



19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 365 128**

51 Int. Cl.:
G06T 11/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **01986787 .8**

96 Fecha de presentación : **11.10.2001**

97 Número de publicación de la solicitud: **1325471**

97 Fecha de publicación de la solicitud: **09.07.2003**

54 Título: **Representación de un objeto por medio de una irradiación así como reconstrucción utilizando datos de irradiación simulados.**

30 Prioridad: **11.10.2000 DE 100 50 250**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
22.09.2011

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
22.09.2011

73 Titular/es: **FRAUNHOFER-GESELLSCHAFT ZUR
FÖRDERUNG DER ANGEWANDTEN FORSCHUNG
E.V.
Hansastraße 27C
80686 München, DE**

72 Inventor/es: **Hanke, Randolf;
Schröpfer, Stefan;
Gerhäuser, Heinz y
Paulus, Dietrich**

74 Agente: **Arizti Acha, Mónica**

ES 2 365 128 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

Representación de un objeto por medio de una irradiación así como reconstrucción utilizando datos de irradiación simulados.

5 La presente invención se refiere a la representación de objetos por medio de una irradiación y a la reconstrucción de un objeto basándose en tal representación del objeto, tal como es el caso por ejemplo en la tomografía computarizada.

10 La tomografía computarizada se desarrolló en los años 70 y se basa en una reconstrucción de un objeto basándose en proyecciones del objeto desde distintas direcciones de irradiación. Cada plano de proyección ofrece información sobre una distribución de absorción o extinción del objeto en perpendicular a la dirección de irradiación. A partir de las proyecciones en distintas direcciones de irradiación puede determinarse entonces el objeto con respecto a sus propiedades de extinción o su densidad.

15 En un tomógrafo computarizado de rayos X, por ejemplo un tubo de rayos X y un detector de rayos X situado enfrente del tubo de rayos X sobre el objeto, que se compone de una fila o un segmento circular de sensores, rodean el objeto. El tubo de rayos X irradia el objeto por medio de un abanico de rayos, recibiendo los rayos que penetran en el objeto por los sensores del detector de rayos X. Esta operación se repite para distintas direcciones de irradiación, discurriendo los planos de rotación y los planos del abanico de rayos siempre en paralelo entre sí. En la reconstrucción del objeto con ayuda de los datos de proyección obtenidos se genera una imagen en sección a través del objeto. Mediante el movimiento relativo del tomógrafo computarizado con respecto al objeto en perpendicular al plano de rotación se generan imágenes en sección adyacentes sucesivas, a partir de las cuales puede generarse una imagen tridimensional del objeto. En los tomógrafos computarizados de rayos X modernos con técnicas de tomografía computarizada espiral, el movimiento de desplazamiento relativo del objeto con respecto al tomógrafo computarizado y el movimiento de rotación de la disposición del tubo rayos X/detector de rayos X se realizan de manera continua, de modo que la reconstrucción del objeto no tiene lugar mediante imágenes en sección sino en forma de espiral.

25 En la figura 3 se muestra una disposición convencional para la reconstrucción de un objeto basándose en datos de tomografía computarizada. El tomógrafo 900 computarizado obtiene en una entrada parámetros 902 de medición, que determinan por ejemplo las direcciones de irradiación, intensidades y tiempos de exposición a la luz que van a emplearse durante una medición de un objeto 903, indicado en la figura 3 en general con un círculo. El tomógrafo computarizado mide las irradiaciones del objeto según las especificaciones de los parámetros 902 de medición y entrega los datos medidos, que contienen datos de proyección de las irradiaciones en distintas direcciones de irradiación, como valores 904 de reconstrucción al dispositivo 906 de reconstrucción. El dispositivo 906 de reconstrucción reconstruye a partir de los datos de reconstrucción datos 908 de imagen, que corresponden a una imagen del objeto, y que contienen por ejemplo información sobre la densidad de material del objeto 903.

30 Un problema en la tomografía computarizada consiste ahora en que, si el objeto 903, tal como por ejemplo un objeto de ensayo industrial, sólo presenta en una pequeña parte de las direcciones de irradiación necesarias para el dispositivo 906 de reconstrucción para la reconstrucción por tomografía computarizada, una combinación de una alta densidad de absorción por un lado y una gran trayectoria del rayo por otro lado, como por ejemplo en presencia de nervios de material de fuerte absorción en el objeto 903 de ensayo, esta alta absorción lleva a menudo, debido a la dinámica de detección limitada aprovechable del tomógrafo 900 computarizado, a intensidades reducidas que no pueden medirse y, por lo tanto, a datos de proyección erróneos o incompletos en los datos 904 de reconstrucción. Esta parte errónea de los datos de medición lleva, en la reconstrucción por tomografía computarizada en el dispositivo 906 de reconstrucción, a artefactos característicos en los datos 908 de imagen, que no están limitados localmente a los campos de alta densidad. En un examen de calidad de un objeto de ensayo estos artefactos pueden impedir por ejemplo la detección de defectos de material en otras zonas distintas de aquéllas de alta densidad de absorción. Por lo general, debido a estos artefactos, se dificultará esencialmente cualquier evaluación de imagen automática posterior de los datos 908 de imagen con el fin de reconocer defectos.

45 En el pasado se trató de paliar este problema de los artefactos, que aparece debido a datos 904 de reconstrucción incompletos o erróneos, simplemente omitiendo datos 904 de reconstrucción, debido a los cuales aparecen en la imagen 908 reconstruida artefactos no locales, dependientes del objeto en su forma, tales como por ejemplo áreas cilíndricas con información de densidad de material errónea, de modo que se influye en la reconstrucción en su totalidad. Los datos de proyección parcialmente erróneos debían tratarse durante la reconstrucción mediante algoritmos de reconstrucción especializados. Las áreas ausentes en la imagen reconstruida aumentan además el esfuerzo del reconocimiento de defectos subsiguiente basándose en la imagen reconstruida.

