



19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 356 227**

51 Int. Cl.:
B42D 15/10 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **03714917 .6**

96 Fecha de presentación : **03.04.2003**

97 Número de publicación de la solicitud: **1492679**

97 Fecha de publicación de la solicitud: **05.01.2005**

54 Título: **Elemento de seguridad con micro y macroestructuras.**

30 Prioridad: **05.04.2002 DE 102 16 562**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
06.04.2011

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
06.04.2011

73 Titular/es: **OVD KINEGRAM AG.**
Zählerweg 12
6301 Zug, CH

72 Inventor/es: **Staub, René;**
Schilling, Andreas y
Tompkin, Wayne, Robert

74 Agente: **García-Cabrerizo y del Santo, Pedro María**

ES 2 356 227 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

Elemento de seguridad con micro y macroestructuras.

CAMPO DE LA INVENCION

La presente invención se refiere a un elemento de seguridad según el preámbulo de la reivindicación 1.

5 Los elementos de seguridad de este tipo están compuestos por un material compuesto estratificado delgado de plástico, estando incluidas en el material compuesto estratificado al menos estructuras en relieve del grupo de estructuras de difracción, estructuras que dispersan luz y superficies reflectoras planas. Los elementos de seguridad cortados a partir del material compuesto estratificado delgado se pegan en objetos para certificar la autenticidad de los objetos.

10 La construcción del material compuesto estratificado delgado y los materiales empleados para ello se describen por ejemplo en el documento US 4.856.857. A partir del documento GB 2 129 739 A se conoce además aplicar el material compuesto estratificado con ayuda de una lámina de soporte sobre el objeto.

15 A partir del documento EP 0 429 782 B1 se conoce una disposición de la técnica mencionada anteriormente. El elemento de seguridad pegado en un documento presenta un patrón de superficie ópticamente variable, conocido a partir del documento EP 0 105 099 A1 de partes de superficie dispuestas en forma de mosaico con estructuras de difracción conocidas. Para que un documento falsificado no pueda dotarse de un elemento de seguridad falso cortado de un documento auténtico o despegado de un documento auténtico para simular una autenticidad aparente sin marcas claras, se imprimen perfiles de seguridad en el elemento de seguridad y en partes adyacentes del documento. El documento auténtico se distingue mediante los perfiles de seguridad que se extienden sin ruptura por el elemento de seguridad en partes adyacentes del documento. La impresión de los perfiles de seguridad altera la identificación del patrón de superficie ópticamente variable. Especialmente varía la posición del cuño sobre el elemento de seguridad entre ejemplares del documento.

25 También se conoce dotar a los elementos de seguridad con características que dificultan o hacen completamente imposible una falsificación o una reproducción con medios holográficos habituales. Por ejemplo, los documentos EP 0 360 969 A1 y WO 99/38038 describen disposiciones de rejillas ópticas asimétricas. Los elementos de superficie presentan rejillas que, utilizadas bajo distintos ángulos acimutales, forman un patrón modulado en la luminosidad en el patrón de superficie del elemento de seguridad. En una copia holográfica no se refleja el patrón modulado en la luminosidad. Si las estructuras de las rejillas, tales como se describen en el documento WO 98/26373, son inferiores a la longitud de onda de la luz utilizada para la reproducción, ya no se detectan tales estructuras submicroscópicas y por consiguiente en la copia no se reflejan del mismo modo.

30 El documento WO 01/80175 A1 describe un patrón de superficie difractor que está configurado como un mosaico visible compuesto por partes de superficie en un laminado de plástico. Al menos en una parte de superficie está moldeada una "microestructura de orden cero" con un perfil de rejilla modulado, cuya frecuencia espacial f multiplicada por una longitud de onda límite predeterminada del espectro visible da como resultado un producto mayor o igual a uno.

35 El dispositivo protector frente a la reproducción holográfica descrito en los documentos EP 0 360 969 A1, WO 98/26373 y WO 99/38038 mencionados a modo de ejemplo se adquiere con dificultades técnicas de producción.

40 La invención se basa en el objetivo de conseguir un elemento de seguridad nuevo, económico que debe presentar una alta resistencia frente a intentos de falsificación, por ejemplo por medio de un procedimiento de reproducción holográfico.

45 Este objetivo se soluciona mediante un elemento de seguridad de un material compuesto estratificado con estructuras ópticamente activas microscópicamente finas de un patrón de superficie, incluidas entre capas del material compuesto estratificado, estando moldeadas las estructuras ópticamente activas en partes de superficie de una característica de seguridad en un plano definido por ejes de coordenadas del patrón de superficie en una superficie límite reflectora entre las capas y al menos una parte de superficie con dimensiones superiores a 0,4 mm presenta una estructura de difracción formada mediante una superposición aditiva o sustractiva de una función de superposición que describe una estructura macroscópica con un perfil en relieve microscópico, siendo la función de superposición, el perfil en relieve y la estructura de difracción una función de las coordenadas y describiendo el perfil en relieve una estructura ópticamente activa que dispersa luz o que difracta luz, que conserva el perfil en relieve predeterminado siguiendo la función de superposición, y la función de superposición al menos parcialmente continua está curvada al menos en zonas parciales, no es ninguna función rectangular ni triangular periódica y se modifica lentamente en comparación con el perfil en relieve.

A partir de las reivindicaciones resultan configuraciones ventajosas de la invención.

55 En el dibujo se representan ejemplos de realización de la invención y se describen a continuación en más detalle.

Muestran

- la figura 1 un elemento de seguridad en sección transversal,
- la figura 2 el elemento de seguridad en vista en planta,
- la figura 3 la reflexión y difracción en una rejilla,

la figura 4	la iluminación y observación del elemento de seguridad,
la figura 5	la reflexión y difracción en una estructura de difracción,
las figuras 6	la característica de seguridad en distintos ángulos de inclinación,
la figura 7	una función de superposición y la estructura de difracción en sección transversal,
5 las figuras 8	la orientación del elemento de seguridad por medio de marcas de identificación
la figura 9	un ángulo de inclinación local de la función de superposición,
las figuras 10	la orientación del elemento de seguridad por medio de contraste de color en la característica de seguridad,
la figura 11	la estructura de difracción con función de superposición simétrica,
10 las figuras 12	la característica de seguridad con alteración de color y
la figura 13	una función de superposición asimétrica.

En la figura 1, 1 significa un material compuesto estratificado, 2 un elemento de seguridad, 3 un sustrato, 4 una capa superficial, 5 una capa moldeada, 6 una capa protectora, 7 una capa adhesiva, 8 una superficie límite reflectora, 9 una estructura ópticamente activa y 10 un punto transparente en la superficie límite reflectora 8. El material compuesto estratificado 1 está compuesto por varios estratos de distintas capas de plástico aplicadas una sobre otra, sobre una lámina de soporte no mostrada en este caso y comprende normalmente en el orden indicado la capa superficial 4, la capa moldeada 5, la capa protectora 6 y la capa adhesiva 7. La capa superficial 4 y la capa moldeada 5 son transparentes a la luz incidente 11. En el caso de que también sean transparentes la capa protectora 6 y la capa adhesiva 7, podrán identificarse señales colocadas sobre la superficie del sustrato 3 mediante los puntos transparentes 10. Como lámina de soporte sirve en una realización la propia capa superficial 4, en otra realización, una lámina de soporte sirve para aplicar el material compuesto estratificado 1 delgado sobre el sustrato 3 y entonces se retira del material compuesto estratificado 1 tal como se describe por ejemplo en el documento GB 2 129 739 A mencionado anteriormente.

La superficie de contacto común entre la capa moldeada 5 y la capa protectora 6 es la superficie límite 8. En la capa moldeada 5 están moldeadas las estructuras 9 ópticamente activas con una altura de estructura H_{ST} de un patrón ópticamente variable. Dado que la capa protectora 6 rellena los valles de las estructuras 9 ópticamente activas, la superficie límite 8 presenta la forma de las estructuras 9 ópticamente activas. Para obtener una actividad alta de las estructuras 9 ópticamente activas se dota a la superficie límite 8 de un recubrimiento metálico, preferiblemente de los elementos de la tabla 5 del documento US 4.856.857 mencionado anteriormente, especialmente aluminio, plata, oro, cobre, cromo, tantalito etcétera, que como capa de reflexión separa la capa moldeada 5 y la capa protectora 6. La conductividad eléctrica del recubrimiento metálico provoca una capacidad de reflexión alta de la luz incidente visible 11 en la superficie límite 8. Sin embargo, además del recubrimiento metálico también son adecuadas una o más capas de uno de los compuestos dieléctricos inorgánicos, transparentes, conocidos que se mencionan por ejemplo en las tablas 1 y 4 del documento US 4.856.857 mencionado anteriormente o la capa de reflexión presenta una capa de interferencia de múltiples capas, tal como por ejemplo una combinación de metal-compuesto dieléctrico de dos capas o una combinación de metal-compuesto dieléctrico-metal. La capa de reflexión está estructurada en una realización, es decir cubre la superficie límite 8 sólo parcialmente y en zonas predeterminadas de la superficie límite 8.

El material compuesto estratificado 1 se produce como laminado de plástico en forma de lámina larga con una pluralidad de copias dispuestas una al lado de otra del patrón ópticamente variable. Los elementos de seguridad 2 se cortan por ejemplo de la lámina y por medio de la capa adhesiva 7 se unen con un sustrato 3. El sustrato 3, en la mayoría de los casos en forma de un documento, de un billete bancario, de una tarjeta bancaria, de una tarjeta de identificación o de otro objeto importante o valioso, se dota del elemento de seguridad 2 para certificar la autenticidad del objeto.

