

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 994 121**

51 Int. Cl.:

G02B 26/02 (2006.01)

G02B 26/08 (2006.01)

G02B 27/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **19.07.2021** **E 21186451 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **25.09.2024** **EP 3964877**

54 Título: **Matriz de obturadores de espejo**

30 Prioridad:

03.09.2020 DE 102020123024

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

17.01.2025

73 Titular/es:

NANOSCALE GLASSTEC GMBH (100.00%)

Heinrich-Plett-Straße 40

34132 Kassel, DE

72 Inventor/es:

HILLMER, HARTMUT

74 Agente/Representante:

ISERN JARA, Jorge

ES 2 994 121 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

Matriz de obturadores de espejo

5 La invención se refiere a una matriz de obturadores de espejo que comprende una pluralidad de microelementos que están diseñados como microespejos y/o como microobturadores, teniendo cada microelemento un cuerpo de superficie opaca que está dispuesto en forma de bisagra en una placa de base translúcida de la matriz de obturadores de espejo por medio de una sección de fijación en el borde, de tal manera que cada microelemento puede pivotar entre una posición cerrada opaca y al menos una posición abierta translúcida.

10 Estado de la técnica

Las matrices de obturadores y las matrices de espejos, que están formadas por un gran número de microelementos accionables en forma de microobturadores o microespejos, pertenecen a los denominados sistemas microoptoelectromecánicos (MOEMS) y se utilizan para la modulación o el control de la luz de alta resolución en un gran número de aplicaciones diferentes como elementos proyectores (en particular la tecnología de proyección conocida bajo la marca Digital Light Processing de Texas Instruments Inc.), enrutadores, obturadores o diafragmas, por ejemplo, en los campos del procesamiento óptico de la información, las pantallas de proyección, la microscopia, la endoscopia, la litografía, la estructuración láser o como elementos conductores de la luz solar en el acristalamiento de edificios.

Los microelementos que componen la matriz son elementos ópticos miniaturizados de un tamaño comprendido entre unos pocos micrómetros cuadrados y milímetros cuadrados, cuya posición, y por lo tanto efecto fotométrico, puede activarse mediante control activo o pasivo. Los microelementos se diseñan opcionalmente como microobturadores puramente absorbentes de luz o como microespejos con al menos una superficie reflectante. Para la fabricación de las matrices se utilizan procesos típicos de película fina, en particular mediante procesos de deposición, litografía y etapas de grabado, así como tecnologías de capas de sacrificio.

Por ejemplo, el documento DE 103 58 967 A1 describe una matriz en forma de disposición de microespejos para la construcción de fachadas, en donde los microespejos están dispuestos en una matriz bidimensional regular y son controlados individualmente o en grupos a través de una red de direccionamiento por una unidad de control central. De este modo, se crea la posibilidad de un control activo de la luz solar con alta resolución espacial, lo que permite una situación de iluminación adaptada a la demanda y personalizada en el espacio situado detrás de la fachada. Encontrará información detallada sobre la fabricación, el funcionamiento y el principio de aplicación de este tipo de matriz de microespejos en Hillmer et al, Jpn. J. Appl. Phys. 57, 08PA07 (2018).

El documento US 2009/0142050 A1 divulga una matriz de obturadores que realiza la función de un diafragma de iris. Para ello, la matriz de obturadores tiene una placa de base con una sección circular translúcida, sobre la que se dispone una pluralidad de microobturadores en forma de elementos de diafragma opacos enrollables. En estado desenrollado, es decir, cerrado, los elementos de obturación tienen cada uno un contorno triangular idéntico y, en su disposición regular, la totalidad de los elementos de obturación cubre la sección translúcida de la placa de base. Los elementos de apertura tienen una estructura en capas, por lo que las tensiones internas de las diferentes capas son tales que los elementos de apertura se enrollan, de modo que se implementa un principio de accionamiento electrostático para contrarrestar este enrollamiento y para mover los elementos de apertura a la posición cerrada y mantenerlos allí. Se pretende activar todos los elementos del obturador simultánea y uniformemente.

El documento KR 2007 0030871 A divulga un dispositivo de microobturador fabricado utilizando un patrón de polímero como molde y que comprende un sustrato; una primera película aislante sobre el mismo; un electrodo de dirección inferior en un patrón predeterminado sobre el mismo; una segunda capa aislante sobre el mismo; un electrodo de dirección superior en un patrón predeterminado sobre el mismo; un microobturador conectado eléctricamente al electrodo de dirección superior como una película delgada conductora de una forma predeterminada; y un circuito de direccionamiento conectado a los electrodos de dirección inferior y superior.

El documento US 6 639 572 B1 divulga una pantalla de visualización directa blanca como el papel de bajo consumo que comprende una matriz de microespejos pivotantes que se desvían entre dos estados, un primer estado en donde el microespejo cubre una parte del fondo y un segundo estado en donde el microespejo no cubre el fondo. En una configuración particular, un mecanismo de estabilidad está integrado en la pantalla para que los microespejos cambien entre estados estables y permanezcan en estos estados estables hasta que se aplique a los microespejos una fuerza de actuación suficiente para superar un umbral de actuación. Para lograr la biestabilidad se puede utilizar la mecánica de la bisagra, la fricción estática debida a las fuerzas de van der Waals o una combinación de ambas. La biestabilidad permite desactivar la pantalla entre actualizaciones, pero requiere un accionamiento activo entre los dos estados. La electrónica de control es similar a la utilizada en las pantallas LCD multiplexadas.

El documento EP 1 008 885 A1 divulga un dispositivo óptico, como un diafragma o espejo de reflectancia variable, cuyo estado de funcionamiento se controla mediante una lámina electrostática. El dispositivo comprende un primer soporte sólido con un sustrato y un primer electrodo cubierto por una capa aislante. La lámina electrostática está

conectada por un extremo al soporte fijo y puede colocarse sobre este soporte tras aplicar una tensión entre el electrodo y la lámina, que consiste en una lámina completamente metálica o una lámina aislante con un revestimiento metálico en una de sus caras.

- 5 Las matrices de obturadores también pueden utilizarse en microscopia como aberturas en forma de anillo en el sistema de iluminación o formación de imágenes, por ejemplo en microscopia de campo oscuro, microscopia de interferencia o microscopia STED.

10 Especialmente para aplicaciones ópticas exigentes, una desventaja de las matrices de obturadores y espejos del estado de la técnica es la aparición de artefactos de interferencia en la modulación de la luz. En este contexto, cabe mencionar en primer lugar los efectos de difracción. La totalidad de los microdisparadores o de los microespejos a pequeña escala forma una rejilla óptica, que inevitablemente provoca efectos de difracción cuando la luz lo atraviesa. Las estructuras difractivas están formadas en particular por las secciones de montaje de los microelementos individuales, que están dispuestos rígidamente en la placa de base de la matriz, por ejemplo, como
15 estructuras en forma de tira, o también por las bandas de material que quedan entre los microelementos individuales en la placa de base debido al proceso de fabricación, que rodean el contorno de los microelementos cerrados. La difracción en una rejilla óptica de este tipo conduce a una concentración de la luz en torno a las direcciones de difracción principales (orden cero) y a una propagación de la luz con intensidad debilitada en las direcciones de desviación (órdenes de difracción superiores). Esto puede dar lugar a no homogeneidades no deseadas, desenfoque percibido por el espectador o franjas de color. Otro artefacto óptico indeseable son las denominadas imágenes fantasma, que pueden producirse con matrices de espejos. Las imágenes fantasma se producen cuando los microespejos están abiertos o parcialmente abiertos. La imagen que el espectador percibe al mirar a través de la matriz de espejos abierta o parcialmente abierta es, bajo ciertos ángulos de visión, una superposición de la luz transmitida directamente (deseable, dirección de visión) con una imagen fantasma reflejada por los microespejos
20 (indeseable). Aunque la imagen fantasma sea muy débil, sigue perturbando la visión clara a través de la matriz de espejos, por ejemplo cuando se utiliza en un microscopio o en una ventana.

El documento KR 2012 0036242 A divulga unas gafas de obturador activo para visión 3D con alta transmisión de luz. Las gafas de obturador activo comprenden cada una una.

30 Lente para el ojo izquierdo y derecho, en donde están dispuestos obturadores microópticos, y una parte de accionamiento para controlar los obturadores. En particular, la forma, el tamaño y la posición de los obturadores se eligen de forma arbitraria o pseudoarbitraria.

35 El documento US 2014/218708 A1 divulga un sistema de iluminación de un dispositivo de exposición de proyección microlitográfica que comprende un modulador de luz que comprende un sustrato modulador y una matriz de espejos soportados por el sustrato modulador, en donde los espejos vecinos se solapan al menos parcialmente. El modulador de luz comprende además una pluralidad de actuadores soportados por el sustrato modulador y configurados para inclinar los espejos individualmente. En particular, los espejos tienen rotaciones pseudoarbitrarias entre sí en el plano del sustrato.

DESCRIPCIÓN DE LA INVENCION

45 Por lo tanto, la presente invención tiene por objeto proponer una matriz genérica de obturadores de espejos que permita una modulación variable y espacialmente de alta resolución en la transmisión y reflexión de la luz incidente, en donde, en particular, la transmisión se vea afectada por el menor número posible de artefactos de difracción e imágenes fantasma.

50 Esta tarea se resuelve sobre la base de una matriz de obturadores de espejo según el término general de la reivindicación 1 en conjunción con los rasgos caracterizadores. En las reivindicaciones dependientes se dan otras formas de realización ventajosas de la invención.

