



(19)



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

(11) Número de publicación: **2 301 067**

(51) Int. Cl.:
G06T 1/00 (2006.01)

(12)

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

(86) Número de solicitud europea: **05796937 .0**

(86) Fecha de presentación : **12.10.2005**

(87) Número de publicación de la solicitud: **1714246**

(87) Fecha de publicación de la solicitud: **25.10.2006**

(54) Título: **Billetes de banco con imagen de seguridad impresa que puede ser detectada con procesamiento de señales unidimensional.**

(30) Prioridad: **15.02.2005 EP 05101116**

(45) Fecha de publicación de la mención BOPI:
16.06.2008

(45) Fecha de la publicación del folleto de la patente:
16.06.2008

(73) Titular/es: **European Central Bank
Kaiserstrasse 29
60311 Frankfurt am Main, DE**

(72) Inventor/es: **Jordan, Frédéric;
Kutter, Martin;
Rudaz, Nicolas;
Gilles, Jean-Claude y
Durant, Pierre**

(74) Agente: **Tomás Gil, Tesifonte Enrique**

ES 2 301 067 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín europeo de patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Billetes de banco con imagen de seguridad impresa que puede ser detectada con procesamiento de señales unidimensional.

Se han desarrollado muchas soluciones en el pasado para permitir una detección fácil de documentos falsificados. Un enfoque diferente, y más directo, es impedir realmente la operación de falsificación. En este caso, el documento porta una característica de seguridad, que es detectable por el hardware/software usado para falsificar, y desencadena una acción tal como la detención del proceso de copia o de escaneado. Las soluciones existentes se basan en características visibles ópticamente o elementos invisibles que usan artículos de consumo especiales o métodos de procesamiento de señales digitales. Cuando nos centramos en características que no requieren artículos de consumo especiales, tales como tintas de seguridad, las soluciones visibles carecen de robustez contra las soluciones de falsificadores y las soluciones invisibles ponen ciertas limitaciones sobre la potencia computacional y la memoria usadas por el detector. Se debería señalar que en ambos casos la detección de características se basa normalmente y que una adquisición de imagen digital está seguida de un método de procesamiento de señales para detectar digitalmente la característica de seguridad. Como consecuencia, los detectores para soluciones invisibles no pueden ser implementados directamente en hardware de falsificación usado frecuentemente con capacidades computacionales bajas (p. ej., impresoras, escáneres, monitores, cámaras digitales, etc.), sino que deben ser introducidos en software al nivel del ordenador. La presente invención describe una manera de evitar esta limitación usando una combinación especial de detección/patrón que permite la detección de las características visibles e invisibles y de poca complejidad.

Diferentes técnicas usadas para la protección de documentos valiosos contra duplicación ilegal usan variaciones pequeñas, localizadas de la apariencia visual de los documentos protegidos. Estas variaciones pueden adoptar la forma de un patrón legible por humanos (microtexto, puntos de pantalla evolucionaria [US 6,198,545], patrones *moiré* [US 5,995,638], diferencias de color de microestructura [EP 1073257A1]), o pueden ser implementadas usando patrones invisibles, pero legibles por ordenador (Criptográfico WO01/00560, WO03/04178). En cualquier caso, la autenticación de un documento protegido por estos métodos requiere el acceso a un área digitalizada considerablemente grande del documento en algún momento o en todo momento durante el proceso de autenticación. En el procesamiento de señales digitales, esto es traducido en la realización de una computación sobre una matriz en 2D (bidimensional) compuesta de valores de pixel de la imagen adquirida.

Este requisito presenta dos problemas. Un primer problema surge con la autenticación de un documento en el caso en el que una superficie de documento mínima no está disponible en su totalidad en algún momento durante el proceso de autenticación. Esto es por ejemplo del caso para documentos que son transmitidos digitalmente a través de una línea en serie o un sistema de bus, por ejemplo, transmisión de documento de un escáner a un ordenador, de una cámara fotográfica a un ordenador, de un ordenador a una impresora, entre dos ordenadores o entre un ordenador y un teléfono móvil.

Un segundo problema surge cuando la autenticación de documentos tiene que ser realizada por dispositivos que tengan memoria sólo pequeña o una potencia de procesamiento baja. Cuando el tamaño del documento aumenta de forma lineal, la memoria y el tiempo requeridos para procesar el documento aumentan de forma geométrica. En consecuencia, la autenticación de documentos de seguridad usados en el día a día, por ejemplo, billetes, billetes de avión o tarjetas de identidad, es un gran problema para dispositivos tales como escáneres, impresoras, cámaras digitales y teléfonos móviles.

Se hace referencia a un enfoque importante para la introducción de señales invisibles en la literatura como “filigrana digital”. Digimarc describe diferentes enfoques especialmente adecuados para billetes de banco en las patentes US6771796, US6754377, US6567534, US6449377. Estos enfoques se basan en modificaciones realizadas a un nivel microscópico (es decir, 40 μm . o menos, correspondientes a aproximadamente resolución de 600 ppp). Estas modificaciones son hechas de manera que pueden ser detectadas a un nivel macroscópico (es decir, usando resolución de escaneado de 100 ppp), pero son generalmente invisibles para el ojo desnudo (Digimarc también describe algunas técnicas que dan como resultado alteraciones visibles en US6674886 y US6345104). La detección de la filigrana digital y descodificación de los datos introducidos son realizadas usando combinaciones de algoritmos de procesamiento de imágenes que pueden ser encontrados en la literatura de la filigrana digital. Algunos de estos algoritmos incluyen en particular modelos de referencia en el dominio de Fourier (para registro de transformada afín), intercorrelación en el dominio espacial (para registro contra desplazamiento de la imagen) y correlación para descodificar la señal. Se debería subrayar que la parte más desafiante del proceso de detección suele ser definir un proceso que sea firme contra transformaciones geométricas al igual que alcanzando rendimiento de fiabilidad de satisfactoria. En algunos casos, se usa una técnica llamada “filigrana digital frágil”. Con esta técnica, la señal introducida desaparece cuando se realiza una copia del documento protegido. Esto permite distinguir entre documentos originales y copias. Un ejemplo de tal enfoque es descrito en WO2004/051917. Otros enfoques permiten la inserción de datos en imágenes de medio tono. Muchas soluciones se basan en un proceso óptico, análogo para revelar los datos. No obstante, algunas soluciones se basan también en el procesamiento digital. En este caso, la técnica común es modificar ligeramente la matriz umbral para insertar alguna información. Básicamente, cualquier imagen de medio tono producida usando esta matriz y la imagen de nivel gris original porta la señal. Una solución es descrita en US 6,760,464 (y US 6,694,041) y otro enfoque está también presentado en US6,723,121, cada una con una técnica de filigrana diferente. Un enfoque más genérico que no especifica una técnica de filigrana digital particular se describe en US6,775,394. Algunos enfoques no usan la técnica de filigrana digital (en el sentido de esteganografía robusta), como en la patente US6,839,450, donde los

autores describen un método de detección de datos insertados en imágenes de medio tono usando filtro adaptado. Es posible mejorar notablemente el rendimiento de inserción en imágenes de medio tono usando versión modificada esquema de medio tono más sofisticado. Por ejemplo, US2003021437 da una descripción de una generación de una matriz de oscilación de pequeña amplitud (*dither matrix*) producida a partir de un mapa de bits usando operaciones morfológicas. La matriz de oscilación de pequeña amplitud es entonces usada para producir imágenes de medio tono, las cuales pueden ser usadas en impresión de seguridad. La inserción de una señal en un medio digital o imprimirla en un documento y detectarla más tarde ha sido abordada de manera extensa en patentes más antiguas. Desde un punto de vista técnico, las principales cuestiones a resolver son el diseño de señales, la inserción de señales y la detección de señales. Aquí, la señal puede ser una modificación aplicada a una imagen existente o la generación de una señal independiente y su impresión sobre un documento existente superponiéndola a una imagen digital. El diseño de señales es dirigido en gran medida por el comportamiento de funcionamiento del detector. Es deseable que el detector pueda detectar o recuperar la señal insertada independientemente de transformaciones geométricas posibles aplicadas a los medios protegidos. Para resolver este desafío, es estado de la técnica en tecnologías de marcado digital incluir características clave adicionales en el dominio espacial o incluso de las frecuencias que más tarde permiten la identificación de la transformación geométrica y su inversión (por ejemplo, la patente US6,408,082, US6,704,869 y US6,424,725 describen enfoques donde un polar logarítmico en el dominio de transformación es usado para computar la transformación geométrica). Un enfoque diferente se basa en el diseño y de inserción de una señal autosimilar. Durante la detección, es computada una función de autocorrelación. El análisis de la función de autocorrelación permite entonces la identificación de las transformaciones geométricas y sus inversiones.

Todas las soluciones de arriba resuelven el problema de detección robusta usando técnicas de procesamiento bidimensional para imágenes continuas o de medio tono. No obstante, ninguna de ellas realiza esta detección usando un procesamiento de señales 1D, el cual se requiere para aplicaciones basada en sistemas de potencia de computación baja.

En AU 2002951815 se describe una solución 1D, donde los inventores propusieron un enfoque para marcar imágenes digitales con señal insertada donde las señales están representadas por un patrón en 2D construido usando una función de base en 1D. Para la detección del patrón, los inventores primero computan una transformación proyectiva de la imagen en y luego recuperan la información insertada a través de una correlación en 1D en ángulos diferentes. No obstante, puesto que la correlación tiene que ser computada de nuevo para cada ángulo, la complejidad global es además del mismo orden como para el procesamiento en descrito arriba.

Descripción breve de la invención

La presente invención como está descrita en las reivindicaciones adjuntas para proponer un método para generar un patrón de seguridad que comprenda una imagen de seguridad impresa, comprendiendo dicha imagen una imagen original y un patrón de seguridad, caracterizado por el hecho de que dicho patrón de seguridad es obtenido por una transformada integral inversa predefinida de la combinación entre una imagen auxiliar y un patrón bidimensional creado mediante el barrido de una función unidimensional a lo largo de una curva predefinida, siendo tal patrón de seguridad como se ha dicho detectable a partir de propiedades de correlación de una línea de dicho billete asegurado muestreado a lo largo de cualquier dirección arbitraria y con cualquier resolución entre 50 y 1.200 puntos por pulgada, siendo la imagen de seguridad generada por la incorporación de al menos un color de al menos una parte de la imagen original con el patrón de seguridad.

La invención presente se compone de dos métodos resumidos abajo:

- El primero método es usado para generar un documento de seguridad aplicando un patrón de seguridad a un documento original, por ejemplo bajo la forma de una rejilla lineal. Este método para generar una imagen de seguridad, comprendiendo tal imagen una imagen original y un patrón de seguridad, tiene la particularidad de que el patrón de seguridad tiene la forma de una señal barrida a lo largo de una curva predefinida, en la cual la anchura de las líneas y/o el espaciamiento de línea es modulado para materializar unos datos predefinidos, la imagen de seguridad es luego generada mediante la modulación de al menos un color de al menos una parte de la imagen original con la rejilla. Básicamente, en el caso particular en que la curva es una línea recta usada en el dominio espacial, este patrón de seguridad es similar a un código de barras. En otro caso particular, la curva toma la forma de un círculo en el dominio de una transformada integral predefinida (por ejemplo, una transformada de Fourier o una transformada de Hilbert), y el patrón es combinado con una imagen auxiliar antes de que la combinación sea sometida a una transformada integral inversa. El resultado de esta transformada integral inversa es incorporada después con la imagen original usando un enfoque basado en semitono digital. Algunos principios subyacentes de otro proceso de incorporación son definidos en la patente de AlpVision CH694233. Este enfoque se basa en el sobresello de un grupo de densidad baja de puntos sobre una imagen. El hacer esto crea una llamada "modulación asimétrica" (puesto que generalmente las tintas de impresión sólo reducen la luminosidad local), que es usada para insertar secretamente una señal.
- El segundo método es usado para la autenticación de un documento de seguridad generado con el primer método detectando la presencia del patrón de seguridad de forma localizada arbitrariamente, líneas rotadas y escaladas del documento (la independencia del factor de escala permite detectar con éxito el patrón de seguridad sobre un intervalo entero de resoluciones de impresión, normalmente de 50 a 1.200 pp). La

detección es realizada usando un procesamiento de señales unidimensional. Esto permite una computación de complejidad muy baja comparada con enfoques de procesamiento de imágenes tradicionales descritos en el estado de la técnica de arriba. En particular, es entonces posible insertar el proceso de detección en hardware simple como impresora o escáner, permitir la implementación de una funcionalidad de disuasión de falsificaciones parando el proceso de copia cuando es detectado un billete.

Breve descripción de las figuras

La invención se comprenderá mejor gracias a las figuras adjuntas en las cuales:

Figura 1 muestra una rejilla lineal de bandas alternantes.

Figura 2 muestra una rejilla incluida una señal cuadrado-pulso.

Figura 3 muestra un ejemplo de modulación de espaciamiento de bandas.

Figura 4 muestra un ejemplo de modulación de anchura de banda.

Figura 5 muestra los pasos para una interpolación lineal de una imagen.

Figura 6 muestra un primer ejemplo en el cual las bandas varían continuamente a lo largo de su anchura.

Figura 7 muestra otro tipo de ejemplo de modulación de bandas.

Figura 8 a la Figura 11 muestran varios ejemplos de modulación de bandas.

Figura 12 muestra un ejemplo de un patrón que expone una característica invariable.

Figura 13 muestra un ejemplo en el cual la imagen es dividida en subáreas, cada una de ellas insertada con un patrón de seguridad diferente.

Figura 14 muestra un ejemplo, en el cual el patrón es materializado en cada componente en color.

Figura 15 muestra varias intensidades del patrón.

Figura 16 muestra dos ampliaciones de una imagen de medio tono producida con un patrón que muestra una característica invariable.

Figura 17 muestra una modulación de ensanchamiento de un texto.

Figura 18 muestra las señales para la señal referenciada y la señal después de formar una rotación de la imagen.

Figura 19 muestra el valor del logaritmo de la señal extendida.

Figura 20: un esquema de detección iterativa general para cada línea del billete.

Figura 21 muestra una señal unidimensional, autocorrelacionada construida mediante la suma de un conjunto de funciones periódicas que difieren sólo en su periodo.

Figura 22 muestra una señal bidimensional, simétrica circularmente construida mediante el barrido de una señal unidimensional, autocorrelacionada.

Figura 23 muestra una señal unidimensional, autosimilar construida reemplazando de manera recursiva partes de una función simple con copias reducidas a escala de sí misma.

Figura 24 muestra una señal bidimensional, simétrica circularmente construida mediante el barrido de una señal unidimensional, autosimilar.

Figura 25 muestra una señal unidimensional que es de escala invariable a través de un intervalo dado de factores de escala,

Figura 26 muestra una señal bidimensional, simétrica circularmente construida mediante el barrido de una señal unidimensional, de escala invariable.

Figura 27 muestra otra señal unidimensional que es de escala invariable a través de un intervalo dado de factores de escala.

Figura 28 muestra otra señal bidimensional, simétrica circularmente construida mediante el barrido de una señal unidimensional, de escala invariable.

Figura 29 muestra un filtro unidimensional, de paso de banda construido mediante una combinación de filtros de Butterworth.

Figura 30 muestra un filtro bidimensional, de paso de banda construido mediante el barrido de un filtro unidimensional, de paso de banda.

Figura 31 muestra dos representaciones superpuestas de la misma matriz de oscilación de pequeña amplitud.

Figura 32 muestra una representación tridimensional de una función de puntos.

Figura 33 muestra un ejemplo de una matriz de oscilación de pequeña amplitud y una gradación de medio tono de nivel doble obtenida con esta matriz de oscilación de pequeña amplitud.

Figura 34 muestra una matriz de oscilación de pequeña amplitud grande construida mediante el revestimiento del plano con copias múltiples de una matriz de oscilación de pequeña amplitud más pequeña.

Figura 35 muestra la inserción de un patrón simétrico circularmente en un dominio de frecuencias y una gradación de medio tono de nivel doble.

Figura 36 muestra el resultado de varias operaciones morfológicas aplicadas a una función de puntos discretizada.

Figura 37 muestra el módulo de la transformada de Fourier de operaciones morfológicas aplicadas a un patrón insertado.

Figura 38 muestra la construcción de una matriz de oscilación de pequeña amplitud basada en los resultados de varias operaciones morfológicas.

Figura 39 muestra una gradación de medio tono de nivel doble producida mediante la formación de umbrales de una imagen de escala de grises con una matriz de oscilación de pequeña amplitud morfológica.

Figura 40 muestra la combinación de una función de puntos y un patrón simétrico circularmente en el dominio de frecuencias.

Figura 41 muestra una gradación de medio tono de nivel doble con una función de puntos basada en un patrón simétrico circularmente equilibrado.

Figura 42 muestra una imagen de medio tono de doble nivel generada con una función de puntos basada en una combinación de dos patrones simétricos circularmente equilibrados.

Figura 43 muestra cómo los patrones pueden ser combinados en el mismo billete.

Figura 45 muestra un patrón simétrico radialmente con una oscilación radial aleatoria de grano grueso.

Figura 46 muestra un patrón simétrico radialmente con una oscilación radial aleatoria de grano grueso.

Figura 47 muestra un patrón simétrico radialmente generado con una función.

Figura 48 muestra otro patrón simétrico radialmente generado con una función.

Figura 49 ilustra un proceso interactivo o automático para la integración de señales en el trabajo de la técnica del diseño.

Figura 50 muestra los resultados de las correlaciones cruzadas normalizadas entre una plantilla y dos señales.

Figura 51 muestra un diagrama general de la invención.

Figura 52 muestra las proyecciones de un patrón simétrico radialmente antes y después de una rotación.

Descripción detallada de la invención

Inserción de señales

La señal es insertada mediante la superimpresión de un patrón no molesto lumínica y visualmente a través de un diseño existente (el patrón puede ser superpuesto en el dominio digital). El trastorno visual inducido por el patrón insertado es mantenido por debajo del umbral de percepción visual gracias a una combinación de dos factores. Pri-

mero, las variaciones cromáticas inducidas por el patrón insertado son mantenidas bajo un umbral visual específico basado en diferencias sólo perceptibles (Melgosa, M., Hita, E., Poza, A. J., Alman, David H., Bems, Roy S., *Suprathreshold Color-Difference Ellipsoids for Surface Colors, Color Research and Application* 22, 148-155, junio 1.997). En segundo lugar, la frecuencia espacial del patrón es mantenida a valor suficientemente elevado, de modo que el contraste cromático formado por sus partes individuales pasa desapercibido (McCourt, Marc E., *Spatial frequency tuning, contrast tuning, and spatial summation of suprathreshold lateral spatial interactions: Grating induction and contrast-contrast*, OSA Annual Meeting Technical Digest 16, 155, 1.993). El uso conjunto de estos criterios cromáticos y de frecuencia permiten obtener simultáneamente un patrón de seguridad que combina las ventajas de una resolución baja (comparada con la resolución de diseño existente), una amplitud de señal elevada y una visibilidad baja (como se muestra en la figura 13 y la figura 14).

