



19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 322 560**

51 Int. Cl.:  
**G07D 7/12** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **02727897 .7**

96 Fecha de presentación : **14.05.2002**

97 Número de publicación de la solicitud: **1554699**

97 Fecha de publicación de la solicitud: **20.07.2005**

54 Título: **Autenticación de documentos y artículos de valor usando perfiles de intensidad de moiré.**

30 Prioridad: **11.06.2001 US 902445**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:  
**23.06.2009**

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:  
**23.06.2009**

73 Titular/es: **Ecole Polytechnique Fédérale de  
Lausanne (EPFL)  
1015 Lausanne, CH**

72 Inventor/es: **Amidror, Isaac y  
Hersch, Roger, D.**

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

ES 2 322 560 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).

# ES 2 322 560 T3

## DESCRIPCIÓN

Autenticación de documentos y artículos de valor usando perfiles de intensidad de moiré.

5 Esta solicitud está relacionada con la Solicitud de Patente de Estados Unidos N° de serie 08/520.334 presentada el 28 de agosto de 1995, actualmente Patente N° 6.249.588, concedida el 19 de junio de 2001 y con su continuación en parte Solicitud de Patente de Estados Unidos N° 08/675.914 presentada el 5 de julio de 1996, actualmente Patente N° 5.995.638, concedida el 30 de noviembre de 1999.

### 10 Antecedentes de la invención

La presente invención se refiere en general al campo de métodos y dispositivos anti-falsificación y de autenticación y, más particularmente, a métodos, dispositivos de seguridad y aparatos para la autenticación de documentos y artículos de valor usando el perfil de intensidad de patrones de moiré.

15 La falsificación de documentos tales como billetes de banco se ha convertido ahora más que nunca en un problema grave, debido a la disponibilidad de fotocopiadoras en color y sistemas de publicación de sobremesa de alta calidad y precio bajo (véase, por ejemplo, "Making Money" de Gary Stix, Scientific American, marzo de 1994, págs. 81-83). Esto también es cierto para otros productos de valor tales como CD, DVD, paquetes de software, fármacos médicos, etc., que a menudo se comercializan en envases fáciles de falsificar.

20 La presente invención se refiere a la provisión de un nuevo elemento de seguridad y medios de autenticación que ofrecen una mayor seguridad para billetes de banco, cheques, tarjetas de crédito, documentos de identidad, documentos de viaje, envases industriales o cualquier otro artículo de valor, haciéndolos de este modo mucho más difíciles de falsificar.

25 En la técnica anterior se han introducido diversos medios sofisticados para la prevención de la falsificación y para la autenticación de documentos o artículos de valor. Algunos de estos medios son claramente visibles a simple vista y están destinados al público en general, mientras que otros medios están ocultos y solamente son detectables por las autoridades competentes o por dispositivos automáticos. Algunos de los medios anti-falsificación y de autenticación ya usados incluyen el uso de papel especial, tintas especiales, marcas de agua, micro-letras, hilos de seguridad, hologramas, etc. Sin embargo, sigue existiendo una urgente necesidad de introducir elementos de seguridad adicionales, que no aumenten considerablemente el coste de los documentos o bienes producidos.

30 En la técnica anterior ya se han usado efectos de moiré para la autenticación de documentos. Por ejemplo, la Patente del Reino Unido N° 1.138.011 (Canadian Bank Note Company) describe un método que se refiere a la impresión en el documento original de elementos especiales que, cuando se falsifican por medio de reproducción de mediotono, muestran un patrón de moiré de alto contraste. Métodos similares se aplican también a la prevención del fotocopiado digital o escaneo digital de documentos (por ejemplo, Patente de Estados Unidos N° 5.018.767 (Wicker) o Solicitud de Patente del Reino Unido N° 2.224.240A (Kenrick & Jefferson)). En todos estos casos, la presencia de patrones de moiré indica que el documento en cuestión es falso. Otros métodos de la técnica anterior, por el contrario, se aprovechan de la generación intencionada de un patrón de moiré, cuya existencia y cuya forma precisa, se usan como medio de autenticación del documento. Un método conocido en el que se usa un efecto moiré para hacer visible una imagen codificada en el documento (como se describe por ejemplo en la sección "Antecedentes" de la Patente de Estados Unidos N° 5.396.559 (McGrew)) se basa en la presencia física de esa imagen en el documento como imagen latente, usando la técnica conocida como "modulación de fase". En esta técnica, una rejilla de líneas uniforme o una trama de puntos aleatoria uniforme se imprime en el documento, pero dentro de bordes predefinidos de la imagen latente en el documento la misma rejilla de líneas (o respectivamente la misma trama de puntos aleatoria) se imprime en una fase diferente, o posiblemente en orientación diferente. Para el gran público, la imagen latente impresa de este modo en el documento es difícil de distinguir de su fondo, pero cuando una transparencia de referencia que comprende una rejilla de líneas (respectivamente, trama de puntos aleatoria) idéntica, pero sin modular, se superpone en el documento, generando de este modo un efecto moiré, la imagen latente dibujada previamente en el documento se vuelve claramente visible, puesto que en sus bordes pre-definidos el efecto moiré aparece en una fase diferente a la del fondo. Sin embargo, el método conocido anteriormente tiene el defecto principal de ser sencillo de simular, puesto que la forma de la imagen latente está físicamente presente en el documento y solamente está rellena por una textura diferente. La existencia de dicha imagen latente en el documento no escapará al ojo del experto en la materia y además, su imitación rellenoando la forma mediante una textura de líneas (o puntos) en una fase invertida (o diferente) puede realizarse fácilmente por cualquier experto en artes gráficas.

35 40 45 50 55 60 65 Otros métodos basados en el efecto moiré, en los que la presencia de perfiles de intensidad de moiré indica la autenticidad del documento, han sido descritos por los presentes inventores en la Patente de Estados Unidos N° 6.249.588 y su continuación en parte Patente de Estados Unidos N° 5.995.638. Estos métodos difieren completamente de la técnica mencionada anteriormente, puesto que no se usa modulación de fase y además, no hay imagen latente presente en el documento. Por el contrario, toda la información espacial que se ha hecho visible mediante los perfiles de intensidad de moiré de acuerdo con las invenciones de los presentes inventores está codificada en las formas especialmente diseñadas de los puntos individuales que constituyen las tramas de puntos. Estas invenciones se basan en estructuras periódicas especialmente diseñadas, tales como tramas de puntos (incluyendo tramas de puntos de intensidad variable tales como las usadas en imágenes reales, a nivel completo de gris o mediotonadas en color), tramas de orificios (similares a pi-

caduras de alfiler) o series de microlentes, que generan en su superposición perfiles de intensidad de moiré periódicos de formas y colores seleccionados cualesquiera (letras, números, el emblema del país, etc.) cuyo tamaño, ubicación y orientación varían gradualmente a medida que las capas superpuestas se giran o desplazan una sobre otra. En la Patente de Estados Unidos N° 5.712.731 (Drinkwater *et al.*) se describe otro método basado en patrones de moiré que, a diferencia de las invenciones mencionadas anteriormente, puede combinarse con un holograma o quinegrama o con efectos parallax debidos a los variados ángulos de observación del observador. Sin embargo, esta última descripción tiene la desventaja de estar limitada solamente al caso en el que la estructura de revelado superpuesta es una serie de microlentes y la estructura periódica en el documento es una trama de puntos constante con formas de puntos idénticas en toda ella. De este modo, al contrario que las invenciones de los presentes inventores, esta descripción excluye el uso de tramas de puntos o tramas de orificios como estructuras de revelado, así como el uso en el documento de imágenes completas, reales mediotonadas con niveles de tono variables (tales como, retratos, paisajes, etc.), en niveles de gris completos o en color, que están hechas de puntos mediotonados de formas y tamaños variables - que son el núcleo de los métodos descritos por los presentes inventores, y que de este modo los hacen difíciles de falsificar.

En la presente invención los presentes inventores describen nuevos métodos que mejoran en gran medida sus métodos descritos anteriormente mencionados anteriormente, que los hacen aún más difíciles de falsificar. Estas nuevas mejoras utilizan la teoría desarrollada en el artículo "Fourier-based analysis and synthesis of moires in the superposition of geometrically transformed periodic structures" por I. Amidror y R.D. Hersch, *Journal of the Optical Society of America A*, Vol, 15, 1998, pág. 1100-1113 (en lo sucesivo "[Amidror98]") y en el libro "The Theory of the Moire Phenomenon" por I. Amidror, Kluwer, 2000 (en lo sucesivo "[Amidror00]"). De acuerdo con esta teoría es posible, usando ciertas reglas matemáticas que se explicarán en detalle posteriormente, para sintetizar estructuras aperiódicas, geoméricamente transformadas que, a pesar de ser aperiódicas en sí mismas, siguen generando, cuando se superponen unas sobre otras, perfiles de intensidad de moiré periódicos con elementos claramente visibles y sin distorsionar, como en los casos periódicos descritos por los presentes inventores en su anterior Patente de Estados Unidos N° 6.249.588 y su continuación en parte Patente de Estados Unidos N° 5.995.638. Además, en este documento se describirá cómo incluso casos que no producen patrones de moiré periódicos pueden usarse ventajosamente para la anti-falsificación y autenticación de documentos y artículos de valor de acuerdo con la presente invención.

Debe observarse que el enfoque en que se basa la presente invención difiere del de la técnica anterior en que no solamente proporciona un control absoluto de las propiedades geométricas cualitativas del patrón de moiré generado (tales como su distribución geométrica), sino en que también permite que los niveles de intensidad del patrón de moiré generado se determinen cuantitativamente.

Además, el documento WO 01/39138 A1 describe un método y aparato para autenticar documentos de seguridad tales como billetes de banco, pasaportes, etc. Este método de autenticación se basa en patrones de moiré que se producen entre tramas de puntos. Usando una trama básica especialmente diseñada y una trama maestra, un perfil de intensidad de moiré de una forma predefinida se hace visible en la superposición y de este modo permite la autenticación del documento. La trama básica tiene una forma de puntos de trama básica y la trama maestra tiene una forma de puntos de trama maestra, donde la superposición de la trama maestra y la trama básica produce un perfil de intensidad de moiré.

### Sumario de la invención

La invención se refiere a un método de autenticación de documentos de acuerdo con la reivindicación 1, así como a un aparato para autenticación, un dispositivo de seguridad y un documento de seguridad de acuerdo con la reivindicación 35, 39 y 51, respectivamente.

La presente invención se refiere a nuevos métodos, dispositivos de seguridad y aparatos para autenticar documentos (tales como billetes de banco, documentos fiduciarios, títulos de valores, tarjetas de identificación, pasaportes, etc.) u otros artículos de valor (tales como discos ópticos, CD, DVD, paquetes de software, productos médicos, etc.). Para entender completamente la presente invención y sus ventajas, sería útil resumir en primer lugar los principios de los métodos originales descritos por los presentes inventores en la Patente de Estados Unidos N° 6.249.588 y su continuación en parte Patente de Estados Unidos N° 5.995.638. Estos métodos se basan en los perfiles de intensidad de moiré que se generan entre dos o más tramas de puntos periódicas diseñadas especialmente, estando al menos una de las cuales situada en el propio documento. Cada trama de puntos periódica consta de una red de puntos diminutos y se caracteriza por tres parámetros: su frecuencia de repetición, su orientación y las formas de sus puntos. Estas tramas de puntos periódicas son similares a tramas de puntos que se usan en el mediotonado convencional, pero tienen formas de puntos, frecuencias y orientaciones especialmente diseñadas. Cuando la segunda trama de puntos (o una serie de microlentes correspondiente) se superpone sobre la primera trama de puntos, en el caso en el que ambas se han diseñado de acuerdo con las descripciones de los inventores, aparece en la superposición un patrón de moiré repetitivo altamente visible de una forma de perfil de intensidad predefinida, cuyo tamaño, ubicación y orientación varían gradualmente a medida que las capas superpuestas giran o se desplazan una sobre otra. Como ejemplo, este patrón de moiré repetitivo puede comprender cualesquiera letras, números u otros símbolos preferidos predefinidos (tales como el emblema del país, la divisa, etc.).

En la presente invención, los mismos inventores describen los nuevos métodos que son aún más difíciles de falsificar. De acuerdo con la teoría desarrollada en [Amidror98] y [Amidror00] es posible, usando ciertas normas matemáticas que se explicarán en detalle posteriormente, sintetizar estructuras aperiódicas, geoméricamente transformadas

que, a pesar de ser aperiódicas en sí mismas, siguen generando, cuando se superponen unas encima de otras, perfiles de intensidad de moiré periódicos con elementos claramente visibles y no distorsionados, exactamente igual que en los casos periódicos descritos por los presenten inventores en su anterior Patente de Estados Unidos N° 6.249.588 y su continuación en parte Patente de Estados Unidos N° 5.995.638. Además, se muestra en la presente descripción como, incluso casos que no producen patrones de moiré periódicos pueden seguir usándose ventajosamente para anti-falsificación y autenticación de documentos y artículos de valor. En todos estos nuevos casos, cada trama de puntos también se caracteriza por un cuarto parámetro, además de los tres parámetros que ya se han mencionado anteriormente en el caso periódico. Este cuarto parámetro es la transformación geométrica que se ha aplicado a la trama de puntos originalmente periódica para obtener la trama de puntos aperiódica, geométrica transformada de acuerdo con la presente descripción.

Cuando la segunda trama de puntos (en lo sucesivo “la trama maestra”) se superpone sobre la primera trama de puntos (en lo sucesivo “la trama básica”), en el caso en el que ambas tramas se han diseñado de acuerdo con la presente descripción, aparece en la superposición un patrón de moiré repetitivo altamente visible de una forma de perfil de intensidad predefinida. Por ejemplo, el patrón de moiré repetitivo puede constar de cualesquiera letras, números o cualesquiera otros símbolos preferidos, predefinidos (tales como el emblema del país, la divisa, etc.).

Como se describe en la Patente de Estados Unidos N° 5.275.870 (Halope *et al.*) puede ser ventajoso en la fabricación de documentos de larga duración o documentos que deben soportar manejo muy adverso sustituir el papel por material sintético. Láminas transparentes de materiales sintéticos se han introducido con éxito para imprimir billetes de banco (por ejemplo, billetes de banco australianos).

La presente invención se refiere a nuevos métodos para autenticar documentos que pueden imprimirse en diversos soportes, incluyendo (aunque sin limitación) dichos materiales sintéticos transparentes. Debe observarse que el término “documentos” se refiere en toda la presente descripción a todos los posibles artículos impresos, incluyendo (aunque sin limitación) billetes de banco, pasaportes, documentos de identidad, tarjetas de crédito, etiquetas, discos ópticos, CD, DVD, envases de fármacos médicos o de cualesquiera otros productos comerciales, etc. Aunque la presente invención puede tener varias realizaciones y variantes, en este documento se proporcionan como ejemplo tres realizaciones de particular interés, sin limitar el alcance de la invención a estas realizaciones particulares. En una realización de la presente invención, las formas del perfil de intensidad de moiré pueden visualizarse superponiendo una trama básica y una trama maestra que están ambas ubicadas en dos áreas diferentes del mismo documento. En una segunda realización de la presente invención, solamente la trama básica aparece en el propio documento, y la trama maestra es superpuesta sobre ésta por el operario humano o el aparato que valida visual u ópticamente la autenticidad del documento. En una tercera realización de esta invención, la trama maestra es una lámina de microlentes (en lo sucesivo: “estructura de microlentes”). Una ventaja de esta tercera realización es que se aplica igualmente bien a un soporte transparente, donde el patrón de moiré se observa mediante transmitancia y a un soporte opaco, donde el patrón de moiré se observa mediante reflexión (La expresión “soporte opaco” como se emplea en la presente descripción también incluye el caso de materiales transparentes que se han hecho opacos mediante un proceso de entintado o fotográfico o cualquier otro proceso).

El hecho de que los efectos moiré generados entre tramas de puntos superpuestas sean muy sensibles a cualquier variación microscópica en las capas con trama hace a cualquier documento protegido de acuerdo con la presente invención prácticamente imposible de falsificar, y sirve como medio para distinguir fácilmente entre un documento auténtico y uno falso.

Debe observarse que las tramas de puntos que aparecen en el propio documento de acuerdo con la presente invención pueden imprimirse en el documento al igual que cualquier imagen tramada (mediotonada), en el proceso de impresión convencional, y por lo tanto no se incurre en costes adicionales en la producción del documento.

Además, no es necesario que las tramas de puntos impresas en el documento de acuerdo con la presente invención sean de un nivel de intensidad constante. Por el contrario, pueden incluir puntos de tamaños y formas gradualmente variables y pueden incorporarse (o disimularse) dentro de cualquier imagen mediotonada de intensidad variable (tal como un retrato, paisaje o cualquier motivo decorativo, que puede ser diferente del motivo generado por el efecto moiré en la superposición). Para reflejar este hecho, las expresiones “trama básica” y “trama maestra” usadas en lo sucesivo también incluirán casos en los que las tramas básicas (respectivamente: las tramas maestras) no son constantes y representan imágenes mediotonadas. Como se conoce bien en la técnica, los tamaños de los puntos en las imágenes mediotonadas determinan los niveles de intensidad en la imagen: puntos más grandes dan unos niveles de intensidad más oscuros, mientras que puntos más pequeños dan niveles de intensidad más claros.

En la presente descripción se describen diferentes variantes de la invención, algunas de la cuales son para uso por el público en general (en lo sucesivo: elementos “descubiertos”), mientras que otras variantes solamente pueden ser detectadas por las autoridades competentes o mediante dispositivos automáticos (en lo sucesivo: elementos “encubiertos”). En el último caso, la información contenida en la trama básica se enmascara usando diversas técnicas, como describen los presentes inventores en la Patente de Estados Unidos N° 5.995.638. Las expresiones “trama básica” y “trama maestra” como se emplean en la presente descripción incluyen, por lo tanto, casos descubiertos y encubiertos.

En la presente descripción también se describe el caso multicromático, en el que las tramas de puntos usadas son muticromáticas, generando de este modo un efecto moiré multicromático.

Los términos “imprimir” e “impresión” se refieren en toda la presente descripción a cualquier proceso para transferir una imagen a un soporte, incluyendo por medio de proceso litográfico, fotolitográfico, fotográfico, electrofotográfico o cualquier otro proceso (por ejemplo, grabado, ataque químico, perforación, gofrado, chorro de tinta, sublimación de colorante, etc.).

Las descripciones [Amidror98], [Amidror00], solicitud de Patente de Estados Unidos N° 08/410.767 presentada el 27 de marzo de 1995 (Ostromoukhov, Hersch), actualmente Patente N° 6.198.545, concedida el 6 de marzo de 2001 y la solicitud de Patente de Estados Unidos N° 09/477.544 presentada el 04/01/2000 (Ostromoukhov, Hersch) tienen cierta información y contenido que puede referirse a la presente invención y ayudar a su comprensión.

### Breve descripción de los dibujos

La invención se describirá adicionalmente, a modo de ejemplo solamente, en referencia a las figuras acompañantes, en la que:

La figura 1 muestra una trama de puntos periódica  $p(x',y)$  compuesta por puntos blancos cuadrados sobre fondo negro;

La figura 2 muestra la trama de puntos curva  $r(x,y)$  que se obtiene aplicando en la trama de puntos periódica  $p(x',y)$  de la figura 1 la transformación no lineal en 2D  $g(x,y) = (-x - \operatorname{argsinh}(y), y - \operatorname{argsinh}(x))$ ;

La figura 3 muestra los perfiles de intensidad de moiré obtenidos en la superposición de dos tramas de puntos con una frecuencia de puntos constante, comprendiendo la primera trama de puntos, puntos negros circulares de tamaños variables y comprendiendo la segunda trama de puntos, puntos negros triangulares de tamaños variables;

La figura 4 muestra los perfiles de intensidad de moiré obtenidos en la superposición de tres tramas de puntos con una frecuencia de puntos constante, comprendiendo dos de las cuales (40, 42) puntos negros circulares de tamaños variables y comprendiendo una (41) puntos negros de tamaños variables que tienen la misma forma que el número “1”;

La figura 5A ilustra como la convolución con T de puntos (o agujeros) blancos diminutos de una trama de puntos con puntos de una forma seleccionada de una segunda trama de puntos da perfiles de intensidad de moiré de esencialmente la misma forma seleccionada;

La figura 5B ilustra como la convolución con T de puntos blancos diminutos de una trama de puntos con puntos de una forma seleccionada de una segunda trama de puntos da perfiles de intensidad de moiré de esencialmente la misma forma seleccionada, pero en visionado inverso;

La figura 6 muestra una trama básica que comprende puntos negros de tamaños variables que tienen la misma forma que el número “1”;

La figura 7A muestra la matriz de tramado usada para generar la trama básica de la figura 6;

La figura 7B es una vista muy aumentada de una pequeña porción de la trama básica de la figura 6, que muestra cómo se genera a partir de la matriz de tramado de la figura 7A;

La figura 7C es una vista muy aumentada de una pequeña porción de la trama básica de la figura 6, que muestra cómo puede generarse a partir de la matriz de tramado de la figura 7A mediante microperforación;

La figura 7D muestra una manera alternativa de generar la trama básica de la figura 6 mediante microperforación;

La figura 8 muestra una trama maestra que comprende puntos blancos pequeños de tamaños variables;

La figura 9A muestra la matriz de tramado usada para generar la trama de la figura 8;

La figura 9B es una vista muy aumentada de una pequeña porción de la trama maestra de la figura 8, que muestra cómo se genera a partir de la matriz de tramado de la figura 9A;

La figura 10A muestra esquemáticamente una trama básica de intensidad variable cuyos puntos de trama varían gradualmente de tamaño de acuerdo con los niveles de gris;

La figura 10B muestra esquemáticamente una trama básica de intensidad variable cuyos puntos de trama varían gradualmente tanto en tamaño como en formas de acuerdo con los niveles de gris;

La figura 10C muestra esquemáticamente una trama básica de intensidad constante cuyos puntos de trama varían gradualmente de forma de acuerdo con su posición en la trama básica, sin afectar a los niveles de intensidad;

## ES 2 322 560 T3

Las figuras 11A-11D muestran un ejemplo de dos tramas de puntos que, a pesar de ser ellas mismas aperiódicas, siguen generando en su superposición un perfil de intensidad de moiré periódico con periodos claramente visibles y no distorsionados que tienen la forma del número "1": la figura 11A muestra una trama de puntos curva que consta de "1" distorsionados, que se obtuvo mediante la transformación geométrica no lineal del Ejemplo 2 a continuación; la figura 11B muestra una trama de puntos curva que consta de pequeños orificios, que se ha distorsionado mediante la misma transformación geométrica no lineal; la figura 11C muestra el perfil de intensidad de moiré (1,0,-1,0) periódico no distorsionado, generado cuando las dos tramas de puntos se superponen con un pequeño desplazamiento; la figura 11D muestra cómo una rotación entre las dos tramas de puntos destruye la periodicidad del perfil de intensidad de moiré;

Las figuras 12A-12D muestran otro ejemplo de dos tramas de puntos que, a pesar de ser ellas mismas aperiódicas, siguen generando en su superposición un perfil de intensidad de moiré periódico con periodos claramente visibles y no distorsionados que tienen la forma del número "1"; la figura 12A muestra una trama de puntos curva que consta de "1" distorsionados, que se obtuvo mediante la transformación geométrica no lineal del Ejemplo 3 a continuación; la figura 12B muestra una trama de puntos curva que consta de pequeños orificios que se ha distorsionado mediante la misma transformación geométrica no lineal; la figura 12C muestra el perfil de intensidad de moiré (1,0,-1,0) periódico no distorsionado, generado cuando las dos tramas de puntos se superponen con una pequeña rotación; la figura 12D muestra cómo un desplazamiento entre las dos tramas de puntos destruye la periodicidad del perfil de intensidad de moiré;

Las figuras 13A-13D muestran un ejemplo de dos tramas de puntos que, a pesar de ser ellas mismas aperiódicas, siguen generando en su superposición un perfil de intensidad de moiré periódico con la forma del número "1", que tiene una mayor tolerancia a desplazamientos y rotaciones; la figura 13A muestra una trama de puntos curva que consta de "1" distorsionados, que se obtuvo mediante la transformación geométrica no lineal del Ejemplo 5 a continuación; la figura 13B muestra una trama de puntos curva que consta de pequeños orificios, que se ha distorsionado mediante la misma transformación geométrica no lineal; la figura 13C muestra el perfil de intensidad de moiré (1,0,-1,0) periódico no distorsionado, generado cuando las dos tramas de puntos se superponen con un pequeño desplazamiento; la figura 13D muestra que una rotación entre las dos tramas de puntos no afecta de forma adversa a la periodicidad del perfil de intensidad de moiré;

La figura 14 muestra una imagen mediotonada real que está hecha de la trama de puntos transformada geométricamente de la figura 11A, que consta de "1" distorsionados;

La figura 15 muestra un diagrama de bloques con las etapas de métodos de la invención resumidas en su interior;

La figura 16A muestra un diagrama de bloques del método de mediotonado convencional mediante tramado (técnica anterior);

La figura 16B muestra un diagrama de bloques de un posible método para generar imágenes mediotonadas que tienen tramas de puntos transformadas geométricamente;

La figura 17 ilustra esquemáticamente una posible realización de la presente invención para la protección de discos ópticos (tales como CD, CD-ROM, DVD, etc.);

Las figuras 18A y 18B ilustran esquemáticamente otra posible realización de la presente invención para la protección de discos ópticos;

La figura 19A ilustra esquemáticamente una posible realización de la presente invención para la protección de productos que se envasan en una caja que comprende una parte deslizante, y la figura 19B ilustra un posible uso de esta realización para la protección de productos farmacéuticos;

La figura 20 ilustra esquemáticamente otra posible realización de la presente invención para la protección de productos que se comercializan en un envase que comprende una parte frontal deslizante de plástico transparente;

La figura 21 ilustra esquemáticamente otra posible realización más de la presente invención para la protección de productos que se envasan en una caja con una tapa pivotante;

La figura 22 ilustra esquemáticamente otra posible realización más de la presente invención para la protección de productos que se comercializan en botellas (tales como whiskey, perfumes, etc.); y

La figura 23 es un diagrama de bloques de un aparato para la autenticación de documentos usando el perfil de intensidad de patrones de moiré.

