

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 449 441**

51 Int. Cl.:

G01J 3/06 (2006.01)

G01J 3/32 (2006.01)

G02B 6/02 (2006.01)

G02B 5/20 (2006.01)

G01J 3/02 (2006.01)

G01J 3/18 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **21.12.2009 E 09829862 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **12.02.2014 EP 2373962**

54 Título: **Vehículo aeronáutico**

30 Prioridad:

05.01.2009 FR 0950010

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

19.03.2014

73 Titular/es:

**CENTRE NATIONAL D'ETUDES SPATIALES
(100.0%)
2 Place Maurice Quentin
75001 Paris, FR**

72 Inventor/es:

BERTHON, JACQUES

74 Agente/Representante:

PONTI SALES, Adelaida

ES 2 449 441 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

Vehículo aeronáutico

5 **[0001]** La presente invención se refiere a un vehículo aeronáutico del tipo que comprende un espectrómetro capaz de generar un análisis espectral de radiaciones reflejadas por una porción de la superficie de la tierra, estando el vehículo en órbita alrededor de la tierra con un movimiento relativo con respecto a la superficie de la tierra.

10 **[0002]** El documento EP 0 767 361 describe un vehículo aeronáutico que comprende un espectrómetro capaz de determinar el espectro de las radiaciones reflejadas por la superficie de la tierra. El espectrómetro montado en este vehículo es generalmente del tipo interferómetro de Fabry Perrot, Michelson, Mac Zehnder o utiliza elementos espectralmente dispersivos tales como los prismas y redes de difracción. El vehículo comprende también medios de desplazamiento del espectrómetro o de un elemento de este para descomponer las radiaciones incidentes. Este desplazamiento debe ser preciso y fiable. Otro vehículo aeronáutico se describe en el documento JP4340428 A.

15 **[0003]** La invención tiene como objetivo el de proponer un vehículo aeronáutico que comprende un espectrómetro que no precisa medios de desplazamiento del espectrómetro o de un elemento de este.

20 **[0004]** A tal efecto, la invención tiene por objeto un vehículo aeronáutico que comprende un espectrómetro capaz de generar un análisis espectral de radiaciones reflejadas por una porción de la superficie de la tierra, estando el vehículo en órbita alrededor de la tierra con un movimiento relativo con respecto a la superficie de la tierra, caracterizado por el hecho de que el espectrómetro comprende un filtro que comprende una red resonante compuesta por una nanoestructura periódica y que soporta un modo guiado, siendo el filtro capaz de filtrar en una banda espectral estrecha radiaciones incidentes en función del ángulo de incidencia de dichas radiaciones en el filtro; siendo dicha banda espectral filtrada capaz de variar de manera continua en un intervalo espectral más ancho, cuando el ángulo de incidencia de dichas radiaciones incidentes varía de manera continua, y el vehículo comprende medios de determinación de la banda espectral de radiaciones filtradas provenientes de una misma porción de superficie para varias posiciones del vehículo con respecto a la porción de superficie.

30 **[0005]** Ventajosamente, este vehículo utiliza su desplazamiento relativo con respecto a la superficie de la tierra para hacer variar el ángulo de incidencia de las radiaciones que penetran en el espectrómetro y realizar así una descomposición espectral de las radiaciones reflejadas por la superficie de la tierra.

35 **[0006]** Según unos modos particulares de realización, el vehículo comprende una o varias de las características siguientes, tomadas aisladamente o en combinación:

- los medios de determinación comprenden medios de detección de la amplitud de las radiaciones filtradas en la banda espectral, comprendiendo dichos medios de detección al menos una primera columna de píxeles dispuesta según una dirección de avance del vehículo, siendo dicha primera columna capaz de captar las radiaciones filtradas provenientes de la porción de superficie de la tierra;
- el vehículo comprende medios de tratamiento capaces de determinar las longitudes de onda de las radiaciones reflejadas por una misma porción de superficie de la tierra a partir de los datos medidos durante un periodo de tiempo igual al periodo de tiempo necesario para que el desplazamiento del vehículo provoque una variación del ángulo de incidencia de las radiaciones provenientes de una diana que permite el barrido espectral del conjunto del intervalo espectral del filtro;
- los medios de detección comprenden al menos una segunda columna de píxeles paralela a dicha primera columna de píxeles, siendo dicha segunda columna capaz de tomar imágenes de las porciones de superficie de la tierra adyacentes a la porción de superficie de la tierra que refleja las radiaciones descompuestas por el espectrómetro;
- el filtro es fijo con respecto al vehículo; y
- el intervalo espectral es más de 100 veces más ancho que la banda espectral.

