

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 395 079**

51 Int. Cl.:

G06T 11/00 (2006.01)

G01N 23/04 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **25.11.2003 E 03787121 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la solicitud europea: **28.09.2005 EP 1579372**

54 Título: **Método y aparato para tratamiento de imágenes tridimensionales en el dominio de Fourier**

30 Prioridad:

02.12.2002 US 307712

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

08.02.2013

73 Titular/es:

**VISIONGATE, INC. (100.0%)
1509 56TH AVENUE COURT NW
GIG HARBOR, WA 98335, US**

72 Inventor/es:

**RAHN, JOHN RICHARD y
NELSON, ALAN C.**

74 Agente/Representante:

URÍZAR ANASAGASTI, José Antonio

ES 2 395 079 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

Método y aparato para tratamiento de imágenes tridimensionales en el dominio de Fourier.

Campo de la invención

5 **[0001]** La presente invención se refiere a un sistema de tratamiento de imágenes tridimensionales en general, y, más en particular, a la tomografía óptica de alta resolución donde las características de interés son de un tamaño comparable a la longitud de onda de la luz utilizada para iluminar los objetos de interés.

Antecedentes de la invención

10 **[0002]** Un dispositivo de tomografía está destinado a producir reconstrucciones tridimensionales de objetos proporcionando una medida de atenuación de luz o de rayos X a lo largo de un conjunto de trayectorias de rayos a través del objeto. Por ello se prohíbe la existencia de un plano focal dentro de la región objeto, es decir, la profundidad de campo es infinita, y todos los fotones que alcanzan un elemento pixel detector individual han viajado, idealmente, a lo largo de la misma trayectoria geométrica. Para la tomografía de rayos X, la difracción de defectos de homogeneidad dentro de la región objeto no es un problema, porque el tamaño de tales características es normalmente mucho mayor que la longitud de onda de la radiación incidente. En tomografía óptica, sin embargo, las longitudes de onda son mucho mayores que en el caso de la tomografía de rayos x. Por tanto, la difracción de características dentro de la región objeto puede introducir ruido en el sistema al hacer que diversos rayos de luz alcancen al mismo elemento detector individual tras viajar a lo largo de diversas trayectorias diferentes entre la fuente y ese elemento detector. La presente invención aprovecha dichos efectos de difracción para adquirir información sobre una región tridimensional objeto, y reorganiza esa información mapeando el dominio de frecuencia espacial (espacio k) en el espacio real.

15 **[0003]** A.C. Kak and M. Slaney, en su libro titulado Principles of Computerized Tomographic Imaging (IEEE Press, 1988), describe el uso del Teorema de la Rebanada de Fourier para cartografiar luz transmitida o reflejada desde el dominio espacial en el dominio de frecuencia, como se describe en la FIG. 1. Al obtener imágenes de proyección desde múltiples puntos de vista y aplicando una transformada bidimensional de Fourier a cada uno, puede generarse un conjunto de superficies planas en el dominio de frecuencia (espacio k). La suma de estas superficies planas puede entonces ser operada por una transformada inversa de Fourier tridimensional para dar una reconstrucción tridimensional de la región objeto. En presencia de difracción débil dentro de la región objeto, las superficies planas se vuelven superficies esféricas, y el Teorema de la Rebanada de Fourier debería ser sustituido por el Teorema de Difracción de Fourier. Sin embargo, ambos enfoques fracasan cuando está presente una difracción fuerte. La transformada de Fourier de una única proyección cartografía un juego de superficies esféricas en el espacio k, dando lugar a valores ambiguos cuando se suman las superficies desde diferentes puntos de pista.

25 **[0004]** El trabajo por Pernick, y colaboradores. (1978), Wohlers, y colaboradores. (1978), y Backman, y colaboradores. (2001) ha demostrado la utilidad de examinar material biológico en el dominio bidimensional de Fourier. (Ver, por ejemplo, B. Pernick y colaboradores., " Estudio de muestras citológicas cervicales utilizando procesamiento óptico coherente. Parte 1," Appl. Optics 17, 21 (1978), R. Wohlers y colaboradores., "Estudio de muestras citológicas cervicales utilizando procesamiento óptico coherente. Parte 2," Appl. Optics 17, 35 (1978), B. Pernick y colaboradores., "Estudio de muestras citológicas cervicales utilizando procesamiento óptico coherente. Parte 3," Appl. Optics 17, 43 (1978), B.J. Pernick y colaboradores., Análisis paraxial de difracción de la luz por células biológicas en un sistema de flujo," Appl. Optics 17, 3205 (1978), V. Backman y colaboradores., "Medición de la Estructura Celular a Escala Submicrométrica con Espectrometría de difracción de luz," IEEE J. Selected Topics Quantum Electron. 7, 887 (2001)).

30 **[0005]** Se han descrito técnicas para utilizar difracción de la luz para examinar pequeñas características en un objeto por Kopp, y colaboradores en la patente U.S. 4.150.360, emitida el 17 de abril de 1979, titulada "Method and Apparatus for Classifying Biological Células," y la patente U.S. 4.213.036 emitida el 15 de julio de 1980 titulada "Method for Classifying Biological Cells". Kopp y colaboradores utilizaron la óptica de Fourier para adquirir una sola transformada bidimensional de Fourier de una célula biológica. Sin embargo, las regiones tridimensionales objeto no fueron consideradas por Kopp y colaboradores. Por el contrario, el método y aparato de la presente invención adquiere múltiples transformadas bidimensionales de Fourier a partir de diversos puntos de vista diferentes. Utilizando los diferentes puntos de vista, una transformada tridimensional de Fourier se informatiza utilizando técnicas tradicionales de tratamiento de imágenes que puede ser modificadas según la configuración geométrica específica.

