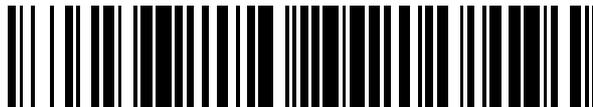


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 662 892**

51 Int. Cl.:

G01K 11/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **19.12.2008 PCT/GB2008/051218**

87 Fecha y número de publicación internacional: **24.06.2010 WO10070257**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **19.12.2008 E 08875690 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **28.02.2018 EP 2376883**

54 Título: **Método para la formación de imágenes radiométricas y antena para la implementación del método**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
10.04.2018

73 Titular/es:
**RADIO PHYSICS SOLUTIONS LTD (100.0%)
The Elms Courtyard Bromesberrow Ledbury
Hereford And Worcester HR8 1RZ, GB**

72 Inventor/es:
**SHYLO, SERGIY y
SYDORENKO, YURIY**

74 Agente/Representante:
SÁEZ MAESO, Ana

ES 2 662 892 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

Método para la formación de imágenes radiométricas y antena para la implementación del método

5 La invención se refiere a dispositivos pasivos de creación de imágenes por ondas de radio de frecuencia ultra alta y se ha diseñado para la formación rápida de imágenes radiotérmicas de objetos. El método y su antena de implementación pueden usarse, en particular, para la formación de imágenes radiotérmicas del cuerpo humano para los propósitos del diagnóstico médico termométrico, o para el proceso de inspección de aduanas con el propósito de revelar diversos objetos que pueden estar ocultos en el cuerpo humano debajo de la ropa.

10 En la actualidad, los métodos radiométricos de frecuencia ultra alta, basados en la dependencia de la intensidad de la propia radiación radiotérmica de los objetos en sus parámetros físicos y químicos, se han vuelto ampliamente populares para la detección remota de diversos medios. Una de las tareas principales durante las observaciones radiométricas de frecuencia ultra alta (UHF) es medir y registrar la distribución espacial de la intensidad de la radiación radiotérmica emitida por el objeto, que se caracteriza por su temperatura de brillo T_b . En muchos casos, los datos relativos a la distribución espacial de la temperatura de brillo para los objetos investigados pueden representarse mejor mediante imágenes radiotérmicas bidimensionales; en ese caso, las dos coordenadas de la imagen corresponden a las coordenadas espaciales del campo de observación y al brillo o tono del elemento unitario de la imagen caracteriza la intensidad de la radiación radiotérmica de acuerdo con la escala establecida de temperaturas de brillo. Por lo tanto, cuanto mayor sea la precisión radiométrica y la capacidad de resolución espacial del sistema radiométrico al generar imágenes radiotérmicas, o en otras palabras, cuanto mayor sea la precisión de reproducción de las inhomogeneidades espaciales (relieve) de los campos radiotérmicos medidos, mayor será la eficiencia del uso de las imágenes radiotérmicas generadas para diversas aplicaciones, entre las cuales, en particular, se encuentran las siguientes:

- la detección simultánea de armas y bienes de contrabando en el cuerpo humano guardados debajo de la ropa, así como en vehículos y objetos;
- la posibilidad de generación en vuelo (a bordo del vehículo de vuelo) de imágenes de alto contraste de la pista de aterrizaje en condiciones meteorológicas complicadas para la provisión de un aterrizaje seguro; la generación de advertencias en vuelo para evitar posibles colisiones con grandes obstáculos (montañas, casas) en caso de falta de visión directa;
- la posibilidad de generación de imágenes de alto contraste de incendios descontrolados y puntos calientes de un incendio en zonas verdes desde el vehículo de vuelo en condiciones de fumigación aguda, para proporcionar la navegación y la orientación de los sistemas de extinción de incendios, tanto en tierra, así como en los bomberos aéreos (tanqueros aéreos);
- problemas de diagnóstico termométrico médico sin contacto de procesos inflamatorios durante diversas enfermedades (en la superficie del cuerpo y en la capa subcutánea de tejidos biológicos, o bajo vendajes médicos o capas de yeso).

