

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 687 804**

51 Int. Cl.:

**C03C 17/06** (2006.01)

**H05B 3/84** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **05.08.2014 PCT/RU2014/000585**

87 Fecha y número de publicación internacional: **26.02.2015 WO15026266**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **05.08.2014 E 14837920 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **04.07.2018 EP 3036204**

54 Título: **Producto de vidrio con una superficie calentada eléctricamente y su método de fabricación**

30 Prioridad:

**23.08.2013 RU 2013139381**

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

**29.10.2018**

73 Titular/es:

**"LASCOM" LTD. (100.0%)**

**Ul. Zhukovskogo2-24**

**g. Dubna, Moskovskaya obl. 141983, RU**

72 Inventor/es:

**CHADIN, VALENTIN SERGEEVICH y**

**ALIEV, TIMUR ALEKPEROVICH**

74 Agente/Representante:

**ISERN JARA, Jorge**

ES 2 687 804 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**

Producto de vidrio con una superficie calentada eléctricamente y su método de fabricación

5 Campo técnico

La presente invención se refiere, en particular, a un producto de vidrio con superficie calentada eléctricamente y a un método para su fabricación, que se puede usar en diversas industrias que proporcionan el uso de tales vidrios.

10 Antecedentes de la técnica

15 La metalización de la superficie del vidrio se usa ampliamente en diversos campos. Un ejemplo de tal vidrio es el vidrio K-glass, que es un vidrio de alta calidad que tiene un revestimiento de baja emisividad aplicado a una superficie del vidrio durante su fabricación. Las moléculas del recubrimiento metalizado penetran profundamente en la red cristalina de vidrio, lo que la hace muy estable, extremadamente fuerte mecánicamente y permanente. El recubrimiento obtenido usando esta tecnología se conoce como revestimiento "duro".

20 También se sabe que el vidrio con revestimiento de baja emisividad se usa para la fabricación de productos de vidrio con superficie calentada eléctricamente.

25 En particular, en el documento GB 1051777 A se describe un producto de vidrio con superficie calentada eléctricamente. La solución técnica está destinada a calentar un vidrio que tiene una forma no rectangular, lo que se logra proporcionando una pluralidad de secciones individuales en una capa electroconductora, las secciones se conectan en grupos de secciones sucesivas, cuyos grupos están conectados en paralelo en un circuito eléctrico.

30 Sin embargo, esta solución tiene una aplicación limitada ya que la división de la superficie en secciones emparejadas permite la consecución del objetivo solo en un producto de vidrio con una forma uniformemente cambiante, tal como trapezoidal. Además, la necesidad de proporcionar conexiones múltiples entre secciones complica la estructura como un todo. Además, esta solución no permite calentar el vidrio con condiciones de calentamiento específicas.

35 En EA 201000722 A1, se describe otro producto de vidrio. Según esta solución, el producto de vidrio con superficie calentada eléctricamente comprende un sustrato sustancialmente transparente y una capa electroconductora sustancialmente transparente aplicada al sustrato, en el que la capa electroconductora comprende una o más secciones con una resistencia superficial específica incrementada con respecto a la resistencia superficial total de la capa electroconductora. En esta solicitud, las secciones con mayor resistencia superficial se forman mediante figuras aplicadas como fragmentos de líneas que tienen una configuración predeterminada en un ángulo entre sí en una secuencia predeterminada sobre toda la superficie del vidrio. Las figuras se posicionan con un paso predeterminado y tienen las mismas dimensiones dentro de una sección de la superficie calentada eléctricamente.

40 Las desventajas de esta solución incluyen la aparición de zonas de concentración de emisión de calor en los extremos de los fragmentos en línea, que es un problema significativo, y el hecho de que debido a la forma incierta de las figuras formadas por líneas anguladas los "pasos" de estos las figuras no se pueden alinear con precisión en las secciones adyacentes con diferente resistencia superficial, lo que da como resultado la apariencia, entre estas áreas, de zonas cuya resistencia no se puede calcular.

45 Otras desventajas incluyen la dificultad de calcular dimensiones y configuraciones de las figuras para proporcionar la resistencia superficial deseada y, por consiguiente, la complejidad técnica de esta solución, en particular, la complejidad de aplicar los fragmentos en línea.

50 Aún otra solución se describe en el documento EP 2381739 A2 que muestra un cuerpo emisor de calor que incluye un sustrato transparente, y un patrón conductor de emisión de calor que tiene una forma de línea límite de figuras que forman un diagrama de Voronoi. Sin embargo, esta solución no está dirigida a los problemas de calentamiento de una superficie de un producto de vidrio que tiene una geometría no rectangular.

55 La técnica anterior más relevante se describe en la solicitud GB 2091528 A. Esta solución se refiere a un panel transparente eléctricamente calentable que comprende una capa electroconductora transparente (esmalte) depositada en forma de malla sobre un sustrato de material de vidrio. La capa electroconductora está formada con al menos dos secciones adyacentes que se extienden en la dirección longitudinal, y cada sección tiene zonas aisladas eléctricamente en forma de hexágonos regulares que forman una estructura de panel, que tienen las mismas dimensiones dentro de una sección y se colocan con la misma distancia a lo largo de la capa electroconductora, en donde las zonas aisladas eléctricamente en cada sección están separadas por tiras electroconductoras que tienen sustancialmente la misma anchura  $w$  dentro de una sección.

Sin embargo, una desventaja básica de esta técnica anterior es también que no proporciona ninguna solución de dichos problemas de calentamiento de una superficie de un producto de vidrio que tiene una geometría no rectangular.

5 Resumen de la invención

El objeto de la presente invención es superar las desventajas de la técnica anterior. Más específicamente, el objetivo es proporcionar una distribución uniforme de la potencia de los elementos de calentamiento sobre toda la superficie de un producto de vidrio que tenga una configuración predeterminada, y crear secciones, que proporcionen calentamiento con características específicas.

De acuerdo con la invención, se proporciona un método de fabricación de un producto de vidrio con superficie calentada eléctricamente, que comprende los pasos de:

15 proporcionar un sustrato sustancialmente transparente;  
 aplicar una capa electroconductora sustancialmente transparente al sustrato; y  
 formar en la capa electroconductora al menos una sección con zonas eléctricamente aisladas separadas por tiras electroconductoras, que se desvían al menos parcialmente de la dirección longitudinal de la sección y consisten en porciones rectas y/o curvas que tienen dentro de una sección sustancialmente el mismo ancho  $w$ , que se selecciona para una configuración específica de zonas aisladas eléctricamente en función de la resistencia total deseada  $R_{total}$  de la sección, que consiste en una combinación de resistencias  $R_N$  de dichas porciones de tira, donde la resistencia  $R_N$  de cada porción de tira se determina a partir de la ecuación:

$$R_N = \frac{R_{\square} \cdot l_N}{w}$$

En el que  $R_{\square}$  es la resistividad específica de la capa electroconductora;  
 $w$  es el ancho de la tira, e  
 $l_N$  es la longitud de cada parte de la tira.

Preferiblemente, la curvatura de las partes curvas varía de acuerdo con una función especificada.

De acuerdo con otro aspecto de la invención, se proporciona un producto de vidrio con superficie calentada eléctricamente, que comprende:

35 un sustrato sustancialmente transparente; y  
 una capa electroconductora sustancialmente transparente aplicada al sustrato y que contiene al menos una sección con zonas eléctricamente aisladas que tienen forma de hexágonos regulares formando una estructura de panal y separadas por tiras electroconductoras que tienen sustancialmente el mismo ancho dentro de una sección, teniendo dichos hexágonos regulares las mismas dimensiones dentro de una sección y posicionadas con la misma distancia entre centros de círculos circunscritos a su alrededor en toda la capa electroconductora, donde el radio especificado  $r_{sp}$  de los círculos dentro de una sección se calcula mediante la fórmula:

$$r_{sp} = r_{max} - r_{max} \cdot R_{in} / R_n,$$

donde

$r_{max}$  es el radio máximo del círculo para la estructura básica en forma de panal con hexágonos regulares contiguos;  
 $R_n$  es la resistencia superficial especificada de la sección, y  
 $R_{in}$  es la resistencia superficial de la sección inicial sin zonas con aislamiento eléctrico.