Un segundo método para insertar la señal usa la rejilla lineal como una base para producir una pantalla de medio tono. Con este método, la anchura de las bandas que componen la rejilla varía por consiguiente a los niveles de intensidad presentes en la imagen original (véase la figura 15). Un documento de seguridad generado por tal método adopta la forma de una imagen de medio tono realizada con una pantalla de medio tono basada en líneas (véase la figura 16).

Un tercer método para la inserción de la señal en imágenes impresas usa un proceso de impresión capaz de producir bandas con un grosor controlable, tal como impresión de grabado. Con este método, el patrón de seguridad es impreso como un revestimiento sobre la imagen original, mediante el uso de una placa de grabado adicional o mediante la modificación de una placa ya existente. Mediante el uso de una tinta transparente o semitransparente (por ejemplo, un barniz) y mediante el control del grosor de las bandas impresas, es posible controlar la fuerza de inserción del patrón superpuesto.

Un cuarto método para la inserción de la señal en imágenes digitales, de microestructura (por ejemplo, imágenes o imágenes digitales de medio tono que contengan un microtexto) consiste en la aplicación de modificaciones locales a la microestructura. Estas modificaciones locales tienen el efecto de ensanchar la microestructura en las partes donde las bandas del patrón son más gruesas, y aquellas tienen el efecto de afinar la microestructura en las partes donde las bandas del patrón son más finas (figura 17). A un nivel macroscópico, las áreas con una microestructura ensanchada tienen un valor de intensidad mayor y áreas con una microestructura afinada tienen menor intensidad.

Un quinto método reemplaza la imagen de rejilla lineal por una imagen de rejilla simétrica circularmente. Esta rejilla simétrica circularmente es obtenida mediante el barrido de una señal unidimensional a través de un arco de 360 grados. La propiedad de simetría circular garantiza que la señal observada a lo largo de una línea recta que atraviesa la rejilla en su centro permanezca la misma para todos los ángulos de la línea. La señal es entonces insertada usando el primer, el tercer o el cuarto método. En la figura 22, figura 24, figura 26 y figura 28 están previstos ejemplos de señales simétricas circularmente. En la figura 22, la señal en 2D es construida mediante el barrido de la señal en 1D autocorrelacionada representada en la figura 21 a lo largo de un arco de 360 grados. En la figura 24, la señal en 2D es construida mediante el barrido de la señal en 1D autosimilar representada en la figura 23 a lo largo de un arco de 360 grados. En la figura 26, la señal en 2D es construida mediante el barrido de la señal en 1D de escala invariable ilustrada en la figura 25 a lo largo de un arco de 360 grados. En la figura 28, la señal en 2D es construida mediante el barrido de la señal en 1D de escala invariable ilustrada en la figura 27 a lo largo de un arco de 360 grados.

Un sexto método para la inserción de una rejilla simétrica circularmente usa una transformada integral inversa. Una transformada integral es cualquier transformada T_f de la forma:

$$T_f = T\{f(u)\} = \int_{t_1}^{t_2} f(t) K(t, u) dt$$

donde la función $K(t, u)$ es el núcleo de la transformada. El ejemplo más simple de una transformada integral es la transformada de identidad, con $K(u, t) = \delta(u - t)$ (δ es la distribución de Dirac, $t_1 < u$, $t_2 > u$). Otro ejemplo es la transformada de Laplace, con $K(u, t) = e^{-ut}$, $t_1 = 0$, $t_2 = \infty$. Aún otro ejemplo usado comúnmente en el procesamiento de señales es la transformada de Fourier, con

$$K(u, t) = \frac{e^{iut}}{\sqrt{2\pi}}, t_1 = -\infty, t_2 = \infty.$$

La transformada integral inversa seleccionada es aplicada a un par de componentes. El primer componente es un componente de módulo R; es generado con una rejilla simétrica circularmente. El segundo componente es un componente de fase P; es generado con la salida de un generador cuántico de números aleatorios (p. ej., <http://www.randomnumbers.info/>) o un generador de números pseudoaleatorios. Los componentes de módulo son usados juntos para producir un conjunto A de números complejos que usen la relación $C(x, y) = R(x, y) * \exp(i * P(x, y))$, donde i denota la raíz

cuadrada de -1. El resultado A^* de la transformada de Fourier inversa de C da como resultado una señal que tiene la apariencia de ruido blanco, pero que muestran la rejilla original en el dominio de frecuencias. La señal A^* es entonces impresa sobre el billete que usando el primer, el tercer o el cuarto método. Figura 35 muestra un ejemplo de inserción de una rejilla simétrica circularmente en el dominio de frecuencias. Una transformada de Fourier (H) es sintetizada mediante la combinación de un módulo basado en una señal simétrica circularmente (1201) y una fase basada en ruido de blanco (1202). La transformada de Fourier inversa de (H) da como resultado una señal bidimensional (1203) que tiene la apariencia de ruido blanco.

Un séptimo método usa una rejilla simétrica circularmente insertada en el dominio de frecuencias como una función de puntos para la formación de umbrales de una imagen de escala de grises. Un ejemplo de una representación tridimensional de una función de puntos general es mostrada en la figura 32: los valores de la función de puntos son materializados por pasos de alturas variables que tienen un valor de escala de grises correspondiente a su altura. La función de puntos insertada es entonces discretizada en para producir una matriz de oscilación de pequeña amplitud que puede utilizarse para formar umbrales de una imagen de escala de grises para generar una imagen de medio tono de nivel doble. Un ejemplo de una matriz de oscilación de pequeña amplitud es mostrado en la figura 31: una primera representación es dada por un conjunto de umbrales numéricos que están distribuidos uniformemente entre 0 y 255, y una segunda representación de la misma matriz de oscilación de pequeña amplitud es dada por un conjunto de valores de escala de grises que se corresponden con los umbrales numéricos de la primera representación. Figura 33 muestra otro ejemplo de una matriz de oscilación de pequeña amplitud (901) representado como un conjunto de valores de escala de grises; esta matriz de oscilación de pequeña amplitud se utiliza para formar umbrales de una gradación de escala de grises lineal para producir una gradación de medio tono de dos niveles (902). El tamaño de la matriz de oscilación de pequeña amplitud puede ser adaptado al tamaño del patrón simétrico circularmente mediante la construcción de una segunda matriz de oscilación de pequeña amplitud, más grande como un revestimiento de la primera matriz de oscilación de pequeña amplitud, como se muestra en la figura 34. Por construcción, una imagen de medio tono con umbrales formados usando una matriz de oscilación de pequeña amplitud construida con una función de puntos insertada mostrará la rejilla simétrica circularmente insertada en el dominio de frecuencias. Esta señal bidimensional es normalizada para producir la función de puntos deseada. Figura 35 muestra un ejemplo de uso de una señal bidimensional (1203) como una función de puntos para formar umbrales de una gradación de escala de grises lineal para producir una gradación de medio tono de dos niveles (1204).

Un octavo método construye una función de puntos insertada basada en una señal A^* construida con el método quinto. A la señal continua A^* se le forman umbrales para producir un conjunto B de píxeles blancos y negros. El conjunto B es duplicado para producir copias idénticas $\{B_1, B_2, \dots, B_n\}$. Cada copia B_k ($K = 1..n$) sufre una serie diferente de operación morfológica tal como inversión, dilatación, erosión, poda, abertura, cierre, esqueletización, extracción de contornos. Figura 36 muestra un ejemplo de operaciones morfológicas aplicado a una función de puntos discretizada. A un área cuadrada (601) de la función de puntos (1203) representada en la figura 35 le son formados umbrales (602) de manera que la mitad de sus elementos son negros y la otra mitad son blancos. Los contornos de este mapa de bits son mostrados en (604). El esqueleto del mismo mapa de bits es mostrado en (606). El esqueleto podado del mismo mapa de bits es mostrado en (608). Los valores del mapa de bits con umbrales formados son invertidos para producir un mapa de bits dual (603). Los contornos inversos de este mapa de bits dual son mostrados en (605). El esqueleto inverso del mismo mapa de bits dual es mostrado en (607). El esqueleto podado inverso del mismo mapa de bits dual es mostrado en (609). Por construcción, los resultados $\{M_1, M_2, \dots, M_n\}$ de las operaciones morfológicas mostrarán todos en alguna medida el patrón simétrico circularmente insertado en el dominio de frecuencias. Esta propiedad es ilustrada por la figura 37, que muestra el módulo de la transformada de Fourier de algunos de los resultados morfológicos representados en la figura 36. El mismo patrón simétrico circularmente es visible con una extensión variable y una claridad variable en cada una de las transformadas (1202), (1204), (1206) y (1208). Los resultados $\{M_1, M_2, \dots, M_n\}$ de las operaciones morfológicas son entonces medidas: para cada M_k ($k = 1..n$), es calculada la proporción K_k/N_k , donde K_k es el número de píxeles negros en M_k y N_k es el número total de píxeles en M_k . Los resultados de las operaciones morfológicas $\{M_1, M_2, \dots, M_n\}$ son clasificados de conformidad con su proporción de píxeles negros K_k/N_k . Para cada M_k , los píxeles negros son sustituidos por el valor K_k/N_k . En el paso final, todos los M_k son incorporados juntos para formar una función de puntos S . Los valores de los píxeles individuales de S son calculados usando la relación: $S(x,y) = \max_k (M_k(x,y))$. La clasificación de los pasos morfológicos (702-708) y su incorporación en una matriz de oscilación de pequeña amplitud (709) es ilustrada en la figura 38. Después de la incorporación, la matriz de oscilación de pequeña amplitud puede ser más mejorada para obtener una matriz de oscilación de pequeña amplitud equilibrada. Tal mejora puede adoptar la forma de igualación de histograma ponderado, o un ligero desenfoque gaussiano, o la adición de una pequeña cantidad de ruido. En la figura 39, una matriz de oscilación de pequeña amplitud basada en operaciones morfológicas es usada para formar umbrales de una gradación de escala de grises lineal para producir una gradación de medio tono de dos niveles.

Un noveno método construye una función de puntos insertada mediante la combinación de una función de puntos general y un patrón simétrico circularmente en el dominio de frecuencias. La Figura 40 muestra la construcción de tal función de puntos combinada. La función de puntos general es concretada por el revestimiento (1001) de copias múltiples de una función de puntos simple usada tradicionalmente para generar pantallas de medio tono de amplitud-modulación, de puntos reagrupados (1002). Este revestimiento es transpuesto al dominio de frecuencias por medio de una transformada de Fourier (F), y el resultado de esta transformada de Fourier es entonces descompuesto en un componente de módulo (1003) y un componente de fase (1004). Un patrón simétrico circularmente (1005) es combinado con el componente de módulo por medio de una interpolación lineal (I). Se pueden usar otros esquemas de combinación posibles, tales como un esquema multiplicativo, un esquema cuadrático o un esquema exponencial.

El componente de módulo combinado (1006) es incorporado de regreso con el componente de fase (1004) usando una transformada de Fourier inversa (H). El resultado de esta transformada de Fourier inversa sufre una igualación de histograma para producir una función de puntos equilibrada (1007). Como ejemplo, esta función de puntos se utiliza para formar umbrales para un parche de escala de grises de valor constante para producir un parche de medio tono de dos niveles (1008).

Los métodos de arriba no están limitados a una rejilla simétrica circularmente de módulo de Fourier; también pueden ser aplicados con cualquier patrón obtenido mediante el barrido de una señal en 1 D en un dominio de transformadas integrales.

Un décimo método produce una matriz de oscilación de pequeña amplitud en el dominio espacial mediante el uso de un patrón simétrico circularmente, equilibrado como función de puntos. La Figura 41 ilustra este método con una imagen de medio tono de dos niveles generada usando un LRHF como función de puntos para formar umbrales de una gradación de escala de grises lineal.

Un método décimo primero combina dos o más funciones de puntos generadas con el décimo método para producir una nueva función de puntos. Los esquemas de combinación incluyen operaciones aritméticas tales como adición, sustracción y multiplicación, operaciones de grupo N-cíclico tales como módulo de adición N, módulo de sustracción N y módulo de multiplicación N, operaciones geométricas tales como conversión, escala y rotación, y operaciones lógicas tales OR, AND y XOR.

La Figura 42 ilustra este método con una imagen de medio tono de dos niveles generada mediante el uso de una función de puntos basada en la combinación de dos patrones simétricos circularmente. Los patrones usados en este ejemplo son un LRHF y una conversión del mismo LRHF. El esquema de combinación usado es un módulo de adición 256.

Detección de señales

El patrón insertado es normalmente recuperado después de su impresión. Un dispositivo de formación de imágenes digital (como un escáner o una cámara fotográfica digitales, por ejemplo) es usado entonces para devolver el material impreso en el dominio digital. El patrón es diseñado de tal manera que es posible provocar la detección con un procesamiento de señales unidimensional realizado a lo largo de una línea recta que tenga una dirección arbitraria a través del patrón, para cualquier escala y transformaciones de rotación (en un intervalo previamente definido). Dos cuestiones han de ser abordadas para obtener este resultado: el fiabilidad del activador de la detección (detecciones falso-positivo y falso-negativo) y la robustez para transformadas geométricas.

La fiabilidad de la detección se basa básicamente en una prueba estadística. Esta prueba debe ser realizada sobre un grupo suficientemente grande de datos para alcanzar el rendimiento deseado falso-positivo (señal detectada mientras que no está presente) y falso-negativo (señal no detectada mientras que no está presente). En la aplicación objetivo, se espera que el índice falso-positivo alcance 1 a 10 millones o mejor. Los datos estadísticos pueden ser procesados durante la digitalización o durante el procedimiento de impresión. Puesto que el enfoque de detección se basa en un procesamiento de señales unidimensional, también puede ser realizado en tiempo real cuando los datos fluyen al hardware en el interior del cual es realizada la detección.

La robustez a transformadas geométricas puede conseguirse usando dos enfoques diferentes. Una solución ha de tener una señal que sea invariable con transformaciones afines; la otra solución es para compensar la transformación antes de la descodificación de la señal.

Enfoque de señal invariable

El patrón es diseñado de manera que el perfil de 1D del patrón tomado en cualquier dirección y con cualquier escala muestra una característica invariable. Esta característica similar puede entonces ser usada para activar la detección, sin tener en cuenta la transformada geométrica que ha sido aplicada a la imagen. La Figura 12 muestra un ejemplo de un patrón que muestra una característica invariable: este patrón está compuesto de círculos concéntricos. Cualquier línea recta que cruce este patrón a través de su centro producirá el mismo perfil de 1D. La Figura 16 muestra un patrón que muestra una característica invariable introducida en una imagen bajo la forma de una pantalla de medio tono compuesta de círculos concéntricos.

La invariancia bajo rotación puede también ser obtenida mediante la inserción de un patrón simétrico circularmente en el dominio de Fourier. Cuando una imagen es procesada por un dispositivo de impresión o un dispositivo de adquisición, son transferidos datos de imagen a través del dispositivo una línea cada vez. El detector aplica una transformada de color a las líneas de imagen individual para trasponerlas en el espacio de color donde está presente la imagen de seguridad. La suma S de las líneas transformadas es almacenada en una memoria intermedia de imagen separada. Esta suma pueden ser vista como la proyección de la imagen de un espacio bidimensional sobre un espacio unidimensional. Después de que un número predefinido de líneas hayan sido sumados, el detector calcula la transformada de Fourier unidimensional FS de la suma S. El resultado de esta transformada de Fourier es comparada individualmente con un banco de plantillas de señales unidimensionales predeterminadas en la ROM del dispositivo. Estas operaciones de comparación pertenecen a la clase de filtrado adaptado, y son implementadas con una correlación cruzada (correlación

cruzada normalizada, correlación cruzada sólo de fase, correlación cruzada canónica). Este proceso está ilustrado en la figura 50, la cual muestra el resultado (1303) de una correlación cruzada normalizada entre una señal modelo de escala invariable (1301) y una copia especular de la misma señal (1302). Como comparación, se muestra el resultado (1305) de una correlación cruzada entre la misma señal modelo (1301) y ruido blanco (1304). Antes de que la comparación tenga lugar, FS puede sufrir una serie de pasos previamente procesados para aumentar la fiabilidad de la correlación cruzada. Estas fases incluyen división de ventanas, *windowing*, (Hamming), preblanqueamiento, filtrado de paso de banda, igualación de histograma, desmodulación de envolvente, silenciamiento, cálculo del promedio con ventanas. El resultado de la comparación entre FS y el banco del dispositivo de modelos de señal unidimensionales es evaluado con la ayuda de una o más pruebas estadísticas. Si la valoración da como resultado una respuesta positiva, se asume que la imagen porta la imagen de seguridad y que el dispositivo reacciona por consiguiente mediante la interrupción de su función. Este proceso puede también ser realizado en diferentes pasos: un primer paso que use varias líneas para detectar si la señal está presente. Si la señal es detectada, entonces líneas adicionales son procesadas para confirmar la detección (este enfoque permite que se satisfagan requisitos falso-positivo y requisitos relativos a la velocidad de procesamiento). También se pueden usar datos de líneas sucesivas para computar una señal en una dirección rotada. Esto también contribuye para alcanzar un nivel de detección falso-positivo deseado.

La condición de simetría circular es necesaria para garantizar una invariancia estricta bajo rotación, pero tal invariancia estricta no se necesita siempre para obtener un patrón bidimensional que pueda ser detectado de forma fiable en una dimensión. Las señales bidimensionales que observen el requisito menos estricto de simetría radial pueden ser detectadas también de manera fiable en una dimensión si están basadas en una señal unidimensional que esté autocorrelacionada, autosimilar o de escala invariable (o que tenga varias de estas propiedades). La Figura 45 muestra tal patrón simétrico radialmente generado mediante la subdivisión de un patrón de escala invariable (LRHF) en 36 sectores de 10 grados de arco y mediante la aplicación de una oscilación radial aleatoria a cada sector. La Figura 46 muestra otro patrón simétrico radialmente generado mediante la subdivisión de un patrón de escala invariable (LRHF) en 360 sectores de 1 grado de arco mediante la aplicación de una oscilación radial aleatoria a cada sector. La Figura 47 muestra un patrón simétrico radialmente generado con una función de la forma:

$$F(R, \Theta) = \cos(a * \log_2(R) + b * \max(0, \cos(k * \Theta)))$$

La Figura 48 muestra otro patrón simétrico radialmente generado con una función de la forma:

$$F(R, \Theta) = \cos(a * \log_2(R) + b * \text{abs}(\cos(k * \Theta)))$$

Puesto que los patrones simétricos radialmente de arriba están basados en una función de escala invariable, la suma de sus líneas producirá una señal unidimensional con una forma que permanece similar cuando los patrones son rotados. Esta propiedad significa que la correlación cruzada entre un modelo de señal unidimensional y la proyección de tal patrón simétrico radialmente producirá una respuesta similar independientemente de la orientación del patrón. La Figura 52 proporciona una ilustración de esta propiedad.

