



19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 366 313**

51 Int. Cl.:  
**H01L 31/052** (2006.01)  
**G02B 5/18** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **08718359 .6**  
96 Fecha de presentación : **31.03.2008**  
97 Número de publicación de la solicitud: **2132786**  
97 Fecha de publicación de la solicitud: **16.12.2009**

54 Título: **Dispositivo para la concentración de luz, plano y de grosor reducido.**

30 Prioridad: **05.04.2007 FR 07 54315**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:  
**19.10.2011**

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:  
**19.10.2011**

73 Titular/es: **Commissariat à l'Énergie Atomique et  
aux Énergies Alternatives  
Bâtiment "Le Ponant D"  
25, rue Leblanc  
75015 Paris, FR**

72 Inventor/es: **Thony, Philippe**

74 Agente: **Justo Bailey, Mario de**

ES 2 366 313 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 para la concentración de luz, plano y de grosor reducido

5 **Campo técnico**

La presente invención se refiere a un dispositivo para la concentración de luz, plano y de grosor reducido. Un dispositivo de este tipo puede estar asociado a una célula fotovoltaica o se puede utilizar de manera independiente en el campo de la iluminación natural o artificial. La utilización de un dispositivo para la concentración de luz en un dispositivo fotovoltaico permite disminuir la superficie de la célula fotovoltaica para una misma superficie iluminada por el sol. Permite, por lo tanto, reducir el coste de la energía que se produce.

**Estado de la técnica anterior**

15 Los dispositivos para la concentración de luz convencionales, que no tienen función de transformación del espectro solar, utilizan lentes de Fresnel o espejos parabólicos.

En los dos casos, estos componentes ópticos se denominan primarios y cooperan con unos componentes ópticos secundarios también de tipo lente o espejo. Las distancias focales de estos dispositivos son grandes. Las dimensiones de estos dispositivos son importantes y no permiten obtener, cuando están asociados a una célula fotovoltaica, un conjunto con un grosor aceptable para una aplicación doméstica. En los dispositivos de espejo parabólico, se coloca la célula fotovoltaica en el foco del espejo parabólico, lo que hace difícil tanto la conexión eléctrica como la refrigeración de la célula. El artículo "Flat high concentration devices", Minano, J. C. y otros, 24th Conference Photovoltaic Energy Conversion, Dic. 5-9, 1994, Hawaii, páginas 1.123 a 1.126, describe un dispositivo para la concentración de luz con espejo parabólico de este tipo.

Otros dispositivos para la concentración de luz son integrados y mixtos. Estos utilizan diópteros, se trata de bloques de material transparente que pueden hacer la función alternativamente de espejo o de lente. Las superficies más próximas al eje óptico se comportan como lentes, las superficies periféricas se comportan como espejos, produciendo una reflexión interna de la luz. Estos dispositivos mixtos con refracción y reflexión internas tienen una distancia focal más corta en relación con su tamaño. La célula solar que coopera con un dispositivo de este tipo se coloca por debajo del dispositivo de concentración. La conexión eléctrica y la refrigeración no se ven obstaculizados. El dispositivo de concentración se realiza, por lo general, mediante moldeo por inyección. Comprende grandes variaciones de grosor según las zonas y unas aristas con unos ángulos agudos que no son especialmente fáciles de realizar.

Por otra parte, la iluminación que recibe la célula fotovoltaica no es uniforme y esto supone un perjuicio para el rendimiento de esta última y para su tiempo de vida útil. Este tipo de dispositivos de concentración integrados presentan unas dimensiones menores, pero esto se consigue a expensas de una mayor complejidad de las superficies ópticas. El grosor del dispositivo completo sigue siendo, no obstante, de varios centímetros. El artículo "New developments on the flate-plate micro-concentrator module", Terao, A. y otros, 3rd World Conference on Photovoltaic Energy Conversion, Mayo 11-18, 2003, Osaka, Japón, páginas, 861-864, describe un dispositivo integrado para la concentración de luz de este tipo.

Además, este tipo de dispositivos para la concentración de luz tienen un ángulo de aceptación muy pequeño, limitado a alrededor de 1 a 3°. Se recuerda que el ángulo de aceptación corresponde al valor límite del ángulo de incidencia de los rayos de luz útiles sobre la cara anterior del dispositivo de concentración de luz. Un seguimiento mecánico del sol se debe prever en la aplicación con una célula fotovoltaica para captar el máximo de energía.

50 Cuanto más pequeño es el ángulo de aceptación, mayor debe ser la precisión del dispositivo mecánico y más caro es este dispositivo.

En estos dispositivos, la cara anterior de los componentes ópticos debe estar protegida y esta protección es difícil, e incluso imposible, de llevar a la práctica.

55 En el caso de tener que montar múltiples componentes ópticos en red, se requiere la alineación precisa de los componentes y que la red conste de una superficie compleja de entrada.

60 Su integración en paneles solares muy grandes es difícil y parece que estos dispositivos se adaptan mejor a un uso en la producción centralizada de energía, en granjas solares, en las que se acoplan múltiples paneles solares de tamaño medio.

También se observa que estos dispositivos para la concentración de luz presentan resultados mediocres con iluminación difusa, en particular cuando el cielo está nublado, y no se pueden emplear de forma eficaz más que en zonas muy soleadas.

65

El documento US 5877874 da a conocer un dispositivo para la concentración de luz que comprende una lámina que presenta dos caras principales y un corte entre las dos caras principales, y una red de difracción que funciona en reflexión que coopera con una de las caras principales de la lámina, estando dispuesta sobre el corte una zona de salida de la luz.

5 Las ventajas del dispositivo del documento US 5877874 se basan en la multiplexación espacial de la red de difracción.

### Exposición de la invención

10 La presente invención tiene precisamente como objetivo proponer un dispositivo para la concentración de luz que no presente los inconvenientes que se han mencionado en párrafos anteriores.

15 Un objetivo de la invención es proponer un dispositivo para la concentración de luz con un grosor reducido, por lo general inferior al centímetro. En particular, un dispositivo para la concentración de luz de este tipo tiene un grosor prácticamente igual a la anchura de la célula fotovoltaica con la que puede cooperar, una célula solar convencional tiene un grosor comprendido entre alrededor de 100 y 700 micrómetros.

20 Otro objetivo de la invención es proponer un dispositivo para la concentración de luz que sea sencillo de fabricar y, por lo tanto, económico.

Otro objetivo más de la invención es proponer un dispositivo para la concentración de luz que posea un gran ángulo de aceptación de tal manera que pueda funcionar sin un seguimiento mecánico del sol.

25 Un objetivo complementario de la invención es proponer un dispositivo para la concentración de luz que tenga unos resultados aceptables, incluso con iluminación difusa.

30 Para alcanzar estos objetivos, el dispositivo para la concentración de luz de la invención comprende al menos una lámina con gradiente de índice que coopera con una red de difracción.

35 De forma más precisa, la presente invención es un dispositivo para la concentración de luz que comprende una lámina que tiene dos caras principales y un corte entre las dos caras principales, existiendo un gradiente de índice de refracción entre las dos caras principales, y una red de difracción que funciona en reflexión o en semi-reflexión que coopera con una de las caras principales de la lámina, la que tiene el índice de refracción más alto, formando la cara principal que tiene el índice de refracción más bajo una cara anterior de entrada de la luz, estando dispuesta sobre el corte al menos una zona de salida de la luz.

Otros aspectos de la invención se definen en las reivindicaciones dependientes.

### 40 Breve descripción de los dibujos

La presente invención se entenderá mejor con la lectura de la descripción de ejemplos de realización que se dan, a título puramente indicativo y en absoluto limitativo, haciendo referencia a los dibujos que se anexan en los que:

45 las figuras 1A, 1B muestran, en sección, un primer ejemplo de un dispositivo para la concentración de luz de acuerdo con la invención;

50 la figura 2 muestra un ejemplo de dispositivo para la concentración de luz de acuerdo con la invención en el que la red de difracción está formada por varias sub-redes de difracción;

las figuras 3A, 3B muestran unos dispositivos fotovoltaicos de acuerdo con la invención que incorporan un dispositivo para la concentración de luz de acuerdo con la invención;

55 las figuras 4A, 4B, 4C, 4D muestran además otros ejemplos de dispositivo para la concentración de luz de la invención;

las figuras 5A, 5B muestran unos ejemplos de dispositivo para la concentración de luz con doble gradiente de índice de acuerdo con la invención;

60 la figura 6 muestra en tres dimensiones otro ejemplo más de dispositivo para la concentración de luz de acuerdo con la invención con rendimiento mejorado;

las figuras 7A a 7E muestran diferentes formas de dispositivos fotovoltaicos de acuerdo con la invención;

65 las figuras 8A a 8D muestran varias etapas de un procedimiento de realización de un dispositivo para la concentración de luz de acuerdo con la invención y de un dispositivo fotovoltaico que incorpora el dispositivo de

concentración de luz;

5 las figuras 9A a 9D muestran otras etapas del procedimiento de realización de un dispositivo para la concentración de luz de acuerdo con la invención y de realización del dispositivo fotovoltaico que incorpora el dispositivo de concentración de luz;

las figuras 10A a 10C muestran unas etapas del procedimiento de realización del dispositivo para la concentración de luz con doble gradiente de índice de refracción.

10 Debe entenderse que las diferentes variantes que se describen no se excluyen las unas a las otras.

Las partes idénticas, similares o equivalentes de las diferentes figuras que se describen a continuación llevan las mismas referencias numéricas de tal modo que se facilita el paso de una figura a otra.

15 Las diferentes partes que se representan en las figuras no están representadas necesariamente de acuerdo con una escala uniforme, con la finalidad de hacer que las figuras sean más inteligibles.

