

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **3 015 422**

51 Int. Cl.:

G01N 23/083 (2008.01)

G01N 33/02 (2006.01)

G01N 23/18 (2008.01)

G01N 23/087 (2008.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **28.04.2020** **E 20171888 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **15.01.2025** **EP 3734259**

54 Título: **Dispositivo detector de radiación de rayos X y dispositivo para inspeccionar por rayos X productos, en particular, alimentos**

30 Prioridad:

03.05.2019 DE 102019111463

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

05.05.2025

73 Titular/es:

**WIPOTEC GMBH (100.00%)
Adam-Hoffmann-Straße 26
67657 Kaiserslautern, DE**

72 Inventor/es:

**SIEGRIST, MICHAEL;
HEIL, ULRICH;
BUR, CHRISTIAN y
HOFFMANN, KAI**

74 Agente/Representante:

DEL VALLE VALIENTE, Sonia

ES 3 015 422 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

Dispositivo detector de radiación de rayos X y dispositivo para inspeccionar por rayos X productos, en particular, alimentos

La invención se refiere a un dispositivo para inspeccionar por rayos X productos, en particular, alimentos.

Para la inspección de rayos X de productos en movimiento habitualmente se emplean detectores de líneas, que están provistos transversalmente a la dirección de movimiento de los productos que van a examinarse. En lugar de un movimiento del producto, todo el dispositivo para inspeccionar por rayos X o al menos el dispositivo detector de radiación de rayos X en cuestión también puede moverse con respecto al producto que va a examinarse. El producto que va a examinarse se escanea mediante el detector de líneas, que detecta la radiación por rayos X generada por una o varias fuentes de radiación de rayos X y los datos de imagen generados línea a línea se convierten en una imagen del producto que va a examinarse. Para generar la imagen pueden procesarse adecuadamente los datos de imagen. La imagen generada de este modo puede inspirarse mediante procesamiento de imagen. En particular, la imagen del producto que va a examinarse puede inspeccionarse para determinar si se presenta o se cumple una o varias características especificadas. Por ejemplo, un alimento, como un trozo de carne, puede examinarse para determinar si en ella se encuentran cuerpos extraños no deseados, como astillas de hueso, virutas metálicas de máquinas de procesamiento, fragmentos de vidrio, plásticos, piedras o similares.

Para ello, se conoce la utilización de detectores de línea de integración espectral (detectores no espectrales), que detectan prácticamente todo el ancho del espectro de rayos X de la radiación de rayos X, que se genera por la fuente de radiación por rayos X en cuestión. Los detectores de líneas de este tipo presentan una resolución espacial comparativamente alta en el intervalo de, por ejemplo, 0,2 mm a través de un ancho de detector global de por ejemplo 200 a 800 mm o más. Los detectores de líneas pueden estar contruidos a este respecto en forma de módulos, que pueden acoplarse en cada caso solo a huecos muy pequeños de solo pocos píxeles (por ejemplo, de uno a dos píxeles por borde de módulo) hasta alcanzar un ancho de escaneo deseado. Por consiguiente, con los detectores no espectrales de este tipo pueden detectarse también cuerpos extraños o contaminaciones muy pequeñas. Además, este tipo de detector no requiere ningún enfriamiento y puede fabricarse de manera rentable.

No obstante, los detectores no espectrales de este tipo a consecuencia de la integración espectral generan únicamente escalas de grises. Una escala de grises depende a este respecto de la atenuación de la radiación por rayos X durante el paso a través del producto que va a examinarse. A este respecto, la atenuación depende de nuevo del grosor del producto y las propiedades de material.

Este tipo de sensor es adecuado, en particular, para la detección de los cuerpos extraños más pequeños de intensa absorción, por ejemplo, de astillas de metal.

Una mejora del contraste de la imagen generada por detectores de líneas puede lograrse mediante el procedimiento de doble energía. A este respecto, se emplean dos detectores de líneas, cuyas imágenes de escaneo se superponen. Los detectores de líneas registran a este respecto diferentes rangos espectrales de la radiación por rayos X que pasa a través del producto. Esto se logra mediante el empleo al menos de un filtro de radiación por rayos X, que en la trayectoria de los rayos está dispuesto delante de uno de los detectores no espectrales. Sin embargo, tales filtros funcionan solo como filtro de paso alto y, además, no pueden fabricarse de manera suficientemente flexible en cuanto al borde de filtro deseado. Adicionalmente, amortiguan también la radiación por rayos X que va a detectarse en el rango espectral deseado. Debido al registro por separado de los diferentes rangos espectrales, las señales de imagen de los respectivos detectores de líneas contienen información diferente. Mediante una superposición ponderada (por ejemplo, la suma con signo correcto de los datos de imagen ponderados) se puede generar una imagen general, que en cuanto a la detectabilidad de determinados materiales de cuerpo extraño presenta un mejor contraste que una imagen de energía única. Sin embargo, con un filtro de radiación por rayos X fijo puede mejorarse el contraste solo para uno o varios materiales determinados. Por lo tanto, los procedimientos de doble energía en cuanto a su utilización son menos flexibles, dado que el filtro de radiación por rayos X, dependiendo del caso de aplicación, ha de seleccionarse adecuadamente.

Además, generalmente los rangos espectrales de la radiación por rayos X que se registran por ambos detectores de líneas se solapan, de manera que en cada una de las dos señales de imagen está incluida una parte de la misma información. Con ello, no puede lograrse ninguna mejora de contraste óptima.

Sin embargo, el procedimiento de doble energía permite ocultar zonas de producto de un producto que consta únicamente de dos materiales con una combinación adecuada de ambas señales de imagen. De este modo, por ejemplo, puede optimizarse el contraste en la zona de un cuerpo extraño, es decir, de un primer material, dentro del producto, es decir, de un segundo material. Sin embargo, esto se cumple solo para un producto esencialmente homogéneo a partir de un único material (o una combinación de materiales con propiedades de atenuación muy similares para la radiación por rayos X), en el que están contenidos cuerpos extraños de un material adicional (con propiedades de atenuación diferentes para la radiación por rayos X).

Asimismo, en los últimos años se han desarrollado detectores de líneas con resolución espectral, que también pueden acoplarse de manera modular. Sin embargo, los detectores de líneas espectrales de este tipo que permiten anchos de escaneo suficientemente grandes de 200 a 800 mm o más, actualmente solo están disponibles con una resolución espacial relativamente aproximada, es decir, con un tamaño de píxel relativamente grande, por ejemplo, de 0,8 mm.

Los detectores de líneas espectrales de este tipo son capaces de registrar todo el ancho espectral de la radiación por rayos X que va a detectarse, por ejemplo, en el intervalo de 20 keV a 160 keV. Estos detectores proporcionan para la resolución espectral una pluralidad de, por ejemplo, hasta 256 canales de energía. Por tanto, un detector de líneas espectral de este tipo permite generar un número de imágenes parciales correspondiente al número de canales de energía. La información contenida en cada caso en las imágenes parciales puede utilizarse y procesarse de diversas maneras. En particular, esta información permite reconocer materiales o combinaciones de materiales y detectar grosores de capa.

Además de la desventaja de una resolución espacial relativamente gruesa, estos detectores de líneas espectrales son caros y presentan un tamaño mayor que los detectores de líneas simples sin resolución espectral. Además, para el funcionamiento de los detectores de líneas espectrales se necesita mucha más energía que para el funcionamiento de los detectores no espectrales, en donde el elevado consumo de energía hace necesaria una refrigeración compleja.

Otra gran desventaja de los detectores de líneas espectrales es el largo tiempo de puesta en marcha, que puede rondar los 30 minutos. Este largo tiempo de puesta en marcha se debe a que el detector de líneas espectrales solo garantiza una separación de cargas suficiente al cabo de cierto tiempo.

El documento US 2013/0079918 A1 también divulga un sistema de clasificación que puede utilizarse para clasificar materiales, como en particular metales. El sistema funciona con dos detectores, en donde un detector detecta los rayos X transmitidos a través de los materiales que se van a clasificar y otro detector detecta la radiación fluorescente que generan los materiales, sobre todo cerca de la superficie, y que se emite en todas las direcciones. El detector de fluorescencia está dispuesto de tal forma, que detecta la parte de la radiación de fluorescencia que se emite cuando los materiales se irradian esencialmente de forma vertical desde arriba en una dirección oblicua hacia arriba. Tanto el detector de fluorescencia como el detector de luz transmitida están configurados como sensores de resolución espectral, en donde la resolución espacial y la resolución espectral dadas en cada caso pueden ser diferentes. Además, el documento WO 2017/205914 A1 divulga un dispositivo para la inspección por rayos X de productos, que presenta un detector de líneas con resolución espectral. Los espectros medidos se utilizan como datos energéticos y, tras una integración, como valores de gris. Por tanto, la resolución espacial es idéntica para los datos energéticos y para los valores de gris integrados.

Partiendo de este estado de la técnica, la invención se basa en el objetivo de crear un dispositivo para la inspección por rayos X de productos, en particular, de alimentos, que se pueda fabricar de manera rentable y mejore la detección de cuerpos extraños en un producto que se ha de examinar.

La invención consigue este objetivo con las características de la reivindicación 1. Otras formas de realización resultan de las reivindicaciones dependientes.

La invención se basa en el conocimiento de que al menos un detector de líneas de resolución no espectral con mayor resolución espacial y un detector de líneas de resolución espectral con menor o la misma resolución espacial se pueden combinar ventajosamente, con el fin de lograr una alta precisión de detección con la mayor resolución espacial.

El dispositivo según la invención para la inspección por rayos X presenta un dispositivo detector de radiación de rayos X, una unidad de evaluación y control y un dispositivo generador de radiación con al menos una fuente de radiación de rayos X, para generar radiación de rayos X con una anchura espectral predeterminada, en donde la radiación de rayos X atraviesa un producto que se ha de inspeccionar, que se desplaza en una dirección de movimiento a una velocidad de movimiento predeterminada. El dispositivo detector de radiación de rayos X presenta al menos un primer detector de líneas con una primera resolución espacial discreta (es decir, con un mayor número de píxeles por unidad de longitud), que está configurado para detectar la radiación de rayos X de banda ancha a lo largo de una o más primeras líneas de detección paralelas transversales a una dirección de movimiento de un movimiento relativo entre un producto que se va a examinar y el dispositivo detector de radiación de rayos X, y que detecta los rayos X que han atravesado el producto que se ha de examinar de forma no resuelta espectralmente en la anchura de detección predeterminada y genera unos primeros datos de imagen, en donde los primeros datos de imagen comprenden un valor de gris para cada ubicación discreta.

En este punto, debe mencionarse que el término “radiación de rayos X” en la presente descripción comprende cualquier tipo de radiación electromagnética de alta energía, en particular, la radiación de rayos X en un rango por encima de 100 eV, en particular, por encima de 1 keV, así como la radiación de terahercios, es decir, la radiación en el rango de aproximadamente 0,3 THz a 30 THz.

En lugar de un único detector de líneas de resolución no espectral con una resolución espacial más alta, es decir, un paso de píxel bajo, también se pueden utilizar dos o más detectores de líneas de este tipo, configurados de manera

en sí conocida para generar una imagen de doble energía, en donde al menos uno de estos detectores de líneas presenta un filtro para filtrar la radiación de rayos X que se ha de detectar. En lugar de un filtro, en un correspondiente dispositivo para la inspección por rayos X con un dispositivo detector de radiación de rayos X de este tipo, también se puede utilizar otra fuente de radiación de rayos X, que presente características espectrales diferentes en comparación con una primera fuente de radiación de rayos X, en particular, que el máximo del espectro tenga un valor de energía diferente.

Además, el dispositivo detector de radiación de rayos X presenta al menos un segundo detector de líneas que presenta una segunda resolución espacial discreta, que es menor que la primera resolución espacial discreta, en donde el al menos un segundo detector de líneas detecta la radiación de rayos X a lo largo de una o más segundas líneas de detección paralelas, que discurren paralelas a las primeras líneas de detección en la anchura de detección predeterminada con una resolución espectral discreta y genera segundos datos de imagen, en donde los cuantos de radiación de rayos X se asocian a una pluralidad de canales de energía para la resolución espectral, en función de su energía, y en donde los segundos datos de imagen para cada ubicación discreta comprenden un valor espectral para cada canal de energía.