Enfoque basado en la compensación

La compensación puede ser realizada usando un patrón de referencia separado (por ejemplo, un patrón circular impreso permite que se defina la alteración de la escala horizontal frente a la vertical) o mediante una transformada matemática de la señal que la mapea en otro dominio en el cual la compensación es realizada más fácilmente. Por ejemplo, una transformada logarítmica permite mapear la señal en un espacio diferente que permite fácil compensación de una alteración de escala. Esta graduación puede ser provocada por ejemplo por una resolución de digitalización que sea diferente de la resolución de impresión de la señal. También puede ser provocada por una rotación de la muestra digitalizada como se muestra en la figura 18. El factor de escala se refiere al ángulo de rotación α con la función del coseno $\cos(\alpha)$.

De hecho, se permite

$$s(x) = f(\log(x))$$

Si la señal original $o(x)$ difiere de $s(x)$ en un factor λ (véase la figura 19), entonces:

$$s(x) = o(\lambda x)$$

El uso de la transformada logarítmica da:

$$s(\ln(x)) = o(\ln(\lambda x))$$

Entonces sigue que:

$$s(t) = o(\ln(x) + \ln(\lambda)) = o(t + \Delta t),$$

con $t = \ln(x)$ y $\lambda = \exp(\Delta t)$.

Esta ecuación significa que la señal extendida $s(x)$ es equivalente a una traducción cuando una escala logarítmica se utiliza para definir la posición de muestreo como se muestra en la figura 19. El valor de esta traducción puede encontrarse usándose el valor máximo de la señal de correlación cruzada computada entre la señal digitalizada $f(x)$ y la señal original conocida $o(x)$. Entonces permite computar el factor de escala usando la ecuación:

$$\text{and } \lambda = \exp(\Delta t)$$

Entonces es posible obtener el ángulo α a partir de λ y compensar la rotación mediante una rotación con ángulo inverso.

Formas de realización preferidas para la detección de patrones

La prueba estadística es realizada en la forma de realización más sencilla como una máquina de estado finito que cuente cuántas veces la señal encaja con algunas características predefinidas y la compara con un umbral. Estas características pueden ser un número de transiciones de la señal, una secuencia de anchura como se muestra en la figura 4 o una secuencia de espaciado como se muestra en la figura 3. La señal es entonces definida como un valor de escala de grises. En otra forma de realización, la señal es un vector definido por varios componentes de color, por ejemplo rojo-verde-azul, cian-magenta-amarillo-negro, tinte-luminosidad-saturación, tinte-saturación-valor, CIE-Lab, CIE-Lch o CIE-XYZ (o en cierto intervalo predefinido de longitud de onda de luz). Este enfoque multicolor permite aumentar los rendimientos del nivel de detección. En otra forma de realización, las características detectadas son definidas por un generador cuántico de números aleatorios o un generador de números pseudoaleatorios con una clave provista por separado o computada a partir de otras características (visuales o no) del documento de seguridad.

En otra forma de realización, la prueba estadística es realizada usando algoritmos de procesamiento de señales (por ejemplo, pero no limitados a correlación cruzada, computación de invariantes, etc.). El resultado de esta prueba es entonces comparado con algún umbral predefinido o umbral computado a partir de los datos procesados.

La robustez a ataques geométricos puede obtenerse en una forma de realización por medio de una característica invariante, incluidos, pero no limitada a, patrones circulares. En otra forma de realización, la robustez es obtenida usando un método de compensación. En una forma de realización, este método usa la transformada logarítmica descrita arriba combinada con alguna técnica de correlación cruzada (u otro indicador de correspondencias). El esquema de detección general es mostrado en la figura 20: en 2600, los colores del billete son muestreados digitalmente a lo largo de una línea recta a través del billete (y titulados con un ángulo arbitrario) y almacenados como una señal en 1D. En 2601, se puede realizar un filtrado para potenciar algunas propiedades particulares. En 2602, entonces es realizada una prueba estadística. Esta prueba puede estar basada por ejemplo en la correlación cruzada con una señal en 1D, o una autocorrelación, una medición de autosimilitudes, etc. Tales mediciones son denominadas genéricamente "correlación" en todo este documento. En 2603, estos valores correspondientes a esta medición son acumulados con valores computados para líneas precedentes y comparados con uno o varios umbrales. Si los valores acumulados exceden algún umbral, una señal de detección positiva es enviada en 2604. En caso de que no haya detección positiva, el sistema adquiere una línea nueva del billete en 2605. La detección de la imagen de seguridad puede usar también procesamiento de señales unidimensionales basado en la transformada de Fourier. Su base teórica se basa en un resultado del campo de la reconstrucción tomográfica, el teorema de proyección-lámina. Este teorema afirma que la transformada de Fourier de la proyección de una función bidimensional sobre una línea es igual a una lámina a través del origen de la transformada de Fourier bidimensional de esa función que es paralela a la línea de proyección. El esquema de detección correspondiente se muestra además en la figura 20 con la adición de una transformada de Fourier en 2601.

Formas de realización preferidas para la creación de patrones

En su forma de realización más simple, el patrón de seguridad que es aplicado por el primer método toma la forma de una rejilla lineal de bandas alternantes oscuras y claras (figura 1). Esta rejilla incorpora una señal cuadrado-pulso (figura 2) que es soportada por la modulación de la distancia entre los centros de las bandas (figura 3) o por la modulación de la anchura de las bandas (figura 4).

El documento de seguridad es obtenido mediante la inserción del patrón de seguridad en la imagen original por medio de una interpolación lineal. Si $C(x,y)$ es el valor de la imagen original en la posición (x,y) , $P(x,y)$ es el valor del patrón en la posición (x,y) y $W(x,y)$ es el peso deseado del patrón en la posición (x,y) , entonces el valor $S(x,y)$ del documento de seguridad en la posición (x,y) es calculado con:

$$S(x,y) = (1 - W(x,y)) * C(x,y) + W(x,y) * P(x,y)$$

Mediante la elección apropiada de $W(x,y)$, es posible variar de manera continua la visibilidad del patrón de totalmente invisible a totalmente visible.

En una segunda forma de realización de la invención, el valor de las bandas varía de manera continua a lo largo de su anchura. Con esta variación, la forma de la señal soportada por el patrón de seguridad toma la forma de una función continua como una onda senoidal (figura 6) o un pulso triangular (figura 7).

En una tercera forma de realización de la invención, el modelo sufre una transformada geométrica bajo la forma de un mapeo conforme (figura 8, figura 9, figura 10, figura 11). Un caso particular de una transformada geométrica produce un patrón formado de círculos concéntricos (figura 12). Tal patrón muestra una característica invariable: la misma señal puede ser detectada a través de todas las líneas rectas que atraviesan el patrón a través de su centro, indistintamente de su orientación. Tal característica invariable posibilita el enfoque de detección basado en una señal invariable.

Un experto en la materia también podrá realizar formas de realización arriba con cualquier patrón obtenido mediante el barrido de una señal constante o variable.

En una cuarta forma de realización de la invención ilustrada en la figura 13, la imagen original es dividida en varias áreas separadas y el documento de seguridad es obtenido mediante la inserción de un patrón de seguridad diferente en cada área.

En una quinta forma de realización de la invención, el documento de seguridad es obtenido mediante la inserción por separado de un patrón de seguridad diferente en cada componente de color de la imagen de color original (figura 14). (*Imágenes RGB introducidas en el componente B, imágenes CIE-Lab introducidas en el componente L, imágenes CMYK introducidas en el componente Y, etc.*).

En una sexta forma de realización de esta invención, el documento de seguridad es obtenido transformando el espacio de color de la imagen original antes de la inserción del patrón en un subconjunto de los componentes de color transformados. (*RGB -> HLS, inserción en el componente H; RGB -> CIE-Lch, inserción en el componente c; etc.*).

En una séptima forma de realización, el patrón de seguridad es introducido en el documento de seguridad modificando sólo los componentes de crominancia de la imagen original. El componente de luminosidad original no está modificado a la izquierda, y la diferencia entre los componentes de la crominancia original y los componentes de la crominancia modificada son mantenidos por debajo del umbral perceptivo.

En una octava forma de realización, un patrón de seguridad es generado para cada nivel de luminosidad presente en la imagen original. El grosor de las líneas de estos patrones varía de manera correspondiente al nivel de luminosidad al que están asociados, pero la posición de estas líneas permanece constante a través de cada uno de los patrones (figura 15). El documento de seguridad es entonces obtenido a partir de estos patrones de seguridad mediante su inserción bajo la forma de una pantalla de medio tono (figura 16). El uso de un patrón circular (como el ejemplo mostrado en la figura 16) posibilita obtener una señal que sea invariante a la rotación.

En una novena forma de realización, el patrón de seguridad es totalmente visible ($W(x,y) = 1$ en la ecuación precedente para (x,y) que pertenece al área marcada) sobre áreas seleccionadas del documento.

En una décima forma de realización, el patrón de seguridad es una señal invariable que es definida en el dominio de Fourier. Una capa de la imagen de seguridad es construida a partir del patrón de seguridad por medio de una transformada de Fourier inversa.

1. Todas las capas de la imagen de seguridad tienen estas propiedades comunes:

1.1. La capa es imprimida sobre un billete.

1.2. La capa tiene dos niveles (tinta/sin tinta).

1.3. La capa es generada mediante la aplicación de una matriz de oscilación de pequeña amplitud a una imagen de escala de grises para obtener un medio tono.

ES 2 301 067 T3

1.3.1. La capa produce un patrón visible en el dominio de frecuencias con una simetría circular o una simetría central. El patrón es construido aplicando un barrido circular de 360 grados a una señal unidimensional. Esta señal unidimensional tiene al menos una de las tres siguientes propiedades:

1.3.1.1. la señal unidimensional es autosimilar a través de un intervalo dado de factores de escala (por ejemplo, una señal fractal).

1.3.1.2. la señal unidimensional está autocorrelacionada a través de un intervalo dado de factores de escala (por ejemplo, un criptográfico).

1.3.1.3. la señal unidimensional es invariable a través de una gama dada de factores de escala (p. ej. una función logaritmo-armónico).

Básicamente, cualquier función bidimensional f dependiente del radio r y el ángulo θ es posible siempre y cuando $f(r, \theta) = f(r, \theta + \pi)$ y $f(r)$ sea autosimilar, autocorrelacionado o de escala invariable.

Cuando la señal es invariable a través de un intervalo dado de factores de escala (normalmente para una señal construida por logaritmos), es posible desviar de forma arbitraria (por ejemplo, usando un generador cuántico de números aleatorios o un generador de números pseudoaleatorios), la señal a lo largo del radio para diferentes ángulos. Consideremos el caso particular de la función de abajo:

$$f(r, \theta) = \cos(a \ln(r) + k\theta + \varphi)$$

En esta ecuación, k y a son dos parámetros fijados. Entonces, φ es el desplazamiento de la señal.

La Figura 44 ilustra este proceso en el espacio de Fourier 903. La señal periódica en el sector 901 y 902 sólo difieren por su fase. Los sectores 904 y 905 son versiones simétricas de respectivamente los sectores 902 y 901. En estos casos, la fase φ es en realidad una función del ángulo θ y del radio r . El enfoque permite ocultar mejor la señal en el dominio de Fourier y, así, hacer que sea más difícil para un atacante detectarla y eliminarla. También permite fortalecer la señal para algunos conjuntos de valores angulares y de radio, que pueden ser útiles para aumentar la detectabilidad de la señal (por ejemplo si las frecuencias de las ilustraciones del billete interfieren con la señal en el dominio de Fourier o para mejorar la detectabilidad a 0 y 90 grados en el dominio de Fourier). Otros ejemplos son mostrados en la figura 45, figura 46, figura 47 y figura 48 con diferentes funciones φ (donde φ es una función aleatoria en la figura 45 y la figura 46).

2. Matrices de oscilación de pequeña amplitud son creadas con el uso de una o más funciones de puntos.

3. Una primera clase de funciones de puntos se basa en un par de matrices en 2D. La primera matriz (A) contiene un patrón visible según 1.3.1; la segunda matriz (B) contiene ruido blanco aditivo (pero también se puede usar cualquier otro tipo de ruido) en el intervalo $[-\pi, \pi]$ para obtener una imagen más bien uniforme en el dominio espacial. Estas dos matrices son convertidas a una única matriz de números complejos (C), con $C(x,y) = A(x,y) * \exp(i * B(x,y))$. Entonces, C se hace simétrico (sentido de TRF), de manera que su transformada de Fourier inversa es una imagen real. La función de puntos usada para generar la imagen de seguridad es obtenida calculando la transformada de Fourier inversa de C . También es posible usar una matriz de C asimétrica centralmente. En este caso, la transformada de Fourier inversa es una imagen compleja. Partes reales e imaginarias pueden ser imprimidas con colores diferentes, de manera que el detector puede recuperar la imagen compleja. No sólo colores pueden ser usados para ayudar al descodificador a distinguir entre las partes reales e imaginarias. Es posible usar cualquier propiedad óptica que proporcione dos canales independientes para las partes reales e imaginarias. Por ejemplo, la mitad superior de un área de billete puede codificar la parte real, mientras que la parte inferior codificará la parte imaginaria. Cualquier otro criterio espacial conocido por el descodificador puede ser usado para diferenciar áreas destinadas a partes reales e imaginarias (como parte real codificada siempre en áreas circulares o bordes del billete, etc...). Otra manera para construir la imagen de seguridad definida como $A(x,y) * \exp(i * B(x,y))$ es usar una matriz $A(x,y)$ con uno del método de arriba y una matriz de fase $B(x,y)$ cuyos coeficientes no sean elegidos todos de forma aleatoria (la figura 35 ilustra la manera en que la imagen de seguridad es diseñada para el caso particular de una matriz de fase totalmente aleatoria 1202). En este caso, tenemos:

$B(x,y) = r(x,y)$ para (x,y) perteneciendo a $S1$

$B(x,y) = f(x,y)$ para (x,y) perteneciendo a $S2$

Donde $r(x,y)$ es un número aleatorio cuántico o un número pseudoaleatorio entre $[-\pi, \pi]$ y $f(x,y)$ es una función arbitraria con valores entre $[-\pi, \pi]$, $S1$ y $S2$ son dos conjuntos de índices (x,y) tales que $S1 \cup S2$ es la imagen entera.

Por ejemplo, las frecuencias bajas pueden ser aleatorias, mientras que las frecuencias elevadas pueden ser fijadas con un valor constante. En este caso, la transformada de Fourier inversa correspondiente de $A(x,y) * \exp(i * B(x,y))$ no será un ruido uniforme. Un interés de este enfoque es crear un patrón decorativo en el dominio espacial.

4. Una segunda clase de funciones de puntos es obtenida mediante la combinación de una función de puntos F1 de la primera clase (3) y una función de puntos F2 describiendo una pantalla de amplitud-modulación regular. Esta combinación es realizada en el dominio de frecuencias. El módulo A2 y la fase B2 de la transformada de Fourier de F2 son calculados. Una primera matriz A1 es entonces generada con un patrón visible según 1. La posición de los picos N más grandes en la matriz A2 es entonces registrada, y una región circular centrada alrededor de las posiciones correspondientes en A1 es fijada en cero. Una tercera matriz A3 es calculada como una combinación de las dos matrices A1 y A2. Esta combinación puede tomar la forma de una adición ($A3 = A1 + A2$), una multiplicación ($A3 = A1 * A2$), una interpolación lineal ($A3 = (1 - s) * A1 + s * A2$, con s en $]0, 1[$), etc. Las dos matrices A3 y B2 son convertidas a una única matriz de números complejos (C), con $C(x,y) = A3(x,y) * \exp(i * F2(x,y))$. Entonces, C se hace simétrico (sentido de TRF). La función de puntos usada para generar la imagen de seguridad es obtenida calculando la transformada de Fourier inversa de C.

5. Una tercera clase de funciones de puntos se basa en alguna función de puntos F1 de la primera clase (3). La matriz de oscilación de pequeña amplitud derivada de F1 es aplicada a una imagen de escala de grises con un nivel de intensidad constante. El resultado de esta operación es una imagen de medio tono de dos niveles B. Un grupo de operaciones morfológicas son aplicadas a B para obtener un grupo $\{H_1, H_2, \dots, H_n\}$ de n medios tonos de dos niveles. Estas operaciones morfológicas pueden incluir erosión, dilatación, esqueletización, perfil, poda, entre otros. La proporción de píxeles negros $\{k_1, k_2, \dots, k_n\}$ es calculada para cada uno de los medios tonos $\{H_1, H_2, \dots, H_n\}$. Estas proporciones de píxeles negros $\{k_1, \dots, k_n\}$ son asociadas a los medios tonos correspondientes. El grupo de medios tonos es entonces ordenado de acuerdo con estas proporciones. Los medios tonos individuales son fusionados unos con otros para ordenar la forma de la función de puntos F usada para generar la imagen de seguridad. Esta incorporación es realizada atravesando todos los píxeles $F(x,y)$ de F. Para cada píxel, son recuperados los valores $\{H_1(x,y), H_2(x,y), \dots, H_n(x,y)\}$ del píxel correspondiente en $\{H_1, H_2, \dots, H_n\}$. El valor más elevado $\max_k(H_k(x,y))$ es asignado a $F(x,y)$. Tomando el valor más elevado.

6. Una cuarta clase de funciones de puntos son derivadas directamente de algunos de los patrones descritos en 1.4. Si la distribución de la señal en 1D usada para construir un patrón es equilibrada suficientemente, es decir, el grupo de valores tomados por la señal en 1D es distribuido uniformemente, (toma un grupo de valores “suficientemente grande”) entonces puede ser usado directamente como función de puntos. Esto es particularmente interesante para LRHFs. De hecho, puesto que la transformada de Fourier de un LRHF es también un LRHF, se puede usar el mismo detector.

7. Esta propiedad particular posibilita combinar en el dominio espacial dos tipos de señales en áreas diferentes (o incluso que se superpongan):

- áreas que representen patrones de seguridad definidos por la transformada de Fourier inversa de matriz C
- áreas que representen un patrón de seguridad definido por C misma.