### Exposición detallada de modos de realización particulares

20 Se va a describir a continuación, en referencia a la figura 1A, un primer ejemplo de dispositivo para la concentración de luz de acuerdo con la invención. Este dispositivo para la concentración de luz comprende al menos una lámina 1 con un gradiente de índice de refracción y al menos una red de difracción 2. La red de difracción 2 es reflectante o semi-reflectante.

25 Por lámina, se entiende una placa que deja pasar la luz, que presenta dos caras principales 10, 11 prácticamente planas y paralelas, y un corte 13. La cara con la referencia 10 se denominada cara anterior del dispositivo de concentración de luz. La lámina con gradiente de índice de refracción 1 y la red de difracción 2 están unidas. La otra cara principal 11 de la lámina 1 y una cara principal 20 de la red de difracción 2 forman una superficie de contacto entre la red de difracción 2 y la lámina 1. La otra cara 25 de la red de refracción forma la cara posterior del dispositivo de concentración de luz.

30 El índice de refracción de la lámina 1 es creciente de acuerdo con el grosor de la lámina 1, desde la cara anterior 10 hacia la otra cara 11. Se han representado unos rayos luminosos 100, interceptados por la cara anterior 10, que atraviesan el grosor de la lámina 1 con una incidencia normal. Estos llegan, en la red de difracción 2 que se sobreentiende, en este ejemplo, a tener un índice de refracción prácticamente constante superior o igual al índice más alto de la lámina 1. La red de difracción 2 difracta los rayos luminosos 100 que han atravesado la lámina 1 de acuerdo con varias órdenes de difracción. Los rayos luminosos difractados se reflejan hacia la lámina 1 con un desfase angular impuesto por el paso de la red de difracción 2. Cuando estos penetran de nuevo en la lámina 1, los rayos 100 se curvan a causa del gradiente del índice de refracción. Algunos de estos son una vez más reflejados por la red de difracción 2. Salen del dispositivo para la concentración de luz habiendo experimentado, en el caso de algunos de ellos, varias reflexiones por al menos una zona de salida 12 dispuesta sobre el corte 13 de la lámina 1.

35 La red de difracción 2 presenta unos motivos 4 que pueden ser unidimensionales o bidimensionales. Si son unidimensionales, se les denominan a continuación trazos, se trata de molduras 4 cuyo perfil puede ser triangular, cuadrangular, trapezoidal, redondeado o de otro tipo. Dos molduras colindantes 4 están separadas por un espacio 5. El espacio 5 no se puede ver en la figura 1A, al encontrarse juntos los motivos 4, por el contrario sí se le ve en las figuras 2, 3A. El espacio 5 puede estar lleno o vacío de materia sólida. Puede presentar la forma de una hendidura.

40 Si se trata de trazos de perfil triangular, el triángulo pudiendo ser isósceles, rectángulo o cualquier otro. Un perfil triangular permite mejorar el rendimiento de difracción en un orden dado para un intervalo espectral dado. Un perfil en triángulo rectángulo, tal y como se ilustra en la figura 1B, permite que la luz se concentre en una dirección y salga del dispositivo de concentración al nivel de una única zona de salida 12.

45 Los trazos 4 son prácticamente paralelos y pueden dirigirse siguiendo un borde de una cara principal de la lámina 1 tal y como se ilustra en la figura 3A.

50 Se pueden unir varias subredes de difracción 24 sobre la lámina 1 para formar una red. Si se trata de subredes de difracción 24 de trazos 4, los trazos de las diferentes subredes 24 pueden tener unas direcciones diferentes tal y como se ilustra en la figura 2.

55 Los trazos 4 de una red de difracción 2 pueden presentar un ángulo  $\alpha$  diferente de 0 y  $\pi/2$  con respecto a un borde de una cara principal de la lámina 1 tal y como se ilustra en la figura 2. Por ejemplo, el ángulo  $\alpha$  vale prácticamente  $\pi/4$ .

60 También es posible que los motivos 4, 40 de la red de difracción 2 no sean unidimensionales, sino que sean bidimensionales tal y como se ilustra en la figura 3B. Las dos figuras 3A y 3B no están a la misma escala y la escala

de los motivos 40 no corresponde a la de la lámina 1 para facilitar su comprensión. En la figura 3B, la red de difracción comprende múltiples motivos 40 que son pivotes repartidos de forma regular en líneas y en columnas. La figura 3B muestra una vista en perspectiva de los pivotes 40. Los pivotes 40 son, por ejemplo, tal y como aparece ilustrado, unos pivotes cilíndricos con base circular. También podrían tener una base cuadrada, triangular o de otro tipo. También se puede considerar que sean conos eventualmente troncocónicos.

La figura 3A muestra en tres dimensiones un dispositivo para la concentración de luz de acuerdo con la invención asociado al menos a dos células fotovoltaicas 3, lo que da como resultado un dispositivo fotovoltaico de acuerdo con la invención.

Se han representado dos células fotovoltaicas 3, cada una de ellas es solidaria con una zona de salida 12. Estas células fotovoltaicas 3 tienen una superficie sensible prácticamente idéntica a las superficies de las zonas de salida 12 que están frente a ellas, aquí se trata de caras de la hendidura 13 de la lámina 1. La superficie total de las células fotovoltaicas 3 corresponde a lo que se denominará a continuación la superficie útil del dispositivo fotovoltaico.

Se observa perfectamente en esta figura 3A que el grosor del dispositivo para la concentración de luz 1 no supera la anchura de las células fotovoltaicas 3.

Si las células fotovoltaicas 3 deben enfriarse, se observa que esto no es un problema, un dispositivo de refrigeración 63, esquematizado con una línea de puntos, podrá montarse con facilidad sobre la cara posterior 62 de la célula, esta cara posterior 62 estando frente a la célula con la referencia 61 que queda frente al dispositivo de concentración de luz. Esta cara posterior es perfectamente accesible. Las células fotovoltaicas 3 son prácticamente paralelas a los trazos 4 de la red de difracción 2 o bien a un eje de simetría de los pivotes 40. En la figura 3B, cada una de las caras de la hendidura 13 de la lámina 1 coopera con una célula fotovoltaica 3, en la medida en que los pivotes poseen dos ejes de simetría.

Los motivos 4, 40 de las redes de difracción 2 pueden estar realizados en vidrio o en material plástico, por ejemplo el poliestireno, el polimetacrilato de metilo PMMA, el policarbonato u otros polímeros que dejan pasar la luz. La red de difracción 2 presenta un contraste de índice entre sus motivos 4, 40 y el espacio 5 que los separa. El índice de refracción de los motivos 4, 40, en la medida en que es constante, es por lo general superior o igual al índice de refracción más alto de la lámina 1. Para aumentar y controlar el índice de refracción de los motivos 4, 40 de la red de difracción 2, en particular cuando son de material plástico, se puede cargar la materia plástica con nanopartículas 30, las nanopartículas 30 pudiendo realizarse a base de sílice, de óxido de titanio, de sulfuro de plomo o de aleaciones II-VI o III-V. Las aleaciones II-VI son compuestos que comprenden los elementos de las columnas II y VI de la tabla periódica de elementos entre los que hay al menos un metal o un metaloide.

La lámina 1 se puede realizar en vidrio o en material plástico como, por ejemplo, el poliestireno, el polimetacrilato de metilo PMMA, el policarbonato u otros polímeros que dejan pasa la luz. La lámina 1 se puede cargar con nanopartículas 30, la concentración y el tamaño de las nanopartículas dependen localmente del valor del índice de refracción deseado y esta incorporación de las nanopartículas 30 permite realizar el gradiente de índice de refracción tal y como se ilustra en la figura 8.

Para una utilización en el exterior, en particular en el caso de una aplicación en un dispositivo fotovoltaico, es preferible prever un dispositivo de protección anterior 31 unido a la cara anterior 10 de la lámina 1 tal y como se ilustra en la figura 9D. Los materiales orgánicos envejecen cuando están expuestos al sol y a la intemperie. Son, por lo general, menos estables que los materiales inorgánicos. Este dispositivo de protección anterior 31 también puede servir para evitar daños tales como choques o impactos. Este dispositivo de protección anterior 31 se puede realizar mediante un revestimiento depositado encima o una placa unida a la lámina 1. Este dispositivo de protección anterior 31 puede, además, tener una función mecánica de soporte. Este dispositivo de protección anterior 31 se puede realizar mediante un acristalamiento de vidrio, que es la solución estándar. Hay que seleccionarla lo suficientemente transparente y resistente. Algunos materiales plásticos también se podrían utilizar, como el polimetacrilato de metilo, no obstante con un tiempo de vida útil menor. También se prevé un marco 34, por ejemplo de aluminio, que rodea el conjunto.

En una variante, tal y como se ilustra en la figura 4D, el dispositivo para la concentración de luz puede ser flexible. De este modo, se puede adaptar a cualquier soporte. Al mismo tiempo, el dispositivo de protección anterior 31, la lámina 1 (o las láminas, si hay varias) y la red de difracción 2 se realizan en un material plástico flexible de tipo polímero.

La forma de la lámina y del dispositivo de difracción, así como los materiales que los forman, se adaptan con el fin de favorecer una integración óptima del dispositivo para la concentración de luz en un sistema concreto.

El grosor de la lámina 1 puede estar comprendido entre alrededor de 0,5 y 20 milímetros. Los motivos 4, 40 pueden presentar una altura y una anchura comprendida entre alrededor de 0,1 y 10 micrómetros. El grosor total del dispositivo para la concentración de luz estará entonces comprendido entre alrededor de 1,5 y 50 milímetros. Este intervalo de grosores conduce a grosores muy inferiores a los de los dispositivos para la concentración de luz de la

técnica anterior. Su superficie puede estar comprendida entre alrededor de 25 cm<sup>2</sup> y 1 m<sup>2</sup>.