Cada uno de los detectores de líneas también puede presentar varias líneas. Esto significa que se pueden registrar y leer simultáneamente varias líneas de imagen de un producto que se va a escanear. Las líneas múltiples también pueden utilizarse para realizar el procedimiento de integración con retardo temporal (procedimiento TDI) para mejorar la relación señal/ruido.

Las señales de imagen de todos los detectores de líneas se alimentan a la unidad de evaluación y control, que también está configurada, entre otras cosas, para la evaluación de los primeros y los segundos datos de imagen, de tal modo que se detecta al menos una característica predeterminada del producto que se va a examinar mediante una combinación de la información contenida en los primeros y en los segundos datos de imagen con la primera resolución espacial discreta. La unidad de evaluación y control puede configurarse como una combinación de *hardware* y *software* y, en particular, puede comprender una unidad de procesamiento de imágenes con un procesador de imágenes suficientemente rápido. La unidad de procesamiento de imágenes genera una o más imágenes a partir de los datos de imagen de los detectores de líneas y analiza las imágenes en relación con al menos una característica predeterminada. La unidad de evaluación y control o la unidad de procesamiento de imágenes utiliza la información proporcionada por el segundo detector, es decir, el detector de líneas con resolución espectral, para generar la imagen global que se va a analizar y/o para analizar una imagen global generada. De este modo, las ventajas del detector de líneas de resolución espectral pueden aprovecharse para generar una imagen global y/o para analizar una imagen global, en la que también está contenida al menos la información de los datos de imagen suministrados por el al menos un primer detector de líneas de resolución no espectral.

Esta ventaja también puede aprovecharse, en particular, si la segunda resolución espacial discreta del al menos un detector de líneas de resolución no espectral es significativamente inferior a la primera resolución espacial discreta del al menos un detector de líneas de resolución no espectral.

La al menos una característica predefinida para la que la unidad de evaluación y control analiza una imagen global generada previamente puede ser la posición de un cuerpo extraño dentro del producto, el material del cuerpo extraño, el grosor del producto, el material del producto, el grosor de las capas de material del producto o la posición de las zonas superpuestas de varios productos.

Según una forma de realización preferida de la invención, los detectores de líneas se prevén en una carcasa común. En lugar de una carcasa, los detectores de línea también pueden disponerse, por supuesto, en una posición fija unos con respecto a otros en cualquier soporte no cerrado. Los detectores de línea (con carcasa o sin ella; con soporte o sin él) también pueden preverse en una carcasa común protegida contra las radiaciones. Esto permite realizar un dispositivo para la inspección por rayos X de productos en movimiento de forma sencilla y rentable, sobre todo en términos de protección contra la radiación.

Según una forma de realización de la invención, la unidad de evaluación y control controla el al menos un primer y el al menos un segundo detector de líneas de tal manera, que se produzca una detección sincrónica de los datos de imagen en la primera y en la segunda línea de detección en función de la velocidad del movimiento relativo entre el producto que se ha de examinar y el dispositivo detector de radiación de rayos X, con el fin de obtener datos de imagen de línea en la primera y en la segunda línea de detección en cada caso, que se correspondan esencialmente con la misma trayectoria del haz a través del producto que se ha de examinar. Con tal generación sincronizada de los datos de imagen de los detectores de línea individuales, se puede generar una imagen global con menos esfuerzo, ya que como mucho se requiere una adaptación, por ejemplo, una interpolación de los datos de imagen (por ejemplo, de un solo detector de líneas), en dirección de las líneas de detección. Por el contrario, los datos de imagen de las líneas de los detectores de línea pueden combinarse directamente, por ejemplo, sumarse de forma ponderada. La velocidad del movimiento ha de conocerse con suficiente precisión, al igual que la distancia entre los detectores de línea en la dirección del movimiento.

Según otra forma de realización, la unidad de evaluación y control controla al menos un primer detector de líneas y un segundo detector de líneas, de forma que la detección de datos asíncrona tenga lugar en las líneas de detección primera y segunda, en donde los datos de imagen de líneas se detectan en las líneas de detección primera y segunda respectivamente con una tasa de muestreo de líneas, que es preferiblemente igual o mayor que la dimensión de los píxeles del respectivo detector de líneas en la dirección del movimiento relativo dividida por la velocidad del movimiento relativo. Esto significa que el producto que se ha de analizar puede escanearse sin saltos (visto en la dirección del movimiento). Al generar una imagen global a partir de los datos de imagen de varios detectores de líneas, los datos de imagen han de ajustarse en caso necesario, por ejemplo, mediante interpolación, incluso en la dirección de movimiento.

Cabe señalar en este punto que, al generar una imagen global a partir de los datos de imagen de dos o más detectores de líneas, la unidad de evaluación y control o la unidad de procesamiento de imágenes puede aplicar cualquier operación necesaria para corregir las distancias entre los detectores de líneas, sus diferentes pasos de píxeles, los errores angulares entre los detectores de líneas, una distancia diferente de los detectores de líneas a la fuente de radiación de rayos X y similares. Entran en consideración a este respecto como operaciones necesarias la interpolación (lineal o no lineal), la transformación geométrica (para corregir errores angulares en el caso de líneas de detección no paralelas) y la ponderación de los datos de imagen (por ejemplo, para diferentes sensibilidades de detección).

En la detección asíncrona de los datos de imagen del al menos un primer detector de líneas no espectral y del segundo detector de líneas espectral, la unidad de evaluación y control puede configurarse de forma que los datos de imagen se alimenten a la unidad de procesamiento de imágenes como un único flujo de datos. Esto es útil, en particular, cuando la unidad de evaluación y control configurada de manera descentralizada y la unidad de procesamiento de imágenes está más alejada de una unidad de detección de datos, a la que se alimentan los datos de imagen de los distintos detectores de línea como flujos de datos individuales. Para ello, la unidad de detección de datos puede proveer los datos de imagen con información temporal que contenga los tiempos de detección en forma absoluta o relativa a un tiempo de referencia. Por ejemplo, se puede asociar información temporal a cada línea de imagen en el flujo conjunto de datos de imagen. Los datos de imagen de las líneas de imagen procedentes de los distintos detectores de líneas también pueden etiquetarse adecuadamente en el flujo de datos como procedentes de un determinado detector de líneas. Por supuesto, esta transmisión de datos también puede utilizarse para un muestreo sincronizado.

Como ya se ha explicado brevemente, la unidad de evaluación y control puede crear una imagen global a partir de los datos de imagen del al menos un primer detector de líneas y del segundo detector de líneas, en particular, mediante interpolación y/o transformación geométrica de los datos de imagen del al menos un segundo detector de líneas y/o de los datos de imagen del al menos un primer detector de líneas. Esto implica que la imagen global contiene información de los dos tipos diferentes de detectores de líneas.

Según otra forma de realización de la invención, el al menos un primer detector de líneas y el segundo detector de líneas comprenden, en la dirección de la correspondiente línea de detección, varios módulos similares dispuestos en fila en puntos de contacto, en donde los puntos de contacto del al menos un primer detector de líneas y los puntos de contacto del segundo detector de líneas se encuentran desplazados entre sí. Esto permite que los puntos ciegos de un detector de líneas se compensen, al menos parcialmente, con los datos de imagen en cada caso del otro detector de líneas. Sin embargo, en muchos casos el segundo detector de líneas no puede proporcionar la mayor resolución espacial del primer detector de líneas y el primer detector de líneas no puede proporcionar la resolución espectral del segundo detector de líneas. Sin embargo, esta desventaja es aceptable, en particular, para las realizaciones que se describen a continuación, en las que los datos de imagen del segundo detector de líneas se utilizan para generar datos de imagen parciales, que presentan un espectro libremente seleccionable y estos datos de imagen parciales se combinan con los datos de imagen del primer detector de líneas para obtener una imagen global de doble energía, o en las que los datos de imagen del segundo detector de líneas se utilizan para obtener información relativa a las zonas de solapamiento o al espesor del producto, que se utiliza a continuación para determinar valores umbral variables para evaluar una imagen global.

Esta forma de realización permite un diseño pequeño, ya que los módulos están dispuestos en línea recta y los módulos del segundo detector de líneas de resolución espectral, que son de mayor tamaño debido a los disipadores de calor, pueden disponerse cerca de los módulos más pequeños del al menos un primer detector de líneas de resolución no espectral. Si se quiere evitar estos puntos ciegos, la única opción sería una disposición a escala de los módulos, pero esto daría lugar a un diseño de tamaño considerablemente mayor.

Según otra variante de la invención, la unidad de evaluación y control puede ponderar los valores espectrales de los canales de energía de los datos de imagen del segundo detector de líneas para cada ubicación discreta, en particular, multiplicarlos en cada caso por un factor y sumar los valores espectrales ponderados para obtener un valor espectral de suma. De esta manera, la unidad de evaluación y control puede generar datos de imagen de doble energía o datos de imagen de energía múltiple a partir de los primeros datos de imagen del al menos un primer detector de líneas y de los segundos datos de imagen del segundo detector de líneas procesados de esta manera. La unidad de evaluación y control o la unidad de procesamiento de imágenes puede seleccionar a este respecto libremente el espectro de los segundos datos de imagen procesados de este modo mediante cualquier ponderación (una ponderación con el factor

cero corresponde a este respecto a una limitación brusca de una correspondiente gama espectral) y generar así una imagen de doble energía adaptada para reconocer características muy específicas del producto que se va a inspeccionar. Por ejemplo, el espectro de los segundos datos de imagen procesados puede adaptarse para detectar cuerpos extraños hechos de un determinado material.

Por ejemplo, la ponderación puede llevarse a cabo de tal manera, que un determinado rango espectral, por ejemplo, los canales de energía de 20 a 40 keV se ponderen con un factor de 1 y todos los demás canales de energía se desvanezcan con una ponderación de cero. Un espectro tan nítidamente limitado en un rango de energía inferior no podría generarse con un filtro para rayos X, ya que estos filtros solo están disponibles como filtros de paso alto y, además, presentan una reducida inclinación de borde.

De este modo, la invención permite un procedimiento de doble energía, en el que el detector de líneas, que normalmente tiene una mayor resolución espacial detecta el espectro de los rayos X en su conjunto y el detector de líneas, que normalmente tiene una menor resolución espacial proporciona un espectro que puede seleccionarse a discreción y de forma flexible. Este espectro también puede seleccionarse a discreción tras la detección espectralmente resuelta de los rayos X.

Este principio también se puede llevar a cabo mediante el procesamiento previo del propio detector de líneas con resolución espectral. Por ejemplo, el detector de líneas espectrales solo puede leer canales de energía seleccionados en forma de señal de datos de imagen, lo que se corresponde con una ponderación de los canales de energía no leídos con un factor de cero. La ponderación de los canales de energía leídos y la determinación de un valor espectral de suma se pueden realizar de nuevo por medio de la unidad de evaluación y control conforme a un perfil de ponderación predeterminado.

El detector de líneas con resolución espectral también puede configurarse, de forma que no solo se lean determinados canales de energía (individuales), sino que el detector de líneas sume simultáneamente los valores espectrales de los distintos canales para obtener un valor espectral de suma. A continuación, la unidad de evaluación y control puede ponderar el valor espectral de suma (con un único factor). El detector de líneas con resolución espectral también puede configurarse de forma que pueda ajustarse la anchura espectral de los canales de energía. De este modo, es posible (mediante entrada manual o entrada desde la unidad de evaluación y control) controlar el sensor de resolución espectral, para que proporcione un valor espectral para un rango espectral ajustable, por ejemplo, un rango espectral de 20 keV a 40 keV. A continuación, la unidad de evaluación y control puede ponderar directamente este valor espectral y utilizarlo para generar una imagen de doble energía.

En este punto cabe señalar que, mediante el uso de un perfil de ponderación, que presente un factor de ponderación para cada canal de energía, la unidad de evaluación y control puede ponderar a discreción (por píxeles) el espectro suministrado por el sensor de resolución espectral. A este respecto, la ponderación puede efectuar simultáneamente una selección de un canal de energía, si el respectivo factor de ponderación no es igual a cero y una ponderación real del valor espectral del canal de energía en cuestión con el respectivo factor de ponderación. Si los factores de ponderación de los canales de energía adyacentes, que se utilizan para generar datos de imagen parciales para una imagen de doble energía son constantes, los valores espectrales de estos canales de energía también pueden sumarse primero para obtener un valor espectral de suma, antes de que el valor espectral de suma con el factor de ponderación (constante) se utilice para generar la imagen de doble energía.

