

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 572 659**

51 Int. Cl.:

H01L 31/052 (2006.01)

H01L 31/048 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **20.05.2011** **E 11004201 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **09.03.2016** **EP 2388832**

54 Título: **Dispositivo fotovoltaico concentrador**

30 Prioridad:

21.05.2010 JP 2010117417

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
01.06.2016

73 Titular/es:

**DAIDO TOKUSHUKO KABUSHIKI KAISHA
(100.0%)
1-10, Higashisakura 1-chome Higashi-ku
Nagoya, Aichi, JP**

72 Inventor/es:

**NAGAI, HIROKAZU;
NAKATANI, TOMOKAZU y
TOKUYASU, DAICHI**

74 Agente/Representante:

VALLEJO LÓPEZ, Juan Pedro

ES 2 572 659 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

Dispositivo fotovoltaico concentrador

5 Campo técnico

La presente invención se refiere a un dispositivo fotovoltaico concentrador y más específicamente, a un dispositivo fotovoltaico concentrador que genera energía homogeneizando la luz solar de alta energía concentrada por un concentrador óptico (sistema óptico primario) con un homogeneizador (sistema óptico secundario) y emitiendo la luz solar homogeneizada a una célula de batería solar.

Antecedentes

Los generadores de energía solar se clasifican, a grandes rasgos, en un dispositivo fotovoltaico no concentrador que emite la luz solar a una célula de batería solar tal cual y un dispositivo fotovoltaico concentrador que emite la luz solar, que se concentra por un concentrador óptico, a una célula de batería solar. En el caso del dispositivo fotovoltaico concentrador, una célula de batería solar puede fabricarse pequeña. Por consiguiente, incluso si se usa una célula cara con buena eficiencia de conversión, el efecto en el coste de fabricación de la energía eléctrica es leve. Por lo tanto, el dispositivo fotovoltaico concentrador es ventajoso por que puede generarse una energía eléctrica de bajo coste de manera eficiente.

La luz concentrada por el concentrador óptico tiene una alta intensidad en su centro y una baja intensidad en su periferia. Incluso si tal luz se emite directamente a una célula de batería solar, no es posible obtener una eficiencia de generación de alta energía. Por lo tanto, en el dispositivo fotovoltaico concentrador, se proporciona en general un elemento óptico de columna o trapezoidal (ahusado) denominado un homogeneizador inmediatamente por encima de la célula de batería solar. El homogeneizador sirve para homogeneizar la energía luminosa realizando repetidamente la reflexión total de la luz solar de alta energía, que se concentra por el concentrador óptico, en la superficie lateral. En general, se usa un vidrio con una alta transmitancia de luz para el homogeneizador. En particular, se usa un vidrio que contiene sodio, tal como un vidrio de borosilicato y un vidrio de silicato, para el homogeneizador ya que es un material de uso múltiple y barato y puede procesarse fácilmente.

Además, una célula de batería solar se deteriora fácilmente por la humedad. Por ejemplo, el semiconductor compuesto del grupo III-V representado como InGaP/InGaAs/Ge se activa en comparación con un semiconductor basado en silicio cristalino. Por lo tanto, una célula de batería solar que usa el semiconductor compuesto del grupo III-V se deteriora notablemente por la humedad. Además, se proporciona en general una película antireflexión en la superficie de una célula de batería solar. Sin embargo, la película antireflexión puede modificarse si la película antireflexión entra en contacto con la humedad. Además, el sodio contenido en el homogeneizador puede disolverse en agua condensada y los iones de sodio pueden alcanzar la célula de batería solar a través de la humedad. Los iones de sodio que alcanzan la célula de batería solar han acumulado un potencial eléctrico negativo de la superficie de la célula de batería solar, lo que resulta en una reducción de la eficiencia de generación de energía. Por lo tanto, con el fin de mejorar la durabilidad del dispositivo fotovoltaico concentrador, es necesario proteger la célula de batería solar de la humedad.

Se han hecho varias propuestas con respecto a un método de protección de una célula de batería solar de la humedad.

Por ejemplo, el documento de patente 1 desvela una unidad de generación de energía solar del tipo de concentración que usa un material que contiene un 10 % en peso o más de una resina de silicona fluorada como una resina de sellado (sellador) que cubre el elemento óptico de columna (homogeneizador) y la célula de batería solar orientada hacia la superficie inferior.

El documento de patente 1 desvela también los siguientes puntos.

(a) Si se usa un material que contiene un 10 % en peso o más de resina de silicona fluorada como una resina de sellado, la permeación del vapor se suprime debido a la propiedad de baja transmisión de vapor de la resina de silicona fluorada.

(b) Una película delgada, que se forma de resina fluorada (índice de refracción: 1,34) con un espesor de aproximadamente 10 nm a 20 nm y que funciona como un elemento protector o una película repelente al agua, puede formarse en la superficie lateral del homogeneizador.

Además, el documento de patente 2 desvela un dispositivo fotovoltaico concentrador en el que se proporciona una resina transparente entre la superficie inferior del elemento óptico de columna y la célula de batería solar y que incluye un elemento de blindaje de luz para bloquear la luz solar de la resina transparente.

El documento de patente 2 desvela también los siguientes puntos.

(a) Ya que la fotodegradación de la resina transparente se suprime por el elemento de blindaje de luz, se suprime el deterioro de la batería solar, provocado por la penetración de la humedad.

(b) Una película delgada, que se forma de resina fluorada (índice de refracción: 1,34) con un espesor de aproximadamente 10 nm a 20 nm y que funciona como un elemento protector o una película repelente al agua, puede formarse en la superficie lateral del homogeneizador.

El documento de patente 3 desvela, véanse las figuras 4 y 5, un dispositivo fotovoltaico concentrador que comprende un concentrador óptico, una célula solar, un homogeneizador (210), un sellador (220) y una capa de prevención de transmisión de luz (espacio de aire 225). En el documento de patente 3 el sellador (220) es opaco, de manera que se produce una pérdida de luz en la superficie de contacto entre el sellador y el homogeneizador.

