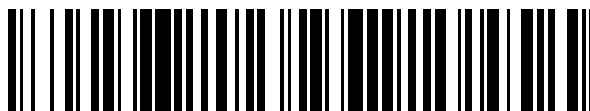


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 678 518**

51 Int. Cl.:

G01B 9/02 (2006.01)

G01B 11/02 (2006.01)

G06K 9/00 (2006.01)

A61B 3/10 (2006.01)

A61B 5/00 (2006.01)

G06K 9/62 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **28.12.2011 PCT/EP2011/006594**

87 Fecha y número de publicación internacional: **04.07.2013 WO13097877**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **28.12.2011 E 11804967 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **30.05.2018 EP 2797493**

54 Título: **Proceso para tomografía de coherencia óptica y aparato para tomografía de coherencia óptica**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
13.08.2018

73 Titular/es:
**WAVELIGHT GMBH (100.0%)
Am Wolfsmantel 5
91058 Erlangen, DE**

72 Inventor/es:
**MASSOW, OLE;
WISWEH, HENNING y
JEGLORZ, TOBIAS**

74 Agente/Representante:
LEHMANN NOVO, María Isabel

ES 2 678 518 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

Proceso para tomografía de coherencia óptica y aparato para tomografía de coherencia óptica

5 La presente invención se refiere a un proceso para tomografía de coherencia óptica, en particular para generar conjuntos de datos de imagen tridimensional que pertenecen a un objeto que ha de ser examinado. La invención se refiere además a un aparato para tomografía de coherencia óptica.

10 Con el propósito de crear un tomograma tridimensional (3D para abreviar) de un objeto que ha de ser examinado con ayuda de una tomografía de coherencia óptica (OCT para abreviar), es convencional grabar un gran número de imágenes de rebanada de OCT orientadas en capas una con respecto a otra dentro de un volumen del objeto que ha de ser escaneado y orientar dichas imágenes de rebanada posteriormente una con respecto a otra. Un registro en 3D de tal tipo puede ser generado disponiendo imágenes de rebanada individuales respectivamente entre sí en cada caso en el modo en que estaban dispuestas originalmente en el momento de la grabación de las mismas en un sistema de coordenadas del aparato de grabación.

15 Un problema de este enfoque, sin embargo, es que el ojo se mueve durante la grabación de las imágenes de rebanada que representan el tomograma en 3D. En el curso del subsiguiente registro en 3D de las imágenes de rebanada individuales, pueden ocurrir errores de formación de imágenes individuales en el tomograma en 3D por razón de artefactos de movimiento.

20 El documento US 2008/0100612 A1 se refiere a un sistema para realizar OCT. Para el registro de imágenes, imágenes del mismo ojo son grabadas con la misma estructura subyacente, por ejemplo una vasculatura retiniana. La estructura subyacente en cada imagen es detectada y estas estructuras subyacentes son hechas corresponder y alineadas entre sí. Por ello, registrando la estructura subyacente de una imagen a la estructura subyacente de la otra imagen se registran las imágenes entre sí.

25 Ambos documentos US 2011/0134394 A1 y WO 2010/117386 A1 enseñan a determinar la ubicación de un punto de referencia en un primer escaneo de datos de OCT, para repetir este proceso en un segundo escaneo de datos de OCT, y a continuación a comparar la nueva posición medida del punto de referencia en el segundo escaneo de datos de OCT a la posición previamente medida del punto de referencia en el primer escaneo de datos de OCT.

Es un objeto de realizaciones de la invención especificar un proceso que permite una representación bidimensional de un objeto que puede ser examinado por medio de coherencia de tomografía óptica. Además, un objeto de realizaciones de la invención es especificar un aparato que funciona de acuerdo con un proceso de tal tipo.

30 La invención está descrita en las reivindicaciones independientes. Realizaciones preferidas de la invención están resumidas en las reivindicaciones dependientes.

35 Un proceso proporciona medios para grabar una pluralidad de primeras imágenes de rebanada de OCT, representando cada primera imagen de rebanada una rebanada diferente de un objeto que ha de ser examinado. Posteriormente una figura de referencia que es representativa del contorno tridimensional de al menos una característica estructural del objeto es confirmada en un sistema de coordenadas tridimensional dado por reconocimiento de característica de al menos una característica estructural en las primeras imágenes de rebanada. A continuación se graban una pluralidad de segundas imágenes de rebanada de OCT, representando cada segunda imagen de rebanada una rebanada diferente del objeto. Al menos una fracción de las segundas imágenes de rebanada es desplazada en el sistema de coordenadas hasta que cada segunda imagen de rebanada está en solapamiento de característica con la figura de referencia. Finalmente, se genera un conjunto de datos de imágenes de OCT tridimensionales al menos a partir de las segundas imágenes de rebanada solapadas en característica.

45 En otras palabras: se graban una pluralidad de primeras imágenes de rebanada, representando las primeras imágenes de rebanada distintas proyecciones longitudinales o en sección transversal de al menos una característica estructural del objeto. A continuación se reconoce la característica estructural, por ejemplo mediante tratamiento de imágenes de cada una de las primeras imágenes de rebanada. A partir de esto, pueden confirmarse las coordenadas de interpolación que representan la posición de la característica estructural en un sistema de coordenadas. Una figura de referencia que representa la forma de la característica estructural puede ser adaptada a las coordenadas de interpolación. Después de ello, se graban una pluralidad de segundas imágenes de rebanada que también representan distintas proyecciones longitudinales o en sección transversal de la característica estructural. En cada una de las segundas imágenes de rebanada la característica estructural es reconocida, y se confirman posiciones correspondientes de la característica estructural en el sistema de coordenadas. Además, pueden confirmarse puntos de perforación que representan la posición de puntos de intersección de cada una de las segundas imágenes de rebanada con la figura de referencia. Las posiciones de la característica estructural pueden ser comparadas con los puntos de perforación. Si para una segunda imagen de rebanada no todas las posiciones de la característica estructural son congruentes con los puntos de perforación, la segunda imagen de rebanada es desplazada, inclinada y/o girada por transformación de coordenadas sistema de coordenadas hasta dicho momento en el que la segunda imagen de rebanada está orientada con respecto a la figura de referencia de manera que ajuste exactamente y las posiciones de la característica estructural son congruentes con los puntos de perforación. Con el propósito de crear un tomograma en 3D del objeto, finalmente la

primera y/o segunda imágenes de rebanada pueden ser ensambladas para formar un conjunto completo de datos de imagen.

5 La presente invención posibilita consecuentemente que durante un primer período de tiempo (por ejemplo relativamente corto) se graben primeras imágenes de rebanada para comenzar con lo que puede servir para determinar la posición, orientación y/o tamaño de una figura de referencia de forma predeterminada. La figura de referencia puede ser utilizada posteriormente como un soporte de registro en 3D, para orientar de forma adecuada respectivamente entre sí las segundas imágenes de rebanada grabadas durante un segundo período de tiempo (por ejemplo más largo en comparación con el primer período de tiempo). Por ello se evitan artefactos de movimiento en el tomograma en 3D del objeto, causados por el movimiento del objeto. El registro en 3D contribuye consecuentemente a la creación de una proyección en 3D del objeto con errores reducidos.

10 La primera y/o segunda imágenes de rebanada constituyen, por ejemplo, los así llamados escaneos B. Estos representan proyecciones de OCT planas, bidimensionales (2D para abreviar) del objeto. Un escaneo B puede ser obtenido sobre la base de una pluralidad de escaneos lineales, así denominados escaneos A. Un escaneo A constituye un interferograma de OCT medido y representa una proyección de OCT rectilínea, de una sola dimensión (1D para abreviar) sobre una distancia axial del objeto. Un escaneo B puede ser formado a partir de varios escaneos A de igual longitud situados en un plano y que discurren paralelos entre sí. Todas las imágenes de rebanada y el conjunto de datos de imagen pueden también ser almacenados en un medio de almacenamiento adecuado.

El objeto que ha de ser examinado puede ser, por ejemplo, un ojo. El objeto puede ser de cualquier otra entidad física adecuada cuya imagen pueda formarse, tal como una pieza de trabajo con características estructurales internas.

20 La posición y la orientación de la característica estructural pueden reproducir, de manera sustitutiva, la posición y la orientación del objeto en un sistema de coordenadas. Con este propósito la característica estructural se extiende, por ejemplo, sobre una región extensa sobre o en el objeto. Si el objeto es un ojo, la característica estructural puede ser, por ejemplo, el margen exterior y/o inferior del iris y/o el limbo del ojo. Alternativamente, la característica estructural puede ser una superficie o cara estructural interna del cristalino humano y/o la córnea.

25 La figura de referencia puede simular la geometría de la característica estructural esquemáticamente. Con este propósito la figura de referencia puede representar un modelo simplificado de la característica estructural que reproduce sustancialmente la posición y la orientación de la característica estructural en un sistema de coordenadas. Por consiguiente puede concebirse que la figura de referencia representa una forma geométrica tal como una elipse, un disco circular, un disco circular con un agujero circular inscrito concéntricamente, una esfera, una envolvente esférica, un cilindro, un cilindro hueco con grosor finito de la superficie circunferencial, o similar. Si la característica estructural es, por ejemplo, el margen del iris, la figura de referencia suele exhibir una forma circular y/o una forma elíptica. Si la característica estructural es por ejemplo, tanto el margen interior como exterior del iris, la figura de referencia puede representar una forma geométrica que comprende dos formas circulares y/o formas elípticas que tienen un cierto posicionamiento y orientación espacial respectivamente entre sí.

35 El término "desplazar" se refiere a cambiar la posición y/o la orientación de una entidad de cualquier manera adecuada. Por ejemplo, una transformación de coordenadas puede ser aplicada a la posición y/o a la orientación para cambiar la posición y la orientación, respectivamente. Una transformación de coordenadas puede incluir al menos una traslación espacial paralela o anti-paralela a los ejes x-, y- y/o z- de un sistema de coordenadas y/o al menos una rotación espacial alrededor de un eje de rotación a lo largo de los ejes x-, y- y/o z- y/o una rotación espacial alrededor de un eje de rotación entre los ejes x-, y- y/o z- por un ángulo positivo o negativo en el sistema de coordenadas. Por consiguiente, el término "desplazar" puede incluir una inclinación arbitraria en el espacio. Una transformación de coordenadas preserva algunas o todas las separaciones relativas entre constituyentes individuales de la proyección dentro de la segunda imagen de rebanada. Simplemente la posición y la orientación de la imagen de rebanada como tal son cambiadas. Las coordenadas espaciales de cada píxel de imagen de la segunda imagen de rebanada son afectadas, pero no el valor del color o el valor del tono del píxel de la imagen.

