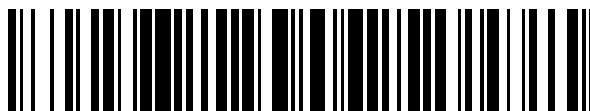


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 379 854**

51 Int. Cl.:
B64G 1/10 (2006.01)
B64G 1/28 (2006.01)
B64G 1/38 (2006.01)
G05D 1/08 (2006.01)
B64G 1/36 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 96 Número de solicitud europea: **09158935 .8**
96 Fecha de presentación: **28.04.2009**
97 Número de publicación de la solicitud: **2113460**
97 Fecha de publicación de la solicitud: **04.11.2009**

54 Título: **Procedimiento de caracterización de las vibraciones para un satélite de observación**

30 Prioridad:
30.04.2008 FR 0852960

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
04.05.2012

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
04.05.2012

73 Titular/es:
**CENTRE NATIONAL D'ETUDES SPATIALES
2 PLACE MAURICE QUENTIN
75001 PARIS, FR**

72 Inventor/es:
**Kubik, Philippe;
Puig, Olivier;
Lebegue, Laurent y
Montel, Johan**

74 Agente/Representante:
Curell Aguilá, Mireia

ES 2 379 854 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 de caracterización de las vibraciones para un satélite de observación.

5 La presente invención se refiere al campo de los satélites de observación y, más particularmente, de los satélites de observación de la superficie terrestre.

10 Un satélite de observación de la superficie terrestre, que orbita alrededor de la tierra, está equipado con un sistema generador de imágenes constituido por un detector, así como con los medios electrónicos e informáticos que permiten la adquisición de imágenes.

15 Además, el satélite está equipado con un sistema de actitud que comprende unos accionadores, así como con los medios electrónicos e informáticos de mando y de control que permiten orientar el satélite mediante rotación alrededor de su centro de gravedad. Estos accionadores comprenden unos elementos móviles cuyo movimiento es controlado para hacer girar el satélite mediante un efecto de reacción. Se utilizan generalmente unas ruedas de reacción dispuestas según varios ejes fijos con respecto al satélite, o, para los satélites muy ágiles, unos accionadores giroscópicos. Un accionador giroscópico comprende un torno móvil en rotación a una velocidad regulable y mantenido por una estructura apta para pivotar. Cuando se pivota la estructura para modificar la orientación del eje de rotación del torno, la fuerza de reacción generada permite modificar la actitud del satélite con respecto a un referencial inercial de referencia.

20 El movimiento de rotación de los tornos de los accionadores giroscópicos genera unas vibraciones, que tienen generalmente una frecuencia elevada, del orden de 100 Hz, que se propagan al conjunto del satélite y, en particular, al sistema generador de imágenes. Estas vibraciones, cuyas características dependen de la velocidad de rotación de los tornos, deterioran la calidad de las imágenes obtenidas volviéndolas borrosas y/o distorsionadas. Se dice entonces que la imagen está perturbada geoméricamente.

25 Hasta ahora, el bucle de regulación de la actitud del satélite permite conocer sólo las características de las vibraciones cuya frecuencia es relativamente baja, típicamente inferior a 16 Hz. Más allá de esta frecuencia, se producen las vibraciones y deterioran la calidad de las imágenes obtenidas.

Se conocen unos procedimientos de medición de la calidad de imagen destinados a evaluar las perturbaciones geométricas.

35 Según un primer procedimiento de la técnica anterior, se observan diferentes sitios terrestres que comprenden un gran número de puntos cuyas coordenadas son conocidas de manera precisa. Se deduce del análisis de las imágenes obtenidas la amplitud de las oscilaciones de frecuencias esencialmente bajas del eje de puntería del sistema generador de imágenes.

40 Según un segundo procedimiento utilizado para estudiar la estabilidad de la línea de puntería del sistema generador de imágenes, se utilizan unas técnicas de correlación de por lo menos dos imágenes de un mismo sitio terrestre cualquiera. El documento JANSCEK K *et al*: «Integrated camera motion compensation by real-time image motion tracking and image deconvolution» ADVANCED INTELLIGENT ME-CHATRONICS. PROCEEDINGS, 2005 IEEE/ASME INTERNATIONAL CONFERENCE ON MONTEREY, CA 24-28 de JULIO, 2005, PISCATAWAY, NJ, USA, IEEE, 24 Julio de 2005 (24-07-2005), páginas 1437-1444, XP010837963 ISBN: 978-0-7803-9047-8» describe un procedimiento de este tipo.

45 Estos procedimientos necesitan la adquisición de imágenes, frecuentemente en gran número, de sitios terrestres que no siempre son visibles desde el espacio a causa de la nubosidad. Las imágenes obtenidas deben ser tratadas después por medio de algoritmos matemáticos complejos. Estos procedimientos son por lo tanto largos y costosos de aplicar.

50 La invención tiene, por lo tanto, como objetivo paliar los problemas precitados proponiendo un procedimiento simple de evaluación de la amplitud de las vibraciones que tienen una influencia durante la adquisición de imágenes con el fin de optimizar la calidad de las imágenes obtenidas.

55 Para ello, la invención se refiere a un procedimiento de caracterización de las vibraciones que afectan a un satélite de observación equipado con un sistema generador de imágenes que tiene un eje de puntería y un sistema de actitud que permite orientar el eje de puntería del sistema generador de imágenes. El procedimiento comprende las etapas que consisten en:

- seleccionar una estrella en una lista de estrellas que se pueden observar por medio del sistema generador de imágenes;
- 65 - extraer una primera y una segunda coordenada de la estrella seleccionada según una primera y una segunda dirección;

- orientar el satélite por medio del sistema de actitud de manera que el eje de puntería del sistema generador de imágenes apunte según la primera coordenada y barra, según la segunda dirección, una ventana situada alrededor de la segunda coordenada de la estrella seleccionada;
- adquirir una imagen por medio del sistema generador de imágenes durante el barrido según la segunda dirección de dicha ventana, presentando la imagen obtenida una estela que corresponde a la estrella seleccionada; y
- analizar la imagen obtenida para determinar, a partir de las oscilaciones de la estela, una característica de las vibraciones que afectan al satélite.

