

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 519 595**

51 Int. Cl.:

B42D 15/00 (2006.01)

G02B 3/00 (2006.01)

G07D 7/20 (2006.01)

G07D 7/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **01.03.2011 E 11705995 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **24.09.2014 EP 2542424**

54 Título: **Dispositivo de magnificación de Moiré**

30 Prioridad:

01.03.2010 GB 201003397

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

07.11.2014

73 Titular/es:

**DE LA RUE INTERNATIONAL LIMITED (100.0%)
De La Rue House Jays Close Viables
Basingstoke RG22 4BS, GB**

72 Inventor/es:

HOLMES, BRIAN WILLIAM

74 Agente/Representante:

DE ELZABURU MÁRQUEZ, Alberto

ES 2 519 595 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

Dispositivo de magnificación de Moiré

5 La invención se refiere a un dispositivo de magnificación de Moiré tal como un dispositivo de seguridad, por ejemplo, para uso en documentos de seguridad y en otros artículos de valor tales como billetes bancarios, cheques, pasaportes, carnés de identidad, certificados de autenticidad, sellos fiscales y otros documentos para el aseguramiento de valor o la identidad personal. También se refiere a dispositivos ópticos para uso en el envasado o procedimientos similares.

10 La magnificación de Moiré ha venido utilizándose como la base de dispositivos de seguridad durante algunos años. Diversos ejemplos de ello se describen en los documentos WO-A-94/27254 y EP-A-1695121. En tal dispositivo, se proporciona un conjunto geoméricamente ordenado y regular de elementos de enfoque microscópico, o microenfoque, que definen un plano focal, sobre un conjunto geoméricamente ordenado correspondiente de elementos de imagen situados en un plano sustancialmente alineado con el plano focal de los elementos de enfoque. El paso o periodicidad del conjunto geoméricamente ordenado de elementos de imagen se escoge de manera que difiera en un pequeño factor del paso o periodicidad de los elementos de enfoque, y este desajuste significa que se generan versiones magnificadas de los elementos de imagen.

15 El factor de magnificación depende de la diferencia entre las periodicidades o pasos. Un desajuste de pasos entre un conjunto geoméricamente ordenado de microlentes y un conjunto geoméricamente ordenado de microimágenes puede también generarse de forma conveniente haciendo rotar el conjunto geoméricamente ordenado de microimágenes con respecto al conjunto geoméricamente ordenado de microlentes, o viceversa, de tal manera que el conjunto geoméricamente ordenado de microlentes y el conjunto geoméricamente ordenado de microimágenes tengan una desalineación rotacional. La desalineación rotacional del pequeño desajuste de pasos tiene como resultado que el ojo observa una parte diferente de la imagen en cada lente vecina, de lo que resulta una imagen aumentada. Si el ojo es entonces desplazado con respecto al conjunto geoméricamente ordenado de lentes / imágenes, se observa una parte diferente de la imagen, lo que da la impresión de que la imagen se encuentra en una posición diferente. Si el ojo es desplazado de una manera suave, se observan una serie de imágenes, lo que hace que se tenga la impresión de que la imagen se está moviendo con respecto a la superficie. En el caso de que el desajuste de pasos se genere por desalineación rotacional, el conjunto geoméricamente ordenado de imágenes aumentadas se hace rotar con respecto al conjunto geoméricamente ordenado de microimágenes y, en consecuencia, el efecto de paralaje que tiene como resultado el movimiento aparente de la imagen magnificada, también se hace rotar, y esto se conoce como paralaje oblicuo. El efecto del desajuste de pasos y de la desalineación rotacional sobre la magnificación y la rotación de la imagen aumentada que se observa en un magnificador de Moiré, se describe en la divulgación "The Moiré Magnifier" (El magnificador de Moiré), por M. Hutley, R. Hunt, R. F. Stevens y P. Savander, Pure Appl. Opt. 3 (1994), 133-142, publicada por IOP Publishing Limited.

20 La naturaleza del movimiento y los cambios de orientación pueden explicarse con la teoría de Moiré; esto se expone en detalle en la divulgación "The theory of the Moiré phenomenon" (La teoría del fenómeno de Moiré), por I. Amidror, publicada por Kluiver Academic Publishers en 2000, ISBN 0-7923-5949-6. El efecto de Moiré de dos estructuras periódicas puede ser explicado / predicho al considerar los vectores de frecuencia de las dos estructuras. La orientación del vector de frecuencia representa la dirección de la periodicidad, y la longitud representa la frecuencia (esto es $1/\text{Periodo}$). El vector es expresado por sus coordenadas cartesianas (u, v), donde u y v son las componentes horizontal y vertical de la frecuencia.

25 Los principios implicados se explican con mayor detalle en el documento WO-A-2005/106601.

Por lo común, los elementos de enfoque comprenden microlentes o microespejos y los elementos de imagen están definidos por simples iconos o elementos similares.

30 Se conoce también la práctica de proporcionar múltiples imágenes en un dispositivo de magnificación de Moiré. Por ejemplo, el documento WO-A-94/27254 ilustra un efecto de conmutación de imagen con la inclinación de un dispositivo. El documento WO-A-2005/106601 describe el modo como dos conjuntos de imágenes aumentadas pueden hacerse desplazar a diferentes velocidades a medida que es inclinado el dispositivo. Otro ejemplo se describe en el documento WO-A-2009/139396.

35 Un problema de los dispositivos conocidos es que es muy difícil conseguir efectos multicolores en los que dos o más imágenes se obtienen en diferentes colores. Esto es debido fundamentalmente a la dificultad de imprimir dos conjuntos geoméricamente ordenados de microimágenes situados frente a frente el uno con el otro y con colores diferentes, puesto que esto requeriría, convencionalmente, cursos de impresión independientes.

40 De acuerdo con un primer aspecto de la presente invención, un dispositivo de magnificación de Moiré comprende un sustrato transparente que porta:

55 i) un conjunto geoméricamente ordenado y regular de elementos de microenfoque sobre una primera superficie, de tal manera que los elementos de enfoque definen un plano focal;

- ii) un primer conjunto geoméricamente ordenado correspondiente de elementos de microimagen de un primer color y situado en un plano sustancialmente coincidente con el plano focal de los elementos de enfoque; y
- iii) un segundo conjunto geoméricamente ordenado correspondiente de elementos de microimagen, de un segundo color diferente del primer color y situado en un plano sustancialmente coincidente con el plano focal de los elementos de enfoque, de tal manera que el segundo conjunto geoméricamente ordenado de elementos de microimagen se encuentra lateralmente descentrado con respecto al primero,

de tal modo que los pasos de los elementos de microenfoque y de los primer y segundo conjuntos geoméricamente ordenados de elementos de microimagen, así como sus posiciones relativas, son tales, que el conjunto geoméricamente ordenado de elementos de microenfoque coopera con cada uno de los primer y segundo conjuntos geoméricamente ordenados de elementos de microimagen para generar respectivas versiones aumentadas de los elementos de microimagen de cada conjunto geoméricamente ordenado, debido al efecto de Moiré,

y de forma que una zona de interrupción de una anchura no nula es percibida entre la versión aumentada del primer conjunto geoméricamente ordenado de microimágenes y la versión aumentada del segundo conjunto geoméricamente ordenado de microimágenes, de tal modo que la zona de interrupción no exhibe ninguna versión magnificada de ningún conjunto geoméricamente ordenado de microimágenes.

Al disponer los elementos de microimagen de diferentes colores en dos conjuntos geoméricamente ordenados descentrados lateralmente y diferentes, y al disponer que se perciba una zona de interrupción entre las dos versiones aumentadas de los conjuntos geoméricamente ordenados, los efectos ópticamente distractivos que surgen de una falta de confrontación, o descuadre, lateral $\pm \Sigma$ entre los dos colores pueden ser controlados y reducidos a un grado aceptable o eliminados por completo. Así, pues, el dispositivo proporciona una apariencia de múltiples colores que proporciona un efecto visual intenso y reconocible al instante. El dispositivo es, por tanto, particularmente bien adecuado para su uso como dispositivo de seguridad (por ejemplo, para aseverar la autenticidad de un artículo), puesto que el efecto visual es fuertemente evidente, fácilmente descrito y puede distinguirse palmariamente de tentativas de falsificación. El dispositivo también proporciona una calidad decorativa mejorada.

La zona de interrupción puede ser generada de diversas maneras. Ha de apreciarse que, dependiendo del modo como se genera la zona de interrupción, los conjuntos geoméricamente ordenado de microelementos descentrados lateralmente pueden o no, en sí mismos, solaparse parcialmente entre sí. Sin embargo, en una primera implementación preferida, el primer conjunto geoméricamente ordenado de elementos de microimagen está separado lateralmente del segundo conjunto geoméricamente ordenado de elementos de microimagen por una región limítrofe de una anchura no nula, que carece de elementos de microimagen, lo que da lugar a una zona intencionadamente percibida por el observador.

Ventajosamente, la anchura de la región limítrofe carente de elementos de microimagen es mayor que la distancia más grande de repetición de cualquiera de los conjuntos geoméricamente ordenados de microimágenes en la dirección transversal a la región limítrofe. En casos particularmente preferidos en los que se han de acometer los errores de confrontación Σ de una escala fácilmente visible a simple vista (por ejemplo, mayor que aproximadamente de 75 a 100 micras), la anchura de la región limítrofe carente de elementos de microimagen es mayor que un error de confrontación Σ del primer conjunto geoméricamente ordenado de elementos de microimagen con respecto al segundo conjunto geoméricamente ordenado de elementos de microimagen. Ventajosamente, la anchura de la región limítrofe es varios órdenes de magnitud más grande que el error de confrontación. De la forma más preferida, la anchura de la región limítrofe carente de elementos de microimagen se ha diseñado de manera que tiene una magnitud 2Δ (una "anchura de diseño") que satisface sustancialmente la expresión:

$$\frac{(2\Delta - \Sigma)}{(2\Delta + \Sigma)} = \xi \geq 0,8$$

En ejemplos en los que el dispositivo incluye dos de tales regiones limítrofes a cada lado de un conjunto geoméricamente ordenado de elementos de microimagen, este criterio garantiza que las regiones de frontera aparecen sustancialmente simétricas o al menos similares entre sí para el observador.

En el caso de que el error de confrontación sea más pequeño de lo que el ojo humano puede resolver de manera directa (por ejemplo, $\Sigma \leq \sim 50$ a 100 micras), la anchura de diseño 2Δ de la región limítrofe carente de elementos de microimagen es, preferiblemente, mayor o igual que aproximadamente $0,5 \Sigma$. Por ejemplo, puede ser visualmente

más ventajoso garantizar que la anchura de la zona limítrofe se aproxima al valor del error de confrontación, por ejemplo, $2\Delta \approx \Sigma$.

5 El error de confrontación Σ está asociado con el procedimiento de fabricación mediante el cual se han de formar los elementos de microimagen, por ejemplo, la impresión. Por lo común, Σ es una medida del error de confrontación máximo promedio del procedimiento (que puede ser determinado empíricamente o puede ser conocido).

En ejemplos preferidos, la anchura de la región limítrofe carente de elementos de microimagen está comprendida entre 25 y 3.000 micras, de tal modo que el límite inferior de ese intervalo es, preferiblemente, 50 micras, más preferiblemente, 100 micras, y el límite superior de ese intervalo es, preferiblemente, 1.500 micras, más preferiblemente, 1.000 micras, aún más preferiblemente, 300, y de la forma más preferida, 150 micras.

10 La región limítrofe carente de elementos de microimagen puede estar despejada pero, en ejemplos preferidos, porta una capa de interrupción, de tal modo que la capa de interrupción adopta, preferiblemente, la forma de una impresión o revestimiento uniforme o con un cierto motivo. Resulta particularmente ventajoso que la capa de interrupción se disponga entre el sustrato y al menos uno de los primer y segundo conjuntos geoméricamente ordenados de elementos de microimagen. La capa de interrupción puede estar provista de una característica de seguridad encubierta, si se desea, preferiblemente un gráfico destinado a verse bajo una magnificación de baja potencia.

15 En otra implementación preferida, la zona de interrupción puede ser generada, en lugar de ello, a través de la modificación del conjunto geoméricamente ordenado de elementos de microenfoque. En este caso, no hay ninguna restricción en cuanto al modo como se disponen los conjuntos geoméricamente ordenados de microimágenes, y estos pueden solaparse parcialmente entre sí. De preferencia, el conjunto geoméricamente ordenado y regular de elementos de microenfoque comprende unos primer y segundo conjuntos geoméricamente ordenados y regulares de elementos de microenfoque, separados lateralmente uno de otro por una región limítrofe de anchura no nula que carece de elementos de microenfoque en funcionamiento, de tal modo que la región limítrofe está alineada con la transición entre el primer conjunto geoméricamente ordenado de microimágenes y el segundo, con lo que se provoca que la zona de interrupción sea percibida por el observador. Esto puede ser utilizado como alternativa al hecho de proporcionar una zona limítrofe entre los conjuntos geoméricamente ordenados de elementos de microimagen, o además de este.

20 Preferiblemente, la anchura de la región limítrofe carente de elementos de microenfoque es mayor que la dimensión más grande de los elementos de microenfoque individuales. Alternativamente, o además de ello, la anchura de la región limítrofe carente de elementos de microenfoque es mayor que el paso máximo de cualquiera de los conjuntos geoméricamente ordenados de elementos de microenfoque. En un ejemplo preferido particular, la anchura Δr de la región limítrofe carente de elementos de microenfoque es mayor que un error de confrontación Σ del primer conjunto geoméricamente ordenado de elementos de microimagen con respecto al segundo conjunto geoméricamente ordenado de elementos de microimagen. De forma ventajosa, la anchura Δr de la región limítrofe carente de elementos de microenfoque se calcula de acuerdo con la expresión:

$$\Delta r \geq 2(\Sigma + \delta)$$

40 donde δ es el error de confrontación de los conjuntos geoméricamente ordenado de elementos de microenfoque con respecto a los primer y segundo conjuntos geoméricamente ordenados de microimágenes.

En ejemplos particularmente preferidos, la anchura de la región limítrofe carente de elementos de microenfoque está comprendida entre 25 y 3.000 micras, de tal manera que el límite inferior de ese intervalo es, preferiblemente, 50 micras, más preferiblemente, 100 micras, y el límite superior de ese intervalo es, preferiblemente, 1.500 micras, más preferiblemente, 1.000 micras, aún más preferiblemente, 300, y de la forma más preferida, 150 micras.

45 La región limítrofe del conjunto geoméricamente ordenado de elementos de microenfoque puede formarse de un cierto número de maneras. En una realización preferida, la región limítrofe carente de elementos de microenfoque comprende una capa de material formada sobre elementos de microenfoque de esa región, siendo el material sustancialmente del mismo índice de refracción que el de los elementos de microenfoque, de tal manera que los elementos de microenfoque de la región limítrofe no son funcionales. Alternativamente, la región limítrofe carente de elementos de microenfoque puede comprender una región desprovista de elementos de microenfoque.

50 La zona de interrupción (y, por tanto, la región limítrofe de los conjuntos geoméricamente ordenados de elementos de microimagen y/o de microenfoque) puede ser recta (por ejemplo, rectangular), pero esto no es esencial. Preferiblemente, la zona de interrupción es rectilínea, curvilínea, sinusoidal, de onda cuadrada o escalonada. Son posibles configuraciones de zona de "bloqueo mutuo" en las que los dos conjuntos geoméricamente ordenados

permanecen en contacto a lo largo de uno de los ejes (pero no del otro), puesto que, generalmente, puede mantenerse una confrontación de manera precisa en la dirección perpendicular a la dirección de desplazamiento a lo largo del procedimiento de fabricación. Lo que es importante es que existe una región limítrofe ente los conjuntos geoméricamente ordenados adyacentes, al menos a lo largo de uno de los ejes, que será habitualmente el eje paralelo a la dirección en la que el sustrato se desliza a través del procedimiento de fabricación.

Las imágenes aumentadas de los primer y segundo conjuntos geoméricamente ordenados de microimágenes pueden haberse configurado de manera que se extienden en el mismo plano de imagen (es decir, a la misma "profundidad" por detrás o en frente de la superficie del dispositivo). Sin embargo, en ejemplos preferidos, el desajuste de pasos entre los conjuntos geoméricamente ordenados se escoge de un modo tal, que la versión aumentada del primer conjunto geoméricamente ordenado de microimágenes parece estar por encima o por debajo de la del segundo.

El efecto visual del dispositivo puede incrementarse adicionalmente mediante la provisión de imágenes de "fondo" o de "primer plano" alineadas con uno de los conjuntos geoméricamente ordenados existentes, o con los dos. Por tanto, en un ejemplo preferido, el dispositivo comprende, de manera adicional, un tercer conjunto geoméricamente ordenado de elementos de microimagen, situado en un plano sustancialmente coincidente con el plano focal de los elementos de enfoque, de tal modo que el tercer conjunto geoméricamente ordenado de elementos de microimagen se solapa, al menos parcialmente, al primer y/o segundo conjuntos geoméricamente ordenados de elementos de microimagen,

de manera que los pasos de los elementos de microenfoque y del tercer conjunto geoméricamente ordenado de elementos de microimagen, así como sus posiciones relativas, son tales, que el conjunto geoméricamente ordenado de elementos de microenfoque coopera con el tercer conjunto geoméricamente ordenado de elementos de microimagen para generar respectivas versiones aumentadas de los elementos de microimagen del tercer conjunto geoméricamente ordenado debido al efecto de Moiré,

y de modo que el desajuste de pasos entre el del tercer conjunto geoméricamente ordenado y el del elemento de microenfoque es diferente del desajuste de pasos entre el del primer conjunto geoméricamente ordenado y el del conjunto geoméricamente ordenado de elementos de microenfoque, y/o del desajuste de pasos entre el del segundo conjunto geoméricamente ordenado y el del conjunto geoméricamente ordenado de elementos de microenfoque, de tal manera que las versiones aumentadas de los elementos de microimagen del tercer conjunto geoméricamente ordenado son percibidas de modo que se extienden en un plano de imagen situado por encima o por debajo de las que resultan de los primer y/o segundo conjuntos geoméricamente ordenados.

El tercer conjunto geoméricamente ordenado puede ser de un color diferente de los del primer y/o segundo conjuntos geoméricamente ordenados, y puede haberse formado en un trabajo independiente puesto que no hay necesidad de situar frente a frente el tercer conjunto geoméricamente ordenado y el (los) conjunto(s) geoméricamente ordenado(s) al (a los) que se solapa.

El dispositivo puede comprender únicamente los dos conjuntos geoméricamente ordenados descentrados lateralmente (además de cualesquiera conjuntos geoméricamente ordenados en solapamiento) anteriormente descritos. Sin embargo, en ejemplos preferidos, el dispositivo se extiende más allá de los dos conjuntos geoméricamente ordenados descritos, de manera que hay uno o más conjuntos geoméricamente ordenados adicionales situados a uno de los lados, o a ambos lados, de los que ya se han descrito. De esta forma, preferiblemente, el dispositivo comprende, adicionalmente, un conjunto geoméricamente ordenado adicional de elementos de microimagen, situado en un plano sustancialmente coincidente con el plano focal de los elementos de enfoque, de manera que el conjunto geoméricamente ordenado adicional de elementos de microimagen está lateralmente descentrado con respecto a los primer y segundo conjuntos geoméricamente ordenados,

de tal modo que los pasos de los elementos de microenfoque y del conjunto geoméricamente ordenado adicional, así como sus posiciones relativas, son tales, que el conjunto geoméricamente ordenado de elementos de microenfoque coopera con el conjunto geoméricamente adicional de elementos de microimagen para generar respectivas versiones aumentadas de los elementos de microimagen del conjunto geoméricamente ordenado como consecuencia del efecto de Moiré,

y de modo que se percibe una zona de interrupción adicional de anchura no nula entre la versión aumentada del primer o del segundo conjunto geoméricamente ordenado de microimágenes y la versión aumentada del conjunto geoméricamente ordenado adicional de microimágenes, de manera que la zona de interrupción no exhibe ninguna versión aumentada de ninguno de los conjuntos geoméricamente ordenados de microimágenes.

En ejemplos particularmente preferidos, los conjuntos geoméricamente ordenados pueden alternar a lo largo del dispositivo —es decir, el conjunto geoméricamente ordenado "adicional" es idéntico ya sea al primer conjunto geoméricamente ordenado, ya sea al segundo (al menos en color)—. Por ejemplo, en una realización particularmente preferida, el dispositivo comprende un patrón repetitivo / alternante del primer conjunto

geoméricamente ordenado (denominado "R") y el segundo conjunto geoméricamente ordenado y coloreado (denominado "B"), con un color de fondo común opcional (denominado "G"), formado por un "tercer" conjunto geoméricamente ordenado de microimágenes que se solapa tanto a R como a G. En el procedimiento de fabricación, los dos primeros conjuntos geoméricamente ordenados / paneles en color se imprimirán
 5 alternativamente sobre la banda en un solo paso de máquina para proporcionar una alternación lateral R, B, R, B, R, B, de manera que el tercer color de fondo opcional G es aplicado en un tercer paso de máquina. La alternación R, B, R, B pasará a estar sobre el propio dispositivo de seguridad —en un ejemplo, el dispositivo podría estar únicamente presente un panel R y B (por lo común, si se proporciona a modo de una pegatina) o en uno R, B, R, y, quizá, en parte de un patrón de color B o viceversa (si se proporciona en un formato de tira o de hilo)—. En este ejemplo, el
 10 conjunto geoméricamente ordenado "adicional" es idéntico a uno de los primer o segundo conjuntos geoméricamente ordenados, formando ya sea una de las repeticiones "R", ya sea una de las repeticiones "B".

No obstante, es también posible añadir otro color separado lateralmente ("adicional") —por ejemplo, si el primero y el segundo son rojo y azul, entonces el tercero podría ser amarillo, por lo que en el procedimiento de elaboración (por ejemplo, impresión en banda), pueden tenerse tres cabezales de impresión que, en un solo paso por la máquina,
 15 imprimen una alternación lateral de los paneles de microimágenes R, B, Y, R, B, Y, R,... (cualesquiera o la totalidad de los cuales pueden también estar provistos del fondo opcional anteriormente mencionado, G) —. De esta forma, si el conjunto geoméricamente ordenado adicional es del mismo color que el primer o el segundo conjunto geoméricamente ordenado, este puede ser tendido en el mismo trabajo respectivo. Si el conjunto geoméricamente ordenado adicional es de un color diferente, este será tendido en un trabajo independiente (pero, preferiblemente, aún en el mismo paso por la máquina).

En el caso de que el dispositivo incluya una serie alternante de conjuntos geoméricamente ordenados (como en los dos ejemplos anteriores), cada uno de los conjuntos geoméricamente ordenados (aparte de los que se encuentran en los dos extremos de la serie) están, preferiblemente, separados por una región limítrofe de los conjuntos geoméricamente ordenados de ambos lados —es decir, cada conjunto geoméricamente ordenado es adyacente a
 25 dos regiones limítrofes—.

Los elementos de microimagen de alguno de los conjuntos geoméricamente ordenados pueden comprender, por lo común, iconos tales como símbolos, figuras geométricas, caracteres alfanuméricos y elementos similares, y, de la forma más preferida, proporcionan información. Alternativamente, los elementos de microimagen de uno o más de los conjuntos geoméricamente ordenados pueden definir un fondo genérico respetivo, por lo común sustancialmente uniforme, preferiblemente un patrón de líneas, por ejemplo, líneas (rectas) paralelas, figuras geométricas simples, o bien estructuras de líneas complejas tales como patrones de Guilloché.

En ejemplos preferidos, los elementos de microimagen se imprimen en el sustrato utilizando cualquier procedimiento de impresión adecuado, tal como el grabado, la impresión litográfica en mojado o en seco, la impresión en pantalla, la impresión en hueco y la flexoimpresión. Sin embargo, uno o más de los conjuntos geoméricamente ordenados de elementos de microimagen pueden también haberse formado como estructuras de rejilla, rebajes u otros patrones en relieve situados sobre el sustrato. Pueden también utilizarse estructuras antirreflectantes según se describe en el documento WO-A-2005/106601.

Los elementos de microenfoque, tales como las microlentes o los espejos cóncavos, se forman, preferiblemente, por abollonado en el interior de la superficie del sustrato, curado de colada o procedimientos similares. Preferiblemente, los elementos de microenfoque comprenden microlentes tales como lentes esféricas, lentes cilíndricas, lentes plano-convexas, lentes doblemente convexas, lentes de Fresnel y placas zonales de Fresnel. Ventajosamente, cada microlente tiene un diámetro comprendido en el intervalo entre 1 y 100 micras, preferiblemente entre 1 y 50 micras y, aún más preferiblemente, entre 10 y 30 micras.

Los magnificadores de Moiré creados por la presente invención pueden ser estructuras bidimensionales (2D) o unidimensionales (1D). Estructuras de magnificación de Moiré 2D que utilizan lentes esféricas se describen con mayor detalle en los documentos EP-A-1.695.121 y WO-A-94/27254. En un magnificador de Moiré 2D, las microimágenes son aumentadas en todas las direcciones. En una estructura de magnificación de Moiré 1D, las microlentes o microespejos esféricos son reemplazados por una disposición repetitiva de microlentes o microespejos cilíndricos. El resultado de esto es que los elementos de microimagen son sometidos a magnificación de Moiré en un único eje, que es el eje a lo largo del cual los espejos exhiben sus variaciones periódicas de curvatura o de relieve. En consecuencia, las microimágenes son fuertemente comprimidas o revertidas en su magnificación a lo largo del eje de magnificación, en tanto que el tamaño o dimensión de los elementos de microimagen a lo largo del eje ortogonal al eje de magnificación es sustancialmente el mismo con el que aparecen al observador —es decir, no se produce ninguna magnificación ni aumento—.

El magnificador de Moiré creado por la presente invención puede constituir por sí mismo un dispositivo de seguridad, pero puede también ser utilizado en combinación con otras características de seguridad tales como hologramas, rejillas de difracción y otras estructuras de generación de efectos ópticamente variables.

El dispositivo óptico de la presente invención puede ser utilizado para autenticar una variedad de sustratos —de tal manera que la naturaleza del sustrato, en particular, su espesor y flexibilidad tienen su influencia en las propiedades

correspondientes del dispositivo óptico--.

La invención cobra especial valor a la hora de proteger sustratos flexibles tales como papel y, en particular, billetes de banco, en los que el dispositivo puede definir una pegatina, tira o hilo. El espesor del dispositivo se verá influido por el modo como se emplea en el billete de banco, si bien, para evitar la deformación tanto de la forma de la guillotina del papel durante el procedimiento de impresión del billete de banco, como, por lo demás, de la forma y la flexibilidad del billete de banco en sí mismo, es deseable que el espesor del dispositivo no exceda la mitad del espesor del propio billete de banco (por lo común, de 85 a 120 μm) --por ello se ha anticipado que, en cualquier realización, el dispositivo óptico será de menos de 50 μm , incluyendo adhesivos de aseguramiento y, de preferencia, sustancialmente de esta manera--.

- 5
- 10 Por ejemplo, por lo que respecta a una pegatina aplicada a un billete de banco, el espesor deseado oscilará entre unas pocas micras (excluyendo el adhesivo de aseguramiento) y un máximo de 35 – 40 μm (de nuevo excluyendo el adhesivo) para una etiqueta. En tanto que, para el caso de una tira, el espesor oscilará, de nuevo, desde unas pocas micras para el caso de una tira abollonada en caliente o transferida, hasta entre 35 y 40 μm para el caso de una tira no transferida en la que la capa portadora de soporte es retenida (de nuevo excluyendo los adhesivos de aseguramiento), tal como sería necesario en el caso de que la tira se aplicara sobre una abertura mecánica practicada en el sustrato del billete de banco.
- 15

En el caso de un hilo parcialmente visible en ventanas, el espesor final preferido está comprendido en el intervalo entre 20 y 50 μm .

- 20 Las versiones más gruesas del dispositivo de seguridad (de hasta 300 μm) pueden ser empleadas en aplicaciones que incluyen páginas de papel de pasaporte, cubiertas o tapas de pasaporte de plástico, visados, carnés de identidad, etiquetas de identificación de marcas, etiquetas contra la manipulación indebida --cualesquiera artículos visualmente identificables--.

Por otra parte, el dispositivo puede ser proporcionado dentro de una ventana transparente de un documento de seguridad con el fin de permitir que se vea al trasluz, o en transmisión.

- 25 De acuerdo con un segundo aspecto de la invención, se proporciona un método para fabricar un dispositivo de magnificación de Moiré. El método comprende, en cualquier orden:

- a) formar un conjunto geoméricamente ordenado y regular de elementos de microenfoque en una primera superficie de un sustrato transparente, de tal manera que los elementos de enfoque definen un plano focal;
- 30 b) formar en una segunda superficie del sustrato transparente, en un primer trabajo, un primer conjunto geoméricamente ordenado correspondiente de elementos de microimagen de un primer color y situado en un plano sustancialmente coincidente con el plano focal de los elementos de enfoque; y
- 35 c) formar, en la segunda superficie del sustrato transparente, en un segundo trabajo, un segundo conjunto geoméricamente ordenado correspondiente de elementos de microimagen, de un segundo color diferente del primer color, y situado en un plano sustancialmente coincidente con el plano focal de los elementos de enfoque, de tal manera que el segundo conjunto geoméricamente ordenado de elementos de microimagen está lateralmente descentrado con respecto al primero,

- de forma que los pasos de los elementos de microenfoque y de los primer y segundo conjuntos geoméricamente ordenados de elementos de microimagen, así como sus posiciones relativas, son tales, que el conjunto geoméricamente ordenado de elementos de microenfoque coopera con cada uno de los primer y segundo conjuntos geoméricamente ordenados de elementos de microimagen con el fin de generar respectivas versiones aumentadas de los elementos de microimagen de cada conjunto geoméricamente ordenado debido al efecto de Moiré, y son tales que el dispositivo presenta visualmente una zona de interrupción de anchura no nula entre la versión aumentada del primer conjunto geoméricamente ordenado de microimágenes y la versión aumentada del segundo conjunto geoméricamente ordenado de microimágenes, de manera que la zona de interrupción no exhibe una versión aumentada de ninguno de los conjuntos geoméricamente ordenados de microimágenes.
- 40
- 45

- De este modo, el método tiene como resultado un dispositivo de múltiples colores con un fuerte impacto visual en correspondencia, el cual, como se ha explicado anteriormente, aumenta el nivel de seguridad del dispositivo. La zona de interrupción corresponde a la zona de interrupción anteriormente explicada con respecto al primer aspecto de la invención. En ejemplos comparativos, las interfaces entre las imágenes adyacentes que resultan de los conjuntos geoméricamente ordenados de microimágenes pueden ser tratadas de diversas maneras. Ha de apreciarse que, dependiendo de la técnica empleada, los conjuntos geoméricamente ordenados de microimágenes, descentrados lateralmente, pueden o no solaparse parcialmente unos con otros.
- 50

- En un primer ejemplo comparativo, el máximo error en la confrontación (Σ) entre los primer y segundo trabajos no es mayor que 100 micras, preferiblemente no mayor que 75 micras y, más preferiblemente, no mayor que 50 micras. De esta manera, cualquier interferencia de las imágenes aumentadas que surja del solapamiento de los primer y
- 55

segundo conjuntos geoméricamente ordenados de elementos de microimagen caerá por debajo del umbral de visualización, de manera que, desde el punto de vista del observador, los conjuntos geoméricamente ordenados están, a todos los respectos, frente a frente. De este modo, bajo estas condiciones, no es necesaria una zona de interrupción entre los paneles de imágenes. Los presentes inventores han ideado aparatos gracias a los cuales puede conseguirse esto, como se explicará adicionalmente más adelante.

Como se ha destacado anteriormente, la zona de interrupción puede ser generada mediante la incorporación de una región limítrofe entre los conjuntos geoméricamente ordenados de microimágenes, o mediante la modificación del conjunto geoméricamente ordenado de elementos de microenfoque (o mediante ambas cosas). En consecuencia, en un método preferido, los primer y segundo conjuntos de elementos de microimagen se forman sobre el sustrato de acuerdo con una plantilla de diseño que define las posiciones deseadas de los elementos de microimagen en cada conjunto geoméricamente ordenado, de tal manera que la plantilla de diseño incluye una región limítrofe con una anchura de diseño 2Δ no nula, que carece de elementos de microimagen entre los primer y segundo conjuntos geoméricamente ordenados de elementos de microimagen, la cual, una vez que se han formado los conjuntos geoméricamente ordenados sobre el sustrato, se manifiesta como una región limítrofe que da lugar a la zona de interrupción percibida por el observador, de tal modo que la región limítrofe formada tiene una anchura $(2\Delta \pm \Sigma)$, donde Σ es el error de confrontación del primer conjunto geoméricamente ordenado de elementos de microimagen con respecto al segundo conjunto geoméricamente ordenado de elementos de microimagen, asociado con la formación de los conjuntos geoméricamente ordenados en las etapas (b) y (c).