40 En ciertas realizaciones, un primer período de tiempo gastado totalmente para la grabación de la pluralidad de primeras imágenes de rebanada puede ser más corto que un segundo período de tiempo gastado totalmente para la grabación de la pluralidad de segundas imágenes de rebanada. El primer período de tiempo es determinado, entre otras cosas, a partir del número de primeras imágenes de rebanada, a partir del número de interferogramas grabados por imagen de rebanada, y a partir del tiempo de grabación de uno individual de estos interferogramas. El tiempo de grabación de un interferograma individual es determinado, entre otras cosas, a partir del tiempo de exposición, a partir de un período siguiente de nuevo trabajo (por ejemplo, para el muestreo del interferograma, para posibles operaciones de tratamiento de imágenes tales como transformaciones de Fourier, procesos de reconocimiento de imagen y similares) y a partir del tiempo necesario para el almacenamiento. Observaciones análogas se aplican al segundo período de tiempo.

55 En ciertas realizaciones, el número de primeras imágenes de rebanada puede ser menor que el número de segundas imágenes de rebanada. Por ejemplo, la relación del número de primeras imágenes de rebanada al número de segundas imágenes de rebanada asciende a 1:2, 1:5, 1:10 o 1:100.

Además, el tiempo de grabación para una primera imagen de rebanada puede ser más corto que el tiempo de grabación para una segunda imagen de rebanada. Por ejemplo, el tiempo de exposición, el período de nuevo trabajo y/o el tiempo de almacenamiento de las primeras imágenes de rebanada es/son más cortos que los intervalos de tiempo correspondientes para las segundas imágenes de rebanada. En particular, para cada imagen de rebanada se graban una pluralidad de escaneos A del objeto que es menor que el número de escaneos A para las segundas imágenes de rebanada. Por consiguiente, una primera imagen de rebanada puede consistir en 200 escaneos A, y la frecuencia de grabar escaneos A puede ascender a 70 kHz. Una segunda imagen de rebanada consiste, por ejemplo, de 500 a 2000 escaneos A, que son grabados a una tasa de grabación de desde 20 kHz a 70 kHz.

En ciertas realizaciones, el tiempo de grabación para una primera imagen de rebanada puede ser suficientemente corto para que se eviten sustancialmente los artefactos de movimiento durante la grabación de la primera imagen de rebanada, causados por movimientos típicos del objeto.

Las primeras imágenes de rebanada pueden ser grabadas por medio de escaneos B que son distribuidos sobre el objeto en un patrón regular. Por ejemplo, las primeras imágenes de rebanada pueden ser grabadas por medio de escaneos B que son distribuidos en un patrón de rejilla cruzada. Por ejemplo, se adquieren primeras imágenes de rebanada orientadas ortogonalmente respectivamente entre sí, por lo que en cada caso dos primeras imágenes de rebanada adyacentes exhiben una separación constante entre sí.

Como alternativa, las primeras imágenes de rebanada pueden estar orientadas respectivamente entre sí en forma de una estrella de tal manera que las primeras imágenes de rebanada se cortan entre sí en una línea recta. La línea recta puede coincidir con un eje de simetría del objeto y/o puede discurrir a través de puntos del objeto que han sido marcados. Por ejemplo, la línea recta está centrada con el centro de la pupila de un ojo y discurre a lo largo de su eje óptico o a través del vértice de la córnea.

Las primeras imágenes de rebanada pueden ser grabadas en un patrón de distribución tal que puntos de intersección de las primeras imágenes de rebanada con la figura de referencia están situados, distribuidos sustancialmente a separaciones iguales, a lo largo de la figura de referencia después de que la figura de referencia haya sido adaptada a las primeras imágenes de rebanada.

Adicional o alternativamente, las primeras imágenes de rebanada pueden ser grabadas en un patrón de distribución tal que el número n de puntos de intersección en los que la figura de referencia corta a las normales de la superficie de las primeras imágenes de rebanada en un ángulo comprendido en el intervalo de más de 30° y menos de 60° , después de que se haya adaptado la figura de referencia a las primeras imágenes de rebanada, asciende al menos a $2(N-2)$, donde N es el número de primeras imágenes de rebanada. En otras palabras: de las N primeras imágenes de rebanada de, por ejemplo, un patrón transversal ortogonal, después de que la figura de referencia haya sido adaptada al menos $N-2$ primeras imágenes de rebanada son cortadas por la figura de referencia de tal manera que la figura de referencia incluye con las normales a la superficie respectivas de las primeras imágenes de rebanada en el punto de intersección respectivo un ángulo de más de 30° y de menos de 60° . En este caso hay un total de al menos $n=2(N-2)$ de tales puntos de intersección, por lo que los n puntos de intersección difieren entre sí, es decir entre ellos mismos no están situados uno sobre la parte superior del otro.

Adicional o alternativamente, las primeras imágenes de rebanada pueden ser grabadas en un patrón de distribución tal que el número n de puntos de intersección en los que la figura de referencia corta a las primeras imágenes de rebanada, después de que la figura de referencia haya sido adaptada a las primeras imágenes de rebanada, basta para describir la geometría de la figura de referencia.

Las segundas imágenes de rebanada pueden ser también grabadas por medio de escaneos B que son distribuidos sobre el objeto en un cierto patrón. El patrón puede incluir por ejemplo, un patrón de rejilla cruzada. En este caso las segundas imágenes de rebanada pueden haber sido orientadas ortogonalmente y/o paralelas entre sí. Adicional o alternativamente, el patrón puede incluir dos patrones de rejilla cruzada colocados uno sobre el otro desplazados angularmente. Por ejemplo, el ángulo asciende aproximadamente a 45° . Adicional o alternativamente, el patrón puede incluir tres patrones de rejilla cruzada colocados uno sobre otro de manera que estén desplazados angularmente. Por ejemplo, el ángulo asciende aproximadamente a 60° .

El patrón de las segundas imágenes de rebanada puede ser irregular. Por ejemplo, la densidad de líneas de rejilla de un patrón cruzado en una región central de la figura de referencia es menor que en una región de la figura de referencia alejada del centro. Con este propósito, una separación de dos segundas imágenes de rebanada adyacentes orientadas paralelas entre sí que cortan la región de la figura de referencia alejada del centro puede ser menor que una separación de dos segundas imágenes de rebanada adyacentes orientadas paralelas entre sí que cortan a la región central de la figura de referencia. Si las segundas imágenes de rebanada contienen también proyecciones en sección transversal de la córnea de un ojo humano, sobre la base del patrón irregular las regiones esféricas de la córnea pueden ser representadas con mayor resolución de lo que lo pueden ser las regiones de la córnea en la proximidad del vértice de la córnea. La densidad de proyecciones en sección transversal de la córnea es por consiguiente más elevada en una región que representa la región esférica de la córnea. Posiciones de estas proyecciones en sección transversal pueden servir como nodos de interpolación para la segmentación de capas estructurales en el objeto que está siendo examinado,

o para una adaptación de una forma superficial predeterminada a la córnea por medio de polinomios de Zernike.

El proceso puede incluir adicionalmente la siguiente operación: mediante tratamiento de imágenes en una primera y/o segunda imagen de rebanada se reconoce una indicación de artefactos de movimiento que han ocurrido durante la grabación de la imagen de rebanada respectiva. Una indicación de artefactos de movimiento incluye, por ejemplo, una discontinuidad, una ondulación, una contracción y/o una elongación dentro de un perfil en la imagen de rebanada que representa la característica estructural y/o una baja relación de señal a ruido (SNR para abreviar) de escaneos A adyacentes de una imagen de rebanada. Esta operación puede tener lugar 'en línea' antes de que la siguiente imagen de rebanada sea adquirida de acuerdo con el patrón de distribución. Si los artefactos de movimiento son discernibles dentro de una primera y/o segunda imagen de rebanada, la adquisición de la imagen de rebanada defectuosa puede ser repetida hasta que la imagen de rebanada esté presente de manera precisa. Pero la adquisición de una primera y/o segunda imagen de rebanada individual puede tener lugar tan rápidamente que el tiempo de grabación requerido para la adquisición es corto en comparación con una escala de tiempo que es típica de los movimientos del ojo.

Un aparato para tomografía de coherencia óptica comprende una unidad de adquisición de imagen de OCT y una disposición informática que ha sido configurada para controlar la unidad de adquisición de imagen de OCT de tal manera que la última grave una pluralidad de primeras imágenes de rebanada de OCT, representando cada primera imagen de rebanada una rebanada diferente de un objeto, para confirmar una figura de referencia que es representativa del contorno tridimensional de al menos una característica estructural del objeto en un sistema de coordenadas tridimensional dado por reconocimiento de característica de al menos una característica estructural en las primeras imágenes de rebanada, para controlar la unidad de adquisición de imagen de OCT de tal manera que la unidad de adquisición de imágenes de OCT graba una pluralidad de segundas imágenes de rebanada de OCT, representando cada segunda imagen de rebanada una rebanada diferente del objeto, para desplazar al menos una fracción de las segundas imágenes de rebanada en el sistema de coordenadas hasta que cada segunda imagen de rebanada esté en solapamiento de característica con la figura de referencia, y para generar un conjunto de datos de imágenes de OCT tridimensionales al menos a partir de las segundas imágenes de rebanada solapadas en característica.

El aparato puede haber sido configurado para llevar a cabo un proceso, descrito anteriormente, para tomografía de coherencia óptica.

En la magnitud en que un proceso u operaciones individuales de un proceso para tomografía de coherencia lógica es/son descritos en esta descripción, el proceso o las operaciones individuales del proceso pueden ser ejecutados por un aparato configurado apropiadamente. Observaciones análogas se aplican a la aclaración del modo de funcionamiento de un aparato que ejecuta operaciones del proceso. En esta magnitud, las características del aparato y las características del proceso de esta descripción son equivalentes.

