

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 804 303**

51 Int. Cl.:

H01L 27/142 (2014.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **27.08.2014** **PCT/EP2014/068192**

87 Fecha y número de publicación internacional: **05.03.2015** **WO15028519**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **27.08.2014** **E 14777014 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **22.04.2020** **EP 3039718**

54 Título: **Módulo solar de capa delgada parcialmente transparente**

30 Prioridad:

30.08.2013 CN 201310613095

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

05.02.2021

73 Titular/es:

**CHINA TRIUMPH INTERNATIONAL
ENGINEERING CO., LTD. (50.0%)
27 F, Zhongqi Building No. 2000 Zhongshan Beilu
Shanghai 200063, CN y
CTF SOLAR GMBH (50.0%)**

72 Inventor/es:

**RICHTER, HILMAR;
KIESEWETTER, TOBIAS y
PENG, SHOU**

74 Agente/Representante:

LINAGE GONZÁLEZ, Rafael

ES 2 804 303 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

Módulo solar de capa delgada parcialmente transparente

- 5 La invención se refiere a módulos solares de capa delgada, en los que mediante la retirada dirigida de partes determinadas de la superficie fotovoltaicamente activa, no o solo muy débilmente transparente se consigue una transparencia parcial deseada para la luz incidente.

10 Bajo transparencia se entiende a continuación la permeabilidad para la luz en el rango espectral visible (380 nm a 780 nm), referido a toda la superficie examinada. Explícitamente esto quiere decir que la superficie examinada (por ejemplo, un módulo solar) puede presentar zonas fuertemente impermeables a la luz o incluso totalmente impermeables a la luz y más fuertemente permeables a la luz. La transparencia parcial significa en este contexto que la superficie considerada es transparente para una parte de la luz incidente.

- 15 En la futura generación de energía, las células solares desempeñarán un papel significativo. En particular, los módulos solares de capa delgada tienen a este respecto ventajas con vistas al pequeño consumo de material y producción en masa facilitada. Los módulos solares de este tipo están contruidos de materiales de semiconductor amorfo o policristalinos, que se pueden depositar de forma económica en sustratos de gran superficie, en particular sustratos de vidrio. Los representantes más importantes son módulos solares en base a sulfuro de cadmio - telururo de cadmio (CdS/CdTe), diseleniuro de cobre e indio (CIS-CIGS) o silicio amorfo (a-Si).

Los módulos solares de capa delgada se componen de varias capas depositadas y eventualmente reprocesadas sucesivamente sobre el sustrato.

- 25 En los módulos de capa delgada con así denominada configuración de "superestrato" se depositan comenzando desde el sustrato (la mayoría de las veces vidrio) la capa de contacto frontal transparente, las capas de semiconductor fotovoltaicamente activas, no o solo muy débilmente transparentes. La capa de contacto posterior no es transparente en la mayoría predominante de células solares según el estado de la técnica. No obstante, también se conocen modos constructivos con capas de contacto posterior transparentes.

30 En los módulos de capa delgada con así denominada configuración de "superestrato" se depositan comenzando desde el sustrato la capa de contacto posterior generalmente no transparente, las capas de semiconductor fotovoltaicamente activas, no transparentes y la capa de contacto frontal transparente. En el caso de la capa de contacto frontal se aplican en general óxidos conductores transparentes (TCO, *transparent conductive oxide*), p. ej. óxido de indio dotado de estaño (ITO), óxido de estaño dotado de flúor (FTO) u óxido de zinc dotado de aluminio, así como compuesto de tipo estanato, p. ej. estanato de cadmio ($\text{Cd}_2(\text{SnO}_4)$).

40 La conversión fotovoltaica de energía solar en energía eléctrica provoca típicamente tensiones por debajo de 1 voltio en las células solares según el estado de la técnica. Para obtener tensiones utilizables técnicamente, por ello se deben conectar en serie varias células solares individuales. En los módulos solares de capa delgada esto se realiza preferentemente porque la superficie activa del módulo solar se subdivide en células solares individuales, en forma de tira. La subdivisión se realiza mediante así denominadas tiras de estructuración, donde cada tira de estructuración se compone preferentemente de tres cortes de estructuración estrechamente adyacentes. En una forma de realización preferida, cada corte parcial separa respectivamente solo determinadas capas individuales de la serie de capas del módulo solar. Gracias a la disposición apropiada de los cortes parciales entre sí y eventualmente llenado apropiado de los cortes de estructuración con material conductor o aislante se consigue que el contacto posterior de la una célula solar entre en contacto con la capa de contacto frontal de la siguiente célula solar y el contacto frontal y posterior están separados respectivamente delante y detrás del punto de contacto, por lo que se produce la interconexión de estas células solares. En este procedimiento también se habla de estructuración.