55 En Nuclear Instruments and Methods in Physics Research, B, septiembre de 2000, volumen 170, n.º 1 - 2, p. 245 - 258 se presenta un programa de simulación para la simulación de una captación de imágenes tomográficas o radioscópias. Además se describen en el mismo posibles aplicaciones de este programa. En particular, a partir de la geometría del objeto que va a irradiarse, que se describe por ejemplo utilizando software CAD mediante una triangulación, se calculan mediante el programa las irradiaciones resultantes. Como aplicación a modo de ejemplo se menciona el uso de la simulación para optimizar parámetros experimentales. En particular se propone, para mejorar la capacidad de detección de defectos del objeto, calcular a partir de las irradiaciones simuladas mapas de relación señal a ruido (CNR), y utilizar

estos mapas CNR para la determinación de parámetros de detección óptimos, que pueden comprender el tiempo de exposición a la luz, la corriente del tubo y el voltaje del tubo.

5 El documento US 4.920.491 describe un esquema de mejora de la calidad de imagen utilizando información a priori. En particular se describe una posible mejora de la calidad de imágenes CT por rayos X. A este respecto, los datos de proyección medidos, obtenidos mediante exploración de una pieza con rayos X a través de un área angular delimitada, se completan en el área angular ausente mediante datos de proyección calculados, que se calculan mediante atenuación de radiación a partir de parámetros físicos conocidos de la pieza y de la fuente de radiación. A continuación se reconstruye una imagen de la pieza a partir de los datos de proyección medidos y calculados. De esta manera puede adquirirse información de irradiación para direcciones en las que la pieza atenúa demasiado los rayos X como para 10 permitir que la atraviesen.

El objetivo de la presente invención consiste en crear un procedimiento y un dispositivo para la representación de un objeto por medio de una irradiación, de modo que la representación sea mejor para una posterior reconstrucción del objeto, y/o de modo que la irradiación del objeto no sea costosa.

Este objetivo se resuelve mediante un procedimiento según la reivindicación 1 y un dispositivo según la reivindicación 2.

15 La invención se basa en el reconocimiento de que una representación de un objeto por medio de una irradiación con vistas a una posterior reconstrucción del objeto con ayuda de la representación puede mejorarse utilizando datos simulados, que corresponden a una irradiación simulada del objeto, ya antes de una reconstrucción como información previa para medir una irradiación del objeto y/o para generar la representación a partir de una irradiación medida.

20 Una ventaja de la presente invención consiste en que posibilita determinar datos de objetos por medio de irradiación de tal manera que también sea posible una reconstrucción en lugares en los que los procedimientos convencionales provocan artefactos.

Según un primer aspecto de la presente invención se utilizan datos simulados para medir una irradiación del objeto. Según un ejemplo de realización se utiliza información previa o un modelo del objeto, tal como por ejemplo un modelo CAD de una estructura teórica de un objeto de ensayo, ya antes de la adquisición de datos o la medición del objeto, 25 para simular irradiaciones simuladas del objeto desde, por ejemplo, varias direcciones de irradiación, para generar los datos simulados. Estos datos simulados pueden evaluarse entonces con el fin de optimizar los parámetros de medición de un dispositivo de medición, como por ejemplo de un tomógrafo computarizado, que mide una irradiación del objeto. Así, es posible determinar por ejemplo, con ayuda de los datos simulados, una o varias direcciones de irradiación mejores u óptimas y una o varias intensidades y duraciones de exposición a la luz mejoradas u óptimas, dependientes de la dirección. La mejora u optimización puede realizarse por ejemplo de tal manera que los parámetros de medición determinados mantengan lo más reducidos posible los artefactos durante una reconstrucción del objeto basándose en los datos medidos. El ajuste de los parámetros de medición puede mejorarse u optimizarse por ejemplo con el objetivo de mantener lo más reducido posible el número de direcciones de irradiación con condiciones de irradiación adversas o alta absorción. Otra posible mejora prevé que una dosis de radiación aplicada por el dispositivo de medición sobre el 30 objeto sea lo más pequeña posible, o que se alcance un compromiso óptimo con respecto a una duración de captación y una dinámica de detección del dispositivo de medición. Por lo tanto, mediante estas medidas de mejora u optimización, o bien pueden mejorarse los datos medidos con vistas a la posterior reconstrucción y/o bien reducirse el esfuerzo de irradiación.

Según otro aspecto de la presente invención se utilizan datos simulados, que corresponden a una irradiación simulada del objeto, para generar la representación del objeto a partir de una irradiación medida. Según un ejemplo de realización se utilizan datos simulados, que corresponden a una irradiación simulada del objeto, para completar los datos medidos, que corresponden a una irradiación medida del objeto, tal como se generan por ejemplo por un tomógrafo computarizado, en parte mediante los datos simulados y/o sustituirlos por éstos, y concretamente antes de una posterior reconstrucción del objeto basándose en los datos medidos. Por ejemplo, en el caso de direcciones de irradiación que, a pesar de un ajuste óptimo de los parámetros de captación o una planificación óptima de la geometría de captación, 40 generan en los datos medidos áreas de absorción muy alta y por tanto áreas erróneas, se sustituyen áreas imprecisas y con mucho ruido debido a la alta absorción en los datos de proyección por datos simulados, adquiridos por ejemplo a partir de un modelo CAD del objeto de ensayo. Por otro lado, puede omitirse de antemano una dirección de irradiación necesaria para la reconstrucción mediante la optimización de los parámetros de medición, completando más tarde los datos medidos con datos simulados, que corresponden a una irradiación simulada en esa dirección. Gracias a esta utilización de datos simulados para completar y sustituir datos mal medidos, o dado el caso no medidos en absoluto, antes de la reconstrucción, pueden evitarse en la mayor medida posibles artefactos en la reconstrucción, que podrían ser resultado de una dinámica de detección defectuosa, con lo cual se maximiza la capacidad de detección de defectos de material tomando como base la imagen reconstruida del objeto. Además, se evitan áreas con información de 45 densidad de material errónea en los datos de imagen generados en la reconstrucción, tal como se generarían mediante la omisión de datos convencional, gracias a la sustitución y complementación de los datos medidos.

