

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 668 229**

51 Int. Cl.:

B29L 11/00	(2006.01)
G02B 5/02	(2006.01)
H01L 31/054	(2014.01)
G02B 3/08	(2006.01)
B29D 11/00	(2006.01)
F24J 2/08	(2013.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **11.08.2011 PCT/EP2011/004048**

87 Fecha y número de publicación internacional: **16.02.2012 WO12019771**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **11.08.2011 E 11754291 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **21.02.2018 EP 2603822**

54 Título: **Estructura de superficie y lente de Fresnel y herramienta para la producción de una estructura de superficie**

30 Prioridad:

11.08.2010 DE 102010034020

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

17.05.2018

73 Titular/es:

**FRAUNHOFER-GESELLSCHAFT ZUR
FÖRDERUNG DER ANGEWANDTEN
FORSCHUNG E.V. (100.0%)
Hansastrasse 27c
80686 München, DE**

72 Inventor/es:

HORNUNG, THORSTEN

74 Agente/Representante:

LINAGE GONZÁLEZ, Rafael

ES 2 668 229 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

Estructura de superficie y lente de Fresnel y herramienta para la producción de una estructura de superficie

- 5 La invención se refiere a una estructura de superficie y una lente de Fresnel que tiene al menos una de dichas estructuras de superficie. Además, la invención se refiere a una herramienta para la producción de una estructura de superficie y un método para la producción de una estructura de superficie o lente de Fresnel. Además, la invención se refiere al uso de una lente de Fresnel.
- 10 Las lentes normales con un gran diámetro de lente y corta distancia focal son muy gruesas y difíciles de fabricar. Para evitar este problema, las lentes de Fresnel se usan por lo tanto en múltiplos. La superficie de lente se subdivide de este modo en pequeños prismas que se disponen adyacentes en un plano. Por tanto se produce una lente esencialmente plana como se puede encontrar en la vida cotidiana en el caso de los retroproyectores o como lentes divergentes en las ventanas traseras de automóviles.
- 15 En fotovoltaica de concentración, las lentes de Fresnel se usan para concentrar la radiación solar en pequeñas células solares. De este modo no es el objetivo producir una imagen lo más clara posible del sol (sistema de lente de imagen), sino simplemente concentrar la mayor cantidad de luz posible en la célula solar (sistema de lentes sin imágenes). En muchas aplicaciones y sistemas concretos, también se busca lograr un perfil lo más homogéneo posible de la intensidad de radiación dentro del punto focal.
- 20 Como resultado del pequeño tamaño de las células solares sobre las cuales se concentra la luz en fotovoltaicos de alta concentración, se requieren grandes demandas sobre la precisión de las lentes de Fresnel. Al mismo tiempo, las lentes de Fresnel están sujetas a los efectos de temperatura ambiente. En muchas áreas desérticas, las temperaturas significativamente por debajo de 0 °C en invierno no son inusuales, mientras que en verano las temperaturas del mediodía superan fácilmente los 40 °C. Como resultado de la expansión inducida por temperatura de los materiales usados en la lente, el índice de refracción de estos materiales cambia, por un lado, y la lente se deforma, por otro lado. Por consiguiente los efectos de temperatura conducen a una lente de Fresnel que cumple su función de concentrador con efectividad variable, como una función de temperatura de la misma y, por consiguiente indirectamente como una función de temperatura ambiente, la radiación y otros parámetros meteorológicos, tales como por ejemplo la dirección y la fuerza del viento.
- 25 La geometría de la lente se basa en suposiciones sobre el índice de refracción del material de la lente. Debido a que el índice de refracción depende de la temperatura, la lente de Fresnel se optimiza por consiguiente con respecto a una temperatura específica, por ejemplo, la temperatura promedio, durante la operación. Las desviaciones de esta temperatura conducen a que la lente de Fresnel cumpla su propósito menos adecuadamente debido al cambio del índice de refracción asociado con la misma.
- 30 Generalmente, la forma original usada en el proceso de producción de la lente de Fresnel se diseña de modo que corresponde a la estructura de lente deseada en operación actual. Por consiguiente, el efecto negativo de deformaciones inducidas por temperatura en la función aumenta con la diferencia de temperatura entre temperatura de operación y temperatura de producción. Sin embargo temperatura de producción está generalmente significativamente por debajo (por ejemplo, temperatura ambiente) o por encima (por ejemplo, deformación termoplástica) de las temperaturas típicas que se producen durante la operación.
- 35 Además, se producen deformaciones adicionales durante el proceso de producción de las lentes de Fresnel, por ejemplo debido a la contracción del volumen. Por consiguiente las lentes de Fresnel producidas ya no son una copia fiel de la herramienta y no ofrecen una funcionalidad óptima.
- 40 En fotovoltaica de concentración, actualmente se usan dos combinaciones de materiales de preferencia: lentes de Fresnel hechas de polimetilmetacrilato (PMMA), diseñadas como placas de lentes sólidas, o lentes de Fresnel hechas de silicona que se aplican en una placa de vidrio. Una lente de Fresnel hecha de PMMA sin tensiones interiores se expande isotrópicamente, es decir su tamaño cambia con los cambios de temperatura durante la operación pero no las proporciones. Sin embargo este caso ideal en realidad rara vez se produce de modo que también estas lentes se deforman como resultado de tensiones interiores o distribuciones de temperatura no homogéneas.
- 45 En el documento DE 29 20 630 A1 y también en el documento US 3.982.822, se describen lentes de Fresnel que se fabrican a partir de dos materiales con diferentes coeficientes de expansión. En el caso de estas lentes de Fresnel, la expansión térmica de acuerdo con el estado de la técnica anterior se tuvo en cuenta en la producción solo desde el punto de vista de la durabilidad (véase por ejemplo el documento US 3.982.822). La expansión térmica se clasificó previamente como no problemática desde un punto de vista óptico (véase el documento DE 29 20 630 A1 y el documento US 3.982.822).
- 50 A partir del documento US 4.755.921 A se conoce una lente de un material transparente que incluye una superficie estructurada en un lado y una superficie lisa en el lado opuesto. La superficie estructurada incluye una pluralidad de
- 55
- 60
- 65

prismas de tres facetas dispuestos uno al lado del otro para formar una pluralidad de nervios y surcos. Cada prisma tiene una superficie reflectante adyacente a una superficie reflectante y un elevador adyacente a la superficie reflectante. Las superficies están inclinadas entre sí para que la luz incidente se transmita a través de la lente, de este modo los rayos que salen pueden estar predispuestos a ser perpendiculares o no perpendiculares. Sin embargo, la configuración de esta lente no permite compensar la deformación de la estructura de superficie debido a un cambio de temperatura.