35 **[0006]** La patente US 4616318 revela ejemplos de reproyectar imágenes que incluyen tomar la transformada bidimensional de Fourier de la imagen, interpolar la transformada con el fin de obtener los valores en líneas radiales, y tomar las transformadas unidimensionales inversas de las líneas radiales.

40 **[0007]** La patente WO 02/067223 revela un ejemplo de reconstrucción en haz cónico realizada en un ordenador con uno o más microprocesadores.

[0008] La patente US 6442288 revela un método para reconstruir una imagen tridimensional de un objeto escaneado de modo lineal o circular en el contexto de una tomosíntesis.

5 [0009] A diferencia de métodos ya conocidos, la presente invención proporciona un método que permite procesamientos 3D en tiempo real *in-situ* de la luz que pasa a través de todo el volumen de la región espécimen. El método de la presente invención utiliza óptica de Fourier para cartografiar la distribución angular de la luz que sale de la región objeto al espacio real en el plano focal trasero de un sistema de lente o espejo. Como resultado, la tridimensionalidad de la región objeto cesa para plantear un problema, ya que en la tomografía óptica los rayos de luz no necesitan originarse dentro de un único plano.

Resumen de la Invención

10 [0010] La presente invención proporciona un método y aparato para tratamiento de imagen multidimensional de una región objeto. El método incluye la etapa de pasar luz colimada a través de una región objeto para producir rayos de luz transmitidos. En otra etapa, los rayos de luz transmitidos son capturados por al menos un elemento óptico, cada uno de dichos al menos un elemento óptico teniendo una plano focal trasero. Se utiliza al menos un detector para capturar una distribución de energía de una transformada bidimensional de Fourier, donde el al menos un detector
15 está situado en un plano focal trasero del al menos un elemento óptico. Para dos o más puntos de vista, las etapas del método se repiten alrededor de un arco que rodea al menos parcialmente la región objeto para obtener múltiples transformadas bidimensionales de Fourier.

Breve Descripción de los Dibujos

[0011]

20 La FIG. 1 ilustra el Teorema de la Rebanada de Fourier.

La FIG. 2 muestra esquemáticamente una ilustración ejemplo de los rayos de luz cuando pasan a través de una región objeto en un sistema tridimensional de tratamiento de imágenes, entrando y saliendo de dos diferentes ángulos de visión, como se contempla por una realización de la presente invención.

25 La FIG. 2A muestra esquemáticamente una vista más detallada de la región objeto de la FIG. 2 como se contempla por una realización de la presente invención.

La FIG. 3 muestra esquemáticamente una ilustración ejemplo de un diagrama de bloques de alto nivel de un método y aparato para tratamiento tridimensional de imágenes en el Dominio de Fourier como se contempla por la presente invención.

30 La FIG. 4 muestra esquemáticamente una ilustración ejemplo de un sistema de tomografía óptica que emplea un sistema para tratamiento tridimensional de imágenes en el Dominio de Fourier como se contempla por la presente invención.

Descripción Detallada de las Realizaciones Preferidas

35 [0012] El método y aparato de la presente invención no requieren ninguna suposición sobre la fuerza de difracción de la luz. En su lugar, la presente invención se aprovecha del hecho de que una medición del modelo de intensidad en el plano focal trasero de unas lentes da la magnitud de una transformada de Fourier de los rayos de luz que alcanzan la lente. Un modelo de intensidad medido a partir de una proyección de rayos X, por otro lado, puede ser transformada utilizando relaciones de transformación de Fourier para dar componentes tanto reales como imaginarios de un plano en el espacio-k. En la presente invención, se pueden aplicar los resultados del Teorema de Wiener-Khintchine. El Teorema de Wiener-Khintchine plantea que la función de autocorrelación, c_{gg} , de un objeto, $g(x,y)$, es
40 equal a la transformada inversa de Fourier de la magnitud al cuadrado de la transformada de Fourier del objeto:

$$c_{gg} = F^{-1} [| F(g) |^2]$$

donde F^* y F^{-1} representan la transformada de Fourier y los operadores de Transformada de Fourier inversa, respectivamente. De modo similar a la aplicación del Teorema de la Rebanada de Fourier en sistemas no difractores, la intensidad en el plano focal trasero de la lente de cada uno de los múltiples puntos de vista puede
45 medirse para hallar $|F(g)|^2$ para cada plano en el espacio-k. Una transformada tridimensional de Fourier inversa, F^{-1} , puede entonces aplicarse a la suma para dar la función de autocorrelación tridimensional.

[0013] El Teorema de Wiener-Khintchine es un caso especial del Teorema de Parseval, que plantea que la función de intercorrelación, c_{gh} , de dos objetos $g(x,y)$ y $h(x,y)$, es igual a la Transformada inversa de sus transformadas de Fourier:

$$c_{gh} = F^{-1} [F(g) F^*(h)]$$

donde F^* indica la conjugada compleja de la Transformada de Fourier F .