Preferiblemente, las barras colectoras están formadas a lo largo de los bordes del producto de vidrio a una distancia entre sí.

Las zonas aisladas eléctricamente pueden comprender una capa electroconductora dentro de ellas.

Según Wiktionary, es una "tira" como un área larga y estrecha en una superficie o en el espacio, que se distingue por algo de su entorno.

La "resistencia superficial" es la resistencia eléctrica de un área superficial entre dos electrodos que están en contacto con el material. La resistencia superficial también es la relación entre el voltaje de la corriente aplicada a los electrodos y la porción de corriente entre ellos, que fluye en las capas superiores del compuesto.

"Estructura de nido de abeja" se refiere comúnmente a una estructura que se parece a un panal de abejas. Es de conocimiento común que un hexágono regular es la figura ideal para construir una estructura de panal.

5 El efecto técnico proporcionado por la combinación de las características anteriores incluye principalmente la ausencia de zonas de concentración de emisión de calor, así como la ausencia casi completa de un gradiente de temperatura.

10 Además, la formación de zonas eléctricamente aisladas es mucho más simple, especialmente cuando es necesario usar una resistencia superficial variable sobre el área calentada. Este efecto es proporcionado por la alineación del paso de zonas aisladas eléctricamente de la estructura utilizada en al menos dos secciones adyacentes de la superficie calentada eléctricamente.

15 Además, la invención asegura la formación rápida de diferentes diseños con zonas aisladas eléctricamente que tienen diferentes factores de aumento de resistencia y una etapa de variación más pequeña de los factores de aumento de resistencia.

20 La utilidad de la invención también se debe a que proporciona un método para formar zonas eléctricamente aisladas, que es más eficiente y altamente adaptable a la producción optimizada.

Breve descripción de los dibujos

25 Otros objetos y ventajas de la invención serán evidentes a partir de la siguiente descripción detallada de las realizaciones preferidas de la misma, dadas con referencia a los dibujos adjuntos, en los que:

La Fig.1 es una vista esquemática de un producto de vidrio con una capa electroconductora que comprende zonas eléctricamente aisladas;

Las Fig. 2 a 5 muestran diseños de barras colectoras de acuerdo con los esquemas de cálculo para la resistencia de la capa electroconductora;

30 La Fig. 6 es un fragmento de una estructura según la invención que tiene zonas eléctricamente aisladas en forma de octágonos y cuadrados.

La Fig. 7 es un fragmento de una estructura según la invención que tiene zonas eléctricamente aisladas en forma de círculos y estrellas de cuatro haces.

35 La Fig. 8 es un fragmento de una estructura básica de panal de abejas con hexágonos regulares contiguos, que muestra rectángulos elementales;

La Fig. 9 es un fragmento de la estructura de panal de abejas básica según la figura 8, en la que los hexágonos regulares están separados por tiras electroconductoras.

La Fig. 10 a la Fig. 12 son diagramas que muestran la conexión de resistencias de tiras de diferentes estructuras de acuerdo con la invención;

40 La Fig. 13 es una vista esquemática de un producto de vidrio con una capa electroconductora que comprende una pluralidad de secciones con zonas eléctricamente aisladas.

Descripción de las formas de realización preferidas

45 La siguiente descripción de las realizaciones preferidas de la presente invención es solo ilustrativa y no pretende de ninguna manera limitar el alcance de la invención definida en las reivindicaciones adjuntas.

50 La figura 1 muestra esquemáticamente un producto de vidrio 1, que comprende una capa electroconductora 3 sustancialmente transparente aplicada a un sustrato 2, donde la capa electroconductora comprende una sección que consta de zonas eléctricamente aisladas 4 en forma de hexágonos regulares que forman una estructura de panal de abejas. Este diseño de zonas con aislamiento eléctrico se considera actualmente el más preferido.

55 A continuación se describe un esquema de cálculo aproximado para aplicar zonas eléctricamente aisladas en el revestimiento electroconductor de vidrio (por ejemplo, vidrio de ojo de buey de barco) con potencia de calentamiento específica predeterminada y voltaje aplicado.

60 Como ejemplo, se puede usar vidrio de 6 mm de espesor con una capa electroconductora (vidrio K mencionado anteriormente con revestimiento "duro"), cuyo recubrimiento tiene una resistividad superficial específica  $R_{\square} = 16-19 \text{ ohm}/\square$ . Al mismo tiempo, la potencia de calentamiento específica especificada es  $W_{sp} = 7-9 \text{ watts}/\text{dm}^2$ , y el voltaje aplicado especificado es  $U_{ap} = 220\text{V}$ , 50Hz. La potencia de calentamiento debe ser uniforme en toda la superficie del vidrio calentado eléctricamente. La diferencia permitida en las temperaturas superficiales del vidrio calentado eléctricamente debe estar dentro de  $1-6 \text{ }^{\circ} \text{C}$ .

65 El vidrio con superficie calentada eléctricamente comprende una capa electroconductora con un área superficial  $S_n = 66 \text{ dm}^2$  (tamaño 6 X 11 dm), resistividad específica  $R_{\square} = 17 \text{ ohm}/\square$ , y ancho de la barra colectora de 10 mm.

La potencia disipada (W, vatios) de la capa electroconductora inicial se puede calcular mediante la fórmula:

$$W = W_{sp} \cdot S_n,$$

5 donde W está en el intervalo:

$$W_{min} = W_{sp \ min} \cdot S_n = 7 \cdot 66 = 462 \text{ vatios};$$

$$W_{max} = W_{sp \ max} \cdot S_n = 9 \cdot 66 = 594 \text{ vatios}.$$

10 La caída de tensión por 1 dm<sup>2</sup> de la capa electroconductora del vidrio se calcula mediante la fórmula:

$$W = V^2/R ,$$

a partir de la cual  $V^2 = W \cdot R_{\square}$ ;

15

$$V_{max} = \sqrt{7 \cdot 17} = 10.9V;$$

$$V_{max} = \sqrt{7 \cdot 17} = 12.37V.$$

20

En este caso, la longitud de la trayectoria de la corriente sobre la superficie del vidrio calentado eléctricamente a la tensión aplicada  $U_{ap} = 220 \text{ V}$  es:

$$L = U_{ap}/V,$$

25

donde

$$L_{max} = U_{ap}/V_{min} = 220/10,9 = 2018 \text{ mm};$$

$$L_{max} = U_{ap}/V_{max} = 220/12,73 = 1778 \text{ mm}.$$

30

Las características predeterminadas del calentamiento eléctrico se pueden lograr dividiendo la superficie de la capa electroconductora por líneas rectas en los lados AC y BD en tres secciones iguales (Fig.2) y tratando el material de la capa electroconductora con radiación láser para eliminar completamente el recubrimiento en estas líneas a un ancho de 0,05 mm a varios milímetros dependiendo de las condiciones de operación. Al conectar sucesivamente las tres secciones aisladas eléctricamente obtenemos la longitud electroconductora:

35

$$(L_{AB} - 2 \cdot \delta_{bus}) \times 3 = (600 - 2 \times 10) = 1740 \text{ mm},$$

40

donde

$L_{AB}$  - longitud del lado AB,  $\delta$  - ancho de la barra colectora.