Esta combinación de señal permite por ejemplo usar el patrón de seguridad como una imagen decorativa manifiesta en algunas áreas (debido a sus simetrías circulares y propiedades de invariancia, la matriz C tiene algunas propiedades estéticas como se puede observar en la figura 41 y la figura 42), o como una seguridad invisible escondida en otras áreas. Este enfoque puede ser entendido mejor con la figura 43. Un billete 2710 representa áreas diferentes 2705, 2706, 2707 con tamaño y ubicación arbitrarios que se solapan parcialmente (la superposición se puede obtener mediante sobreimpresión o mediante combinación digital). Cada una de estas áreas es llenada con un patrón de seguridad que es obtenido por uno de los métodos de arriba: el área 2705 es obtenida mediante el revestimiento de una función invariable logarítmica circular, el área 2706 es obtenida mediante el revestimiento de la transformada de Fourier inversa de esta función circular, el área 2707 es obtenida mediante el revestimiento de la versión esqueletizada y con umbrales de esta transformada de Fourier inversa. Cada patrón individual contribuirá en el espacio de Fourier (imagen de módulo) para aumentar la relación señal a ruido de la señal circular. Este enfoque puede ser generalizado fácilmente con otra transformada integral diferente a la de Fourier.

8. Una quinta clase de funciones de puntos son construidos mediante la combinación de funciones de puntos de las otras cuatro clases con operaciones tales como la adición, la sustracción, la multiplicación, exclusivo o, adición módulo n.

En otra forma de realización, la imagen de seguridad $C(x,y) = A(x,y) * \exp(i * B(x,y))$ definida arriba en el dominio de Fourier con una función en 1D rotatoria para $A(x,y)$ y una señal aleatoria cuántica o una señal pseudoaleatoria para $B(x,y)$ es imprimida directamente como una superposición sobre el billete que ha de ser protegido. Por ejemplo, un billete es imprimido primero con 4 colores de tinta diferentes. La capa de la imagen de seguridad (véase la imagen 1203 en la figura 35) es después revestida con un color separado todo sobre el billete ya impreso. Este color debería ser elegido para obtener el mejor compromiso entre invisibilidad y detectabilidad de la señal. Por ejemplo, un color gris claro puede ser una elección apropiada para un billete que represente poco o ningún gráfico (como en el área de marca de agua). Una tinta más oscura puede ser requerida en otros casos. Idealmente, el color de la imagen de seguridad debería ser elegido entre el grupo ya usado de colores (4 en nuestro ejemplo) para minimizar el número de placas offset.

El problema principal que surge cuando se reviste sobre un área no uniforme como un billete es obtener áreas donde la imagen de seguridad no sea demasiado visible (degradando así la apariencia visual del billete) o no suficientemente visible (así, no detectable de manera fiable). Una solución es aumentar o reducir localmente la intensidad de la imagen de seguridad basada en una función de pesado $W(x,y)$ como se muestra en la primera forma de realización. Otra solución consiste en ajustar la transparencia de la tinta usada para producir el revestimiento de la señal: una tinta transparente producirá una señal débilmente visible sobre todos salvo los fondos más claros, mientras que una tinta opaca producirá una señal muy visible sobre la mayoría de los fondos. En otra forma de realización, el patrón de seguridad es obtenido mediante la combinación de la cuarta y novena forma de realización: un billete incluye algunas áreas con una rejilla y otras áreas llenadas con una señal invariable.

La integración de la señal en el esquema del diseño del billete puede realizarse como está ilustrado en la figura 49: en 2500, la señal es inyectada digitalmente en las ilustraciones 2511 (mediante la modificación de las matrices de oscilación de pequeña amplitud o mediante revestimiento digital) del billete con una resistencia 2510.

En 2501, es computada una estimación de la intensidad de señal. Esta estimación es una predicción de la que será la intensidad de señal después de la impresión y el escaneado y es comparada con cierto umbral predefinido en 2502 (este umbral puede ser el número mínimo de líneas requeridas para una detección positiva). Si la intensidad no es suficiente, entonces la resistencia 2510 es aumentada y el proceso se repite. El proceso entero puede ser totalmente automático (el sistema ajusta automáticamente a la resistencia mínima requerida para detección positiva) o interactivo (el diseñador puede evaluar luego el impacto visual de una resistencia dada sobre el diseño y sobre la detectabilidad). Este proceso de ajuste puede ser no iterativo si es posible predecir exactamente la resistencia requerida para unas ilustraciones dadas 2511.

Referencias citadas en la descripción

Esta lista de referencias citada por el solicitante es sólo para la conveniencia del lector. No forma parte del documento de patente europea. Aunque las referencias han sido compilada con gran atención, no se pueden excluir errores u omisiones y la OEP renuncia a toda responsabilidad en este respecto.

Documentos de patente citados en la descripción

- US 6198545 B [0001]
- US 5995638 A [0001]
- EP 1073257 A1 [0001]
- WO 0100560 A [0001]
- WO 0304178 A [0001]
- US 6771796 B [0001]
- US 6754377 B [0001]
- US 6567534 B [0001]
- US 6449377 B [0001]
- US 6674886 B [0001]
- US 6345104 B [0001]
- WO 2004051917 A [0001]
- US 6760464 B [0001]
- US 6694041 B [0001]
- US 6723121 B [0001]
- US 6775394 B [0001]
- US 6839450 B [0001]
- US 2003021437 A [0001]

- US 6408082 B [0001]
- US 6704869 B [0001]
- US 6424725 B [0001]
- AU 2002951815 [0002]
- CH 694233 [0004].

Literatura no relativa a patentes citada en la descripción

• **MELGOSA, M.; HITA, E.; POZA, A. J.; ALMAN, DAVID H.; BEMS, ROY S.** Suprathreshold Color- Difference Ellipsoids for Surface Colors. *Color Research and Application*, 1.997, vol. 22, 148-155 [0006].

• **MCCOURT, MARC E.** Spatial frequency tuning, contrast tuning, and spatial summation of suprathreshold lateral spatial interactions: *Grating induction and contrast-contrast*. *OSA Annual Meeting Technical Digest*, 1.993, vol. 16, 155- [0006].

REIVINDICACIONES

- 5 1. Método para la generación de una imagen de seguridad impresa sobre un billete, comprendiendo dicha imagen una imagen original y un patrón de seguridad (1008), **caracterizado** por el hecho de que dicho patrón de seguridad siendo obtenido en el dominio espacial por la transformada de Fourier inversa (1007) de la combinación (1006) en el dominio de frecuencias entre la transformada de Fourier (1003, 1004) de una imagen auxiliar (1002) y un patrón simétrico radialmente, bidimensional, dicho patrón bidimensional creado por barrido de una función autosimilar, unidimensional (201-206) a lo largo de un arco de 360 grados, tal como dicho patrón de seguridad siendo detectable a partir del valor máximo de la correlación cruzada (1303, 1305) de dicha función unidimensional (1301) con la transformada de Fourier de una línea (1302, 1304) de dicho billete, dicha línea siendo muestreada a lo largo de cualquier dirección arbitraria y con cualquier resolución entre 50 y 1.200 puntos por pulgada, siendo la imagen de seguridad generada en el dominio espacial mediante la incorporación de al menos un color de al menos una parte de la imagen original con el patrón de seguridad.
- 15 2. Método como se define en la reivindicación 1, **caracterizado** por el hecho de que el módulo de la transformada de Fourier del patrón de seguridad contiene un patrón simétrico radialmente bidimensional.
- 20 3. Método como está definido en la reivindicación 1, **caracterizado** por el hecho de que la incorporación de la imagen original con el patrón de seguridad para la generación de la imagen de seguridad es realizada mediante la formación de umbrales de una imagen de escala de grises con una función de puntos, conteniendo el módulo de la transformada de Fourier de dicha función de puntos un patrón simétrico radialmente bidimensional.
- 25 4. Método de la reivindicación 3, **caracterizado** por el hecho de que la función de puntos es construida como la transformada de Fourier inversa de un módulo y una fase, siendo dicho módulo un patrón simétrico radialmente, y siendo dicha fase ruido blanco.
- 30 5. Método de la reivindicación 3, **caracterizado** por el hecho de que la función de puntos es construida como la transformada de Fourier inversa de un módulo y una fase, dicho módulo construido como una interpolación lineal entre un par de patrones bidimensionales, siendo el primer patrón un patrón simétrico circularmente construido por barrido de una señal unidimensional autosimilar a lo largo de un arco de 360 grados y siendo el segundo patrón el módulo de la transformada de Fourier de una función de puntos arbitraria, y siendo dicha fase la fase de la transformada de Fourier de dicha función de puntos arbitraria.
- 35 6. Método de las reivindicaciones 2 a 5, **caracterizado** por el hecho de que el patrón simétrico radialmente bidimensional es también simétrico circularmente y está construido mediante el barrido de una señal unidimensional a lo largo de un arco de 360 grados.
- 40 7. Método de la reivindicación 6, **caracterizado** por el hecho de que el patrón simétrico circularmente bidimensional está construido mediante el barrido de una señal unidimensional autocorrelacionada a lo largo de un arco de 360 grados.
- 45 8. Método de la reivindicación 6, **caracterizado** por el hecho de que el patrón simétrico circularmente bidimensional está construido mediante el barrido de una señal unidimensional de escala invariable a lo largo de un arco de 360 grados.
- 50 9. Método de las reivindicaciones 2 a 3, **caracterizado** por el hecho de que el módulo de la transformada de Fourier de la imagen de seguridad contiene un patrón simétrico radialmente bidimensional construido mediante el barrido de una señal unidimensional autocorrelacionada a lo largo de una curva simétrica radialmente.
- 55 10. Método de las reivindicaciones 2 a 3, **caracterizado** por el hecho de que el módulo de la transformada de Fourier de la imagen de seguridad contiene un patrón simétrico radialmente bidimensional construido mediante el barrido de una señal unidimensional de escala invariable a lo largo de una curva simétrica radialmente.
- 60 11. Método de la reivindicación 3, **caracterizado** por el hecho de que el módulo de la transformada de Fourier de la función de puntos contiene un patrón simétrico radialmente bidimensional construido mediante el barrido de una señal unidimensional autocorrelacionada a lo largo de una curva simétrica radialmente.
- 65 12. Método de la reivindicación 3, **caracterizado** por el hecho de que el módulo de la transformada de Fourier de la función de puntos contiene un patrón simétrico radialmente bidimensional construido mediante el barrido de una señal unidimensional de escala invariable a lo largo de una curva simétrica radialmente.
13. Método como se define en la reivindicación 1, **caracterizado** por el hecho de que la imagen de seguridad es ocultada.
14. Método como se define en la reivindicación 1, **caracterizado** por el hecho de que la imagen de seguridad cumple una función decorativa.

ES 2 301 067 T3

15. Método como se define en la reivindicación 1, **caracterizado** por el hecho de que se usan imágenes de seguridad múltiples producidas con curvas de barrido diferentes.

5 16. Método como se define en la reivindicación 1, **caracterizado** por el hecho de que se usan imágenes de seguridad múltiples producidas con diferentes señales unidimensionales.

17. Método como se define en la reivindicación 1, **caracterizado** por el hecho de que se usan imágenes de seguridad múltiples producidas con técnicas de incorporación diferentes.

10 18. Método como se define en la reivindicación 1, **caracterizado** por el hecho de que la técnica de incorporación es una superposición de la imagen de seguridad sobre la imagen original.

15 19. Método como se define en la reivindicación 1, **caracterizado** por el hecho de que la técnica de incorporación es una superposición de la imagen original sobre la imagen de seguridad.

20. Métodos como son definidos en las reivindicaciones 18 y 19, **caracterizados** por el hecho de que la superposición de dos imágenes es realizada mediante la impresión de la primera imagen sobre la segunda.

20 21. Método como es definido en la reivindicación 1, **caracterizado** por el hecho de que el patrón de seguridad puede también ser identificado mediante la combinación de líneas sucesivas.

22. Método como es definido en la reivindicación 1, **caracterizado** por el hecho de que la detección es realizada mediante la combinación de líneas sucesivas.

25

30

35

40

45

50

55

60

65

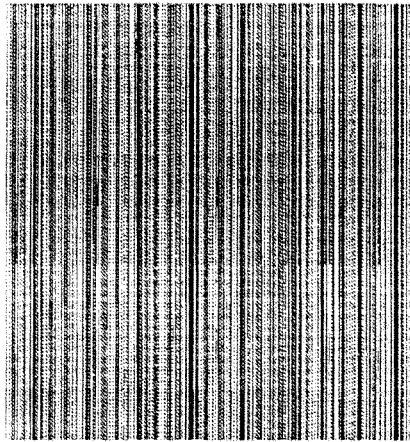


Figura 1

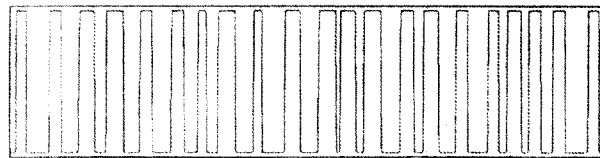


Figura 2



Figura 3

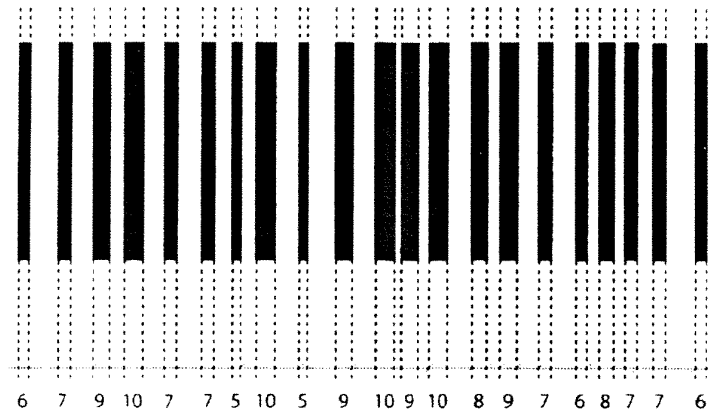


Figura 4

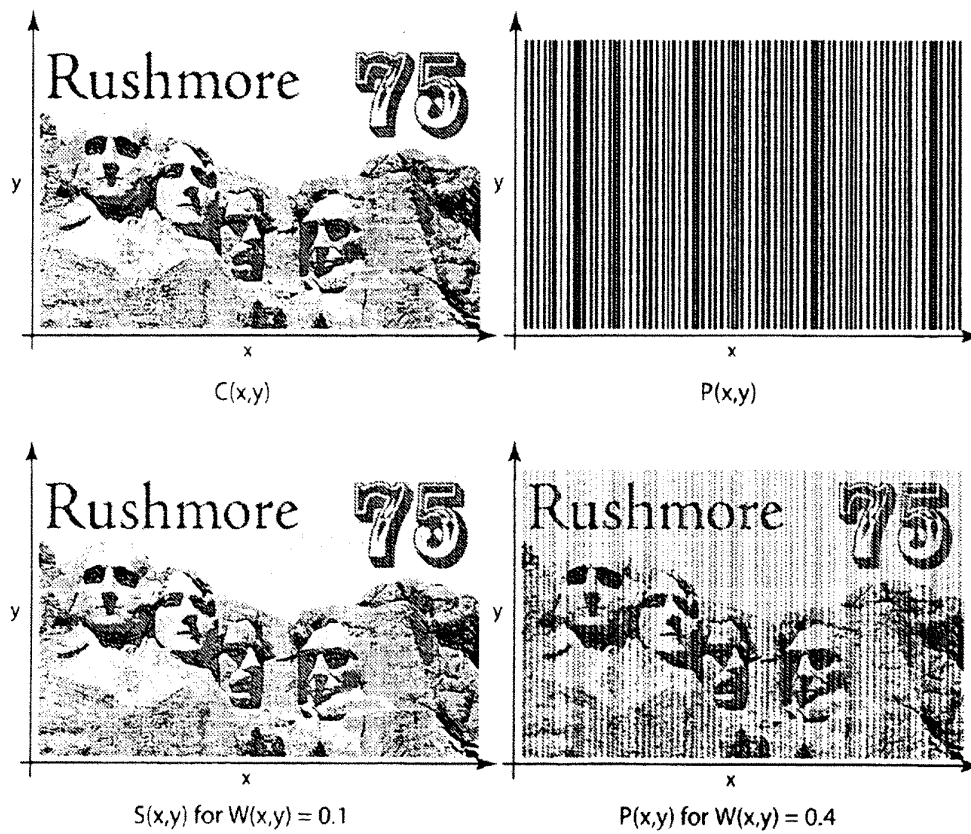


Figura 5

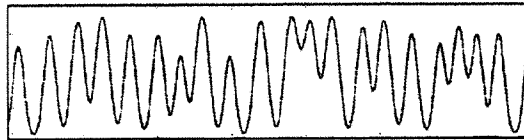
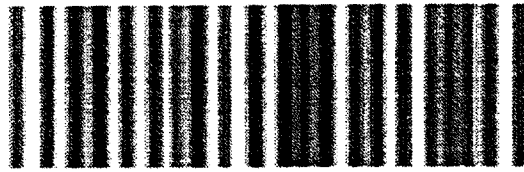


Figura 6

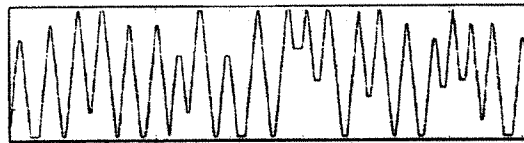
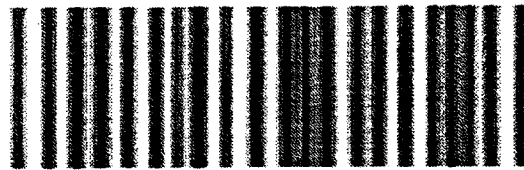


Figura 7

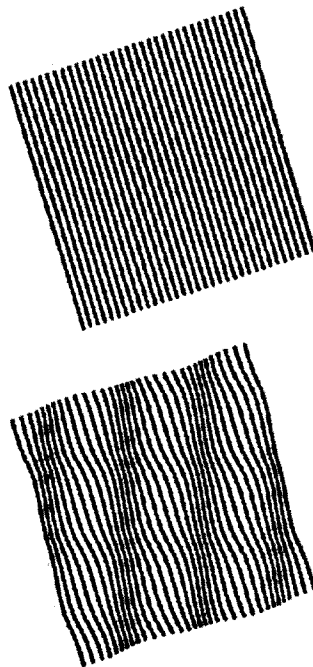


Figura 8

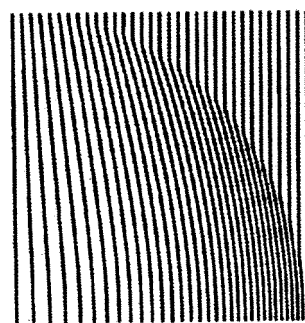
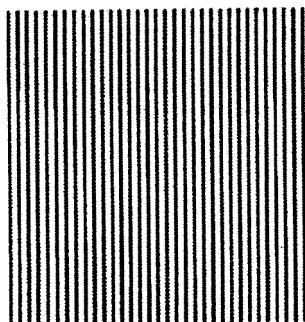