Ya que la resina de sellado o la resina transparente para proteger una célula de batería solar se expone a un ambiente severo del dispositivo fotovoltaico concentrador, la resistencia térmica y la resistencia a la intemperie son necesarias. Los materiales que contienen resina de silicona como material base se usan actualmente para estos fines. En general, la resina de silicona tiene una buena resistencia a la intemperie. Sin embargo, ya que se usa en una zona en contacto con un ambiente severo, no es posible garantizar la suficiente resistencia a la intemperie solo a través de la resina de silicona. Por lo tanto, un material obtenido sumando un material de relleno (por ejemplo, un compuesto de vidrio) para aumentar la resistencia a la intemperie de la resina de silicio se usa en general como la resina de sellado.

El índice de refracción de la resina de silicona que contiene el compuesto de vidrio es de aproximadamente 1,5, que está cerca del índice de refracción (aproximadamente 1,6) de un homogeneizador. Si la periferia de un homogeneizador está cubierta con un sellador formado de un material con tal un relativamente alto índice de refracción, el ángulo crítico de la reflexión total de la luz de la parte se hace mayor que el ángulo crítico de una parte que no está cubierta con el sellador.

Por otro lado, cuando la forma del homogeneizador es una forma trapezoidal con una zona de sección más pequeña en el lado de la célula de batería solar, el ángulo de incidencia de la luz (el ángulo entre la dirección de línea normal de la superficie de reflexión y la dirección de incidencia de la luz) se hace pequeño cuando se repite la reflexión. En consecuencia, si la superficie lateral inferior del homogeneizador se sella con un material de alto índice de refracción, la probabilidad de que el ángulo de incidencia llegue a ser igual a o más pequeño que el ángulo crítico (es decir, la probabilidad de que la luz se escape) es mayor cerca de la superficie lateral inferior del homogeneizador.

Con el fin de resolver este problema, puede considerarse el uso de un material con un índice de refracción relativamente bajo como el sellador. Sin embargo, no hay un material conocido que tenga un índice de refracción bajo y sea excelente en resistencia térmica y resistencia a la intemperie.

[Documento de la técnica relacionada]

[Documento de patente]

[Documento de Patente 1] JP-A-2007-201109
 [Documento de Patente 2] JP-A-2006-313809
 [Documento de Patente 3] US 2009/101207 A1

Sumario

Con el fin de resolver el problema descrito anteriormente, es un objeto de la presente invención proporcionar un dispositivo fotovoltaico concentrador tanto con una alta eficacia de conversión como una alta resistencia a la intemperie.

De acuerdo con un aspecto de la presente invención, se proporciona un dispositivo fotovoltaico concentrador que comprende: un concentrador óptico para concentrar la luz solar; una célula de batería solar; un homogeneizador que se proporciona por encima de la célula de batería solar de manera que una superficie inferior del mismo se orienta hacia la célula de batería solar y que guía la luz solar concentrada por el concentrador óptico hasta la célula de batería solar; un sellador que cubre una superficie lateral de una parte inferior del homogeneizador y la célula de batería solar; y una capa de prevención de transmisión de luz dispuesta entre el sellador y el homogeneizador, en el que el homogeneizador tiene una forma trapezoidal en el que una zona de sección en el lado del concentrador óptico es mayor que una zona de sección en el lado de la célula de batería solar, se satisface una relación de $n_h > n_f > n_t$ entre un índice de refracción n_h del homogeneizador, un índice de refracción n_f del sellador, y un índice de refracción n_t de la capa de prevención de transmisión de luz, un espesor (H) de la capa de prevención de transmisión de luz es igual a o mayor de 0,1 mm e igual a o menor de 1,2 mm, y se satisface una relación de $0,5 \leq b/a < 1,0$ entre una altura (b) de la capa de prevención de transmisión de luz y una altura (a) del sellador en una posición en la que se forma la capa de prevención de transmisión de luz.

Si se usa un material de alto índice de refracción como el sellador que cubre la superficie lateral inferior de un homogeneizador trapezoidal y una célula de batería solar, se obtiene una alta resistencia a la intemperie. Además, si se proporciona una capa de prevención de transmisión de luz con un índice de refracción predeterminado n_t , un espesor H, y una altura b entre el sellador y el homogeneizador, puede suprimirse la fuga de la luz desde la superficie lateral inferior del homogeneizador. Como resultado, la eficiencia de conversión puede mejorarse sin reducir la resistencia a la intemperie.

Breve descripción de los dibujos

Se describirán aspectos ilustrativos de la invención en detalle con referencia a las siguientes figuras en las que:

La figura 1 es una vista en sección esquemática que muestra un dispositivo fotovoltaico concentrador de acuerdo con una realización de la presente invención;

La figura 2 es una vista que muestra la relación entre el número de veces de la medición de una célula de batería solar y una corriente de cortocircuito relativa;

La figura 3 es una vista que muestra la relación entre el espesor H de una capa de prevención de transmisión de luz y la cantidad de aumento relativo en una corriente de cortocircuito; y

La figura 4 es una vista que muestra la relación entre la proporción b/a de la altura "b" de la capa de prevención de transmisión de luz con la altura "a" del sellador y la cantidad de aumento relativo en una corriente de cortocircuito.

Descripción detallada de las realizaciones a modo de ejemplo de la presente invención

En lo sucesivo en el presente documento, se describirá en detalle una realización de la presente invención.

[1. Dispositivo fotovoltaico concentrador]

La figura 1 es una vista en sección esquemática que muestra un dispositivo fotovoltaico concentrador de acuerdo con una realización de la presente invención. En la figura 1, un generador de energía solar 10 incluye un concentrador óptico 12, una célula de batería solar 14, un homogeneizador 16, un sellador 18, y una capa de prevención de transmisión de luz 20.

[1.1. Concentrador óptico]

El concentrador óptico 12 es (sistema óptico primario) para concentrar la luz solar y emitir la luz solar concentrada a la célula de batería solar 14. Un método que usa una lente de concentración, tal como una lente de Fresnel, y un método que usa un reflector de concentración, tal como un espejo cóncavo, se conocen como unos métodos de concentración. En la presente invención, cualquier método puede usarse.

En el ejemplo mostrado en la figura 1, el concentrador óptico 12 está formado por una lente de concentración. La lente de concentración es ventajosa por que es segura contra el polvo o la suciedad, excelente en durabilidad, fácil en la radiación térmica, y similares. El concentrador óptico 12 se fija por encima de la célula de batería solar 14 usando un medio de soporte (no mostrado).

