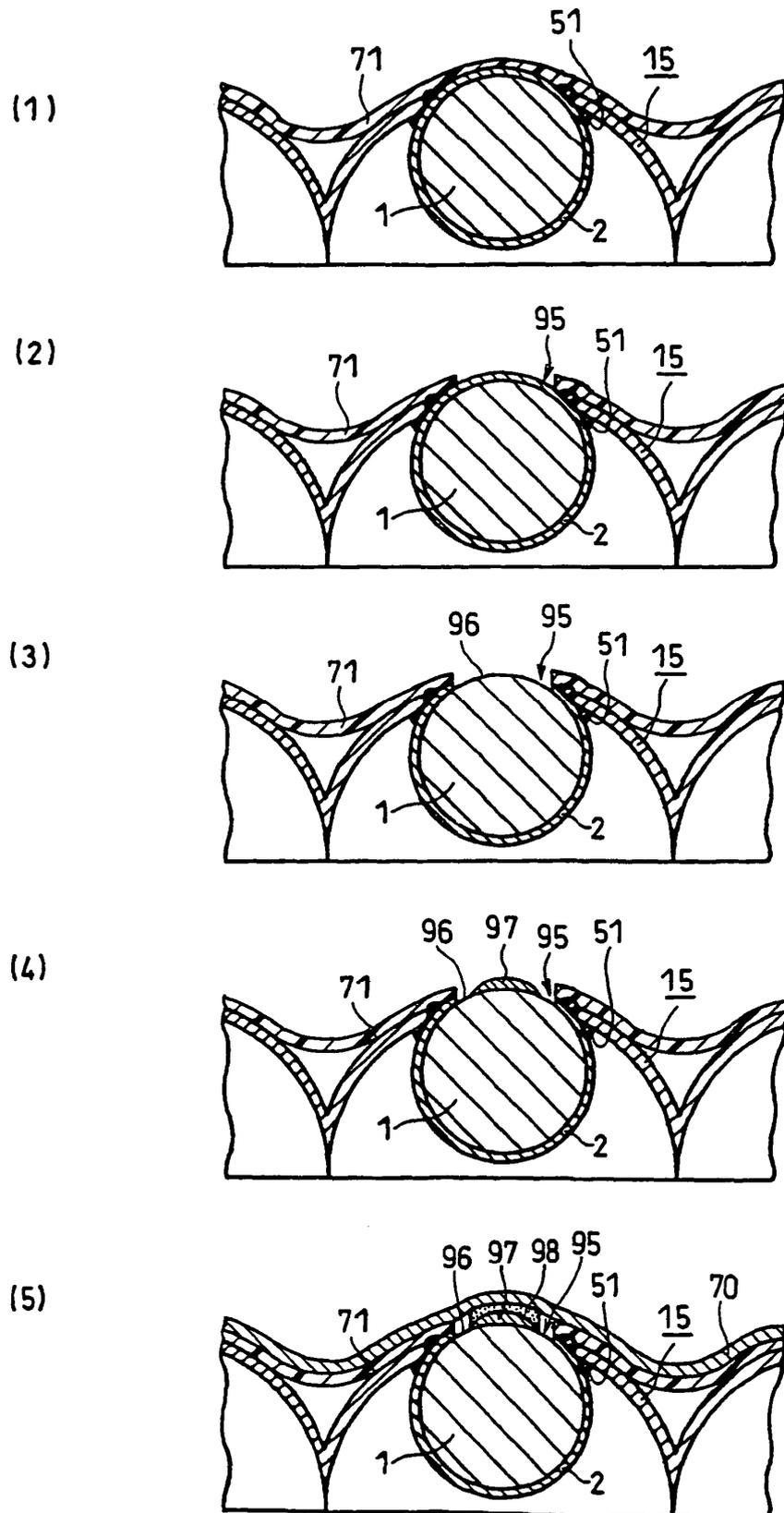


FIG. 23

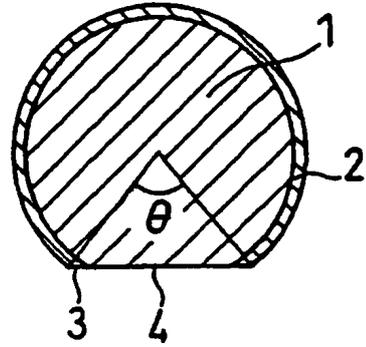


FIG. 24

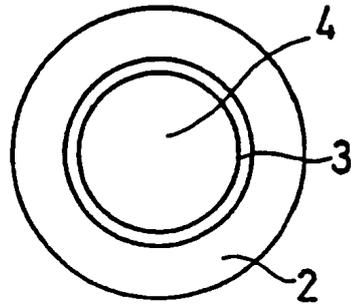


FIG. 25

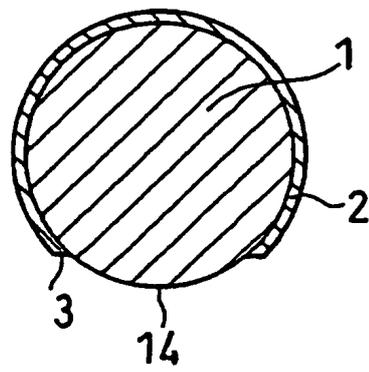


FIG. 26

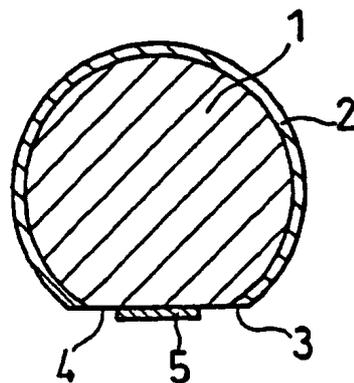
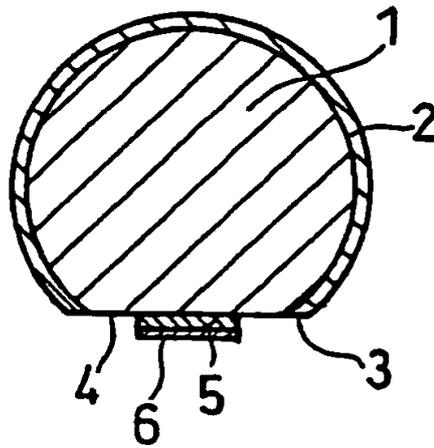


FIG. 27

(1)



(2)