Figura 9

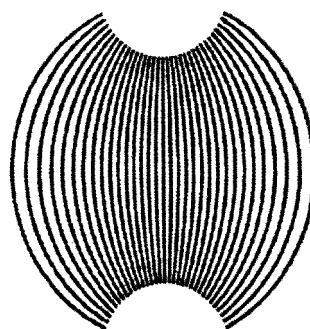
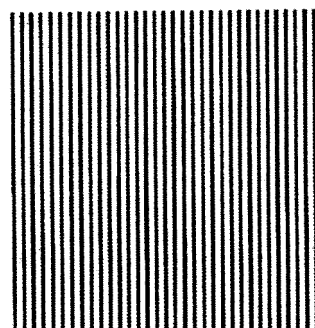


Figura 10

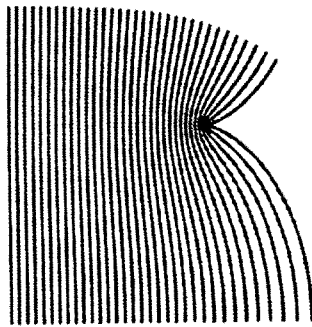
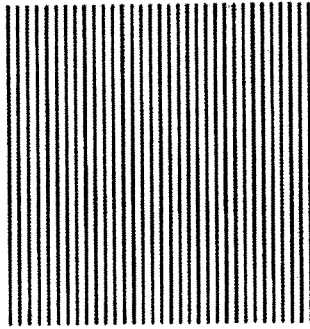


Figura 11

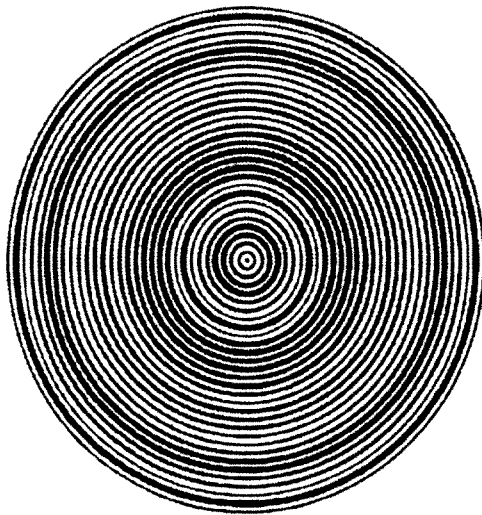


Figura 12

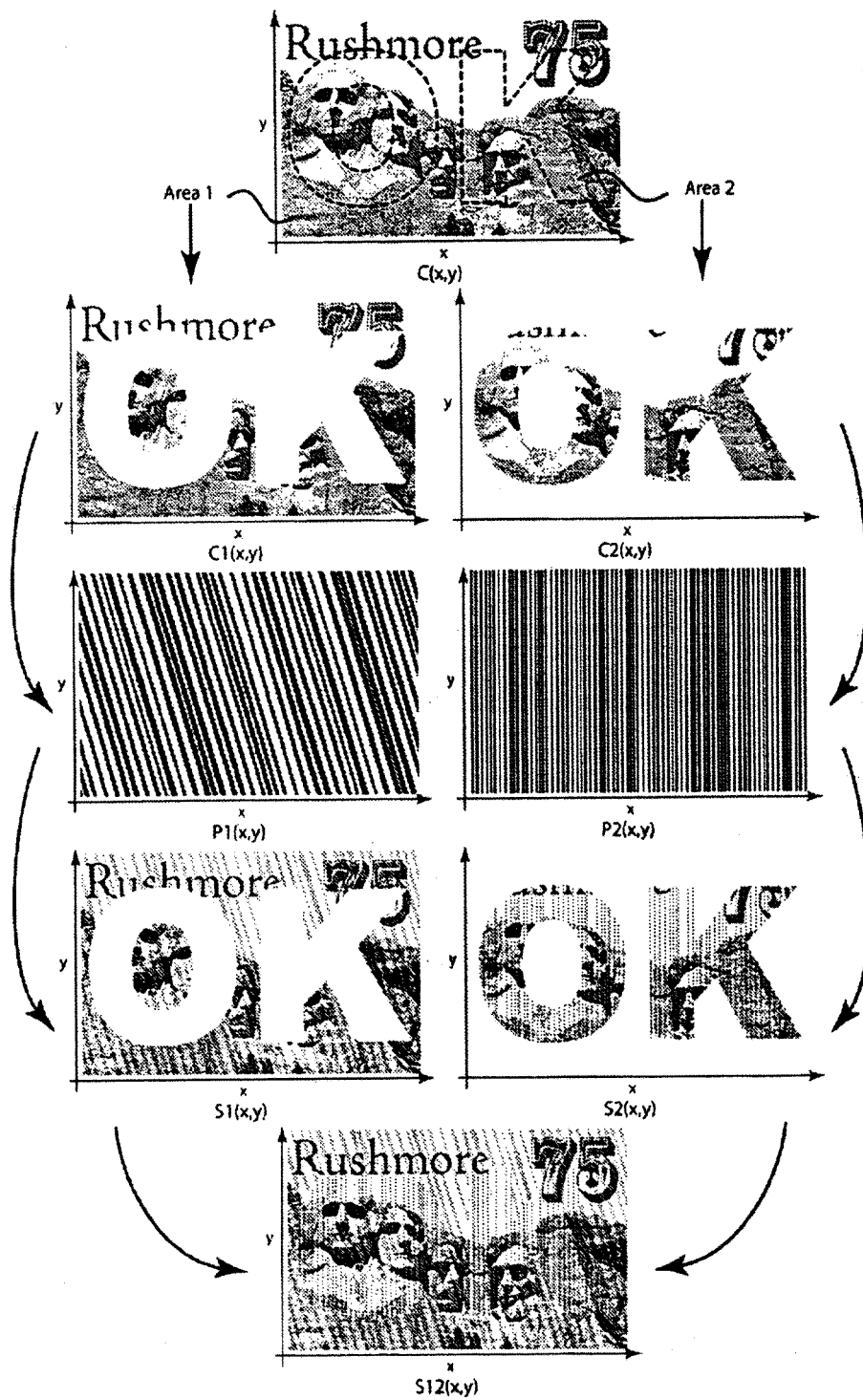


Figura 13

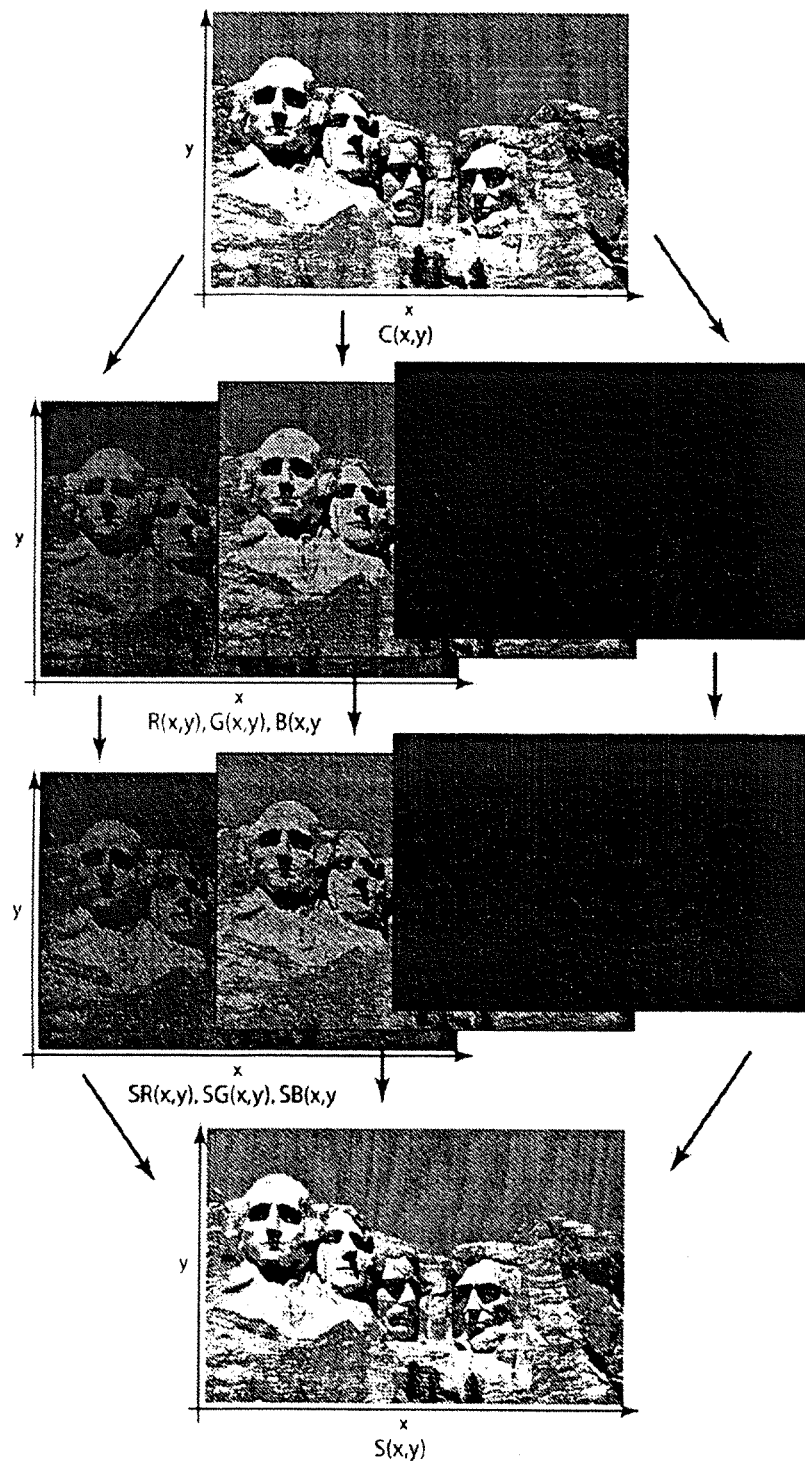
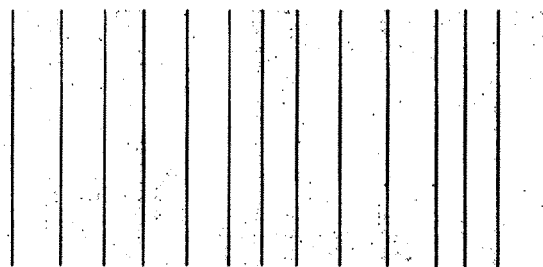
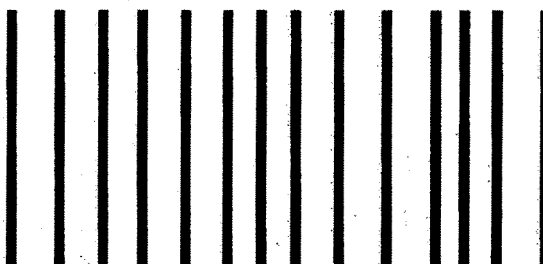