Por ejemplo, en una realización en la que los dos conjuntos geoméricamente ordenados se alternan a lo largo del dispositivo, cada conjunto geoméricamente ordenado de microimágenes está contenido dentro de dos zonas limítrofes respectivas con una anchura de diseño 2Δ –sin embargo, debido a la variación Σ de confrontación entre conjuntos geoméricamente ordenados de elementos de microimagen, en la práctica, una de las regiones limítrofes se incrementará hasta $(2\Delta + \Sigma)$, en tanto que la otra se reducirá hasta $(2\Delta - \Sigma)$, a fin de preservar la distancia de repetición de conjuntos geoméricamente ordenados de microimágenes–.

Preferiblemente, la anchura de diseño de la región limítrofe carente de elementos de microimagen es mayor que la dimensión más grande de los elementos de microimagen individuales y/o es mayor que el paso máximo de cualquiera de los conjuntos geoméricamente ordenados de elementos de microimagen. Ventajosamente, la anchura de diseño de la región limítrofe carente de elementos de microimagen es mayor que el error de confrontación Σ . En ejemplos particularmente preferidos para valores de $\Sigma \geq 100$ micras (o, más preferiblemente, en algunos casos, $\Sigma \geq 150$ micras), la anchura de diseño 2Δ de la región limítrofe carente de elementos de microimagen se calcula de acuerdo con la expresión:

$$\frac{(2\Delta - \Sigma)}{(2\Delta + \Sigma)} = \xi \geq 0,8$$

Para valores de $\Sigma \leq 100$ micras, la anchura 2Δ de la región limítrofe carente de elementos de microimagen es, preferiblemente, mayor o igual que $0,5 \Sigma$, más preferiblemente, de al menos Σ . Este criterio más relajado para el error de confrontación de $100 \mu\text{m}$ o menos se debe al hecho de que, para dimensiones tan pequeñas, el ojo humano no conseguirá, por lo común, apreciar la interrupción. De esta forma, si se hace un esfuerzo para apreciar la interrupción, entonces será necesario preocuparse menos de la simetría del espacio vacío entre paneles. Otro factor importante es el contraste visual de la región limítrofe –en la mayoría de los magnificadores de Moiré, los elementos de imagen aumentados son característicamente de color negro contra un fondo luminoso con el fin de maximizar el contraste de imagen. Puesto que el espacio de fondo entre las imágenes (el “lienzo” de la imagen) es un espacio vacío de imagen, se sigue de ello que una región limítrofe vacía de microimágenes tendrá el aspecto de una característica de bajo contraste cuando se presenta contra el color de fondo proporcionado por zonas de imagen adyacentes. De este modo, la región limítrofe no será obstrusora y será difícil de ver. En contraposición, una región de solapamiento situada entre los dos conjuntos geoméricamente ordenados será muy oscura al contraste (debido a la cobertura incrementada del elemento de microimagen), lo que destacará para el observador.

Como ya se ha mencionado, para tales errores de confrontación bajos, la región limítrofe puede, alternativamente, ser omitida por completo. Por ejemplo, valores de $\Sigma \leq 50 \mu\text{m}$ pueden ser considerados como situados por debajo del umbral de visualización o de percepción y, por tanto, la anchura de diseño puede reducirse a cero (esto es, los conjuntos geoméricamente ordenados se han diseñado para contactar a tope entre sí), ya que cualesquiera efectos nocivos que surgen de la falta de confrontación y el solapamiento de dos conjuntos geoméricamente ordenados crearán una banda de solapamiento demasiado delgada para poder resolverse.

En implementaciones preferidas, la anchura de diseño de la región limítrofe carente de elementos de microimagen está comprendida entre 25 y 3.000 micras, de tal modo que el límite inferior de ese intervalo es, preferiblemente, 50

micras y, más preferiblemente, 100 micras, y el límite superior de ese intervalo es, preferiblemente, 1.500 micras, más preferiblemente, 1.000 micras, aún más preferiblemente, 300 micras y, de la forma más preferida, 150 micras.

5 Como se ha mencionado anteriormente, la región limítrofe puede incluir una capa de interrupción. Si es así, es preferible que la capa de interrupción se disponga sobre el sustrato antes de que se forme al menos uno de los primer y segundo conjuntos geoméricamente ordenados de elementos de microimagen. Ventajosamente, la capa de interrupción se forma en el mismo trabajo de la formación del primer conjunto geoméricamente ordenado de elementos de microimagen, y antes de la formación del segundo conjunto geoméricamente ordenado.

10 Si la zona de interrupción se ha de generar a través de la modificación del conjunto geoméricamente ordenado de elementos de microenfoque, preferiblemente, la etapa (a) el método comprende formar unos primer y segundo conjuntos geoméricamente ordenados y regulares de elementos de microenfoque, separados lateralmente uno de otro por una región limítrofe de anchura Δr no nula y que carece de elementos de microenfoque en funcionamiento, de tal manera que la región limítrofe está alineada con la transición el primer conjunto geoméricamente ordenado de elementos de microimagen y el segundo, con lo que se da lugar a que la zona de interrupción sea percibida por el observador.

15 De preferencia, la anchura de la región limítrofe carente de elementos de microenfoque es mayor que la dimensión más grande de los elementos de microenfoque individuales y/o mayor que el paso máximo de cualquiera de los conjuntos geoméricamente ordenados de elementos de microenfoque. Como antes, la anchura Δr de la región limítrofe carente de elementos de microenfoque es, preferiblemente, mayor que el error de confrontación Σ del primer conjunto geoméricamente ordenado de elementos de microimagen con respecto al segundo conjunto geoméricamente ordenado de elementos de microimagen. Ventajosamente, la anchura Δr de la región limítrofe carente de elementos de microenfoque se calcula de acuerdo con la expresión:

$$\Delta r \geq 2(\Sigma + \delta)$$

25 donde δ es el error de confrontación de los conjuntos geoméricamente ordenados de elementos de microenfoque con respecto a los primer y segundo conjuntos geoméricamente ordenados de microimágenes.

La capa limítrofe del conjunto geoméricamente ordenado de elementos de microenfoque puede formarse utilizando cualquiera de las técnicas previamente mencionadas.

De nuevo, no es necesario que la zona de interrupción sea recta.

30 Puede haberse proporcionado un tercer conjunto geoméricamente ordenado de elementos de microimagen solapándose con uno u otro de los primer y segundo conjuntos geoméricamente ordenados (o con ambos), tal y como se ha descrito anteriormente. Conjuntos geoméricamente ordenados adicionales descentrados lateralmente pueden también haberse proporcionado como se ha mencionado anteriormente.

35 En implementaciones particularmente preferidas, en las etapas (b) y (c), los primer y segundo conjuntos geoméricamente ordenados de elementos de microimagen se forman secuencialmente utilizando un aparato que comprende unas primera y segunda estaciones de impresión en línea, o en una misma cadena, una aguas abajo de la otra, de tal manera que cada una de las estaciones de impresión comprende un rodillo de impresión que tiene elementos de impresión dispuestos en orden geométrico en tan solo una porción de su superficie, preferiblemente, no más de la mitad de su superficie.

40 De preferencia, el aparato comprende, de manera adicional, una unidad de ajuste de longitud de recorrido, configurada para ajustar la longitud del recorrido entre las primera y segunda estaciones de impresión en línea. Ventajosamente, la unidad de ajuste de longitud de recorrido comprende al menos un rodillo tensor destinado a soportar la banda de sustrato entre las primera y segunda estaciones de impresión, de tal modo que el al menos un rodillo tensor es movable en una dirección fuera del plano de la banda, al objeto de ajustar con ello la longitud del recorrido. En una implementación particularmente preferida, la unidad de ajuste de longitud de recorrido comprende, adicionalmente, un detector, preferiblemente, una cámara, situado aguas abajo de la segunda estación de impresión, configurado para detectar una distancia entre los primer y segundo conjuntos geoméricamente ordenados de elementos de microimagen, y un controlador, configurado para ajustar la longitud de recorrido basándose en la distancia detectada. Esto consigue una confrontación particularmente precisa entre los dos conjuntos geoméricamente ordenados.

En otro ejemplo comparativo, se proporciona un documento de seguridad que comprende un sustrato de documento que tiene al menos dos ventanas transparentes o traslúcidas, separadas una de otra, y un dispositivo que comprende un sustrato transparente que porta:

- i) un conjunto geoméricamente ordenado y regular de elementos de microenfoque en una primera superficie, de tal manera que los elementos de enfoque definen un plano focal;
- ii) un primer conjunto geoméricamente ordenado correspondiente de elementos de microimagen, de un primer color y situado en un plano sustancialmente coincidente con el plano focal de los elementos de enfoque; y
- iii) un segundo conjunto geoméricamente ordenado correspondiente de elementos de microimagen, de un segundo color diferente del primer color, y situado en un plano sustancialmente coincidente con el plano focal de los elementos de enfoque,

de manera que al menos una porción del primer conjunto geoméricamente ordenado de elementos de microimagen no es solapada por la segunda, y al menos una porción del segundo conjunto geoméricamente ordenado de elementos de microimagen no es solapada por la primera;

y de forma que los pasos de los elementos de microenfoque y de los primer y segundo conjuntos geoméricamente ordenados de elementos de microimagen, así como sus posiciones relativas, son tales, que el conjunto geoméricamente ordenado de elementos de microenfoque coopera con cada uno de los primer y segundo conjuntos geoméricamente ordenados de elementos de microimagen con el fin de generar respectivas versiones aumentadas de los elementos de microimagen de cada conjunto geoméricamente ordenado, debido al efecto de Moiré,

siendo el dispositivo incorporado dentro de, o aplicado sobre, el sustrato del documento, en alineación con las al menos dos ventanas, de modo que el dispositivo se sitúa frente a frente con el sustrato del documento de una manera tal, que la versión aumentada del primer conjunto geoméricamente ordenado de elementos de microimagen es visible a través de la primera de las dos ventanas, y la versión aumentada del segundo conjunto geoméricamente ordenado de elementos de microimagen es visible a través de la segunda de las dos ventanas, siendo la transición entre los conjuntos geoméricamente ordenados de elementos de microimagen ocultada por el sustrato del documento entre las dos ventanas.

Esta configuración proporciona el beneficio sustancial de que la porción del dispositivo en la que las imágenes aumentadas de los dos conjuntos geoméricamente ordenados de elementos de microimagen se aproximan entre sí (y, posiblemente, se solapan, en el caso de que no haya zona de interrupción y la confrontación sea defectuosa) y no son visibles para el observador, es ocultada por el sustrato del documento. De esta forma, ya no es necesario conseguir una confrontación precisa o mitigar sus efectos por medio del uso de una zona de interrupción. En consecuencia, el dispositivo incorporado a este aspecto de la invención puede, cuando se observa por sí solo, presentar visualmente una interferencia u otros efectos entre las versiones aumentadas de los dos conjuntos geoméricamente ordenados (incluyendo el solapamiento). No obstante, pueden, por supuesto, utilizarse para este propósito dispositivos de acuerdo con los primer y segundo aspectos de la invención.

Preferiblemente, el dispositivo adopta la forma de un hilo o pieza de inserción encastrada dentro del sustrato del documento, de tal modo que las dos ventanas se forman en el sustrato, en el mismo lado del hilo o pieza de inserción. Las ventanas pueden consistir en aberturas o porciones transparentes del sustrato (por ejemplo, un polímero).

En otra implementación, el dispositivo se da en la forma de una pegatina o raya fijada a la superficie del sustrato del documento, de tal modo que las dos ventanas se forman a través de todo el espesor del sustrato.

Preferiblemente, el dispositivo comprende al menos un primer, un segundo y un tercer conjuntos geoméricamente ordenados de microimágenes, separados lateralmente unos de otros, y el sustrato del documento tiene al menos tres ventanas correspondientes, de tal manera que las microimágenes y, como resultado, las imágenes aumentadas visibles, se alternan en términos de color, símbolo, patrón y/u orientación de una ventana a la siguiente. En ejemplos particularmente preferidos, los conjuntos geoméricamente ordenados se alternan a lo largo de la longitud del dispositivo de un modo tal, que los paneles aumentados de colores alternos son visibles. El tercer conjunto geoméricamente ordenado puede ser el mismo que el primer conjunto geoméricamente ordenado, o puede ser diferente (por ejemplo, de diferente color).

Se describirán a continuación algunos ejemplos de dispositivos de seguridad de acuerdo con la invención, con referencia a los dibujos que se acompañan, en los cuales:

La Figura 1 es una vista en planta y esquemática de un billete de banco;

La Figura 2a ilustra la apariencia de una primera realización de un dispositivo, en una vista en planta, la Figura 2b ilustra esquemáticamente porciones de sus conjuntos geoméricamente ordenados de microimágenes, y la Figura 2c representa una porción adicional de sus conjuntos geoméricamente ordenados de microimágenes, con imágenes aumentadas superpuestas a modo de ejemplo;

Las Figuras 3a y 3b ilustran la apariencia del dispositivo de la Figura 2a cuando se inclina hacia el observador y en

- alejamiento de este, respectivamente, y la Figura 3c representa una porción adicional de sus conjuntos geoméricamente ordenados de microimágenes, con imágenes aumentadas superpuestas a modo de ejemplo;
- 5 La Figura 4a muestra esquemáticamente un ejemplo de conjuntos geoméricamente ordenados fuera de confrontación, las Figuras 4b y 4c representan porciones de sus conjuntos geoméricamente ordenados de microimágenes, con imágenes aumentadas superpuestas a modo de ejemplo;
- La Figura 5a muestra esquemáticamente una plantilla de diseño para el conjunto geoméricamente ordenado de microimágenes de una segunda realización del dispositivo, y la Figura 5b muestra un detalle ampliado de la Figura 5a;
- 10 La Figura 6a muestra otra porción ampliada de la Figura 5a, y la Figura 6b muestra la misma porción, formada fuera de confrontación;
- Las Figuras 7a, b y c muestran conjuntos geoméricamente ordenados de microimágenes de una tercera realización de un dispositivo que tiene una primera anchura de zona limítrofe proporcionada a modo de ejemplo, formada con diferentes errores de confrontación;
- 15 Las Figuras 8a, b y c muestran conjuntos geoméricamente ordenados de microimágenes de una cuarta realización de un dispositivo que tiene una segunda anchura de zona limítrofe proporcionada a modo de ejemplo, formada con diferentes errores de confrontación;
- Las Figuras 9a, b y c muestran conjuntos geoméricamente ordenados de microimágenes de una quinta realización de un dispositivo que tiene una tercera anchura de zona limítrofe proporcionada a modo de ejemplo, formada con diferentes errores de confrontación;
- 20 La Figura 10 es un corte transversal y esquemático de cualquiera de las segunda a quinta realizaciones de un dispositivo;
- La Figura 11 muestra conjuntos geoméricamente ordenados de microimágenes de una sexta realización de un dispositivo, y la Figura 11(i) muestra un detalle ampliado;
- 25 La Figura 12 muestra conjuntos geoméricamente ordenados de microimágenes de una séptima realización de un dispositivo;
- La Figura 13 es un corte transversal y esquemático de la sexta o la séptima realización;
- La Figura 14 es un corte transversal y esquemático de una octava realización de un dispositivo;
- La Figura 15 es un corte transversal y esquemático de una novena realización de un dispositivo;
- 30 La Figura 16 ilustra esquemáticamente conjuntos geoméricamente ordenados de microimágenes de una décima realización de un dispositivo;
- Las Figuras 17a y b muestran conjuntos geoméricamente ordenados de microimágenes de unas undécima y duodécima realizaciones de un dispositivo, respectivamente;
- La Figura 18 es un corte transversal y esquemático de una decimotercera realización de un dispositivo;
- 35 La Figura 19 muestra esquemáticamente un aparato que puede ser utilizado para formar conjuntos geoméricamente ordenados de microimágenes de cualquiera de las realizaciones;
- Las Figuras 20A a I ilustran diferentes tipos de microimágenes en relieve;
- La Figura 21 muestra un ejemplo de un artículo que porta un dispositivo de acuerdo con cualquiera de las realizaciones;
- La Figura 22 es un corte transversal y esquemático a lo largo de la línea X – X de la Figura 21;
- 40 La Figura 23 muestra otro ejemplo de un artículo que comprende un dispositivo de acuerdo con cualquiera de las realizaciones;
- La Figura 24 muestra un ejemplo adicional de un artículo que comprende un dispositivo de acuerdo con cualquiera de las realizaciones;
- La Figura 25 es un corte transversal y esquemático a lo largo de la línea Y – Y de la Figura 24;
- 45 La Figura 26 es un corte transversal y esquemático alternativo a lo largo de la línea Y – Y de la Figura 24;
- Las Figuras 27 a 29 son vistas de otros ejemplos de dispositivos de seguridad de magnificación de Moiré,

combinados con dispositivos de seguridad holográficos;

Las Figuras 30a y 30b son cortes a lo largo de las líneas A-A y B-B, respectivamente, de la Figura 29.

5 La Figura 1 ilustra esquemáticamente un billete de banco 1 que tiene un hilo de seguridad 2 y una ventana transparente 3. El billete de seguridad 1 puede estar hecho de papel o de un polímero (tal como polipropileno orientado biaxialmente), y uno o ambos del hilo de seguridad 2 y la ventana 3 incorpora un dispositivo de seguridad de acuerdo con la invención.

10 La Figura 2a ilustra esquemáticamente la apariencia de una primera realización de un dispositivo de seguridad, en una vista en planta. Como se ha explicado anteriormente, la apariencia de un dispositivo de magnificación de Moiré depende de la naturaleza del (de los) conjunto(s) geoméricamente ordenado(s) de elementos de microimagen incluido(s) en el dispositivo, puesto que el dispositivo presenta una versión aumentada del (de los) conjunto(s) geoméricamente ordenado(s). Así, pues, la exposición que sigue alternará frecuentemente entre la apariencia del dispositivo en sí, tal como la que se muestra en la Figura 2a, y la disposición del (de los) conjunto(s) geoméricamente ordenado(s) de elementos de microimagen subyacente(s), del (de los) cual(es) se muestra un ejemplo en la Figura 2b. En aras de la claridad, a lo largo de todas las figuras, salvo donde se especifique de otra manera, se ilustrará la apariencia de un dispositivo con un trazo continuo y grueso y sin sombreado de fondo, en tanto que las ilustraciones de conjuntos geoméricamente ordenados de microimágenes (y las plantillas en las que están basados) se mostrarán con un trazo discontinuo y con un sombreado de fondo ligero.

15 Ha de apreciarse también que las figuras no están a escala: en la práctica, los elementos de microimagen individuales pueden ser muchos órdenes de magnitud más pequeños que las versiones aumentadas vistas por un observador. Por otra parte, los cortes transversales no representan con precisión los espesores relativos de los diversos componentes.

20 En la Figura 2a se ha mostrado una vista en planta de una primera realización de un dispositivo de seguridad 10 (que tiene, aquí, un formato de tira), que comprende dos conjuntos alternos 11, 12 de imágenes aumentadas sintéticamente. En este ejemplo, las imágenes seleccionadas son iconos, a saber, el número '20' en el primer panel 11 de imágenes aumentadas, y un símbolo de 'cresta' en el segundo panel 12 de imágenes aumentadas. Este puede representar, por ejemplo, el valor denominativo de un artículo al que se aplicará, en último término, el dispositivo, y un icono regional apropiado perteneciente al documento de seguridad. Es de importancia que los iconos estén situados en zonas independientes, no solapadas, 11, 12, y se proporcionen en diferentes colores, preferiblemente en contraste unos con otros, por ejemplo, rojo y azul.

25 En la Figura 2b se muestran los conjuntos geoméricamente ordenados 100 de elementos de microimagen a partir de los cuales son generados los paneles de imágenes 11, 12. Perteneciente a cada panel de imágenes respectivo 11, 12, existirá un conjunto geoméricamente ordenado de retícula 110, 120 de elementos de microimagen impresos o de otro modo formados del color respectivo, y con su paso respectivo. Cada conjunto geoméricamente ordenado 110, 120 de microimágenes se forma en un trabajo independiente: así, en un ejemplo, el conjunto geoméricamente ordenado 110, consistente en símbolos rojos "20", se instala antes que los símbolos de "cresta" azules del conjunto geoméricamente ordenado 120.

30 La Figura 2c muestra una porción ampliada, proporcionada a modo de ejemplo, del dispositivo 10 y de sus conjuntos geoméricamente ordenados de microimágenes subyacentes, utilizando un factor de magnificación M de ~10. Por supuesto, en la práctica, únicamente las imágenes aumentadas 11, 12 serán visibles, y los conjuntos geoméricamente ordenados 110, 120 de elementos de microimagen no se verán. Los círculos en líneas de trazos representan el conjunto geoméricamente ordenado de elementos de microenfoque 22 (que se describe con mayor detalle más adelante). Las pequeñas "crestas" y "20's" son los respectivos elementos de microimagen individuales, y las "crestas" y el "20" más grandes, las imágenes aumentadas 11, 12. La posición de los respectivos elementos de microimagen con respecto al conjunto geoméricamente ordenado 22 de lentes determina la posición de las respectivas imágenes aumentadas. En este caso, la ubicación de los elementos de microenfoque 22 con respecto a los elementos de microimagen es tal, que, por encima de cada conjunto geoméricamente ordenado 110, 120, la versión totalmente aumentada de los símbolos 11, 12 de elementos es visible; de tal manera que el número "20" aumentado 11 del primer conjunto geoméricamente ordenado 110 está situado por encima de una línea de interfaz nociónal que divide los dos paneles de imágenes, y el símbolo 12 de "cresta" aumentado está situado por debajo de la línea. No hay esencialmente ninguna separación intencional entre los dos conjuntos geoméricamente ordenados 110, 120 de microimágenes.

35 En esta realización, cualquier interferencia visible entre los paneles de imágenes 11, 12 es evitada mediante la formación de los conjuntos geoméricamente ordenados de elementos de microimagen subyacentes 110, 120 en una confrontación precisa el uno con el otro. Es decir, el error de confrontación máximo entre los conjuntos geoméricamente ordenados es menor o igual que 100 micras. Si bien esto se ha revelado difícil utilizando técnicas convencionales, según se describe más adelante con referencia a la Figura 19, el presente inventor ha ideado un método por medio del cual es posible. Puesto que los respectivos conjuntos geoméricamente ordenados 110, 120 de microimágenes pueden ser colocados con precisión uno con respecto al otro, el solapamiento de los paneles de imágenes resultantes 11, 12 se minimiza y no hay interferencia u oscurecimiento visible de uno de los conjuntos

geoméricamente ordenados por parte del otro. En la práctica, puede haber un solapamiento muy pequeño entre los dos conjuntos geoméricamente ordenados, pero, como se ha explicado anteriormente, este no será resoluble por el ojo humano. Ello conduce al significativo beneficio de que no hay necesidad de complejas reglas de diseño pertenecientes a cada conjunto geoméricamente ordenado de elementos de microimagen, y, de hecho, ambos conjuntos geoméricamente ordenados pueden, en un caso, estar configurados por el mismo tipo de símbolo, diferenciado únicamente por el color.

En el presente ejemplo, el paso de ambos conjuntos geoméricamente ordenados de imágenes respectivos es el mismo, de tal manera que los dos paneles 11, 12 de imágenes sintéticamente aumentadas tendrán la apariencia de estar situados en el mismo plano, a una cierta distancia por detrás o por delante del dispositivo. Sin embargo, generalmente, es preferible tener los dos paneles de imágenes 11, 12 situados en diferentes planos de imagen, y ello se consigue por medio del uso de diferentes pasos de los conjuntos geoméricamente ordenados de elementos de microimagen, tal y como se explicará adicionalmente más adelante. En otros ejemplos, el panel de imágenes sintéticas generado por uno cualquiera de los respectivos conjuntos geoméricamente ordenados de microelementos puede incluir áreas que parecen extenderse en más de un plano, utilizando métodos ya conocidos en la técnica (véase, por ejemplo, el documento EP-A-1.695.121) –por ejemplo, pueden proporcionarse elementos alternos del conjunto geoméricamente ordenado de imágenes “20’s” aumentadas, en dos planos de imagen independientes–.

Así, pues, la formación de los dos conjuntos geoméricamente ordenados de microimágenes en confrontación precisa garantiza que, cuando el dispositivo es observado, no hay interferencia visible (es decir, solapamiento) entre los paneles de imágenes. Esto tiene como resultado una apariencia visual diferenciada y, en consecuencia, el dispositivo resulta eficaz para muchas aplicaciones. Sin embargo, el dispositivo puede, con todo, adolecer de otros efectos distractivos cuando se observa en diferentes ángulos o incluso a lo largo de la normal en el caso de que haya una falta de confrontación entre los conjuntos geoméricamente ordenados de microimágenes y el conjunto geoméricamente ordenado de elementos de microenfoque.

Como se ha mencionado anteriormente, la Figura 2 se refiere a un dispositivo de conjuntos geoméricamente ordenados de colores alternos discretos en el que la posición de cada conjunto geoméricamente ordenado de microimágenes con respecto al conjunto geoméricamente ordenado de elementos de enfoque, y/o la dirección de observación concreta garantizan que los elementos de imagen aumentados se asientan por completo dentro de sus respectivos conjuntos geoméricamente ordenados de microimágenes. Es decir, las versiones sintéticamente aumentadas de los iconos “20” y los símbolos de “cresta” se asentaron centralmente en el interior de cada panel de imágenes –en otras palabras, no había pérdida de continuidad de diseño / imagen a través de los contornos del panel.

Sin embargo, en la Figura 3 se muestra un escenario más común en el que no se ha conseguido el mismo grado de control. Las Figuras 3a y 3b muestran una sección del mismo dispositivo que el representado en la Figura 2, pero en el que se ha producido un desplazamiento vertical de los elementos de imagen aumentados 11, 12 con respecto a sus paneles 110, 120 de conjunto geoméricamente ordenado de microimágenes asociados, ya sea debido a un cambio en el ángulo de observación, ya sea como consecuencia de un corrimiento vertical en la confrontación del conjunto geoméricamente ordenado 22 de elementos de microenfoque con respecto a los dos conjuntos geoméricamente ordenados 110 y 120 de microimágenes. En la práctica, semejante falta de confrontación entre el conjunto geoméricamente ordenado de elementos de microenfoque (por ejemplo, microlentes) y los conjuntos geoméricamente ordenados de elementos de microimagen es prohibitivamente difícil de eliminar.

En términos de apariencia, los efectos de inclinar el dispositivo y de la falta de confrontación entre el conjunto geoméricamente ordenado de elementos de microenfoque y los conjuntos geoméricamente ordenados de microimágenes son similares, lo que provoca el desplazamiento lateral de las imágenes aumentadas. Como consecuencia de este desplazamiento de imagen vertical, los dos paneles 11, 12 de imágenes sintéticas no permanecen, por lo común, en posiciones preferidas desde un punto de vista estético con respecto a las zonas limítrofes.

Tomando, en primer lugar, el ejemplo de la inclinación del dispositivo, a medida que la dirección de observación es desplazada lejos de la normal, las imágenes sintéticamente aumentadas exhiben entonces un movimiento de paralaje en correspondencia con su profundidad o distancia percibida desde el plano del dispositivo. En particular, incluso si las imágenes aumentadas son, cuando se observan normalmente, como si estuvieran situadas según se muestra en la Figura 2a, el movimiento de paralaje puede entonces hacer que los elementos de imagen aumentada situados próximos al contorno del panel lo atraviesen subsiguientemente, de tal manera que serán entonces visualizados como incompletos o fraccionarios, ya que el patrón de microimágenes relevante que es necesario en el otro lado de la frontera no está allí para dar soporte a una visualización adicional de la imagen aumentada. Esto se ilustra en la Figura 3, de tal modo que la Figura 3a muestra el escenario en que un cambio en la posición de observación provoca que las imágenes aumentadas se muevan hacia abajo hasta un grado en que su movimiento es interrumpido por el siguiente panel, y quedan incompletas. La Figura 3b muestra el escenario opuesto, en el cual el cambio en la dirección de observación provoca que las imágenes aumentadas se muevan hacia arriba.

Los mismos efectos que se ilustran en las Figuras 3a y 3b pueden ser causados, en lugar de ello, por corrimientos

de las posiciones relativas del conjunto geoméricamente ordenado de microenfoque 22 y por los conjuntos geoméricamente ordenados 110, 120 de elementos de microimagen. Esto se muestra en las Figuras 3(c)(i) y (ii), las cuales muestran el modo como la posición de la imagen aumentada sigue la confrontación de los conjuntos geoméricamente ordenados 110, 120 de elementos de microimagen con el conjunto geoméricamente ordenado 22 de elementos de microenfoque (nótese que, en aras de la claridad, tan solo se ha representado uno de los conjuntos geoméricamente ordenados, el 120, pero, en la práctica, también estará presente el otro conjunto geoméricamente ordenado 110, tal como se muestra en la Figura 2(c)). La Figura 3(c)(i) muestra con una cruz la posición (designada como 120*) en la que el conjunto geoméricamente ordenado 120 de microimágenes está en confrontación con el conjunto geoméricamente ordenado de enfoque 22, y se observa aquí que la imagen aumentada 12 está centrada en torno a esa posición (con lo que permite, por tanto, que se vea la imagen completamente aumentada 12, la cual corresponde al escenario de la Figura 2). La Figura 3(c)(ii) muestra el escenario en el que la posición o la confrontación del conjunto geoméricamente ordenado 120 de microimágenes se ha movido hacia arriba en un error de confrontación δ que, aquí, se corresponde con la mitad de la altura de uno de los elementos de microimagen de "cresta". La nueva posición 120* de confrontación mutua entre el conjunto geoméricamente ordenado de microimágenes y el conjunto geoméricamente ordenado de microenfoque se ha marcado, de nuevo, con una cruz. De esta forma, se ha hecho que la imagen aumentada 12 se mueva hacia arriba de manera tal, que el centro sus motivos se sitúa sobre la nueva posición de confrontación 120*. En esta nueva posición, la imagen aumentada 12 es "fraccionada" o terminada conforme esta llega a la línea de interfaz, debido a que el conjunto geoméricamente ordenado de microimágenes contacta a tope con la frontera pero no la cruza. En consecuencia, no hay elementos de microimagen de "cresta" en el otro lado de la frontera para dar soporte a su visualización. Esto corresponde al efecto observado a través de la totalidad del dispositivo, tal como se ha mostrado en la Figura 3(b). Por supuesto, si el corrimiento de la confrontación se hubiera producido en la dirección opuesta, entonces se tendría como resultado un corrimiento hacia abajo como se ha mostrado en la Figura 3(a).

Ha de comprenderse, de esta forma, que el desplazamiento de las imágenes sintéticas aumentadas es promovido no solo por los cambios en el ángulo de observación, sino también por los cambios en la confrontación entre el conjunto geoméricamente ordenado de elementos de microenfoque y los respectivos conjuntos geoméricamente ordenados de elementos de microimagen o, ciertamente, por una combinación de los dos. En la práctica, un corrimiento en la confrontación entre el conjunto geoméricamente ordenado de elementos de microenfoque y los conjuntos geoméricamente ordenados de elementos de microimagen igual a, póngase por caso, la mitad de la anchura de una microimagen dará como resultado un desplazamiento relativo igual de la imagen aumentada sintéticamente. Supóngase, a modo de ejemplo, que el grado concebido para la magnificación de Moiré es $\times 100$; un cambio (no intencionado) en la confrontación entre el conjunto geoméricamente ordenado de elementos de microimagen y el conjunto geoméricamente ordenado de elementos de microenfoque (en una dirección ortogonal a la línea limítrofe del panel) de solo 0,015 mm generará entonces un corrimiento en la posición del conjunto geoméricamente ordenado de imágenes sintéticas de 1,5 mm. Se hará, de esta forma, que cualquier imagen cuyo borde o perímetro caiga dentro de 1,5 mm de la frontera se solape con la frontera y sea fraccionada por esta.

En la práctica, lo que esto significa es que, con el fin de obtener el emplazamiento preferido de las imágenes sintéticamente aumentadas dentro de una zona de observación o, ciertamente, dentro de un panel de imágenes respectivo, es necesaria una precisión de confrontación mutua entre los conjuntos geoméricamente ordenados de elementos de microimagen y de elementos de microenfoque de menos de la mitad de la distancia de repetición de los conjuntos geoméricamente ordenados (por lo común, < 20 micras), que no es alcanzable en la actualidad.

Así, pues, la colocación de las imágenes sintéticamente aumentadas en posiciones predeterminadas dentro de sus respectivos paneles de imágenes, con una discontinuidad de imagen mínima a cada lado de la zona limítrofe, representa un significativo desafío de fabricación (que requiere la confrontación en unas pocas decenas de micras o menos). Puede reducirse, no obstante, mediante una elección de imagen, disposición de los conjuntos geoméricamente ordenados y separación de los mismos adecuadas, el efecto pernicioso de tal discontinuidad de frontera hasta un grado que no distrae al observador, de manera que, ciertamente, este puede ser presentado como un efecto de seguridad visible y describible, y, por tal motivo, dispositivos tales como los descritos con referencia a las Figuras 2 y 3 siguen siendo útiles.

