

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 616 177**

51 Int. Cl.:

H01L 31/042 (2006.01)

H01L 31/0352 (2006.01)

H01L 31/05 (2006.01)

H01L 31/043 (2014.01)

H01L 31/054 (2014.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **12.03.2004 PCT/JP2004/003360**

87 Fecha y número de publicación internacional: **22.09.2005 WO05088733**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **12.03.2004 E 04720197 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **16.11.2016 EP 1724841**

54 Título: **Célula solar multicapa**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
09.06.2017

73 Titular/es:
SPHELAR POWER CORPORATION (100.0%)
949-2, Ebisu-cho
Fushimi-ku, Kyoto-shi, Kyoto 612-8201, JP

72 Inventor/es:
NAKATA, JOSUKE

74 Agente/Representante:
DE ELZABURU MÁRQUEZ, Alberto

ES 2 616 177 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

Célula solar multicapa

5 La presente invención se refiere a una batería solar estratificada o formada e capas, obtenida mediante estratificación de cuatro tipos de módulos de células solares que tienen bandas de longitud de onda de sensibilidad diferente e incorpora tres módulos de grupo de células con varias células solares esféricas como al menos un tipo de módulo de célula solar, con el fin de utilizar de manera efectiva un amplio rango de componentes de longitud de onda en el espectro de luz solar.

10 El espectro de luz solar tiene, en la tierra, una banda de longitud de onda ancha desde los rayos ultravioleta hasta los rayos infrarrojos teniendo un pico de longitud de onda de aproximadamente 600 nm. Para recibir tal luz solar y convertirla en energía eléctrica con células solares dependiendo de una única brecha de banda de energía, el rango espectral utilizable está limitado y existe una limitación en términos de conversión fotoeléctrica de alta eficiencia. Por lo tanto, para absorber un espectro de luz solar de amplio rango, ha sido propuesta una batería solar de estructura de conversión fotoeléctrica en la que el espectro de luz solar es dividido en bandas de longitud de onda de sensibilidad diversas, y tipos plurales de módulos de célula solar (o células solares de elemento, o capas de célula solar) capaces de realizar la conversión fotoeléctrica con elevada eficiencia para cada banda de longitud de onda de sensibilidad están estratificadas secuencialmente con el orden de longitud de onda central corta (brecha de banda grande) en las bandas de longitud de onda de sensibilidad a partir del lado incidental de la luz solar.

Las baterías solares disponibles que han sido propuestas hasta ahora incluyen lo siguiente.

20 (a) Una batería solar en la que la luz solar es dividida en múltiples bandas de longitud de onda a través de espejos de filtro ópticos, y múltiples capas de módulos de células solares independientes adecuados para las respectivas bandas de longitud de onda de sensibilidad están dispuestos en las trayectorias de luz solar, como se describe en N.S. Alvi, C.E. Bakus y G.W. Madesen, "Potential For Increasing the Efficiency of Photovoltaic Systems by Using Multiples Cell Concept", Conf. Proc. 12^o IEEE Photovoltaic Specialist Conference 957 (1976).

25 (b) Una batería solar en la que múltiples capas semiconductoras que tienen diferentes brechas de banda de energía están hechas mediante crecimiento secuencial de cristales en un sustrato común hasta estratificar integralmente una capa de célula solar de dos capas.

(c) Una batería solar en la que múltiples capas de paneles de células solares son preparadas individualmente utilizando semiconductores de bandas de longitud de onda de sensibilidad diferentes y están dispuestas en la trayectoria de la luz solar.

30 Las baterías solares anteriores (b) y (c) se describen en A. W. Bett, F. Dimroth, G Stollwerck, O. V. Sulima "III – V Compounds For Solar Cell Applications". Appl. Phys. A69, 119 – 129 (1999).

35 En las baterías solares anteriores de (a) a (c) una unión pn se prepara en una oblea semiconductor o una capa semiconductor para las células solares de elemento que constituyen una batería solar estratificada. La batería solar anterior (a) no está libre de degradación debido a la pérdida óptica de espejos de filtro y a los elevados costes de fabricación. El espacio entre múltiples células solares de elemento es grande y requiere una dedicación muy laboriosa para la alineación y la fijación, etc.

40 En la batería solar anterior de (b), el tipo de semiconductores que pueden crecer y cristalizar en un sustrato está restringido debido a las diferencias de estructura de cristal y constante de retícula, haciendo difícil la formación de unión pn de diferentes brechas de banda y unas formas adecuadas. Además, las uniones de túnel son necesarias para que una corriente eléctrica fluya entre las capas de célula solar estratificadas, pero la resistencia de las uniones de túnel es elevada. Además, la magnitud de la corriente fotoeléctrica de las múltiples capas de célula solar estratificadas se hace irregular, con el problema de que la corriente de salida de toda la batería solar está restringida a una capa de célula solar que tiene la magnitud más baja de corriente fotoeléctrica.

45 En la batería solar anterior (c), la restricción del crecimiento de cristales tal como la célula solar anterior (b) se elimina, pero una ventana que permite la luz de una banda de longitud de onda no absorbida por las células solares de elemento es necesaria para las células solares de elemento en el lado incidental de la luz solar. Si el número de áreas de estatificación y recepción de luz de las células solares de elemento es incrementado, existen desventajas tales como el hecho de que el área de recepción de luz efectiva sea fácilmente disminuida debido a un incremento de área de una sección de electrodo a modo de peine y la desviación posicional de las células solares de elemento. Como con la batería solar anterior (b), dado que la células solares que están compuestas por una única unión pn están estratificadas, permanece el problema de que la magnitud de la corriente de salida de las células solares de elemento es irregular, y la salida de toda la batería solar está restringida por una célula solar de elemento que tiene una corriente de salida pequeña.

55 Un objetivo de la presente invención es eliminar los problemas descritos anteriormente y proporcionar una batería solar estratificada capaz de mejorar de manera sorprendente la eficiencia de la conversión fotoeléctrica de la luz solar.

El documento US 5.720.827 A describe un método y un aparato para una región fotoactiva para la generación de portadores libres cuando una primera superficie está expuesta a la radiación óptica. La región fotoactiva contiene grupos de materiales semiconductores de varias energías de brecha de banda dispuestos de tal manera que aquellos con una energía de brecha de banda mayor están más cerca de la superficie de incidencia de la luz.

- 5 El documento US 4.332.974 describe una célula solar fotovoltaica de múltiples uniones y alta eficiencia para utilizar con lentes de concentración, comprendiendo la célula un sustrato de cristal único de elemento sin una unión sensible a la luz interna, sobre la que dos o más capas homogéneas sucesivas de material semiconductor, cada una conteniendo dentro de ella una unión p/n sensible a la luz de una polaridad similar.

- 10 El documento US 2003/0047207 A1 describe un colector solar que tiene una eficiencia y vida de funcionamiento incrementadas, y un reducido tamaño y costes respecto a los colectores convencionales. Generalmente, el colector incluye una disposición tridimensional de células, que incluye una capa base y al menos una hilera elevada por encima de y separada de, la capa base de manera que al menos algo de luz pasa entre las células de la hilera hasta la capa base.

- 15 “High-Efficiency III-V Multijunction Solar Cells” en: Handbook of Photovoltaic Science and Engineering; 359 – 412 describe un enfoque de configuración apilada para distribuir la luz a las subcélulas de diferentes brechas de banda.

La invención está definida en las reivindicaciones.

- 20 La batería solar estratificada tiene cuatro tipos de módulos de célula solar que tienen bandas de longitud de onda de sensibilidad diferente, y puede generar electricidad utilizando la luz solar de un amplio rango de longitudes de onda en el espectro de luz solar. Cuanto más corta es la longitud de onda de luz, más débil se hace la transmisión, por tanto, la eficiencia de conversión fotoeléctrica de los módulos de células solares se puede mejorar mediante estratificado, de manera que cuanto más corta sea la longitud de onda de centro en la banda de longitud de onda de sensibilidad, más cerca está situado el módulo del lado de luz solar incidental como se ha descrito anteriormente.

- 25 En la invención la corriente de salida se puede cambiar fácilmente cambiando el número de conexiones de serie y el número de conexiones paralelas en un circuito en el que las células solares plurales están eléctricamente conectadas en serie y en paralelo. Por lo tanto, la corriente de salida de los tipos plurales de módulos de célula solar son hechos fácilmente uniformes cambiando la corriente de salida de al menos un módulo de grupo de células, favorable en el aumento de la eficiencia de conversión fotoeléctrica de la batería solar.

- 30 Las células solares en tres de los módulos de grupo de células tienen uniones pn casi esféricas, haciendo posible un incremento del área total de las uniones pn casi esféricas en el módulo de grupo de células y mejorado la eficiencia de conversión fotoeléctrica haciendo la configuración de células solares plurales densa. Además, la célula solar en tres de los módulos de grupos de células tiene unión pn casi esférica favorables para mejorar la eficiencia de conversión fotoeléctrica dado que la luz incidental que entra en la célula solar tiene una oportunidad de confluir las uniones pn dos veces. Además, cada célula solar puede estar construida para adoptar un efecto de confinamiento de luz, favorable para el aumento de la eficiencia de conversión fotoeléctrica. También es posible que la luz reflejada por la superficie esférica cambie su trayectoria óptica y entre en otra célula solar, mejorado la capacidad de absorción de luz total. Las células solares de cada módulo de grupo de células pueden ser preparadas independientemente sin estar afectadas por la constante de retícula, etc. de los semiconductores que constituyen las uniones pn de otros módulos de célula solar.

La invención se describirá a continuación, sólo a modo de ejemplo, con referencia a los dibujos adjuntos, en los que:

- 40 La Fig. 1(a) ~ (g) son vistas en sección de un cristal único de Si, etc. en múltiples procesos para la fabricación de células solares de Si granulares.

La Fig. 2 es una vista en sección de una célula solar de Ge esférica.

La Fig. 3 muestra vistas en sección de un cristal único de GaP, etc. en múltiples procesos para la fabricación de células solares de GaP.

- 45 La Fig. 4 son vistas en sección de un único cristal de GaAs, etc., en múltiples procesos para la fabricación de células solares de GaAlAs/GaAs.

La Fig. 5 es una vista en planta de un módulo de grupo de células de Si.

La Fig. 6 es una vista en sección según la línea VI – VI de la Fig. 5.

La Fig. 7 es una vista en sección de la línea VII – VII de la Fig. 5.

- 50 La Fig. 8 es una vista en planta de un módulo de recepción de luz plano de InGaAs/InP.

La Fig. 9 muestra una vista en sección a lo largo de la línea IX – IX de la Fig. 8.

La Fig. 10 es una vista en planta de un módulo de recepción de luz plano de GaAsP/GaP.

La Fig. 11 es una vista sección según la línea XI – XI de la Fig. 10.

La Fig. 12 es una vista en planta de una batería solar estratificada del Ejemplo 1.

La Fig. 13 es una vista en sección de la batería solar estratificada de la Fig. 12.

5 La Fig. 14 es un diagrama de la densidad de energía relativa de la luz solar y la sensibilidad espectral relativa de las células solares incorporadas en la batería solar del Ejemplo 1.

La Fig. 15 es un diagrama ilustrativo para describir la incidencia, reflexión y absorción de la batería solar del Ejemplo 1.

10 La Fig. 16 es un diagrama de circuito esquemático de los circuitos de conexión en serie/paralelos y circuitos de conexión en serie en la batería solar del Ejemplo 1.

La Fig. 17 es una vista en sección de la batería solar del Ejemplo 2.

La Fig. 18 es una vista en sección de la batería solar del Ejemplo 2.

La Fig. 19 es un diagrama de densidad de energía relativa de la luz solar y la sensibilidad espectral relativa de las células solares incorporadas en la batería solar del Ejemplo 2.

15 La Fig. 20 es una vista oblicua de una batería solar estratificada relacionada con otros ejemplos.

La Fig. 21 es una vista en sección de la batería solar de la Fig. 20.

20 En primer lugar se describen cuatro tipos de células solares granulares que funcionan como células de elemento para la aplicación a la batería solar estratificada de la presente invención; a continuación se describen los módulos de grupo de células incorporados con las células solares granulares; después se describe un módulo de recepción de luz plano; posteriormente se describe una batería solar construida incorporando tres módulos de grupo de células y un módulo de recepción de luz plano. Después, se obtiene una batería solar cilíndrica mediante estratificación de múltiples módulos de grupo de células cilíndricos con forma de cilindros concéntricos.

25 La célula solar granular es la misma que la ya propuesta por el inventor de la Patente Japonesa N° 3262174. Cuando se prepara la célula solar, se prepara un cristal semiconductor esférico, y se forma una unión pn casi esférica en la resina de superficie del cristal semiconductor, se proporcionan electrodos positivo/negativo en las posiciones de superficie opuestas interponiendo el centro del cristal semiconductor entre los mismos, y los electrodos positivo/negativo son conectados eléctricamente a ambos polos de la unión pn.

30 La célula solar casi no tiene directividad en lo que se refiere a la dirección incidental de la luz solar, por lo tanto muestra una excelente capacidad de recepción de luz incluso si el ángulo incidente de la luz solar directa cambia y también muestra una excelente capacidad de recepción de luz para la luz reflejada circunferencial. Tiene puntos fuertes tales como que la luz incidente es fácilmente confinada a la célula solar y convertida fotoeléctricamente de manera efectiva por la unión pn esférica.

35 Cuando se fabrica la célula solar granular, es deseable que sea utilizado un cristal semiconductor esférico próximo al tamaño de la célula solar para reducir la pérdida de materiales semiconductores. Como método de fabricación de cristales semiconductores esféricos, se pueden aplicar por ejemplo, un métodos propuestos por el inventor en la Patente Japonesa N° 3231244. A saber, gotas de líquido de un semiconductor en estado fundido caen libremente desde la parte superior de un tubo de goteo o pipeta, las gotas esféricas son súper-enfriadas durante la caída libre y solidificadas proporcionando estímulos desde el exterior para fabricar un cristal único esférico o granular.