### 65 Descripción detallada

En la Patente de Estados Unidos N° 6.249.588 y su continuación en parte Patente de Estados Unidos N° 5.995.638 los presentes inventores describían métodos para la autenticación de documentos usando el perfil de intensidad de

patrones de moiré. Estos métodos se basan en estructuras periódicas especialmente diseñadas (tramas de puntos, tramas de orificios, estructuras de microlentes), que generan en su superposición perfiles de intensidad de moiré periódicos de cualesquiera colores y formas preferidos (tales como letras, números, el emblema del país, etc.) cuyo tamaño, ubicación y orientación varían gradualmente a medida que las capas superpuestas giran o se desplazan una sobre otra.

5 Para añadir una protección adicional y para hacer la falsificación aún más difícil, los presentes inventores describen a continuación nuevas categorías de métodos basados en patrones de moiré, en los que las tramas básicas y/o tramas maestras son aperiódicas. Como se explicará más adelante en esta descripción, las tramas aperiódicas son más difíciles de generar y extremadamente difíciles de someter a ingeniería de regresión, además, pueden usarse como trampas de  
10 trama contra fotocopiado o reproducción digital, y adicionalmente, cuando se imprimen con tintas no convencionales no pueden reproducirse mediante técnicas de reproducción convencionales. Por lo tanto, ofrecen una mayor seguridad contra la falsificación.

Por lo tanto, es un objeto de la presente invención mostrar cómo pueden usarse ventajosamente efectos de moiré  
15 que resultan de la superposición de estructuras aperiódicas tales como rejillas curvilíneas o transformaciones geométricas de tramas de puntos periódicas. El problema es, sin embargo, que en el caso general, perfiles de intensidad de moiré que resultan de la superposición de dichas estructuras aperiódicas están extremadamente distorsionados, y no conservan las formas de los elementos de trama originales. Sin embargo, como se mostrará a continuación, gracias a la teoría matemática desarrollada por los presentes inventores, se hace posible usando ciertas reglas matemáticas sintetizar tramas aperiódicas geoméricamente transformadas que, a pesar de ser ellas mismas aperiódicas, siguen generando  
20 cuando se superponen una sobre otra, perfiles de intensidad de moiré con formas claramente visibles y no distorsionadas. En una primera etapa, se mostrará en la presente descripción que en algunos casos preferidos los perfiles de intensidad de moiré obtenidos en dichas superposiciones siguen siendo periódicos. En una segunda etapa, descrita más adelante en la presente descripción, se mostrará que pueden obtenerse resultados particularmente buenos desviándose ligeramente de dichos casos periódicos preferidos, mejorando de este modo la tolerancia a no coincidencias en la superposición. El caso más general en el que los perfiles de intensidad de moiré obtenidos son completamente aperiódicos se describirá en último lugar.

Los nuevos métodos descritos en la presente invención usan la teoría matemática desarrollada en [Amidror98] y  
30 en [Amidror00]. De acuerdo con esta teoría es posible, usando ciertas reglas matemáticas que a continuación se explicarán en detalle, sintetizar estructuras aperiódicas geoméricamente transformadas que, a pesar de ser ellas mismas aperiódicas, siguen generando, cuando se superponen una sobre otra, perfiles de intensidad de moiré con elementos claramente visibles y no distorsionados por toda el área superpuesta, exactamente como en los casos periódicos descritos anteriormente por los inventores. Para explicar esto, es preciso presentar en primer lugar el siguiente trasfondo matemático.  
35

Suponiendo que la trama de puntos curva  $r(x,y)$  se obtiene curvando una trama de puntos periódica binaria  $p(x',y')$ , es decir, sustituyendo  $x'$  e  $y'$  por las funciones  $x'=g_1(x,y)$  e  $y'=g_2(x,y)$ , respectivamente:  $r(x,y)=p(g_1(x,y),g_2(x,y))$ . Un ejemplo de dicha trama de puntos curva  $r(x,y)$  se muestra en la figura 2; la trama de puntos periódica original  $p(x',y')$   
40 se muestra en la figura 1. El perfil de intensidad de la trama de puntos periódica binaria no curva original  $p(x',y')$  se denomina el perfil periódico de la trama curva  $r(x,y)$ . El perfil periódico de una trama curva puede ser cualquier forma de onda periódica binaria; se denominará un "perfil periódico nomializado" cuando  $p(x',y')$  tiene una frecuencia unitaria (en ambas direcciones). Las funciones  $x'=g_1(x,y)$  e  $y'=g_2(x,y)$  que curvan  $p(x',y')$  en la trama curva  $r(x,y)$  se denominan la *transformación de curvado*. Véase que  $x',y'$  son las coordenadas del espacio periódico original, mientras  
45 que  $x,y$  son las coordenadas del espacio transformado objetivo; la transformación de curvado puede verse, por lo tanto, como un mapeo hacia atrás desde las coordenadas del espacio transformado objetivo a las coordenadas del espacio periódico original.

Una trama curva  $r(x,y)=p(g_1(x,y),g_2(x,y))$  se caracteriza por lo tanto por dos propiedades básicas e independientes:  
50 su distribución geométrica, que es determinada por las funciones  $g_1(x,y)$  y  $g_2(x,y)$ ; y su comportamiento de intensidad dentro de cada "periodo curvo", que es determinado por el perfil periódico binario  $p(x',y')$ .

Este proceso de curvado (cambio de variables) puede interpretarse como un mapeo de  $\mathbb{R}^2$  en sí mismo, o de forma equivalente, como un *cambio de coordenadas* en  $\mathbb{R}^2$  del sistema de coordenadas original  $x',y'$  al sistema  $x,y$ . Esta transformación de coordenadas en 2D se especifica para cada una de las dos direcciones originales por separado mediante las funciones de curvado  $x'=g_1(x,y)$  e  $y'=g_2(x,y)$ , que transforman las nuevas coordenadas  $x,y$  de vuelta en las coordenadas originales  $x',y'$ . El efecto de esta transformación de coordenadas en 2D puede expresarse después, mediante:  
55

$$60 \quad \mathbf{g}: \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} \rightarrow \begin{pmatrix} x' \\ y' \end{pmatrix} \quad \text{donde:} \quad \begin{pmatrix} x' \\ y' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} g_1(x,y) \\ g_2(x,y) \end{pmatrix}$$

65 o en una notación vectorial más compacta  $x'=g(x)$ . Véase que  $g(x)$  es un mapeo de  $\mathbb{R}^2$  en sí mismo:  $g: \mathbb{R}^2 \rightarrow \mathbb{R}^2$  y el valor que devuelve,  $g(x)$ , es un vector. Claramente, para que la imagen de este mapeo abarque todo el plano  $\mathbb{R}^2$  de  $x,y$ , las dos transformaciones de coordenadas individuales  $x'=g_1(x,y)$  e  $y'=g_2(x,y)$  deben ser independientes, es decir

## ES 2 322 560 T3

no debe existir ninguna función,  $f(\cdot)$  tal que  $f(g_1(x,y), g_2(x,y))=0$  se cumpla para todas las  $(x,y)$ . De forma equivalente, esto significa que la matriz jacobiana:

$$J(x,y) = \begin{vmatrix} \frac{\partial g_1}{\partial x} & \frac{\partial g_1}{\partial y} \\ \frac{\partial g_2}{\partial x} & \frac{\partial g_2}{\partial y} \end{vmatrix}$$

no es igual a cero. Para evitar complicaciones matemáticas innecesarias, supondremos generalmente que la transformación de curvado  $g(x)$  es un difeomorfismo en  $\mathbb{R}^2$ , es decir un mapeo diferenciable de forma continua uno a uno de  $\mathbb{R}^2$  en sí mismo cuyo mapeo inverso también es diferenciable de forma continua. Esto asegura que no hay saltos bruscos u otras singularidades problemáticas.

### Ejemplo 1

Suponiendo que se nos da una rejilla de líneas binaria periódica  $p(x',y')$  que es la superposición de una rejilla de onda cuadrada vertical  $p_1(x',y') = \sum_{m=-\infty}^{\infty} \text{rect}(\frac{x'-mT}{\tau})$  y una rejilla de onda cuadrada vertical  $p_2(x',y') = \sum_{n=-\infty}^{\infty} \text{rect}(\frac{y'-nT}{\tau})$ , teniendo ambas el mismo periodo  $T$  y la misma apertura  $\tau$ ; es decir:

$$p(x',y') = p_1(x',y')p_2(x',y') = \sum_{m=-\infty}^{\infty} \sum_{n=-\infty}^{\infty} \text{rect}(\frac{x'-mT}{\tau})\text{rect}(\frac{y'-nT}{\tau}).$$

Véase que  $p(x',y')$  también puede considerarse una trama de puntos constituida por puntos blancos cuadrados sobre un fondo negro (véase la figura 1). Se define la transformación no lineal en 2D  $g(x,y)$  de la siguiente manera:

$$\begin{pmatrix} x' \\ y' \end{pmatrix} = \mathbf{g} \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} g_1(x,y) \\ g_2(x,y) \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -x - \text{argsenh}(y) \\ y - \text{argsenh}(x) \end{pmatrix}$$

Aplicando la transformación no lineal  $(x',y') = g(x,y)$  en la trama de puntos periódica  $p(x',y')$  obtenemos la trama de puntos curva  $r(x,y)$ , como se muestra en la figura 2:

$$\begin{aligned} r(x,y) &= p(-x - \text{argsenh}(y), y - \text{argsenh}(x)) \\ &= \sum_{m=-\infty}^{\infty} \sum_{n=-\infty}^{\infty} \text{rect}(\frac{-x - \text{argsenh}(y) - mT}{\tau}) \text{rect}(\frac{y - \text{argsenh}(x) - nT}{\tau}) \end{aligned}$$

La teoría desarrollada en [Amidror98] y [Amidror00] describe matemáticamente el perfil de intensidad de moiré obtenido en la superposición de tramas de puntos transformadas geoméricamente. Denotando como moiré de  $(k_1,k_2,k_3,k_4)$  el patrón de moiré que se genera debido al impulso de  $(k_1,k_2)$  en el espectro de la primera trama de puntos no curva original y el impulso de  $(k_3,k_4)$  en el espectro de la segunda trama de puntos no curva original, se obtendrá el siguiente resultado general:

### Resultado 1

Dejando que  $r_1(x,y)$  y  $r_2(x,y)$  sean dos tramas de puntos curvas, que se obtienen a partir de dos tramas de puntos periódicas binarias mediante las transformaciones de coordenadas no lineales:

$$\mathbf{g}_1: \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} \rightarrow \begin{pmatrix} g_1(x,y) \\ g_2(x,y) \end{pmatrix} \quad y \quad \mathbf{g}_2: \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} \rightarrow \begin{pmatrix} g_3(x,y) \\ g_4(x,y) \end{pmatrix}$$

respectivamente. La  $m_{k_1,k_2,k_3,k_4}(x,y)$  del moiré de  $(k_1,k_3,k_3,k_4)$  generada en la superposición de estas tramas de puntos curvas puede verse como el resultado de un proceso de 3 fases:

- 1) Normalización de las tramas de puntos curvas originales sustituyendo en cada una de ellas  $(g_i(x,y), g_{i+1}(x,y))$  por  $(x',y')$  (es decir deshaciendo en cada una de ellas la transformación de coordenadas), para enderezarlas a tramas de puntos periódicas normalizadas en 2D no curvas que tienen periodos idénticos  $(T_{x'},T_{y'})=(1,1)$ .

## ES 2 322 560 T3

2) Convención con T de las series de  $(k_1, k_2)$ -sub-Fourier en 2D de la primera trama de puntos normalizada con la series de  $(k_3, k_4)$ -sub-Fourier en 2D de la segunda trama de puntos normalizada. Esto da el perfil periódico normalizado no curvo del patrón de moiré de  $(k_1, k_3, k_3, k_4)$ , con el mismo periodo  $(T_x', T_y') = (1, 1)$ .

5 3) Curvado de este perfil periódico normalizado del patrón de moiré a la distribución geométrica curva real del patrón de moiré, sustituyendo  $(x', y')$  por  $(k_1 g_1(x, y) + k_2 g_2(x, y) + k_3 g_3(x, y) + k_4 g_4(x, y), -k_2 g_1(x, y) + k_1 g_2(x, y) - k_4 g_3(x, y) + k_3 g_4(x, y))$ , es decir aplicando la transformación de coordenadas no lineal

$$10 \begin{pmatrix} x' \\ y' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} k_1 g_1(x, y) + k_2 g_2(x, y) + k_3 g_3(x, y) + k_4 g_4(x, y) \\ -k_2 g_1(x, y) + k_1 g_2(x, y) - k_4 g_3(x, y) + k_3 g_4(x, y) \end{pmatrix} \\ = \begin{pmatrix} k_1 & k_2 \\ -k_2 & k_1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} g_1(x, y) \\ g_2(x, y) \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} k_3 & k_4 \\ -k_4 & k_3 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} g_3(x, y) \\ g_4(x, y) \end{pmatrix}$$

15 o en forma de vector:

$$20 \mathbf{x}' = \mathbf{K}_1 \mathbf{g}_1(\mathbf{x}) + \mathbf{K}_2 \mathbf{g}_2(\mathbf{x})$$

25 donde  $\mathbf{K}_1$  y  $\mathbf{K}_2$  denotan las matrices  $\begin{pmatrix} k_1 & k_2 \\ -k_2 & k_1 \end{pmatrix}$  y  $\begin{pmatrix} k_3 & k_4 \\ -k_4 & k_3 \end{pmatrix}$ , respectivamente.

Sigue, por lo tanto, que si las dos capas periódicas no curvas originales  $p_1(x')$  y  $p_2(x')$  se transforman en capas curvas  $r_1(x) = p_1(g_1(x))$  y  $r_2(x) = p_2(g_2(x))$  mediante transformaciones  $g_1(x)$  y  $g_2(x)$ , respectivamente, el patrón de moiré de  $(k_1, k_3, k_3, k_4)$  periódico entre las capas no curvas originales se transforma en un patrón de moiré curvo mediante la transformación geométrica:  $g_{k_1, k_2, k_3, k_4}(x) = K_1 g_1(x) + K_2 g_2(x)$ .

30 Por lo tanto, el perfil de intensidad de moiré en la superposición de dos tramas periódicas transformadas geométricamente es una transformación geométrica del perfil de intensidad de moiré formado entre las tramas periódicas originales, siendo la transformación geométrica una suma ponderada de las transformaciones geométricas de las tramas individuales (Véase que esto sigue siendo cierto incluso cuando las tramas son periódicas y no transformadas: en este caso las transformaciones implicadas simplemente igualan a la transformación trivial  $g(x, y) = (x, y)$  que mapea cualquier punto en sí mismo).

35 Partiendo del Resultado 1 puede entenderse ahora en qué condiciones la transformación de coordenadas en la etapa 3 da un patrón de moiré periódico en 2D incluso cuando las capas originales son curvas, es decir cuando las transformaciones de coordenadas  $g_i(x, y)$  de las capas individuales no son lineales. Esto ocurre si la transformación de coordenadas de la etapa 3 es una transformación afín, concretamente:

$$45 \begin{aligned} k_1 g_1(x, y) + k_2 g_2(x, y) + k_3 g_3(x, y) + k_4 g_4(x, y) &= a_1 x + b_1 y + c_1 \\ -k_2 g_1(x, y) + k_1 g_2(x, y) - k_4 g_3(x, y) + k_3 g_4(x, y) &= a_2 x + b_2 y + c_2 \end{aligned} \tag{1}$$

50 En el caso preferido del patrón de moiré de  $(1, 0, -1, 0)$  (es decir el patrón de moiré de primer orden más sencillo entre dos tramas de puntos), el Resultado 1 se reduce al:

### Resultado 2

55 Dejando que  $r_1(x, y)$  y  $r_2(x, y)$  sean dos tramas de puntos curvas, que se obtienen a partir de dos tramas de puntos periódicas binarias mediante las transformaciones de coordenadas no lineales:

$$60 \mathbf{g}_1: \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} \rightarrow \begin{pmatrix} g_1(x, y) \\ g_2(x, y) \end{pmatrix} \quad \text{y} \quad \mathbf{g}_2: \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} \rightarrow \begin{pmatrix} g_3(x, y) \\ g_4(x, y) \end{pmatrix}$$

respectivamente. El patrón de moiré de  $(1, 0, -1, 0)$   $m_{1, 0, -1, 0}(x, y)$  generado en la superposición de estas tramas de puntos curvas puede observarse como el resultado de un proceso de 3 fases:

65 1) Normalización de las tramas de puntos curvas originales sustituyendo en cada una de ellas  $(g_i(x, y), g_{i+1}(x, y))$  por  $(x', y')$  (es decir deshaciendo en cada una de ellas la transformación de coordenadas), para enderezarlas a tramas de puntos periódicas normalizadas en 2D no curvas que tienen periodos idénticos  $(T_x', T_y') = (1, 1)$ .

## ES 2 322 560 T3

2) Convolución con T de las series de Fourier en 2D de la primera trama de puntos normalizada con las series de Fourier en 2D de la segunda trama de puntos normalizada. Esto da el perfil periódico normalizado no curvo del patrón de moiré de (1,0,-1,0) con el mismo periodo  $(T_{x'}, T_{y'}) = (1, 1)$ .

5 3) Flexión de este perfil periódico normalizado del patrón de moiré en la distribución geométrica curva real del patrón de moiré, sustituyendo  $(x', y')$  por  $(g_1(x, y) - g_3(x, y), g_2(x, y) - g_4(x, y))$ , es decir aplicando la transformación de coordenadas no lineal

$$10 \quad \begin{pmatrix} x' \\ y' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} g_1(x, y) - g_3(x, y) \\ g_2(x, y) - g_4(x, y) \end{pmatrix}.$$

15 Véase que en este caso la transformación de coordenadas de la etapa 3 se ha reducido a:

$$20 \quad \begin{pmatrix} x' \\ y' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} g_1(x, y) - g_3(x, y) \\ g_2(x, y) - g_4(x, y) \end{pmatrix} \quad (2)$$

Puede entenderse ahora en estas condiciones que esta transformación de coordenadas da un patrón de moiré periódico en 2D incluso cuando las capas originales son curvas, es decir cuando las transformaciones de coordenadas  $g_i(x, y)$  de las capas individuales no son lineales: Esto pasa si la transformación de coordenadas (2) es una transformación afín, concretamente:

$$25 \quad \begin{aligned} g_1(x, y) - g_3(x, y) &= a_1x + b_1y + c_1 \\ g_2(x, y) - g_4(x, y) &= a_2x + b_2y + c_2 \end{aligned} \quad (3)$$

Véase que esto es una simplificación de la condición (1) anterior.

### 35 Ejemplo 2

Un patrón de moiré de (1,0,-1,0) periódico que se genera mediante un desplazamiento lateral de dos tramas de puntos curvas idénticas una sobre la otra:

40 Dejando que  $p_1(x', y')$  sea una trama de puntos periódica cuyo periodo consiste en el número "1" y dejando que  $r_1(x, y)$  sea la trama de puntos curva obtenida aplicando en  $p_1(x', y')$  la transformación de coordenadas:

$$45 \quad \begin{pmatrix} x' \\ y' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 2xy \\ x^2 - y^2 \end{pmatrix}$$

(véase la figura 11A). Si se superpone sobre esta trama de puntos curva una segunda trama de puntos que estaba sujeta a la misma transformación de coordenadas, después para cualquier desplazamiento lateral  $(x_0, y_0)$  entre las dos capas, la condición (3) se cumple, es decir obtenemos una transformación afín con  $a_1 = 2y_0$ ,  $b_1 = 2x_0$ ,  $c_1 = 2x_0y_0$ ,  $a_2 = 2x_0$ ,  $b_2 = -2y_0$ ,  $c_2 = (x_0 - y_0)^2$ :

$$55 \quad \forall x_0, y_0 \quad 2(x+x_0)(y+y_0) - 2xy = 2y_0x + 2x_0y + 2x_0y_0,$$

$$60 \quad \forall x_0, y_0 \quad [(x+x_0)^2 - (y+y_0)^2] - [x^2 - y^2] = 2x_0x - 2y_0y + (x_0 - y_0)^2$$

y se obtiene un patrón de moiré periódico binario.