Según unos modos particulares de la invención, el procedimiento comprende una o varias de las características siguientes, consideradas aisladamente o según todas las combinaciones técnicamente posibles:

- las etapas de orientación del satélite, de adquisición de una imagen y de análisis de la imagen obtenida se repiten para unos valores diferentes de la velocidad de movimiento de un elemento móvil de un dispositivo embarcado a bordo del satélite cuya velocidad de movimiento es regulable.
- el dispositivo mecánico está constituido por unos accionadores giroscópicos del sistema de actitud del satélite que comprende unos tornos cuya velocidad de rotación es regulable.
- una vez que se ha establecido una dependencia entre una característica de las vibraciones y la velocidad de movimiento del elemento móvil en un intervalo de velocidad de movimiento, la velocidad de movimiento del elemento móvil se regula al valor que induce las degradaciones más bajas de la calidad de las imágenes,
- el procedimiento comprende una etapa de determinación de una velocidad de barrido para barrer la ventana según una segunda dirección y de una duración para la etapa de adquisición de imagen,
- la determinación de una velocidad de barrido y la determinación de una duración son tales que el producto de estos dos parámetros es superior a una precisión angular de punteo del sistema de actitud,
- la determinación de la velocidad de barrido tiene en cuenta un número mínimo de líneas de la imagen obtenida que tiene por lo menos un píxel iluminado por la estrella seleccionada,
- el procedimiento se aplica cuando el satélite se sitúa en una porción nocturna de su órbita,
- la lista de las estrellas observables se obtiene por extracción a partir de un catálogo general de estrellas que proporciona, entre otros, las posiciones y la magnitud de las estrellas, y a partir de las características físicas del sistema generador de imágenes, tales como el tiempo de muestreo,
- la característica de las vibraciones comprende un parámetro de las vibraciones de entre una amplitud, una frecuencia y un espectro.

La invención se refiere asimismo a un satélite de observación equipado con una instalación para la caracterización de las vibraciones que afectan al satélite de observación equipado con un sistema generador de imágenes que tiene un eje de puntería y un sistema de actitud que permiten orientar el eje de puntería del sistema generador de imágenes. La instalación permite la aplicación del procedimiento presentado anteriormente, y comprende:

- una lista de estrellas observables por medio del sistema generador de imágenes;
- un medio de selección de una estrella en dicha lista;
- un medio de extracción de la primera y de la segunda coordenada de la estrella seleccionada según una primera y una segunda dirección;
- un medio de elaboración de un perfil de actitudes para que, cuando se sigue el perfil de actitudes, el sistema de actitud del satélite oriente el satélite de manera que el eje de puntería del sistema generador de imágenes apunte hacia la primera coordenada y barra, según la segunda dirección, una ventana situada alrededor de la segunda coordenada de la estrella seleccionada; permitiendo el sistema generador de imágenes la adquisición de una imagen durante el barrido según la segunda dirección de dicha ventana, presentando la imagen obtenida una estela que corresponde a la estrella seleccionada, y
- un medio de análisis que permite determinar, a partir de las oscilaciones de la estela en la imagen obtenida, por lo menos una característica de las vibraciones que afectan al satélite.

La invención y sus ventajas se pondrán más claramente de manifiesto a partir de la lectura de la descripción

siguiente, dada únicamente a título de ejemplo, y realizada haciendo referencia a los dibujos adjuntos, en los que:

- la figura 1 es una vista general esquemática de un satélite de observación de la superficie terrestre;
- la figura 2 es un organigrama que representa las etapas de un modo de realización preferido del procedimiento de evaluación de las vibraciones según la invención; y
- la figura 3 es una simulación informática de la imagen sin procesar de una estrella obtenida durante la aplicación del procedimiento de la figura 2.

En la línea de los satélites SPOT, el proyecto PLEIADES constituye una nueva generación de satélites de observación óptica de la superficie terrestre de alta resolución que la solicitante se encarga de desarrollar.

Haciendo referencia a la figura 1, un satélite 2 de observación de la superficie terrestre 4 se desplaza a lo largo de una órbita predefinida 5. El satélite 2 comprende un sistema de actitud 6 para orientar el satélite 2. La orientación del satélite 2 está dada por la orientación de una marca de puntería X, Y, Z relacionada con el satélite 2 con respecto a una marca inercial de referencia relacionada con las estrellas. En la figura 1, la marca de puntería X, Y, Z está representada unida al centro de gravedad G del satélite 2.

El satélite 2 comprende un sistema generador de imágenes 7 para la adquisición de imágenes. Según el proyecto PLEIADES, el sistema generador de imágenes 7 comprende un detector que comprende una óptica, para recolectar un flujo luminoso, y dos sensores de tipo CCD ("Charge-Coupled Device" o sensor de acoplamiento de carga) dispuestos en el plano focal X, Y de la óptica. El eje óptico del sistema generador de imágenes 7, o eje de puntería, está confundido con el eje Z de la marca de puntería.

El primer sensor 8 de tipo CCD está constituido por una hilera de píxeles alineados paralelamente a la primera dirección X. Este primer sensor comprende aproximadamente 30.000 píxeles con el fin de ofrecer una alta resolución pancromática. El campo angular elemental cubierto por este primer detector es de 13 μ rad según la segunda dirección Y de la marca de puntería.

El segundo detector 10 de tipo CCD está constituido por la alineación de 7.500 píxeles según la primera dirección X. Este segundo detector posee una resolución más baja y un campo angular elemental de 4 μ rad según la segunda dirección Y. Este segundo detector está destinado a realizar unas imágenes de la superficie terrestre en unas bandas de longitud de onda particulares.