La invención comprende la enseñanza técnica de que el matriz de obturadores de espejo comprende una pluralidad de microelementos que están diseñados como microespejos y/o como microobturadores, teniendo cada
55 microelemento un cuerpo de superficie opaca que está dispuesto en forma de bisagra en una placa de base transmisora de luz de la matriz de obturadores de espejo por medio de una sección de fijación del lado del borde, de tal manera que cada microelemento está dispuesto entre una placa de base transmisora de luz de la matriz de obturadores de espejo, que cada microelemento es pivotable entre una posición cerrada opaca y al menos una posición abierta translúcida, en donde cada uno de los microelementos tiene una estructura de capas que
60 comprende al menos una capa polarizada por compresión y una capa polarizada por tracción, en donde una capa de compensación polarizada por compresión está dispuesta sobre la capa polarizada por tracción a lo largo de una sección de lámina de cada microelemento, de manera que cada microelemento está subdividido en las siguientes secciones:

65 - la sección de lámina, que está globalmente libre de tensiones y tiene dos superficies esencialmente plano-paralelas,

- la sección de fijación del lado del borde, que está dispuesta rígidamente sobre la placa de base de la matriz de obturadores de espejo, y

- una sección de bisagra intermedia, que tiene una curvatura inducida por tensión residual, mediante la cual se forma una posición abierta del microelemento,

5 en donde la totalidad de los microelementos en la respectiva posición cerrada forma una rejilla irregular o no estructurada, y en donde la anchura de las secciones de bisagra de diferentes microelementos varía de modo que un ángulo de enrollamiento de las secciones de bisagra varía en la al menos una posición abierta de los microelementos.

10 Una idea central de la invención es formar los microelementos con respecto a su contorno individual, tamaño y orientación unos con respecto a otros de tal manera que su totalidad sea lo menos estructurada e irregular posible, es decir, en particular, que estén presentes el menor número posible de estructuras de flexión paralelas y/o dispuestas equidistantemente. Cuando la luz pasa a través de una matriz de obturadores de espejo según la invención, los efectos de difracción de rejilla, es decir, los efectos de difracción resultantes de la interferencia de las ondas de luz que pasan a través de diferentes microelementos, solo se producen en muy pequeña medida y el resultado es una modulación de la luz significativamente más homogénea o una visión más clara para el observador en comparación con las matrices de obturadores del estado de la técnica.

A continuación se explican con más detalle los términos utilizados aquí para los distintos tipos de rejilla.

20 La totalidad de los microelementos forma una partición esencialmente sin huecos y sin solapamientos de la superficie activa a la luz de la matriz de obturadores de espejo. Esto corresponde formalmente a una rejilla cuyas celdas de rejilla están formadas por los microelementos, en donde las esquinas y los lados de los, por ejemplo, contornos poligonales de los microelementos representan los puntos de rejilla o las líneas de rejilla. La característica esencial de la invención, que aborda el problema de los artefactos de difracción, se expresa en la topología de la rejilla formada por los microelementos.

Los distintos tipos de rejillas pueden clasificarse, en particular, en rejillas estructuradas y no estructuradas.

30 Las rejillas estructuradas tienen una topología regular, es decir, las celdas de la rejilla están dispuestas en una cuadrícula regular, independientemente de la geometría de sus celdas. En particular, las celdas de rejilla de las rejillas estructuradas pueden indexarse claramente mediante tuplas de números enteros, en el caso de una rejilla de superficie bidimensional mediante pares de índices. Si todas las celdas de una rejilla estructurada tienen la misma geometría, en este caso denominada rejilla regular, para construir toda la rejilla solo se necesita información sobre el origen de la rejilla, la orientación de los ejes de la rejilla, las longitudes laterales de las celdas de la rejilla y el número de celdas de la rejilla por eje de rejilla. En particular, los ejes de la rejilla pueden abarcar un sistema de coordenadas cartesianas, aunque las representaciones de coordenadas polares también son adecuadas, por ejemplo, para dividir una superficie circular mediante una rejilla estructurada de segmentos anulares, en donde los pares de índices denotan en este caso un componente angular radial y otro polar. Las cuadrículas regulares, es decir, las cuadrículas estructuradas con celdas de cuadrícula similares, presentan un alto grado de regularidad y/o periodicidad, es decir, se caracterizan en particular por un gran número de líneas de cuadrícula paralelas y/o equidistantes. En el presente caso de aplicación de una rejilla de microelementos, esta estructura de rejilla provoca efectos de difracción desfavorables de la luz que atraviesa el dispositivo de apertura. En el caso de los microelementos abiertos, las estructuras difractivas están formadas por los bordes de sus cuerpos superficiales y las secciones de fijación del lado del borde de los microelementos individuales, así como por los bordes de los microelementos cerrados en la vecindad de un microelemento abierto. Además, como ya se ha mencionado con anterioridad, los bordes en forma de red de los microelementos pueden disponerse en la placa de base de la matriz de obturadores de espejo debido al proceso de fabricación, cuyos bordes también contribuyen a la difracción de la luz.

50 De acuerdo con la invención, se propone formar los microelementos con respecto a su geometría, tamaño y disposición relativa de tal manera que su totalidad forme una celosía irregular o no estructurada.

Se entiende por celosía irregular una celosía estructurada que está constituida por celdas de celosía de diferentes formas. Por ejemplo, las celdas de rejilla individuales pueden tener contornos poligonales que difieren entre sí, al menos parcialmente, en el número de puntos de rejilla y de líneas de rejilla, así como en los ángulos encerrados por las líneas de rejilla. Aunque una rejilla irregular de este tipo puede mapearse en una rejilla regular, tiene significativamente menos estructuras paralelas y/o periódicas, por lo que se producen patrones de difracción de la luz considerablemente más difusos o casi inexistentes.

60 Las rejillas no estructuradas son el tipo más general de rejilla y no tienen ni una topología regular ni una geometría de celda de rejilla uniforme. Las especificaciones para su construcción deben incluir la conectividad con los puntos de rejilla circundantes para cada punto de rejilla. Las rejillas no estructuradas exhiben un grado particularmente bajo de orden y estructuras regulares y son, por lo tanto, en términos de la presente invención, particularmente adecuadas para producir un patrón de difracción de baja estructura cuando la luz pasa a través de ellas.

65

Preferentemente, la totalidad de los microelementos en la posición cerrada respectiva forma una rejilla asimétrica. Una rejilla asimétrica está presente si no hay un mapeo de congruencia que mapee la rejilla sobre sí misma, es decir, la rejilla no puede mapearse sobre sí misma, en particular mediante rotaciones y/o reflexiones. Esta característica de asimetría contribuye a reducir aún más los efectos indeseables de difracción cuando la luz atraviesa la matriz de obturadores de espejo. En particular, la rejilla formada por la totalidad de los microelementos puede tener una asimetría tal que incluso subsecciones de la rejilla son asimétricas cuando se ven de forma aislada.

En una forma de realización ventajosa, los microelementos tienen cada uno un contorno poligonal irregular en la posición cerrada. El contorno denota el contorno del cuerpo superficial que forma el microelemento en su plano de extensión principal. En posición cerrada, los microelementos adoptan preferentemente una forma plana. A diferencia de un polígono regular, un polígono irregular se caracteriza por el hecho de que no todos los lados tienen la misma longitud y se incluyen diferentes ángulos entre los lados. De este modo se garantiza que en la matriz de obturadores de espejo se repita el menor número posible de estructuras similares, en particular el menor número posible de estructuras lineales paralelas o dispuestas equidistantemente. En particular, el lado del borde del microelemento que forma la sección de fijación también puede estar orientado de forma diferente de un microelemento a otro.

Preferentemente, el número de lados de los contornos poligonales de los microelementos oscila entre tres y ocho. Esto ofrece suficientes posibilidades de variación geométrica para realizar la pobreza estructural de la totalidad de los microelementos según la invención. Con microelementos de contornos aún más complejos o combinaciones de ángulos desfavorables, también existe el riesgo de enclavamiento mutuo cuando los microelementos se giran entre las distintas posiciones.

En otra forma de realización ventajosa, los microelementos en la posición cerrada tienen cada uno un contorno formado por líneas al menos parcialmente curvadas. Tales contornos curvados representan otra opción de diseño para variar los microelementos y contribuyen así a la realización de la transmisión de luz con la menor difracción posible de acuerdo con la invención.

En particular, la matriz de obturadores de espejo tiene medios de accionamiento para bascular los microelementos entre la al menos una posición abierta y la posición cerrada, por lo que los microelementos individuales y/o grupos de microelementos pueden accionarse por medio de los medios de accionamiento. Los medios de accionamiento que actúan electrostática, magnética o térmicamente son conocidos, por ejemplo, en la técnica anterior. Preferentemente, el accionamiento se basa en un concepto en donde grupos de microelementos pueden girar simultáneamente. El tamaño y el contorno de dichos grupos deben adaptarse tanto a los requisitos de la aplicación abordada como a las limitaciones de fabricación con respecto al direccionamiento pasivo.

En una forma de realización especial de la matriz de obturadores de espejo según la invención, la totalidad de los microelementos forma una forma circular o elíptica o poligonal o una forma libre, por lo que los grupos de microelementos en forma de sección anular pueden accionarse mediante los medios de accionamiento. Esta forma de realización se utiliza para formar diafragmas anulares con diámetros y ángulos de apertura variables, por ejemplo, para su uso en instrumentos ópticos.

En una forma de realización ventajosa, los medios de accionamiento constituyen un principio de funcionamiento electrostático, para lo cual la placa de base de la matriz de obturadores de espejo comprende un material conductor de la electricidad, y los microelementos comprenden o forman electrodos, en donde los medios de accionamiento comprenden una fuente de tensión controlable para aplicar señales de tensión eléctrica entre la placa de base y los electrodos. La placa de base y los electrodos son componentes de los medios de accionamiento y puede generarse una fuerza electrostática entre los microelementos y la placa de base generando una diferencia de potencial por medio de la fuente de tensión.