55 **[0007]** La presente invención también tiene por objeto un procedimiento de análisis espectral de radiaciones reflejadas por una porción de superficie de la tierra con ayuda de un vehículo aeronáutico capaz de desplazarse en órbita alrededor de la tierra con un movimiento relativo con respecto a la superficie de la tierra, comprendiendo dicho vehículo un espectrómetro que comprende un filtro que comprende una red resonante compuesta por una nanoestructura periódica que soporta un modo guiado, siendo el filtro capaz de filtrar una banda espectral estrecha que depende de un ángulo de incidencia de dichas radiaciones en el filtro, caracterizado por el hecho de que el procedimiento comprende:

- una etapa de filtrado de las radiaciones reflejadas por dicha porción de superficie;
- una etapa de desplazamiento del vehículo con respecto a dicha porción de superficie, realizándose dicha etapa de desplazamiento durante la etapa de filtrado, variando la banda espectral filtrada de manera continua en un intervalo espectral más ancho cuando el ángulo de incidencia de las radiaciones incidentes en el filtro varía de manera continua;
- una etapa de determinación de la banda espectral de radiaciones filtradas provenientes de una misma porción de superficie para varias posiciones relativas del vehículo con respecto a la porción de superficie.

[0008] La invención se comprenderá mejor con la lectura de la descripción siguiente, ofrecida únicamente a título de ejemplo y hecha haciendo referencia a los dibujos adjuntos, en los cuales:

- 5 - la figura 1 es una vista esquemática en perspectiva de un vehículo aeronáutico según la invención que sobrevuela una parte de la superficie de la tierra;
 - la figura 2 es una vista esquemática de un espectrómetro y de los medios de detección con el que está equipado el vehículo de la figura 1;
 - la figura 3 es una vista esquemática en perspectiva de un filtro utilizado en el espectrómetro ilustrado en la figura 2;
 10 - la figura 4 es una representación esquemática de las radiaciones generadas por el espectrómetro ilustrado en la figura 2, y medios de detección.

[0009] Con referencia a la figura 1, un vehículo aeronáutico tal como, por ejemplo, un satélite 2 según la invención está dotado de un espectrómetro 4 capaz de descomponer las radiaciones reflejadas por la superficie de la tierra 5, unos medios 6 de detección de las radiaciones descompuestas, y unos medios de tratamiento 8 de los datos espectrales detectados por los medios 6.

[0010] El satélite 2 es capaz de desplazarse en órbita baja alrededor de la tierra. Presenta un periodo de revolución diferente del periodo de rotación de la tierra sobre sí misma, de manera que el satélite 2 se desplaza relativamente a la superficie de la tierra 5.

[0011] El espectrómetro 4 es capaz de realizar la descomposición espectral de radiaciones reflejadas por una porción 12 de la superficie de la tierra 5 dispuesta bajo el satélite. Cuando el satélite 2 avanza, el espectrómetro 4 realiza la descomposición espectral de una banda de superficie 13 que se extiende según la dirección de avance del satélite X. A esta banda se llama generalmente traza.

[0012] Como la superficie de la tierra está alejada del espectrómetro 4, las radiaciones reflejadas por la porción de superficie 12 son paralelas y presentan un único ángulo de incidencia θ_{inc} con respecto al espectrómetro 4.

[0013] Con referencia a la figura 2, el espectrómetro 4 comprende un filtro resonante 14 colocado en la entrada de un formador de imágenes o medios de detección 6 de alta resolución. Este formador de imágenes está compuesto por un objetivo que focaliza los rayos sobre un detector matricial. El objetivo se esquematiza mediante una lente convergente 16 dispuesta aguas abajo del filtro 14.