[1.2. Célula de batería solar]

La célula de batería solar 14 es una célula para convertir la luz emitida en energía eléctrica. En la presente invención, ni la estructura de la célula de batería solar 14 ni el material usado para formarla se limita específicamente, y es posible usar células con diversas estructuras y materiales.

En general, una célula de batería solar tiene una estructura en la que un electrodo inferior, una capa semiconductor que muestra un efecto fotovoltaico, y un electrodo superior se laminan en este orden. Una película antireflexión puede formarse en la superficie de la capa de semiconductor. Como materiales para la capa de semiconductor se conocen, por ejemplo, el silicio cristalino y el semiconductor compuesto del grupo III-V representado como InGaP/InGaAs/Ge.

Una célula de batería solar se fija en general en un sustrato, y diversos tipos de componentes necesarios para la generación de energía de la célula de batería solar se proporcionan en el sustrato. En el ejemplo mostrado en la figura 1, una capa de aislamiento 24 y una placa 26 están formadas en un sustrato 22 en ese orden, y la célula de batería solar 14 se fija en la placa 26 con un electrodo de plomo 28 interpuesta entre las mismas.

El sustrato 22 sirve para soportar los componentes, tales como la célula de batería solar 14. El material para el sustrato 22 no está limitado específicamente, y pueden usarse diversos materiales. Ejemplos del material para el sustrato 22 incluyen aluminio, cobre, y similares. El concentrador óptico 12 se fija al sustrato 22, o el sustrato 22 se fija a un bastidor fijo (no mostrado).

La capa de aislamiento 24 sirve para aislar un electrodo de plomo 28, que está conectado a un electrodo inferior (no mostrado) de la célula de batería solar 14, y el otro electrodo de plomo (no mostrado), que está conectado a un electrodo superior (no mostrado) de la célula de batería solar 14. Diversos tipos de materiales de aislamiento pueden usarse para la capa de aislamiento 24. Ejemplos del material para la capa de aislamiento 24 incluyen (a) un material de resina en el que se distribuyen fibra de vidrio, polvo de alúmina, y similares (b) unas cerámicas con alta conductividad térmica, tal como la alúmina.

La placa 26 sirve para irradiar el calor de la célula de batería solar 14 y para reforzar la célula de batería solar 14. La placa 26 se proporciona entre la capa de aislamiento 24 y el electrodo de plomo 28. Diversos materiales con alta conductividad térmica pueden usarse para la placa 26. Ejemplos del material para la placa 26 incluyen aluminio, cobre, y similares.

[1.3. Homogeneizador]

El homogeneizador (sistema óptico secundario) 16 sirve para guiar la luz solar concentrada por el concentrador óptico 12 hacia la célula de batería solar 14. Además, el homogeneizador 16 sirve para homogeneizar la energía luminosa realizando repetidamente la reflexión total de la luz guiada en la superficie lateral. El homogeneizador 16 se erige derecho por encima de la célula de batería solar 14 de tal manera que la superficie inferior se orienta hacia la célula de batería solar 14.

En la presente invención, el homogeneizador 16 tiene una forma trapezoidal en la que la zona de sección en el lado del concentrador óptico 12 es mayor que la del lado de la célula de batería solar 14. La forma de sección del homogeneizador 16 no está limitada específicamente y puede ser cualquiera de entre las formas circular, elíptica, y poligonal. El ángulo de la superficie lateral del homogeneizador 16 (o el ángulo de vértice cuando el homogeneizador 16 se supone que es un cono) no está limitado específicamente, y pueden seleccionarse diversos tipos de ángulos de acuerdo con el fin.

En el dispositivo fotovoltaico concentrador 10, es necesario hacer que la célula de batería solar 14 gire exactamente en la dirección del sol todo el tiempo con el fin de inclinar la luz solar con el concentrador óptico 12. Por esta razón, el dispositivo fotovoltaico concentrador 10 incluye en general un dispositivo de seguimiento para hacer girar la célula de batería solar 14 en la dirección del sol. Sin embargo, cuando la forma del homogeneizador 16 es una forma de columna, la eficiencia de conversión se reduce significativamente si se produce un error de seguimiento. Por otra parte, cuando el homogeneizador 16 se fabrica para que tenga una forma trapezoidal, hay una ventaja por que la eficiencia de conversión no se reduce incluso si se produce un ligero error de seguimiento.

Un material con una alta transmitancia de luz se usa para el homogeneizador 16. Ejemplos del material del homogeneizador 16 incluyen (a) un vidrio que contiene sodio, tal como un vidrio de borosilicato y un vidrio de silicato (b) un vidrio de aluminosilicato y un vidrio de bario potasio sodio. Especialmente, el vidrio que contiene sodio es adecuado como un material del homogeneizador 16, ya que es barato y puede procesarse fácilmente.

El índice de refracción n_h del homogeneizador 16 necesita cumplir unas condiciones predeterminadas. Estas se describirán más adelante.

Pueden formarse diversos tipos de películas alrededor del homogeneizador 16 cuando sea necesario. Por ejemplo, puede formarse una película antirreflexión en la superficie superior (superficie de incidencia de luz) del homogeneizador 16. Ejemplos de la película antirreflexión incluyen (a) una película antirreflexión de TiO_2/Al_2O_3 , con una estructura de múltiples capas de alúmina y titania, (b) una película antirreflexión que incluye una capa de fluoruro de magnesio o una capa de fluoruro de calcio.

Además, una película de protección para prevenir la permeación de la humedad puede proporcionarse en la interfaz entre el homogeneizador 16 y la célula de batería solar 14. En este caso, la película de protección puede estar formada de un material diferente de la capa de prevención de transmisión de luz 20, que se describirá más adelante, o puede estar formada integralmente en la superficie lateral inferior y en la superficie inferior del homogeneizador 16 usando el mismo material que la capa de prevención de transmisión de luz 20 como se muestra en la figura 1. En el caso de formar la capa de prevención de transmisión de luz 20 solo en la superficie lateral inferior del homogeneizador 16, es preferible proporcionar una película de protección en la superficie inferior del homogeneizador 16.

Es preferible usar un material, que sea alto en la transmisión de luz y en la resistencia térmica, para la película de protección. En el caso de formar una película de protección por separado de la capa de prevención de transmisión de luz 20, los ejemplos del material de la película de protección incluyen una resina de silicio de tipo gel, una película de resina acrílica, y similares.