40 Las ventajas de los sistemas de creación de imágenes de radio de onda milimétrica son una alta resolución espacial, combinada con dimensiones relativamente pequeñas de antenas de recepción, la falta de emisiones electromagnéticas, que pueden influir negativamente en las personas, la falta de dependencia de la intensidad de la señal de respuesta de la distancia. Mientras tanto, las limitaciones técnicas actuales no permiten la implementación completa de todas las capacidades potenciales de dichos sistemas. Entre tales limitaciones están la complejidad y el alto costo del sistema, los ángulos de observación relativamente pequeños y la lentitud de la generación de imágenes que, en ciertos casos, son insuficientes para la resolución de los problemas mencionados anteriormente.

45 Una serie de soluciones técnicas se conocen de los sistemas radiométricos SHF (ver por ejemplo, Goldsmith P.F., Huguenin G.R., Kapitzky J. Focal Plane Imaging Systems for Millimeter Wavelengths // IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques, v. MTT-41, Núm.10, Octubre de 1985, pp. 1664-1675.), para los cuales el campo de observación establecido se explora periódicamente durante la generación de las imágenes:

- 50 – ya sea mediante un único haz en forma de aguja del patrón direccional de la antena receptora (DPA) cuando está controlado por dos coordenadas espaciales (exploración);
- o con la ayuda de un DPA de haz múltiple que está formado por matrices de formación de haces de receptores situados en el plano focal del lente receptor de la antena;

55 Las desventajas del esquema de generación de imágenes DPA de haz singular son las siguientes:

- en el caso, cuando el tiempo asignado para la generación de una imagen completa es limitado,
- período de tiempo de observación insuficiente del elemento de imagen unitario y valores radiométricos de sensibilidad y de precisión de contraste radiotérmico potencialmente bajos relacionados; requisitos estrictos para los parámetros de velocidad del dispositivo de control de antena del sistema radiométrico;
- 60 – en el caso, cuando se requiere una alta precisión de restauración de la descarga radiotérmica en el campo de observación,
- el intervalo de tiempo significativo, requerido para la generación de la imagen.

Las deficiencias de los sistemas con matrices de formación de haces en la banda SHF incluyen la complejidad de colocar un gran número de excitadores (canales de medición) en el plano focal de la antena cuando las dimensiones del excitador unitario son limitadas físicamente, los problemas relacionados con la construcción de matrices de formación de haces con haces superpuestos espacialmente sólidos durante la construcción de antenas altamente dirigidas, así como el alto costo total de los sistemas, relacionado con el aumento de la ley cuadrada del número de canales receptores en dependencia del número N^2 de N elementos de imagen en cada coordenada. En este caso, cada uno de los canales mencionados debe contener un conjunto completo de elementos comunes a los receptores de radiación radiotérmica de frecuencia ultra alta. Existen además otros métodos para la generación de imágenes radiotérmicas, que combinan las características del método de matrices de formación de haces con los principios de la reorientación espacial en serie del grupo DPA creado por la matriz de formación de haces. En este caso, el número de receptores en el sistema puede reducirse a una figura técnica y económicamente aceptable, pero aparecerán otros problemas técnicos, particularmente relacionados con la necesidad de posiciones DPA del grupo de reorientación rápida en el sector de ángulos de observación.

Uno de los métodos en perspectiva para la generación de imágenes radiotérmicas en los sistemas de creación de imágenes de onda de radio es a través del uso de antenas de exploración basadas en los efectos de transformación de las ondas de volumen hacia las ondas superficiales en las estructuras abiertas electrodinámicas, que se investigaron primero hace 30 años (Andrenko S.D., Devyatkov N.D., Shestopalov V.P. - Antenna array of millimeter range // Doklady Akademii nauk USSR, 1978, v. 240, N° 6. - P. 1340-1343, Shestopalov V.P., Andrenko S.D., Belyaev V.G., Sidorenko Yu.B., Provalov S.A. Peretvorenyya milimetrovikh i submilimetrovikh poverkhnevikh elektromagnitnikh khvil v obyemni i vikoristannya cyogo yavischa u fizici i tekhnici // Naukovi oglyadi i povidomlennya, Visnik AN Ukrainskoy RSR, N°1, Sichen, 1977 - S. 8-21). Tales antenas suelen contener una guía de onda dieléctrica lineal o plana, una rejilla de difracción dispersa, colocada en su proximidad directa, así como elementos para proporcionar la concentración de energía electromagnética y su transmisión a la entrada del receptor radiométrico.