La figura 2 muestra una sección del sustrato 3 con el elemento de seguridad 2. Por medio de la capa superficial 4 (figura 1) y la capa moldeada 5 (figura 1) puede verse un patrón de superficie 12. El patrón de superficie 12 se encuentra en un plano definido por los ejes de coordenadas x, y, y contiene una característica de seguridad 16 de al menos una parte de superficie 13, 14, 15 que puede identificarse bien a simple vista en el contorno, es decir las dimensiones de la parte de superficie son al menos en una dirección superior a 0,4 mm. La característica de seguridad 16 está doblemente enmarcada por motivos de representación en el dibujo de la figura 2. En otra realización, la característica de seguridad 16 está rodeada de un mosaico de elementos de superficie 17 a 19 del mosaico descrito en el documento EP 0 105 099 A1 mencionado anteriormente. En las partes de superficie 13 a 15 y dado el caso en los elementos de superficie 17 a 19 están moldeadas las estructuras 9 ópticamente activas (figura 1), tales como rejillas difractoras microscópicamente finas, estructuras en relieve que dispersan luz, microscópicamente finas o superficies reflectoras planas en la superficie límite 8 (figura 1).

Mediante la figura 3 se describe cómo la luz 11 que incide sobre la superficie límite 8 (figura 1) se refleja y se difracta de manera predeterminada mediante la estructura 9 ópticamente activa. La luz 11 incidente penetra en el plano de difracción 20, que se encuentra perpendicular a la superficie del material compuesto estratificado 1 con el elemento de seguridad 2 (figura 1) y contiene una normal de superficie 21, sobre la estructura 9 ópticamente activa en el material compuesto estratificado 1. La luz 11 incidente es un haz paralelo de rayos de luz e incluye el ángulo de incidencia α con la normal de superficie 21. Si la estructura 9 ópticamente activa es una superficie reflectora plana paralela a la superficie del material compuesto estratificado 1, la normal de superficie 21 y la dirección de la luz 22 reflejada forman el brazo del ángulo de reflexión β , donde $\beta = -\alpha$. En el caso de que la estructura 9

ópticamente activa sea una de las rejillas conocidas, la rejilla desvía la luz 11 incidente en distintos órdenes de difracción 23 a 25 determinados mediante la frecuencia espacial f de la rejilla, suponiéndose que el vector de rejilla que describe la rejilla se encuentre en el plano de difracción 20. Las longitudes de onda λ contenidas en la luz 11 incidente se desvían bajo los ángulos predeterminados en los distintos órdenes de difracción 23 a 25. Por ejemplo, la rejilla desvía la luz violeta ($\lambda = 380$ nm) simultáneamente como el rayo 26 en el orden de difracción 23 más 1, como el rayo 27 en el orden de difracción 24 menos 1 y como el rayo 28 en el orden de difracción 25 menos 2. Las partes de luz con longitudes de onda λ más largas de la luz 11 incidente emergen en direcciones con ángulos de difracción superiores hacia la normal de superficie 21, por ejemplo la luz roja, ($\lambda = 700$ nm) en las direcciones designadas con las flechas 29, 30, 31. La luz 11 incidente policromática se expande debido a la difracción en la rejilla en los rayos de luz de las distintas longitudes de onda λ de la luz 11 incidente, es decir la parte visible del espectro se extiende en la zona entre el rayo de luz violeta (flecha 26 ó 27 ó 28) y el rayo de luz rojo (flecha 29 ó 30 ó 31) en cada orden de difracción 23 ó 24 ó 25. La luz difractada en el orden de difracción cero es la luz 22 reflejada bajo el ángulo de incidencia β .

La figura 4 muestra una rejilla de difracción 32 moldeada en los elementos de superficie 17 (figura 2) a 19 (figura 2), cuyo perfil en relieve $R(x, y)$ microscópicamente fino presenta por ejemplo una sección transversal del perfil periódica, sinusoidal con altura de perfil h constante y con la frecuencia espacial f . El relieve determinado de la rejilla de difracción 32 establece una superficie media 33 dispuesta de manera paralela a la capa superficial 4. La luz 11 incidente de manera paralela atraviesa la capa superficial 4 y la capa moldeada 5 y se desvía a la estructura 9 ópticamente activa (figura 1) de la rejilla de difracción 32. Los rayos de luz 34 difractados paralelos de la longitud de onda λ abandonan el elemento de seguridad 2 en la dirección de la mirada de un observador 35, que en el caso de la iluminación del patrón de superficie 12 (figura 2) con la luz 11 incidente de manera paralela divide los elementos de superficie 17, 18, 19 coloreados que brillan de manera clara.

En la figura 5, el plano de difracción 20 se encuentra en el plano del dibujo. En al menos una de las partes de superficie 13 (figura 2) a 15 (figura 2) de la característica de seguridad 16 (figura 2) está moldeada una estructura de difracción $S(x, y)$, cuya superficie media 33 está inclinada de manera arqueada o localmente la superficie del material compuesto estratificado 1. La estructura de difracción $S(x, y)$ es una función de las coordenadas x e y en el plano del patrón de superficie 12 paralelo a la superficie del material compuesto estratificado 1 (figura 2), en el que se encuentran las partes de superficie 13, 14 (figura 2), 15. En cada punto $P(x, y)$, la estructura de difracción $S(x, y)$ determina una distancia z paralela a la normal de superficie 21 con respecto al plano del patrón de superficie 12. Descrito de manera general, la estructura de difracción $S(x, y)$ es la suma del perfil en relieve $R(x, y)$ (figura 4) de la rejilla de difracción 32 (figura 4) y una función de superposición $M(x, y)$ definida de manera unívoca, de la superficie media 33, donde $S(x, y) = R(x, y) + M(x, y)$. Por ejemplo, el perfil en relieve $R(x, y)$ genera la rejilla de difracción 32 periódica con el perfil de una de las formas rectangulares, de diente de sierra asimétricas o simétricas, o sinusoidales.

En otra realización, el perfil en relieve $R(x, y)$ microscópicamente fino de la estructura de difracción $S(x, y)$ es una estructura mate en lugar de la rejilla de difracción 32 periódica. La estructura mate es una estructura estocástica, microscópicamente fina con una característica de difusión predeterminada para la luz 11 incidente, recorriendo en el caso de una estructura mate anisótropa en lugar del vector de rejilla una dirección preferente. Las estructuras mates difunden la luz incidente de manera perpendicular en un cono de difusión con un ángulo de abertura predeterminado mediante la capacidad de difusión de la estructura mate y con la dirección de la luz 22 reflejada como eje del cono. La intensidad de la luz de difusión es la máxima por ejemplo en el eje del cono y disminuye con la distancia creciente con respecto al eje del cono, pudiendo un observador todavía aún identificar la luz desviada en la dirección de las líneas de la capa del cono de difusión. La sección transversal del cono de difusión perpendicular al eje del cono es simétrica en rotación en el caso de una estructura mate denominada en este caso "isótropa". Si la sección transversal en la dirección preferente por el contrario se comprime es decir se deforma de manera elíptica con el eje principal corto de la elipse de manera paralela a la dirección preferente, la estructura mate se denomina en este caso "anisótropa".

Debido a la superposición aditiva o sustractiva, la altura de perfil h (figura 4) del perfil en relieve $R(x, y)$ no se modifica en la zona de la función de superposición $M(x, y)$, es decir el perfil en relieve $R(x, y)$ sigue la función de superposición $M(x, y)$. La función de superposición $M(x, y)$ definida de manera unívoca puede diferenciarse al menos parcialmente y está curvada al menos en zonas parciales, es decir $\Delta M(x, y) \neq 0$, periódica o aperiódica y no es ninguna función rectangular ni triangular periódica. Las funciones de superposición $M(x, y)$ periódicas presentan una frecuencia espacial F de como máximo 20 líneas/mm. Para una buena visibilidad, los segmentos de unión entre dos valores extremos adyacentes de las funciones de superposición $M(x, y)$ son al menos de 0,025 mm de largo. Los valores preferidos para la frecuencia espacial F están limitados a como máximo 10 líneas/mm y los valores preferidos para la distancia de los valores extremos adyacentes ascienden a por lo menos 0,05 mm. Por consiguiente, la función de superposición $M(x, y)$ varía como función macroscópica en la zona continua lentamente en comparación con el perfil en relieve $R(x, y)$.

Una línea de sección proyectada sobre el plano del patrón de superficie 12 (figura 2) del plano de difracción 20 con el plano medio 33 establece una marca 36 (figura 2). La función de superposición $M(x, y)$ presenta en cada punto $P(x, y)$ en los segmentos de unión que se encuentran paralelos a la marca 36 con tramos continuos un gradiente 38, $\text{grad}(M(x, y))$. En general, con el gradiente 38 se consideran los componentes del $\text{grad}(M(x, y))$ en el plano de difracción 20, dado que el observador 35 establece el plano de difracción 20 ópticamente activo. La rejilla de difracción 32 presenta en cada punto de la parte de superficie 13, 14, 15 una inclinación y predeterminada mediante el gradiente 38 de la función de superposición $M(x, y)$.