Sin embargo, sería deseable proporcionar un dispositivo en el que semejante "fraccionamiento" en las fronteras del panel de imágenes fuera controlado sin tener que conseguir una confrontación perfecta entre el conjunto geoméricamente ordenado de elementos de microenfoque y los conjuntos geoméricamente ordenados de elementos de microimagen. Por otra parte, en la práctica, es posible que no siempre sea deseable o posible minimizar o eliminar el error de confrontación Σ entre los dos conjuntos geoméricamente ordenados de elementos de microimagen. Por ejemplo, si los conjuntos geoméricamente ordenados de microimágenes se han de formar mediante impresión utilizando un aparato de impresión ya existente, ese aparato determinará la confrontación mínima que puede alcanzarse. De esta forma, la presente invención también proporciona técnicas mediante las cuales se suprimen los problemas que surgen de errores de confrontación inevitables —es decir, la supresión de efectos visuales que, de otro modo, se generarían cuando los paneles de microimágenes impresos adyacentes no mantienen una confrontación mutua y, por tanto, no topan con presión unos con otros (tal y como se ha mostrado en la Figura 2b), así como el alivio de los que surgen de la falta de confrontación entre los elementos de microenfoque y los elementos de microimagen—.

Un ejemplo de falta de confrontación entre conjuntos geoméricamente ordenados de microimágenes se ha mostrado en la Figura 4, en la cual se observa que el conjunto geoméricamente ordenado de microimágenes central

110 (correspondiente al panel de imágenes 11 con los iconos “20”) del conjunto geoméricamente ordenado 100 de elementos de microimagen se ha corrido hacia abajo con respecto a los dos conjuntos geoméricamente ordenados 120’ y 120” de “crestas” –lo que hace que aparezca un espacio de separación G inintencionadamente entre los conjuntos geoméricamente ordenados 110 y 120”, y, lo que es más preocupante, provoca un solapamiento OV de los dos conjuntos geoméricamente ordenado 110 y 120’ de microimágenes en la zona de imagen inferior–. Esto tiene como resultado un solapamiento no controlado que es molesto para el observador y, por tanto, una interferencia no controlada entre los dos paneles 11, 12 de imágenes aumentadas sintéticamente, lo que conduce a una pérdida o reducción de la integridad de la imagen. Para el observador, la asimetría en la apariencia de las interfaces entre los paneles de imágenes y la pérdida de calidad / integridad de imagen serán, en el mejor de los casos, discernidas como un error de fabricación visualmente obstrusor y, en el peor de los casos, servirán para confundir al observador con respecto al efecto de seguridad ópticamente variable que se supone que está observando.

La Figura 4(b) muestra una porción ampliada del dispositivo de la Figura 4, en la región del espacio de separación G entre los conjuntos geoméricamente ordenados de microimágenes 110 y 120”, donde la posición o confrontación del conjunto geoméricamente ordenado de microimágenes superior 120” se ha corrido hacia arriba o en alejamiento del conjunto geoméricamente ordenado inferior 110, de tal manera que se crea un espacio de separación o vacío en la zona de transición entre los dos conjuntos geoméricamente ordenados. Para que tal espacio vacío sea tolerado visualmente por el observador, es deseable que su anchura sea apreciablemente menor que las dimensiones verticales de las imágenes aumentadas 11, 12 y su espacio de separación entre imágenes asociado.

La Figura 4(b) muestra una porción ampliada adicional del dispositivo de la Figura 4 en la región del solapamiento OV entre los conjuntos geoméricamente ordenados 110 y 120’ de microimágenes. Como en el caso de las Figuras 2(c) y 3(c), esta Figura ilustra tanto los elementos 11, 12 de imágenes aumentadas como los conjuntos geoméricamente ordenados 110, 120 de elementos de microimagen, pero, en la práctica, únicamente serán visibles las imágenes aumentadas. Debido a que el conjunto geoméricamente ordenado de microimágenes inferior 120’ se ha aplicado fuera de confrontación con el conjunto geoméricamente ordenado superior 110, el conjunto geoméricamente ordenado inferior se corre hacia arriba para cruzar la interfaz nocional y se solapa o choca con el conjunto geoméricamente ordenado superior. Puesto que el solapamiento se produce entre dos conjuntos geoméricamente ordenados de imágenes no correlacionados, el efecto de uno de los conjuntos geoméricamente ordenados consiste en competir con el otro y enmascararlo –es decir, los dos conjuntos geoméricamente ordenados interfieren de un modo no cooperativo, lo que produce una zona o banda de imágenes aumentadas con contribuciones de imagen no controladas desde cada conjunto geoméricamente ordenado. A fin de mitigar el efecto pernicioso de tal solapamiento, los presentes inventores proponen la creación de una zona de interrupción entre los paneles 11, 12 de imágenes aumentadas en los que no se genera ninguna versión aumentada de ninguno de los conjuntos geoméricamente ordenados de microimágenes. Esto elimina cualquier solapamiento de las imágenes aumentadas y, por tanto, alivia los problemas anteriormente mencionados. Nótese que esto puede conseguirse bien por medio de la modificación de los conjuntos geoméricamente ordenados de microimágenes, o bien mediante la modificación el conjunto geoméricamente ordenado de elementos de microenfoque (ambas cuales opciones se detallarán más adelante), y, en este último caso, no hay necesidad de eliminar el solapamiento de los propios conjuntos geoméricamente ordenados de elementos de microimagen. Se ha proporcionado, preferiblemente, una zona de interrupción a lo largo del dispositivo, en cada posición en la que la imagen cambia entre un color y el siguiente: por ejemplo, en los ejemplos anteriormente descritos, se proporcionará una zona de interrupción en cada interfaz entre los paneles de imágenes 11 y los paneles de imágenes 12.

Cada zona de interrupción puede ser generada bien incorporando una región limítrofe al diseño del (de los) conjunto(s) geoméricamente ordenado(s) 100 de elementos de microimagen, o bien mediante la incorporación de un “espacio de separación” en el conjunto geoméricamente ordenado de elementos de microimagen, o las dos cosas.

De esta forma, en una segunda realización de la invención, el dispositivo incorpora una zona de interrupción entre paneles de imágenes adyacentes 11, 12, la cual se forma por medio de la provisión de una región limítrofe entre los primer y segundo conjuntos geoméricamente ordenados 110, 120 de elementos de microimagen, que carece de elementos de microimagen asociados con cualquier conjunto geoméricamente ordenado adyacente. La Figura 5a muestra un ejemplo de una plantilla de diseño D que puede ser utilizada para formar los conjuntos geoméricamente ordenados de elementos de microimagen en el dispositivo (por ejemplo, mediante el control de un aparato de impresión de acuerdo con la plantilla) de la segunda realización. Si los conjuntos geoméricamente ordenados de elementos de microimagen pueden formarse en el dispositivo de acuerdo con la plantilla con un error de confrontación nulo, los conjuntos geoméricamente ordenados de elementos de microimagen resultantes serán idénticos a la plantilla de diseño (sin embargo, como ya se ha indicado y como se demostrará más adelante, este no es, por lo común, el caso).

La plantilla de diseño D incluye una región limítrofe 150 entre el “primer” conjunto geoméricamente ordenado 120’

de elementos de microimagen y el “segundo” conjunto geoméricamente ordenado 110 de elementos de microimagen, y otra entre el “segundo” conjunto geoméricamente ordenado 110 y el “tercer” conjunto geoméricamente ordenado 120” de elementos de microimagen. La anchura de esta región limítrofe 150 de la plantilla de diseño (que se denota por 2Δ) supera, preferiblemente, la confrontación relativa (esto es, el error de confrontación Σ) con el que pueden formarse (por ejemplo, imprimirse) los conjuntos geoméricamente ordenados de elementos de microimagen unos con respecto a otros, de tal manera que se aprecia que los primer y tercer conjuntos geoméricamente ordenados 120', 120'' se formarán en un único trabajo, en tanto que el segundo conjunto geoméricamente ordenado 110 se formará en otro distinto. Por lo común, el error de confrontación Σ de los conjuntos geoméricamente ordenados unos con respecto a otros que cabe esperar utilizando técnicas conocidas en la tecnología, varía de tan poco como 25 micras a tanto como 1.000 micras, o más.

De esta forma, dependiendo del procedimiento de fabricación, la anchura de diseño 2Δ de la región limítrofe 150 puede ser de entre 25 y 3.000 micras. Dentro de ese intervalo, la anchura de diseño es, preferiblemente, al menos 50 micras y, más preferiblemente, 100 micras. Sin embargo, a fin de reducir el impacto visual de la zona de interrupción, la anchura de diseño es, preferiblemente, no mayor de 1.500 micras, más preferiblemente no mayor de 1.000 micras, aún preferiblemente no mayor de 300 micras y, de la forma más preferida, no mayor de 150 micras. En un ejemplo, la anchura de diseño se encuentra entre 100 y 200 micras. En otro ejemplo preferido, la anchura de diseño está comprendida entre 0,05 mm y 0,25 mm. Sin embargo, desde un punto de vista del diseño, la anchura de la región limítrofe es, deseablemente, minimizada con el fin de reducir su impacto en la apariencia del dispositivo.

Más generalmente, se prefiere que la anchura de diseño de la región limítrofe 150 sea mayor que el tamaño de un elemento de microimagen individual de cualquiera de los conjuntos geoméricamente ordenados, en la dirección de la separación entre los conjuntos geoméricamente ordenados (aquí, la dimensión relevante es la altura, h , del elemento según se indica en la Figura 5b, pero, en otros casos, puede ser la anchura, w , si los conjuntos geoméricamente ordenados están separados a lo largo del eje y y en lugar de a lo largo del eje x). Es también preferible que la anchura de diseño de la región limítrofe sea mayor que el paso A de los elementos de microimagen en la dirección relevante (aquí, A_y). Se apreciará que la Figura 5 no está a escala a este respecto en particular.

Si el error de confrontación Σ es lo suficiente grande para ser apreciable por el ojo humano (por ejemplo, mayor que aproximadamente entre 100 y 150 micras), la anchura de diseño de la región limítrofe 150 puede también ajustarse para tener en cuenta la simetría en el dispositivo. Se considerará a continuación, con referencia a la Figura 5, cuánto debe exceder la anchura de la región limítrofe al error de confrontación Σ de la impresión entre conjuntos geoméricamente ordenados para tener en cuenta la simetría del dispositivo. Esto es de particular relevancia cuando el dispositivo incluye al menos tres conjuntos geoméricamente ordenados de elementos de microimagen, de tal manera que el conjunto geoméricamente ordenado intermedio se forma en un trabajo diferente de los de cada lado, tal como es el caso para los conjuntos geoméricamente ordenados 110, 120' y 120''.

Como se ha destacado anteriormente, la Figura 5a muestra la plantilla de diseño D , que es idéntica a los conjuntos geoméricamente ordenados 100 de elementos de microimagen en el caso de que los conjuntos geoméricamente ordenados se extiendan sobre el dispositivo en estricta confrontación mutua. Las regiones limítrofes 150 comprendidas entre las zonas adyacentes de colores alternos se definen, cada una de ellas, por una zona carente de elementos de microimagen de anchura 2Δ . Para los propósitos de esta explicación, resulta cómodo asociar con cada extremo de cada conjunto geoméricamente ordenado 110, 120', 120'' una región limítrofe parcial 150a, 150b de anchura Δ , tal y como se ha ilustrado en el detalle ampliado de la Figura 5b.

Al hacer esta asociación se observa que, para el escenario en el que dos conjuntos geoméricamente ordenados en color se encuentran en estricta confrontación, las regiones limítrofes parciales 150a, 150b contactan a tope una con otra.

Se aprecia también que la longitud de cada conjunto geoméricamente ordenado 110, 120', 120'' es P_1 –de forma que si P_1 = longitud del conjunto geoméricamente ordenado 110 (iconos “20”) y P_2 = longitud de cada conjunto geoméricamente ordenado 120', 120'' (iconos de “cresta”), entonces la siguiente longitud de repetición R_p se conserva con independencia de la varianza en la confrontación entre paneles:

$$R_p = P_1 + P_2 + 2\Delta$$

Esto se ha ilustrado con referencia a la Figura 6, la cual muestra los conjuntos geoméricamente ordenados de elementos de microimagen formados en el dispositivo. En la Figura 6a se tiene entonces un escenario en que las regiones limítrofes parciales asociadas con cada panel impreso contactan a tope y, por tanto, se considera que los dos paneles en color se encuentran en mutua confrontación. De esta forma, los conjuntos geoméricamente ordenados acabados (por ejemplo, impresos) aparecen como idénticos a la plantilla de diseño de la Figura 5a.

Supóngase que se añade, a continuación, un error en la confrontación de uno de los conjuntos geoméricamente

ordenados en color impresos con respecto al otro de un módulo de valor Σ , y que el sentido o dirección de este corrimiento en la confrontación es como se ha mostrado en la Figura 6b.

5 Como consecuencia de ello, la región limítrofe real 150' entre los conjuntos geoméricamente ordenados acabados 110 y 120" se incrementa hasta $(2\Delta + \Sigma)$, en tanto que, en la zona de transición inferior, la anchura de la región limítrofe 150" se reduce a $(2\Delta - \Sigma)$. Por tanto, los conjuntos geoméricamente ordenados formados en el dispositivo no son idénticos a la plantilla de diseño D en la que están basados (al menos en términos de confrontación entre conjuntos geoméricamente ordenados).

La asimetría percibida entre la zona vacía superior y la inferior se expresa por la relación $\xi = (2\Delta - \Sigma) / (2\Delta + \Sigma)$.

10 Cuando esta relación ξ es igual a la unidad, no se percibe ninguna asimetría entre las regiones limítrofes superior e inferior asociada con la falta de confrontación entre conjuntos geoméricamente ordenados –la simetría de frontera será percibida por el observador como parte de las características de diseño regulares y repetitivas del diseño y, en términos psico-ópticos, será bien tolerada. En otras palabras, para el escenario en que las variaciones en la confrontación son suficientemente grandes para poder verse (por ejemplo, $\Sigma > 100 \mu\text{m}$), es entonces preferible garantizar que la relación entre zonas limítrofes se aproxima a la unidad.

15 Resulta evidente ahora que la relación ξ tendrá un valor que, generalmente, satisface la condición $\xi \leq 1,0$.

Valores decrecientes de esta relación por debajo de la unidad indican una simetría decreciente entre las dos fronteras –por ejemplo, cuando $\Sigma > 2\Delta$ (esto es, cuando los conjuntos geoméricamente ordenados se solapan a través de una de las interfaces), la relación se hace entonces negativa, y esto denota un mayor grado de asimetría que cuando $\Sigma = \Delta$ (es decir, cuando los conjuntos geoméricamente ordenados contactan a tope en ese mismo panel mencionado)–.

20 Aproximarse al valor de la unidad requiere que la anchura de diseño de la región limítrofe sea sustancialmente mayor que el error de confrontación (es decir, $2\Delta \gg \Sigma$), y, por tanto, idealmente:

- bien la varianza de confrontación Σ se hace despreciablemente pequeña en comparación con la anchura 2Δ de la zona vacía,
- o bien la anchura de diseño de la región limítrofe se hace muy considerablemente mayor que la variación de confrontación.

25 Sin embargo, en la práctica, la varianza de confrontación Σ tiene un valor mínimo establecido por los límites de ingeniería del sistema de fabricación, y la anchura de frontera tiene un valor máximo establecido por la necesidad de que su tamaño esté en armonía con el conjunto geoméricamente ordenado de imágenes aumentadas sintéticamente.

30 Para dar un ejemplo, una tolerancia de confrontación Σ típica entre cabezales de impresión secuenciales de un moderno sistema de impresión basado en banda de polímero, es del orden de $\pm 0,15 \text{ mm}$.

35 Si el dispositivo presentemente divulgado se hubiera de utilizar como una característica de hilo parcialmente visible en ventanas, las dimensiones de las ventanas del hilo establecerían una escala para el tamaño de los elementos de imagen aumentados y su separación de repetición. Supóngase que las dimensiones de las ventanas tienen un valor típico de 3-4 mm de anchura por 4-6 mm de altura. Entonces el diseñador del dispositivo óptico escogerá un tamaño de imagen aumentada de en torno a 2-3 mm, con una repetición de las imágenes de menos de 4 mm.

40 Se sigue entonces que la anchura de la región limítrofe terminada debe ser, preferiblemente, menor que la dimensión de los elementos de imagen aumentados y que sus respectivos espacios de separación entre imágenes, de tal modo que parece que la zona vacía encaja naturalmente con el resto de las imágenes del dispositivo. El objetivo es determinar la anchura de la zona vacía efectiva mínima y, más particularmente, el valor máximo tolerable para la relación $\xi = (2\Delta - \Sigma) / (2\Delta + \Sigma)$.

Los presentes inventores han encontrado que se consigue una simetría visual aceptable para valores de $\xi \geq 0,8$ (en el caso de que el error de confrontación sea suficientemente grande como para que sea apreciable, por ejemplo, $\Sigma \geq 150 \mu\text{m}$).

45 De esta forma, en el presente ejemplo, tomando $\Sigma = 150 \mu\text{m}$ y escogiendo ξ de manera que tenga una magnitud en el valor mínimo de 0,8 –se obtiene, entonces, de la expresión para ξ un valor aceptable mínimo para la anchura de diseño de la región limítrofe de 1,35 mm. Este valor es apreciablemente menor que las dimensiones de los elementos de imagen aumentados y será también menor que la distancia de separación entre imágenes en los paneles aumentados.

50 Las Figuras 7 a 9 ilustran la validez de los presentes criterios de simetría. Las Figuras 7a, b y c muestran un ejemplo conceptual en el que se cumple que el error de confrontación Σ máximo de impresión entre conjuntos

geoméricamente ordenados es igual a la anchura de diseño de la región limitrofe, es decir, $\Sigma = 2\Delta$. Por lo tanto, $\xi = 0$ y, en este escenario, la confrontación puede hacer que los dos conjuntos geoméricamente ordenados de microimágenes contacten a tope en uno de las fronteras, en tanto que, en la otra frontera, estarán separados por una cantidad 4Δ (como en el caso de las Figuras 7b y 7c). De esta forma, las dos fronteras del conjunto geoméricamente ordenado de imágenes parecen altamente asimétricas, con lo que distraen al observador (molestia “psico-óptica”).

Las Figuras 8a, b y c muestran un ejemplo conceptual en el que el error de confrontación máximo de impresión entre conjuntos geoméricamente ordenados es aproximadamente un cuarto de la anchura de diseño de la región limitrofe, es decir, $\Sigma = 0,5 \Delta$ y, por tanto, $\xi = 0,6$. En este escenario, el error de confrontación hace que el espacio de separación entre conjuntos geoméricamente ordenados se incremente y reduzca en el 25% en ambas fronteras de conjunto geoméricamente ordenado respectivas. La asimetría es menos obvia que en el ejemplo anterior, pero sigue siendo fácilmente discernible.

Las Figuras 9a, b y c muestran una realización en la que el error de confrontación máximo de impresión entre conjuntos geoméricamente ordenados es aproximadamente un décimo de la anchura de diseño de la región limitrofe, es decir, $\Sigma = 0,2 \Delta$ y, por tanto, $\xi = 0,82$. En este escenario, el error de confrontación crea un grado de asimetría de frontera que es apenas discernible en una inspección inicial y, por tanto, no importunará o distraerá al observador. Esta, en consecuencia, constituye una realización preferida.

Por tanto, a fin de ocuparse de los efectos asimétricos potencialmente perjudiciales de la confrontación entre conjuntos geoméricamente ordenados, los presentes inventores han creado una regla de diseño que establece que la anchura de diseño 2Δ de la región limitrofe ha de ser como mínimo unas 9 veces el valor del error de confrontación. Esto se aplica cuando la varianza de confrontación Σ es de un tamaño que puede ser observado a simple vista –lo que es, generalmente, mayor que $100 \mu\text{m}$ o $150 \mu\text{m}$ para una persona con vista normal–.

Sin embargo, para errores de confrontación de una escala que no puede ser discernida a simple vista (es decir, $\Sigma \leq 100 \mu\text{m}$ o $\leq 150 \mu\text{m}$), no es necesario entonces abordar la potencial asimetría. En tales circunstancias, es preferible utilizar la región limitrofe para reducir únicamente el contraste del solapamiento de paneles de imágenes. En este caso, basta hacer que la anchura de diseño (2Δ) de la región limitrofe sea igual que, o supere tan solo ligeramente, la varianza de confrontación Σ .

La Figura 10 ilustra en corte transversal una estructura global general de cualquiera de los dispositivos 10 anteriormente referidos en asociación con las Figuras 2 a 9. Como ejemplo de ello, el dispositivo se ha representado como un magnificador de Moiré en dos colores que opera a través de lentes de transmisión –estas lentes pueden ser esféricas (Moiré 2D) o cilíndricas (Moiré 1D), como se explica adicionalmente más adelante–. Así, pues, el dispositivo 10 comprende un sustrato transparente compuesto, por lo común, de PET u OPP biaxial, en cuya superficie superior se ha formado un conjunto geoméricamente ordenado y bidimensional de microlentes esféricas 22. Este conjunto geoméricamente ordenado puede comprender, por ejemplo, una resina transparente en cuyo seno se ha formado el conjunto geoméricamente ordenado de lentes por abollonado (se requiere que la resina, en este caso, tenga propiedades termoplásticas) o por el procedimiento de reproducción por curado de colada (el procedimiento de curado por UV puede ser de radicales libres o catiónico). Los diámetros de las microlentes 22 están, por lo común, comprendidos en el intervalo entre 1 y 100 micras, preferiblemente entre 1 y 50 micras y, aún más preferiblemente, entre 10 y 30 micras, con lo que se definen pasos en un intervalo similar.

La longitud focal de las microlentes 22 (según se mide desde su superficie trasera plana) es sustancialmente igual al espesor t de la capa separadora óptica que, en este ejemplo, comprende el espesor del sustrato 20 más el espesor de una capa receptora de impresión 21 situada en la superficie opuesta del sustrato 20 con respecto al conjunto geoméricamente ordenado 22 de microlentes, a fin de definir un plano focal 24 sustancialmente coincidente con la superficie de la capa receptora de impresión. En la capa receptora de impresión 21 se han formado los conjuntos geoméricamente ordenados 100 de elementos de microimagen. Por ejemplo, en primer lugar, puede imprimirse el conjunto geoméricamente ordenado 110 de microimágenes compuesto por iconos “20” como un primer trabajo, de un color rojo. A continuación, los conjuntos geoméricamente ordenados 120’, 120’’ de microimágenes son impresos como un segundo trabajo, de un color azul. Se observará en la Figura 10 que cada uno de los conjuntos geoméricamente ordenados se imprime en la capa receptora de impresión 21 coincidiendo con el plano focal 24.

Ha de constatarse que, en principio, la capa receptora de impresión 21 no es esencial, si bien, en la práctica, su presencia sirve para acomodarse al hecho de que los materiales del sustrato, tales como PET y BOOP, se proporcionan, por lo común, en un cierto número de espesores o calibres normalizados, de la forma más común, $19 \mu\text{m}$ y $23 \mu\text{m}$, y, por tanto, el propio espesor del sustrato no puede ser ajustado o adecuado para garantizar que la impresión es coincidente o coplanaria con el plano focal del conjunto geoméricamente ordenado de lentes. Por tanto, el espesor de la capa receptora de impresión transparente se ajusta para garantizar que el punto focal de las lentes es coincidente con las microimágenes impresas subsiguientemente aplicadas a este revestimiento.

Entre cada conjunto geoméricamente ordenado de elementos de microimagen y el siguiente (es decir, entre pares de conjuntos geoméricamente ordenados adyacentes) existe una región limitrofe 150 que está desprovista de

elementos de microimagen. En el ejemplo que se muestra en la Figura 10, no hay ningún corrimiento debido a errores de confrontación (es decir, $\Sigma = 0$) y, en consecuencia, la anchura de las regiones limítrofes 150 es igual a la anchura de diseño, 2Δ . Sin embargo, más generalmente, la anchura de cada región limítrofe será $(2\Delta \pm \Sigma)$, donde 2Δ es, preferiblemente, mayor que Σ , de tal modo que la región limítrofe formada tiene una anchura no nula. En este ejemplo, cada región limítrofe 150 es uniformemente transparente y no porta impresiones u otras indicaciones, si bien, como se muestra más adelante, este no es necesariamente el caso. Como se ha explicado anteriormente, las regiones limítrofes 150 evitarán la interferencia entre los paneles de imágenes aumentadas 11, 12 correspondientes a los conjuntos geoméricamente ordenados 110, 120, etc. de elementos de microimagen, de tal manera que cada panel de imagen es percibido completamente en aislamiento con respecto al siguiente.

A fin de crear los fenómenos de magnificación de Moiré y permitir la generación de imágenes en movimiento, se introducen desajustes de pasos entre los conjuntos geoméricamente ordenados 100 de microimágenes y el conjunto geoméricamente ordenado 22 de microlentes. Como ya se ha mencionado, el desajuste puede ser el mismo para cada uno de los conjuntos geoméricamente ordenados 110, 120 pero, en ejemplos preferidos, será diferente. Un método para proporcionar un desajuste consiste en tener un conjunto geoméricamente ordenado de microlentes y uno de microimágenes con sustancialmente el mismo paso, de tal modo que el desajuste de pasos se consigue introduciendo una pequeña desalineación rotacional entre los conjuntos geoméricamente ordenados de microimágenes y de microlentes. El grado de desalineación rotacional entre el conjunto geoméricamente ordenado de microimágenes y el de microlentes está comprendido, preferiblemente, en el intervalo entre 15° y $0,05^\circ$, de lo que resulta un intervalo de magnificación de entre $\sim 4X-1.000X$ para el conjunto geoméricamente ordenado de microimágenes. Más preferiblemente, la desalineación rotacional está comprendida en el intervalo entre 2° y $0,1^\circ$, de lo que resulta un intervalo de magnificación de entre $\sim 25X-500X$ para el conjunto geoméricamente ordenado de microimágenes.

Alternativamente, el conjunto geoméricamente ordenado de microimágenes y el conjunto geoméricamente ordenado de microlentes se encuentran en una alineación rotacional sustancialmente perfecta, pero con un pequeño desajuste de pasos. Un pequeño desajuste de pasos se equipararía con un incremento / reducción porcentual del paso del conjunto geoméricamente ordenado de microimágenes con respecto al conjunto geoméricamente ordenado de microlentes comprendido en un intervalo de $25\%-0,1\%$, que tiene como resultado un intervalo de magnificación entre $\sim 4X-1.000X$ para el conjunto geoméricamente ordenado de microimágenes. Más preferiblemente, el incremento / reducción porcentual del paso del conjunto geoméricamente ordenado de microimágenes con respecto al conjunto geoméricamente ordenado de microlentes está comprendido en el intervalo entre el 4% y el $0,2\%$, de lo que resulta un intervalo de magnificación de entre $\sim 25X-500X$ para el conjunto geoméricamente ordenado de microimágenes.

Es también posible utilizar una combinación de un desajuste de pasos pequeño y una pequeña desalineación rotacional para crear los fenómenos de magnificación de Moiré y hacer posible la generación de imágenes en movimiento.

El resultado del desajuste de pasos entre los conjuntos geoméricamente ordenados 110, 120 y el conjunto geoméricamente ordenado 22 de lentes esféricas provoca la magnificación de Moiré de las microimágenes a diferentes profundidades (como se observa en la Figura 2a).

El grado de magnificación conseguido se define por las expresiones deducidas en la divulgación "The Moiré magnifier" (El magnificador de Moiré), M. Hutley, R. Hunt, R. Stevens & P. Savander, Pure Appl. Opt. 3 (1994), págs. 133-142.

A fin de resumir las partes pertinentes de esta expresión, supóngase el paso de microimágenes = A y el paso de microlentes = B; entonces la magnificación M viene dada por:

$$M = A / \text{SQRT} [(B \cos(\text{Theta}) - A)^2 - (B \sin(\text{Theta}))^2]$$

donde Theta es igual al ángulo de rotación entre los 2 conjuntos geoméricamente ordenados. Para el caso de que $A \neq B$ y de que Theta sea muy pequeño, de forma que $\cos(\text{Theta}) \approx 1$ y $\sin(\text{Theta}) \approx 0$:

$$M = A / (B-A) = S / (1-S)$$

donde $S = B/A$.

Sin embargo, para grandes $M \gg 10$, S debe ser entonces \approx la unidad y, por tanto,

$$M \approx 1 / (1-S)$$

La profundidad de la imagen sintética con respecto al plano de la superficie del dispositivo se deduce de la familiar ecuación de lente relativa a la magnificación de una imagen situada a una distancia v del plano de una lente de longitud focal f, siendo esta:

$$M = v/f - 1$$

O, puesto que, por lo común, $v/f \gg 1$,

$$M \approx v / f$$

Así, pues, la profundidad v de la imagen sintéticamente aumentada = $M \cdot f$.

- 5 Como ejemplo de ello, supóngase que la estructura de la Figura 10 estuviera compuesta de microlentes 22 con una longitud focal f de $40 \mu\text{m}$ o $0,04 \text{ mm}$. Por otra parte, supóngase que tanto las microlentes como el sustrato de soporte 20 estuvieran, ambos, compuestos de materiales con un índice de refracción n de $1,5$. Se sigue entonces que el diámetro de base D de las lentes estaría limitado por la expresión:

$$D \leq f \cdot 2 (n-1)$$

- 10 y, por tanto, $D \leq 0,04 \cdot 2(1,5 - 1)$, lo que da $D \leq 0,04 \text{ mm}$.

Se podría escoger entonces un valor para D de $0,035 \text{ mm}$ y un paso de lente B de $0,04 \text{ mm}$ (a lo largo de cada eje), de lo que resultaría un conjunto ordenado de lentes con un número $f / \#$ cercano a la unidad, con un empaquetamiento razonablemente compacto (espacio de separación entre lentes de $5 \mu\text{m}$).

- 15 Supóngase, en un primer ejemplo, que se requiere que el primer panel de imágenes 11 parezca estar situado 2 mm por detrás del plano de superficie del sustrato, y que el segundo panel de imágenes 12 esté situado 6 mm por detrás del plano de superficie (nótese que las imágenes situadas por detrás del plano de superficie son, por definición, "virtuales" y un examen más detallado muestra que estas no están invertidas con respecto al conjunto geoméricamente ordenado de microimágenes objeto). Para más simplicidad de ilustración, se supone que el paso de cada conjunto geoméricamente ordenado 110, 120 de microimágenes es igual en las direcciones de los ejes x e y (es decir, $A_{1y} = A_{1x}$ y $A_{2y} = A_{2x}$).

- 20 Dada $M = v / f$, se sigue entonces que, si $f = 0,04 \text{ mm}$ y $v = 2 \text{ mm}$, entonces la magnificación del primer conjunto geoméricamente ordenado 110, M_1 es $2/0,04 = 50$. En consecuencia, el primer panel 11 de imágenes ha de presentar visualmente el conjunto geoméricamente ordenado 110 de microimágenes, aumentado 50 veces.

- 25 Por lo tanto, puesto que $M_1 = A / (B-A) = 50$, se sigue que $50 (B - A_1) = A_1$, lo que da $A_1 = B (50/51)$. Sustituyendo $B = 0,04 \text{ mm}$, se obtiene $A_1 = 0,0392 \text{ mm}$, que es el paso requerido entre los elementos de microimagen del primer conjunto geoméricamente ordenado 110.

Similarmente, la magnificación del segundo conjunto geoméricamente ordenado $M_2 = 6/0,04 = 150$ y, por tanto, $150 (B-A_2) = A_2$, lo que da $A_2 = B (150/151) = 0,0397 \text{ mm}$, que es el paso requerido entre los elementos de microimagen del segundo conjunto geoméricamente ordenado 120.

- 30 En un segundo ejemplo, supóngase que se requiere que el primer panel 11 de imágenes esté situado 2 mm por delante del plano de superficie, al tiempo que el segundo panel 12 de imágenes permanece situado 6 mm por detrás del plano de superficie.

- 35 En contraste con el ejemplo anterior, aquí, el primer conjunto geoméricamente ordenado 11 de imágenes formará una imagen invertida real y, por tanto, el signo de la magnificación será negativo (lo que se sigue de asignar un valor negativo para la distancia de imagen v en la expresión anterior para la magnificación).

En consecuencia, $M_1 = -2/0,04 = -50$ y, por lo tanto, $-50(B-A_1) = A_1$, lo que da $A_1 = 50/49 B = 0,0408 \text{ mm}$.