Preferentemente, la placa de base tiene una pluralidad de segmentos de placa de base que están aislados eléctricamente entre sí, y los electrodos están conectados eléctricamente entre sí para formar una pluralidad de campos que están aislados eléctricamente entre sí, estando los segmentos de placa de base y los campos conectados eléctricamente de forma individual a la fuente de tensión. Aplicando una tensión eléctrica entre los segmentos individuales de la placa de base y los campos, los microelementos de los subcampos, que corresponden al solapamiento geométrico de los segmentos activos de la placa de base y los campos, pueden activarse selectivamente.

De acuerdo con la invención, los microelementos de la matriz de obturadores de espejo tienen cada uno una estructura de capas que comprende al menos una capa polarizada por compresión y una capa polarizada por tensión, en donde una capa de compensación polarizada por compresión está dispuesta sobre la capa polarizada por tensión a lo largo de una sección de lámina de cada microelemento, de tal manera que cada microelemento se divide en las siguientes secciones:

- la sección de lámina, que está globalmente libre de tensiones y tiene dos superficies esencialmente plano-paralelas,

- la sección de fijación del lado del borde, que está dispuesta rígidamente sobre la placa de base de la matriz de obturadores de espejo, y
- una sección de bisagra intermedia, que tiene una curvatura interna inducida por tensión, mediante la cual se forma una posición abierta del microelemento.

Cuando no se aplica tensión eléctrica, los microelementos se encuentran en una posición abierta máxima, que se crea por una curvatura de la sección de bisagra entre la sección de fijación, que está fijada positivamente a la placa de base, y la sección de lámina compensada por tensión debido a las tensiones residuales presentes. Por ejemplo, la sección de bisagra tiene un radio de curvatura que es de una centésima a un tercio de la longitud del lado más largo del contorno del microelemento respectivo.

Preferentemente, la sección de cuchilla está alineada esencialmente ortogonalmente a la placa de base en la posición de apertura máxima del microelemento respectivo. En dicha posición perpendicular se consigue la máxima transmisión de luz, y esta posición se asume cuando los microelementos no están sometidos a ninguna fuerza electrostática debida a una tensión eléctrica aplicada, de modo que las secciones de bisagra se enrollan puramente de acuerdo con sus tensiones mecánicas inherentes. Entre esta posición ortogonal extrema y la posición cerrada de los microelementos, pueden asumirse preferentemente otras posiciones intermedias, que representan valores grises correspondientes en cuanto al grado de transmisión. A partir de la posición de apertura máxima de los microelementos, estos pueden cerrarse de forma continua aplicando una tensión eléctrica cada vez mayor entre la placa de base y los electrodos hasta alcanzar una tensión límite en donde los microelementos se cierran por completo. En una forma de realización de la matriz de obturadores de espejo según la invención con microelementos en forma de microespejos, esta variedad de ángulos de orientación ajustables de los microelementos se utiliza mediante el control de los medios de accionamiento para dirigir la luz de una manera específica.

De acuerdo con la invención, la anchura de las secciones de bisagra de diferentes microelementos varía, de modo que un ángulo de enrollamiento de las secciones de bisagra varía en la al menos una posición abierta de los microelementos. La anchura de la sección de bisagra respectiva se refiere a su extensión entre la sección de fijación y la sección de la hoja. A lo largo de cada sección de bisagra, la curvatura es aproximadamente constante y el ángulo de enrollamiento respectivo describe en consecuencia el ángulo del punto central del arco formado por la sección de bisagra. La variación de la anchura de las secciones de bisagra da lugar, por lo tanto, a una variación de la posición de las secciones de cuchilla en un valor medio en cada posición abierta de los microelementos. Tal variación de posición es particularmente ventajosa para los microelementos diseñados como microespejos, porque da lugar a una supresión significativa de las imágenes fantasma mencionadas al principio y, por lo tanto, mejora aún más la calidad de la imagen óptica con la matriz de obturadores de espejo según la invención.

En una forma de realización ventajosa, la estructura de capas de cada microelemento tiene al menos una capa eléctricamente conductora, por lo que el electrodo se forma en cada caso. Es conocido de la técnica anterior, por ejemplo, utilizar aleaciones de aluminio para construir una pila de capas provista de tensiones residuales dedicadas.

Además, la placa de base de la matriz de obturadores de espejo también tiene preferentemente una estructura de capas que comprende una capa de base conductora de la luz y una capa aislante de la luz, por lo que la sección de fijación de cada microelemento está dispuesta sobre la capa aislante. La capa aislante sirve así para separar eléctricamente la capa de base y los electrodos dispuestos sobre los microelementos o formados por ellos.

En particular, los lados de los contornos de los microelementos tienen una longitud de 1 micrómetro a 2 milímetros. Todas las aplicaciones pertinentes pueden abordarse con microelementos dimensionados de este modo, teniendo en cuenta las condiciones de contorno relacionadas con la producción.

Otra aplicación ejemplar de la matriz de obturadores de espejo según la invención se refiere a las gafas de seguridad láser ultrarrápidas para la protección contra ataques láser, por ejemplo, de pilotos en la cabina durante el despegue o el aterrizaje de un avión y de personal de seguridad (policía y militares). Las gafas utilizadas actualmente para este fin se basan en filtros ópticos que solo protegen contra determinadas longitudes de onda y distorsionan la percepción de los colores, lo que no solo es crítico por la noche.

EJEMPLO DE REALIZACIÓN PREFERIDO DE LA INVENCIÓN

Otras medidas que mejoran la invención se describen con más detalle a continuación junto con la descripción de ejemplos de realización preferidos de la invención con referencia a las figuras. En ellas:

- Fig. 1 muestra una vista en planta de campos y microelementos de un primer ejemplo de realización,
- Fig. 2 muestra una vista en perspectiva de una sección del primer ejemplo de realización con microelementos parcialmente abiertos,
- Fig. 3 muestra una vista en despiece de los campos y la placa de base del primer ejemplo de realización,
- Fig. 4 muestra una ilustración del primer ejemplo de realización de la matriz de obturadores de espejo según la invención,
- Fig. 5 muestra estados de conmutación ejemplares del primer ejemplo de realización,

Fig. 6 muestra una vista superior de microelementos de un segundo ejemplo de realización,
 Fig. 7 muestra una vista superior de microelementos de un tercer ejemplo de realización,
 Fig. 8 muestra una vista en perspectiva de un cuarto ejemplo de realización con microelementos parcialmente abiertos,
 Fig. 9 muestra una vista superior de microelementos de un quinto ejemplo de realización, y
 Fig. 10 y 11 muestran vistas esquemáticas en sección transversal parcial de un microelemento de una matriz de obturadores de espejo según la invención.

La Fig. 1 muestra una vista superior de los campos 10a - 10e y los microelementos 1 de una primera matriz de obturadores de espejo 100 según la invención. Los microelementos 1 están conectados eléctricamente entre sí para formar los campos 10a - 10e, que están aislados eléctricamente entre sí. Todos los microelementos 1 forman una forma circular, que se segmenta en los cuatro campos en forma de anillo 10b - 10e y el campo interior circular 10a. Se puede aplicar un potencial eléctrico a cada uno de los cinco campos 10a - 10e independientemente de los otros campos. Las vistas parciales ampliadas muestran los dos campos interiores 10a y 10b, así como su estructura formada por los microelementos 1 individuales. Los microelementos 1 comprenden la sección 12 de la hoja y la sección 11 de montaje del lado del borde, que aquí solo se indica como una línea y sobre la que están dispuestos los microelementos 1 en la placa de base de la matriz de obturadores de espejo 100. Los contornos poligonales irregulares de los microelementos 1 presentan tres, cuatro o cinco lados y varían en cuanto a su relación de aspecto geométrico y su superficie. En la posición cerrada mostrada aquí, todos los microelementos 1 forman una rejilla asimétrica no estructurada.

Dependiendo de la aplicación, los microelementos 1 pueden diseñarse como microespejos o como microdisyuntores, es decir, pueden utilizarse para desviar la luz o para variar el grado de transmisión. Esto se aplica no solo al ejemplo de realización que se muestra aquí, sino que en principio puede aplicarse a cualquier matriz de obturadores de espejo según la invención. Basándose en un proceso de película fina utilizado para la producción, los microelementos 1 suelen estar hechos de un metal, de modo que el efecto de espejo también está presente en los microelementos 1 que funcionan como microobturadores. Si es necesario, el efecto espejo puede suprimirse, por ejemplo, estableciendo una rugosidad superficial pronunciada de los microelementos 1 durante la producción. Si el efecto espejo se desea de otro modo, la producción puede ajustarse a superficies especialmente lisas, en cuyo caso éstas pueden sellarse además con una capa protectora dura y transparente, por ejemplo, de TiO_2 , como medida de protección contra el desgaste. Además, pueden aplicarse espejos de estructura multicapa dieléctrica para aumentar la reflectividad o las propiedades espectrales. En principio, también puede ser ventajoso para aplicaciones especiales proporcionar una matriz de obturadores de espejo 100 según la invención, algunos de cuyos microelementos 1 están diseñados como microespejos y otros como microobturadores.