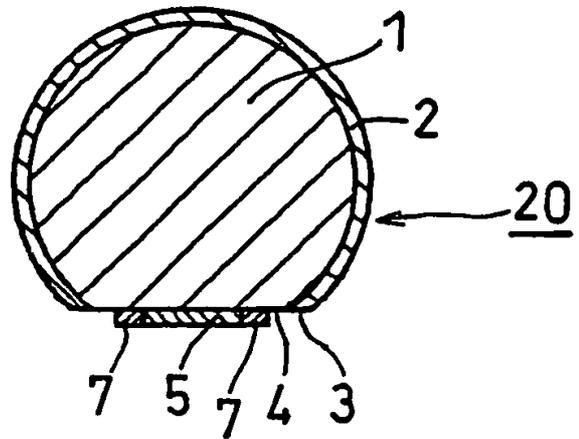


FIG. 28A

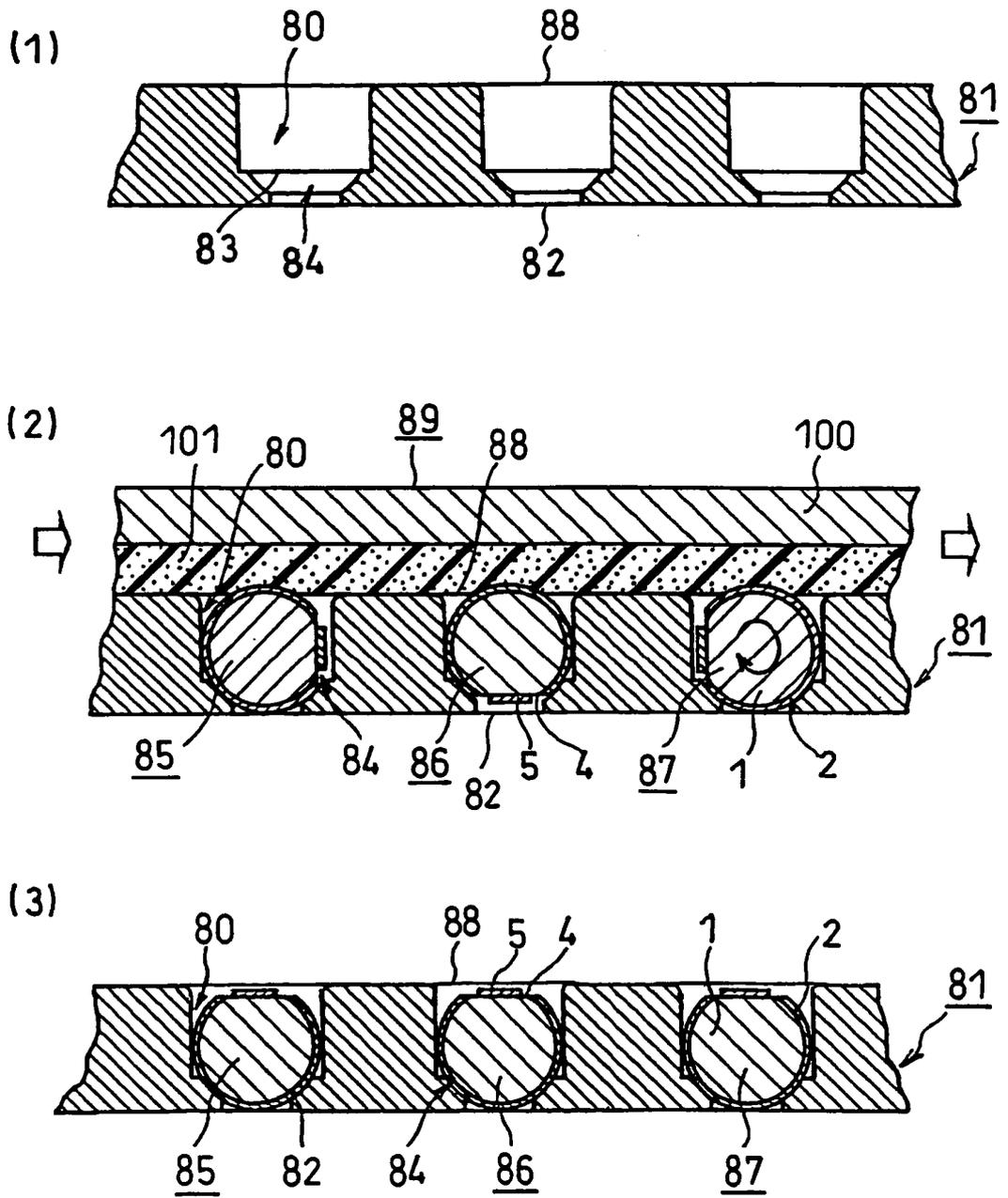