45

La longitud de la trayectoria de la corriente resultante es cercana a la longitud calculada; por lo tanto, se observará las condiciones para la implementación de las características de calentamiento predeterminadas y proporcionará un calentamiento uniforme. Actualmente, este es un diseño estándar empleado en vidrios calentados eléctricamente, la única diferencia está en el método de eliminación del revestimiento: el material de revestimiento puede tratarse mediante radiación láser, grabado químico y electroquímico. Debe observarse que, en términos de geometría y anchura de las líneas eléctricamente aisladas resultantes, la integridad de la eliminación del material de recubrimiento y la mejora de las características ópticas del vidrio, el ancho de cada línea aislada eléctricamente es preferiblemente no más de 0,035 mm.

50

La presente invención resuelve el objeto anteriormente mencionado debido a las zonas eléctricamente aisladas formadas en la capa electroconductora en forma de hexágonos regulares que forman una estructura de panal de abeja, que están dispuestos a igual distancia entre centros de círculos circunscritos a ellos y que tienen las mismas dimensiones al menos en una porción de la superficie calentada eléctricamente.

55

En este caso, se debería usar una estructura con zonas eléctricamente aisladas que tengan parámetros especificados para permitir un aumento de tres veces en la resistividad superficial media total específica de la capa calentada eléctricamente. El siguiente cálculo explicará esto.

60

Para proporcionar la potencia disipada total a una tensión de 220 V aplicada al vidrio dentro de los 426-594 vatios (calculada mediante la fórmula anterior), la resistencia superficial total de la capa electroconductora debe estar en el intervalo:

$$R_{in} = V^2/W_{in};$$

5  
 $R_{in\ min} = 220^2/594 = 81,5$  ohmios;  
 $R_{in\ max} = 220^2/462 = 104,8$  ohmios;  
 $R_{in\ av} = (81,5 + 104,8)/2 = 93,15$  ohmios.

Si las barras colectoras se colocan a lo largo de los lados cortos AB y CD (figura 3), la resistencia superficial inicial de la capa electroconductora es:

10  
 $R_{in\ surf} = [R_{\square} \cdot (L_{CD} - 2 \cdot \delta_w) / L_{AB}] = [17 \cdot (1120 - 2 \cdot 10) / 600] = 31$  ohms.

15  
 Está claro que para obtener condiciones de calentamiento predeterminadas a una potencia de calentamiento específica  $W_{sp} = 7-9$  vatios/sq dm, la resistencia total de la superficie debe aumentarse 3 veces -  $R_{in\ av} / R_{in\ surf} = 93,5/31 = 3$ . Llamemos factor de aumento  $K = 3$ .

Para este factor, la estructura de panal de abejas puede calcularse basándose en la ecuación anterior:

20  

$$r_{sp} = r_{max} - \frac{r_{max} \cdot R_{in}}{R_{sp}}$$

Por lo tanto,  $r_{sp}$  puede calcularse basándose en las dimensiones iniciales seleccionadas de una estructura de panal básica con hexágonos regulares contiguos que tienen un radio máximo del círculo circunscrito, y pueden determinarse las dimensiones de los hexágonos regulares inscritos de la estructura de panal obtenida.

25  
 La estructura de panal resultante se aplica mediante cualquier método convencional sobre la capa electroconductora de vidrio y se obtienen la resistencia deseada y la potencia de calentamiento deseada, que proporcionan, a su vez, un calentamiento uniforme y un gradiente de temperatura permisible.

30  
 En este ejemplo, las dimensiones y la geometría del vidrio y las condiciones de calentamiento especificadas ( $W_{sp}$ ) pueden resolver la tarea por el método tradicional, pero hay tareas (para vidrio con forma geométrica y tamaño específicos) cuando se usa el método tradicional (zonas formadas por líneas rectas) es imposible. Esto se explica mediante el siguiente ejemplo.

35  
 En el ejemplo siguiente, la tarea es calentar el cristal del ojo de buey que se muestra esquemáticamente en la figura 9. En este caso, no es posible ajustar la resistencia del revestimiento de vidrio con el método tradicional porque cuando la superficie del vidrio se divide en dos partes mediante una sola línea recta grabada, la resistencia de la superficie aumenta cuatro veces; esto se puede analizar con las fórmulas anteriores: se puede ver que la potencia de calentamiento será inaceptablemente pequeña para observar las condiciones de calentamiento especificadas. La tarea puede resolverse usando los diseños inventivos de áreas electroconductoras en la superficie calentada eléctricamente.

40  
 Dependiendo de la viabilidad del diseño, las barras colectoras pueden colocarse a lo largo de los lados AB y CD (Fig. 4), y luego la resistencia puede aumentarse tres veces ajustando con puntos de corte que tienen el valor requerido y aplicados de acuerdo con el diseño ejemplar (Fig. 2). Si las barras colectoras están colocadas en los lados AC y BD (Fig.5) en base a consideraciones de diseño, la resistencia de la superficie del vidrio debe aumentarse 2,4 veces para alcanzar las condiciones de calentamiento especificadas, es decir, se debe aplicar el diseño de las zonas eléctricamente aisladas calculadas para el factor de aumento  $K = 2,41$ .

50  
 Esto se explica mediante los siguientes cálculos:

$W = W_{sp} \times S_n = 8 \times 137 = 1096$  vatios;

$R_n = U^2/W = 220^2/1096 = 44$  ohmios;

55  
 $R_{in} = [R_{\square} \cdot (L_{AB} - 2 \times \delta_w) / L_{AC}] = 18.21$  ohmios;

$K = R_n / R_{in} = 44 / 18.21 = 2.41.$

60  
 De acuerdo con la invención, las zonas eléctricamente aisladas pueden tener un factor de aumento  $K$  de la resistencia propia para cada sección de la superficie de vidrio calentada eléctricamente.

En particular, para asegurar un calentamiento uniforme de las superficies de vidrio que tienen una forma geométrica compleja: trapecio, rombo, paralelogramo, cono, etc., es necesario aplicar diseños con zonas eléctricamente aisladas, calculadas para cada sección particular de la superficie calentada eléctricamente, es decir, la resistencia de superficie  $R_n$  en cada sección de la superficie calentada eléctricamente debe determinarse a partir de la condición  $R_n = R_{in}/K$ , donde  $R_{in}$  es la resistencia superficial de la sección inicial sin zonas eléctricamente aisladas;  $K$  es el factor de aumento de la resistencia.

De acuerdo con la invención, una o más secciones con una resistencia especificada aumentada con respecto a la resistencia inicial de la capa electroconductora se pueden formar en la capa electroconductora (baja emisión) antes de formar zonas eléctricamente aisladas en la misma.

Más específicamente, de acuerdo con la idea de la presente invención, al menos una sección se forma en la capa electroconductora con zonas eléctricamente aisladas separadas por tiras electroconductoras, que se desvían al menos parcialmente de la dirección longitudinal de la sección y consisten en líneas rectas y/o porciones curvadas que tienen sustancialmente la misma anchura  $w$  dentro de la sección, seleccionándose el ancho para la configuración dada de zonas eléctricamente aisladas en función de la resistencia total  $R_{total}$  de la sección, que consiste en la combinación de resistencias  $R_N$  de dichas porciones de tiras, en el que la resistencia  $R_N$  de cada porción de la tira se determina a partir de la ecuación:

$$R_N = \frac{R_{\square} \cdot l_N}{w}$$

en la que  $R_{\square}$  es la resistividad específica de la capa electroconductora;  
 $w$  es el ancho de la tira, y  
 $l_N$  es la longitud de cada parte de la tira.

Se asume que la configuración de las zonas eléctricamente aisladas puede ser diferente con la condición de que las tiras electroconductoras tengan un ancho constante en esta sección particular. Sin embargo, debe entenderse que cuanto más compleja es la figura que forma la zona electroconductora, más complicado es el cálculo de la resistencia requerida y por consiguiente, más complicado es el ajuste de los tamaños de zona para proporcionar la resistencia deseada.

Ejemplos de cálculos para realizaciones ilustrativas de zonas eléctricamente aisladas de acuerdo con los principios de la presente invención se presentan a continuación.