[0014] Los medios de detección 6 compuestos por numerosos píxeles en línea y columna y colocados en el foco del objetivo (la lente convergente 16) es capaz de muestrear espacialmente y espectralmente las radiaciones filtradas por el filtro resonante.

[0015] El filtro 14 puede trabajar en transmisión y en reflexión. Es capaz de filtrar radiaciones con longitudes de onda comprendidas en una banda espectral estrecha $\Delta\lambda$ cuando el ángulo de incidencia θ_{inc} es fijo. Esta banda espectral $\Delta\lambda$ es capaz de variar de manera continua en un intervalo espectral $[\lambda_0, \lambda_3]$ más ancho, cuando el ángulo de incidencia θ_{inc} en el filtro 14 varía de manera continua.

[0016] La anchura a media-altura de la banda espectral $\Delta\lambda$ puede ser tan estrecha como de 0,1 nm gracias a las prestaciones excepcionales de los filtros resonantes.

[0017] La anchura del intervalo espectral $[\lambda_0, \lambda_3]$ puede ser superior a 100 nm sin modificación notable de las prestaciones del filtro.

[0018] Con referencia a la figura 3, el filtro 14 es una red resonante compuesta por una nanoestructura periódica en una guía de onda plana que tiene modos propios, el conjunto se deposita en un sustrato. La teoría de las redes resonantes muestra que un modo guiado se puede excitar mediante una onda evanescente, pero no por una onda plana incidente propagativa (cf. Tesis de Anne- Laure Fehrembach Université de aix-Marseille 3 defendida el 29 de septiembre de 2003). La red cuya periodo es inferior a la longitud de onda tiene todos estos órdenes de difracción que son evanescentes. Para un ángulo de incidencia determinado puede excitar un modo propio de la guía y servir también para desacoplarlo. La red resonante es así primero una red acoplador-desacoplador, que permite la excitación de modos propios de una estructura. De ello resulta un pico de resonancia cuya curva de reflectividad es función de la longitud de onda o del ángulo de incidencia.

[0019] El filtro 14 funciona en reflexión. Está constituido por un sustrato que puede ser de vidrio 18 que presenta dos caras principales paralelas. Cada cara principal está recubierta por una capa 20 anti-reflexión de nitruro de silicio Si_3N_4 y por una capa anti-reflexión 22 de vidrio de silicio SiO_2 depositada mediante un procedimiento de deposición con vapor químico a baja presión combinado con un procedimiento de deposición por plasma.

[0020] La capa de vidrio de silicio 22 está formada por una red hexagonal que tiene un periodo inferior a la longitud de onda de trabajo. La red está provista de agujeros cuyo diámetro y profundidad influyen en la anchura del filtro.

5 **[0021]** Este filtro 14 se describe en el documento titulado « Unpolarised narrow band filtering with resonant gratings » publicado el 22 de marzo de 2005 en una revista llamada Applied physics letters 86, 121105, y en el documento XP031277658.

10 **[0022]** La transmisión por el filtro 14 de la banda espectral estrecha $\Delta\lambda$ traduce el acoplamiento de las radiaciones incidentes con un modo guiado del filtro 14. Como la red de la capa de vidrio de silicio 22 es periódica, las radiaciones de la banda espectral estrecha $\Delta\lambda$ son transmitidas por el filtro 14 cuando se verifica la relación siguiente:

$$\lambda = (n_{\text{eff}}(\lambda) - \sin \theta_{\text{inc}})(d/q)$$

en la cual:

15 - θ_{inc} y λ son el ángulo y la longitud de onda incidentes,
 - d es el periodo de la red,
 - $n_{\text{eff}}(\lambda)$ es el índice efectivo del modo del filtro, y
 - q es un entero relativo.

20 **[0023]** La frecuencia de resonancia del filtro 14 y pro lo tanto el valor de las longitudes de onda transmitidas por este dependen únicamente del valor del ángulo de incidencia θ_{inc} .