La deformación de la superficie media 33 provoca un nuevo efecto óptico ventajoso. Este efecto se aclara por medio del comportamiento de difracción en puntos de penetración A, B, C de la normal de superficie 21 y las normales 21', 21'' en la superficie media 33, por ejemplo a lo largo de la marca 36. La refracción de la luz 11 incidente, de la luz 22 reflejada y de los rayos de luz 34 difractados en la superficie límite del material compuesto estratificado 1 no está representada por razones de simplicidad en el dibujo de la figura 5 y no se tiene en cuenta en

los siguientes cálculos. En cada punto de penetración A, B, C, la inclinación γ está determinada mediante el gradiente 38. Las normales $21'$ y $21''$, del vector de rejilla de la rejilla de difracción 32 (figura 4) y una dirección de observación 39 del observador 35 se encuentran en el plano de difracción 20. De manera correspondiente al ángulo de inclinación α se modifica el ángulo de incidencia α (figura 3), que comprende las normales 21 , $21'$, $21''$ trazadas por puntos y la luz 11 blanca incidente de manera paralela. Con ello se modifica también la longitud de onda λ de los rayos de luz 34 difractados desviados en una dirección de observación 39 predeterminada con respecto al observador 35. Si la normal $21'$ no está inclinada desde el observador 35, la longitud de onda λ de los rayos de luz 34 difractados es mayor que si la normal $21''$ se inclina con respecto al observador 35. En el ejemplo mostrado para la ilustración, los rayos de luz 34 difractados en la zona del punto de penetración A presentan al observador 35 un color rojo ($\lambda = 700$ nm). Los rayos de luz 34 difractados en la zona del punto de penetración B son de color verde amarillento ($\lambda = 550$ nm) y los rayos de luz 34 difractados en la zona del punto de penetración C tienen un color azul ($\lambda = 400$ nm). Dado que, en el ejemplo mostrado, la inclinación γ se modifica de manera continua a través de la curvatura de la superficie media 33, el observador 35 puede ver a lo largo de la marca 36 todo el espectro visible en la parte de superficie 13, 14, 15, extendiéndose las bandas de color del espectro en la parte de superficie 13, 14, 15 de manera perpendicular a la marca 36. Para que el observador 35 pueda identificar las bandas de color del espectro 35 a una separación de 30 cm, ha de seleccionarse para la distancia entre los puntos de penetración A y C al menos 2 mm de longitud o más. Fuera del espectro visible, la superficie de la parte de superficie 13, 14, 15 presenta un color gris de poca intensidad luminosa. En el volteo del material compuesto estratificado 1 alrededor de un eje de volteo 41 perpendicular al plano del dibujo de la figura 5, se modifica el ángulo de incidencia α . Las bandas de color visibles del espectro se desplazan en la zona de la función de superposición $M(x, y)$ de manera continua a lo largo de la marca 36. En el caso de un volteo, por ejemplo en el sentido de las agujas del reloj alrededor del eje de volteo 41, del material compuesto estratificado 1 se modifica el color del rayo de luz 34 difractado en el punto de penetración A a un color verde amarillento, el color del rayo de luz 34 difractado en el punto de penetración B a un color azul y el color del rayo de luz 34 difractado en el punto de penetración C a un color violeta. El observador considera la modificación de los colores del rayo de luz 34 difractado como el desplazamiento de las bandas de color de modo continuo a través de la parte de superficie 13, 14, 15.

Esta consideración es aplicable para cada orden de difracción. Cuantas bandas de color de cuantos órdenes de difracción divisa simultáneamente el observador 35 en la parte de superficie 13, 14, 15, depende de la frecuencia espacial de la rejilla de difracción 32 y del número de periodos y de la amplitud de la función de superposición $M(x, y)$ dentro de la parte de superficie 13, 14, 15.

En otra realización, en el caso de que se utiliza una de las estructuras mates en lugar de la rejilla de difracción 32, el observador 35 divisa en la dirección de la luz 22 reflejada sólo una banda gris blanquecina clara en lugar de las bandas de color. La banda gris blanquecina clara se desplaza con el volteo como las bandas de color de manera continua a través de la superficie de la parte de superficie 13, 14, 15. Entonces, a diferencia de las bandas de color, la banda gris blanquecina clara también puede verla el observador 35 dependiendo de la capacidad de dispersión de la estructura mate, cuando su dirección de difracción 39 sea oblicua con respecto al plano de difracción 20. Por tanto, a continuación se considera como "banda 40" (figura 6a) tanto las bandas de color de un orden de difracción 23, 24, 25 como la banda gris blanquecina clara generada mediante la estructura mate.

En la figura 6a, el observador 35 (figura 5) puede identificar ligeramente el desplazamiento de la banda, cuando existe una referencia en la característica de seguridad 16. Como referencia sirven marcas de identificación 37 (figura 2) dispuestas en la parte de superficie 13, 14, 15, por ejemplo en la parte de superficie 14 media, y/o una forma límite predeterminada de la parte de superficie 13, 14, 15. Con ventaja, la referencia establece una condición de observación predeterminada, que puede ajustarse por medio del volteo del material compuesto estratificado 1 (figura 1) de tal manera que la banda 40 esté colocada de manera predeterminada frente a la referencia. En la zona de las marcas de identificación 37 se diseña la estructura 9 ópticamente activa (figura 1) de la superficie límite 8 (figura 1) con ventaja como una estructura 9 ópticamente activa, una estructura difractora, una superficie reflectora o una estructura en relieve que dispersa luz, que se moldea con la replicación del patrón de superficie 12 en el registro de las partes de superficie 13, 14, 15. Sin embargo, también puede usarse una impresión que absorbe luz sobre la característica de seguridad 16 como referencia del movimiento de la banda o se genera la marca de identificación 37 por medio de la capa de reflexión estructurada.

En otra realización de la característica de seguridad 16 según las figuras 6 como referencia recíproca sirven las partes de superficie 13 y 15 adyacentes, que incluyen a la parte de superficie 14 media por ambos lados. Las partes de superficie 13 y 15 adyacentes presentan ambas una estructura de difracción $S^*(x, y)$. La estructura de difracción $S^*(x, y)$, a diferencia de la estructura de difracción $S(x, y)$, es la diferencia de $R-M$ de la función en relieve $R(x, y)$ y de la función de superposición $M(x, y)$, o sea $S^*(x, y) = R(x, y) - M(x, y)$. Las bandas de color generadas mediante la estructura de difracción $S^*(x, y)$ presentan un gradiente de color inverso en comparación con las bandas de color de la estructura de difracción $S(x, y)$, tal como se indica en el dibujo de la figura 6a por medio de un borde longitudinal grueso de la banda 40. Para una buena visibilidad del efecto óptico sin medios auxiliares, la característica de seguridad 16 presenta a lo largo del eje de coordenadas y o la marca 36 una dimensión de por lo menos 5 mm, preferiblemente más de 10 mm. Las dimensiones a lo largo del eje de coordenadas x ascienden a más de 0,25 mm, pero preferiblemente por lo menos 1 mm.

En la realización de la característica de seguridad 16 según las figuras 6a a 6c, la parte de superficie 14 ovalada presenta la estructura de difracción $S(y)$ dependiente sólo de la coordenada y , mientras que las partes de superficie 13 y 15 con la estructura de difracción $S^*(y)$ dependiente sólo de la coordenada y se extienden en ambos lados de la parte de superficie 14 a lo largo de la coordenada y . La función de superposición es $M(y) = 0,5 \cdot y^2 \cdot K$, donde K es la curvatura de la superficie media 33. El gradiente 38 (figura 5) y el vector de rejilla de la rejilla de difracción 32 (figura 4) o la dirección preferente de la estructura mate "anisótropa" están alineados de manera paralela o antiparalela en la dirección de la coordenada y .

En general el acimut ϕ del vector de rejilla o la dirección preferente de la estructura mate hace referencia a un plano en gradiente, que se determina mediante el gradiente 38 y la normal de superficie 21. Los valores

preferidos del acimut φ son 0° y 90° . A este respecto se permiten desviaciones en el ángulo acimutal del vector de rejilla o la dirección preferente de $\delta\varphi = \pm 20^\circ$ en el valor preferido, para observar en esta zona el vector de rejilla o la dirección preferente esencialmente como de manera paralela o perpendicular al plano en gradiente. El acimut φ no se limita a los valores preferidos mencionados.

5 Cuanto más pequeña sea la curvatura K , mayor es la velocidad de movimiento de la banda 40 en la dirección de las flechas no señaladas en el dibujo de las figuras 6a y 6c por unidad de ángulo de rotación alrededor del eje de volteo 41. La banda 40 se muestra en el dibujo de las figuras 6a a 6c de manera estrecha, para representar claramente el efecto de movimiento. La anchura de las bandas 40 en la dirección de las flechas no señaladas depende de la estructura de difracción $S(y)$. Especialmente, en el caso de las bandas de color, el gradiente de color espectral se extiende a través de una parte más gruesa de la parte de superficie 13, 14, 15, de modo que ha de observarse el movimiento de las bandas 40 debido al desplazamiento de una sección en el espectro visible, por ejemplo de la banda de color rojo.

15 La figura 6b muestra la característica de seguridad 16 tras una rotación alrededor del eje de volteo 41 en un ángulo de volteo predeterminado, en el que la banda 40 de ambas partes de superficie 13, 15 exteriores y la parte de superficie 14 media se encuentran en una línea paralela al eje de volteo 41. Este ángulo de volteo predeterminado se determina mediante la selección de la estructura de superposición $M(x, y)$. En una realización del elemento de seguridad 2 (figura 2) debe observarse solamente en el patrón de superficie 12 (figura 2) un patrón predeterminado, cuando en la característica de seguridad 16 la banda o las bandas 40 ocupan una zona predeterminada, es decir cuando el observador 35 observa el elemento de seguridad 2 en las condiciones de observación determinadas mediante el ángulo de volteo predeterminado.

20 En la figura 6c, tras una rotación adicional alrededor del eje de volteo 41, las bandas se desplazan de nuevo de manera separada en la característica de seguridad 16, tal como lo indica la flecha no señalada en la figura 6c.

 Lógicamente, se alinean una disposición adyacente de la parte de superficie 14 media y una de las dos partes de superficie 13, 15 para obtener la característica de seguridad 16 en otra realización.