[1.4. Sellador]

El sellador 18 es para cubrir la superficie lateral inferior del homogeneizador 16 y una parte expuesta de la célula de batería solar 14. Ya que el sellador 18 necesita prevenir la penetración de humedad en la célula de batería solar 14 durante un largo período de tiempo, es necesario usar un material con una alta resistencia térmica y resistencia a la intemperie. Los ejemplos del material del sellador 18 incluyen (a) una resina de silicio que contiene polvo de vidrio, (b) una goma RTV autoadhesiva llenada con polvo de material inorgánico blanco y opaco que tiene una alta conductividad térmica y una alta reflectividad de la luz (por ejemplo, carbonato de calcio, óxido de titanio, alúmina de alta pureza, óxido de magnesio de alta pureza, óxido de berilio y nitruro de aluminio), (c) el material obtenido sumando un 10 % en peso o más de una resina de silicona fluorada al material de (b), y d) una resina epoxy. El índice de refracción n_f y la altura a del sellador 18 necesitan cumplir unas condiciones predeterminadas. Estas se describirán más adelante.

[1.5. Capa de prevención de transmisión de luz]

La capa de prevención de transmisión de luz 20 sirve para prevenir la transmisión de la luz desde la superficie lateral inferior del homogeneizador 16 y se proporciona entre el sellador 18 y el homogeneizador 16. La capa de prevención de transmisión de luz 20 puede formarse solo en la superficie lateral inferior del homogeneizador 16. Como alternativa, como se muestra en la figura 1, la capa de prevención de transmisión de luz 20 puede estar formada integralmente en la superficie lateral inferior y en la superficie inferior del homogeneizador 16. Es decir, la capa de prevención de transmisión de luz 20 también puede servir como la película de protección descrita anteriormente.

Cuando la capa de prevención de transmisión de luz 20 sirve también como una película de protección, es necesario usar un material que sea alto en resistencia térmica y excelente en transmisión de luz. Por otro lado, cuando la capa de prevención de transmisión de luz 20 se forma solamente en la superficie lateral inferior del homogeneizador 16, la capa de prevención de transmisión de luz 20 no necesita necesariamente formarse de un material transmisor de luz. Los ejemplos de la capa de prevención de transmisión de luz 20 incluyen resina de silicona, resina fluorada, y similares.

El índice de refracción n_t , la altura b , y el espesor H de la capa de prevención de transmisión de luz 20 necesitan cumplir unas condiciones predeterminadas. Estas se describirán más adelante.

[1.6. Índice de refracción]

Los diversos materiales descritos anteriormente son conocidos como unos materiales que pueden prevenir la penetración de la humedad en la célula de batería solar 14 y que tienen una resistencia térmica y/o una resistencia a la intemperie. Existe una correlación entre la resistencia a la intemperie y el índice de refracción de los materiales descritos anteriormente. En general, un material con una alta resistencia a la intemperie tiende a tener un alto índice de refracción. Es decir, no se conoce un material que pueda usarse como el sellador de la célula de batería solar 14 y al mismo tiempo cumplir las condiciones de un bajo índice de refracción y una alta resistencia a la intemperie.

Por lo tanto, en la presente invención, un material de alto índice de refracción con una alta resistencia a la intemperie se usa para el sellador 18 con el fin de prevenir la penetración de la humedad en la célula de batería solar 14. Por otro lado, la capa de prevención de transmisión de luz 20 se proporciona entre el homogeneizador 16 y el sellador 18 con el fin de prevenir la fuga de luz de la superficie lateral inferior del homogeneizador 16, y un material de bajo índice de refracción que tiene una baja resistencia a la intemperie, pero que tiene un bajo índice de refracción se usa para la capa de prevención de transmisión de luz 20.

Es decir, en la presente invención, se satisface la relación de $n_h > n_f > n_t$ entre el índice de refracción n_h del homogeneizador 16, el índice de refracción n_f del sellador 18, y el índice de refracción n_t de la capa de prevención de transmisión de luz 20. Este es un punto diferente de un dispositivo fotovoltaico concentrador en la técnica relacionada.

Una combinación específica del homogeneizador 16, el sellador 18, y la capa de prevención de transmisión de luz 20 es de la siguiente manera.

Por ejemplo, cuando el homogeneizador 16 es un vidrio que contiene sodio (índice de refracción: 1,6), es preferible que (a) un polvo de vidrio que contiene resina de silicona (índice de refracción: 1,5), una resina acrílica (índice de refracción: 1,5), una resina de poliéster (índice de refracción: 1,5), y similares se usen como el sellador 18 y (b) una resina de silicio (índice de refracción: de 1,3 a 1,39), una resina fluorada (índice de refracción: de 1,3 a 1,4), y similares se usen como la capa de prevención de transmisión de luz 20.

[1.7. Espesor H]

El espesor H de la capa de prevención de transmisión de luz 20 afecta a la eficiencia de generación de energía y a la resistencia a la intemperie. Si el espesor H de la capa de prevención de transmisión de luz 20 es demasiado

pequeño, la luz se fuga fácilmente de la superficie lateral inferior del homogeneizador 16. Con el fin de suprimir la fuga de luz, el espesor H de la capa de prevención de transmisión de luz 20 necesita ser igual a o mayor de 0,1 mm. El espesor H de la capa de prevención de transmisión de luz 20 es preferentemente de 0,2 mm o más, más preferentemente de 0,3 mm o más, y aún más preferentemente de 0,4 mm o más.

5 Si el espesor H de la capa de prevención de transmisión de luz 20 se hace grande, el efecto en la eficiencia de generación de energía se satura de manera eventual. Además, si el espesor H de la capa de prevención de transmisión de luz 20 se hace demasiado grande, se reduce la resistencia a la intemperie. Como resultado, la humedad alcanza fácilmente a la célula de batería solar 14. Por lo tanto, el espesor H de la capa de prevención de transmisión de luz 20 necesita ser igual a o menor de 1,2 mm. El espesor H de la capa de prevención de transmisión de luz 20 es preferentemente de 1,0 mm o menos, y más preferentemente 0,8 mm o menos.

[1.8. Proporción de altura b/a]

15 La proporción (= b/a) entre la altura "b" de la capa de prevención de transmisión de luz 20 y la altura "a" del sellador 18 en la posición en la que se forma la capa de prevención de transmisión de luz 20 tiene un efecto en la eficiencia de generación de energía y en la resistencia a la intemperie. Si la proporción b/a es demasiado pequeña, la luz se fuga fácilmente de la superficie lateral inferior del homogeneizador 16. Por lo tanto, la proporción b/a necesita ser igual a o mayor de 0,5. La proporción b/a es preferentemente 0,8 o más, más preferentemente 0,7 o más, y aún más preferentemente 0,6 o más.