25 **[0024]** En el plano focal de la lente convergente 16, el filtro 14 genera zonas de iso-longitudes de onda λ_i , que pueden tener forma de círculos ilustrados esquemáticamente en la figura 4. Estos círculos de iso-longitudes de onda λ_i corresponden a unos ángulos θ_i de incidencia en el filtro y traducen el hecho de que un objeto extendido se observa a unas longitudes de onda diferentes. Los puntos del objeto observado a una misma longitud de onda pueden ser círculos que dan el mismo ángulo de incidencia a la entrada del filtro.

30 **[0025]** Los medios de detección 6 comprenden una matriz de detectores, por ejemplo una matriz de acoplamiento de carga CCD, que comprende varias filas de píxeles llamadas columnas, 30, 32, 34 dispuestas según la dirección de avance del satélite X.

35 **[0026]** Los medios de detección 6 están dispuestos para recibir el flujo en un ámbito angular de atrás a adelante según la velocidad X de avance del satélite.

40 **[0027]** En particular tal como se ve en la figura 4, los medios de detección están posicionados en el campo en $\theta_x = -10^\circ$ y $\theta_y = 0^\circ$ o en $\theta_x = 10^\circ$ y $\theta_y = 0^\circ$ en el cual θ_x es paralelo a la dirección de avance X. La lente 16 es capaz de focalizar las radiaciones filtradas en una columna de píxeles predefinida 30 de manera que la columna 30 sea capaz de captar el conjunto de las radiaciones filtradas por el filtro 14, es decir el conjunto de las radiaciones que tienen longitudes de onda comprendidas en la banda espectral $[\lambda_0, \lambda_3]$ que ahí llegan según un ángulo de incidencia θ_{inc} en el filtro 14 cuyo valor está comprendido entre θ_0 y θ_3 . Los valores medidos por los píxeles de esta columna 30 son representativos de las longitudes de onda de los haces reflejados por la porción 12 de superficie de la tierra, cada píxel ve así una parte del objeto en una longitud precisa.

45 **[0028]** Las otras columnas 32, 34 de la matriz de detector son capaces de tomar imágenes de las porciones 36, 28 de la superficie de la tierra adyacentes a la porción 12 y transversales a la dirección de avance X en un momento dado.

50 **[0029]** Cuando el satélite 2 avanza de un píxel suelo, las radiaciones reflejadas por la banda de superficie 13, se descomponen por el filtro 14 y son captados por la columna 30. Cada píxel de la columna 30 ve siempre la misma longitud de onda pero proveniente del píxel suelo siguiente.

55 **[0030]** Asimismo, las columnas 32, 34 forman imágenes de las dos bandas de superficie 40, 42 que se extienden de parte y otra de la banda 13 cuando el satélite avanza. Así, gracias al avance del satélite 2 un píxel en el suelo será vistos sucesivamente a unas longitudes de onda diferentes lo cual permitirá la obtención de un espectro del objeto. Como los medios de detección son de dos dimensiones, adquieren una imagen hiper-espectral con una pequeña separación espectral a lo largo del eje Y que puede ser fácilmente calibrada y compensada por tratamiento.