La figura 6 muestra un diseño ejemplar de zonas eléctricamente aisladas, usando una combinación de dos tipos de polígonos regulares - octógonos 5 y tetraógonos (cuadrados) 6. La característica principal del método es que el tamaño y la posición de las figuras usadas se eligen preferiblemente de modo que al aumentar mutuamente los tamaños de los polígonos se obtiene finalmente una capa continua, en la que las figuras se unen sin tiras de separación. En este caso, los radios de círculos que circunscriben las figuras serán máximos.

Para facilitar el cálculo, una superficie de vidrio con capa calentada eléctricamente (resistiva) se puede dividir en fragmentos en forma de rectángulos elementales 7 (en este caso cuadrados) que cubren toda el área.

Se sabe que la resistencia de una capa delgada de resistencia se puede calcular a partir de la ecuación:

$$R = \frac{R_{\square} \cdot l}{w}$$

donde

$R_{\square}$  es la resistividad específica de la capa resistiva (16-19 ohm/ $\square$  para el vidrio K-glass),  
 $l$  es la longitud de la resistencia;  
 $w$  es el ancho de la resistencia.

Por lo tanto, para el cuadrado elemental, cuyos lados son iguales, la resistencia será igual a la resistividad específica:  $R_{el\ sq} = R_{\square}$ .

Como se ve en la Fig. 6, cada uno de los cuadrados comprende las siguientes porciones de tira: A, B, C, D, E.

Para determinar el cálculo de la resistencia total de las tiras del cuadrado, se asume que la longitud de cada porción de tira corresponde a la longitud de la línea media de la tira que pasa a lo largo de la línea adyacente de las figuras, cuando los tamaños de las figuras se incrementan al máximo de modo que se unen entre sí.

Como es sabido, la longitud  $t$  de los lados de un octágono regular es:

$$t = \frac{2r_{min}}{k}$$

donde  $r_{min}$  - radio máximo posible del círculo inscrito en el octágono regular;

5 k es una constante igual a  $1 + \sqrt{2}$  ( $\approx 2,41$ )

También se sabe que el radio  $r_{max}$  del círculo circunscrito es:

$$r_{max} = t \cdot \sqrt{\frac{k}{k-1}}$$

10 Entonces

$$r_{min} = \frac{kt}{2} = \frac{kr_{max}}{2 \cdot \sqrt{\frac{k}{k-1}}}$$

15 y el lado t es:

$$t = \frac{r_{max}}{\sqrt{\frac{k}{k-1}}}$$

20 De la Fig. 6 está claro que la longitud  $l_{(A, B, C, D)}$  de cada una de las porciones A, B, C, D es igual a  $t/2$ , y la longitud  $l_E$  de la parte E es igual a t. El ancho w de todas las porciones de las tiras es el mismo.

La resistencia superficial de cada porción de la tira se puede determinar a partir de la fórmula anterior:

$$R_{por} = \frac{R_{\square} \cdot l}{w}$$

25 La disposición de las tiras mostrada en la figura 6 se puede representar como un diseño de las resistencias mostradas en la figura 10.

30 La resistencia  $R_{sq}$  es:

$$R_{sq} = \frac{R_A \cdot R_B}{R_A + R_B} + R_E + \frac{R_C \cdot R_D}{R_C + R_D}$$

Ya que  $R_A = R_B = R_C = R_D = R_N$ , y  $R_E = 2R_N$ , donde  $R_N$  es la resistencia de la porción de tira que tiene una longitud

35  $t/2$  igual a  $R_N = \frac{R_{\square} \cdot l_{(A,B,C,D)}}{w}$  w, entonces

$$R_{sq} = \frac{R_N \cdot R_N}{2R_N} + 2R_N + \frac{R_N \cdot R_N}{2R_N} = 3R_N = \frac{3 \cdot R_{\square} \cdot l_{(A,B,C,D)}}{w}$$

Por lo tanto, el ancho de cualquier porción de tira de la sección será

$$40 \quad w = \frac{3R_{\square} \cdot l_{(A,B,C,D)}}{R_{KB}} = \frac{3R_{\square} \cdot t}{2R_{KB}}$$

Como  $R_{sq}$  es la resistencia en el cuadrado elemental, que como se muestra arriba es una porción de superficie, en la cual la resistencia es la misma que en cualquier otro cuadrado dentro de esta sección de la capa electroconductora, se puede suponer que  $R_{sq} = R_{sec}$  (resistencia de la sección).

45

En consecuencia =  $\frac{3 \cdot 17 \cdot t}{2R_{sec}}$ .

Por ejemplo, si se selecciona un diseño, en el que el radio  $r_{max}$  del círculo circunscrito del octágono es de 14 mm, entonces

$$t = \frac{r_{max}}{\sqrt{\frac{k}{k-1}}} = \frac{14}{\sqrt{\frac{2,41}{2,41-1}}} = 10,7 \text{ mm.}$$

Para el caso anterior, donde la resistencia superficial total de la capa electroconductora que consiste en una sección,  $R_{total} = 93,15$  el ancho  $w$  será:

$$w = \frac{3 \cdot 17 \cdot t}{2 \cdot 93,15} = \frac{3 \cdot 17 \cdot 10,7}{2 \cdot 93,15} = 2,93 \text{ mm}$$

Otra realización ejemplar mostrada en la figura 7 tiene una disposición, que usa una combinación de otros dos tipos de figuras: círculos 8 y estrellas de cuatro puntas 9. En este caso, las formas y dimensiones de las figuras se seleccionan de modo que tras aumentar mutuamente sus tamaños, finalmente se obtiene una capa sólida, en la que las figuras se unen sin separar las tiras. Sin embargo, para evitar la formación de zonas de concentración de liberación de calor, los extremos de las figuras en forma de estrella se redondean preferiblemente.

Por comodidad de cálculo, la superficie del vidrio en este caso también se puede dividir en fragmentos que tienen la forma de cuadrados elementales 10 que cubren toda el área.

Como se ve en la figura 7, cada uno de los cuadrados tiene cuatro porciones de tira en forma de arcos A, B, C, D.

Determinar la resistencia total de las tiras del cuadrado. Para el cálculo se asume que la longitud de cada porción de tira corresponde a la longitud de la línea media de la tira que pasa a lo largo de la línea contigua de las figuras, cuando las dimensiones de las figuras se incrementan al máximo de manera que se unen entre sí, es decir, longitud  $l_{(A, B, C, D)}$  de cada porción de tira es aproximadamente igual a la longitud de  $45^\circ$  de arco en el radio máximo del círculo:

$$l_{(A,B,C,D)} = 2\pi r_{max}/4 = \pi r_{max}/2.$$

La resistencia superficial de cada parte de tira puede determinarse también a partir de la fórmula anterior:

$$R_{por} = \frac{R_{\square} \cdot l}{w}$$

El diseño de las tiras que se muestra en la figura 8 se puede representar como un circuito de resistencia que se muestra en la figura 11.