Existen sistemas y métodos conocidos, por ejemplo como se describe en el documento US 5.933.120, para la generación de imágenes basadas en rejillas de difracción que incluyen entre sus elementos principales una disposición de eje para definir el eje de rotación, una disposición de guía de ondas unida a la disposición de eje y que contiene la primera guía de onda dieléctrica lineal, que define el primer eje perpendicular al eje de rotación, la disposición de la rejilla de difracción, contiene numerosos sectores, y cada sector de la matriz mencionada contiene un período diferente de la rejilla de difracción conductora, de este modo, el período cambiante de la rejilla de difracción es una función del ángulo establecido al girar el punto de la rejilla hacia el eje de rotación, y el plano de la rejilla es perpendicular al eje de rotación. Además este sistema y el método proporcionan ventajas, cuya esencia es que la imagen puede generarse rápidamente con la ayuda de un sistema radiométrico de bajo costo.

Entre las ventajas de la implementación de los sistemas y métodos mencionados está la posibilidad de generar imágenes radiotérmicas bidimensionales a través de un único receptor, mediante la provisión de un movimiento radial del haz desde el centro hasta la circunferencia del sector de ángulos de observación en forma de cono, que se logra mediante el movimiento circular unidireccional isócrono de los elementos de control de la antena. Se eliminan los momentos de inercia de signo variable y, como resultado, la velocidad de generación de imágenes aumenta, alcanzando docenas de imágenes por segundo.

Mientras tanto, las desventajas significativas son inherentes a los sistemas y métodos de implementación mencionados.

La primera desventaja es la necesidad de rotación simultánea, con diferentes velocidades, de la disposición de guía de ondas dieléctrica con el elemento receptor y la rejilla de difracción en forma de disco. La velocidad de rotación de la disposición de guía de ondas dieléctrica define la velocidad de generación de imágenes; la velocidad de rotación de la rejilla define el componente radial de la velocidad de movimiento del haz en el espacio. La velocidad de rotación de la rejilla supera significativamente la velocidad de rotación de la disposición de la guía de ondas dieléctrica y, con una alta resolución espacial de la antena, puede alcanzar varias decenas de miles de revoluciones por minuto. Aunque tales velocidades de revolución pueden lograrse técnicamente, esto hace que el dispositivo sea significativamente complicado. Las dimensiones de una unidad de rejilla, que son bastante grandes, definen las dimensiones de la apertura de recepción de la antena y la resolución espacial del sistema de creación de imágenes de ondas de radio. Mientras gira a alta velocidad, en esencia, este se convierte en un dispositivo giroscópico que se esfuerza por mantener su orientación en el espacio y, por lo tanto, debido a momentos mecánicos significativos emergentes, evita el cambio de esta orientación espacial, es decir, el cambio de la posición de la antena mientras analiza el espacio. Por lo tanto, tales sistemas de generación de imágenes pueden usarse, en primer lugar, para la construcción de imágenes mientras mantiene una posición espacial estacionaria del sector de ángulos de observación. Para suprimir los tipos de oscilaciones electromagnéticas más altas en guías de ondas dieléctricas, las dimensiones de su sección transversal deberían ser consistentes con la longitud de las ondas recibidas. En el rango de los milímetros, este tiene solamente unos pocos milímetros, lo que da como resultado una flexibilidad significativa de la guía de ondas. Mientras que la rejilla y la guía de onda se mueven una con relación a la otra, la provisión de una distancia fija (brecha) permanente entre estas es un problema técnico. Se conoce que este espacio define los parámetros básicos de energía del sistema electrodinámico de la antena - el coeficiente de transformación de la onda electromagnética espacial en la onda de superficie de la guía de ondas dieléctrica. Estas peculiaridades dificultan la implementación técnica y aumentan el costo del dispositivo debido a la compleja construcción de la disposición de la guía de ondas, los requisitos de mayor precisión de la unidad y las complejidades del proceso de alineación de los elementos.