- 5 **[0031]** Los medios de tratamiento 8 son capaces de determinar las longitudes de onda de las radiaciones reflejadas por una misma porción de superficie 12 a partir de los datos medidos por los píxeles de la columna 30 durante un periodo de tiempo igual al periodo de tiempo necesario para que el desplazamiento del satélite provoque una variación del ángulo de incidencia θ_{inc} que permita el barrido del intervalo espectral $[\lambda_0, \lambda_3]$ del filtro 14.
- 10 **[0032]** Se notará que se ha escogido colocar el detector en una zona angular de funcionamiento del filtro donde la longitud de onda varía rápidamente en función de θ_{inc} según el eje X mientras que en el eje Y la variación es muy reducida. El eje X corresponde también al eje de desplazamiento del satélite con respecto al objeto observado.
- 15 **[0033]** Como variante, los medios de detección 6 están constituidos por un dispositivo de transferencia de carga de dos dimensiones de tipo BBD, CID o CMOS.
- [0034]** Como variante, los medios de detección 6 comprenden un detector de una dimensión es decir una barra. El detector lineal está colocado según el eje X y permite adquirir el espectro de una zona gracias al avance del satélite. No habrá la capacidad de adquirir una imagen determinada por el detector de dos dimensiones.
- 20 **[0035]** El filtro 14 puede ser utilizado en reflexión o en transmisión. Para un funcionamiento en transmisión el filtro 14 comprende un tratamiento que refleja sobre toda la banda espectral de análisis. Así, solamente se transmitirá la longitud de onda de resonancia, dando la reflectividad del filtro el rechazo del aparato. Para un funcionamiento en reflexión el filtro 14 comprende además una capa antirreflejos que deja pasar toda la luz, de modo que solamente la longitud de onda de resonancia será reflejada por el filtro.
- 25 **[0036]** Para simplificar la realización del filtro resonante se utilizará un filtro pasa banda a la entrada de este instrumento para limitar el espectro de la luz que entra en el instrumento en el intervalo de λ_0 a λ_3 .
- [0037]** Ventajosamente, el espectrómetro es capaz de realizar una descomposición espectral de las radiaciones reflejadas por la superficie de la tierra 5 utilizando el desplazamiento del satélite con respecto a la superficie de la tierra 5 para barrer las longitudes de onda del intervalo espectral $[\lambda_0, \lambda_3]$ de funcionamiento del espectrómetro.
- 30 **[0038]** Ventajosamente, el satélite según la invención permite capturar una información espectral y una información de formación de imágenes en un único paso del satélite.
- [0039]** El espectrómetro de la invención utiliza únicamente un filtro resonante seguido de un dispositivo de formación de imágenes constituido por un objetivo y un detector matricial de tipo CCD o CMOS. Este espectrómetro asocia la resolución angular de un formador de imágenes a la resolución espectral de un filtro resonante que es un dispositivo óptico que tiene una periodicidad inferior a la longitud de onda y que trabaja en el orden cero.
- 35 **[0040]** Según la figura 2, el poder de resolución $\lambda / \Delta\lambda$ del filtro 14 puede ser superior a 10000.
- 40 **[0041]** La sensibilidad angular de la respuesta espectral del filtro resonante 14 es del orden de $1,7 \cdot 10^{-3}$ rd/nm.
- [0042]** El filtro 14 puede ser optimizado para que sus prestaciones espectrales sean independientes de la polarización de la luz incidente.
- 45 **[0043]** Según la figura 3, en primera aproximación, se ve que para ángulos θ_{inc} pequeños, λ varía linealmente con el ángulo de incidencia.
- 50 **[0044]** Como variante, el espectrómetro está montado en un avión y se utiliza el desplazamiento del avión para realizar el análisis espectral.
- [0045]** Como variante cuando el objeto no está en el infinito se puede utilizar un dispositivo óptico que garantiza la función de colimación de la luz de manera que los rayos provenientes de la zona a analizar sean suficientemente paralelos para el funcionamiento apropiado del filtro.
- 55 **[0046]** Como variante, cuando el espectrómetro no está montado en un vehículo de desplazamiento, se introduce un dispositivo móvil en un elemento del espectrómetro. Puede tratarse o bien de un dispositivo que permite una rotación del filtro en la figura 2, o de un dispositivo que permite una translación de la lente 16 en la figura 2, o de un dispositivo que permite una translación del detector 6 en la figura 2.

