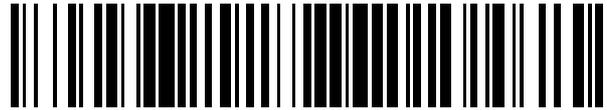


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 410 539**

51 Int. Cl.:

**G01N 23/04** (2006.01)

**G06T 7/00** (2006.01)

**G06T 5/00** (2006.01)

**B23K 9/095** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **06.09.2007 E 07803297 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **24.04.2013 EP 2067025**

54 Título: **Procedimiento y dispositivo para el control en tiempo real de uniones por juntura con radiación de rayos X y evaluación de la escala de grises**

30 Prioridad:

**26.09.2006 DE 102006000480**

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

**02.07.2013**

73 Titular/es:

**FORSCHUNGSZENTRUM JÜLICH GMBH (100.0%)  
52425 Jülich, DE**

72 Inventor/es:

**PAULY, FRED;  
SCHRÖDER, GERALD;  
PATZAK, RICHARD y  
VOGELBRUCH, JAN**

74 Agente/Representante:

**DE ELZABURU MÁRQUEZ, Alberto**

**ES 2 410 539 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**

Procedimiento y dispositivo para el control en tiempo real de uniones por junta con radiación de rayos X y evaluación de la escala de grises

5 La invención se refiere a un procedimiento para el control de uniones por junta. Una unión por junta es una unión entre dos piezas, la cual fue efectuada de forma típica mediante soldadura, soldadura blanda o pegado.

10 Según el estado de la técnica, por ejemplo en el caso de uniones por soldadura entre dos materiales compuestos por metal, la misma se comprueba con la ayuda de radiación con rayos X. Por ejemplo, un cordón de soldadura, por tanto una unión por junta, se irradia con rayos X, y el resultado es registrado con un detector. Una instalación electrónica posterior representa el resultado, el cual contiene informaciones sobre la calidad del cordón de soldadura.

Un control de calidad de uniones por junta es necesario, por una parte, para el desarrollo de nuevos procedimientos de junta. Por otra parte, un control de ese tipo sirve para la comprobación de la calidad en el marco de los procesos de producción.

15 Por lo general, en los procesos de producción, y por motivos económicos, se comprueban las uniones por junta solamente por muestreo al azar.

Sería deseable poder comprobar la unión de dos piezas en tiempo real. Existen procedimientos ópticos con lo que esto es posible. Sin embargo, en ellos solamente se controla la superficie visible de una unión por junta.

20 Del documento DE 198 082 75 AI es conocido un procedimiento con el que puede ser comprobada una unión por soldadura en tiempo real, aunque a través de cantidades de gas. Este procedimiento está limitado solamente a determinadas uniones por junta, y no se ha impuesto en la práctica.

En la publicación de S.I. Rokhlin: In-Process Radiographic Evaluation of Arc Welding (Materials Evaluation 47 (1989) No.2) se describe un procedimiento en tiempo real para cordones de soldadura irradiados con rayos X, en el que el cordón de soldadura es irradiado con rayos X y un algoritmo de reconocimiento de muestras identifica fallos, con los que un algoritmo de toma de decisiones adapta los parámetros de soldadura.

25 En la publicación de J.-F. Vogelbruch It al.: Segmentación 3D y Visualización de bloques de datos de volumen (Remagener Physiktagee 2002) se describe un procedimiento de crecimiento de regiones para el procesamiento de imágenes de escala de grises, siendo reunidas las respectivas regiones con valores acromáticos similares. Las zonas de solapamiento pueden ser separadas de forma recursiva.

30 El objetivo de la invención es conseguir un procedimiento utilizable universalmente, y un dispositivo correspondiente al mismo, para la realización de un control de calidad en tiempo real de uniones por junta.

Para alcanzar el objetivo se unen dos piezas entre sí, y durante la unión se irradian las zonas de las dos piezas unidas ya anteriormente con una radiación de rayos X. La radiación de rayos X se registra a continuación de la irradiación, y se evalúa de tal manera que se determinan los puntos defectuosos de las zonas ya unidas.

35 Preferentemente no se irradia solamente la zona de una unión ya terminada, sino adicionalmente también la zona que se junta. No se comprueba entonces solamente una unión por junta ya terminada, sino también el proceso de la unión por junta. De esta forma pueden localizarse y detectarse mejor y más pronto los fallos. Se puede de esta forma intervenir de forma correctiva en los acontecimientos. La calidad de una fabricación se mejora correspondientemente.

40 Para un especialista le parece deseable el poder realizar un procedimiento de tanta exigencia. No obstante, hasta ahora el especialista no disponía de ninguna alternativa para poder realizar un procedimiento de ese tipo, en el cual no solamente se controla superficialmente en tiempo real una unión por junta. Por una parte era problemático el poder realizar una evaluación de la radiación de forma suficientemente rápida. Por otra parte había que resolver problemas constructivos.

45 A continuación de la irradiación de una unión por junta, la radiación por rayos X se capta digitalmente a través de un detector, dependiendo de la localización, en forma de los llamados „valores acromáticos“. A fin de poder ahora evaluar los valores acromáticos de forma cualitativamente estable, se unen en regiones los puntos de imagen situados de forma adyacente espacialmente (pixel en el caso bidimensional, o bien voxel en el caso tridimensional), cuando los valores acromáticos de los puntos de imagen sean lo suficientemente parecidos. Los valores acromáticos son lo bastante parecidos cuando la diferencia respectiva observada entre dos valores acromáticos está situada por debajo de un valor umbral predeterminado. Este paso ha resultado útil a fin de poder evaluar la radiación de rayos X captada de forma suficientemente rápida. Los puntos de imagen reunidos se registran en una base de datos.

50 La escala de valores acromáticos alcanza típicamente de 0 a 255 (resolución de 8 bits). 0 significa „negro“. 255 significa „blanco“. En un caso de este tipo se ha demostrado como conveniente el determinar una diferencia de valor

acromático de aproximadamente 4 a 6 unidades, de la que hay que quedar por debajo para reunir valores acromáticos en una región. El resultado del procedimiento se utiliza para hacer visibles los defectos aparecidos durante la unión, incluso cuando un defecto no sea visible desde fuera. Entre otros, este paso ha resultado útil debido a su paralelismo inherente, a fin de hacer visibles los defectos aparecidos durante la unión, incluso cuando un defecto no sea visible desde fuera.

En una configuración del procedimiento, se observa por ejemplo, en el caso bidimensional, la proximidad hexagonal de un primer píxel. En el interior de esa zona, denominada también como isla, se unen los píxeles adyacentes que presenten una diferencia de valor acromático lo suficientemente reducida, o sea, que sean parecidos, mediante un procedimiento de linking (simple, centroids, weighted, best Fit) hasta formar una región. De esta forma se van uniendo poco a poco los píxeles situados en la vecindad (o bien los voxels en el caso tridimensional) formando regiones, las cuales están compuestas, en el caso del ejemplo, por no más de siete pixels. A cada región unida de esa manera se le asigna a continuación un valor acromático, el cual constituye el valor medio de los valores acromáticos que pertenecen a la región respectiva. Por ejemplo, una región resulta que está formada por tres pixels, o bien voxels adyacentes, que tenían los valores acromáticos 1, 2 y 3. Esa región recibe ahora por tanto el valor acromático 2. A continuación, esas regiones se asignan a un plano 1.

A continuación de ello, las regiones de ese plano 1 se tratan ahora como anteriormente a los píxeles, o bien los voxels. Se considera la vecindad hexagonal de islas de esta isla, por ejemplo, con la primera región del plano 1. Las regiones de ese plano 1, en islas adyacentes, se unen entonces con la primera región hasta formar una región superior – denominada a continuación como región del plano 2 -, cuando se da una diferencia lo suficientemente reducida del valor acromático. Aquí son determinantes los valores acromáticos asignados a las regiones del plano 1, debidos a la promediación de las regiones del mismo. Preferentemente se unen además solamente si se cumple otra condición, y es cuando las correspondientes regiones se solapan en islas adyacentes con la primera región en la zona de solapamiento de sus islas. En esa forma se unen poco a poco las regiones adyacentes del plano 1 hasta formar regiones del plano 2. Por otra parte, una región del plano 2 creada de tal forma recibe un valor acromático que representa el valor medio de los valores acromáticos de las correspondientes regiones del plano 1. A continuación de ello, las regiones del plano 2 originadas de tal forma se tratan ahora como anteriormente a los píxeles, o bien a los voxels, o bien a las regiones del plano 1, es decir, se unen hasta formar regiones del plano 3. Esta unión de regiones desde un plano hacia el siguiente tiene lugar preferentemente durante el tiempo transcurrido hasta que se realizó la unión en una isla que cubra toda la imagen. Esa forma de unión requiere, especialmente en el caso de una implementación paralela, un esfuerzo de cálculo suficientemente reducido, a fin de poder evaluar la radiación de rayos X en tiempo real. Cuando no se implementó paralelamente, el procedimiento es posiblemente no muy rápido, pero no obstante proporciona resultados cualitativamente muy buenos. Las regiones unidas contienen una información sobre la calidad de la unión por junta producida inmediatamente antes, y posibilita en ese sentido un control de calidad aún durante la unión, así como inmediatamente a continuación de la misma.