La Fig. 2 muestra un estado de conmutación ejemplar del ejemplo de realización de la Fig. 1. En cada uno de los campos 10a y en una sección de 10b, todos los microelementos 1 están en posición abierta translúcida, mientras que los microelementos 1 de los campos restantes de 10b están todos cerrados. El estado cerrado de los microelementos 1 se genera mediante una tensión eléctrica aplicada de magnitud suficiente entre los microelementos 1 y los segmentos de placa de base, no mostrados aquí, dispuestos debajo. Los microelementos abiertos 1 no están sujetos a atracción electrostática. Las secciones de las láminas de los microelementos abiertos 1 giran unos 90° con respecto a la posición cerrada, de modo que la transmitancia local es máxima.

La Fig. 3 muestra una vista esquemática en despiece de los campos 10a - 10e junto con sus líneas de alimentación eléctrica 32 y la placa de base 2 del primer ejemplo de realización. La placa de base 2 comprende la capa aislante no conductora 22 y la capa de base 21, que está subdividida eléctricamente en los segmentos de placa de base 2a - 2c. Tanto la capa de base 21 como la capa aislante 22 están hechas de un material ópticamente transparente. La aplicación de una tensión eléctrica entre los segmentos de la placa de base 2a - 2c y los campos 10a - 10e crea una fuerza electrostática dirigida al cierre de los microelementos. La vista parcial ampliada de la arquitectura de las líneas de alimentación de los campos 10a - 10e muestra las líneas de alimentación 32, que están aislados eléctricamente entre sí y de los campos no dirigidos.

La Fig. 4 muestra una representación esquemática del primer ejemplo de realización de la matriz de obturadores de espejo 100 según la invención, que tiene la estructura descrita anteriormente con los campos 10a - 10e y con una estructura en capas y segmentación de la placa de base 2. Los medios de accionamiento 3 comprenden también la fuente de tensión controlable 31, que en este ejemplo tiene ocho canales para el contacto individual de los tres segmentos de la placa de base 2a - 2c de la capa de base 21 y los cinco campos 10a - 10e, así como, por ejemplo, un microcontrolador, un excitador y un conmutador. Se muestra un estado de conmutación ilustrativo, en donde la zona en forma de anillo del campo 10b mostrada en negro está cerrada, es decir, se aplica una tensión eléctrica correspondiente entre el campo 10b y el segmento de la placa de base 2a. Esta configuración produce el estado de conmutación mostrado en la Fig. 2 como una sección de la matriz de obturadores de espejo 100.

La Fig. 5 muestra estados de conmutación ilustrativos del primer ejemplo de realización, en donde las figuras geométricas mostradas corresponden en cada caso a las secciones cerradas, es decir, opacas, de los respectivos campos de microelementos. En la imagen parcial inferior, también hay una vista superior vertical de los campos 10a - 10e y los segmentos de la placa de base 2a - 2c dispuestos debajo de ellos (contorno discontinuo), a partir de la

cual puede verse el solapamiento entre los campos 10a - 10e y los segmentos de la placa de base 2a - 2c, que es relevante para la actuación de los microelementos. El accionamiento electrostático está dirigido a cerrar los microelementos; en consecuencia, la posición abierta de los microelementos se asume en su estado eléctricamente desenergizado. Por ejemplo, el estado de conmutación mostrado en la figura parcial (a), en donde todos los microelementos del campo 10e están cerrados y todos los demás campos (no mostrados) están abiertos, se realiza por el hecho de que se aplica una tensión suficiente para cerrar completamente los microelementos entre el campo 10e y los tres segmentos de la placa de base 2a - 2c, mientras que los demás campos están al mismo potencial eléctrico que los segmentos de la placa de base. En el estado de conmutación del archivo de dibujo (b), en donde solo están cerrados los microelementos de dos secciones opuestas del campo 10d, hay una tensión eléctrica entre el campo 10d y los segmentos de placa de base 2a y 2c, mientras que el segmento de placa de base 2b está al mismo potencial eléctrico que el campo 10d, de modo que los microelementos de la zona de solapamiento del campo 10d con el segmento de placa de base 2b están en posición abierta. El estado de conmutación del archivo de dibujo (h) se obtiene aplicando una tensión eléctrica entre los campos 10a y 10b y los segmentos de placa de base 2b. Otros estados de conmutación ilustrativos se muestran en las otras imágenes parciales, por lo que se puede realizar un gran número de otros estados de conmutación con la presente realización de la matriz de obturadores de espejo según la invención.

La Fig. 6 muestra una vista superior de los microelementos 1 de un segundo ejemplo de realización de una matriz de obturadores de espejo según la invención, en donde todos los microelementos 1 están en posición cerrada. La geometría y la disposición de los microelementos 1 son similares a las del primer ejemplo de realización, pero a diferencia de este, las bandas 14 están aplicadas entre algunos de los microelementos 1 sobre la placa de base situada debajo de los microelementos 1. En la ilustración de la Fig. 6, las bandas 14 se muestran como líneas de contorno de los microelementos 1 en cuestión con una anchura de línea mayor. Las bandas 14 pueden tener, por ejemplo, la forma de una sección de fijación 11 ensanchada y/o de un borde alrededor de las secciones de cuchilla 12 (en posición cerrada). Las bandas 14 son opacas, por ejemplo. En las posiciones abiertas de los microelementos 1, la presencia de dichas bandas 14 reduce la transmitancia global de la matriz de obturadores de espejo, pero las bandas 14 representan otro grado de libertad para reducir el grado de orden de la rejilla formada por todos los microelementos 1 según la invención y pueden contribuir a una mayor homogeneización de la impresión de luz transmitida. Además del número y la orientación de las bandas 14, su anchura también puede variarse con mayor ventaja.

La Fig. 7 muestra una vista superior de una parte de los microelementos 1 de un tercer ejemplo de realización de una matriz de obturadores de espejo según la invención, en donde todos los microelementos 1 están en una posición abierta en donde las secciones de lámina de los micromicroelementos 1 sobresalen verticalmente del plano del dibujo. Los campos en forma de anillo, similares a los del primer ejemplo de realización, aparecen nueve veces en la sección de la imagen y están formados de manera diferente unos de otros y dispuestos a distancias irregulares entre sí, y los espacios intermedios también se rellenan con microelementos 1 de contorno poligonal. Todos los microelementos 1 forman una rejilla no estructurada.

La Fig. 8 muestra un estado de conmutación ilustrativo de un cuarto ejemplo de realización de una matriz de obturadores de espejo según la invención. En cada uno de los campos 10a y 10c, todos los microelementos 1 están en una posición abierta translúcida, mientras que los microelementos 1 de los campos restantes 10b, 10d y 10e están todos cerrados. El estado cerrado de los microelementos 1 se genera mediante una tensión eléctrica aplicada de magnitud suficiente entre los microelementos 1 y los segmentos de la placa de base, no mostrados aquí, dispuestos debajo. Los microelementos abiertos 1 no están sujetos a atracción electrostática. Las secciones de las láminas 12 de los microelementos abiertos 1 están giradas unos 90° en comparación con la posición cerrada, de modo que la transmitancia local es máxima.

La Fig. 9 muestra una vista superior de una parte de los microelementos 1 en la posición cerrada de un quinto ejemplo de realización de una matriz de obturadores de espejo según la invención. Cada uno de los microelementos 1 presenta un contorno formado por líneas curvas en secciones. Solo las secciones de montaje 11 son rectas, mientras que las secciones de lámina 12 tienen un contorno curvo. La utilización de contornos curvos y/o su combinación con secciones rectilíneas es otra forma ventajosa de reducir la regularidad de la rejilla formada por todos los microelementos 1. Las secciones de fijación 11 están aquí deliberadamente orientadas de forma diferente y los microelementos 1 son diferentes entre sí y asimétricos.

La Fig. 10 muestra una vista parcial en sección transversal de la matriz de obturadores de espejo según la invención. La ilustración incluye la placa de base 2 y un único microelemento 1, que se mantienen entre dos discos de cubierta transparentes 4. El microelemento 1 forma un electrodo y está hecho de un material eléctricamente conductor para este fin. En una estructura de capas, la placa de base 2 comprende la capa de base 21 translúcida y eléctricamente conductora y la capa aislante 22 translúcida y eléctricamente aislante dispuesta sobre ella. El microelemento 1 está dispuesto con su sección de fijación 11 sobre la capa aislante 22 y el movimiento pivotante de la sección de cuchilla 12, que se caracteriza por dos superficies esencialmente plano-paralelas, tiene lugar a través de una curvatura de su sección de bisagra 13. En el estado representado en la Fig. 10, la fuente de tensión 31 aplica una tensión eléctrica entre el microelemento 1 y la capa de base 21 a través de los cables de alimentación 32, de modo que una atracción electrostática entre la capa de base 21 y el microelemento 1 hace que este último se cierre

en la posición horizontal, es decir, cerrada, de la sección de lámina 12 representada. Se muestran dos posiciones abiertas del microelemento 1 con líneas discontinuas, a saber, la posición abierta máxima, que está orientada esencialmente de forma ortogonal a la placa de base 2 y corresponde a la transmisión máxima, y una posición intermedia semiabierta, en donde existe un ángulo de aproximadamente 45° entre la sección de lámina 12 y la placa de base 2. La posición abierta máxima se supone cuando el microelemento 1 y la capa de base 21 están al mismo potencial eléctrico, y en la posición intermedia parcialmente abierta se aplica una tensión eléctrica inferior en comparación con la posición cerrada. Por consiguiente, variando adecuadamente la tensión eléctrica aplicada, se puede establecer un gran número de posiciones intermedias parcialmente abiertas con diferentes ángulos de la sección de la cuchilla 12 con respecto a la placa de base 2.