FIG. 28B

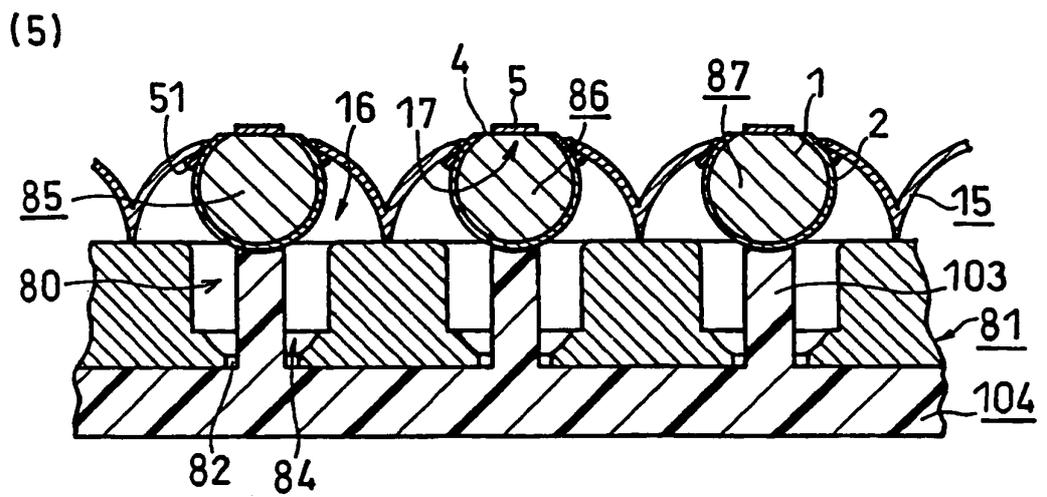
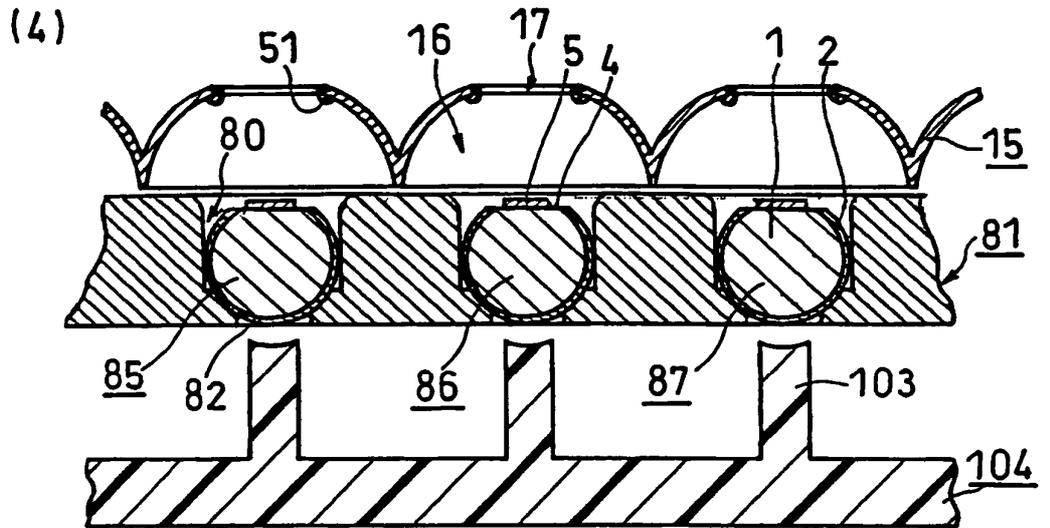