La segunda desventaja es la necesidad de rotación simultánea, en una única construcción, no solamente de la guía de onda dieléctrica lineal sino también del lente dieléctrico cilíndrico encima de la guía de onda, que enfoca la radiación descendente a lo largo de la línea focal coincidiendo con el eje de la guía de onda dieléctrica. El ángulo de apertura de la antena en el plano que coincide con la sección transversal de la guía de ondas se establece mediante las dimensiones del lente. En mediciones comparables de la rejilla de difracción y el lente, este último, que tiene una distancia focal finita, debe ubicarse a una distancia significativa de la guía de ondas dieléctrica. Cuanto mayor sea el tamaño de la apertura del receptor y la longitud focal, mayor será esta distancia. Esto da como resultado un aumento potencial de las dimensiones de la antena (su profundidad) y no permitirá implementar la versión plana declarada de la antena. Con longitudes focales cortas, la curvatura del lente debe ser significativa, lo que daría como resultado un ancho y una masa incrementados y, en consecuencia, aumentaría aún más el momento de inercia rotacional. Estas peculiaridades complican la implementación técnica de un sistema de antenas con altos parámetros operacionales que, al mismo tiempo, deberían ser fáciles de fabricar y debería tener un costo bajo.

La tercera desventaja se refiere a las limitaciones del ancho de banda de la frecuencia de la radiación recibida por el sistema radiométrico. Se conoce que el sistema electrodinámico «guía de ondas dieléctricas de rejilla de difracción» ha expresado propiedades dependientes de la frecuencia angular, aproximadamente 1° de desplazamiento del haz por un cambio de frecuencia de 1 %. Durante la recepción de la radiación de banda ancha, esto da como resultado la expansión del ancho del haz en el plano correspondiente al eje longitudinal de la guía de onda y, en consecuencia, la reducción de la eficiencia del sistema - deterioro de la resolución espacial y calidad de las imágenes generadas. Si el ancho de banda de las frecuencias recibidas está limitado por la instalación de filtros en la entrada del receptor, esto reduce la sensibilidad radiométrica del sistema y deteriora la calidad de la imagen debido a la reducción de la relación señal/ruido. La sensibilidad insuficiente del receptor radiométrico durante la exploración de alta velocidad de haz singular puede conducir a un deterioro significativo de la calidad de la imagen global debido al factor de alto ruido en los intervalos de observación de los elementos de imagen unitaria. Todas estas peculiaridades limitan las posibilidades de implementación de un sistema de generación de imágenes con un alto rendimiento operativo.

La cuarta desventaja de los sistemas y métodos mencionados es debido a las grandes pérdidas en la antena y las dificultades técnicas relacionadas con la implementación de los tipos de redes de difracción propuestos: sector múltiple, sector múltiple con incremento alterno, espiral con incremento alterno. Su fabricación a un costo razonable solo puede ser posible en base al uso de métodos fotolitográficos cuando se usan sustratos fabricados de materiales dieléctricos. En un rango milimétrico, la abrumadora mayoría de los materiales dieléctricos posee altos componentes imaginarios de permeabilidad dieléctrica ϵ'' , lo que produce un aumento de las pérdidas en la antena y una reducción de la sensibilidad radiométrica del sistema o, si se alcanza una sensibilidad aceptable, ϵ'' el sistema carece de características mecánicas requeridas (demasiado frágiles o demasiado flexibles) y son demasiado costosas cuando se necesitan muestras de más de diez centímetros de diámetro con un grosor de 1 mm. Entre tales materiales se encuentran, particularmente el zafiro y el vidrio de sílice. Se pueden obtener pérdidas de radiación significativamente menores mediante el uso de rejillas de difracción totalmente metálica en forma de peine, sin embargo, la fabricación de tales rejillas con perfil de curvatura variable o rejillas de sectores múltiples, con la precisión de perfiles requerida, está actualmente al borde de la posibilidad de la perspectiva mecánica. Esto hace que el uso de tales rejillas sea ineficiente debido a un costo muy alto. Dado que las pérdidas activas en la antena definen, en gran medida, la temperatura total de ruido del sistema y la sensibilidad alcanzada, las peculiaridades mencionadas anteriormente hacen que la implementación del sistema radiométrico de generación de imágenes con altas especificaciones técnicas sea bastante difícil.