50 Correspondientemente, un módulo solar de capa delgada según el estado de la técnica presenta varias células solares individuales, que se extienden preferentemente desde un borde al otro borde del módulo solar (o hasta los bordes sin capa del módulo solar). Las células solares individuales, en forma de tira están separadas por las tiras de estructuración e interconexionadas en serie entre sí. Para la estructuración, por el estado de la técnica se conocen distintos procedimientos, en los que en general en la zona de las tiras de estructuración se retira total o parcialmente el revestimiento en forma de cortes de estructuración individuales. A este respecto, se trata p. ej. de procedimientos mecánicos, procedimientos de mecanizado por láser, métodos de patentes o técnicas de despegue (véase los documentos DE 37 12 589 A1 y DE 43 24 318 C1). Las tiras de estructuración discurren preferiblemente en paralelo entre sí.

60 Un aspecto esencial en la generación de energía fotovoltaica es la necesidad de superficie para la instalación de los módulos solares. Desde puntos de vista económicos y ecológicos se deben pretender especialmente los soportes de los módulos solares sobre los tejados, así como de forma creciente la integración de los módulos solares en las fachadas de edificios, en particular fachadas de rascacielos.

65 Para la aplicación de los módulos solares en las fachadas de rascacielos, estos se construyen de modo que pueden satisfacer la función de un revestimiento de fachada típico. Adicionalmente generan ventajosamente energía

eléctrica que se puede usar en la casa o alimentarse en la red eléctrica pública.

Las fachadas de casas, en particular fachadas de rascacielos están sometidas en general a requerimientos arquitectónicos especiales. En particular, las zonas del revestimiento de fachada se deben diseñar de forma parcialmente transparente. Aun cuando la zona de la fachada no contiene una pequeña ventana, sino que solo se sitúa delante de un espacio funcional que no necesita una incidencia de la luz del día directa, sin embargo, puede ser deseable una cierta incidencia de la luz.

Aquí pueden ser ventajosos elementos de fachada parcialmente transparentes.

En los módulos solares de capa delgada convencionales del estado de la técnica no se produce ninguna transparencia o una por mucho demasiado baja. Los módulos solares de capa delgada con sus patrones de estructuración especiales para la interconexión en serie de las tiras de células solares individuales tampoco muestran una transparencia esencial, ya que los cortes transparentes de la estructura solo presentan una anchura de conjuntamente claramente menos de 0,1 mm y las zonas de estructuración tienen distancias típicas de más de 5 mm. La transparencia de los módulos solares de capa delgada según el estado de la técnica se eleva por tanto en general a claramente por debajo del 2% de la luz incidente.

El documento US 4,795,500 A describe un módulo solar de capa delgada, que se fabrica en la configuración de superestrato arriba descrita. A este respecto, después del depósito del electrodo posterior metálico se graban agujeros en el electrodo posterior o en el electrodo posterior y las capas de semiconductor fotovoltaicamente activas, a fin de elevar la transparencia del módulo solar. El lado posterior del módulo solar se cierra a continuación con una capa de protección transparente, p. ej. de plástico.

Por consiguiente se plantea el objeto de proponer módulos solares de capa delgada parcialmente transparentes, que permitan junto a la generación de energía una incidencia de luz en la zona alejada del lado de incidencia de luz. A este respecto, en particular se debe acercar lo más posible a la impresión óptica de una superficie cerrada, uniforme y homogénea, dado que los módulos solares también deben satisfacer requisitos estéticos con frecuencia, en particular al usarse como elementos de fachada.

El objeto se consigue según la invención con el procedimiento según la reivindicación 1. Modos de procedimientos ventajosos se dan a conocer en las reivindicaciones dependientes referidas a la reivindicación 1.

Según la invención, el objeto se consigue en tanto que se produce una transparencia parcial del módulo solar, en tanto que en un módulo solar de capa delgada con un procedimiento apropiado se retiran de forma dirigida zonas de superficie libremente definibles (zonas de superficie transparentes) de la pila de capas de la célula solar de capa delgada de un módulo semejante, preferiblemente antes de la laminación. Las zonas de superficie libremente definibles están diseñadas preferiblemente de manera que las zonas libres llegan al menos a través de todas las capas no transparentes, de modo que se origina un tipo de ventana en la pila de capas de la célula solar a través de la que puede pasar la luz.

El módulo solar generado con el procedimiento según la invención presenta una pluralidad de zonas de superficie libremente definibles, que no contienen una pila de capas o solo capas permeables a la luz de la pila de capas. La fracción de superficie de las zonas de superficie libremente definibles se sitúa preferiblemente entre el 70% y 5%, de forma especialmente preferible entre el 50% y 10% y de forma muy especialmente preferible entre el 40% y el 20% de toda la superficie del módulo solar. Ha resultado ser muy especialmente ventajosa una fracción de superficie del 30% +/- 5%.

En una forma de realización preferida, la configuración de las zonas de superficie libremente definibles se realiza en tanto que en cada punto, que está previsto para una zona de superficie, se retiran todas las capas de la pila de capa, al menos las capas impermeables a la luz de la pila de capas.