[0014] Además de utilizar la presente invención para generar información de auto- e intercorrelación, los valores medidos pueden ser utilizados directamente, permitiendo a los métodos de análisis de imágenes buscar características específicas en modelos de difracción.

5 **[0015]** El método y aparato de la invención utiliza óptica de Fourier en un dispositivo de tomografía óptica para pasar sustancialmente toda la luz que sale de la región objeto, como se limita por la abertura de un sistema de lentes. Según una realización de la invención, la Transformada bidimensional de Fourier se cartografía en el plano focal trasero del sistema de lentes. Múltiples vistas proporcionan la capacidad de construir una Transformada tridimensional de Fourier y utilizar la información contenida en esta Transformada de Fourier para extraer información sobre la región objeto.

10 **[0016]** El método y aparato de la presente invención se basan, en parte, en los siguientes principios. Características precisas, tales como un objeto pequeño o una rejilla estrechamente espaciada, se dicen que tienen una alta frecuencia espacial. Debido a su alta frecuencia espacial, las características precisas producen grandes desviaciones de los rayos de luz que inciden en ellas. A la inversa, se dice que las características bastas tiene una baja frecuencia espacial, y desvían rayos de luz solamente en pequeña magnitud. En el tratamiento tradicional de imágenes, la eliminación de las altas frecuencias espaciales causará una pérdida de resolución en la imagen debido al alisamiento de bordes y características pequeñas, mientras que eliminar las bajas frecuencias espaciales producirá un "contorno" de la imagen, con bordes vivos pero sin espacios rellenos.

15 **[0017]** Ahora haciendo referencia a las FIGs. 2 y 2A, se ilustra una realización ejemplo de un sistema de tomografía óptica para el tratamiento de imágenes tridimensional en el Dominio de Fourier. En la FIG. 2, se muestran dos puntos de vista de una región objeto tridimensional, junto a la distribución de la luz en los planos de Fourier. Se entenderá que las ilustraciones en este documento son únicamente a modo de ejemplo y que la invención no está por tanto limitada. Por ejemplo, mientras que se muestran esquemáticamente dos puntos de vista, los dos puntos de vista pueden obtenerse por una pluralidad de sistemas de tratamiento de imágenes ópticas localizados en diferentes puntos de vista, por un único sistema de tratamiento de imágenes ópticas que se gira dentro de las vistas variantes, o girando la región objeto antes de un único sistema de tratamiento de imágenes ópticas o múltiples sistemas de tratamiento de imágenes ópticas, donde los sistemas de tratamiento de imágenes ópticas se construyen según las enseñanzas de este documento para utilizar la transformada de Fourier para el tratamiento tridimensional de imágenes.

20 **[0018]** El sistema de tomografía óptica incluye al menos una fuente de luz colimada 11 a, 11b, una región objeto 9 que incluye al menos una característica de interés 21, 22, 23, la región objeto estando dispuesta en al menos una trayectoria óptica a lo largo del eje óptico Φ_a o Φ_b a iluminar por la fuente de luz colimada 11a, 11b. Al menos un detector 12a, 12b es localizado en la al menos una trayectoria óptica a lo largo del eje Φ_a o Φ_b para recibir luz que pasa a través de la región objeto 9. Al menos una lente 13a, 13b se localiza en la al menos una trayectoria óptica a lo largo del eje Φ_a o Φ_b entre la región objeto 9 y el al menos un detector 12a, 12b de forma que se crea un plano de Fourier 64a, 64b en el plano focal trasero de cada lente. El al menos un detector 12a, 12b se localiza en el plano de Fourier 64a, 64b para mapear una distribución de frecuencia espacial de la al menos una característica de interés.

25 **[0019]** En una realización de ejemplo, la fuente de luz colimada 11a, 11b puede comprender una fuente colimada monocromática 11 que emite un haz que consta de rayos casi paralelos 32, como puede ser producido por un láser de gas de alta calidad. Para reducir la señal debido a luz no dispersa que pasa a través de la región objeto 9, una abertura 14a, 14b puede ventajosamente ser empleada en cada punto de visión.

30 **[0020]** La FIG. 2 muestra un ejemplo con una pluralidad de características 21, 22, y 23 dentro de la región objeto 9, dos siendo esferas y la tercera un elipsoide. En un primer punto de vista a lo largo de la trayectoria óptica a lo largo del eje óptico Φ_a , cada pluralidad de características 21, 22, y 23 resulta idéntica, porque el tamaño y forma de sus proyecciones en el plano de la luz incidente son idénticas como se registran por el detector 12a. Visto desde un segundo punto de vista a lo largo de la trayectoria óptica a lo largo del eje óptico Φ_b , sin embargo, la anisotropía del tercer objeto 23 produce un modelo de difracción que difiere del modelo de difracción producido por los otros dos.