Para obtener el gradiente de índice deseado, la lámina 1 puede estar formada a partir de un apilamiento de láminas 1.1, cada una con un índice de refracción constante, como se verá posteriormente en la figura 8D.

5 El gradiente de índice de refracción de la lámina 1 será superior a 0,05. De hecho, cuanto más alto es el gradiente de índice de refracción, más alta es la aceptación angular y espectral que se obtiene. Unos rayos inclinados con unos ángulos de al menos 50° pueden colectarse, tal y como se ilustra en la figura 4A. No obstante, hay que señalar que el factor de concentración, es decir, la relación entre la energía que sale del dispositivo para la concentración de luz y la energía que vuelve a entrar depende de la aceptación angular y de la longitud de onda de la radiación. En la figura 4A, los trazos 4 presentan un perfil cuadrangular prácticamente en forma de trapecio.

10 Se van a dar a continuación unas posibles dimensiones para el dispositivo para la concentración de luz que se representa en la figura 3A.

15 - Dimensiones de la lámina: 150 mm x 150 mm.

- Grosor de la lámina: 2 mm.

20 - Valor del gradiente de índice: 0,29.

- Paso de la red de difracción: 0,5 micrómetros.

25 - Ángulo en el vértice de un trazo: 120°.

30 En la figura 4A, se representan tres rayos luminosos con las referencias r1, r2, r3, cada uno tiene una incidencia diferente con respecto a la cara anterior 10 de la lámina 1. Sus trayectos en el interior del dispositivo para la concentración de luz están trazados y se los ve emerger de este último. A la salida, son paralelos y están agrupados. Con un dispositivo para la concentración de luz de este tipo se puede coleccionar energía luminosa en unas condiciones meteorológicas en las que el cielo está cubierto. No es necesario prever un dispositivo mecánico de seguimiento del sol, esto implica un coste mucho menor que anteriormente. Se da por supuesto que, en la figura 4A, los rayos luminosos r1, r2, r3 tienen todos la misma longitud de onda.

35 Con el fin de aumentar el rendimiento del dispositivo para la concentración de luz de la invención, se puede hacer que su cara posterior 25 sea reflectante, lo que corresponde a la cara de la red de difracción 2 opuesta a la lámina 1. Se la puede, por ejemplo, recubrir con un revestimiento reflectante posterior 26, por ejemplo a base de aluminio o de plata. Se puede reforzar por el exterior este revestimiento reflectante posterior 26 con un revestimiento de protección posterior externo 27 que puede ser, por ejemplo, de sílice. Este revestimiento reflectante posterior 26 refleja unos rayos luminosos 100 que han atravesado la lámina 1 y llegan hasta la cara posterior 25. El revestimiento reflectante 26 y el revestimiento de protección posterior externo 27 se pueden observar en la figura 4B.

45 En una variante, en algunas aplicaciones, se puede desear que el dispositivo para la concentración de luz sea traslúcido para el ser humano, teniendo al mismo tiempo un rendimiento mejorado. Hay que señalar que la red de difracción 2 puede eventualmente teñir o deformar la imagen y, por lo tanto, a través de esta no se puede ver una imagen fiel. No obstante, el dispositivo para la concentración de luz se puede utilizar como tragaluz, por ejemplo si se encuentra ubicado sobre el tejado de un edificio. Con ese objetivo, se podrá revestir la cara posterior 25 del dispositivo para la concentración de luz con un revestimiento semi-reflectante, es decir, que es transparente en el espectro visible por el hombre del espectro solar y que es reflectante fuera del espectro visible. Por ejemplo, se puede especificar que el revestimiento presenta una transparencia superior a alrededor de un 90 % entre 400 y 700 nanómetros y una transparencia de entorno a un 0 % entre 250 y 400 nanómetros y entre 700 y 1.100 nanómetros. Los dos límites 400 y 700 nanómetros se excluyen en uno de los tres intervalos. Estas longitudes de onda obviamente hay que adaptarlas en función de las células solares empleadas y de la aplicación seleccionada. El orden cero de la red de difracción 2 permite observar lo que sucede en el lado de la cara posterior 25, eso sí con un alto cromatismo. En esta variante también se puede prever el revestimiento de protección posterior externo 27. Para no multiplicar las figuras, se da por supuesto que el revestimiento 26 de la figura 4B representa el revestimiento reflectante posterior o bien el revestimiento semi-reflectante posterior.

50 Se puede prever que el dispositivo para la concentración de luz esté teñido, en particular, si se utiliza en un edificio y se quiere que se integre en el entorno. Se puede, de este modo, modular su transparencia o la saturación del color. Un revestimiento teñido posterior 28 de la cara posterior 25 del dispositivo para la concentración de luz está representado en la figura 4C. Este puede estar formado por un material teñido por naturaleza, como un polímero que incluye unos pigmentos o unos fósforos o incluso una pintura. También puede estar formado por un apilamiento de una o varias capas dieléctricas a base, por ejemplo, de sílice, de óxido de titanio, de fluoruro de magnesio o de cualquier otro material que se utilice en una fina capa de coloración óptica. El número de capas puede estar comprendido, por ejemplo, entre una y cuatro. Se puede acumular el revestimiento teñido 28 con el revestimiento reflectante 26 y/o el revestimiento de protección 27. Además, en la figura 4C, se ha revestido la cara anterior 10 del

dispositivo para la concentración de luz, en el lado de la cara 10 que tiene el índice de refracción más bajo de la lámina 1, con un revestimiento anti-reflectante 32. Esto también contribuye a mejorar el rendimiento de la colecta.

5 Con el objetivo de reducir la superficie de la zona de salida 12 del dispositivo para la concentración de luz y, por lo tanto, en el caso de una aplicación en un dispositivo fotovoltaico, reducir su superficie útil, se pueden orientar los motivos 4, 40 de la red de difracción de tal manera que estos presenten un ángulo  $\alpha$  con las zonas de salida 12 del dispositivo para la concentración de luz. Se hace referencia a la figura 6. Con un ángulo de  $\arctan(2)$ , es decir, de alrededor de  $63^\circ$  o de  $\arctan(1/2)$ , se reduce la superficie de la zona de salida 12 a la mitad.

10 De forma más general, se reduce la superficie de N si el ángulo es  $\arctan(N)$  o  $\arctan(1/N)$ .

Cuanto más pequeña es la superficie de una zona de salida 12, más grande es el número de reflexión sobre la hendidura 13 y más riesgo corren las pérdidas de ser altas durante las reflexiones sobre la hendidura 13.

15 Por otra parte, se reviste la hendidura 13 de la lámina 1 con un revestimiento reflectante lateral 29, con la excepción de la zona de salida 12, si este es opaco. Si es transparente, se puede poner por toda la lámina. Si la zona de salida 12 ocupa toda una cara de la hendidura 13, no se pone este revestimiento reflectante lateral 29 sobre esta cara lateral. Este revestimiento reflectante lateral 29 refleja los rayos luminosos que se propagan en el interior de la lámina 1. Cuanto de mejor calidad es el revestimiento lateral 29, más bajas son las pérdidas causadas por la reflexión. En la figura 6, se ha representado un revestimiento reflectante lateral 29 de este tipo, que recubre en su totalidad las tres caras de la hendidura 13 de la lámina y la mitad de la última cara de la hendidura 13. No hay más que una única célula fotovoltaica 3 que no ocupa más que una porción de una cara lateral de la hendidura 13 de la lámina 1. Se ha reducido con un factor cuatro la superficie útil del dispositivo fotovoltaico para una misma cantidad de energía colectada.

20 Se puede prever un revestimiento de protección lateral externo, con la referencia 33 en la figura 9C, en la hendidura 13, este recubre también las células fotovoltaicas 3. Puede estar formado por el marco 34 que se ha mencionado en párrafos anteriores.

30 Con el objetivo de mejorar el rendimiento del dispositivo para la concentración de luz de la invención, es preferible proveer al menos a una de las caras principales 10, 11 de la lámina 1 con un revestimiento anti-reflectante. Este revestimiento anti-reflectante 32 ya se ha mencionado y se describirá más adelante a lo largo de la descripción.

35 A continuación se va a hacer referencia a las figuras 7A a 7E que muestran unos ejemplos, no limitativos, de unas formas de láminas 1 del dispositivo para la concentración de luz de la invención. También se han esquematizado unos ejes de simetría 22' de los motivos de la red de difracción y una o dos células fotovoltaicas 3 por dispositivo. Cuando los motivos son unos trazos, estas últimos prácticamente se confunden con el eje de simetría.

40 En la figura 7A, la lámina 1 es un cuadrilátero, más en concreto un rectángulo, los ejes de simetría 22' de los motivos de la red de difracción son paralelos a la anchura de la lámina 1, dos células fotovoltaicas 3 están representadas, cada una está ubicada a lo largo de un borde correspondiente a la anchura de la lámina. Su longitud es la del borde.

45 En la figura 7B, la lámina 1 es un cuadrilátero, más en particular un cuadrado, los ejes de simetría 22' de los motivos de la red de difracción son paralelos a una diagonal del cuadrado, una única célula fotovoltaica 3 está representada, que está ubicada a lo largo de uno de los lados del cuadrado, pero su longitud es inferior a la del lado, esta corresponde prácticamente a la mitad del lado.

50 En la figura 7C, la lámina 1 es triangular, los ejes de simetría 22' de los motivos de la red de difracción siguen un lado del triángulo, una célula fotovoltaica 3 está ubicada a lo largo de este lado y su longitud es inferior a la del lado, esta corresponde prácticamente a la mitad del lado.