La resistencia  $R_{sq}$  es igual a:

$$R_{sq} = \frac{R_A \cdot R_B}{R_A + R_B} + \frac{R_C \cdot R_D}{R_C + R_D}$$

Ya que  $R_A = R_B = R_C = R_D = R_N$ , y  $R_E = 2R_N$ , donde  $R_N$  es la resistencia de la sección, igual a entonces  $R_N = \frac{R_{\square} \cdot l(A,B,C,D)}{w}$ ,

$$R_{sq} = \frac{R_N \cdot R_N}{2R_N} + \frac{R_N \cdot R_N}{2R_N} = R_N = \frac{R_{\square} \cdot l(A,B,C,D)}{w}$$

Por lo tanto, el ancho de cualquier porción de tira de la sección será igual a:

$$w = \frac{R_{\square} \cdot l(A,B,C,D)}{R_{sq}} = \frac{R_{\square} \cdot \pi \cdot r_{max}}{2R_{sq}}$$

Como  $R_{sq}$  es la resistencia en el cuadrado elemental, que como se muestra anteriormente es una porción de superficie, en la que la resistencia es la misma que en cualquier otro cuadrado dentro de esta sección de la capa electroconductora, se puede suponer que  $R_{sq} = R_{sec}$  (resistencia de la sección).

$$\text{En consecuencia} = \frac{17 \cdot \pi r_{max}}{2R_{sec}}$$

Nuevamente, si se selecciona el diseño, en la cual el radio máximo de la figura  $r_{max}$  en forma de círculo es 14 mm, entonces en la resistencia superficial total de la capa electroconductora que consiste en una sección  $R_{total} = 93,15$ , la anchura  $w$  será igual a:

$$\omega = \frac{17 \cdot 3,14 \cdot 14}{2 \cdot 93,15} = 4,01 \text{ mm}$$

Se describirá a continuación otro diseño de zonas eléctricamente aisladas con una estructura de panal de abejas, que actualmente se considera que es la más preferida.

La superficie del vidrio con la capa calentada eléctricamente (resistiva) se puede dividir en fragmentos que tienen la forma de rectángulos elementales 4 (Fig. 8) que cubren todo el área, donde cada uno de estos fragmentos tiene:

$$A = B = C = r_{max}$$

donde  $r_{max}$  es el radio de la circunscripción del círculo, es decir,  $r_{max}$  es el radio máximo posible del círculo circunscrito alrededor del área calentada eléctricamente que tiene la forma de hexágono regular.

1) Calcula el tamaño del rectángulo inicial elemental (Fig.8) en el eje X:

$$X = r_{max} + \frac{r_{max}}{2} = 1,5 r_{max}$$

2) Calcula el tamaño del rectángulo inicial elemental en el eje Y:  $Y = 2r_{max} \cdot \sin 60$

3) Luego la resistencia del rectángulo inicial elemental en el eje X es:

$$R_{in.rect} = \frac{R_{\square} \cdot X}{Y} = \frac{R_{\square} \cdot 1,5 r_{max}}{2r_{max} \cdot \sin 60} = \frac{R_{\square} \cdot 1,5}{2r_{max} \cdot \sin 60}$$

4) Reduce el radio (tamaño de la celda). Cuando se reduce el radio de la celda, el ancho ( $w$ ) de las tiras A, B, C es el mismo (Fig.9). La resistencia de las tiras A, B, C también es la misma:  $R = R_A = R_B = R_C$ .

El diseño de las tiras que se muestra en la figura 9 se puede representar como un circuito de resistencia que se muestra en la figura 12.

La resistencia entre a y b es igual a  $R_A + R_B$ .  $R_C / (R_B + R_C) = 1,5R$ .

La longitud ( $l$ ) de las tiras A, B, C se asume que es igual a la longitud de la línea media (simplificada) e igual a  $r_{max}$ ;

entonces la resistencia de una tira es:

$$R_{tira} = \frac{R_{\square} \cdot l}{w}$$

donde  $R_{\square}$  es la resistividad específica de la capa resistiva (16-19 ohm/ $\square$  para K-glass).

El ancho  $w$  de la tira es igual a:

$$w = (r_{max} \cdot \sin 60 - r_{sp} \sin 60) = 2 \sin 60 (r_{max} - r_{sp}),$$

donde  $r_{sp}$  es el radio de celda especificado (reducido en una cierta cantidad relativa  $r_{max}$ ).

La resistencia de la tira (A, B o C) es igual a:

$$R_{tira} = \frac{R_{\square} \cdot r_{max}}{2\text{Sin}60(r_{max} - r_{min})}$$

La resistencia total del rectángulo obtenido tras la división de las celdas con el tamaño  $r_{max}$  es:

$$R_{rect} = \frac{1,5 \cdot R_{\square} \cdot r_{max}}{2\text{Sin}60(r_{max} - r_{min})}$$

Entonces el factor de aumento K es:

$$K = \frac{R_{rect}}{R_{inrect}} = \frac{1,5 \cdot R_{\square} \cdot r_{max} \cdot 2\text{Sin}60}{2\text{Sin}60(r_{max} - r_{min}) \cdot 1,5 \cdot R_{\square}} = \frac{r_{max}}{r_{max} - r_{min}}$$

La fórmula inversa es:

$$r_{sp} = r_{max} - r_{max}/K.$$

Alternativamente, la fórmula puede escribirse de manera diferente en relación con la superficie total de cualquier área:

$$r_{sp} = r_{max} - r_{max} \cdot R_{in}/R_{sp},$$

donde

$R_{sp}$  es la resistencia especificada del área, y  
 $R_{in}$  es la resistencia inicial del área sin zonas eléctricamente aisladas.

De acuerdo con la presente invención, la forma hexagonal regular de las zonas eléctricamente aisladas es solo una de las realizaciones más preferidas de la misma, que proporciona una forma más conveniente de calcular las dimensiones de las zonas, sin embargo, los expertos en la técnica apreciarán que es posible cualquier otra forma de zonas eléctricamente aisladas, que forman una estructura de panel en la capa electroconductora.

En general, de acuerdo con la invención, las zonas eléctricamente aisladas se pueden formar mediante cualquier figura delimitada por líneas cerradas, que forman, por ejemplo, una estructura de panel. Las figuras tienen el mismo tamaño dentro de una sección o secciones y están posicionadas al menos a lo largo de las filas de estructura que tienen la misma dirección y la misma distancia entre centros de círculos, en cada uno de las cuales puede colocarse la figura correspondiente de modo que los puntos más distantes de la figura pertenecen al círculo.

Está claro que al modificar el tamaño de las zonas eléctricamente aisladas cambian la longitud de la trayectoria actual y la resistencia superficial de la capa electroconductora, por lo que el tamaño de las zonas eléctricamente aisladas debe elegirse dependiendo de la forma y el tamaño del producto de vidrio. Además, de acuerdo con la invención, las zonas eléctricamente aisladas tienen un factor de aumento K de resistencia propio en cada sección de la superficie de vidrio calentada eléctricamente.

Como se muestra a modo de ejemplo en la figura 13, el producto de vidrio calentado eléctricamente 1 tiene tres secciones 11, 12 y 13, donde las secciones 11 y 13 tienen una estructura de panel de abejas, que difiere de la estructura 12 en panel solo por el tamaño de los hexágonos regulares 14, mientras que el paso o distancia entre zonas eléctricamente aisladas que tienen la forma de hexágonos regulares 14 permanece constante en toda la superficie del producto de vidrio 1.

Las áreas eléctricamente aisladas, en las que se va a eliminar el revestimiento de baja emisividad, se calculan preferentemente mediante un software dedicado en el que se introducen datos de acuerdo con el tipo y disposición de las figuras. Esto permite la fabricación de productos de vidrio para diversos fines: óptica estructural, automóvil, aviación y armadura de vidrio, o estructuras arquitectónicas calentadas eléctricamente.

Los expertos en la técnica apreciarán que la invención no se limita a las realizaciones presentadas anteriormente, y que las modificaciones pueden incluirse dentro del alcance de las reivindicaciones presentadas a continuación. Las características distintivas que se presentan en la descripción junto con otras características distintivas, según corresponda, también se pueden usar por separado.