Según una forma de realización de la invención, en la unidad de evaluación y control se puede almacenar información o la unidad de evaluación y control puede presentar acceso a información sobre qué ponderaciones de los canales de energía son preferiblemente adecuadas para detectar una o más características predeterminadas específicas del producto que se va a examinar. En particular, esta información puede estar disponible en forma de perfiles de ponderación, en donde un perfil de ponderación puede asociar un factor de ponderación (básicamente de libre elección) a cada canal de energía. A cada perfil de ponderación se le puede asociar una determinada característica, que puede detectarse de forma ventajosa, en particular, con un buen contraste, utilizando la imagen global de doble energía generada con este perfil. Por ejemplo, un determinado perfil de ponderación puede utilizarse para detectar cuerpos extraños de un determinado plástico, por ejemplo, polietileno, con un buen contraste, mientras que un perfil de ponderación diferente es particularmente adecuado para detectar astillas de hueso en la imagen global en cuestión.

La unidad de evaluación y control también puede evaluar los datos de imagen del al menos un primer detector de líneas y los datos de imagen del segundo detector de líneas varias veces para un determinado producto se va a examinar, en particular, para la detección de distintas características predefinidas, en donde se generan datos de imagen de doble energía o datos de imagen de energía múltiple o una correspondiente imagen global para cada evaluación utilizando una ponderación diferente o un perfil de ponderación diferente para los valores espectrales de los canales de energía de los datos de imagen del segundo detector de líneas. Esto significa que una sola exploración del producto puede utilizarse para realizar distintos análisis. Por ejemplo, una imagen global generada utilizando un primer perfil de ponderación puede analizarse para detectar la presencia de cuerpos extraños de metal y una imagen global, generada utilizando un segundo perfil de ponderación puede analizarse para detectar la presencia de cuerpos extraños de plástico.

Según otra forma de realización, la unidad de evaluación y control puede evaluar los datos de imagen del segundo detector de líneas para detectar zonas de producto con diferentes grosores de capa y/o zonas de productos superpuestos e identificar dichas zonas en los datos de imagen del al menos un primer detector de líneas o en datos de imagen combinados. Para inspeccionar las zonas identificadas de este modo, la unidad de evaluación y control puede utilizar un valor umbral, que se establece en función de los valores de gris de una o varias de estas zonas en la imagen global en cuestión. Por ejemplo, puede determinarse el valor medio de gris de dicha zona local en la imagen global y el valor umbral a partir del cual la unidad de evaluación y control detecta un cuerpo extraño puede determinarse en función de este valor de gris según una directriz predefinida. Este valor umbral dinámico ofrece la ventaja de detectar cuerpos extraños u otras características de un producto que se ha de inspeccionar independientemente del grosor del producto o independientemente de las zonas de producto superpuestas.

El grosor de un material conocido puede determinarse analizando adecuadamente los datos de imagen del segundo detector de líneas con resolución espectral. Además, analizando adecuadamente estos datos, es posible determinar incluso de qué material o combinación de materiales se trata. Esto se debe a que cada material genera un perfil característico del espectro de energía, cuando se irradia con un espectro de rayos X, que presenta una anchura espectral suficiente, por ejemplo, de 20 a 160 keV. Comparando el espectro de energía detectado sin producto y el espectro de energía detectado con producto, se puede determinar por píxeles la curva de atenuación característica de la radiación de rayos X para el material en cuestión (inicialmente desconocido) como función de la energía. El material puede determinarse comparando esta curva característica con las curvas características conocidas de los respectivos materiales. Para ello, la unidad de evaluación y control puede comparar cada espectro de energía detectado con las curvas características almacenadas de los productos, por ejemplo, mediante un análisis de correlación.

Mientras que el curso de un espectro de energía detectado permite extraer conclusiones sobre el material, el grosor del producto y también las diferencias de grosor en función de la ubicación pueden determinarse a partir de la atenuación de la radiación detectada (en un canal de energía o en varios o todos los canales de energía integrados) con conocimiento del respectivo material. De este modo, también pueden determinarse zonas de solapamiento de dos o más productos. Para ello, la unidad de evaluación y control puede acceder a información, que contiene la relación entre la atenuación y el grosor del material en cuestión. En este sentido, pueden ser valores del coeficiente de absorción $\mu(E)$, dependiente de la energía, en donde E es la energía de la radiación de rayos X. Esto permite determinar el grosor de un material conocido mediante la ley de Lambert-Beer.

Según otra forma de realización de la invención, la unidad de evaluación y control, para supervisar el estado de un detector de líneas seleccionado, determina datos de imagen del detector de líneas que se ha de supervisar y datos de imagen de un detector de líneas seleccionado como detector de líneas de referencia, preferiblemente, en cada caso sin la presencia de un producto, en donde la unidad de evaluación y control para determinar los datos de imagen del segundo detector de líneas suma los valores espectrales de uno, varios o de todos los canales de energía, y en donde la unidad de evaluación y control compara los datos de imagen del detector de líneas que se ha de supervisar con datos de imagen del detector de líneas de referencia y genera una "señal de no listo" si se detectan desviaciones no admisibles de los datos de imagen del detector de líneas que se ha de supervisar con respecto a los datos de imagen del detector de líneas de referencia.

La selección de los canales de energía, cuyos valores espectrales se suman para obtener un valor espectral de suma, puede realizarse a este respecto de forma que resulte la misma curva de sensibilidad espectral para los dos detectores de líneas. Por ejemplo, si se conoce que un detector de líneas de resolución no espectral que se ha de supervisar presenta una sensibilidad en el intervalo de 20 keV a 80 keV y el detector de líneas de resolución espectral (es decir, el detector de líneas de referencia) presenta una sensibilidad de 20 keV a 160 keV, solo se utilizarán para determinar el valor espectral de suma pertinente los canales de energía del detector de líneas de resolución espectral, que cubran el intervalo de sensibilidad del detector de líneas de resolución no espectral, es decir, los canales de energía en el intervalo de 20 keV a 80 keV. Por supuesto, este procedimiento es independiente de si el detector de líneas con resolución espectral sirve como detector de líneas de referencia o representa el detector de líneas que se va a supervisar.

En lugar de que los valores espectrales de los canales de energía en cuestión sean sumados por la unidad de evaluación y control, el propio sensor de resolución espectral puede proporcionar esta funcionalidad. En particular, puede proporcionar solo los canales de energía seleccionados en la señal de datos de imagen o transmitir ya el valor espectral de suma en la señal de datos de imagen a la unidad de evaluación y control.

También es posible tener en cuenta una curva de sensibilidad espectral conocida de un detector de líneas de resolución no espectral (dentro de la anchura espectral de los canales de energía en acción del detector de líneas de resolución espectral). Para ello, la unidad de evaluación y control puede ponderar adecuadamente los valores espectrales de los respectivos canales de energía sobre los que se va a actuar antes de la adición. De este modo, la sensibilidad espectral del detector de líneas con resolución espectral puede aproximarse a la sensibilidad espectral de un detector de líneas sin resolución espectral.

Este procedimiento de supervisión permite comprobar y determinar la disponibilidad del segundo detector de líneas con resolución espectral cuando está encendido. Esto se debe a que, como se ha explicado anteriormente, el sensor de resolución espectral puede tardar más tiempo, por ejemplo, 30 minutos en conseguir una separación de cargas suficiente. Para ello, el valor de gris de un sensor de resolución no espectral puede compararse por píxeles con el correspondiente valor de gris del sensor de resolución espectral, en donde el valor de gris del sensor de resolución espectral se obtiene mediante la suma de los valores espectrales de todos los canales de energía (para cada píxel). Si la unidad de evaluación y control conoce la relación de los correspondientes valores de gris de los píxeles de los dos sensores en plena (correcta) funcionalidad, puede generar la “señal de no listo”, cuando el valor de gris de un píxel de comparación del detector de líneas de resolución no espectral difiere en más de un valor admisible del correspondiente valor de gris de píxel de comparación del detector de líneas de resolución espectral.

La “señal de no listo” se puede generar en cuanto se detecta una desviación no permitida para una única pareja de píxeles de comparación correspondientes. Cabe señalar que se puede generar una “señal de no listo” en todos los casos en que los datos de imagen del detector de líneas que se va a supervisar se desvíen de los datos de imagen del detector de líneas de referencia en más de un valor predefinido.

La unidad de evaluación y control puede realizar esta comparación con los datos de imagen de referencia píxel a píxel, utilizando los píxeles de comparación correspondientes. Un píxel de comparación puede consistir a este respecto en uno o varios píxeles de un detector de líneas, que se deben tener en cuenta total o parcialmente. Los píxeles de comparación se seleccionan de forma que dos píxeles de comparación correspondientes cubran la misma distancia en las respectivas líneas de detección, es decir, que la anchura de cada pareja de píxeles de comparación correspondientes sea idéntica, en donde la distancia cubierta por un píxel de comparación en la respectiva línea de detección se obtiene mediante un desplazamiento paralelo de la distancia cubierta por el píxel de comparación correspondiente en cada caso en la otra línea de detección en cuestión. Para determinar el valor de gris de un píxel de comparación, se suman los valores de todos los píxeles, que se encuentran total o parcialmente dentro de la anchura del píxel de comparación, en donde el valor de gris de un píxel que no se encuentra con toda su anchura dentro de la anchura del respectivo píxel de comparación se pondera con la relación con la que el píxel en cuestión se encuentra con su anchura dentro de la anchura del píxel de comparación.

Por ejemplo, si los píxeles más anchos del segundo detector de líneas con una resolución espacial menor se utilizan en cada caso como píxeles de comparación y un píxel más estrecho del primer detector de líneas con una resolución espacial mayor se encuentra completamente dentro de la anchura del píxel de comparación del segundo detector de líneas y dos píxeles del primer detector de líneas con una resolución espacial mayor se encuentran con la mitad de su anchura dentro de la anchura de píxel de comparación del segundo detector de líneas, el valor de gris del correspondiente píxel de comparación del primer detector de líneas, que consiste en el píxel entero y los dos medios píxeles del primer detector de líneas se determina sumando el valor de gris del píxel entero y los valores de gris de los respectivos medios píxeles ponderados con un factor de 0,5.

De esta manera, se puede realizar una comparación sencilla de las señales de datos de imagen del detector de líneas establecido como detector de líneas de referencia y del detector de líneas que se va a supervisar.

El dispositivo según la invención para la inspección por rayos X de productos, en particular, de productos alimenticios está configurado para irradiar con los rayos X generados un producto que se ha de inspeccionar, que se desplaza en una dirección de movimiento a una velocidad predefinida.

Según una forma de realización, el al menos un primer detector de líneas y el segundo detector de líneas están dispuestos de tal manera, que la una o más segundas líneas de detección del segundo detector de líneas no se encuentran en la sombra del al menos un primer detector de líneas y la una o más primeras líneas de detección del primer detector de líneas no se encuentran en la sombra del segundo detector de líneas. A este respecto, la y o más primera y segunda líneas de detección pueden presentar la menor distancia posible en la dirección del movimiento del producto que se ha de inspeccionar. De este modo, las zonas de producto se escanean por medio de los al menos dos detectores de líneas, que, vistos en dirección del movimiento, presentan la menor distancia posible. Por tanto, las fluctuaciones en la velocidad de movimiento, que no son conocidas para la unidad de evaluación y control tienen poca influencia en la generación de una imagen global, ya que la zona idéntica del producto se irradia y muestrea a intervalos muy cortos. Además, la trayectoria del haz recorre aproximadamente el mismo camino a través del producto, lo que da lugar a un tamaño reducido del dispositivo detector.

A este respecto, el al menos un primer detector de líneas y el segundo detector de líneas pueden estar dispuestos superpuestos, vistos en dirección de la radiación, en donde la una o más primera y segunda líneas de detección presentan una distancia diferente desde la al menos una fuente de radiación de rayos X. Dependiendo del tamaño del al menos un primer y del segundo detector de líneas, esta distancia puede seleccionarse lo más pequeña posible. Así se consigue una altura total muy baja.