Ahora, si la segunda capa consta de pequeños orificios (figura 11B) se obtiene en la superposición un patrón de moiré de (1,0,-1,0) periódico cuyo perfil periódico normalizado es, de acuerdo con el Resultado 2, una convolución con T en forma de "1" con el orificio, que da de nuevo un perfil periódico en forma de "1" (véase la figura 5A). Por lo tanto obtenemos un patrón de moiré de (1,0,-1,0) periódico cuyo periodo consiste en un número "1" aumentado, incluso aunque las dos tramas superpuestas no sean periódicas. Esto se ilustra en la figura 11C.

## ES 2 322 560 T3

Véase que los patrones de moiré de (1,0,-1,0) obtenidos en este ejemplo siguen siendo periódicos para cualquier desplazamiento horizontal o vertical entre las capas originales. A medida que los desplazamientos tienden a 0, el periodo del patrón de moiré aumenta hasta que se alcanza un estado singular con un periodo infinitamente grande, cuando las dos capas coinciden de forma precisa. Y a la inversa, cuando los desplazamientos de capas aumentan, el periodo del patrón de moiré se hace cada vez más pequeño, hasta que finalmente desaparece completamente a simple vista.

### Ejemplo 3

Un patrón de moiré de (1,0,-1,0) periódico que se genera mediante rotación de dos tramas de puntos curvas idénticas una sobre otra.

Este tipo de situación se produce cuando las funciones de flexión  $g_1(x,y)$ ,  $g_2(x,y)$  (que son comunes a ambas capas) tienen la siguiente propiedad, de acuerdo con la condición (3):

$$\forall \theta \quad g_1(x\cos\theta + y\sin\theta, y\cos\theta - x\sin\theta) - g_1(x,y) = a_1x + b_1y + c_1$$

$$\forall \theta \quad g_2(x\cos\theta + y\sin\theta, y\cos\theta - x\sin\theta) - g_2(x,y) = a_2x + b_2y + c_2$$

o de forma equivalente, en términos de coordenadas polares:

$$\forall \theta \quad g_1(r,\theta) - g_1(r,0) = a_1r\cos\theta + b_1r\sin\theta + c_1$$

$$\forall \theta \quad g_2(r,\theta) - g_2(r,0) = a_2r\cos\theta + b_2r\sin\theta + c_2$$

Geométricamente esta condición significa que la diferencia entre la superficie definida por  $z = g_i(x,y)$  y la superficie definida por su copia girada  $g_i(x\cos\theta + y\sin\theta, y\cos\theta - x\sin\theta)$  da un plano  $a_ix + b_iy + c_i$ , para cualquier rotación  $\theta$ .

Las siguientes funciones  $g_i(x,y)$  cumplen esta condición:

- a) Todas las funciones de la forma  $g_i(x,y) = a_ix + b_iy + c_i$ . En este caso la superficie diferencial es obviamente un plano. Sin embargo, dichas funciones no son una solución interesante, puesto que no corresponden a tramas curvas sino a tramas periódicas rectas, cuyos patrones de moiré son periódicos de todos modos.
- b) Todas las funciones circulares, como  $g_i(x,y) = x^2 + y^2$ ,  $g_i(x,y) = e^{-(x^2+y^2)}$ , etc. En este caso la superficie diferencial es el plano igual a cero, concretamente: el propio plano  $x,y$ . Estas funciones tampoco son una solución interesante.
- c) Las soluciones más interesantes pueden obtenerse mediante combinaciones lineales de funciones de tipos (a) y (b), como  $g_i(x,y) = e^{-(x^2+y^2)} + a_ix + b_iy + c_i$ , etc. En tales casos la superficie diferencial es un plano y la trama curva  $r(x,y) = p(g_1(x,y), g_2(x,y))$  tiene, de hecho, la propiedad requerida: su rotación sobre una copia de sí misma da un patrón de moiré de (1,0,-1,0) periódico. Esto se ilustra en las Figuras 12A-12C para el caso de  $g_i(x,y) = x \cdot e^{-(x^2+y^2)/4}$ .

Véase que los patrones de moiré de (1,0,-1,0) obtenidos en dichos casos siguen siendo periódicos para cualquier rotación  $\theta$  entre las tramas originales. El periodo del patrón de moiré aumenta a medida que  $\theta$  tiende a 0, hasta que se alcanza un estado singular con un periodo infinitamente grande, cuando las dos capas coinciden de forma precisa. Y a la inversa, cuando  $\theta$  aumenta, el periodo del patrón de moiré se hace más pequeño, hasta que finalmente desaparece completamente a simple vista.

Las explicaciones anteriores especifican en qué condiciones matemáticas, tramas transformadas geométricamente que no son periódicas en sí mismas siguen generando, cuando se superponen una sobre otra, perfiles de intensidad de moiré periódicos con elementos no distorsionados en toda el área superpuesta, exactamente como en el caso periódico descrito por los presentes inventores en la anterior Patente de Estados Unidos N° 6.249.588 y su continuación en parte Patente de Estados Unidos N° 5.995.638.

Debe observarse, sin embargo, que la tolerancia de dichos perfiles de intensidad de moiré a rotaciones y desplazamientos entre las capas superpuestas no es tan buena como en el caso periódico descrito anteriormente. De hecho, el

## ES 2 322 560 T3

caso de capas periódicas es el único que proporciona excelentes tolerancias a no coincidencias angulares y de desplazamiento entre las dos rejillas superpuestas. De este modo, en casos como el Ejemplo 2, que cumplen las condiciones para una tolerancia a desplazamiento de capas, cualquier no coincidencia angular entre las capas superpuestas puede destruir la periodicidad del patrón de moiré, como se muestra en la figura 11D. Y en casos como el Ejemplo 3, que cumplen las condiciones para una tolerancia a rotaciones de capas, cualquier no coincidencia de desplazamiento entre las capas superpuestas puede destruir la periodicidad del patrón de moiré, como se muestra en la figura 12D. En otras palabras, las condiciones matemáticas que se explicaron anteriormente dan, de hecho, soluciones que generan patrones de moiré estrictamente periódicos, pero el precio a pagar por esta estricta periodicidad es una pérdida de los grados de libertad de la tolerancia de estos patrones de moiré periódicos.

Aunque pueden usarse casos con dichos patrones de moiré estrictamente periódicos para la autenticación de documentos, una buena tolerancia a desplazamientos y rotaciones, como en los casos periódicos originales, sigue siendo una ventaja deseable para el uso diario por el público en general. Por esta razón los presentes inventores describen ahora una mejora adicional de la presente invención, que cumple este requisito y da resultados considerablemente mejores.

La principal idea en esta mejora es que, aunque las condiciones matemáticas estrictas descritas anteriormente dan, de hecho, una periodicidad teóricamente perfecta de los patrones de moiré obtenidos, dicho resultado preciso matemáticamente perfecto no es realmente necesario en la práctica. Una pequeña desviación de la periodicidad perfecta puede detectarse solamente en un área grande, pero dentro de las fronteras limitadas de las tramas superpuestas en el documento puede ser difícilmente visible; y además, incluso si una pequeña desviación de la periodicidad perfecta es visible, ésta puede seguir tolerándose si las formas de los perfiles de intensidad de moiré son claramente reconocibles y sólo ligeramente distorsionadas. La idea es, por lo tanto, que los casos más útiles serían un compromiso o una relación entre una periodicidad menos perfecta del patrón de moiré y una mayor tolerancia a no coincidencias angulares y de desplazamiento.

Puesto que dichos casos no obedecen a una regla matemática específica, se obtendrán normalmente de forma heurística o experimental, mejorando gradualmente casos prometedores a través de experimentos repetidos. Por ejemplo, puede empezarse con un caso obtenido usando las reglas matemáticas estrictas, y usar solamente una parte seleccionada de cada una de las tramas (no necesariamente la misma parte en ambas tramas) para eliminar zonas de trama que dan patrones de moiré particularmente distorsionados en la superposición cuando las capas se desplazan o giran.

En otro posible enfoque, puede empezarse con tramas perfectamente periódicas, y aplicar gradualmente sobre ellas una transformación no lineal ajustando lentamente algunos de los parámetros de la transformación hasta encontrar un buen caso óptimo.

Debe entenderse que el número de enfoques para obtener buenas combinaciones de trama de acuerdo con la presente descripción es ilimitado, y los enfoques mencionados anteriormente se dan solamente a modo de ejemplo y no son en absoluto exhaustivos.

### Ejemplo 4

Una mejora del Ejemplo 2 anterior que tiene buenas tolerancias a desplazamientos y rotaciones:

Una mejora significativa con respecto al Ejemplo 2 anterior puede obtenerse descartando la parte central de las tramas del Ejemplo 2 (véase las figuras 11A y 11B), y usando solamente zonas periféricas que se sitúan lejos del centro y muestran un comportamiento más regular. Como se muestra en las figuras 11C y 11D los perfiles de intensidad de moiré obtenidos en la superposición de dichas zonas periféricas tienen una tolerancia bastante buena a desplazamientos y rotaciones. Un ejemplo de dicha zona periférica se muestra mediante 110 en la figura 11D.

### Ejemplo 5

Un patrón de moiré de (1,0,-1,0) periódico que se genera mediante rotación o desplazamiento lateral de dos tramas de puntos curvas idénticas una sobre otra.

Dejando que  $p_1(x',y')$  sea una trama de puntos periódica cuyo periodo consiste en el número "1" y dejando que  $r_1(x,y)$  sea la trama de puntos curva obtenida aplicando en  $p_1(x,y)$  la transformación de coordenadas:

$$\begin{pmatrix} x' \\ y' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0,5x^2 \\ 0,5y^2 \end{pmatrix}$$

Dicha trama de puntos curva se ilustra en la figura 13A. Si se superpone sobre esta trama de puntos curva una segunda trama de puntos que consta de pequeños orificios que estaba sometida a la misma transformación de coorde-

nadas (véase la figura 13B), entonces para cualquier desplazamiento lateral  $(x_0, y_0)$  entre las dos capas, la condición (3) se cumple, es decir se obtiene una transformación afín con  $a_1 = x_0$ ,  $b_1 = 0$ ,  $c_1 = 0,5x_0^2$ , y  $a_2 = y_0$ ,  $b_2 = 0$ ,  $c_2 = 0,5y_0^2$ :

$$\forall x_0 \quad 0,5(x+x_0)^2 - 0,5x^2 = x_0x + 0,5x_0^2,$$

$$\forall y_0 \quad 0,5(y+y_0)^2 - 0,5y^2 = y_0y + 0,5y_0^2$$

Se obtiene por lo tanto un patrón de moiré de  $(1,0,-1,0)$  periódico cuyo periodo consiste en un número "1" aumentado, incluso aunque las dos tramas superpuestas no sean periódicas. Esto se muestra en la figura 13C. Sin embargo, este caso no cumple las condiciones para una tolerancia a rotaciones de capas. Pero si solamente se usa una pequeña porción del primer cuadrante de cada trama de puntos excluyendo las áreas distorsionadas en el origen y a lo largo de los dos ejes, entonces el patrón de moiré obtenido en la superposición de tramas tiene una tolerancia bastante buena a rotaciones de capas, también. Esto se ilustra en la figura 13D.

En el caso más general de la presente invención, en el que la transformación de coordenadas de los perfiles de intensidad de moiré no es afín (es decir no cumple la condición (3)), los perfiles de intensidad de moiré obtenidos no son periódicos. Sin embargo, incluso aquellos perfiles de intensidad de moiré aperiódicos pueden seguir usándose para fines de anti-falsificación y autenticación de acuerdo con la presente invención. En dichos casos, la autenticación se basará en el examen de al menos uno de los elementos del patrón de moiré aperiódico a pesar de sus distorsiones. Por ejemplo, en la figura 11D en la que los perfiles de intensidad de moiré no son periódicos, elementos de perfil de moiré en forma de "1" pueden identificarse claramente y usarse para autenticación de documentos. La protección ofrecida mediante dichos casos está en el hecho de que los perfiles de intensidad de moiré solamente se generan en la superposición, y no aparecen en la imagen original que se sitúa en el documento (la trama básica) a menos que la trama maestra se superponga sobre ella. Además, cuando la trama maestra se mueve ligeramente (desplazada o girada), los elementos de moiré resultantes varían de forma dinámica en toda la imagen original (por ejemplo, pueden cambiar a escala, girarse, desplazarse o transformarse de otro modo) y se distinguen claramente de cualquier patrón estático que esté impreso en el documento.

Debe observarse que los métodos descritos en la presente invención pueden considerarse *amplificadores no lineales*: en casos en los que los perfiles de intensidad de moiré generados en la superposición de capas transformadas geométricamente son periódicos se obtiene un *amplificador de rectificación*, y en casos en los que los perfiles de intensidad de moiré son aperiódicos se obtiene un *amplificador de distorsión*.

#### *Generación de tramas de puntos transformadas geométricamente*

Para entender cómo pueden generarse tramas de puntos transformadas geométricamente, puede ser útil revisar en primer lugar el método de mediotonado convencional que se conoce bien en la técnica anterior (véase por ejemplo el documento "Halftone images: spatial resolution and tone reproduction" de O. Bryngdahl, Journal of the Opt. Soc. of America, Vol. 68, 1978, págs. 416-422). Este método de la técnica anterior se ilustra esquemáticamente en el diagrama de bloques mostrado en la figura 16A. En este método, se proporciona una imagen de tono continuo de entrada (161) y una matriz de tramado de entrada (162) que se considera virtualmente que se replican periódicamente por todo el plano. La imagen mediotonada (en trama) (164) resultante se generará en un mapa de bits de destino cuyas dimensiones  $M \times N$  píxeles, están predeterminadas. Los métodos que consisten en escanear el mapa de bits de destino píxel a píxel, y para cada píxel  $(x,y)$ : (a) descubrir la ubicación correspondiente en la imagen de tono continuo de entrada y su valor de tono  $T$ ; (b) descubrir la ubicación correspondiente en la matriz de tramado y su valor  $D$ ; y (c) comparar el valor de tono  $T$  descubierto en la imagen de tono continuo con el valor  $D$  descubierto en la matriz de tramado, y por consiguiente escribir en el píxel  $(x,y)$  en el mapa de bits de destino 1 (es decir un píxel tintado) si  $D > T$  o 0 (píxel no tintado) en caso contrario. Véase que para fines de (b) consideramos virtualmente que la matriz de tramado se replica periódicamente por todo el plano completo; en la práctica, esto se realiza habitualmente sin replicar físicamente la matriz de tramado, sino usando en su lugar operaciones de módulo que se enrollan cíclicamente alrededor de cualquier ubicación del plano hacia atrás en la matriz de tramado original (véase por ejemplo, p. 1510 en el documento "Halftone patterns for arbitrary screen periodicities" de T.S. Rao y G.R. Arce, Journal of the Opt. Soc. of America A, Vol. 5, 1988, págs. 1502-1511). Como ilustración, la figura 7A muestra la matriz de tramado que se usa para generar la trama básica periódica con niveles de intensidad variables mostrados en la figura 6, cuyos puntos de trama tienen la forma del número "1". La figura 7B muestra una vista aumentada de una pequeña porción de esta trama básica y cómo se construye mediante la matriz de tramado de la figura 7A.

Debe observarse que las tramas de puntos (la trama maestra, la trama básica o ambas) también pueden obtenerse mediante perforación en lugar de aplicando tinta. En un caso típico, un rayo láser intenso con un tamaño de punto microscópico (es decir 50 micrómetros o incluso menos) escanea el documento píxel a píxel, mientras se modula en "encendido" y en "apagado", para perforar el sustrato en ubicaciones de píxeles predeterminados. Se han descrito diferentes sistemas de microperforación por láser para documentos de seguridad, por ejemplo, en el documento "Application of laser technology to introduce security features on security documents in order to reduce counterfeiting" de W. Hospel, SPIE Vol. 3314, 1998, págs. 254-259. En casos en los que las tramas de puntos se obtienen mediante per-

foración en lugar de aplicando tinta, la generación de las tramas de puntos es similar al proceso descrito anteriormente, excepto que en la etapa (c) “1” significa un píxel perforado y “0” significa un píxel no perforado (o, posiblemente, viceversa). Esto se ilustra en la figura 7C, en la que se perforan píxeles predeterminados (en lugar de entintarse, como es el caso de la figura 7B correspondiente). Debe observarse que los sistemas de microperforación por láser también pueden basarse en gráficos de vectores en lugar de gráficos de trama; en dichos casos el rayo láser no escanea el documento píxel a píxel, línea tras línea, sino que en su lugar sigue algunas trayectorias en 2D predefinidas (tales como líneas rectas, arcos, etc.), como un trazador con pluma, generando de este modo perforaciones de formas predefinidas en el documento. Dichos sistemas pueden usarse igualmente bien para la generación de tramas de puntos perforadas, como se ilustra en la figura 7D.

En otra categoría más de métodos, las tramas de puntos (la trama maestra, la trama básica o ambas) pueden obtenerse mediante una retirada completa o parcial de la capa de color en las tramas de puntos, por ejemplo mediante láser o ataque químico.

Ahora, para generar una imagen mediotonada que se mediotona mediante una trama de puntos transformada geoméricamente, todo lo que hay que hacer es añadir al proceso descrito anteriormente la transformación geométrica deseada (conformación o “morphing”). Esto se ilustra en el diagrama de bloques mostrado en la figura 16B. Véase que en este diagrama de bloques la transformación geométrica se aplica en la línea de flujo (165), de modo que solamente afecta a la trama de mediotono, pero no a la imagen de entrada original, que sigue en sí misma sin transformarse. (Como puede entenderse fácilmente, si la transformación geométrica se aplicara en la línea de flujo (166) en lugar de (165), el resultado podría haber sido una imagen transformada (conformada) que es proporcionada por una trama de mediotono no transformada; y si la transformación geométrica se aplicara en la línea de flujo (167) en lugar de (165), el resultado podría haber sido una imagen mediotonada que se transforma conjuntamente con su trama de mediotono).

Las tramas de puntos transformadas geoméricamente tales como las usadas en la presente descripción pueden producirse por lo tanto en la práctica en dos etapas. En la primera etapa, se genera una matriz de tramado ordenada que define las formas de puntos originales no transformadas para todos los niveles de tono, exactamente como en el caso de tramas de puntos periódicas. En la segunda etapa, se usa un método de tramado como se ha descrito anteriormente y se ilustra en la figura 16B, aplicando en (165) la transformación no lineal que se ha seleccionado como se ha explicado anteriormente en esta descripción. De este modo, se obtienen variaciones espaciales suaves de las formas de la trama. En una realización preferida, la conformación de la trama puede realizarse sobre la marcha donde para cada píxel (x,y) de la trama de puntos transformada geoméricamente que se está generando en el mapa de bits se encuentra su ubicación original (x',y') = g(x,y) en la trama original no curva, determinando de este modo su valor en la matriz de tramado exactamente como en el caso no transformado clásico convencional. En una realización alternativa, la conformación puede realizarse aplicando la transformación a la replicación de la matriz de tramado original por todo el plano completo y realizando un tramado convencional como se ha descrito anteriormente en lugar de la matriz de tramado original, la transformación de la matriz de tramado replicada.

Como ilustración de la explicación anterior, la figura 11A muestra una trama básica transformada geoméricamente con un nivel de gris constante que se obtuvo usando la matriz de tramado de la figura 7A y la transformación geométrica del Ejemplo 2 anterior; la figura 14 muestra una trama básica similar con niveles de gris variables (es decir una imagen mediotonada real), que se obtuvo usando la misma matriz de tramado y transformación geométrica. La figura 11B muestra una trama maestra transformada geoméricamente que se obtuvo usando la matriz de tramado de la figura 9A y la misma transformación geométrica que en las tramas básicas.

Debe observarse que también pueden generarse de otras maneras tramas de puntos transformadas geoméricamente, y los métodos explicados anteriormente se dan solamente a modo de ejemplo. Otras posibles maneras para la generación de tramas de puntos transformadas geoméricamente se explican en detalle en la Patente de Estados Unidos N° 08/410.767 presentada el 27 de marzo de 1995 (Ostromoukhov, Hersch), ahora Patente N° 6.198.545, concedida el 6 de marzo de 2001 y en el artículo “Artistic screening” de V. Ostromoukhov y R.D. Hersch, SIGGRAPH Annual Conference, 1995, págs. 219-228.

#### *Autenticación de documentos usando el perfil de intensidad de patrones de moiré*

La presente invención se refiere a métodos para autenticar documentos y artículos de valor, que se basan en el perfil de intensidad de patrones de moiré. Aunque la presente invención puede tener varias realizaciones y variantes, en este documento se dan tres realizaciones de particular interés a modo de ejemplo, sin limitar el alcance de la invención a estas realizaciones particulares. En una realización de la presente invención, los perfiles de intensidad de moiré pueden visualizarse superponiendo la trama básica y la trama maestra, que ambas aparecen en dos áreas diferentes del mismo documento (billete de banco, etc.). En una segunda realización de la presente invención, solamente la trama básica aparece en el propio documento y la trama maestra es superpuesta sobre ésta por el operario humano o el aparato que visual u ópticamente valida la autenticidad del documento. En una tercera realización de esta invención, la trama maestra es una estructura de microlentes. Una ventaja de esta tercera realización es que se aplica igual de bien a un soporte transparente (donde el patrón de moiré se observa mediante transmitancia) y a un soporte opaco (donde el patrón de moiré se observa mediante reflexión). Puesto que el documento puede imprimirse en un soporte opaco tradicional (tal como papel blanco), esta realización ofrece alta seguridad sin requerir costes adicionales en la producción del documento.

## ES 2 322 560 T3

Debe observarse, sin embargo, que las realizaciones descritas anteriormente se dan solamente a modo de ejemplo y no son en absoluto exhaustivas. Por ejemplo, son posibles otras realizaciones en las que los papeles de tramas maestras y tramas básicas se intercambian, o en las que tramas maestras y tramas básicas son ambas estructuras de microlentes (o series de orificios) etc.

5

El método para autentificar documentos comprende las etapas de:

- a) crear en un documento una trama básica con al menos una forma de puntos de trama básica;
- 10 b) superponer una trama maestra con una forma de puntos de trama maestra y la trama básica, produciendo de este modo un perfil de intensidad de moiré;
- c) comparar dicho perfil de intensidad de moiré con un perfil de intensidad de moiré de referencia y, dependiendo del resultado de la comparación, aceptar o rechazar el documento.

15

Debe mencionarse que en la presente invención la trama básica, la trama maestra o ambas pueden estar transformadas geométricamente y por lo tanto ser aperiódicas.

20

En algunas realizaciones de esta invención, puede prepararse una trama maestra o una trama básica de una estructura de microlentes. Las estructuras de microlentes se componen de microlentes dispuestas por ejemplo en una rejilla cuadrada o hexagonal (véase, por ejemplo, "Microlens arrays" de Hutley *et al.*, Physics World, julio de 1991, págs. 27-32), pero también pueden disponerse en cualquier otra rejilla periódica o aperiódica. Tienen la particularidad de aumentar en cada elemento de rejilla solamente una región muy pequeña de la imagen fuente subyacente, y por lo tanto se comportan de manera similar a tramas que comprenden puntos o orificios blancos pequeños. Sin embargo, las estructuras de microlentes tienen la ventaja de dejar que la mayor parte de la luz incidente pase a través de la estructura. Por lo tanto, pueden usarse para producir perfiles de intensidad de moiré mediante reflejo o mediante transmisión y el documento que incluye la trama básica puede imprimirse en cualquier soporte, opaco o transparente. Debe observarse que el papel de las series de microlentes al generar efectos de moiré en los que dicha serie periódica de microlentes se superpone sobre una serie periódica de objetos idénticos que tiene la misma inclinación se conoce desde hace mucho (véase, por ejemplo, "New Imaging functions of moire by fly's eye lenses" de O. Mikami, Japan Journal of Applied Physics, vol 14, 1975, págs. 417-418, y "New image-rotation using moire lenses" de O. Mikami, Japan Journal of Applied Physics, vol 14, 1975, págs. 1065-1066). Pero ninguna de estas referencias conocidas describía una implementación de este fenómeno para la autentificación de documentos y anti-falsificación. Además, ninguno de estos ha previsto, como hicieron los presentes inventores, la posibilidad de usar imágenes mediotonadas reales con niveles de gris o colores completos como tramas básicas o la posibilidad de usar estructuras de microlentes aperiódicas y tramas básicas aperiódicas - ni para la autentificación ni anti-falsificación de documentos o para ningún otro objetivo.