Tampoco la lente de Fresnel divulgada en el documento US 3.523.720 A que está diseñada para el buscador de una cámara réflex y que tiene cada una de las etapas anulares de la lente formada con una forma ondeante u ondulada en una dirección circunferencial, para proporcionar, en cada etapa anular un intervalo de distancias focales a fin de dar un buscador nítido y brillante.

Sin embargo ha surgido que los efectos térmicos influyen notablemente en las propiedades ópticas de las lentes de Fresnel. Como resultado de la baja expansión térmica del vidrio, el cambio de forma de la gran área juega solo un papel subordinado. Sin embargo el coeficiente térmico de expansión significativamente mayor de la silicona conduce a que la estructura de silicona sea significativamente más elástica en comparación con el vidrio que se deforma. Esta deformación tiene lugar a gran escala de prismas o facetas Fresnel individuales. Por ejemplo, originalmente los bordes de prisma de forma recta se deforman de este modo. De este modo pueden esperarse efectos o deformaciones análogas en todos los sistemas en los que la expansión térmica de un material de sustrato difiere de la de un material de lente.

Partiendo de esto, es el objetivo de la presente invención eliminar las desventajas del estado de la técnica y proporcionar una estructura de superficie y también una lente de Fresnel que se pueda producir de una manera simplificada y que tenga sin embargo muy buenas propiedades ópticas.

Este objetivo se logra mediante la lente de Fresnel que tiene una estructura de superficie con las características de la reivindicación 1. La reivindicación 11 se refiere a una herramienta para la producción de una lente de Fresnel, la reivindicación 13 a un método para la producción de una lente de Fresnel y la reivindicación 14 al uso de una lente de Fresnel. Otros modos de realización ventajosos están contenidos en las reivindicaciones dependientes.

De acuerdo con la invención, se proporciona una estructura de superficie que tiene al menos una faceta formada por un borde activo y un borde inactivo, teniendo el borde activo al menos dos segmentos de igual o diferente longitud, en la que en la posición en la que dos segmentos se topan se produce un borde que tiene un ángulo obtuso. De acuerdo con la invención, los segmentos tienen además un perfil de superficie idéntico al menos en regiones, de modo que al menos una porción de un segmento puede transferirse a al menos una porción de un segmento adyacente mediante rotación alrededor de un ángulo de más de 0° y menos de 10° y un desplazamiento.

Los segmentos tienen un perfil de superficie idéntico al menos en regiones ya que al menos una porción de un segmento puede transferirse a al menos una porción de un segmento adicional. Por consiguiente el borde activo, si se considera de acuerdo con una sección vertical a través de la faceta, puede subdividirse en segmentos y los segmentos pueden además subdividirse en porciones. Estas porciones no son físicamente visibles ya que, por ejemplo en el caso de un segmento recto, no existe una subdivisión física de la longitud en porciones.

La rotación alrededor del ángulo proporcionado se puede efectuar tanto en la dirección de rotación positiva como negativa. El eje de rotación es de este modo preferentemente paralelo a los bordes entre los segmentos individuales y/o paralelo al borde entre el borde activo y el inactivo. Preferentemente, el eje de rotación coincide con uno de los bordes entre los segmentos individuales y/o el borde entre el borde activo y el borde inactivo.

En el caso de bordes curvados, por ejemplo en lentes de Fresnel de enfoque puntual, el eje de rotación corresponde preferentemente a una tangente que se aplica al borde. Por lo tanto el eje de rotación es preferentemente perpendicular al plano por medio del cual se determina el perfil de superficie.

El límite inferior para el ángulo puede ser $0,1$ segundos angulares, preferentemente 1 segundo angular. En consecuencia, la estructura de superficie de acuerdo con la invención también comprende bordes activos que tienen por ejemplo 100 segmentos. Preferentemente, el cambio de ángulo entre dos segmentos de la invención también comprende bordes activos que tienen por ejemplo 100 segmentos. Preferentemente, el cambio de ángulo entre dos segmentos es del orden de magnitud de 10 segundos angulares hasta 1° y, en el caso de estructuras de superficie con más de dos segmentos o una pluralidad de facetas, no es el mismo para todos los segmentos adyacentes.

El desplazamiento se efectúa preferentemente en el plano perpendicular al borde o los bordes entre los segmentos individuales y/o el borde entre el borde activo y el borde inactivo.

De este modo se entiende por perfiles de superficie, preferentemente el contorno que forma un segmento en sección transversal perpendicular a través de una faceta. El perfil a lo largo de la estructura de superficie, es decir paralelo a los bordes entre los segmentos y/o paralelo al borde entre el borde activo y el borde inactivo, por consiguiente no es fijo.

Aquí se entiende por segmentos, porciones individuales a partir de las cuales se compone el borde activo de la estructura de superficie. En la posición en la que dos segmentos se topan, generalmente se produce un borde que normalmente tiene, en contraste con el borde entre el borde activo y el borde inactivo, un ángulo muy obtuso.

5 Esto también permite por ejemplo la fabricación simplificada de la estructura de superficie en la que por ejemplo se usa una herramienta configurada como un sello para dar forma a la estructura de superficie.

10 El borde de un prisma de Fresnel en el que se refracta la luz se denomina borde activo. El borde ópticamente no usado se denomina borde inactivo. En el caso de los prismas de Fresnel en los que el efecto de dirigir la luz se logra con la ayuda de la reflexión total en un borde (prismas TIR Fresnel), el borde en el que la reflexión total es efectiva se denomina borde activo, el otro borde de la faceta se denomina borde inactivo. En el caso de herramientas para la producción de lentes de Fresnel, los bordes se denominan respectivamente análogamente a la estructura formada por esta. En el caso de estructuras de superficie que no tienen función óptica y no sirven como herramienta para la producción de las mismas, el borde más largo de superficie se denomina borde activo.