La invención será aclarada adicionalmente a continuación sobre la base de los dibujos adjuntos, de los que:

La fig. 1 muestra, en representación esquemática de bloques, elementos de un aparato para tomografía de coherencia óptica según una realización,

La fig. 2 muestra, en vista superior esquemáticamente, un ejemplo de un patrón de distribución en el que las primeras imágenes de rebanada son grabadas, con una figura de referencia dibujada en él,

La fig. 3 muestra, en una vista tridimensional esquemáticamente, el patrón de distribución de la fig. 2,

Las figs. 4a y 4b muestran esquemáticamente ejemplos de una primera imagen de rebanada,

La fig. 5 muestra, en vista superior esquemáticamente, otro ejemplo de un patrón de distribución en el que las primeras imágenes de rebanada son grabadas,

Las figs. 6a y 6b muestran, en vista superior esquemáticamente, ejemplos de patrones de distribución en los que las segundas imágenes de rebanada son grabadas,

Las figs. 7a a 7c muestran esquemáticamente un ejemplo relativo al desplazamiento de una segunda imagen de rebanada paralela a un eje x hasta que la segunda imagen de rebanada está en solapamiento de característica con una figura de referencia,

Las figs. 8a a 8c muestran esquemáticamente un ejemplo relativo al desplazamiento de una segunda imagen de rebanada anti-paralela a un eje y hasta que la segunda imagen de rebanada está en solapamiento de característica con una figura de referencia,

Las figs. 9a a 9c muestran esquemáticamente un ejemplo relativo al desplazamiento de una segunda imagen de rebanada paralela a un eje z hasta que la segunda imagen de rebanada está en solapamiento de característica con una figura de referencia,

Las figs. 10a a 10c muestran esquemáticamente un ejemplo relativo a la rotación de una segunda imagen de rebanada alrededor de un eje de rotación que discurre paralelo a un eje x hasta que la segunda imagen de rebanada está en

solapamiento de característica con una figura de referencia, y

Las figs. 11a a 11e muestran esquemáticamente un ejemplo relativo al desplazamiento de una segunda imagen de rebanada hasta que la segunda imagen de rebanada está en solapamiento de característica con una figura de referencia.

5 El aparato para tomografía de coherencia óptica de la fig. 1 - indicado generalmente en ella por 10 - sirve para crear tomogramas en 3D de un objeto mostrado en el caso ejemplar como un ojo humano 12. La tomografía de coherencia óptica está basada, por ejemplo, en la OCT así llamada de dominio de tiempo (TD para abreviar) o en la OCT así llamada de dominio de frecuencia (FD para abreviar).

10 El aparato 10 incluye una fuente de luz 14 para emitir luz coherente. La fuente de luz 14 está diseñada, por ejemplo, para el propósito de FD-OCT como una fuente de luz sintonizable o emite un espectro de luz coherente que es de banda ancha dentro del espacio de frecuencia. La luz emitida desde la fuente de luz 14 es dirigida sobre un divisor de haz 16. El divisor de haz 16 es una parte constituyente de un interferómetro de Michelson 18 y divide la salida óptica incidente de acuerdo con una relación de división predeterminada, por ejemplo 50:50. Un rayo 20 discurre dentro de un brazo de referencia; el otro rayo 22 discurre dentro de un brazo de muestra. En lugar de la configuración de espacio libre representada en la fig. 1 el interferómetro de Michelson 18 puede también haber sido realizado parcial o totalmente con la ayuda de componentes de fibra óptica.

20 La luz que se ha dividido en el brazo de referencia incide sobre un espejo 24 que refleja la luz de nuevo sobre el divisor de haz 16 co-linealmente. Con el propósito de TD OCT, el espejo 24 puede ser desplazable a lo largo de la dirección de propagación del rayo 20. La luz que ha sido dividida en el brazo de muestra incide sobre el objeto 12 que ha de ser examinado, que se retro-dispersa o refleja de nuevo la luz en la dirección del divisor de haz 16.

En la fig. 1 se ha dibujado un sistema de coordenadas Cartesianas tridimensional del aparato 10 en forma esquemática que sirve como sistema de coordenadas en lo que sigue. A este respecto el eje z representa la dirección de propagación del rayo 22 de luz en la región inmediatamente aguas arriba del objeto 12.

25 Dentro del brazo de muestra hay previstos otros elementos ópticos 26 y componentes de ajuste 28, que han sido configurados para enfocar el rayo de luz 22 que llega desde el divisor de haz 16 sobre el objeto 12 y ajustar la posición focal (por ejemplo en las direcciones laterales x, y o en todas las tres direcciones en el espacio x, y, z). Una disposición informática 30 controla los componentes de ajuste 28 con el propósito de obtener tomogramas en 1D, 2D y/o 3D.

30 La luz retro-dispersada desde el objeto 12 en el brazo de muestra es superpuesta co-linealmente en el divisor 16 de haz con la luz reflejada de nuevo desde el espejo 24 del brazo de referencia de modo que se forme un haz 32 de interferencia. Las longitudes de trayecto óptico en el brazo de referencia y en el brazo de muestra son sustancialmente iguales, de modo que el haz 32 de interferencia presenta una interferencia entre los rayos constituyentes 20, 22 procedentes del brazo de referencia y del brazo de muestra. Un detector 34' registra la intensidad del haz 32 de interferencia en función del tiempo, la longitud de onda y/o el número de ondas. Con este propósito el detector 34' puede tener la forma de un fotodiodo o espectrómetro.

35 La señal registrada por el detector 34' es transferida a la disposición de control 30 que discierne a partir de ella imágenes de rebanada de OCT en 2D. En este sentido la disposición informática 30, la fuente de luz 14, el detector 34' y el interferómetro de Michelson 18, inclusive los elementos ópticos 26 y los componentes de ajuste 28, pueden comprenderse como una unidad 33 de adquisición de imágenes de OCT que es controlada por la disposición informática 30.

40 Con el propósito de crear un tomograma en 3D del objeto 12 la disposición informática 30 controla los componentes de ajuste 28 de acuerdo con un patrón de escaneo tal que un registro en 3D de las imágenes de rebanada adquiridas dentro de un volumen escaneado del objeto 12 con respecto al otro puede ser iniciado. Este proceso será descrito de manera detallada a continuación con referencia a las figs. 2 a 11.

45 Primero de todo, una pluralidad de primeras imágenes 34 de rebanadas, representando cada primera imagen de rebanadas una rebanada diferente del objeto 12, son grabadas y almacenadas en una memoria de la disposición informática 30. Las primeras imágenes 34 de rebanada representan escaneos B de OCT que son obtenidos a partir de un gran número de escaneos A de OCT. Una primera imagen 34 de rebanada consiste, por ejemplo, de 200 escaneos A. Además, se elige un corto tiempo de exposición en el que los escaneos A individuales son grabados. La tasa de grabación de escaneos A asciende por ejemplo, a 70 kHz.

50 Como se ha mostrado en la fig. 2, en el presente caso ejemplar se adquieren tres primeras rebanadas 34 de imagen horizontales y tres verticales en un patrón 35 de cruzado ortogonal similar a un tablero de ajedrez. En este ejemplo las primeras imágenes 34 de rebanada horizontales y verticales están dispuestas paralelas entre sí, siendo la separación d de las primeras imágenes 34 de rebanada adyacentes constante para todas las imágenes de rebanada 34 adyacentes. En la fig. 3 el patrón de distribución, mostrado en la fig. 2, de las primeras imágenes 34 de rebanada y una parte del ojo 12 están ilustrados de nuevo tridimensionalmente.

Como alternativa al patrón de distribución mostrado en las figs. 2 y 3, el patrón de distribución, mostrado en la fig. 5, de primeras imágenes 34 de rebanada es también posible. En este caso las primeras imágenes 34 de rebanada han sido orientadas una con respecto a otra en forma de una estrella de tal manera que las primeras imágenes 34 de rebanada se cortan entre sí en una línea recta G. En el ejemplo mostrado en la fig. 5, la línea recta G está centrada con el centro de la pupila del ojo 12 y discurre a lo largo del eje óptico del ojo 12, es decir, sustancialmente paralela al eje z.

Una primera imagen 34 de rebanada esta mostrada en las figs. 4a y 4b. Las primeras imágenes 34 de rebanada representan proyecciones en sección transversal de al menos una característica estructural 36 del objeto 12. En la fig. 4a la característica estructural 36 es, por ejemplo, el margen exterior del iris 38 en el ojo 12. En la fig. 4b la característica estructural 36 es, por ejemplo, los márgenes exterior e interior del iris 38. Además del iris 38, en la primera imagen 34 de rebanada también se ha formado la imagen de la córnea 40, por ejemplo.

En las primeras imágenes 34 de rebanada que han sido preparadas la disposición informática 30 reconoce ahora la característica estructural 36 sobre la base de un algoritmo de reconocimiento de imagen y determina la posición o posiciones 42 de la misma en el sistema de coordenadas del aparato 10. En las figs. 2, 4a y 4b estas posiciones 42 son etiquetadas por medio de pequeños círculos rellenos de negro.

Como se ha mostrado en la fig. 2, la disposición informática 30 adapta posteriormente una figura de referencia 44 que es representativa del contorno tridimensional de la característica estructural 36 a las posiciones 42 confirmadas de antemano que sirven como nodos de interpolación. En la fig. 2, la figura de referencia 44 representa una forma circular en imitación del margen del iris 38, que es predeterminado por un punto central M (es decir una coordenada de espacio en 3D) y otro parámetro R que define el radio. La adaptación o ajuste de la figura de referencia 44 a los nodos de interpolación 42 está basada en un método de optimización matemático para determinar (para estimar) los parámetros desconocidos M y R de la figura de referencia 44 para una serie de nodos de interpolación 42.

La separación d de las imágenes 34 de rebanada es elegida de tal manera que los nodos de interpolación 42 tiene una separación casi equidistante sobre la periferia de la figura de referencia 44 después de que la figura de referencia 44 haya sido adaptada a las primeras imágenes 34 de rebanada.