35 **[0021]** Como se muestra en la FIG. 2, colocar un elemento óptico, tal como la lente 13a or 13b o el sistema óptico equivalente, en una trayectoria óptica a lo largo del eje óptico Φ_a o Φ_b entre la región objeto 9 y el detector 12a o 12b crea un plano de Fourier 64a, 64b según el caso en el plano focal trasero de la lente, por ejemplo, a una distancia (f) de una lente de longitud focal f. Una imagen formada en el plano focal trasero comprende así una Transformada de Fourier de la luz que sale de la región objeto 9 al espacio k, donde k es un vector que significa la dirección de la trayectoria de luz. La imagen puede ser agrandada, con la altura por encima del eje óptico, y, relacionada al ángulo de difracción, θ , por:

$$y = f \sin \theta .$$

[0022] Nótese que la posición rotacional, ω , del rayo alrededor de un eje óptico, Φ , es la misma tanto en el Plano de Fourier como en la región objeto. De ese modo un punto en el Plano de Fourier puede ser mapeado a una dirección específica de los rayos en la región objeto, independientemente de las posiciones de esos rayos. Las frecuencias espaciales bajas pasarán a través del Plano de Fourier cerca del eje óptico (por ejemplo, cerca del punto que mapea en $k = 0$), mientras que las frecuencias espaciales altas pasarán más lejos del eje óptico. Colocando una disposición de elementos detectores en este plano, puede adquirirse la distribución de energía de la Transformada bidimensional de Fourier. Si la región objeto o el par fuente-detector es entonces rotado alrededor de un eje central, pueden entonces adquirirse transformadas de Fourier bidimensionales adicionales para cada nuevo punto de vista.

[0023] Habiendo descrito el aparato de la invención, se fomentará una mayor comprensión describiendo su funcionamiento. En funcionamiento, cada una de la al menos una fuente de luz colimada 11 a, 11b emite un haz que consiste en rayos casi paralelos 32a, 32b. Los rayos casi paralelos 32a, 32b pueden estar sujetos a filtrado espacial antes de alcanzar una región objeto 9, de forma que se elimine cualquier luz divergente. Para reducir la señal debida a luz no desviada que pasa a través de la región objeto 9, puede ser ventajosamente empleada una abertura 14. Una lente 13a es colocada en la trayectoria óptica entre la región objeto 9 y el detector 12a, de modo que se creará un plano de Fourier en el plano focal trasero de la lente. Al colocar una alineación de elementos detectores 12a en el plano de Fourier, puede mapearse la distribución de frecuencia espacial debida a las características 21, 22, y 23.

[0024] Desde un segundo punto de vista, las tres características 21, 22, y 23 dispersan la luz entrante de 11b en un ángulo θ_1 , de modo que el detector 12b registra la misma distribución de intensidad para las tres características, que tienen (para esta representación esquemática) un pico central y un segundo pico en un radio y_1 desde el centro. Desde el punto de vista a, sin embargo, la anisotropía de la característica 23 es aparente; se dispersa en ángulo θ_2 , produciendo picos laterales en un radio y_2 desde el centro, mientras que las características 21 y 22 siguen produciendo picos laterales en un radio y_1 debido a la luz dispersada en el ángulo θ_1 .

[0025] En referencia a la FIG. 3, se muestra esquemáticamente una ilustración de ejemplo de un diagrama de bloques de alto nivel de un sistema de tratamiento de imágenes multidimensional 200 que utiliza el método y el aparato para tratamiento de imágenes tridimensionales en el Dominio de Fourier como se contempla por la presente invención. El sistema de tratamiento de imágenes multidimensional 200 incluye una fuente de luz colimada 11, una abertura opcional 14, un filtro espacial opcional 42, una región objeto 9, al menos una lente o equivalente óptico 9, al menos un detector 12, y un ordenador 113. En una realización de ejemplo, el ordenador 113 puede comprender un ordenador personal o estación de trabajo que incluye un programa informático diseñado convencionalmente que sirve como un trazador de distribución de frecuencia espacial 48 y un algoritmo de análisis de imágenes 52 para producir imágenes tridimensionales o funciones de correlación a partir de transformadas bidimensionales de Fourier. La fuente de luz colimada 11 genera rayos de luz casi paralelos 32 que son filtrados por el filtro espacial opcional 42. La luz filtrada 34 ilumina la región objeto 9. Los rayos de luz transmitidos 36 se transmiten a través de la región objeto y pasan a través de la lente 13. La lente 13 transmite rayos de luz del plano trasero 38 sobre un plano focal trasero con el fin de incidir en el detector 12 localizado en el plano de Fourier. La información 50 se transmite entre el ordenador 113 y el detector 12. El detector 12 puede ventajosamente comprender, por ejemplo, sensores de imagen, tales como, sensores de imagen de estado sólido CCD or CMOS, alineaciones de detectores y similares.

[0026] En referencia a la FIG. 4, se muestra esquemáticamente una ilustración de ejemplo de un sistema de tomografía óptica que emplea un sistema para tratamiento de imágenes tridimensionales en el Dominio de Fourier como se contempla por la presente invención. El sistema de tomografía óptica (OT) 100 incluye en una realización de ejemplo un cilindro de reconstrucción 12, posicionado alrededor del tubo conteniendo el objeto 2. El tubo conteniendo el objeto 2 puede, por ejemplo, comprender un tubo de arrastre de células en donde la célula 1 es contenida en un gel, o un tubo capilar para flujo celular, dependiendo del tipo de sistema de tomografía óptica.