35

La comparación en la etapa c) anterior puede realizarse mediante biosistemas humanos (ojo y cerebro humano) o por medio de un aparato que se describe más adelante en la presente descripción.

40

El perfil de intensidad de moiré de referencia puede obtenerse mediante adquisición de imágenes (por ejemplo por una cámara) de la superposición de una trama básica de muestra y una trama maestra o puede obtenerse mediante un cálculo previo, usando la teoría matemática explicada en la sección 5(B) en [Amidror98]. Cuando la autentificación la realiza un ser humano, el perfil de intensidad de moiré de referencia también puede ser un perfil de intensidad de moiré de referencia memorizado, basado en un perfil de intensidad de moiré de referencia observado previamente (tal como un perfil de intensidad de moiré de referencia que se observó previamente en un folleto oficial publicado por las autoridades competentes, o un perfil de intensidad de moiré observado previamente en una superposición de una trama básica y una trama maestra en documentos que se sabe que son auténticos).

50

En el caso en que la trama básica se forma como parte de una imagen mediotonada impresa en el documento, la trama básica será ahora distinguible a simple vista de otras áreas en el documento. Sin embargo, cuando se autentifica el documento de acuerdo con la presente invención, el perfil de intensidad de moiré se volverá inmediatamente evidente.

55

Cualquier intento de falsificar un documento producido de acuerdo con la presente invención fotocopiando, por medio de un sistema de publicación de sobremesa, mediante un proceso fotográfico o mediante cualquier otro método de falsificación, ya sea digital o analógico, influirá inevitablemente (aunque sea ligeramente) en el tamaño o la forma de los diminutos puntos de trama de las tramas básicas (o maestras) comprendidas en el documento (por ejemplo, debido al aumento de puntos o propagación de tinta, como se conoce bien en la técnica). Pero, puesto que los efectos de moiré entre tramas de puntos superpuestas son muy sensibles a variaciones microscópicas en las tramas, esto hace a cualquier documento protegido de acuerdo con la presente invención prácticamente imposible de falsificar, y sirve como medio para distinguir entre un documento real y uno falsificado. Además, a diferencia de los métodos anti-falsificación basados en patrones de moiré conocidos anteriormente, que solamente son eficaces contra la falsificación por un equipo digital (escáneres o fotocopiadoras digitales), la presente invención es igualmente eficaz en los casos de un equipo digital o analógico.

65

La invención se aclara por medio de los siguientes ejemplos que se proporcionan de forma ilustrativa y no limitante.

## ES 2 322 560 T3

### Ejemplo I

#### *Trama básica y trama maestra en el mismo documento*

5 Considerando como primer ejemplo un documento que comprende una trama básica con una forma de puntos de trama básica de número "1" (como en la figura 13A). En un área diferente del documento se imprime una trama maestra, por ejemplo con una forma de puntos de trama maestra de pequeños orificios (como la figura 13B), dando un nivel de intensidad oscura. El documento se imprime en un soporte transparente.

10 En este ejemplo la trama básica y la trama maestra se producen con la misma transformación geométrica que el Ejemplo 5 anterior. El perfil de intensidad de moiré de (1,0,-1,0) que se obtiene cuando se superponen la trama básica y la trama maestra, tiene forma de número "1", como se muestra en la figura 13C. Como se explica en el Ejemplo 5 anterior, aunque la trama básica y la trama maestra no son periódicas y tienen frecuencias variables, el perfil de intensidad de moiré resultante es periódico y tiene una buena tolerancia a desplazamientos y rotaciones.

15 Debe observarse que los orificios de la trama maestra y/o las formas de los puntos de la trama básica también pueden obtenerse mediante perforación, por ejemplo usando microperforación mecánica o por láser. En este caso las formas de punto u orificio pueden obtenerse por ejemplo por medio de un rayo láser microscópico que se modula en "encendido" y en "apagado" para perforar el sustrato en puntos predeterminados, como se ha explicado en detalle anteriormente. Véase que, para obtener el mejor efecto, dichas microperforaciones deben aplicarse a un soporte opaco o a un soporte transparente con tinta oscura impresa sobre él.

En otra posible variante, los orificios de la trama maestra y/o las formas de punto de la trama básica pueden obtenerse mediante una completa o parcial retirada de la capa de color, por ejemplo mediante láser o ataque químico.

### Ejemplo II

#### *Trama básica en el documento y trama maestra en soporte diferente*

30 Como alternativa al Ejemplo I, un documento puede contener una trama básica, que se produce mediante puntos de trama de una forma seleccionada (incorporándose posiblemente a una imagen mediotonada). El documento se imprime en un soporte transparente. La trama maestra puede ser idéntica a la trama maestra descrita en el Ejemplo I, pero no está situada en el propio documento sino en su lugar en un soporte transparente diferente, y el documento puede autenticarse superponiendo la trama básica del documento con la trama maestra separada. Por ejemplo, la superposición de patrones de moiré puede visualizarse posando el documento sobre la trama maestra, que puede estar fijada en una lámina transparente de plástico y unida a la parte superior de una caja que contiene una fuente de luz difusa.

### Ejemplo III

#### *Trama básica en el documento y trama maestra hecha de una estructura de microlentes*

40 En el presente ejemplo, la trama maestra tiene la misma forma que en el Ejemplo II, pero está hecha de una estructura de microlentes. La trama básica es como en el Ejemplo II, pero el documento se imprime en un soporte reflectante (opaco). En el caso en que la trama básica se forma como parte de una imagen mediotonada impresa en el documento, la trama básica no será distinguible a simple vista de otras áreas del documento. Sin embargo, cuando se autentican bajo la estructura de microlentes, el perfil de intensidad de moiré se volverá inmediatamente visible. Puesto que la impresión de la trama básica en el documento se incorpora en el proceso de impresión convencional, y puesto que el documento puede imprimirse en un soporte opaco tradicional (tal como papel blanco), esta realización ofrece alta seguridad sin requerir costes adicionales en la producción del documento. Esta realización puede usarse en varias variantes diferentes: Por ejemplo, la trama básica puede imprimirse en un disco óptico tal como un CD o un DVD mientras que la estructura de microlentes se incorpora en su caja o envuelta plástica; o, en una variante diferente, la trama básica puede situarse en un documento mientras que la estructura de microlentes se proporciona en un soporte transparente diferente.

55 Diversas realizaciones de la presente invención pueden usarse como dispositivos de seguridad para la protección y autenticación de productos multimedia, incluyendo música, video, productos de software, etc., que se proporcionan usando discos ópticos como medio. También pueden usarse diversas realizaciones de la presente invención como dispositivos de seguridad para la protección y autenticación de otros envases industriales, tales como cajas para productos farmacéuticos, cosméticos, etc. Por ejemplo, la tapa de la caja puede contener los orificios de la trama maestra, mientras que la trama básica se sitúa en una parte transparente de la caja; o, si la caja no es transparente, puede usarse una estructura de microlentes como trama maestra. Los envases que incluyen una parte transparente o una ventana transparente se usan muy a menudo para comercializar una gran variedad de productos, incluyendo, por ejemplo, cables de audio y video, casetes, perfumes, etc., donde la parte transparente del envase permite a los clientes ver el producto dentro del envase. Sin embargo, las partes transparentes de un envase también pueden usarse ventajosamente para la autenticación y anti-falsificación de los productos, usando una parte de la ventana transparente como trama maestra (donde la trama básica se sitúa en el propio producto) o como trama básica (donde la trama maestra se incorpora, por ejemplo, en la tapa o se proporciona en un soporte transparente diferente) o de cualquier

otra manera de acuerdo con la presente invención. Debe observarse que la trama básica y la trama maestra también pueden imprimirse en etiquetas o pegatinas de seguridad que se fijan o se unen de otro modo al propio producto o al envase. Se ilustran varias realizaciones posibles de envases que están protegidos por la presente invención, a modo de ejemplo, en las figuras 17-22.

5 La figura 17 ilustra esquemáticamente un disco óptico (170), que tiene al menos una trama básica (173) y su cubierta (o caja) de plástico transparente (171), que tiene al menos una trama maestra (172). Las figuras 18A y 18B ilustran otra posible realización, en la que un disco óptico (180) está protegido en primer lugar por una envuelta transparente (184), que tiene tramas básicas (183); el disco con su envuelta transparente se guardan después dentro  
10 de una cubierta (o caja) de plástico transparente (181), que tiene tramas maestras (182). En ambos casos, cuando el disco óptico se sitúa dentro de su cubierta de plástico, se generan perfiles de intensidad de moiré entre al menos una trama maestra y al menos una trama básica; y mientras el disco se inserta o saca lentamente de su cubierta de plástico (181), estos perfiles de intensidad de moiré (véase (185) en la figura 18B) varían de forma dinámica. Estos perfiles de intensidad de moiré sirven por lo tanto como medios fiables de autenticación y garantizan que tanto el disco como el  
15 envase son de hecho auténticos. En un caso típico, los perfiles de intensidad de moiré pueden comprender el logotipo de la compañía, o cualquier otro texto o símbolos deseados, en blanco y negro o en color.

La figura 19A ilustra esquemáticamente una posible realización de la presente invención para la protección de productos que están envasados en una caja que comprende una parte deslizante (191) y una cubierta externa (190),  
20 donde el propio producto (192) tiene al menos una trama básica (194) y la cubierta externa (190) tiene al menos una trama maestra (193). La figura 19B ilustra un posible uso de esta realización para la protección de productos farmacéuticos, fármacos médicos, etc. En este caso, el producto (192) de la figura 19A es un producto médico (195), que tiene al menos una trama básica (196). El producto (195) puede ser preferentemente transparente, pero si es opaco, los perfiles de intensidad de moiré pueden observarse mediante reflexión. La trama básica (196) puede estar situada  
25 preferentemente en la parte trasera del producto médico (195), de modo que estará en contacto íntimo con la trama maestra (193) de la cubierta externa (190) a medida que la parte deslizante (191) se mueve hacia dentro o hacia fuera en el interior de la cubierta externa (190).

La figura 20 ilustra esquemáticamente otra posible realización de la presente invención para la protección de  
30 productos que se comercializan en un envase que comprende una parte frontal de plástico transparente deslizante (200) y una placa trasera (202), que puede imprimirse y contener una descripción del producto. Dichos envases se usan a menudo para comercializar cables de video y audio, o cualesquiera otros productos, que se guardan en una carcasa (o recipiente) transparente (201) con una parte frontal de plástico (200). A menudo los envases de este tipo tienen un pequeño orificio (205) en la parte superior de la placa trasera y un orificio a juego (206) en la parte frontal  
35 de plástico (200), para facilitar el colgado de los envases en los puntos de venta. De acuerdo con la presente invención, la placa trasera (202) puede tener al menos una trama básica (204) y la parte frontal de plástico puede tener al menos una trama maestra (203), de modo que cuando el envase se cierra se generan perfiles de intensidad de moiré entre al menos una trama maestra y al menos una trama básica. En este caso, de nuevo, mientras la parte frontal deslizante  
40 de plástico (200) se desliza a lo largo de la placa trasera (202), los perfiles de intensidad de moiré varían de forma dinámica.

La figura 21 ilustra esquemáticamente otra posible realización más de la presente invención para la protección de  
45 productos que se envasan en una caja (210) con una tapa pivotante (211). La tapa pivotante (211) tiene al menos una trama básica (213), y la propia caja tiene al menos una trama maestra (212). Cuando la caja está cerrada, la trama básica (213) se sitúa justo detrás de la trama maestra (212), de modo que se generan perfiles de intensidad de moiré. Y mientras la tapa pivotante (211) se abre, los perfiles de intensidad de moiré varían de forma dinámica.

La figura 22 ilustra esquemáticamente otra posible realización más de la presente invención para la protección de  
50 productos que se comercializan en botellas (tales como whiskey, perfumes, etc.). Por ejemplo, la etiqueta del producto (211) que se fija a la botella (220) puede tener una trama básica (222), mientras que otra etiqueta (223), que puede unirse a la botella mediante un cordón decorativo (224), tiene una trama maestra (225). La autenticación del producto puede realizarse en este caso superponiendo la etiqueta (223) sobre la etiqueta (221), de modo que la trama maestra (225) y la trama básica (222) generan claramente perfiles de intensidad de moiré visibles, por ejemplo con el nombre  
55 del producto. En casos en los que la botella es transparente, los perfiles de intensidad de moiré pueden visualizarse mediante transmitancia; en caso contrario, pueden visualizarse mediante reflexión.

Obviamente, en casos en los que la trama maestra y la trama básica pueden deslizarse una sobre otra (tal como en las realizaciones mostradas en las figuras 18A, 18B, 19A, 19B, 20, etc.) se usarán preferentemente perfiles de  
60 intensidad de moiré que tengan una buena tolerancia a desplazamientos de capas, como en el Ejemplo 2 anterior. En casos en los que la trama maestra y la trama básica pueden girar una sobre otra (tal como en la realización mostrada en la figura 21) se usarán preferentemente perfiles de intensidad de moiré que tengan una buena tolerancia a rotaciones de capas, como en el Ejemplo 3 anterior. Como ya se ha mencionado anteriormente, los perfiles de intensidad de moiré que se generan mediante capas periódicas proporcionan buenas tolerancias a desplazamientos y rotaciones, y, por lo tanto, pueden usarse en todos los casos.

65 En muchos de los ejemplos anteriores, las tramas maestras y las tramas básicas también pueden intercambiar sus ubicaciones y papeles.

## ES 2 322 560 T3

Debe observarse que en todos los ejemplos las tramas básica y maestra pueden ser descubiertas o encubiertas; en el último caso, la trama básica es una trama básica enmascarada, lo que significa que la información que tiene la trama básica se enmascara usando cualquiera de diversas técnicas, por ejemplo como describen los presentes inventores en la Patente de Estados Unidos N° 5.995.638.

5

### *El caso multicromático*

Como se ha mencionado anteriormente, la presente invención no se limita solamente al caso monocromático; al contrario, puede beneficiarse enormemente del uso de diferentes colores en cualquiera de las tramas de puntos usadas, periódicas o aperiódicas.

Una manera de usar tramas de puntos coloreadas en la presente invención es similar a la técnica de impresión multicromática convencional, donde varias (habitualmente tres o cuatro) tramas de puntos de diferentes colores (habitualmente: cian, magenta, amarillo y negro) se superponen para generar una imagen a todo color mediante mediotonado. A modo de ejemplo, si una de estas tramas de puntos coloreadas se usa como trama básica de acuerdo con la presente invención, el perfil de intensidad de moiré que se generará con una trama maestra en blanco y negro se aproximará mucho al color de la trama básica en color. Si varias de las diferentes tramas de puntos coloreadas se usan como tramas básicas de acuerdo con la presente invención, cada una de ellas generará con una trama maestra acromática un perfil de intensidad de moiré que se aproxima al color de la trama básica en cuestión.

Otra posible manera de usar tramas de puntos coloreadas en la presente invención es usando una trama básica cuyos elementos de trama individuales están constituidos por sub-elementos de diferentes colores, como describen los presentes inventores en su anterior Patente de Estados Unidos N° 5.995.638, que también se muestra en las figuras 14A-14C en ese documento. Una importante ventaja de este método como medio anti-falsificación se obtiene debido a la extrema dificultad para imprimir sub-elementos perfectamente yuxtapuestos de las tramas de puntos, debido a la alta precisión que requiere entre los diferentes colores en impresión en color de pases múltiples. Solamente el mejor equipo de impresión de seguridad y alto rendimiento que se usa para imprimir documentos de seguridad tales como billetes de banco es capaz de proporcionar la precisión requerida en el alineamiento (en lo sucesivo: “registro”) de los diferentes colores. Los errores de registro que son inevitables al falsificar el documento en equipos de bajo rendimiento provocarán desplazamientos entre los diferentes sub-elementos coloreados de los elementos de la trama básica; dichos errores de registro serán aumentados enormemente por el efecto moiré, y corromperán significativamente la forma y color de los perfiles de moiré obtenidos por la trama maestra.

De hecho, los falsificadores que intenten falsificar el documento en color imprimiéndolo usando un proceso de impresión convencional tendrán también, además de los problemas de creación de la trama básica, problemas de registro de color. Sin un correcto registro de color, la trama básica incorporará tramas de puntos distorsionadas. Por lo tanto, el perfil de intensidad del patrón de moiré adquirido con la trama maestra aplicada a un documento falsificado se distinguirá claramente, en términos de forma e intensidad así como en términos de color, del perfil de moiré obtenido cuando se aplica la trama maestra al documento no falsificado. Puesto que los falsificadores siempre tendrán impresoras en color de menor precisión que los organismos oficiales responsables de imprimir los documentos de valor originales (billetes de banco, cheques, etc.), el método de autenticación descrito sigue siendo válido incluso con la mejora de la calidad de las tecnologías de reproducción en color.

Otra ventaja del caso multicromático se obtiene usando una trama básica con frecuencias variables. Debido a las altas frecuencias incorporadas en algunas áreas de la trama básica de frecuencia variable, es imposible reproducir sus elementos de puntos de trama usando separación de color CMYK (cian, magenta, amarillo y negro) convencional. Por lo tanto, si la trama básica se imprime en el documento usando una tinta en color no convencional (tal como azul), no será posible falsificarlo usando impresión en color convencional, que requiere una superposición de dos o más tintas convencionales. Esto proporciona una protección adicional contra falsificación, al mismo precio.

Una posible manera de imprimir imágenes en color usando tintas en color convencionales y no convencionales (separación de color convencional o no convencional) se ha descrito en la Solicitud de Patente de Estados Unidos N° 09/477.544 presentada el 04/01/2000 (Ostromoukhov, Hersch) y en el artículo “Multi-color and artistic dithering” de V. Ostromoukhov y R.D. Hersch, SIGGRAPH Annual Conference, 1999, págs. 425-432. Este método, en lo sucesivo denominado “tramado multicolor”, usa matrices de tramado similares al tramado convencional, como se ha descrito anteriormente, y proporciona para cada píxel de la trama básica (la imagen mediotonada) un medio para seleccionar su color, es decir la tinta, combinación de tinta o el color del fondo a asignar para dicho píxel. A continuación, puede aplicarse una transformación geométrica a esta matriz de tramado de la misma manera que ya se ha explicado anteriormente para tramado monocromático. Debe observarse, como se ha explicado con detalle en las referencias mencionadas anteriormente, que el método de tramado multicolor asegura mediante construcción que los colores contribuyentes se imprimen uno al lado del otro. Este método es, por lo tanto, ideal para un equipo de impresión de gama alta que se beneficia de una alta precisión de registro y que es capaz de imprimir con tintas no convencionales, haciendo de este modo al documento impreso muy difícil de falsificar y fácil de autenticar por medio del método descrito, como se ha explicado anteriormente.

*Aparato para la autenticación de documentos usando el perfil de intensidad de patrones de moiré*

Un aparato para la autenticación visual de documentos que comprenden una trama básica puede comprender una trama maestra (tal como una trama de puntos, una trama de orificios, una estructura de microlentes, etc.) preparada de acuerdo con la presente descripción, que se colocará sobre la trama básica del documento, mientras el propio documento se coloca en la parte superior de una caja que contiene una fuente de luz difusa (o posiblemente bajo una fuente de luz difusa, en el caso de que la trama maestra sea una estructura de microlentes y el perfil de intensidad de moiré se observe mediante reflexión). Si la autenticación se realiza mediante visualización, es decir por un operario humano, se usan biosistemas humanos (ojo y cerebro humano) como medio para la adquisición del perfil de intensidad de moiré producido por la superposición de la trama básica y la trama maestra, y como medio para comparar el perfil de intensidad de moiré adquirido con un perfil de intensidad de moiré de referencia (o memorizado). La fuente de luz en este caso puede ser natural (tal como la luz del día) o artificial.

Un aparato para la autenticación automática de documentos, cuyo diagrama de bloque se muestra en la figura 23, comprende una trama maestra (231) (una trama de puntos o una estructura de microlentes), un medio de adquisición de imágenes (232) tal como una cámara, una fuente de luz (no se muestra en el dibujo) y un procesador de comparación (233) para comparar el perfil de intensidad de moiré adquirido con un perfil de intensidad de moiré de referencia. En caso de que la coincidencia falle, el documento no se autenticará y el dispositivo de manejo del documento del aparato (234) rechazará el documento. El procesador de comparación (233) puede realizarse mediante un microordenador que comprende un procesador, memoria y puertos de entrada-salida. Un microordenador integrado en un chip puede usarse para este fin. Para la autenticación automática, el medio de adquisición de imágenes (232) necesita conectarse al microordenador que incorpora el procesador de comparación (233), que a su vez controla un dispositivo de manejo del documento (234) para aceptar o rechazar el documento a autenticar, de acuerdo con la comparación realizada por el microprocesador.

El perfil de intensidad de moiré de referencia puede obtenerse mediante adquisición de imágenes (por ejemplo por medio de una cámara) de la superposición de una trama básica de muestra y la trama maestra, o puede obtenerse mediante un cálculo previo.

El procesador de comparación realiza la comparación de imágenes haciendo coincidir una imagen dada con una imagen de referencia; ejemplos de manera de realizar esta comparación se han presentado en detalle por los presentes inventores en la Patente de Estados Unidos N° 5.995.638. Esta comparación produce al menos un valor de proximidad que da el grado de proximidad entre el perfil de intensidad de moiré adquirido y el perfil de intensidad de moiré de referencia. Estos valores de proximidad se usan después como criterios para hacer que el dispositivo de manejo de documentos acepte o rechace el documento. Véase que en el caso de patrones de moiré aperiódicos la autenticación puede basarse en la comparación de al menos uno de los elementos del patrón de moiré aperiódico, como ya se ha explicado anteriormente.

**Ventajas de la presente invención**

Las ventajas de los nuevos métodos de autenticación y anti-falsificación descritos en la presente invención son numerosas.

En primer lugar, las tramas de puntos transformadas geoméricamente son mucho más difíciles de diseñar, y por lo tanto muy difíciles de someter a ingeniería de regresión y falsificar. Esto es tanto más cierto en cuanto la transformación geométrica usada se mantiene en secreto.