REIVINDICACIONES

- 5 1. Vehículo aeronáutico (2) que comprende un espectrómetro (4) capaz de generar un análisis espectral de radiaciones reflejadas por una porción (12) de la superficie de la tierra, estando el vehículo (2) en órbita alrededor de la tierra con un movimiento relativo con respecto a la superficie de la tierra, **caracterizado por el hecho de que** el espectrómetro (4) comprende un filtro (14) que comprende una red resonante compuesta por una nano-estructura periódica y que soporta un modo guiado, siendo el filtro (14) capaz de filtrar la luz en una banda espectral ($\Delta\lambda$) estrecha de radiaciones incidentes en función del ángulo de incidencia ($\theta_{inc.}$) de dichas radiaciones en el filtro (14); siendo dicha banda espectral ($\Delta\lambda$) filtrada capaz de variar de manera continua en un intervalo espectral ($[\lambda_0, \lambda_3]$) más ancho, cuando el ángulo de incidencia ($\theta_{inc.}$) de dichas radiaciones incidentes varía de manera continua; **y por el hecho de que** el vehículo (2) comprende medios (6, 8) de determinación de la banda espectral ($\Delta\lambda$) de radiaciones filtradas provenientes de una misma porción de superficie (12) para varias posiciones del vehículo (2) con respecto a la porción de superficie (12).
- 10
- 15 2. Vehículo aeronáutico (2) según la reivindicación 1, en el cual los medios de determinación (6, 8) comprenden medios de detección (6) de la amplitud de las radiaciones filtradas en la banda espectral ($\Delta\lambda$), comprendiendo dichos medios de detección (6) al menos una primera columna de píxeles (30) dispuesta según una dirección (X) de avance del vehículo (2), siendo dicha primera columna (30) capaz de captar las radiaciones filtradas provenientes de la porción (12) de superficie de la tierra.
- 20
- 25 3. Vehículo aeronáutico (2) según la reivindicación 1 ó la 2, que comprende medios de tratamiento (8) capaces de determinar las longitudes de onda de las radiaciones reflejadas por una misma porción (12) de superficie de la tierra a partir de los datos medidos durante un periodo de tiempo igual al periodo de tiempo necesario para que el desplazamiento del vehículo (2) provoque una variación del ángulo de incidencia ($\theta_{inc.}$) de las radiaciones provenientes de una diana que permite el barrido por la banda espectral ($\Delta\lambda$) del conjunto del intervalo espectral ($[\lambda_0, \lambda_3]$) del filtro (14).
- 30 4. Vehículo aeronáutico (2) según cualquiera de las reivindicaciones 2 y 3, en el cual los medios de detección (6) comprenden al menos una segunda columna (32) de píxeles paralela a dicha primera columna (30) de píxeles, siendo dicha segunda columna (32) capaz de tomar imágenes de las porciones (36, 38) de superficie de la tierra adyacentes a la porción (12) de superficie de la tierra que refleja las radiaciones descompuestas por el espectrómetro (4).
- 35 5. Vehículo aeronáutico (2) según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el cual el filtro (14) es fijo con respecto al vehículo (2).
- 40 6. Vehículo aeronáutico (2) según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el cual el intervalo espectral ($[\lambda_0, \lambda_3]$) es más de 100 veces más ancho que la banda espectral ($\Delta\lambda$).
- 45 7. Procedimiento de análisis espectral de radiaciones reflejadas por una porción (12) de superficie de la tierra con ayuda de un vehículo aeronáutico (2) capaz de desplazarse en órbita alrededor de la tierra con un movimiento relativo con respecto a la superficie de la tierra, comprendiendo dicho vehículo (2) un espectrómetro (4) que comprende un filtro (14) que comprende una red resonante compuesta por una nano-estructura periódica que soporta un modo guiado, siendo el filtro (14) capaz de filtrar la luz en una banda espectral ($\Delta\lambda$) estrecha que depende de un ángulo de incidencia ($\theta_{inc.}$) de dichas radiaciones en el filtro (14); **caracterizado por el hecho de que** el procedimiento comprende:
- 50 - una etapa de filtrado de las radiaciones reflejadas por dicha porción de superficie (12);
 - una etapa de desplazamiento del vehículo (2) con respecto a dicha porción de superficie (12), realizándose dicha etapa de desplazamiento estando durante la etapa de filtrado, variando la banda espectral ($\Delta\lambda$) filtrada de manera continua en un intervalo espectral $[\lambda_0, \lambda_3]$ más ancho cuando el ángulo de incidencia ($\theta_{inc.}$) de las radiaciones incidentes en el filtro (14) varía de manera continua;
 - una etapa de determinación de la banda espectral ($\Delta\lambda$) de radiaciones filtradas provenientes de una misma porción de superficie (12) para varias posiciones relativas del vehículo (2) con respecto a la porción de superficie (12).
- 55