25 La figura 7 muestra una sección transversal a lo largo de la marca 36 (figura 2) mediante el material compuesto estratificado 1 por ejemplo en la zona de la parte de superficie 14 (figura 2). Para que no pueda producirse o usarse el material compuesto estratificado 1 demasiado grueso y con ello mal, se limita la altura de la estructura H_{St} (figura 1) de la estructura de difracción $S(x, y)$. En el dibujo no a escala de la figura 7 se representa exclusivamente en sección a modo de ejemplo la función de superposición $M(y) = 0,5 \cdot y^2 \cdot K$ a la izquierda del eje de coordenadas z , en el que se extiende la altura del material compuesto estratificado 1. En cada punto $P(x, y)$ de la parte de superficie 14 está limitado el valor $z = M(x, y)$ a un recorrido $H = z_1 - z_0$ predeterminado. En cuanto haya logrado la función de superposición $M(y)$ en uno de los puntos $P_1, P_2, \dots, P_n$ el valor $z_1 = M(P_j)$ para $j = 1, 2, \dots, n$, aparece en la función de superposición $M(y)$ un sitio discontinuo en el que el valor de la función de superposición $M(y)$ en el lado separado del punto P_0 se reduce respectivamente a aproximadamente el valor H en la altura z_0 , es decir el valor utilizado de la función de superposición $M(x, y)$ en la estructura de difracción $S(x, y)$ es el valor de función

$$Z = \{M(x, y) + C(x, y)\} \text{módulo recorrido } H - C(x, y).$$

40 La función $C(x, y)$ se limita a este respecto cuantitativamente en un intervalo de valores, por ejemplo a la mitad del valor de la altura de estructura H_{St} . Los sitios discontinuos de la función $\{M(x, y) + C(x, y)\}$ módulo recorrido $H - C(x, y)$ generados por motivos técnicos no figuran como valores extremos de la función de superposición $M(x, y)$. Igualmente, en realizaciones determinadas, los valores del recorrido H pueden ser localmente pequeños. En una realización de la estructura de difracción $S(x, y)$ se determina el recorrido H que varía localmente porque la distancia entre dos sitios discontinuos P_n sucesivos no sobrepasa un valor predeterminado del intervalo de desde $40 \mu\text{m}$ hasta $300 \mu\text{m}$.

45 En las partes de superficie 13 (figura 2), 14, 15 (figura 2) se extiende la estructura de difracción $S(x, y)$ en ambos lados del eje de coordenadas z y no sólo en el lado derecho del eje de coordenadas z , tal como se muestra en el dibujo de la figura 7. Debido a la superposición, la altura de estructura H_{St} es la suma del recorrido H y la altura de perfil h (figura 4) y es igual al valor de la estructura de difracción $S(x, y)$ en el punto $P(x, y)$. La altura de estructura H_{St} es ventajosamente inferior a $40 \mu\text{m}$, siendo valores preferidos de la altura de estructura $H_{St} < 5 \mu\text{m}$. El recorrido H de la función de superposición $M(x, y)$ se limita a menos de $30 \mu\text{m}$ y se encuentra preferiblemente en el intervalo de $H = 0,5 \mu\text{m}$ a $H = 4 \mu\text{m}$. Las estructuras mates tienen a escala microscópica elementos de estructura en relieve finos, que determinan la capacidad de dispersión y pueden describirse sólo con parámetros estadísticos, tales como por ejemplo el valor medio de rugosidad R_a , la longitud de correlación l_c etcétera, encontrándose los valores para el valor medio de rugosidad R_a en el intervalo de 200 nm a $5 \mu\text{m}$ con valores preferidos desde $R_a = 150 \text{ nm}$ hasta $R_a = 1,5 \mu\text{m}$, mientras que las longitudes de correlación l_c se encuentran al menos en el intervalo de desde 300 nm hasta $300 \mu\text{m}$, preferiblemente entre $l_c = 500 \text{ nm}$ y $l_c = 100 \mu\text{m}$. En el caso de las estructuras mates "isótropas", los parámetros estadísticos depende de una dirección preferente, mientras que en el caso de estructuras mates "anisótropas", están alineados los elementos en relieve con la longitud de correlación l_c de manera perpendicular con respecto a la dirección preferente. La altura de perfil h de la rejilla de difracción 32 (figura 4) presenta un valor del intervalo de $h = 0,05 \mu\text{m}$ a $h = 5 \mu\text{m}$, encontrándose los valores preferidos en el intervalo más estrecho de desde $h = 0,6 \pm 0,5 \mu\text{m}$. La frecuencia espacial f de la rejilla de difracción 32 se selecciona del intervalo de $f = 300 \text{ líneas/mm}$ a 3300 líneas/mm . A partir de aproximadamente $F = 2400 \text{ líneas/mm}$ puede observarse la luz 34 difractada (figura 5) tan sólo en el orden de difracción cero, es decir en la dirección de la luz 22 reflejada (figura 5).

 Ejemplos adicionales de la función de superposición $M(x, y)$ son:

65 $M(x, y) = 0,5 \cdot (x^2 + y^2) \cdot K$, $M(x, y) = a \cdot \{1 + \sin(2\pi F_x \cdot x) \cdot \sin(2\pi F_y \cdot y)\}$,

$M(x, y) = a \cdot x^{1.5} + b \cdot x$, $M(x, y) = a \cdot \{1 + \sin(2\pi F_y y)\}$, siendo F_x o F_y la frecuencia espacial F de la función de superposición $M(x, y)$ en la dirección del eje de coordenadas x o y . En otra realización de la característica de seguridad 16, la función de superposición $M(x, y)$ está compuesta de manera periódica por una sección predeterminada de otra función y presenta uno o más periodos a lo largo de la marca 36.

En la figura 8a, la función de superposición $M(x, y) = 0,5 \cdot (x^2 + y^2) \cdot K$, es decir una calota esférica, y la estructura en relieve $R(x, y)$, es decir una estructura mate "isótropa", forman la estructura de difracción $S(x, y)$ (figura 7) en por ejemplo la parte de superficie 14 trazada en forma circular. El observador 35 (figura 5) identifica en caso de luz del día de manera correspondiente a la dirección de observación 39 (figura 5) una mancha 42 gris blanquecina, clara delante de un fondo 43 gris oscuro, dependiendo la posición de la mancha 42 en la parte de superficie 14 con respecto a la marca de identificación 37 y el contraste entre la mancha 42 y el fondo 43 de la dirección de observación 39. La extensión de la mancha 42 se determina mediante la capacidad de dispersión de la estructura mate y de la curvatura de la función de superposición $M(x, y)$. El elemento de seguridad 2 (figura 2) está alineado en la dirección de observación 39 predeterminada por ejemplo mediante volteo alrededor del eje de volteo 41 (figura 5) y/o rotación alrededor de la normal de superficie 21 (figura 5) del material compuesto estratificado 1 (figura 5) como en la figura 8b de tal manera que la mancha 42 se encuentra en el interior de la marca de identificación 37, que por ejemplo está dispuesta en la mitad de la parte de superficie 14 trazada en forma circular.

La figura 9 muestra la acción de difracción de luz de la estructura de difracción $S(x, y)$ (figura 7) en el plano de difracción 20. La estructura en relieve $R(x, y)$ (figura 4) es la rejilla de difracción 32 (figura 4) con un perfil por ejemplo sinusoidal y con una frecuencia espacial f inferior a 2400 líneas/mm. El vector de rejilla de la estructura en relieve $R(x, y)$ se encuentra en el plano de difracción 20. La función de superposición $M(x, y)$ en la parte de superficie 13 (figura 2), 14 (figura 2), 15 (figura 2) de la característica de seguridad 16 se determina mediante la acción de la estructura de difracción $S(x, y)$, desviándose la luz 11 incidente de manera perpendicular en el material compuesto estratificado 1 bajo un ángulo de observación $+\vartheta$ o $-\vartheta$ predeterminado en el orden de difracción 23 positivo (figura 3) o en el orden de difracción 24 negativo (figura 3). En el plano de difracción 20, primeros rayos 44 con la longitud de onda λ_1 incluyen el ángulo de observación ϑ con la luz 11 incidente y segundos rayos 45 con la longitud de onda λ_2 , el ángulo de observación $-\vartheta$. El observador 35 (figura 5) divisa la parte de superficie 13, 14, 15 bajo el ángulo de observación ϑ en el color con la longitud de onda λ_1 . Tras una rotación del material compuesto estratificado 1 en su plano de 180° , al observador 35 se le aparece la parte de superficie 13, 14, 15 bajo el ángulo de observación $-\vartheta$ en el color de la longitud de onda λ_2 . Cuando la superficie media 33 presenta la inclinación local $\gamma = 0^\circ$, las longitudes de onda λ_1 y λ_2 no difieren. Para otros valores de la inclinación γ local las longitudes de onda λ_1 y λ_2 difieren. La normal 21' mostrada por puntos en la superficie media 33 inclinada incluyen el ángulo α con el rayo 11 incidente, donde $\alpha = -\beta = \gamma$. Los primeros rayos 44 y la normal 21' incluyen el ángulo de difracción ξ_1 , los rayos 45 y la normal 21', el ángulo de difracción ξ_2 .

Debido a que $\xi_k = \text{asen}(\text{sen}\alpha + m_k \cdot \lambda_k \cdot f)$ y $\alpha = \gamma$ resulta para los dos primeros órdenes de difracción 23, 24, es decir para $m_k = \pm 1$, la relación

$$f \cdot (\lambda_1 + \lambda_2) = 2 \cdot \text{sen}(\vartheta) \cdot \cos(\gamma) \quad (1)$$

de la que se deduce que para valores predeterminados del ángulo de observación ϑ y de la frecuencia espacial f , la suma de las dos longitudes de onda λ_1 , λ_2 de los rayos 44, 45 es proporcional al coseno del ángulo de inclinación γ local. La ecuación (1) debe derivarse fácilmente para otros números de orden m . Los números de orden m y el ángulo de observación ϑ para un color determinado que puede observarse se determinan mediante la frecuencia espacial f .