En una configuración del procedimiento se forman por tanto en primer lugar regiones del plano 1 con pixels, o bien con voxels. No obstante, a continuación se unen solamente estas regiones del plano 1 hasta formar regiones del plano 2, las cuales se solapan por una parte, y cuyas diferencias de los valores acromáticos están situadas, por otra parte, por debajo de un valor umbral predeterminado. Dos regiones del plano 1 se solapan cuando existe al menos un píxel, o bien un voxel que pertenezca a ambas regiones del plano 1. De la misma forma se unen regiones del plano 2 hasta regiones del plano 3, es decir, cuando las regiones del plano 2 se solapan por una parte, y por otra parte presentan una diferencia lo suficientemente reducida del valor acromático, la cual esté situada por debajo de un valor umbral predeterminado. Dos regiones del plano 2 se solapan cuando existe al menos una región del plano 1 que pertenezca a las dos regiones del plano 2. Preferentemente, esta forma de unión se finaliza cuando las dos condiciones no se cumplen más, y por tanto cuando ya no es posible ninguna otra unión más.

A fin de mejorar la información sobre defectos, a continuación de la unión se separan zonas solapadas de regiones del plano más alto, y se las asigna solamente a una región del plano más alto, o bien del plano superior. Por ejemplo, una primera región del plano superior está formada por las regiones I, II, III, IV y V de un plano situado debajo. Una segunda región b del plano superior está formada por las regiones IV, V, VI y VII de un plano situado debajo. Con ello existe un solapamiento en las regiones a y b del plano superior, a saber, en relación con las regiones IV y V del plano situado debajo. Estas regiones IV y V se separan ahora de tal forma que pertenecen solamente a una región a o b del plano superior, por ejemplo ambas a la primera región a del plano superior, o bien ambas a la segunda región b del plano superior, o bien la región IV del plano situado debajo pertenece solamente a la primera región a del plano superior, y la región V del plano situado debajo pertenece solamente a la segunda región b del plano superior, o viceversa. Una separación de ese tipo puede extenderse también a planos más bajos, a saber, de forma ideal hasta el plano de los pixels, o bien de los voxels.

En una forma de ejecución del procedimiento, la separación es como sigue: en la zona de solapamiento de dos regiones a y b que ya no pueden unirse más, se observa una región ya unida, situada en un plano más abajo y asignada a esa zona de solapamiento, y se comprueba a que región en el plano más alto pertenece más bien esa región del plano bajo, por ejemplo más bien a la región a, o más bien a la región b, debido a la diferencia de su valor acromático. Por ejemplo, se ve si la diferencia de su valor acromático respecto a la región a es menor, de forma que la región observada del plano situado debajo es asignada a la región a. Es asignada entonces correspondientemente. De esta forma son separadas las zonas de solapamiento de solamente una región sobre el

plano de las regiones que no pueden ser ya unidas. Finalmente, sobre ese plano del escalón más alto ya no existen más zonas que pertenezcan a dos o más regiones del plano más alto. Por tanto, las regiones del plano más alto no presentan ya ninguna zona de solapamiento.

En una forma de ejecución, la separación es registrada durante la unión, y es iniciada por cada plano jerárquico.

5 A fin de separar de forma aún más mejorada, se lleva a cabo la misma forma de proceder en un plano más inferior. Por ejemplo, se observan precisamente las regiones del plano situado debajo asignadas a la región a - denominadas a continuación como subregiones -, y se comprueba con que subregiones de la región b se solapan las mismas en subregiones. Estas son asignadas nuevamente según el procedimiento descrito anteriormente, siendo determinante la diferencia del valor acromático respecto al valor acromático de las regiones iniciales de „separación“ a y b. Así se continúa preferentemente el procedimiento hasta que se haya alcanzado el plano de los pixels, o bien de los voxels.

10 De esta forma se consigue una separación muy precisa en la zona de solapamiento. Las informaciones recibidas sobre las estructuras dentro de la unión por juntura, y con ello también la información sobre el tamaño y situación de los defectos, son correspondientemente exactas.

15 El inconveniente de este procedimiento es que hay que efectuarlo de forma recursiva, y con ello se utiliza un tiempo de cálculo relativamente grande. En el caso de tres dimensiones puede suceder que se pasen por alto algunas zonas. En el procedimiento puede ser problemático además el que regiones unidas sobre planos más elevados ya no estén finalmente unidas debido a la separación. O bien ha de observarse la región ahora como antes como una región unida, lo cual tiene como consecuencia una inexactitud, o bien ha de comprobarse nuevamente, yendo hacia arriba, hasta que punto puede unirse correctamente la región descompuesta sobre la base de dos o más regiones parciales. Esto incrementa de nuevo el esfuerzo. De aquí, a fin de poder separar de forma más rápida y precisa, se prefiere el procedimiento para la separación citado a continuación.

25 Partiendo del plano más alto de las regiones, se observan las regiones de un plano más abajo. Sobre ese plano inferior se observa región por región. Si se observa una primera región, se comprueba si esa región está unida con dos regiones distintas del plano más elevado, denominadas a continuación como „padres“, es decir, si pertenece a una zona de solapamiento. Por tanto, si una región situada debajo, denominada a continuación como „hijo“, está unida con dos padres distintos, entonces se trata de una zona de solapamiento separable. Entonces se comprueba respecto a qué „padre“ es menor la diferencia del valor acromático, es decir, que hijo es „más parecido“ a qué padre. A ese padre más parecido se le asigna solo esa niña. De ese padre hereda la niña el valor acromático, y, en una forma de ejecución de la invención, especialmente también un número de segmento que el padre puede recibir para una identificación inequívoca del segmento. El hijo recibe por tanto al menos un nuevo valor acromático y un número de segmento, dependiendo de la forma de ejecución de la invención.

30 Si se ha observado cada región de los hijos, entonces se procesa a continuación, preferentemente de forma comparable, el plano situado por debajo, y hereda las características propagadas de los segmentos del plano superior. Este procedimiento para la separación se continúa de forma ideal de esta manera hasta el plano de los pixels, de forma que a cada pixel se le asigna un número de segmento, del que se puede obtener un cuadro de símbolos de referencia, y un valor acromático, del cual se puede obtener un cuadro de las regiones, y, en una forma de ejecución de la invención, contiene una lista adicional de segmentos con las características de los segmentos (valor acromático medio, contenido de la superficie, centro de gravedad, dilatación). Si se procesan planos mas bajos, han de observarse las siguientes particularidades: si se comprueba de una región del plano x que los dos padres del plano x+1 están situados dentro de una tolerancia predeterminada del valor acromático, se unen entonces los padres del plano x+1 en una nueva región de padres (X es un número entero positivo). Los dos padres tienen, por así decirlo, el mismo abuelo. Los números de los segmentos propagados hasta ahora sobre el plano, o bien los valores acromáticos, o bien uniones de otros hijos con estos padres, se comprueban y actualizan correspondientemente. Esto se resuelve de forma efectiva mediante indizaciones en la lista de segmentos (registro de los segmentos y sus características) que está conectada a la base de datos (registro de las regiones y su conexión jerárquica). De esta forma se consigue que finalmente cada hijo herede las características de un padre (propagación). Los hijos pueden seguir teniendo dos padres en la base de datos, pero heredan las características de uno solamente.

35 Si se continúa de esta forma el procedimiento para la separación hasta el plano más inferior, o sea, de forma ideal hasta el plano de los pixels, o bien de los voxels, los padres son caracterizados no solo a través de valores acromáticos, sino complementariamente, según la forma de ejecución de la invención, a través de una numeración de los segmentos. De la misma forma que el valor acromático, el número del segmento respectivo se transforma hacia abajo hacia los hijos.