[0027] El sistema OT 100 está orientado con referencia a un sistema de coordenadas 40 con coordenadas en las direcciones X, Y, Z. En funcionamiento-, un objeto de interés 1, tal como, por ejemplo una célula, incluyendo una célula humana, es contenido, o fluye a través de, un tubo 2 que contiene el objeto. Se comprenderá que las líneas 15 y 16 son representativas de las líneas de comunicación y control entre el sistema OT 100 y un ordenador 113 que comunican datos, información de imágenes, señales de control y otras señales entre el ordenador y el sistema OT 100. El cilindro de reconstrucción 12 puede ventajosamente comprender un sistema para tratamiento de imágenes multidimensionales utilizando transformadas de Fourier como se ha descrito antes con referencia a la FIG. 2. Las señales del cilindro de reconstrucción 12 pueden analizarse directamente o procesarse utilizando conocidos procesamientos de imágenes, análisis de imágenes y/o técnicas informáticas de reconstrucción tomográfica de imágenes para proporcionar información bidimensional o tridimensional sobre las células y otros objetos de interés.

[0028] En una realización adicional, la región objeto puede situarse entre la al menos una lente o óptica equivalente y su plano focal trasero, de modo que se forma una aproximación de la Transformada de Fourier de la luz saliendo de la región objeto en el plano focal trasero. Esta Transformada de Fourier aproximada puede ser considerada como equivalente a una Transformada de Fourier exacta siempre que el ángulo máximo de la luz convergente (es decir, la abertura numérica de sistema óptico), el ángulo máximo de dispersión de interés (medido respecto al rayo de luz incidente que es dispersado), y el espesor de la región objeto sean suficientemente pequeños para permitir que toda la luz difractada en un ángulo individual (relativo al rayo de luz que causa la difracción) alcance un único elemento detector.

5 **[0029]** En realizaciones adicionales, puede ser aplicado el Teorema de Parseval para generar funciones de auto- e intercorrelación de la región objeto. Para generar la función de autocorrelación, es suficiente medir la intensidad, $|F(g)|^2$, de la luz en el plano focal trasero del al menos un elemento óptico. Para generar la función de intercorrelación, puede ser colocada una máscara, formada a partir del modelo de difracción obtenido de un objeto diferente, en el plano focal trasero del al menos un elemento óptico.

10 **[0030]** La invención ha sido aquí descrita en considerable detalle con el fin de cumplir los Estatutos de Patentes y proporcionar a los entendidos en la materia la información necesaria para aplicar los principios novedosos de la presente invención, y para construir y utilizar componentes de ejemplo y especializados según se requiera. Sin embargo, debe entenderse que la invención puede ser llevada a cabo por equipo y dispositivos y algoritmos de reconstrucción específicamente distintos, y que pueden hacerse diversas modificaciones, tanto para los detalles del equipo como para procedimientos de funcionamiento, sin alejarse del ámbito de las reivindicaciones adjuntas.

REIVINDICACIONES

1. Un método para el tratamiento de imágenes multidimensionales de una región objeto (9), el método comprendiendo las etapas de:
- a) pasar luz a través de una región objeto (9) para producir rayos de luz transmitidos (36);
 - 5 b) capturar los rayos de luz transmitidos (36) por al menos un elemento óptico (13), el al menos un elemento óptico (13) teniendo un plano focal trasero;
 - c) utilizar al menos un detector (12) para capturar un espectro de energía de una transformada bidimensional de Fourier, donde el al menos un detector (12) está localizado en un plano focal trasero del al menos un elemento óptico (13); y
 - 10 d) repetir las etapas a)-c) para dos o más puntos de vista sobre un arco al menos parcialmente rodeando la región objeto (9) para obtener múltiples transformadas bidimensionales de Fourier.
2. El método de la reivindicación 1, que además comprende la etapa de utilizar un algoritmo de ordenador de análisis de imágenes (52) para extraer al menos una característica de interés (21, 22, 23) de una o más de las múltiples transformadas bidimensionales de Fourier.
- 15 3. El método de la reivindicación 1 donde el elemento óptico (13) es seleccionado del grupo formado por una lente y superficie reflectante.
4. El método de la reivindicación 1 que además comprende la etapa de pasar la luz a través de un filtro espacial (42) colocado en una trayectoria óptica entre la fuente de luz (11) y la región objeto (9).
- 20 5. El método de la reivindicación 1, en la cual los rayos de luz transmitidos (36) capturados por el al menos un elemento óptico (13) son transmitidos a través de la región objeto (9) antes de pasar a través del al menos un elemento óptico (13).
6. El método de la reivindicación 1, en el que los rayos de luz (36) pasan a través de la región objeto (9) después de pasar a través del al menos un elemento óptico (13).
- 25 7. El método de la reivindicación 1, que además comprende la etapa de reconstruir las múltiples transformadas bidimensionales de Fourier (48, 52) para crear una transformada tridimensional.
8. El método de la reivindicación 7, que además comprende la etapa de utilizar un algoritmo de ordenador de análisis de imágenes (52) para extraer al menos una característica de interés (21, 22, 23) de las transformadas tridimensionales de Fourier.
- 30 9. El método de la reivindicación 7, que además comprende la etapa de emplear una máscara y un algoritmo de análisis de imágenes (52) para construir una función de intercorrelación de la región objeto (9) con una región objeto previamente examinada (9).
10. El método de la reivindicación 7, que además comprende la etapa de emplear un algoritmo de análisis de imágenes (52) para construir una función de autocorrelación de la región objeto (9).
11. El método de la reivindicación 9, en el que la región objeto previamente examinada (9) incluye una célula (1).
- 35 12. El método de la reivindicación 9, en el que la región objeto previamente examinada (9) incluye un espectro generado artificialmente.
13. Un sistema para tratamiento de imágenes multidimensionales de una región objeto (9), el sistema comprendiendo:
- una fuente de luz (11);
 - 40 una región objeto (9) que incluye al menos una característica de interés (21, 22, 23), la región objeto (9) estando dispuesta en una trayectoria óptica para ser iluminada por la fuente de luz (11);
 - al menos un detector (12) localizado en la trayectoria óptica para recibir luz que pasa a través de la región objeto (9);
 - 45 al menos una lente (13) localizada en la trayectoria óptica entre la región objeto (9) y el al menos un detector (12) de modo que se cree un plano de Fourier en el plano focal trasero de la lente, donde el al menos un detector (12) está situado en el plano de Fourier; y
 - en donde la fuente de luz (11), el al menos un detector (12) y la al menos una lente (13) están dispuestos para proporcionar múltiples vistas de la región objeto (9) para mapear al menos una distribución n-