Otras configuraciones preferidas de la presente invención se definen en las reivindicaciones adjuntas.

Ejemplos de realización preferidos de la presente invención se explican a continuación más detalladamente haciendo referencia a los dibujos adjuntos. Muestran:

la figura 1, un dispositivo para reconstruir un objeto con un módulo de control de medición y de procesamiento de datos según un ejemplo de realización de la presente invención;

- 5 la figura 2, un diagrama de flujo, que ilustra el modo de funcionamiento del dispositivo de la figura 1 mediante las etapas según un ejemplo de realización de la presente invención; y

la figura 3, una estructura convencional para la reconstrucción por tomografía computarizada.

- 10 Ha de indicarse que la siguiente descripción de la presente invención se refiere, únicamente a título ilustrativo, a un ejemplo de realización, en el que las irradiaciones del objeto se realizan por medio de un tomógrafo computarizado de rayos X, y en el que el objeto que va a examinarse es un objeto de ensayo, como por ejemplo una prótesis que debe examinarse. La invención también puede aplicarse, por ejemplo, a otros procedimientos de tomografía computarizada, como por ejemplo la tomografía por emisión de positrones (PET), o a otros procedimientos de irradiación, en los que pueden utilizarse información previa o conocimientos previos para optimizar el ajuste de parámetros de medición o para completar y sustituir después los datos medidos para mejorar una posterior reconstrucción.

- 15 La figura 1 muestra la estructura de un dispositivo para la reconstrucción por tomografía computarizada de un objeto según un ejemplo de realización de la presente invención. Según el presente ejemplo de realización, el dispositivo está previsto para examinar un objeto de 10 de ensayo, como por ejemplo una prótesis, por ejemplo en cuanto a una desviación de una forma teórica u otro tipo de defectos, como por ejemplo grietas o similares.

- 20 El dispositivo de la figura 1 comprende un tomógrafo 12 computarizado, un dispositivo 14 de reconstrucción así como un módulo 16 de control de medición y de procesamiento de datos. El módulo 16 de control de medición y de procesamiento de datos está conectado con una entrada del tomógrafo 12 computarizado, para alimentar al mismo parámetros de medición, que establecen las condiciones de medición durante una medición del tomógrafo 12 computarizado en el objeto 10. El módulo 16 de control de medición y de procesamiento de datos está conectado además con una salida del tomógrafo 12 computarizado, para obtener del tomógrafo 12 computarizado los datos medidos, es decir los datos de proyección medidos del objeto 10, que se obtienen al irradiar el objeto 10 utilizando los parámetros de medición establecidos o ajustados, como por ejemplo las direcciones de irradiación, intensidades y duraciones del tiempo de exposición a la luz ajustadas. En una salida, el módulo 16 de control de medición y de procesamiento de datos entrega datos de reconstrucción al dispositivo 14 de reconstrucción, mediante los cuales el dispositivo 14 de reconstrucción genera datos de imagen, que corresponden a una imagen del objeto 10 y que contienen por ejemplo información de densidad de material sobre el objeto 10.

- 25 El módulo 16 de control de medición y de procesamiento de datos comprende dos memorias 18 y 20, un simulador 22, un control 24 y un dispositivo 26 de procesamiento de datos. El simulador 22 está conectado con las dos memorias 18 y 20 de manera que éste presenta un acceso de lectura con respecto a la memoria 18 y un acceso de escritura con respecto a la memoria 20. El control 24 y el dispositivo 26 de procesamiento de datos están conectados con la memoria 20 de manera que puedan acceder al contenido de la memoria 20. Una salida del control 24 está conectada con una entrada del tomógrafo 12 computarizado, mientras que el dispositivo 26 de procesamiento de datos presenta una entrada, que está conectada con la salida del tomógrafo 12 computarizado, y una salida, que está conectada con la entrada del dispositivo 14 de reconstrucción. De esta manera, que se explicará a continuación, el control 24 y el dispositivo 26 de control de medición y de procesamiento de datos utilizan la información disponible en la memoria 20, para determinar parámetros de medición optimizados para el tomógrafo 12 computarizado y entregarlos al mismo, o para completar y sustituir datos medidos por el tomógrafo 12 computarizado, y emitirlos como datos de reconstrucción al dispositivo 14 de reconstrucción.

- 35 El tomógrafo 12 computarizado comprende en su interior (no mostrado) un emisor de rayos X, como por ejemplo un tubo de rayos X, que presenta un espectro de rayos X primarios determinado, y un detector de rayos X, que presenta una curva característica de detección determinada o una sensibilidad que depende de la frecuencia y una determinada dinámica de detección máxima.