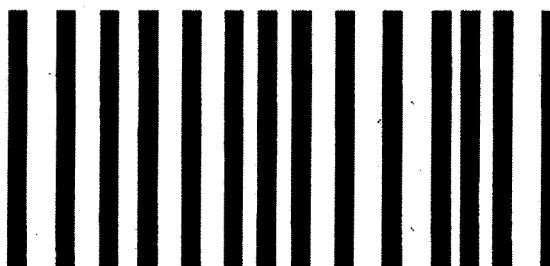
Figura 14



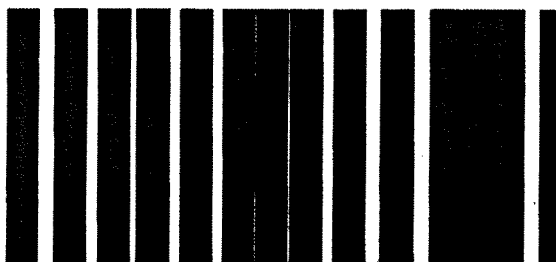
Patrón para nivel de intensidad = 1%



Patrón para nivel de intensidad = 15%



Patrón para nivel de intensidad = 43%



Patrón para nivel de intensidad = 85%

Figura 15

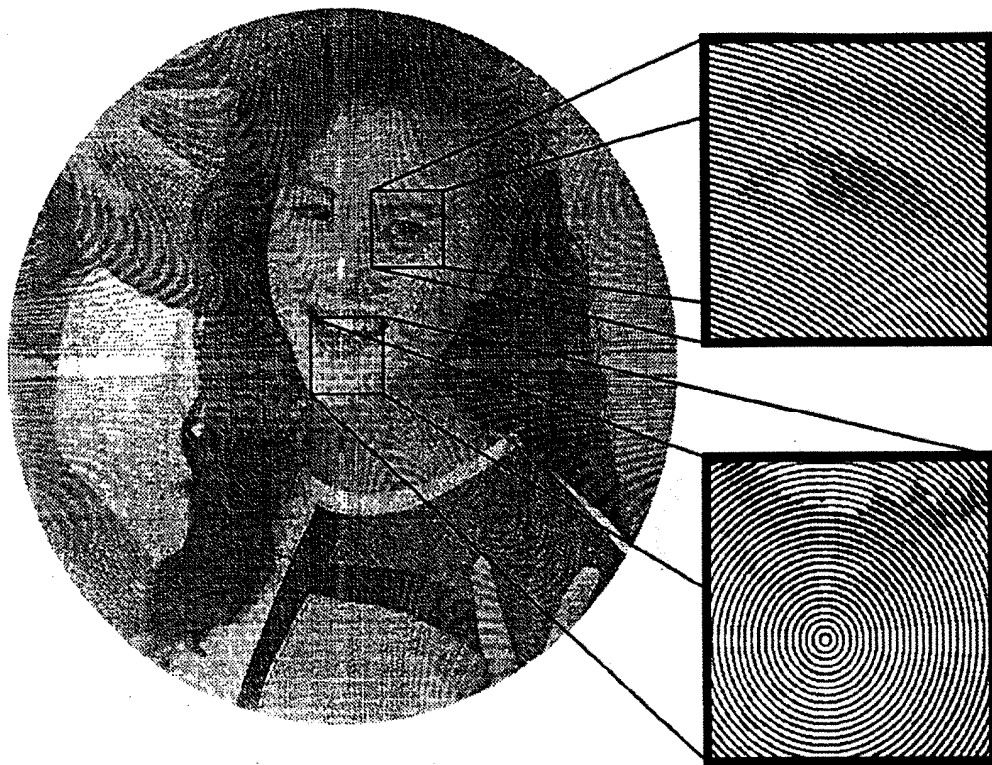


Figura 16

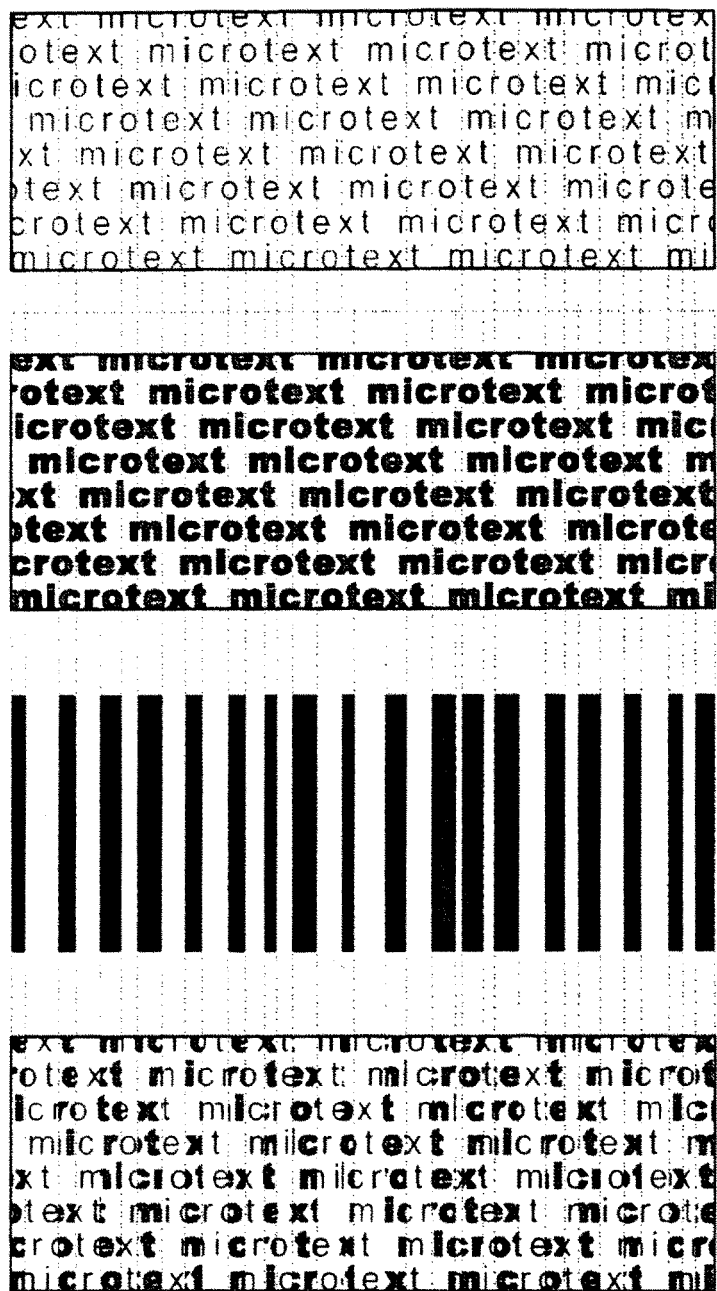


Figura 17

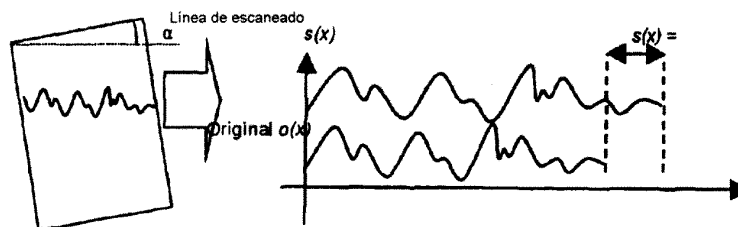


Figura 18

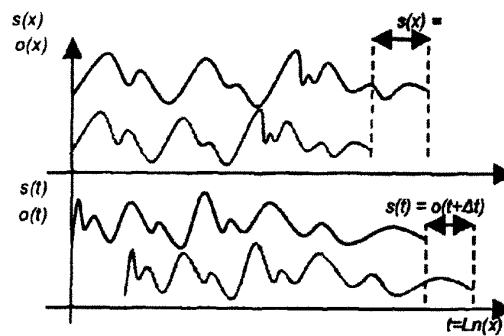


Figura 19

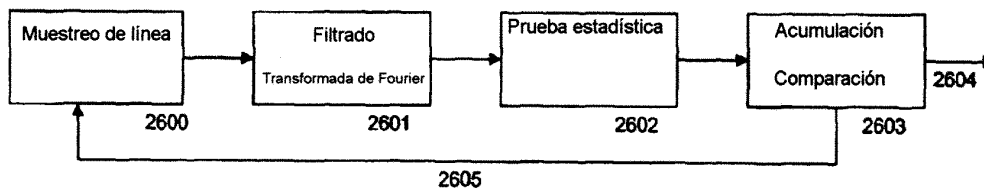


Figura 20

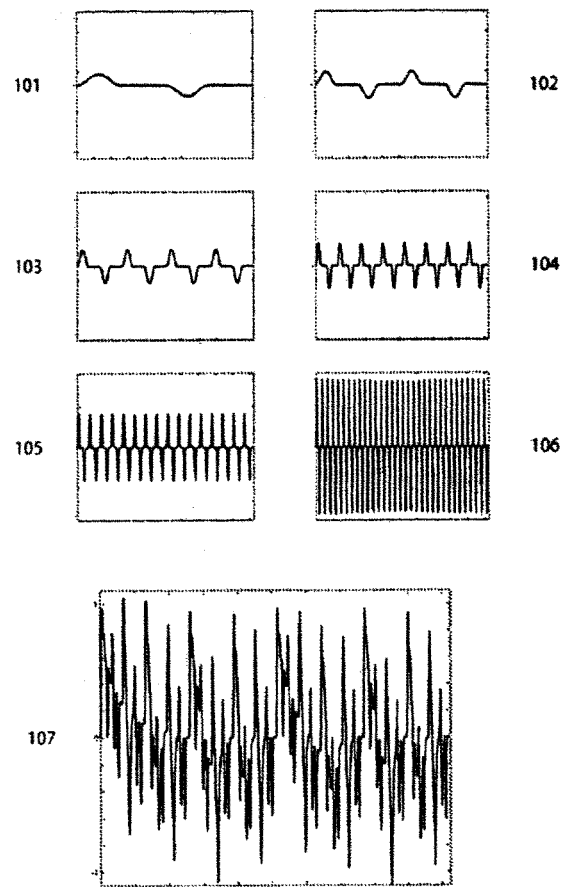


Figura 21

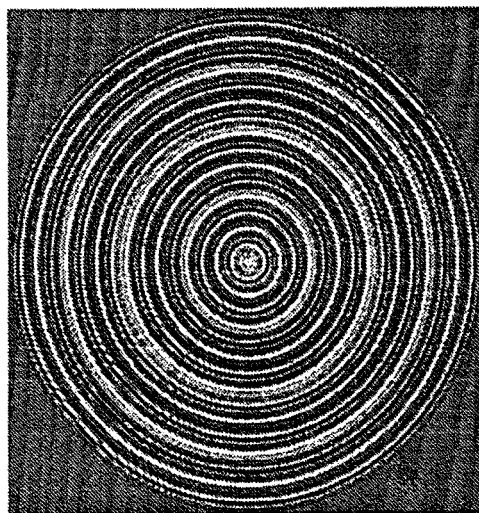


Figura 22

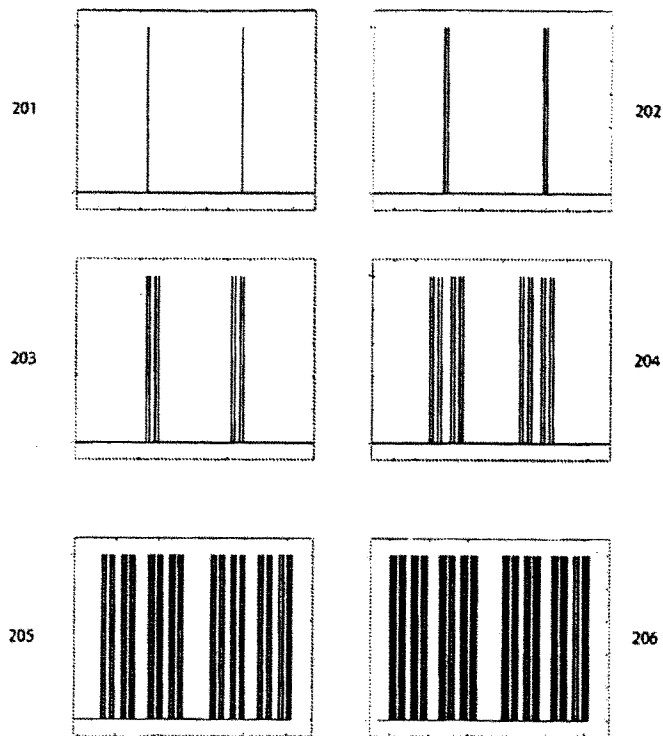


Figura 23

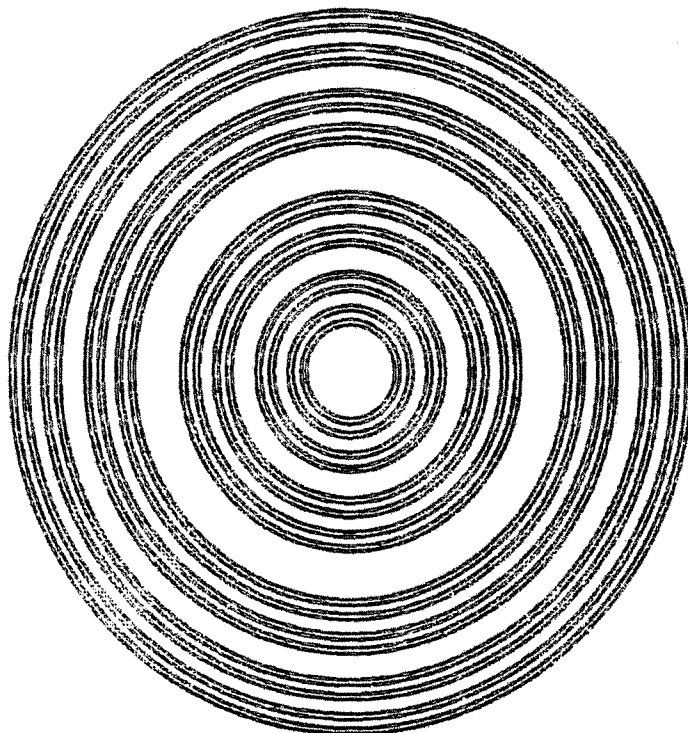


Figura 24

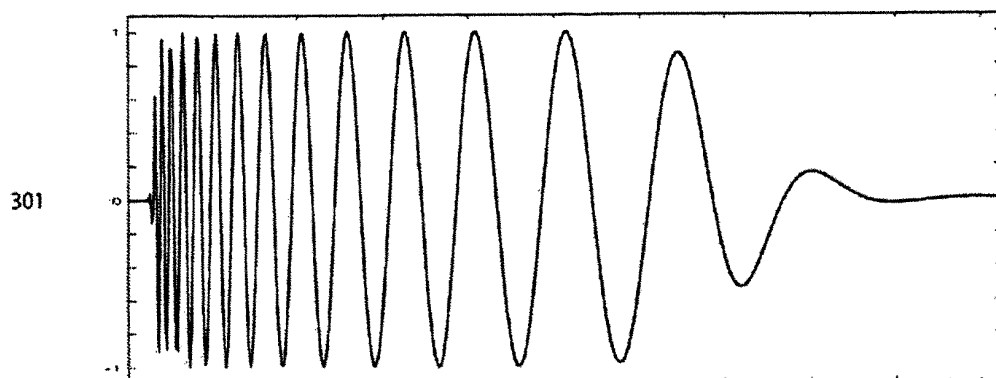


Figura 25

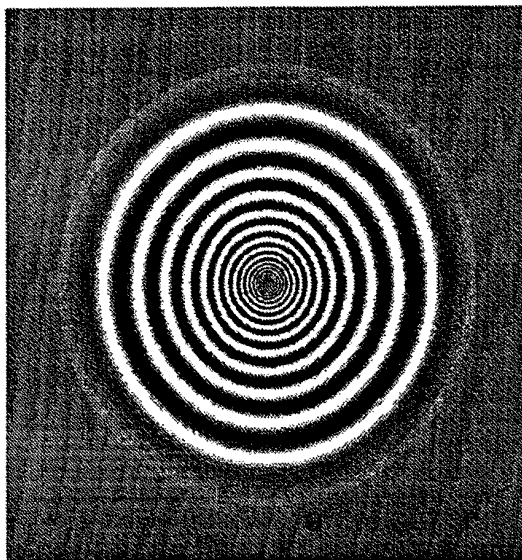


Figura 26

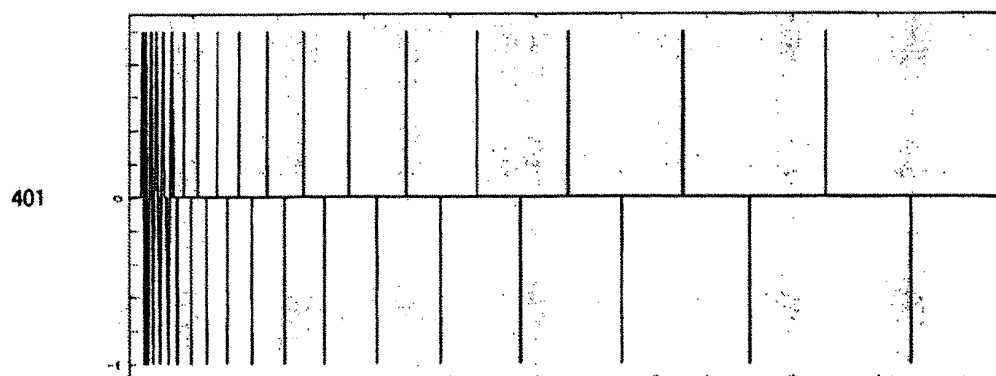


Figura 27

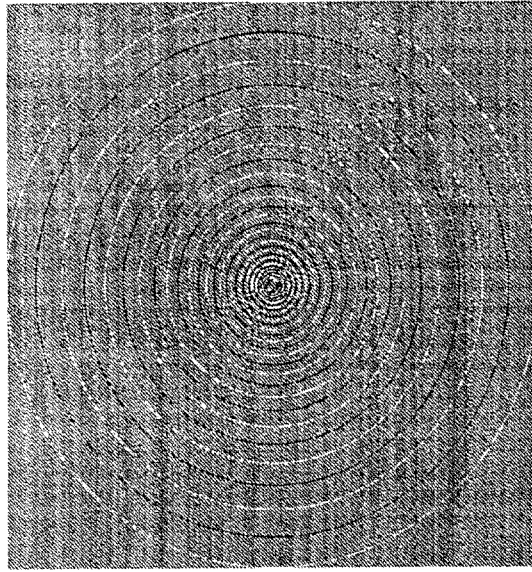


Figura 28

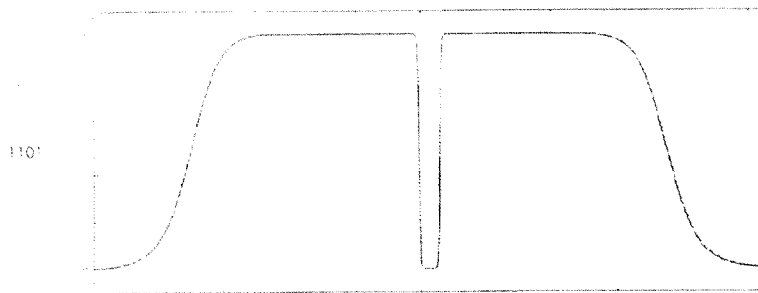


Figura 29

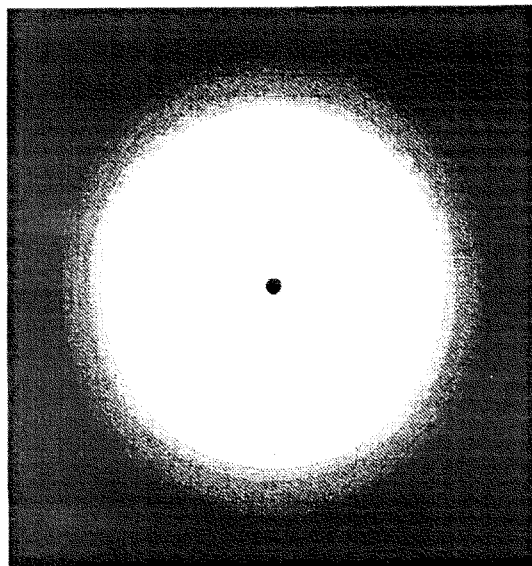


Figura 30

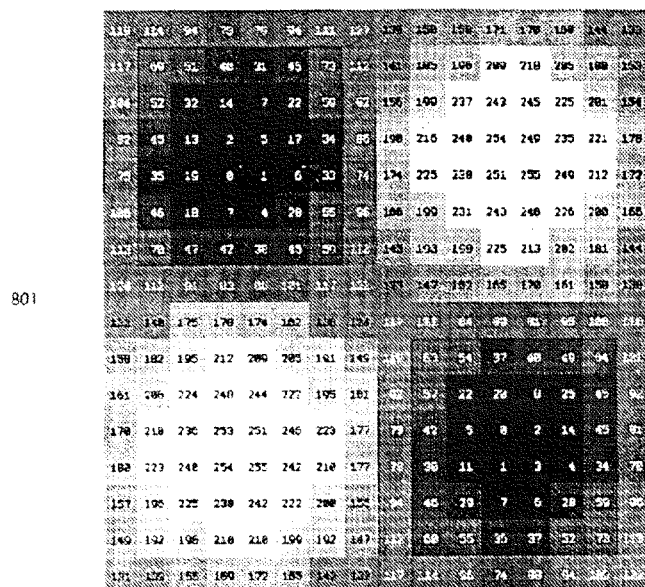


Figura 31

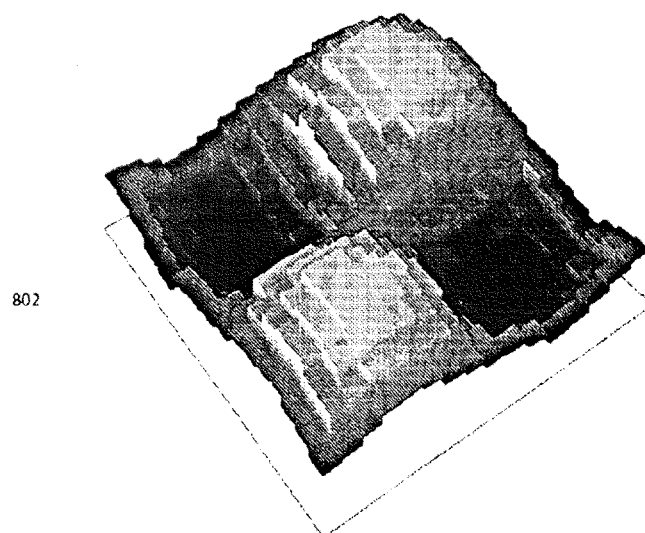
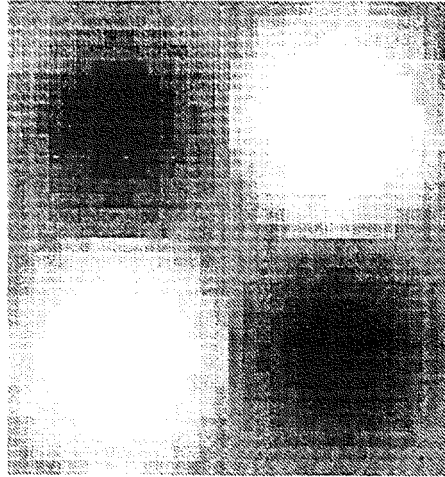