Adicional o alternativamente, las primeras imágenes 34 de rebanada pueden ser grabadas en un patrón 35 de distribución tal que el número n de puntos de intersección en el que la figura de referencia 44 corta a las primeras imágenes 34 de rebanada, en cada caso en un ángulo contenido dentro del rango de más de 30° y menos de 60° en relación a la normal a la superficie de la imagen 34 de rebanada respectiva, asciende al menos a $2(N-2)$, donde N es el número de primeras imágenes 34 de rebanada, después de que la figura de referencia 44 haya sido adaptada a las primeras imágenes 34 de rebanada. Esto está representado de manera ejemplar en la fig. 2: de las seis primeras imágenes 34 (es decir $N = 6$) del patrón 35 de cruzado ortogonal, después de que la figura de referencia 44 haya sido adaptada a cuatro primeras imágenes 34 de rebanada son cortadas por la figura de referencia 44 de tal manera que la figura de referencia 44 incluye con las normales a la superficie respectivas de las primeras imágenes 34 de rebanada en el punto de intersección respectivo un ángulo de más de 30° y de menos de 60° (es decir $n=2(N-2)=2(6-2)=8$).

Adicional o alternativamente, las primeras imágenes 34 de rebanada pueden ser grabadas en un patrón 35 de distribución tal que el número n de puntos de intersección en el que la figura de referencia 44 corta a las primeras imágenes 34 de rebanada basta para describir la geometría de la figura de referencia 44 después de que la figura de referencia 44 haya sido adaptada a las primeras imágenes 34 de rebanada. Esto está de nuevo representado en la fig. 2: las seis primeras imágenes 34 de rebanada del patrón 35 de cruzado ortogonal son cortadas por la figura de referencia 44 en doce puntos de intersección después de que la figura de referencia 44 haya sido adaptada. Cada uno de estos doce puntos de intersección esta descrito en el espacio tridimensional por tres parámetros (coordenadas espaciales x, y, z), de modo que un total de 36 parámetros están disponibles para ajustar la figura de referencia 44. Por ejemplo, el círculo mostrado en la fig. 2 está descrito por un punto central en un espacio tridimensional (consistente de tres parámetros) y un radio (vector) en el espacio tridimensional (consistente de modo similar de tres parámetros). Con el propósito de ajustar la figura de referencia 44, se requieren consecuentemente al menos seis parámetros, de manera que los 36 parámetros de los doce puntos de intersección entre la figura de referencia 44 y las primeras imágenes 34 de rebanada son suficientes.

Posteriormente se graban y almacenan una pluralidad de segundas imágenes 46 de rebanada, representando cada segunda imagen de rebanada una rebanada diferente del objeto 12. Las segundas imágenes 46 de rebanada también representan escaneos B de OCT que son obtenidos a partir de un gran número de escaneos A de OCT. Las segundas imágenes 46 de rebanada consisten, por ejemplo, de 2000 escaneos A por escaneo B, siendo grabados los escaneos A una tasa de grabación desde, por ejemplo, 20 kHz a 70 kHz. En comparación con las primeras imágenes 34 de rebanada, las segundas imágenes 46 de rebanada ofrecen por ello estadísticas y calidad de imagen más elevadas. Esto permite que se creen segundas imágenes 46 de rebanada de mayor calidad, en el sentido de una relación de señal a ruido,

Como se ha mostrado en las figs. 6a y 6b, las segundas imágenes 46 de rebanada, en el curso de su adquisición, son distribuidas sobre el objeto 12 de acuerdo con un patrón irregular 45. En las figs. 6a y 6b, además la figura de referencia 44 confirmada de antemano ha sido dibujada. El patrón de distribución irregular incluye un patrón de rejilla cruzada, cuya

densidad de líneas de rejilla en una región central 47a de la figura de referencia 44 es menor que en una región 47b de la figura de referencia 44 alejada del centro. En las figs. 6a y 6b la región central 47a y la región 47b alejada del centro están separadas entre sí de manera ejemplar por una línea discontinua. Consecuentemente, una separación de dos segundas imágenes 46a de rebanada adyacentes orientadas paralelas entre sí en la región central 47a de la figura de referencia 44 es mayor que una separación de dos segundas imágenes 46b de rebanada adyacentes orientadas paralelas entre sí en la región 47b de la figura de referencia 44 alejada del centro.

En la fig. 6a las segundas imágenes 46 de rebanada están dispuestas de tal manera que están orientadas ortogonalmente y/o paralelas entre sí. Pero alternativamente el patrón de distribución mostrado en la fig. 6b es también posible, en el que las segundas imágenes de rebanada están dispuestas de tal manera que están orientadas ortogonalmente y/o paralelas entre sí y/o se cortan entre sí en un ángulo de 45 grados. Por consiguiente, el patrón irregular incluye dos patrones de rejilla cruzada colocados uno sobre la parte superior del otro desplazados angularmente.

En las figs. 7a a 11e se han mostrado representaciones esquemáticas de segundas imágenes 46 de rebanada. Las segundas imágenes 46 de rebanada representan de modo similar proyecciones en sección transversal de la característica estructural 36. En las segundas imágenes 46 de rebanada también se ha formado la imagen de la córnea 40, por ejemplo. Como en el caso de las primeras imágenes 34 de rebanada, sobre la base del tratamiento de imágenes la disposición informática 30 confirma en las segundas imágenes 46 de rebanada la característica estructural 36 y determina la posición o posiciones 48 de la misma en el sistema de coordenadas del aparato 10. En las figs. 7a a 11e estas posiciones 48 están etiquetadas por medio de pequeños círculos negros con cruces negras inscritas.

La figura de referencia 44 puede también verse en las figs. 7a a 11e, en donde su margen está representado por una línea continua si la figura de referencia 44, vista desde el observador, discurre espacialmente enfrente de la segunda imagen 46 de rebanada, y su margen está representado por una línea discontinua en la figura de referencia 44, vista desde el observador, discurre espacialmente por detrás de la segunda imagen 46 de rebanada.

Para cada segunda imagen 46 de rebanada la disposición informática 30 confirma mediante un cálculo las posiciones de puntos de perforación 50 en las que la figura de referencia 44 corta a la segunda imagen 46 de rebanada. La posición y orientación (originales) de una segunda imagen 46 de rebanada que son requeridas con este propósito son predeterminadas por el patrón de distribución 45. Los puntos de perforación 50 están etiquetados en las figs. 7a a 11e, como las posiciones 48, por medio de pequeños círculos negros con cruces negras inscritas. Los puntos de perforación 50 están situados en la transición desde el margen continuo al margen discontinuo de la figura de referencia 44.

Si no todas las posiciones 48 están en congruencia con los puntos de perforación 50, la disposición informática 30 desplaza una segunda imagen 46 de rebanada en el sistema de coordenadas del aparato 10 hasta que todas las posiciones 48 en la segunda imagen 46 de rebanada son congruentes con los puntos de perforación 50. Con este propósito la disposición informática 30 confirma una transformación de coordenadas adecuada para la segunda imagen 46 de rebanada. En el curso de la transformación todas las separaciones relativas entre constituyentes de proyección individuales 40, 48 dentro de la segunda imagen 46 de rebanada son preservadas. Simplemente la posición y la orientación de la imagen 46 de rebanada como tal son cambiadas.

En las figs. 7a a 11e se han mostrado desplazamientos, rotaciones o transformaciones de coordenadas ejemplares, sobre la base de los cuales segundas imágenes 46 de rebanada son orientadas con respecto a la figura de referencia 44. Pequeñas flechas mostradas en ellas ilustran el desplazamiento o rotación respectivo.

Por consiguiente, las figs. 7a a 7c muestran una traslación de la segunda imagen 46 de rebanada paralela al eje x. En la fig. 7a la disposición informática 30 reconoce que las posiciones 48 no son congruentes con los puntos de perforación 50, dado que la separación entre las dos posiciones 48 es más corta que entre los puntos de perforación 50. La razón para esto es que el ojo 12 ha sido desplazado de manera efectiva anti-paralela al eje x durante el período de tiempo entre la creación de la figura de referencia 44 y la grabación de la segunda imagen 46 de rebanada. Con una vista para compensar el movimiento del ojo, la disposición informática 30 realiza una transformación de coordenadas para la segunda imagen 46 de rebanada, por lo que las coordenadas espaciales de cada píxel de imagen en la segunda imagen 46 de rebanada son corregidas de tal manera que después de la transformación de coordenadas las posiciones 48 son congruentes con los puntos de perforación 50.

De este modo las segundas imágenes 46 de rebanada son orientadas, imagen por imagen, con respecto a la figura de referencia 44 y son almacenadas. Este tipo de registro en 3D permite la creación de tomogramas en 3D del objeto 12 que están libres de artefactos de movimiento. De esta manera, los artefactos de movimiento tales como, por ejemplo, errores de nivel, errores de rotación ortogonal al eje óptico y/o movimientos laterales pueden ser compensados. Por consiguiente, la disposición informática 30 genera a partir de las segundas imágenes 46 de rebanada que se solapan en característica un conjunto de datos de imagen de OCT tridimensionales que son a continuación presentados en una unidad 52 de presentación del aparato 10 como un tomograma en 3D del objeto 12 que ha de ser examinado.

En las figs. 8a a 8c, se ha mostrado otra transformación de coordenadas de una segunda imagen 46 de rebanada, en el curso de la cual la segunda imagen 46 de rebanada es desplazada anti-paralela al eje y. En las figs. 9a a 9c se ha

mostrado de nuevo una transformación de coordenadas para una segunda imagen 46 de rebanada. En este caso el desplazamiento es efectuado paralelo al eje z del sistema de coordenadas del aparato 10.

5 En las figs. 10a a 10c se ha mostrado una rotación espacial de la segunda imagen 46 de rebanada. Aunque en la fig. 10a una posición 48 es inicialmente congruente con un punto de perforación 50, la segunda posición 48 no coincide con el segundo punto de perforación 50. La segunda imagen 46 de rebanada es hecha girar por ello alrededor de un eje de rotación que discurre paralelo al eje x, véase la fig. 10b.

10 En las figs. 11a a 11e se ha mostrado una transformación algo más compleja de una segunda imagen 46 de rebanada. En este ejemplo la figura de referencia 44 representa tanto el margen interior como exterior del iris 38 del ojo 12. La figura de referencia consiste de dos formas circulares dispuestas paralelas entre sí, cuyos puntos centrales se encuentran sobre una línea recta perpendicular a las superficies de las formas circulares.