FIG. 29

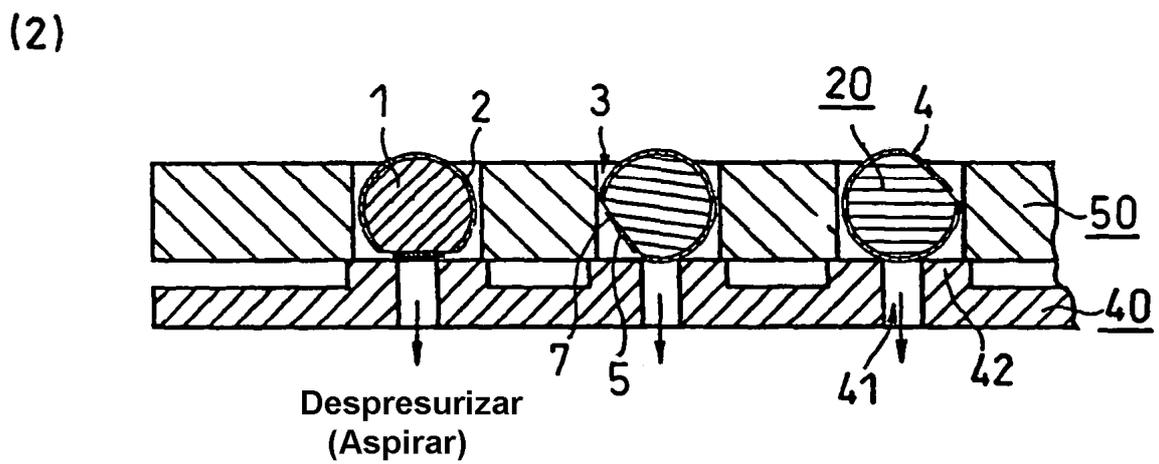
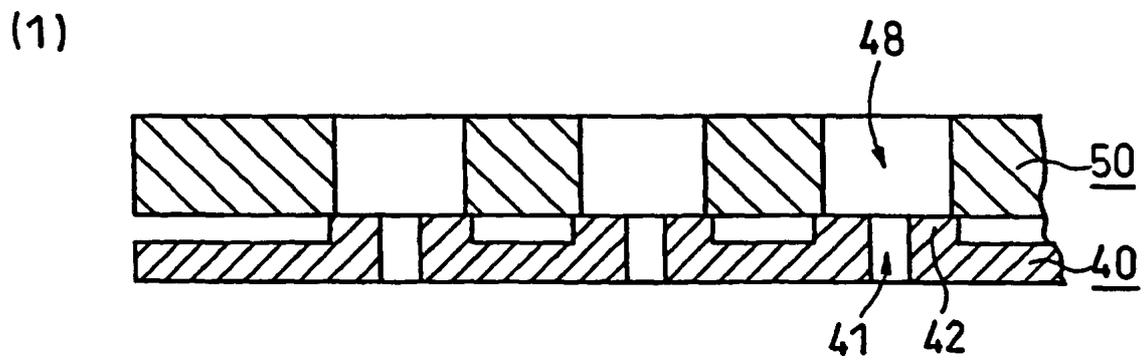