20 Por otra parte, si la proporción b/a es demasiado grande, se reduce la resistencia a la intemperie. Además, el índice de refracción de la capa de prevención de transmisión de luz 20 es mayor que el del aire. En consecuencia, cuando la altura "b" de la capa de prevención de transmisión de luz 20 supera la altura "a" del sellador 18, se aumenta la fuga de luz de una parte cubierta solo por la capa de prevención de transmisión de luz 20. Además, ya que la capa de prevención de transmisión de luz 20 está expuesta a la atmósfera, se reduce la resistencia a la intemperie. Por lo tanto, la proporción b/a necesita ser menor de 1,0. La proporción b/a es preferentemente de 0,98 o menos, y más preferentemente de 0,96 o menos.

30 En este caso, la "altura b de la capa de prevención de transmisión de luz 20" se refiere a una distancia desde la superficie inferior del homogeneizador 16 hasta el extremo superior de la capa de prevención de transmisión de luz 20.

35 Además, la "altura a del sellador 18" se refiere a una distancia desde la superficie inferior del homogeneizador 16 hasta el extremo superior del sellador 18. Cuando la altura a del sellador 18 no es fija, es preferible que las condiciones de la proporción b/a descritas anteriormente se cumplan por lo menos en la posición en la que se forma la capa de prevención de transmisión de luz 20.

[2. Método de fabricar el dispositivo fotovoltaico concentrador]

40 Cuando se forma la capa de prevención de transmisión de luz 20 en la superficie lateral inferior del homogeneizador 16, un material de la capa de prevención de transmisión de luz 20 se disuelve primero en un disolvente apropiado para obtener una solución. A continuación, la solución se aplica en la superficie lateral inferior del homogeneizador 16 (en el lado de la célula de batería solar 14), usando unos métodos tales como la inmersión y el cepillado. En este caso, la solución puede aplicarse también a la superficie de extremo inferior del homogeneizador 16. Al eliminar el disolvente después del recubrimiento, la capa de prevención de transmisión de luz 20 puede formarse al menos en la superficie lateral inferior del homogeneizador 16. A continuación, la superficie de extremo inferior del homogeneizador 16 se une a la superficie de la célula de batería solar 14 fijada en el sustrato 22, y la superficie lateral inferior del homogeneizador 16 y la célula de batería solar 14 se sellan con el sellador 18.

50 Por ejemplo, cuando la capa de prevención de transmisión de luz 20 es una resina de silicio, el lado inferior del homogeneizador 16 se sumerge en una solución de resina de silicona durante 1 a 5 segundos a temperatura ambiente. El homogeneizador 16 se saca de la solución y se une a la célula de batería solar 14 y a continuación se cura (se seca) a una temperatura de 120 a 180 °C. A través de un método de este tipo, la capa de prevención de transmisión de luz 20, que también sirve como una película de protección, puede formarse en la superficie lateral inferior y en la superficie inferior del homogeneizador 16.

55 A continuación, el dispositivo fotovoltaico concentrador 10 de acuerdo con la presente invención se obtiene fijando el concentrador óptico 12 al sustrato 22 o al bastidor para que se fije el sustrato 22.

[3. Operaciones del dispositivo fotovoltaico concentrador]

60 En un estado en el que el homogeneizador trapezoidal 16 y el sellador 18 se unen directamente entre sí, una parte de la luz incidente en el homogeneizador 16 se fuga al exterior de la interfaz entre el homogeneizador 16 y el sellador 18. Esto reduce la eficiencia de generación de energía de la célula de batería solar 14.

Esto se puede explicar mediante la relación entre el índice de refracción n_h del homogeneizador 16, y el índice de refracción n_r del sellador 18. Es decir, a partir de la ley de Snell, las condiciones de reflexión total de la luz pueden expresarse como $\text{sen}\theta = n_r/n_h$. En este caso, θ es un ángulo de incidencia de la luz (el ángulo entre la dirección de la línea normal de la superficie de reflexión y la dirección de incidencia de la luz).

5 Por ejemplo, cuando n_h es 1,6, $\theta = 69,6^\circ$ si n_r es 1,5. Por otra parte, cuando n_h es de 1,6, $\theta = 54,3^\circ$ si n_r es 1,3. Es decir, la probabilidad de reflexión total de la luz dentro del homogeneizador 16 se hace alta, de acuerdo con la ley de Snell, cuando la diferencia aumenta entre el índice de refracción n_h del homogeneizador 16 y el índice de refracción de un material (aire o el sellador 18) en contacto con el homogeneizador 16, y en consecuencia se mejora la eficiencia de generación de energía.

15 Por otra parte, con el fin de suprimir una reducción en la eficiencia de generación de energía provocada por un error de seguimiento en un generador de energía solar de tipo de seguimiento, es necesario hacer que el homogeneizador 16 tenga una forma trapezoidal en la que la zona de la superficie de incidencia de luz sea mayor que la zona de la superficie que se orienta hacia la célula de batería solar 14. Cuando la forma del homogeneizador 16 es un trapecio, el ángulo de incidencia θ de la luz se hace pequeño a medida que se repite la reflexión total de la luz en el homogeneizador 16. Si el ángulo de vértice de un trapecio, cuando se supone que el homogeneizador 16 es un trapecio, es α y los ángulos de incidencia en el momento k -ésimo y $(k+1)$ -ésimo de la reflexión de la luz son θ_k y θ_{k+1} , respectivamente, hay una relación de $\theta_{k+1} = \theta_k - \alpha$ entre los mismos.

20 Por esta razón, si la superficie lateral inferior del homogeneizador 16 está sellada con el sellador 18 formado de un material de alto índice de refracción, el ángulo de incidencia θ_n de luz cerca del sellador 18 se hace menor que el ángulo crítico de reflexión total de la luz. En este caso, la luz puede fugarse hacia el lado del sellador 18. Esto reduce la cantidad de luz que alcanza la célula de batería solar 14, lo que resulta en una disminución de la eficiencia de generación de energía. Por otro lado, se usa si un material de bajo índice de refracción como sellador 18 con el fin de prevenir esto, se reduce la resistencia a la intemperie del sellador 18. Como resultado, la célula de batería solar 14 se deteriora fácilmente.