En segundo lugar, cualquier trama de puntos con frecuencias variables que se incorpora en un documento se vuelve ella misma (además de su papel en la generación de los perfiles de intensidad de moiré pretendidos cuando la trama maestra se superpone sobre ella) una trampa de trama contra cualquier intento de escanear o reproducir digitalmente el documento: si la trama de puntos contiene un amplio intervalo de frecuencias que varían gradualmente, las frecuencias de escaneo o reproducción del falsificador chocarán inevitablemente con algunas de las frecuencias de la trama de puntos o sus armónicos y generan en el documento falsificado efectos de moiré no deseados claramente visibles (similares a los efectos descritos en la Patente del Reino Unido N° 1.138.011 como se ha mencionado anteriormente en la sección "antecedentes de la invención"). Esto aumenta adicionalmente la seguridad del documento proporcionando una característica de seguridad adicional dentro del mismo elemento de seguridad, sin tener que sacrificar un área adicional del documento.

En tercer lugar, debido a las altas frecuencias incorporadas en algunas áreas de la trama básica de frecuencia variable es imposible reproducir sus elementos de puntos de trama usando separación de color CMYK (cian, magenta, amarillo y negro) convencional. Por lo tanto, si la trama básica se imprime en el documento usando un color de tinta no convencional (tal como azul), no será posible falsificarlo usando impresión en color convencional, que requiere una superposición de dos o más tintas convencionales. Esto proporciona una protección adicional al mismo precio.

El hecho de que los efectos de moiré generados entre tramas de puntos superpuestas son muy sensibles a cualesquiera variaciones microscópicas en las capas tramadas hace a cualquier documento protegido de acuerdo con la presente invención prácticamente imposible de falsificar, y sirve como medio para distinguir fácilmente entre un documento auténtico y uno falso.

Además, a diferencia que los métodos anti-falsificación basados en patrones de moiré conocidos anteriormente, que solamente son eficaces contra la falsificación mediante equipo digital (escáneres o fotocopiadoras digitales), la presente invención es igualmente eficaz en casos de equipo analógico o digital.

5 Una importante ventaja adicional de la presente invención es que puede usarse para autenticar documentos impresos en cualquier tipo de soporte, incluyendo papel, materiales plásticos, etc., que puede ser transparente u opaco. Además, el método de la presente invención puede incorporarse en imágenes mediotonadas en blanco y negro o en color (imágenes de contraste sencillo, gradaciones de tono o color o fotografías complejas). Puesto que puede producirse usando el proceso de impresión de documentos convencional, el presente método ofrece alta seguridad al mismo  
10 coste que la producción de documentos convencional del estado de la técnica.

Además, las tramas de puntos impresas en el documento de acuerdo con la presente invención no necesitan ser de un nivel de intensidad constante. Al contrario, pueden incluir puntos de tamaños y formas que varían gradualmente, y pueden incorporarse (o disimularse) dentro de cualquier imagen mediotonada de intensidad variable en el documento  
15 (tal como un retrato, paisaje o cualquier motivo decorativo, que puede ser diferente del motivo generado por el efecto moiré en la superposición). Un ejemplo de una trama básica de intensidad variable que consiste en puntos de formas y tamaños que varían gradualmente, que se incorpora en una imagen mediotonada real, se muestra en la figura 14. Debe observarse que, además de la variación de la forma y del tamaño de los puntos de la trama básica de acuerdo con los niveles de gris, como se muestra esquemáticamente en la figura 10A y figura 10B, en una variante alternativa la forma  
20 de los puntos de la trama básica puede variar de acuerdo con su posición dentro de la imagen, sin afectar a nivel de gris. Por ejemplo, como se ilustra esquemáticamente en la figura 10C, una banda con trama básica (1010) de un nivel de gris constante, que consiste en formas de puntos que varían gradualmente (1011 - 1013), puede situarse a lo largo del borde del documento. Cuando la trama maestra correspondiente se superpone, los perfiles de intensidad de moiré resultantes variarán en sus formas a lo largo de esta banda. Análogamente, el color de los puntos de la trama básica  
25 también puede variarse gradualmente de acuerdo con su posición dentro de la imagen. En este caso, cuando la trama maestra correspondiente se superpone, los perfiles de intensidad de moiré resultantes variarán de colores a lo largo de la banda. Cada una de estas variantes tiene la ventaja de hacer a las falsificaciones aún más difíciles, aumentando, por lo tanto, más la seguridad proporcionada por la presente invención.

30 Otra ventaja adicional de la presente invención es que puede usarse, dependiendo de las necesidades, como un medio descubierto de protección de documentos que está dirigido al gran público; o como medio encubierto de protección que solamente es detectable por las autoridades competentes o por dispositivos de autenticación automáticos; o incluso como una combinación de los dos, permitiendo de este modo diversos niveles de protección.

### 35 Referencias mencionadas

#### Documentos de patente de estados unidos

40 Patente de Estados Unidos N° 5.995.638 (Amidror, Hersch), 11/1999. Methods and apparatus for authentication of documents by using the intensity profile of moire patterns.

Patente de Estados Unidos N° 6.249.588 (Amidror, Hersch), 6/2001. Method and apparatus for authentication of documents by using the intensity profile of moire patterns.

45 Patente de Estados Unidos N° 5.018.767 (Wicker), 5/1 991. Counterfeit protected document.

Patente de Estados Unidos N° 5.275.870 (Halope *et al.*), 1/1 994. Watermarked plastic support.

50 Patente de Estados Unidos N° 5.396.559 (McGrew), 3/1 995. Anticounterfeiting method and device utilizing holograms and pseudorandom dot patterns.

Patente de Estados Unidos N° 5.712.731 (Drinkwater *et. al.*), 1/1998. Security device for security documents such as bank notes and credit cards.

55 Patente de Estados Unidos N° 6.198.545 (Ostromoukhov, Hersch), 3/2001. Method and apparatus for generating halftone images by evolutionary screen dot contours.

Solicitud de Patente de Estados Unidos N° 09/477.544 (Ostromoukhov, Hersch). Method and apparatus for generating digital halftone images by multi color dithering. Fecha de presentación: 04/01/2000.

#### 60 Documentos de patente extranjera

Patente del Reino Unido N° 1.138.011 (Canadian Bank Note Company), 12/1 968. Improvements in printed matter for the purpose of rendering counterfeiting more difficult.

65 Solicitud de Patente del Reino Unido N° 2.224.240 A (Kenrick & Jefferson), 5/1 990. Copy protection of multi-color documents.

**Otras publicaciones**

Fourier-based analysis and synthesis of moires in the superposition of geometrically transformed periodic structures, de I. **Amidror** and R.D. **Hersch**; *Journal of the Optical Society of America A*, Vol. 15, 1998; págs. 1100-1113.

5

The Theory of the Moire Phenomenon, de I. **Amidror**, *Kluwer Academic Publishers*, 2000.

A Generalized Fourier-Based Method for the Analysis of 2D Moire Envelope-Forms in Screen Superpositions, de I. **Amidror**; *Journal of Modern Optics*, Vol. 41, No. 9, 1994; págs.1837-1862.

10

Making Money, por G. **Stix**; *Scientific American*, marzo de 1994; págs. 81-83.

Digital Halftoning, de R. **Ulichney**, *The MIT Press*, 1988; Capítulo 5.

15

Microlens arrays, de M. **Hutley et al.**; *Physics World*, Julio de 1991; págs. 27-32.

New imaging functions of moire by fly's eye lenses, de O. **Mikami**; *Japan Journal of Applied Physics*, Vol. 14, No. 3, 1975; págs. 417-418.

20

New image-rotation using moire lenses, de O. **Mikami**; *Japan Journal of Applied Physics*, Vol. 14, No. 7, 1975; págs. 1065-1066.

Digital Image Processing, de W. K. **Pratt**, *Wiley-Interscience*, 1991; Capítulo 14.

25

Artistic screening, de V. **Ostromoukhov** y R.D. **Hersch**; SIGGRAPH Annual Conference, 1995, págs. 219-228.

Multi-color and artistic dithering, de V. **Ostromoukhov** y R. D. **Hersch**; SIGGRAPH Annual Conference, 1999, págs. 425-432.

30

Application of laser technology to introduce security features on security documents in order to reduce counterfeiting, de W. **Hospel**; *SPIE* Vol. 3314, 1998, págs. 254-259.

Halftone patterns for arbitrary screen periodicities, de T.S. **Rao** y GR. **Arce**; *Journal of the Opt. Soc. of America A*, Vol. 5, 1988, págs. 1502-1511.

35

Halftone images: spatial resolution and tone reproduction, de O. **Bryngdahl**; *Journal of the Opt. Soc. of America*, Vol. 68, 1978, págs. 416-422.

40

45

50

55

60

65

# ES 2 322 560 T3

## REIVINDICACIONES

- 5 1. Un método para autenticar documentos usando al menos un perfil de intensidad de moiré, comprendiendo el método las etapas de:
- a) crear en un documento al menos una trama básica con al menos una forma de puntos de trama básica;
  - 10 b) superponer una trama maestra con una forma de puntos de trama maestra y la trama básica, produciendo de este modo un perfil de intensidad de moiré, donde al menos una trama seleccionada entre la serie que comprende las tramas básicas y la trama maestra es una trama aperiódica que comprende frecuencias variables, con lo que además se convierte en sí misma en una trampa de trama contra intentos de reproducir digitalmente el documento; y
  - 15 c) comparar dicho perfil de intensidad de moiré con un perfil de intensidad de moiré de referencia y, dependiendo del resultado de la comparación, aceptar o rechazar el documento.
- 20 2. El método de la reivindicación 1, donde el perfil de intensidad de moiré de referencia se obtiene mediante adquisición de imágenes de la superposición de la trama básica y la trama maestra.
3. El método de la reivindicación 1, donde el perfil de intensidad de moiré de referencia se obtiene mediante cálculo previo.
4. El método de la reivindicación 1, donde el perfil de intensidad de moiré de referencia es un perfil de intensidad de moiré de referencia memorizado observado previamente en una superposición de una trama básica y una trama maestra en documentos que se sabe que son auténticos.
5. El método de la reivindicación 1, donde la comparación del perfil de intensidad de moiré con un perfil de intensidad de moiré de referencia se realiza mediante visualización.
- 30 6. El método de la reivindicación 1, donde la trama básica y la trama maestra se sitúan en un soporte transparente, y donde la comparación del perfil de intensidad de moiré con un perfil de intensidad de moiré de referencia se realiza mediante visualización.
- 35 7. El método de la reivindicación 6, donde la trama básica y la trama maestra se sitúan en dos áreas diferentes del mismo documento, permitiendo de este modo la visualización del perfil de intensidad de moiré a realizar mediante superposición de la trama básica y la trama maestra de dicho documento.
- 40 8. El método de la reivindicación 1, donde la trama básica se crea mediante un proceso para transferir una imagen a un soporte, seleccionándose dicho proceso entre la serie que comprende procesos litográficos, fotolitográficos, fotográficos, electrofotográficos, grabado, ataque químico, perforación, gofrado, chorro de tinta y sublimación de colorante.
- 45 9. El método de la reivindicación 1, donde la trama maestra se crea mediante un proceso para transferir una imagen a un soporte, seleccionándose dicho proceso entre la serie que comprende procesos litográficos, fotolitográficos, fotográficos, electrofotográficos, grabado, ataque químico, perforación, gofrado, chorro de tinta y sublimación de colorante.
- 50 10. El método de la reivindicación 1, donde al menos una trama seleccionada entre la serie que comprende la trama básica y la trama maestra contiene puntos diminutos.
11. El método de la reivindicación 1, donde al menos una trama seleccionada entre la serie que comprende la trama básica y la trama maestra es una trama de orificios.
- 55 12. El método de la reivindicación 1, donde al menos una trama seleccionada entre la serie que comprende la trama básica y la trama maestra se obtiene mediante perforación.
13. El método de la reivindicación 1, donde al menos una trama seleccionada entre la serie que comprende la trama básica y la trama maestra se obtiene mediante ataque químico.
- 60 14. El método de la reivindicación 1, donde la trama básica es una trama básica multicromática cuyos elementos individuales están coloreados, generando de este modo una imagen de moiré en color cuando la trama maestra se superpone sobre dicha trama básica.
- 65 15. El método de la reivindicación 1, donde la trama básica es una trama básica enmascarada, ofreciendo de este modo un medio de autenticación encubierto y haciendo la ingeniería de regresión de la trama básica del documento extremadamente difícil.

## ES 2 322 560 T3

16. El método de la reivindicación 1, donde al menos una trama seleccionada entre la serie que comprende las tramas básicas y la trama maestra incluye puntos cuyas formas varían gradualmente de acuerdo con su posición, generando de este modo en la superposición de tramas, perfiles de intensidad de moiré cuyas formas varían de acuerdo con su posición.

5

17. El método de la reivindicación 1, donde al menos una trama seleccionada entre la serie que comprende las tramas básicas y la trama maestra incluye puntos cuyos colores varían gradualmente de acuerdo con su posición, generando de este modo en la superposición de tramas perfiles de intensidad de moiré cuyos colores varían de acuerdo con su posición.

10

18. El método de la reivindicación 1, donde al menos una trama seleccionada entre la serie que comprende las tramas básicas y la trama maestra incluye puntos de formas que varían gradualmente y se incorpora en una imagen mediotonada de intensidad variable.

15

19. El método de la reivindicación 18, donde al menos una trama es una imagen mediotonada en color.

20. El método de la reivindicación 1, donde al menos una trama seleccionada entre la serie que comprende las tramas básicas y la trama maestra es una estructura de microlentes.

20

21. El método de la reivindicación 20, donde el documento que comprende la trama básica se imprime en un soporte opaco, permitiendo de este modo que el perfil de intensidad de moiré se produzca mediante reflexión.

25

22. El método de la reivindicación 20, donde la trama básica se sitúa en un soporte opaco, y donde la comparación del perfil de intensidad de moiré con un perfil de intensidad de moiré de referencia se realiza mediante visualización.

23. El método de la reivindicación 1, donde la trama aperiódica es una trama transformada geoméricamente.

30

24. El método de la reivindicación 1, donde el perfil de intensidad de moiré producido superponiendo la trama maestra y una trama básica es un perfil de intensidad de moiré periódico.

35

25. El método de la reivindicación 1, donde el perfil de intensidad de moiré producido superponiendo la trama maestra y una trama básica se desvía ligeramente de la periodicidad perfecta, teniendo de este modo una mayor tolerancia a no coincidencias angulares y de desplazamiento entre la trama maestra y la trama básica.

40

26. El método de la reivindicación 1, donde al menos una trama comprende frecuencias variables, y se imprime en el documento usando un color de tinta no convencional, haciendo de este modo imposible de reproducir fielmente los elementos de punto de trama usando una separación de colores cian, magenta, amarillo y negro convencional y, por lo tanto, falsificar el documento usando impresión en color convencional.

45

28. El método de la reivindicación 1, donde el documento es un producto de valor.

29. El método de la reivindicación 1, donde el documento es un envase de un producto de valor.

50

30. El método de la reivindicación 29, donde al menos una trama básica y al menos una trama maestra se sitúan en diferentes partes del envase del producto.

31. El método de la reivindicación 1, donde el documento se fija a un producto de valor.

55

32. El método de la reivindicación 31, donde al menos una trama básica y al menos una trama maestra se sitúan en diferentes partes del documento que se fija al producto de valor.

60

33. El método de la reivindicación 1, donde al menos una trama seleccionada entre la serie que comprende las tramas básicas y la trama maestra se sitúa en un producto de valor y donde al menos otra trama seleccionada entre la misma serie se sitúa en el envase del producto de valor.

65

34. Un aparato para la autenticación de documentos que utiliza al menos un perfil de intensidad de moiré, comprendiendo el aparato:

a) una trama maestra;

b) un medio de adquisición de imágenes dispuesto para adquirir un perfil de intensidad de moiré producido mediante la superposición de una trama básica situada en un documento y la trama maestra; y

## ES 2 322 560 T3

- c) un medio de comparación utilizable para comparar el perfil de intensidad de moiré adquirido con un perfil de intensidad de moiré de referencia,

5 donde al menos una trama seleccionada entre la serie que comprende las tramas básicas y la trama maestra es una trama aperiódica, que comprende frecuencias variables, con lo que se convierte ella misma además en una trampa de trama contra intentos de reproducir digitalmente el documento.

35. El aparato de la reivindicación 34, donde la trama aperiódica es una trama transformada geoméricamente.

10 36. El aparato de la reivindicación 34, donde el medio para comparar es un procesador de comparación que controla un dispositivo de manejo de documentos que acepta o rechaza respectivamente un documento a autenticar, de acuerdo con la comparación realizada por el procesador de comparación.

15 37. El aparato de la reivindicación 36, donde el procesador de comparación es un microordenador que comprende un procesador, memoria y puertos de entrada y salida y donde el medio de adquisición de imágenes es una cámara conectada a dicho microordenador.

38. El aparato de la reivindicación 34, donde la trama maestra es una estructura de microlentes.

20 39. Un dispositivo de seguridad para autenticación de documentos que comprende al menos una trama básica con al menos una forma de puntos de trama básica, que se sitúa en el documento, donde la autenticación del documento se realiza superponiendo una trama maestra con una forma de puntos de trama maestra y una trama básica, produciendo de este modo un perfil de intensidad de moiré y permitiendo la comparación de dicho perfil de intensidad de moiré con un perfil de intensidad de moiré de referencia y la aceptación o el rechazo del documento dependiendo del resultado de la comparación, donde al menos una trama seleccionada entre la serie que comprende las tramas básicas y la trama maestra es una trama aperiódica que comprende frecuencias variables, con lo que se convierte ella misma además en una trampa de trama contra intentos de reproducir digitalmente el documento.

25 40. El dispositivo de seguridad de la reivindicación 39, donde la trama básica es una trama básica multicromática cuyos elementos individuales están coloreados, generando de este modo una imagen de moiré en color cuando la trama maestra se superpone sobre dicha trama básica.

35 41. El dispositivo de seguridad de la reivindicación 39, donde al menos una trama seleccionada entre la serie que comprende las tramas básicas y la trama maestra incluye puntos cuyas formas varían gradualmente de acuerdo con su posición, generando de este modo en la superposición de tramas perfiles de intensidad de moiré cuyas formas varían de acuerdo con su posición.

40 42. El dispositivo de seguridad de la reivindicación 39, donde al menos una trama seleccionada entre la serie que comprende las tramas básicas y la trama maestra incluye puntos cuyos colores varían gradualmente de acuerdo con su posición, generando de este modo en la superposición de tramas perfiles de intensidad de moiré cuyos colores varían de acuerdo con su posición.

45 43. El dispositivo de seguridad de la reivindicación 39, donde al menos una trama seleccionada entre la serie que comprende las tramas básicas y la trama maestra incluye puntos de formas que varían gradualmente y se incorpora en una imagen mediotonada de intensidad variable.

44. El dispositivo de seguridad de la reivindicación 43, donde al menos una trama es una imagen mediotonada en color.

50 45. El dispositivo de seguridad de la reivindicación 39, donde al menos una trama seleccionada entre la serie que comprende las tramas básicas y la trama maestra se obtiene mediante perforación.

46. El dispositivo de seguridad de la reivindicación 39, donde al menos una trama seleccionada entre la serie que comprende las tramas básicas y la trama maestra se obtiene mediante ataque químico.

55 47. El dispositivo de seguridad de la reivindicación 39, donde el documento es un producto de valor.

48. El dispositivo de seguridad de la reivindicación 39, donde el documento es un envase de un producto de valor.

60 49. El dispositivo de seguridad de la reivindicación 39, donde el documento se fija a un producto de valor.

50. El dispositivo de seguridad de la reivindicación 39, donde al menos una trama seleccionada entre la serie que comprende las tramas básicas y la trama maestra se sitúa en un producto de valor, y donde al menos otra trama seleccionada entre la misma serie se sitúa en el envase del producto de valor.

65 51. Un documento de seguridad protegido por el dispositivo de seguridad de la reivindicación 39.

52. El documento de seguridad de la reivindicación 51, donde dicho documento de seguridad es un disco óptico.

## ES 2 322 560 T3

53. El documento de seguridad de la reivindicación 51, donde dicho documento de seguridad es un envase de un producto de valor.

5 54. El dispositivo de seguridad de la reivindicación 39, donde la trama básica se crea mediante un proceso de gofrado y al trama maestra se selecciona entre la serie que comprende tramas de orificios, tramas que contienen puntos diminutos y estructuras de microlentes.