La retirada posterior de la pila de capas de la célula solar de capa delgada en las zonas de superficie definidas ocurre preferentemente con un procedimiento por láser, como también se usa en la tarea de estructuración del módulo de capa delgada. Además, también son preferibles los procedimientos mecánicos arriba mencionados usando buriles y efectos de chorro de arena o mecanismos de despegue especiales, así como procedimientos fotolitográficos adaptados.

En otra forma de realización preferida, la configuración de las zonas de superficie libremente definibles se realiza en tanto que el depósito de todas las capas de la pila de capas, al menos de las capas impermeables a la luz, se limita a las zonas fuera de las zonas de superficie libremente definibles. Para ello son apropiadas medidas previas técnicas del estado de la técnica, como por ejemplo máscaras. En este modo de proceder se realiza el depósito de las capas, de modo que quedan no revestidas las zonas de superficie definidas (las zonas de superficie libremente definibles) y se obtiene la transparencia parcial de esta manera.

La forma de zonas de superficie libremente definibles puede ser en principio a voluntad. Pero, preferentemente se

usan formas geométricas sencillas, como rectángulos, trapecios, triángulos, polígonos o círculos. Las formas se seleccionan de modo que se pueden disponer a ser posible de forma simétrica a lo largo de una tira de células solares predeterminada mediante la estructuración. Cuanto más anchas son las tiras de células solares, se producen tantas más posibilidades de variación de las formas. Preferiblemente, la fracción de superficie de las zonas de superficie libremente definibles tiene el mismo tamaño en cada tira de células solares de un módulo de células solares.

En una forma de realización preferida se genera la transparencia, en tanto que los cortes de estructuración se realizan más anchos.

Las zonas de superficie libremente definibles están rellenas con un plástico sin color o transparente en color, de modo que se origina una superficie plana para la terminación de la capa de contacto posterior. Mediante el uso de un plástico en color se pueden conseguir formas de realización estéticas ventajosas del módulo de células solares. Este relleno de las zonas de superficie libremente definibles se realiza preferiblemente por medio de un procedimiento fotolitográfico según el estado de la técnica. Como material plástico se usa por ejemplo PMMA.

Mediante la retirada de las capas fotovoltaicamente activas en las zonas de superficie definidas se reduce el rendimiento del módulo solar de capa delgada en el caso ideal solo en relación de la superficie retirada respecto a toda la superficie fotovoltaicamente activa. En este caso, las formas de las superficies se pueden seleccionar preferiblemente de modo que las superficies fotovoltaicas obtenidas entre las superficies retiradas presentan una forma rectangular. De este modo se garantiza que las superficies restantes obtenidas, fotovoltaicamente activas entre los cortes de estructuración adyacentes tengan una anchura b constante y una forma rectangular. Para la corriente fotovoltaica generada en las zonas de superficie del rectángulo $\Delta x \cdot b$ (longitud Δx) a lo largo de las superficies restantes fotovoltaicas rectangulares está a disposición por consiguiente, como análogamente ya en las tiras de células solares originales, una pista de corriente de anchura constante b del rectángulo s . Si todas las superficies restantes rectangulares, fotovoltaicamente activas siempre se encuentran en los cortes de estructuración con su anchura b del rectángulo, entonces las condiciones eléctricas respecto a la resistencia en serie y densidad de corriente se corresponden con el principio de interconexión en serie del módulo solar de capa delgada original. Solo la corriente total suministrada y por consiguiente el rendimiento están reducidos según la relación de las zonas de superficie retiradas respecto a toda la superficie fotovoltaicamente activa.

Por ello, las zonas de superficie transparentes fotovoltaicamente ideales son por ello rectángulos, que se extienden sobre todas las tiras de células solares y que están dispuestos de manera que la superficie restante fotovoltaicamente activa por tira de células solares es igual para todas las tiras de células solares del módulo solar de capa delgada.

Las dimensiones de las zonas de superficie libremente definibles se seleccionan en función del sector de uso previsto de los módulos de células solares. Cuando la superficie equipada con los módulos de células solares debe despertar una impresión lisa y homogénea, las zonas de superficie libremente definibles son muy pequeñas, de modo que ya no se pueden percibir individualmente por el observador desde una cierta distancia. En otra forma de realización preferida, las zonas de superficie libremente definibles forman elementos de diseño propios de la superficie a equipar con los módulos de células solares. Aquí, las dimensiones son entonces tan grandes que son visibles las zonas de superficie para el observador.