40 En el caso tridimensional (3D) no existe una estructura de islas tan ideal como la hexagonal en el caso bidimensional (2D), que tenga todas sus características. En las 3D, la estructura de isla solapada simplemente está compuesta del recubrimiento nudo a nudo de un rombododecaedro. A través de ese recubrimiento se produce una estructura solapada completamente de forma simple, pero no con las relaciones homogéneas de vecindad de los voxels periféricos de una isla. La consecuencia es que existen solapamientos entre islas que no entran en la zona de una isla perteneciente a la siguiente isla más elevada. Con ello, estos solapamientos no son examinados a través del

algoritmo de unión, el cual se limita solamente a la zona del interior de una isla. Esto tiene como consecuencia que algunas regiones pueden unirse a través de puntos defectuosos de ese tipo, aunque no son parecidas (-> separación). Por otra parte las mismas pueden estar también unidas por otra parte (-> nuevos valores medios de las regiones), lo cual no obstante no es advertido al unir las. El "bestFit + Merge"-Splitting evita esos defectos de forma elegante durante el proceso de separación, ya que se alcanzan los puntos defectuosos en el árbol de datos. (no durante la unión, ya que ésta trabaja en la estructura de las islas).

El "bestFit + Merge"-Splitting trabaja de la forma siguiente. Básicamente se observan los planos desde el segundo más elevado hasta el más bajo. Empezando por el segundo plano más elevado, se procesan secuencialmente todas las regiones allí existentes. Para cada región, la misma hereda las características de los segmentos (número de segmento + valor medio del segmento) del padre (es decir, se sobrescriben; desde el plano más alto se propagan sobre el más bajo). En el caso de dos padres diferentes ocurre lo siguiente: si los padres son poco parecidos, la región hereda las características de los segmentos del padre más parecido (bestFit-Split). Si los padres son parecidos, se agrupan entonces en un padre (nuevo número de segmento + valor acromático + otras características), y sus nuevas características son heredadas por la región (Merge). Además se comprueban todas las características de los segmentos de otras regiones del plano observado propagadas anteriormente, por si se corresponden con uno de los padres recién fundidos (especialmente el número del segmento), y son sustituidas también por las nuevas características. Además, se actualizan asimismo todas las uniones con los padres fundidos de las regiones del plano observadas a continuación (es decir, con los números de segmentos que ya no existen).

Si se ha procesado un plano completamente, se procede asimismo con el siguiente plano más bajo, siendo naturalmente propagados nuevamente hacia abajo sobre el plano de abajo los valores propagados en el plano ya procesado. El procedimiento está terminado cuando la propagación sobre el plano más bajo esté acabada.

En este segundo proceso de separación se destruye la base de datos conservada anteriormente, o sea, los datos a partir de los cuales se obtendrá el resultado final. Sin embargo, esto no tiene ya regularmente ningún interés cuando se dispone de la información de imagen deseada. De aquí que en la práctica este „inconveniente“ no represente regularmente ningún papel en la práctica.

Finalmente se dispone de información sobre zonas homogéneas por dentro y lindando con la unión por junta. Se determina ahora, preferentemente de forma automática, que zona homogénea se ha de evaluar y como evaluarla, o sea, si se trata de una unión por junta correcta, o bien de una zona defectuosa dentro de la unión por junta. A fin de encontrar zonas defectuosas de forma automática, se utilizan por ejemplo, de forma de por sí conocida, los siguientes procedimientos: procedimiento de detección de cantos, procedimiento del valor umbral, diversos procedimientos de clasificación como el procedimiento k-Nearest-Neighbourhood, o el Clusteraly-se, Bayes -clasificaciones, etc.. Pueden realizarse también adaptaciones especiales, o bien limitaciones, a fin de no seguir evaluando un resultado completo ya calculado, sino limitarse a las secciones que conciernen a la unión por junta.

En un ejemplo de ejecución se soldaron entre sí una pieza de aluminio con forma de tubo y una pieza de acero con forma de tubo. Se realizó entonces una clasificación sencilla según el valor acromático y el tamaño de los segmentos, y con ello se determinó que había de evaluarse como „defecto“ dentro de la unión por junta. La elección de que zona es un cordón de soldadura tuvo lugar según el procedimiento de detección de cantos. Primeramente se determinó el valor acromático que indica un defecto, y cual no lo indica. De esta forma se puede determinar automáticamente, de forma sencilla y rápida, que zona es defectuosa y cual no lo es.

Para la ejecución del procedimiento se pone a disposición un dispositivo que comprende medios para unir dos piezas, así como una instalación de rayos X con microfoco. La instalación de rayos X con microfoco está colocada de tal forma que la misma es capaz de irradiar la zona de junta, así como una zona adyacente a la zona finalizada de la unión por junta de una unión por junta todavía no acabada completamente. Además, la instalación comprende un detector para la captación de esa radiación por rayos X, la cual irradia por tanto la zona de la junta, así como la unión por junta durante la unión por junta de dos piezas. Esta instalación está conseguida de tal forma que se puede unir por junta y simultáneamente irradiar las zonas ya unidas por junta y la zona de la unión por junta. La instalación comprende además una unidad electrónica de evaluación. La unidad electrónica de evaluación está conseguida de tal forma que con ella se pueden determinar en tiempo real los defectos dentro de la unión por junta, es decir, aún durante la unión por junta e inmediatamente después. La instalación comprende una instalación de rayos X con microfoco, ya que la misma presenta un campo focal muy pequeño. De esta forma son posibles imágenes muy nítidas sobre el detector, lo cual es importante para un resultado preciso. La zona de la unión por junta es la zona entre dos piezas que es unida por junta, como por ejemplo mediante soldadura.

Como instalación de rayos X con microfoco se entiende una instalación cuyo campo focal esté situado en el rango micrométrico, o bien por debajo del mismo. Las instalaciones convencionales disponen de un campo focal en el rango del milímetro.

Preferentemente, la instalación de rayos X con microfoco y el detector están dispuestos de tal manera que la zona irradiada es captada por el detector en forma ampliada, preferentemente con al menos un factor 10, a fin de llegar a un resultado preciso.

- 5 Las imágenes de rayos X son captadas y procesadas digitalmente a continuación según el procedimiento reivindicado. Se utiliza preferentemente un detector denominado „Flat-panel“, a fin de poder captar los rayos X en una superficie grande. El detector está conseguido especialmente de tal forma que es capaz de captar al menos 8 imágenes por segundo, a fin de poder comprobar de esa manera en tiempo real una unión por junta de forma fiable. De aquí que sea especialmente preferido un dispositivo que pueda captar y procesar al menos 200 imágenes por segundo, a fin de poder efectuar un control en tiempo real más mejorado.
- 10 Las piezas se colocan en el recorrido de los rayos X. Los objetos que van a ser soldados, por ejemplo, se sujetan con un robot de manipulación. El robot de manipulación puede desplazar o girar el objeto adecuadamente, a fin de poder unir ambas piezas entre sí de forma completa. Alternativamente no se desplazan las piezas, sino el cabezal de soldadura, como antorcha de electrones, luz láser o generador de ultrasonidos. Sin embargo, en el presente caso se prefiere que las dos piezas sean desplazadas, a fin de no tener que mover adicionalmente asimismo en su caso la fuente de rayos X junto con el detector.
- 15 Preferentemente se acopla un rayo láser a través de una fibra de vidrio, a fin de minimizar el requerimiento de espacio en el centro de la unión por junta. La unión por junta, o bien la unión, puede tener lugar también, por ejemplo, mediante soldadura por rozamiento.
- 20 En primer lugar, en el caso de un láser, el mismo es orientado de tal manera que no pueda acertar ni sobre el detector ni sobre la instalación de microfoco. En el caso contrario, éstas pueden resultar dañadas.
- 25 En una forma de ejecución se protege además la instalación de microfoco, así como el detector, contra las partículas o las chispas que se originan durante la unión por junta, como por ejemplo al soldar. Esto tiene lugar en un ejemplo de ejecución, por ejemplo, mediante placas de aluminio. Las placas de aluminio son preferentemente muy finas, y tiene como máximo pocos milímetros de espesor. Las placas de aluminio se colocan al menos delante de los respectivos aparatos, es decir, delante de la instalación de rayos X y del detector. El aluminio permite el paso de los rayos X, pero no de las chispas de la soldadura. De esta forma se garantiza el funcionamiento sin interferencias.
- 30 Preferentemente se protegen de la radiación por rayos X los medios que se utilicen para la unión. Esto tiene lugar mediante materiales protectores como plomo, wolframio o uranio empobrecido. Por ejemplo, la electrónica de un láser se protege de la radiación de rayos X mediante una envoltura de plomo, o bien mediante una envoltura de otro material protector. De esta forma se garantiza de forma mejorada el funcionamiento sin interferencias.
- 35 Para la realización del procedimiento se conectan preferentemente en primer lugar los tubos de rayos X, de forma que se capta una imagen. A continuación se comienza con la unión por junta, como por ejemplo con un láser orientado sobre el punto de soldadura, y la probeta se desplaza adecuadamente de forma que el láser sea conducido a lo largo del cordón de soldadura que se ha de producir. Cuando la unión por junta comienza, se empieza en el mismo momento, por ejemplo mediante un programa informático, con la captación de imágenes y el procesamiento de las mismas. Con el apagado del láser, al final de un proceso de soldadura por ejemplo, finaliza la evaluación.
- 40 En una forma de ejecución, el dispositivo comprende medios para poder reparar, todavía en la misma fase de trabajo, defectos constatados dentro de la unión por junta, o bien corregir la unión por junta.
- Puede tratarse, por ejemplo, de medios con los que se ajuste nuevamente un movimiento entre, por ejemplo, un rayo láser o una antorcha de electrones que sean utilizados para la unión, y el cordón que ha de unirse, en el caso de que se determine durante la detección en tiempo real que el rayo láser o la antorcha se desvían del cordón.
- 45 En otra forma de ejecución, el dispositivo contiene medios que marcan un punto defectuoso detectado dentro de la unión por junta. El programa de cálculo memoriza por ejemplo en que lugar se ha encontrado el defecto. En una configuración de la invención, el dispositivo está conseguido de tal forma que, a continuación de un punto defectuoso detectado, el manipulador retrocede, por ejemplo, y el punto defectuoso es soldado nuevamente.
- 50 En otra configuración de la invención, a continuación de una instalación de soldadura con cinta se encuentra, por ejemplo, una instalación de corte. Esta está acoplada de tal forma que puede cortar y extraer inmediatamente el punto de soldadura defectuoso detectado. La información de donde se encuentra el punto defectuoso puede ser transmitida a través de ordenador a la instalación de corte. De esta manera se pueden retirar inmediatamente los puntos de soldadura defectuosos de forma automática.
- 55 En otra configuración del procedimiento se controla la energía de un láser, un ultrasonido o una antorcha de electrones en dependencia del resultado de la detección. Si se determina que la unión por junta no es suficiente, se procura reparar ese defecto a través del control de la energía del láser, de la antorcha de electrones o del ultrasonido, a fin de poder conectar nuevamente de forma fiable, por ejemplo, una instalación de soldadura por cinta a continuación de la aparición de un defecto.
- En otra configuración se modifican los diversos parámetros, y de esa forma se determina en tiempo real si se puede unir de forma óptima. Con esos parámetros ajustados se lleva a cabo entonces la unión por junta.