15 La estructura de superficie se puede configurar de modo que un triángulo ajustado en el perfil de la faceta a través de los puntos de extremo del borde inactivo y del borde activo tenga un ángulo interior de menos de 100° en el punto de extremo común del borde inactivo y del borde activo.

20 Además, la estructura de superficie se puede configurar de modo que las conexiones rectas del punto de contacto del borde inactivo y del borde activo con los extremos respectivamente del borde inactivo y el borde activo incluyan un ángulo de menos de 100° .

25 Los segmentos son preferentemente rectos, cóncavos o convexos.

Además, los segmentos de la estructura de superficie pueden disponerse de modo que se compense una deformación térmica predeterminada.

30 Con la ayuda de simulaciones por ordenador, se puede calcular de acuerdo con el método de elementos finitos (FEM) cómo la geometría de un prisma de Fresnel o una faceta de Fresnel y también la estructura de superficie se cambian con un cambio de temperatura como resultado de la expansión térmica de los materiales usados. También se puede determinar con estas simulaciones cómo se debe formar la estructura de superficie para que tenga la forma deseada después de un cambio de temperatura conocido especificado.

35 Además, incluso sin tener en cuenta deformaciones provocadas por temperatura o producción, las estructuras de superficie que son difíciles de fabricar, como por ejemplo las lentes de Fresnel con bordes esféricos activos, pueden reemplazarse por una estructura de superficie de acuerdo con la invención que es sustancialmente más fácil de fabricar.

40 Los segmentos de la estructura de superficie pueden de este modo transferirse a los segmentos adyacentes respectivamente con ángulos de rotación generalmente diferentes, pudiendo variar la longitud del segmento. También son posibles estructuras de superficie en las que los segmentos puedan transferirse a los segmentos respectivamente adyacentes con ángulos de rotación parcialmente idénticos y/o que se repiten periódicamente.

45 El borde activo es preferentemente cóncavo o convexo. Además, el borde activo también puede ser esencialmente cóncavo, esencialmente convexo y también esencialmente plano o planario.

50 La altura de la al menos una faceta en la estructura de superficie está preferentemente entre $50\ \mu\text{m}$ y $3\ \text{mm}$.

El material de la estructura de superficie comprende preferentemente silicón, polimetilmetacrilato, vidrio acrílico, vidrios orgánicos, materiales plásticos que son transparentes para la luz, en particular ionómeros, polivinilbutiral, etileno acetato de vinilo, poliuretano; vidrio, plata, aluminio, cobre, níquel, aleaciones de níquel y/o latón o consta de los mismos.

55 Además, una lente de Fresnel que tiene al menos una estructura de superficie de acuerdo con la invención está de acuerdo con la invención.

60 Preferentemente, esta lente de Fresnel puede tener además al menos una estructura de superficie con bordes activos esféricos.

65 El efecto de los bordes activos segmentados reside en el hecho de que la lente de Fresnel se deforma por expansión o contracción térmica de modo que mantiene su forma deseada a temperatura de operación promedio o se acerca a esta aunque la temperatura de operación promedio no corresponda a la temperatura durante la producción.

Se logra como una ventaja que la temperatura a la que una lente de Fresnel tiene su mejor función óptima puede elegirse de forma extensa independientemente de la temperatura a la que se produce la lente de Fresnel. En particular, se puede elegir una temperatura de producción que se considere ventajosa por razones de gestión del proceso, incluso si esta no corresponde a la temperatura de operación promedio. Como resultado, se minimizan las desviaciones de la temperatura durante la operación, a cuya temperatura esta lente funciona de manera óptima y la función de la lente se mejora significativamente.

La composición de los bordes activos de segmentos individuales e idénticos permite la producción de lentes individuales o herramientas de estampado con máquinas de torneado de ultraprecisión actuales (corte de diamante) incluso para grandes diámetros de lente.

La forma de borde activo segmentado proporcionada de acuerdo con la invención también se puede usar, además de la adaptación a deformaciones térmicas, para compensar cualquier otra deformación. En el caso de las lentes de Fresnel de un solo componente, por ejemplo de polimetilmetacrilato (PMMA), el resultado pueden ser deformaciones de los bordes activos como resultado de la contracción del volumen durante la producción, efectos que pueden reducirse asimismo mediante una forma de borde activo adaptada en segmentos.

Además, es posible aproximar cualquier forma de borde activo mediante una forma de borde activo segmentada de acuerdo con la invención. En particular, esto permite una aproximación de geometrías que de otro modo solo podrían producirse con dificultad.

La lente de Fresnel puede tener además al menos dos estructuras de superficie que se disponen concéntricamente. En consecuencia, por ejemplo se puede obtener una lente de Fresnel de enfoque puntual, lente que tiene tanto bordes activos esféricos o de forma libre como también bordes activos segmentados de acuerdo con la invención.

Además, la lente de Fresnel puede tener al menos dos estructuras de superficie que se disponen linealmente y paralelas entre sí. Por consiguiente se puede obtener una lente de Fresnel de enfoque lineal lineal, pudiendo esta última tener ambas estructuras de superficie de acuerdo con la invención con un borde activo segmentado y también bordes activos esféricos o de forma libre.

Además, la lente de Fresnel puede aplicarse en un soporte, que comprende o consta de vidrio, polimetilmetacrilato, vidrio acrílico, vidrios orgánicos, materiales plásticos que son transparentes para la luz, en particular ionómeros, polivinilbutiral, etileno acetato de vinilo y/o poliuretano.

El soporte para la lente de Fresnel puede tener de este modo una forma redonda, ovalada, cuadrada, rectangular o hexagonal. Esto se puede seleccionar correspondientemente como una función del campo de uso. Además, la lente de Fresnel puede tener al menos dos materiales con diferentes coeficientes de expansión. Por consiguiente, por ejemplo se puede lograr un soporte hecho de un material particularmente estable con una estructura de superficie hecha de un material fácilmente moldeable.

Además, la lente de Fresnel puede ser una lente convergente o una lente divergente. Además, puede ser una lente de Fresnel de enfoque puntual o lineal.