55 En la figura 7D, la lámina 1 se presenta en forma de media corona. Los ejes de simetría 22' de los motivos de la red de difracción son paralelos al eje de simetría de la media corona. Hay dos células fotovoltaicas 3 ubicadas cada una a lo largo de un borde final de la media corona.

60 La figura 7E muestra una lámina 1 con forma de cuadrilátero, más en particular un rectángulo, que se prolonga por un semicírculo cuyo diámetro corresponde a un lado del cuadrilátero. Los ejes de simetría 22' de los motivos de la red de difracción son paralelos a un lado del cuadrilátero opuesto al que está unido al semicírculo. Una célula fotovoltaica está representada, ubicada a lo largo del lado opuesto al que es adyacente al semicírculo.

65 A continuación se va a considerar otra configuración de un dispositivo para la concentración de luz de acuerdo con la invención. Se hace en referencia a las figuras 5A y 5B.

En este caso el dispositivo para la concentración de luz comprende dos láminas 1 y 6 con gradiente de índice de refracción que forman un sándwich con la red de difracción 2. La primera lámina 1 comprende una cara principal 11 con alto índice de refracción unida a la red de difracción 2 y otra cara principal 10 con un índice de refracción más

bajo. La segunda lámina 6 comprende también una cara principal 11' con alto índice de refracción unida a la red de difracción 2 y otra cara principal 10' con un índice de refracción más bajo. Cuando la otra cara principal 10' de la primera lámina 1 forma una cara anterior del dispositivo de concentración de luz, la otra cara principal 10' de la segunda lámina 6 forma la cara posterior del dispositivo de concentración de luz. Hacerlo a la inversa también es posible, la cara anterior se puede encontrar al nivel de la segunda lámina 6 y la cara posterior al nivel de la primera lámina 1. En las dos láminas 1, 6 el índice de refracción más alto se encuentra en el lado donde se encuentra la red de difracción 2. Una red de difracción 2 de este tipo puede funcionar entonces al mismo tiempo en reflexión y en transmisión. Además de lo que se ha descrito en la figura 1A, unos rayos luminosos 100 que penetran en la primera lámina 1 por la cara anterior 10 y que se difractan por la red de difracción 2, penetran en la segunda lámina 6. Estos rayos 100 se curvan a causa del gradiente del índice de refracción. Algunos de estos son de nuevo reflejados por la red de difracción 2. Estos salen del dispositivo de concentración de luz, habiendo experimentado en el caso de algunos de ellos varias reflexiones, por una o al menos una zona de salida 12 dispuesta sobre la hendidura 13 de la primera lámina 1 y/o sobre una zona de salida 12' dispuesta sobre la hendidura de la segunda lámina 6. Se forma de este modo una auténtica guía de la onda de luz que lleva a la luz al menos a un extremo del dispositivo para la concentración de luz, siendo difractada por la red de difracción y propagándose por las láminas. La luz que ha atravesado la primera lámina 1 y que la red de difracción 2 no ha difractado, es decir que corresponde al orden cero, atraviesa la segunda lámina 6, esta se transmite por la red de difracción 2. Se puede, por lo tanto, ver una imagen correcta de lo que pasa en el lado de la segunda lámina de difracción, cuando se mira el dispositivo para la concentración de luz desde la primera lámina.

Los gradientes de índice de refracción de las dos láminas 1, 6 pueden ser los mismos o ser diferentes.

En esta configuración no se prevé un revestimiento reflectante sobre la cara posterior del dispositivo para la concentración de luz. Por el contrario, es preferible prever un revestimiento anti-reflectante sobre las dos caras principales 10, 10' libres de las dos láminas 1, 6 con gradiente de índice. Este revestimiento anti-reflectante tiene las referencias respectivamente 32, 32' en la figura 5B.

El revestimiento teñido posterior, el revestimiento de protección posterior externo y el dispositivo de protección anterior se pueden encontrar sobre la segunda lámina 6, en una configuración con dos láminas del mismo modo que con el revestimiento anti-reflectante. Algunos de estos revestimientos no se han dibujado en esta configuración para no multiplicar de forma innecesaria las figuras. Se puede hacer referencia a la figura 5B que muestra un revestimiento 32' sobre la segunda lámina 6.

En la figura 5A se ha esbozado una célula fotovoltaica asociada al dispositivo para la concentración de luz. Esta es la referencia 3' y se encuentra frente a la zona de salida 12 sobre la primera lámina 1 y también frente a la zona de salida 12' de la segunda lámina 6. Obviamente se podrían utilizar dos células adyacentes.

Se van a enumerar a continuación algunas de las ventajas del dispositivo para la concentración de luz de la invención. Presenta unas reducidas dimensiones, en particular, en grosor, puede presentar una gran variedad de formas y esta forma se puede adaptar a un soporte que está diseñado para recibirlo. Se puede pensar, por ejemplo, en una teja de tejado, un marco que debe delimitar un tragaluz o cualquier otro elemento de un edificio, como un postigo. Se puede seleccionar su transparencia en un amplio intervalo. Resulta interesante, en particular, en la aplicación de tragaluces. La variante de las figuras 5 resulta en particular conveniente cuando se busca un dispositivo para la concentración de luz transparente. Se puede seleccionar su color dentro de una amplia gama, resulta en particular interesante en viviendas para integrarlo en un entorno de color dado. Puesto que puede funcionar sin un dispositivo mecánico de seguimiento del sol, es más fácil de integrar en cualquier sistema. El dispositivo para la concentración de luz tiene unas prestaciones ampliadas en caso de iluminación difusa.

En la aplicación en un dispositivo fotovoltaico, se puede reducir la cantidad de material semiconductor utilizado, ya que la superficie útil se puede reducir. Se puede reducir el coste de producción de la energía puesto que se puede prescindir del dispositivo mecánico de seguimiento de sol. Por otra parte, el dispositivo para la concentración de luz de la invención, debido a las reflexiones múltiples, permite repartir la iluminación sobre el conjunto de la célula fotovoltaica, mejorando de este modo su tiempo de vida útil.

Se va a describir a continuación un ejemplo de procedimiento de fabricación de un dispositivo para la concentración de luz de este tipo y de un dispositivo fotovoltaico.

Se parte de una lámina 1 con gradiente de índice de refracción, el gradiente siendo creciente a lo largo de su grosor (figura 8A). Esta presenta dos caras principales 10, 11 y una hendidura 13. Se la hace cooperar con una red de difracción 2 ubicada, al nivel de su cara principal 11 que tiene el índice de refracción más alto (figura 8B). Para obtener un dispositivo fotovoltaico, se monta al menos una célula fotovoltaica 3 al nivel de una zona de salida 12 del dispositivo para la concentración de luz que se encuentra sobre la hendidura de la lámina 1, por ejemplo mediante encolado (figura 8C).

En las figuras 8B y 8C, se da por supuesto que unas nanopartículas 30 se incorporan en los motivos 3 de la red de difracción 2 y la lámina 1 para alcanzar el índice de refracción y la variación deseados.

- La lámina con gradiente de índice 1 puede ser monolítica (como en la figura 8A) o estar formada por un apilamiento de laminillas 1.1. que tienen unos índices de refracción diferentes (figura 8D). Estas laminillas 1.1 están unidas entre sí, por ejemplo, mediante encolado con una cola (conocida por la denominación anglosajona de "glass fuser blue") o mediante ensamblaje molecular sin cola. Se prevé a continuación una etapa de fusión y de eliminación de las superficies de contacto entre las laminillas 1.1, si se ha empleado cola o también si ha habido ensamblaje molecular.
- La cooperación entre la lámina 1 y la red de difracción 2 se puede hacer mediante traslado de la red de difracción 2 sobre la cara principal 11 de la lámina 1 con alto índice de refracción, tal y como se ilustra en la figura 9A.
- La red de difracción 2 se puede fabricar mediante moldeo, mediante engofrado, mediante técnicas de litogrado o mediante holografía.
- La red de difracción 2 se puede trasladar de forma individual o de forma agrupada mediante encolado sobre una gran lámina y el conjunto se subdividirá a continuación en varios trozos. La cola es la referencia 7 en la figura 9A.
- En una variante, la red de difracción 2 se puede formar dentro de la lámina 1 con gradiente de índice, en el lado con alto índice de refracción de la lámina 1, mediante grabado, por ejemplo, mediante grabado seco o húmedo tras litografía, mediante trazado mecánico, tal y como se ilustra en la figura 9B, o incluso mediante ablación láser o incluso engofrado. Se puede considerar incluso realizar la red de difracción 2 sobre la lámina 1 mediante una etapa de engofrado de una capa de polímero 8 depositada previamente sobre la lámina 1, en el lado con alto índice de refracción, tal y como se ilustra en la figura 9C. La capa de polímero 8 solo se ve después del engofrado.
- En la configuración de la figura 9B, los motivos 3 de la red de difracción 2 son de gradiente de índice de refracción y además de índice de refracción constante.
- Se puede prever formar sobre una parte al menos de la hendidura 13 de la lámina 1 un revestimiento reflectante lateral 29. Este revestimiento reflectante lateral 29 se puede hacer a base de aluminio o de plata. Este revestimiento reflectante lateral 29 se puede obtener mediante pulverización o mediante evaporación y realizarse antes o después de la fijación de la red de difracción 2 en la lámina, o antes o después de la realización de la red de difracción 2 sobre o en el interior de la lámina 1.
- La parte dotada del revestimiento reflectante lateral 29 puede corresponder a cualquier hendidura 13 de la lámina 1 si el revestimiento es transparente, si es opaco se evita al menos una zona de salida 12 que estará frente a la célula fotovoltaica 3. Este revestimiento reflectante lateral 29 se materializa en la figura 9A mediante los trazos en línea de puntos. También se puede añadir al revestimiento reflectante lateral 29 un revestimiento de protección lateral externo 33. Este revestimiento de protección externo 33 se puede realizar, por ejemplo, en sílice y se obtiene mediante pulverización, o en polímero y se obtiene mediante inmersión o sedimento líquido. El revestimiento de protección 33 puede ser global y proteger todo el dispositivo para la concentración de luz.
- Se puede prever formar, por ejemplo, mediante pulverización o sedimento suelo-gel, un revestimiento reflectante o semi-reflectante posterior 26 sobre la cara posterior 25 del dispositivo para la concentración de luz. Este revestimiento reflectante o semi-reflectante posterior 26 puede estar presente sobre la red de difracción 2 antes de montarlo en la lámina 1 o se puede realizar después. Cuando la red de difracción 2 está formada sobre o en el interior de la lámina 1, el revestimiento reflectante o semi-reflectante posterior 26 se realizará tras la formación de la red de difracción 2. El revestimiento reflectante posterior 26 se puede realizar a base de aluminio o de plata, por ejemplo. El revestimiento semi-reflectante posterior 26 se puede realizar, por ejemplo, a base de sílice, de nitruro de silicio, de óxido de titanio, de fluoruro de magnesio, de óxido de tántalo. Este revestimiento reflectante o semi-reflectante posterior 26 se puede observar en la figura 4B.
- Se puede prever formar un revestimiento teñido posterior 28 sobre la cara posterior 25 del dispositivo para la concentración de luz. Este revestimiento teñido posterior 28 puede estar presente sobre la red de difracción 2 antes de montarlo en la lámina 1 o realizarse posteriormente o después de la realización de la red de difracción sobre o en el interior de la lámina 1. Este revestimiento teñido posterior 28 se puede observar en la figura 4C. Se puede realizar, por ejemplo, mediante pulverización, sedimento suelo-gel, sedimento por centrifugación o inmersión, y estar formado por una o varias capas de materiales que pueden ser transparentes por naturaleza o, por el contrario, teñidos de forma natural, como pinturas o materiales que incluyen iones de tierras raras o fósforos, o partículas fluorescentes. Estos materiales pueden, por ejemplo, seleccionarse entre el sílice, el óxido de titanio, el fluoruro e magnesio o de cualquier otro material dieléctrico conocido para aportar un color. El apilamiento de los diferentes materiales con diferentes grosores y de acuerdo con diferentes secuencias conducirá a un color interferencial dado.
- También se puede prever que el revestimiento teñido 28 conste de al menos una capa de material neutro como el sílice o un polímero de tipo PMMA que incorpore granos de luminóforo.
- El revestimiento teñido posterior 28 se puede asociar al revestimiento de protección posterior externo 27.