Figura 32

901



902

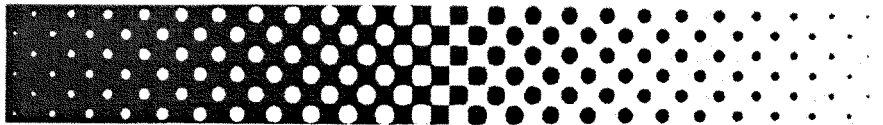


Figura 33

903

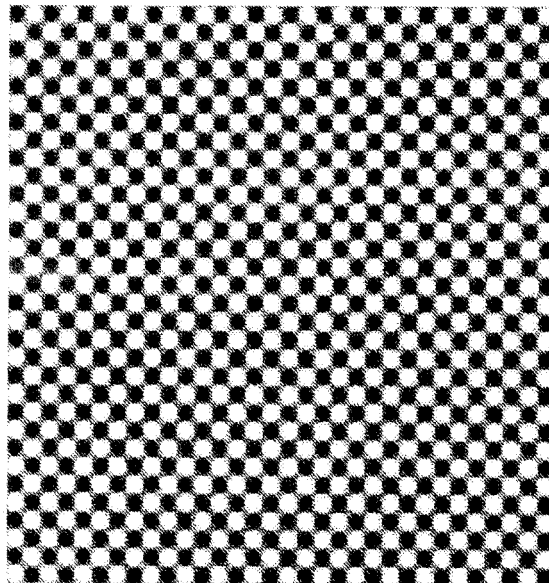


Figura 34

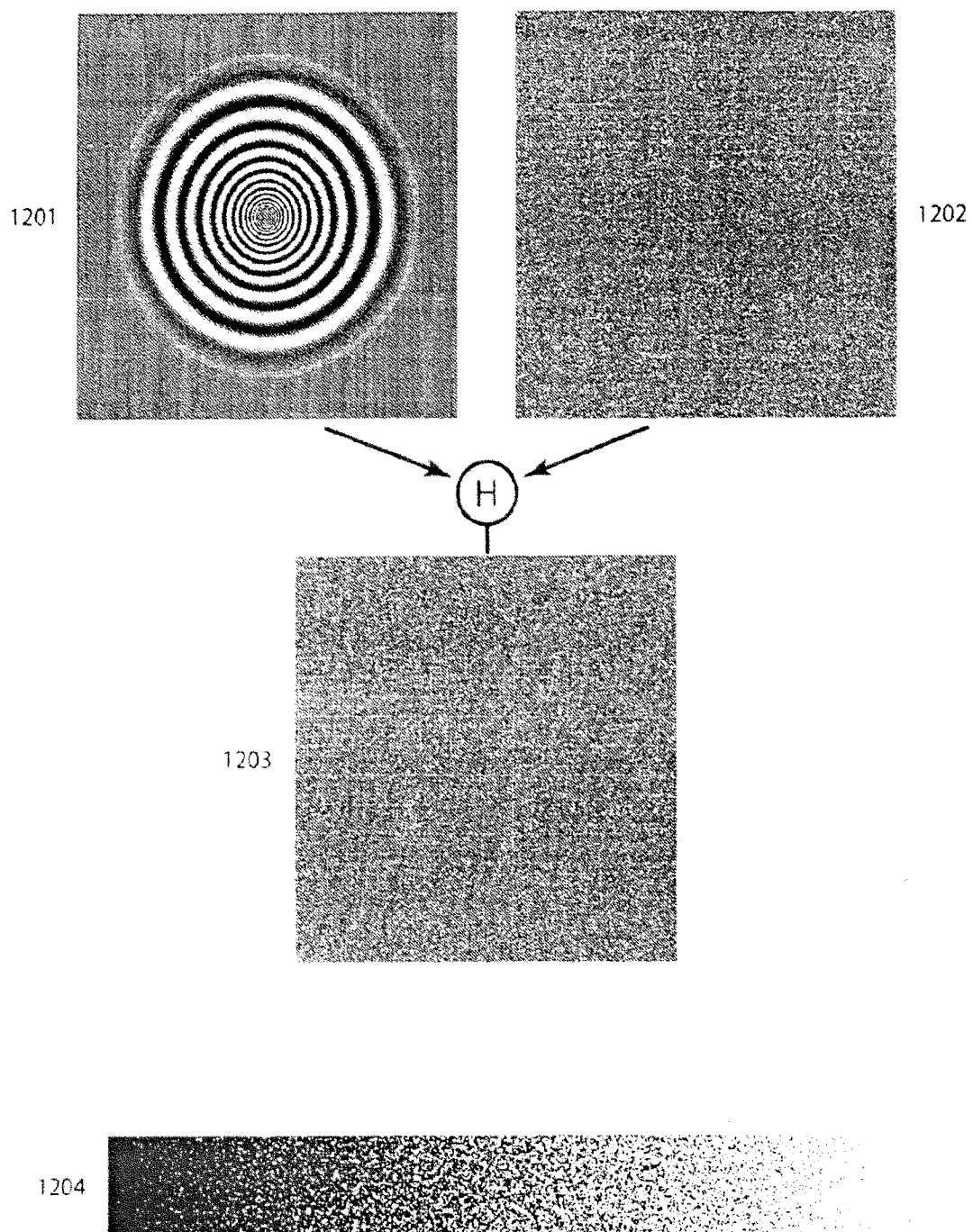


Figura 35

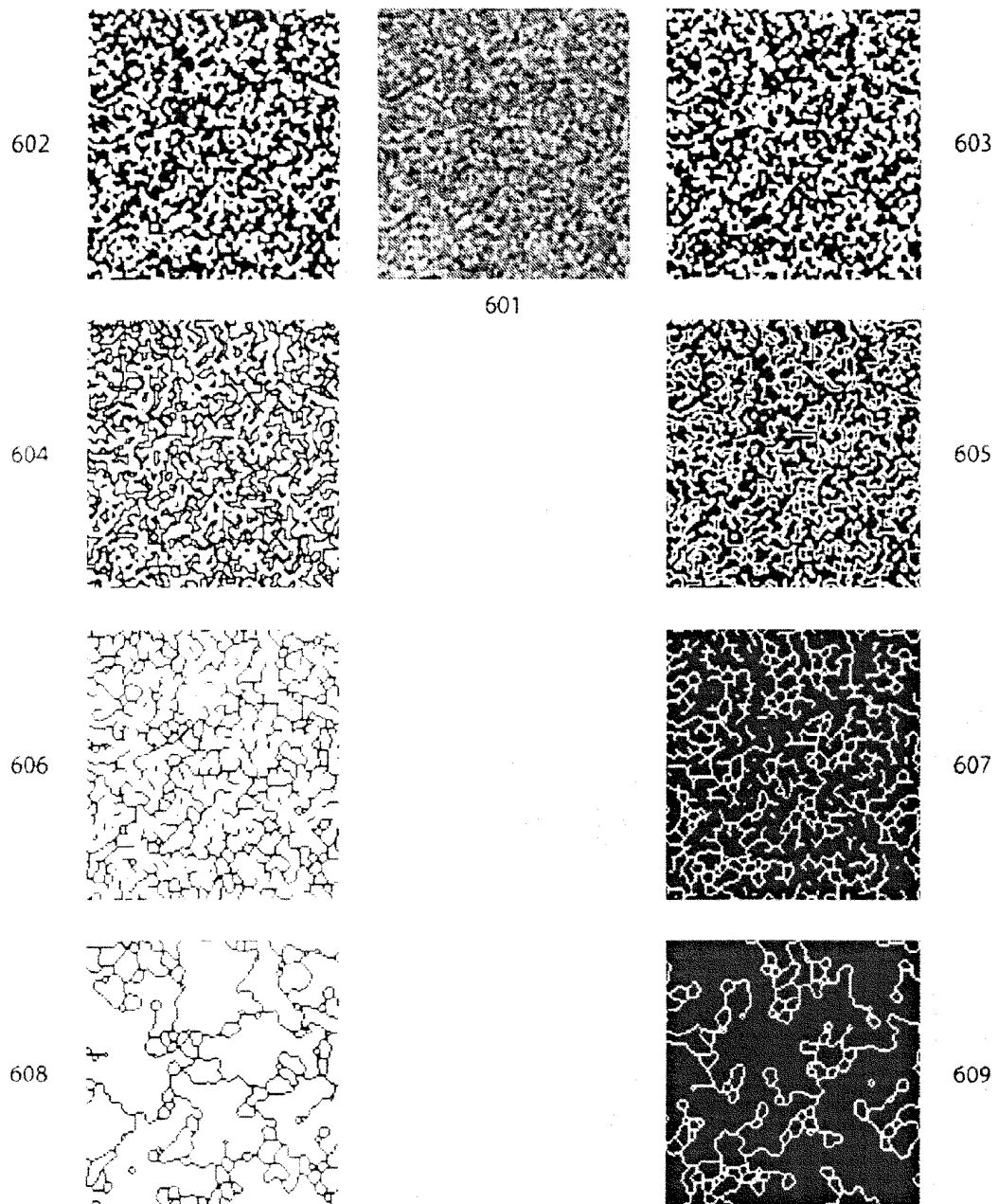


Figura 36

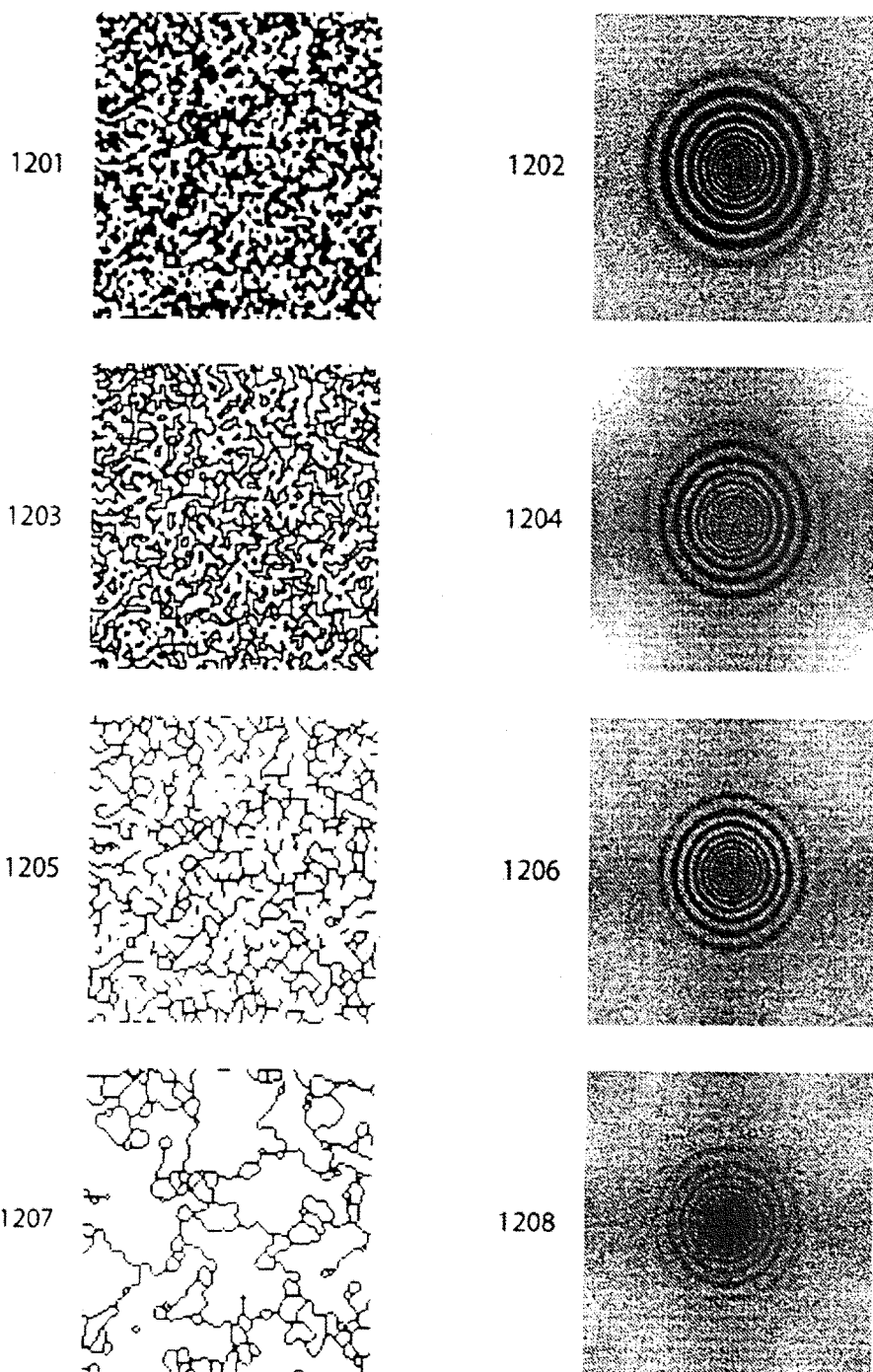


Figura 37

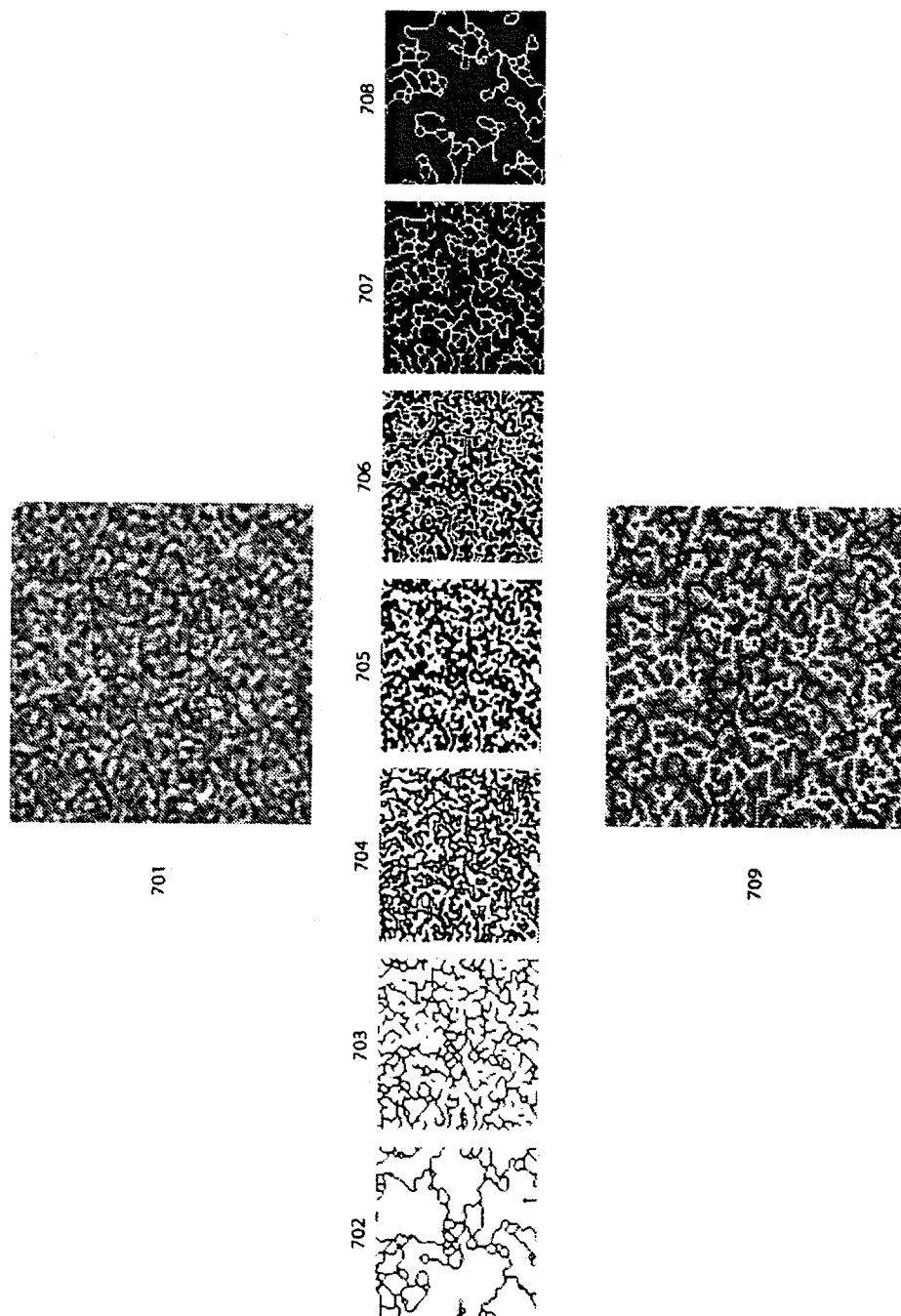


Figura 38



Figura 39

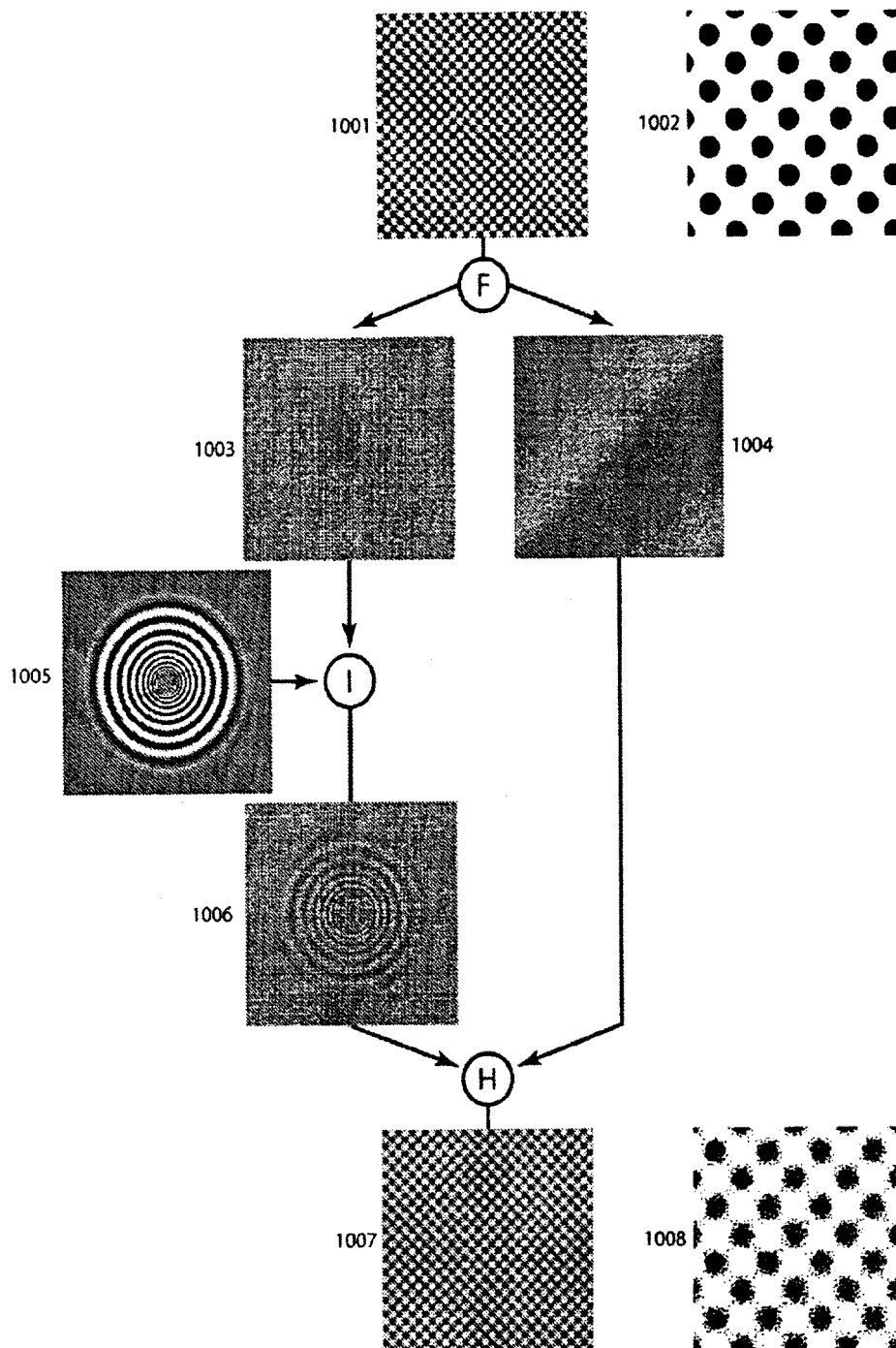


Figura 40

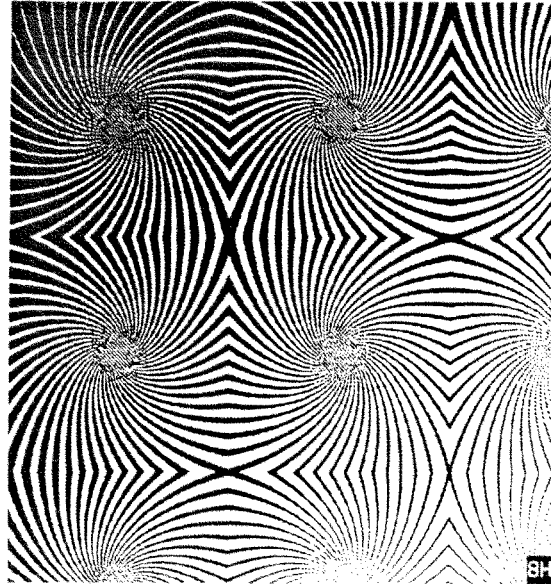


Figura 41

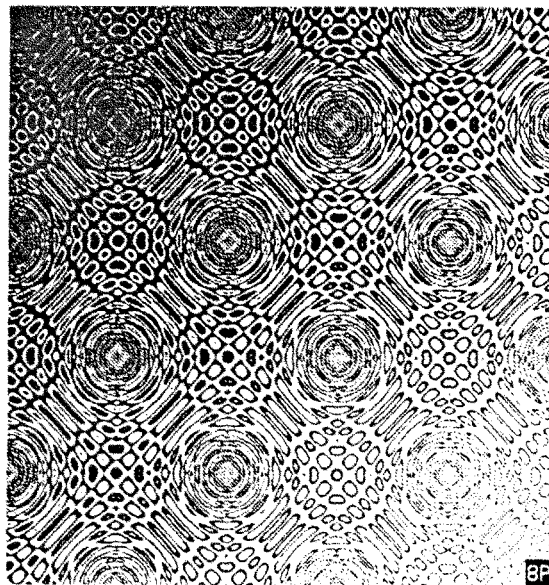


Figura 42

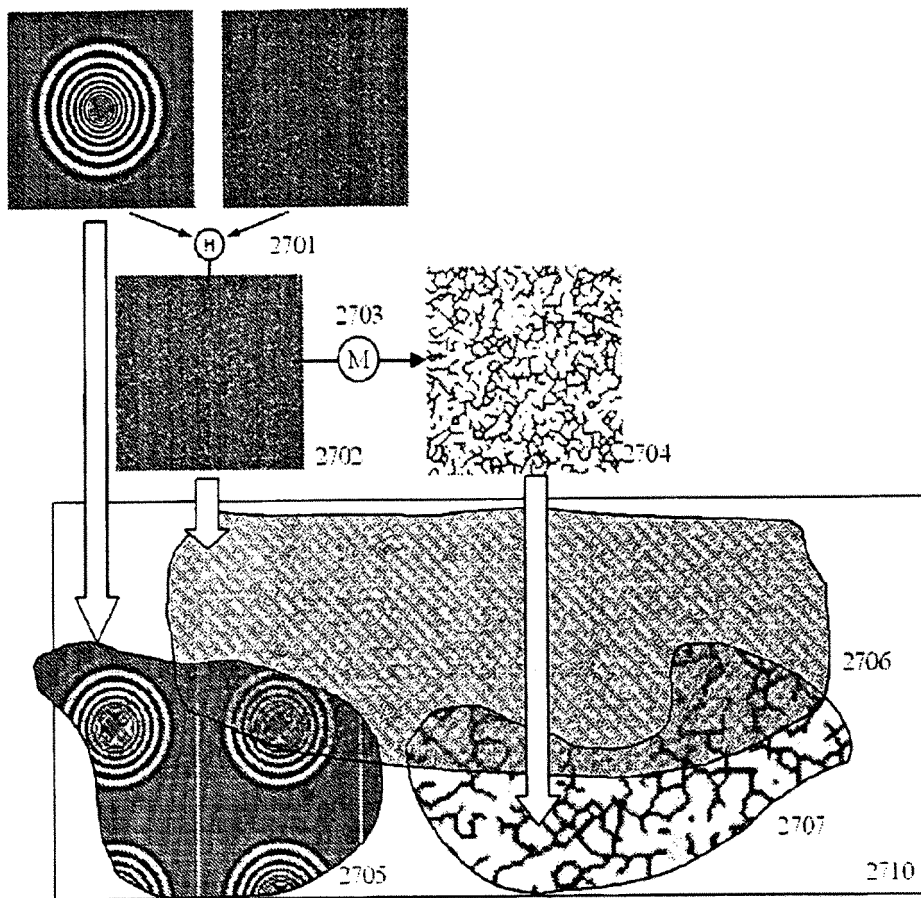


Figura 43

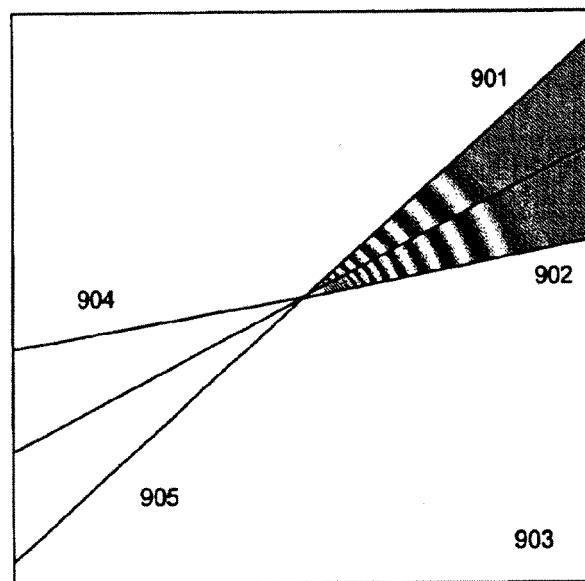


Figura 44