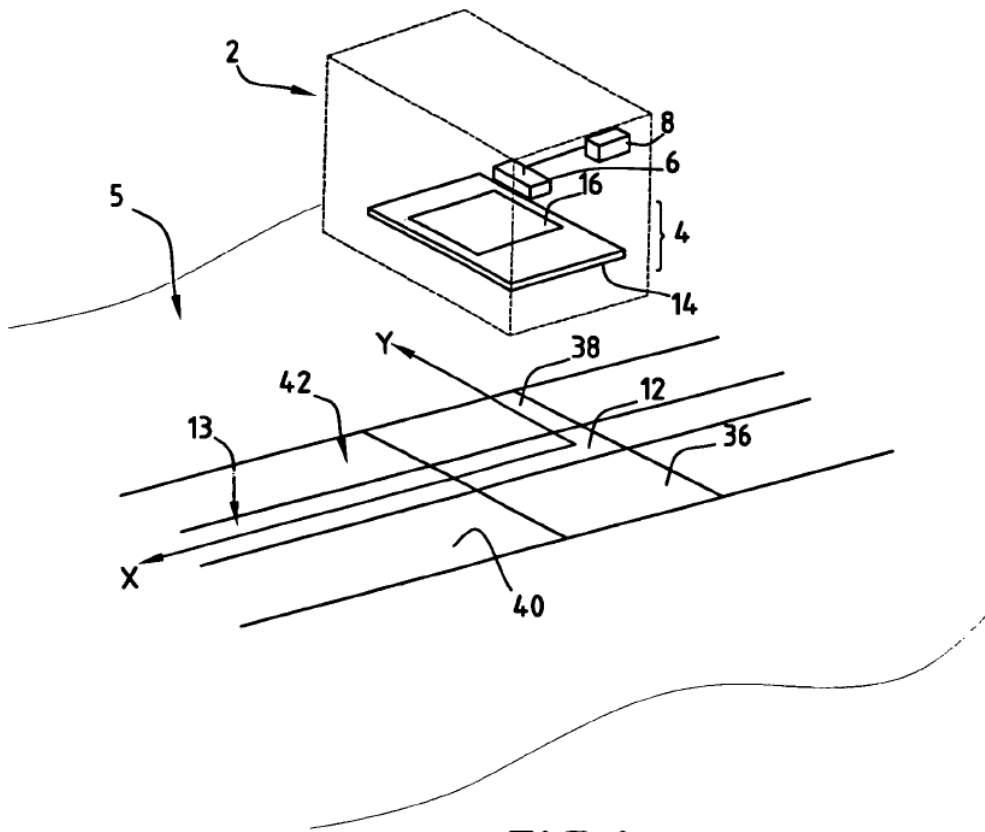


FIG. 1

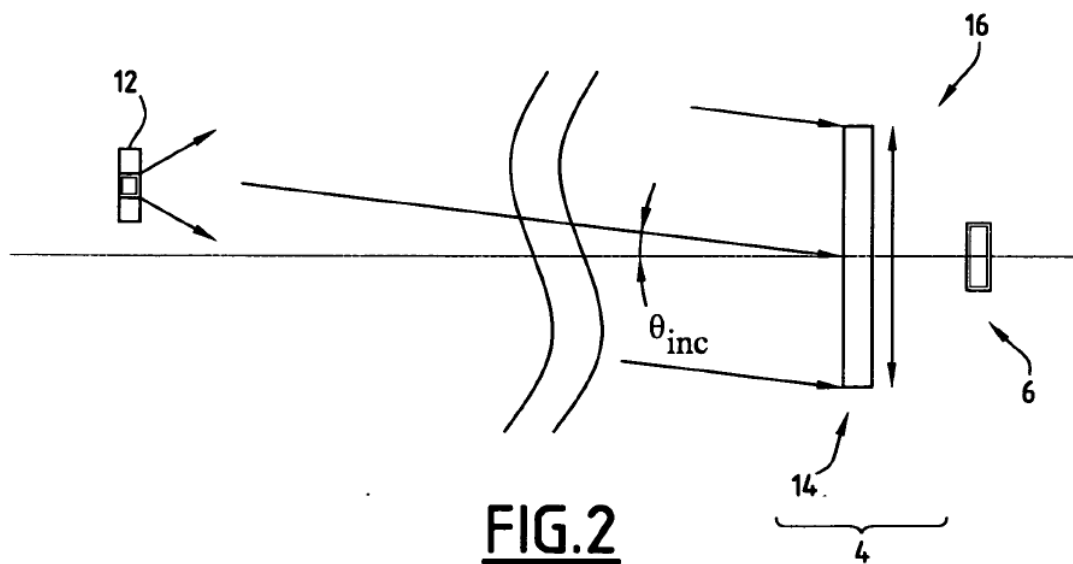


FIG. 2