Para satisfacer las amplias necesidades estéticas y arquitectónicas, no obstante, se necesitan patrones más complejos. Así, en otra forma de realización preferida, las superficies restantes fotovoltaicamente activas pueden ser de tipo paralelogramo con la anchura b del paralelogramo y no coincidir en los cortes de estructuración sobre su anchura b del paralelogramo, sino estar dispuestas lateralmente decaladas a voluntad. Igualmente son preferibles formas de círculos y elipses como zonas de superficie transparentes, fotovoltaicamente no activas. Pero las formas de trapecios y triángulos transparentes pueden conducir según la disposición a superficies restantes fotovoltaicamente activas de diferente anchura. Bajo tales condiciones se generan considerables efectos de resistencia en serie adicionales, ya que las pistas de corriente se vuelven más largas que en el módulo de capa delgada original y los estrechamientos de las pistas de corriente con anchura variable de las superficies restantes fotovoltaicamente activas conducen a densidades de corriente localmente más elevadas. En el caso individual se debe examinar o determinar por cálculo si son aceptables las densidades de corriente que aparecen o, por ejemplo, se deben compensar mediante un aumento del grosor de material (grosor de capa).

Para evitar ampliamente los efectos de menoscabo de la resistencia en serie descritos arriba, en un modo de proceder especialmente preferido, durante la retirada de la pila de capas de la célula solar de capa delgada se diseña el desarrollo del procedimiento de modo que permanece constante la capa de contacto frontal transparente, conductora. Dado que de esta manera, para la corriente fotovoltaica, generada en las superficies restantes fotovoltaicamente activas en la zona de la capa de contacto frontal se mantienen completamente las pistas de corriente originales del módulo solar de capa delgada, se evitan los efectos negativos de la resistencia en serie, ya que no aparecen prolongaciones de la pista de corriente o aumentos locales indeseados de la densidad de corriente de la corriente generada fotovoltaicamente.

El efecto ventajoso descrito es significativo en particular en la capa de contacto frontal, ya que la resistencia de superficie $R_{\text{cuadrado, frontal}}$ de la capa de contacto frontal es en general mayor en hasta un factor 10 que la resistencia de superficie del contacto posterior $R_{\text{cuadrado, posterior}}$, que se debe conservar por tanto también solo en la zona de la superficie restante fotovoltaicamente activa. Por otro lado, el espesor de la capa de contacto posterior también se puede elevar fácilmente si aparecen efectos de resistencia lateral. Por el contrario, el espesor de la capa de contacto frontal está optimizado para la efectividad fotovoltaica (transmisión de la luz incidente) y solo se podría realizar más grueso bajo pérdidas de rendimiento adicionales.

La invención se explica mediante varios ejemplos de realización.

Las figuras adjuntas sirven para la explicación del ejemplo de realización:

La **figura 1** muestra esquemáticamente el principio según la invención de la implementación de la transparencia parcial de un módulo solar de capa delgada 10 en sección transversal. La célula solar 11 se compone de la pila de capas que presenta las capas

- contacto frontal 14 transparente,
- capa de CdS/CdTe no transparente 15 y
- capa de contacto posterior no transparente 16.

La célula solar se deposita en el vidrio frontal 17. La transparencia parcial deseada se produce por la retirada de zonas transparentes definidas 19 de las capas no transparentes 15 y 16. El procedimiento de la retirada de las capas definidas, no transparentes 15 y 16 se realiza en la configuración de "superestrato" aquí presente del módulo solar de capa delgada 10, de modo que se conserva la capa de contacto frontal 14 transparente (prevención de la resistencia en serie adicional). A continuación se lamina el vidrio posterior 18, como en la fabricación normal del módulo solar de capa delgada 10.

La **figura 2** muestra esquemáticamente un fragmento de un módulo solar de capa delgada 10, en el que de las superficies de las capas no transparentes 15 y 16 de las tiras de células solares 20 se retiran rectángulos de modo que se conservan las superficies restantes fotovoltaicamente activas 21 de la anchura $b_{\text{rectángulo}}$, cuya longitud b_{tira} se extiende sobre toda la tira de células solares 20. Las superficies restantes fotovoltaicas 21 se topan en la zona de los cortes de estructuración de tiras de células solares 20 adyacentes sobre la anchura $b_{\text{rectángulo}}$.

La **figura 3**: de las superficies no transparentes 21 de las tiras de células solares 20 del módulo solar de capa delgada 10 están retirados los círculos 22 con distancia fija $a_{\text{círculos}}$ y diámetro definido $d_{\text{círculos}}$ a lo largo de la línea central de la tira de células solares 20, donde es válido: $d_{\text{círculos}} < b_{\text{tira}}$. Los centros de los círculos 22 de tiras de células solares 20 adyacentes están decalados entre sí respectivamente en la mitad de distancia adcalado de la distancia entre centros $a_{\text{círculos}}$ de dos círculos 22 de una tira de células solares 20.

La **figura 4** muestra esquemáticamente una forma de realización con una pluralidad de zonas de superficie transparentes circulares 22, que están distribuidas de forma estocástica en la tira de células solares 20. En esta forma de realización, las dimensiones de las zonas de superficie transparentes circulares 22 son mucho más pequeñas que la anchura b_{tira} de las tiras de células solares.

La **figura 5** muestra la implementación de una "transparencia rectangular" de aprox. el 30% en base al módulo de capa delgada 10 del modelo de utilidad alemán DM 073 637.