FIG. 30

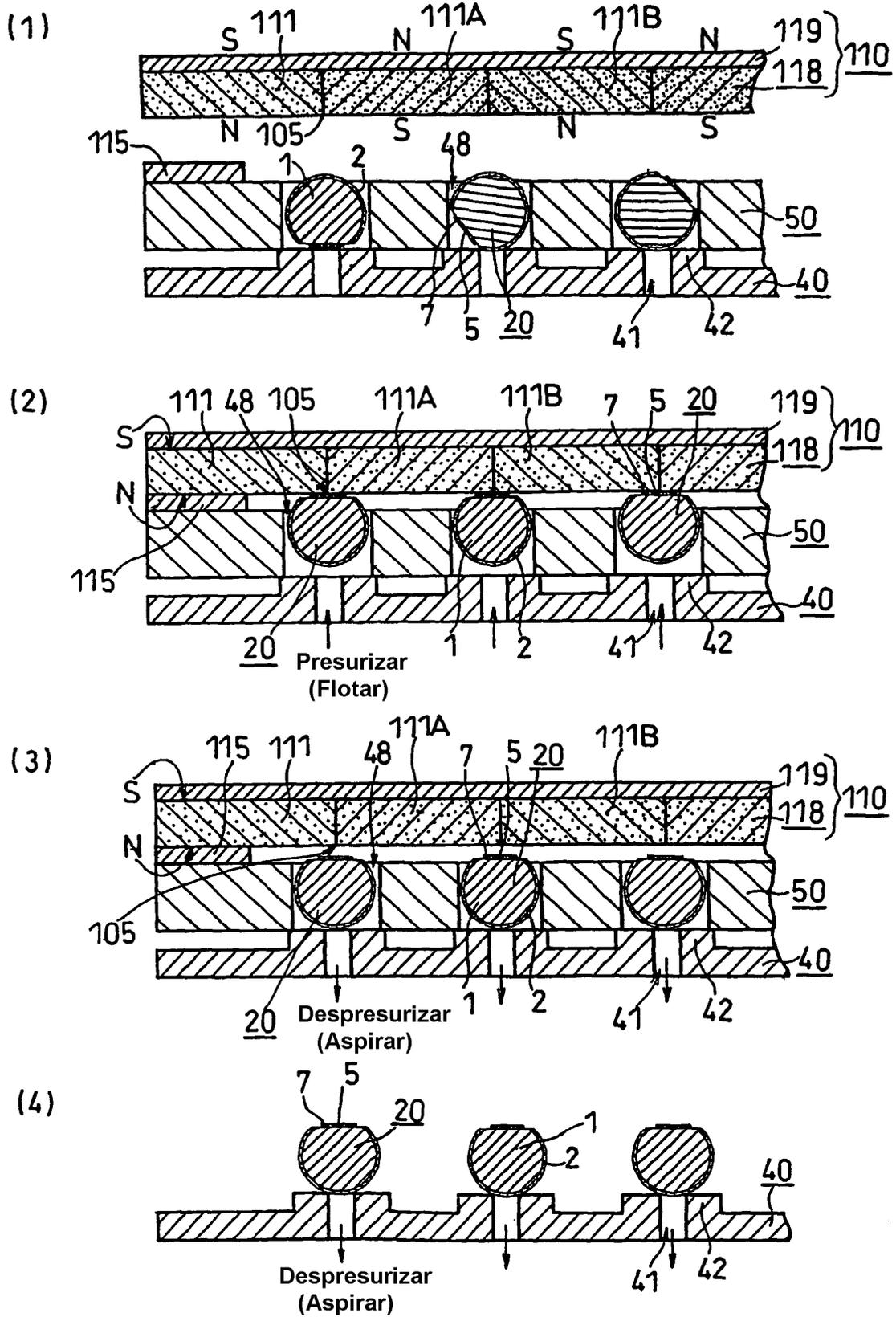


FIG. 31

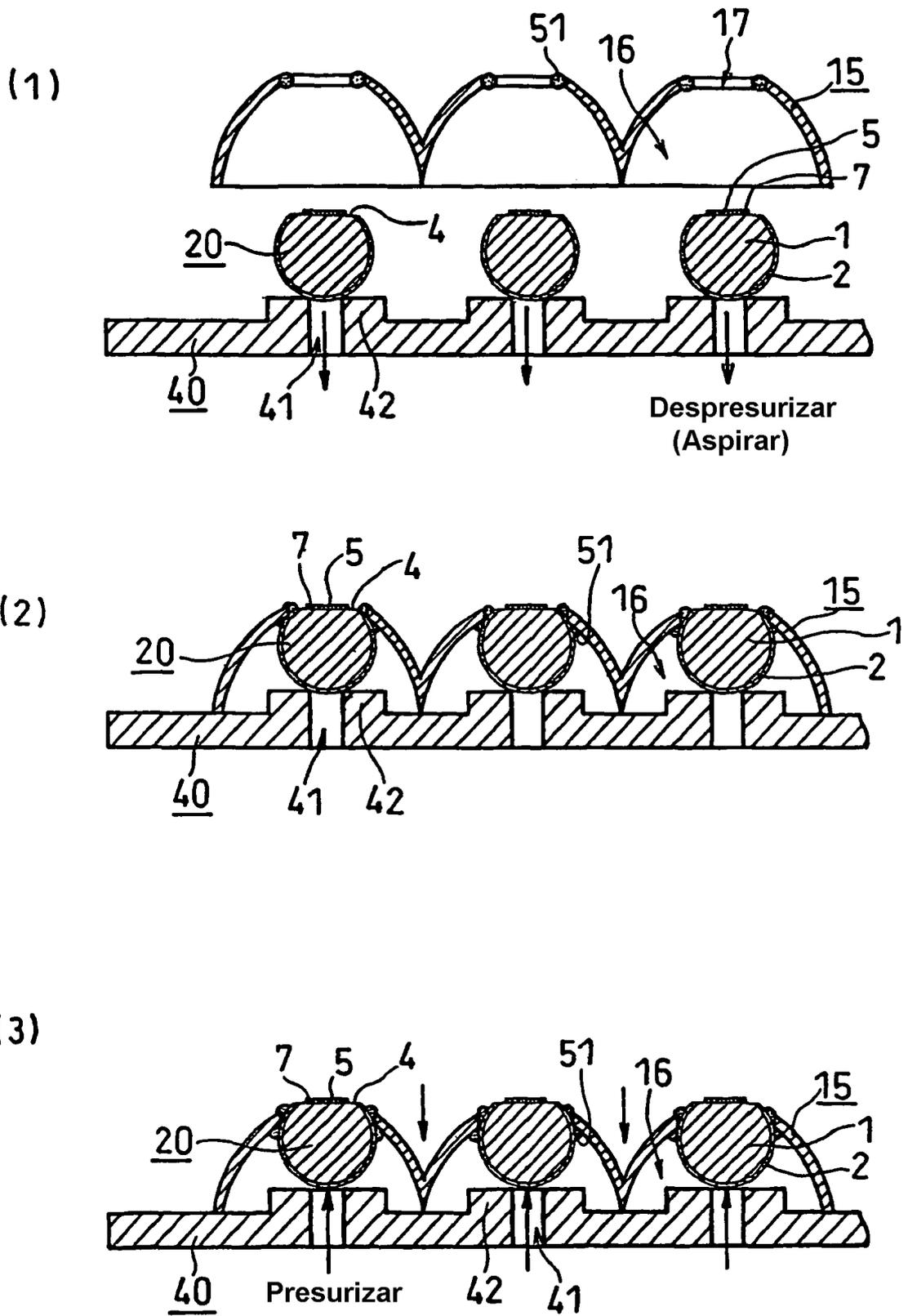