5 A través de la invención puede acelerarse por una parte el control de calidad. Por otra parte se puede reparar todavía un defecto durante la unión por junta. Por ejemplo, los parámetros de soldadura pueden regularse todavía durante la soldadura cuando se observa que el resultado empeora. Así se puede evitar desde el principio la aparición de defectos inaceptables. En el estado de la técnica se efectúa normalmente un control de calidad de ese tipo solamente mediante pruebas al azar. En el presente caso puede controlarse por último cada unión por junta a través del procedimiento en tiempo real. La proporción de errores es correspondientemente más reducida.

En comparación con la técnica de filmación, en el presente caso puede ajustarse de forma óptima la posición de grabación para el control de calidad. Se ajusta por tanto un ángulo óptimo de irradiación de la radiación por rayos X, a fin de poder determinar los defectos.

10 En una configuración del procedimiento se decide directamente si una pieza constructiva se soldó correctamente o no. Dependiendo de ello se seleccionan inmediatamente los desechos en el caso de que, por ejemplo, incluso con las correcciones no se pudiese fabricar debidamente una pieza constructiva.

15 Para la ejecución del procedimiento según la invención ha de observarse que se utilice un dispositivo con el que la cantidad de datos producidos puedan procesarse lo bastante rápidamente. Los ordenadores convencionales no son normalmente capaces de ello.

20 El procedimiento de captación de imágenes contiene una gran cantidad de fases de cálculo, las cuales pueden ser procesadas paralelamente. Por ejemplo, la evaluación de regiones puede ser procesada simultáneamente, es decir, paralelamente. Esto permite poner a disposición un hardware que esté especializado en procesamiento en paralelo, y de ésta forma pueda evaluar los datos recibidos de forma suficientemente rápida, a fin de poder llevar a cabo un procedimiento de detección en tiempo real.

En una forma de ejecución de la invención se prefiere por tanto poner a disposición un hardware que permita la evaluación en paralelo de los datos recibidos.

25 Por consiguiente, en una forma de ejecución ventajosa se utiliza un módulo de coprocesadores basado en FPGA. FPGA es la abreviatura de Field Programmable Gate Array. Según la invención, la disposición de los elementos de memoria se modifica en comparación con los módulos FPGA convencionales. Por una parte, los elementos de memoria de ese tipo están dispuestos en paralelo, estando optimizados para un acceso casual a los datos. Por ejemplo, aquí se trata de elementos de memoria SRAM. Por otra parte, están previstos elementos de memoria, dispuestos en paralelo, que están optimizados para el paso de grandes cantidades de datos, como por ejemplo elementos de memoria SDRAM. Esta disposición está optimizada en relación a la cantidad de datos a procesar. Se pueden almacenar o leer simultáneamente grandes cantidades de datos. Este hardware asegura de forma mejorada que la información deseada sobre los defectos puede ser recibida en tiempo real.

30 Lo problemático en una disposición de ese tipo es por una parte el alto consumo de potencia, y por otra parte la gran cantidad de conductores desde el FPGA hacia los elementos de memoria. Estos conductores tienen, de forma ideal, la misma longitud, a fin de que, debido a la alta frecuencia con la que se trabaja, puedan ser mantenidos los resultados con seguridad.

35 A fin de poder cambiar de sitio la disposición deseada de memorias con la misma longitud de conductores, se necesita una tarjeta, la cual ha de disponer al menos de 14 niveles. Si se colocasen los conductores para los elementos de memoria solamente en un nivel, deberían estar colocados entonces aproximadamente en forma de estrella y sin cruces alrededor del FPGA. Esto no es posible técnicamente debido a la gran cantidad de conductores (578 conductores) de la una longitud parecida que se necesitan. La posibilidad de realizar la alimentación de los bloques de memoria a través de varios niveles ofrece la posibilidad de generar características parecidas de alimentación con técnicas de alta frecuencia. La posibilidad de colocar los bloques de memoria distribuidos en varios niveles ofrece la posibilidad de poner a disposición en conjunto la misma longitud con conductores rectos.

45 Adicionalmente se necesitan los llamados „cores“. En este caso se trata de controladores a base de hardware que llevan a la FPGA a la situación de controlar a los elementos de memoria. Además se controla a través de ello una periferia adicional, como por ejemplo un bus PCI.

50 Una tarjeta de ese tipo con el FPGA es insertada en un slot correspondiente en el ordenador. El ordenador se dota del software correspondiente. De esta forma está disponible un dispositivo que está en disposición de procesar las informaciones entrantes en paralelo, y así procesar grandes cantidades de datos de una vez con la suficiente rapidez, a fin de llegar al resultado deseado.

La implementación de hardware del algoritmo decide como se distribuyen los datos sobre los elementos de memoria. Si se trata de datos que están previstos únicamente para la reutilización en el marco de un algoritmo, se almacenan las mismas en la SRAM. En caso contrario, los resultados finales se almacenan en los bloques de memoria de la SDRAM.

55 Los módulos SDRAM están en condiciones de procesar grandes cantidades de datos, en el llamado „modo Burst“. La capacidad de almacenamiento de los módulos SDRAM está sobredimensionada en comparación con los módulos

SRAM, ya que finalmente han de almacenarse grandes cantidades de datos de imágenes.

Los módulos SRAM son mucho más pequeños, ya que solamente tienen que permitir el acceso a datos sueltos. Eso sin tener en cuenta que no existen elementos de memoria SRAM con grandes capacidades de almacenamiento. No obstante, es determinante que no se necesitan grandes capacidades de memoria SRAM para la realización del procedimiento.

En un ejemplo de ejecución, la capacidad por cada elemento de almacenamiento SDRAM es, por ejemplo, de 1 Gbyte. La capacidad de almacenamiento por cada elemento de memoria SRAM es de aproximadamente 4 Mbyte.