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

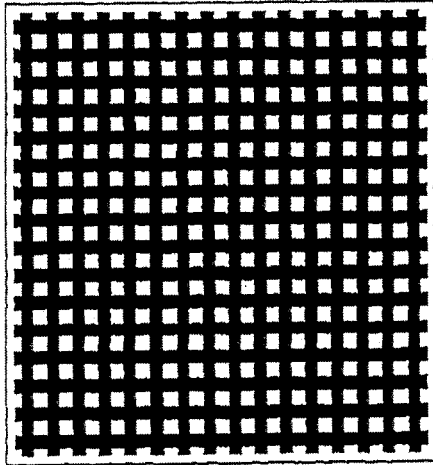


FIG. 1

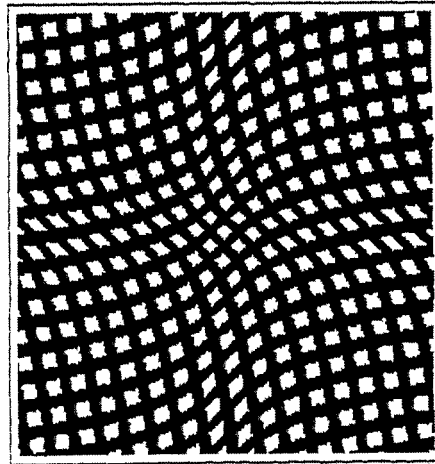


FIG. 2

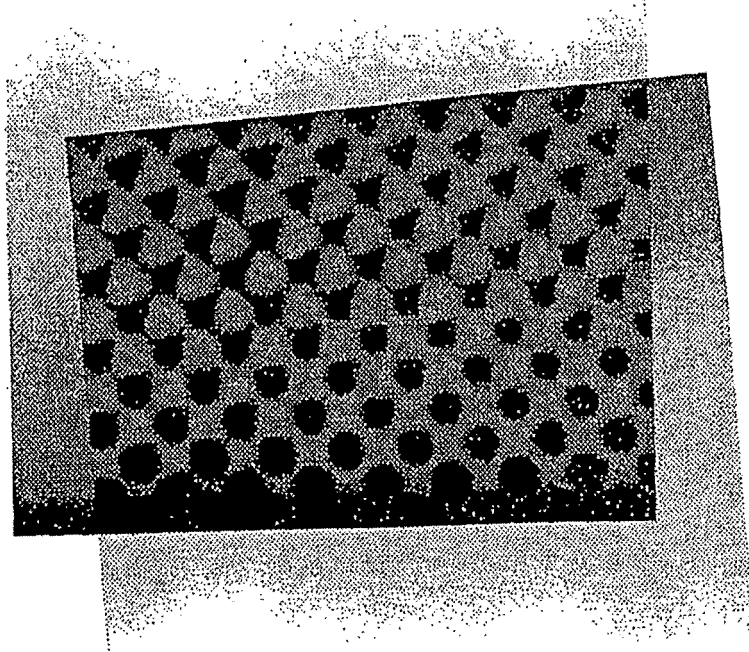


FIG. 3

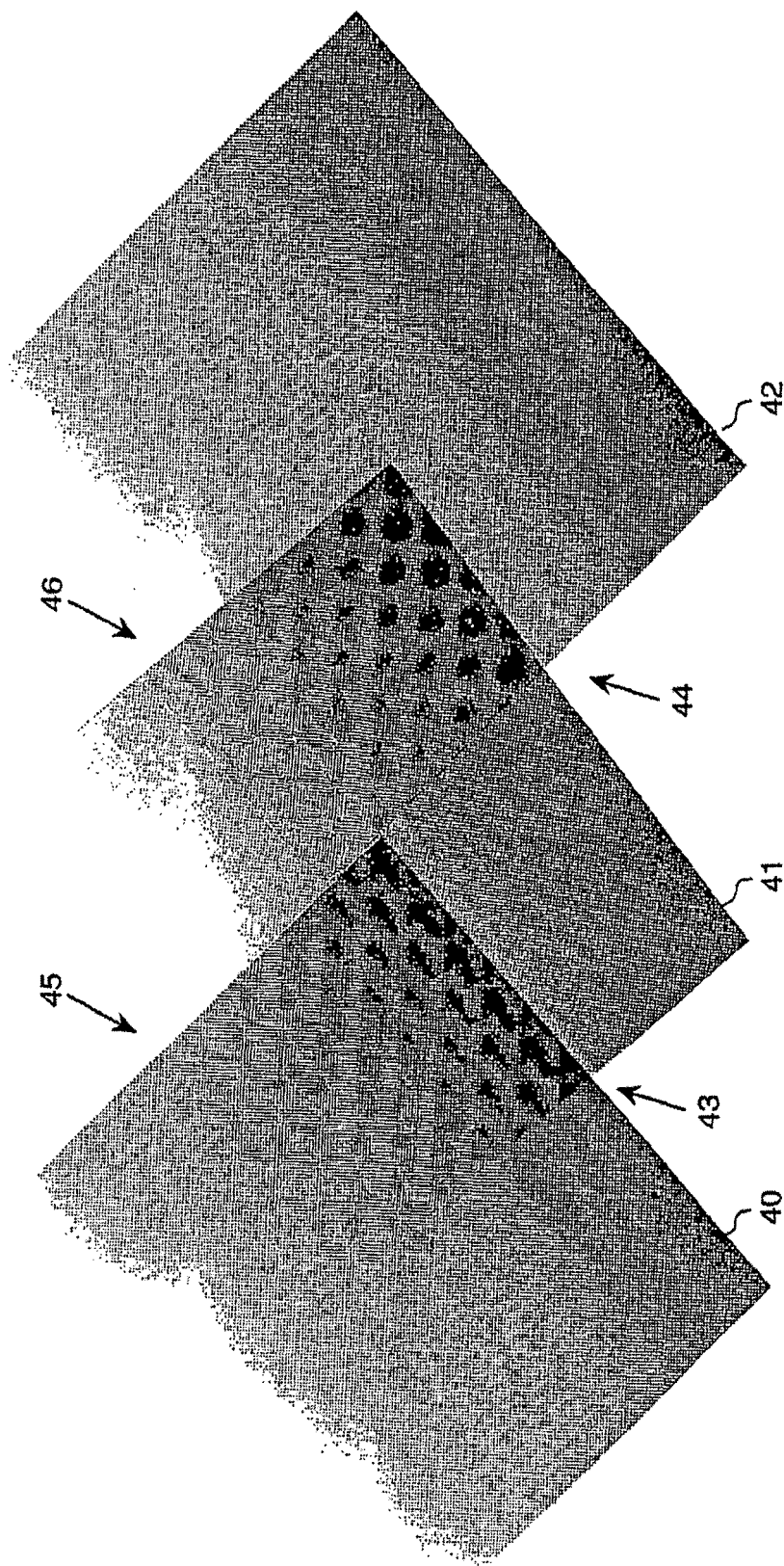
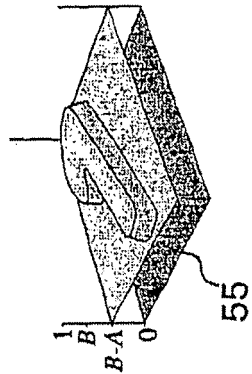
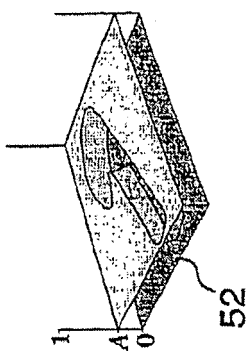


FIG. 4



=

=

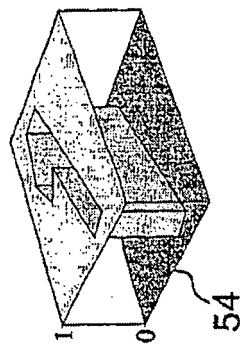
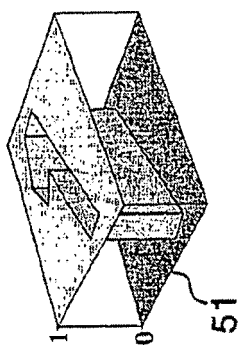
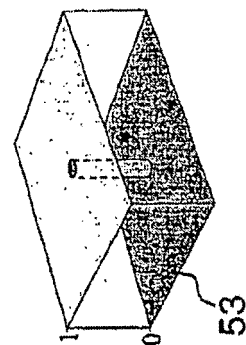
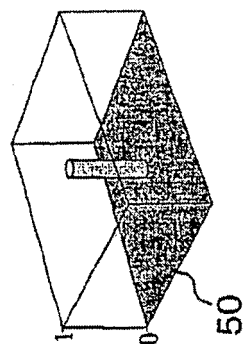


FIG. 5A

FIG. 5B

\*\*

\*\*



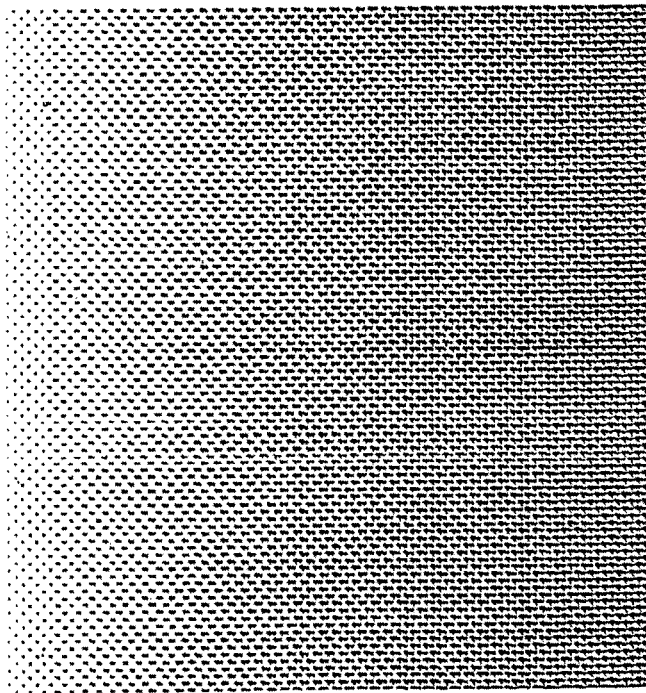


FIG. 6

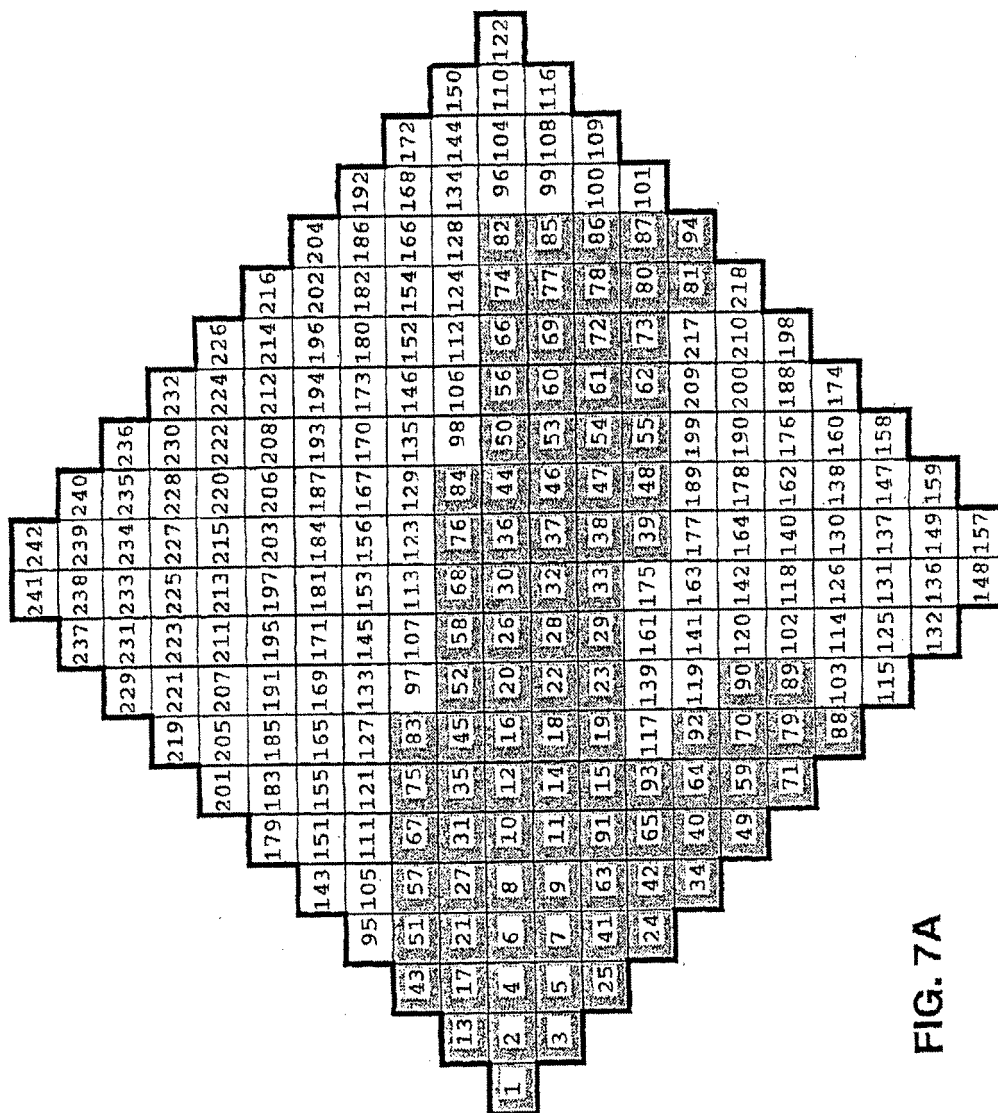


FIG. 7A

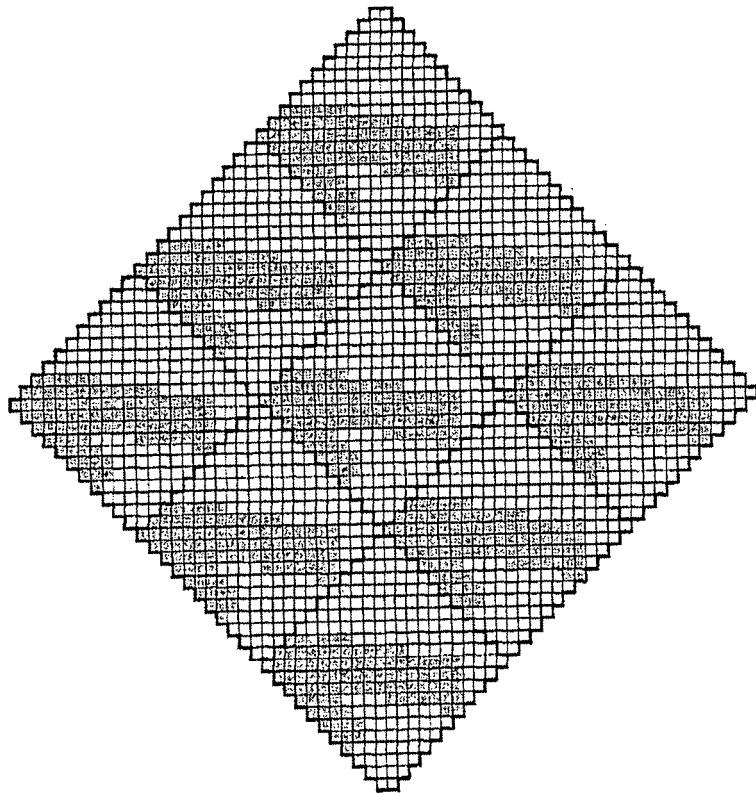
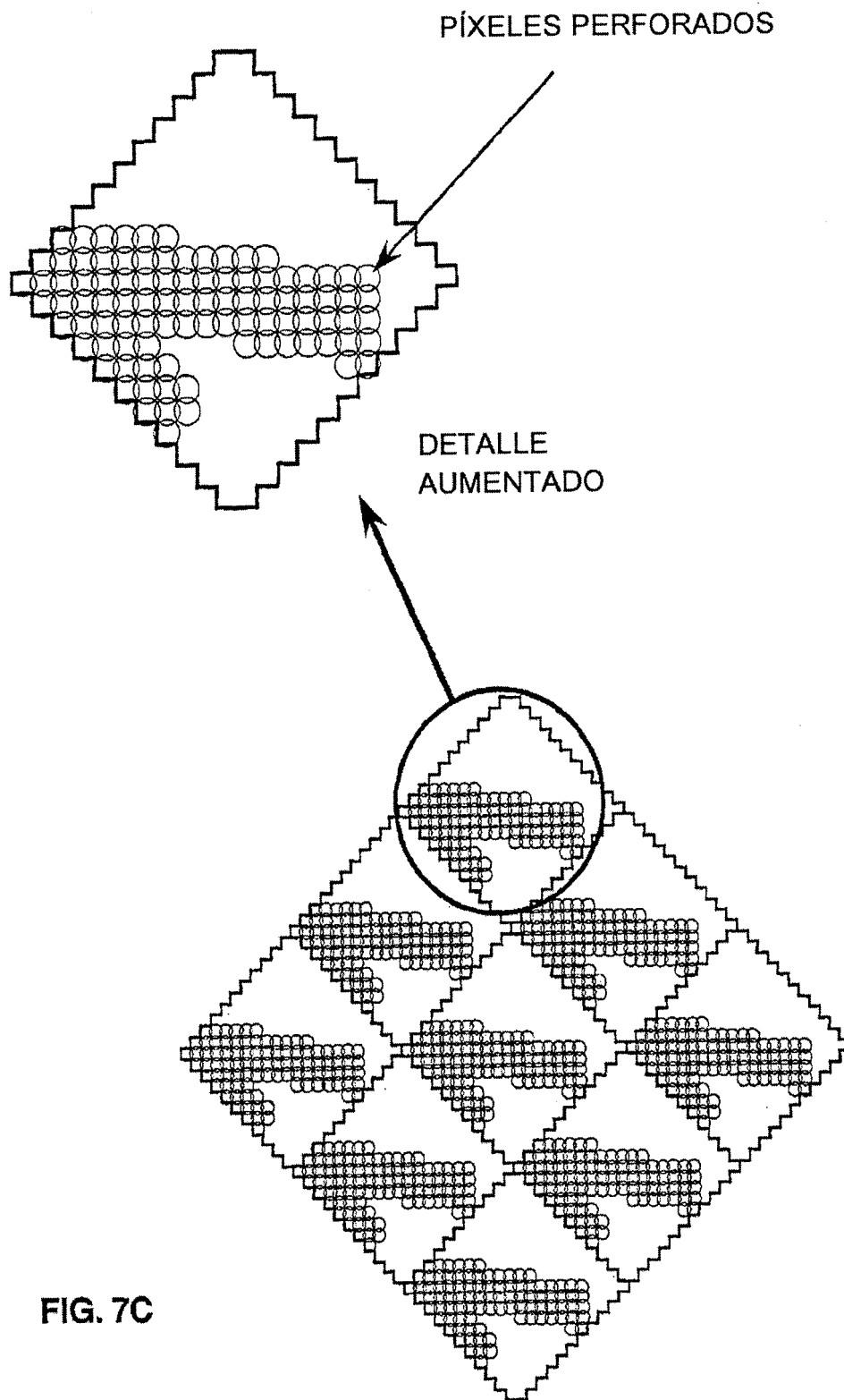
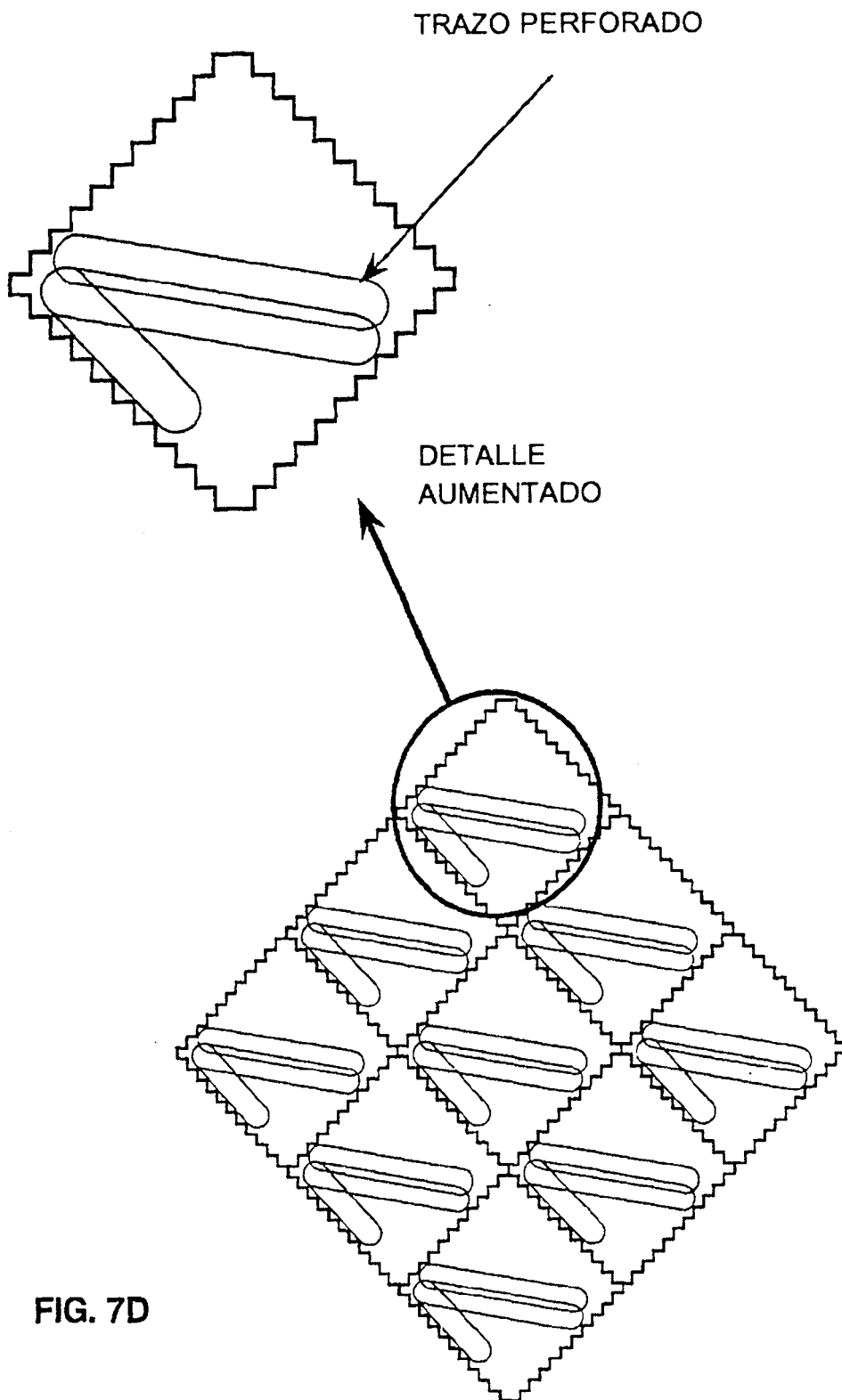