- 40 Se observa, de esta forma, que, para que el primer panel 11 de imágenes esté situado por delante del plano de superficie (esto es, de manera que parezca flotar), su conjunto geoméricamente ordenado 110 de microimágenes ha de tener un paso más grande que el paso de las lentes. Y a la inversa, si el paso de imagen es menor que el paso de las lentes, entonces el conjunto geoméricamente ordenado de imágenes parecerá estar situado por debajo del plano de superficie.

- 45 La presente invención no está limitada a ningún tipo o geometría específicos para las microlentes, siendo el único requisito que las microlentes puedan ser utilizadas para formar una imagen. Las microlentes adecuadas para la presente invención incluyen las que refractan la luz en una superficie curva adecuada de un material homogéneo, tales como las lentes plano-convexas, las lentes convexas dobles y las lentes de Fresnel. Preferiblemente, la presente invención comprenderá microlentes esféricas, aunque pueden emplearse lentes de cualquier simetría, incluyendo lentes cilíndricas. Tanto las superficies esféricas como las asféricas son aplicables a la presente invención. No es esencial que las microlentes tengan una superficie curva. Las lentes de índice de refracción en gradiente (GRIN –"gradient refractive index"–) forman una imagen de la luz mediante una refracción gradual a través del grueso del material, como resultado de pequeñas variaciones en el índice de refracción. Pueden también utilizarse microlentes basadas en refracción, tales como las placas zonales de Fresnel. Las lentes de GRIN así como las placas zonales de Fresnel basadas en amplitud o en máscara permiten que la superficie que contiene el conjunto

geométricamente ordenado de microlentes sea plana y ofrezca una ventaja en cuanto a la receptividad y durabilidad de la impresión.

Es preferible utilizar un conjunto geométricamente ordenado y periódico de lentes generado por un procedimiento de reproducción. Los conjuntos geométricamente ordenados de microlentes originales, o maestros, pueden producirse por medio de diversas técnicas tales como técnicas fototérmicas, fusión y reflujo de material fotorresistente, y escultura de material fotorresistente. Tales técnicas son conocidas por los expertos de la técnica y se detallan en el Capítulo 5 de la divulgación "Micro-Optics: Elements, Systems and Applications" (Microóptica: elementos, sistemas y aplicaciones), editada por Hans Peter Herzig, publicada por Taylor and Francis, y reimpressa en 1998. La estructura de microlentes maestra puede entonces ser físicamente copiada mediante técnicas de reproducción comercialmente disponibles, tales como abollonado en caliente, moldeo o colada. Materiales en los que pueden ser reproducidas las estructuras de microlentes incluyen polímeros termoplásticos tales como policarbonato y polimetilmetacrilato (PMMA) para el abollonado en caliente y los procedimientos de moldeo, y materiales epoxídicos con contenido de acrilato susceptibles de ser curados por calor o radiación, para el procedimiento de colada, si bien no están limitados por estos. En un procedimiento preferido, el conjunto geométricamente ordenado de microlentes es reproducido por colada dentro de un revestimiento susceptible de ser curado por UV, aplicado a una película de polímero portadora tal como de PET.

Por sencillez, todos los ejemplos y realizaciones proporcionados en esta memoria, con la excepción del que se describe con referencia a la Figura 17b, describirán el uso de microlentes esféricas.

La Figura 11 representa un ejemplo de secuencia 100 de conjunto geométricamente ordenado de elementos de microimagen que se utiliza en una sexta realización de un dispositivo. Como en las realizaciones anteriores, se proporcionan unos primer y segundo conjuntos geométricamente ordenados 110, 120 de elementos de microimagen, cada uno de los cuales es de un color diferente y se ha instalado en un trabajo diferente. De nuevo, se han incorporado regiones limítrofes 150 entre pares adyacentes de conjuntos geométricamente ordenados. Sin embargo, en lugar de dejar las regiones limítrofes despejadas y transparentes, en este ejemplo, cada región limítrofe 150 porta una capa de interrupción 155. La capa de interrupción 155 consiste, por ejemplo, en una tira impresa o patrón de imágenes formado a través de la región limítrofe –siendo esta tira distinta de los conjuntos geométricamente ordenados adyacentes 110, 120 por cuanto no hay ningún conjunto geométricamente ordenado de microimágenes y, por lo tanto, no hay magnificación sintética / de Moiré correspondiente–. En la realización de la Figura 11, la capa de interrupción 155 se ha mostrado desprovista de contenido de motivos. Sin embargo, como se muestra en la Figura 12 (la séptima realización), la capa de interrupción puede contener motivos de diseño o imaginería que puede estar a una escala que necesite un magnificador de baja potencia para revelarse (por ejemplo, una característica de "cajero auxiliar").

Puesto que no se produce ninguna magnificación sintética en la capa de interrupción, no hay movimiento de paralaje de ninguna imaginería o elementos de patrón dentro de la tira –es decir, esta proporciona un dato estacionario que está ligado al movimiento de paralaje de las imágenes aumentadas–. De esta forma, cuando las versiones aumentadas de los conjuntos geométricamente ordenados de microimágenes adyacentes sean interrumpidas o fraccionadas por la transición (descrita anteriormente con referencia a la Figura 3), parecerán a los ojos del observador experimentar un suceso de eclipse predeterminado, esto es, buscado por el diseño. Por ejemplo, en algunos casos, las imágenes aumentadas parecerán moverse bajo la región limítrofe estacionaria.

En las sexta y séptima realizaciones, la capa de interrupción 155 (o "banda de transición") se aplica (es decir, se imprime), preferiblemente, a la estructura en tándem con el primer conjunto geométricamente ordenado 110 de microimágenes de Moiré (o integrales), es decir, en el mismo trabajo. Por ejemplo, la capa de interrupción y el primer conjunto geométricamente ordenado 110 de elementos de microimagen pueden estar presentes en el mismo rodillo de impresión y no hay, por lo tanto, varianza alguna en la confrontación entre la capa de interrupción 155 y el primer conjunto geométricamente ordenado 110 de microimágenes –en efecto, la banda de transición 155 está ligada, o pone fin, al primer conjunto geométricamente ordenado 110 en los dos extremos–. Sin embargo, esta solución también lleva consigo que la banda de transición situada en ambos extremos tiene, necesariamente, el mismo color que el primer conjunto geométricamente ordenado 110 de microimágenes, lo que puede no ser deseable. En consecuencia, la capa de interrupción puede, alternativamente, ser aplicada en un trabajo independiente (y con un color diferente). Preferiblemente, esta se aplicará antes que cualquiera de los conjuntos geométricamente ordenados 110, 120 de microimágenes.

Seguidamente a la aplicación del primer conjunto geométricamente ordenado 110 de microimágenes impresas y de las bandas de transición 155 asociadas, se aplica entonces el segundo conjunto geométricamente ordenado 120 de microimágenes impresas. La Figura 13 muestra el dispositivo en corte transversal, y es evidente por ella que puede permitirse que el segundo conjunto geométricamente ordenado 120 de microimágenes se solape o se sobreimprima con las bandas de transición 155 adyacentes. Puesto que la capa de interrupción es, de preferencia, sustancialmente opaca, cualesquiera elementos solapados son oscurecidos para el observador.

El uso de una capa de interrupción 155 en la región limítrofe proporciona una manera particularmente versátil y práctica de tratar la discontinuidad o interferencia de imagen que, de otro modo, se produciría a través de las

5 fronteras entre paneles. En particular, puesto que la banda de transición 155 oculta los bordes del segundo conjunto geoméricamente ordenado de impresión 120 y, por tanto, evita cualquier visualización del error de confrontación con respecto al primer panel de impresión, pueden relajarse los requisitos sobre la anchura de la banda de transición. En consecuencia, en las presentes realizaciones, tan solo se requiere que la anchura de la banda de transición (que será la misma en la plantilla de diseño y en el producto acabado, ya que es el resultado de un único trabajo) supere la varianza de confrontación de impresión de panel, $\pm\Sigma$. Por lo tanto en la Figura 13, $2\Delta \geq 2\Sigma$. De esta forma, si Σ es igual a, póngase por caso, 150 μm , entonces tan solo se requiere que la anchura de la banda de transición 155 exceda 300 μm .

10 En todos los ejemplos anteriores, la zona de interrupción comprendida entre los paneles 11, 12 de imágenes aumentadas se ha formado mediante la incorporación de una región limítrofe carente de elementos de microimagen entremedias de los conjuntos geoméricamente ordenados de microimágenes. Sin embargo, la zona de interrupción puede, en lugar de ello (o adicionalmente), haberse generado mediante la modificación del conjunto geoméricamente ordenado de microenfoco (por ejemplo, microlentes).

15 Las Figuras 14 y 15 muestran cortes transversales de dispositivos de acuerdo con una octava y novena realizaciones de la invención, en las cuales este es el caso. En general, el aspecto de los dispositivos, en una vista en planta, es similar al del dispositivo mostrado en la Figura 2a (salvo por la inclusión de “espacios de separación” entre los paneles de imágenes adyacentes 11, 12). De esta forma, se crea una zona de transición dentro del conjunto geoméricamente ordenado 22 de microlentes, en lugar de en el conjunto geoméricamente ordenado 100 de microimágenes. Efectivamente, el conjunto geoméricamente ordenado 22 de microlentes comprende dos (o más) conjuntos geoméricamente ordenados 22', 22'', 22''', etc., separados unos de otros por regiones limítrofes 250. En estas regiones limítrofes 250, las microlentes 22 no funcionan. Esto puede conseguirse utilizando dos maneras distintas:

- mediante el uso de una resina polimérica 255 o laca para “resaltar” o revestir por encima las microlentes de la región limítrofe 250, tal y como se ha ilustrado en la Figura 14; o

25 - omitiendo las lentes 22 de la región limítrofe, tal y como se ilustra en la Figura 15.

Más detalladamente, el funcionamiento de las lentes depende de la diferencia de índices de refracción entre el material de la lente y el aire. Si el aire es remplazado por una resina 255 que tiene sustancialmente el mismo índice de refracción que el material de polímero que se emplea para la lente 22, los rayos de luz no serán significativamente refractados en la interfaz resina / lente y la microlente no funcionará. De esta forma, en la octava realización (Figura 14), se han aplicado (por ejemplo, impreso) tiras de resina sobre las regiones del conjunto geoméricamente ordenado de microlentes que están situadas por encima de las fronteras o zonas de transición T entre los dos conjuntos geoméricamente ordenados 110, 120 de microimágenes en color. La aplicación de las bandas de resina 255 a las lentes “desactiva” el efecto de magnificación de Moiré del conjunto geoméricamente ordenado 22 de microimágenes de las lentes en la zona situada bajo la banda de resina. Brevemente, en cada frontera de panel, se crea un espacio vacío dentro del patrón de imágenes aumentadas, cuya anchura viene determinada por la anchura de la banda de resina 255.

30 Sin embargo, los bordes limítrofes de cada conjunto geoméricamente ordenado 110, 120 de microimágenes respectivo seguirán siendo discernibles si la resina 255 es transparente o altamente translúcida y, puesto que el espacio de separación entre los conjuntos geoméricamente ordenados crecerá o se reducirá de forma alterna en una cantidad Σ en cada frontera, debido a la falta de confrontación de impresión entre paneles (tal y como se ha explicado anteriormente), esto puede no ser deseable desde el punto de vista de la apreciación del público. Así, pues, en una variante de esta realización, puede añadirse un pigmento de dispersión de la luz no coloreado (tal como TiO_2) a la resina 255 con el fin de hacerla sustancialmente opaca, con lo que se evita el discernimiento de la impresión subyacente sin hacer fácilmente visible al observador la presencia de la banda de resina. Alternativamente, la banda de resina puede ser incorporada al diseño de la característica, en cuyo caso esta puede formarse con un color (translúcido u opaco) mediante la incorporación de pigmentos o tintes adecuados. En otro ejemplo, puede utilizarse, en lugar de la resina, un revestimiento no transparente diferente, tal como tinta, y, si el grado de opacidad es suficientemente alto, el requisito de que el índice de refracción del revestimiento coincida con el del material de lente puede ser relajado o suprimido.

35 Puesto que no hay formación activa de imágenes en la región limítrofe 250 definida por la banda de resina 255, tan solo es necesario que la anchura Δr de esta banda 255 exceda la suma de la variación de confrontación de impresión de panel en color ($\pm \Sigma$) y la variación de confrontación entre la resina impresa y el panel en color subyacente, lo que recibe el nombre de δ –es decir, $\Delta r \geq (2\Sigma + 2\delta)$ –.

40 En la novena realización (Figura 15), la región limítrofe 250 se ha formado sobre la frontera T entre conjuntos geoméricamente ordenados mediante la omisión de las microlentes 22 en esa región. Se crea, de esta manera, una zona vacía desprovista de microlentes, de manera que, una vez más, se tiene una zona vacía desprovista de imágenes aumentadas. Como antes, no se producirá formación sintética de imágenes dentro de cada región limítrofe 250 y, por tanto, los efectos visuales perjudiciales asociados con la confrontación entre conjuntos

geoméricamente ordenados será mucho menos evidente para el observador.

Como en la novena realización, tan solo se requiere que la anchura de la zona vacía Δr supere la suma de la variación de confrontación $\pm \Sigma$ entre conjuntos geoméricamente ordenados y la variación en la confrontación o ubicación de las zonas vacías de lentes con respecto a la posición de frontera entre paneles, $\pm \delta$, es decir, $\Delta r = 2(\Sigma + \delta)$.

En ambas realizaciones, la distancia de repetición de la región limítrofe 250 coincidirá con la distancia de repetición entre conjuntos geoméricamente ordenados, $R_p / 2 (= P + \Delta)$.

Como se ha destacado anteriormente, la región limítrofe 250 del conjunto geoméricamente ordenado 22 de lentes puede ser utilizada para generar la zona de interrupción únicamente o en combinación con una región limítrofe 150 entre los conjuntos geoméricamente ordenados 110, 120 de microimágenes. En cualquier caso, sin embargo, es preferible que el conjunto geoméricamente ordenado 110, 120 de microimágenes subyacente a cada parte 22', 22'', 22''' del conjunto geoméricamente ordenado de microlentes se extienda lateralmente más allá de la parte respectiva del conjunto geoméricamente ordenado de microlentes. Por ejemplo, en las Figuras 14 y 15 puede observarse que el conjunto geoméricamente ordenado 110 de microimágenes se extiende lateralmente hacia la izquierda o la derecha más que la parte 22'' del conjunto geoméricamente ordenado 22 de microlentes, directamente por encima de esta. Lo mismo es cierto para ambos conjuntos geoméricamente ordenados 120 y para sus respectivos conjuntos geoméricamente ordenados 22' y 22''' de lentes, respectivamente. Esta disposición garantiza que puede verse toda la extensión del conjunto geoméricamente ordenado de microimágenes cuando el dispositivo es inclinado, con lo que se evita que las imágenes aumentadas parezcan haberse "recortado" por la región limítrofe 250.

En las realizaciones tratadas hasta ahora, las regiones limítrofes 150 y 250 se han representado de manera que se extienden en una línea recta (rectilínea) a través de la anchura del dispositivo. Sin embargo, este no es necesariamente el caso. Por ejemplo, la región limítrofe puede estar curvada o en zigzag. Lo que es importante es que existe una región limítrofe entre los conjuntos geoméricamente ordenados adyacentes, al menos a lo largo de uno de los ejes, que será habitualmente el eje paralelo a la dirección en la que el sustrato se desplaza a través del procedimiento de fabricación. Esto se debe a que es a lo largo de esta dirección donde no puede garantizarse la confrontación entre dos trabajos secuenciales: por lo común, la confrontación en la dirección ortogonal será mucho más precisa. Sin embargo, en otros ejemplos, la región limítrofe puede extenderse a lo largo de ambos ejes, de tal manera que se toma en consideración también cualquier falta de confrontación a lo largo del eje ortogonal.

La Figura 16 muestra un ejemplo de un dispositivo que tiene una zona de interrupción 350 entre dos paneles 310, 320 de imágenes (no se muestra todo el conjunto de imágenes aumentadas). La zona de interrupción 350 está formada por cuatro áreas en posiciones escalonadas, de lo que resulta una configuración de bloqueo mutuo. Esta puede formarse proporcionando zonas limítrofes correspondientes entre los conjuntos geoméricamente ordenados de elementos de microimagen y/o dentro del conjunto geoméricamente ordenado de elementos de microenfoco, utilizando los principios de cualquiera de las realizaciones anteriores. Aquí, las regiones limítrofes únicamente separan un panel del siguiente a lo largo de la dirección del eje y: los paneles contactan a tope entre sí en la dirección del eje x en las tres posiciones encerradas en círculos. Como se ha indicado anteriormente, esto no es normalmente problemático si el dispositivo se forma sobre una banda que se desplaza únicamente en la dirección y.

De esta forma, no es necesario que la zona de interrupción entre paneles esté limitada a una línea recta o a una zona rectangular, sino que puede también ser una configuración de bloqueo mutuo más compleja. La configuración de bloqueo mutuo puede, de nuevo, estar compuesta de secciones lineales, pero es también factible que pueda ser de una forma curvilínea –por ejemplo, una frontera sinusoidal de bloqueo mutuo–.

Un beneficio de tales fronteras de bloqueo mutuo es que hacen que la zona de interrupción sea menos definida espacialmente y abrupta, y, por tanto, se identifique o detecte menos fácilmente por el observador.

Los dispositivos descritos hasta ahora emplean, todos ellos, un efecto de magnificación de Moiré bidimensional (2D). Sin embargo, como ya se ha mencionado, puede emplearse, en lugar de esta, una magnificación unidimensional (1D). Las Figuras 17a y 17b muestran ejemplos de conjuntos geoméricamente ordenados de microimágenes adecuados para utilizarse en (a) un dispositivo 2D y (b) un dispositivo 1D. En ambos casos, se incorporan regiones limítrofes "vacías" 150 entremedias de los conjuntos geoméricamente ordenados, tal y como se ha descrito con respecto a la Figura 5 en lo anterior. Sin embargo, puede utilizarse, en su lugar, cualquiera de las diferentes regiones limítrofes descritas en las realizaciones precedentes, ya sea formada entre los conjuntos geoméricamente ordenados de microimágenes o dentro del conjunto geoméricamente ordenado de microlentes.

Por tanto, la Figura 17a muestra una representación esquemática de los respectivos conjuntos geoméricamente ordenados de microimágenes pertenecientes a un dispositivo magnificador de Moiré 2D. Para un dispositivo de Moiré 2D, las lentes de formación de imágenes (o microespejos; véase más adelante) son, generalmente, de naturaleza esférica o asférica, con un perfil de base circular (el perfil de la lente o del espejo, en una vista en planta), y están dispuestas en una parilla o matriz bidimensional en el plano x-y, como es bien conocido en la técnica. Generalmente, el conjunto geoméricamente ordenado de microimágenes está dispuesto en un formato de parilla, o

retícula, que coincide con el del conjunto geoméricamente ordenado de lentes. Debido a la naturaleza de las lentes, la magnitud de la magnificación de Moiré es similar tanto en el eje x como en el eje y, y, como consecuencia de ello, los elementos de microimagen son una versión uniformemente reducida en escala de sus contrapartidas aumentadas.

5 La Figura 17b muestra una representación esquemática de los conjuntos geoméricamente ordenados de microimágenes respectivos pertenecientes a un dispositivo magnificador de Moiré 1D. Para un dispositivo de Moiré de 1D, las lentes (o espejos) de formación de imágenes son de naturaleza cilíndrica y, en consecuencia, la magnificación de Moiré se produce únicamente a lo largo de uno de los ejes (el eje de curvatura de las lentes), en este caso, escogido de manera que sea la dirección este-oeste. En consecuencia, los elementos de microimagen alcanzan un alto grado de magnificación a lo largo del eje de la curvatura de la lente (por lo común, de x50 a x200), en tanto que, a lo largo del eje transversal, experimentan una magnificación cercana a la unidad. De esta forma, con el fin de que las imágenes aumentadas no parezcan distorsionadas, es necesario que las microimágenes correspondientes estén altamente distorsionadas. Específicamente, en este ejemplo, las microimágenes tienen el mismo tamaño y la misma altura que las imágenes aumentadas vistas por el observador, en tanto que en la dirección transversal este-oeste son de 1/M veces el tamaño de las imágenes aumentadas observadas (siendo M el grado de magnificación de Moiré a lo largo de ese eje).

En los ejemplos anteriores, los elementos de microenfoque han adoptado la forma de microlentes. Sin embargo, en todos los casos, el dispositivo de seguridad puede, alternativamente, ser fabricado como un dispositivo de Moiré basado en espejos, del cual se muestra un ejemplo en la Figura 18. En este caso, el conjunto geoméricamente ordenado 22 de microlentes esféricas ha sido reemplazado por un conjunto geoméricamente ordenado 40 de espejos cóncavos esféricos o esféricos, formado en una superficie del sustrato de polímero transparente 20. La otra superficie está provista, como antes, de conjuntos geoméricamente ordenados 110, 120 de microimágenes impresas. En el ejemplo de la Figura 18, se han incorporado regiones limítrofes 150 entre cada par adyacente de conjuntos geoméricamente ordenados de elementos de microimagen. Sin embargo, la zona de interrupción puede, en lugar de ello, generarse por medio de la inhabilitación de una región del conjunto geoméricamente ordenado 40 de espejos (por ejemplo, por supresión de la metalización o por revestimiento). Por otra parte, en el caso de que se haya incorporado una región limítrofe entre los conjuntos geoméricamente ordenados de microimágenes, esta puede incluir una capa de interrupción 155, como se ha descrito con referencia a las Figuras 11 a 13.

Ha de apreciarse que la longitud focal de un espejo cóncavo es igual a la mitad de su radio de curvatura R y, por lo tanto, puede tener un valor mínimo límite que se aproxima a un cuarto del diámetro de la base del espejo. En términos simples, para un diámetro de base dado, la longitud focal y el número F de un espejo pueden ser un cuarto del valor de la lente equivalente (suponiendo un índice de refracción típico de 1,5). Sin embargo, como reducir el número F equivale a reducir la profundidad de foco, será a menudo deseable, entonces, en la práctica, tener un diámetro de la base del espejo mucho menor que 2R.

35 Por ejemplo, considerando el espesor del dispositivo preferido anteriormente citado, puede ser necesario que la longitud focal del espejo sea 40 μm –esto requiere, entonces, que el radio R del espejo tenga un valor de 80 μm y, por tanto, un diámetro de base teórico máximo que se aproxima a 160 μm y, de esta forma, un número $F \# = 0,25 \text{ mm}$ –. Puede escogerse, sin embargo, limitar el diámetro de la base a 80 μm .

40 Esta estructura está destinada a ver únicamente en el modo de reflexión y, por tanto, es de la mayor relevancia en su aplicación sobre sustratos opacos (tira y pegatina) o parcialmente encastrada dentro de sustratos opacos (hilo parcialmente visible en ventanas). Al igual que para el sistema de lentes, las microimágenes impresas han de ser coincidentes con el plano focal de los espejos hasta una precisión determinada por la profundidad de foco o campo del sistema de espejos.

45 Si se ha de incorporar una capa de interrupción, esta debe ser, preferiblemente, aplicada a la capa receptora de impresión 23 o al sustrato 20 primeramente o en concurrencia con el primer conjunto geoméricamente ordenado 110 de microimágenes, seguida a continuación por la aplicación del segundo conjunto geoméricamente ordenado 120 de microimágenes. Esto garantiza que la imagen reflejada perteneciente a la capa de interrupción se ve como si estuviera por delante de cualesquiera elementos que forman parte del segundo conjunto geoméricamente ordenado de microimágenes, el cual puede ser aplicado sobre la capa de interrupción debido a una falta de confrontación.

50 También, puesto que la luz incidente tiene que pasar a través de, o ser transmitida por, los conjuntos geoméricamente ordenados 110, 120 de microimágenes impresas (es decir, modulada espacialmente) antes de ser reflejada de vuelta como luz colimada por el conjunto geoméricamente ordenado de espejos, se sigue entonces que, si las microimágenes impresas son sustancialmente opacas, las imágenes sintéticamente aumentadas se pondrán de un color o matiz negruzco contra el tono metálico proporcionado por el fondo del espejo. Para que aparezcan imágenes sintéticamente aumentadas con el color de su conjunto geoméricamente ordenado de microimágenes correspondientes, es entonces necesario que las microimágenes sean al menos parcialmente translúcidas. Cuanto más translúcidas sean las microimágenes, más claro será el color de las imágenes sintéticas – a costa, sin embargo, de reducir el contraste de imagen con respecto al fondo–. Si se incluye una capa de interrupción, sin embargo, esta es, de preferencia, sustancialmente opaca con el fin de evitar que los elementos de

microimagen superyacentes sean revelados.

5 Si el revestimiento de metal sobre los espejos es un reflector 'blanco' tal como el aluminio, entonces el matiz o color de fondo que rodea las imágenes sintéticas será plateado —de apariencia blanca o acromática—. Debe constatar, sin embargo, que pueden utilizarse otros metales de colores disponibles, tales como el cobre o sus aleaciones. Es posible utilizar otros metales, tales como plata, oro, platino, cromo, níquel, níquel-cromo, paladio, estaño, etc., cuando se disponga de ellos.

En todas las realizaciones, el conjunto geoméricamente ordenado 22 de microlentes o el conjunto geoméricamente ordenado 40 de espejos cóncavos pueden haberse moldeado íntegramente dentro del sustrato de polímero 20 o pueden formarse sobre la superficie del sustrato 20, por ejemplo, por curado de colada o procedimientos similares.

10 En cada una de las realizaciones anteriores, se utiliza un único conjunto geoméricamente ordenado 110, 120 de microimágenes para formar cada panel de imágenes aumentadas, de tal manera que los dos o más conjuntos geoméricamente ordenados están separados lateralmente unos de otros. Ha de constatar, sin embargo, que en cualquiera de las realizaciones es también posible tener un tercer conjunto geoméricamente ordenado de microimágenes dispuesto "por detrás" de uno de los primer y segundo conjuntos geoméricamente ordenados o de ambos. Es decir, puede formarse un tercer (y, posiblemente, un cuarto, etc.) conjunto geoméricamente ordenado de microimágenes que se solape, al menos parcialmente, con uno de los conjuntos geoméricamente ordenados 110, 120, o con ambos. Preferiblemente, el tercer conjunto geoméricamente ordenado de microimágenes se ha proporcionado con un color diferente del del (de los) conjunto(s) geoméricamente ordenado(s) con el (los) que se solapa, y se ha formado en un trabajo independiente. A fin de no interferir con las versiones aumentadas de los primer y segundo conjuntos geoméricamente ordenados, el tercer conjunto geoméricamente ordenado se ha formado, preferiblemente, con un paso diferente del del (de los) conjunto(s) geoméricamente ordenado(s) con el (los) que se solapa. Como se ha explicado anteriormente, la "profundidad" de la imagen aumentada percibida por el observador dependerá del desajuste de pasos entre el conjunto geoméricamente ordenado de microimágenes y el conjunto geoméricamente ordenado de elementos de microenfoque, y, de esta forma, la versión aumentada del tercer conjunto geoméricamente ordenado parecerá extenderse en un plano diferente del de los primer y/o segundo conjuntos geoméricamente ordenados, con lo que se evita la confusión. Por ejemplo, el diseño puede comprender paneles alternos de símbolos "20" azules (primer conjunto geoméricamente ordenado 110) o símbolos de "cresta" rojos (segundo conjunto geoméricamente ordenado 120), con una tercera capa común de 'estrellas' u otros iconos, o una configuración de líneas situada por detrás de los dos primeros conjuntos geoméricamente ordenados de imágenes. En otros ejemplos, el tercer conjunto geoméricamente ordenado puede haberse dispuesto con un paso tal, que su versión aumentada parece estar por delante de los primer y/o segundo conjuntos geoméricamente ordenados.

35 El tercer conjunto geoméricamente ordenado puede ser impreso en una tinta que sea invisible bajo condiciones de iluminación normales pero que sea visible bajo iluminación UV, de manera que, en este caso, el "fondo" aumentado únicamente se observará bajo iluminación UV. Alternativamente, cualquiera de los primer y segundo conjuntos geoméricamente ordenados 110, 120, o ambos, pueden ser impresos en una tinta que cambia de color con su exposición a radiación UV, de tal manera que se observa un cambio de color de la imagen aumentada bajo radiación UV.

40 La Figura 19 ilustra parte de un aparato para imprimir los conjuntos geoméricamente ordenados de elementos de microimagen sobre el sustrato. Como se ha mencionado anteriormente, el aparato divulgado reduce en gran medida el grado de fallo en la confrontación entre los diferentes conjuntos geoméricamente ordenados de microimágenes y es, por tanto, particularmente adecuado para producir dispositivos del tipo que se ha descrito con referencia a las Figuras 2 y 3. Sin embargo, resulta también adecuado para uso a la hora de formar dispositivos que incluyen zonas de interrupción según se han descrito con referencia a las Figuras 5 a 18 anteriormente. Se apreciará que tales dispositivos pueden, alternativamente, ser producidos utilizando aparatos de impresión convencionales (por ejemplo, en dos tonos de impresión, o utilizando una segunda estación de impresión fuera de línea), ya que la anchura de la zona de interrupción puede ser diseñada para tener en cuenta el error de confrontación valiéndose de los principios ya expuestos. No obstante, como ya se ha indicado, se prefiere que la anchura de la zona de interrupción se mantenga tan pequeña como sea posible al objeto de reducir su impacto en la apariencia del dispositivo, y, así, se sigue prefiriendo un procedimiento de fabricación con un error de confrontación muy bajo, tal como el que ahora se describe.

55 El aparato mostrado en la Figura 19 comprende dos estaciones de impresión 90 y 92 destinadas a disponer un primer trabajo y un segundo trabajo, respectivamente, sobre el sustrato 20. El sustrato es transportado a través del aparato sobre una serie de rodillos tensores TR1, ..., TR4 y se desplaza en la dirección indicada por la flecha MD (paralela al eje y del sustrato). Entre las dos estaciones de impresión 90, 91 se encuentra una sección de ajuste 91 de longitud de recorrido, que puede ser utilizada para cambiar la longitud del recorrido de transporte del sustrato entre las dos estaciones de impresión.

La primera estación de impresión 90 comprende un rodillo de entintado 70, acoplado, a través de una cadena 72 de rodillo, a un depósito 74 de tinta. La tinta es transferida por el rodillo 70 sobre un rodillo de impresión 76 que porta

unos elementos de impresión rebajados 78 correspondientes a los elementos de microimagen del conjunto geométricamente ordenado de que se trate. Una hoja rascadora 84 contacta con la tinta o el colorante y los retiran de las áreas no rebajadas del rodillo de impresión 82. El sustrato 20 es suministrado entre el rodillo de impresión 76 y un rodillo de impresión 80, y los elementos de imagen del primer conjunto geométricamente ordenado 110 son impresos sobre el sustrato 20.

La segunda estación de impresión 91, dispuesta aguas abajo con respecto a la primera, comprende idénticos componentes: un rodillo de entintado 71 una cadena 73 de rodillo, un depósito 75, un rodillo de impresión 77 con elementos rebajados 79, una hoja rascadora 85 y un rodillo de impresión 81, y se utiliza para imprimir el segundo conjunto geométricamente ordenado 120 de elementos de imagen.

Alternativamente, las estaciones de impresión 90, 92 pueden incluir rodillos de impresión 76, 77 que portan elementos de impresión sobresalientes que se corresponden con los elementos de microimagen del conjunto geométricamente ordenado en cuestión, en cuyo caso no se requiere ninguna hoja rascadora 84.

A fin de hacer posible que los dos conjuntos geométricamente ordenados 110, 120 se impriman estando adyacentes el uno con respecto al otro, únicamente una porción (preferiblemente, no más de la mitad) de cada rodillo de impresión respectivo 76, 78 está provista de elementos de impresión, de forma que tan solo una porción de la circunferencia del rodillo imparte una impresión de microimágenes sobre la banda de sustrato 20. De este modo, a la salida de la primera estación de impresión 90, la banda porta los primeros conjuntos geométricamente ordenados 110 de elementos de microimagen, separados por regiones vacías de la banda. A la llegada a la segunda estación de impresión 92, los segundos conjuntos geométricamente ordenados de elementos de microimagen se imprimen sobre los espacios comprendidos entre los primeros conjuntos geométricamente ordenados de elementos de microimagen. De esta forma, cada cilindro de impresión 76, 77 imprime alternamente paneles de microimágenes de longitud P sobre la banda.

Si se va a proporcionar una región limítrofe 150 entre los conjuntos geométricamente ordenados, la distancia de repetición entre paneles impresos de un color concreto, R_p , es $2(P + \Delta)$, donde 2Δ es la anchura de diseño de la región limítrofe 150. En caso de que no se requiera ninguna región limítrofe (por ejemplo, para producir los dispositivos de las Figuras 2a, 14 o 15), entonces $\Delta = 0$.