Se puede prever realizar un revestimiento anti-reflectante 32 sobre al menos una de las caras principales 10, 11 de la lámina 1, y si no hay más que uno, se le ubica sobre la cara anterior 10 de la lámina 1, en el lado de bajo índice de refracción. Es en particular el caso si la red de difracción se forma en el interior de la lámina 1.

5 Cuando la red de difracción 2 se traslada sobre la lámina 1 o se forma sobre la lámina 1, también se puede proveer a la otra cara principal 11 de la lámina 1 que va a recibir la red de difracción 2 con el revestimiento anti-reflectante 32 antes del traslado o de la formación de la red de difracción, tal y como se ilustra en la figura 8B. Este revestimiento anti-reflectante 32 puede ser monocapa o multicapa.

10 El revestimiento anti-reflectante 32 se puede realizar a partir de un apilamiento de una o varias capas transparentes de un material seleccionado, por ejemplo, entre el sílice, el óxido de titanio, el fluoruro de magnesio, tal y como en el caso del revestimiento teñido, o de cualquier otro material dieléctrico conocido por sus propiedades anti-reflectantes.

15 El revestimiento teñido puede tener la misma base que el revestimiento anti-reflectante, pero diseñado de manera diferente. Utiliza los mismos materiales, con una secuencia de apilamiento diferente y unos grosores diferentes. Sin embargo, el revestimiento teñido puede, además, utilizar materiales teñidos por naturaleza, por ejemplo materiales que presentan impurezas como tierras raras, nanopartículas, fósforos.

20 Se puede disponer sobre la cara anterior del dispositivo para la concentración de luz, un dispositivo de protección anterior 31, esto se puede hacer mediante encolado. Este dispositivo de protección anterior 31 puede ser una placa de vidrio o una placa de material plástico como el polimetacrilato de metilo. Se hace referencia a la figura 9D. La lámina 1 y/o la red de difracción 2 se pueden realizar entonces de material plástico. Un marco metálico 34 puede rodear el conjunto.

25 Cuando el dispositivo para la concentración de luz forma un sándwich con dos láminas 1, 6 y la red de difracción se inserta entre estas, es posible que la segunda lámina 6 se traslade a la red de difracción 2 después de que este se haya asociado a la primera lámina 1 tal y como se ilustra en la figura 10A. La red de difracción 2 se habrá podido imprimir en relieve sobre la primera lámina 1, en el lado de su índice de refracción más alto.

30 En ese caso, se llenan los espacios 5 entre los motivos 3 de la red de difracción 2 con un material de relleno 9 que presenta un contraste de índice de refracción con el de los motivos 3 de la red de difracción 2. Este material puede ser un material dieléctrico (sílice, nitruro de silicio, entre otros) o un polímero o un material híbrido orgánico /inorgánico y tener un índice de refracción más bajo que el de los motivos. Este material puede sobresalir de las hendiduras, pero no es necesario. También se puede considerar otro modo de realización. Se pueden ensamblar

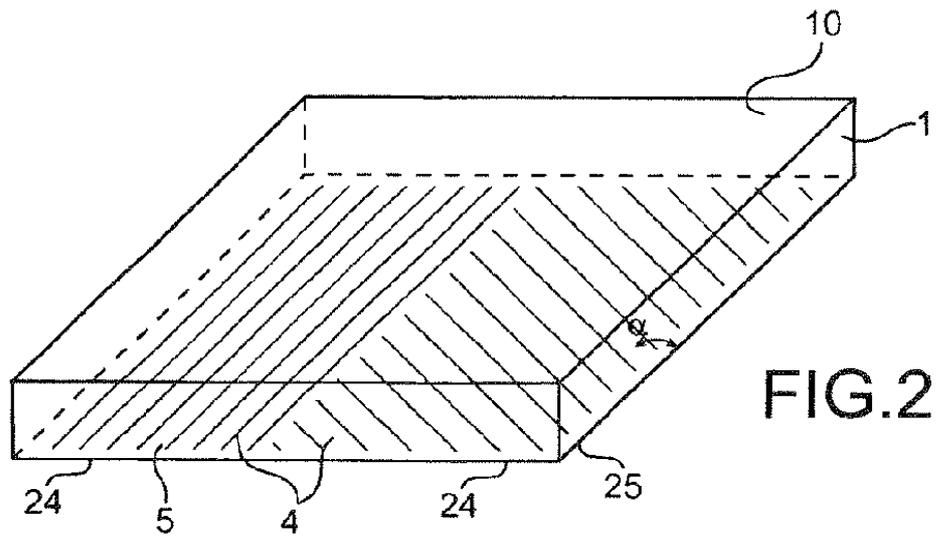
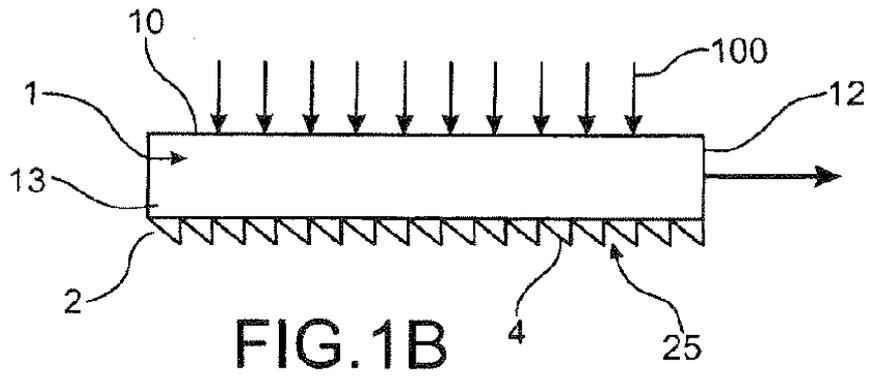
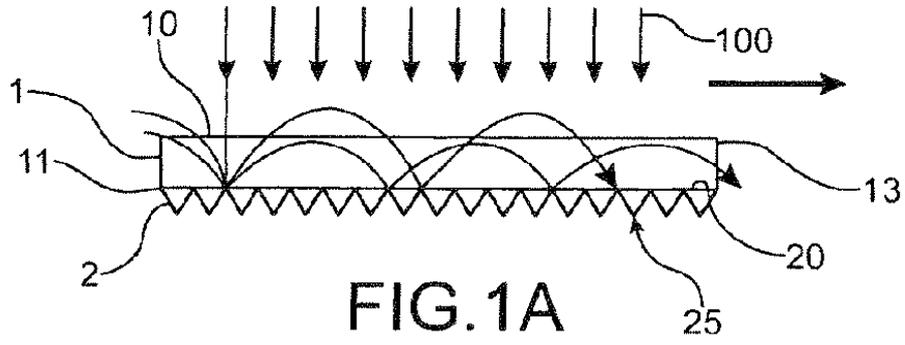
35 entre sí las dos láminas 1, 6 por la cara que presenta el índice de refracción más alto (figura 10B), por ejemplo mediante encolado o adhesión molecular si cola. Se prevé a continuación una etapa de fusión para hacer desaparecer la superficie de contacto. Estas dos láminas 1, 6 pueden ser monolíticas o un apilamiento de laminillas con diferentes índices de refracción tal y como se ha explicado en párrafos anteriores. En este último caso, las laminillas pueden ubicarse, de acuerdo con su índice de refracción, de manera simétrica con respecto a la superficie  
40 de contacto. Se obtiene de este modo una guía de luz, cada una de las láminas 1, 6 formando una media guía de luz.