Además, también son posibles disposiciones de una pluralidad de lentes de Fresnel de acuerdo con la invención. Estas pueden situarse preferentemente en un soporte común.

Se proporciona una herramienta para la producción de una lente de Fresnel previamente descrita de acuerdo con la invención, teniendo la herramienta una estructura negativa de al menos una faceta, de al menos un borde activo o de al menos un segmento.

Esto incluye en particular también herramientas para la producción de lentes de Fresnel de acuerdo con la invención. También herramientas que comprenden la estructura negativa de la estructura de superficie solo de partes de lentes de Fresnel individuales o incluso de una pluralidad de lentes de Fresnel completas están de acuerdo con la invención.

Las herramientas para la producción de las lentes de Fresnel generalmente se cortan con diamantes (producción micromecánica de una forma original para las lentes de Fresnel o herramienta de lente de Fresnel). Sin embargo, es técnicamente muy complejo producir herramientas de lente de una geometría de forma libre. Las formas libres pueden de hecho producirse mediante este método pero son significativamente más difíciles de producir que formas de herramienta que se pueden cortar en porciones con el borde de un diamante. Las formas originales fabricadas de esta manera para lentes de Fresnel generalmente tienen bordes rectos activos e inactivos ya que los bordes de corte del diamante que se usan son generalmente rectos. De interés óptico es sobre todo la formación del borde activo.

El borde inactivo no tiene una función óptica útil para la lente, generalmente se elige lo más pronunciado posible para mantener bajas las pérdidas ópticas. De este modo la eliminación de la lente de la herramienta es limitante. Ya

que las deformaciones del borde inactivo no influyen en la función óptica de la lente de Fresnel, la optimización de forma también puede implementarse con la condición de borde de que la función ópticamente irrelevante de la lente de Fresnel, la optimización de forma también puede implementarse con la condición de borde de que los bordes inactivos ópticamente irrelevantes en la forma de herramienta resultante sean rectos o tengan una forma diferente que sea ventajosa para la producción. Sin embargo esto no elimina la dificultad de que el borde activo deba cortarse como geometría de forma libre.

Para simplificar la producción de la herramienta, se propone por lo tanto aproximar la geometría de borde activo óptima de la herramienta con una pluralidad de segmentos rectos o uniformemente curvados (ver figura 3a). Las deformaciones térmicas, en el caso de una lente de Fresnel producida con dicha herramienta, conducen a la forma de los bordes activos que se aproximan a una geometría específica deseada en el caso de una temperatura que se desvía de la temperatura de producción pero no reproduce esto exactamente. Incluso en los cálculos por ordenador para la optimización de forma, puede tenerse en cuenta que los bordes activos en la forma de herramienta resultante están destinados a constar de una pluralidad de segmentos rectos o uniformemente curvados.

De este modo, una herramienta puede cortarse con una forma determinada por simulaciones por ordenador (por ejemplo, FEM) de modo que por ejemplo se puede producir una lente de Fresnel que tenga una forma deseada específica a una temperatura que no corresponda a la temperatura de producción.

Además, la herramienta puede constar de materiales plásticos curables, hidrocarburos fluorados, etilenoalfatetrafluoroetileno (ETFE), politetrafluoroetileno (PTFE), materiales plásticos que son posiblemente rígidos, polimetilmetacrilato (PMMA), aluminio, cobre, níquel, aleaciones de níquel, latón o comprender esto.

También se proporciona un método para la producción de una lente de Fresnel descrita previamente de acuerdo con la invención, comprendiendo el método las siguientes etapas: la deformación térmica de la estructura de superficie se determina mediante un cálculo de simulación para cambios de temperatura especificados, se determina el perfil de superficie del borde activo que se busca para un intervalo de temperatura que se produce durante el uso; al menos dos segmentos están provistos de un perfil de superficie idéntico al menos en regiones de modo que al menos una porción de un segmento puede transferirse a al menos una porción de un segmento adyacente mediante rotación alrededor de un ángulo de más de 0° y menos de 10° y un desplazamiento; la disposición de los segmentos se efectúa de modo que se compensa la deformación térmica predeterminada.

De esta manera, las estructuras de superficie y también las lentes se pueden producir de forma simple y económica. Además, las estructuras de superficie y también las lentes de Fresnel producidas de esta manera tienen la capacidad de concentrar la mayor cantidad de luz posible en las células solares siempre que se usen como lentes de concentrador.

La producción puede efectuarse por ejemplo mediante estampado, fundición o moldeo por inyección, estando situado el material líquido o blando al menos parcialmente en contacto con la herramienta y el material o el material usado solidificando al menos parcialmente, la temperatura durante la producción de la estructura de superficie o lente de Fresnel (= temperatura de fabricación) que no se corresponde a la temperatura durante el uso de la estructura de superficie (= temperatura de operación).

Además, el uso de al menos una lente de Fresnel de acuerdo con la invención en un módulo fotovoltaico de concentración está de acuerdo con la invención.

El uso de una lente de Fresnel individual de acuerdo con la invención en un módulo fotovoltaico de concentración es posible por un lado. Por otra parte, también son posibles disposiciones de una pluralidad de lentes de Fresnel en un módulo fotovoltaico de concentración. Estas pueden situarse preferentemente en un soporte común. Sin embargo son posibles módulos fotovoltaicos de concentración. Estas pueden situarse preferentemente en un soporte común.

El tema de acuerdo con la solicitud está destinado a explicarse con referencia a las siguientes figuras 1 a 5 y también a los ejemplos 1 a 3 sin desear restringir dicho tema a estas variantes.

La figura 1 muestra una representación esquemática de la deformación térmica de una estructura de lente de Fresnel.

La figura 2 muestra la construcción esquemática de una estructura de lente de Fresnel.

Las figuras 3a a 3d muestran diversas estructuras de superficie que se disponen en un soporte.

La figura 4a muestra una lente de enfoque puntual.

La figura 4b muestra una lente de enfoque lineal.

La figura 4c muestra una estructura de superficie con bordes activos segmentados.

La figura 5a muestra una lente de enfoque puntual.

La figura 5b muestra los bordes activos cortados de forma esférica.

5

La figura 5c muestra los bordes activos segmentados de acuerdo con la invención.