La óptica del sistema generador de imágenes 7 comprende unos medios adaptados para que los rayos luminosos recolectados sean incidentes sobre uno y/o el otro del primero y del segundo detector 8, 10.

Para adquirir la imagen de un sitio terrestre, el satélite 2 recibe, desde una estación de control en tierra, un programa de misión que comprende en particular un perfil de actitudes. Un perfil de actitudes es una sucesión temporal de consignas de actitud. Durante la ejecución de este programa de misión, las diferentes consignas de actitud son aplicadas secuencialmente en la entrada del sistema de actitud 6 del satélite 2 para que ésta oriente convenientemente el satélite 2 durante la toma de vista.

Más precisamente, pero sin dejar de ser esquemático, el perfil de actitudes comprende una posición de punteo inicial y una velocidad de barrido. Para simplificar la descripción siguiente, se marcan los objetos en el plano XY. El experto en la materia conoce las transformaciones matemáticas que permiten pasar de un sistema de coordenadas a otro.

Así, se considera que la posición de punteo inicial viene dada por una primera coordenada X_i según la primera dirección X y una segunda coordenada Y_i según la dirección Y, y que la velocidad de barrido Ω_i viene dada por una velocidad según la segunda dirección Y. También en este caso, el experto en la materia comprenderá que el sistema de actitud del satélite puede ser dirigido con el fin de realizar una sucesión de orientaciones más compleja, considerando que la velocidad angular Ω_i es un vector de norma y de orientación variables en una marca inercial.

Al principio de la misión, el satélite se orienta de manera que la posición de punteo inicial X_i , Y_i sea llevada sobre el eje de puntería Z, es decir en el centro del plano focal X, Y del sistema generador de imágenes. Después, el satélite se orienta con el fin de tener una velocidad de barrido según la segunda dirección Y igual a Ω_i para barrer la superficie del suelo. La velocidad de barrido Ω_i se adapta para que una banda elemental de la superficie del suelo, observada por el sistema generador de imágenes en un instante dado, y la banda elemental de la superficie del suelo contigua, observada por el sistema generador de imágenes en el instante del muestreo siguiente, estén borde con borde. La yuxtaposición de estas diferentes bandas elementales permite obtener, poco a poco, una imagen de la superficie del suelo.

Para la observación de un sitio terrestre, la velocidad de barrido Ω_i se fija a un valor que tiene en cuenta la altitud de la órbita 5. Es típicamente de 10 m rad/s.

El sistema de actitud 6 del satélite 2 está equipado con accionadores giroscópicos. El movimiento de rotación de los tornos de los accionadores giroscópicos a la velocidad de rotación ω genera unas vibraciones que generan unas variaciones temporales de la orientación del eje de puntería Z alrededor de su orientación teórica.

5 El procedimiento según la invención permite evaluar las características del movimiento del eje de puntería Z en función de la velocidad de rotación ω de los tornos. La velocidad de rotación de los tornos se ajusta después a la velocidad de rotación que induce las degradaciones más bajas de la calidad de las imágenes de la superficie del suelo.

10 Según la invención, el satélite 2 ejecuta un programa de misión que consiste en observar una estrella seleccionada cuya posición exacta se conoce orientando al mismo tiempo el satélite con una velocidad de barrido adaptada para obtener una imagen que comprende, no un rastro puntual de la estrella, sino una estela según la dirección de barrido. La estela presenta unas ondulaciones cuyo análisis permite evaluar las características de las vibraciones.

15 Haciendo referencia a la figura 2, a partir de la estación de control en tierra, un operador elabora en primer lugar un programa de misión de observación de una estrella seleccionada de entre unas estrellas observables.

Una tabla reagrupa las estrellas que son observables por el sistema generador de imágenes 7 del satélite 2. Por ejemplo, se estimó que, teniendo en cuenta las características físicas del sistema generador de imágenes 7, el primer sensor 8, de alta resolución, del satélite PLEIADES permite observar unas estrellas cuya magnitud está comprendida entre 1,8 y 6,7 y, preferentemente, entre 2,2 y 4,3. Consultando los catálogos generales que catalogan las estrellas y sus características, este último intervalo de magnitud reagrupa aproximadamente 340 estrellas. Se estimó asimismo que el segundo sensor 10, de baja resolución, permite observar unas estrellas cuya magnitud está comprendida entre 1,2 y 6,6 y, preferentemente, entre 2,2 y 6,0. Este último intervalo representa aproximadamente 1.800 estrellas observables por medio del segundo sensor.

Así, a partir de una extracción 50 de las informaciones reagrupadas en los catálogos de estrellas 60, la tabla 70 de las estrellas observables por el sistema generador de imágenes 7 del satélite 2 se establece y memoriza en una base de datos.

30 Teniendo en cuenta, por ejemplo, la posición del satélite 2 a lo largo de su órbita 5 en el momento en el que se ejecutará el programa de misión, el operador selecciona en la etapa 100 una estrella particular en la tabla de las estrellas observables.

35 Las dos coordenadas de posición de la estrella seleccionada se extraen de la tabla 70. Se observará que la posición de una estrella en la bóveda celeste viene dada por dos coordenadas, por ejemplo una coordenada de declinación y otra de ascensión recta en un sistema de coordenadas polares. Tal como se ha indicado anteriormente, para simplificar la descripción, se considera que las coordenadas de la estrella seleccionada son una primera coordenada X0 según la primera dirección X y una segunda coordenada Y0 según la segunda dirección Y.

40 En la etapa 200, el operador determina los parámetros que permiten obtener una imagen de la estrella seleccionada. Así, para una adquisición de imagen de duración τ_0 , la velocidad de barrido Ω_0 según la segunda dirección Y se selecciona según los dos criterios siguientes:

45 - para estar seguro de que la estrella seleccionada se encuentra en la ventana barrida durante la adquisición de una imagen, se selecciona el valor de la velocidad de barrido Ω_0 suficientemente elevado para que el campo angular barrido a la velocidad de barrido Ω_0 durante la duración τ_0 sea superior a la precisión de punteo del sistema de actitud del satélite 2;

50 - por otro lado, para que un número suficiente de líneas de la imagen obtenida presente por lo menos un píxel que ha sido iluminado por los fotones de la estrella seleccionada, la estrella seleccionada debe atravesar lentamente el campo angular elemental del sensor 8, 10. En consecuencia, el valor de la velocidad de barrido Ω_0 se selecciona suficientemente bajo.