A fin de controlar la confrontación relativa entre los dos cabezales de impresión 90, 92, se ha proporcionado una unidad de ajuste 91 de longitud de recorrido. Esta comprende un cierto número de rodillos de transferencia TR1 a TR4 de banda, cuya acción consiste en ajustar la tensión de la banda en la dirección de la máquina, MD. Específicamente, el rodillo TR3 puede moverse hacia arriba y hacia abajo (es decir, fuera del plano de la banda, en el eje z), con lo que se incrementa o reduce la longitud del recorrido entre las dos estaciones de impresión 90, 92. Puede haberse proporcionado un detector, tal como una cámara 95, aguas abajo de la segunda estación de impresión 92 con el fin de detectar el tamaño del espacio de separación entre conjuntos geométricamente ordenados (la región limítrofe) y suministrar una señal de error correspondiente a la magnitud del espacio de separación detectado. La unidad de ajuste de longitud de recorrido es controlada por un controlador (no mostrado) en respuesta a la señal de error proporcionada por el sistema de cámara, para así minimizar la variación en el espacio de separación (es decir, un control con realimentación).

Se ha contemplado también que pueda hacerse que la posición de uno de los cilindros de impresión 76, 77, o de ambos, sea desplace transversalmente a la dirección de la banda (es decir, en la dirección del eje x) por la acción de un transductor proporcionado en el árbol de alguno de los rodillos, a fin de que los paneles impresos tengan una alineación transversal. Como se ha explicado anteriormente con respecto a la Figura 16, esto ayuda a la formación de zonas de interrupción integradas.

Seguidamente a la aplicación de los dos paneles integrados, la banda es invertida o vuelta del revés y el conjunto geométricamente ordenado de microlentes o de microespejos se aplica al lado del reverso. Por ejemplo, pueden proporcionarse microlentes o microespejos cóncavos sobre la superficie opuesta del sustrato 20 por curado de colada, moldeo o un procedimiento similar.

En los ejemplos anteriormente descritos, los elementos de microimagen se han proporcionado por impresión sobre el sustrato. También será posible proporcionar algunos o la totalidad de los elementos de imagen en forma de estructuras en relieve, y ejemplos de algunas de estas se muestran en las Figuras 13A-13J. En estas Figuras, 'IM' indica las partes del relieve que generan una imagen, en tanto que 'NI' indica las partes que no generan una imagen.

La Figura 13A ilustra elementos de imagen abollonados o rebajados. La Figura 13B ilustra elementos de imagen desabollonados, o revertidos en su abollonado. La Figura 13C ilustra elementos de imagen en la forma de estructuras de rejilla, en tanto que la Figura 13D ilustra estructuras de rejilla de ojo compuesto u otras de paso fino.

Estas estructuras pueden ser combinadas. Por ejemplo, la Figura 13E ilustra elementos de imagen formados por rejillas dentro de áreas de rebajes, en tanto que la Figura 13F ilustra rejillas situadas en áreas revertidas en su abollonado.

La Figura 13G ilustra el uso de un abollonado basto.

La Figura 13H ilustra la provisión de una impresión sobre un área abollonada, en tanto que la Figura 13I ilustra estructuras conformadas en forma "azteca".

La Figura 13J ilustra rebajes rellenos de tinta.

5 Las diversas realizaciones de la construcción del dispositivo anteriormente descrita pueden ser divididas o cortadas en pegatinas, hojas, rayas, tiras, hilos destinados a incorporarse en el interior de sustratos de plástico o de papel de acuerdo con métodos conocidos. Las Figuras 21 y 22 muestran un ejemplo en el cual un dispositivo 10 hecho de
10 acuerdo con cualquiera de las realizaciones precedentes, se aplica a un artículo 1, tal como un documento de seguridad (por ejemplo, un billete de banco, un sello de tasas, un sello de pasaporte, una tarjeta financiera, etc.), a modo de una tira o raya ininterrumpida que se extiende desde uno de los bordes del artículo hasta el otro. El dispositivo 10 puede ser aplicado al documento mediante la aplicación de calor y/o presión, y, de este modo, puede aplicarse una forma adecuada de adhesivo a la cara del dispositivo que se ha de asegurar al sustrato del documento. Alternativamente, se empleará un adhesivo en frío u otro método de transferencia (por ejemplo, estampación en caliente), por ejemplo. El dispositivo puede ser 'enrollado' sobre el sustrato al permitir al dispositivo
15 y al documento entrar en contacto justo antes de pasar a través de un paso de apriete rotativo, en el cual el adhesivo del dispositivo puede ser activado por calor y presión.

La Figura 22 muestra un corte transversal tomado a lo largo de la línea X-X de la Figura 21, que ilustra una realización basada en lentes que funciona únicamente en el modo de recepción. El dispositivo 10 está fijado al sustrato sustancialmente opaco 5, con material de base de papel o de polímero, del artículo 1 por medio de una
20 capa de adhesivo 6. En este caso, la imagen magnificada sintéticamente, vista por el observador O₁ es, en última instancia, obtenida de la luz que ha sido retrodispersada o reflejada desde los conjuntos geoméricamente ordenados 100 de microimágenes y el medio que actúa como fondo para los conjuntos geoméricamente ordenados de microimágenes. Cuanto mayor es el contraste de reflexión entre los conjuntos geoméricamente ordenados de microimágenes y el medio de fondo circundante, mayor será el contraste visual de las imágenes sintéticamente
25 aumentadas. Puede pasar ahora que el color o las propiedades reflectantes del sustrato 5 no sean óptimas –por ejemplo, el sustrato puede ser de baja reflectividad o de un color similar al de uno de los conjuntos geoméricamente ordenados de microimágenes. Para tratar esto, se ha mostrado en la Figura 22 la adición de una capa de revestimiento de máscara opcional 7, situada entre la interfaz de microimpresión y la capa adhesiva 6 que une el dispositivo al sustrato 5. La capa de máscara 7 contendrá, por lo común, un pigmento que proporciona opacidad y reflectante tal como partículas de dióxido de titanio en el seno de un agente aglomerante de resina, si bien no se limita a estas. El color de esta capa puede ser simplemente blanco, o bien puede añadirse un colorante para garantizar que esta capa de máscara o capa reflectante de fondo exhiba un matiz deseado que contraste con uno o
30 ambos conjuntos geoméricamente ordenados de elementos de microimagen.

En un ejemplo adicional, el revestimiento de máscara y uno de los conjuntos geoméricamente ordenados de microimágenes tienen prácticamente el mismo color, si bien una u otra entidad se ha provisto de una propiedad metámera. Ejemplos de tintas metámeras se proporcionan en el documento GB 1.407.065. En consecuencia, bajo una visión normal, el conjunto geoméricamente ordenado de microimágenes relevante tan solo se distingue débilmente (si es que lo hace) contra el color de fondo de la máscara opaca –sin embargo, cuando se observa bajo un filtro metámero, dicho conjunto geoméricamente ordenado de microimágenes, o, más propiamente, su imagen
35 sintéticamente aumentada, se hace fuertemente evidente. Alternativamente, el revestimiento de máscara puede haberse provisto de un aditivo fluorescente tal, que, cuando se observa bajo una luz fluorescente, el revestimiento de máscara proporciona un fondo fluorescente contra el cual los conjuntos geoméricamente ordenados de microimágenes absorbentes forman imágenes negras sintéticamente aumentadas.

El revestimiento de máscara puede también funcionar como una capa de mejora de la durabilidad.

45 Haciendo referencia, de nuevo, a la Figura 2, el primer conjunto geoméricamente ordenado 110 de microimágenes puede ser impreso con una primera tinta metámera y el segundo conjunto geoméricamente ordenado 120 de estrellas, con una segunda tinta metámera, de manera que las propiedades metámeras de las tintas son tales, que parecen ser de idéntico color cuando se observan a la luz del día pero, cuando se observan con luz filtrada, las dos tintas parecen tener colores reflectantes diferentes.

50 En otra realización, puede incorporarse un dispositivo de acuerdo con cualquiera de las realizaciones dentro de un documento de seguridad, en forma de hilo parcialmente visible en ventanas. Ejemplos de semejante configuración se muestran en las Figuras 23, 24 y 25. En la Figura 23, de nuevo, se ha proporcionado un dispositivo de acuerdo con cualquiera de las realizaciones dentro de, o sobre, un documento de seguridad u otro artículo tal como un billete de banco, un sello de tasas, un certificado de autenticidad o una página de pasaporte. Las ventanas 8 revelan
55 ciertas porciones del dispositivo 10. En este ejemplo, el diseño del dispositivo no es confrontado con posiciones "norte-sur" (es decir, la parte superior y la inferior, según se muestra en la Figura) de las ventanas 9 del sustrato durante el procedimiento de integración en el papel o en el sustrato y, como consecuencia de ello, el fabricante no puede asegurar que un panel de imágenes concreto 11, 12 aparezca por completo y en exclusiva dentro de una ventana concreta 8. Sin embargo, la probabilidad de garantizar que esté presente un único panel dentro de cada

ventana aumenta cuando la longitud de cada panel de color respectivo 11, 12 supera significativamente la longitud de la ventana 8 del hilo, en tanto que, al mismo tiempo, sigue siendo menor que la distancia de repetición de las ventanas.

5 La Figura 24 muestra otra realización en la que el diseño del dispositivo o, más particularmente, su alternancia de colores vertical se encuentra frente a frente con las zonas 8 provistas de ventanas del sustrato 1. Esta realización se prefiere claramente, ya que la presencia de un panel de un único color 11, 12 dentro de cada ventana proporciona una característica de seguridad inequívoca y fácil de describir que será rápidamente apreciada por el observador. Por ejemplo, la ventana situada más arriba, 8', revela únicamente el panel 12 de imágenes, en tanto que la ventana adyacente 8'' revela únicamente el panel 11 de imágenes. Las zonas de transición en las que se encuentran los dos paneles de imágenes, están situadas dentro de la porción carente de ventanas (por ejemplo, completamente encastrada) del documento y se encuentran, por tanto, ocultas a la vista para el observador. De esta forma, estén o no confrontados con precisión uno con otro los dos conjuntos geoméricamente ordenados 110, 120 de microimágenes, o bien incluya o no el dispositivo una zona de interrupción entre los paneles 11, 12 de imágenes, esto no es crucial puesto que la región afectada quedará oculta. Por lo tanto, en esta realización, no es necesario que el dispositivo se realice de acuerdo con ninguna de las realizaciones precedentes, sino que este puede sencillamente comprender al menos dos conjuntos geoméricamente ordenados de elementos de microimagen separados lateralmente unos de otros, formados en diferentes trabajos y de diferentes colores, sin ningún requisito de confrontación ni regiones limítrofes particulares, etc. (por ejemplo, los conjuntos geoméricamente ordenados pueden solaparse parcialmente entre sí, ya sea intencionadamente o no). Sin embargo, pueden, por supuesto, seleccionarse para el propósito dispositivos de acuerdo con cualquiera de las anteriores realizaciones.

Las Figuras 25 y 26 muestran dos cortes transversales alternativos a lo largo de la línea Y-Y de la Figura 24 (nótese que se han representado un número diferente de ventanas 8, pero que los principios son los mismos). En la realización de la Figura 25, el dispositivo 10 se ha fijado a una superficie del sustrato 5 en alineación con las ventanas 8 que pasan a través de todo el espesor del documento. Las ventanas 8 pueden consistir en aberturas o pueden ser regiones transparentes (por ejemplo, de polímero) del sustrato 5. Las ventanas 8 pueden ser formadas antes de la aplicación del dispositivo 10, o después (por ejemplo, por abrasión). El dispositivo 10 se fija al sustrato utilizando cualquiera de las técnicas previamente mencionadas en relación con las Figuras 21 y 22, y, por lo común, se proporciona una capa de adhesivo entre el conjunto geoméricamente ordenado 22 de microlentes y el sustrato. Se ha de tener cuidado en no hacer "coincidir en índice" la lente inintencionadamente, haciéndola disfuncional, como se ha explicado anteriormente. De esta forma, si el índice de refracción del adhesivo es similar al de las lentes, puede incluirse un revestimiento con un índice de refracción diferente entre las lentes y el adhesivo. Puede proporcionarse, como antes, una capa de máscara 7, o bien esta puede ser omitida.

35 Como se ha explicado anteriormente, el dispositivo 10 se dispone frente a frente con el sustrato 5 utilizando técnicas disponibles en la tecnología, de tal manera que cada una de las interfaces entre conjuntos geoméricamente ordenados de microimágenes queda oculta por el sustrato 5 entre ventanas 8. Cada ventana 8 está alineada ya sea con el primer conjunto geoméricamente ordenado 110, ya sea con el segundo conjunto geoméricamente ordenado 120.

40 En esta disposición, el dispositivo puede cooperar en los modos tanto de reflexión como de transmisión, puesto que el dispositivo 10 se aplica al menos parcialmente sobre una abertura transparente 8 existente dentro del sustrato 5. En este caso, la imagen sintéticamente aumentada puede ser observada en reflexión y/o en transmisión a través de la abertura de observación 8 existente en el sustrato 5. El observador únicamente verá la imagen aumentada cuando se sitúa en la posición O_1 . En el caso de que se omita el revestimiento de máscara opaca 7, el mismo observador puede observar el sistema de magnificación de Moiré en transmisión. Es también un requisito que la capa de adhesivo tenga una buena claridad óptica (es decir, baja dispersión, baja absorción).

45 Ha de apreciarse que, si las microimágenes impresas 110, 120 se forman de una tinta o colorante que es sustancialmente opaco, entonces la imagen sintéticamente aumentada estará coloreada cuando se observe en reflexión, pero formará una imagen esencialmente negra de alto contraste cuando se observe en transmisión.

50 Un requisito para que una imagen coloreada se vea en transmisión es que las microimágenes han de tener un cierto grado de translucidez. La luz ha de ser capaz de pasar a través de las imágenes impresas y el color deseado, transmitirse. Ha de constatar que, en las regiones en que los dos conjuntos geoméricamente ordenados 110, 120 y, por tanto, las imágenes aumentadas se solapan, se tendrá una mezcla aditiva de colores. Por ejemplo, si los colores de los dos conjuntos geoméricamente ordenados son rojo y azul, entonces, en las áreas de solapamiento, la imagen será magenta.

55 Nótese también que si el observador ve el dispositivo desde la posición O_2 , entonces no se observa ninguna imagen aumentada sintéticamente / por Moiré, sino, en lugar de ello, una imagen no modificada o directa de los patrones de microimágenes (o, simplemente, el revestimiento de máscara 7, si está presente).

En la alternativa de la Figura 26, el dispositivo 10 está parcialmente encastrado dentro del documento. Esto se conseguirá mediante la incorporación del dispositivo durante la fabricación del papel, o la estratificación de este entre capas que constituyen el documento, por ejemplo. El sustrato 5 se muestra ahora en dos porciones 5a y 5b,

una por encima y otra por debajo del dispositivo 10. Por lo común, ambas caras del dispositivo 10 estarán ahora provistas de un adhesivo (tan solo se muestra la capa 6, y deben tenerse en cuenta las mismas consideraciones mencionadas anteriormente con respecto a las coincidencias de índices de las lentes). De nuevo, las ventanas 8 pueden ser aberturas practicadas a través de la primera porción 5a del sustrato, formadas antes o después del ensamblaje del documento con el dispositivo (por ejemplo, por perforación o abrasión), o bien pueden ser porciones transparentes de una capa de polímero. En este caso, si la capa 5b del sustrato es opaca, el dispositivo 10 únicamente será visible en el modo de reflexión desde la posición O_1 .

En ejemplos adicionales, el dispositivo de seguridad también incluye una o más características ópticas de seguridad diferentes. Un ejemplo de esto se muestra en la Figura 27. En este ejemplo, se ha formado un dispositivo magnificador de Moiré 10 como se ha descrito con referencia a cualquiera de las anteriores realizaciones. El dispositivo de seguridad también incluye un cierto número de estructuras 400 de generación de imagen holográfica. Las estructuras 400 de generación de imagen holográfica pueden ser coladas o abollonadas en la misma resina que las microlentes, pero, igualmente, en dos resinas diferentes, de manera que pueden aplicarse en confrontación una adecuada para colar las microlentes y otra adecuada para abollonar una estructura holográfica. Alternativamente, las estructuras holográficas pueden ser abollonadas en una laca polimérica situada por el lado opuesto de la capa polimérica con respecto a las microlentes.

Las estructuras de generación holográfica 400 pueden darse en la forma de hologramas o elementos de imagen de DOVID. En la construcción de etiqueta mostrada en la Figura 14, las microlentes y la visualización de los dos conjuntos geoméricamente ordenados de imágenes aumentadas están situadas en una banda o región horizontal central de la etiqueta, en tanto que las estructuras de generación holográfica 400 están situadas en cada lado. Ha de comprenderse, sin embargo, que este ejemplo es puramente ilustrativo y, por ejemplo, las estructuras de generación holográfica 400 pueden estar situadas en una banda o tira central, de manera que el magnificador de Moiré 10 se proporciona en una o más regiones a cada lado. Alternativamente, las imágenes aumentadas de Moiré y la imagen proporcionada por las estructuras de generación holográfica pueden ser integradas en una única imagen, al proporcionar, cada una de ellas, componentes de una imagen individual. La Figura 28 ilustra un ejemplo de un tal diseño integrado en el que las estructuras de generación holográfica 401 forman una espiral y, en el medio de la espiral, las estructuras holográficas se han reemplazado por un magnificador de Moiré 10 con el fin de crear una imagen aumentada de Moiré, en este caso de "5's" y estrellas en movimiento.

En el caso de las estructuras holográficas 400, 401, estas pueden tener cualquier forma convencional y pueden estar completa o parcialmente metalizadas. Alternativamente, la capa metalizada de mejora de la reflexión puede ser reemplazada por una capa de índice de refracción alto, sustancialmente transparente e inorgánica, tal como de ZnS.

Comoquiera que se haya definido la disposición, resulta ventajoso que las regiones individuales asignadas a los dos efectos ópticos diferentes de las Figuras 27 y 28 sean suficientemente grandes para facilitar una clara visión de los efectos.

Los dispositivos de seguridad mostrados en las Figuras previas resultan adecuados para ser aplicados como etiquetas a documentos de seguridad que, por lo común, requerirán la aplicación de un adhesivo sensible al calor o a la presión en la superficie externa del dispositivo que contactará con el documento seguro. Además, puede aplicarse un revestimiento / barniz protector opcional a la superficie externa expuesta del dispositivo. La función del revestimiento / barniz protector es aumentar la durabilidad del dispositivo durante la transferencia sobre el sustrato de seguridad y en circulación.

En el caso de un elemento de transferencia en lugar de una etiqueta, el dispositivo de seguridad es, preferiblemente, prefabricado sobre un sustrato portador y transferido al sustrato en una etapa de trabajo subsiguiente. El dispositivo de seguridad puede ser aplicado al documento utilizando una capa adhesiva. La capa adhesiva es aplicada bien al dispositivo de seguridad o bien a la superficie del documento seguro a la que se ha de aplicar el dispositivo. Después de la transferencia, la tira portadora puede ser retirada y dejarse el dispositivo de seguridad como capa expuesta, o, alternativamente, la capa portadora puede permanecer como parte de la estructura, actuando como capa protectora exterior. En el documento EP 1897700 se describe un método adecuado para transferir dispositivos de seguridad basándose en dispositivos de curado de colada que comprenden estructuras microópticas.

El dispositivo de seguridad de la presente invención puede ser también incorporado como una tira o hilo de seguridad. Los hilos de seguridad están actualmente presentes en muchos de los billetes del mundo así como en recibos, pasaportes, cheques de viaje y otros documentos. En muchos casos, el hilo se ha proporcionado en una forma parcialmente encastrada o parcialmente visible en ventanas, de manera que el hilo parece urdirse dentro y fuera del papel. Un método para producir papel con los denominados hilos parcialmente visibles en ventanas puede encontrarse en el documento EP 0059056. Los documentos EP 0860298 y WO 03095188 describen diferentes soluciones para el encastrado de hilos parcialmente expuestos, más anchos, dentro de un sustrato de papel. Los hilos anchos, por lo común con una anchura de entre 2 y 6 mm, resultan particularmente útiles puesto que el área expuesta adicional permite un mejor uso de dispositivos variables ópticamente tales como los de la presente invención. Las estructuras de dispositivo que se muestran en cualquiera de las Figuras 2 a 18 pueden utilizarse a modo de un hilo por medio de la aplicación de una capa de adhesivo incoloro y transparente a una de las superficies

externas del dispositivo o a ambas. Es importante una selección cuidadosa de las propiedades ópticas del adhesivo en contacto con las microlentes. El adhesivo debe tener un índice de refracción inferior al del material de las microlentes, y cuanto mayor sea la diferencia de índices de refracción entre las microlentes y el adhesivo, más corta será la longitud focal posterior de las lentes y, por tanto, más delgado será el dispositivo de seguridad focal.

5 El dispositivo de seguridad de la presente invención puede hacerse legible por una máquina mediante la introducción de materiales detectables en cualquiera de las capas o por la introducción de capas legibles por máquina independientes. Materiales detectables que reaccionan a un estímulo externo incluyen materiales fluorescentes, fosforescentes, absorbentes de infrarrojos, termocrómicos, fotocromicos, magnéticos, electrocromicos, conductores y piezocromicos, si bien no están limitados por estos.

10 Pueden incluirse en el dispositivo de seguridad materiales ópticamente variables adicionales tales como elementos de interferencia de película delgada, material de cristal líquido y materiales de cristal fotónico. Tales materiales pueden darse en la forma de capas de película o como materiales pigmentados adecuados para su aplicación por impresión.

El dispositivo de seguridad de la presente invención puede comprender una capa opaca.

15 Las Figuras 29 y 30 muestran una característica de seguridad adicional en forma de una imagen revertida en su metalización, o desmetalizada, incorporada dentro de un dispositivo de seguridad de la presente invención. Los conjuntos geoméricamente ordenados de imágenes aumentadas del dispositivo 10 se observan en la banda central del dispositivo. Esto proporciona un efecto de seguridad primario debido a la fuerte animación de tipo lenticular. Como puede observarse en la Figura 30, la estructura de la característica mostrada en la Figura 29 a lo largo del corte A-A es como se ha mostrado en la Figura 10. En las regiones situadas fuera de la banda central que exhiben la magnificación de Moiré (según se observa a lo largo del corte B-B: nótese que no es visible ningún elemento de conjunto geoméricamente ordenado de microimágenes, puesto que la línea B-B se interseca con la región limítrofe 150), la capa receptora de impresión 23 ha sido metalizada, como se indica por la referencia 410. Las partes 415 de la capa de metal son revertidas en su metalización, o desmetalizadas, para definir las imágenes desmetalizadas, con lo que se hace posible la creación de indicaciones desmetalizadas que pueden ser vistas con luz reflejada pero, más preferiblemente, transmitida.

En un ejemplo adicional, y con referencia al ejemplo de Moiré basado en espejos que se muestra en la Figura 18, la capa metalizada que forma los microespejos puede ser extendida más allá de los microespejos y, entonces, partes de esta capa pueden ser desmetalizadas para definir imágenes desmetalizadas.

30 Una manera de producir películas parcialmente metalizadas / desmetalizadas en las que no está presente nada de metal en áreas controladas y claramente definidas, consiste en desmetalizar selectivamente regiones utilizando una técnica de material resistente y ataque químico superficial, tal como se describe en el documento US-B-4.652.015. Otras técnicas para conseguir efectos similares son, por ejemplo, la posibilidad de depositar en vacío aluminio a través de una máscara, o la posibilidad de eliminar selectivamente aluminio de una tira compuesta de un portador plástico y aluminio utilizando un láser de excímero. Las regiones metálicas pueden ser proporcionadas de forma alterna mediante la impresión de una tinta con efecto metálico que tiene un aspecto metalizado, tal como las tintas Metalstar®, comercializadas por Eckart.

40 La presencia de una capa metálica puede ser utilizada para ocultar la presencia de una capa magnética oscura legible por una máquina. Cuando se incorpora un material magnético dentro del dispositivo, el material magnético puede ser aplicado con cualquier diseño, si bien ejemplos comunes incluyen el uso de pares de líneas paralelas magnéticas o el uso de bloques magnéticos para formar una estructura codificada. Materiales magnéticos adecuados incluyen pigmentos de óxido de hierro (Fe_2O_3 o Fe_3O_4), ferritas de bario o de estroncio, hierro, níquel, cobalto y aleaciones de estos. En este contexto, el término "aleación" incluye materiales tales como el níquel:cobalto, el hierro:aluminio:níquel:cobalto y similares. Pueden utilizarse materiales de níquel en virutas; además, resultan adecuados materiales en virutas de hierro. Las virutas de níquel típicas tienen dimensiones laterales comprendidas en el intervalo entre 5 y 50 micras y un espesor menor de 2 micras. Las virutas de hierro típicas tienen dimensiones laterales comprendidas en el intervalo entre 10 y 30 micras y un espesor menor de 2 micras.

50 En una realización alternativa legible por una máquina, puede incorporarse una capa magnética transparente en cualquier posición dentro de la estructura del dispositivo. Capas magnéticas transparentes adecuadas que contienen una distribución de partículas de un material magnético con un tamaño y distribuido en una concentración en la que la capa magnética sigue siendo transparente, se describen en los documentos WO 03091953 y WO 03091952.

55 En un ejemplo adicional, el dispositivo de seguridad de la presente invención puede ser incorporado en un documento de seguridad de un modo tal, que el dispositivo se incorpora dentro de una región transparente del documento. El documento de seguridad puede tener un sustrato hecho de cualquier material convencional, incluyendo papel y polímero. Se conocen técnicas en la tecnología para formar regiones transparentes en cada uno de estos tipos de sustrato. Por ejemplo, el documento WO 8300659 describe un billete de banco de polímero formado a partir de un sustrato transparente que comprende un revestimiento que aporta opacidad por ambas caras

del sustrato. El revestimiento que aporta opacidad se ha omitido en regiones localizadas de ambas caras del sustrato con el fin de formar una región transparente.

5 El documento EP 1141480 describe un método para realizar una región transparente en un sustrato de papel. Otros métodos para formar regiones transparentes en sustratos de papel se describen en los documentos EP 0723501, EP 0724519, EP 1398174 y WO 03054297.

10 Pueden imprimirse uno o más de los conjuntos geoméricamente ordenados de microimágenes de la presente invención con tintas que comprenden materiales que responden de forma visible a radiación invisible. Se conocen por parte de los expertos de la técnica materiales luminiscentes que incluyen materiales que tienen propiedades fluorescentes o fosforescentes. Es también bien conocida la práctica de utilizar otros materiales que responden de forma visible a radiación invisible, tales como los materiales fotocromáticos y los materiales termocromáticos. Por ejemplo, es posible que únicamente uno de los conjuntos geoméricamente ordenados y aumentados sea visible en condiciones de luz diurna normal, y que la segunda imagen aumentada se haga visible tan solo bajo iluminación UV. Alternativamente, los dos conjuntos geoméricamente ordenados y aumentados aparecen del mismo color en condiciones de luz diurna normal, y de diferentes colores cuando se observan utilizando un filtro o cuando se observan bajo iluminación UV.

15

REIVINDICACIONES

- 1.- Un dispositivo de magnificación de Moiré que comprende un sustrato transparente que porta:
- i) un conjunto geoméricamente ordenado y regular de elementos de microenfoque sobre una primera superficie, de tal manera que los elementos de enfoque definen un plano focal;
 - 5 ii) un primer conjunto geoméricamente ordenado correspondiente de elementos de microimagen, de un primer color y situado en un plano sustancialmente coincidente con el plano focal de los elementos de enfoque; y caracterizado por
 - 10 iii) un segundo conjunto geoméricamente ordenado correspondiente de elementos de microimagen, de un segundo color diferente del primer color, y situado en un plano sustancialmente coincidente con el plano focal de los elementos de enfoque, de tal modo que el segundo conjunto geoméricamente ordenado de elementos de microimagen están lateralmente descentrado con respecto al primero,
- de tal manera que los pasos de los elementos de microenfoque y de los primer y segundo conjuntos geoméricamente ordenados de elementos de microimagen, así como sus posiciones relativas, son tales, que el conjunto geoméricamente ordenado de elementos de microenfoque coopera con cada uno de los primer y segundo conjuntos geoméricamente ordenados de elementos de microimagen con el fin de generar respectivas versiones aumentadas de los elementos de microimagen de cada conjunto geoméricamente ordenado debido al efecto de Moiré,
- 15 y de forma que se percibe una zona de interrupción de anchura no nula entre la versión aumentada del primer conjunto geoméricamente ordenado de microimágenes y la versión aumentada del segundo conjunto geoméricamente ordenado de microimágenes, de tal modo que la zona de interrupción no exhibe una versión aumentada de ninguno de los conjuntos geoméricamente ordenados.
- 20 2.- Un dispositivo de acuerdo con la reivindicación 1, en el cual el primer conjunto geoméricamente ordenado de elementos de microimagen está separado lateralmente del segundo conjunto geoméricamente ordenado de elementos de microimagen por una región limítrofe de anchura no nula que carece de elementos de microimagen, con lo que se ocasiona que la zona de interrupción sea percibida por el observador.
- 25 3.- Un dispositivo de acuerdo con la reivindicación 2, en el cual la anchura de la región limítrofe carente de elementos de microimagen es mayor que la distancia de repetición más grande de cualquiera de los conjuntos geoméricamente ordenados de elementos de microimagen en la dirección transversal a la región limítrofe.
- 30 4.- Un dispositivo de acuerdo con la reivindicación 2, en el cual la anchura de la región limítrofe carente de elementos de microimagen es mayor que el paso máximo de cualquiera de los conjuntos geoméricamente ordenados de elementos de microimagen.
- 35 5.- Un dispositivo de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 2 a 4, en el cual la región limítrofe carente de elementos de microimagen porta una capa de interrupción, de tal modo que la capa de interrupción adopta, preferiblemente, la forma de una impresión o revestimiento uniforme o según un cierto patrón, preferiblemente de manera que, en la región limítrofe carente de elementos de microimagen, la capa de interrupción está dispuesta entre el sustrato y al menos uno de los primer y segundo conjuntos geoméricamente ordenados de elementos de microimagen.
- 40 6.- Un dispositivo de acuerdo con la reivindicación 1, en el cual el conjunto geoméricamente ordenado y regular de elementos de microenfoque comprende unos primer y segundo conjuntos geoméricamente ordenados y regulares de elementos de microenfoque, separados lateralmente uno de otro por una región limítrofe de anchura no nula que carece de elementos de microenfoque en funcionamiento, de tal manera que la región limítrofe está alineada con la transición entre el primer conjunto geoméricamente ordenado de elementos de microimagen y el segundo, con lo que se provoca que la zona de interrupción sea percibida por el usuario.
- 45 7.- Un dispositivo de acuerdo con la reivindicación 6, en el cual la anchura de la región limítrofe carente de elementos de microenfoque es mayor que la dimensión más grande de los elementos de microenfoque individuales.
- 8.- Un dispositivo de acuerdo con la reivindicación 6, en el cual la anchura de la región limítrofe carente de elementos de microenfoque es más grande que el paso máximo de cualquiera de los conjuntos geoméricamente ordenados de elementos de microenfoque.
- 50 9.- Un dispositivo de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 6 a 8, en el cual la región limítrofe carente de elementos de microenfoque comprende una capa de material formada sobre los elementos de microenfoque en esa región, de tal modo que el material es sustancialmente del mismo índice de refracción que el de los elementos de microenfoque, de forma que los elementos de microenfoque de la región limítrofe no son funcionales.
- 10.- Un dispositivo de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 6 a 8, en el cual la región limítrofe carente de

elementos de microenfoque comprende una región desprovista de elementos de microenfoque.