40 Cuando se adopta un semiconductor compuesto que contiene elementos de elevada presión de vapor, por ejemplo, es posible aplicar un método propuesto por el inventor en la Patente Japonesa N° 3287579. De acuerdo con este método, un cristal esférico o granular es preparado almacenando un material sin tratar de un semiconductor compuesto y elementos de presión de vapor elevada entre los elementos incluidos en él con un gas de atmósfera en una ampolla cerrada y permitiendo que la ampolla caiga desde la parte superior del tubo de goteo y solidificando el material semiconductor sin tratar en el estado fundido durante la caída libre descrita. Sin embargo, un único cristal
45 esférico, granular también se puede preparar cortando un cubo próximo al volumen de una célula solar a partir de un cristal único grande y procesando el cubo en la forma de un esfera cierta mediante medios mecánico-químicos. Las células granulares son preparadas utilizando estos cristales únicos esféricos, y un módulo de célula solar (es decir, módulo de grupo de células) que tiene bandas de longitud de onda de sensibilidad específicas para la luz solar es preparado utilizando un gran número de células solares. En una batería solar de tipo de división espectral (es decir,
50 batería solar estratificada), dos o más tipos de módulos de células solares que tienen bandas de longitud de onda de sensibilidad diferentes son combinadas y fabricadas en la batería solar estratificada, y un módulo de recepción de luz de unión pn plano) a veces está también combinado y fabricado en la batería solar estratificada cuando es necesario.

- En primer lugar, se describen la estructura y la preparación de los múltiples tipos de células solares (células solares de elemento) incorporadas en la batería solar estratificada de la presente invención. Dado que las células solares mencionadas aquí pueden ser fabricadas mediante las técnicas bien conocidas descritas u otras técnicas bien conocidas, son descritas de forma sencilla. La Fig. 1(a) ~ (g) muestran procesos de fabricación en el caso de la
- 5 fabricación de una célula solar 10 de silicio (Si) granular que comprende una célula solar de Si que va a ser incorporada a un módulo de célula solar que tiene bandas de longitud de onda de sensibilidad de una región de longitud de onda media (aproximadamente 500 ~ 1.100 nm) en el espectro de luz solar y se prepara con un cristal único 11 de Si casi esférico. El Si es un semiconductor de tipo de transición indirecta que tiene una brecha de banda de energía de 1,12 eV.
- 10 Cuando se prepara un único cristal 11 de silicio de tipo p granular mostrado en la Fig. 1(a), se deja que una cantidad dada de gotas de Si líquido caiga libremente desde la parte superior de un tubo de goteo, en donde un gas inerte se deja fluir, y es hecha esférica debido a la tensión superficial mientras cae y es solidificada rápidamente desde un estado súper-enfriado mientras cae mediante la adición de estímulos, tales como un contacto con un punto de la gota líquida, etc. para hacer un único cristal de silicio de tipo p de aproximadamente 1,2 m de diámetro.
- 15 Un resalte o saliente del cristal único 11 de silicio de tipo p es formado en la etapa final de la solidificación. El saliente es cortado para formar una superficie plana como se muestra en la Fig. 1(b) y es utilizado como superficie de referencia 12, que es de aproximadamente 0,3 - 0,5 mm de diámetro. La superficie de referencia 12 se utiliza para alinear en sucesivos procesos de difusión de impurezas, la formación del electrodo, medida de características de salida, cableado, etc. A continuación, como se muestra en la Fig. 1(c), se forma una película de óxido de silicio 13 en toda la superficie. A continuación, como se muestra en la Fig. 1(d) la película de óxido de silicio 13 permanece como una máscara de difusión en la superficie de referencia 12 y la proximidad de su periferia, y la película de óxido de silicio 13 distinta de esa parte es retirada. Después, como se muestra en la Fig. 1(e), se forma una capa de difusión 14 de tipo n mediante calentamiento del cristal único de silicio 11 de la Fig. 1(d) y difusión de fósforo (P) o arsénico (As) como impureza de tipo n, una unión pn casi esférica 15 se forma entre el cristal único de silicio de tipo p 11 y la capa de difusión de tipo n 14. Una película de óxido de Si 16 delgada es también formada durante la difusión de la impureza de tipo n. La superficie del cristal único de silicio de tipo p 11 permanece sin ser cubierta por la capa de difusión 14 sobre y en las proximidades de la superficie de referencia 12. A continuación, como se muestra en la Fig. 1(f), una vez que las películas de óxido de silicio 13, 16 son retiradas mediante eliminación con ácido, una película delgada anti reflectante 17 formada por una película de óxido de Si es de nuevo formada en toda la superficie. Después, como se muestra en la Fig. 1(g) una pasta que contiene plata es revestida en puntos en el centro de la superficie de referencia 12 enfrentada al único cristal de silicio de tipo p 11 y en el centro de la superficie de la capa de difusión de tipo n 14 y después quemada, se le hace pasar plata a través de la película de óxido de Si 17 (película antireflectante) para proporcionar un electrodo positivo 18 y un electrodo negativo 19 en contacto óhmico con el cristal único de silicio de tipo p 11 y la superficie de la capa de difusión de tipo n 14, respetivamente.
- 20 Los electrodos 18, 19 están colocados en posiciones opuestas con la interposición del centro del cristal único de Si 11, con lo que la simetría de distribución de la entrada de luz y la fuerza fotoelectromotriz se mantienen, la desviación de la distribución de corriente es pequeña, y la unión pn 15 funciona con buena eficiencia.
- 25 La Fig. 2 muestra una célula solar de Ge para ser incorporada en un módulo de célula solar que tiene bandas de longitud de onda de sensibilidad de una región de longitud de onda larga (aproximadamente 800 – 1600 nm) en el espectro de luz solar, y es una vista en sección de célula solar de Ge 20 fabricada de un único cristal de germanio (Ge) casi esférico. El germanio es un semiconductor de tipo transición indirecta que tiene una brecha de banda de energía de 0,66 eV, y la célula solar 20 de Ge puede ser fabricada mediante casi los mismos procesos que la célula solar 10 de Si.
- 30 La Fig. 2 muestra un único cristal de germanio 21 de tipo p, una superficie de referencia 22, una capa de difusión de tipo n 24 formada mediante difusión térmica de una impureza de tipo n (P o As), una unión pn 25, una película antireflectante 26, un electrodo positivo 27 fabricado de estaño que contiene una pequeña cantidad de indio y en contacto óhmico con el cristal único de germanio 21 de tipo p, y un electrodo negativo 28 en contacto óhmico con la capa de difusión 24 de tipo n hecha de estaño que contiene una pequeña cantidad de antimonio.
- 35 La Fig. 3(a) – (g) muestra el proceso de fabricación en el caso de fabricar una célula solar de GaP granular 30 para ser incorporada en un módulo de célula solar que tiene bandas de longitud de onda de sensibilidad de una región de longitud de onda corta (aproximadamente 300 – 600 nm) en el espectro de luz solar y está preparada con un único cristal de galio-fósforo (GaP) casi esférico. El galio-fósforo (GaP) es un semiconductor de tipo de transición directa que tiene una brecha de banda de energía de aproximadamente 2,25 eV. La célula solar de GaP 30 tiene bandas de longitud de onda de sensibilidad en el lado de las longitudes de onda cortas en el espectro de luz solar. Cuando la célula solar 30 es preparada, primero, un cubo con un lado de aproximadamente 1,6 mm es cortado de un lingote de único cristal de GaP de tipo n, es procesado mediante un método de pulido mecanicoquímico para preparar un único cristal de GaP de tipo n esférico 31 de aproximadamente 1,2 mm de diámetro como se muestra en la Fig. 3(a). A continuación, como se muestra en la Fig. 3(b), el extremo inferior del cristal único de GaP de tipo n esférico 31 es cortado para formar una superficie de referencia 32, y como se muestra en la Fig. 3(c), una película de nitruro de silicio 33 (Si₃N₄) se forma en toda la superficie del cristal único 31 de GaP. A continuación, como se muestra en la Fig. 3(d), la película de nitruro de silicio 33 en la superficie de referencia 32 y en la proximidad de su periferia permanece como una máscara de difusión, y la película de nitruro de silicio 33 distinta de esa parte es retirada.
- 40
- 45
- 50
- 55
- 60

Como se muestra en la Fig. 3(e), una impureza de tipo p tal como cinc (Zn) es difuminada para formar una capa de difusión 34 fabricada de GaP de tipo p y una unión pn casi esférica 35 en un límite de la capa de difusión 34 y el cristal único 31 de GaP de tipo n. Después de formar la capa de difusión 34 y la unión pn 35 casi esférica, la película de nitruro de silicio 33 utilizada como máscara de difusión es completamente retirada. A continuación, como se muestra en la Fig. 3(f), una película delgada antireflectante 36 hecha de una película de óxido de silicio es formada en toda la superficie. Después, como se muestra en la Fig. 3(g), una pasta que contiene oro como componente principal y zinc y germanio como dopantes, respectivamente, es revestida en puntos en el centro de la superficie de la capa de difusión de tipo p 34 y en el centro de la superficie de referencia 32 que se enfrenta al cristal único de GaP de tipo n 31 y tratada con calor a elevada temperatura durante un corto intervalo de tiempo, un metal tal como oro, etc. pasa a través de la película de óxido de silicio delgada para proporcionar un electrodo positivo 37 y un electrodo negativo 38 en contacto óhmico con la capa 34 de GaP de tipo p y el cristal único 31 de GaP de tipo n, respectivamente.

La Figs. 4(a) – (d) muestran procesos de fabricación de una célula solar de GaAlAs/GaAs de silicio granular 40 que comprende una célula solar de GaAs para ser incorporada en un módulo de célula solar que tiene bandas de longitud de onda de sensibilidad de una región de longitud de onda corta (aproximadamente 500 – 850 nm) en el espectro de luz solar y está preparada con galio-arsénico (GaAs) casi esférico como componente principal. El galio-arsénico (GaAs) es un semiconductor de tipo de transmisión directa que tiene una brecha de banda de energía de 1,43 eV y una brecha de banda de energía entre el silicio anterior y el GaP.

El primer lugar, como se muestra en la Fig. 4(a), se prepara un único cristal 41 de GaAs de tipo n casi esférico de aproximadamente 1,2 mm de diámetro. Este único cristal 41 de GaAs puede ser formado con forma de esfera mediante una técnica mecano-química como el cristal único de GaP 31. Sin embargo, se puede preparar por el método propuesto por el inventor en la Patente Japonesa N° 3287579 para reducir la pérdida de material sin tratar y proporcionar un cristal único satisfactorio. Este método de realiza sellando en vacío el material sin tratar de GaAs de tipo n y una pequeña cantidad de As en una ampolla de cuarzo, después de enfriar y solidifica el GaAs interno en un estado fundido caliente mediante calentamiento desde el exterior aunque permitiendo que caiga libremente. La fusión del GaAs se hace esférica debido a la tensión superficial en un estado microgravitacional durante la caída libre y es rápidamente solidificada añadiendo un estímulo físico (desencadenante) en el estado súper-enfriado para hacer una cristal único de GaAs casi esférico 41 como se muestran en la Fig. 4(a). A continuación, como se muestra en la Fig. 4(b), una capa 49 de $Ga_{0,2}Al_{0,8}As$ de tipo p (una mezcla ternaria de semiconductor de cristal) es hecha crecer en una película delgada mediante el método epitaxial de fase líquida. En este caso, el cristal único 41 de GaAs de tipo n es sumergido a una elevada temperatura durante un corto espacio de tiempo en una reserva de fusión de Ga añadida con una fuente de GaAs y un poco de cinc dopante en el producto fundido de Ga, después de enfriar, y la capa 49 de $Ga_{0,2}Al_{0,8}As$ de tipo p es hecha crecer epitaxialmente sobre la superficie. Durante el crecimiento del cristal de $Ga_{0,2}Al_{0,8}As$, el zinc de difumina en el cristal único 41 de GaAs de tipo n, se forma una capa de GaAs 44 de tipo p, y una unión pn 45 se forma en la superficie de la capa 44 de GaAs.

A continuación, como se muestra en la Fig. 4(c), una película antirrefletante 46 formada por una película de óxido de silicio se forma en la superficie, y un saliente de la superficie del cristal único 41 de GaAs de tipo n es cortado horizontalmente para formar una superficie de referencia 41 de aproximadamente 0,3 – 0,5 mm de diámetro. A continuación, como se muestra en la Fig. 4(d), una pasta que contiene oro como componente principal y cinc, y germanio como dopante, respectivamente es revestida en puntos en el centro de la superficie que está vuelta hacia la capa 49 de $Ga_{0,2}Al_{0,8}As$ de tipo p y en el centro de la superficie de referencia 42 que está vuelta hacia el cristal único 41 de GaAlAs de tipo n y tratada en caliente a una temperatura elevada durante un corto espacio de tiempo, un metal tal como oro, etc. pasa a través de la película de óxido de silicio delgada 46 (película antireflectante) para formar un electrodo positivo 47 y un electrodo negativo 48 en contacto óhmico con la capa 49 de GaAlAs de tipo p y el único cristal 41 de GaAs de tipo n, respectivamente.

Además, en la preparación de la célula solar 40 de GaAlAs/GaAs, las bandas de longitud de onda de sensibilidad pueden ser desplazadas al lado de longitud de onda corta mediante la formación de una unión pn 45 en la capa 49 de GaAlAs de tipo p, o cambiando la relación de composición de la capa 49 de GaAlAs para cambiar la brecha de banda de energía. Además, las impurezas también pueden ser difuminadas sobre el cristal único 41 de GaAs de tipo n esférico para formar una unión pn de tipo homounión sin proporcionar la capa 49 de GaAlAs.

Las Figs. 5 – 7 muestran un módulo de grupo de células de Si 70 (un módulo de célula solar de Si) incorporado con múltiples células solares 10 de Si en columnas plurales y filas plurales. Las Figs. 5 – 7 muestran un ejemplo de un módulo conceptualmente incorporado con 100 células, pero varios cientos o varios miles de células solares de Si 10 serán incorporadas en un módulo de grupo de células de Si real.

La estructura y la preparación del módulo de grupo de células 70 de Si se describen en base a las Figs. 5 – 7. En primer lugar, se prepara una disposición de células solares 71 de Si en la que 10 células solares 10 están conectadas en paralelo a un intervalo igual entre un par de cables de condición (cables bañados en plata o de cobre de aproximadamente 1 mm de diámetro).