**REIVINDICACIONES**

1. Un método de fabricación de un producto de vidrio (1) con superficie calentada eléctricamente, que comprende las etapas de:

5 producir un sustrato sustancialmente transparente (2);  
 aplicar una capa electroconductora sustancialmente transparente (3) al sustrato;  
 formar en la capa electroconductora (3) al menos dos secciones adyacentes (11, 12, 13) separadas entre  
 10 ellas en la dirección longitudinal; y  
 formar, en cada sección (11, 12, 13), zonas eléctricamente aisladas (4) en forma de figuras repetitivas (5, 6,  
 8, 9) que tienen tal configuración, disposición y paso entre ellas que son constantes para toda la capa  
 electroconductora (3), donde las zonas eléctricamente aisladas (4) están separadas por tiras  
 15 electroconductoras que se extienden entre ellas, que se desvían al menos parcialmente de la dirección  
 longitudinal, y donde las zonas eléctricamente aisladas (4) de cada sección están configuradas de manera  
 que las tiras electroconductoras tienen sustancialmente el mismo ancho  $w$  dentro de una sección,  
 que se caracteriza porque  
 en dicha etapa de formar zonas eléctricamente aisladas (4), las tiras electroconductoras en una sección  
 20 están formadas con un ancho  $w$  que difiere del ancho de las tiras electroconductoras en cualquier otra  
 sección donde el producto de vidrio tiene una geometría diferente, y  
 para determinar el ancho  $w$  de las tiras electroconductoras en cada sección, esta sección se divide en  
 fragmentos idénticos en forma de cuadrados elementales (7, 10) en donde las tiras electroconductoras  
 25 tienen el mismo diseño de porciones rectas y/o curvas (A, B, C, D, E) de las mismas, y luego, suponiendo  
 que las resistencias de cualquier cuadrado elemental deben ser iguales a la resistencia total deseada  $R_{total}$   
 de este sección que consiste en la combinación de resistencias  $R_N$  de dichas partes de la tira  
 electroconductora, el ancho  $w$  de las tiras electroconductoras se determina únicamente a partir de la  
 resistencia total de las tiras electroconductoras del cuadrado elemental (7, 10) que se determina teniendo  
 30 en cuenta la longitud y disposición de las porciones (A, B, C, D, E) de las tiras electroconductoras  
 dispuestas en ellas, donde la resistencia  $R_N$  de cada porción de la tira electroconductora se determina a  
 partir de la ecuación:

$$R_N = \frac{R_{\square} \cdot l_N}{w}$$

donde

35  $R_N$  es resistencia de cada porción de tira;  
 $R_{\square}$  es la resistividad específica de la capa electroconductora;  
 $w$  es el ancho de la tira electroconductora, e  
 $l_N$  es la longitud de cada parte de la tira electroconductora.

40 2. Un método según la reivindicación 1, en el que la curvatura de las partes curvadas varía de acuerdo con una  
 función especificada.

3. Un producto de vidrio (1) con superficie calentada eléctricamente, que comprende:

45 un sustrato sustancialmente transparente (2); y  
 una capa electroconductora sustancialmente transparente (3) aplicada al sustrato (2),  
 donde la capa electroconductora (3) está formada con al menos dos secciones adyacentes (11, 12, 13) que  
 se extienden en la dirección longitudinal, en donde cada sección tiene zonas eléctricamente aisladas (4) en  
 50 forma de hexágonos regulares que forman una estructura de panal de abeja, que tienen las mismas  
 dimensiones dentro de una sección y posicionadas con la misma distancia entre ellas a lo largo de la capa  
 electroconductora, en donde las zonas eléctricamente aisladas (4) en cada sección están separadas por  
 tiras electroconductoras que tienen sustancialmente el mismo ancho  $w$  dentro de una sección,  
 que se caracteriza porque  
 55 las zonas eléctricamente aisladas (4) en una sección están formadas de manera que las tiras  
 electroconductoras en una sección tienen una anchura  $w$  que difiere del ancho de las tiras  
 electroconductoras en cualquier otra sección en la que el producto de vidrio tiene una geometría diferente,  
 y, correspondientemente, los hexágonos regulares de dicha sección tienen un radio especificado de círculos  
 circunscritos alrededor de ellos que difiere del radio especificado de círculos circunscritos en dicha otra  
 60 sección donde el producto de vidrio tiene una geometría diferente, donde dicho radio especificado  $r_{sp}$  de los  
 círculos circunscritos dentro de cada sección se calcula mediante la fórmula:

$$r_{sp} = r_{max} - r_{max} \cdot R_{in}/R_n,$$

donde

$r_{\max}$  es el radio máximo del círculo circunscrito en cada sección para la estructura básica de panal de abejas con hexágonos regulares contiguos;

5  $R_n$  es la resistencia de superficie especificada de cada sección, y

$R_{in}$  es la resistencia de la superficie de cada sección para la estructura de panal de abejas básica con hexágonos regulares contiguos.

10 4. Un producto de vidrio de acuerdo con la reivindicación 3, en el que las barras colectoras están formadas a lo largo de los bordes del producto de vidrio a una distancia entre sí.

5. Un producto de vidrio de acuerdo con la reivindicación 3, en el que dichas zonas eléctricamente aisladas comprenden una capa electroconductora dentro de ellas.