La Fig. 11 muestra en detalle una sección transversal alrededor de la sección de bisagra 13 del microelemento 1. En ella se muestra la estructura en capas del microelemento 1, que tiene una capa arriostrada a compresión 1a dispuesta en la parte inferior y una capa arriostrada a tracción 1b. El efecto de estas tensiones internas es la curvatura del microelemento 1 a lo largo de su sección de bisagra 13 alrededor del ángulo de enrollamiento w , como se muestra. A lo largo de la sección de fijación 11, esta curvatura se evita mediante la conexión positiva a la placa de base 2 y, a lo largo de la sección de lámina 12, la capa de compensación arriostrada por compresión 1c garantiza que la tensión residual global, es decir, efectivamente efectiva, desaparece en la sección de lámina 12 y, por lo tanto, no se produce ninguna curvatura allí. De acuerdo con la invención, el tamaño del ángulo de enrollamiento w puede verse influido por la anchura de la sección de bisagra 13. Una variación en la anchura de las secciones de bisagra 13 bajo los microelementos 1 que constituyen la matriz de obturadores de espejo conduce en consecuencia a una variación en el ángulo de enrollamiento w en cada posición abierta de los microelementos 1, con lo que puede evitarse la formación de imágenes fantasma perturbadoras en la impresión de luz reflejada.

La invención no se limita en su aplicación al ejemplo de realización preferido que se ha dado con anterioridad. Más bien, son concebibles una serie de variantes que también hacen uso de la solución mostrada en formas de realización fundamentalmente diferentes.

REIVINDICACIONES

1. Matriz de obturadores de espejo (100) que comprende una pluralidad de microelementos (1) que están diseñados como microespejos y/o como microobturadores, en donde cada microelemento (1) presenta un cuerpo de superficie opaca que está dispuesto en forma de bisagra en una placa de base translúcida (2) de la matriz de obturadores de espejo (100) mediante una sección de fijación del lado del borde (11) de tal manera que cada microelemento (1) puede girar entre una posición cerrada opaca y al menos una posición abierta translúcida, en donde cada uno de los microelementos (1) presenta una estructura en capas que comprende al menos una capa con un sesgo de compresión (1a) y una capa con un sesgo de tracción (1b), en donde una capa de compensación con un sesgo de compresión (1c) está dispuesta a lo largo de una sección de lámina (12) de cada microelemento (1) sobre la capa con un sesgo de tracción (1b), de tal manera que cada microelemento (1) está dividido en las siguientes secciones:
- la sección de lámina (12), que está globalmente libre de tensiones y presenta dos superficies esencialmente plano-paralelas,
 - la sección de fijación del lado del borde (11), que está dispuesta rígidamente sobre la placa de base (2) de la matriz de obturadores de espejo (100), y
 - una sección de bisagra intermedia (13), que presenta una curvatura inducida por tensión residual, mediante la cual se forma una posición abierta del microelemento (1),
- caracterizada porque la totalidad de los microelementos (1) forma una rejilla irregular o no estructurada en la respectiva posición cerrada, y en donde la anchura de las secciones de bisagra (13) de diferentes microelementos (1) varía de modo que un ángulo de enrollamiento (w) de las secciones de bisagra (13) varía en la al menos una posición abierta de los microelementos (1).
2. Matriz de obturadores de espejo (100) de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizada porque la totalidad de los microelementos (1) forma una rejilla asimétrica en la respectiva posición cerrada.
3. Matriz de obturadores de espejo (100) de acuerdo con la reivindicación 1 o 2, caracterizada porque los microelementos (1) presentan cada uno un contorno poligonal irregular en la posición cerrada.
4. Matriz de obturadores de espejo (100) de acuerdo con la reivindicación 3, caracterizada porque el número de lados de los contornos poligonales de los microelementos (1) está comprendido entre 3 y 8.
5. Matriz de obturadores de espejo (100) de acuerdo con la reivindicación 1 o 2, caracterizada porque los microelementos (1) en posición cerrada presentan cada uno un contorno de líneas al menos parcialmente curvas.
6. Matriz de obturadores de espejo (100) de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, caracterizada porque la matriz de obturadores de espejo (100) presenta medios de accionamiento (3) para bascular los microelementos (1) entre la al menos una posición abierta y la posición cerrada, en donde los microelementos (1) individuales y/o grupos de microelementos (1) pueden ser accionados a través de los medios de accionamiento (3).
7. Matriz de obturadores de espejo (100) de acuerdo con la reivindicación 6, caracterizada porque la totalidad de los microelementos (1) conforman una forma circular o elíptica o poligonal o una forma libre, en donde grupos de microelementos (1) en forma de sección anular pueden ser accionados a través de los medios de accionamiento (3).
8. Matriz de obturadores de espejo (100) de acuerdo con la reivindicación 6 o 7, caracterizada porque los medios de accionamiento (3) constituyen un principio de funcionamiento electrostático, para lo cual la placa de base (2) de la matriz de obturadores de espejo (100) tiene un material conductor de la electricidad y los microelementos (1) presentan o forman electrodos, en donde los medios de accionamiento (3) comprenden una fuente de tensión controlable (31) para aplicar señales de tensión eléctrica entre la placa de base (2) y los electrodos.
9. Matriz de obturadores de espejo (100) de acuerdo con la reivindicación 8, caracterizada porque la placa de base (2) presenta una pluralidad de segmentos de placa de base (2a, 2b, 2c) que están aislados eléctricamente entre sí, y los electrodos están conectados eléctricamente entre sí para formar una pluralidad de campos (10a, 10b, 10c, 10d, 10e) que están aislados eléctricamente entre sí, en donde los segmentos de placa de

base (2a, 2b, 2c) y los campos (10a, 10b, 10c, 10d, 10e) están conectados eléctricamente cada uno de ellos individualmente a la fuente de tensión (31).

- 5 10. Matriz de obturadores de espejo (100) de acuerdo con la reivindicación 3 o 4, caracterizada porque la sección de bisagra (11b) presenta un radio de curvatura que es de una centésima a un tercio de la longitud del lado más largo del contorno del respectivo microelemento (1).
- 10 11. Matriz de obturadores de espejo (100) de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, caracterizada porque la sección de lámina (12) está alineada sustancialmente ortogonal a la placa de base (2) en una posición de máxima apertura del respectivo microelemento (1).
- 15 12. Matriz de obturadores de espejo (100) de acuerdo con la reivindicación 8 o 9, caracterizada porque la estructura de capas de cada microelemento (1) presenta al menos una capa eléctricamente conductora, mediante la cual se forma el electrodo en cada caso.
- 20 13. Matriz de obturadores de espejo (100) de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, caracterizada porque la placa de base (2) presenta una estructura en capas que comprende una capa de base (21) conductora de la luz y una capa aislante (22) conductora de la luz y aislante de la electricidad, en donde la sección de fijación (12) de cada microelemento (1) está dispuesta sobre la capa aislante (22).
- 25 14. Matriz de obturadores de espejo (100) de acuerdo con la reivindicación 3 o 4, caracterizada porque los lados de los contornos de los microelementos (1) presentan una longitud de 1 micrómetro a 2 milímetros.