A continuación, la invención se explica con más detalle haciendo referencia al dibujo. En el dibujo muestran:

La figura 1 una representación esquemática de una primera forma de realización de un dispositivo para inspeccionar productos con una primera forma de realización de un dispositivo detector de radiación de rayos X con dos detectores de líneas de resolución no espectral y un detector de líneas de resolución espectral;

5 la figura 2 una vista lateral (figura 2a) y una vista superior (figura 2b) de otra forma de realización de un dispositivo detector de radiación de rayos X, que comprende una combinación de un detector de líneas de resolución no espectral y un detector de líneas de resolución espectral;

10 la figura 3 un fragmento de una vista superior esquemática de las dos líneas de otra forma de realización de un dispositivo detector de radiación de rayos X similar a la forma de realización de la figura 2 y

la figura 4 un fragmento esquemático de una variante de la forma de realización de la figura 3;

15 la figura 5 un espectro de energía a modo de ejemplo, que se ha generado mediante un píxel de un detector de líneas con resolución espectral;

la figura 6 un perfil de ponderación para ponderar los canales de energía de un espectro de energía según la figura 5.

20 La figura 1 muestra una representación esquemática de una primera forma de realización de un dispositivo 100 para inspeccionar por rayos X productos 102, en particular, alimentos, con un dispositivo 104 de generación de radiación con al menos una fuente 106 de radiación de rayos X y con un dispositivo 108 detector de radiación de rayos X con dos detectores 110, 112 de líneas de resolución no espectral y un detector 114 de líneas con resolución espectral.

25 La fuente 106 de radiación de rayos X genera un rayo X 116 en forma de abanico, que presenta un plano E medio, que es perpendicular a una dirección B de movimiento, en la que se mueven los productos 102 que van a examinarse mediante el rayo X 116. El rayo X 116 presenta en el plano E de movimiento un ángulo de apertura, que está configurado de manera que el producto 102 que va a examinarse se irradia en todo su ancho por el rayo X 116. Para el movimiento del producto 102, puede estar previsto un dispositivo de transporte (no representado), por ejemplo, una cinta transportadora.

30 Los detectores 110, 112 de líneas de resolución no espectral presentan en cada caso una única línea 118, 120 de píxeles, que detecta la radiación de rayos X del haz 116 de rayos X a lo largo de una línea de detección en cada caso. En este contexto, se utiliza el término “línea de detección”, incluso si los píxeles de la respectiva línea 118, 120 presentan una extensión finita. Los detectores 110, 112 de líneas de resolución no espectral presentan una resolución espacial discreta mayor que el detector 114 de líneas de resolución espectral, que también comprende una línea 122 de píxeles, que detecta la radiación de rayos X del haz 116 de rayos X a lo largo de una línea de detección. La resolución espacial discreta de los detectores 110, 112 de líneas, es decir, el número de píxeles por unidad de longitud o el paso de píxel puede ser de 0,2 mm, por ejemplo y, por tanto, cuatro veces mayor que el paso de píxel del detector 114 de líneas, que puede ser de 0,8 mm, por ejemplo.

40 Los detectores 110, 112 de líneas de resolución no espectral se enfrentan entre sí con sus líneas 118, 120 de detección, que están previstas en cada caso en un borde de un soporte 124, por lo que, visto en dirección B de movimiento, queda una distancia entre las líneas 118, 120 de detección. Esta distancia se corresponde aproximadamente con la anchura de la línea 122 de detector del detector 114 de líneas de resolución espectral. La línea 122 de detector está prevista a este respecto aproximadamente en el centro sobre un soporte 126, que puede soportar disipadores de calor y otros componentes. Los disipadores de calor pueden formar también el soporte 126. Como se muestra en la figura 1, las líneas 118, 120 de detector pueden presentar la misma distancia a la fuente 106 de radiación de rayos X. El detector 114 de líneas de resolución espectral, que presenta un diseño más grande que los detectores 110, 112 de líneas de resolución no espectral debido a los disipadores de calor necesarios está situado debajo de los detectores 110, 112 de líneas, vistos en dirección del haz 116 de rayos X. Dado que la radiación de rayos X detectada por los detectores 110, 112 y 114 de líneas debe atravesar el producto 102 en la misma trayectoria del haz en la medida de lo posible, es ventajoso disponer las líneas 118, 120 y 122 de detector con la menor separación posible, vistas en dirección B de movimiento, o dentro del menor ángulo de apertura posible del haz 116 de rayos X en un plano, que no sea perpendicular al plano central del haz 116 de rayos X en forma de abanico.

55 Los detectores 110, 112, 114 de líneas pueden estar previstos, como se muestra en la figura 1, en una carcasa 128 común, que puede estar configurada como carcasa de protección contra la radiación. La carcasa 128 en su lado superior, es decir, el lado dirigido hacia la fuente 106 de radiación de rayos X presenta una abertura 130, que permite la penetración del rayo X 116 en la carcasa hacia las líneas 118, 120, 122 de píxeles de los detectores 110, 112, 114 de líneas.

60 En lugar de un único detector 114 de líneas con resolución espectral, también pueden estar previstos dos o más detectores de líneas con resolución espectral. Esto puede ser ventajoso cuando los detectores de líneas sin resolución espectral están configurados en cada caso para registrar un ancho espectral máximo diferente. Por ejemplo, uno de los detectores de líneas de resolución espectral puede presentar un ancho espectral de como máximo 20 keV a 160 keV con una resolución espectral de 256 canales de energía y otro detector de líneas de resolución espectral

puede presentar un ancho espectral de como máximo 20 keV a 80 keV, también en el caso de una resolución de 256 canales de energía. Por consiguiente, el otro detector de líneas de resolución espectral presenta una resolución espectral dos veces mayor que el primer detector de líneas de resolución espectral.

Los detectores 110, 112, 114 de líneas generan en cada caso una señal de datos de imagen, que se alimenta a una unidad 132 de evaluación y de control. La unidad 132 de evaluación y de control puede presentar una unidad 134 de registro de datos y una unidad 136 de procesamiento de imágenes. Las señales de datos de imagen de los detectores 110, 112, 114 de líneas se alimentan a la unidad 134 de detección de datos. Las señales de datos de imagen se pueden agrupar por medio de la unidad 34 de detección de datos en una única señal o flujo de datos de imagen, que se alimenta a la unidad 136 de procesamiento de imágenes. La unidad 136 de procesamiento de imágenes está configurada para el procesamiento y análisis de los datos de imagen. La unidad 134 de registro de datos también puede estar configurada de manera que controle los detectores 110, 112, 114 de líneas de manera adecuada, en particular, en cuanto a momentos de exploración. Para ello, la unidad 134 de registro de datos puede alimentar a cada uno de los detectores de líneas una señal de sincronización, en donde el registro de datos de imagen puede realizarse mediante los detectores de líneas de manera sincronizada con la señal de sincronización.

En el contexto de la detección sincronizada de datos de imagen, puede conseguirse, en particular, que los detectores 110, 112 de líneas de resolución no espectral, en función de la velocidad de movimiento del producto 102 que se va a examinar detecten los rayos X que han penetrado en el producto que se va a examinar, esencialmente a lo largo de la misma trayectoria, aunque con un retardo de tiempo. Al disponer los detectores 110, 112 de líneas de tal manera, que las líneas 118, 120 detector presenten la menor distancia posible, los cambios de velocidad que no son conocidos para la unidad 132 de control y evaluación no tienen un efecto desventajoso sobre la sincronización de la detección de datos. Lógicamente, lo mismo se cumple para el muestreo sincronizado de un producto 102 mediante el detector 114 de líneas de resolución espectral.

La unidad 136 de procesamiento de imágenes puede procesar los datos de imagen registrados por los detectores 110, 112, 114 de líneas de la siguiente manera. En la forma de realización mostrada en la figura 1, los datos de imagen de los detectores 110, 112 de líneas de resolución no espectral pueden analizarse según un procedimiento de doble energía en sí ya conocido. Para ello, el detector 110 de líneas puede disponer de un filtro 138 de radiación de rayos X, que esté previsto en el curso de la trayectoria del haz entre la fuente 106 de radiación de rayos X y la línea 118 de detector. De este modo, los detectores 110, 112 de líneas de resolución no espectral pueden utilizarse para detectar en cada caso datos de imagen, que presentan en cada caso un valor de gris, que se obtiene integrando en cada caso todo el espectro de radiación de rayos X detectado, en función de la intensidad de la radiación de rayos X detectada. Como se conoce en sí, en una forma de realización de este tipo, se puede lograr un mayor contraste al detectar cuerpos extraños en un producto 102, si los cuerpos extraños están compuestos de un material que presenta un coeficiente de absorción diferente al del propio producto.

Sin embargo, los datos de imagen del detector 114 de líneas de resolución espectral proporcionan información espectral adicional, que puede utilizarse para mejorar la imagen de mayor resolución que puede obtenerse a partir de los datos de imagen de los detectores 110, 112 de líneas de resolución no espectral o para generar una o más imágenes de mayor resolución a partir de los datos de imagen de los detectores 110, 112 de líneas de resolución no espectral, a partir de las cuales pueden reconocerse mejor determinadas propiedades del producto que se va a inspeccionar, por ejemplo, la posible presencia de cuerpos extraños de diferentes materiales. En particular, la unidad 132 de evaluación y control o la unidad 136 de procesamiento de imágenes pueden obtener información sobre el material o la composición del material del producto radiografiado a partir de los datos imagen espectrales del detector 114 de líneas con resolución espectral en un dispositivo para la inspección por rayos X de productos según la figura 1. También puede obtenerse de este modo información sobre el grosor del material o el grosor total de varias capas del mismo material. A continuación, se explica cómo analizar de este modo los datos de imagen.

Sin embargo, la previsión de un detector de líneas de resolución espectral no solo tiene ventajas en conexión con dos o más sensores de resolución no espectral, como se ha explicado anteriormente con referencia a la forma de realización de un dispositivo para la inspección por rayos X según la figura 1. Por el contrario, la evaluación adecuada de los datos de imagen proporcionados por un detector de líneas de resolución espectral también ofrece ventajas, si se combina con datos de imagen de un único detector de líneas de resolución no espectral o si los datos de imagen del único detector de líneas de resolución no espectral se procesan utilizando la información obtenida de los datos de imagen del detector de líneas de resolución espectral, con el fin de realizar un análisis sencillo.

Estas formas de realización con un único detector de líneas de resolución no espectral pueden presentar una estructura similar a la mostrada en la figura 1, en donde únicamente se omite uno de los dos detectores 110 o 112 de líneas.

La figura 2 muestra esquemáticamente la disposición de un detector 110 de líneas de resolución no espectral junto con un detector 114 de líneas de resolución espectral en el contexto de un dispositivo 200 detector de radiación de rayos X de este tipo. Se ha prescindido de la representación de los demás componentes, en particular, de la carcasa y la unidad de evaluación y control. Al igual que en la forma de realización de la figura 1, los detectores 110 y 114 de

líneas están dispuestos de tal manera, que las líneas 118 y 122 de detector presentan una distancia reducida en dirección horizontal y también una distancia reducida en dirección vertical (véase la vista lateral según la figura 2a).

En la figura 2b, que muestra los dos detectores 110 y 114 de líneas en una vista superior fragmentaria, puede verse que cada uno de los detectores 110, 114 de líneas está construido en forma de módulos, que se acoplan en cada caso en la dirección de la respectiva línea 118, 122 de detector. El detector 114 de líneas de resolución espectral comprende módulos 114_i (el numerador i denota cualquier número natural mayor o igual a 1), que presentan una anchura mayor que los módulos 110_k (el numerador k denota cualquier número natural mayor o igual a 1) del detector 110 de líneas de resolución espectral. De los módulos del detector 114 de líneas de resolución espectral, únicamente se muestran dos módulos, en concreto, los módulos 114_1 y 114_2 . Estos pueden presentar, por ejemplo, una anchura (vista en dirección de la línea 122 de detector) de 10 cm. Se muestran los módulos 110_1 , 110_2 , 110_3 y 110_4 de los módulos del detector 110 de líneas de resolución no espectral. Estos módulos presentan la mitad de la anchura (vistos en dirección de la línea 118 de detector) de los módulos del detector 114 de líneas. Sin embargo, esto conlleva la desventaja de que por cada segundo punto 140 de contacto de los módulos 110_1 , 110_2 , 110_3 y 110_4 del detector 110 de líneas, existe también un punto 142 de contacto de los módulos 114_1 y 114_2 del detector 114 de líneas. Dado que cada detector presenta un área de borde en la proximidad inmediata de su borde lateral, que no está cubierta por píxeles, la resolución espacial del respectivo detector de líneas ya no se da en un punto de contacto. Normalmente, la zona del borde de cada módulo, en la que ya no se prevén píxeles tiene una anchura aproximada de uno a tres píxeles. Esto significa que a cada detector 110, 114 de líneas le falta en los respectivos datos de imagen información en una anchura de dos a seis píxeles en un punto de contacto.