Un cable conductor positivo 73 es soldado a un electrodo positivo 18 y un cable conductor negativo 74 es soldado a un electrodo negativo 19 de la célula solar 10, respectivamente, y las disposiciones 71 de 10 células solares son

preparadas. Cinco disposiciones de células solares 71 están dispuestas en la capa superior en una separación igual y en paralelo y 5 disposiciones de células solares 71 están dispuestas en la capa inferior en una separación igual y en paralelo, las disposiciones de capa inferior 71 están situadas entre las disposiciones de capa superior 71, las células solares 10 superior e inferior están dispuestas para aproximarse sin superposiciones en una vista en planta, y todos los componentes son moldeados con una resina sintética transparente 75a (por ejemplo, una resina de silicona flexible). Además, las células solares superior e inferior 10 están dispuestas para aproximarse sin superposiciones en una vista lateral. Las células solares de cinco filas y diez columnas están dispuestas en un plano en la capa superior, y las células solares de cinco filas y diez columnas están también dispuestas en un plano en la capa inferior. Un módulo de grupos de células de Si 70 que incorpora un gran número de células solares 10 en una matriz de múltiples columnas y múltiples filas se convierte en una estructura a modo de panel delgado que tiene reflectividad. Sin embargo, también puede ser construido en un módulo flexible.

Una lámina de vidrio transparente 76 (de aproximadamente 0,2 mm de espesor) se une a la superficie inferior de la resina sintética 75a. La lámina de vidrio transparente 76 mantiene la resistencia mecánica del módulo de grupo de células 70 de Si y se utiliza como superficie de referencia para formar uniones con otros módulos de células solares. Después del molde de resina, ambos extremos del cable conductor positivo 73 y el cable conductor negativo 74 se extienden al exterior de la resina sintética transparente 75a para hacer las conexiones eléctricas con otras disposiciones de células solares y otros módulos de células solares. Un circuito de conexión en serie/paralelo 75 (véase la Fig. 16) para conectar en serie/paralelo eléctricamente cientos de células solares de Si 10 es formado utilizando diez cables de conductor de electrodo positivo 73 y diez cables de conductor de electrodo negativo 74. El circuito de conexión en serie/paralelo 75 se describe más adelante en base a la Fig. 16.

De manera similar, un módulo de grupo de células 80 (un módulo de célula solar) (véase la Fig. 17) puede ser preparado incorporando células solares de Ge 20 en lugar de células solares de Si 10 del modo de grupo de células solares 70 de Si. Un módulo de grupo de células 90 (un módulo de células solares) (véase la Fig. 13) puede ser preparado incorporando células solares de GaP 30 en lugar de células solares 10 de Si. Un módulo de grupo de células 100 (un módulo de células solares) (véase la Fig. 13, Fig. 17) se puede preparar incorporando células solares 40 de GaAlAs/GaAs en lugar de células solares 10 de Si. Los circuitos de conexión en serie/paralelo en estos módulos 80, 90, 100 son los mismos que el circuito de conexión en serie/paralelo 75 del módulo de grupo de células de Si 70 y se describirá más adelante.

Además, tal módulo de células solares incorporado con múltiples células solares esféricas se describe por el inventor en la Publicación Internacional WO 2004/001858, etc.

A continuación, la Fig. 8, Fig. 9 muestran un módulo de recepción de luz plano 60 de InGaAs/InP como módulo de célula solar para ser incorporado en una batería solar estratificada de esta aplicación y es un ejemplo de un módulo de célula solar (un módulo de elemento) que tiene bandas de longitud de onda de sensibilidad en la región de longitud de onda larga (aproximadamente 900 – 1700 nm) en el espectro de luz solar.

Una capa 62 de $\text{In}_{0,53}\text{Ga}_{0,47}\text{As}$ de tipo n es hecha crecer epitaxialmente en un sustrato 61 de InP de tipo n, y cinc como impureza de tipo p es difundida en la capa de tipo n para formar una capa 64 de $\text{In}_{0,53}\text{Ga}_{0,47}\text{As}$ de tipo p y una unión pn común plana 65. Excepto para el borde de la capa 62 de $\text{In}_{0,53}\text{Ga}_{0,47}\text{As}$ de tipo n, una impureza de tipo p permanece y puede ser difundida selectivamente para formar una capa 64 de tipo p utilizando Si_3N_4 como máscara de difusión durante la difusión.

Un InP de tipo p con una brecha de banda de energía mayor que la capa 64 es hecha crecer epitaxialmente en la capa 64 de InGaAs, y una impureza de tipo p también puede ser definida desde la superficie para formar una unión pn en la capa 64 de InGaAs. La velocidad de recombinación sobre la superficie se puede reducir proporcionando una capa de InP como capa de ventana para mejorar la eficiencia de conversión fotoeléctrica. La relación de composición del In respecto al Ga se puede cambiar sin más que lo ejemplificado.

A continuación, una película de espejo frío 66 se forma en la superficie de la capa 64 de InGaAs que forma la superficie de recepción de luz mostrada en la Fig. 8. La película de espejo frío 66 está construida con una película de múltiples capas dieléctrica configurada para reflejar luz de aproximadamente 1100 nm o por debajo de longitud de onda y transmitir luz de longitud de onda por encima de ella. La película de múltiples capas dieléctrica se obtiene estratificando alternativamente una película dieléctrica de elevado índice de refracción (TiO_2 o Ta_2O_5 , etc.) y una película dieléctrica de índice de refracción bajo (SiO_2 , etc.) y respetivo espesor y un cierto número de películas son configuradas considerando la longitud de onda reflectante y la reflectividad.

Un electrodo negativo 68 (oro que contiene una pequeña cantidad de germanio y níquel) se proporciona sobre toda la superficie inferior del sustrato 61 de InP de tipo n, de manera que hace contacto óhmico con él, y un electrodo positivo 67 (oro que contiene una pequeña cantidad de cinc) fabricado con forma de tira se proporciona en la superficie de la capa 64 de InGaAs de tipo p de manera que está en contacto óhmico con ella para aumentar el área de recepción de luz. Este módulo de recepción de luz plano 60 se puede fabricar en base a una técnica de fabricación de fotodiodo de longitud de onda larga utilizando InGaAs/InP bien conocido. A continuación, un electrodo positivo 67 y un electrodo negativo 68a formados por cables conductores bañados en plata o de cobre son soldados al electrodo positivo 67 y al electrodo negativo 68, respectivamente.

Las Fig. 10 y la Fig. 11 son una vista en planta y una vista en sección de un módulo de recepción de luz plano 50 de GaAsP/GaP como módulo de célula solar para ser incorporado en la batería solar estratificada de esta aplicación y es un ejemplo de un módulo de célula solar (módulo de elemento) que tiene una región de longitud de onda corta (aproximadamente 300 – 600 nm) en el espectro de luz solar; este ejemplo no forma parte de la invención.

5 Una capa 52 de $\text{GaAs}_{0,1}\text{P}_{0,9}$ está formada en un sustrato 51 de GaP de tipo n mediante un método de crecimiento epiaxial de fase de gas bien conocido. En esta composición, GaAsP es un semiconductor de tipo de transición indirecta con una brecha de banda de energía de aproximadamente 2,21 eV. Después, una impureza de cinc de tipo p es difuminada desde la capa 52 de GaAsP para formar una capa 54 de $\text{GaAs}_{0,1}\text{P}_{0,9}$ de tipo p, y una unión pn 55 se forma en la capa 54 de GaAsP. Una película de máscara de difusión de Si_3N_4 es proporcionada en la parte de borde de la superficie de la capa 52 de GaAsP de tipo n para conseguir la difusión de cinc, a y desde, una unión pn plana. Este método ha sido también utilizado en un método de preparación de un diodos de emisión de luz (LED) amarillo bien conocido.

15 Un electrodo positivo 57 (oro que contiene una pequeña cantidad de cinc) y un electrodo negativo 58 (oro que contiene una pequeña cantidad de germanio y níquel) en contacto óhmico con la superficie de la capa 54 de GaAsP de tipo p y el sustrato 51 de GaP de tipo n, son proporcionados respetivamente. Se obtiene una gran cantidad de área de recepción de luz del módulo de recepción de luz plano 50, mediante la cual son fabricados el electrodo positivo 57 y el electrodo negativo 58 en rayas finas para hacer que las posiciones de ambos lados sean uniformes, como se ilustra. Una película transparente antirreflectante 56 está dispuesta en la superficie de la ventana de recepción de luz mediante el electrodo de rayas 57. Además, la capa 54 de GaAsP de tipo p se convierte en la superficie de recepción de luz del módulo de recepción de luz plano 50 de GaAsP/GaP, en el caso de una batería solar 300 (véase la Fig. 17) descrita más adelante, una luz de longitud de onda larga que se transmite al módulo de recepción de luz plano 50 de GaAsP/GaP entra en un módulo de célula solar de tres capas dispuesto debajo del módulo 50. A continuación, un cable conductor positivo 57a y un cable conductor negativo 58a son soldados en ambos extremos del electrodo positivo 57 y el electrodo negativo 58 y eléctricamente conectados con los cables conductores (0,1 m de diámetro), cables bañados en plata o de cobre, respectivamente, siendo los cables conductores 57a, 58a conducidos al exterior del módulo de recepción de luz plano 50.

La batería solar estratificada 200 del Ejemplo 1 se describe a continuación.

30 La Fig. 12 y la Fig. 13 son una vista en planta y una vista en sección de la batería solar estratificada 200 construida por cuatro tipos de módulos de célula solar, es decir un módulo 90 de grupo de células de GaP, un módulo 100 de grupo de células de GaAlAs/GaAs, un módulo 70 de grupo de células de Si y un módulo de recepción de luz plano 60 de InGaAs/InP.

35 En esta batería solar estratificada 200, los módulos de grupo de células 90, 100, 70 y 60 que tienen diferentes bandas de longitud de onda de sensibilidad al espectro de luz solar está estratificados de manera que cuanto más corta es la longitud de onda de centro del módulo en la banda de longitud de onda de sensibilidad, más cerca está situado el módulo del lado incidental de la luz solar. Como se conoce de la Fig. 14, la longitud de onda de centro en las bandas de longitud de onda de sensibilidad de módulos de célula solar 90, 100, 70 y 60 tiene una relación tal que la longitud de onda de centro del módulo 90 (aproximadamente 450 nm) < la longitud de onda de centro del módulo 100 (aproximadamente 700 nm) < la longitud de onda de centro del módulo 70 (aproximadamente 800 nm) la longitud de onda de centro del módulo 60 (aproximadamente 1300 nm). Por lo tanto, un sustrato de nitruro de aluminio 201 está dispuesto en la capa más inferior, en el módulo de recepción de luz plano 60 de InGaAs/InP incorporado en una resina sintética transparente 202, el módulo 70 de grupo de células de Si, el módulo 100 de grupo de células de GaAlAs/GaAs y el módulo 90 de grupo de células de GaP están secuencialmente estratificados y unidos con un adhesivo transparente, y una cubierta de vidrio transparente 203 está colocada sobre la capa superior formando una superficie de recepción de luz para la recepción de luz solar y está unida con adhesivo transparente.

45 Los cables conductores de electrodo positivo/negativo 67a, 68a del módulo 60, los cables conductores de electrodo positivo/negativo 73, 74 del módulo 70, los cables conductores de electrodo positivo/negativo 103, 104 del módulo 100, los cables conductores de electrodo positivo/negativo 93, 94 del módulo 90 se extienden al exterior del módulo, respectivamente y constituyen circuitos de conexión en serie/paralelo 75, 105 y 95 de los módulos respectivos 70, 100 y 90 (véase la Fig. 16).

La Fig. 14 es un diagrama que muestra conceptualmente el espectro de luz solar obtenido por un analizador de espectro de luz solar, la característica de sensibilidad espectral de la batería solar estratificada 200 y las características de sensibilidad espectral de las células solares 30, 40 y 10, etc. en uso separado.

55 En la Fig. 14, la zona de separación (zona sombreada) en las características de sensibilidad espectral del espectro de luz solar comprenden una parte de la energía inutilizada que es fotoeléctricamente no convertible en la batería solar estratificada 200. Una sección espectral de longitud de onda larga más allá de la región de longitud de onda sensible de las características de sensibilidad espectral de la batería solar esterificada 200 es una parte de energía inutilizada que pasa a través de la batería solar 200. Es deseable minimizar todas ellas debido a que representan pérdidas de energía fotoeléctricamente no convertibles.

En los respectivos y separados módulos 90, 100, 70 y 60, no solo están bandas estrechas de longitud de onda de sensibilidad, sino que también una parte de la energía de luz recibida que es mucho mayor que la brecha de banda no puede ser utilizada de forma efectiva como salida. La Fig. 14 muestra que una región de longitud de onda utilizable (una parte de fondo blanca) es expandida estratificando y combinando módulos de célula solar con diferentes separaciones de energía (correspondientes a bandas de longitud de onda de sensibilidad) y proporciona eficiencia de conversión fotoeléctrica elevada.

La Fig. 15 es un diagrama ilustrativo en el que la trayectoria óptica de la luz incidente, la trayectoria óptica de la luz reflejada, y el modo de reflexión y absorción se describen como los siguientes tres casos. A partir de este diagrama, los efectos de la batería solar estratificada 200 incorporada con células solares granulares 30, 40 y 10 son conocidos.

Caso 1: Un caso en el que la luz solar perpendicularmente incidental a un vidrio de cubierta transparente 203 viaja perpendicularmente a través de las células solares 30, 40, 10 y el módulo 60.

Excepto para la luz que se refleja en interfaces debido a índices de refracción diferentes y la luz absorbida por las sustancias distintas de las células solares, la luz solar directa es básicamente absorbida de acuerdo con las características de las células solares que reflejan la brecha de banda de energía y contribuye a la conversión fotoeléctrica. En la batería solar 200, las células solares 30, 40 y 10 y el módulo 60 están secuencialmente dispuestos como brecha de banda de energía elevada desde el lado incidental de la luz solar, por lo tanto la luz solar es absorbida por las células solares 30, 40 y 10 y el módulo 60 de la luz de longitud de onda corta a la luz de longitud de onda larga. La luz incidental sin cortar por las células superiores en el lado incidental entra a las siguientes células solares de epata, la luz sin cortar entra en las células solares de siguiente etapa inferiores, y la luz no absorbida por el módulo final 60 se convierte en pérdida de transmisión.

De este modo, las células solares superiores sirven como filtro para las células solares inferiores y el módulo 60, reduciendo la proporción de energía de luz excesiva de recepción y su conversión a energía calorífica. El espejo frío de rayo 66 formado en el lado superior del módulo de recepción plano 60 de InGaAs/InP que tiene la banda de longitud de onda de sensibilidad más larga refleja la luz de la región de longitud de onda más corta que la luz de la longitud de onda más larga capaz de un cambio foto-eléctrico por la célula solar de Si 10 y funciona como un filtro que transmite la luz de una región de longitud de onda más larga que la luz, con lo que se evita que el modo de recepción plano 60 de InGaAs/InP absorba energía de luz excesivamente grade, suprime la elevación de temperatura del módulo de recepción plano 60 y mejora su durabilidad. De manera similar, las células solares superiores absorben y convierten fotoeléctricamente una luz que tiene una excesiva energía para las células solares inferiores, suprimiendo una elevación de temperatura de las células solares 100 y 70.