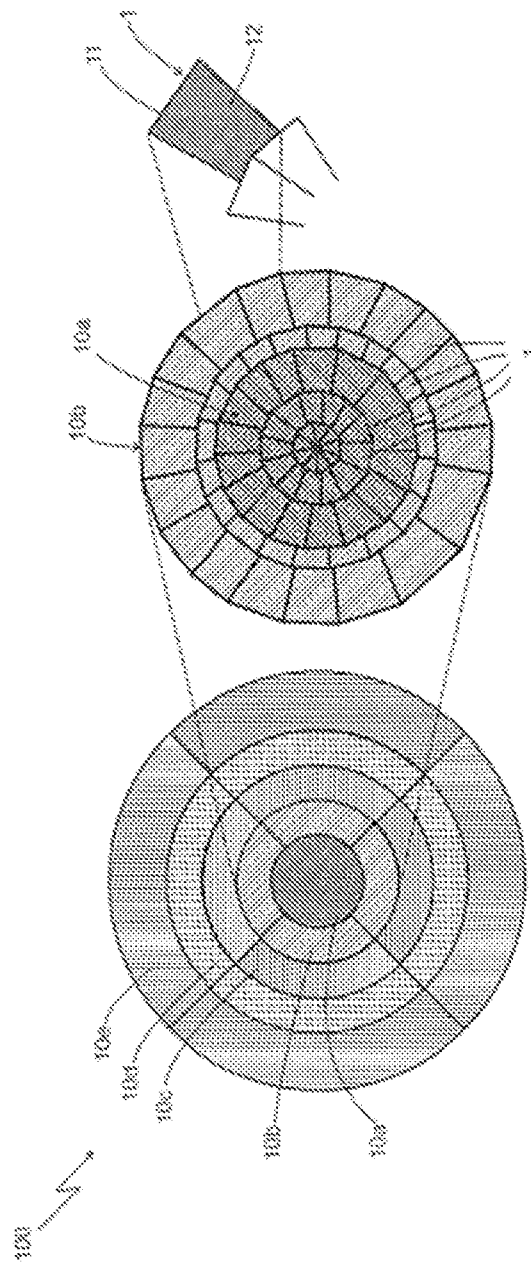


Fig. 1

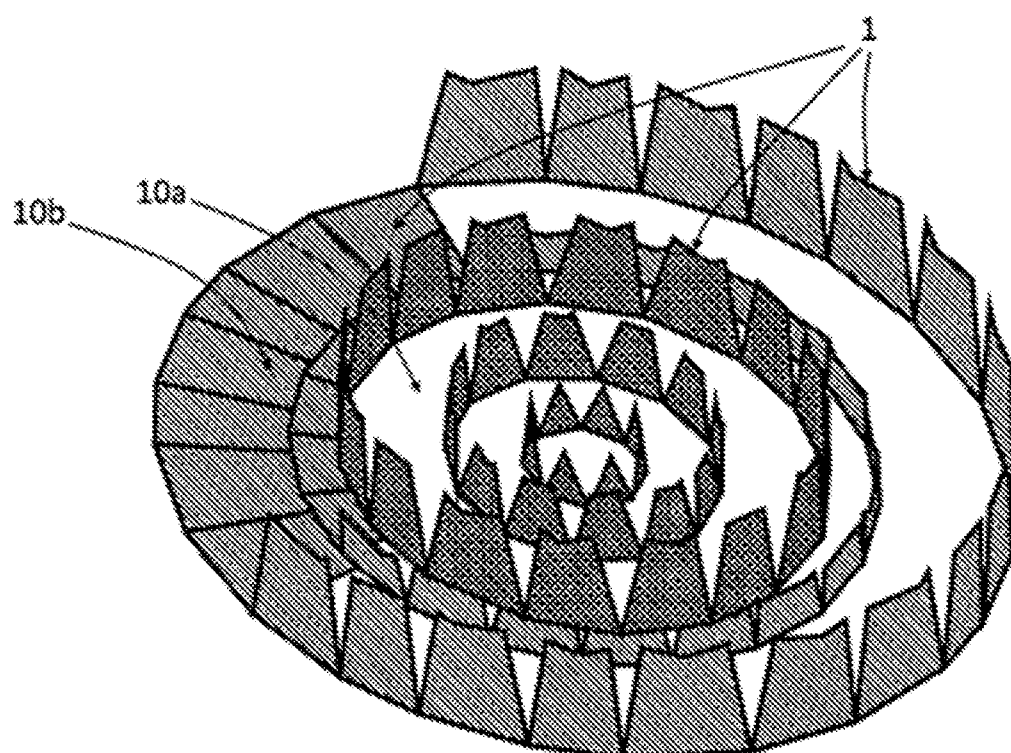


Fig. 2

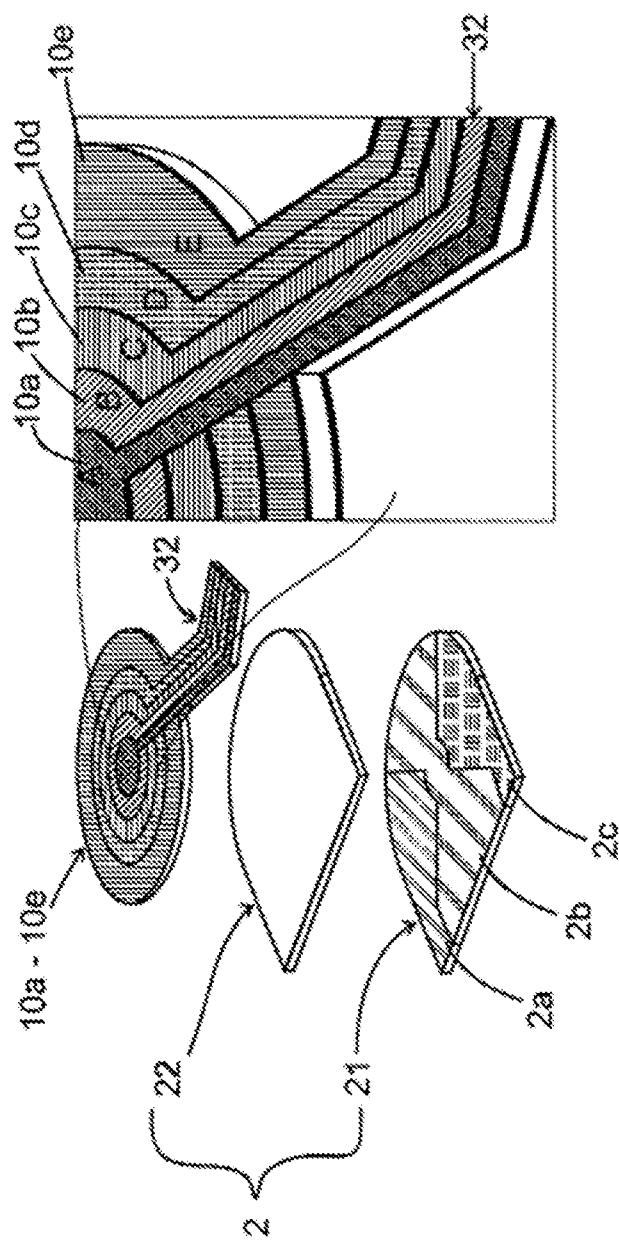


Fig. 3

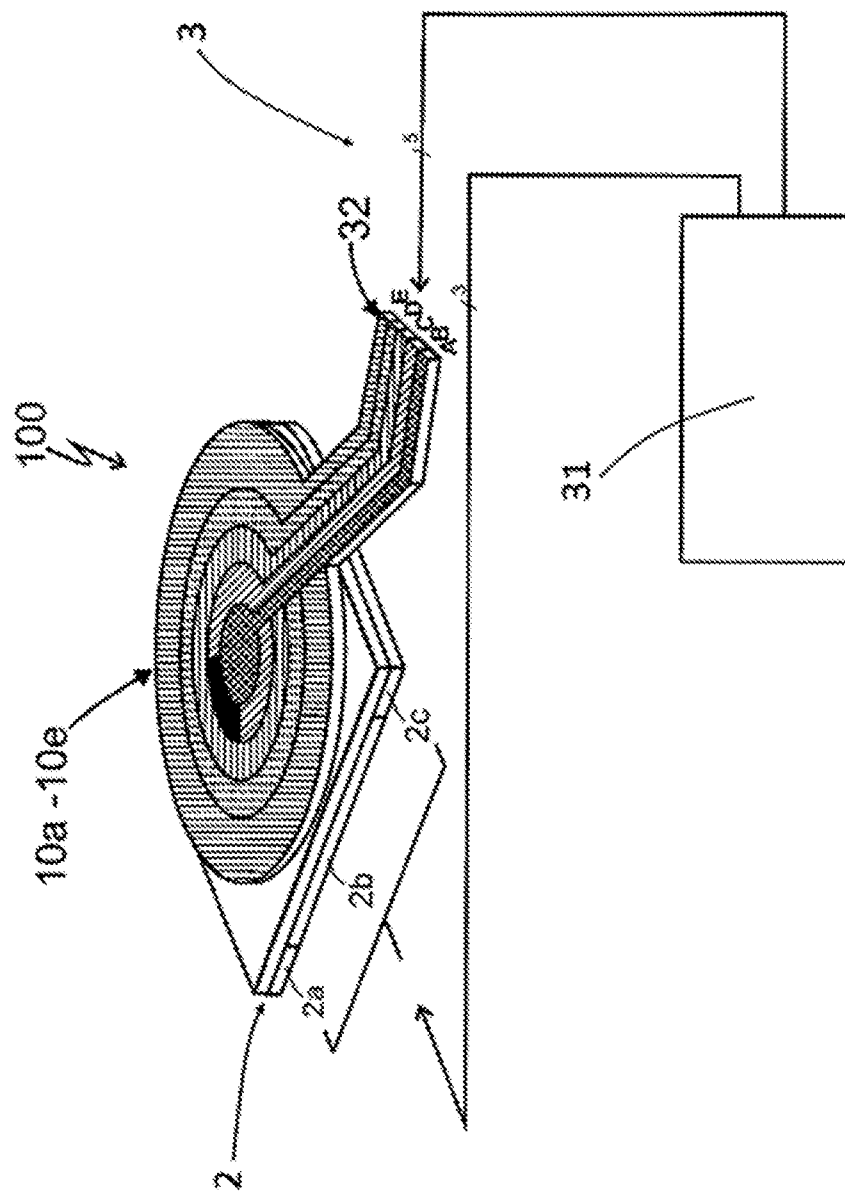