30 Por el contrario, si un material de alto índice de refracción se usa como el sellador 18 que cubre la superficie lateral inferior del homogeneizador trapezoidal 16 y la célula de batería solar 14, se mejora la resistencia a la intemperie. Además, si se proporciona la capa de prevención de transmisión de luz 20 con el índice de refracción predeterminado n_t , el espesor H , y la altura b entre el sellador 18 y el homogeneizador 16, el ángulo crítico de reflexión total de la luz cerca del sellador 18 se hace grande y la probabilidad de que la luz se fugue de la superficie lateral inferior del homogeneizador 16 se reduce en consecuencia. Como resultado, la eficiencia de conversión puede mejorarse sin reducir la resistencia a la intemperie.

[Ejemplos]

(Primer ejemplo y primer ejemplo comparativo)

[1. Fabricación de una muestra]

45 El dispositivo fotovoltaico concentrador 10 se fabricó con la estructura mostrada en la figura 1. Se usó un vidrio que contenía sodio cuyo índice de refracción n_h era de 1,6 para el homogeneizador 16, y el tamaño (mm) del homogeneizador 16 se estableció en L11 x L7 x L22. En otras palabras, el homogeneizador 16 tenía una superficie cuadrada superior y una superficie cuadrada inferior, la longitud de cada lado de la superficie cuadrada superior era de 11 mm, la longitud de cada lado de la superficie cuadrada inferior era de 7 mm, una longitud entre la superficie cuadrada superior y la superficie cuadrada inferior era de 22 mm. La resina de silicona que contiene polvo de vidrio cuyo índice de refracción n_r era de 1,5 se usó para el sellador 18. La resina de silicona cuyo índice de refracción n_t era de 1,3 a 1.39 se usó para la capa de prevención de transmisión de luz 20. El espesor H de la capa de prevención de transmisión de luz 20 se estableció a 0 mm (primer ejemplo comparativo) o 1,0 mm (primera realización), y la proporción (b/a) entre la altura b de la capa de prevención de transmisión de luz 20 y la altura a del sellador 18 se estableció en 0 (primer ejemplo comparativo) o 0,9 (primera realización). El número total de células de baterías solares 14 se estableció en 250.

[2. Método de ensayo]

[2.1. Eficiencia de generación de energía]

60 Una luz de aproximadamente 60 SUN se aplicó al homogeneizador 16, y se midió una corriente de cortocircuito en ese momento para cada célula de batería solar 14. Una corriente de cortocircuito relativa se calculó a partir de la corriente de cortocircuito adquirida.

65 La "corriente de cortocircuito" relativa se refiere a una proporción ($= i/i_{m0}$) de una corriente de cortocircuito (i) de cada célula de batería solar para el valor promedio (i_{m0}) de la corriente de cortocircuito en el primer ejemplo comparativo.

[2.2 Ensayo de resistencia a la intemperie]

Se emitió un UV a la célula de batería solar 14 fabricada usando un dispositivo de emisión de UV. La energía de la emisión de UV se estableció a 400 mW/cm², y el tiempo de emisión se estableció en 20 minutos. La emisión de UV se detuvo después del transcurso de un tiempo predeterminado, y se pulverizó agua sobre la célula de batería solar 14 durante 3 minutos. Posteriormente, se repitió una operación de este tipo durante 10 horas. Tras el final del ensayo, se determinó visualmente si hubo o no una grieta o pegosidad en el sellador alrededor del homogeneizador.

[3. Resultados]

[3.1. Eficiencia de generación de energía]

La figura 2 muestra la relación entre el número de veces de la medición de la célula de batería solar 14 y una corriente de cortocircuito relativa. El “número de veces de la medición de la célula de batería solar 14” indica la clasificación cuando un total de 250 células de baterías solares estaban dispuestas en el orden de los valores altos de corriente de cortocircuito relativos. A partir de la figura 2, puede verse lo siguiente.

(1) La corriente de cortocircuito relativa es diferente para cada célula de batería solar 14.

(2) En un intervalo en el que el número de veces de medición (clasificación) es 0 hasta aproximadamente 200, la corriente de cortocircuito relativa en el primer ejemplo es más alta en aproximadamente un 2,5 % que la del primer ejemplo comparativo.

Ya que la corriente de cortocircuito relativa se correlacionó con la eficiencia de generación de energía, pudo verse que la eficiencia de generación de energía se mejoró cuando se proporcionó la capa de prevención de transmisión de luz 20 en la interfaz entre el homogeneizador 16 y el sellador 18.

[3.2 Resistencia a la intemperie]

Tanto la primera realización como el primer ejemplo comparativo mostraron una buena resistencia a la intemperie sin una grieta o pegosidad en el sellador.

(Segundo ejemplo)

[1. Fabricación de una muestra]

El dispositivo fotovoltaico concentrador 10 se fabricó de la misma manera que en el primer ejemplo, excepto que la proporción b/a se estableció en 0,9 y el espesor H de la capa de prevención de transmisión de luz 20 se cambió en un intervalo de 0 a 1,2 mm. El número total de células de baterías solares 14 fue de 70 (7 niveles x 10).

[2. Método del ensayo]

[2.1. Eficiencia de generación de energía]

En las mismas condiciones que en la primera realización, se midió una corriente de cortocircuito en ese momento para cada célula de batería solar 14. La cantidad de aumento relativo en una corriente de cortocircuito se calculó a partir de la corriente de cortocircuito adquirida.

La “cantidad de aumento relativo de una corriente de cortocircuito (%)” se refiere a un incremento $(= (i_{m2} - i_{m1}) \times 100 / i_{m1})$ del valor promedio (i_{m2}) de la corriente de cortocircuito de la célula de batería solar 14 de cada nivel para el valor promedio (i_{m1}) de la corriente de cortocircuito de la célula de batería solar 14 cuando b/a = 0,9 y H = 0,0 mm.

[2.2 Resistencia a la intemperie]

La resistencia a la intemperie se evaluó en las mismas condiciones que en el primer ejemplo.

[3. Resultados]

[3.1. Eficiencia de generación de energía]

La figura 3 muestra la relación entre el espesor H de la capa de prevención de transmisión de luz 20 y la cantidad de aumento relativo de una corriente de cortocircuito cuando b/a = 0,9.