La red de difracción se puede formar mediante desgaste o refusión en el centro del ensamblaje, por ejemplo mediante un láser L focalizado en el centro de la guía (figura 10C).

45 Aunque se hayan representado y descrito varios modos de realización de la presente invención de forma detallada, se entenderá que se pueden aportar diferentes cambios y modificaciones sin por ello salirse del marco de la invención.

## REIVINDICACIONES

1. Dispositivo para la concentración de luz, que comprende:
- 5 - una lámina (1) que tiene dos caras principales (10, 11) y una hendidura (13) entre las dos caras principales (10, 11), existiendo un gradiente de índice de refracción entre las dos caras principales (10, 11), y
- 10 - una red de difracción (2) que funciona en reflexión o en semi-reflexión, que coopera con una de las caras principales (11) de la lámina, la que tiene el índice de refracción más alto, formando la cara principal (10) que tiene el índice de refracción más bajo una cara anterior de entrada de la luz, estando dispuesta sobre la hendidura (13) al menos una zona de salida (12) de la luz.
2. Dispositivo para la concentración de luz de acuerdo con la reivindicación 1, en el que, cuando la red de difracción comprende motivos unidimensionales, éstos son trazos sensiblemente paralelos.
- 15 3. Dispositivo para la concentración de luz de acuerdo con la reivindicación 1, en el que, cuando la red de difracción comprende motivos bidimensionales (40), éstos son pivotes de forma cilíndrica o cónica.
- 20 4. Dispositivo para la concentración de luz de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 3, en el que la red de difracción comprende varias subredes de difracción que tienen unos motivos que presentan orientaciones diferentes.
5. Dispositivo para la concentración de luz de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, en el que la hendidura (13) está formada por varias caras laterales, ocupando la zona de salida (12) toda la cara lateral o únicamente una porción.
- 25 6. Dispositivo para la concentración de luz de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 5, en el que la red de difracción (2) comprende unos motivos (4) que tienen un índice de refracción sensiblemente constante, superior o igual al índice de refracción más alto de la lámina (1).
- 30 7. Dispositivo para la concentración de luz de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 5, en el que la red de difracción (2) comprende unos motivos (4) con gradiente de índice de refracción entre una cara principal (20) que coopera con la lámina (1) y otra cara principal (25) opuesta a la que coopera con la lámina (1).
- 35 8. Dispositivo para la concentración de luz de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, en el que una cara posterior (25) del dispositivo para la concentración de luz es una cara de la red de difracción (2) situada frente a la cara que tiene el índice de refracción más bajo de la lámina (1), estando provista esta cara posterior (25) de un revestimiento reflectante o semi-reflectante posterior (26).
- 40 9. Dispositivo para la concentración de luz de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 7, en el que otra lámina (6) con gradiente de índice, que tiene dos caras principales y una hendidura, y la lámina de gradiente de índice (1) forman un sándwich en el que se encuentra la red de difracción (2), estando la red de difracción en el lado de la cara principal que presenta un índice de refracción más alto que la otra lámina, estando provista la hendidura de la otra lámina de al menos una zona (12') de salida de luz.
- 45 10. Dispositivo para la concentración de luz de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, que posee una cara posterior (25) frente a la cara principal que tiene el índice de refracción más bajo de la lámina (1) o de una de las láminas (1, 6), en el que la cara posterior (25) está provista de un revestimiento teñido posterior (28) destinado a teñir el dispositivo para la concentración de luz.
- 50 11. Dispositivo para la concentración de luz de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, en el que la cara principal (10) que tiene el índice de refracción más bajo de la lámina (1) o de al menos una de las láminas (1, 6) está provista de un revestimiento anti-reflectante (32), pudiendo también la cara principal (11) que tiene el índice de refracción más alto de la lámina (1) o de al menos una de las láminas (1, 6) estar provista de un revestimiento anti-reflectante (32).
- 55 12. Dispositivo para la concentración de luz de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, en el que la hendidura (13) de la lámina (1) o de al menos una de las láminas (1, 6) está provista de un revestimiento reflectante lateral (29), con la excepción de la zona de salida (12) si es opaco.
- 60 13. Dispositivo para la concentración de luz de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, en el que la red de difracción (2) y la lámina (1) o las láminas (1, 6) son flexibles.
14. Dispositivo fotovoltaico que comprende un dispositivo para la concentración de luz de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 13 y una célula fotovoltaica (3) montada sobre cada zona de salida (12).