En las figuras 10a y 10b se representa como ejemplo una realización de la característica de seguridad 16, en la que se rota 180° el elemento de seguridad 2 en la figura 10a con respecto al elemento de seguridad 2 en la figura 10b en su plano. El plano de difracción 20 (figura 9) se representa con su marca 36. En las figuras 10a y 10b, la característica de seguridad 16 comprende las tres partes de superficie 13, 14, 15 con la estructura de difracción $S(x, y) = R(x, y) + M(x, y)$, diferenciándose las estructuras de difracción $S(x, y)$ en las tres partes de superficie 13, 14, 15 mediante los valores determinados con la ayuda de la ecuación (1) de las inclinaciones γ locales de la función de superposición $M(x, y)$ y de la frecuencia espacial f del perfil en relieve $R(x, y)$. Un campo de fondo 46 limita a al menos una parte de superficie 13, 14, 15 y presenta la rejilla de difracción 32 (figura 4) con el mismo perfil en relieve $R(x, y)$ y la frecuencia espacial f inherente al campo de fondo 46. El vector de rejilla del perfil en relieve $R(x, y)$ está alineado en las partes de superficie 13, 14, 15 y en el campo de fondo 46 de manera paralela a la marca 36. En el caso de iluminación perpendicular del elemento de seguridad 2 con luz 11 blanca (figura 9), las partes de superficie 13, 14, 15 y el campo de fondo 46 relucen en el mismo color en la característica de seguridad 16 en la orientación de la figura 10a bajo el ángulo de observación $+\vartheta$, y la característica de seguridad 16 parece brillar al observador 35 (figura 5) sin contraste en un color uniforme, por ejemplo, los primeros rayos 44 desviados (figura 9) presentan la longitud de onda λ_1 , por ejemplo 680 nm (rojo). En la orientación mostrada en la figura 10b se observa toda la característica de seguridad 16 bajo el ángulo de observación $-\vartheta$. Por ejemplo, la primera parte de superficie 13 brilla en los segundos rayos 45 (figura 9) de la longitud de onda λ_2 , por ejemplo $\lambda_2 = 570$ nm (amarillo), la segunda parte de superficie 14 en los segundos rayos 45 de la longitud de onda λ_3 , por ejemplo $\lambda_3 = 510$ nm (verde) y la tercera parte de superficie 15 en los segundos rayos 45 de la longitud de onda λ_4 , por ejemplo $\lambda_4 = 400$ nm (azul). En el campo de fondo 46, en el que la superficie media 33 (figura 9) de la rejilla de difracción 32 (figura 4) presenta la inclinación γ (figura 9) con el valor $\gamma = 0$, los segundos rayos 45 son también por motivos de simetría de la longitud de onda λ_1 , es decir la superficie de fondo 46 reluce de nuevo en el color rojo. La ventaja de esta realización es el comportamiento óptico llamativo de la característica de seguridad 16, concretamente el contraste de color visible bajo una orientación predeterminada única del elemento de seguridad 2 que puede modificarse o desaparecer tras una rotación de 180° del elemento de seguridad 2 alrededor de la normal de superficie 21 (figura 3). Por consiguiente, la característica de seguridad 16 sirve para establecer una orientación predeterminada del elemento de seguridad 2 con la característica de seguridad 16 que no puede copiarse de manera holográfica.

Únicamente para simplificar, en cada parte de superficie 13, 14, 15 se adquirió como ejemplo un color uniforme, es decir una inclinación γ constante. En general, la parte de superficie 13, 14, 15 presenta una sección de la función de superposición $M(x, y)$, de modo que se modifica de manera continua la inclinación γ en la parte de superficie 13, 14, 15 en una dirección predeterminada y las longitudes de onda de los segundos rayos 45 proceden de un intervalo a ambos lados de la longitud de onda λ_k . En lugar de las partes de superficie 13, 14, 15 limitadas de manera similar, una pluralidad de las partes de superficie 13, 14, 15 dispuestas en el campo de fondo 46 forman un logotipo, un carácter etcétera.

En la figura 11 está configurada de manera más complicada la estructura de difracción $S(x, y)$. La función de superposición $M(x, y)$ es una función periódica, parcialmente continua, simétrica cuyo valor varía a lo largo del eje de coordenadas x según $z = M(x, y)$, mientras que $M(x, y)$ a lo largo del eje de coordenadas y presenta un valor z constante. La parte de superficie 13, 14 (figura 10), 15 (figura 10) por ejemplo rectangular está alineada con su lado longitudinal de manera paralela a la coordenada x , y se divide en superficies parciales 47 estrechas de anchura b , cuyos lados longitudinales están alineados de manera paralela al eje de coordenadas y . Cada periodo $1/F_x$ de la estructura de superposición $M(x, y)$ se extiende a través de un número t de superficies parciales 47, por ejemplo el número t está en el intervalo de valores de desde 5 hasta 10. La anchura b no debe quedar por debajo de $10 \mu\text{m}$, dado que si no la estructura de difracción $S(x, y)$ está muy poco definida en la superficie parcial 47.

Las estructuras de difracción $S(x, y)$ de las partes parciales 47 adyacentes difieren en los sumandos, el perfil en relieve $R(x, y)$ y la sección asignada a la superficie parcial 47 de la función de superposición $M(x, y)$. El perfil en relieve $R(x, y)$ de la i -ésima superficie parcial 47 difiere de los dos perfiles en relieve $R_{i+1}(x, y)$ y $R_{i-1}(x, y)$ de las superficies parciales 47 en al menos un parámetro de rejilla, como el acimut, la frecuencia espacial, la altura de perfil h (figura 4) etcétera. Si la frecuencia espacial F_x o F_y asciende como máximo a 10 líneas/mm pero no a menos de 2,5 líneas/mm, el observador 35 (figura 5) ya no podrá identificar en la parte de superficie 13, 14, 15 a simple vista ninguna división mediante los periodos de la función de superposición $M(x, y)$. La división y la configuración de las superficies parciales 47 con la estructura de difracción $S(x, y)$ se repite en cada periodo de la función de superposición $M(x, y)$. En otra realización de la característica de seguridad 16, el perfil en relieve $R(x, y)$ se modifica de manera continua como función del ángulo de fase de la función de superposición $M(x, y)$ periódica.

Las estructuras de difracción $S(x, y)$ representadas en la figura 11 se utilizan en la realización de la característica de seguridad 16 representada en las figuras 12, que desarrolla un nuevo efecto óptico en el caso de iluminación con luz 11 blanca, cuando la característica de seguridad 16 se voltea alrededor del eje de volteo 41 paralelo al eje de coordenadas y . La característica de seguridad 16 comprende la primera parte de superficie 14 triangular, que está dispuesta en la segunda parte de superficie 13 rectangular. En la primera parte de superficie 14 se distingue la estructura de difracción $S(x, y)$ porque la frecuencia espacial f del perfil en relieve $R(x, y)$ en la dirección del eje de coordenadas x dentro de cada periodo de la función de superposición $M(x, y)$ se modifica de manera gradual o continua en un intervalo de frecuencia espacial δf predeterminado, siendo la frecuencia espacial f_i en la i -ésima superficie parcial 47 (figura 7) superior a la frecuencia espacial f_{i-1} en la $(i-1)$ -ésima superficie parcial 47 precedente. Por consiguiente, en cada periodo la primera superficie parcial 47 presenta la frecuencia espacial f con el valor f_A . Para la superficie parcial 47 en el mínimo del periodo, la frecuencia espacial es $f = f_M$ y para la superficie parcial 47 ubicada al final del periodo, el valor de la frecuencia espacial es $f = f_E$, donde $f_A < f_M < f_E$, donde $\delta f = f_E - f_A$. En la segunda parte de superficie 13 se distingue la estructura de difracción $S(x, y)$ porque la frecuencia espacial f del perfil en relieve $R(x, y)$ en la dirección del eje de coordenadas x dentro de un periodo de la función de superposición $M(x, y)$ se reduce de manera gradual o continua de una superficie parcial 47 a la siguiente. En una realización, la estructura de difracción $S^{**}(x, y) = R(-x, y) + M(-x, y)$ de la segunda parte de superficie 13 es como ejemplo la estructura de difracción $S(x, y)$ reflejada en el plano definido por los ejes de coordenadas x , z de la primera parte de superficie 14. Los vectores de rejilla y la marca 36 (figura 11) del plano de difracción 20 (figura 9) están alineados en las dos partes de superficie 13, 14 esencialmente de manera paralela al eje de volteo 41. El gradiente 38 se encuentra esencialmente de manera paralela al plano definido por los ejes de coordenadas x y z .

En la figura 12a, la característica de seguridad 16 se encuentra en el plano $x - y$ definido por los ejes de coordenadas x e y , formando la dirección de observación 39 (figura 5) con el eje de coordenadas x un ángulo recto. En el caso de la luz 11 blanca que incide de manera perpendicular (figura 1), las superficies parciales 47 se iluminan en la zona de los mínimos de la función de superposición $M(x, y)$. Dado que estas superficies parciales 47 en ambas estructuras de difracción $S(x, y)$, $S^{**}(x, y)$ presentan el mismo perfil en relieve $R(x, y)$ y la misma inclinación $\gamma \approx 0^\circ$, los rayos de luz 34 difractados en la dirección de observación 39 a las dos partes de superficie 13, 14 (figura 5) proceden de la misma zona del espectro visible, por ejemplo verde de modo que desaparece el contraste de color en la característica de seguridad 16 entre la primera parte de superficie 14 y la segunda parte de superficie 13. En el caso de volteo de la característica de seguridad 16 alrededor del eje de volteo 41 aparece claramente el contraste de color con el ángulo de volteo creciente, tal como se muestra en la figura 12b. En el caso de volteo hacia la izquierda, el color de la primera parte de superficie 14 se desplaza en la dirección del rojo, dado que son eficaces las superficies parciales 47 (figura 11) con los perfiles en relieve $R(x, y)$, en las que la frecuencia espacial f es inferior a f_M . El color de la segunda parte de superficie 13 se desplaza en la dirección del azul, dado que son eficaces las superficies parciales 47, en las que la frecuencia espacial f del perfil en relieve $R(x, y)$ es superior a f_M . En la figura 12c se voltea hacia la derecha la característica de seguridad 1 del estrato mostrado en la figura 12a alrededor del eje de volteo 41. También en el caso de volteo hacia la derecha aparece claramente el contraste de color, sin embargo con colores cambiados. El color de la primera parte de superficie 14 se desplaza en la dirección del azul, dado que son eficaces las superficies parciales 47, en las que la frecuencia espacial f del perfil en relieve $R(x, y)$ es superior al valor f_M , mientras que el color de la segunda parte de superficie 13 se desplaza en la dirección del rojo, dado que son eficaces las superficies parciales 47 (figura 11), en las que la frecuencia espacial f del perfil en relieve $R(x, y)$ de la estructura de difracción $S^{**}(x, y)$ disminuye en comparación con el valor f_M .