Conectado al dispositivo 14 de reconstrucción puede encontrarse por ejemplo un dispositivo de examen de calidad (no mostrado), que determina con ayuda de los datos de imagen generados por el dispositivo 14 de reconstrucción defectos u otras desviaciones del objeto 10 de ensayo respecto de una forma teórica o una estructura teórica.

- 40 Antes de describir a continuación el modo de funcionamiento del dispositivo de la figura 1, ha de indicarse que la división interna del módulo 16 de control de medición y de procesamiento de datos puede ser distinta a la representada. En particular ha de indicarse que los elementos individuales, es decir el simulador 22, el control 24, el dispositivo 26 de procesamiento de datos y el dispositivo 14 de reconstrucción, pueden implementarse en software, *firmware* o hardware. Pueden configurarse por ejemplo como un circuito integrado (IC = *integrated circuit*), un ASIC (ASIC = *application specific IC* = circuito integrado de aplicación específica), una lógica programable, un programa de software o una combinación de los mismos.

Tras haber descrito anteriormente la estructura del dispositivo de la figura 1, a continuación se describirá el modo de funcionamiento del mismo por medio de las etapas mostradas en la figura 2 según un ejemplo de realización de la presente invención, haciendo referencia adicionalmente a la figura 1.

5 En una etapa 30 se proporciona en primer lugar un modelo del objeto 10 de ensayo en la memoria 18. Los datos de modelo del objeto 10 de ensayo se presentan, por ejemplo, en forma de datos CAD (*computer aided design* = diseño asistido por ordenador) o en forma de datos de trama o píxel, que indican densidades de material locales y otras propiedades de material. Los datos de modelo pueden ser tridimensionales aunque también bidimensionales. En particular el modelo del objeto 10 de ensayo contiene información sobre una geometría teórica y los materiales empleados o las propiedades de irradiación del objeto 10 de ensayo. En el caso de una pieza moldeada maciza, los datos CAD del objeto 10 de ensayo comprenden por ejemplo únicamente una información sobre la forma exterior y el material empleado del objeto 10 de ensayo. El modelo proporcionado en la etapa 30 del objeto 10 puede consistir también, por ejemplo, en una reconstrucción CT realizada previamente o bien del propio objeto 10 o bien de una buena parte representativa.

15 En una etapa 32, el simulador 22 accede a la memoria 18, para obtener el modelo del objeto 10 de ensayo, y simula irradiaciones del objeto 10 de ensayo basándose en el modelo, para obtener datos simulados. La simulación se realiza, por ejemplo, teniendo en cuenta la ley de extinción, con ayuda de la información sobre las propiedades de extinción del objeto 10 extraída de los datos CAD en la memoria 18. En el presente ejemplo de realización, el simulador 22 dirige irradiaciones en varias direcciones de irradiación, de modo que los datos simulados contienen datos de proyección simulados, que corresponden a irradiaciones simuladas en distintas direcciones de irradiación. Durante la simulación de las irradiaciones del objeto 10 de ensayo en los distintos ángulos de proyección o direcciones de irradiación se hace uso, además de los datos teóricos del objeto 10 de ensayo que va a examinarse, definidos por el modelo CAD en la memoria 18, del conocimiento de parámetros de la instalación 12 CT proporcionados por ejemplo en otra memoria 33, como por ejemplo del espectro de rayos X primarios irradiados del emisor de rayos X del tomógrafo 12 computarizado y de la curva característica de detección del detector de rayos X del tomógrafo 12 computarizado así como de la geometría de captación.

25 En una etapa 34 los datos simulados se almacenan de manera temporal en la memoria 20, para proporcionarlos de manera recuperable al control 24 y al dispositivo 26 de procesamiento de datos. Los datos simulados se almacenan en la memoria 20 por ejemplo utilizando el ángulo de proyección utilizado en la simulación como índice.

30 En una etapa 36 el control 24 accede a la memoria 20, para evaluar los datos simulados, para determinar parámetros de medición para el tomógrafo 12 computarizado. La evaluación de los datos simulados y la determinación de los parámetros de medición para el tomógrafo 12 computarizado sirven para la planificación de la captación de las irradiaciones que va a realizar el tomógrafo 12 computarizado, y que sirven como base para una posterior reconstrucción por tomografía computarizada, que se realizará en el dispositivo 14 de reconstrucción. Los parámetros de medición determinados en la etapa 36 establecen por ejemplo un conjunto de direcciones de irradiación, intensidades de rayos X y/o tiempos de exposición a la luz, que el tomógrafo 12 computarizado usará durante las irradiaciones del objeto 10 de ensayo. La determinación de los parámetros de medición puede realizarse basándose en una elección o bien de las posiciones de captación o direcciones de irradiación adecuadas o bien de los tiempos de exposición a la luz en función de la posición, a partir del conjunto de posiciones de captación o tiempos de exposición a la luz utilizado en la simulación en la etapa 32.

40 La evaluación 36 de los datos simulados, para determinar los parámetros de medición para el tomógrafo 12 computarizado, puede ajustarse para optimizar los parámetros de medición de diferentes formas. Durante la evaluación 36, los parámetros de medición se determinan por ejemplo de tal manera que se reduzcan los artefactos en la posterior reconstrucción por tomografía computarizada, que aparecen debido a información errónea en los datos medidos, provocada por una absorción del objeto demasiado alta o una dinámica de detección defectuosa. La reducción de los artefactos en la posterior reconstrucción por tomografía computarizada puede lograrse, en particular, porque durante la determinación de las direcciones de irradiación se evitan en la medida de lo posible aquellas direcciones de irradiación con una absorción especialmente alta debido a la dinámica limitada del detector de rayos X del tomógrafo 12 computarizado. La evaluación de los datos simulados obtenidos mediante simulación a partir del modelo CAD puede diseñarse además de manera que los parámetros de medición determinados controlen el proceso de captación del tomógrafo 12 computarizado de tal manera que se reduzca la dosis de radiación a la que se somete al objeto 10 de ensayo durante el proceso de captación. Además, la información adquirida a partir de los modelos CAD puede utilizarse para controlar el tiempo de exposición a la luz o la intensidad de los rayos X durante la captación por tomografía computarizada mediante el tomógrafo 12 computarizado, para conseguir con ello el mejor compromiso posible con respecto a la duración de captación y la dinámica de detección usada.