Al mismo tiempo, al usar las propiedades de dispersión de tales estructuras, mediante el uso de procedimientos correspondientes para el procesamiento de señales de ruido recibidas, parece posible generar patrones de dirección de haces múltiples de las antenas y controlar la orientación espacial de estos diagramas en la cuenta de la alteración sincrónica de los parámetros de los sistemas electrodinámicos de antenas, proporcionando un campo de visión en el sector de los ángulos espaciales. Por ejemplo, dicho esquema de revisión puede implementarse sobre la base de la ley recíproca de exploración con el principio basado en el marco de la generación de imágenes (Patente (UA) núm. 56347), (ver Figura 2). En este caso, debido a la división del rango global de frecuencias recibidas en M canales de frecuencia independientes ($M \geq 1$) y el procesamiento paralelo de la señal de ruido recibida por la antena en cada uno de los M canales de frecuencia, específicamente, debido a las operaciones secuenciales conducidas de comparación de la radiación recibida con las señales de referencia calibradas, mediante la transformación de frecuencia, amplificación, detección de ley cuadrada, conversión analógico-digital, parece posible obtener M señales en forma digital, cuya amplitud en cada instante de tiempo dado corresponderá, en unidades de escala de temperatura, a los valores actuales de intensidad de radiación radiotérmica recibida por la antena en cada una de las M bandas de frecuencia, y al mismo tiempo corresponde a las posiciones espaciales actuales de los M haces de la antena. En caso de una colocación concordante de los valores digitales obtenidos de la intensidad de la radiación radioeléctrica en las celdas de la matriz de datos bidimensionales, de acuerdo con el número de M bandas de frecuencia y la ley de exploración seleccionada de la antena, y la conducción de operaciones de cambio dimensional lineal o no lineal en la matriz de estos valores digitales, de acuerdo con la ley seleccionada de revisión espacial y escala de mapeo requerida por cada una de las coordenadas espaciales, bajo la transformación concordante de los valores de los datos de matriz en grados de luminancia (tono) de acuerdo con la escala de luminancia (color), se puede generar una imagen radiotérmica en el dispositivo de visualización, reproduciendo con cierto detalle la distribución espacial de los campos de radiotérmicos, irradiados por los objetos situados en el sector de los ángulos de observación de la antena.

La antena de dicho radiómetro de exploración de haz múltiple puede crearse sobre la base de soluciones de ingeniería conocidas, por ejemplo, Patente (UA) núm. 56347, y puede contener una guía de onda dieléctrica plana, una rejilla de difracción en forma de disco colocada bajo la guía de onda dieléctrica montada en el eje de salida rotacional de transmisión electromecánica, así como un reflector parabólico, un irradiador de cuerno desde una guía de onda dieléctrica plana a una guía de onda metálica hueca y un sensor de posición de disco, a continuación, la salida del irradiador de bocina es la salida de la antena, y la entrada de la transmisión electromecánica y la salida del sensor de posición del disco son la entrada y salida de control de la antena, respectivamente.

Entre las ventajas del método descrito en la Patente UA núm. 56347 debe enumerarse la posibilidad de generación de imágenes radiotérmicas con la presencia de un único dispositivo de entrada de frecuencia ultra alta en el sistema, lo que reduce significativamente su complejidad y costo, en comparación con la versión que contiene una matriz de formación de haces. La segunda ventaja del prototipo es la reducción M veces de la velocidad de movimiento del haz y \sqrt{M} veces de mejora de la sensibilidad del sistema, en comparación con el esquema de haz singular, debido a la concordancia del aumento M veces del tiempo de integración de la señal.

Al mismo tiempo, el principio recíproco de observación espacial por el patrón de dirección de haces múltiples de la antena, utilizado en el prototipo, tiene una desventaja que se expresa a una velocidad limitada de la generación de imágenes. Esto está relacionado con el uso del movimiento mecánico de la rejilla de difracción en forma de disco con dirección alterna en el proceso de controlar la posición espacial del DPA, que tiene lugar en un cierto sector angular alrededor de los ejes orientados cerca de la superficie de trabajo normal de la guía de onda dieléctrica. Para antenas altamente direccionales, las dimensiones cruzadas de la apertura del receptor (rejilla de difracción) pueden alcanzar decenas de centímetros. De este modo, los elementos móviles de la antena poseen un momento de inercia bastante alto y las velocidades máximas de observación alcanzables y la renovación de las imágenes no puede exceder varios Hertz con movimiento recíproco de haces. Esto es insuficiente para los sistemas de supervisión de la operación, donde la velocidad de actualización de datos debe exceder las 10 imágenes por segundo.