Por lo tanto, es aconsejable desplazar los módulos de los detectores 110, 114 de líneas entre sí de tal manera, que los puntos de contacto de los módulos de uno de los detectores de líneas no estén presentes en los puntos de contacto de los módulos en cada caso del otro de los detectores de líneas.

Esta medida puede verse aún más claramente en la figura 3, que muestra esquemáticamente un fragmento de la línea 118 de detector del detector 114 de líneas de resolución espectral y la línea 122 de detector del detector 114 de líneas de resolución no espectral en una vista superior. Se muestran (parcialmente) en cada caso tres módulos de cada detector 110, 114 de líneas. Dado que los módulos del detector 110 de líneas de resolución no espectral son también la mitad de anchos que los módulos del detector 114 de líneas de resolución espectral en la forma de realización mostrada, un desplazamiento de los módulos entre sí nunca da como resultado una posición, en la que haya simultáneamente en cada caso un punto de contacto de ambos detectores de línea. En las formas de realización de los detectores de líneas según la figura 3, el paso de píxel del detector 114 de líneas de resolución espectral es dos veces mayor que el paso de píxel del detector 110 de líneas de resolución no espectral. Por tanto, las dimensiones de los bordes de los píxeles (cuadrados) de ambos sensores también difieren en un factor de aproximadamente dos.

Para evitar que los puntos ciegos de una línea de detector coincidan entre dos píxeles adyacentes, los detectores de líneas o los módulos correspondientes también pueden disponerse desplazados de tal manera, que, en particular en la posición de un punto ciego entre dos píxeles adyacentes de mayor tamaño del detector 114 de líneas de resolución no espectral, no haya simultáneamente un punto ciego entre píxeles adyacentes del detector 110 de líneas de resolución no espectral. Este procedimiento se ilustra más claramente en la figura 4, que muestra un fragmento de las líneas 118, 122 de detector con ayuda de la representación esquemática ampliada de la figura 3.

Como se ha explicado anteriormente, la unidad 132 de evaluación y control puede utilizar las señales de datos de imagen de los detectores de líneas para realizar la supervisión de uno de los detectores de líneas (detector de líneas seleccionado), comparándolo con otro de los detectores de líneas (detector de líneas de referencia). Esto es particularmente útil para supervisar la disponibilidad del detector 114 de líneas de resolución espectral, ya que estos detectores de líneas requieren un tiempo de puesta en marcha más largo (por ejemplo, 30 minutos) hasta que se obtienen datos de imagen aprovechables. El tiempo de puesta en marcha puede deberse, en particular, a la necesidad de crear una separación de carga suficiente.

Para tal comparación, los datos de imagen del detector de líneas de referencia pueden compararse, en particular, por píxeles, con los datos de imagen del detector de líneas seleccionado. La comparación puede llevarse a cabo, por ejemplo, de forma que la unidad 136 de evaluación y control conozca una relación nominal de los valores de señal suministrados por los píxeles de comparación correspondientes (por ejemplo, las relaciones nominales correspondientes para una o más parejas de píxeles de comparación están almacenadas en la unidad de evaluación y control) y genere una "señal de no listo", si una o más parejas de píxeles de comparación no cumplen la relación nominal.

El término "píxel de comparación" se introduce en este contexto, porque el detector de líneas seleccionado y el detector de líneas de referencia pueden presentar diferentes tamaños de píxel o un paso de píxel diferente (véanse las figuras 3 y 4). Como píxeles de comparación pueden utilizarse, en particular, los píxeles de aquel de los dos detectores de líneas, que presente las mayores dimensiones geométricas. Como valor de píxel de comparación de este detector de líneas, pueden utilizarse directamente (sin procesamiento adicional) los respectivos valores de los píxeles. Si el otro detector de líneas presenta un tamaño de píxel diferente, la unidad 136 de evaluación y control puede utilizar todos los píxeles (más pequeños) de este detector de líneas, para determinar un correspondiente valor

para este píxel de comparación, que (visto en dirección de la línea del detector) se encuentra dentro de la anchura del píxel de comparación del detector de líneas con las mayores dimensiones de píxel.

Esto se explica de nuevo con más detalle con referencia a la figura 4 para la supervisión del detector 114 de líneas de resolución espectral con las dimensiones de píxel más grandes, utilizando el detector 110 de líneas de resolución no espectral como detector de referencia para una forma de realización según la figura 2. Un píxel con sus dimensiones reales, por ejemplo, de 0,8 mm de ancho se utiliza en cada caso como píxel de comparación para el detector 114 de líneas de resolución espectral. Esta anchura cubre las zonas sombreadas de tres píxeles del detector 110 de líneas de resolución no espectral, que conjuntamente forman el píxel de comparación del detector 110 de líneas. Para formar la relación nominal, la unidad 136 de evaluación y control forma la relación de los valores de píxel, que el detector 114 de líneas proporciona para el correspondiente píxel (o píxel de comparación) y los valores de píxel proporcionales, que el detector 110 de líneas proporciona para los tres píxeles reales, que forman el píxel de comparación correspondiente del detector 110 de líneas. A este respecto, el píxel real totalmente cubierto (representado completamente sombreado) se tiene en cuenta con su valor de píxel inalterado y los dos píxeles reales exteriores del detector 110 de líneas que solo están parcialmente cubiertos por el píxel de comparación del detector 114 de líneas se tienen en cuenta con el valor de píxel proporcional con el que el correspondiente píxel (visto en dirección de la línea de detector) se encuentra dentro de la anchura del píxel de comparación del detector 114 de líneas.

Este procedimiento se realiza píxel a píxel para cada píxel de comparación del detector 114 de líneas que se va a supervisar y el píxel de comparación correspondiente del detector 110 de líneas de referencia.

Sin embargo, en lugar de seleccionar los píxeles reales con la mayor dimensión geométrica como píxeles de comparación, cualquier otra anchura de una línea de detector o los píxeles reales cubiertos por esta anchura también pueden seleccionarse como píxeles de comparación.

Si se determina durante esta supervisión, que el detector de líneas que se ha de supervisar no proporciona resultados correctos, es decir, que el dispositivo 100 para la inspección por rayos X de productos o que el dispositivo 108 detector de radiación por rayos X genera una "señal de no listo", una unidad de control de nivel superior (no mostrada), a la que se alimenta la "señal de no listo" y que está configurada para controlar toda una instalación de procesamiento que comprende el dispositivo 100 puede apagar la instalación de procesamiento y/o generar una señal de alarma.

Sin embargo, la unidad de control de nivel superior también puede configurarse de forma que la instalación siga funcionando a pesar de la presencia de una "señal de no listo", en donde la unidad 136 de evaluación y control del dispositivo de inspección 100 por rayos X siga funcionando en dicho modo de funcionamiento de emergencia, de forma que a este respecto solo se active el detector o detectores de líneas que funcionen correctamente y/o se utilicen las correspondientes señales de datos de imagen para una evaluación. Este tipo de funcionamiento de emergencia puede mantenerse, por ejemplo, hasta que se haya procesado un determinado lote de productos.

En este modo de funcionamiento de emergencia, la unidad 136 de evaluación y control también puede prever otras medidas, por ejemplo, un control especial de la al menos una fuente 106 de radiación de rayos X. Por ejemplo, se puede aumentar la potencia de la fuente 106 de radiación de rayos X para aumentar la precisión del detector o detectores de líneas restantes, en particular, para mejorar la relación señal/ruido. De este modo, la redundancia parcial de detectores de líneas con resolución espectral y detectores de líneas sin resolución espectral puede utilizarse en un modo de funcionamiento de emergencia, para que el dispositivo de inspección 100 por rayos X pueda seguir funcionando, aunque con capacidades reducidas. Sin embargo, si estas capacidades o propiedades bastan para garantizar una inspección adecuada de los productos que se van a analizar, en función del caso de aplicación, el modo de funcionamiento de emergencia representa una ventaja considerable.

A continuación, se explica la información que puede proporcionar el sensor 114 de resolución espectral y que permite mejorar la precisión de la detección al procesar los datos de imagen procedentes de los sensores 110, 112 con mayor resolución espacial no espectral.

La figura 5 muestra a modo de ejemplo los datos de imagen que se suministran por medio del detector 114 de líneas de resolución espectral para un píxel determinado. En este sentido, todo el intervalo de energía registrado, por ejemplo, de 20 keV a 80 keV, se divide en un número determinado de canales de energía, en donde cada canal de energía presenta un ancho espectral (habitualmente constante) determinado, que resulta del ancho de todo el rango espectral registrado dividido por el número de canales de energía, por ejemplo, 128 o 256 canales de energía. El detector 114 de líneas suministra para cada canal de energía un valor espectral, que en la figura 5 se designa con "recuentos", ya que un detector de líneas con resolución espectral de este tipo cuenta por regla general fotones individuales y asocia los fotones registrados, dependiendo de su energía, a un canal de energía determinado. El curso representado en la figura 5 corresponde a una imagen de campo plano típica, que se genera por el detector 114 de líneas sin la presencia de un producto en la trayectoria de los rayos del rayo X 116.

Los valores espectrales se transfieren como datos de imagen con la señal de datos de imagen a la unidad 136 de evaluación y de control. La unidad 136 de evaluación y control puede evaluar estos datos de imagen de diversas maneras, para obtener información para utilizar estos datos de imagen para una evaluación mejorada de los datos de

imagen de los detectores 110, 112 de líneas de resolución no espectral o para combinar los datos de imagen del detector 114 de líneas de resolución espectral con los datos de imagen de los detectores 110, 112 de líneas de resolución no espectral para obtener una imagen global, que, dado el caso, utilizando información adicional obtenida de los datos de imagen del detector 114 de líneas de resolución no espectral permita una evaluación de imagen mejorada.

La capacidad de resolución espectral del detector 114 de líneas puede aprovecharse para obtener datos de imagen parciales para generar una imagen de doble energía. Para ello, la unidad 136 de evaluación y de control puede efectuar píxel por píxel una ponderación discrecional de los valores espectrales. Una ponderación de este tipo puede provocarse asociando a cada canal de energía individual un factor que se multiplica por el valor espectral respectivo. Por ello, también puede lograrse una limitación precisa del espectro, cuando a los canales de energía seleccionados se asocia el factor cero.

La figura 6 muestra un perfil de ponderación, que presenta para cada canal de energía un factor de ponderación independiente. Este perfil prevé una ponderación constante, por ejemplo, con un factor uno, para una serie de canales de energía en la zona inferior de todo el espectro. Todos los demás canales de energía se ponderan con el factor cero. Los valores espectrales así ponderados pueden sumarse para generar un valor espectral de suma. Los valores espectrales de suma pueden utilizarse como datos de imagen parciales para generar una imagen de doble energía, en donde un detector de líneas de resolución no espectral, por ejemplo, el detector 110 de líneas en la forma de realización según la figura 2 puede proporcionar más datos de imagen parciales para generar la imagen de doble energía. La unidad 136 de evaluación y control combina los datos de imagen en valores de gris suministrados por el detector de líneas 110 de resolución no espectral con los datos de imagen parciales del detector 114 de líneas de resolución espectral, para obtener la imagen de doble energía deseada, en donde la unidad 136 de evaluación y control pondera para ello los respectivos datos de imagen parciales píxel a píxel. Esta ponderación ya puede realizarse para los datos de imagen suministrados por el detector 114 de líneas de resolución espectral, como parte de la ponderación de los canales de energía.

Este procedimiento ofrece la ventaja de que, a diferencia de lo que ocurre con un detector de líneas de resolución no espectral, los canales de energía que se seleccionan para obtener los datos de imagen parciales para una imagen de doble energía pueden ponderarse no solo con un factor constante, sino también con un factor variable.

Como ya se ha explicado antes, el detector 114 de líneas con resolución espectral también puede estar configurado de manera que este preseleccione qué canales de energía en el marco de una señal de datos de imagen se transmiten a la unidad 136 de evaluación y de control. Por ejemplo, el detector 114 de líneas puede ajustarse manualmente o mediante la unidad 136 de evaluación y de control, de manera que emite solo determinados canales de energía como señal de datos de imagen. El detector 114 de líneas también puede estar configurado de manera que emite ya integrados los canales de energía seleccionados, es decir, suma los valores espectrales de los canales de energía seleccionados.

En este caso, para la unidad 136 de evaluación y de control se produce una complejidad menor para el procesamiento de los datos de imagen del detector 114 de líneas.