La **figura 6** muestra la realización de una "transparencia circular" de aprox. el 30% en base al módulo de capa delgada del modelo de utilidad alemán DM 073 637. Esta forma de realización se diferencia de la mostrada en la figura 4 por una disposición regular de las zonas de superficie transparentes circulares en las tiras de células solares.

Lista de referencias

- 1 Luz incidente
- 2 Luz que pasa a través de las zonas de superficie libremente definibles
- 3 Borde sin capa del módulo de célula solar
- 4 Tira de células solares con bus de contacto
- 10 Módulo de células solares de capa delgada
- 11 Célula solar
- 14 Capa de contacto frontal
- 15 Capa de CdS/CdTe no transparente
- 16 Capa de contacto posterior no transparente
- 17 Vidrio frontal
- 18 Vidrio posterior

19	Zona transparente con estructura de capa retirada (zona de superficie)
20	Tira de células solares
21	Superficies no transparentes (zonas fotovoltaicamente activas)
22	Zonas de superficie circulares (círculos)
5	bR anchura $b_{\text{rectángulo}}$ de las superficies restantes rectangulares
	bS Longitud b_{tira} de las superficies restantes activas rectangulares
	aK Distancia $a_{\text{círculos}}$ de las zonas de superficie circulares (círculos)
	dK Diámetro $d_{\text{círculos}}$ de las zonas de superficie circulares (círculos)
10	vK Distancia a_{decalado} de los centros de las zonas de superficie circulares (círculos) en tiras adyacentes

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para la fabricación de un módulo solar de capa delgada parcialmente transparente (10) en configuración de sustrato, que presenta al menos las etapas siguientes:

- facilitación de un sustrato (18)
- aplicación de una capa de contacto posterior transparente o no transparente (16)
- aplicación de una capa de semiconductor fotovoltaicamente activa, no o solo muy débilmente transparente (15)
- aplicación de una capa de contacto frontal (14) transparente
- estructuración de las capas por medio de tiras de estructuración que discurren en paralelo entre sí y división del revestimiento en tiras de células solares (20) individuales conectadas en serie

caracterizado porque

- zonas de superficie (19, 22) definidas se retiran de la capa de contacto posterior (16) y capa de semiconductor (15) antes del depósito de la capa de contacto frontal (14)
- las zonas de superficie retiradas (19, 22) se rellenan con un plástico transparente o transparente a color y a continuación se deposita la capa de contacto frontal (14) transparente sobre las zonas de superficie (19, 22; 21) transparentes y no transparentes.

2. Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado porque las zonas de superficie (19, 22) transparentes están dispuestas de forma estocástica o regular sobre la superficie de módulo.

3. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque las zonas de superficie (19, 22) transparentes preferiblemente

- están dispuestas de forma simétrica a lo largo de las tiras de células solares (20),
- su extensión respectiva no sobrepasa la anchura de la tira de células solares (20),
- la superficie total de las zonas de superficie (19, 22) transparentes es igual para todas las tiras de células solares (20).

4. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque las zonas de superficie (19, 22) definidas con capa de semiconductor y de contacto posterior retirada (15, 16) se generan mediante cortes de estructuración ensanchados a voluntad y con ello se implementa la transparencia parcial deseada.

5. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque las zonas de superficie (19, 22) definidas con la capa de semiconductor y capa de contacto posterior retirada (15, 16) se sitúan en la zona de las tiras de células solares (20) y presentan

- forma rectangular
- forma paralelepípedica
- forma circular
- forma triangular
- forma trapezoidal
- formas poligonales.

6. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque las zonas de superficie (19, 22) definidas en la capa de semiconductor y capa de contacto posterior (15, 16) se retiran con un

- procedimiento por láser
- procedimiento de ranurado mecánico,
- procedimiento de despegue,
- procedimiento de grabado,
- procedimiento de chorro de arena.