Fig. 4

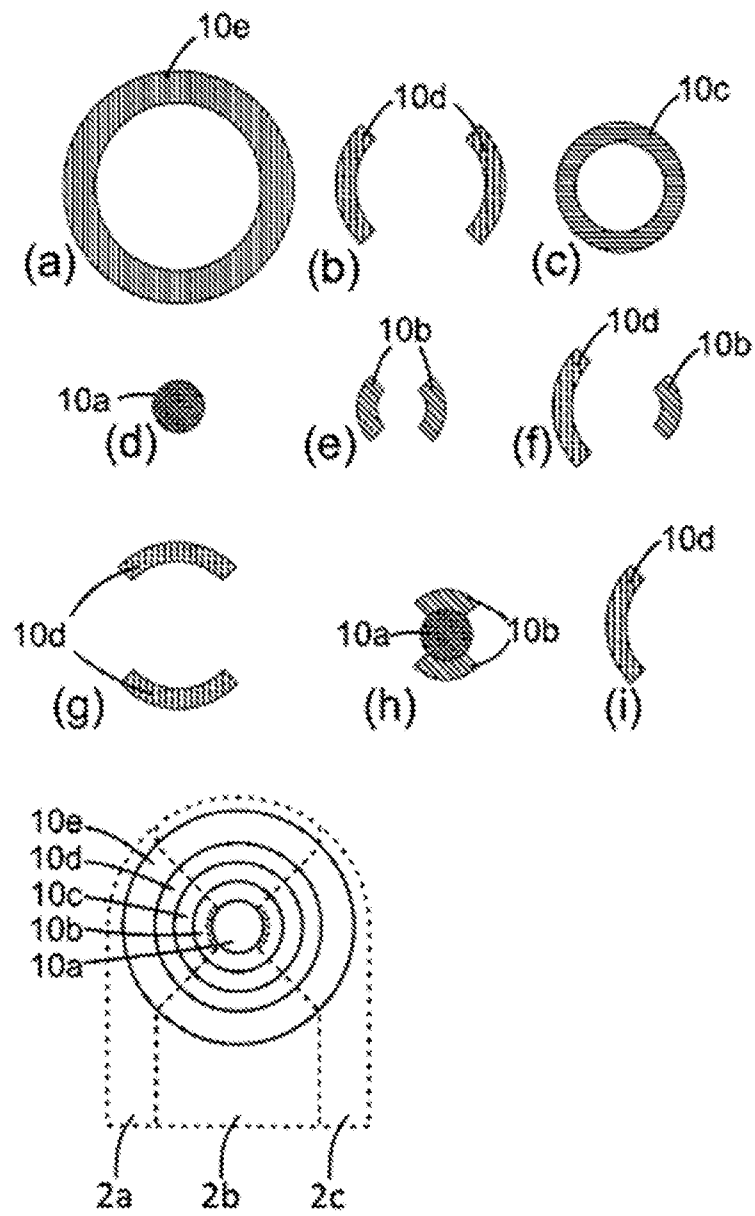


Fig. 5

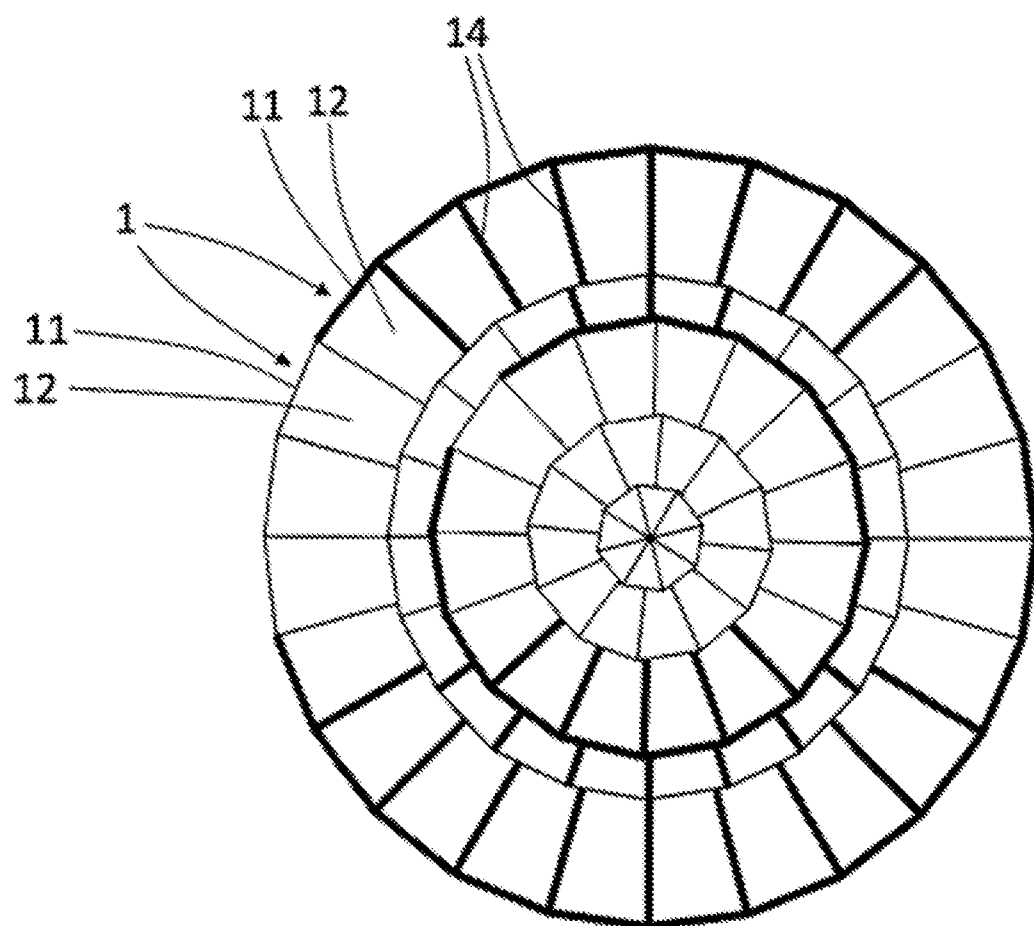


Fig. 6

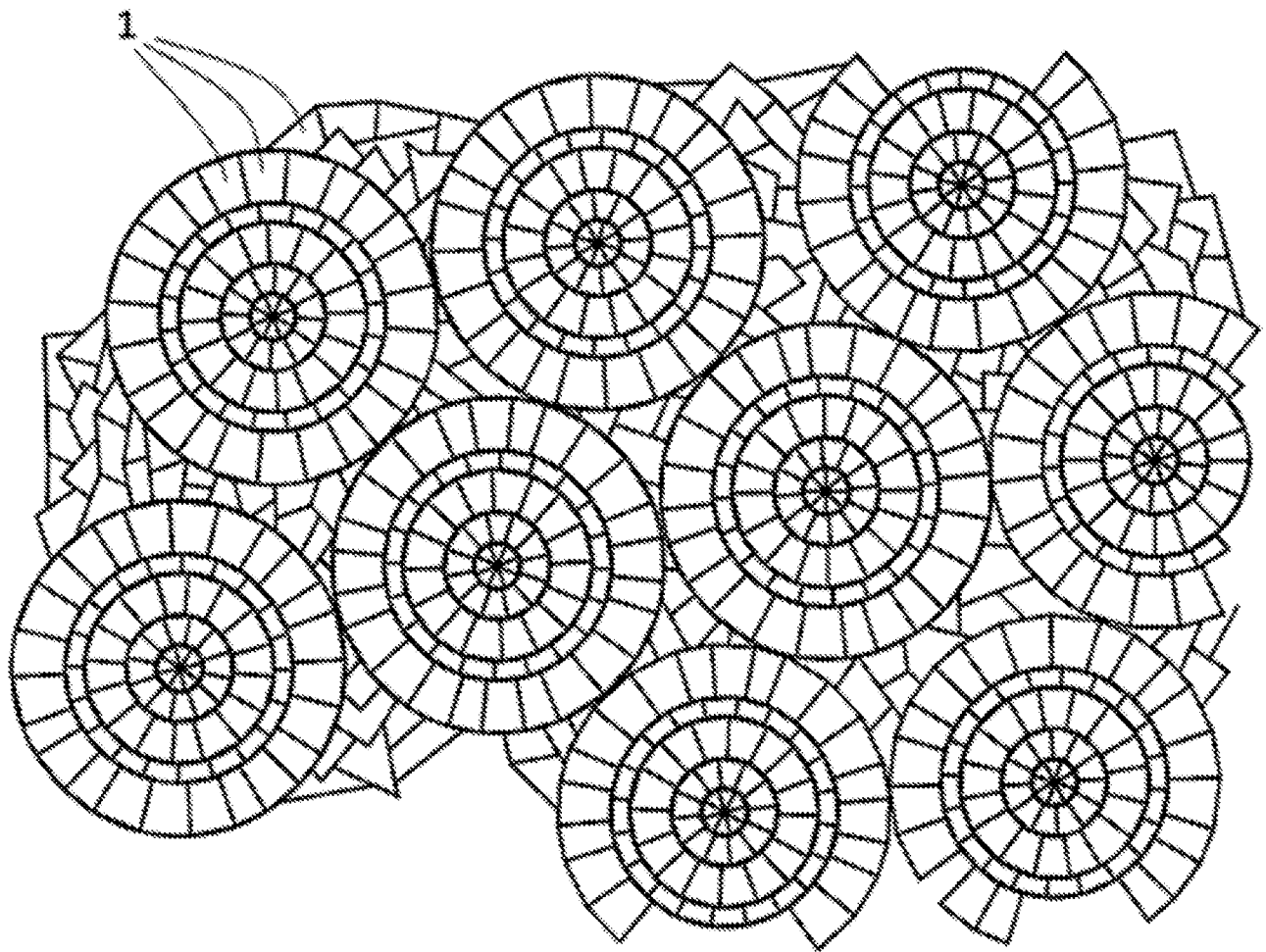


Fig. 7