55 La reducción de los artefactos en la reconstrucción por tomografía computarizada o en los datos de imagen generados después mediante el dispositivo 14 de reconstrucción posibilita, dado el caso, una posterior evaluación de datos de imagen automática más sencilla, como por ejemplo un examen de calidad, basándose en los datos de imagen. Además, en la etapa 36 pueden identificarse las captaciones de datos de proyección del objeto 10 de ensayo que va a examinarse que son innecesarias o inútiles o incompletas debido a una dinámica de detección defectuosa, ya antes de la captación de datos por el tomógrafo 12 computarizado con ayuda de los datos simulados, e impedirse u omitirse.

En una etapa 40 el control 24 ajusta los parámetros de medición del tomógrafo 12 computarizado a los parámetros de medición determinados. La transmisión de los parámetros de medición al tomógrafo 12 computarizado puede realizarse, por ejemplo, de una vez para todas las direcciones de irradiación, o se realiza individualmente para cada dirección de irradiación. Además, el control puede realizarse de manera analógica o digital.

5 En una etapa 42 el tomógrafo 12 computarizado mide las irradiaciones del objeto 10 de ensayo basándose en los parámetros de medición que recibe del control 24. Según la optimización de la evaluación de los datos simulados en la etapa 36 o la determinación de los parámetros de medición, la dosis de radiación a la que se somete al objeto 10 de ensayo durante las irradiaciones es mínima, el número de irradiaciones con una alta absorción y por tanto una parte errónea de los datos medidos, que conducen a artefactos en la posterior reconstrucción, es mínimo, o se consigue el mejor compromiso posible con respecto a la duración de captación y la dinámica de detección usada.

10 En una etapa 44 el dispositivo 26 de procesamiento de datos recibe los datos medidos por el tomógrafo 12 computarizado y completa y sustituye los datos medidos con ayuda de los datos simulados proporcionados en la memoria 20. Los datos medidos del tomógrafo 12 computarizado comprenden datos de proyección medidos, obtenidos a partir de irradiaciones del objeto 10 de ensayo utilizando las direcciones de irradiación, los tiempos de exposición a la luz en función de la posición y las intensidades de rayos X, establecidos por los parámetros de medición. Si ahora por ejemplo el control 24 estableciera en la etapa 36 en una determinada dirección de irradiación, que ésta presenta una densidad de absorción demasiado alta por un lado y una trayectoria del rayo demasiado grande por otro lado, de modo que en esta dirección de irradiación la dinámica de detección no sería suficiente y por tanto en la etapa 36 esta dirección de irradiación se omitiera en el control del tomógrafo 12 computarizado, el dispositivo 26 de procesamiento de datos puede completar en la etapa 44 los datos medidos en cuanto a los datos de proyección ausentes de esta dirección de irradiación con ayuda de los correspondientes datos simulados. Para las direcciones de radiación que, a pesar de un ajuste o planificación óptimos de la geometría de captación, han conducido a datos medidos que contienen áreas de absorción muy alta, el dispositivo 26 de procesamiento de datos puede sustituir en la etapa 44 las áreas por este motivo imprecisas y con mucho ruido en los datos de proyección de los datos medidos por los correspondientes datos simulados. Los datos así modificados los entrega el dispositivo 26 de procesamiento de datos en la etapa 44 al dispositivo 14 de reconstrucción.

15 La sustitución y complementación realizada en la etapa 44 de los datos medidos lleva a que se reduzcan los artefactos en la posterior reconstrucción por el dispositivo 14 de reconstrucción en la mayor medida posible, y a que aumente la capacidad de detección de defectos de material con ayuda de los datos de imagen reconstruidos, generados después por el dispositivo 14 de reconstrucción, ya que la reconstrucción presenta menos errores que en los procedimientos convencionales.

20 En una etapa 46 el dispositivo 14 de reconstrucción recibe los datos de reconstrucción del dispositivo 26 de procesamiento de datos y realiza, basándose en los mismos, una reconstrucción del objeto 10 de ensayo, y entrega los datos de imagen generados. La reconstrucción se realiza de manera convencional, aunque en los datos de imagen generados, que corresponden a una imagen del objeto 10 de ensayo y que contienen por ejemplo información de densidad y de materiales sobre el objeto 10 de ensayo, se reduce con ayuda del módulo 16 de control de medición y de procesamiento de datos 16 el número de artefactos, y además éstos no presentan artefactos, tal como es el caso en los datos de imagen adquiridos de manera convencional a partir de datos de medición por tomografía computarizada.