- 11.- Un dispositivo de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el cual los elementos de microenfoque comprenden microlentes tales como lentillas esféricas, lentillas cilíndricas, lentillas plano-convexas, lentillas convexas dobles, lentillas de Fresnel y placas zonales de Fresnel; o espejos cóncavos.
- 5 12.- Un dispositivo de seguridad que comprende un dispositivo de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones precedentes, preferiblemente formado como un hilo, etiqueta o pegatina de seguridad.
- 13.- Un dispositivo de seguridad de acuerdo con la reivindicación 12, de tal modo que el dispositivo se ha proporcionado dentro de una ventana transparente de un documento de seguridad tal como un billete de banco, un carné de identidad o un elemento similar.
- 10 14.- Un artículo de valor provisto de un dispositivo óptico de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 13, de tal manera que el artículo de valor comprende, preferiblemente, uno de entre un billete de banco, un cheque, un pasaporte, un carné de identidad, un certificado de autenticidad, un sello fiscal y otro documento de valor de seguridad o de identidad personal.
- 15.- Un método de fabricación de un dispositivo de magnificación de Moiré, que comprende, en cualquier orden:
- 15 a) formar un conjunto geoméricamente ordenado y regular de elementos de microenfoque sobre una primera superficie de un sustrato transparente, de tal manera que los elementos de enfoque definen un plano focal;
- b) formar sobre una segunda superficie del sustrato transparente, en un primer trabajo, un primer conjunto geoméricamente ordenado correspondiente de elementos de microimagen de un primer color y situado en un plano sustancialmente coincidente con el plano focal de los elementos de enfoque; y caracterizado por
- 20 c) formar, sobre la segunda superficie del sustrato transparente, en un segundo trabajo, un segundo conjunto geoméricamente ordenado correspondiente de elementos de microimagen, de un segundo color diferente del primer color, y situado en un plano sustancialmente coincidente con el plano focal de los elementos de enfoque, de tal manera que el segundo conjunto geoméricamente ordenado de elementos de microimagen está lateralmente descentrado con respecto al primero,
- 25 de forma que los pasos de los elementos de microenfoque y de los primer y segundo conjuntos geoméricamente ordenados de elementos de microimagen, así como sus posiciones relativas, son tales, que el conjunto geoméricamente ordenado de elementos de microenfoque coopera con cada uno de los primer y segundo conjuntos geoméricamente ordenados de elementos de microimagen con el fin de generar respectivas versiones aumentadas de los elementos de microimagen de cada conjunto geoméricamente ordenado debido al efecto de Moiré, y son
- 30 tales que el dispositivo presenta visualmente una zona de interrupción de anchura no nula entre la versión aumentada del primer conjunto geoméricamente ordenado de microimágenes y la versión aumentada del segundo conjunto geoméricamente ordenado de microimágenes, de manera que la zona de interrupción no exhibe una versión aumentada de ninguno de los conjuntos geoméricamente ordenados de microimágenes.
- 35 16.- Un método de acuerdo con la reivindicación 15, en el cual los primer y segundo conjuntos geoméricamente ordenados de elementos de microimagen están formados sobre el sustrato de acuerdo con una plantilla de diseño que define las posiciones deseadas de los elementos de microimagen en cada conjunto geoméricamente ordenado, de tal modo que la plantilla de diseño incluye una región limítrofe de anchura 2Δ no nula que carece de elementos de microimagen entre los primer y segundo conjuntos geoméricamente ordenados de elementos de microimagen, la cual, una vez que los conjuntos geoméricamente ordenados se han formado sobre el sustrato, se manifiesta como
- 40 una región limítrofe que da lugar a que la zona de interrupción sea percibida por el observador, de modo que la región limítrofe formada tiene una anchura $(2\Delta \pm \Sigma)$, donde Σ es un error de confrontación del primer conjunto geoméricamente ordenado de elementos de microimagen con respecto al segundo conjunto geoméricamente ordenado de elementos de microimagen, asociado con la formación de los conjuntos geoméricamente ordenados en las etapas (b) y (c).
- 45 17.- Un método de acuerdo con la reivindicación 16, en el cual la anchura de diseño de la región limítrofe carente de elementos de microimagen es mayor que la dimensión más grande de los elementos de microimagen individuales.
- 18.- Un método de acuerdo con la reivindicación 17, en el cual la anchura de diseño de la región limítrofe carente de elementos de microimagen es mayor que el paso máximo de cualquiera de los conjuntos geoméricamente ordenados de elementos de microimagen.
- 50 19.- Un método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 16 a 18, en el cual la anchura de diseño de la región limítrofe carente de elementos de microimagen es mayor que el error de confrontación Σ .
- 20.- Un método de acuerdo con la reivindicación 19, en el cual, para valores de $\Sigma \geq 100$ micras, la anchura de diseño 2Δ de la región limítrofe carente de elementos de microimagen se calcula de acuerdo con la expresión:

$$\frac{(2\Delta - \Sigma)}{(2\Delta + \Sigma)} = \xi \geq 0,8$$

- 5 21.- Un método de acuerdo con la reivindicación 19 o la reivindicación 20, en el cual, para valores de $\Sigma \leq 100$ micras, la anchura 2Δ de la región limítrofe carente de elementos de microimagen es mayor o igual que aproximadamente $0,5 \Sigma$, preferiblemente mayor o igual que aproximadamente Σ .
- 22.- Un método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 16 a 21, que comprende adicionalmente formar una capa de interrupción dentro de la región limítrofe carente de elementos de microimagen, de manera que la capa de interrupción adopta, preferiblemente, la forma de una región uniforme o con un cierto patrón.
- 10 23.- Un método de acuerdo con la reivindicación 22, en el cual la capa de interrupción se dispone sobre el sustrato antes de que se forme al menos uno de los primer y segundo conjuntos geoméricamente ordenados de elementos de microimagen.
- 24.- Un método de acuerdo con la reivindicación 23, en el cual la capa de interrupción se forma en el mismo trabajo que el de la formación del primer conjunto geoméricamente ordenado de microimágenes, y antes de la formación del segundo conjunto geoméricamente ordenado de microimágenes.
- 15 25.- Un método de acuerdo con la reivindicación 15, en el cual la etapa (a) comprende formar los primer y segundo conjuntos geoméricamente ordenados y regulares de elementos de microenfoque lateralmente separados uno de otro por una región limítrofe de anchura Δr no nula y que carece de elementos de microenfoque en funcionamiento, de tal manera que la región limítrofe se alinea con la transición entre el primer conjunto geoméricamente ordenado de elementos de microimagen y el segundo, lo que da lugar a que la zona de interrupción sea percibida por el observador.
- 20 26.- Un método de acuerdo con la reivindicación 25, en el cual la anchura Δr de la región limítrofe carente de elementos de microenfoque es mayor que el error de confrontación Σ del primer conjunto geoméricamente ordenado de elementos de microenfoque con respecto al segundo conjunto geoméricamente ordenado de elementos de microenfoque.
- 25 27.- Un método de acuerdo con la reivindicación 25 o la reivindicación 26, en el cual la anchura Δr de la región limítrofe carente de elementos de microenfoque se calcula de acuerdo con la expresión:
- $$\Delta r \geq 2(\Sigma + \delta)$$
- donde δ es el error de confrontación de los conjuntos geoméricamente ordenados de elementos de microenfoque con respecto a los primer y segundo conjuntos geoméricamente ordenados de microimágenes.
- 30 28.- Un método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 25 a 27, en el cual la región limítrofe carente de elementos de microenfoque se forma aplicando una capa de material que tiene sustancialmente el mismo índice de refracción que el de los elementos de microenfoque, a los elementos de microenfoque de la región limítrofe, de tal manera que los elementos de microenfoque de la región limítrofe no son funcionales.
- 35 29.- Un método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 25 a 27, en el cual la región limítrofe carente de elementos de microenfoque se forma al separar los dos conjuntos geoméricamente ordenados uno de otro, dejando una región desprovista de elementos de microenfoque.

Fig.1.

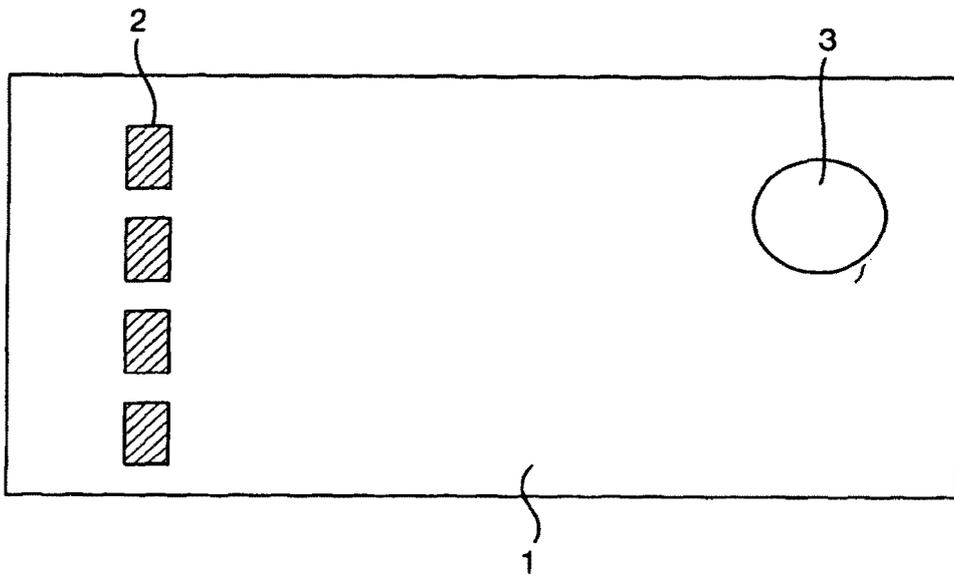


Fig.2.

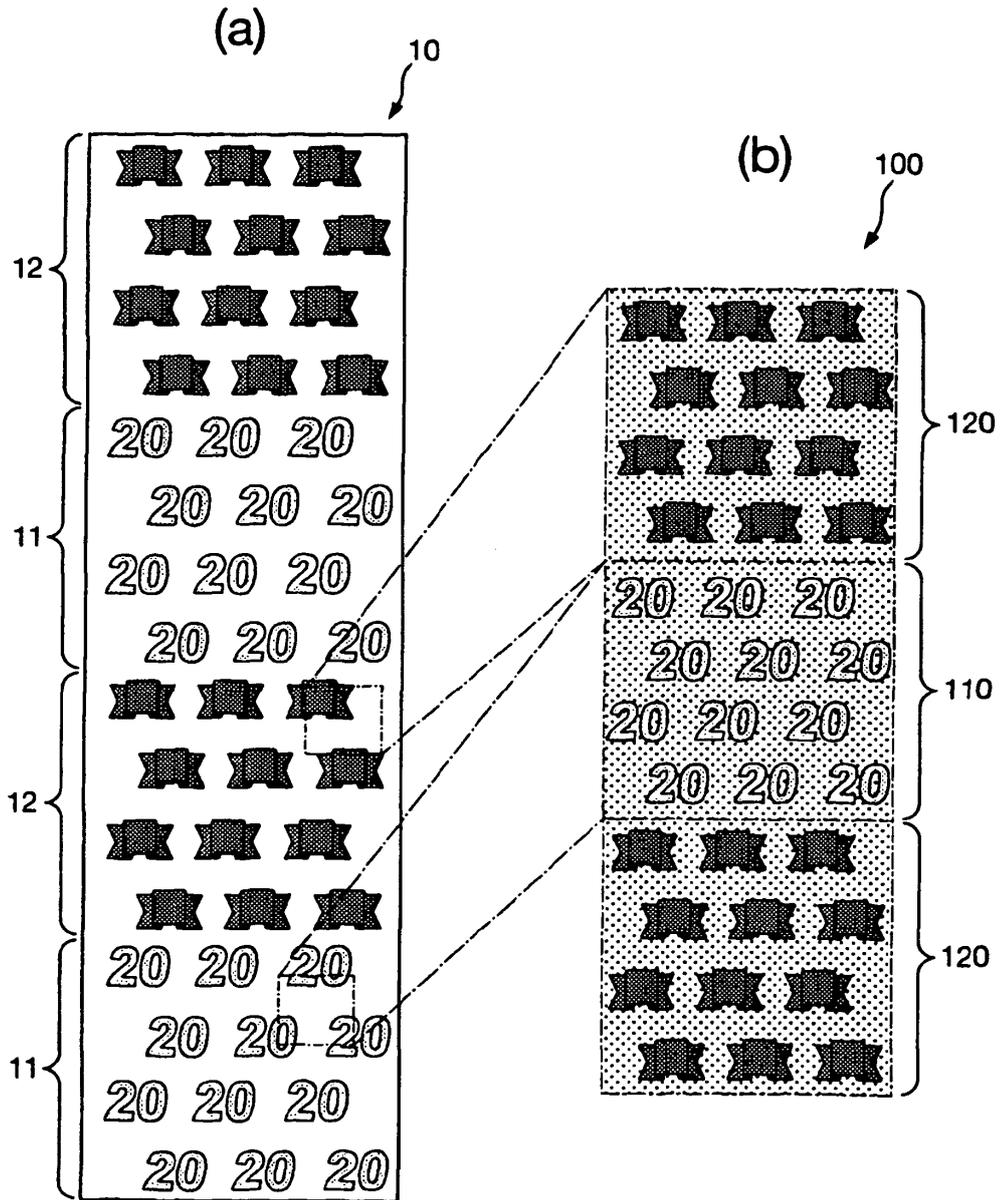


Fig.2(c)

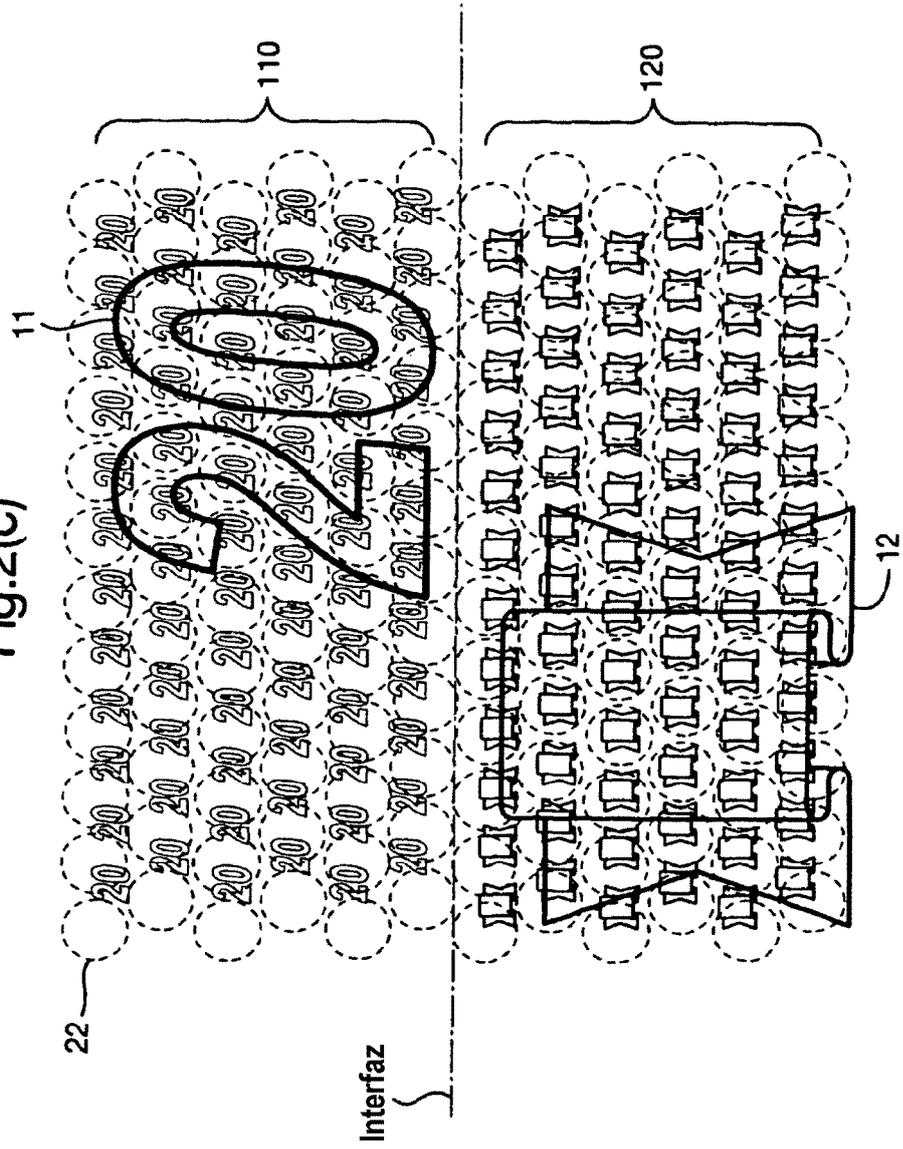


Fig.3(a)

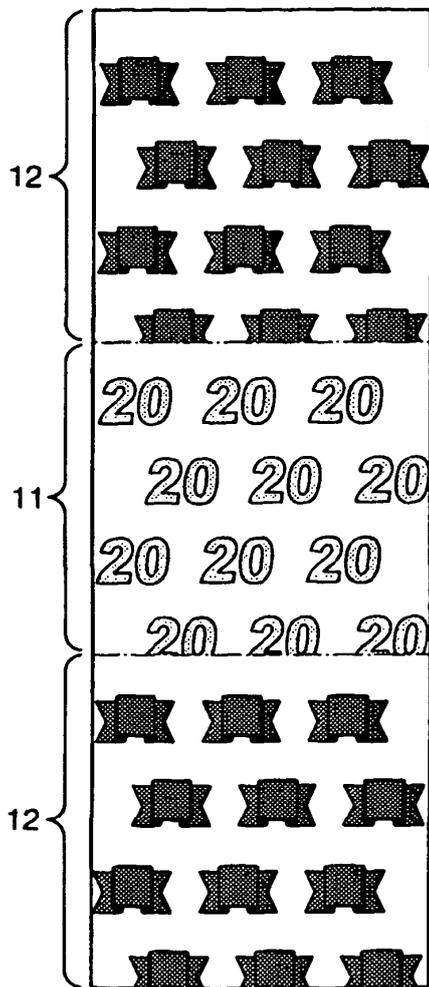


Fig.3(b)

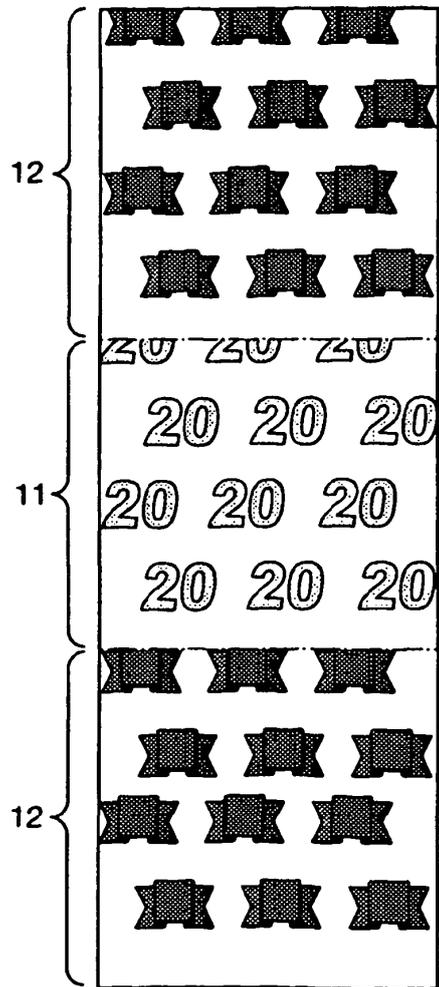


Fig.3(c)
(i)

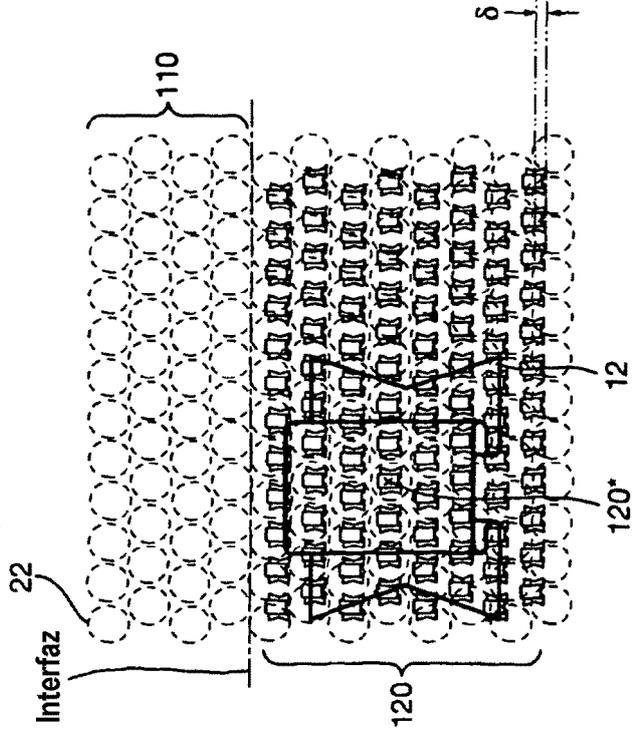


Fig.3(c)
(ii)

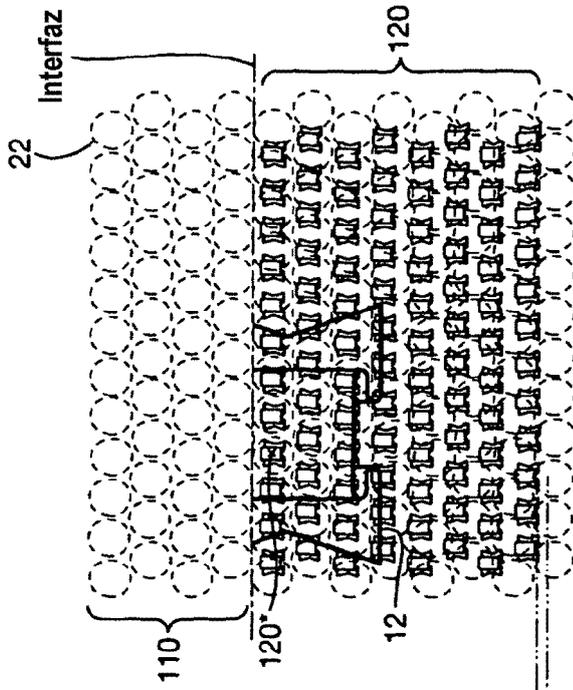
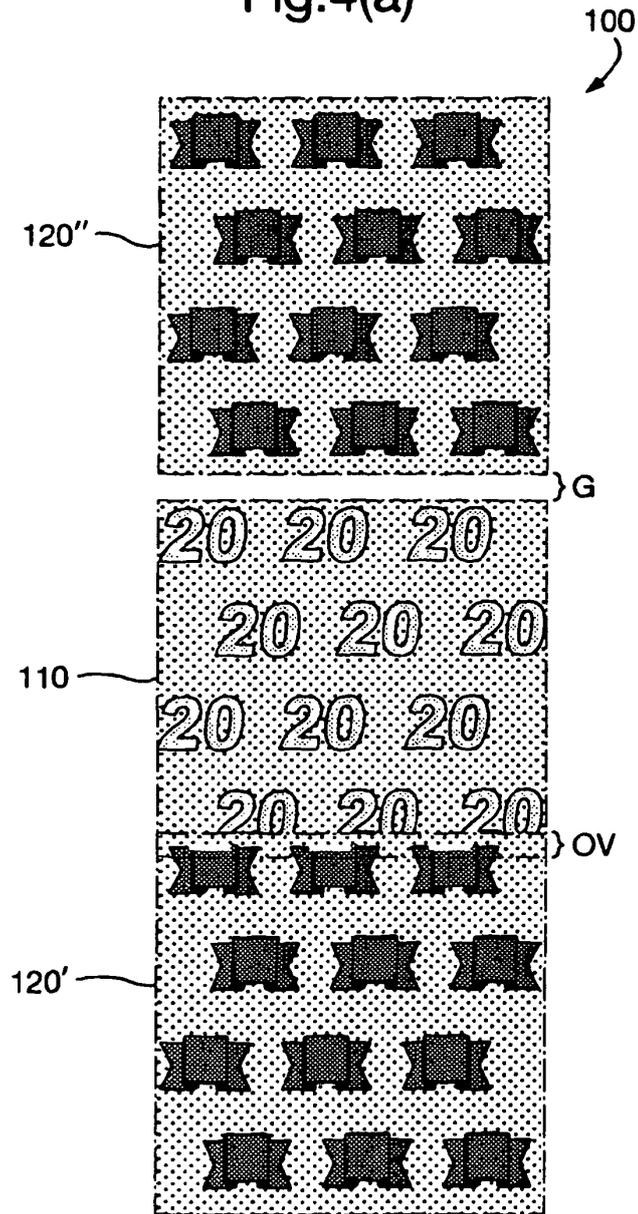


Fig.4(a)



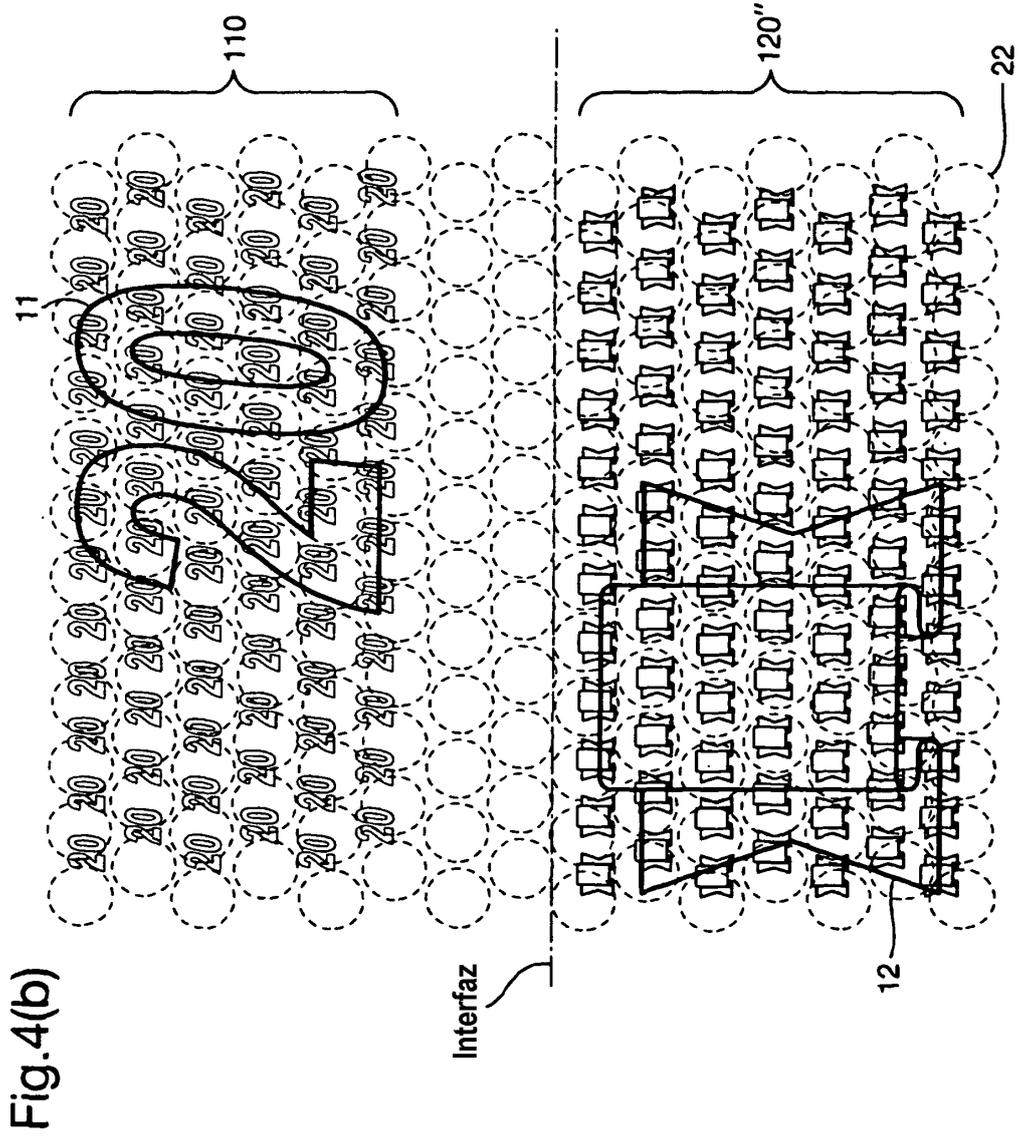


Fig.4(b)

Fig.4(c)

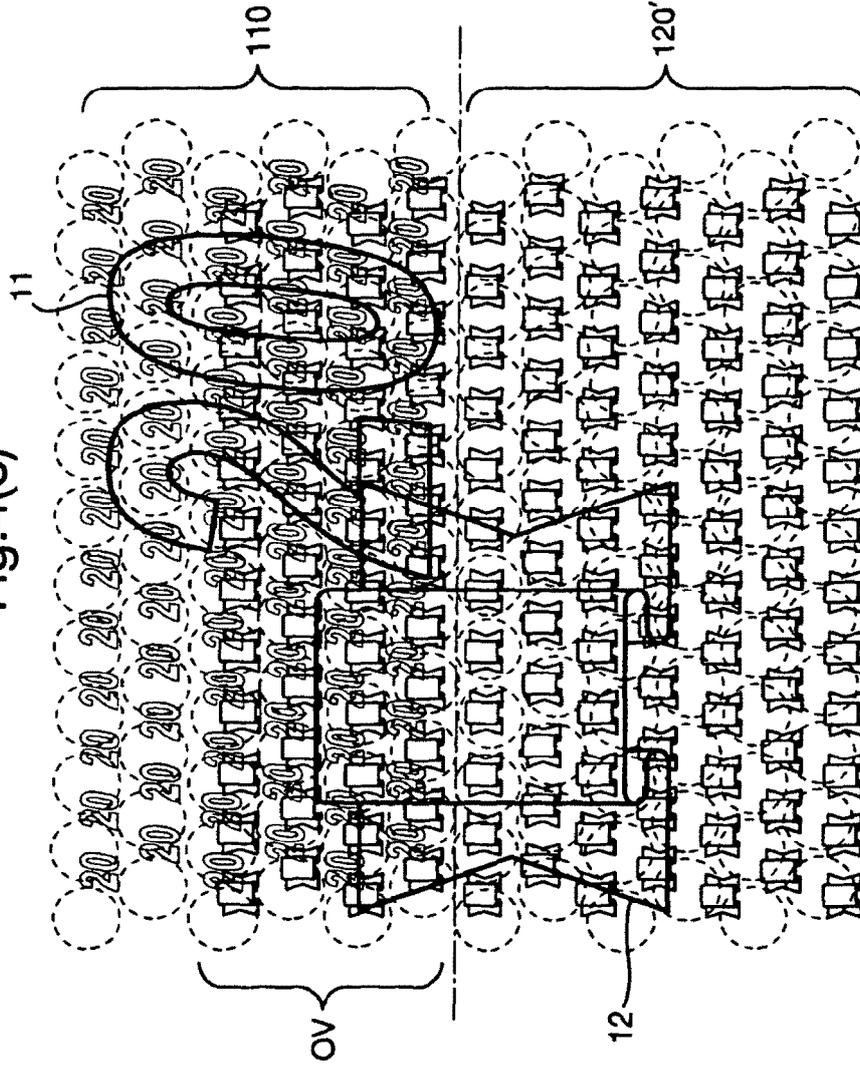


Fig.5(a) $D(=100\text{si}\Sigma = 0)$

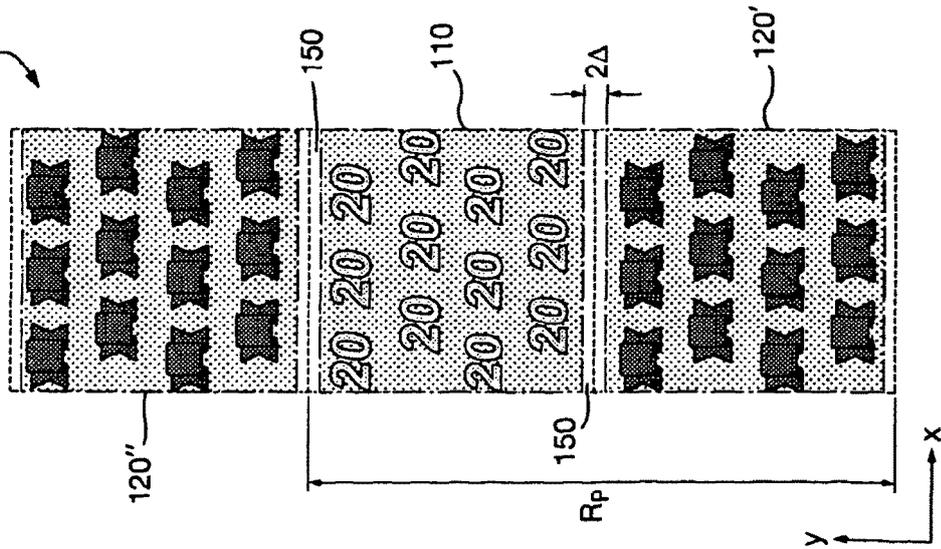
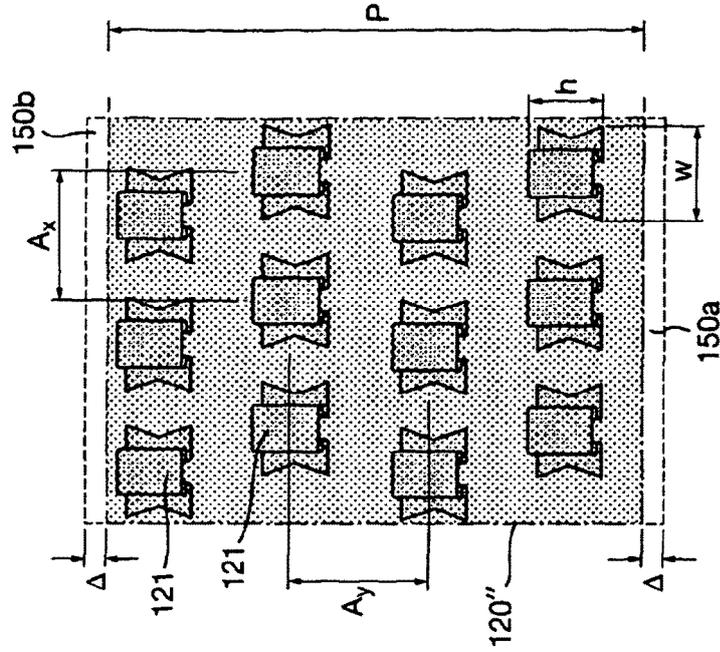