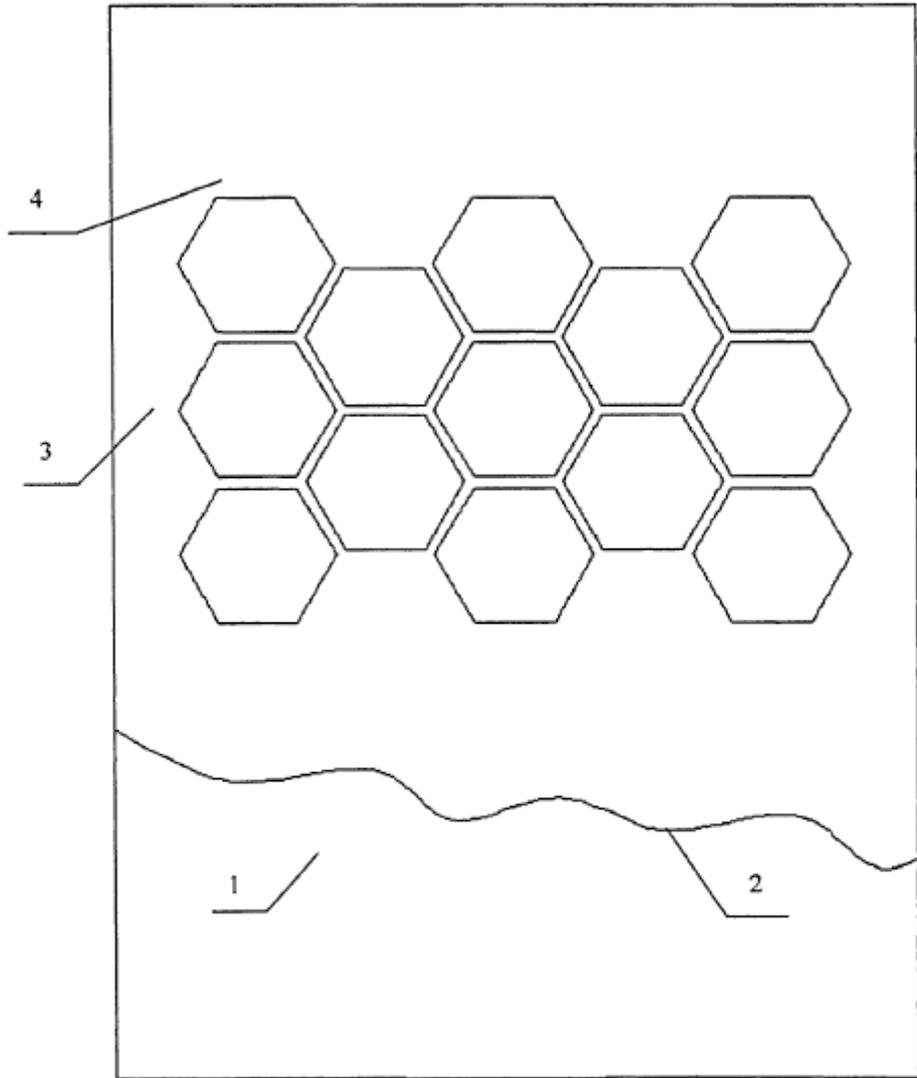


Fig. 1

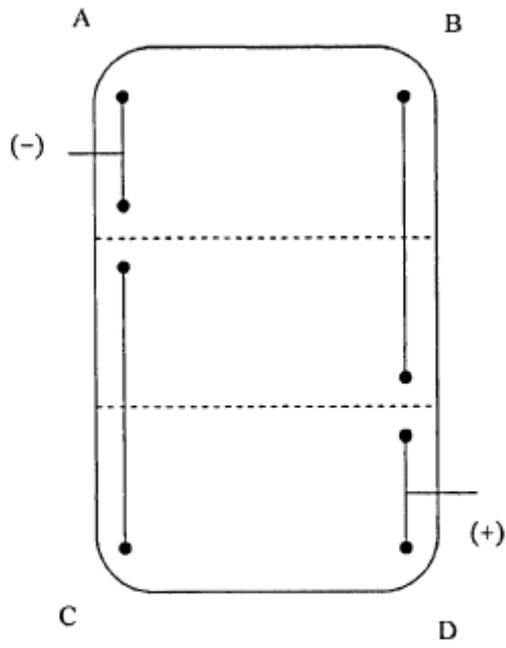


Fig. 2

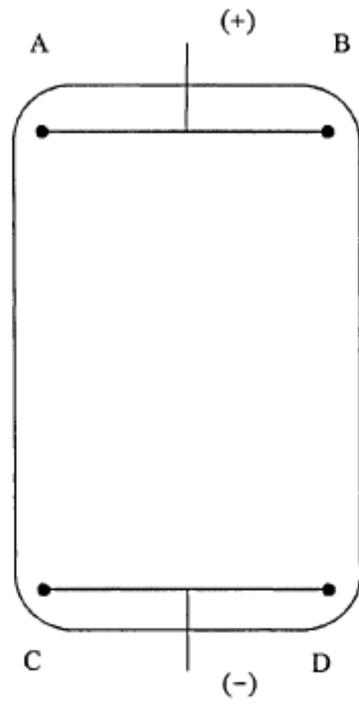


Fig. 3

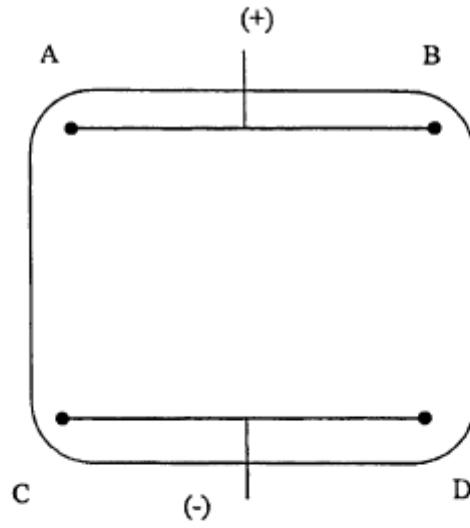


Fig. 4

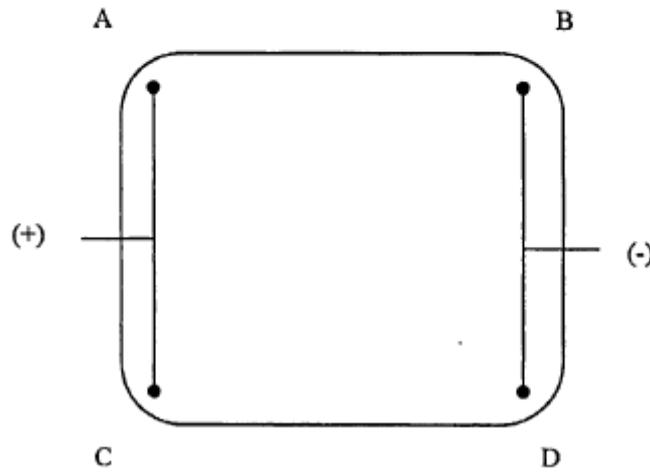


Fig. 5

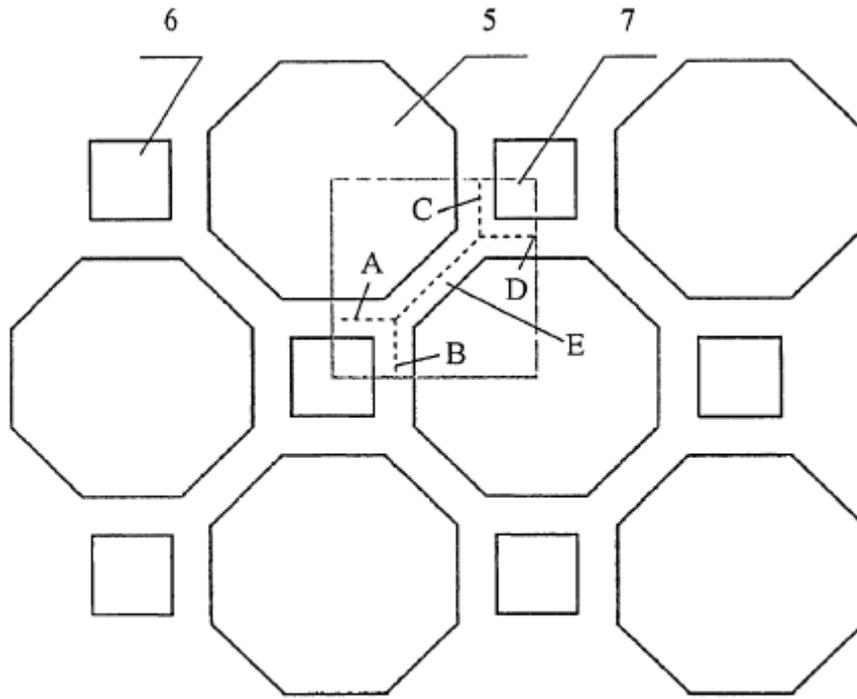


Fig. 6

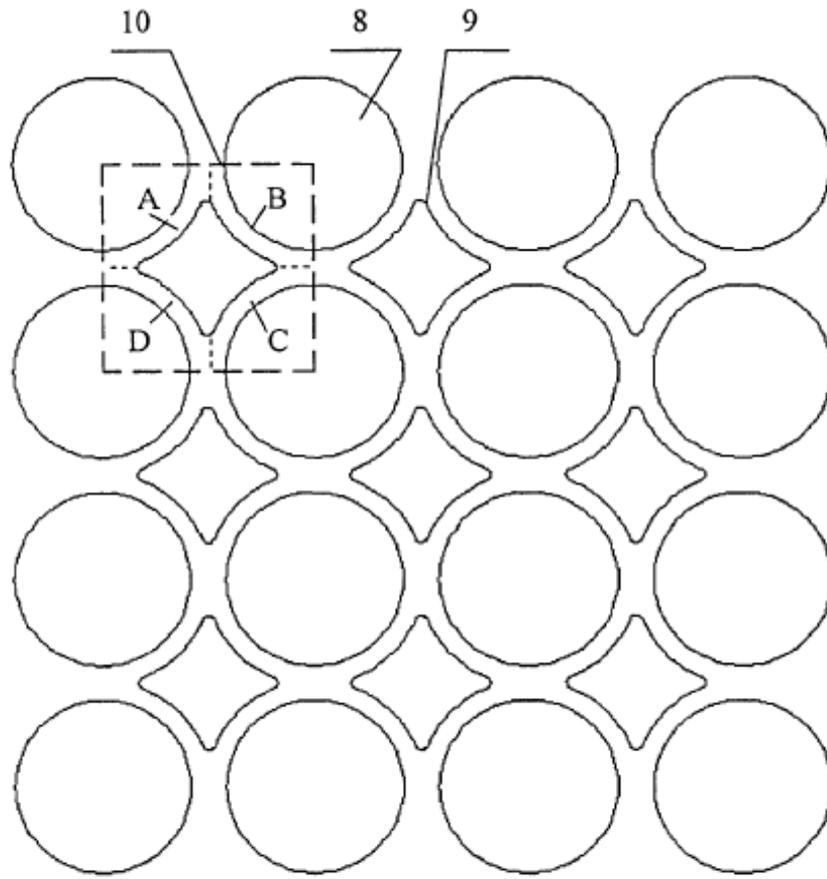