En las células solares granulares, cuando la luz se transite a las células solares, se produce absorción de luz en la dirección desde el punto incidental de acuerdo a la magnitud de la energía de luz pero la misma unión pn también existe en el lado opuesto del centro de las células solares, con el punto fuerte de que la luz de longitud de onda larga en las bandas de longitud de onda de sensibilidad es absorbida y las bandas de longitud de onda de sensibilidad son expandidas.

Caso 2. Una luz incidente es reflejada por la superficie de las células solares. Como se muestra en la Fig. 15, la luz reflejada por la superficie de las células solares granulares entra en otras células solares, y la absorción y transmisión de la luz se produce de acuerdo con sus características ópticas. La reflexión de la luz también es producida no sólo por las células solares sino también por los cables conductores positivos/negativos de las células solares y las láminas de vidrio transparentes 96, 106, 76. La luz reflejada repite reflexión y difusión a través de los módulos 90, 100, 70 y 60. Por lo tanto, la luz es también incidental al lado inferior de las células solares (el lado opuesto al lado de recepción de luz) no alcanzado por la luz directa con el efecto de aumentar la salida de todas las células solares, haciendo posible el aumento adicional de la luz que pasa a través de las células solares inferiores en términos de cómo disponer las células solares inferiores, filtro o vidrio transparente tal como TiO₂, etc.

Caso 3: Captura y confinamiento de la luz solar oblicuamente incidental a la superficie dentro de las células solares. Los índices de refracción de las células 30, 40 y 10 son grandes, por lo tanto el efecto de confinamiento de la luz por toda la reflexión se produce en las células solares dependiendo del ángulo de luz solar incidental, y un componente que es fotoeléctricamente convertido por la unión pn en las células solares es generado y la salida incrementada también puede ser anticipado.

Caso 4: El confinamiento de luz entre el vidrio de cubierta de vidrio 203 y el espejo frío 66 del módulo 60 mejora la capacidad de absorción de luz y la eficiencia de la conversión fotoeléctrica.

La Fig. 16 muestra un ejemplo de circuito de conexión en serie 205 en donde los módulos 90, 100, 70 y 60 están conectados en serie y los circuitos de conexión ópticos en serie/paralelo 95, 105 y 75 en los que están conectadas múltiples células solares 30, 40 y 10 en serie y en paralelo en módulos 90, 100 y 70 en la batería solar estratificada 200 fabricada mediante estratificación de los módulos 90, 100, 70 y 60 de un área de superficie igual de la parte de recepción de luz. Los circuitos de conexión en serie/paralelo 95, 105 y 75 están básicamente construidos de manera que las corrientes de salida de los módulos 90, 10 y 70 están hechas igual que las corrientes de salida del módulo

60 con la corriente de salida más pequeña, y los circuitos de conexión en serie/paralelo 95, 105 y 75 están constituidos con cables conductores de electrodo positivos/negativos 93, 95, 103, 104, 73, 74, 67a y 68a.

5 Cuando la corriente de salida del módulo de recepción plano 60 de GaAs/InP es I, se describe un ejemplo en el que la máxima corriente de salida en el caso de conexión de todas las células solares 30 del módulo de grupo de células
 90 de GaP en paralelo se supone que es 2I, y la máxima corriente de salida en el caso de conexión de todas las células solares 40 del módulo de grupo de células 100 de GaAlAs/GaAs en paralelo se supone que es 3I, y la máxima corriente de salida en el caso de conexión de todas las células solares 10 del módulo de grupo de células
 70 de Si se supone que es 4I. Como se muestra en la Fig. 16, si el número de conexiones en serie del circuito de conexión en serie/paralelo 95 se establece en 2 en el módulo 90, la corriente de salida se convierte en I. Si el
 10 número de conexiones en serie del circuito de conexión en serie/paralelo 105 se establece en 3 en el módulo 100, la corriente de salida se convierte en I. Si el número de conexiones en serie del circuito de conexión en serie/paralelo 75 se establece en 4 en el módulo 70, la corriente de salida se convierte en I. Por lo tanto, la corriente de salida del módulo 90, 100 y 70 se convierte en I, respetivamente, haciéndose igual a la corriente de salida del módulo 60. Si están construidos de manera que las corrientes de salida de los módulos 90, 100, 70 y 60 son las mismas, los
 15 módulos 90, 100, 70 presentan la máxima capacidad de generación.

Específicamente, la máxima corriente de salida de una célula solar 30, 40 y 10 es i_{30} , i_{40} , i_{10} respectivamente, el número de conexiones paralelas de múltiples células solares 30, 40, 10 es N_{30} , N_{40} , N_{10} , y la corriente de salida del módulo 60 es I.

20 Si el número de conexiones paralelas es tal que una expresión $i_{30} \times N_{30} = i_{40} \times N_{40} = i_{10} \times N_{10} = I$, las corrientes de salida de los módulos 90, 100, 70 y 60 se convierten casi en los mismos valores.

Además, si el máximo voltaje de salida de una célula solar 30, 40, 10 es v_{30} , v_{40} , v_{10} , respectivamente, el número de conexiones en serie de múltiples células solares 30, 40, 10 es M_{30} , M_{40} , M_{10} , respectivamente, y el voltaje de salida del módulo 60 es v_{60} , el voltaje de salida V de la batería solar estratificada 200 se convierte en $V = (v_{30} \times M_{30}) + (v_{40} \times M_{40}) + (v_{10} \times M_{10}) + v_{60}$.

25 De este modo, la potencia de salida total de la batería solar estratificada 200 se puede maximizar ajustando el número de conexiones en paralelo y el número de conexiones en serie de las conexiones en serie/paralelo de las células solares en los cuatro módulos 90, 100, 70 y 60 que constituyen la batería solar estratificada 200.

30 Los circuitos de conexión en serie/paralelo 95, 105 y 75 pueden estar construidos mediante cables conductores positivo/negativo que son terminales de disposiciones de células solares, pero también pueden estar construidos de manera que los circuitos de conexión en serie/paralelo 95, 105 y 75 sean conmutados por circuitos de conmutación electrónicos de manera que se maximice la salida correspondiente al espectro de luz solar y la fluctuación de luz incidente para cambiar el número de conexiones en serie y el número de conexiones en paralelo. En los módulos 90, 100 y 70, están conectadas múltiples células solares en serie con cables conductores, por lo tanto, incluso si se produce una dispersión de características en las múltiples células solares, la corriente correspondiente a la
 35 dispersión es compartida para minimizar la reducción de salida de módulo. Además, en una batería solar estratificada convencional que comprende módulos planos, es difícil coincidir las corrientes de salida mediante una conexión en serie/paralelo tal como la de la batería solar estratificada 200 de la presente invención.

40 En la batería solar estratificada 200 como se describe anteriormente, los módulos de grupo de células 90, 100 y 70 están secuencialmente estratificados desde arriba, con el módulo de recepción de luz plano 60 que está dispuesto en la capa más inferior, y cuanto más corta es la longitud de onda de centro en la banda de longitud de onda de sensibilidad, más cerca está situado el módulo del lado incidental de luz solar, por lo tanto la luz deficiente en transmisibilidad de las longitudes donde cortas se absorbe en la capa superior y la luz excelente en transmisibilidad de longitudes de onda larga es absorbida en la capa inferior, con lo que se aumenta la eficiencia de conversión fotoeléctrica de la batería solar 200.

45 Los módulos de grupo de células 90, 100 y 70 están incorporados en las tres capas superiores y el módulo de recepción de luz plano 60 es incorporado en la capa más inferior, favorable en la conversión fotoeléctrica de una luz reflejada por el módulo de recepción de luz plano 60. Particularmente, el espejo frío 66 que refleja una luz de 1100 nm o longitud de onda inferior fácil para hacer la conversión fotoeléctrica mediante los módulos 90, 100 y 70 se proporciona en el módulo 60, favorable en el aumento de la eficiencia de conversión fotoeléctrica por el mejor uso de
 50 la luz reflejada. Cada uno de los módulos de grupo de células 90, 100 y 70 funciona como un filtro para su módulo inferior 100, 70 y 60, respectivamente, haciendo difícil que los módulos inferiores sea supercalentados, lo que favorable a la eficiencia de conversión fotoeléctrica.

55 Como se muestra en la Fig. 14, las bandas de longitud de onda sensible de los módulos 90, 100, 70 y 60 son apropiadamente establecidas, haciendo posible la conversión fotoeléctrica de una luz de rango ancho del espectro de luz solar, obteniendo la eficiencia de conexión fotoeléctrica de la batería solar estratificada 200 hasta en el 50% o superior.

Además, como se muestra en la Fig. 16, los circuitos de conexión en serie/paralelo 95, 105, 75 están provistos de manera que la respetiva corriente de salida de los módulos 90, 100 y 70 es hecha igual a la corriente de salida del

módulo 60, presentando totalmente la función de generación de energía de la batería solar estratificada 200 y mejorando la eficiencia de conversión fotoeléctrica.

5 Además, las películas antirreflectantes 36, 46 y 17 están formadas en las células solares 30, 40 y 10 incorporadas en los módulos 90, 100 y 70 respectivamente, las propias células reflejan la luz incidente difusa oblicuamente, el efecto de absorción de la luz aumenta y el efecto de confinamiento de la luz dentro de la batería solar estratificada 200 aumenta también y mejora la efectividad la eficiencia de conversión fotoeléctrica.

En los módulos 90, 100 y 70, las células solares 30, 40, 10 están dispuestas en dos capas, y las células solares 30, 40 y 10 están densamente dispuestas en las vistas en planta y laterales, aumentando el área total de la unión pn, mejorando la eficiencia de conversión fotoeléctrica.

10 Además, la dirección definida por los electrodos positivo/negativo es dirigida a la dirección horizontal en las células 30, 40 y 10, cuando la luz entra en las células solares desde la parte superior, dado que existe la posibilidad de confluencia con la unión pn al menos dos veces, la eficiencia de conversión fotoeléctrica es mejorada, y también es mejorada por la luz reflejada que entra en las células solares desde abajo.

15 Además, las células solares 30, 40 y 100 incorporadas en módulos 90, 100 y 70 respetivamente, pueden ser preparadas independientemente sin ser afectadas por la constante de retícula, etc. de los semiconductores de otros módulos de células solares, excelentes en el grado de libertad de diseño y preparación.

20 A continuación, se describe una batería solar estratificada 300 del Ejemplo 2 que no forma parte de la invención. Sin embargo, los tipos de módulos adoptados en la batería solar 300 son parcialmente diferentes de los módulos de la batería solar 200, y sólo están descritos brevemente debido a que tienen la misma estructura que la batería solar 200.

La Fig. 17 y la Fig. 18 son vistas en sección de la batería solar estratificada 300 constituida por cuatro tipos de cuatro módulos de células solares, es decir, el módulo de recepción de luz plano 50 de GaAsP/GaP, el módulo de grupo de células 100 de GaAlAs/ GaAs, el módulo de grupo de células 70 de Si y el módulo de grupo de células 80 de Ge.

25 En esta batería solar 300, los módulos de células solares que tienen diferentes bandas de longitud de onda de sensibilidad al espectro de luz solar están estratificados de manera que cuándo más corta es la longitud de onda de centro en la banda de longitud de onda de sensibilidad, más cerca está situado el módulo del lado incidental de la luz solar. Como se conoce de la Fig. 19, la longitud de onda de centro en la banda de longitud de onda de sensibilidad de los módulos de células solares 50, 100, 70 y 80 tiene relaciones tales que la longitud de onda de centro del módulo 50 (aproximadamente 450 mn) < la longitud de onda de centro del módulo 100 (aproximadamente 700 mn) < la longitud de onda de centro del módulo 70 (aproximadamente 800 mn) < la longitud de onda de centro del módulo 80 (aproximadamente 1200 mn). Por lo tanto, el sustrato de nitruro de aluminio 301 está dispuesto en la capa más inferior, el módulo de grupo de células 80 de Ge, el módulo de grupo de células 70 de Si, el módulo de grupo de células 100 de GaAlAs/GaAs, y el módulo de recepción de luz plano 50 de GaAsP/GaP están
30
35 estratificados secuencialmente y unidos con un adhesivo transparente, una cubierta de vidrio transparente 304 está situada en la capa que forma una superficie de recepción de luz para recibir la luz solar y está unida con un adhesivo transparente.

40 Los cables conductores de electrodo positivo/negativo 83, 84 del módulo 80, los cables conductores de electrodo positivo/negativo 73, 74 del módulo 70 los cables conductores de electrodo negativo/positivo 103, 104 del módulo 100, los cables conductores de electrodo positivo/negativo 57a, 58a del módulo 50 se extienden al exterior del módulo, respetivamente y construyen los respetivos circuitos de conexión en serie/paralelo (no mostrados).

45 En la batería solar 300, el módulo de recepción de luz plano 50 de GaAsP/GaP en el lado más incidente convierte fotoeléctricamente la luz de la región de longitud de onda corta, y la luz que se transmite al módulo 50 es fotoeléctricamente convertida por las células solares 40 de GaAlAs/GaAs del módulo situado debajo 100, la luz que se transmite al módulo 100 es fotoeléctricamente convertida por las células solares 10 de Si del módulo situado debajo 70, y la luz de longitud de onda larga que transite el módulo 70 es fotoeléctricamente convertida por las células solares 20 de Ge del módulo de grupo de células 80 de Ge.

50 Un sustrato de nitruro de amonio 301 revestido con una película reflectante de aluminio 302 está fijado debajo del módulo de grupo de células 80 por medio de adhesivo transparente. La película reflectante de aluminio 302 sirve como luz re-reflectante que pasa a través de las células solares superiores de luz reflejada dentro de los módulos para reducir una parte inutilizada de luz solar.

55 Como se ha descrito en base a la Fig. 15, la reflexión y dispersión de luz se producen entre las células solares 40, 10 y 20 de los módulos 100, 70 y 80 y también es incidental al lado inferior de las células solares y suministradas a la conversión fotoeléctrica. Como se ha escrito en base a la Fig. 16, la corriente de salida de los módulos 100, 70 y 80 es hecha igual que la corriente de salida del módulo 50, respetivamente. Por lo tanto, un número óptimo de conexiones en serie y un número de conexiones en paralelo en los circuitos de conexión en serie/paralelo de los módulos 100, 70 y 80 se establece de acuerdo con las características de salida de las respetivas células solares

40, 10 y 20.