Por consiguiente, el detector 114 de líneas sin resolución espectral permite generar una imagen de doble energía empleando un espectro flexible. Este puede fijarse mediante la evaluación sencilla de la señal de datos de imagen del detector 114 de líneas o el detector 114 de líneas se controla de manera que ya suministra datos de imagen correspondientes limitados espectralmente o incluso valores espectrales de suma (ver arriba).

De este modo, se puede generar una imagen variable de doble energía mediante un único detector 110 de líneas de resolución no espectral, que, sin embargo, presenta una alta resolución espacial, y un detector 114 de líneas de resolución espectral, que, sin embargo, solo presenta una resolución espacial relativamente baja. El espectro del detector 114 de líneas con resolución espectral puede variar a este respecto, de manera que determinadas características de un producto que va a examinarse pueden detectarse mejor en la imagen de doble energía, por ejemplo, con un contraste más alto.

La evaluación de los datos de imagen de los dos detectores 110, 114 de líneas obtenidos mediante un único escaneo también puede realizarse de manera que se lleven a cabo varias evaluaciones parciales. Por ejemplo, pueden generarse diferentes imágenes de doble energía empleando datos de imagen ponderados de distinta manera del detector 114 de líneas con resolución espectral. Por ejemplo, el espectro de los datos de imagen del detector 114 de líneas puede seleccionarse en una evaluación (por ejemplo, mediante una ponderación correspondiente), de manera que pueden detectarse cuerpos extraños de un material determinado, por ejemplo, acero, con alto contraste. En una evaluación adicional, el espectro de los datos de imagen del detector 114 de líneas puede seleccionarse de otra manera, por ejemplo, para generar una imagen de doble energía, en la que pueden detectarse cuerpos extraños de otro material, por ejemplo, polietileno con alto contraste.

Además de la generación de datos de imagen parciales para una imagen de doble energía, el uno o los varios detectores de líneas de resolución espectral ofrecen otras ventajas.

En particular, puede mejorarse la evaluación de una imagen de doble energía generada de este modo o la evaluación de una imagen de doble energía generada exclusivamente utilizando datos de imagen procedentes de sensores de resolución no espectral. En este sentido, se trata de mejoras que surten efecto en el nivel de evaluación de la imagen, es decir, al analizar una imagen global ya generada (dicha imagen global es siempre una imagen en escala de grises).

La resolución espectral que ofrece un detector de líneas de este tipo permite aplicar procedimientos de evaluación adecuados, para obtener información sobre el material o los materiales del/de los que está compuesto el producto que se va a analizar. Sin embargo, esta información puede determinarse píxel a píxel solo con la menor resolución espacial del detector de líneas de resolución espectral. También es posible utilizar los datos de imagen del al menos un detector de líneas con resolución espectral para obtener información sobre el grosor de una o más capas de material que componen, el producto que se va a analizar.

La información sobre el material o materiales del/de los que se compone el producto que debe analizarse puede obtenerse mediante diversos procedimientos de evaluación de los datos espectrales, proporcionados por el detector de líneas con resolución espectral. Por ejemplo, mediante la irradiación de un producto que se compone de un material conocido o una combinación de materiales conocida, es posible determinar la curva espectral de la atenuación causada por el producto. Para ello, se puede detectar primero una imagen brillante, es decir, la curva espectral de la radiación de rayos X $I_0(E_k, x_i)$ (I_0 designa la intensidad de la radiación detectada sin producto; E_k designa la energía de los cuantos de radiación de rayos X en el canal de energía k ; x_i designa la ubicación en el detector de líneas, en particular, el píxel n.º i), cuando no se irradia ningún producto. Con ello, el resultado de la medición $I(E_k, x_i)$ (I indica la intensidad de radiación detectada con producto) cuando se irradia un producto proporciona, junto con la imagen brillante, en cada caso, la atenuación $D(E_k, x_i)$ causada por la absorción en el producto, en donde la atenuación es resultado de la ley de Lambert-Beer:

$$D(E_k, x_i) = \ln [I(E_k, x_i) / I_0(E_k, x_i)] = \mu(E_k) \cdot d_i \quad \text{Gl. (1)}$$

en donde d_i es el grosor del producto en la trayectoria del haz de la parte de radiación que detecta el píxel x_i y $\mu(E_k)$ es el coeficiente de absorción del material en la trayectoria del haz. En el caso de una combinación de materiales con una composición al menos aproximadamente constante dentro de la trayectoria del haz, puede utilizarse un coeficiente de absorción medio para la combinación de materiales en cuestión. Dado que el espesor d_i solo representa un factor constante (por píxel), resulta una curva característica del comportamiento de absorción $\ln(I/I_0)$ independiente del grosor, que puede determinarse utilizando el espectro detectado (es decir, los valores espectrales por píxel) y un espectro previamente detectado de una imagen brillante. Esta curva espectral puede ser conocida para la unidad de evaluación y control para un producto que se ha de analizar sin cuerpos extraños (en lo sucesivo, también denominado "producto bueno"), es decir, la información correspondiente puede estar almacenada en la unidad de evaluación y control o esta puede tener acceso a la correspondiente información disponible externamente.

De este modo, la unidad de evaluación y control puede determinar si un material conocido está contenido en la trayectoria del haz en cuestión del producto, comparando las intensidades espectrales medidas (medición de la imagen brillante y medición del producto) con una o más curvas de intensidad espectral conocidas para cada píxel. Si, por ejemplo, el producto que se ha de examinar es yogur o queso, la unidad de evaluación y control puede confirmar para cada píxel del detector de líneas de resolución espectral, si la curva espectral se corresponde con el producto esperado. Si la curva espectral medida se desvía de la curva conocida por encima de una desviación admisible, puede concluirse a partir de los datos de imagen del sensor de resolución espectral que hay un cuerpo extraño en el volumen parcial del producto correspondiente al píxel respectivo.

Sin embargo, si se puede confirmar que no hay desviaciones inadmisibles de la curva espectral característica esperada en el píxel en cuestión, se puede partir de que hay un buen producto en la trayectoria del respectivo haz. Dado que el coeficiente de absorción $\mu(E_k)$ del material en cuestión también es conocido y puede almacenarse en la unidad de evaluación y control o, al menos, hacerse accesible a ella, puede calcularse el grosor correspondiente del producto o la longitud de la trayectoria del haz a través del producto (en relación con el respectivo píxel x_i).

Con esta información, la unidad de evaluación y control puede evaluar una imagen gris, que se generó, por ejemplo, a través del procedimiento de doble energía descrito anteriormente, utilizando un valor umbral dinámico, que se utiliza para detectar cuerpos extraños.

Cuando se inspeccionan productos por rayos X para detectar cuerpos extraños, es decir, cualquier tipo de componentes o elementos no deseados de un producto que se ha de inspeccionar, es habitual utilizar un valor umbral estático. Si, por ejemplo, un cuerpo extraño presenta una absorción superior a la del material circundante del producto que se va a analizar, el valor umbral estático se fijará en un intervalo, que, por un lado, minimice la probabilidad de falsa alarma y, por otro, permita una detección suficientemente fiable de cuerpos extraños. Por ejemplo, se puede determinar un valor medio de gris a partir de la imagen global del producto, que se multiplica por un factor previamente conocido para determinar el valor umbral estático.

Dado que la imagen gris que se va a analizar puede presentar zonas más grandes con un brillo o un valor de gris significativamente diferente en el caso de un producto con fluctuaciones desconocidas de grosor o en un caso en el que varios productos, por ejemplo, trozos de carne puedan solaparse entre sí (la absorción de rayos X por parte del producto depende del grosor del material), el uso de un valor umbral estático de este tipo da lugar a problemas. Sin embargo, si a partir de la información proporcionada por el detector de líneas con resolución espectral, se sabe que en las zonas más oscuras solo hay material “admisible”, la unidad de control de evaluación puede suponer que al menos las zonas más oscuras de mayor tamaño no representan cuerpos extraños, sino que se trata de variaciones en el grosor del producto o de zonas de producto superpuestas. Por lo tanto, la unidad de evaluación y control puede establecer en cada caso un valor umbral propio distinto para analizar cada una de estas zonas. Este valor umbral dinámico puede variar de una zona a otra de la imagen gris que se va a analizar. Esto puede reducir la probabilidad de una falsa alarma.

La combinación de al menos un detector de líneas de resolución no espectral con una resolución espacial más alta y al menos un detector de líneas de resolución espectral con una resolución espacial más baja puede utilizarse para generar ventajosamente una imagen global, en particular, una imagen de doble energía o una imagen de energía múltiple, a partir de los respectivos datos de imagen y/o para permitir una evaluación ventajosa de una imagen de doble energía o de una imagen de energía múltiple generada de esta manera o de una imagen de doble energía o de una imagen de energía múltiple generada de una manera conocida *per se* mediante el uso de datos de imagen procedentes de detectores de líneas de resolución no espectral.

Lista de referencias

	100	dispositivo para la inspección por rayos X
5	102	producto
	104	dispositivo de generación de radiación
	106	fuelle de radiación de rayos X
10	108	dispositivo detector de radiación de rayos X
	110	detector de líneas con resolución no espectral
15	110 _k	módulo (índice k mayor o igual a 1)
	112	detector de líneas con resolución no espectral
	114	detector de líneas con resolución espectral
20	114 _i	módulo (índice i mayor o igual a 1)
	116	rayos x en forma de abanico
25	118	línea de píxel
	120	línea de píxel
	122	línea de píxel
30	124	soporte
	126	soporte
35	128	carcasa
	130	abertura
	132	unidad de evaluación y de control
40	134	unidad de registro de datos
	136	unidad de procesamiento de imágenes
45	138	filtro de radiación de rayos X
	140	puntos de contacto (módulos 110a, 110b, 114c)
	142	puntos de contacto (módulos 114a, 114b, 114c)
50	200	dispositivo detector de radiación de rayos X

REIVINDICACIONES

1. Dispositivo para la inspección por rayos X de productos, en particular, productos alimenticios, con un dispositivo (108) detector de radiación de rayos X, con una unidad (132) de evaluación y control y con un dispositivo (104) generador de radiación con al menos una fuente (106) de radiación de rayos X para generar radiación de rayos X con una anchura espectral predeterminada, en donde el dispositivo está configurado de tal forma, que la radiación de rayos X pasa a través de un producto (102) que se ha de inspeccionar, que se desplaza en una dirección de movimiento a una velocidad de movimiento predeterminada,
 - (a) en donde el dispositivo (108) detector de radiación de rayos X presenta al menos un primer detector (110, 112) de líneas con una primera resolución espacial discreta, que está configurado para detectar la radiación de rayos X a lo largo de una o más primeras líneas de detección paralelas transversales a una dirección de movimiento de un movimiento relativo entre el producto (102) que se va a examinar y el dispositivo (108) detector de radiación de rayos X, y que está configurado de tal manera, que detecta los rayos X que han atravesado el producto (102) que se ha de examinar de forma no resuelta espectralmente en la anchura de detección predeterminada y genera unos primeros datos de imagen, en donde los primeros datos de imagen comprenden un valor de gris para cada ubicación discreta,
 - (b) en donde el dispositivo (108) detector de radiación de rayos X comprende al menos un segundo detector (114) de líneas que presenta una segunda resolución espacial discreta, que es menor que la primera resolución espacial discreta, en donde el al menos un segundo detector (114) de líneas está configurado de tal modo, que detecta la radiación de rayos X que atraviesa el producto (102) examinado a lo largo de una o más segundas líneas de detección paralelas, que discurren paralelas a las primeras líneas de detección, y la detecta con una resolución espectral discreta en la anchura de detección predeterminada y genera segundos datos de imagen, en donde los cuantos de radiación de rayos X se asocian a un número predeterminado de canales de energía para la resolución espectral, en función de su energía, y en donde los segundos datos de imagen para cada ubicación discreta comprenden un valor espectral para cada canal de energía, y
 - (c) en donde la unidad (132) de evaluación y control, a la que se alimentan los primeros y los segundos datos de imagen está configurada de tal modo, que se detecta al menos una característica predeterminada del producto (102) que se va a examinar mediante una combinación de la información contenida en los primeros y en los segundos datos de imagen al menos con la primera resolución espacial discreta.
2. Dispositivo según la reivindicación 1, **caracterizado por que** la característica predeterminada del producto (102) que se ha de examinar es al menos una característica del siguiente grupo: posición de un cuerpo extraño dentro del producto, tamaño del cuerpo extraño, material del cuerpo extraño, grosor del producto, material del producto, grosor de las capas de material del producto, posición de las zonas superpuestas de los productos (102).
3. Dispositivo según una de las reivindicaciones precedentes, **caracterizado por que** los detectores (110, 112; 114) de líneas están previstos en un soporte (124, 126) común y/o en una carcasa (128) común y/o en una carcasa común protegida contra radiaciones.
4. Dispositivo según una de las reivindicaciones 1 a 3, **caracterizado por que** la unidad (132) de evaluación y control está configurada de tal manera, que puede controlar el al menos un primer y el al menos un segundo detector (110, 112; 114) de líneas de tal manera, que se produzca una detección sincrónica de los datos de imagen en la primera y en la segunda línea de detección en función de la velocidad del movimiento relativo entre el producto (102) que se ha de examinar y el dispositivo (108) detector de radiación de rayos X, con el fin de obtener datos de imagen de línea en la primera y en la segunda línea de detección en cada caso, que se correspondan esencialmente con la misma trayectoria del haz a través del producto (102) que se ha de examinar.
5. Dispositivo según una de las reivindicaciones 1 a 3, **caracterizado por que** la unidad (132) de evaluación y control está configurada de tal manera, que controla el al menos un primer y el al menos un segundo detector (110, 112; 114) de líneas de tal manera, que la detección de datos asíncrona tiene lugar en la primera y la segunda línea de detección, en donde preferiblemente los datos de imagen de línea en la primera y en la segunda línea de detección se registran en cada caso con una tasa de muestreo lineal, que es mayor que un paso de píxel del respectivo detector de líneas dividido por la velocidad de movimiento del producto (102) que se ha de examinar.
6. Dispositivo según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** la unidad (132) de evaluación y control está configurada de tal manera, que crea una imagen global a partir de los datos de imagen del al menos un primer detector (110, 112) de líneas y del al menos un segundo detector (114) de líneas, en particular, mediante interpolación y/o transformación geométrica de los datos de imagen del al