La figura 5d muestra los bordes activos rectos.

10 La figura 1 muestra una estructura de superficie 1 que se dispone en un soporte 4. Aquí se muestra la representación esquemática de la deformación térmica de una estructura de lente de Fresnel como estructura de superficie 1' en una placa de vidrio como soporte 4 durante el calentamiento por encima de la temperatura de producción. La región que está doblemente sombreada muestra la estructura de superficie 1 no deformada hecha de material elástico con alta expansión térmica (por ejemplo silicona). El soporte 4 se fabrica por ejemplo a partir de un material con una baja expansión térmica (por ejemplo vidrio). El borde activo 2 y también el borde inactivo 3 se refieren a la estructura de superficie 1 en el estado normal. El borde activo 2' y también el borde inactivo 3' se refieren a la forma de la estructura de superficie en el estado deformado 1', que se obtiene como resultado de un aumento de temperatura. La deformación se representa de este modo enormemente exagerada.

15

20 La figura 2 muestra esquemáticamente una estructura de superficie 1 que se dispone en un soporte 4. La estructura de superficie tiene bordes activos 2 y también bordes inactivos 3.

25

La figura 3a muestra un modo de realización de la estructura de superficie 1''' de acuerdo con la invención a temperatura de operación en un soporte 4. La forma ideal del borde activo de la estructura de superficie a temperatura de fabricación 1'' se aproxima de este modo por tres segmentos rectos 5, 5', 5'', de modo que, durante el cambio de temperatura, se produce el borde activo 2''' (a temperatura de operación), que es aproximadamente plano. Ya que en esta geometría se producen exclusivamente segmentos rectos 5, 5', 5'', dicho borde activo segmentado 2'' (a temperatura de fabricación) es significativamente más fácil de producir que las formas de borde activo conocidas de la técnica anterior. El borde inactivo de 3'' se fabricó recto. A temperatura de operación, el borde inactivo tiene una forma cóncava 3'''.

30

La figura 3b muestra una estructura de superficie 1''' a temperatura de operación, que se dispone en un soporte 4. A temperatura de fabricación, la estructura de superficie 1'' tiene un borde activo convexo 2''. A temperatura de operación, el borde activo 2''' tiene una forma recta. El borde inactivo de 3'' se fabricó recto. A temperatura de operación, el borde inactivo 3''' tiene una forma convexa. Por medio de una construcción de este tipo, la deformación térmica del borde activo se compensaría exactamente. Corresponde solo al estado de la técnica con respecto al hecho de que ya se describen los bordes activos curvados y, en el caso de las lentes de Fresnel con facetas de gran escala, se usan también por razones ópticas. En el caso de facetas de pequeña escala, una forma de este tipo sin embargo solo puede producirse con gran dificultad (en todo caso) con buena calidad.

40

En la figura 3c, se representa una estructura de superficie 1'' (a temperatura de fabricación) con un borde activo convexo 2'' y también un borde inactivo convexo 3'' a temperatura de fabricación. A temperatura de operación, el borde activo 2''' y también el borde inactivo 3''' de la estructura de superficie 1''' tienen una forma recta. La estructura de superficie 1'' o 1''' se dispone aquí en un soporte 4. Se hace referencia al hecho de que dichas formas, en contraste con las formas segmentadas de acuerdo con la invención, tal como se producen en la figura 3a, son mucho más complejas de producir.

45

La figura 3d muestra una estructura de superficie de 1'' o 1''' en un soporte 4, como se conoce a partir de la técnica anterior. Tanto el borde activo 2'' como el borde inactivo 3''' tienen una forma recta a temperatura de fabricación. A temperatura de operación, tanto el borde activo 2''' como el borde inactivo 3''' son cóncavos.

50

La figura 4a muestra una lente circular de enfoque puntual que tiene bordes activos segmentados de acuerdo con la invención.

55

En la figura 4b, se representa una lente rectangular de enfoque lineal con bordes activos segmentados de acuerdo con la invención.

La figura 4c muestra una estructura de superficie, como se puede usar para la lente de enfoque puntual y también la lente de enfoque lineal. En este modo de realización, los bordes activos se construyen a partir de tres segmentos que tienen una longitud diferente. El borde inactivo tiene una forma recta.

60

La figura 5a muestra una lente circular de enfoque puntual que tiene estructuras de superficie construidas de manera diferente de acuerdo con las figuras 5b, 5c o 5d.

65 En la figura 5b, se representa una forma de superficie de estructura de superficie, como está presente en el centro de la lente de enfoque puntual de acuerdo con la figura 5a. El borde inactivo tiene por la presente una forma recta. El

borde activo se corta de forma esférica aquí.

5 La figura 5c muestra una estructura de superficie de acuerdo con la invención. Los bordes activos segmentados tienen de este modo un número de segmentos que disminuye hacia afuera. El borde inactivo es recto. Esta estructura de superficie está presente en la lente de enfoque puntual en la región entre el centro (figura 5b) y la región exterior (figura 5d).

10 La figura 5d muestra una estructura de superficie que tiene tanto bordes activos rectos como bordes inactivos rectos. Esta forma de superficie se usa en la región exterior de la lente de enfoque puntual de acuerdo con la figura 5a.

10 **Ejemplo 1**

15 Lente de Fresnel de enfoque puntual con prismas de Fresnel concéntricos en la que todos los bordes activos tienen una estructura que comprende tres segmentos similares a los de la figura 3a. La forma exacta de los bordes activos individuales se optimiza para cada prisma de Fresnel y por consiguiente para cada borde activo individualmente. Por lo tanto cada uno de los tres segmentos de un borde activo tiene un ángulo separado y la longitud de los segmentos individuales tampoco es constante, es decir los tres segmentos de un borde activo generalmente no tienen la misma longitud (figura 4a).

20 **Ejemplo 2**

25 Lente de Fresnel de enfoque lineal lineal con prismas de Fresnel lineales, cuyos bordes activos constan respectivamente de tres segmentos que se asemejan a los de la figura 3a. La forma exacta de los bordes activos individuales se optimiza individualmente para cada prisma de Fresnel. Por lo tanto cada segmento tiene un ángulo separado y una longitud separada (figura 4b).