5 En la batería solar estratificada 300 descrita anteriormente, son obtenidas básicamente las mismas ventajas de funcionamiento que en la batería solar estratificada 200, y las diferencias de la batería solar estratificada 200 son descritas de forma sencilla. La batería solar estratificada 300 puede ser construida de forma efectiva mediante el mejor uso del módulo de recepción de luz plano 50 hecho de un semiconductor compuesto de GaAsP que es difícil de construir en células solares esféricas y tiene bandas de longitud de onda de sensibilidad en la región del espectro de luz solar. Además, el efecto de confinar luz en la batería solar estratificada 300 se puede mejorar mediante una película anti-reflectante formada en el módulo de recepción de luz plano 50 de la capa superior.

10 En la realización y ejemplo descritos anteriormente, módulos de recepción de luz planos 60 y 50 fueron utilizados para la zona de alta energía en el lado de longitud de onda corta o la zona de baja energía en el lado de longitud de onda larga del espectro de luz solar.

15 En los módulos de célula solar que utilizan semiconductores compuestos para la realización de la conversión fotoeléctrica elevada en tal región de longitud de onda, no son necesariamente adoptadas células solares esféricas, módulos de recepción de luz planos fácilmente preparados son adaptados y favorables en términos de efectos de coste.

Una batería solar estratificada relacionada con otra realización que no está reivindicada se describe a continuación.

20 Como se muestra en la Fig. 20, y en la Fig. 21, la batería solar estratificada 400 tiene una estructura en la que dos tipos de módulos de célula solar cilíndricos 410 y 420 están densamente estratificados en forma de cilindros concéntricos, un cilindro transparente delgado 401 hecho de un vidrio transparente o una resina sintética está montado en la capa más exterior, y un cilindro transparente delgado similar 402 fabricado de un vidrio transparente o una resina sintética está montado en la capa más interior.

25 Un pasaje de fluido 403 está formado en el centro de la batería solar estratificada 400, cuyo calor es transferido a un líquido o gas que fluye a través del pasaje de fluido 403. El módulo de célula solar interior 410 es un módulo de grupo de células de Ge en el que múltiples células solares 20 de Ge están construidas con forma de cilindros formándolas en una pluralidad de columnas y una pluralidad de filas. El módulo de célula solar exterior 420 es un módulo de grupo de células de GaAlAs/GaAs en el que están construidas múltiples células solares 40 de GaAlAs/GaAs están construidas con forma de cilindros formándolas en columnas plurales y filas plurales, como con el módulo de grupo de células 100 de GaAlAs/GaAs.

30 En los módulos 410 y 420, cables conductores de electrodo positivo/negativo 404 y 405 sobresalen de ambos extremos de los módulos 410 y 420 al exterior, pero las disposiciones de células solares están deseablemente dispuestas de manera que una línea de electrodos de conexión positivo/negativo de células solares 20 y 80 está enfrentada a una dirección perpendicular a la dirección incidental de la luz solar.

35 En los módulos 410 y 420, múltiples células solares están conectadas en serie y en paralelo por medio de cables conductores de electrodo positivo/negativo 404 y 405, un circuito de conexión en serie/paralelo está construido de manera que equilibra las corrientes de salida de los módulos de células solares 410 y 420, y los módulos de células solares 410 y 420 están conectados en serie.

40 Cuando la luz del solar incidental llega del exterior, el módulo de grupo de células de Ge 410 que tiene una longitud de onda de centro larga de banda de longitud de onda de sensibilidad está dispuesto en el lado interior, y el módulo de grupo de células 420 de GaAlAs/GaAs que tiene longitud de onda de centro corta de banda de longitud de onda de sensibilidad está dispuesto en el lado exterior.

45 Aunque la batería solar estratificada 400 es una batería solar de estructura de dos capas que estratifica los módulos de grupo de células 410 y 420, es equivalente a la batería solar de una estructura de cuatro capas y ambos lados izquierdo y derecho de la batería solar 400 en la Fig. 21 son iguales a una batería solar de cuatro o más capas a la luz solar incidental como las fechas desde arriba, por lo tanto la luz solar tiene una mayor oportunidad de alcanzar las células solares, aumentando la eficiencia de conversión fotoeléctrica.

Además, en la batería solar estratificada 400, la forma externa es cilíndrica, y no tiene directividad a la dirección incidental de luz solar y es fácil de absorber la luz solar incidental desde varias direcciones. Además, se puede enfriar por medio de un fluido que pasa por el interior, aumentando la conversión fotoeléctrica, con durabilidad e inhibición del envejecimiento mejoradas.

50 Todavía más, una batería solar estratificada de estructura de dos capas fue descrita en este ejemplo, y también se pueden realizar baterías solares estratificadas de estructura de tres capas, estructura de cuatro capas, estructura de cinco capas provistas por la estratificación de tres o más tipos de módulos de células solares cilíndricos en forma de cilindros no concéntricos.

55 Se describe la modificación obtenida cambiando parcialmente la anterior realización o ejemplos. Las modificaciones 1] y 2] no forman parte de la invención.

- 5 1] Dos, tres o más tipos de módulos de células solares pueden ser incorporados en una batería solar estratificada pero es deseable que al menos un tipo de módulo de célula solar sea construido por módulos de grupo de células que tienen múltiples células solares y al menos un tipo de módulo de célula solar está construido por un módulo de recepción de luz plano. Cuanto más corta sea la longitud de onda de la banda de longitud de onda de sensibilidad, más cerca está dispuesto el módulo del lado incidental de la luz solar. Por ejemplo, están dispuestos un tipo de módulo de recepción de luz plano y un tipo de módulo de grupo de células, en donde un módulo de recepción de luz plano está dispuesto en la capa superior del lado incidental y un módulo de grupo de células está dispuesto en la capa inferior. Por el contrario, un módulo de grupo de células está dispuesto en la capa superior y un módulo de recepción de luz plano está dispuesto en la capa inferior.
- 10 2] El módulo de recepción de luz plano (módulo de célula solar) dispuesto en la capa superior está construido con un semiconductor que absorbe un rayo UV de un único cristal de nitruro de galio (GaN) o un único cristal de carburo de silicio (SiC), etc., en cuyo caso, un rayo ultravioleta de elevada energía puede ser utilizado de manera eficiente para generar electricidad. Por lo tanto, no solo la eficiencia de conversión fotoeléctrica de la batería solar estratificada se puede mejorar, sino también el envejecimiento del módulo de célula solar en la parte inferior se puede inhibir de forma efectiva debido a los rayos ultravioleta.
- 15 3] Las células solares también se pueden fabricar con diversos semiconductores capaces de conversión fotoeléctrica tal como semiconductores amorfos (por ejemplo, Si, etc.) semiconductores compuestos del Grupo III-V (por ejemplo, InGaN, InGaP, etc.), semiconductores compuestos II-VI (por ejemplo, ZnO, Cd-Te, etc.), semiconductores compuestos de calcogenuro (por ejemplo, CuInGaSe₂) incluyen elementos del Grupo VI (S, Se, Te, etc.).
- 20 4] Todos los módulos de célula solar que van a ser incorporados en una batería solar estratificada están construidos por módulos de grupo de células, y es deseable que una película reflectante o un miembro reflectante que tenga una función de reflejar la luz sea proporcionado en la parte inferior o el lado inferior del módulo de células solares en la capa más inferior.
- 25 5] Una lámina transparente flexible es aplicada en lugar de materiales duros, tales como la cubierta de vidrio transparente 76 y el sustrato de nitruro de aluminio 201 y 301, etc. para crear una batería solar estratificada flexible.
- 30 6] Un vidrio aislante transparente también puede ser adoptado en lugar de la resina sintética transparente 75a de los módulos 70, 80, 90 y 100.
- 35 7] El material de dispersión (filtro) tal como un vidrio transparente con un índice de refracción más elevado, TiO₂, etc. es mezclado en la parte de transmisión de luz de los módulos 70, 80, 90 y 100 para mejorar el rendimiento óptico de la parte de transmisión de luz.

40

REIVINDICACIONES

- 1.- Una batería solar estratificada (200) en la que están incorporados módulos de célula solar plurales (60, 70, 90, 100),
- 5 en la que se proporcionan cuatro tipos de módulos de célula solar (60, 70, 90, 100) que tienen diferentes bandas de longitud de onda de sensibilidad que están estratificados de manera que cuanto las corta es la longitud de onda de centro en dichas bandas de longitud de onda de sensibilidad, más cerca está situado dicho módulo (60, 70, 90, 100) de un lado incidental de la luz solar,
- 10 en donde dichos tipos de módulos de célula solar entre dichos cuatro tipos de módulos de célula solar (60, 70, 90, 100) están constituidos con módulos de grupos de células (70, 90, 100) estando cada uno compuesto por células solares granulares plurales (10, 30, 40) alineadas en columnas plurales y filas plurales, en donde dichas células solares granulares plurales (10, 30, 40) están embebidas dentro de un material de vidrio transparente o resina sintética (75a) en dichos módulos de grupo de células (70, 90, 100),
- 15 en donde dichas células solares granulares plurales (10, 30, 40) alineadas en columnas plurales y filas plurales en dichos módulos de grupo de células (70, 90, 100) están eléctricamente conectadas a través de cables conductores plurales (73, 74, 93, 94, 103, 104) que se extienden en una dirección columnar o en una dirección de fila y conducen al exterior de los módulos de grupo de células (70, 90, 100),
- 20 en donde se proporciona un circuito de conexión en serie (75, 95, 105, 205) para conectar eléctricamente dichos tipos plurales de módulos de células solares (60, 70, 90, 100), en donde dichos módulos de célula solar (60, 70, 90, 100) están construidos de manera que las máximas salidas de corriente de cada uno de dichos módulos de célula solar (60, 70, 90, 100) son casi iguales entre sí,
- 25 en donde un tipo de módulo de célula solar (60, 70, 90, 100) entre dichos cuatro tipos de módulos de célula solar está constituido por un módulo de recepción de luz plano (60) que tiene una unión pn común plana (65),
- 30 en donde dicho módulo de recepción de luz plano (60) está dispuesto en un lado opuesto al del lado incidental de luz solar de dichos módulos de grupo de células (70, 90, 100) y se proporciona un miembro reflectante (66) capaz de reflejar la luz solar de dicho módulo de recepción de luz plano.
- 35 2.- La batería solar estratificada (200) de acuerdo con la reivindicación 1, en la que el módulo de recepción de luz plano comprende un electrodo positivo (67), un electrodo negativo (68), un cable conductor positivo (67a) y un cable conductor negativo (68a), en donde el cable conductor positivo (67a) está conectado al electrodo positivo (67) y el cable conductor negativo (68a) está conectado a un electrodo negativo (68).
- 40 3.- La batería solar estratificada (200) de acuerdo con la reivindicación 1 o 2, en la que cada uno de dichos tres tipos de módulos de grupo de células (70, 90, 100) está provisto de un circuito de conexión en serie/paralelo para conectar dichas células solares granulares plurales en serie y en paralelo por medio de dichos cables conductores plurales (73, 74, 93, 94, 103, 104).
- 45 4.- La batería solar estratificada (200) de acuerdo con la reivindicación 1 o 2, en la que cada uno de dichos tres tipos de módulos de grupo de células (70, 90, 100) tiene dos capas de células solares granulares plurales (10, 30, 40) alineadas en columnas plurales y filas plurales en un plano, disponiéndose dichas células solares granulares (10, 30, 40) en dichas dos capas para aproximarse entre sí sin superposición en una vista en planta.
- 50 5.- La batería solar estratificada (200) de acuerdo con la reivindicación 1 o 2, en la que dicho miembro reflectante (66) está más alejado de dichos módulos de grupo de células (70, 90, 100) que dicha unión pn común plana (65).
- 55 6.- La batería solar estratificada (200) de acuerdo con la reivindicación 4, en la que cualquier módulo de célula solar (60, 70, 90, 100) excepto para un módulo de célula solar (90) en el lado más incidente en una dirección incidental de luz solar, en una superficie del mismo, está provisto de una película de espejo (66) que refleja una luz de bandas de longitud de onda de sensibilidad que se pueden absorber fácilmente por los módulos de célula solar (60, 70, 90, 100) encima de dicho cualquier módulo de célula solar (60, 70, 90, 100).
- 60 7.- La batería solar estratificada (200) de acuerdo con la reivindicación 4, en la que un miembro transparente hecho de material de vidrio o resina sintética transparente está fijado a una parte superior de dicho módulo de célula solar (60, 70, 90, 100) en el lado más incidente en la dirección incidental de la luz solar.
- 65 8.- La batería solar estratificada (200) de acuerdo con la reivindicación 1 o 2, en la que dichos tres tipos de módulos de grupo de células (70, 90, 100) tienen el primer al tercer módulo de grupo de células (70, 90, 100) estratificados secuencialmente desde un lado incidental del luz solar, estando dicho primer módulo de grupo de

5 células (90) provisto de células solares plurales (30), cada una de las cuales tiene una unión pn granular en una resina superficial de un cristal único de GaP granular (31), estando dicho segundo módulo de grupo de células (100) provisto de células solares plurales (40), cada una de las cuales tiene una unión pn granular sobre una resina de superficie de un único cristal granular de GaAs (41), y estando dicho tercer módulo de grupo de células (70) provisto de células solares plurales (10) cada una de las cuales tiene una unión pn granular en una resina de superficie de un único cristal granular (11) de Si.

10 9.- La batería solar estratificada (200) de acuerdo con la reivindicación 8, en la que dicho módulo de recepción de luz plano (60) tiene una unión pn común plana (65) formada en una capa de semiconductor de InGaAs que está formada en el sustrato semiconductor (61) de tipo n de InP.

15 10.- La batería solar estratificada (200) de acuerdo con la reivindicación 1 o 2, en la que ambos extremos de los cables conductores plurales (73, 74, 93, 94, 103, 104) se extienden al exterior del material de vidrio transparente o resina sintética (75a).