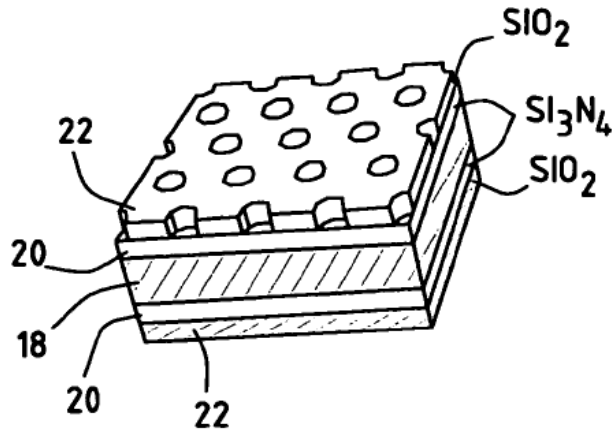


FIG.3

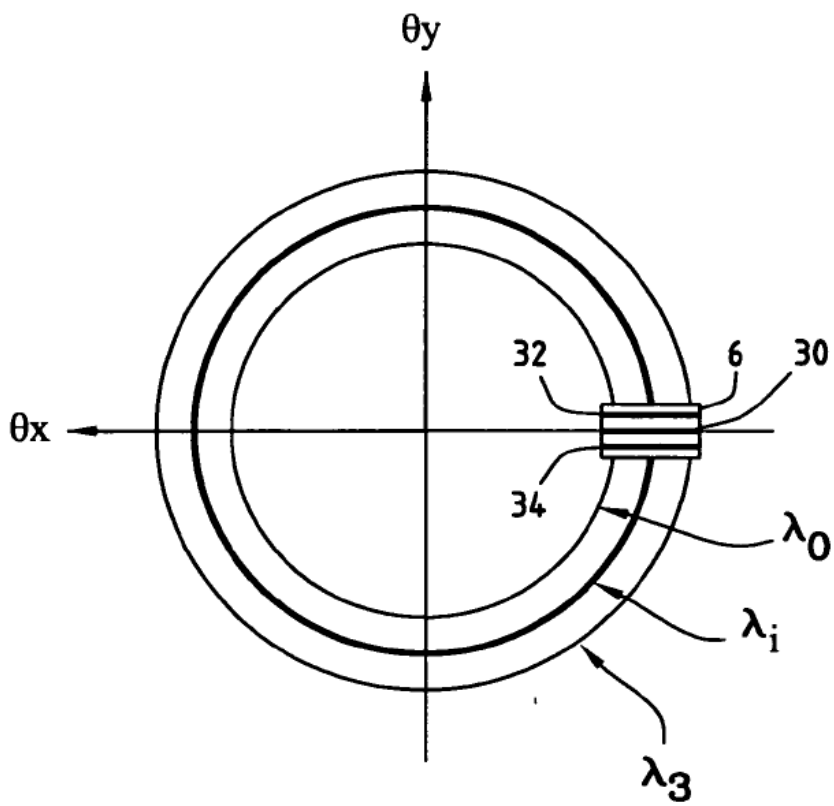


FIG.4