Para la segmentación 2D/3D en tiempo real (tiempos de respuesta < 1 seg) del algoritmo indicado en [Vog02], está prevista una aceleración por hardware en forma de una tarjeta flexible FPGA. Dado que el algoritmo necesita mucha memoria (una imagen acromática de  $4096^2$  con 16 bpp necesita 32 Mbyte para la imagen original y aprox. 128 Mbyte para la estructura de isla; una imagen acromática de  $512^3$  con 12 bpp necesita 192 Mbyte para el volumen original y aprox. 1120 Mbyte para la estructura de isla suficiente [DLV03]), la tarjeta FPGA está dotada de la memoria correspondiente. Para las fases intermedias del algoritmo (procesamiento de un plan de isla, o bien de un plano de región) se dispone de memoria intermedia adicional (por ejemplo para informaciones solapadas), a las que se puede acudir opcionalmente.

Dado que la tarjeta ha de utilizarse en sistemas de PC convencionales, la misma se corresponde, en un ejemplo de ejecución, con el estándar PCI (min. PCI Rev. 2.2). La tarjeta ha de funcionar al menos con una selección de Mainboards convencionales, tanto con 32 Bit (33 MHz) como también con 64 Bit (66 MHz).

Se utiliza como FPGA por ejemplo el tipo Xilinx Virtex II PRO XC2VP100-6FF1 704. Este tipo es compatible en pins con el tipo siguiente más pequeño XC2VP70-6FF1 704, cuando no se utilizan los pins de la XC2VP70 que no están conectados en la XC2VP1 00.

Unidos directamente con la FPGA están cuatro bancos de memoria separados (Channel), estando dos de ellos concebidos como DDR-SDRAM y los otros dos como SRAM. El tamaño del bloque de datos para la DDR-SDRAM ha de ser de 64 Bit, y para la SRAM de 128 Bit. Dado que la DDR-SDRAM trabaja con doble frecuencia de datos, la FPGA actúa internamente con 128 bits. La frecuencia de reloj ha de estar en el límite teórico actual de 110 MHz (8.5 nseg) (la DDR-SDRAM correspondientemente con 220 MHz). Los bancos DDR-SDRAM han de estar concebidos como DIMM Sockets y soportar módulos de min. 1024 MByte (DDR266, PC2100). Los bancos SRAM (ZBT) pueden ser estañados como simples chips, y tiene que presentar una capacidad mínima de 8Mbyte por cada banco.

La comunicación con el bus PCI de 64 Bit / 66 MHz se realiza mediante un chip PLX externo. El control del chip PLCX es asumido por el Virtex II FPGA (FPGA de aplicación) citado anteriormente.

La interfase de la cámara se conecta directamente al FPGA de aplicación.

La figura 1 muestra el diagrama de conexiones de bloques de esa tarjeta con FPGA. El diagrama de conexiones de bloques representa nuevamente la configuración de la tarjeta FPGA de forma detallada. Aquí se consideró que los bancos SDRAM tiene que estar compuestos respectivamente por cuatro chips individuales con 32(36) bits de tamaño de bloque de datos, a fin de poder realizar el tamaño de bloque de 128 bit.

La figura 2 muestra un ejemplo de la colocación previa (lado de los componentes). Las RAMs tipo ZBT están dotadas de componentes por el lado delantero y por el trasero. El chip PLX debería encontrarse en las proximidades de la interfase del PCI, y el FPGA de aplicación en las proximidades del chip PLX. El resto de los elementos constructivos, sobre todo el zócalo DDR-SDRAM y los chips SRAM han de situarse de tal forma que existan recorridos cortos y lo más paralelos posible de las señales, a fin de posibilitar a las mismas la máxima tasa de transferencia.

La personalización del FPGA debería tener lugar, a ser posible, a través del bus PCI.

El enlace de la interfase de la cámara ha de ser realizado como interfase „medium“, compuesta por 2 canales y con dos conectores MDR de 26 pins. La máxima frecuencia de reloj que es transmitida por la cámara "Piranha2 P2-2x" es de 40 Mhz, y con ello constituye un requerimiento mínimo.

Los datos de serie captados en serie por el receptor LVDS han de ser retransmitidos paralelamente y directamente al FPGA de aplicación. Los dos relojes de salida de los dos receptores son sincrónicos entre sí, pero con una posición de fase indeterminada. Son conducidos al FPGA, a fin de sincronizar las señales de datos.

Ha de construirse una interfase PCI para un bus PCI de 64 Bit / 66 MHz y placas madre de 3,3V.

Un chip externo (Fa. PLX, PCI 9656) se encarga de la unión del conector PCI con el FPGA. Este se conecta con un EEPROM en serie, a fin de almacenar las informaciones de configuración que son cargadas en el arranque.

El chip PLX ha de poderse controlar mediante el FPGA de aplicación. El FPGA ha de poder actuar como maestro y como esclavo en el bus local del chip PLX.

## ES 2 410 539 T3

Las siguientes señales del bus local del chip PLX no son conectadas: DP[3:0], LBE\_N[3:0] (Pulldown)

La alimentación de 3,3 V de tensión en el conector PCI se utiliza para la alimentación del chip PLX y de su EEPROM.

5 El FPGA de aplicación se hace cargo del arbitraje del bus local entre el chip PLX y el FPGA. Para ello, el FPGA asume las siguientes funciones:

- vigilancia de la señal LHOLD de salida del PLX, con desbloqueo acto seguido del bus local (LHOLDA = T).
- vigilancia de la señal de PLX - BREQo, con desbloqueo acto seguido del bus local (LHOLDA = T).
- vigilancia de la señal de PLX - LINTo#, con procesamiento acto seguido de la interrupción.
- emisión de la señal LINTi en caso de interrupción a través de el FPGA de aplicación.

10 Ha de disponerse de 2 bancos con al menos 1 Gbyte respectivamente, y 16M X 64 bit disponibles para la organización, los cuales están conectados directamente al FPGA de aplicación.

15 Todos los conductores de control y direccionales de un banco son entonces controlables directamente. La frecuencia de reloj de los bancos ha de ser de al menos 110 Mhz (8.5 nseg), y la tasa de datos de 220 Mhz. Los bancos DDR-SDRAM deben estar configurados como DIMM sockets, y soportar módulos de al menos 1024 Mbyte (DDR266, PC2100). Los bits de paridad CB[7:0] no necesitan ser conectados.

Ha de disponerse de 2 bancos con 8Mbytes cada uno, y para la organización 512k x 128Bit, los cuales están conectados directamente al FPGA de aplicación. Todos los conductores de control y direccionamiento de un banco son entonces controlables en su conjunto. Se autorizan también tipos de SRAM con pipelining.

20 La frecuencia de reloj de los bancos ha de estar situada como mínimo en 110 MHz (8.5 nseg). Los bancos SRAM (ZBT) pueden estañarse como chips individuales.

Los bits de paridad no necesitan ser conectados.

Ha de utilizarse la FPGA Xilinx XC2VP100 en la carcasa FF1 704.

25 Para cada uno de los dos bancos DDR SDRAM ha de disponerse en la FPGA de aplicación un DDR-RAM Core independiente, a fin de garantizar la forma independiente de funcionamiento de las dos memorias. El núcleo debería trabajar al menos con la frecuencia de muestreo de la memoria (min. 220 MHz) y poner a disposición del usuario una interfase de 64 bits en el VHDL fácil de manejar. Un módulo (VHDL-) independiente del núcleo multiplexa los datos, y ofrece por su parte una interfase con 128 bits y la mitad de la frecuencia de reloj (110 MHz). El algoritmo que se desarrolla en la FPGA de aplicación va a tener en cuenta las peculiaridades de la memoria DDR, y leer, o bien escribir zonas de memoria lo más unidas posible. Para el almacenamiento intermedio de las mismas en el caso de un acceso opcional, está prevista la ZBT RAM.

30 El acelerador PCI-I/O del PLX conecta la FPGA de aplicación con el bus PCI. La FPGA es el árbitro del bus local externo en el sentido de la especificación del PLX. Están previstos dos PROMs de configuración.

35 El PROM1 puede ser programado solamente a través de un conector JTAG, y recibe una versión predeterminada de una conmutación que funcione de forma segura. A través de ese conector JTAG ha de poderse programar también la FPGA directamente. Al conectar la potencia se configura solamente por el PROM 1.

El PROM2 se programa a través de pins de señal del FPGA (no a través del puerto FPGA-JTAG !). La programación ha de ser posible a través de la interfase del PCI. El PROM2 es conectado a un conector JTAG propio, a fin de que en el caso de un test pueda ser programado y leído.

40 A través del chip PLX, y a través de un CPLD de control, se puede controlar también la reconfiguración del FPGA mediante software. Para ello se utiliza la señal USERo del PLX.

La señal USERo genera un impulso una longitud de aproximadamente 10 ciclos (del LCLK\_66M, 66MHz). La longitud de la '1' ha de ser tan corta que, aunque el FPGA pasa al modo de INIT, todavía no ha podido comenzar la configuración desde el PROM. El CPLD, que controla la configuración, recibe el impulso y realiza la configuración.