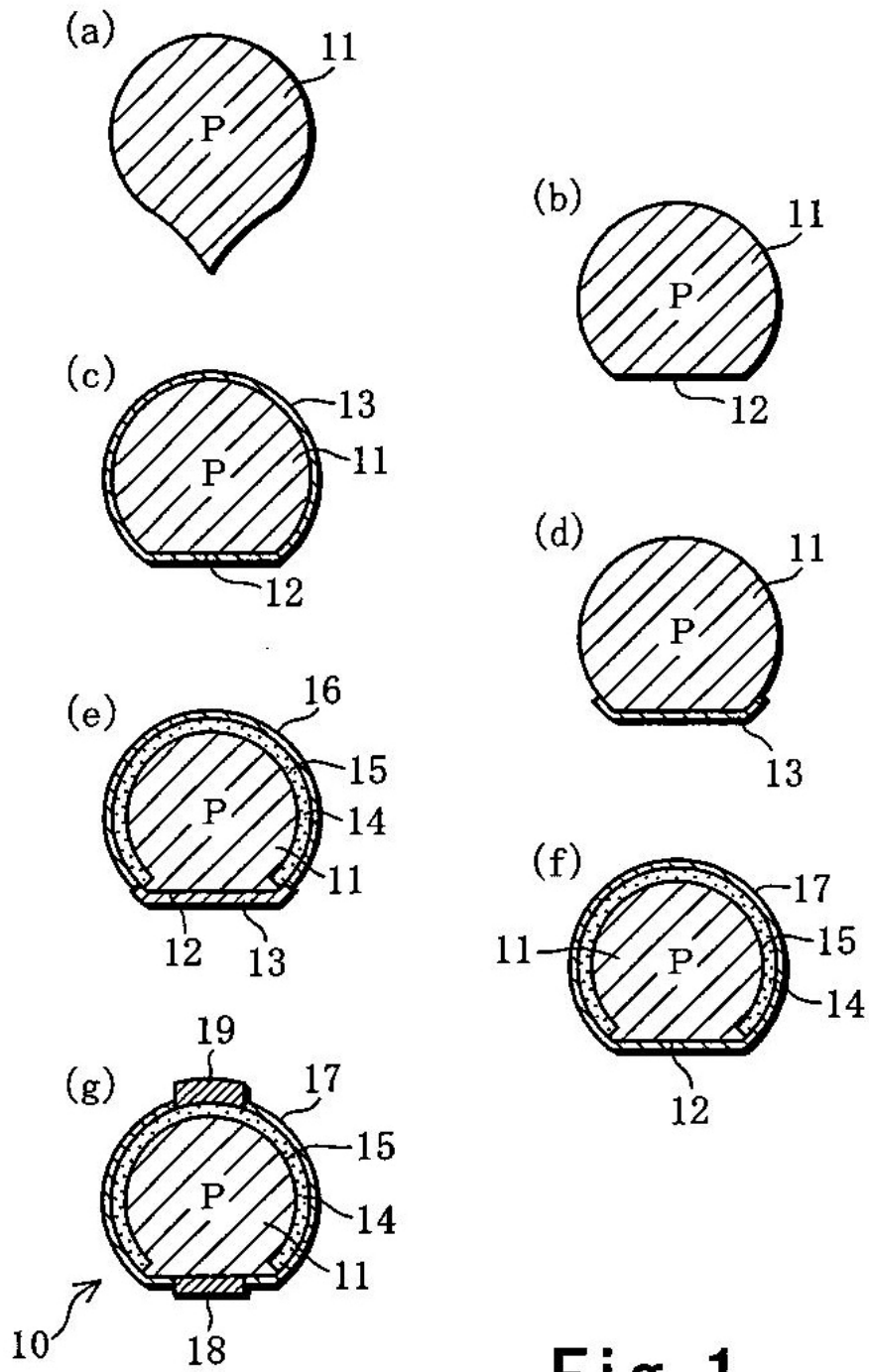


Fig. 1

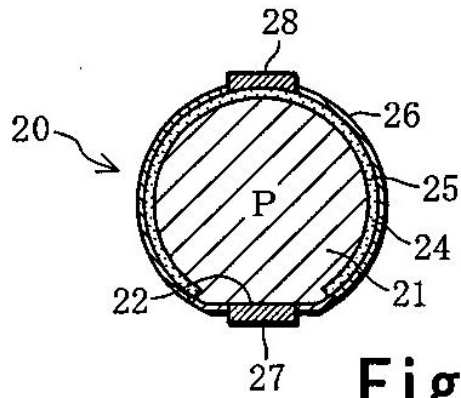


Fig. 2

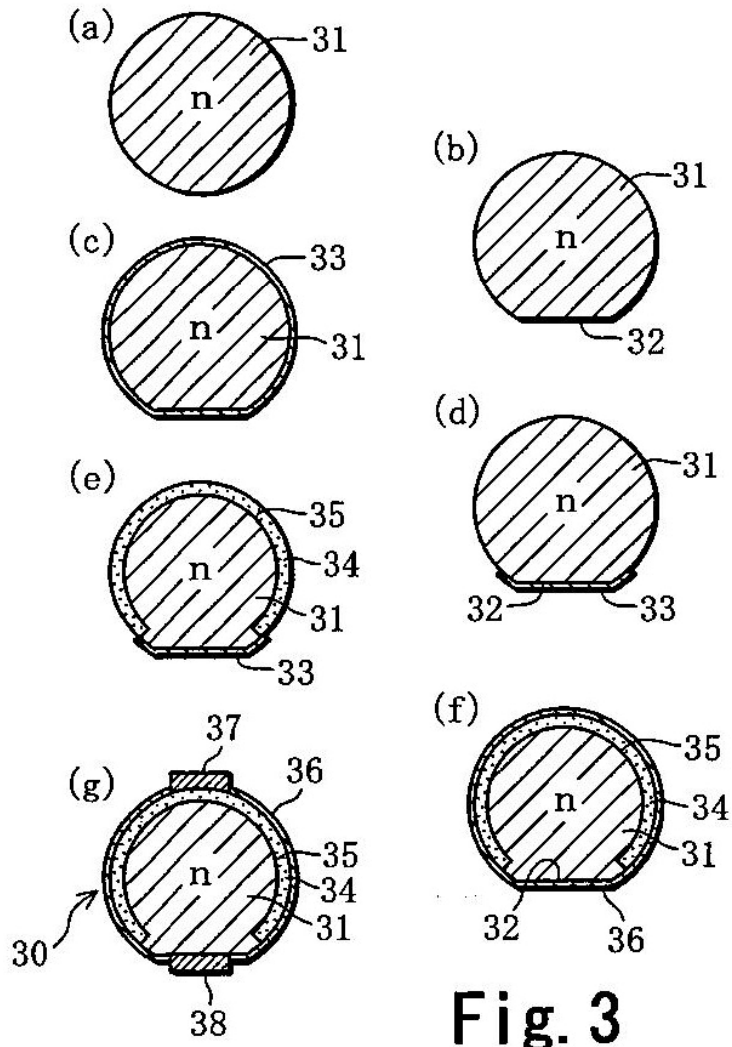


Fig. 3

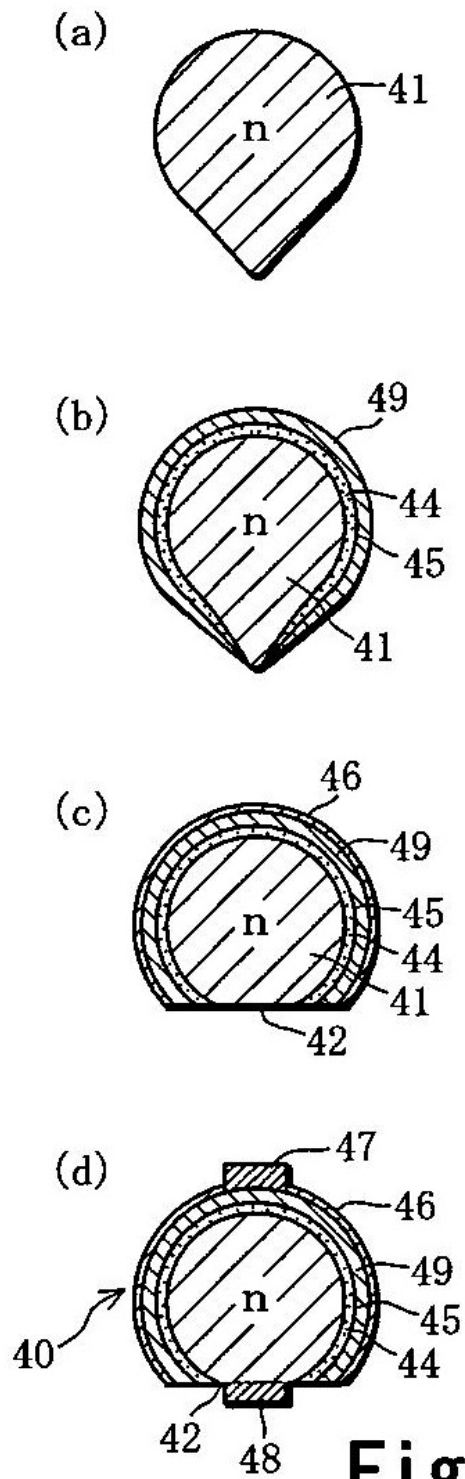
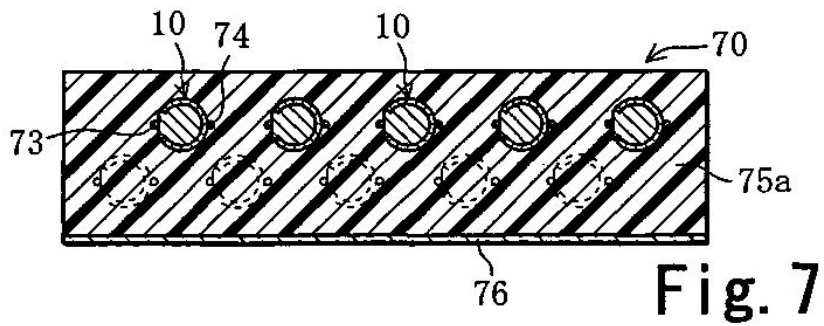
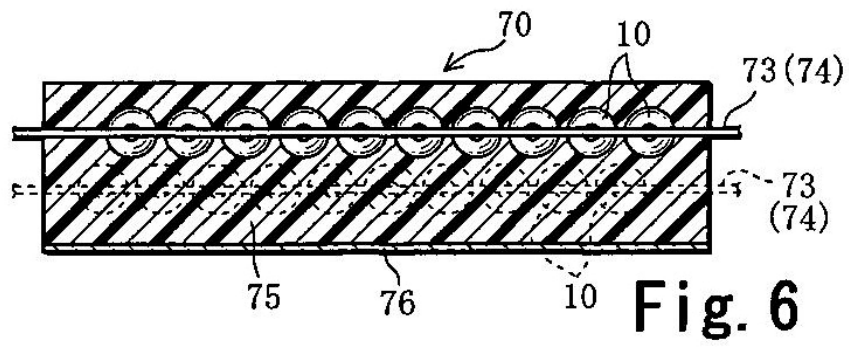
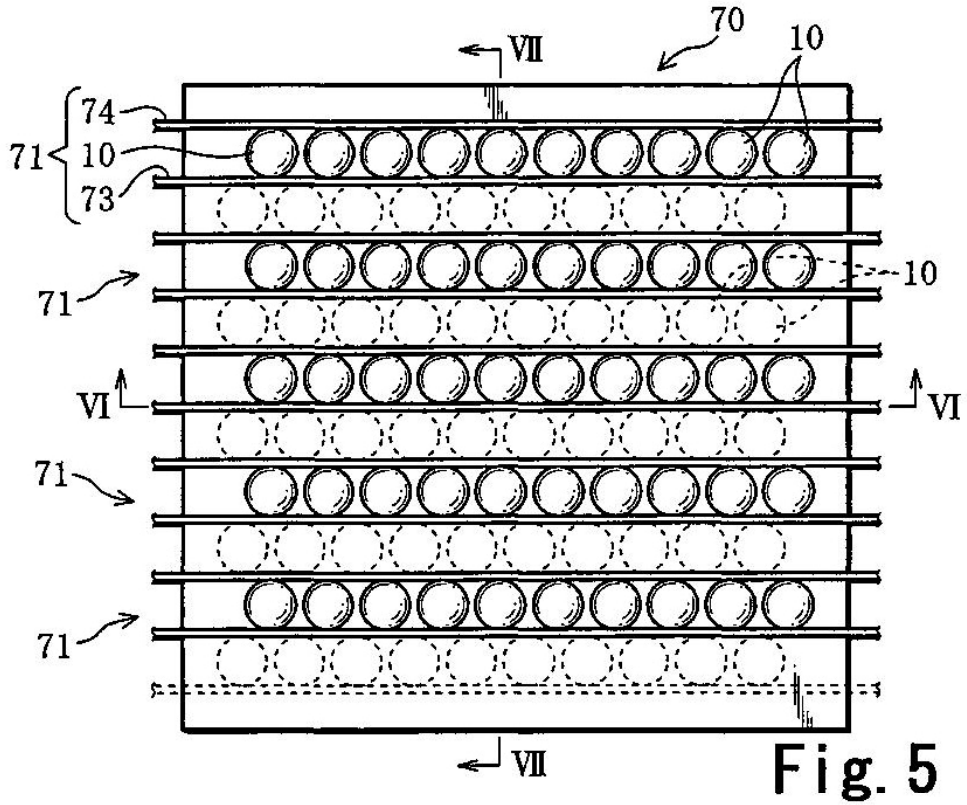