La segunda desventaja de este método se debe a las limitaciones del ancho del sector alcanzable de los ángulos de observación en esa coordenada, por lo que se realiza la división de frecuencia de las direcciones de recepción. El sistema electrodinámico de la antena tiene dependencia de ángulo-frecuencia, lo que da lugar a ciertas limitaciones de ancho de banda de trabajo debido al deterioro del coeficiente de transformación de energía en los umbrales de la banda en parámetros fijos de la guía de onda dieléctrica y la rejilla de difracción. La transformación eficiente del volumen de ondas electromagnéticas en ondas superficiales puede tener lugar en un ancho de banda limitado, alrededor de -16 a 20 % de la frecuencia central. En valores realizables de coeficiente de ángulo-frecuencia de la antena de aproximadamente 0,9 a 1 grado del barrido del haz por cambio de frecuencia del 1 %, el ancho de banda mencionado determina el tamaño alcanzable de los sectores del ángulo de observación mediante esa coordenada con el valor entre 15° y 20°, que es insuficiente para la detección remota y la supervisión operativa del medio ambiente.

Entre las desventajas de la antena en el dispositivo prototipo está la necesidad de cambiar las posiciones mutuas de la rejilla de difracción y la guía de ondas dieléctrica en el proceso de exploración. Al girar la rejilla de difracción, la orientación de los elementos de dispersión de la rejilla cambiará en relación con el frente de fase de la onda electromagnética que se propaga en la guía de ondas dieléctrica, por lo que los parámetros del sistema electrodinámico mencionado también cambiarán y, como resultado, cambiará la orientación espacial del haz de la antena (haces). Al mismo tiempo, dicha variación de los elementos del sistema electrodinámico también estipulará el cambio de las características energéticas de la antena: la eficiencia de transformación de la onda electromagnética de volumen en onda de superficie de guía de onda dieléctrica disminuye con la inclinación del haz (haces) desde la posición inicial, en la que los elementos de dispersión de la rejilla están orientados en paralelo al frente de fase de la onda de superficie de la guía de ondas dieléctrica. De manera similar, la inclinación del haz desde la posición inicial correspondiente a la posición inicial de la rejilla conlleva al aumento del ancho del haz (haces) de la antena como resultado de las dimensiones efectivas de la apertura del receptor de acuerdo con el cambio de proyección de la apertura en la dirección de visualización; es decir, la inclinación del haz resulta en la reducción del coeficiente de utilización del área de la antena. Por tanto, para el método de generación de imágenes radiométricas mencionado, el factor de transferencia de energía de la antena y el ancho del haz son funciones del ángulo de exploración, que prohíbe el logro de parámetros de DPA igualmente altos en todo el sector de ángulos de observación, y por lo tanto no es posible obtener la misma calidad de imagen en todo el campo; esto potencialmente da como resultado un deterioro de la calidad de las imágenes generadas.

Otra desventaja de la antena prototipo está relacionada con las complejidades tecnológicas en el proceso de su fabricación y alineación. Dado que en el proceso de operación la rejilla de difracción y la guía de onda dieléctrica plana deberían colocarse a una cierta distancia calibrada, que se selecciona en el proceso de alineación de la antena y debe permanecer invariable en el proceso de exploración, la construcción de la antena debería satisfacer estas condiciones. Como resultado, los requisitos para las características mecánicas de los elementos -la precisión de la superficie plana de la rejilla de difracción y la guía de ondas planas- son bastante altos, lo cual es un factor limitante para los tipos de materiales dieléctricos aplicables. Por ejemplo, una guía de onda plana fabricada de poliestireno, que posee una rigidez y estabilidad de características mecánicas bastante altas, es inadecuada en aplicaciones de rango milimétrico debido a las pérdidas aproximadamente dos veces mayores en comparación con, por ejemplo, PTFE; PTFE, sin embargo, no puede usarse sin reservas en dicha construcción debido a su flujo en frío y la inestabilidad de las características mecánicas en el período