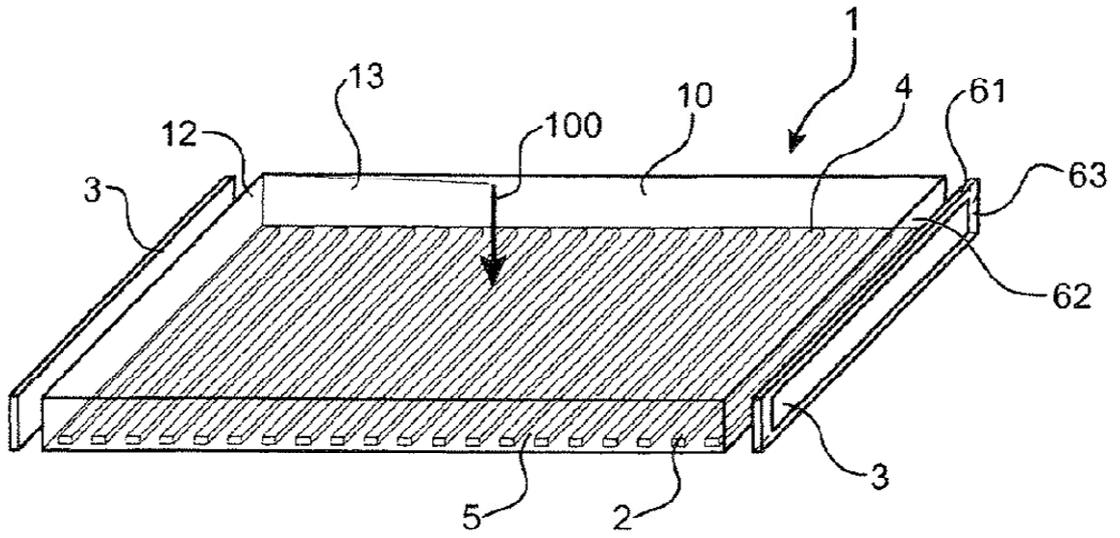


FIG. 3A

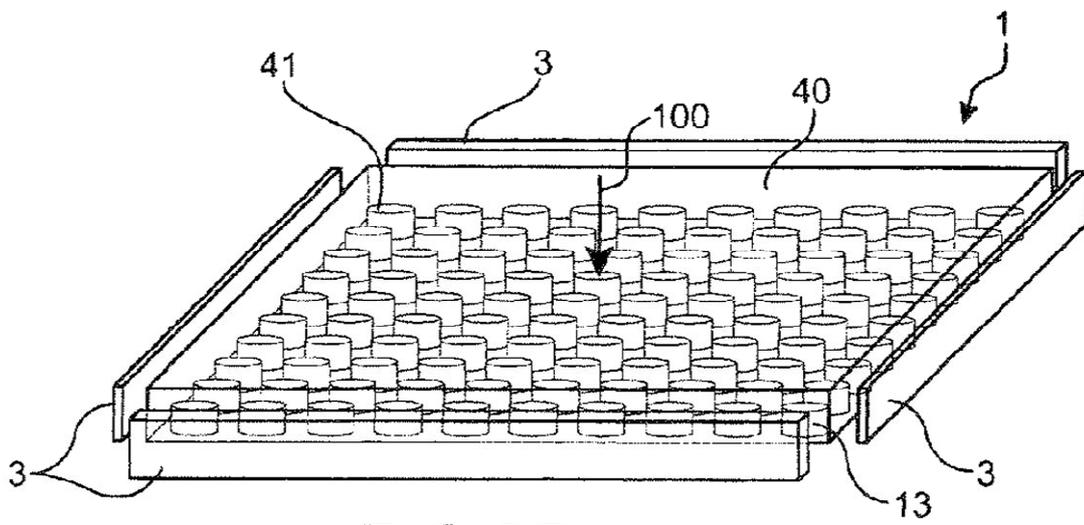
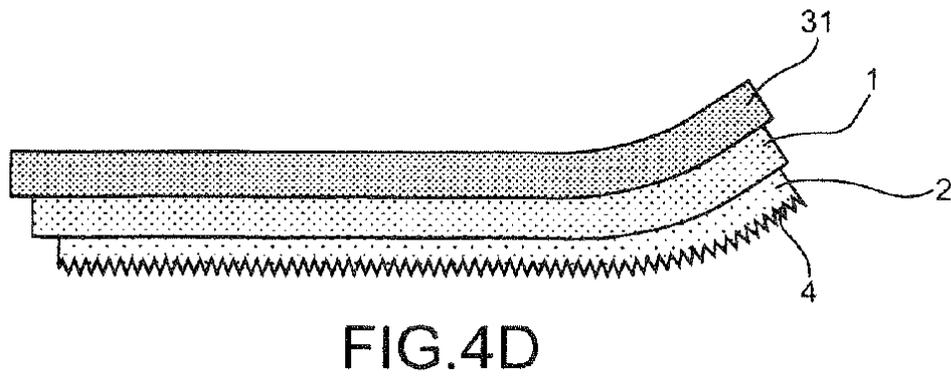
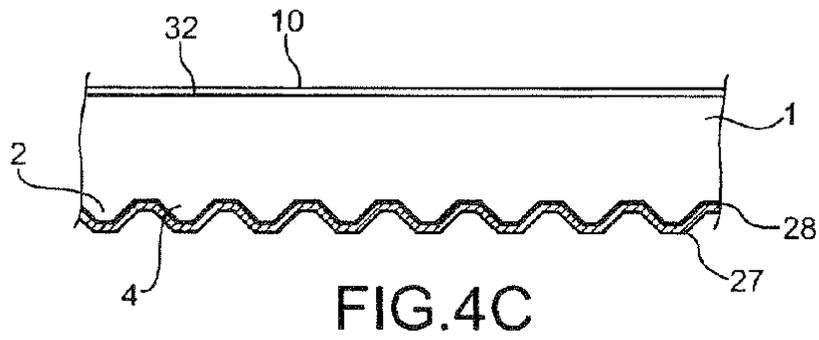
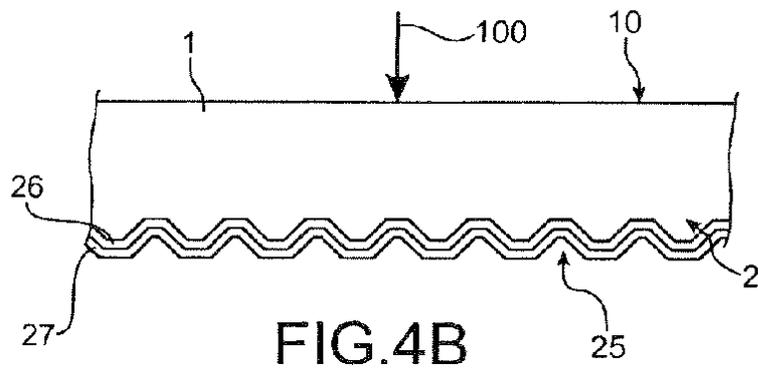
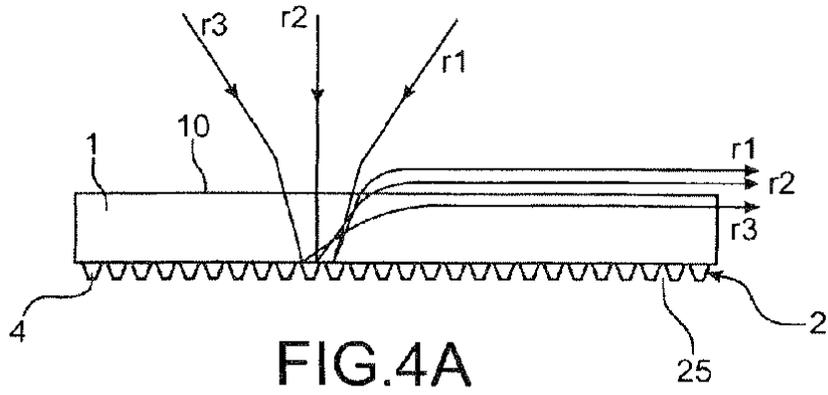
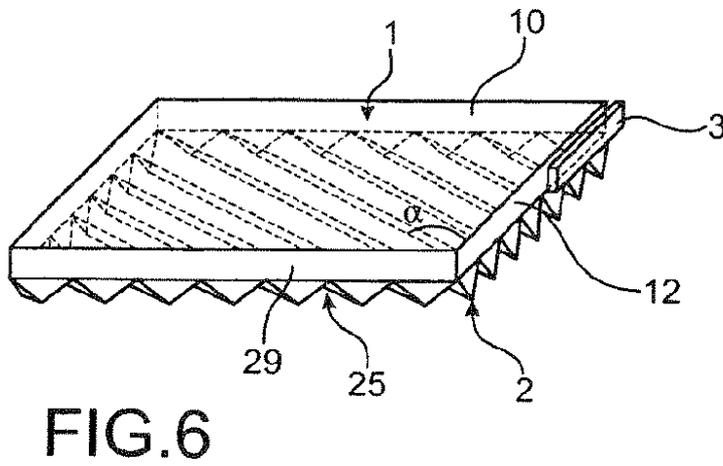
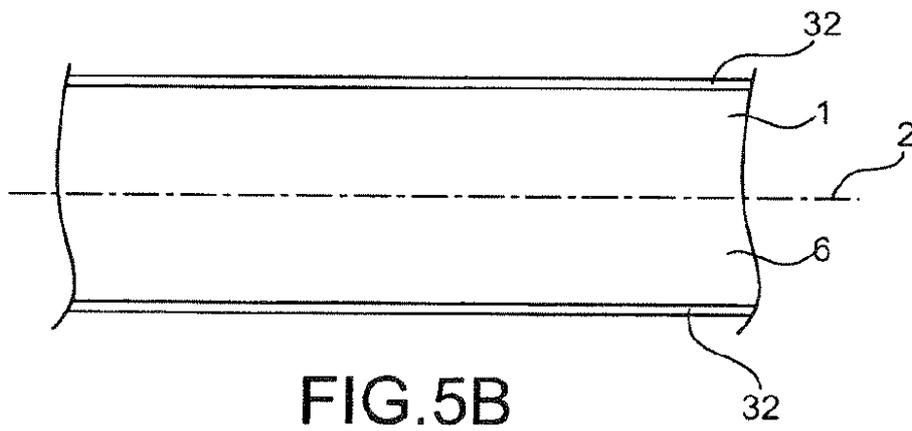
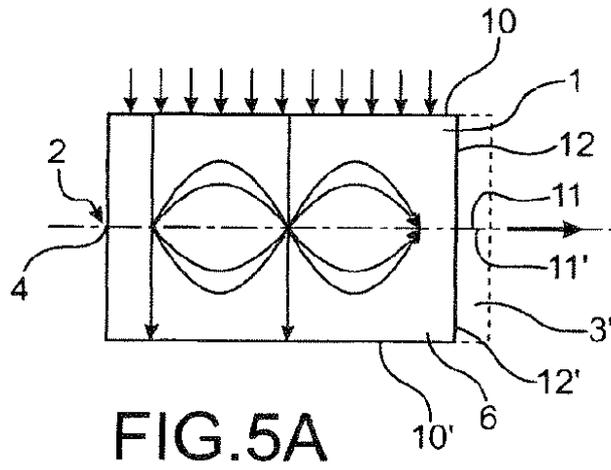