FIG. 7B





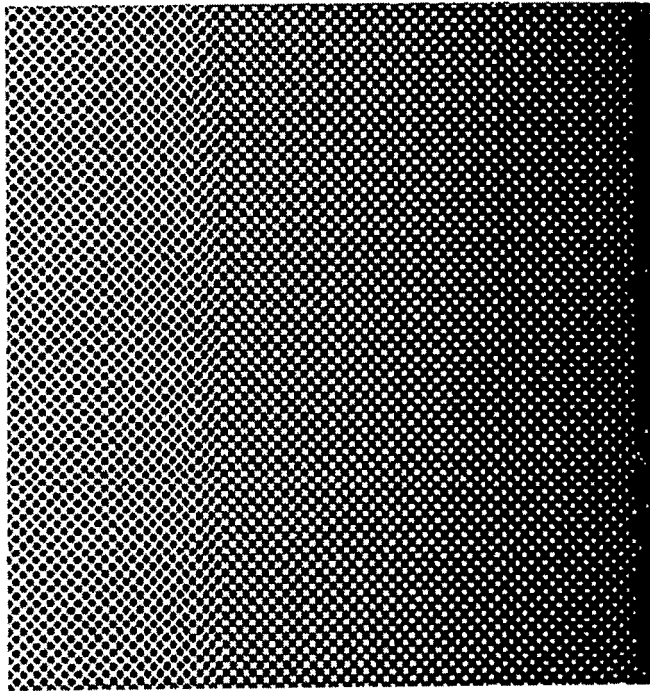


FIG. 8

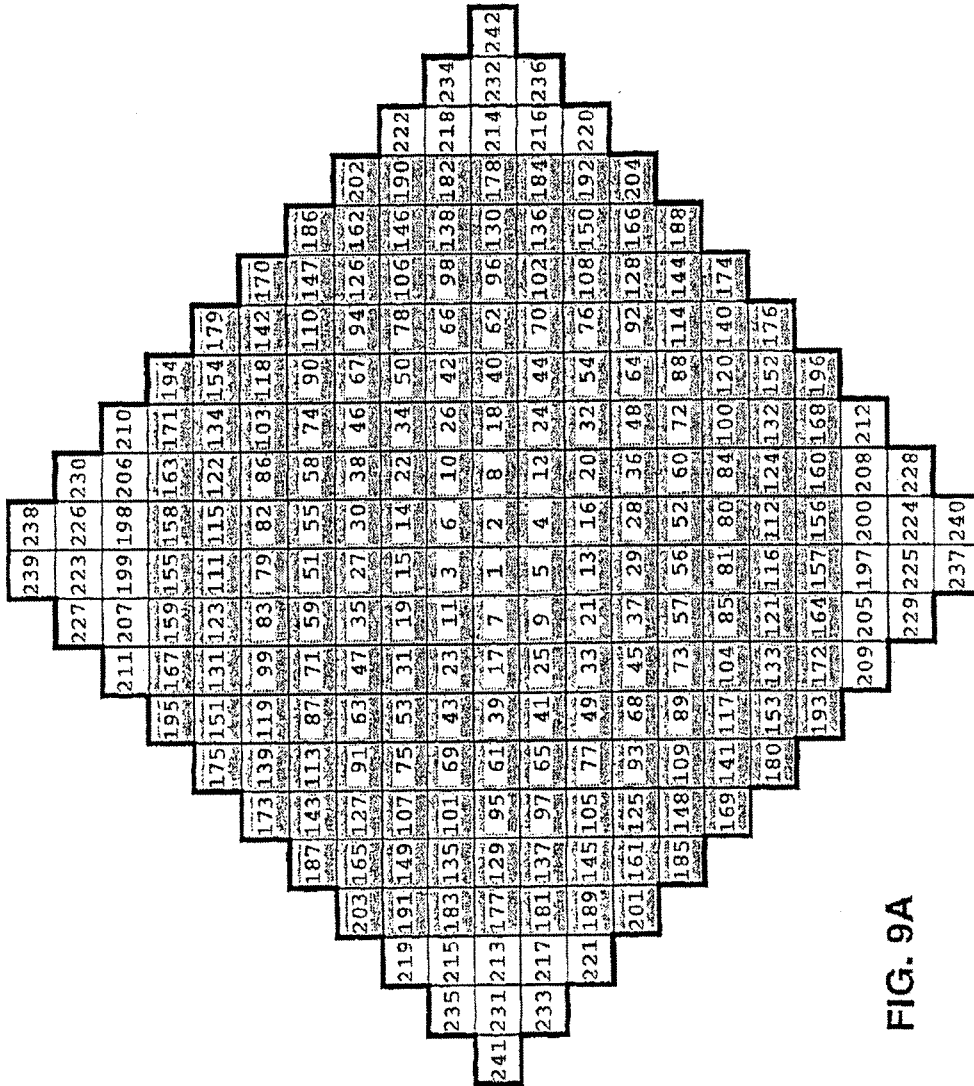


FIG. 9A

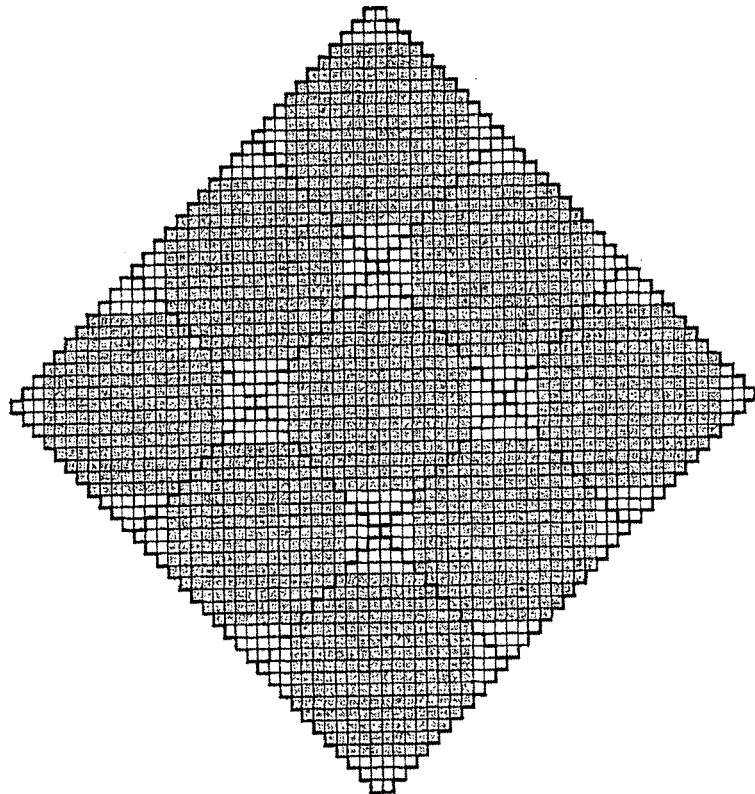


FIG. 9B

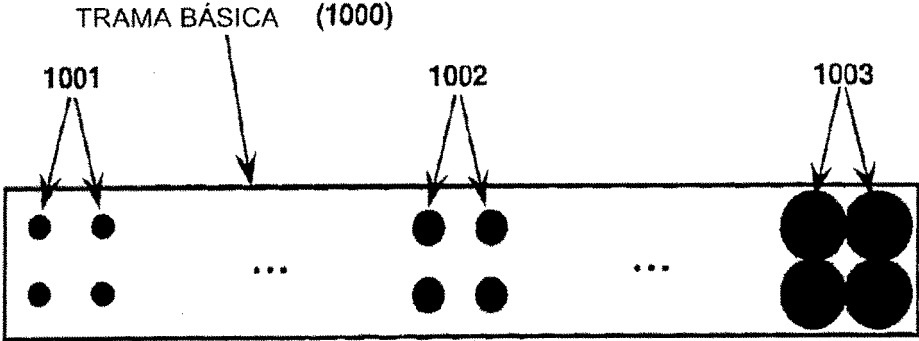


FIG. 10A

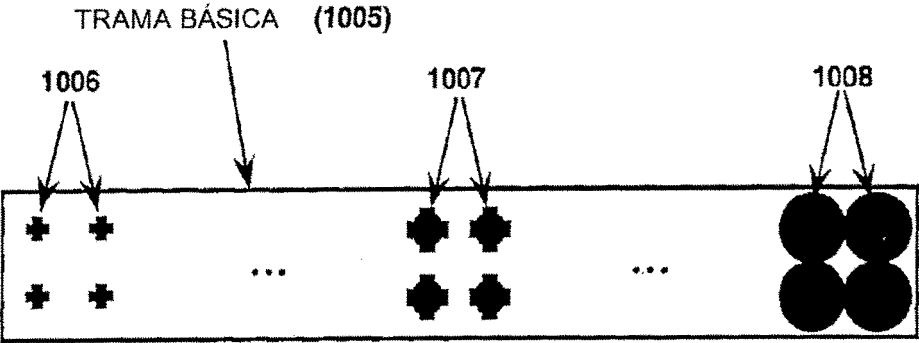


FIG. 10B

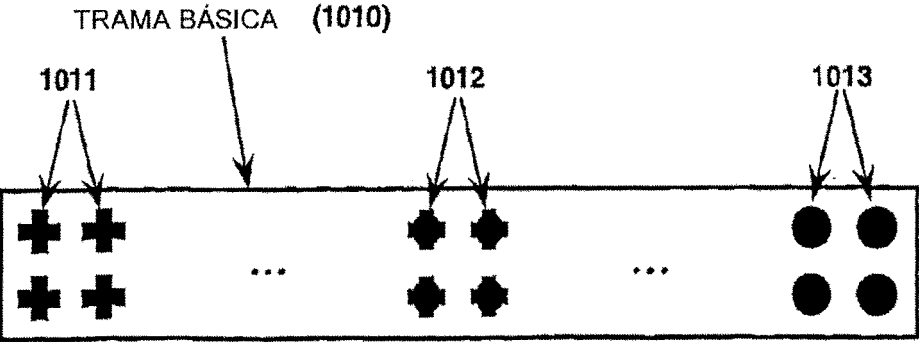
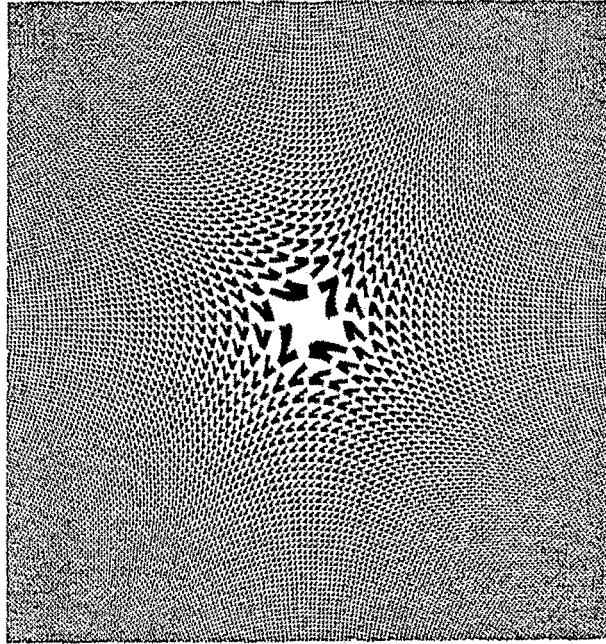
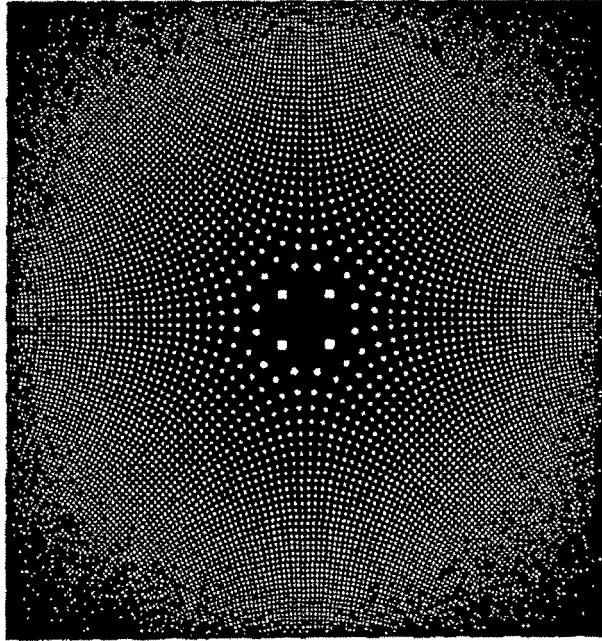


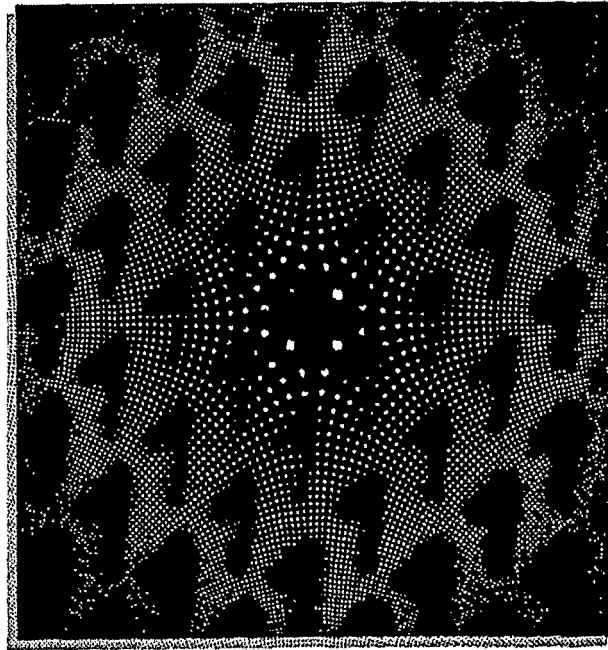
FIG. 10C



**FIG. 11A**



**FIG. 11B**



**FIG. 11C**

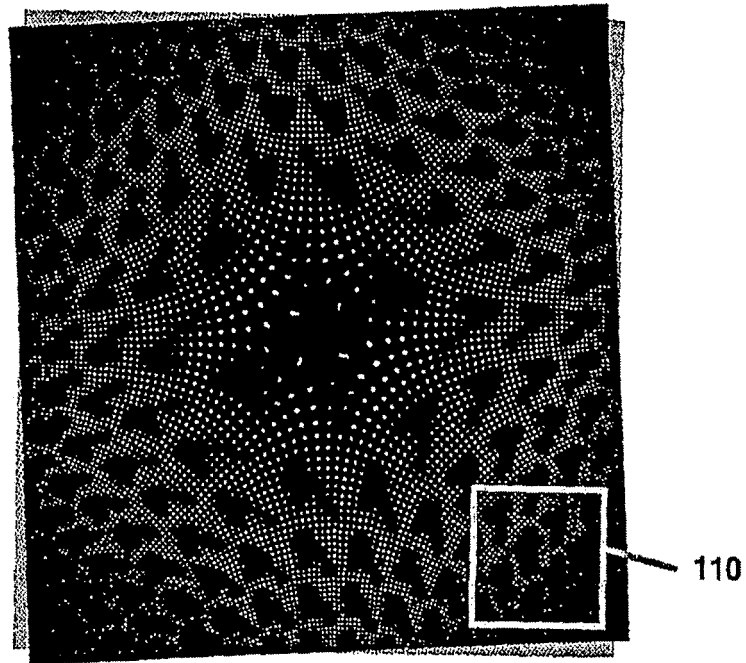
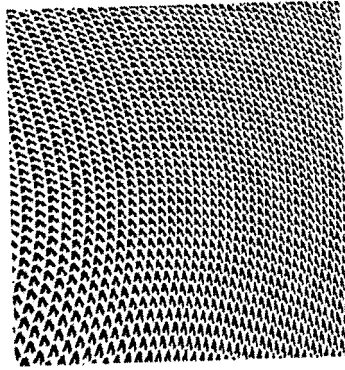
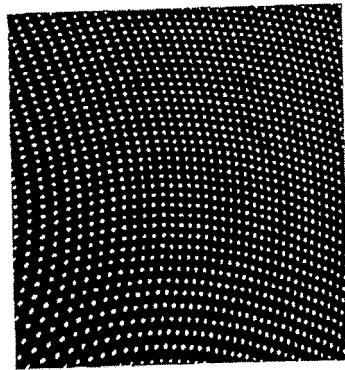


FIG. 11D



**FIG. 12A**



**FIG. 12B**

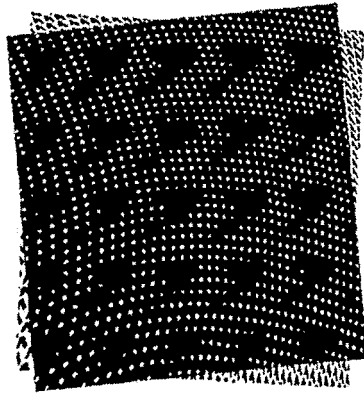


FIG. 12C

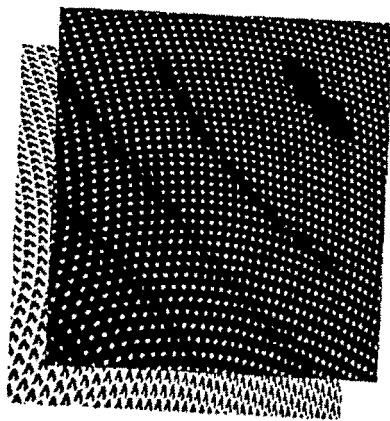
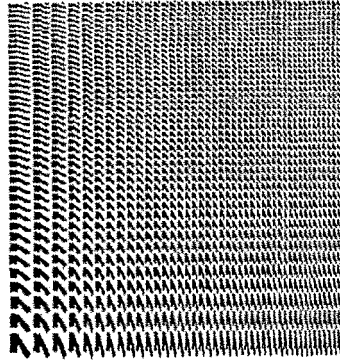
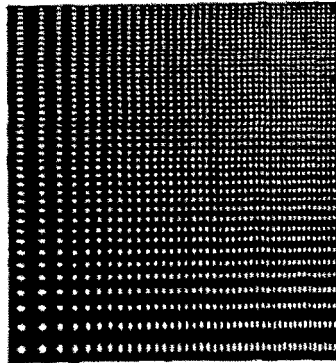


FIG. 12D



**FIG. 13A**



**FIG. 13B**

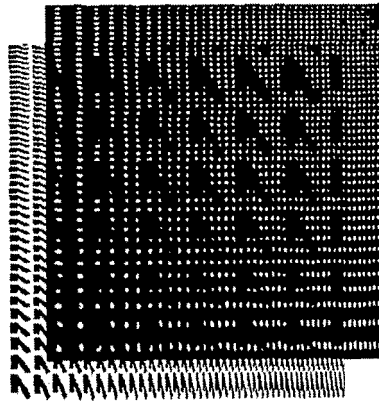


FIG. 13C

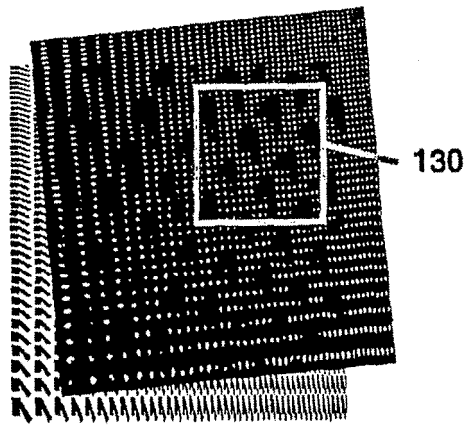
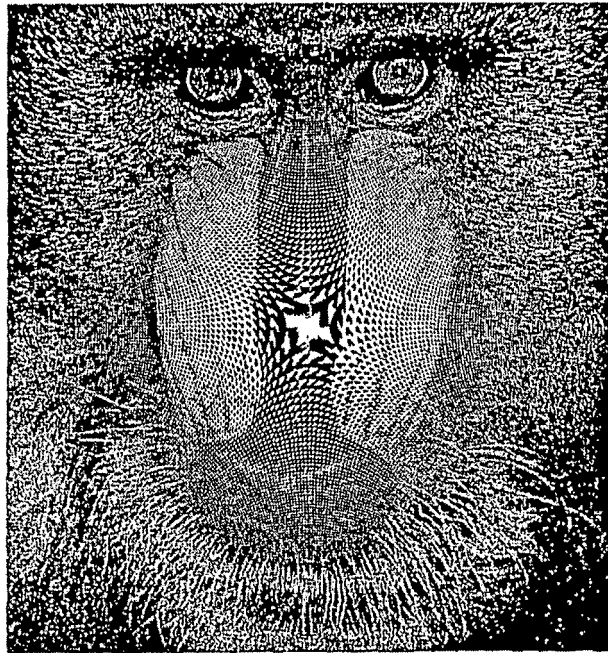