15 En la fig. 11a pueden discernirse que en la segunda imagen 46 de rebanada se habían reconocido cuatro posiciones 48 correspondientes a una sección transversal a través de los márgenes interior y exterior del iris por la disposición informática 30 pero la figura de referencia 44 corta a la segunda imagen 46 de rebanada en dos puntos 50 de perforación. En la fig. 11b puede verse como la segunda imagen 46 de rebanada es por ello desplazada en primer lugar anti-paralela al eje x hasta que hay presentes cuatro puntos de perforación 50 con separaciones relativas correspondientes a las separaciones relativas de las posiciones 48, véase la fig. 11c. En la fig. 11d una traslación espacial de la segunda imagen 46 de rebanada paralela al eje z es efectuada posteriormente hasta que, como se ha mostrado en la fig. 11e, ocurre un solapamiento total de características.

20 La disposición informática 30 ha sido además configurada para reconocer, por tratamiento de imágenes en una primera y/o segunda imagen 34, 46 de rebanada, una indicación de artefactos de movimiento que se ha producido durante la grabación de la imagen 34, 46 de rebanada respectiva. Si los artefactos de movimiento son reconocibles dentro de una imagen 34, 46 de rebanada, la disposición informática 30 controla la unidad 33 de adquisición de imágenes de OCT de tal manera que la adquisición de la imagen 34, 46 de rebanada defectuosa es repetida. Pero la adquisición de una
25 imagen 34, 46 de rebanada es efectuada tan rápidamente que el escaneo B individual está libre de artefactos de movimiento.

A menos que se haya indicado lo contrario, los símbolos idénticos de referencia en las figuras se emplean para elementos idénticos o que actúan idénticamente. En otros aspectos, puede concebirse una combinación arbitraria de las características aclaradas en las figuras en conexión con realizaciones individuales.

REIVINDICACIONES

1 Proceso para tomografía de coherencia óptica, que comprende:

- grabar una pluralidad de primeras imágenes (34) de rebanada de OCT, representando cada primera imagen (34) de rebanada, una rebanada diferente de un objeto (12),

5 - confirmar una figura de referencia (44) que es representativa del contorno tridimensional de al menos una característica estructural (36) del objeto (12) en un sistema de coordenadas tridimensional dado (x, y, z) por reconocimiento de característica de al menos una característica estructural (36) en cada una de las primeras imágenes (34) de rebanadas,

10 - grabar una pluralidad de segundas imágenes (46) de rebanadas de OCT, representando cada segunda imagen (46) de rebanada, una rebanada diferente del objeto (12), en donde un período de tiempo necesario para la grabación de una primera imagen (34) de rebanada es más corto que un período de tiempo necesario para la grabación de una segunda imagen (46) de rebanada,

- desplazar al menos una fracción de las segundas imágenes (46) de rebanadas en el sistema de coordenadas (x, y, z) hasta que cada segunda imagen (46) de rebanada se solape en característica con la figura de referencia (44), y

15 - generar un conjunto de datos de imagen de OCT tridimensional al menos a partir de las segundas imágenes (46) de rebanada solapadas en característica.

2. Proceso según la reivindicación 1, en donde el número de primeras imágenes (34) de rebanadas es menor que el número de segundas imágenes (46) de rebanadas.

3. Proceso según una de las reivindicaciones precedentes, en donde para cada imagen (34, 46) de rebanada se graban una pluralidad de escaneos A del objeto, siendo el número de escaneos A para las primeras imágenes (34) de rebanadas en cada caso menor que para las segundas imágenes (46) de rebanadas y/o en donde las primeras imágenes (34) rebanada son grabadas por medio de escaneos B que son distribuidos sobre el objeto (12) en un patrón regular (35), y/o en donde las primeras imágenes (34) de rebanadas son grabadas por medio de escaneos B que son distribuidos en un patrón (35) de cuadrícula.

4. Proceso según una de las reivindicaciones precedentes, en donde las primeras imágenes (34) de rebanadas son grabadas en un patrón (35) de distribución tal que puntos de intersección de las primeras imágenes (34) de rebanadas con la figura de referencia (44) son situados, distribuidos sustancialmente a separaciones iguales, a lo largo de la figura de referencia (44) y/o que el número n de puntos de intersección en los que la figura de referencia (44) corta a las primeras imágenes (34) de rebanadas en cada caso en un ángulo contenido dentro del intervalo de más de 30° y de menos de 60° en relación a la normal a la superficie de la imagen de rebanada respectiva asciende al menos a 2(N-2), donde N es el número de primeras imágenes (34) de rebanadas, y/o que el número n de puntos de intersección en los que la figura de referencia (44) corta a las primeras imágenes (36) de rebanadas basta para describir la geometría de la figura de referencia (44) después de que la figura de referencia (44) haya sido adaptada a las primeras imágenes (34) de rebanadas.

5. Proceso según una de las reivindicaciones precedentes, en donde las segundas imágenes (46) de rebanadas son grabadas por medio de escaneos B que son distribuidos sobre el objeto (12) en un patrón irregular (45).

6. Proceso según la reivindicación 5, en donde el patrón irregular (45) incluye un patrón de cuadrícula, cuya densidad de líneas de cuadrícula en una región central (47a) de la figura de referencia (44) es menor que en una región (47b) de la figura de referencia (44) alejada del centro, y/o en donde el patrón irregular (45) incluye al menos dos patrones de cuadrícula uno sobre otro desplazados angularmente, por lo que en particular el patrón incluye dos patrones de cuadrícula situados uno sobre el otro desplazados angularmente con un ángulo de aproximadamente 45° o incluye tres patrones de cuadrícula situados unos sobre otros desplazados angularmente con un ángulo de aproximadamente 60°.

7. Proceso según una de las reivindicaciones precedentes, en donde la confirmación de la figura de referencia (44) incluye una adaptación de al menos una figura circular a posiciones de característica (42) de al menos una característica estructural (36) en las primeras imágenes (34) de rebanadas, y/o en donde el objeto (12) es un ojo humano y al menos una característica estructural (36) incluye un margen interior del iris y/o un margen exterior del iris del ojo y/o un limbo del ojo.

8. Aparato (10) para tomografía de coherencia óptica, que comprende una unidad (33) de adquisición de imágenes de OCT y una disposición informática (30) que ha sido configurada

50 - para controlar la unidad (33) de adquisición de imágenes de OCT de tal manera que la unidad (33) de adquisición de imágenes de OCT grabe una pluralidad de primeras imágenes (34) de rebanadas de OCT, representando cada primera imagen (34) de rebanada, una rebanada diferente de un objeto (12),

- para confirmar una figura de referencia (44) que es representativa del contorno tridimensional de al menos una característica estructural (36) del objeto (12) en un sistema de coordenadas tridimensional dado (x, y, z) por

reconocimiento de característica de al menos una característica estructural (36) en cada una de las primeras imágenes (34) de rebanada,

5 - para controlar la unidad (33) de adquisición de imágenes de OCT de tal manera que la unidad (33) de adquisición de imágenes de OCT grabe una pluralidad de segundas imágenes (46) de rebanadas de OCT representando cada segunda imagen (46) de rebanada, una rebanada diferente del objeto (12), en donde la unidad (33) de adquisición de imágenes de OCT ha sido configurada para grabar una primera imagen (34) de rebanada durante un primer período de tiempo y una segunda imagen (46) de rebanada durante un segundo período de tiempo, siendo el primer periodo de tiempo más corto que el segundo período de tiempo,

10 - para desplazar al menos una fracción de las segundas imágenes (46) de rebanadas en el sistema de coordenadas (x, y, z) hasta que cada segunda imagen (46) de rebanada esté en solapamiento de característica con la figura de referencia (44), y

- para generar un conjunto de datos de imagen de OCT tridimensional al menos a partir de las segundas imágenes (46) de rebanada solapadas en característica.

15 9. Aparato (10) según la reivindicación 8, en donde la unidad (33) de adquisición de imágenes de OCT ha sido configurada para grabar un número de primeras imágenes (34) de rebanadas y un número de segundas imágenes (46) de rebanadas, siendo el número de primeras imágenes (34) de rebanadas menor que el número de segundas imágenes (46) de rebanadas.

20 10. Aparato (10) según una de las reivindicaciones 8 o 9, en donde la unidad (33) de adquisición de imágenes de OCT ha sido configurada para grabar para cada imagen (34, 46) de rebanada una pluralidad de escaneos A del objeto, siendo el número de escaneos A para las primeras imágenes (34) de rebanadas en cada caso menor de para las segundas imágenes (46) de rebanadas, y/o en donde la unidad (33) de adquisición de imágenes de OCT ha sido configurada para grabar las primeras imágenes (34) de rebanadas por medio de escaneos B que son distribuidos sobre el objeto (12) en un patrón regular (35), y/o en donde la unidad (33) de adquisición de imágenes de OCT ha sido configurada para grabar las primeras imágenes (34) de rebanadas por medio de escaneos B que son distribuidos en un patrón (35) de cuadrícula.

25 11. Aparato (10) según una de las reivindicaciones 8 a 10, en donde la unidad (33) de adquisición imágenes de OCT ha sido configurada para grabar las primeras imágenes (34) de rebanadas en un patrón de distribución (35) tal que los puntos de intersección de las primeras imágenes (34) de rebanadas con la figura de referencia (44) están situados, distribuidos sustancialmente a separaciones iguales, a lo largo de la figura de referencia (44) y/o que el número n de puntos de intersección en los que la figura de referencia (44) corta a las primeras imágenes (34) de rebanadas en cada caso en un ángulo comprendido dentro del intervalo de más de 30° y menos de 60° en relación a la normal a la superficie de la imagen de rebanada respectiva asciende al menos a $2(N-2)$, donde N es el número de primeras imágenes (34) de rebanadas, y/o que el número n de puntos de intersección en los que la figura de referencia (44) corta a las primeras imágenes (34) de rebanadas basta para describir la geometría de la figura de referencia (44) después de que la figura de referencia (44) haya sido adaptada a las primeras imágenes (34) de rebanadas.

30 35 12. Aparato (10) según una de las reivindicaciones 8 a 11, en donde la unidad (33) de adquisición de imágenes de OCT ha sido configurada para grabar las segundas imágenes (46) de rebanadas por medio de escaneos B que están distribuidos sobre el objeto (12) en un patrón irregular (45).