45 La señal USERo genera un flanco de '0' a '1'. El nivel '1' ha de ser mantenido hasta que el FPGA haya sido configurado. Para ello ha de leerse un bit de registro (todavía por definir) en el FPGA. Alternativa: la señal USERi del PLX se conecta a la DONE del FPGA, y se lee a través de la interfase del PCI.

Si en el caso de un fallo no funcionase la programación a través del PCI y la FPGA de aplicación en el PROM, se ha cortado con ello el circuito PCI -> PROM2. Entonces ha de ser cargada la configuración original a través de la conexión de potencia, o bien alternativamente mediante software a través del PCI y del USERo (con un impulso

corto).

Para las reflexiones sobre salidas (SSO) conectadas simultáneamente, es decisivo el flujo exacto de datos entre el PCI / DDR-SDRAM DIMMs / ZBT SDRAMs.

5 El caso ideal desde el punto de vista del desarrollador del algoritmo es como sigue: el conjunto de la imagen es cargado de una sola vez en un banco DDR a través del PCI. Entonces se leen dos líneas (de la imagen) y se almacenan en un banco ZBT. Allí se salta de un lado a otro a discreción entre las dos celdas (lectura en zig-zag), y se escribe (linealmente) una celda de resultado en el segundo banco ZBT.

10 Está claro que aquí también se sobrescriben una a dos celdas en el segundo banco DDR. De forma ideal se escriben las siguientes líneas nuevas (de la imagen) del primer banco DDR al primer banco ZBT. Todavía no se sabe como de largos son los tiempos de respuesta entre los ciclos de lectura. No obstante, se intenta mantener a los mismos lo más cortos posible. Los parámetros (Threshold) son fijados tras la transmisión de la imagen, y se interpretan como Trigger, el cual comienza el procesamiento. El flag o la interrupción señala el final del procesamiento, y la imagen resultante puede ser leída de forma completa o parcialmente.

Las dimensiones de la imagen han de ser, en dos dimensiones, de 4096 x 4096 y 16 Bits/Pixel.

15 Se adoptan las suposiciones siguientes:

Las condiciones del SSO son dependientes fundamentalmente del transcurso de la escritura/lectura en los DIMMs y ZBT-RAMS.

1. escribir en el DIMM A a través del PCI
2. comenzar el algoritmo
- 20 3. leer el DIMM A, escribir en la ZBT A
4. leer/escribir libremente desde y en el ZBT A y ZBT B
5. leer en el ZBT A o B y escribir en el DIMM B
6. leer del DIMM B a través del PCI
7. escribir en el DIMM A a través del PCI y nuevo comienzo del algoritmo

## 25 **Bibliografía:**

Error! No se encontraron anotaciones para el índice.

XV03: Xilinx Virtex II Platform FPGA Documentation, DS031, [www.xilinx.com](http://www.xilinx.com), 2003

XL03: Xilinx LogicCore Product Specification, "RapidIO 8-bit Port Physical Layer Interface", DS243, [www.xilinx.com](http://www.xilinx.com), 2003

30 PLX02: PLX Technology, Inc., "PCI 9656: 64-bit, 66 MHz PCI Bus Mastering I/O Accelerator for Motorola PowerQUICC & Generic 32-bit, 66 MHz Local Bus Designs", [www.plxtech.com](http://www.plxtech.com), 2002

## **Documentos de referencia**

RD1: PCI 9656BA Data Book, Version 1.1, 10/2003, PDF-Datei " PCI 9656BA\_Data\_Book\_VI .1 .pdf"(véase también <http://www.plxtech.com> ).

35 La figura 3 aclara la estructura mecánica, así como la disposición para la consecución de una ampliación.

La figura 3 muestra esquemáticamente una fuente 1 de rayos láser y dos piezas metálicas 2 y 3 con forma tubular, las cuales son soldadas entre sí mediante un rayo láser 4. Con una instalación 5 de rayos X con microfoco se generan rayos X 6, los cuales irradian tanto la zona que es soldada a través del rayo láser 4 como la zona de juntura y como también las zona unidas previamente por juntura. Dado que la fuente 5 de rayos X se encuentra más cerca de la unión por juntura de las piezas 2 y 3 que el detector 7 de panel plano, el detector capta una imagen aumentada. Mediante un manipulador, no representado, se giran las dos piezas, de forma que el haz 4 de rayos láser es guiado a lo largo del cordón 8.

45 Las figuras 4 y 5 muestran ejemplos de imágenes de cordones de soldadura mediante láser entre dos metales distintos que se recibieron en tiempo real. Se pudo seguir incluso el proceso de la solidificación. Se observó como las zonas 100 defectuosas se modificaban debido a la solidificación, y están representadas más oscuras. Las zonas 101 correctas de la unión por juntura entre las dos piezas 102 y 103 aparecen de color claro en la figura 5.

**Lista de referencias de la figura 2**

- 10 DIMM 1 (185 Pins) 2,5V, 141 x 7,5 mm
- 11 DIMM 2 (185 Pins), 141 x 7,5 mm
- 5 12 Refrigerador 51 x 51
- 13 XC2VP100-6, FF1 704C, BGA 1mm Spacing, 42,5x42,4 mm, 3,3 V / 2,5 V / 1,5 V / 1,25 V
- 14 PLX, PCI 9656, 3,3 V / 2,5 V / (5 V)
- 15 Reloj
- 16 EE-PROM
- 10 17 ZBT RAM, CY7C1 370C, BG1 1 9 (Doppelseitig bestückte ZBT RAMs)
- 18 Test-LEDs
- 19 Test-Jumper
- 20 PROM, XCF32P, 1,8 V
- 21 Conector Mictor Test, 38 Pins
- 15 22 Enchufe JTAG
- 23 Conector cámara Unk, 1 4 x 40 mm, Thru Hole
- 24 Cam Link (National S. DS90CR286)
- 25 LVDS
- 26 Alimentación de corriente 2,5 V
- 20 27 Alimentación de corriente 1,5 V
- 28 Alimentación de corriente 3,3 V
- 29 Enchufe 5V

## REIVINDICACIONES

- 5 1. Procedimiento para el control de una unión (8) por junta, con el que se unen entre sí dos piezas (2, 3), y, durante la unión, unas zonas de las dos piezas (2, 3) unidas previamente, así como también preferentemente la zona de la junta, son irradiadas con una radiación (6) de rayos X, y la radiación (6) de rayos X es captada y evaluada de tal forma que se determinan los puntos defectuosos de las zonas unidas previamente, y en el que la radiación (6) de rayos X, en forma de valores acromáticos, es captada dependiendo de la ubicación, siendo unidos los valores acromáticos cuya diferencia de valor acromático esté situada por debajo de un valor umbral, y las regiones unidas se continúan evaluando de tal forma que se determinan los defectos aparecidos dentro de la unión por junta, **caracterizado porque** a continuación de la unión, las zonas solapadas de las regiones son separadas y asignadas solamente a una región, es decir, siendo asignadas una o varias regiones de un plano inferior, las cuales pertenecen a una zona de solapamiento de regiones del plano más alto, solamente a la región del plano más alto en la que la diferencia de valor acromático sea menor, y en el que se determina empíricamente qué valor acromático, o bien qué campo de valores acromáticos presenta una zona defectuosa dentro de una unión por junta, y según ésta información se determina de forma automática qué zonas son defectuosas dentro de una unión por junta.
- 15 2. Procedimiento según la reivindicación 1, en el que la radiación de rayos X, en forma de valores acromáticos, es captada dependiendo de la ubicación, siendo unido un valor acromático, captado dependiendo de la ubicación, con valores acromáticos adyacentes, en una región del plano 1, cuando las correspondientes diferencias de valores acromáticos estén situadas por debajo del valor umbral predeterminado, y de esta forma se unen también los demás valores acromáticos, captados dependiendo de la ubicación, a regiones del plano 1, y cada región del plano 1 que se forma recibe un valor acromático que se originó a través de la promediación de los valores acromáticos a partir de los que se configuró la región del plano 1, y las regiones del plano 1 se unen de forma análoga en regiones del plano 2. De esta forma se continúan uniendo regiones de un plano inferior en regiones de un plano situado encima, y finalmente se continúan evaluando las regiones del plano más alto alcanzado, de tal manera que se determinan los defectos aparecidos dentro de la unión por junta.
- 20 3. Procedimiento según la reivindicación 1, en el que la radiación de rayos X, en forma de valores acromáticos, es captada dependiendo de la ubicación, siendo unido un valor acromático, captado dependiendo de la ubicación, con valores acromáticos adyacentes, en una región del plano 1, cuando las correspondientes diferencias de valores acromáticos estén situadas por debajo del valor umbral predeterminado, y de esta forma se unen también los demás valores acromáticos, captados dependiendo de la ubicación, a regiones del plano 1, y cada región del plano 1 que se forma recibe un valor acromático que se originó a través de la promediación de los valores acromáticos a partir de los que se configuró la región del plano 1, y las regiones del plano 1 se unen en regiones del plano 2 cuando las regiones del plano 1 se solapan, y al mismo tiempo las regiones presentan entre sí una diferencia de valor acromático que está por debajo de un valor umbral predeterminado. De esta forma se continúan uniendo regiones de un plano inferior en regiones de un plano situado encima, y finalmente se continúan evaluando las regiones del plano más alto alcanzado, de tal manera que se determinan los defectos aparecidos dentro de la unión por junta.
- 25 4. Procedimiento según una de las reivindicaciones precedentes, siendo realizado el procedimiento con un dispositivo con medios para unir dos piezas, así como una instalación de rayos X con microfoco, la cual está colocada de tal forma que puede irradiar una zona ya terminada de unión por junta de una unión por junta todavía no terminada completamente, con un detector para la captación de esa radiación por rayos X, así como con una unidad electrónica de radiación.
- 30 5. Procedimiento según la reivindicación precedente, presentando el dispositivo placas o carcasas que dejan pasar los rayos X, dispuestas de tal manera que la instalación de rayos X y el detector están protegidos contra chispas o partículas que puedan originarse debido a la unión por junta.
- 35 6. Procedimiento según una de las dos reivindicaciones precedentes, estando dotado el dispositivo con envolturas de plomo para la protección de instalaciones electrónicas.
- 40 7. Procedimiento según una de las tres reivindicaciones precedentes, presentando el dispositivo medios para poder reparar, todavía en la misma fase de trabajo, un defecto detectado dentro de la unión por junta.
- 45 8. Procedimiento según una de las tres reivindicaciones precedentes, con una tarjeta PGA del dispositivo en la cual están dispuestos, de forma paralela, una gran cantidad de elementos de memoria.
- 50