55 Se trata por lo tanto de realizar un compromiso. Seleccionando una velocidad de barrido Ω_0 de 100 $\mu\text{rad/s}$ y una duración τ de 3 segundos, el campo angular barrido según la segunda dirección Y será de: $\Omega_0 \times \tau_0 = 300 \mu\text{rad}$, lo cual es superior a los 30 μrad de la precisión angular de punteo anunciada del sistema de actitud del satélite PLEIADES. Liberándose así de la tensión sobre la precisión de punteo, se asegura que la imagen obtenida contendrá un rastro de la estrella seleccionada. Se observará que la velocidad Ω_0 está ralentizada con respecto a la velocidad de barrido durante la observación de un sitio terrestre.

60 Simultáneamente, el número de líneas de la imagen obtenida que serán iluminadas es igual al campo angular elemental del sensor 8, 10 dividido por el producto de la velocidad de barrido Ω_0 por el tiempo de muestreo t_{ech} . La aplicación digital conduce a 1.300 líneas iluminadas para una imagen obtenida por medio del primer detector 8 de alta resolución y a 400 líneas iluminadas para una imagen obtenida por medio del segundo detector 10 de baja resolución, el tiempo de muestreo t_{ech} equivale a 0,1 ms.

Se elabora entonces el perfil de actitudes del programa de misión (etapa 300). Éste comprende una posición de punteo inicial dada mediante:

$$X_i = X_0 \text{ e } Y_i = Y_0 - \Omega_0 \cdot \tau_0 / 2$$

y una velocidad de barrido Ω_i igual a Ω_0 .

El programa de misión comprende asimismo la duración τ_0 de la adquisición de imagen como parámetro a pasar al sistema generador de imágenes 7, y la velocidad de rotación ω_0 de los tornos como parámetro a pasar al sistema de actitud 6.

Una vez elaborado, el programa de misión se transmite al satélite.

Después, ventajosamente, mientras que el satélite 2 se encuentra en la parte nocturna de una órbita, porción de la órbita poco utilizada para realizar unas imágenes de la superficie terrestre, se ejecuta el programa de misión.

En una primera etapa 400, la consigna ω_0 de velocidad de rotación de los tornos de los accionadores giroscópicos se aplica en la entrada del sistema de actitud 6. Éste regula la velocidad de rotación de los tornos a la consigna ω_0 e indica cuándo se alcanza la consigna requerida.

Después, en la etapa siguiente 410, se realiza la secuencia de actitudes indicada por el perfil de actitudes. El sistema de actitud orienta el satélite para que el eje de puntería Z apunte en dirección a la posición de punteo inicial X_i, Y_i indicada y que el satélite gire a una velocidad que corresponde a la velocidad de barrido Ω_i indicada.

Simultáneamente, y durante una duración τ_0 , el sistema generador de imágenes 7 realiza una imagen por asociación de las tomas de imágenes elementales de la bóveda celeste obtenidas durante el barrido de la ventana. Cada toma de imagen elemental corresponde a la observación de la bóveda celeste en un instante dado con el sistema generador de imágenes 7 que tiene un campo angular elemental y un tiempo de muestreo t_{ech} . La ventana se extiende alrededor de la segunda coordenada Y_0 de la estrella seleccionada, entre $Y_0 - \Omega_0 \cdot \tau_0 / 2$ e $Y_0 + \Omega_0 \cdot \tau_0 / 2$.

Al final de esta etapa de adquisición de imagen, la imagen obtenida 420 para la velocidad de rotación de consigna ω_0 de los tornos se transmite a la estación de control en tierra para ser analizada (etapas 500 y 510) en tiempo real o bien en tiempo diferido.

Tal como se representa en la figura 3, la imagen obtenida de la estrella seleccionada no comprende un rastro puntual de la estrella, sino una estela. En efecto, durante la toma de imagen, el sistema generador de imágenes posee una velocidad relativa con respecto a la estrella seleccionada, fija en la bóveda celeste. En consecuencia, varias líneas de la imagen obtenida presentan por lo menos un píxel iluminado por el flujo de fotones que proceden de la estrella.

La variación a lo largo del tiempo, es decir según la segunda dirección Y, de la posición según la primera dirección X del píxel iluminado, o del baricentro del grupo de píxeles iluminados, está causada por la oscilación del eje de puntería Z bajo la acción de las vibraciones. La aplicación de un tratamiento estadístico 500 en la posición según la primera dirección X de los píxeles iluminados, por ejemplo del tipo cálculo de un intervalo a una posición media, conduce a una medición de la amplitud de las vibraciones para la velocidad de rotación ω_0 de los tornos (etapa 510). Además, mientras que trataba de la amplitud de las vibraciones en lo anterior, otras características de las vibraciones pueden ser extraídas del análisis de las imágenes de estrella obtenidas. Por ejemplo, un análisis de frecuencia, del tipo análisis de Fourier, se puede practicar sobre la estela de la estrella observada para determinar la frecuencia, o un espectro en frecuencia, de las vibraciones.

Se observará que el procedimiento según la invención permite caracterizar las vibraciones según la primera dirección X únicamente. Pero, como se trata de un fenómeno vibratorio que no tiene ninguna dirección privilegiada, esta medición permite caracterizar las vibraciones según los tres ejes.

Volviendo a la figura 2, para obtener unas mediciones precisas de las características de las vibraciones, se adquieren varias imágenes de estrellas y después se analizan para un mismo valor de la velocidad de rotación ω_0 . Estas imágenes, o bien corresponden a la observación de la misma estrella seleccionada, o bien corresponden a la observación de diferentes estrellas seleccionadas.