menos un segundo detector (114) de líneas y/o de los datos de imagen del al menos un primer detector (110, 112) de líneas.

7. Dispositivo según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** el al menos un primer detector (110, 112) de líneas y el al menos un segundo detector (114) de líneas comprenden en cada caso, en la dirección de la correspondiente línea de detección, varios módulos (110_k; 114_i) del mismo tipo, que están alineados en puntos de contacto, y por que los puntos (140) de contacto del al menos un primer detector (110, 112) de líneas y los puntos (142) de contacto del al menos un segundo detector (114) de líneas están desplazados entre sí.

8. Dispositivo según una de las reivindicaciones precedentes, **caracterizado por que**

(a) la unidad (132) de evaluación y control está configurada de tal manera, que pondera los valores espectrales de todos los canales de energía de los datos de imagen del al menos un segundo detector (114) de líneas para cada ubicación discreta y suma los valores espectrales ponderados para obtener un valor espectral de suma, o bien

(b) por que el al menos un segundo detector (110, 112) de líneas está configurado de tal manera, que para cada ubicación discreta emita únicamente datos de imagen con valores espectrales de canales de energía predeterminados y por que la unidad (132) de evaluación y control está configurada de tal manera, que los pondera y suma los valores espectrales ponderados para obtener un valor espectral de suma, o bien

(c) por que el al menos un segundo detector (114) de líneas está configurado de tal manera, que para cada ubicación discreta solo suma datos de imagen con valores espectrales de canales de energía predeterminados, para formar un valor espectral de suma y la unidad (132) de evaluación y control está configurada para ponderar este valor espectral de suma,

y por que la unidad (132) de evaluación y control está configurada de tal manera, que genera datos de imagen de doble energía o datos de imagen de energía múltiple a partir de los primeros datos de imagen del al menos un primer detector (110, 112) de líneas y de los segundos datos de imagen del segundo detector (114) de líneas procesados de esta manera.

9. Dispositivo según la reivindicación 8, **caracterizado por que** en la unidad (132) de evaluación y control se almacena información o la unidad (132) de evaluación y control presenta acceso a información sobre qué ponderaciones de los canales de energía son preferiblemente adecuadas para detectar una o más características predeterminadas específicas del producto (102) que se va a examinar.

10. Dispositivo según la reivindicación 8 o 9, **caracterizado por que** la unidad (132) de evaluación y control está configurada de tal manera, que evalúa los datos de imagen del al menos un primer detector (110, 112) de líneas y los datos de imagen del al menos un segundo detector (114) de líneas varias veces para un determinado producto (102) que se ha de examinar, en particular, para detectar distintas características predeterminadas, en donde los datos de imagen de doble energía o los datos de imagen de energía múltiple se generan para cada evaluación utilizando una ponderación diferente de los valores espectrales de los canales de energía de los datos de imagen del segundo detector de líneas.

11. Dispositivo según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** la unidad (132) de evaluación y control está configurada de tal manera, que evalúa los datos de imagen del al menos un segundo detector (114) de líneas para detectar áreas de producto con diferentes espesores de capa y/o áreas de productos solapados e identifica estas áreas en los datos de imagen del al menos un primer detector (110, 112) de líneas o en los datos de imagen combinados, y por que la unidad (13) de evaluación y control está configurada de tal manera, que utiliza un valor umbral, que se establece en función de los valores de gris de una o más de estas áreas, para inspeccionar las áreas identificadas de esta manera.

12. Dispositivo según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** la unidad (132) de evaluación y control está configurada de tal manera, que para supervisar el estado de un detector (110, 112, 114) de líneas seleccionado, determina datos de imagen del detector (110, 112, 114) de líneas que se ha de supervisar y datos de imagen de un detector (110, 112, 114) de líneas seleccionado como detector de líneas de referencia, preferiblemente, en cada caso sin la presencia de un producto (102), en donde la unidad (132) de evaluación y control está configurada preferiblemente de tal manera, que suma los valores espectrales de uno, varios o todos los canales de energía para determinar los datos de imagen del al menos un segundo detector (114) de líneas, y por que la unidad (132) de evaluación y control está configurada de tal manera, que compara los datos de imagen del detector (110, 112, 114) de líneas que se ha de supervisar con los datos de imagen del detector (110, 112, 114) de líneas de referencia y genera una “señal de no listo” si se detectan desviaciones no admisibles.

13. Dispositivo según la reivindicación 12, **caracterizado por que** la unidad (132) de evaluación y control está configurada de tal manera, que compara los datos de imagen de referencia por píxeles, utilizando

- 5 correspondientes píxeles de comparación, con los datos de imagen del detector (110, 112, 114) de líneas que se ha de supervisar, en donde los píxeles de comparación se seleccionan de tal manera, que dos correspondientes píxeles de comparación cubren la misma anchura en las respectivas líneas de detección, y en donde el valor de gris de un píxel, que no se encuentra con toda su anchura dentro de la anchura del píxel de comparación respectivo se pondera con la proporción con la que el píxel se encuentra con toda su anchura dentro de la anchura del píxel de comparación al determinar el valor de gris del píxel de comparación en cuestión.
- 10 14. Dispositivo según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** el al menos un primer detector (110, 112) de líneas y el segundo detector (114) de líneas están dispuestos de tal manera, que la una o más segundas líneas de detección del al menos un segundo detector (114) de líneas no se encuentran en la sombra del al menos un primer detector de líneas y la una o más primeras líneas de detección del primer detector (110, 112) de líneas no se encuentran en la sombra del segundo detector (114) de líneas.
- 15 15. Dispositivo según la reivindicación 14, **caracterizado por que** el al menos un primer detector (110, 112) lineal y el al menos un segundo detector (114) lineal están dispuestos superpuestos, vistos en la dirección de la radiación, en donde la una o más primera y segunda líneas de detección presentan una distancia diferente desde la al menos una fuente (106) de radiación de rayos X.