Fig. 4



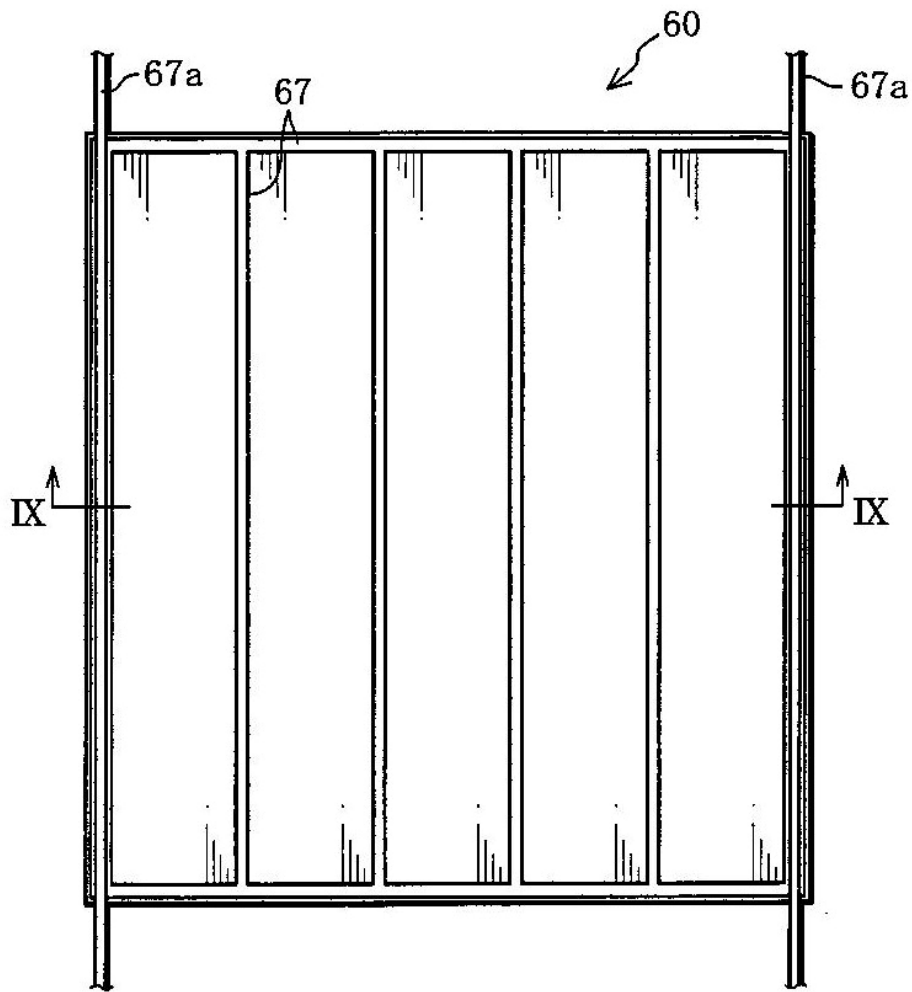


Fig. 8

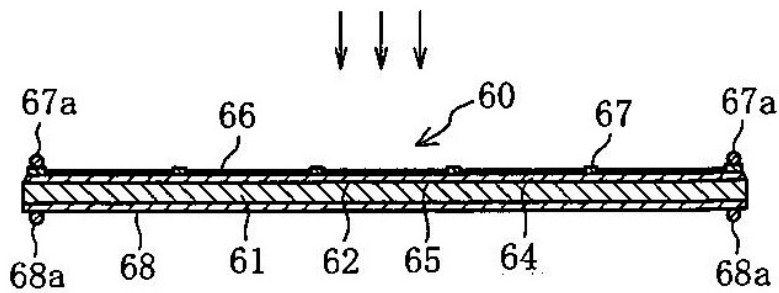


Fig. 9

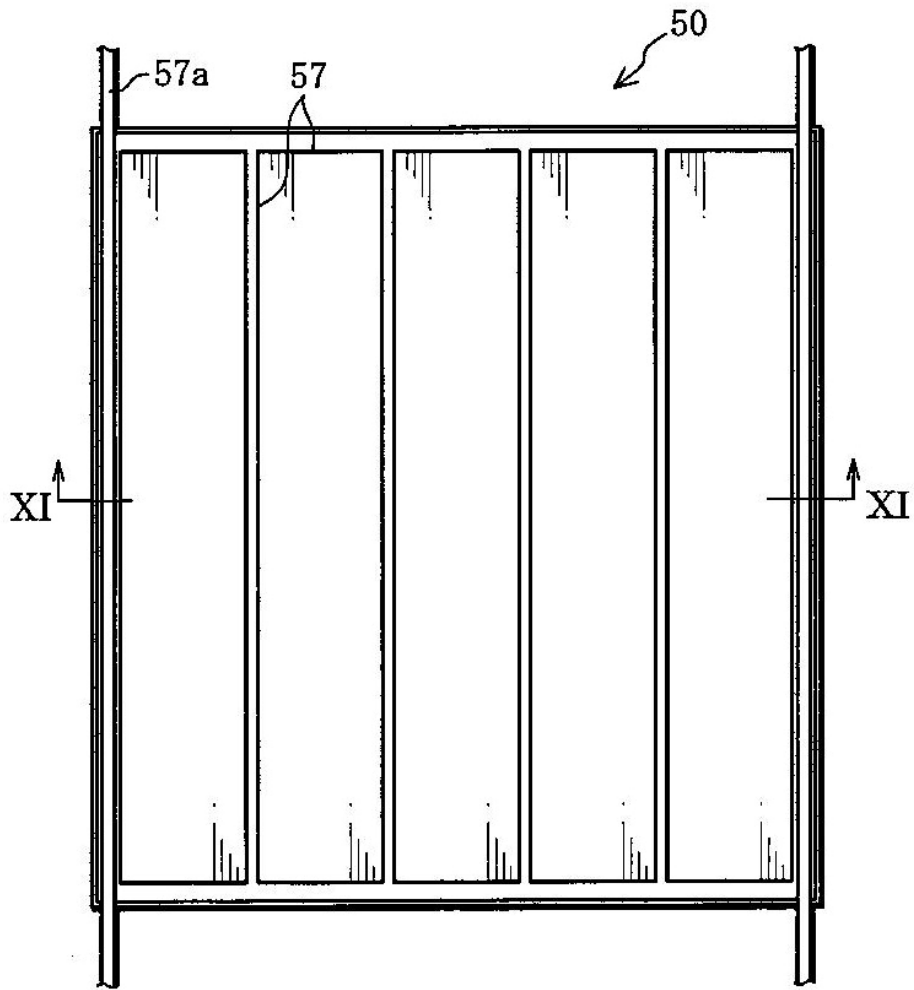


Fig. 10

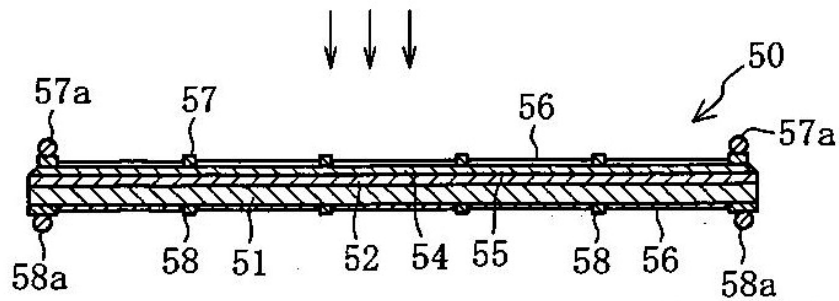


Fig. 11

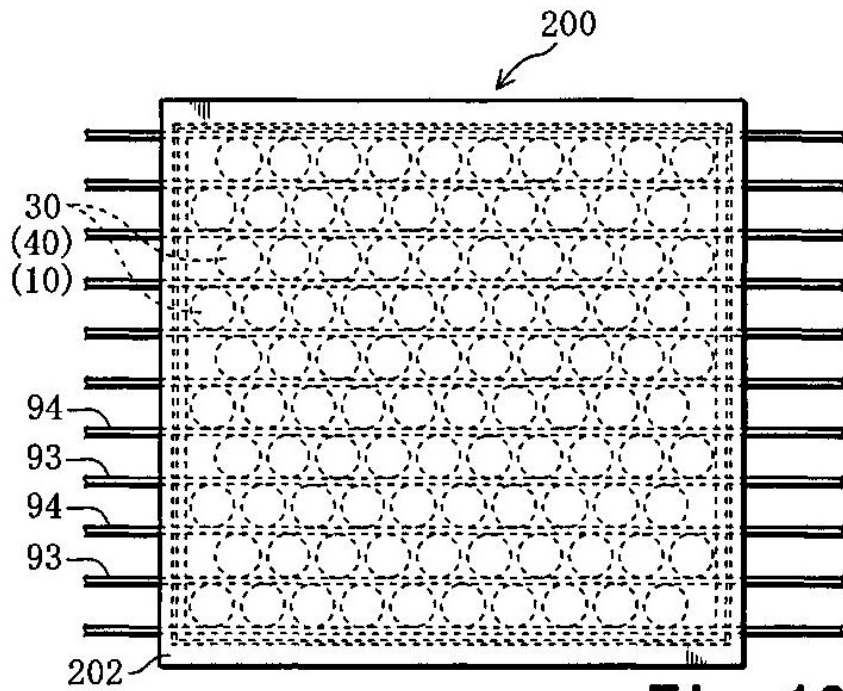


Fig. 12

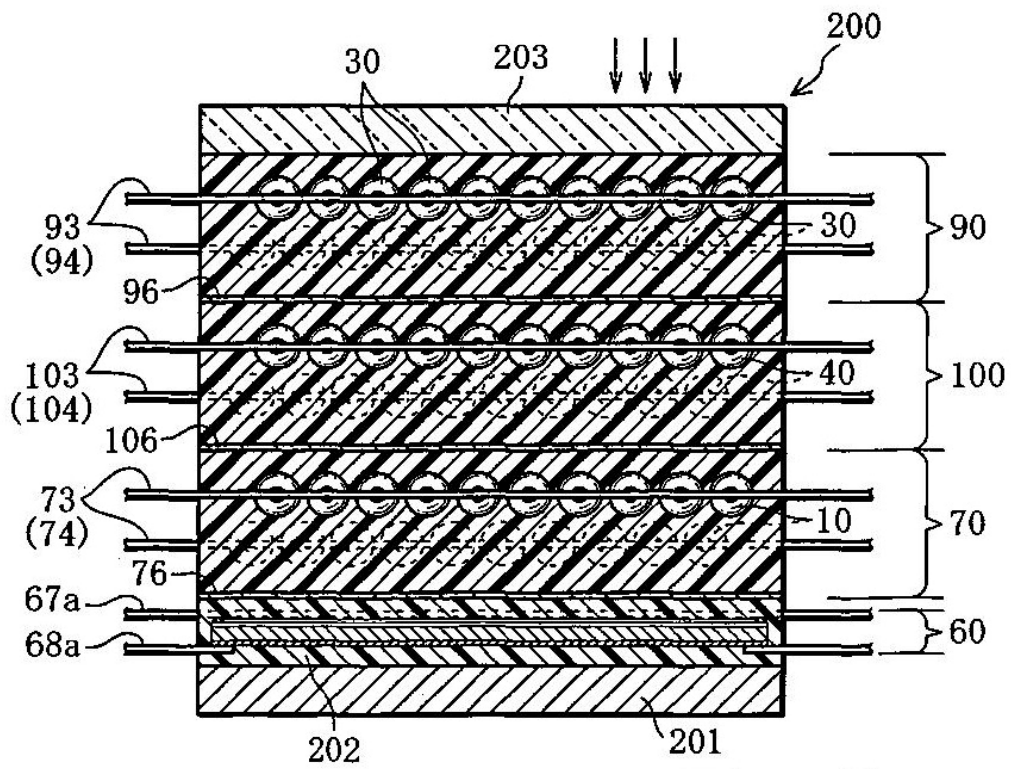


Fig. 13