Después de que varias adquisiciones de imagen de estrellas hayan sido encadenadas para una misma velocidad de consigna ω_0 de los tornos, el programa de misión de observación de las estrellas termina. El satélite puede ser orientado hacia la tierra para tomar imágenes de la superficie terrestre.

En efecto, debido al tiempo necesario para que la velocidad de rotación de un torno de un accionador giroscópico se estabilice al valor de consigna ω_0 , el procedimiento de caracterización de las vibraciones se repite, preferentemente,

para diferentes valores de velocidad de rotación ω de los tornos durante órbitas diferentes. Así, la medición de la amplitud de las vibraciones para otra velocidad de rotación de los tornos se obtendrá durante la aplicación del procedimiento durante la parte nocturna de otra órbita.

5 Preferentemente, durante una sucesión de órbitas, el valor de consigna ω_0 se incrementa para cada órbita en un paso predeterminado $\Delta\omega_0$ para cubrir un intervalo de interés entre un límite inferior ω_{min} y un límite superior ω_{max} de velocidad de rotación ω de los tornos.

10 En la etapa 600, el valor actual de la consigna ω_0 se compara con el límite superior ω_{max} . Si no se ha alcanzado el límite superior del intervalo de interés, en la etapa 610 el valor de la consigna ω_0 se incrementa en $\Delta\omega_0$ y el procedimiento se repite realizando un programa de misión adaptado a este nuevo valor de consigna.

15 Cuando se alcanza el límite superior ω_{max} del intervalo de interés, la dependencia entre la amplitud de las vibraciones y la velocidad de rotación de los tornos de los accionadores giroscópicos se establece en el intervalo de interés. La velocidad de rotación de los tornos ω_1 que minimiza las vibraciones se determina en la etapa 620. Después, en la etapa 630, se aplica el valor ω_1 como consigna al sistema de actitud 6 del satélite 2 con el fin de adquirir unas imágenes de la superficie terrestre que sean de calidad óptima.

20 El experto en la materia observará que el procedimiento según la invención permite la evaluación de las características de las vibraciones directamente en una imagen obtenida mediante el sistema generador de imágenes, por medio de tratamientos informáticos simples.

25 El tiempo de utilización del satélite necesario para la aplicación del procedimiento según la invención es compatible con los tiempos muertos normales de utilización de un satélite.

Puesto que no se busca observar un punto situado en el suelo que podría estar oculto por las nubes, el procedimiento según la invención se puede aplicar en cualquier momento. Se libera así de las restricciones meteorológicas.

30 Unas simulaciones de aplicación del procedimiento según la invención indican que allí donde se necesitaba una decena de días para obtener la dependencia de la amplitud de las vibraciones en función de la velocidad de rotación de los accionadores giroscópicos, ya sólo se necesita un día aplicando el procedimiento según la invención.

35 Sí, en el modo de realización preferido actualmente, el procedimiento según la invención permite la evaluación de las vibraciones causadas por el movimiento de los tornos de los accionadores giroscópicos, se puede aplicar también para evaluar unas vibraciones causadas por otros dispositivos mecánicos embarcados a bordo del satélite y que tienen uno o varios elementos móviles de los cuales los parámetros del movimiento, posición o velocidad, son regulables. Se puede tratar, por ejemplo, de ruedas a reacción, de medios de accionamiento de paneles solares, de máquinas criogénicas, etc.

40

REIVINDICACIONES

- 5 1. Procedimiento de caracterización de las vibraciones que afectan a un satélite de observación (2) equipado con un sistema generador de imágenes que tiene un eje de puntería (Z) y con un sistema de actitud que permite orientar el eje de puntería (Z) del sistema generador de imágenes, caracterizado porque comprende las etapas que consisten en:
- 10 - seleccionar una estrella (100) en una lista de estrellas observables (70) por medio del sistema generador de imágenes;
- extraer una primera y una segunda coordenada (X0, Y0) de la estrella seleccionada según una primera y una segunda dirección (X, Y);
- 15 - orientar el satélite por medio del sistema de actitud de manera que el eje de puntería (Z) del sistema generador de imágenes apunte hacia la primera coordenada y barra, según la segunda dirección, una ventana situada alrededor de la segunda coordenada de la estrella seleccionada;
- 20 - adquirir una imagen por medio del sistema generador de imágenes durante el barrido según la segunda dirección de dicha ventana, presentando la imagen obtenida (420) una estela que corresponde a la estrella seleccionada; y
- analizar (500) la imagen obtenida para determinar, a partir de las oscilaciones de la estela, por lo menos una característica de las vibraciones que afectan al satélite.
- 25 2. Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado porque la etapas de orientación del satélite de adquisición de una imagen y de análisis (500) de la imagen obtenida (420) se repiten para unos valores diferentes de la velocidad de movimiento (ω_0) de un elemento móvil de un dispositivo embarcado a bordo del satélite (2), cuya velocidad de movimiento (ω) es regulable.
- 30 3. Procedimiento según la reivindicación 2, caracterizado porque dicho dispositivo mecánico está constituido por unos accionadores giroscópicos del sistema de actitud del satélite que comprenden unos tornos cuya velocidad de rotación (ω_0) es regulable.
- 35 4. Procedimiento según la reivindicación 2 ó 3, caracterizado porque una vez que se establece sobre un intervalo de velocidad de movimiento una dependencia entre una característica de las vibraciones y la velocidad de movimiento del elemento móvil, la velocidad de movimiento del elemento móvil se regula al valor que induce las degradaciones más bajas de la calidad de las imágenes.
- 40 5. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque comprende una etapa de determinación (200) de una velocidad de barrido (Ω) para barrer dicha ventana según la segunda dirección (Y) y de una duración (τ_0) para la etapa de adquisición de imagen.
- 45 6. Procedimiento según la reivindicación 5, caracterizado porque la determinación de una velocidad de barrido (Ω) y la determinación de una duración (τ_0) son tales que el producto de estos dos parámetros es superior a una precisión angular de punteo del sistema de actitud.
- 50 7. Procedimiento según la reivindicación 5 ó 6, caracterizado porque la determinación de la velocidad de barrido (Ω) tiene en cuenta un número de líneas mínimo de la imagen obtenida que tiene por lo menos un píxel iluminado por la estrella seleccionada.
- 55 8. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque se aplica cuando el satélite (2) se sitúa en una porción nocturna de su órbita (5).
9. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque la lista de estrellas observables (70) se obtiene mediante extracción (50) a partir de un catálogo general de estrellas (60) que proporciona, entre otros, las posiciones y la magnitud de las estrellas, y a partir de las características físicas del sistema generador de imágenes, tales como el tiempo de muestreo (t_{ech}).
- 60 10. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque dicha por lo menos una característica de las vibraciones comprende un parámetro de vibraciones de entre una amplitud, una frecuencia y un espectro.
- 65 11. Dispositivo para la caracterización de las vibraciones que afectan a un satélite que comprende un satélite de observación (2) equipado con un sistema generador de imágenes que tiene un eje de puntería (Z) y con un sistema de actitud que permite orientar el eje de puntería (Z) del sistema generador de imágenes, caracterizado porque comprende una instalación para la caracterización de las vibraciones que afectan al satélite que permite la aplicación