Fig.5(b)



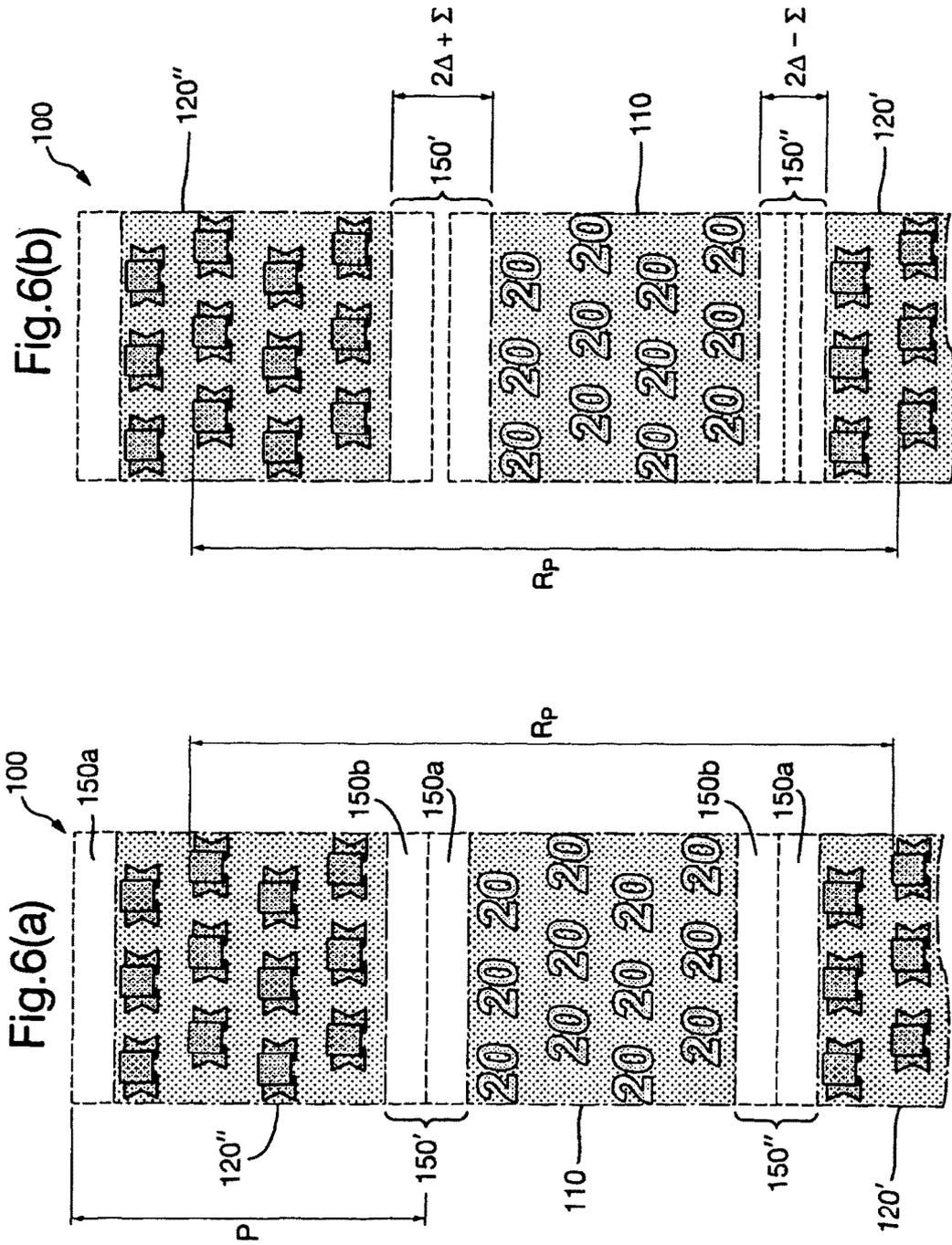
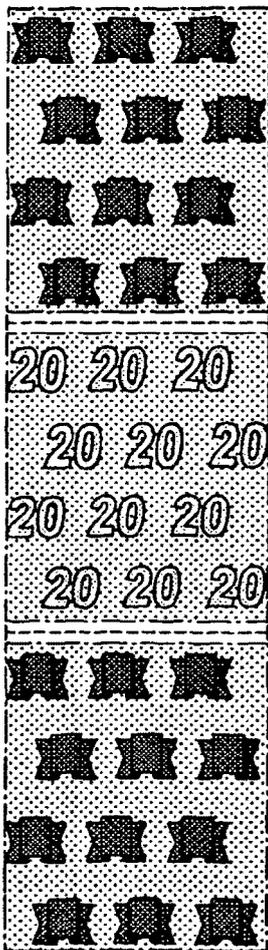


Fig.7(a)

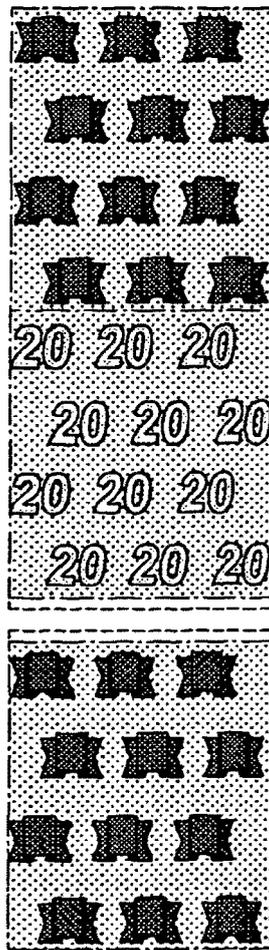
Ejemplo: $\xi = 0$



$\Sigma = 0$

Fig.7(b)

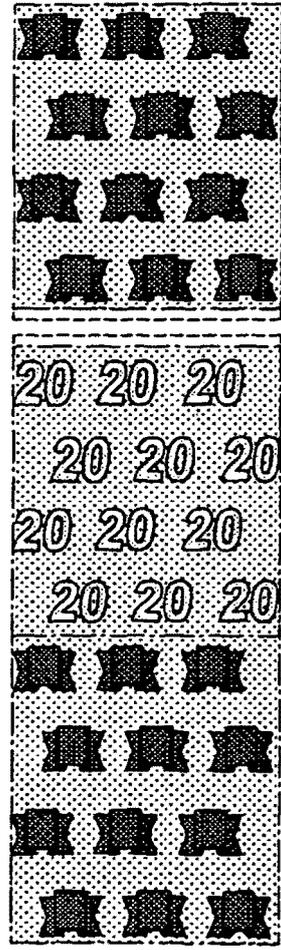
Ejemplo: $\xi = 0$



$\Sigma = 2\Delta \uparrow$

Fig.7(c)

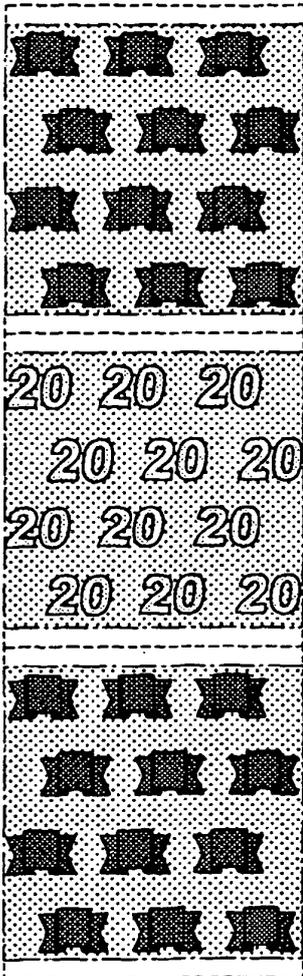
Ejemplo: $\xi = 0$



$\Sigma = 2\Delta \uparrow$

Fig.8(a)

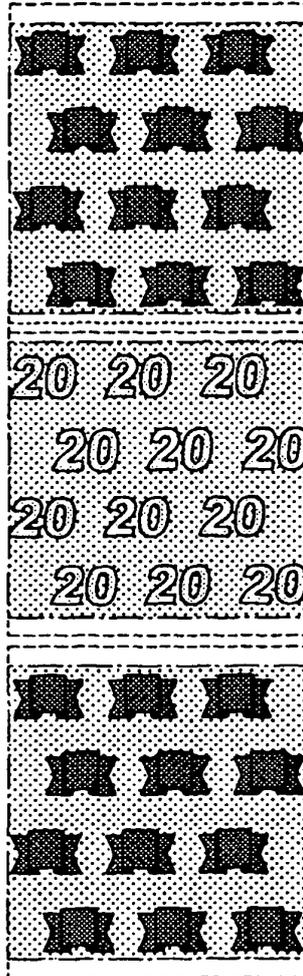
Ejemplo: $\xi = 0,6$



$$\Sigma = 0$$

Fig.8(b)

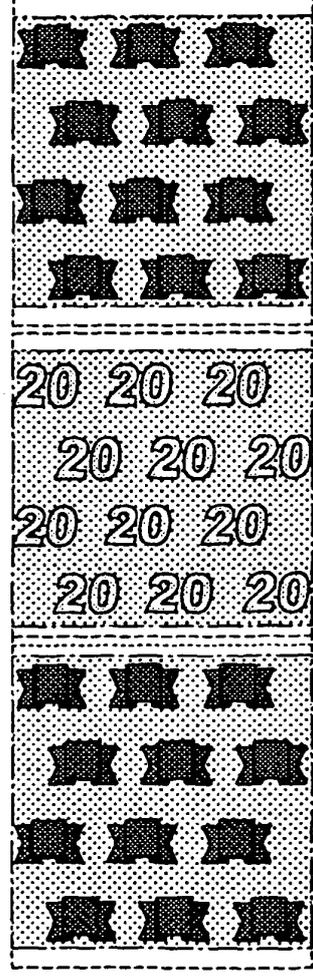
Ejemplo: $\xi = 0,6$



$$\Sigma = 0,5\Delta \uparrow$$

Fig.8(c)

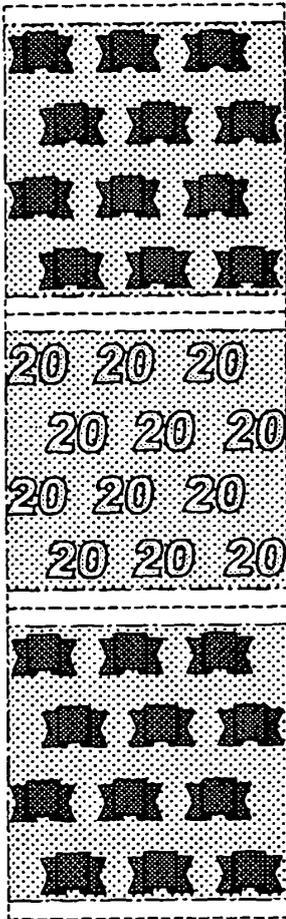
Ejemplo: $\xi = 0,6$



$$\Sigma = 0,5\Delta \uparrow$$

Fig.9(a)

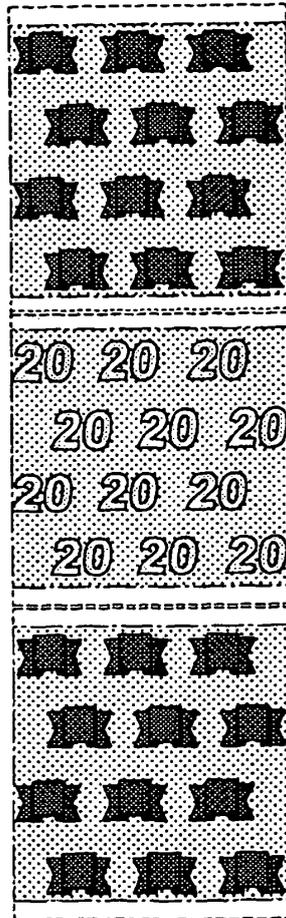
Ejemplo: $\xi = 0,82$



$\Sigma = 0$

Fig.9(b)

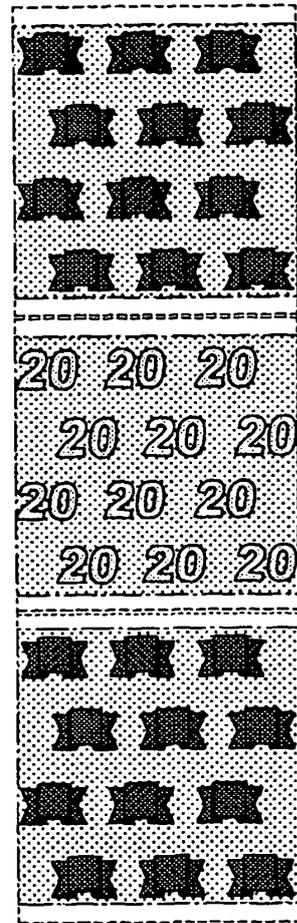
Ejemplo: $\xi = 0,82$



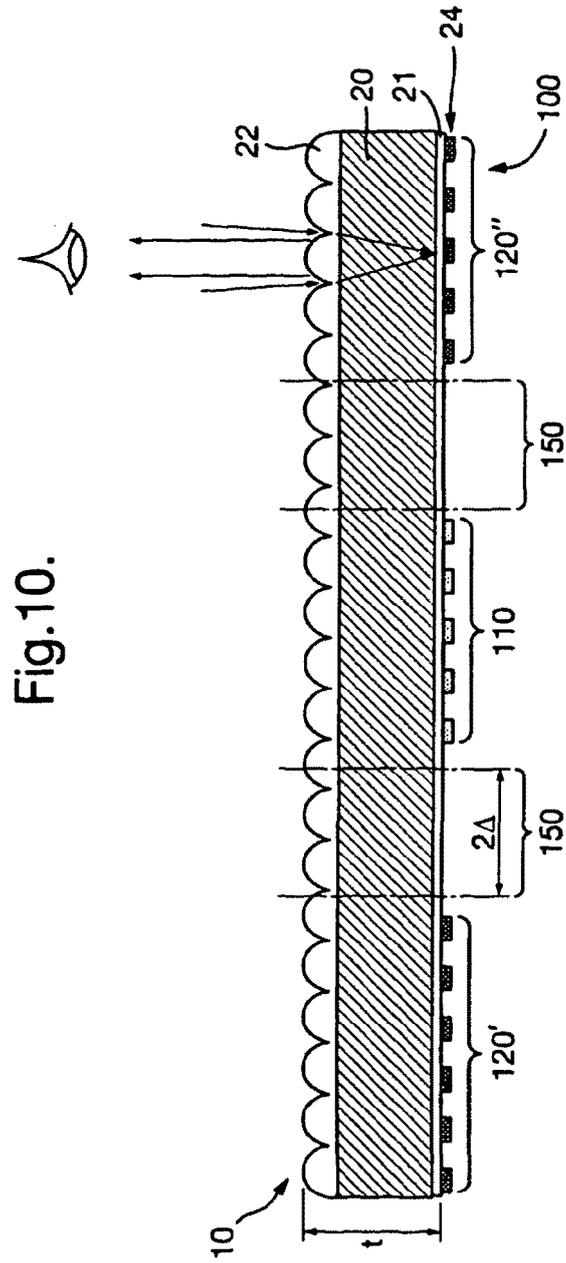
$\Sigma = 0,2\Delta \uparrow$

Fig.9(c)

Ejemplo: $\xi = 0,82$



$\Sigma = 0,2\Delta \uparrow$



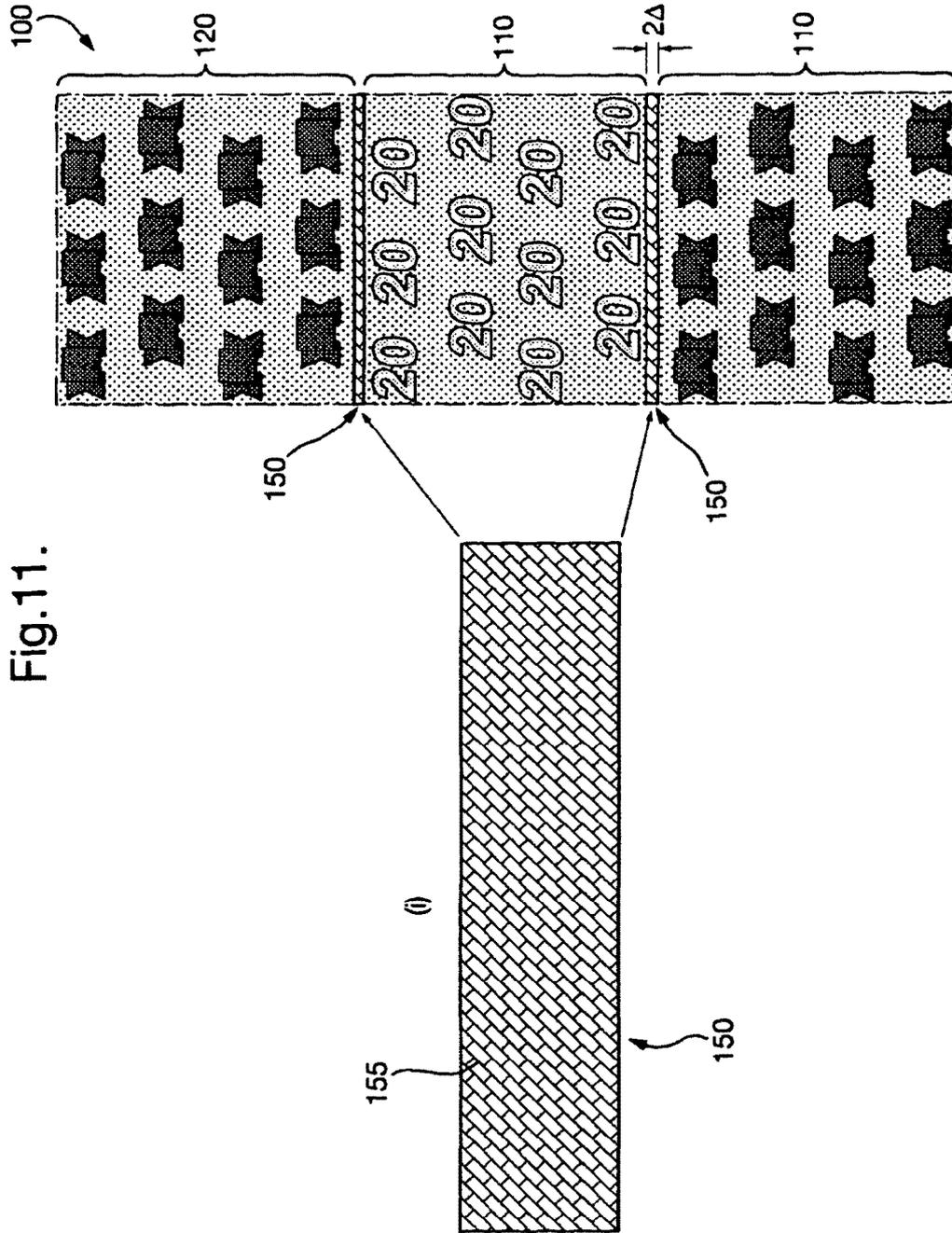
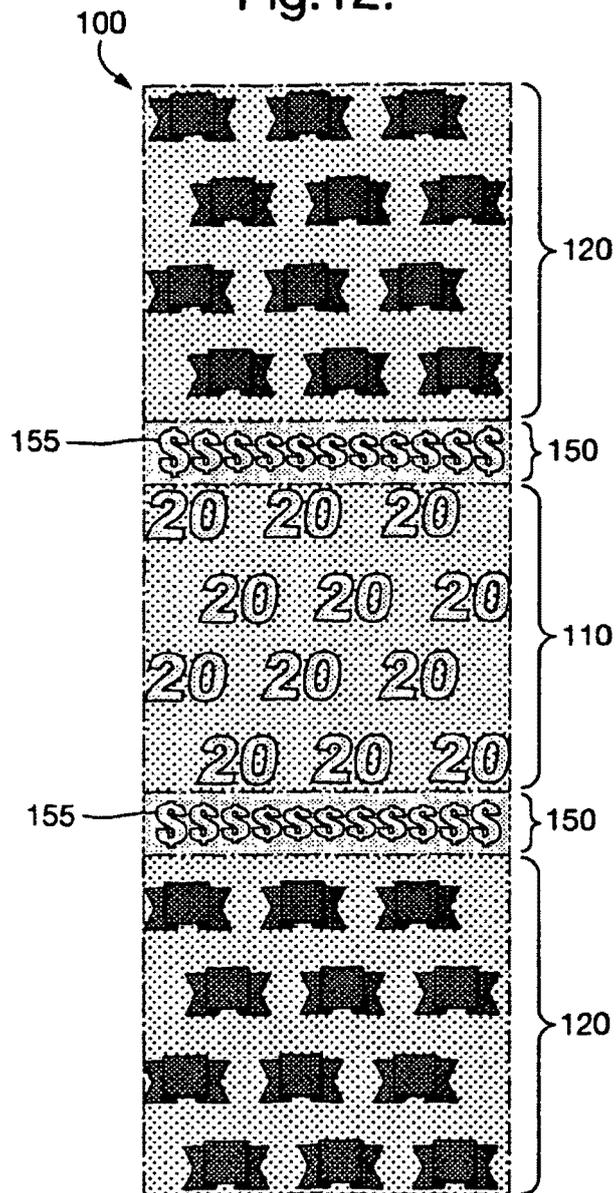
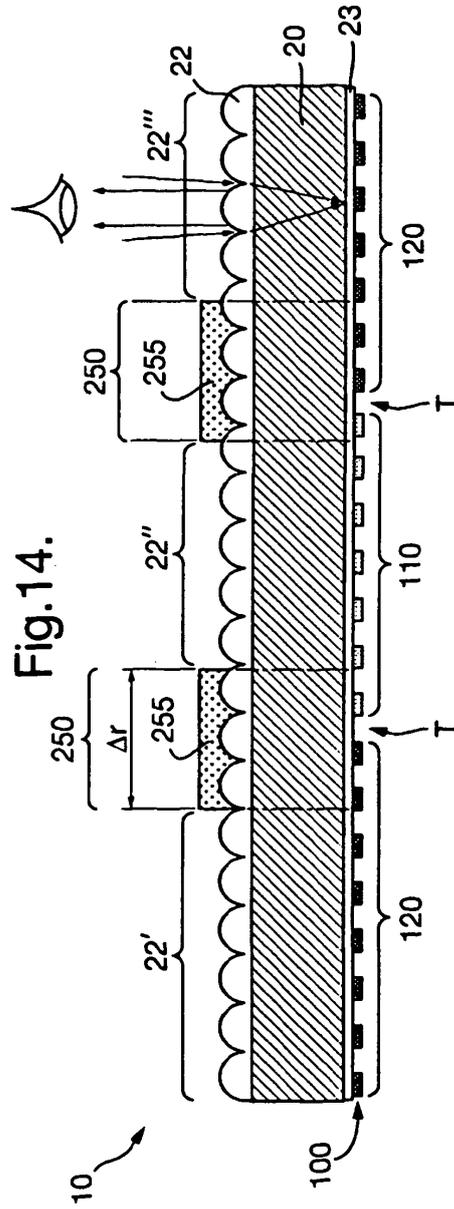
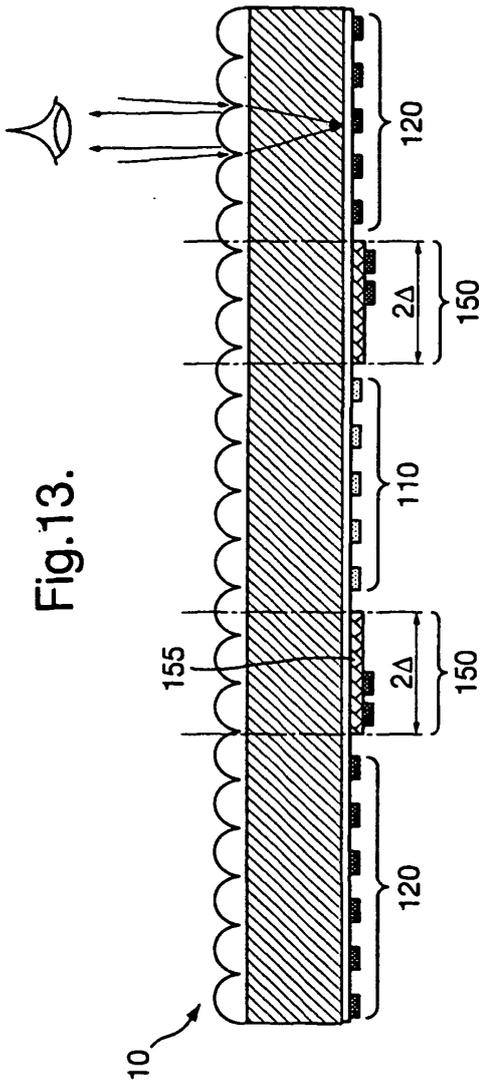


Fig.11.

Fig.12.





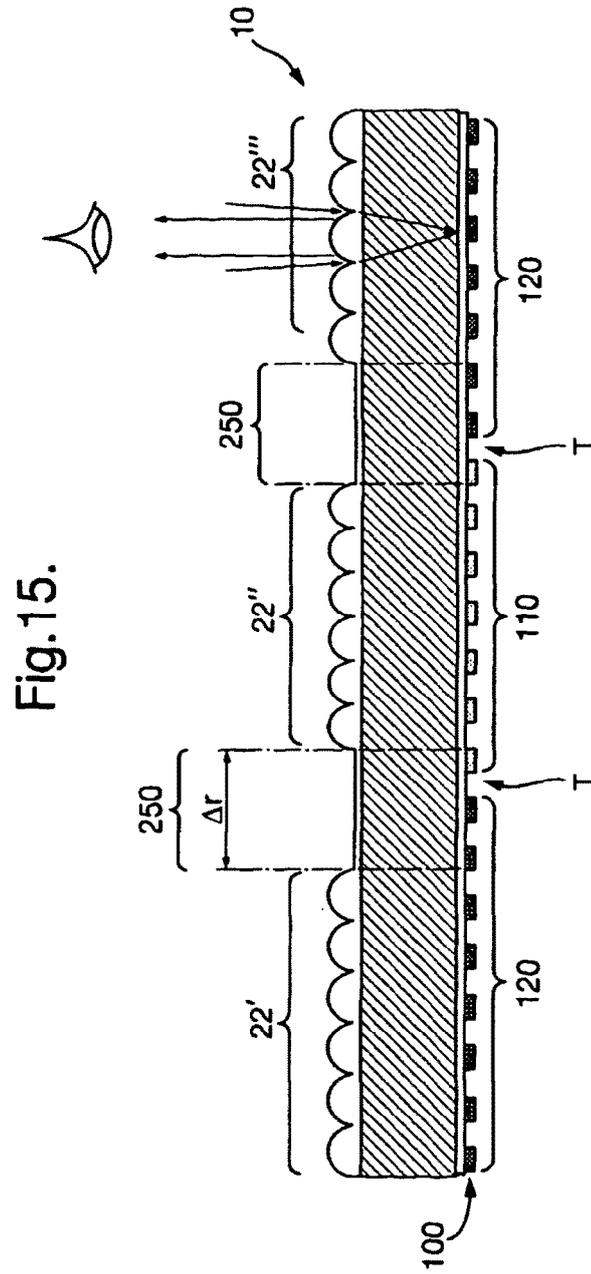
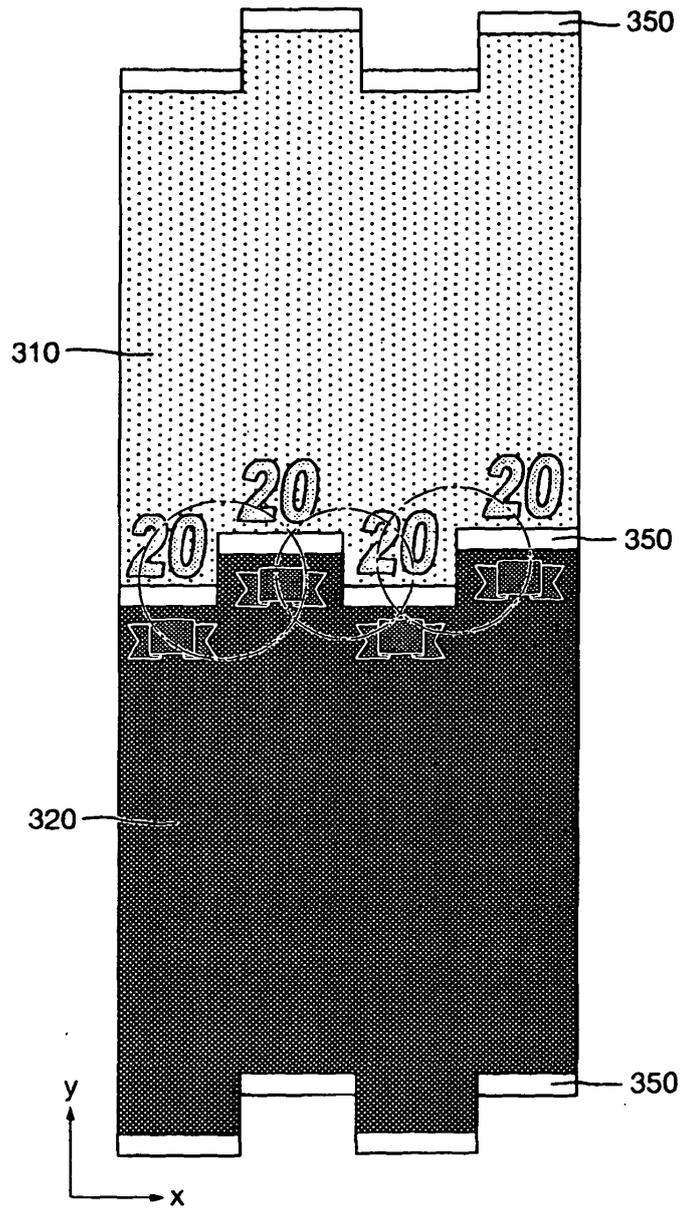


Fig.16.



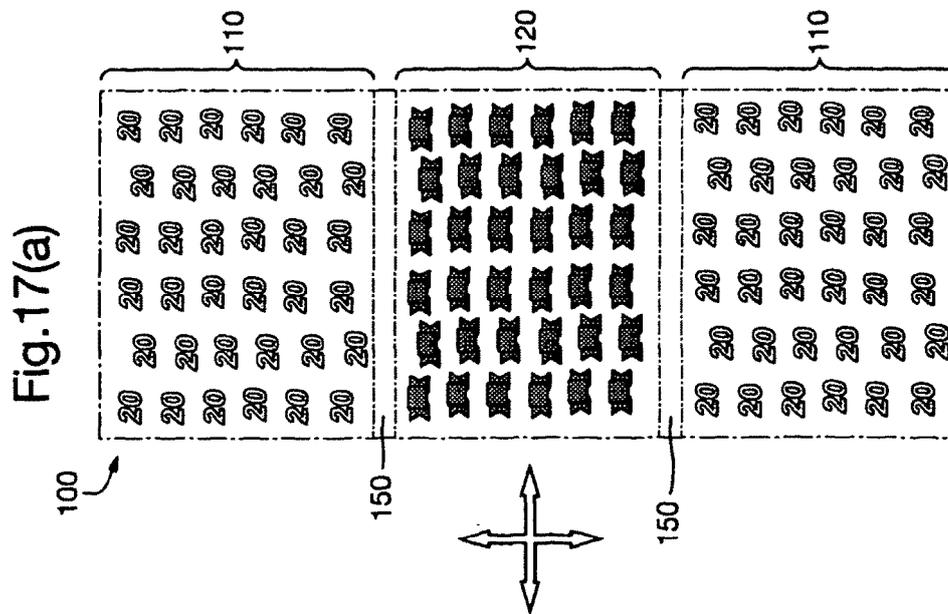
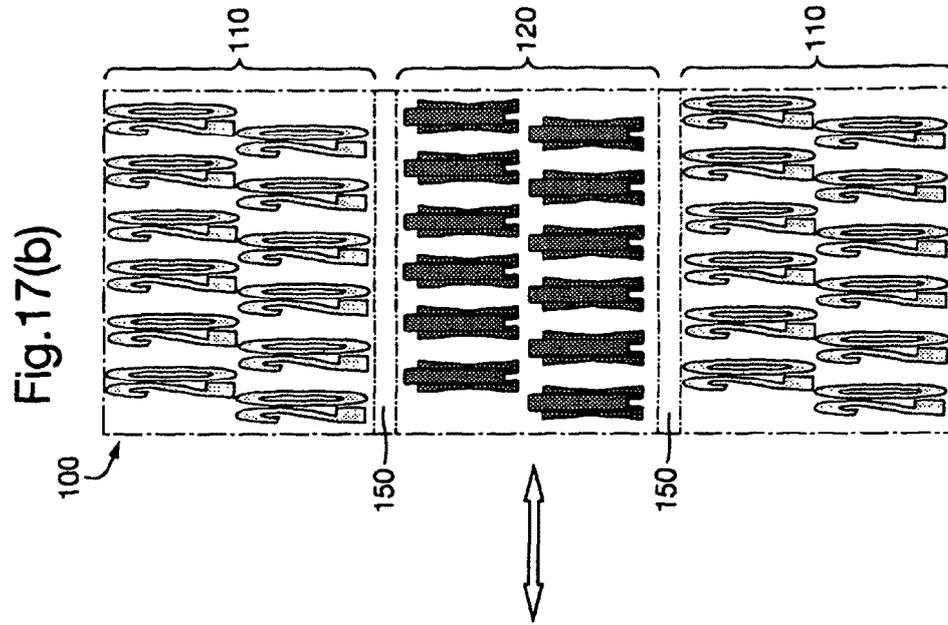


Fig.18.