25 El ejemplo de realización descrito anteriormente haciendo referencia a las figuras 1 y 2, crea por tanto una planificación de captación rápida de datos de proyección para la tomografía computarizada mediante una evaluación adecuada de datos de modelo CAD de un objeto que va a examinarse. El motivo es a este respecto la incorporación de los modelos CAD de los objetos que van a examinarse ya antes de la reconstrucción o antes de la adquisición de datos. Datos de proyección de los objetos que van a examinarse que sean innecesarios o inútiles o incompletos debido a la dinámica de detección defectuosa pueden identificarse ya antes de la captación de datos a partir de los datos CAD mediante proyecciones de rayos X simuladas y sustituirse por datos simulados con ayuda de los modelos CAD para la reconstrucción. Ángulos de proyección, que no permiten esperar ninguna señal evaluable debido a una dinámica de detección insuficiente, se sustituyen por tanto por datos simulados. Para todos los demás ángulos de posición se generan entonces, en la implementación con el objeto que va a examinarse, proyecciones de rayos X reales. Dicho de otro modo, conjuntos de datos de radón incompletos se completan con ayuda de modelos CAD. En términos generales se llevan a cabo irradiaciones de rayos X simuladas de un objeto de ensayo, para disponer el conocimiento así obtenido sobre el objeto de ensayo de manera múltiple para la tomografía computarizada. Como resultado, se aumenta la capacidad de detección de defectos debido a que se inhiben artefactos no locales gracias a la incorporación del conocimiento previo sobre el objeto de ensayo.

30 Tras haber descrito anteriormente con ayuda de las figuras 1 y 2 un ejemplo de realización de la estructura y el modo de funcionamiento del dispositivo de la figura 1, a continuación se hace referencia a diversas alternativas posibles según la invención. En primer lugar se indica que, tal como ya se mencionó anteriormente, la invención puede aplicarse no sólo a la tomografía computarizada por rayos X. En particular la presente invención no se limita al tipo de radiación utilizada. Por lo general la presente invención puede aplicarse a todos los campos en los que se realice una representación de un objeto por medio de una irradiación.

- Con respecto a las etapas 30 a 34 se indica que los datos simulados también podrían proporcionarse de otro modo. La etapa 34 puede omitirse por ejemplo, de modo que en lugar de ésta se realizara de nuevo la simulación utilizando los parámetros de simulación determinados. Por otro lado podría realizarse adicionalmente entre las etapas 36 y 40 un almacenamiento temporal de los parámetros de medición determinados, para evitar una evaluación repetida de los datos simulados en caso de que deban examinarse varios objetos de ensayo del mismo tipo. Aunque en la etapa 36 la evaluación de los datos simulados se realiza de tal manera que los parámetros de medición establecen una operación de medición completa del objeto 10 de ensayo, también es posible que las etapas 36 y 40 se realicen individualmente una tras otra para por ejemplo direcciones de irradiación sucesivas. En este caso, los datos simulados tomados como base de la evaluación en la etapa 36 podrían corresponder solamente a una irradiación simulada en una sola dirección de irradiación. La simulación mediante el modelo podría realizarse también en un momento posterior. Además sería posible realizar o permitir la realización de la simulación de los datos de modelo de otro modo, de modo que ésta se omita, y proceder directamente con ayuda de los datos simulados. En particular durante la operación de irradiación puede regularse la intensidad de irradiación en función de los resultados de simulación, lo que en aplicaciones médicas se utiliza para minimizar la dosis de radiación.
- Además el modelo del objeto también puede adaptarse dinámicamente en el funcionamiento continuo. Una especificación inicial de un modelo puede adaptarse por tanto mediante proyecciones individuales a las condiciones reales.
- Se indica además que, a diferencia de lo representado en las figuras 1 y 2, pueden omitirse o bien las etapas 36 y 40 o el control 24 o bien la etapa 44 o el dispositivo 26 de procesamiento de datos. En el primer caso, el tomógrafo 12 computarizado obtendría parámetros de medición estándar de la manera convencional, para efectuar la medición de las irradiaciones en los objetos de ensayo, no optimizados en modo alguno mediante datos simulados. Los datos medidos por el tomógrafo computarizado se completarían sin embargo por el dispositivo 26 de procesamiento de datos en parte en los datos simulados y/o se sustituyen por los datos simulados, con lo cual, tal como se describió anteriormente, se logra una reducción de los artefactos en los datos de imagen reconstruidos después mediante el dispositivo de reconstrucción. En el otro caso, el tomógrafo computarizado entregaría sus datos medidos directamente al dispositivo 14 de reconstrucción. Los parámetros de medición, basándose en los cuales el tomógrafo computarizado efectúa las mediciones en el objeto de ensayo, se optimizarían sin embargo por el control basándose en los datos simulados, tal como por ejemplo con respecto a una dosis de radiación mínima, un número mínimo de artefactos en la posterior reconstrucción o similares, tal como se describió anteriormente, de modo que se mejorarían los datos medidos mediante los cuales se realiza la reconstrucción. En ambos casos alternativos, el módulo de control de medición y de procesamiento de datos generaría por tanto una representación del objeto, que mejora una posterior reconstrucción del objeto, concretamente en el primer caso datos de medición o datos de reconstrucción parcialmente completados mediante datos simulados o parcialmente sustituidos por datos simulados y en el segundo caso datos de medición optimizados, obtenidos en condiciones de medición optimizadas establecidas mediante parámetros de medición optimizados utilizando los resultados de simulación.
- Se indica además que el ejemplo de realización anteriormente descrito puede aplicarse además para aplicaciones médicas, para reducir por ejemplo los artefactos provocados por implantes, como por ejemplo artefactos metálicos. Para ello deben combinarse en el modelo CAD un modelo CAD de un implante con un modelo anatómico apropiado. Del mismo modo son concebibles, en lugar del objeto 10 de ensayo anteriormente descrito, cualquier objeto que deba examinarse. En particular la presente invención puede aplicarse tanto en la tomografía computarizada industrial como médica.