dimensional de frecuencia espacial de la al menos una característica de interés (21, 22, 23) en cada vista para proporcionar una pluralidad de distribuciones de frecuencia espacial utilizada para construir un conjunto de datos (n+1)-dimensional, donde n es mayor que o igual a 1, por lo cual puede reconstruirse una Transformada n-dimensional de Fourier como una transformada (n+1)-dimensional de Fourier.

- 5 **14.** El sistema de la reivindicación 13 en donde la fuente de luz (11) comprende un láser.
- 15.** El sistema de la reivindicación 13 que además comprende un filtro espacial (42) colocado en una trayectoria óptica entre la fuente de luz (11) y la región objeto (9).
- 16.** El sistema de la reivindicación 13 que además comprende una abertura (14) colocada en una trayectoria óptica entre la fuente de luz (11) y la región objeto (9).
- 10 **17.** El sistema de la reivindicación 13 en donde el al menos un detector (12) comprende un detector seleccionado del grupo formado por CCD, CMOS, sensores de imagen de estado sólido, y alineaciones de detectores sensores de imágenes de estado sólido.
- 18.** El sistema de cualquiera de las reivindicaciones 13 a 17 que comprende además:
- 15 un tubo (2) conteniendo un objeto localizado a lo largo de la trayectoria óptica, en donde el objeto de interés (1) está contenido dentro del tubo (2) conteniendo un objeto.
- 19.** El sistema de la reivindicación 13 en donde el objeto de interés (1) comprende una célula (1).