40 13. Aparato (10) según la reivindicación 12, en donde la unidad (33) de adquisición de imágenes de OCT ha sido configurada para grabar las imágenes (46) de rebanadas de acuerdo con el patrón irregular (45), incluyendo el patrón irregular (45) un patrón de cuadrícula, cuya densidad de líneas de cuadrícula en una región central (47a) de la figura de referencia (44) es menor que en una región (47b) de la figura de referencia (44) alejada del centro, y/o en donde la unidad (33) de adquisición de imágenes de OCT ha sido configurada para grabar las segundas imágenes (46) de rebanadas de acuerdo con el patrón irregular (45), incluyendo el patrón irregular (45) al menos dos patrones de cuadrícula colocados uno sobre el otro desplazados angularmente, por lo que en particular el patrón incluye dos patrones de cuadrícula colocados uno sobre el otro desplazados angularmente con un ángulo de aproximadamente 45° o incluye tres patrones de cuadrícula colocados unos sobre otros desplazados angularmente con un ángulo de aproximadamente 60°.

50 14. Aparato (10) según una de las reivindicaciones 8 a 13, en donde la disposición informática ha sido configurada para confirmar la figura de referencia (44) por una adaptación de al menos una figura circular a posiciones de característica (42) de al menos una característica estructural (36) en las primeras imágenes (34) de rebanadas, y/o en donde el objeto (12) es un ojo humano y al menos una característica estructural (36) incluye un margen interior del iris y/o un margen exterior del iris del ojo y/o un limbo del ojo.