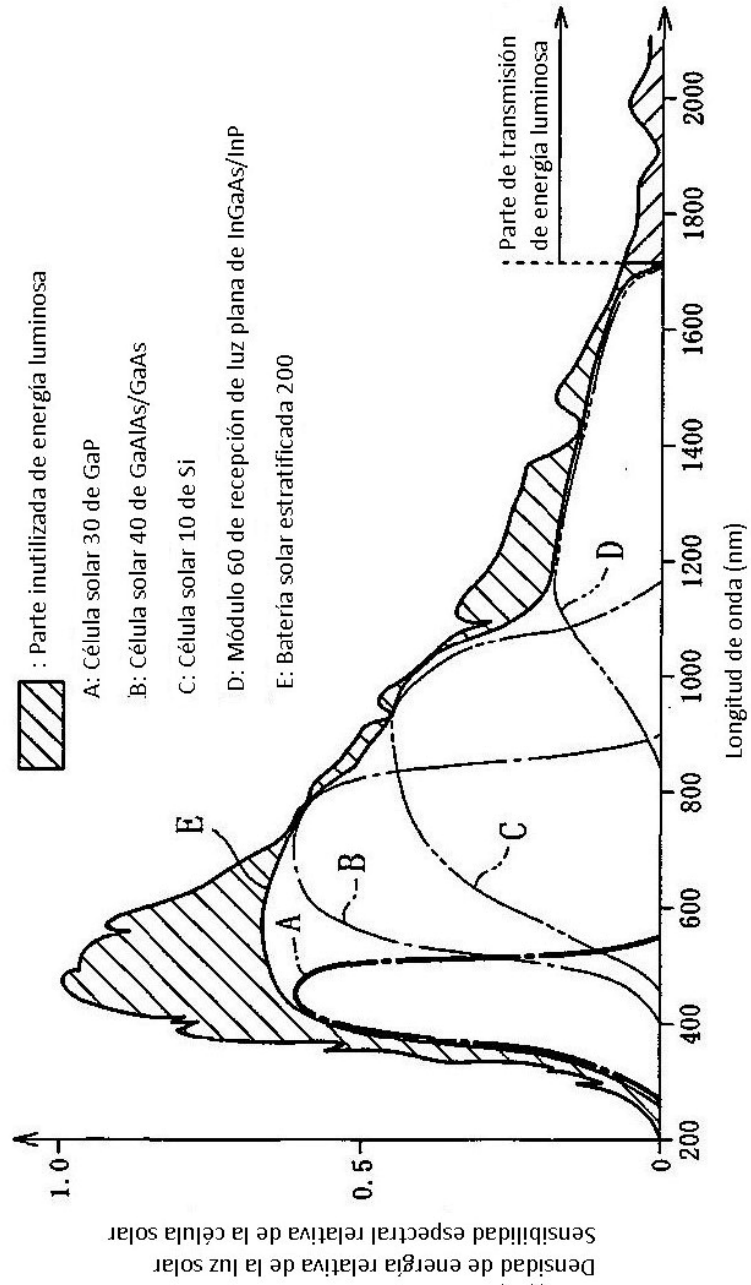


Fig. 14

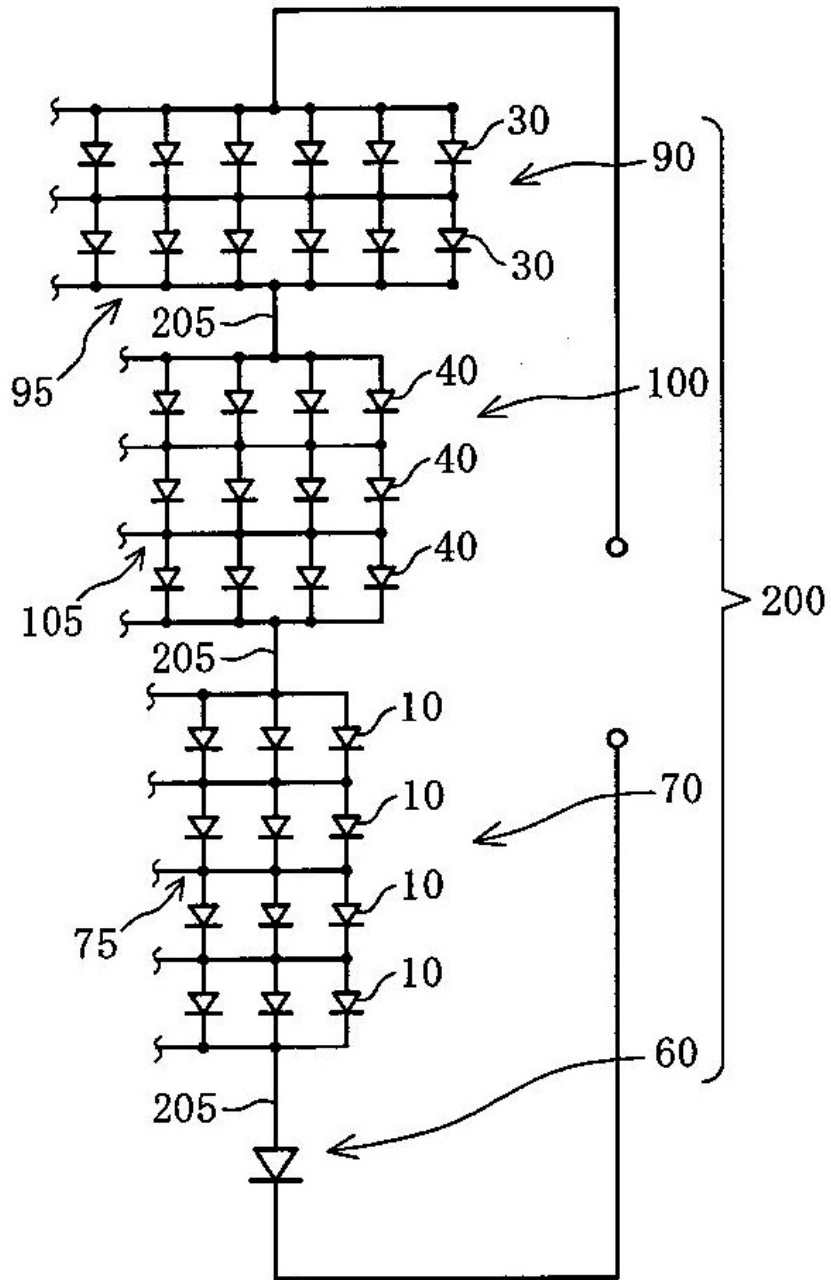
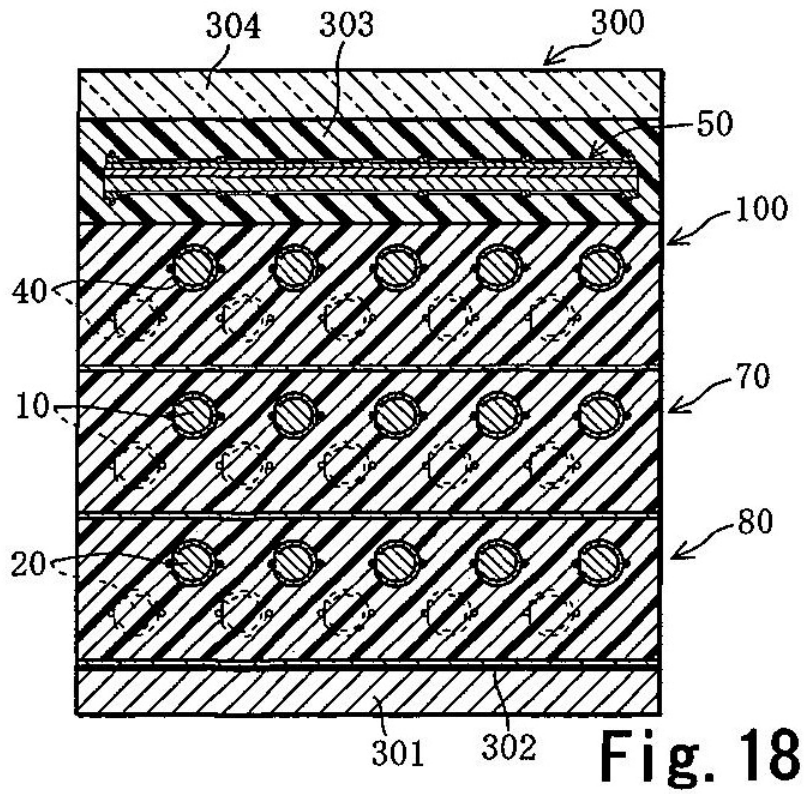
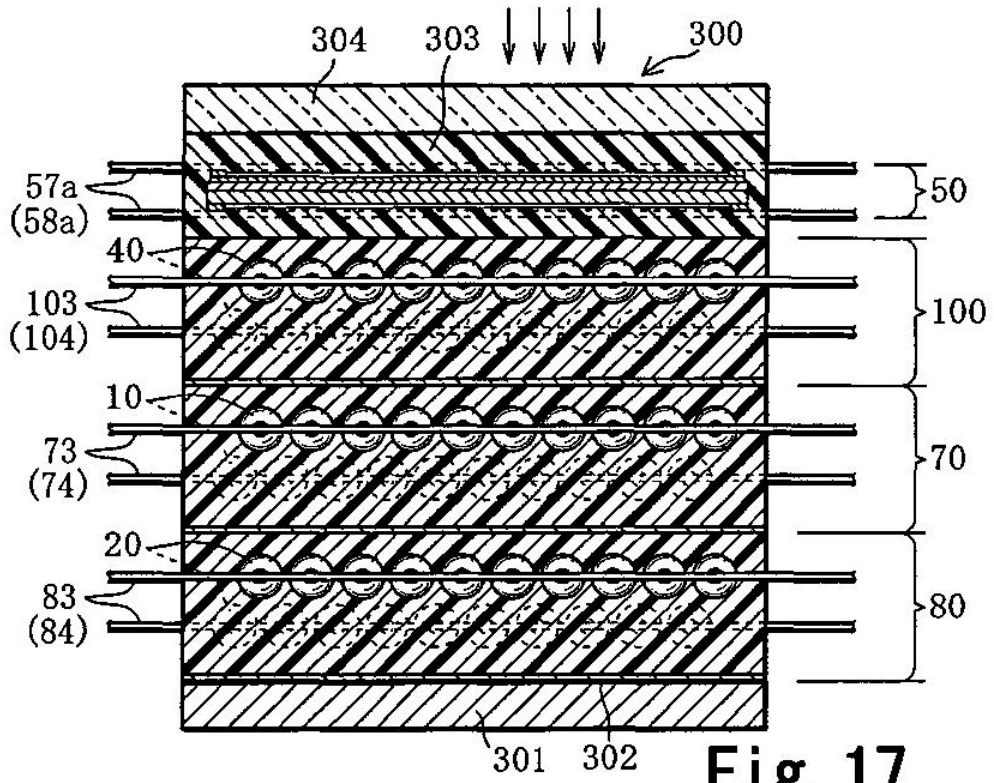


Fig. 16



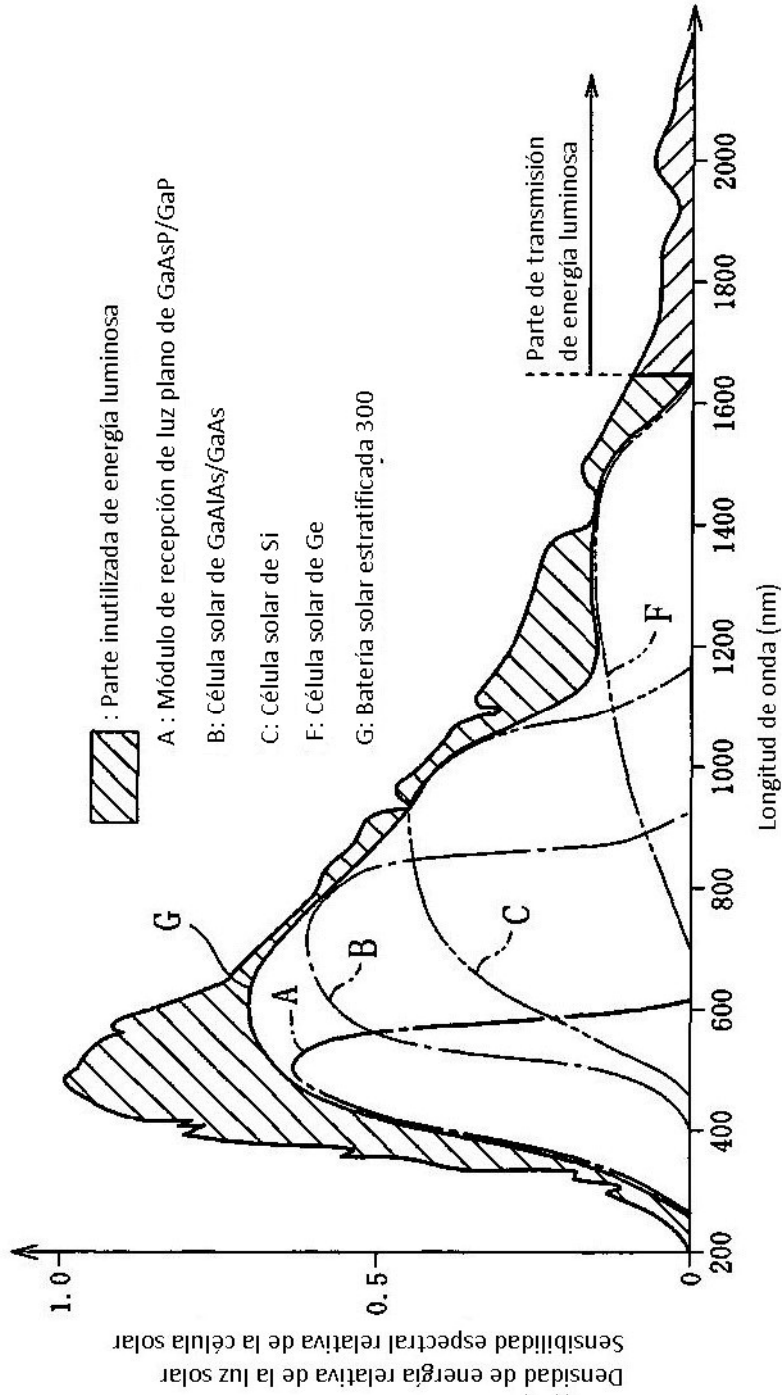


Fig. 19

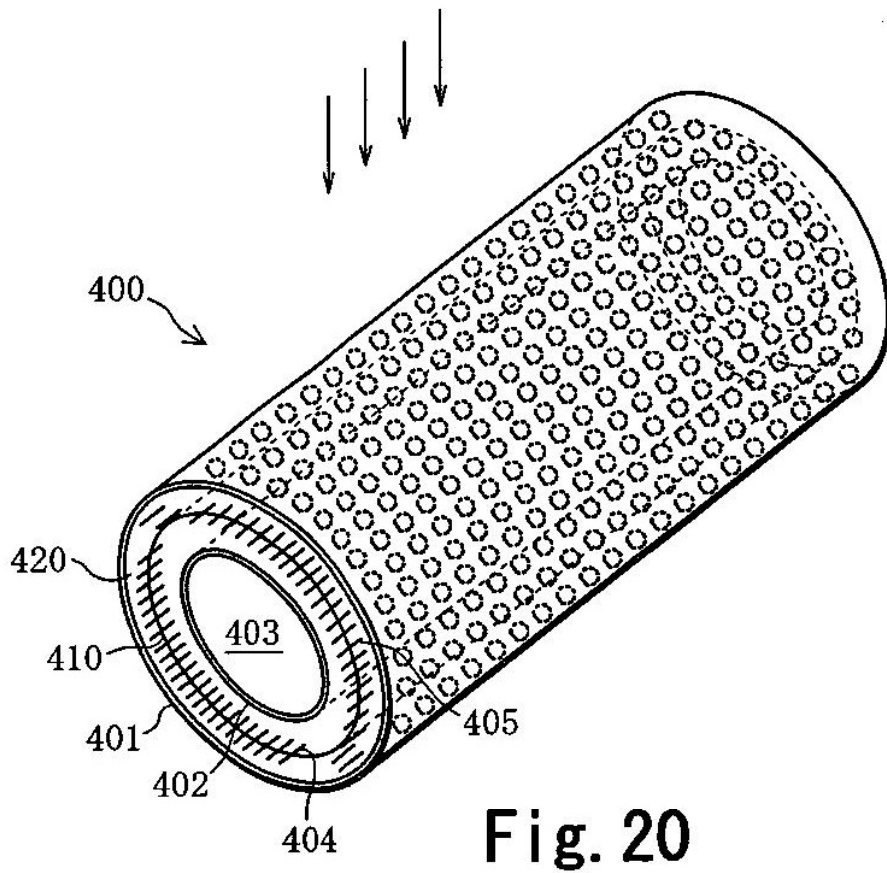


Fig. 20

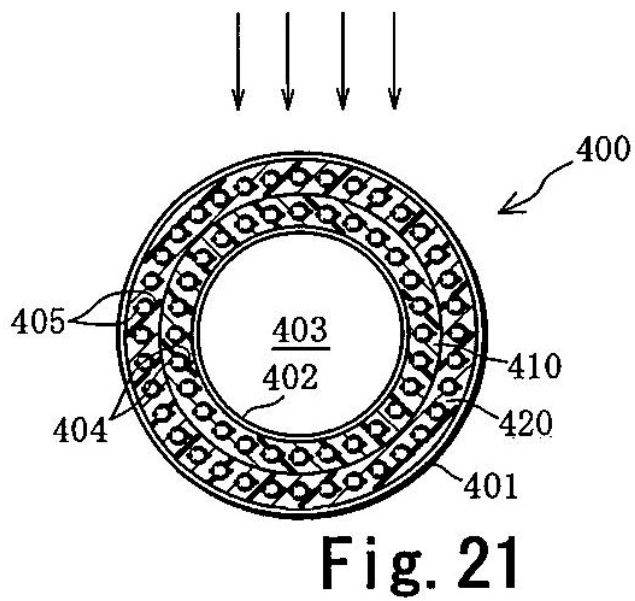


Fig. 21