A partir de la figura 3, puede verse lo siguiente.

(1) Cuando H se convierte en 0,1 mm o más, la cantidad de aumento relativo en una corriente de cortocircuito se convierte en 0,5 % o más.

(2) Cuando H se convierte en 0,1 mm o más, la cantidad de aumento relativo en una corriente de cortocircuito está casi saturada.

(3) Con el fin de obtener la cantidad de aumento relativo en una corriente de cortocircuito que es igual a o mayor de un 1,0 %, H necesita ser igual a o mayor de 0,25 mm.

5 (4) Con el fin de obtener la cantidad de aumento relativo en una corriente de cortocircuito que es igual a o mayor de un 1,5 %, H necesita ser igual a o mayor de 0,42 mm

(5) Con el fin de obtener la cantidad de aumento relativo en una corriente de cortocircuito que es igual a o mayor de un 2,0 %, H necesita ser igual a o mayor de 0,73 mm.

10 [3,2 Resistencia a la intemperie]

Todas las células de baterías solares mostraron una buena resistencia a la intemperie sin una grieta o pegosidad en el sellador.

15 (Tercera realización)

[1. Fabricación de una muestra]

20 El dispositivo fotovoltaico concentrador 10 se fabricó de la misma manera que en el primer ejemplo, excepto que el espesor H se estableció en 1,0 mm y la proporción b/a de la capa de prevención de transmisión de luz 20 se cambió en un intervalo de 0,1 a 1,2. El número total de células de baterías solares 14 fue de 120 (12 niveles x 10).

[2. Método del ensayo]

25 [2.1. Eficiencia de generación de energía]

En las mismas condiciones que en la primera realización, se midió una corriente de cortocircuito en ese momento para cada célula de batería solar 14. La cantidad de aumento relativo en una corriente de cortocircuito se calculó a partir de la corriente de cortocircuito adquirida.

30 La "cantidad de aumento relativo de una corriente de cortocircuito (%)" se refiere a un incremento $(= (i_{m4} - i_{m3}) \times 100 / i_{m3})$ del valor promedio (i_{m4}) de la corriente de cortocircuito de la célula de batería solar 14 de cada nivel para el valor promedio (i_{m3}) de la corriente de cortocircuito de la célula de batería solar 14 cuando b/a = 0,9 y H = 1,0 mm.

35 [2.2 Resistencia a la intemperie]

La resistencia a la intemperie se evaluó en las mismas condiciones que en la primera realización.

[3. Resultados]

40 [3.1. Eficiencia de generación de energía]

La figura 4 muestra la relación entre la proporción b/a de la capa de prevención de transmisión de luz 20 y la cantidad de aumento relativo de una corriente de cortocircuito cuando H = 1,0 mm.

45 A partir de la figura 4, puede verse lo siguiente.

(1) Cuando la proporción b/a se convierte en 0,5 o más, la cantidad de aumento relativo en una corriente de cortocircuito se convierte en 0,45 % o más.

50 (2) La cantidad de aumento relativo en una corriente de cortocircuito se convierte en un máximo cuando la proporción b/a es 1.

(3) Cuando la proporción b/a es superior a 1, la cantidad de aumento relativo en una corriente de cortocircuito se reduce debido a que una parte de contacto entre el homogeneizador 16 y el aire se reduce.

55 (4) Con el fin de obtener la cantidad de aumento relativo en una corriente de cortocircuito que es igual a o mayor de un 1,0 %, la proporción b/a necesita ser igual a o mayor de 0,75.

(5) Con el fin de obtener la cantidad de aumento relativo en una corriente de cortocircuito que es igual a o mayor de un 1,5 %, la proporción b/a necesita que ser igual a o mayor de 0,85 e igual a o menor de 1,16.

(6) Con el fin de obtener la cantidad de aumento relativo en una corriente de cortocircuito que es igual a o mayor de un 2,0 %, la proporción b/a necesita que ser igual a o mayor de 0,95 e igual a o menor de 1,05.

60 [3.2 Resistencia a la intemperie]

Cuando la proporción b/a fue igual a o mayor de 1, se descubrió una grieta o pegosidad en el sellador. Por el contrario, cuando la proporción b/a fue menor de 1, no se descubrió ni una grieta ni una pegosidad.

65

Aunque las realizaciones de la presente invención se han descrito en detalle, la presente invención no está limitada a cualquiera de las realizaciones anteriores, y pueden hacerse varias modificaciones sin alejarse del alcance y el espíritu de la presente invención.

5 **[Aplicabilidad industrial]**

El dispositivo fotovoltaico concentrador de acuerdo con la presente invención puede usarse como un generador de energía para suministrar energía eléctrica a las fábricas o a los hogares.

REIVINDICACIONES

1. Un dispositivo fotovoltaico concentrador que comprende:

- 5 un concentrador óptico (12) para concentrar la luz solar;
 una célula de batería solar (14);
 un homogeneizador (16) que está dispuesto por encima de la célula de batería solar (14) de tal manera que una
 superficie inferior del mismo se orienta hacia la célula de batería solar (14) y que guía la luz solar concentrada
 por el concentrador óptico (12) hacia la célula de batería solar (14);
 10 un sellador (18) que cubre una superficie lateral de una parte inferior del homogeneizador (16) y de la célula de
 batería solar (14); y
 una capa de prevención de transmisión de luz (20) dispuesta entre el sellador (18) y el homogeneizador (16),
 en donde el homogeneizador (16) tiene una forma trapezoidal en la que una zona de sección en el lado del
 concentrador óptico es mayor que una zona de sección en el lado de la célula de batería solar,
 15 un espesor (H) de la capa de prevención de transmisión de luz (20) es igual a o mayor de 0,1 mm e igual a o
 menor de 1,2 mm, y
 se satisface una relación de $0,5 \leq b/a < 1,0$ entre una altura (b) de la capa de prevención de transmisión de luz
 (20) y una altura (a) del sellador (18) en una posición en la que está formada la capa de prevención de
 transmisión de luz (20),
 20 **caracterizado por que**
 se satisface una relación de $n_h > n_f > n_t$ entre un índice de refracción n_h del homogeneizador (16), un índice de
 refracción n_f del sellador (18) y un índice de refracción n_t de la capa de prevención de transmisión de luz (20).