FIG 1

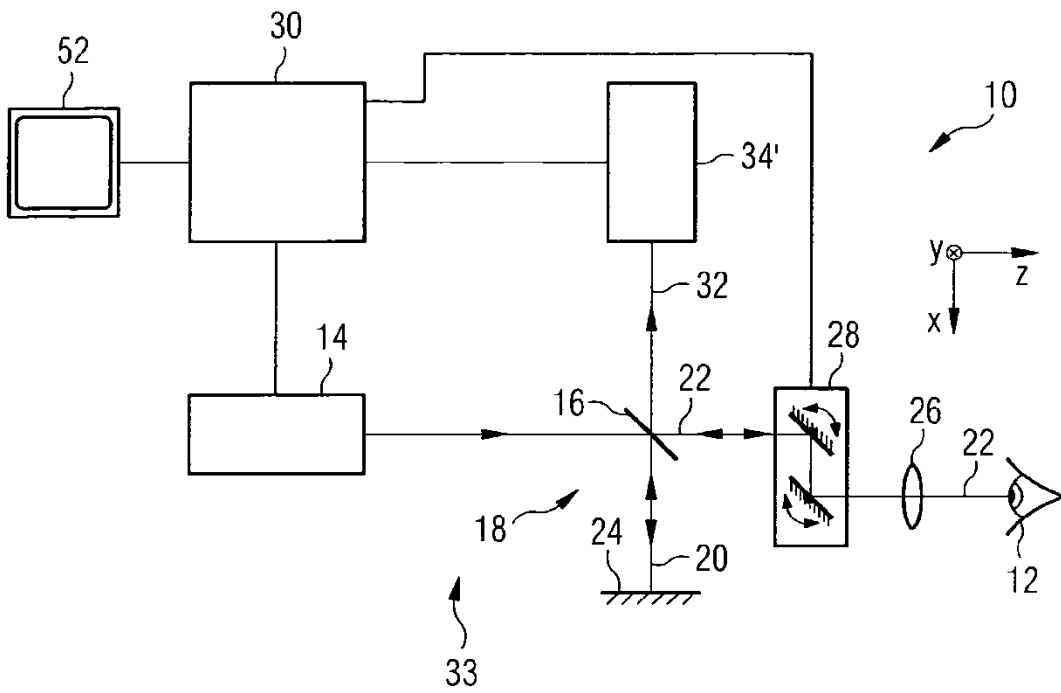


FIG 2

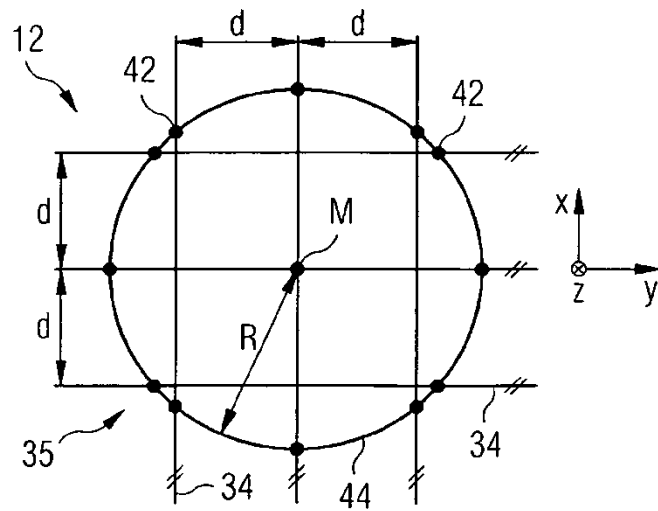


FIG 3

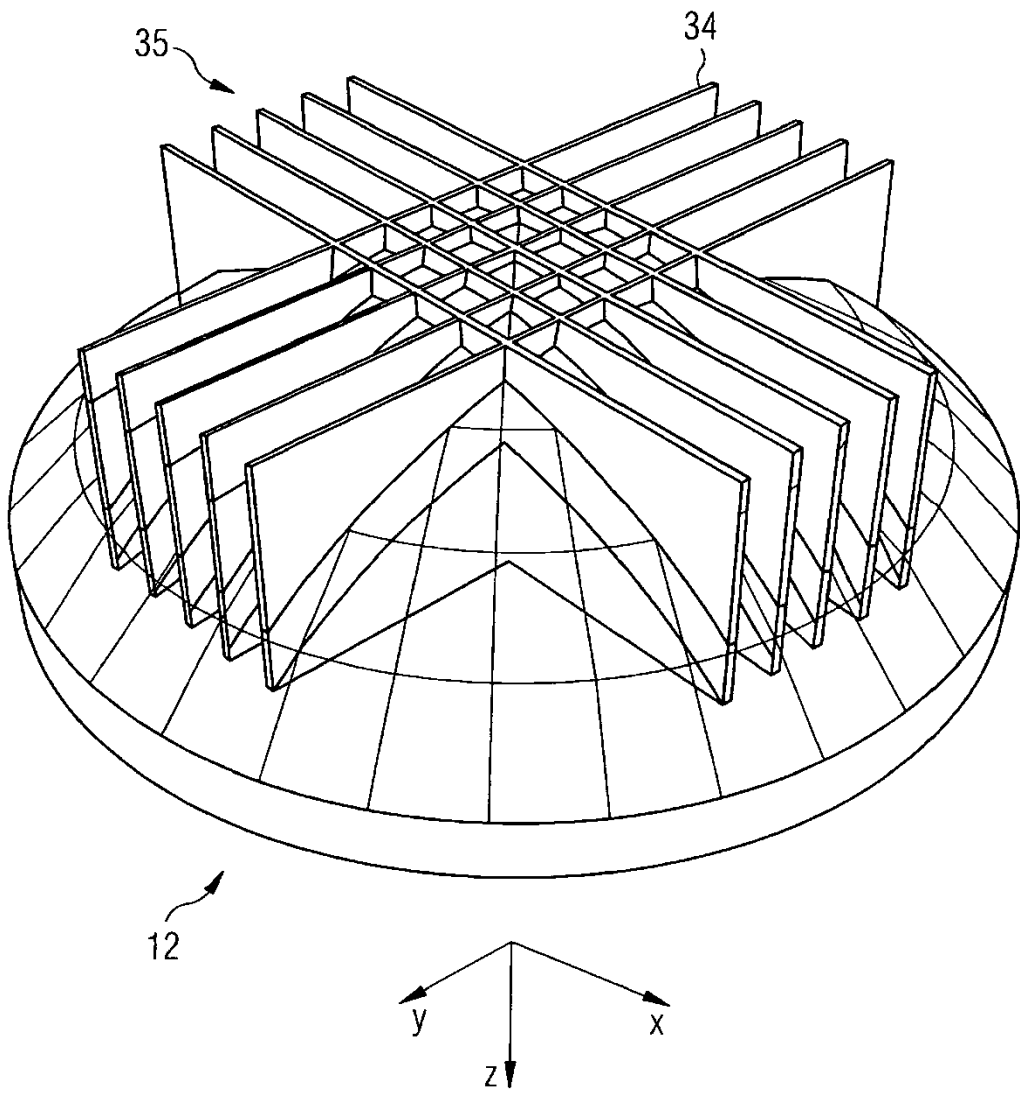


FIG 4a

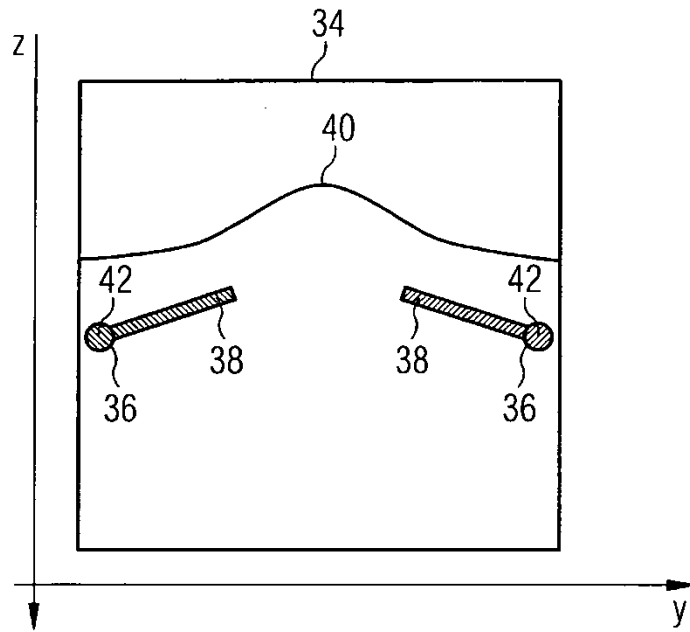


FIG 4b

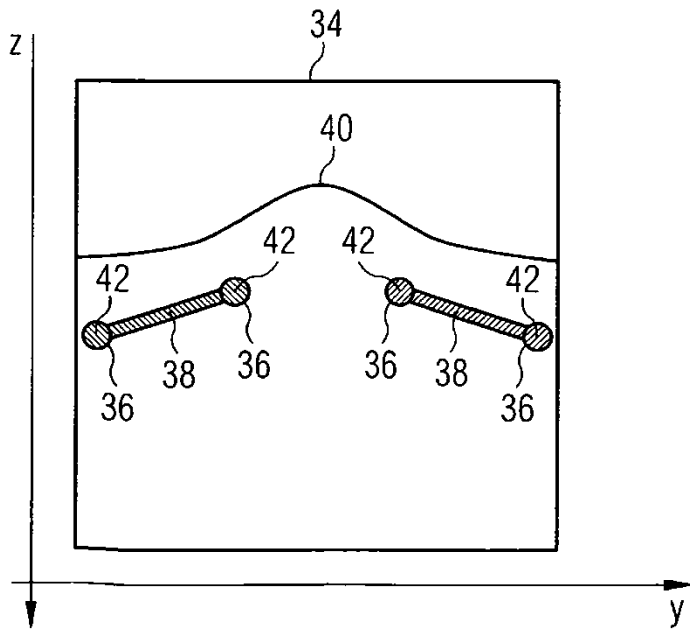


FIG 5

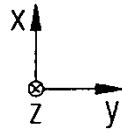
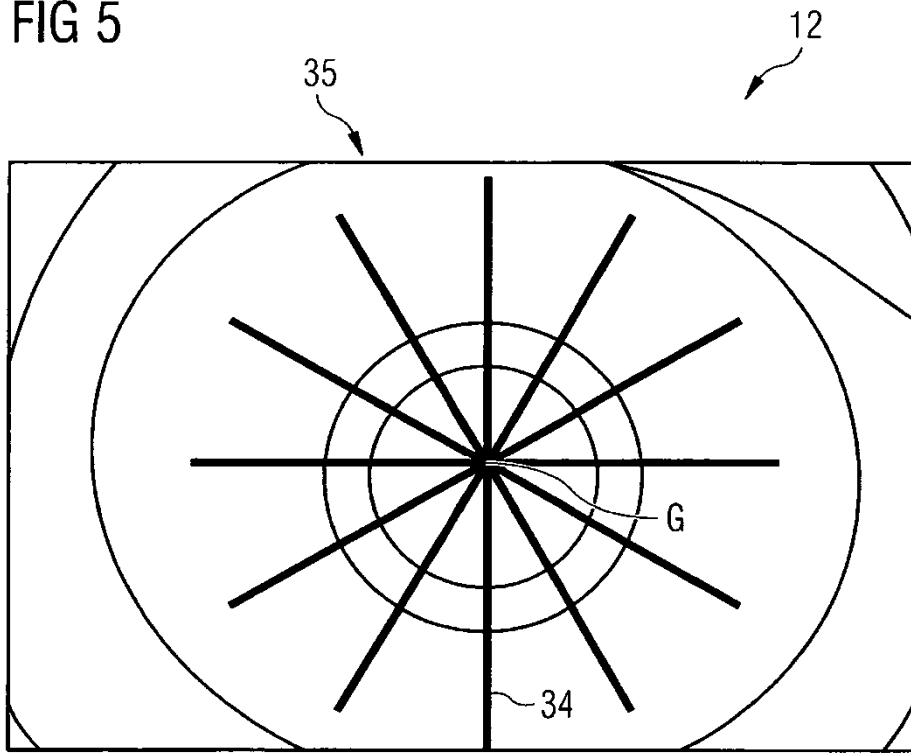