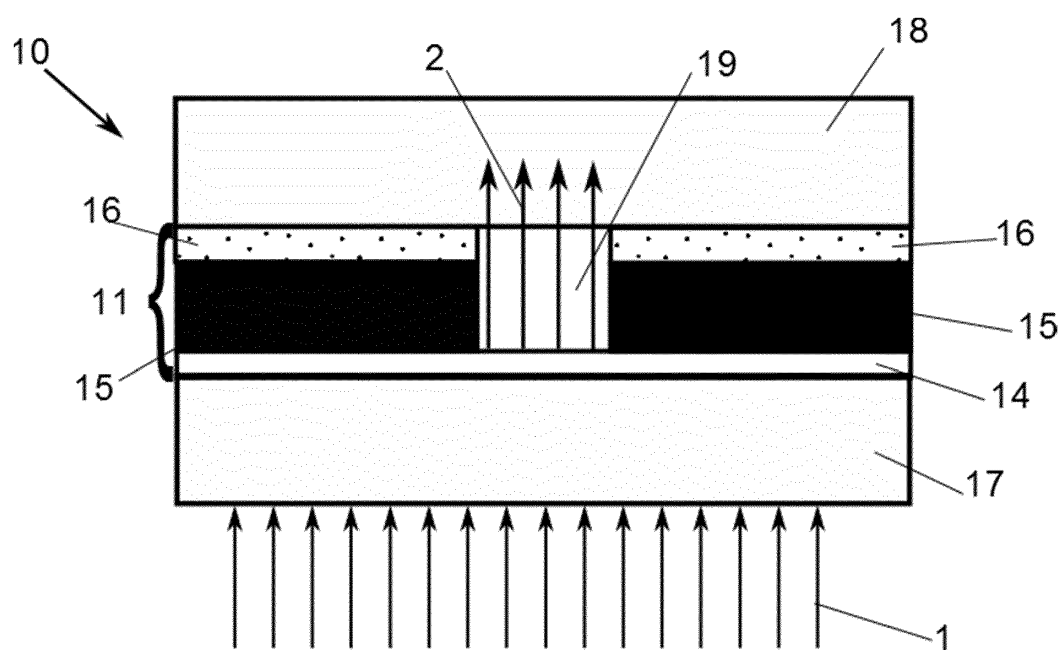


Fig. 1

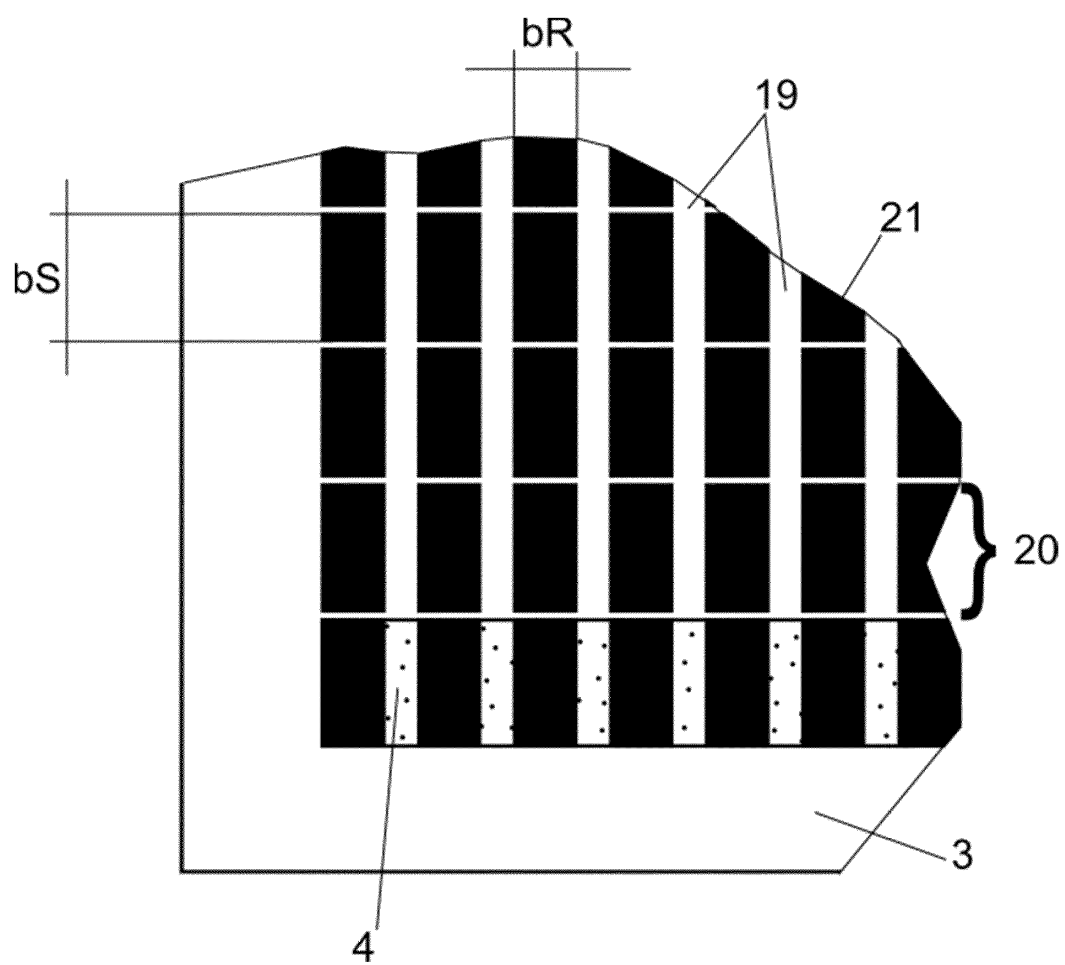


Fig. 2