Fig. 7

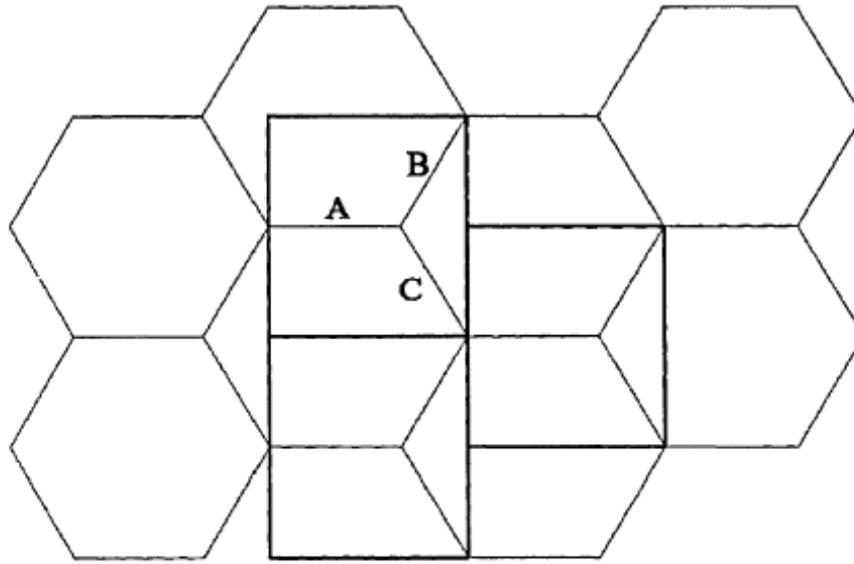


Fig. 8

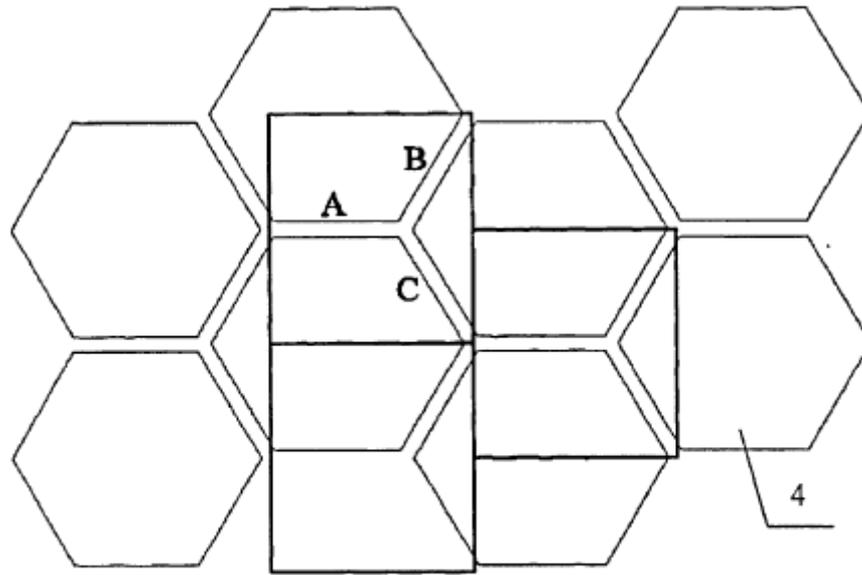


Fig. 9

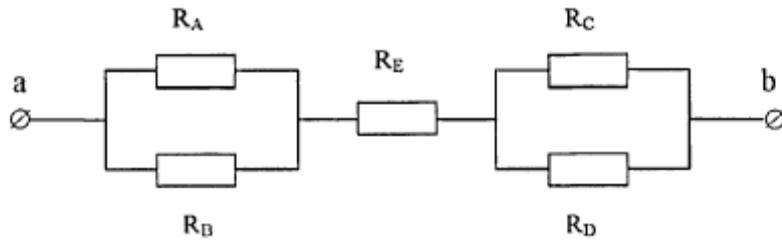


Fig. 10

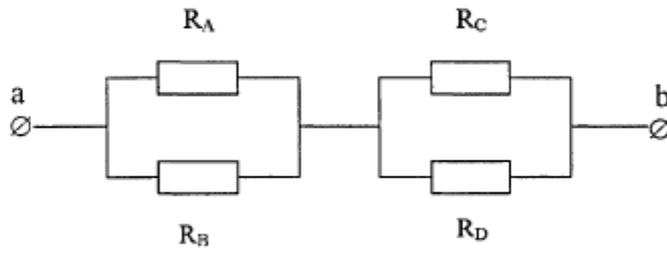


Fig. 11

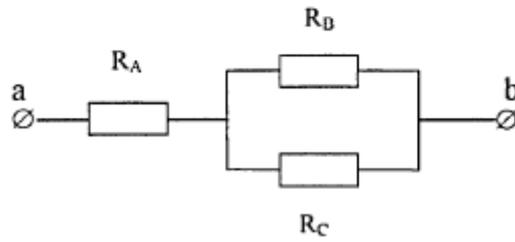


Fig. 12

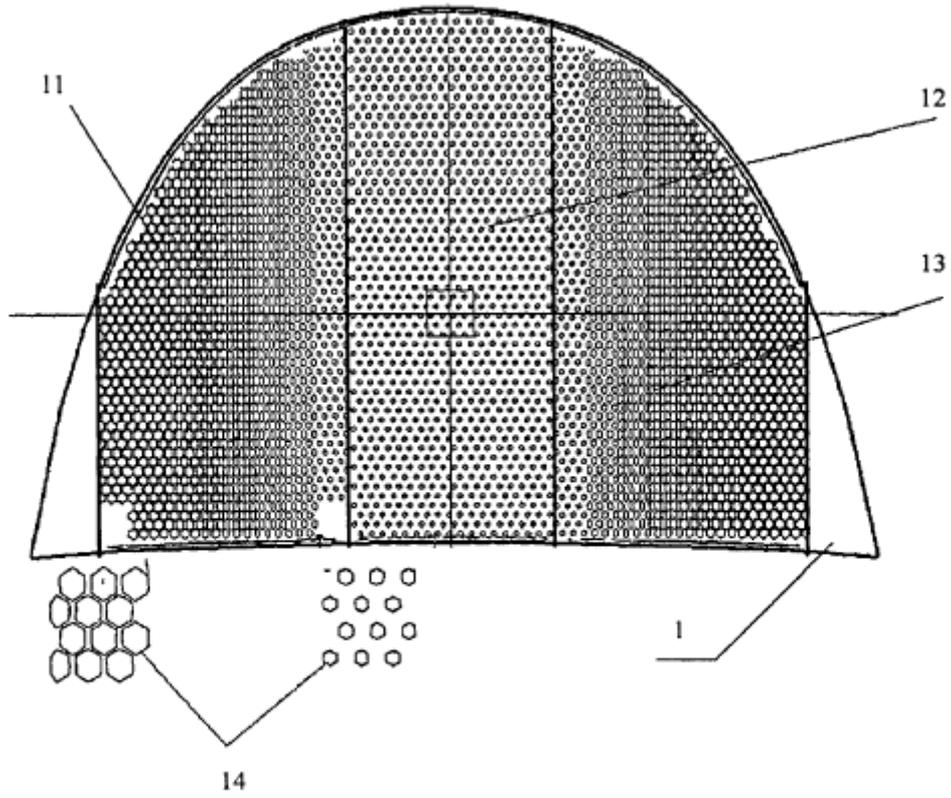


Fig. 13