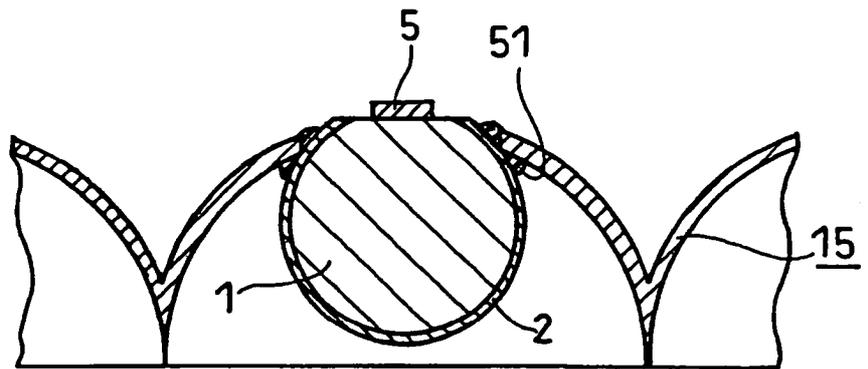
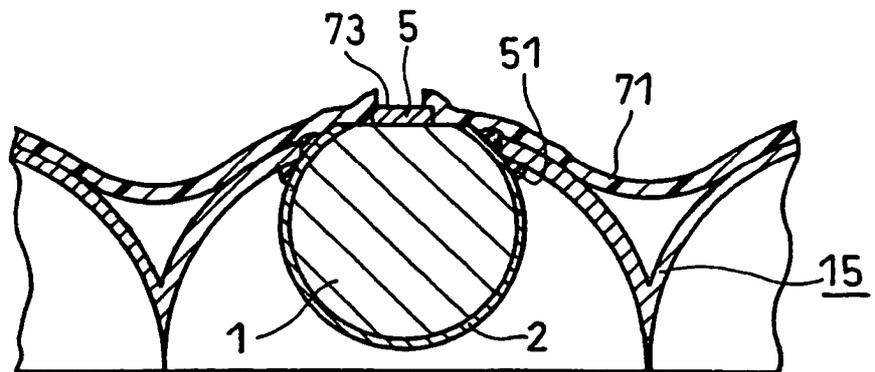


FIG. 32

(1)



(2)



(3)