Ejemplo 3

30 Lente de Fresnel de enfoque focal con prismas de Fresnel concéntricos en la que los prismas o facetas centrales tienen bordes activos esféricos o esféricos y bordes activos segmentados que se topan más hacia afuera. El número de segmentos por borde activo se reduce de este modo con el aumento del espaciado de los prismas de Fresnel desde el eje óptico. En la región exterior de la lente, los prismas de Fresnel tienen solo un borde activo recto. La disposición exacta y también el ángulo de los segmentos individuales de un borde activo se optimizan individualmente para cada prisma de Fresnel para aproximarse lo mejor posible en total a la forma del borde activo deseado a temperatura de operación (figura 5).

35

REIVINDICACIONES

1. Lente de Fresnel que tiene al menos una estructura de superficie (1), teniendo la estructura de superficie (1) al menos una faceta formada por un borde activo (2) y un borde inactivo (3), teniendo el borde activo (2) al menos dos segmentos (5, 5', 5'') de longitud idéntica o diferente, en la que en la posición en la que dos segmentos se topan se produce un borde que tiene un ángulo obtuso, teniendo los segmentos (5, 5', 5'') además un perfil de superficie idéntico al menos en regiones, de modo que al menos una porción de un segmento puede transferirse a al menos una porción de un segmento adyacente mediante rotación alrededor de un ángulo de más de 0° y menos de 10° y un desplazamiento, caracterizada porque los segmentos (5, 5', 5'') están dispuestos de modo que se compensa una deformación térmica predeterminada.
2. Lente de Fresnel de acuerdo con la reivindicación 1, en la que un triángulo ajustado en el perfil de la faceta por los puntos de extremo del borde inactivo (3) y del borde activo (2) tiene un ángulo interior de menos de 100° en el punto de extremo común del borde inactivo (3) y del borde activo (2).
3. Lente de Fresnel de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, caracterizada porque los segmentos (5, 5', 5'') son rectos, cóncavos o convexos y/o el borde activo (2) es cóncavo o convexo.
4. Lente de Fresnel de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, caracterizada porque la altura de la al menos una faceta está entre 50 µm y 3 mm.
5. Lente de Fresnel de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, caracterizada porque el material de la estructura de superficie (1) comprende silicona, polimetilmetacrilato, vidrio acrílico, vidrios orgánicos, materiales plásticos que son transparentes para la luz, en particular ionómeros, polivinilbutiral, etileno acetato de vinilo, poliuretano; vidrio, plata, aluminio, cobre, níquel, aleaciones de níquel y/o latón o consta de los mismos.
6. Lente de Fresnel de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, caracterizada porque tiene además al menos una estructura de superficie (1) con bordes activos esféricos (2).
7. Lente de Fresnel de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, caracterizada porque tiene al menos dos estructuras de superficie (1) que se disponen de forma concéntrica y/o lineal y en paralelo entre sí.
8. Lente de Fresnel de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, caracterizada porque se aplica en un soporte (4), que en particular consta de vidrio, polimetilmetacrilato, vidrio acrílico, vidrios orgánicos, materiales plásticos transparentes a la luz, en particular ionómeros, polivinilbutiral, etileno acetato de vinilo y/o poliuretano o comprende esto y/o que el portador (4) tiene una forma redonda, ovalada, cuadrada, rectangular o hexagonal.
9. Lente de Fresnel de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, caracterizada porque tiene al menos dos materiales con diferentes coeficientes de expansión.
10. Lente de Fresnel de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, caracterizada porque es una lente convergente o una lente divergente y/o que es una lente de Fresnel de enfoque puntual o de enfoque lineal.
11. Herramienta para la producción de una lente de Fresnel de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 10, teniendo la herramienta una estructura negativa de al menos una faceta, de al menos un borde activo (2) o de al menos un segmento (5, 5', 5'').
12. Herramienta de acuerdo con la reivindicación anterior, caracterizada porque la herramienta consta de materiales plásticos curables, hidrocarburos fluorados, etileno lineal tetrafluoroetileno, politetrafluoroetileno, materiales plásticos, polimetilmetacrilato, aluminio, cobre, níquel, aleaciones de níquel, latón o comprender esto.
13. Método para la producción de una lente de Fresnel de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 10 que comprende las siguientes etapas:
- la deformación térmica de la estructura de superficie (1) se determina mediante un cálculo de simulación para cambios de temperatura especificados;
 - se determina el perfil de superficie del borde activo (2'') que se busca para un intervalo de temperatura que se produce durante el uso;
 - al menos dos segmentos están provistos de un perfil de superficie idéntico al menos en regiones de modo que al menos una porción de un segmento puede transferirse a al menos una porción de un segmento adyacente mediante rotación alrededor de un ángulo de más de 0° y menos de 10° y un desplazamiento;
 - la disposición de los al menos dos segmentos (5, 5', 5'') se efectúa de modo que se compensa la deformación térmica predeterminada.

14. Uso de al menos una lente de Fresnel de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 10 en un módulo fotovoltaico de concentración.