FIG. 3B





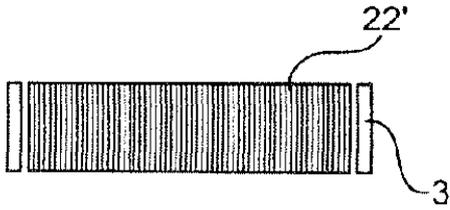


FIG. 7A

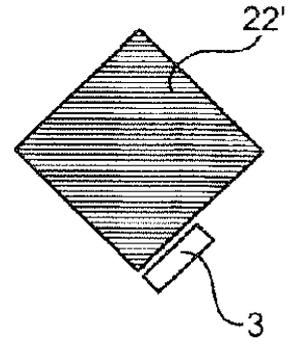


FIG. 7B

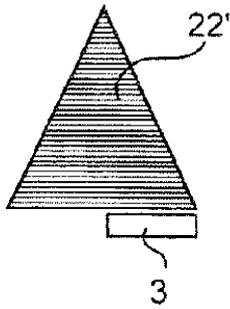


FIG. 7C

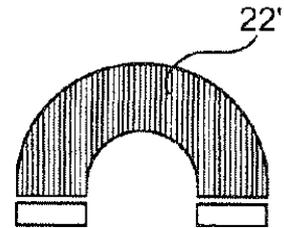


FIG. 7D

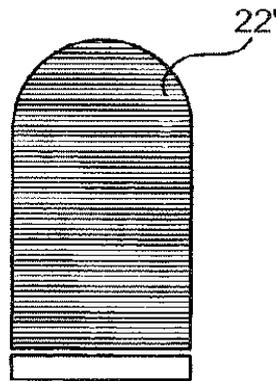
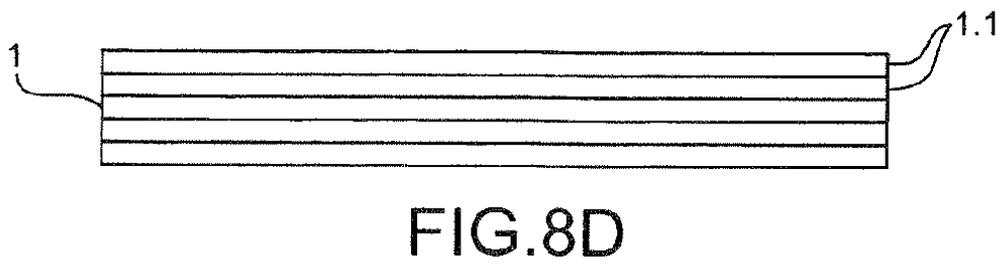
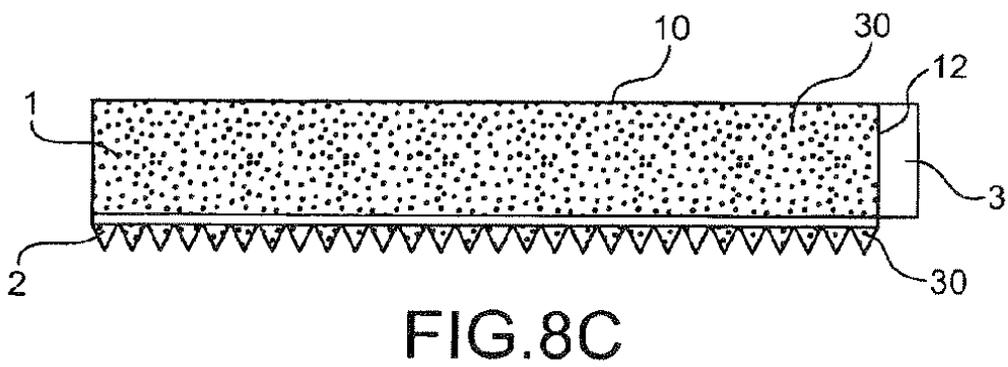
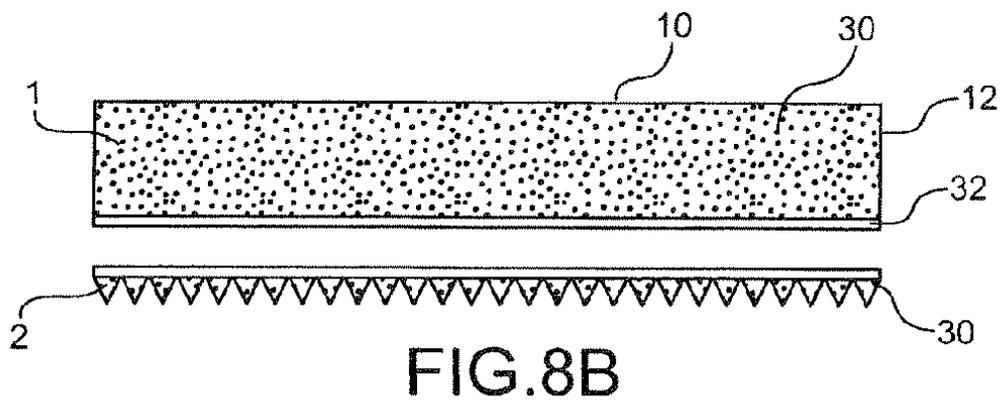
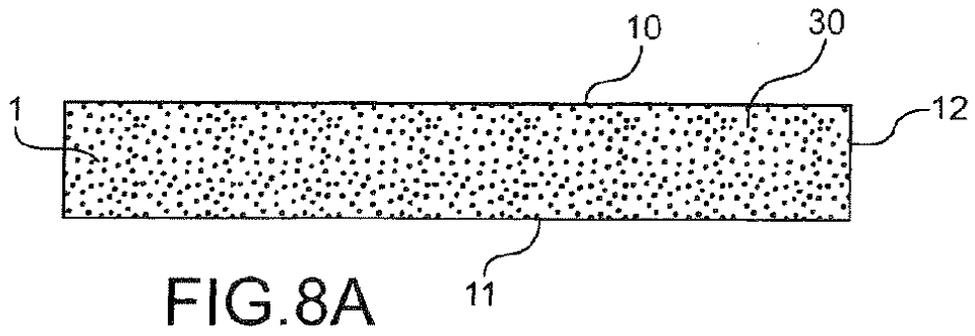
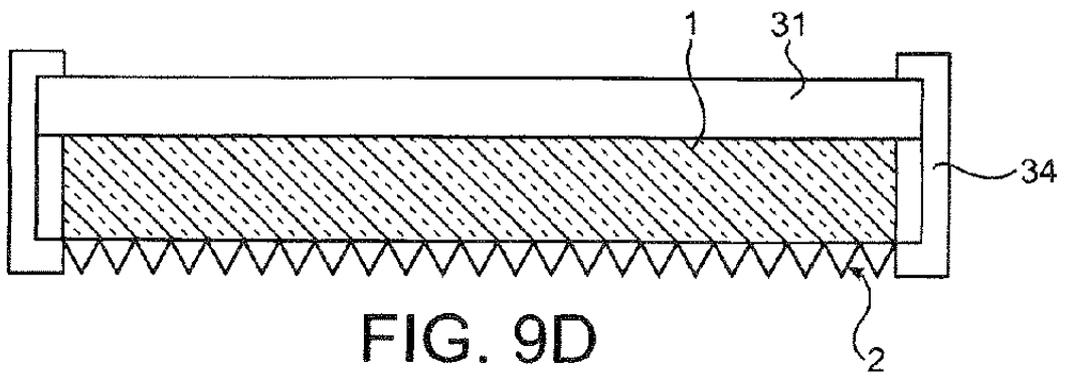
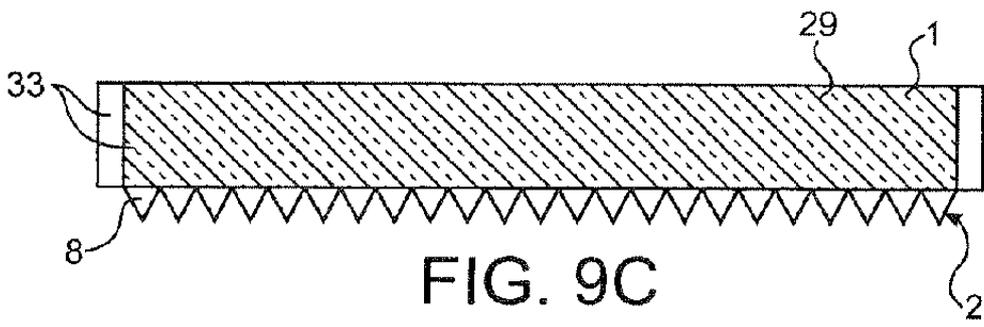
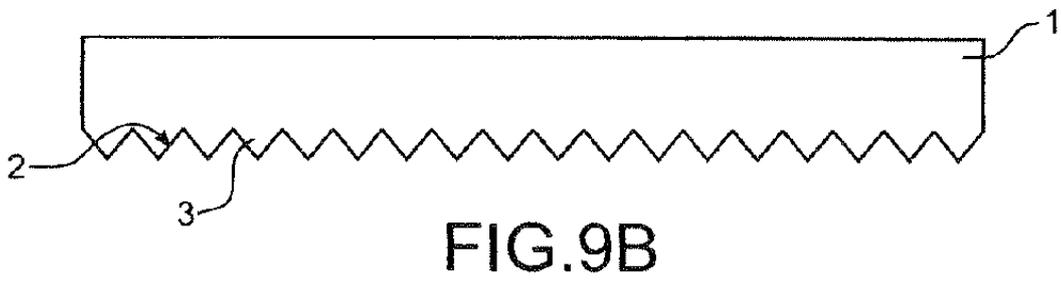
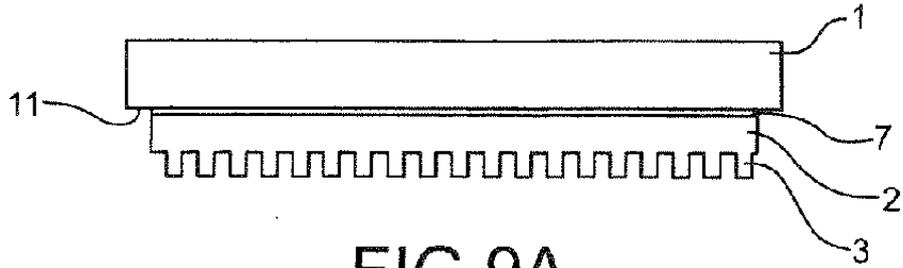


FIG. 7E





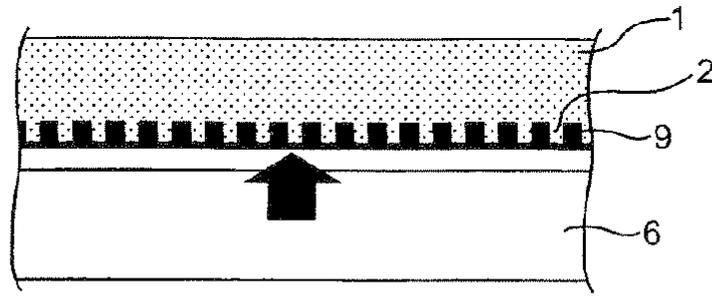


FIG.10A

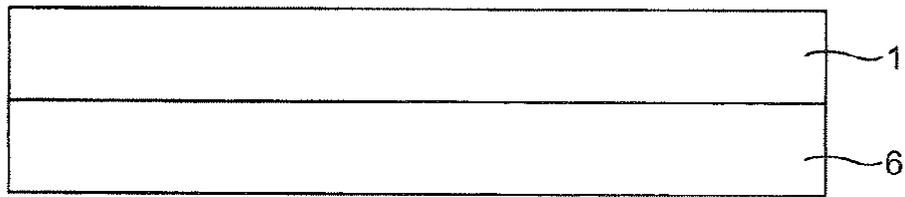


FIG.10B

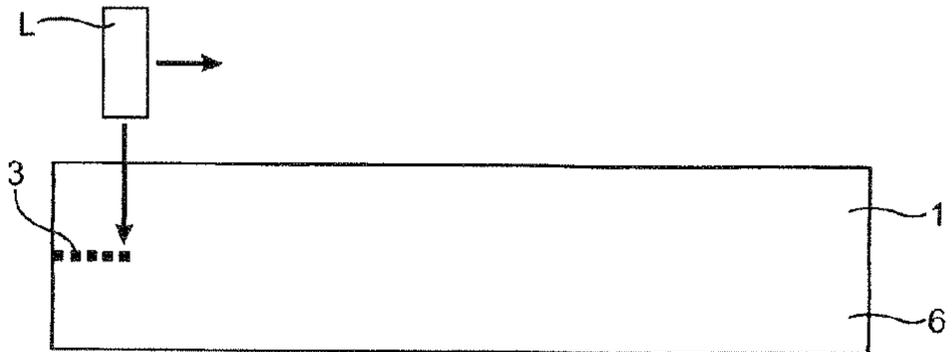


FIG.10C