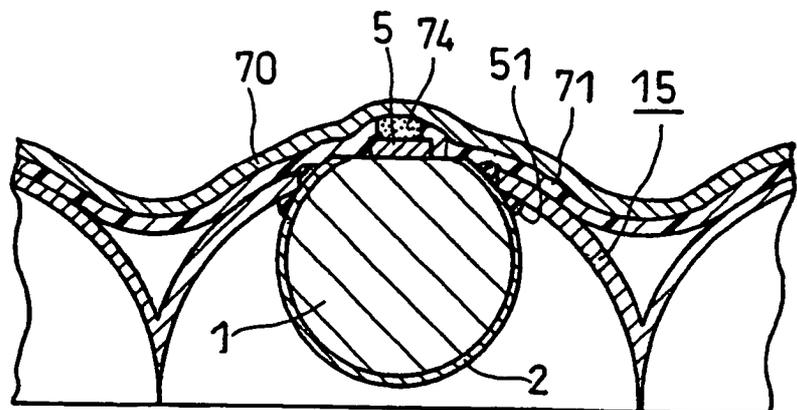


FIG. 33

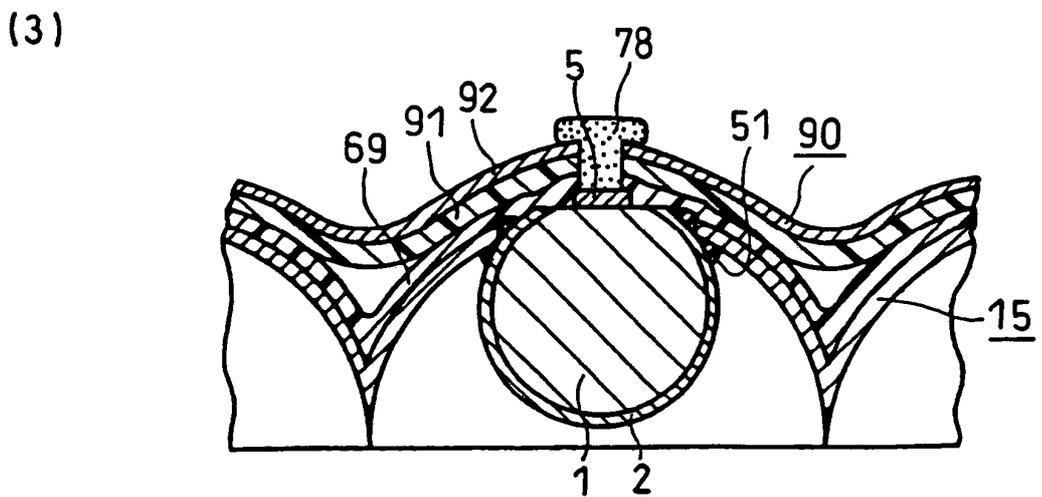
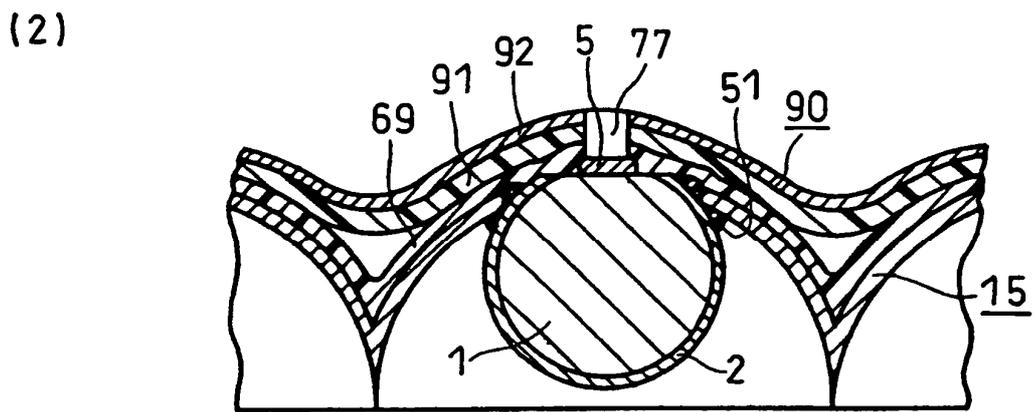
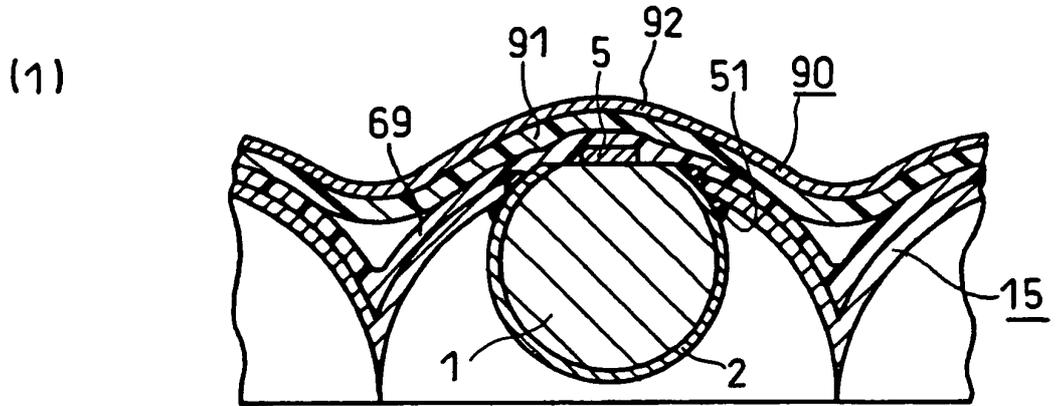