En otra realización de la estructura de difracción $S(x, y)$ de la figura 11, el perfil en relieve $R(x, y)$ presenta en las superficies parciales 47 de cada periodo $1/F_x$ la misma frecuencia espacial f , sin embargo el perfil en relieve $R(x, y)$ difiere entre superficies parciales 47 por su ángulo acimutal ϕ del vector de rejilla en relación con el eje de coordenadas y . Dentro de un periodo $1/F_x$ se modifica de manera gradual o continua el ángulo acimutal ϕ por

ejemplo en el intervalo de $\delta\varphi = \pm 40^\circ$ con $\varphi \cong 0^\circ$ en el mínimo de cada periodo. El ángulo acimutal φ se selecciona dependiendo de la inclinación γ local (figura 5) de la superficie media 33 (figura 5) en el intervalo $\delta\varphi$ de modo que por un lado la estructura de difracción $S(x, y)$ de la primera parte de superficie 14 (figura 12a) emite rayos de luz 34 (figura 5) de la zona de color predeterminada por medio de la frecuencia espacial f , difractados en todos los ángulos de volteo alrededor del eje de volteo 41 (figura 12b, c) y por otro lado, la segunda parte de superficie 13 (figura 12a), en la que está moldeada la estructura de difracción $S^{**}(x, y)$ reflejada, destella sólo bajo un único ángulo de volteo predeterminado en el color predeterminado, por ejemplo en un color mixto generado por la zona del verde. En otros ángulos de volteo, la segunda parte de superficie 13 es gris oscura. Para el intervalo de ángulo acimutal $\delta\varphi = \pm 20^\circ$ mencionado en este caso a modo de ejemplo se extiende la zona del verde desde la longitud de onda $\lambda = 530 \text{ nm}$ ($\varphi \cong 0^\circ$) hasta la longitud de onda $\lambda = 564 \text{ nm}$.

En la figura 13, la función de superposición $M(x, y)$ utilizada en la estructura de difracción $S(x, y)$ es una función asimétrica en la dirección del eje de coordenadas x . La función de superposición $M(x, y)$ aumenta dentro del periodo $1/F_x$ de manera aperiódica desde un valor mínimo hasta un valor máximo, por ejemplo como la función $y = \text{const} \cdot x^{1.5}$. La frecuencia espacial F_x o F_y se encuentra en el intervalo de desde 2,5 líneas/mm hasta y con 10 líneas/mm. No están mostrados los sitios discontinuos que se producen mediante la operación Módulo recorrido H (figura 7). La estructura mate "anisótropa" descrita anteriormente con la dirección preferente esencialmente paralela al eje de coordenadas x se utiliza como perfil en relieve $R(x, y)$. Por tanto, la luz 11 incidente (figura 5) se dispersa en forma de abanico principalmente de manera paralela al eje de coordenadas y . En la primera parte de superficie 14 (figura 12a) está moldeada la estructura de difracción $S(x, y) = R(x, y) + M(x, y)$ y en la segunda parte de superficie 13 (figura 12a) está moldeada la estructura de difracción $S^{**}(x, y) = R(-x, y) + M(-x, y)$. Por medio de la figura 12a el efecto óptico de la característica de seguridad 16 se aclara en caso de la luz 11 que incide perpendicularmente en el plano $x - y$ (figura 9). Si la característica de seguridad 16 se encuentra en el plano $x - y$, la luz 11 incidente se dispersa con mayor intensidad desde la estructura mate en el intervalo de los mínimos de la función de superposición $M(x, y)$, debe dejarse de lado el efecto de dispersión de las partes de superficie 47 restantes de las estructuras de difracción $S(x, y)$, $S^{**}(x, y)$. La luz 11 retrodispersada desde las partes de superficie 13, 14 presenta el color de la luz 11 incidente (figura 5) y tiene en ambas partes de superficie 13, 14 la misma luminosidad superficial, de modo que no puede identificarse ningún contraste entre las dos partes de superficie 13, 14. En la figura 12b, la luz 11 incidente (figura 5) bajo un ángulo de incidencia α se cruza con la característica de seguridad 16, que se volteo hacia la izquierda alrededor del eje de volteo 41. Tan sólo en la segunda parte de superficie 13 se dispersa la luz 11 incidente (figura 5). En esta condición de iluminación, la luminosidad superficial de la primera parte de superficie 14 es de dimensiones inferiores que en la segunda parte de superficie 13, de modo que la primera parte de superficie 14 resalta como superficie oscura frente a la segunda parte de superficie 13 clara. En la figura 12c, la característica de seguridad 16 no se volteo hacia la derecha, invirtiéndose ahora las luminosidades superficiales de las dos partes de superficie 13, 14.

En las figuras 12a a 12c, en lugar de una única primera parte de superficie 14 triangular, podría estar dispuesta en la segunda parte de superficie 13 una pluralidad de las primeras partes de superficie 14, que forman un logotipo, un carácter, etcétera.

En otra realización adicional, en lugar de las funciones matemáticas simples, se usan también imágenes en relieve, tales como se usan en monedas y medallas, como función de superposición $M(x, y)$ al menos parcialmente continua en la estructura de difracción $S(x, y)$, siendo el perfil en relieve $R(x, y)$ ventajosamente una estructura mate "isótropa". El observador del elemento de seguridad 2 en esta realización obtiene el efecto de una imagen tridimensional con una estructura de superficie característica. En la rotación y el volteo del elemento de seguridad 2 se modifica la distribución de luminosidad en la imagen de manera correspondiente a la expectativa en caso de una imagen en relieve auténtica, sin embargo los elementos salientes no proyectan ninguna sombra.

Sin apartarse de la idea de la invención, todas las estructuras de difracción S están limitadas en su altura de estructura en el valor H_{st} (figura 1), tal como se demuestra mediante la figura 7. Las funciones de superposición $M(x, y)$ y los perfiles en relieve $R(x, y)$ usados en las realizaciones especiales descritas anteriormente pueden combinarse arbitrariamente a otras estructuras de difracción $S(x, y)$.

El uso de las características de seguridad 16 descritas anteriormente en el elemento de seguridad 2 presenta la ventaja de que la característica de seguridad 16 forma una barrera eficaz frente a intentos de reproducir holográficamente el elemento de seguridad 2. En una copia holográfica han de identificarse los desplazamientos de estratos o desplazamientos de color en la superficie de la característica de seguridad 16 sólo de forma modificada.