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para la representación de un objeto (10) por medio de un dispositivo (12) de medición adecuado para la irradiación del objeto (10), con las siguientes etapas:
- 5 proporcionar (30, 32, 34) datos simulados, que corresponden a una irradiación simulada del objeto (10); y
- 10 utilizar (36, 40) los datos simulados para medir (42) una irradiación del objeto (10), evaluándose, para el ajuste de un parámetro de medición del dispositivo (12) de medición, los datos simulados con el fin de obtener datos medidos adecuados para una reconstrucción tomográfica del objeto, caracterizado porque la evaluación de los datos simulados para el ajuste del parámetro de medición se realiza de tal manera que el número de direcciones de irradiación con una alta absorción sea el menor posible.
2. Dispositivo para la representación de un objeto (10) por medio de un dispositivo (12) de medición adecuado para la irradiación, con
- 15 un dispositivo (18, 20, 22) para proporcionar datos simulados, que corresponden a una irradiación simulada del objeto (10); y
- un dispositivo (24, 26) para utilizar los datos simulados para medir una irradiación del objeto (10) evaluando los simulados para ajustar un parámetro de medición del dispositivo (12) de medición con el fin de obtener datos medidos adecuados para una reconstrucción tomográfica, caracterizado porque la evaluación de los datos simulados para ajustar el parámetro se realiza de tal manera que el número de direcciones de irradiación con una alta absorción sea el menor posible.
- 20 3. Dispositivo según la reivindicación 2, en el que el dispositivo (18, 20, 22) para proporcionar datos simulados presenta la siguiente característica:
- un dispositivo (18) para proporcionar un modelo del objeto (10), que presenta información sobre una geometría y una irradiabilidad del objeto (10); y
- 25 un dispositivo (22) para simular una irradiación del objeto (10) basándose en el modelo del objeto (10), para obtener los datos simulados.
4. Dispositivo según una de las reivindicaciones 2 a 3, en el que el dispositivo para utilizar los datos simulados está configurado para ajustar, además de un conjunto de direcciones de irradiación, también un tiempo de exposición a la luz y/o una intensidad de radiación para las respectivas direcciones de irradiación.
- 30 5. Dispositivo según una de las reivindicaciones 2 a 4, en el que los datos simulados de una pluralidad de irradiaciones simuladas del objeto (10) se corresponden con diferentes direcciones de irradiación, los datos medidos de una pluralidad de irradiaciones medidas del objeto (10) se corresponden con diferentes direcciones de irradiación, y el parámetro de medición presenta un conjunto de una dirección de irradiación, tiempo de exposición a la luz e intensidad de radiación para diferentes direcciones de irradiación.
- 35 6. Dispositivo según una de las reivindicaciones 2 a 5, en el que el dispositivo (26) de utilización presenta la siguiente característica:
- un dispositivo (26) para sustituir al menos una parte de los datos medidos, que corresponden a la irradiación medida, por una parte correspondiente de los datos simulados, para obtener datos de reconstrucción.
- 40 7. Dispositivo según una de las reivindicaciones 2 a 6, en el que el dispositivo (26) de utilización presenta la siguiente característica:
- un dispositivo (26) para completar los datos medidos, que corresponden a la irradiación medida, mediante al menos una parte de los datos simulados, para obtener datos de reconstrucción.
- 45 8. Dispositivo según la reivindicación 6 ó 7, en el que los datos medidos corresponden a una pluralidad de irradiaciones medidas.
9. Dispositivo según una de las reivindicaciones 6 a 8, en el que los datos medidos sustituidos o los datos de reconstrucción completados corresponden a irradiaciones en las que aparece a través del objeto (10) una alta absorción.
- 50 10. Dispositivo según una de las reivindicaciones 2 a 9, que presenta además la siguiente característica:
- un dispositivo para entregar o bien los datos medidos o bien los datos de reconstrucción a un dispositivo de reconstrucción (14) para reconstruir el objeto (10) a partir de los mismos.

11. Dispositivo según la reivindicación 10, que presenta además la siguiente característica:
un dispositivo (12) de medición para medir la irradiación del objeto (10), para obtener datos medidos.

12. Dispositivo según una de las reivindicaciones 2 a 11, en el que la representación del objeto (10) es adecuada para una evaluación tomográfica computarizada.

5

13. Procedimiento para reconstruir por tomografía computarizada un objeto (10), con las siguientes etapas:

representar un objeto según la reivindicación 1, para obtener una representación del objeto (10); y

reconstruir (46) el objeto (10) basándose en la representación del objeto (10).

14. Dispositivo para reconstruir por tomografía computarizada un objeto (10), con

10

un dispositivo para representar un objeto según una de las reivindicaciones 2 a 12, para obtener una representación del objeto (10); y

un dispositivo (14) para reconstruir el objeto (10) basándose en la representación del objeto (10).