FIG. 34

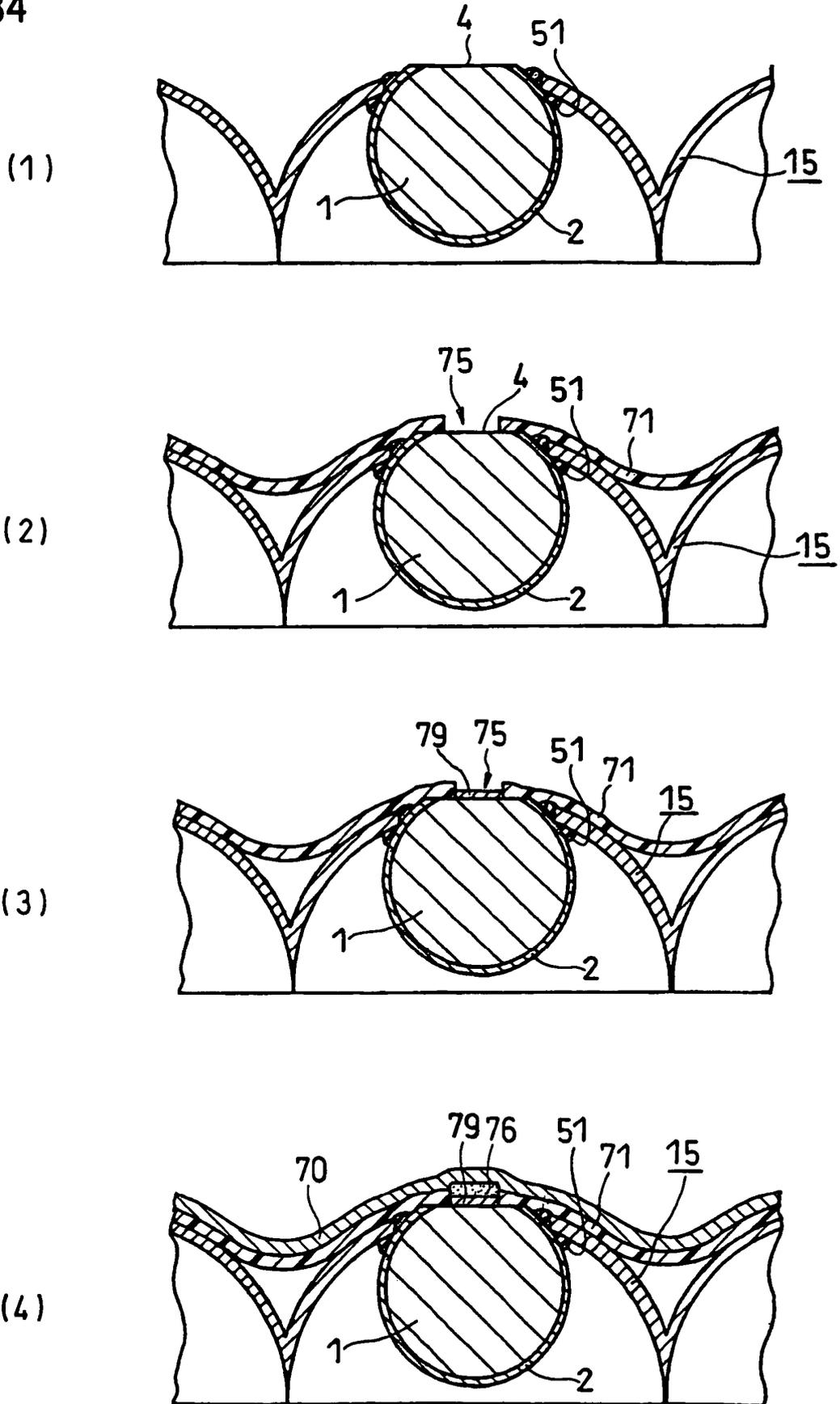


FIG. 35