FIG. 13D



**FIG. 14**

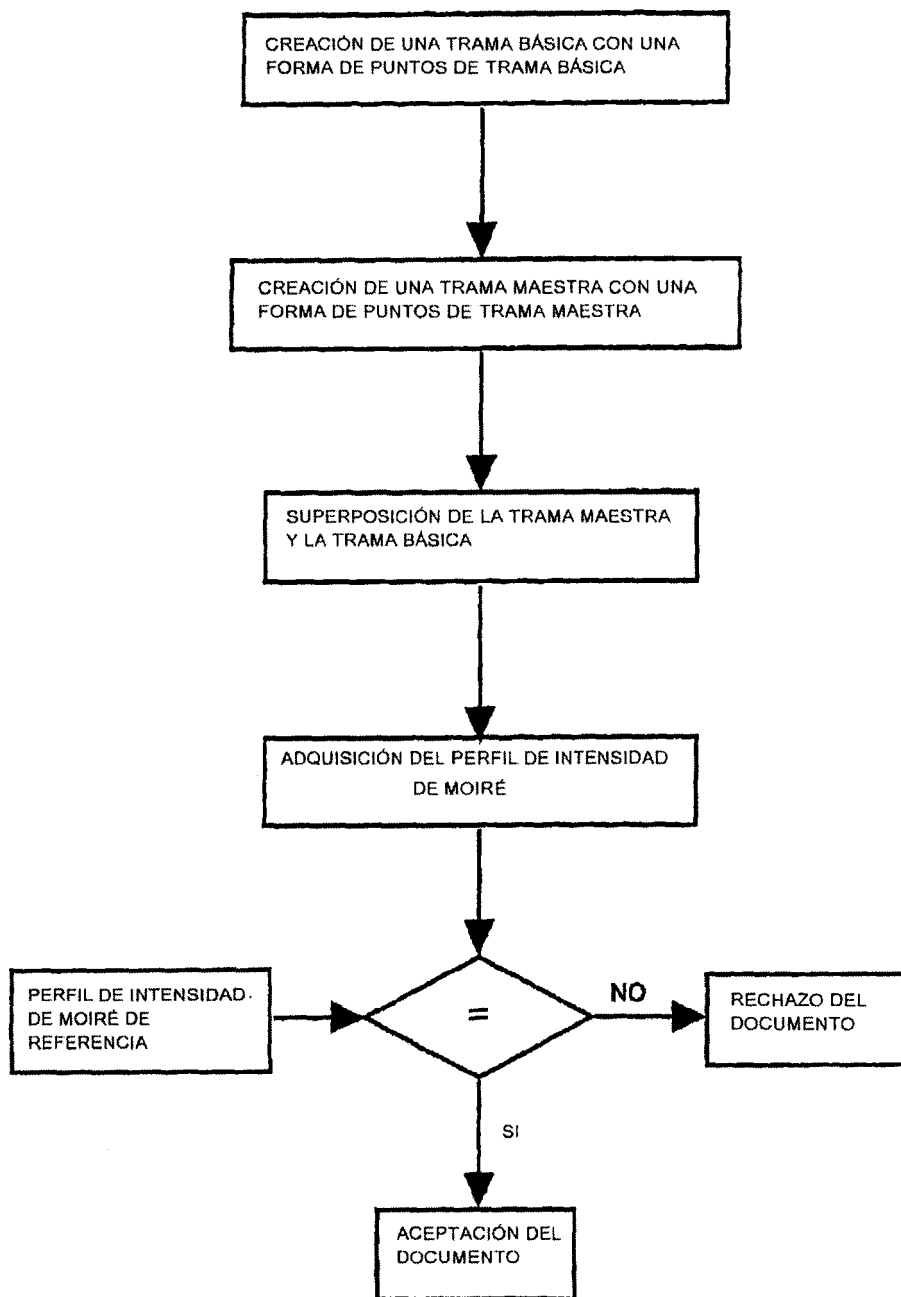


FIG. 15

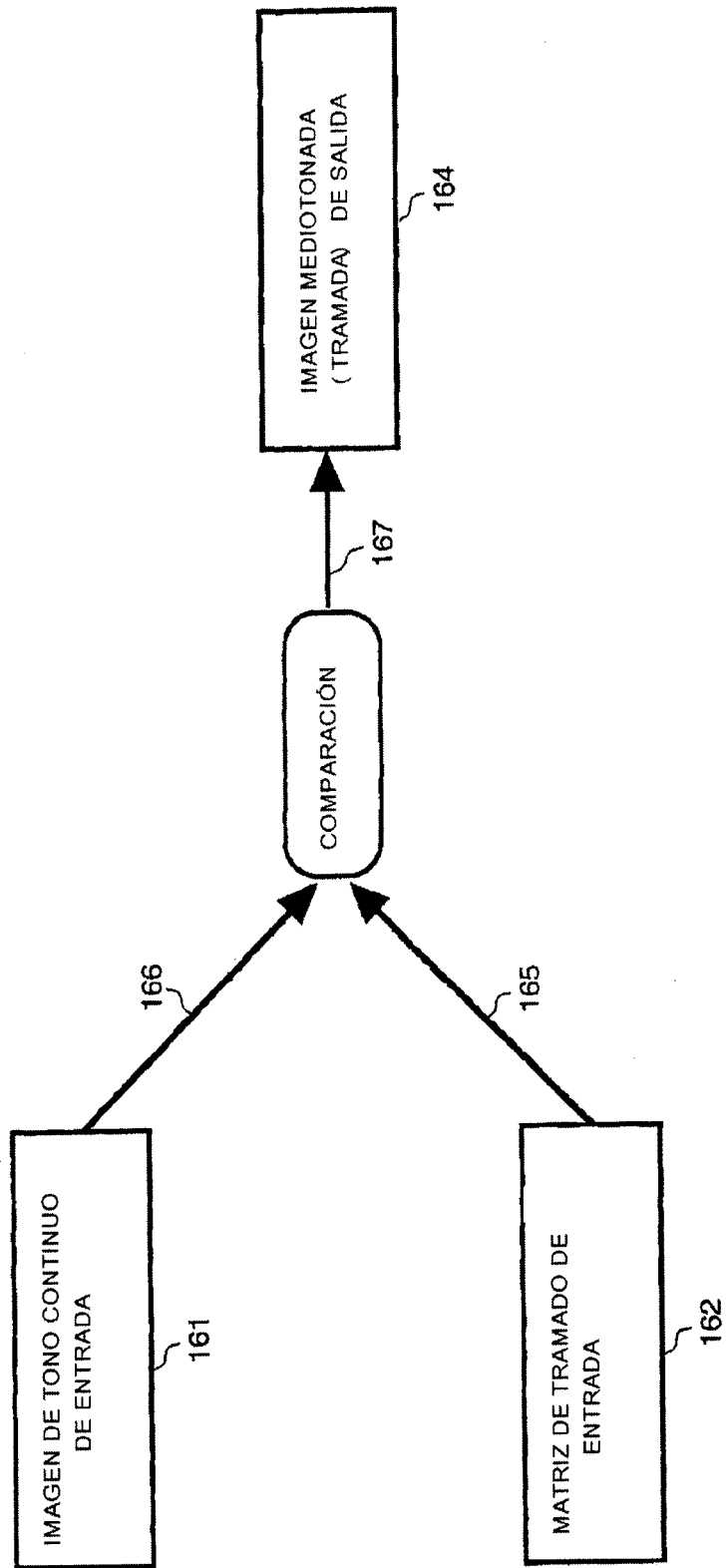


FIG. 16A

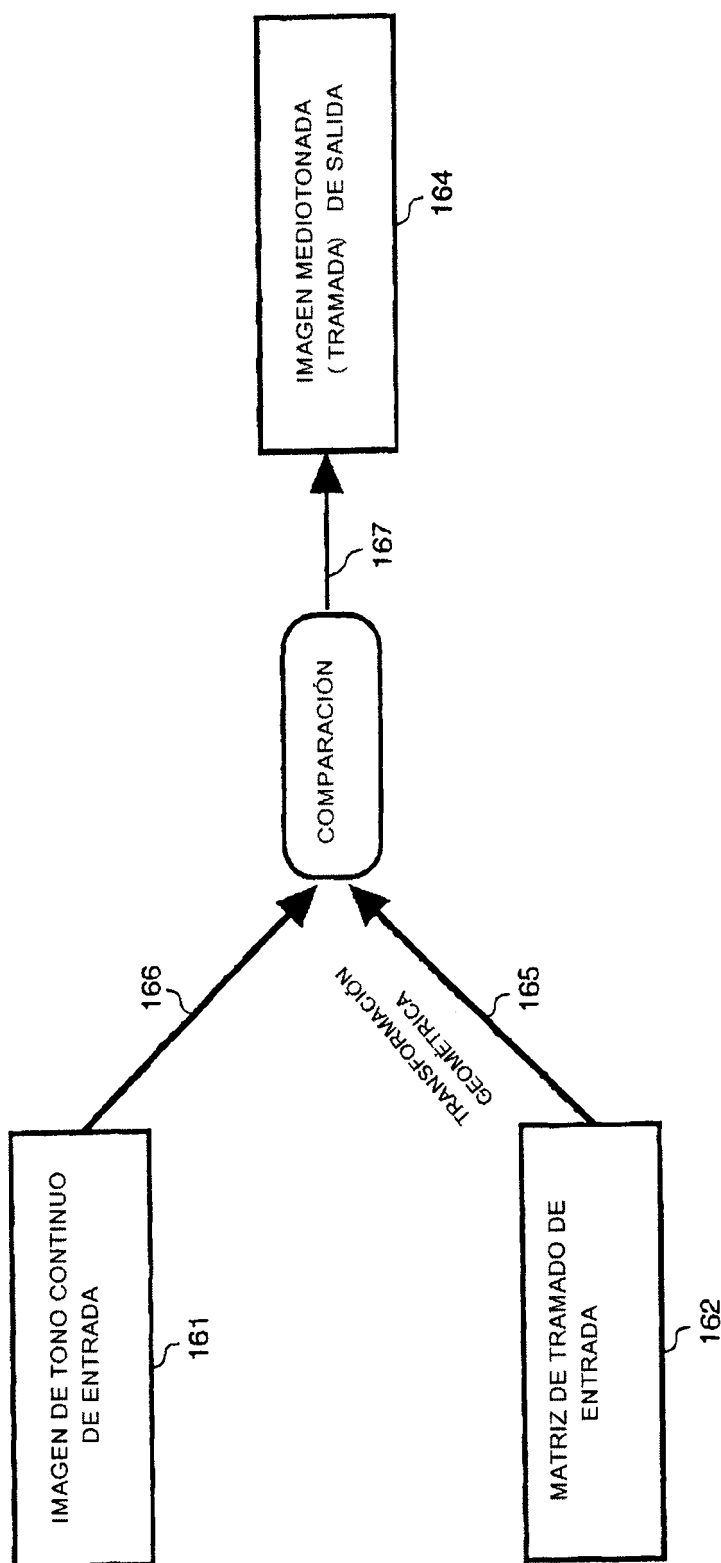


FIG. 16B

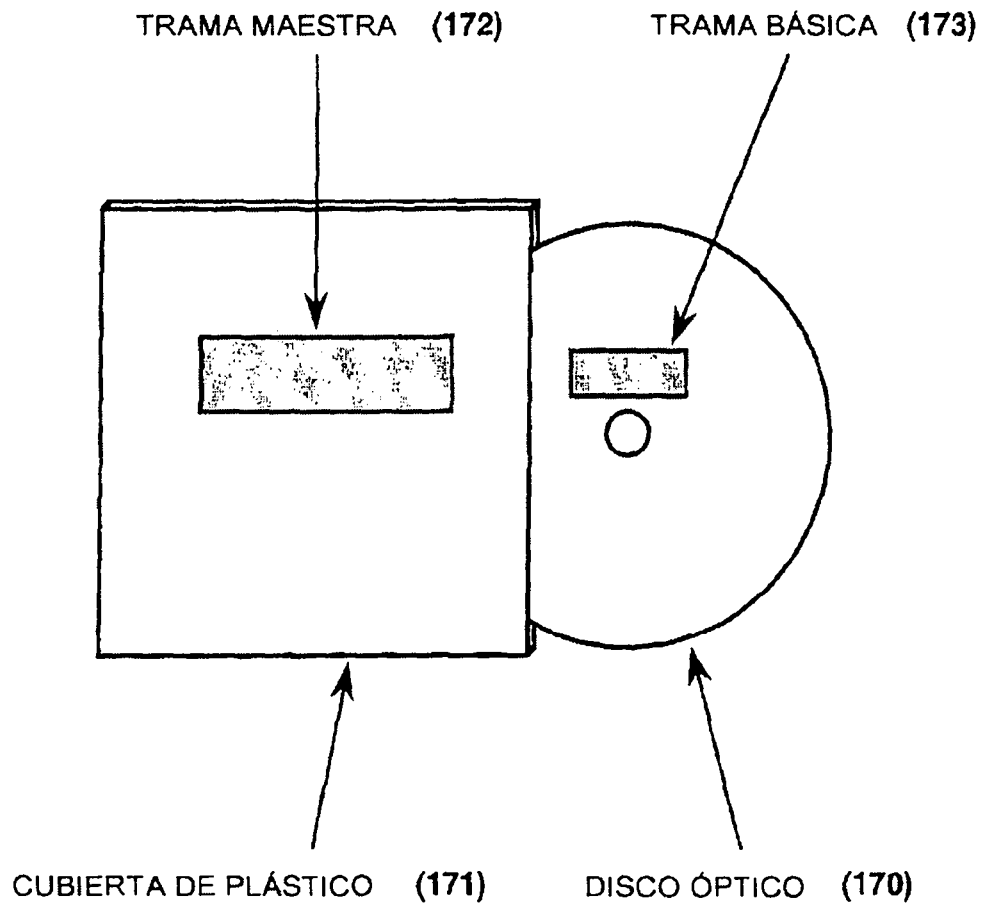


FIG. 17

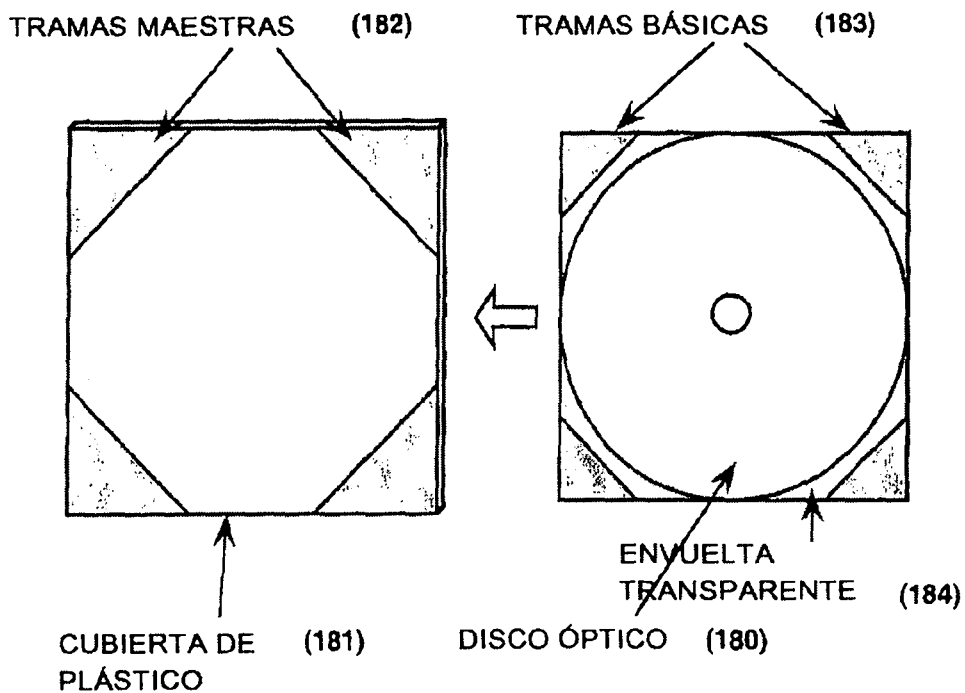


FIG. 18A

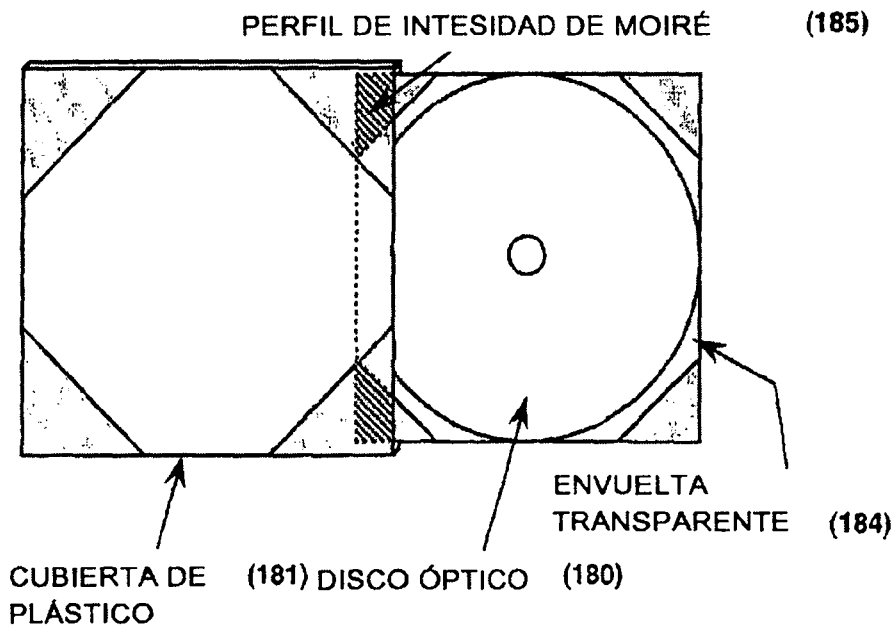


FIG. 18B

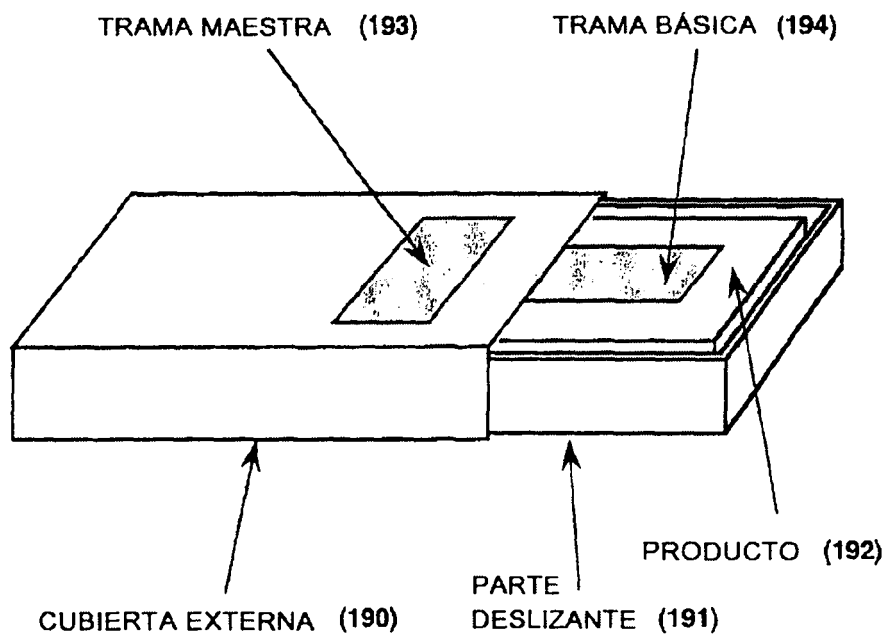


FIG. 19A

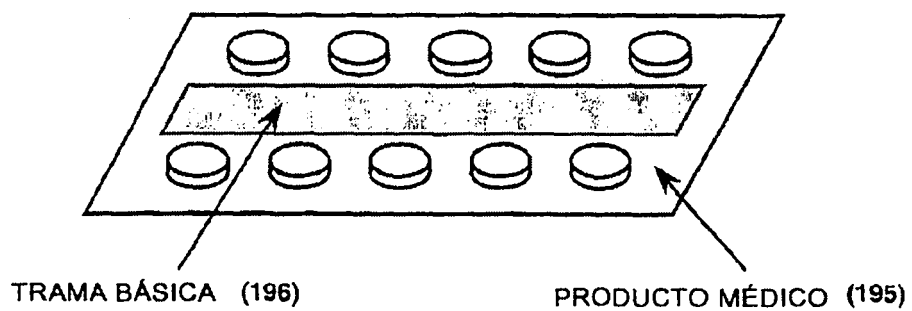
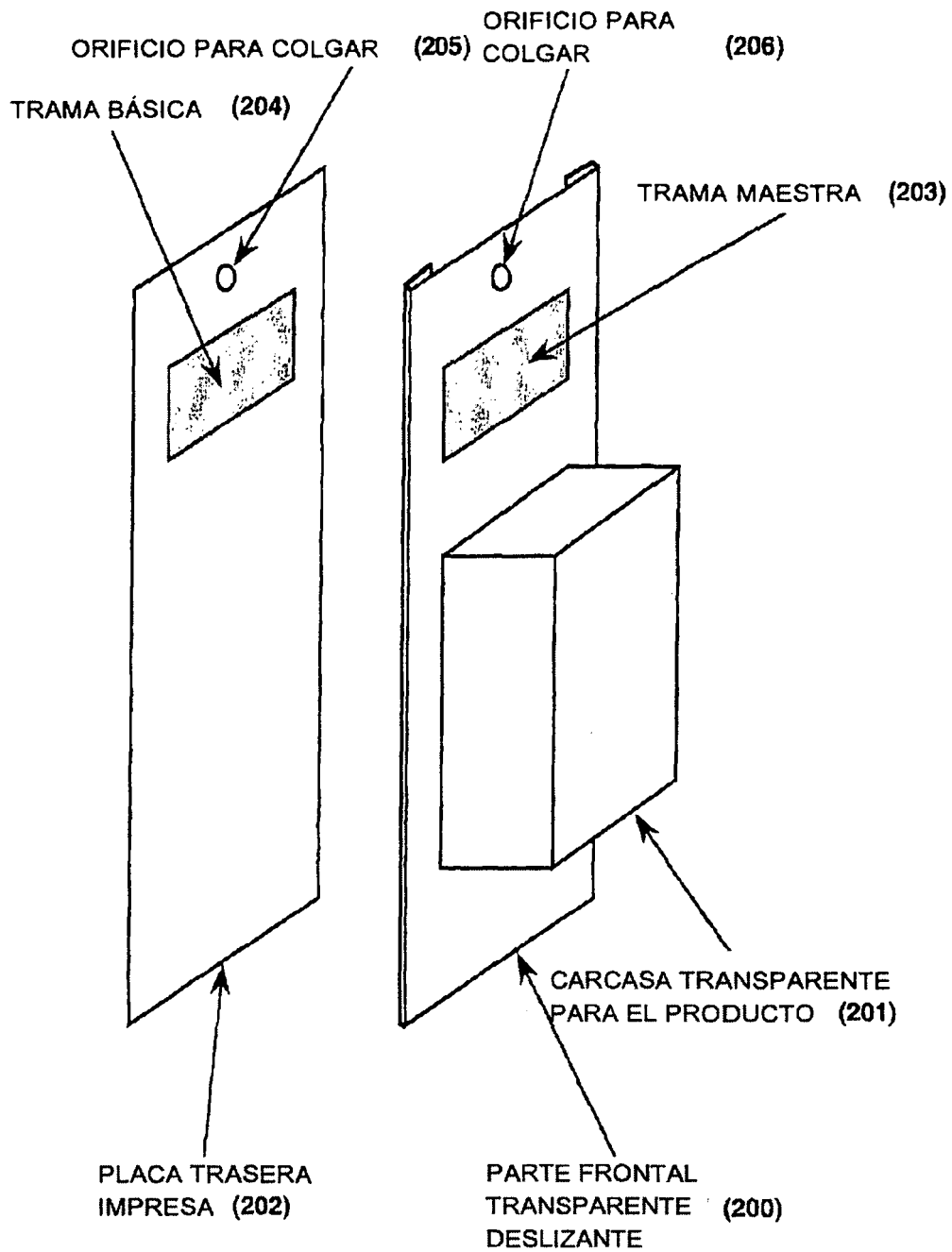
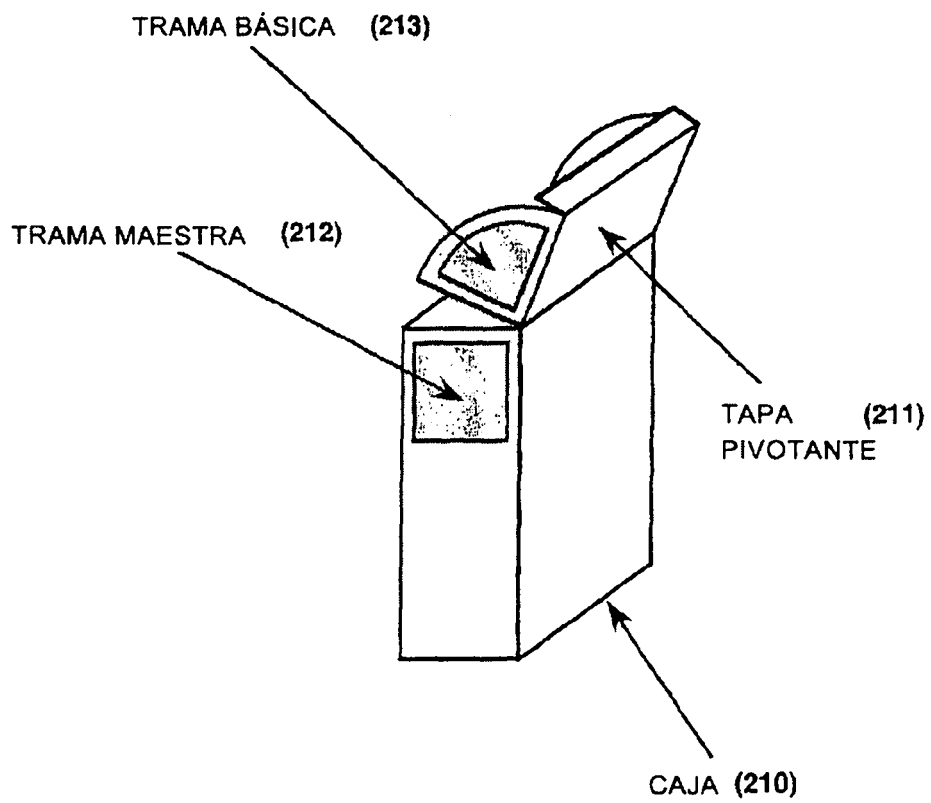


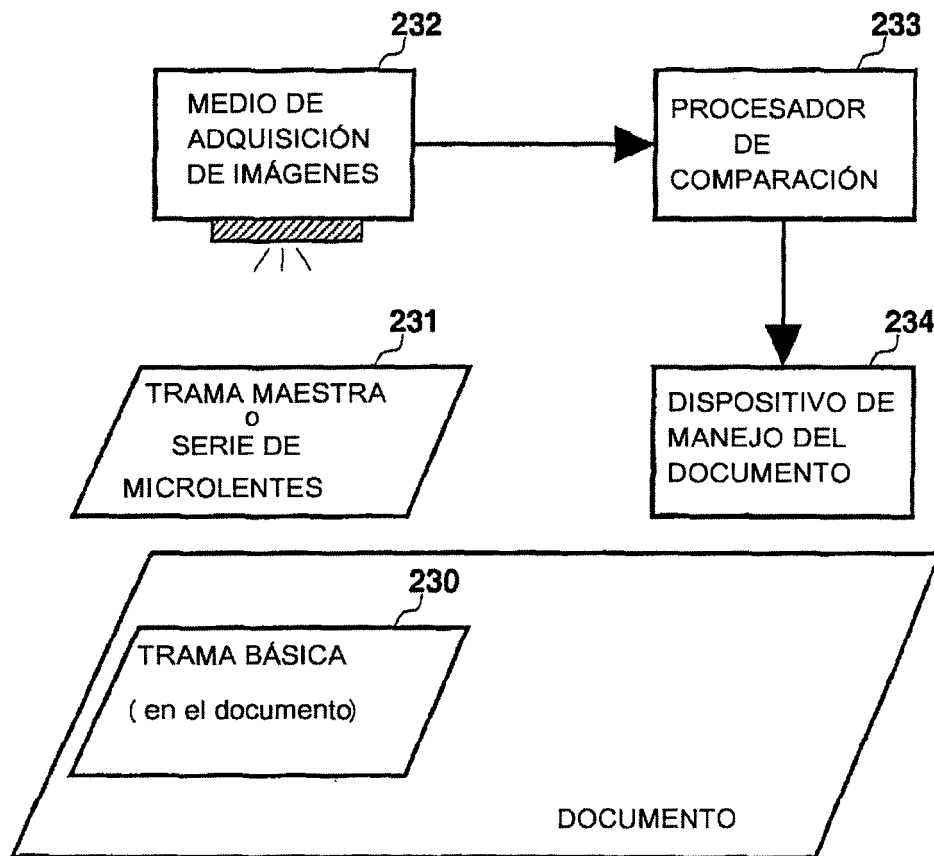
FIG. 19B





**FIG. 21**





**FIG. 23**