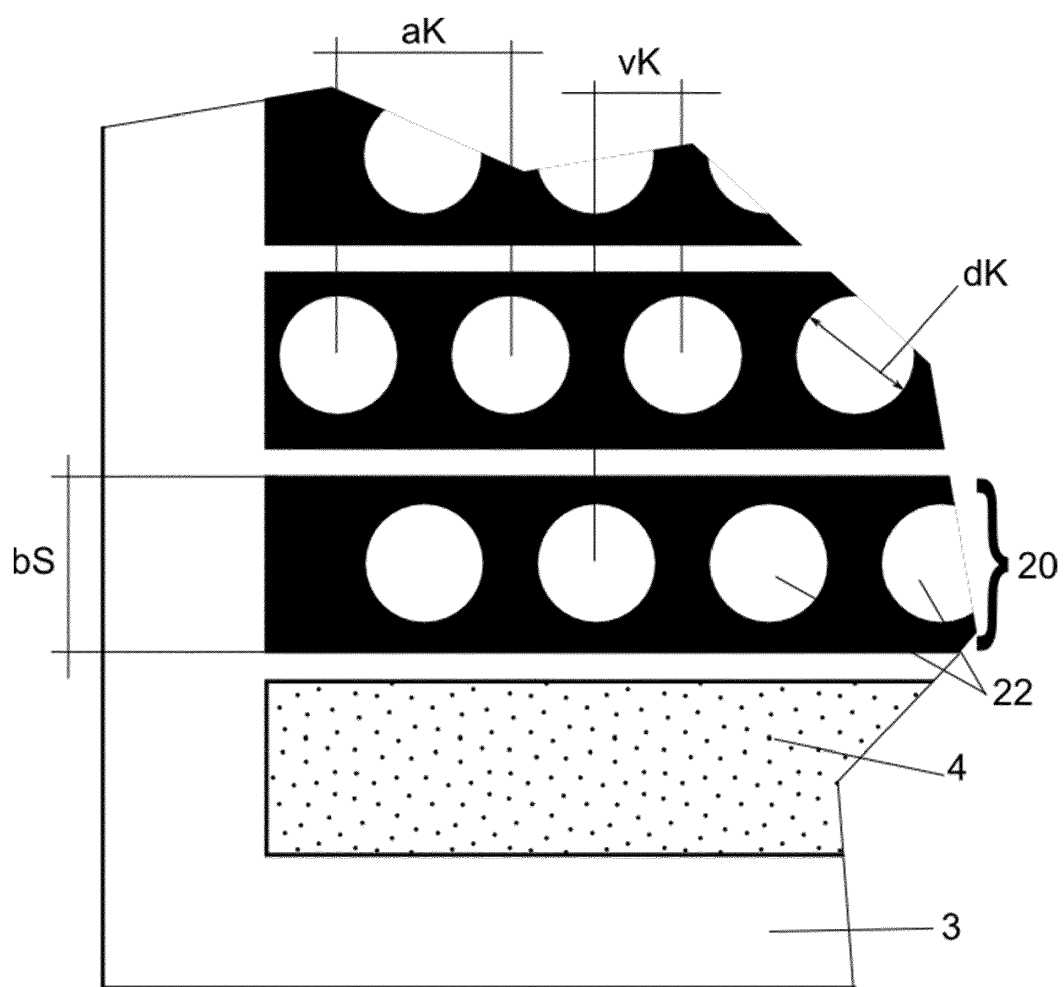


Fig. 3

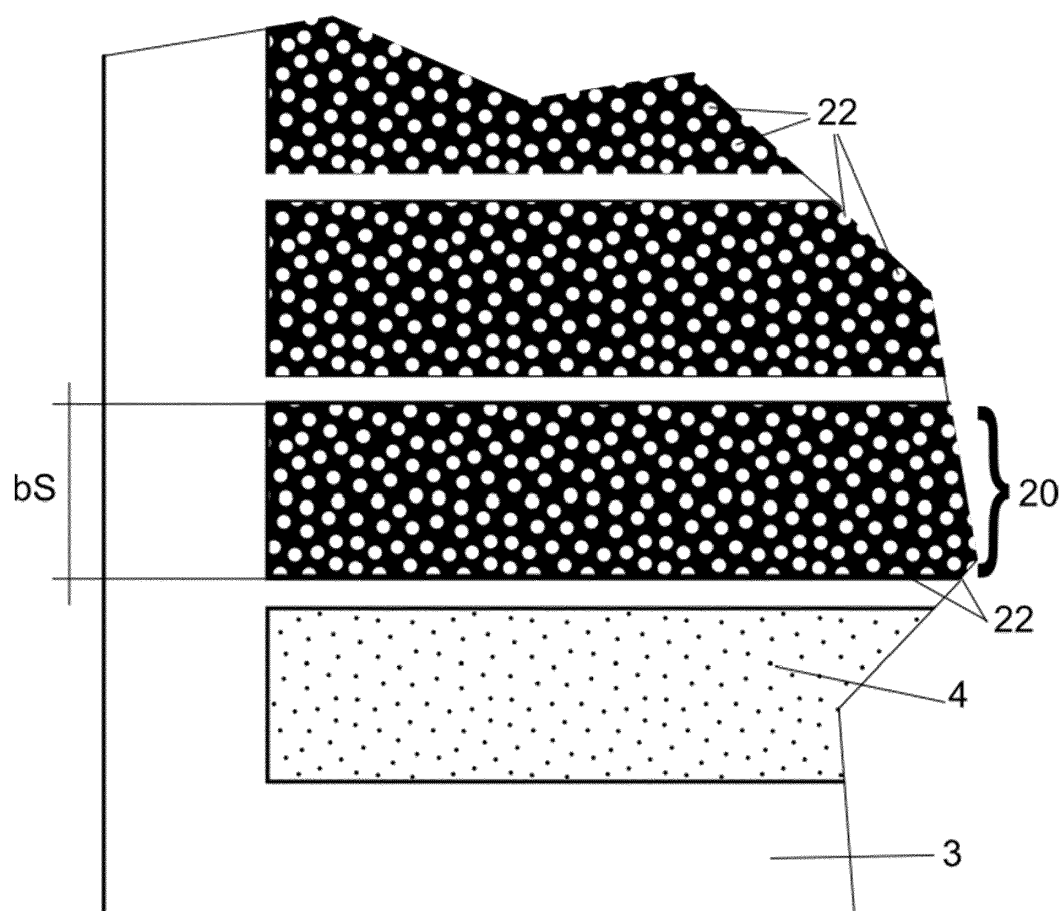


Fig. 4