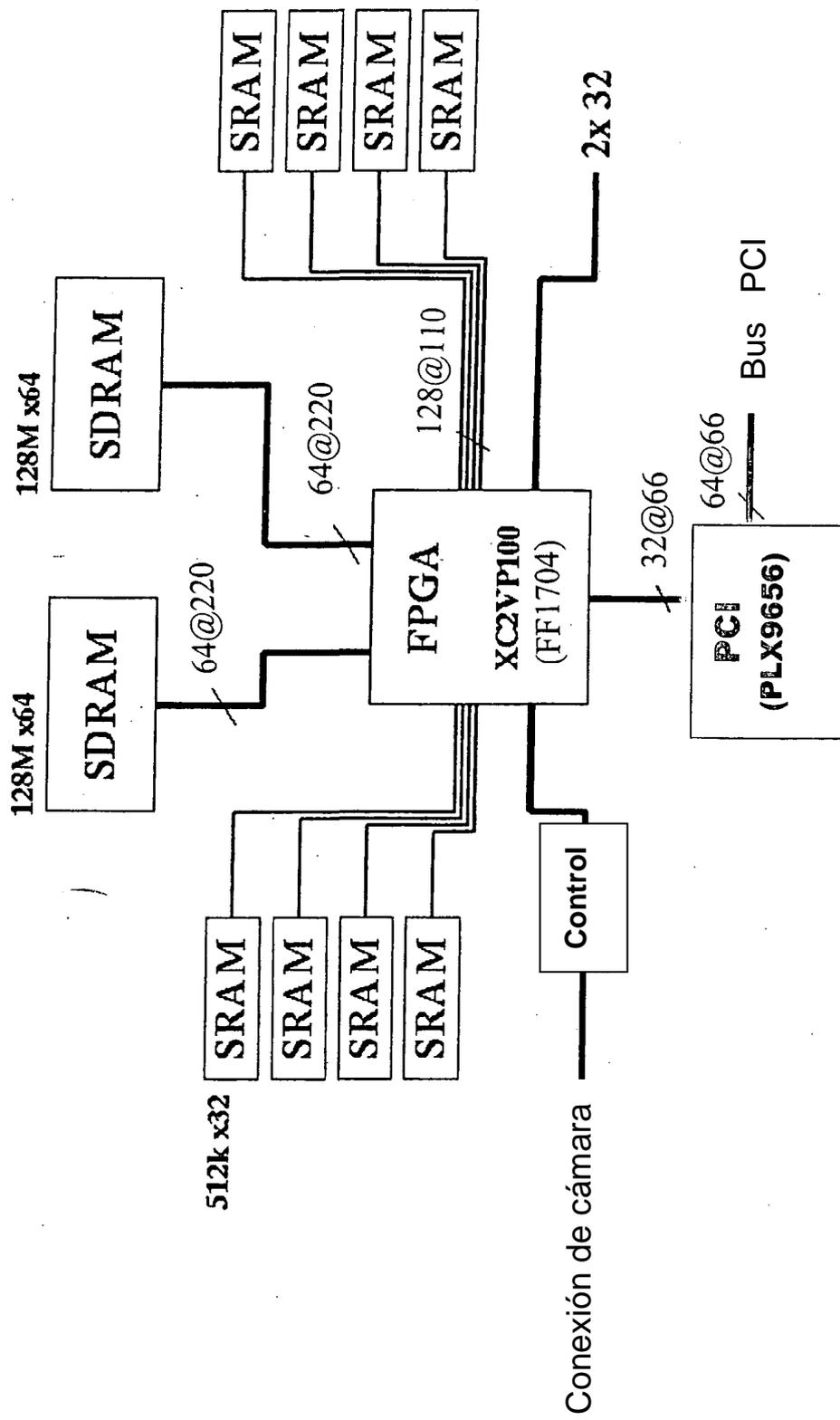


Fig. 1

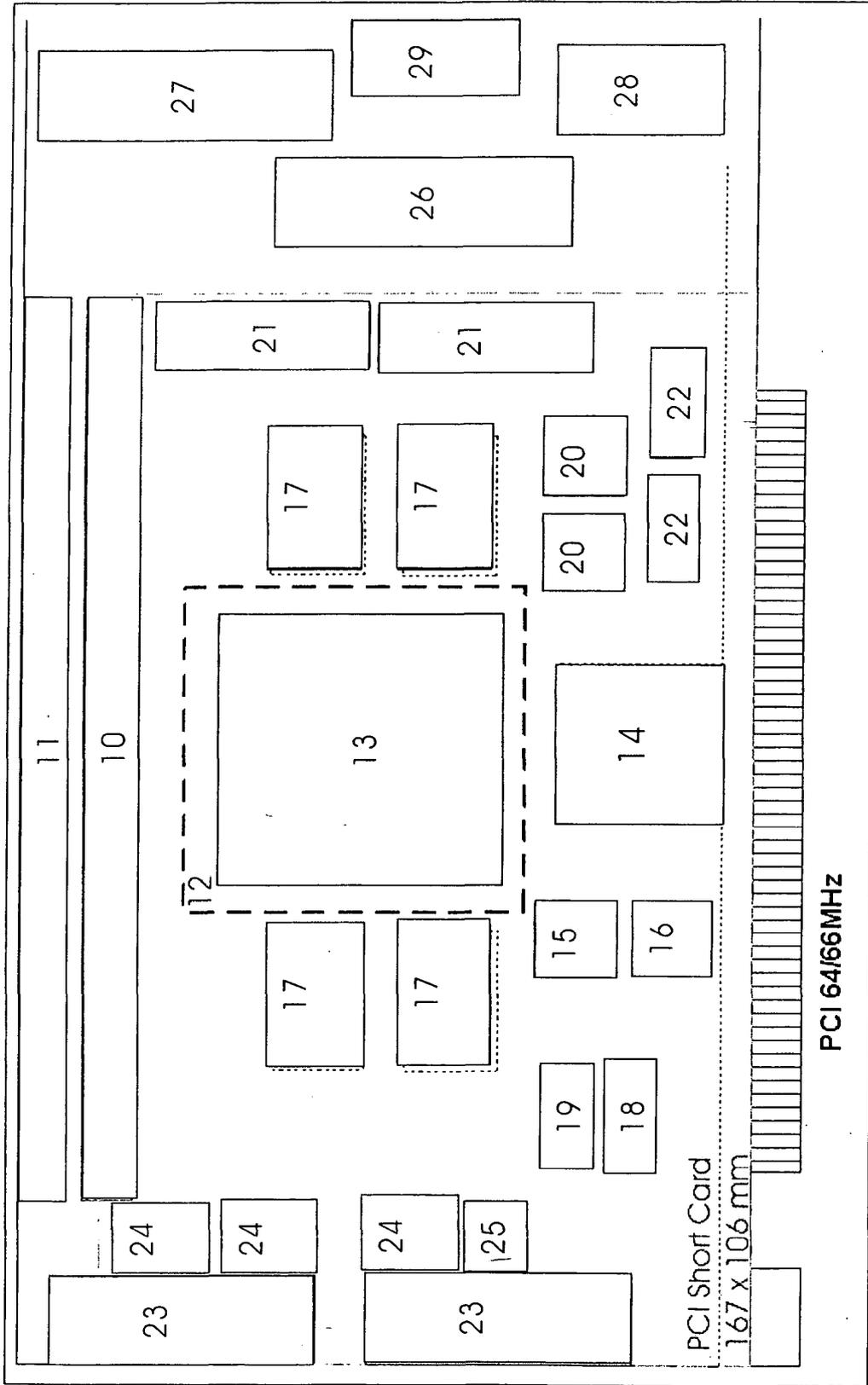


Fig. 2

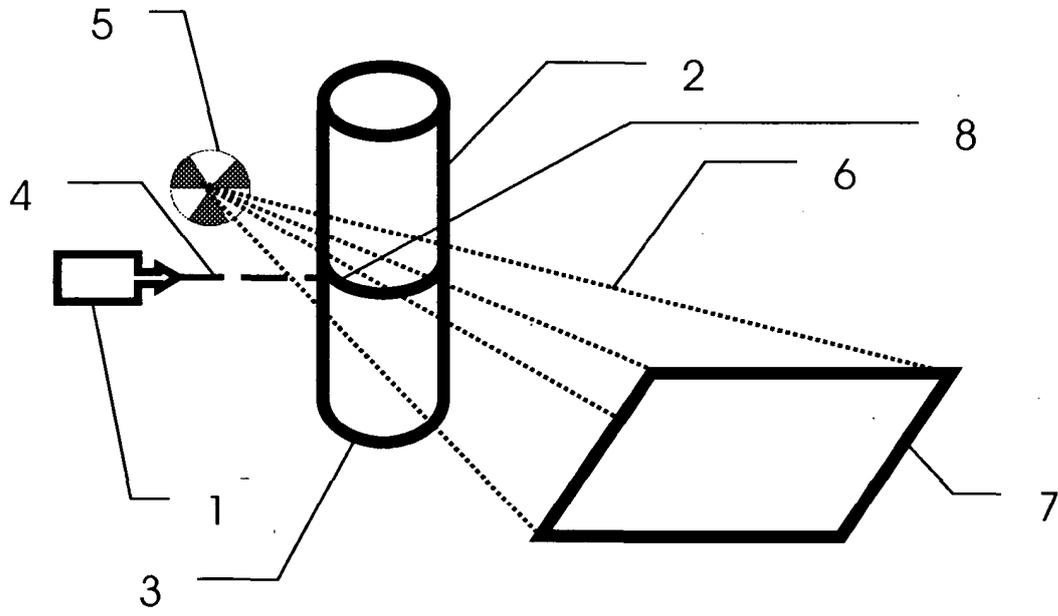