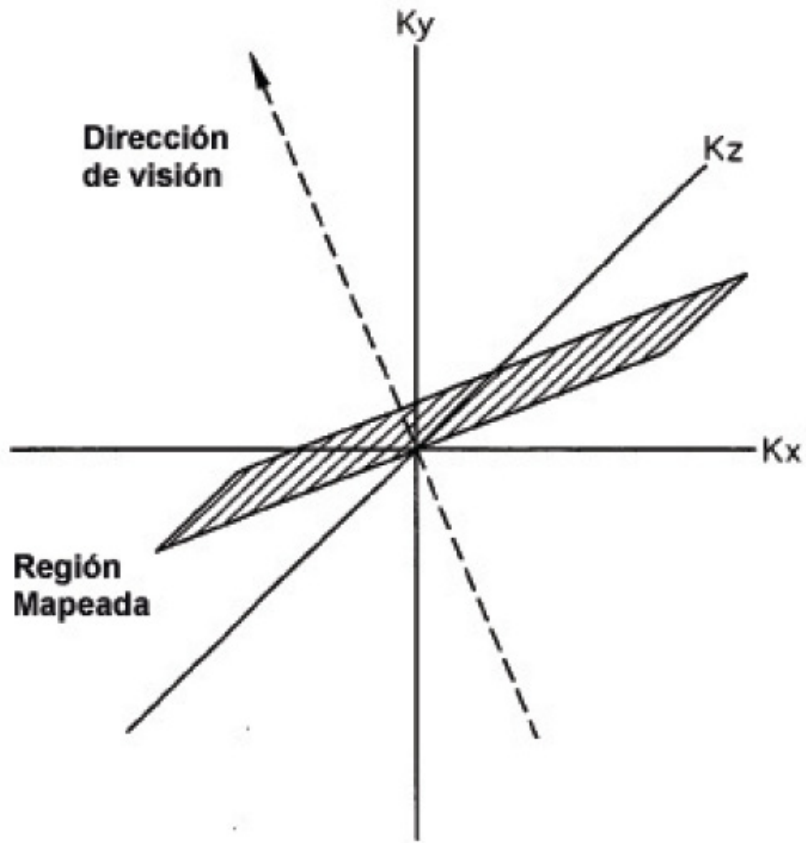
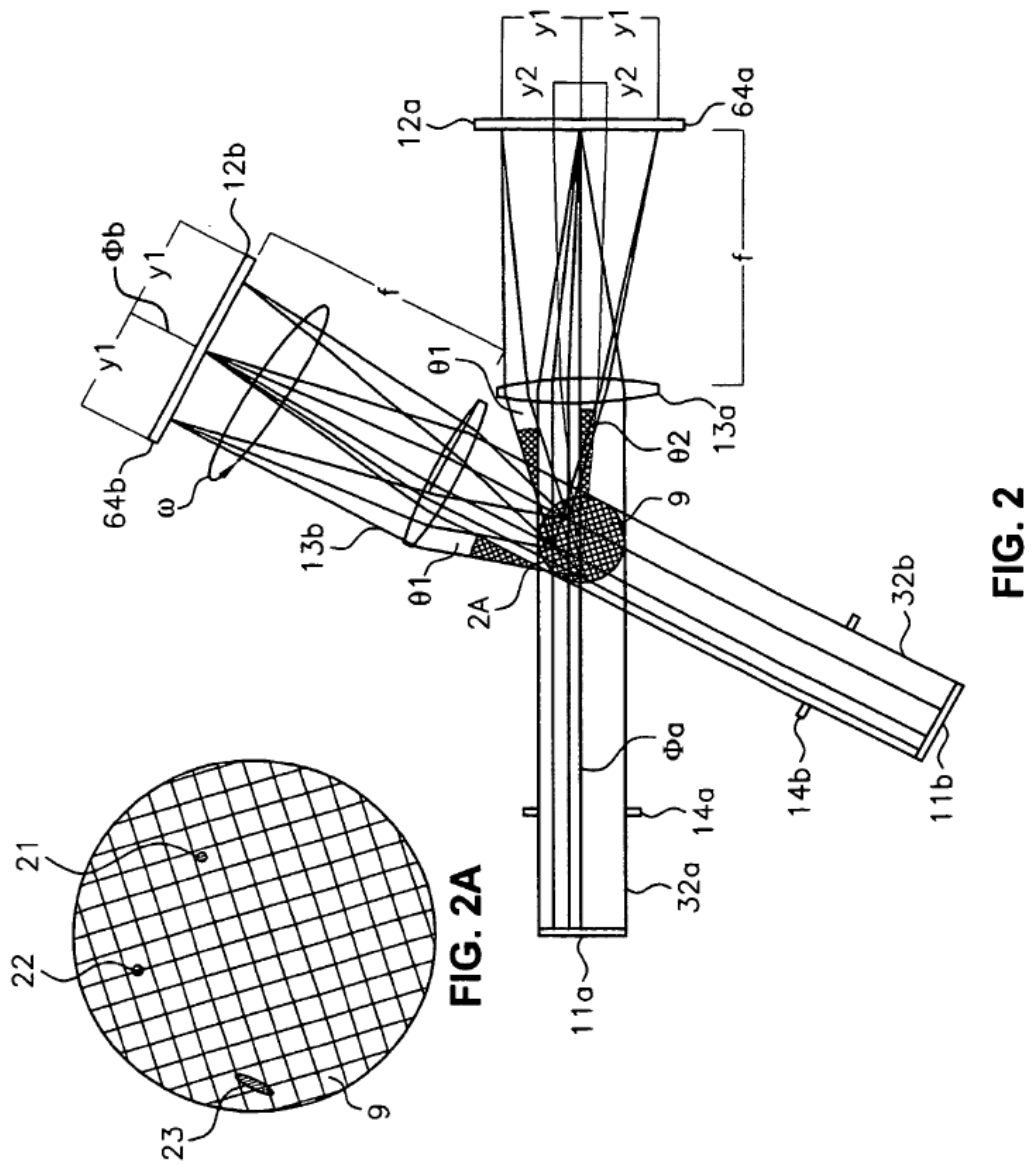