FIG 6a

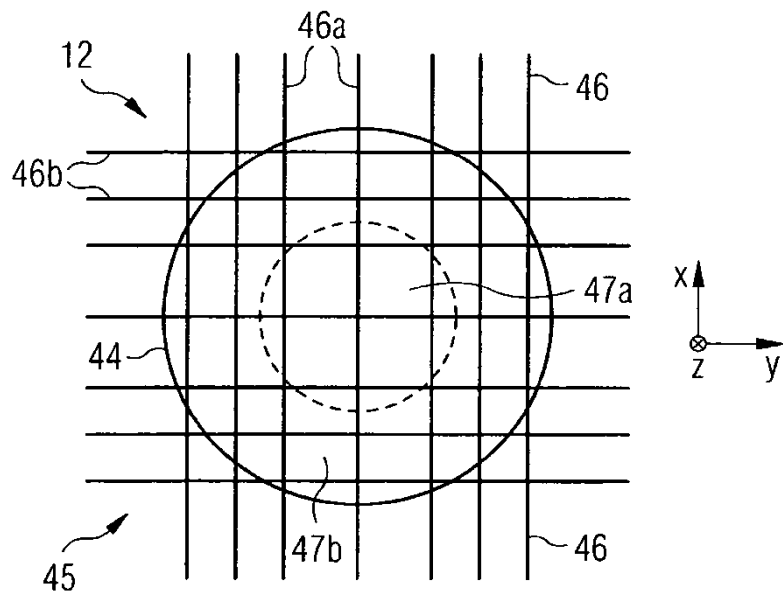


FIG 6b

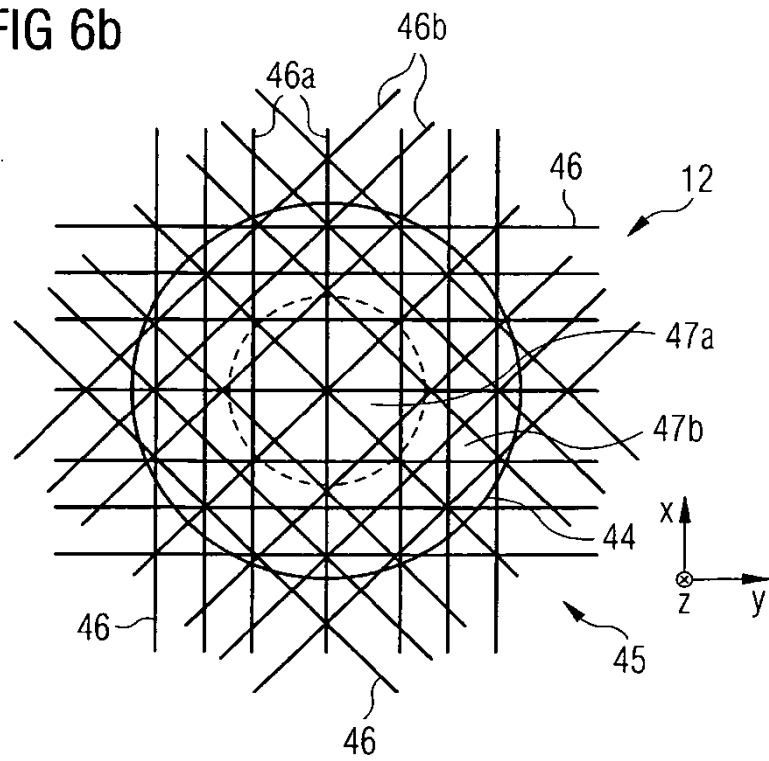


FIG 7a

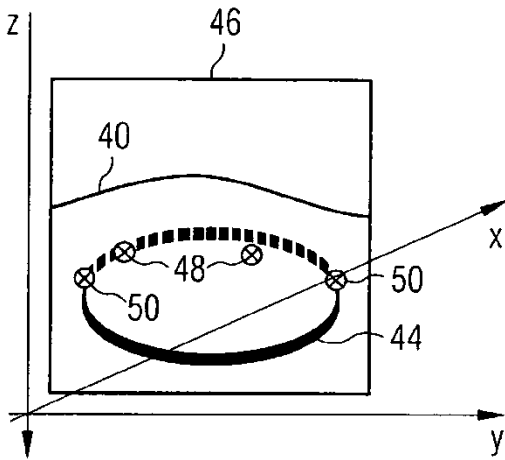


FIG 7b

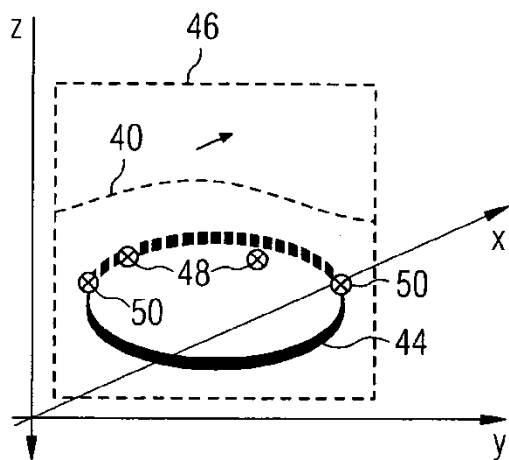


FIG 7c

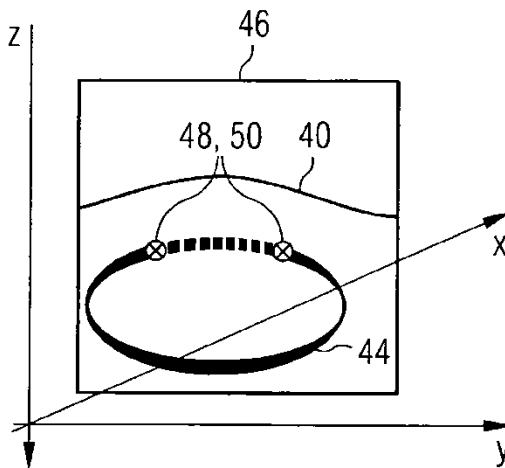


FIG 8a

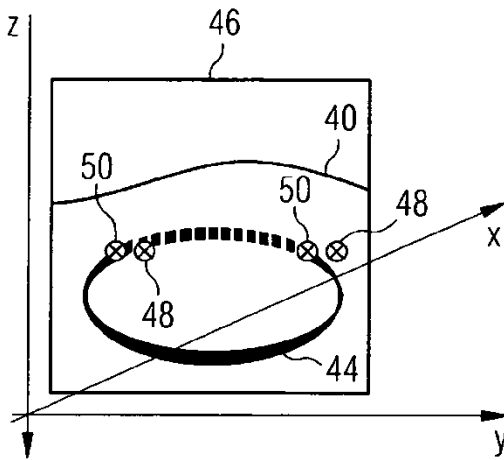


FIG 8b

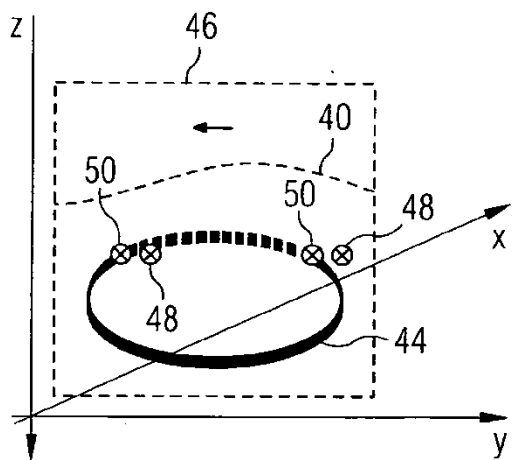


FIG 8c

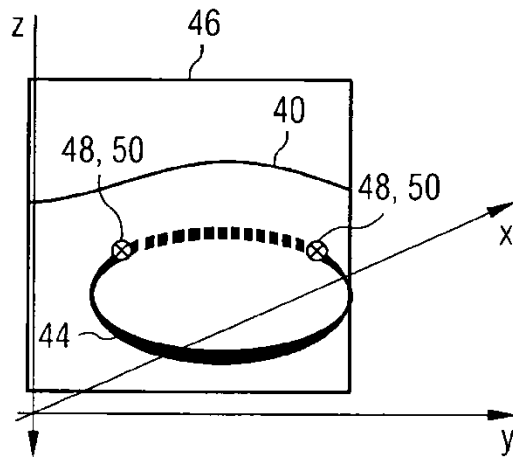


FIG 9a

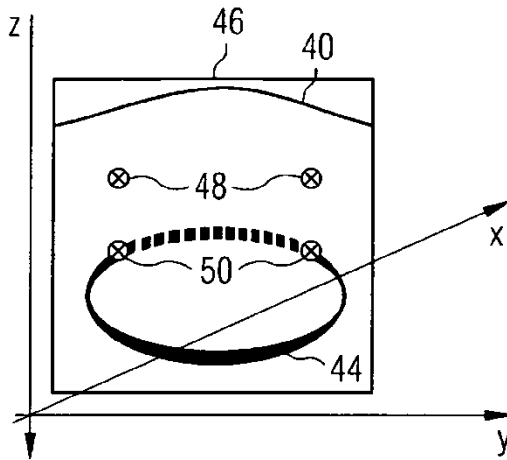


FIG 9b

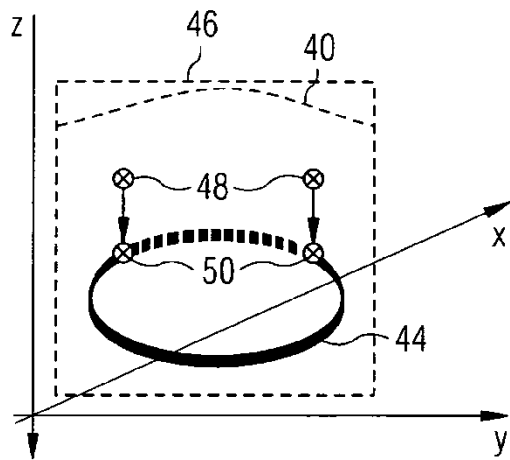


FIG 9c

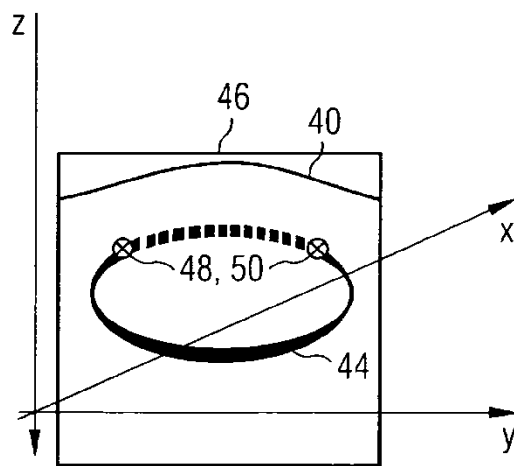


FIG 10a

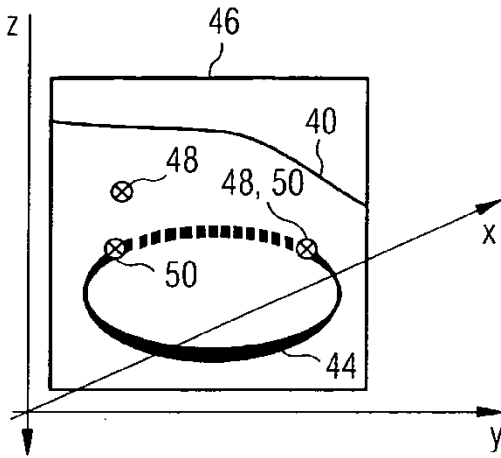


FIG 10b

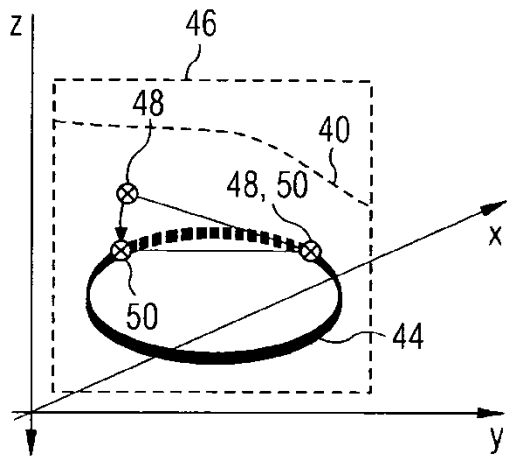


FIG 10c

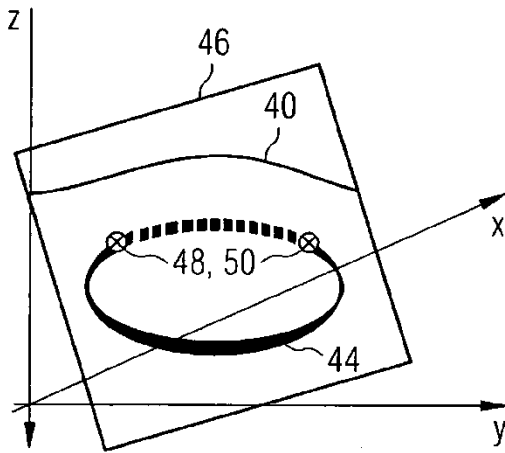


FIG 11a

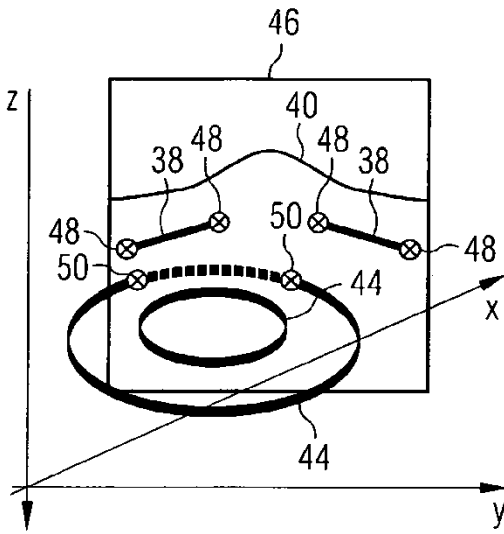


FIG 11b

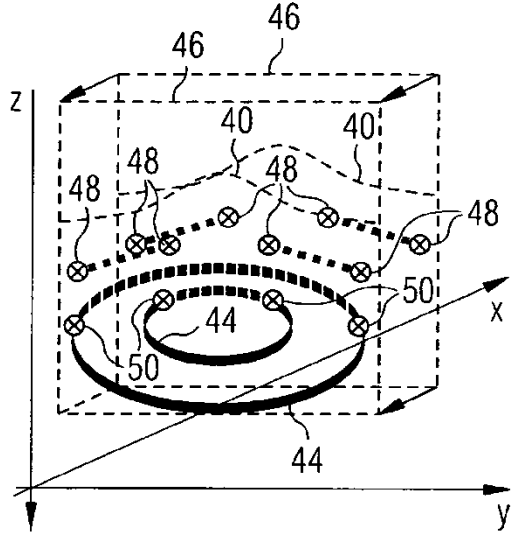


FIG 11c

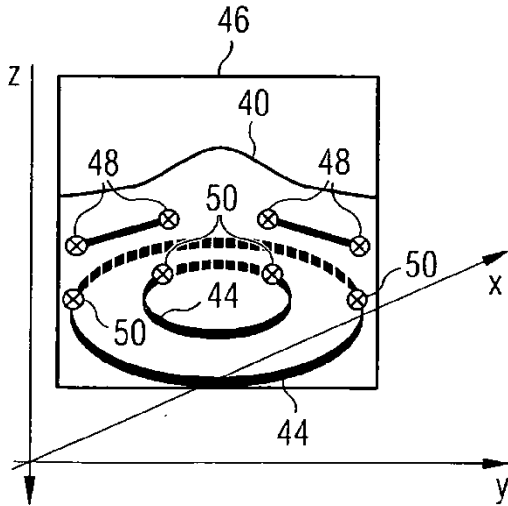


FIG 11d

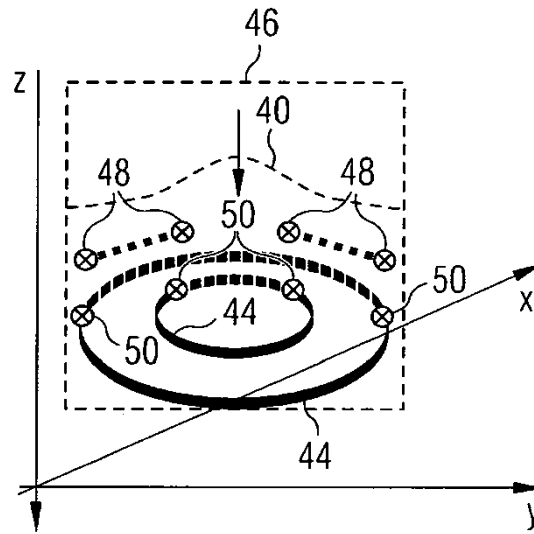


FIG 11e