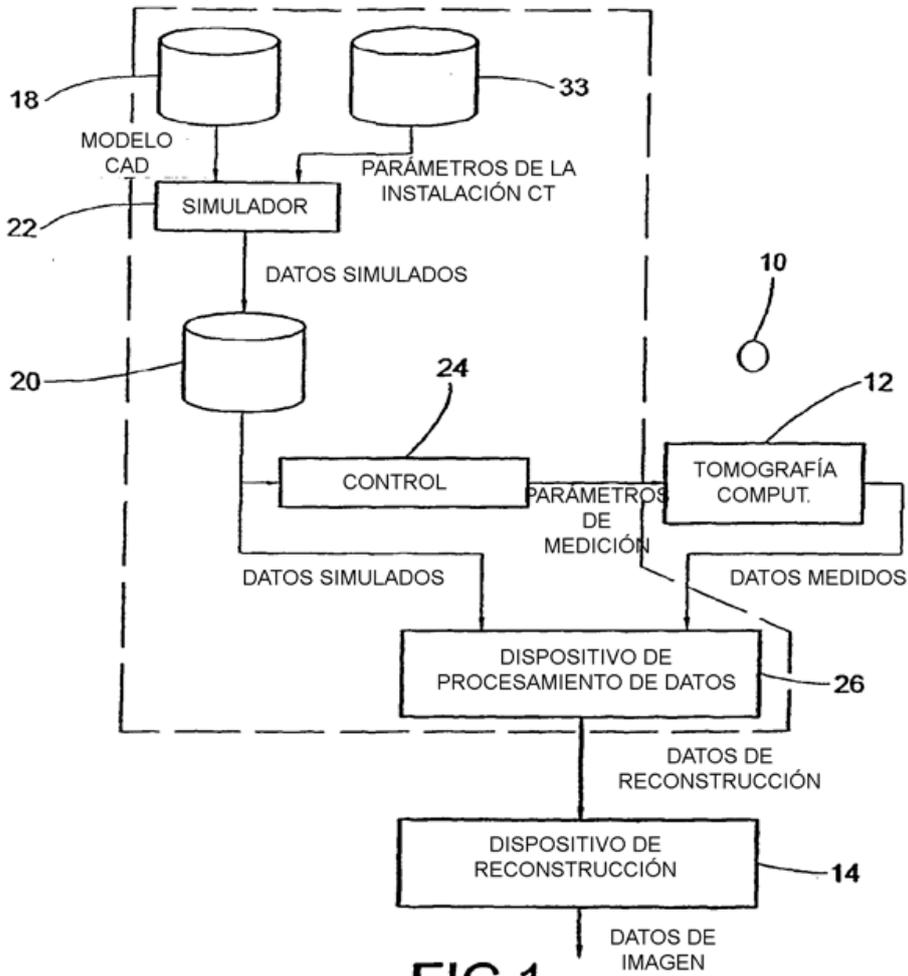


FIG 1



FIG 3

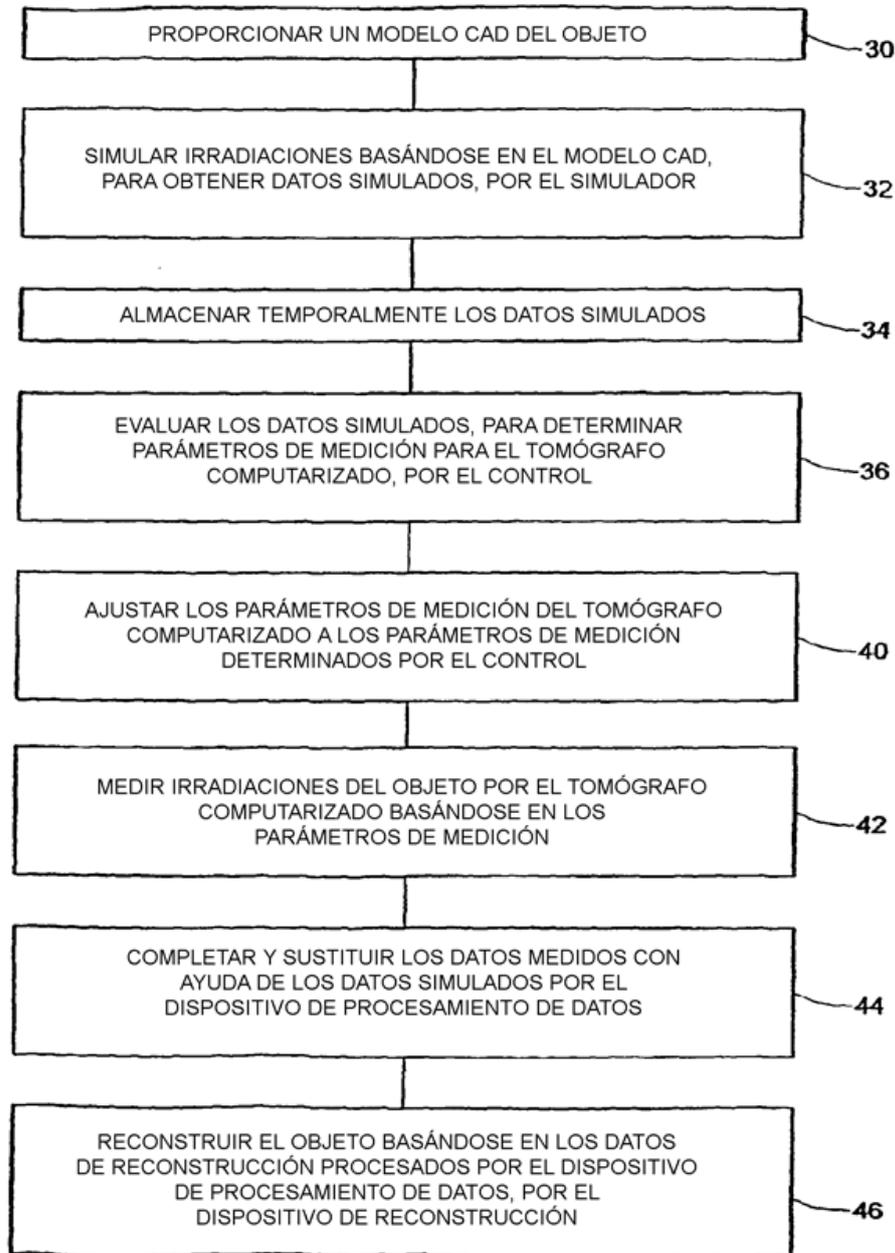


FIG 2