25 2. El dispositivo fotovoltaico concentrador de acuerdo con la reivindicación 1, en el que el espesor (H) de la capa de
 prevención de transmisión de luz (20) es igual a o mayor de 0,2 mm e igual a o menor de 1,0 mm.

30 3. El dispositivo fotovoltaico concentrador de acuerdo con las reivindicaciones 1 o 2, en el que se satisface una
 relación de $0,6 \leq b/a \leq 0,98$ entre la altura (b) de la capa de prevención de transmisión de luz (20) y la altura (a) del
 sellador (18) en la posición en la que está formada la capa de prevención de transmisión de luz (20).

4. Un método de fabricación de un dispositivo fotovoltaico concentrador, en particular el dispositivo (10) de acuerdo
 con una de las reivindicaciones 1 a 3, comprendiendo el método:

- 35 - en primer lugar, disolver un material de una capa de prevención de transmisión de luz (20) en un disolvente
 apropiado para obtener una solución;
 - a continuación, aplicar la solución en un lado inferior de un homogeneizador (16);
 - después del recubrimiento, eliminar el disolvente para formar la capa de prevención de transmisión de luz (20)
 en al menos la superficie lateral inferior del homogeneizador (16);
 - a continuación, unir la superficie lateral inferior del homogeneizador (16) a una superficie de una célula de
 40 batería solar (14) fijada en un sustrato (22); y
 - sellar la superficie lateral inferior del homogeneizador (16) y la célula de batería solar (14) con un sellador (18).

FIG. 2

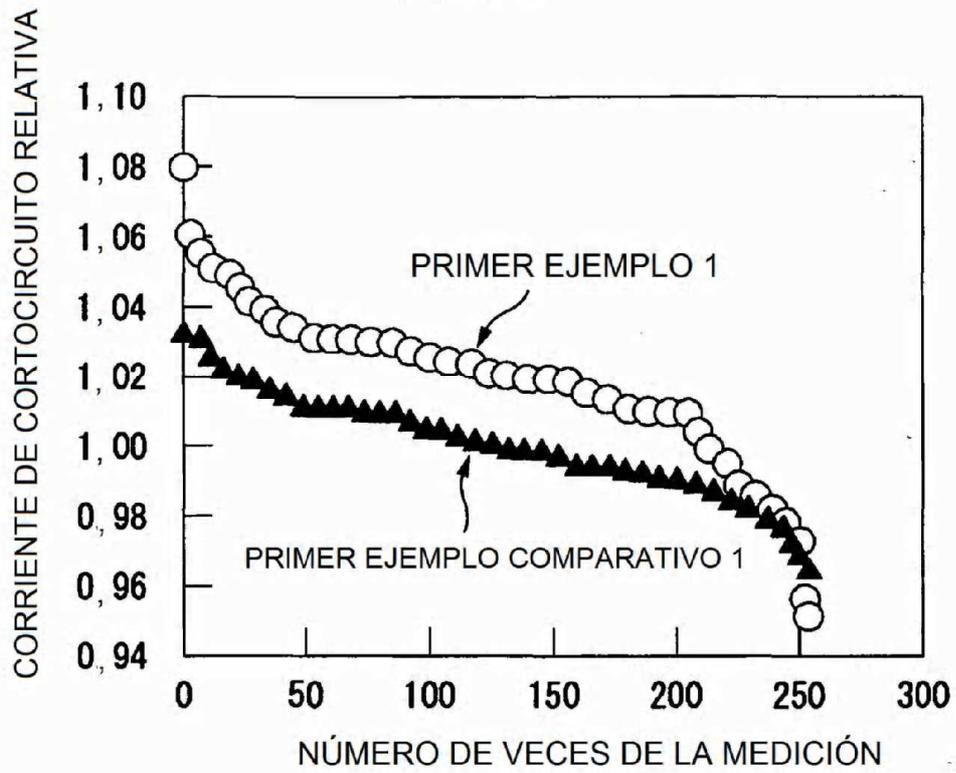


FIG. 3

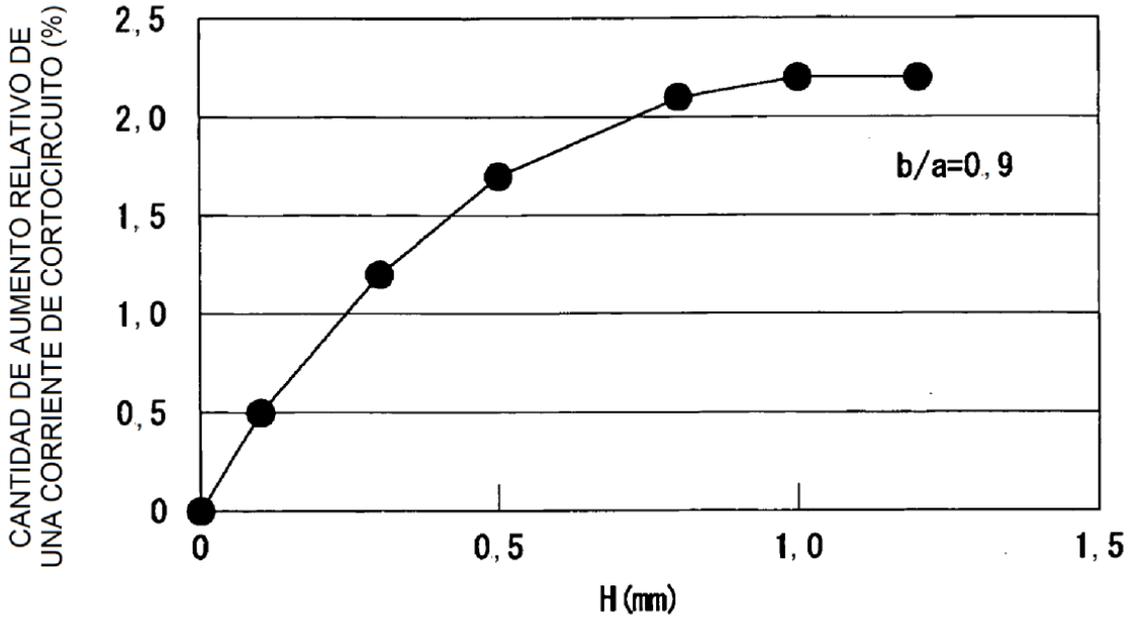


FIG. 4