FIG. 1
Estado de la técnica



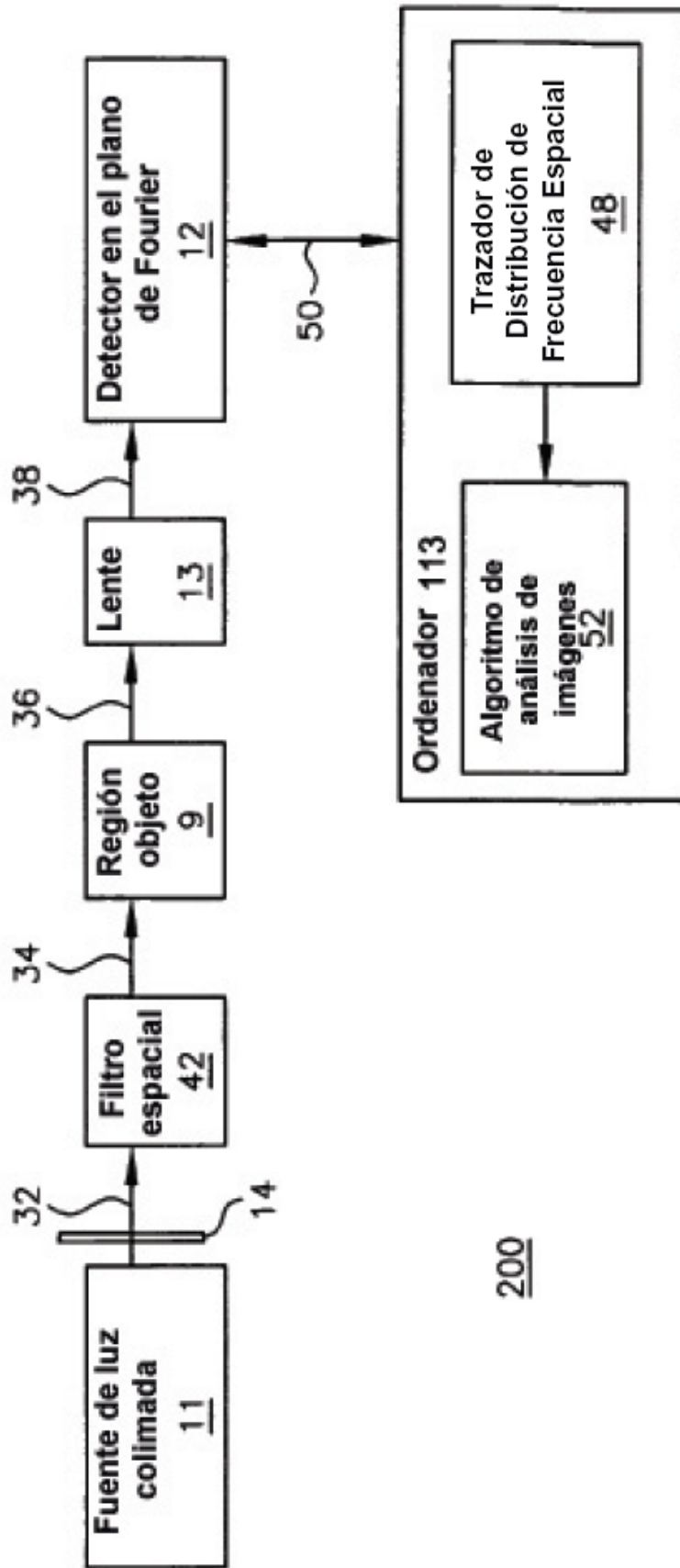


FIG. 3

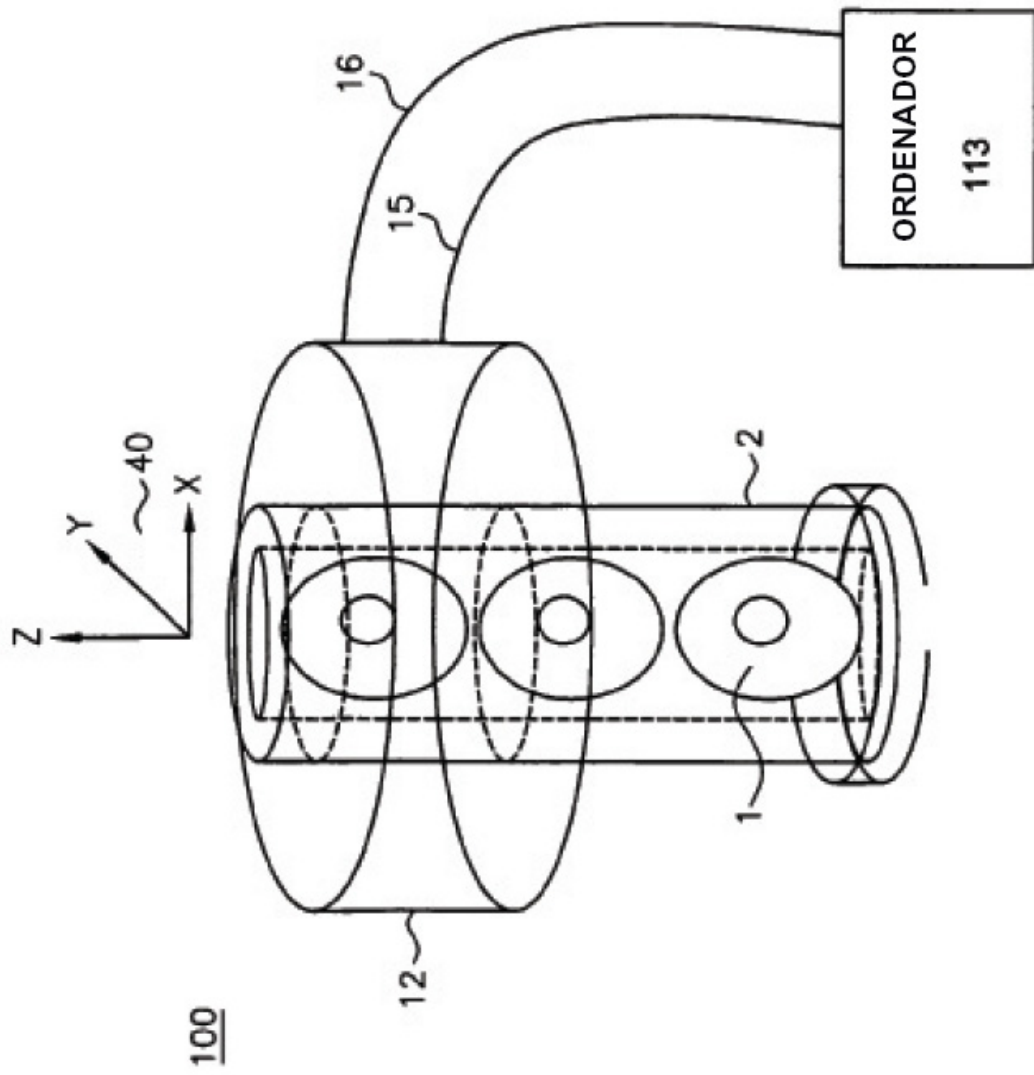


FIG. 4