REIVINDICACIONES

1. Elemento de seguridad (2) de un material compuesto estratificado (1) con estructuras (9) ópticamente activas microscópicamente delgadas de un patrón de superficie (12) incluidas entre capas (4, 5; 6) transparentes del material compuesto estratificado (1), estando moldeadas las estructuras (9) ópticamente activas en partes de superficie (13; 14; 15; 46) de una característica de seguridad (16) en un plano definido por los ejes de coordenadas (x; y) del patrón de superficie (12) en una superficie límite (8) reflectora entre las capas (5; 6), caracterizado porque al menos una parte de superficie (13; 14; 15) con dimensiones superiores a 0,4 mm presenta una estructura de difracción (S; S*; S**) formada mediante una superposición aditiva o sustractiva de una función de superposición (M) que describe una estructura macroscópica con un perfil en relieve (R) macroscópicamente fino, siendo la función de superposición (M), el perfil en relieve (R) y la estructura de difracción (S; S*; S**) funciones de las coordenadas (x; y) y describiendo el perfil en relieve (R) una estructura (9) ópticamente activa que dispersa luz o difracta luz, que conserva el perfil en relieve (R) predeterminado siguiendo la función de superposición (M), y porque una superficie media (33) definida mediante la función de superposición (M) al menos parcialmente continua está curvada al menos en zonas parciales y presenta en cada punto un ángulo de inclinación (γ) local predeterminado mediante el gradiente de la función de superposición (M), no es ninguna función rectangular ni triangular periódica y se modifica lentamente en comparación con el perfil en relieve (R).
2. Elemento de seguridad (2) según la reivindicación 1, caracterizado porque la función de superposición (M) es una función periódica parcialmente continua con una frecuencia espacial (F) de cómo máximo 20 líneas/mm.
3. Elemento de seguridad (2) según la reivindicación 1, caracterizado porque la función de superposición (M) es una función periódica, parcialmente continua, asimétrica con una frecuencia espacial (F) en el intervalo de 2,5 líneas/mm a 10 líneas/mm.
4. Elemento de seguridad (2) según la reivindicación 1, caracterizado porque en la parte de superficie (13, 14, 15) están distanciados entre sí valores extremos adyacentes de la función de superposición (M) en al menos 0,025 mm.
5. Elemento de seguridad (2) según una de las reivindicaciones 2 a 4, caracterizado porque el perfil en relieve (R) es una rejilla de difracción (32) con altura de perfil (h) constante que presenta un vector de rejilla con un ángulo acimutal (ϕ) y una frecuencia espacial (f) superior a 300 líneas/mm.
6. Elemento de seguridad (2) según una de las reivindicaciones 2 a 4, caracterizado porque el perfil en relieve (R) es una estructura mate anisótropa que presenta una dirección preferente con un ángulo acimutal (ϕ).
7. Elemento de seguridad (2) según la reivindicación 5 ó 6, caracterizado porque la característica de seguridad (16; 16') presenta al menos dos partes de superficie (13; 14; 15) adyacentes y porque en la primera parte de superficie (14) está moldeada la primera estructura de difracción (S) y en la segunda parte de superficie (13; 15) la segunda estructura de difracción (S*; S**) que difiere de la primera estructura de difracción (S), estando alineados el vector de rejilla o la dirección preferente del primer perfil en relieve (R) en la primera parte de superficie (14) y el vector de rejilla o la dirección preferente del segundo perfil en relieve (R) en la segunda parte de superficie (13; 15) esencialmente de manera paralela.
8. Elemento de seguridad (2) según una de las reivindicaciones 5 a 7, caracterizado porque en la estructura de difracción (S; S*; S**) el vector de rejilla o la dirección preferente del perfil en relieve (R) se encuentra esencialmente de manera paralela a un plano en gradiente que se determina mediante el gradiente (38) de la función de superposición (M) y una normal de superficie (21) que se encuentra perpendicular a la superficie del material compuesto estratificado (1).
9. Elemento de seguridad (2) según una de las reivindicaciones 5 a 8, caracterizado porque en una primera parte de superficie (14) está moldeada la primera estructura de difracción (S) que se forma como la suma del perfil en relieve (R) y la función de superposición (M), y porque en una segunda parte de superficie (13; 15) está moldeada la segunda estructura de difracción (S*) que se forma como la diferencia (R - M) del mismo perfil en relieve (R) y la misma función de superposición (M).
10. Elemento de seguridad (2) según una de las reivindicaciones 5 a 9, caracterizado porque en la estructura de difracción (S; S*; S**) el vector de rejilla o la dirección preferente del perfil en relieve (R) se encuentra esencialmente perpendicular a un plano en gradiente que se determina mediante el gradiente (38) de la función de superposición (M) y una normal de superficie (21) que se encuentra perpendicular a la superficie del material compuesto estratificado 1.
11. Elemento de seguridad (2) según la reivindicación 3, caracterizado porque el perfil en relieve (R) es una rejilla de difracción (32) que presenta un vector de rejilla con un ángulo acimutal (ϕ) y una frecuencia espacial (f) superior a 300 líneas/mm, porque la parte de superficie (13; 14; 15) en cada período (1/F) de la función de superposición (M) se divide en un número t de superficies parciales (47) de anchura $1/(F \cdot t)$, porque la rejilla de difracción (32) de la estructura de difracción (S; S*; S**), asignada a la una superficie parcial (47) difiere en al menos uno de los parámetros de rejilla de la rejilla de difracción (32) de las superficies parciales (47) adyacentes, porque la división y la configuración de las superficies parciales (47) con la estructura de difracción (S; S*; S**) se repite en cada período (1/F), y porque la rejilla de difracción (32) presenta el ángulo acimutal (ϕ) y/o la frecuencia espacial (f) de manera correspondiente a la inclinación (γ) local en la superficie parcial (47), y porque dentro de cada período (1/F) los parámetros de rejilla de la rejilla de difracción (32) recorren de manera gradual o continua un intervalo de ángulo acimutal ($\delta\phi$) predeterminado o un intervalo de frecuencia espacial (δf) predeterminado.
12. Elemento de seguridad (2) según una de las reivindicaciones 5, 6 y 11, caracterizado porque en la primera parte de superficie (14) la primera estructura de difracción (S) se forma a partir de la suma del perfil en relieve (R) y

la función de superposición (M), y porque en la segunda parte de superficie (13; 15) la estructura de superposición (S**) es la primera estructura de difracción (S) reflejada en el plano del patrón de superficie (12).

- 5 13. Elemento de seguridad (2) según la reivindicación 5, caracterizado porque en al menos una parte de superficie (13; 14; 15) está moldeada la estructura de difracción (S) formada como la suma de la función de superposición (M) y el perfil en relieve (R), porque la frecuencia espacial (f1) del perfil en relieve (R) es inferior a 2400 líneas/mm y la función de superposición (M) presenta en el plano de difracción (20) del perfil en relieve (R) una inclinación (γ) local medida, porque la parte de superficie (13; 14; 15) limita a un campo de fondo (46) de la característica de seguridad (16), porque el campo de fondo (46) presenta de manera paralela a la capa superficial (4) la superficie media (33) con la inclinación $\gamma = 0^\circ$, en la que está moldeada una rejilla de difracción (32) sinusoidal con una segunda frecuencia espacial (f2) y con un vector de rejilla alineado de manera paralela en el plano de difracción (20) del perfil en relieve (R), porque la segunda frecuencia espacial (f2) se selecciona de modo que en el caso de iluminación perpendicular con luz (11) blanca en la dirección de observación bajo un ángulo de observación ($+\theta$) positivo predeterminado no difieren la parte de superficie (13; 14; 15) y el campo de fondo (46) en cuanto al color de la luz difractada y porque tras una rotación de 180° del material compuesto estratificado (2) alrededor de la normal de superficie (21) bajo el ángulo de observación ($-\theta$) negativo, la parte de superficie (13; 14; 15) y el campo de fondo (46) difieren en cuanto al color de la luz difractada.
- 10 14. Elemento de seguridad (2) según la reivindicación 1, caracterizado porque el perfil en relieve (R) es una estructura mate isotropa.
- 15 15. Elemento de seguridad (2) según la reivindicación 14, caracterizado porque la función de superposición (M) describe una imagen en relieve.
- 20 16. Elemento de seguridad (2) según la reivindicación 14, caracterizado porque la función de superposición (M) describe una calota esférica.
- 25 17. Elemento de seguridad (2) según una de las reivindicaciones 1 a 16, caracterizado porque la estructura de difracción (S; S*; S**) está limitada a una altura de estructura (H_{ST}) de menos de $40\ \mu\text{m}$ y la función de superposición (M) está limitada a un recorrido (H) de menos de $30\ \mu\text{m}$, siendo el valor (z) utilizado en la estructura de difracción (S; S*; S**) de la función de superposición (M) igual a $\{(M) + C(x; y)\}$ módulo recorrido (H) $- C(x; y)$, limitándose la función $C(x; y)$ cuantitativamente a la mitad de la altura de estructura (H_{ST}).
- 30 18. Elemento de seguridad (2) según una de las reivindicaciones 1 a 17, caracterizado porque elementos de superficie (17; 18; 19) adicionales con las estructuras (9) ópticamente activas son partes del patrón de superficie (12) y porque al menos uno de los elementos de superficie (17; 18; 19) limita a la característica de seguridad (16).
- 35 19. Elemento de seguridad (2) según una de las reivindicaciones 1 a 18, caracterizado porque al menos una marca de identificación (37) con una estructura (9) ópticamente activa que difiere de la estructura de difracción (S; S*; S**) está dispuesta en al menos una de las partes de superficie (13; 14; 15) y porque la marca de identificación (37) usada como referencia para la orientación del material compuesto estratificado (1) presenta una de las estructuras (9) ópticamente activas del grupo de las estructuras en relieve difractoras o que dispersan luz o una superficie reflectora.