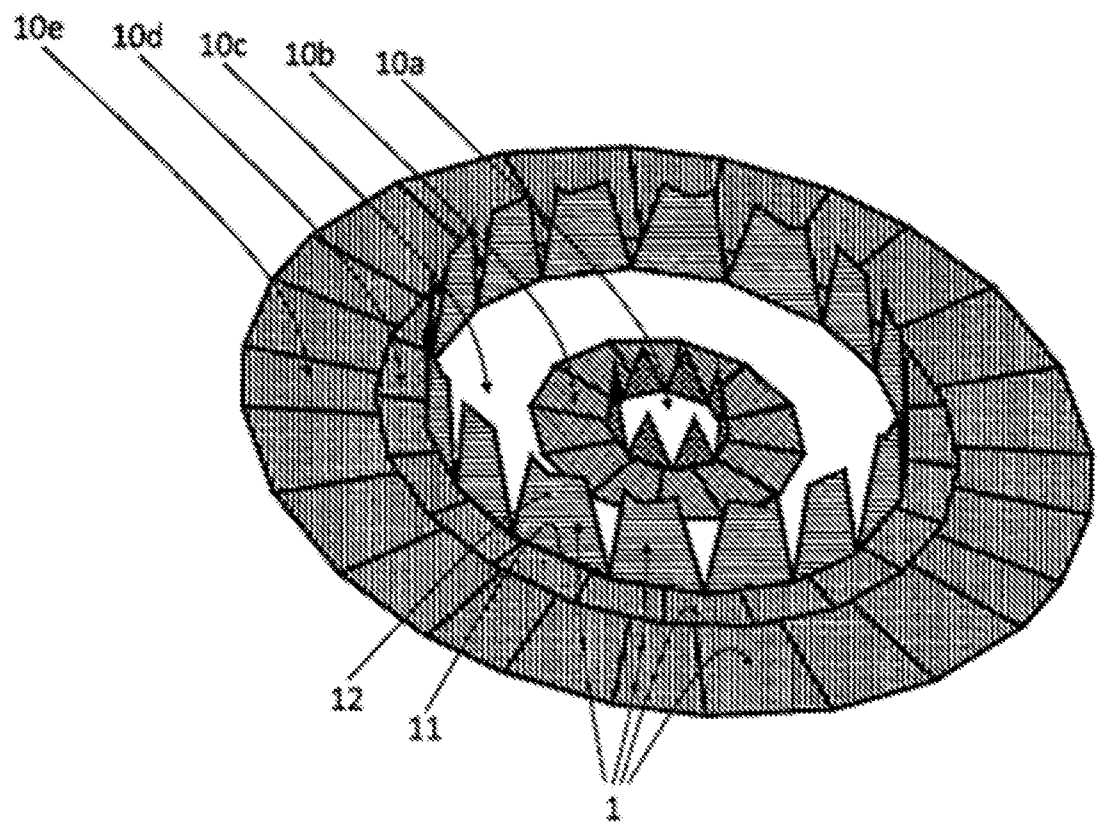


Fig. 8

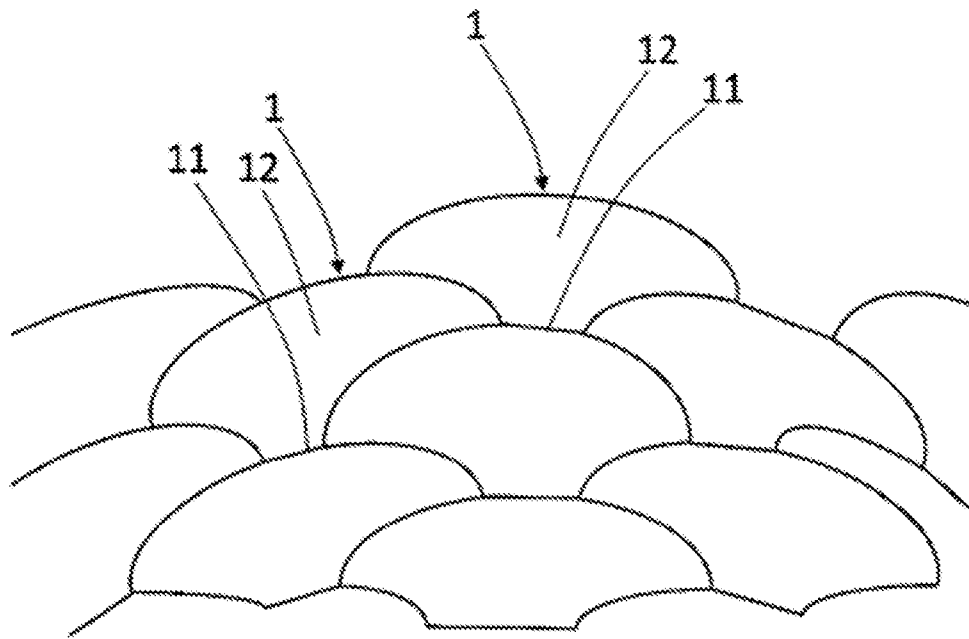


Fig. 9

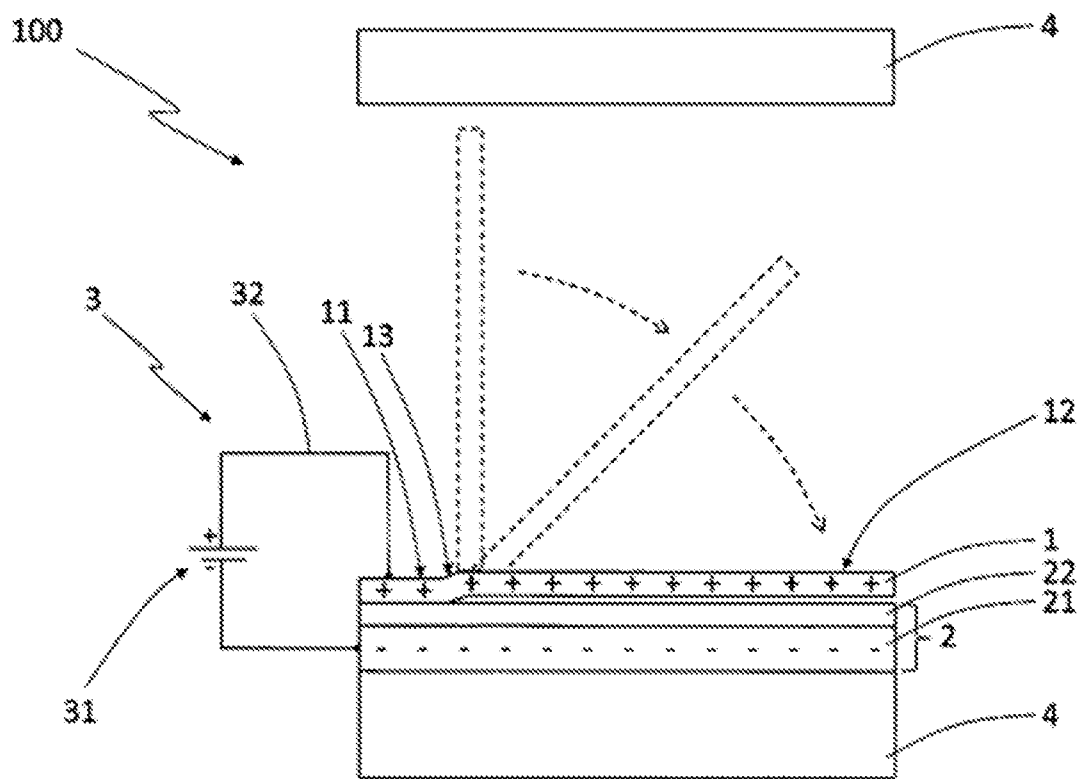


Fig. 10

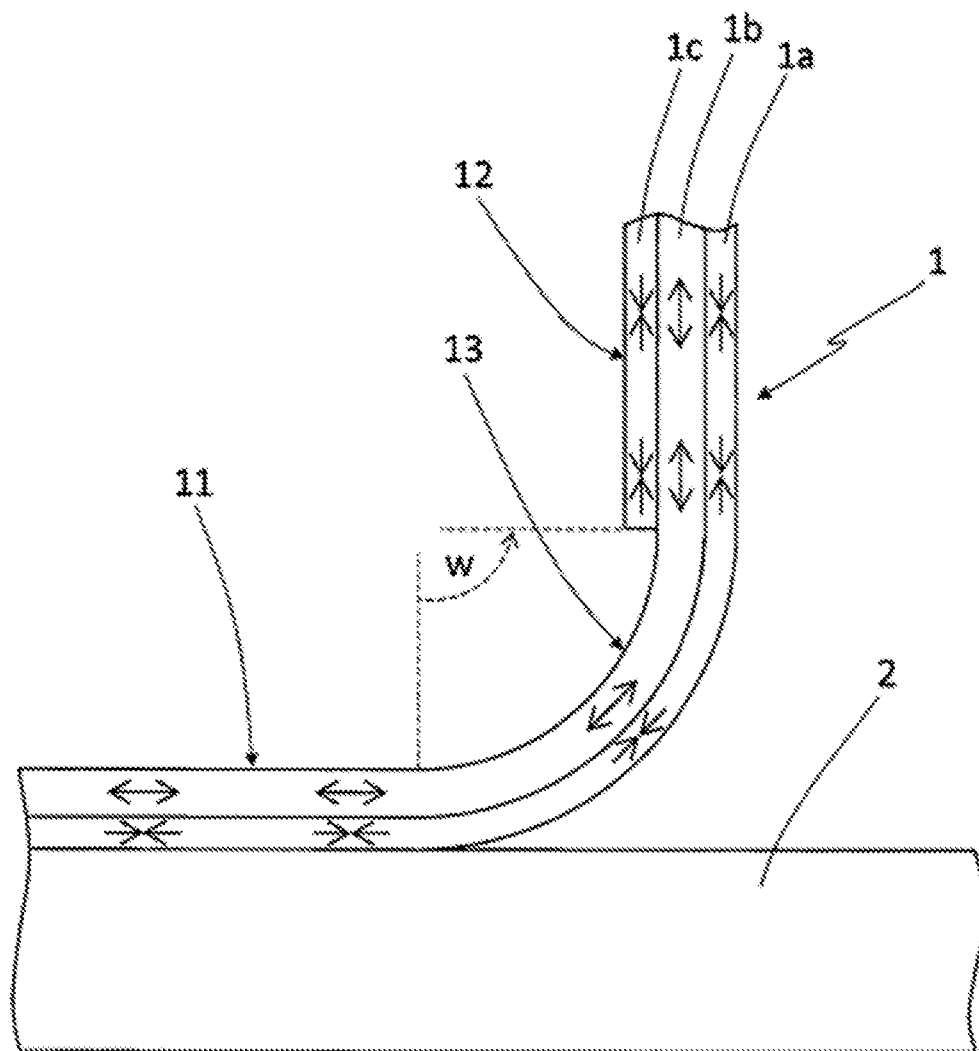


Fig. 11