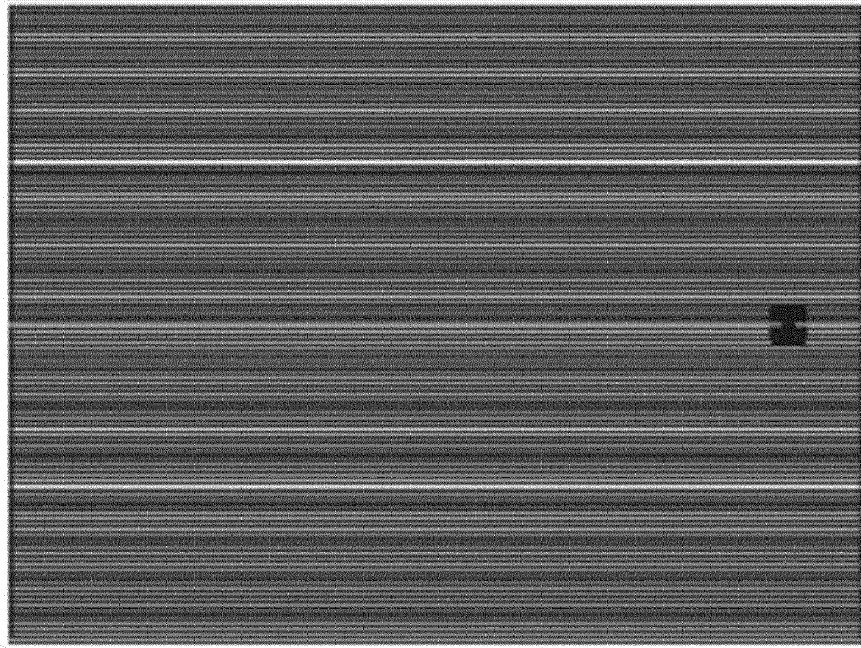


Fig. 5

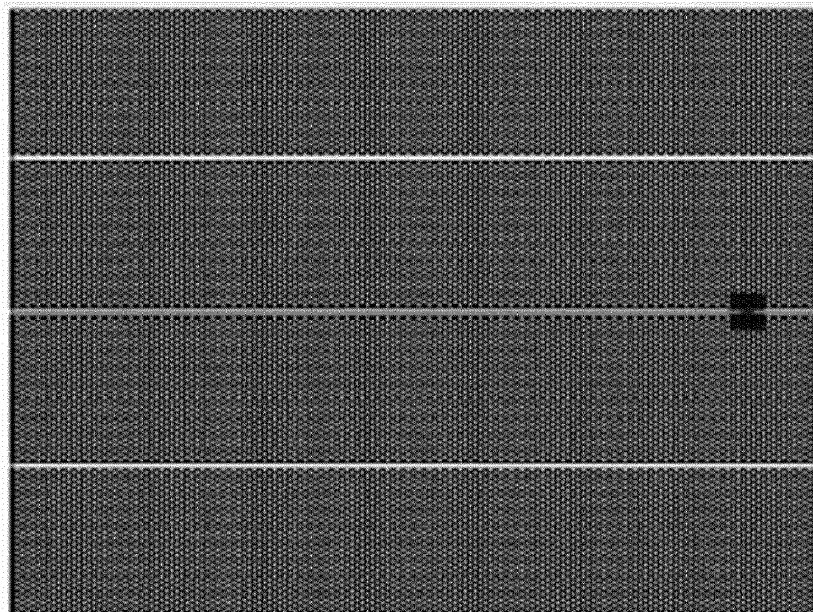


Fig. 6