ES 2 379 854 T3

del procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 10, y que comprende:

- una lista de estrellas observables (70) por medio del sistema generador de imágenes;
- 5 - un medio de selección de una estrella (100) en dicha lista;
- un medio de extracción de la primera y de la segunda coordenada (X_0 , Y_0) de la estrella seleccionada según una primera y una segunda dirección (X , Y);
- 10 - un medio de elaboración de un perfil de actitudes para que, cuando se sigue dicho perfil de actitudes, el sistema de actitud del satélite oriente el satélite de manera que el eje de puntería (Z) del sistema generador de imágenes apunte hacia la primera coordenada y barra, según la segunda dirección, una ventana situada alrededor de la segunda coordenada de la estrella seleccionada; permitiendo el sistema generador de imágenes adquirir una imagen durante el barrido según la segunda dirección de dicha ventana, presentando la imagen obtenida (420)
- 15 una estela que corresponde a la estrella seleccionada; y
- un medio de análisis que permite determinar, a partir de las oscilaciones de la estela sobre la imagen obtenida, por lo menos una característica de las vibraciones que afectan al satélite.

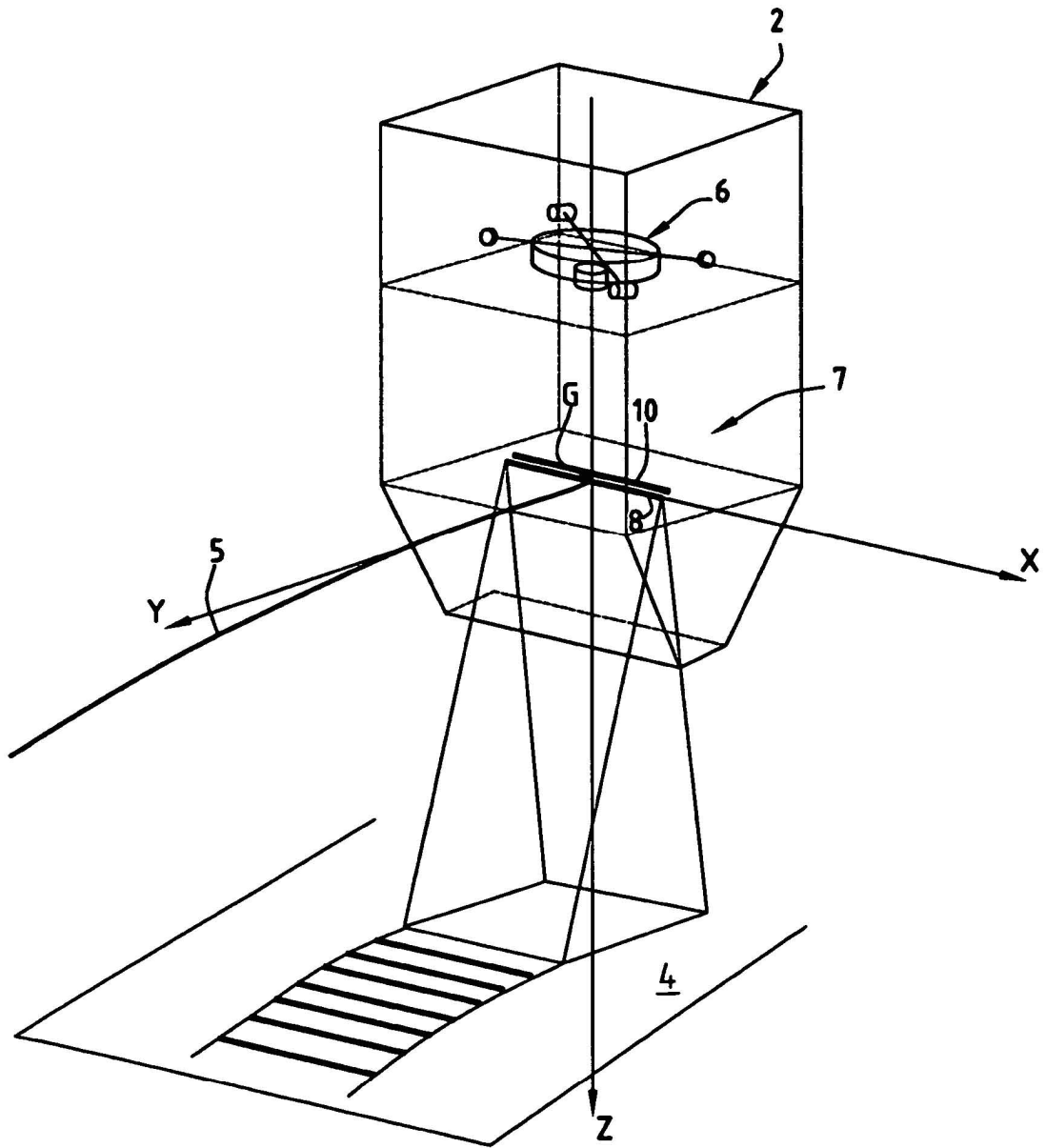


FIG.1

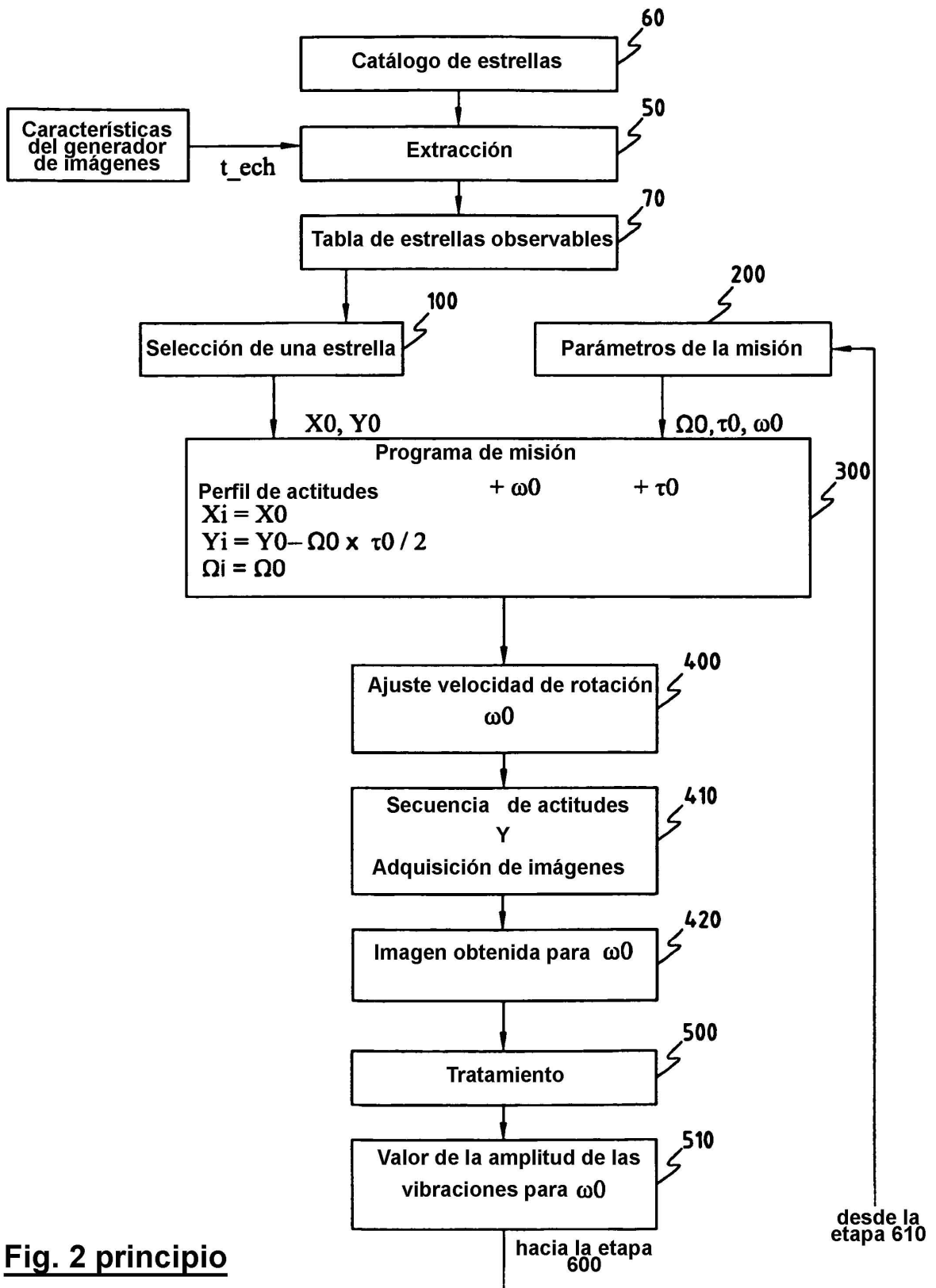


Fig. 2 principio

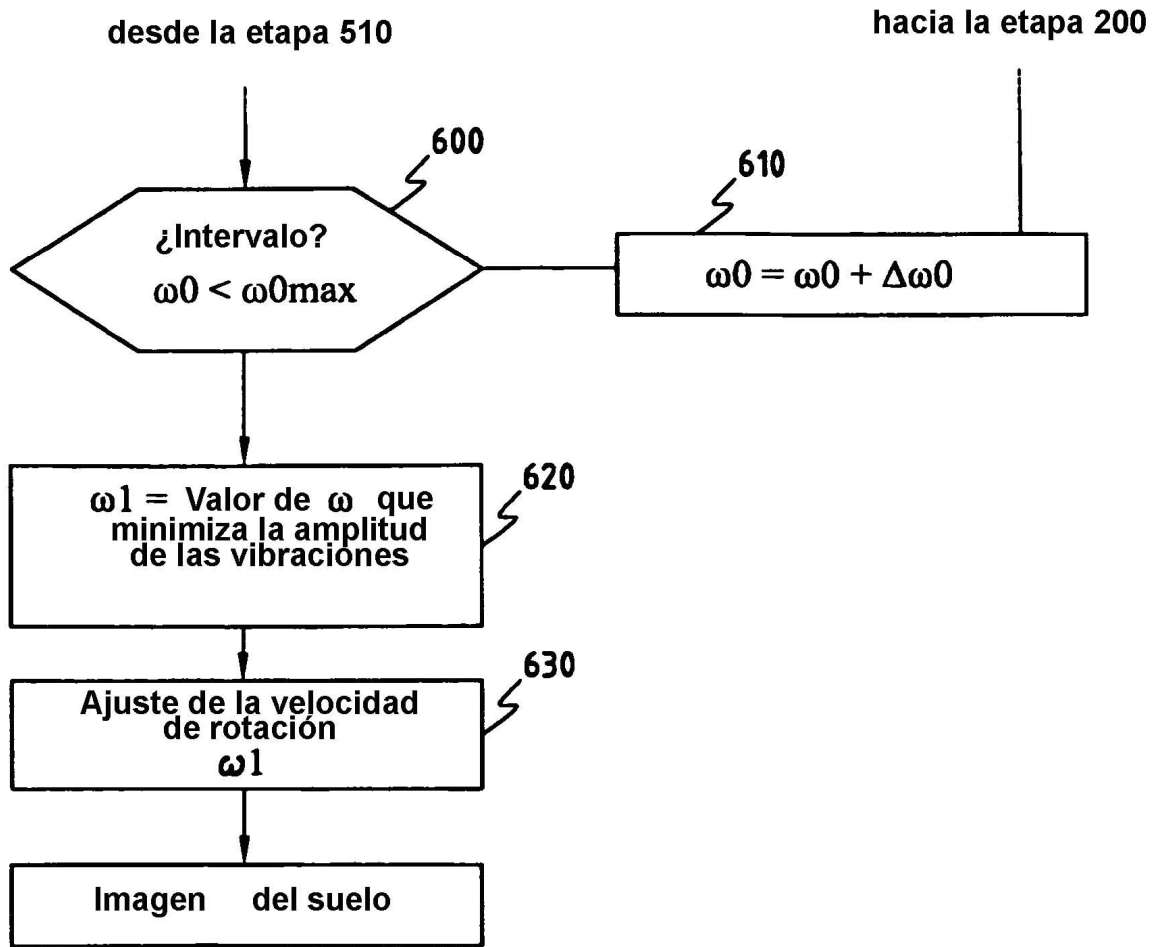


Fig. 2 Final

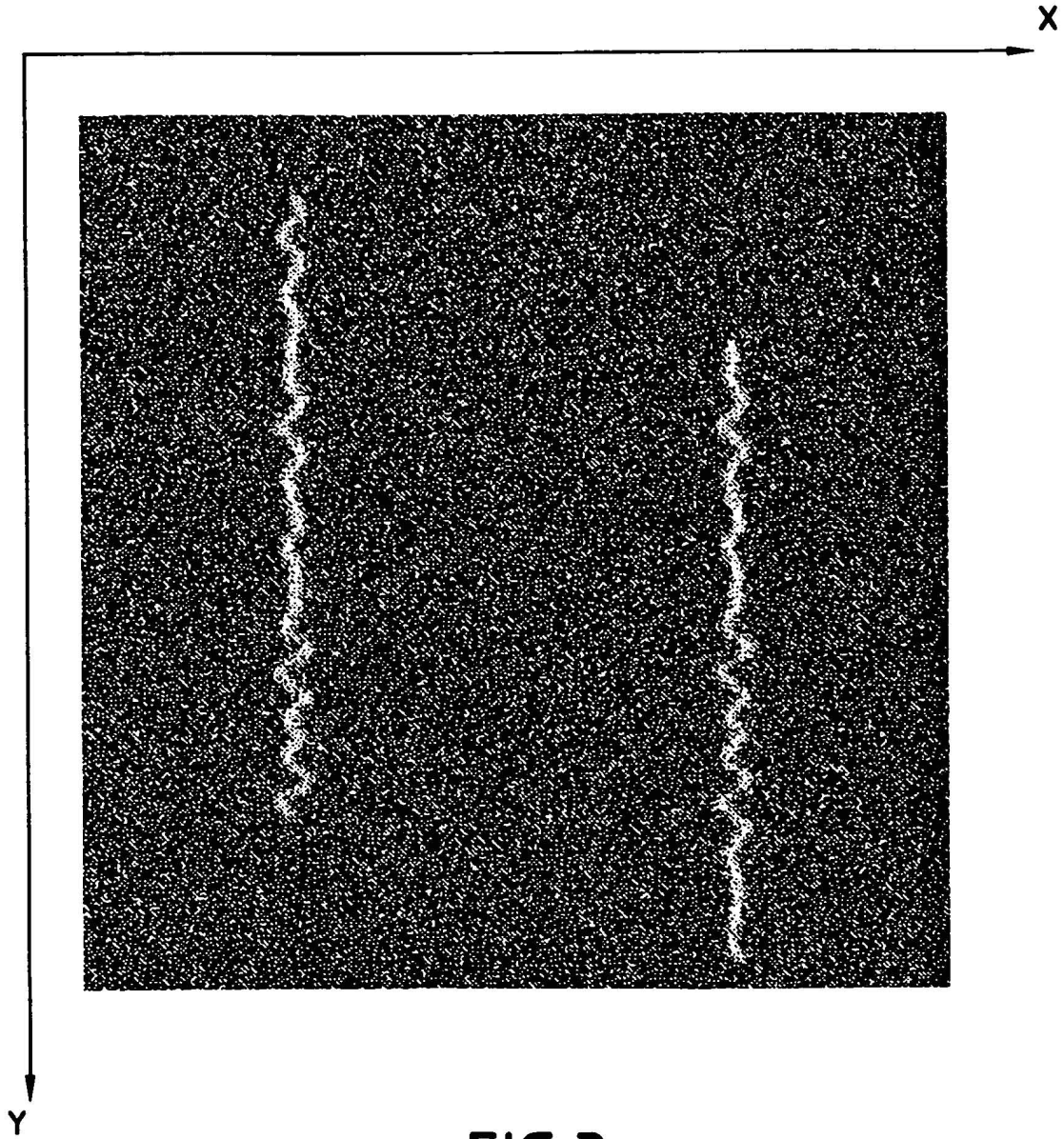


FIG.3