Fig. 1

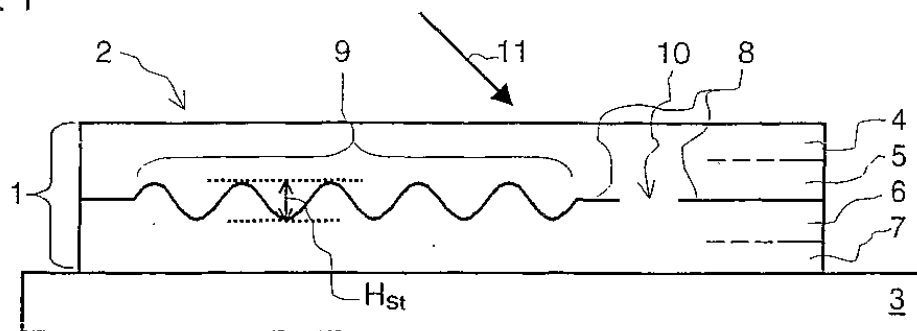


Fig. 2

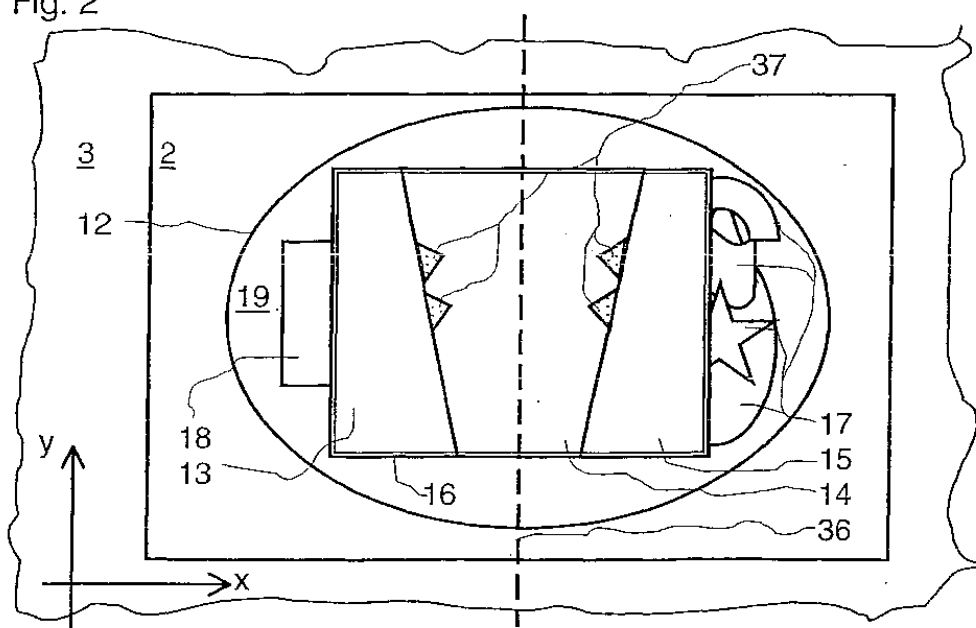


Fig. 3

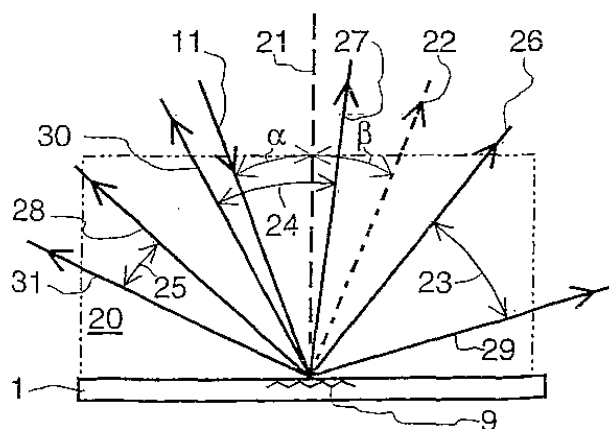


Fig. 4

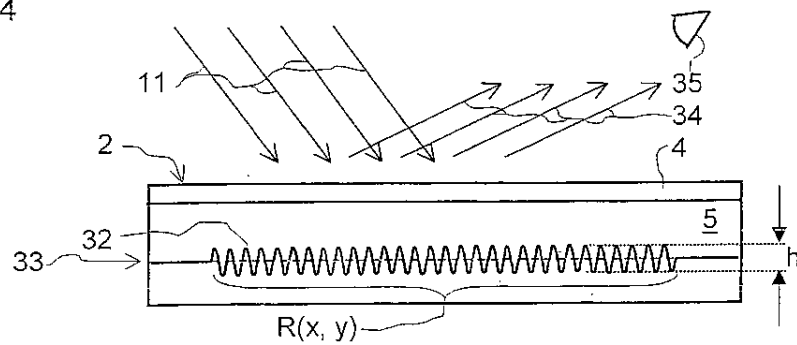


Fig. 5

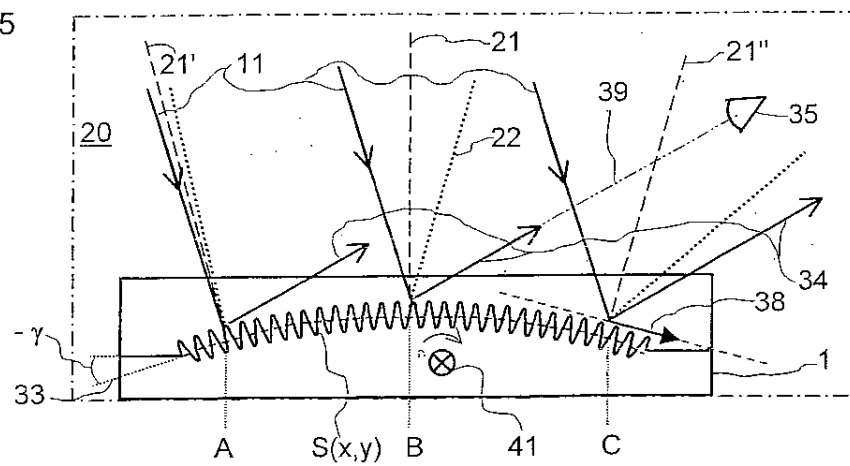


Fig. 6a

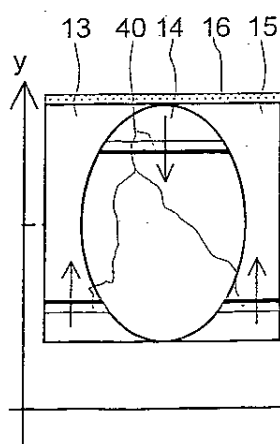


Fig. 6b

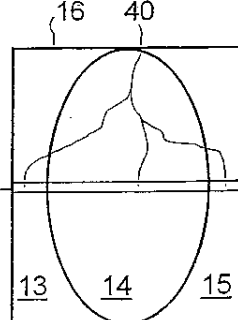


Fig. 6c

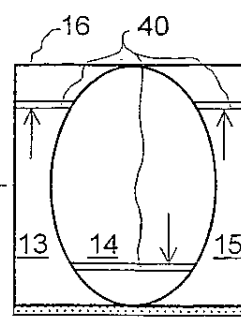


Fig. 7

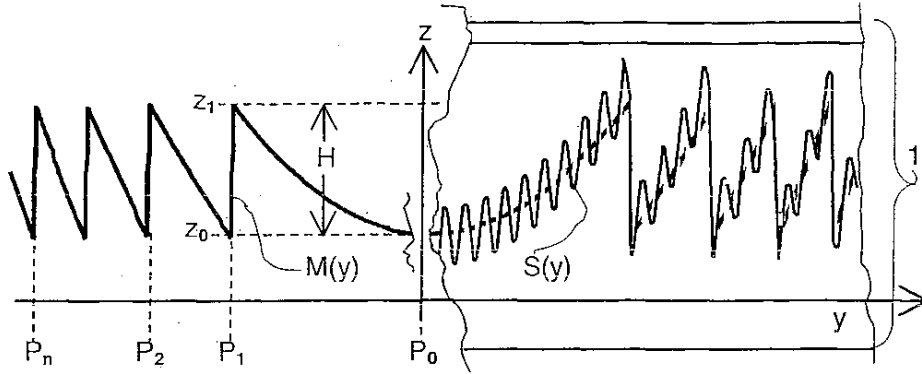


Fig. 8a

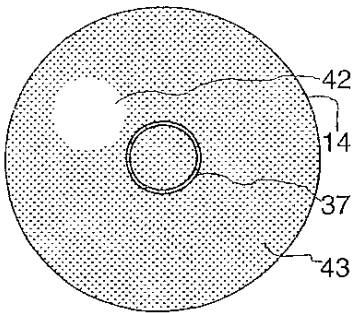


Fig. 8b

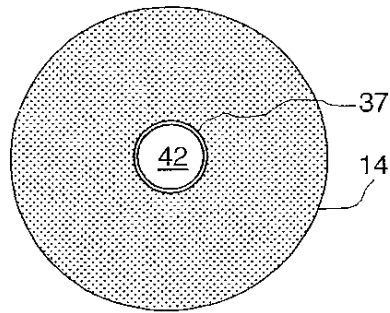


Fig. 9

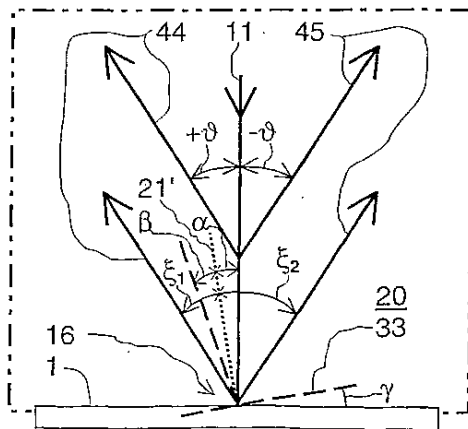


Fig. 10a

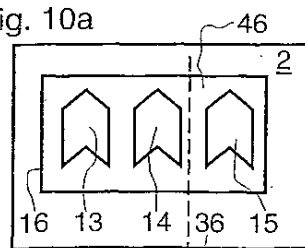


Fig. 10b

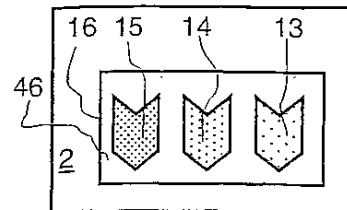


Fig. 11

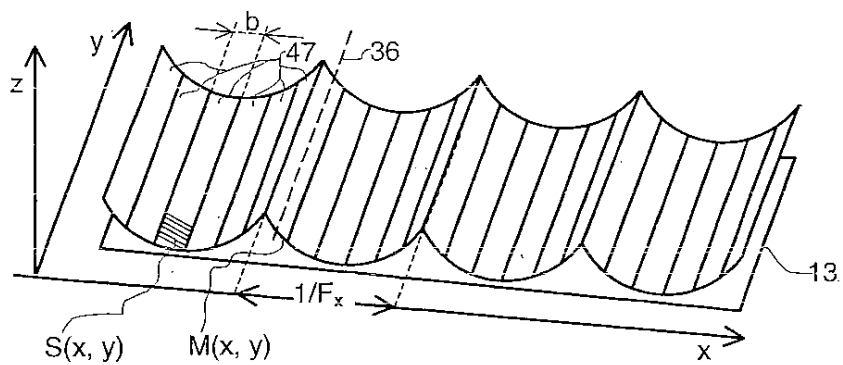


Fig. 12a

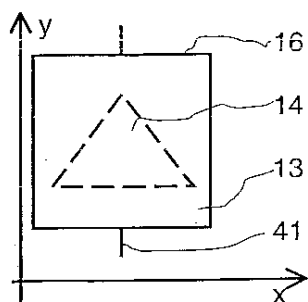


Fig. 12b

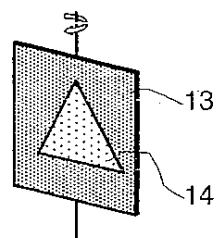


Fig. 12c

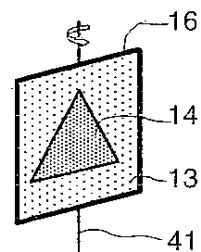


Fig. 13