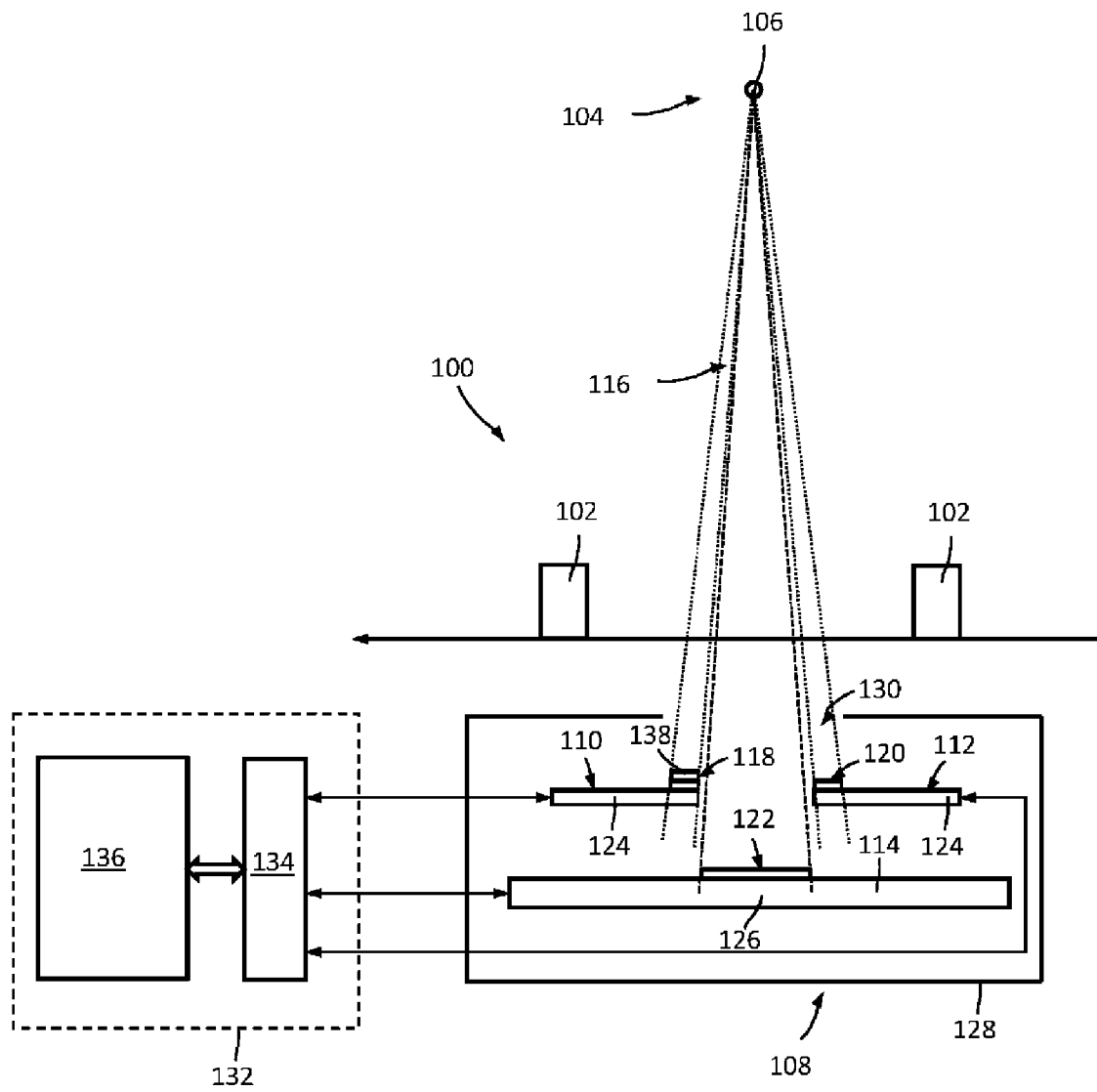


Figura 1

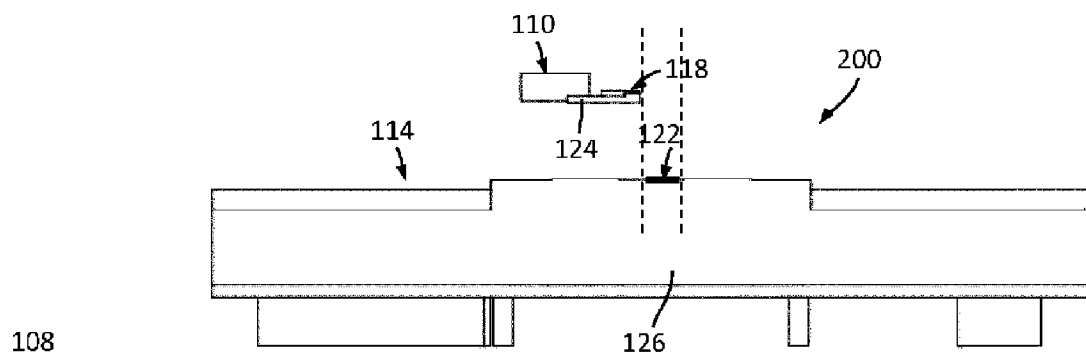


Figura 2a

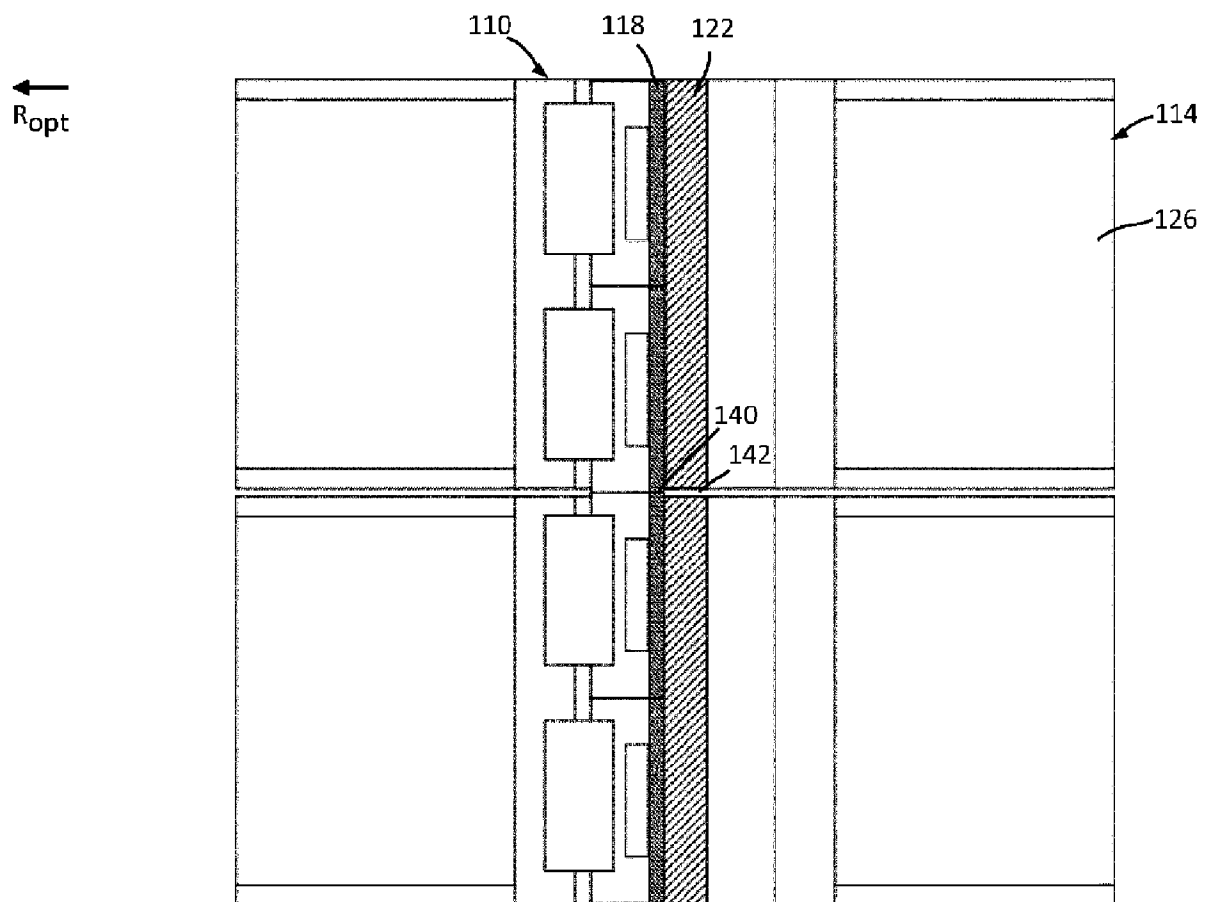


Figura 2b

Copia en limpio

Número de referencia: 20171888.9 - 1001
 Solicitante: WIPOTEC GmbH
 Expediente jurídico: 27415-PT-EP
 Fecha: 25 de mayo de 2021

3

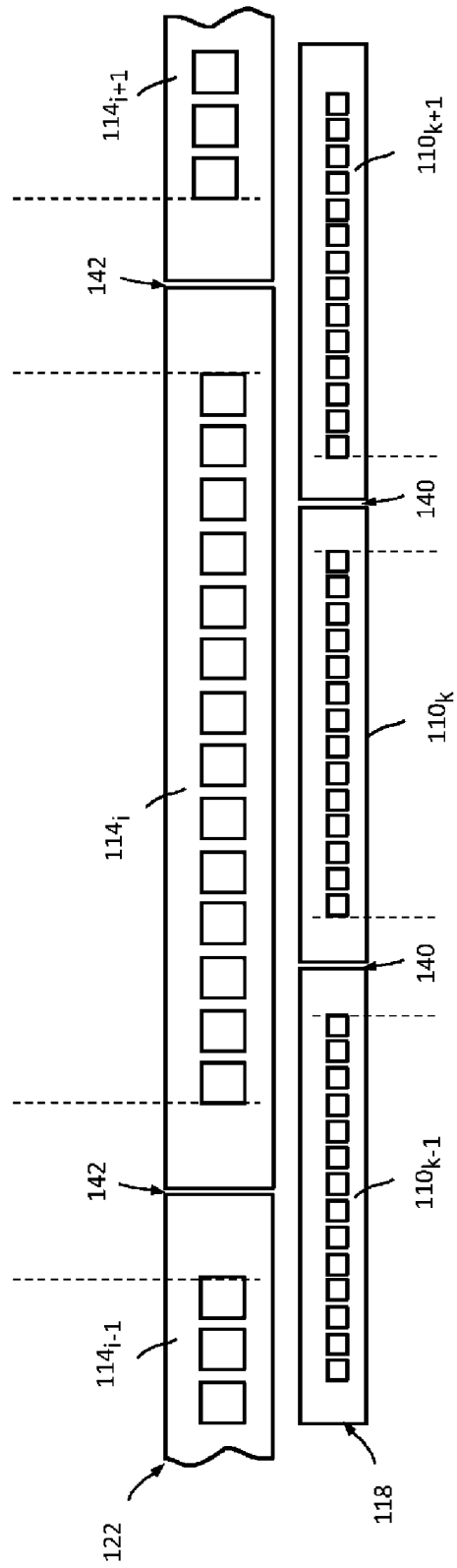


Figura 3

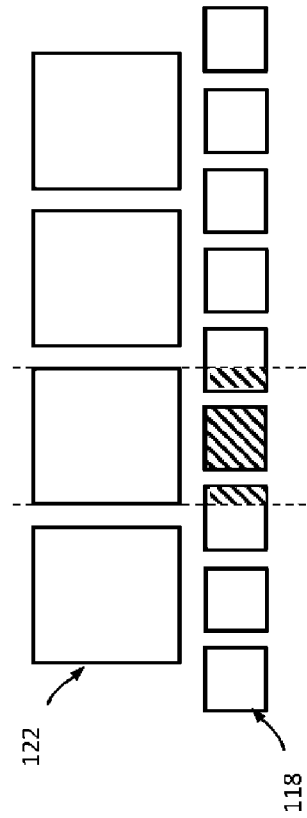


Figura 4

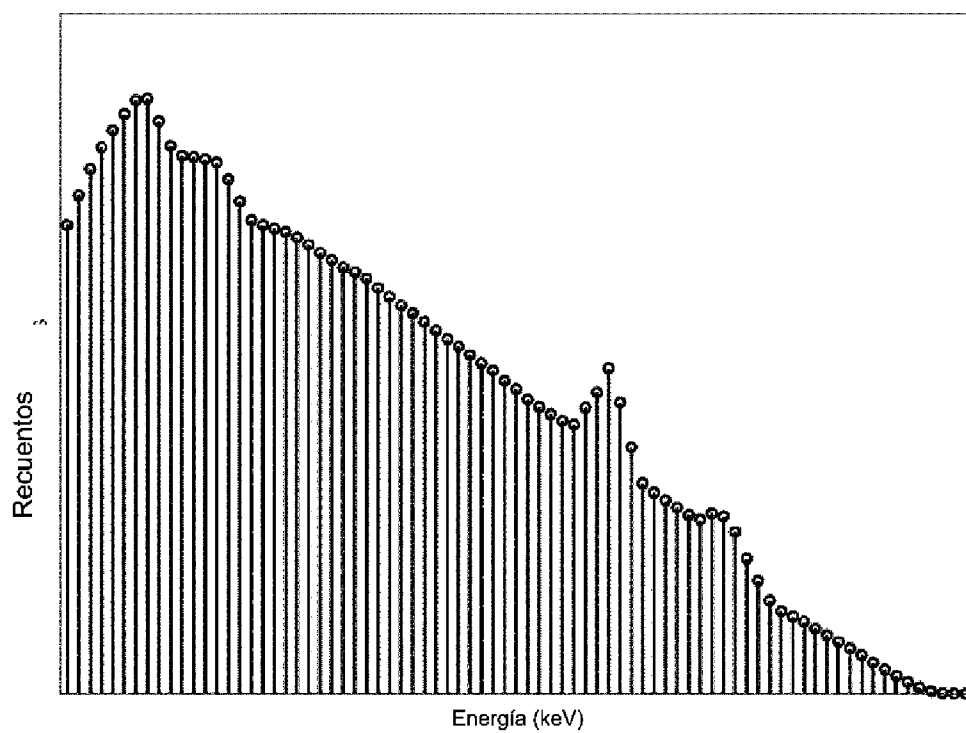


Figura 5 Canales de energía [Núm.]

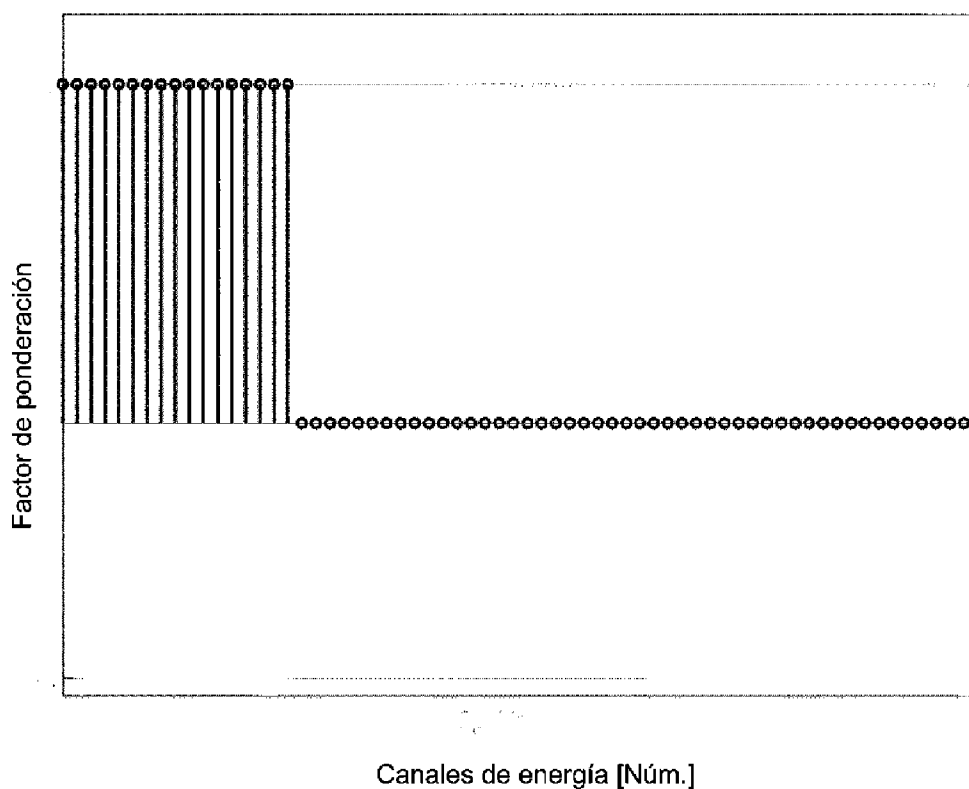


Figura 6 Canales de energía [Núm.]