Figura 1

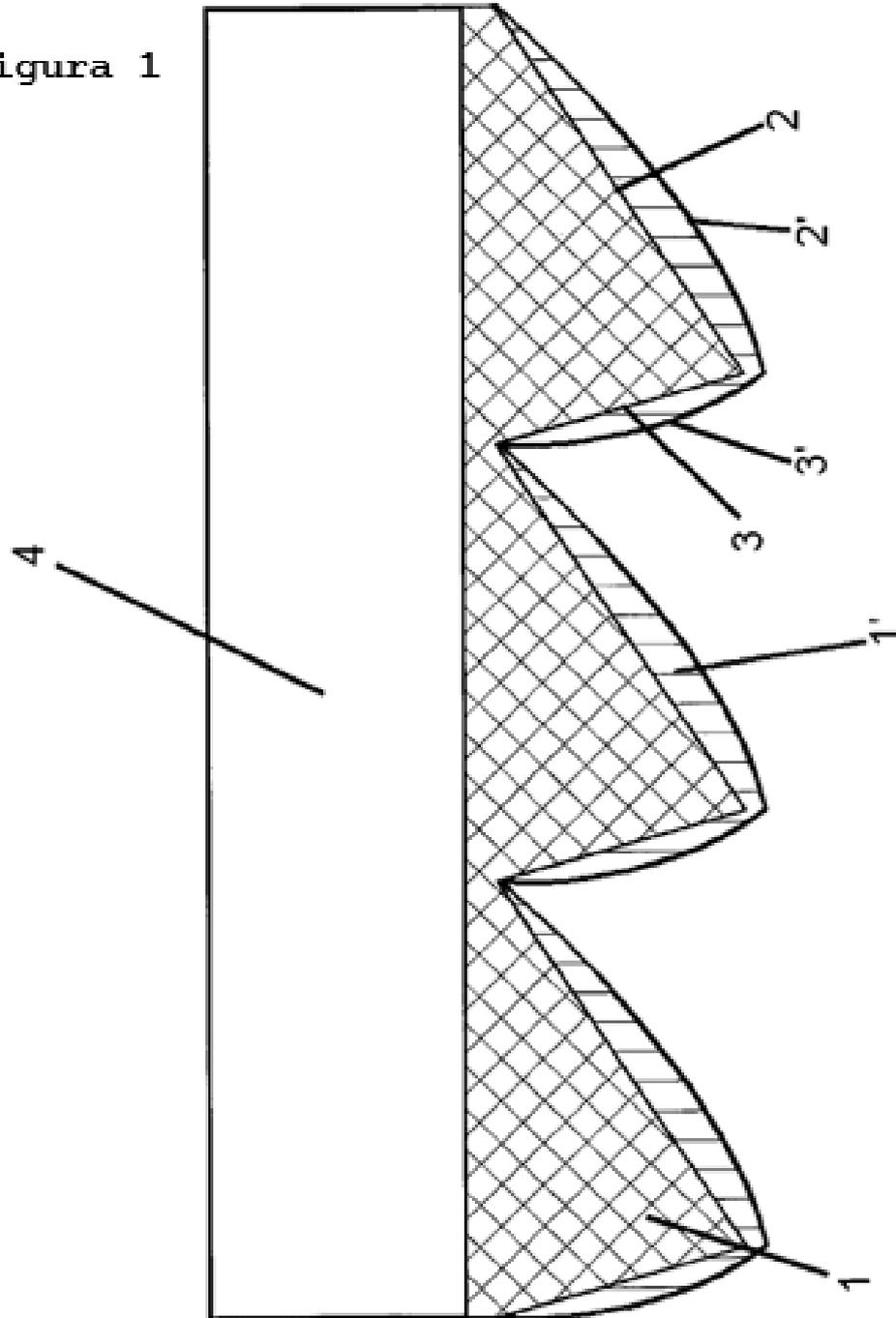


Figura 2

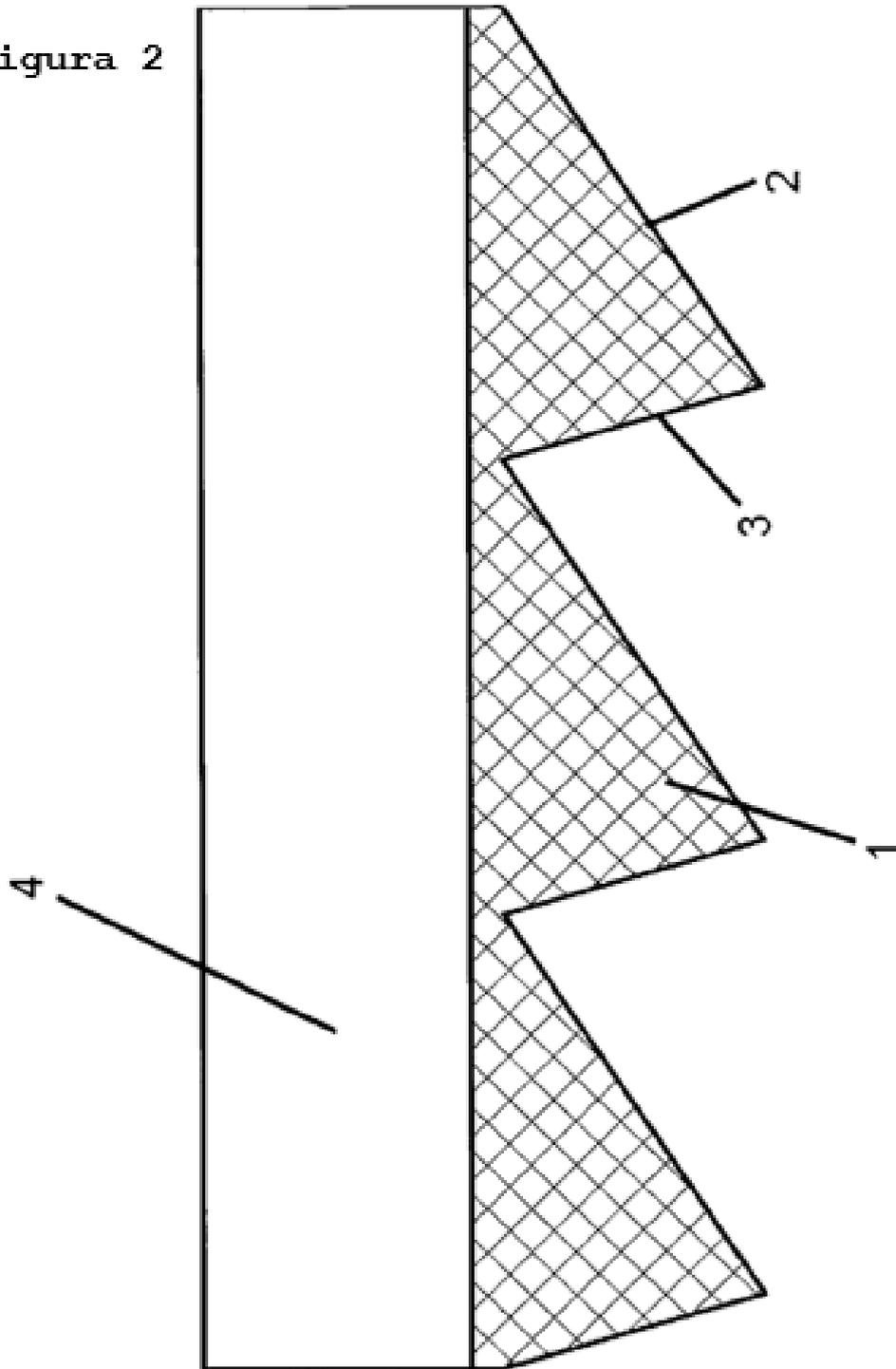
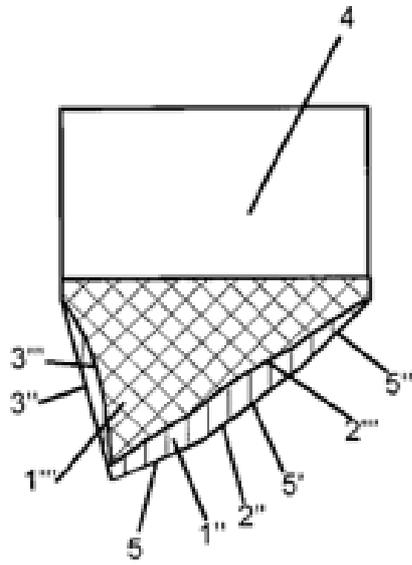
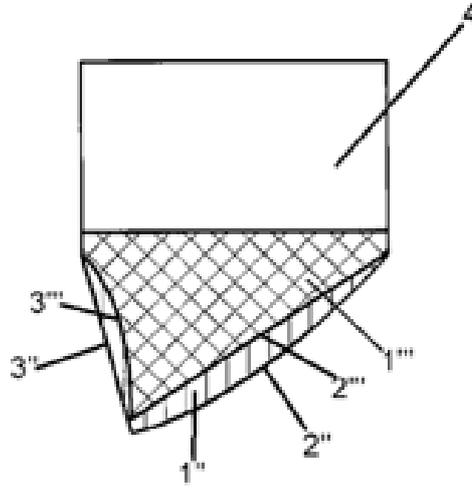