Fig. 3

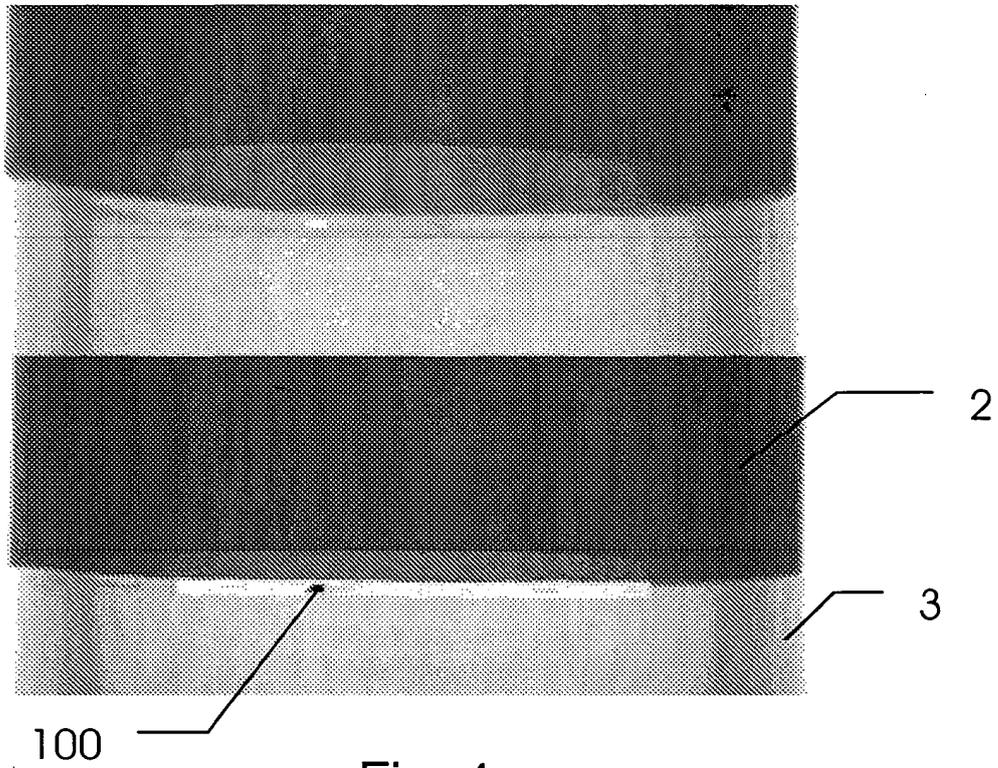


Fig. 4

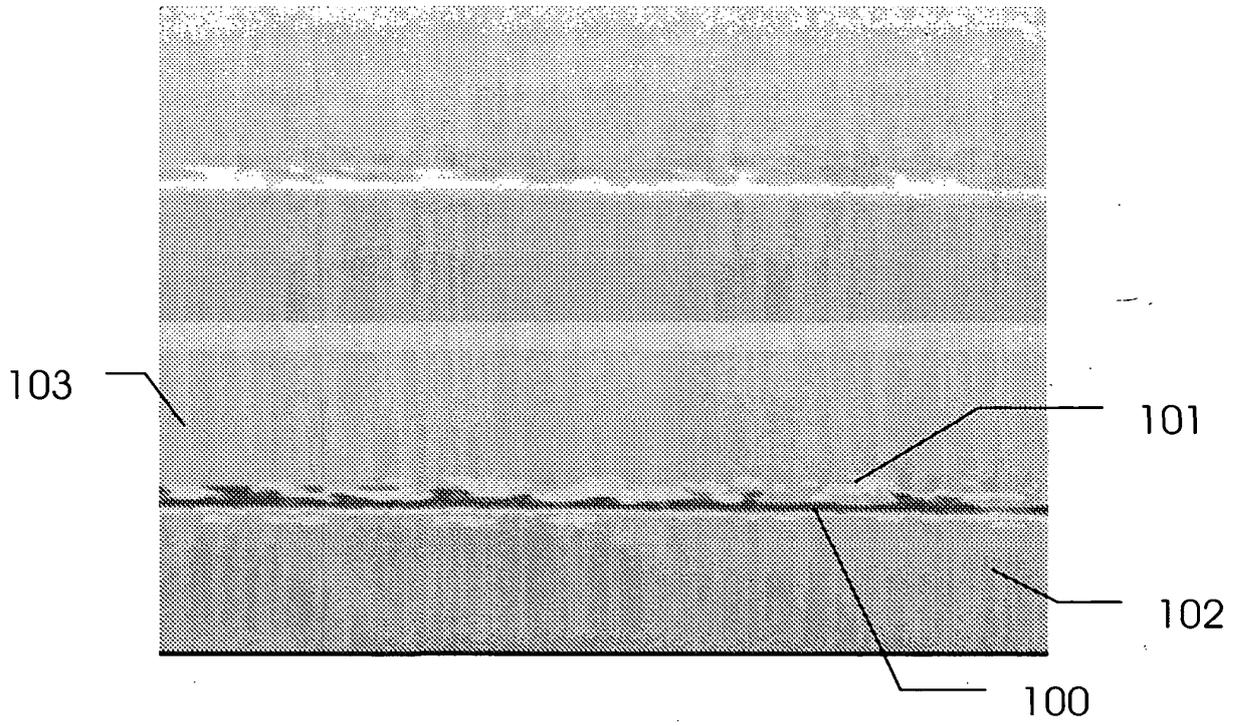


Fig. 5