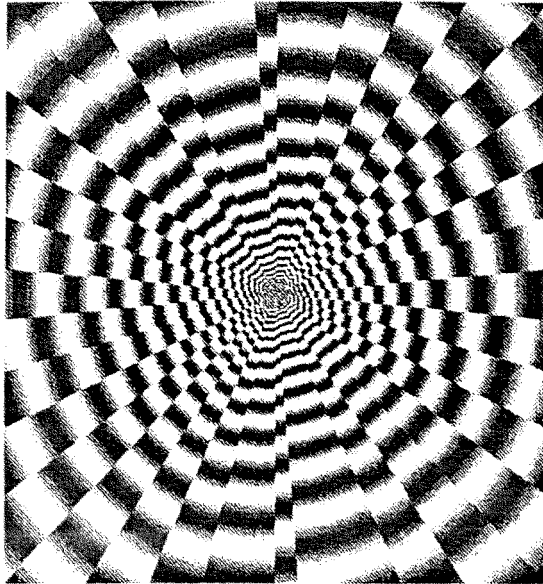


Figura 45

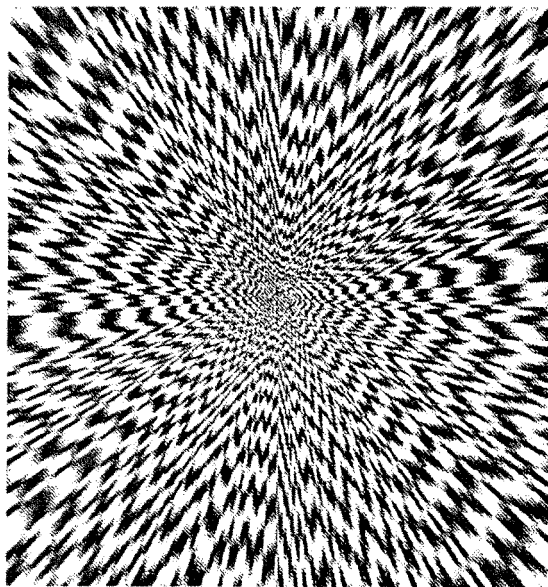


Figura 46

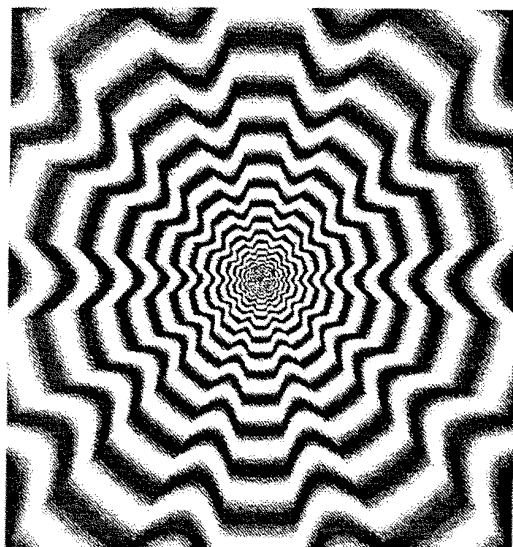


Figura 47

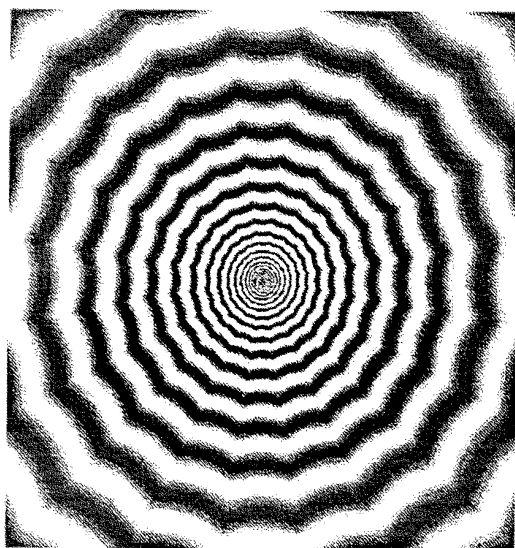


Figura 48

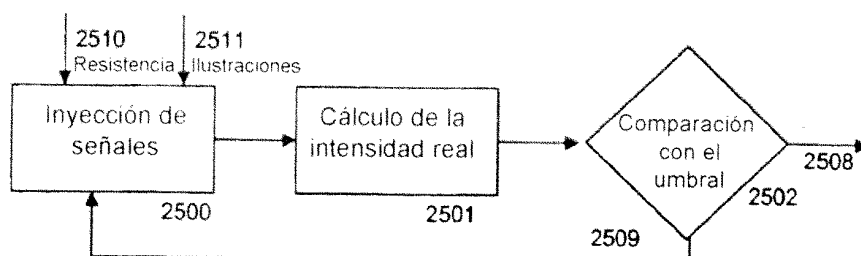
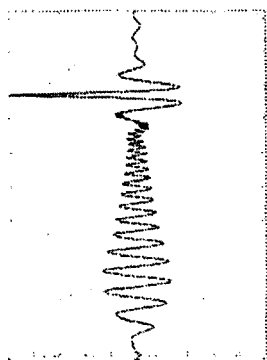
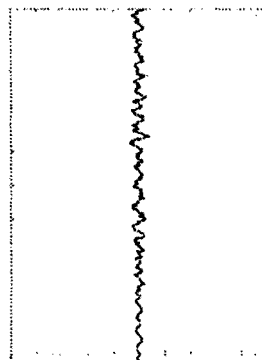


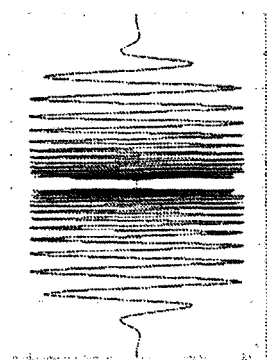
Figura 49



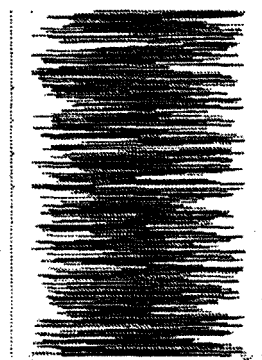
1303



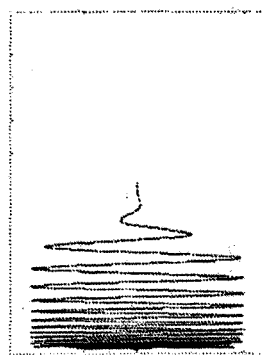
1305



1302



1304



1301

Figura 50

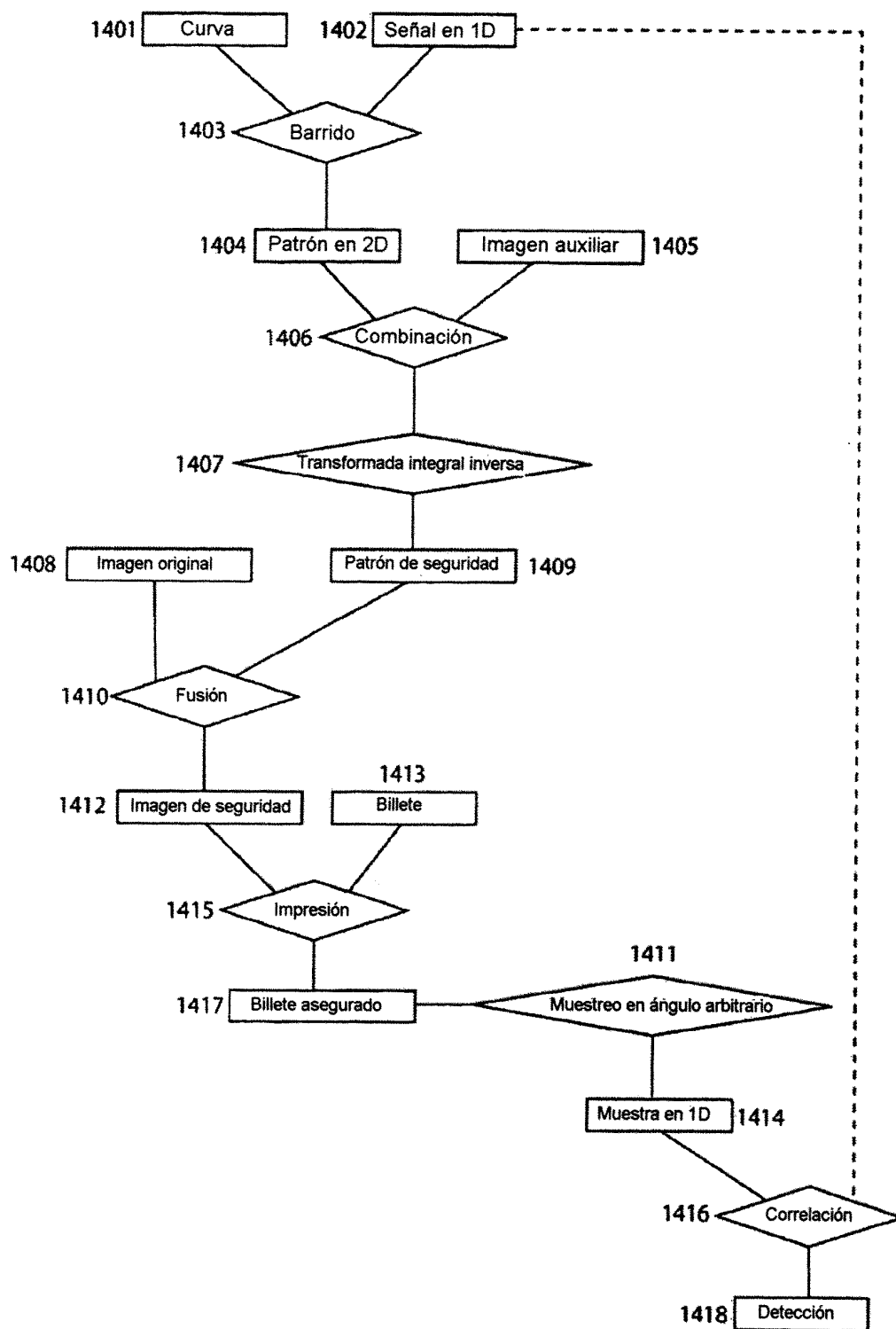


Figura 51

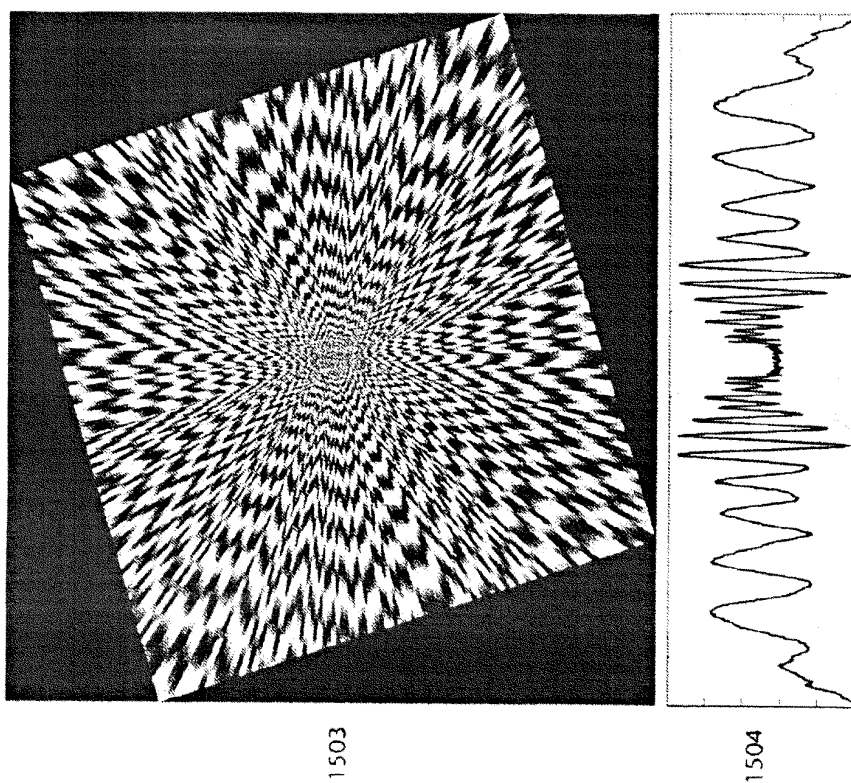
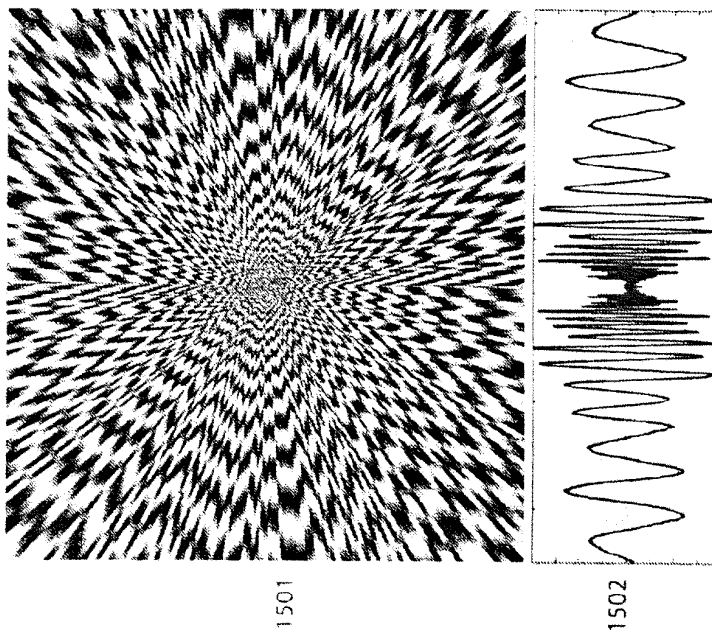


Figura 52