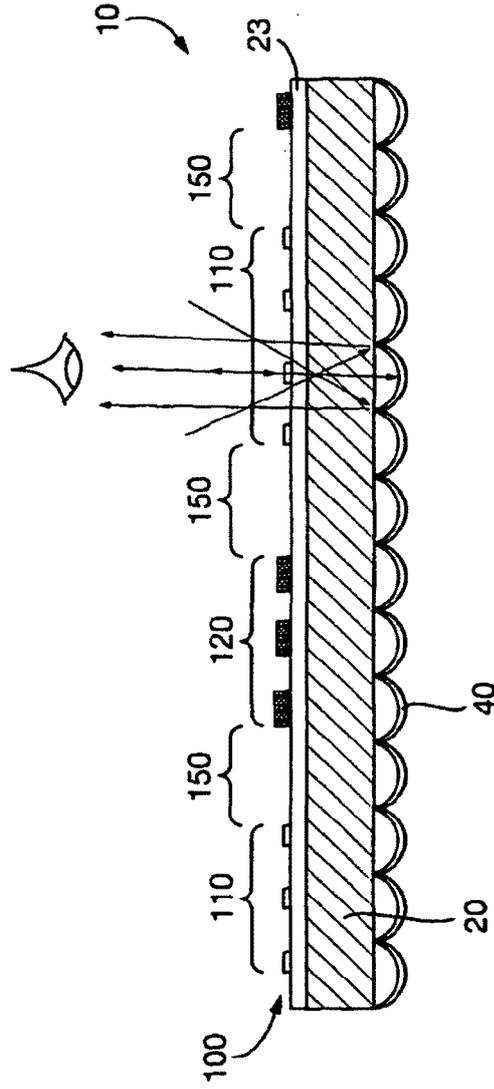


Fig.19.

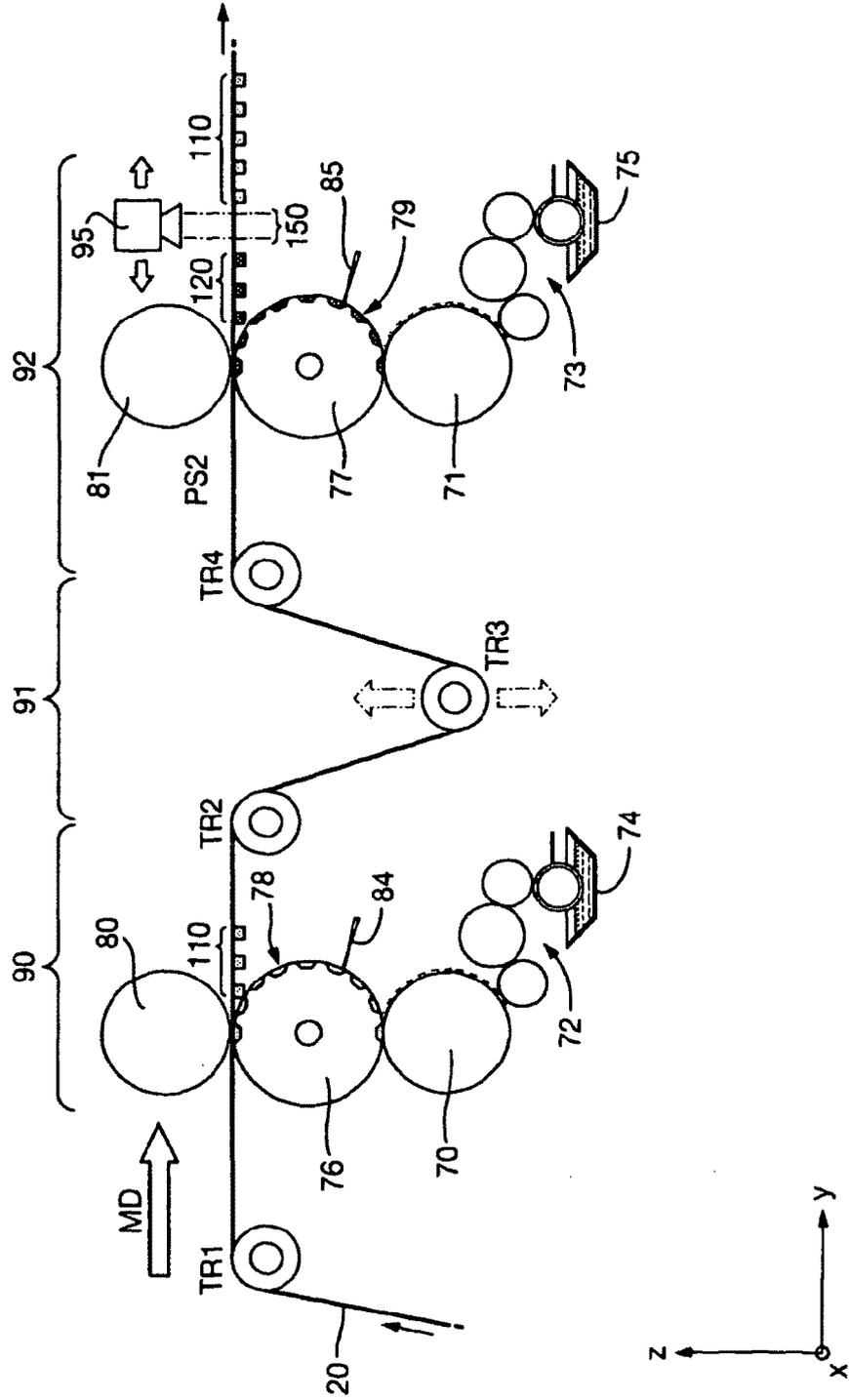
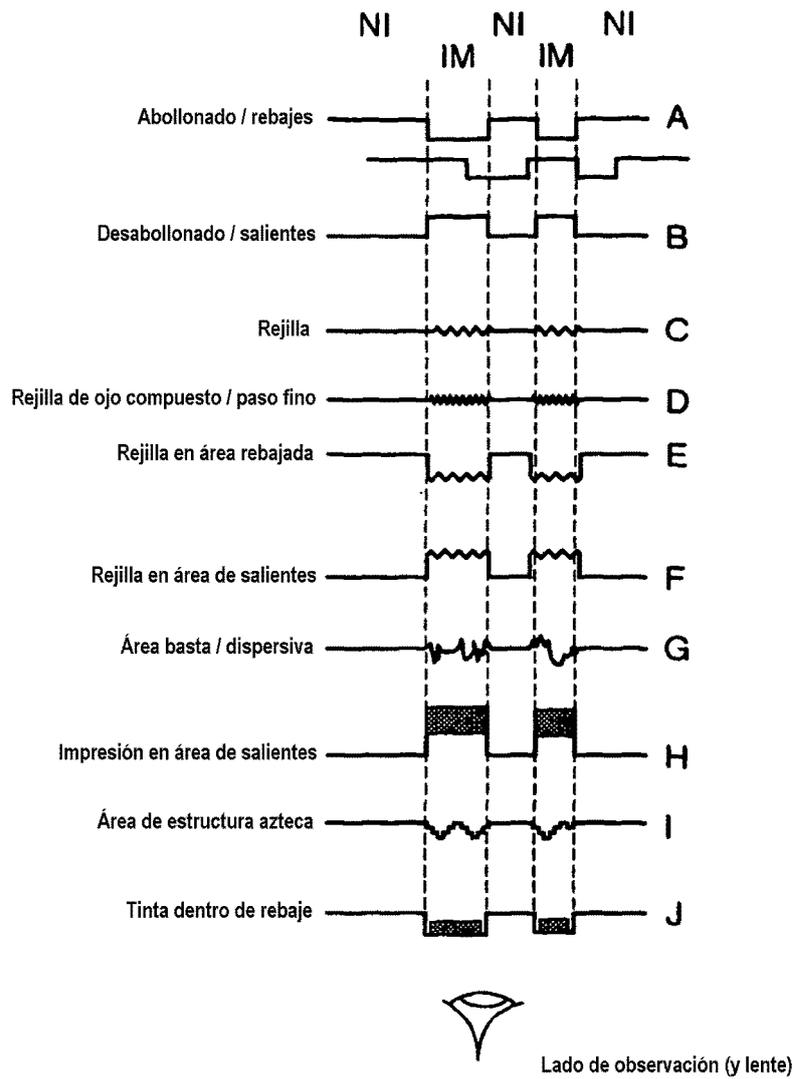


Fig.20.



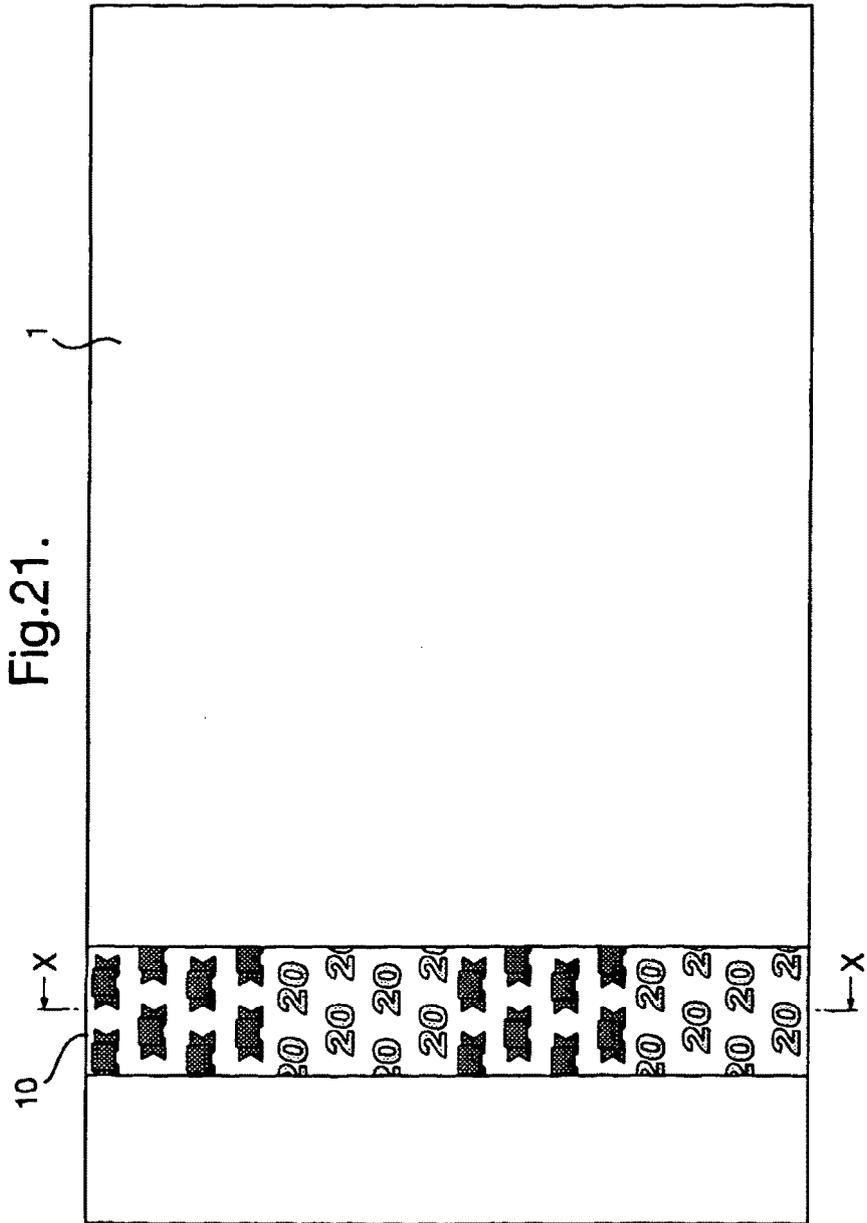


Fig.22.

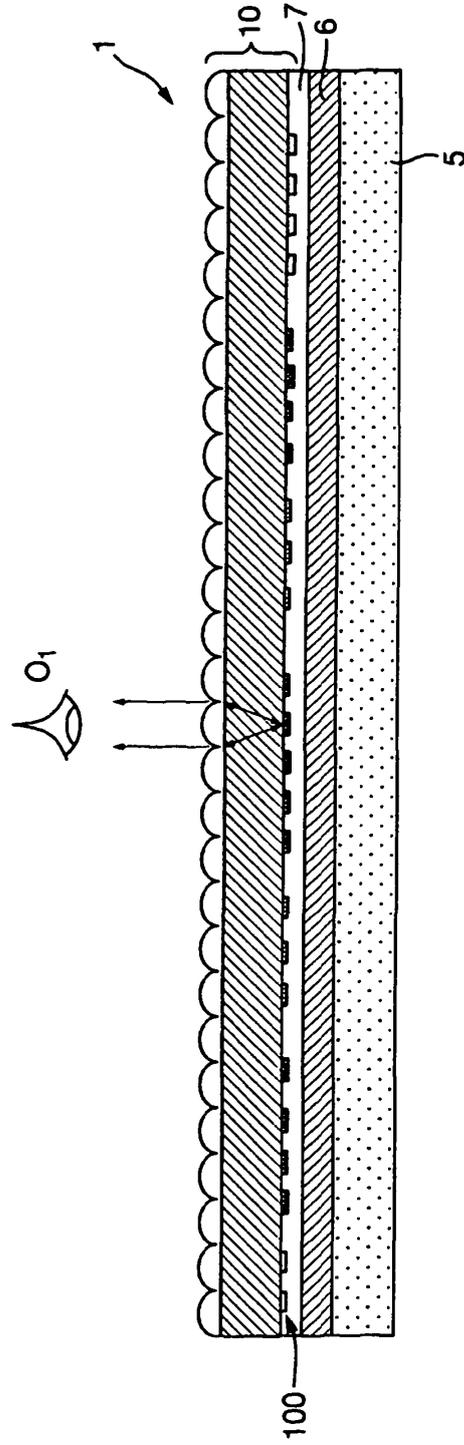


Fig.23.

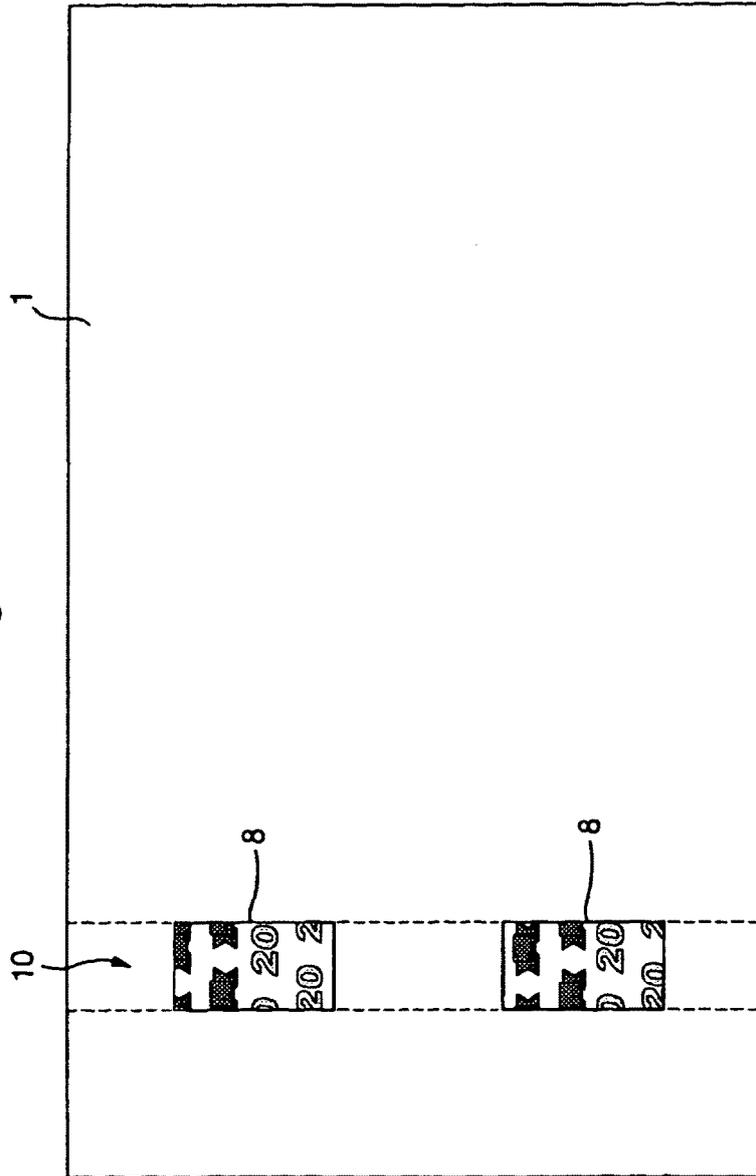


Fig.24.

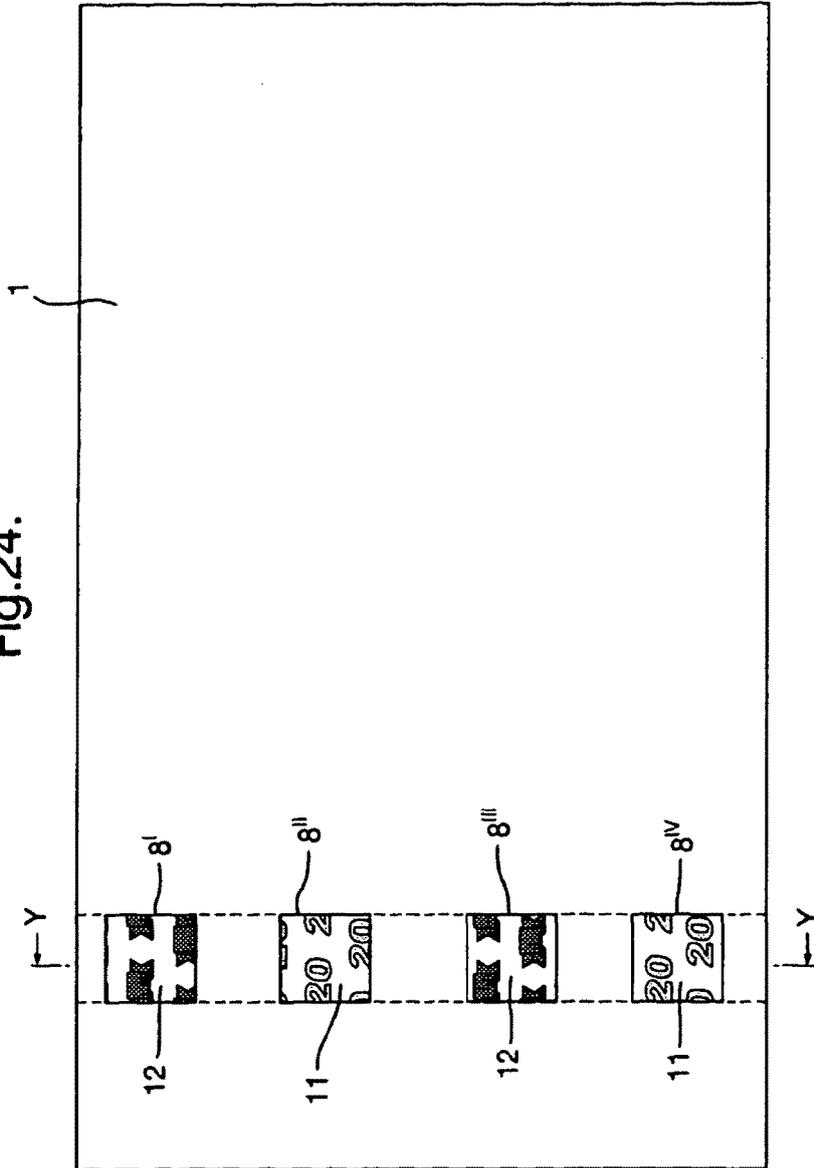


Fig.25.

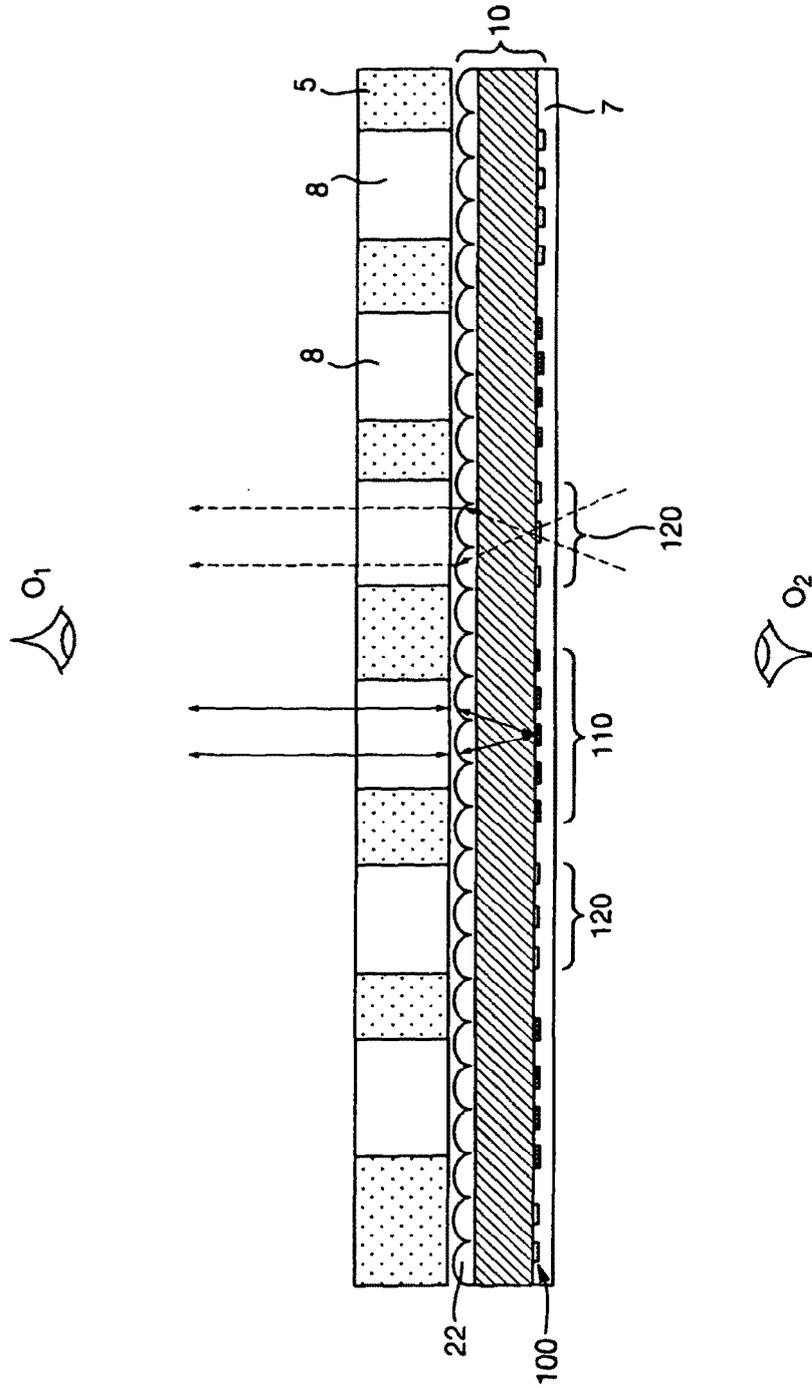


Fig.26.

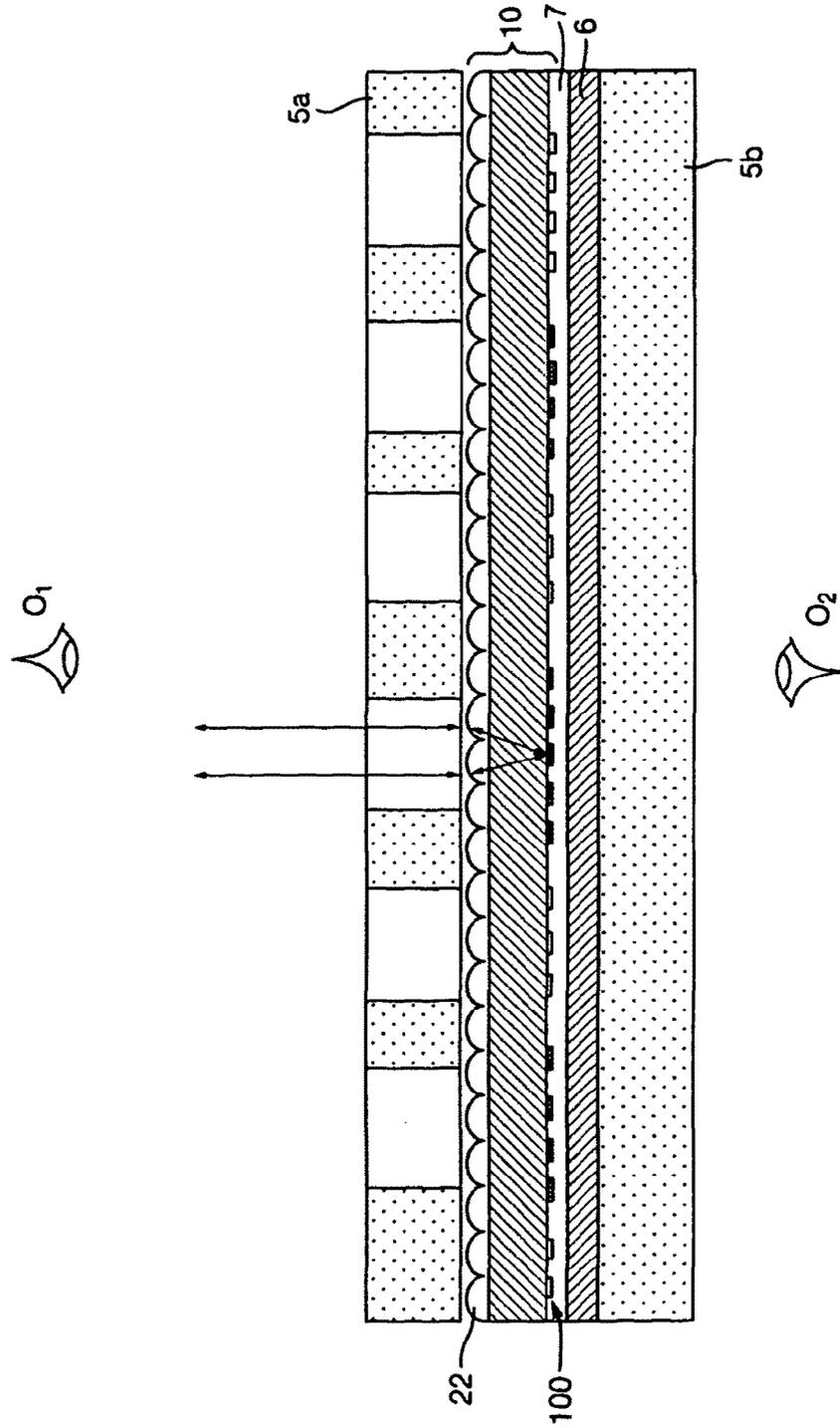


Fig.27.

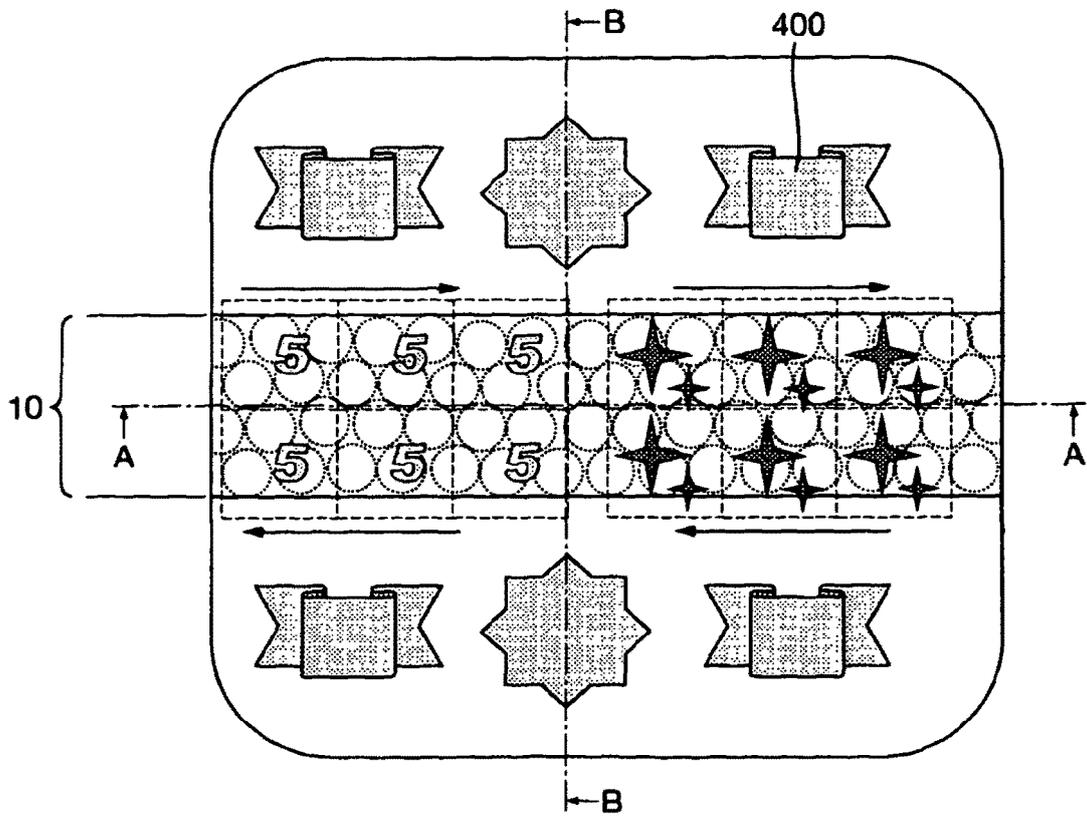


Fig.28.

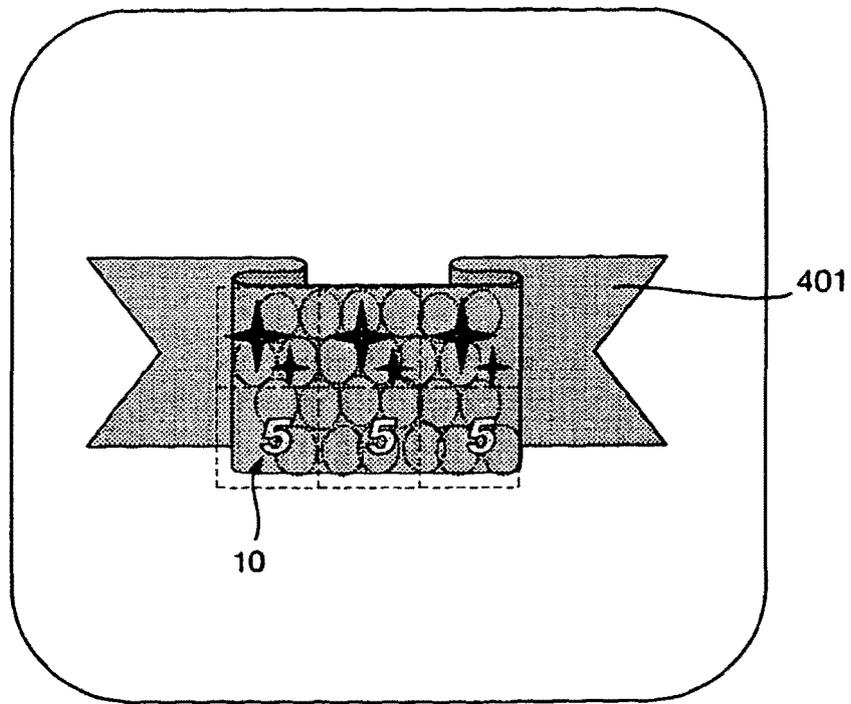


Fig.29.