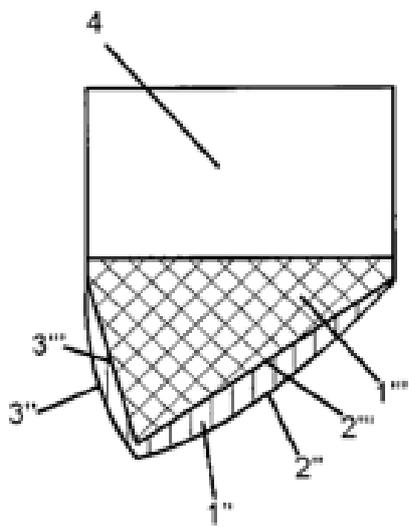
Figura 3



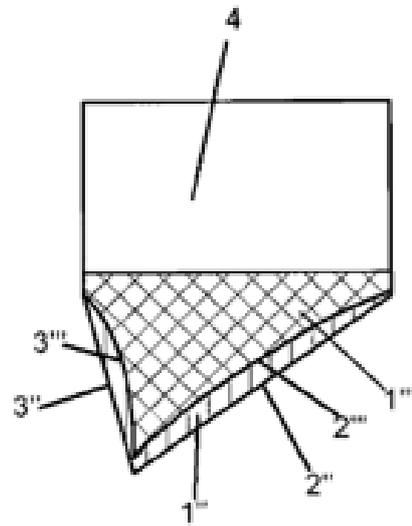
3a



3b



3c



3d

Figura 4

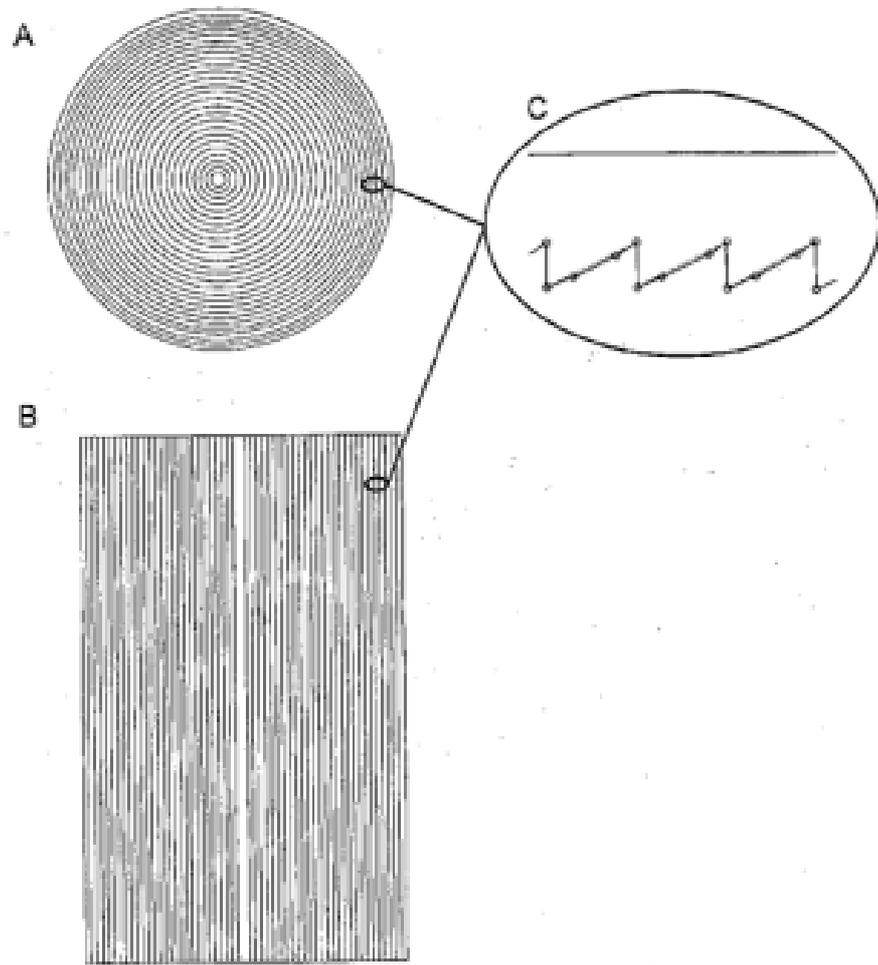


Figura 5