de explotación. Como la rotación de la rejilla de difracción respectiva a la guía de onda dieléctrica es una de las características principales del método de generación de imágenes mencionado y define la construcción y las características mecánicas del material de la guía de ondas dieléctrica, las características mencionadas se encuentran entre las desventajas de la antena, reduciendo sus parámetros técnicos alcanzables, aumentando su complejidad y costo. Otro sistema y método para la formación de imágenes radiométricas se describe en "Millimeter Wave Imaging System" por S.A. Shilo y Yu.B. Sidorenko in MSMW'07 Symposium Proceedings, Kharkov, Ucrania, 25-30 de Junio, 2007. La esencia de la primera invención del grupo es mejorar el método de generación de imágenes radiométricas debido a la transición del movimiento lineal recíproco de grupo al movimiento circular isócrono de los patrones de dirección de haz múltiple de la antena, proporcionando así una mejora de la velocidad máxima de generación de imágenes, una mejora de la resolución radiométrica en la parte central de la imagen y expansión del sector de los ángulos de observación.

La esencia de la segunda invención del grupo es mejorar la exploración de la antena de haces múltiples debido a la transición al principio circular de la exploración, proporcionando así un aumento de la velocidad de exploración, la reducción de las pérdidas activas, la mejora del coeficiente de utilización del área de apertura, el logro de una mejor efectividad tecnológica y la reducción de los costos de fabricación.

El primer problema se resuelve teniendo en cuenta que, en el método de generación de imágenes radiométricas, basado en la repetición cíclica de un algoritmo, este consistía en los procedimientos de medición y procesamiento de datos, ejecutados con el uso de cuatro intervalos de tiempo básicos, denominados como fase de calibración mediante el primer estándar con duración Δt_{cs1} , fase de calibración mediante el segundo estándar con duración Δt_{cs2} , fase de recepción de la radiación externa con duración Δt_{ex} , y fase de procesamiento de datos con duración Δt_{pr} , además, la fase de procesamiento de datos Δt_{pr} sigue después de la fase de recepción de la radiación externa Δt_{ex} , y las fases de calibración Δt_{cs1} y Δt_{cs2} que pueden ejecutarse en cualquier orden, preceden a la fase de recepción de la radiación externa Δt_{ex} , además, la recepción de la radiación radiotérmica externa toma lugar durante la fase de recepción de la radiación externa Δt_{ex} desde un sector bidimensional de los ángulos representados en una base de coordenadas ortogonales y caracterizado por coordenadas independientes Θ y Φ , calculadas a partir de un vector espacial que define el plano de apertura de la antena y mediante el sector angular $\Delta\Theta = (\Theta_{fin} - \Theta_{ini})$ de la Θ coordenada, con coordenadas de los ángulos de observación inicial y final Θ_{ini} y Θ_{fin} , respectivamente, así como M ($M \geq 1$) direcciones de observación independientes con orientación espacial θ_m ($M \geq m \geq 1$) junto con la coordenada espacial mencionada Θ . Los M valores de la intensidad de radiación radiotérmica $E_{i,m}$, se recibieron simultáneamente por los M haces de la antena. Estos M valores se procesan en M canales de recepción de manera simultánea y de acuerdo con un procedimiento de medición unificado y se transforman luego en una disposición unidimensional de valores digitales $[C_m]$ durante la fase de calibración mediante el primer estándar de calibración Δt_{cs1} , simultáneamente M canales de recepción reciben la primera radiación de calibración con la intensidad conocida o calculada $T_{c1,m}$ en unidades de escala de temperatura, y las señales recibidas se procesan de manera simultánea y de acuerdo con un procedimiento de medición unificado en M canales de recepción y se transforman en una disposición unidimensional de valores digitales $[C_{c1,m}]$ con dimensionalidad $[M]$, durante la fase de calibración mediante el segundo estándar de calibración Δt_{cs2} , simultáneamente M canales de recepción reciben la segunda radiación de calibración con intensidad conocida o calculada $T_{c2,m}$ en unidades de escala de temperatura, y las señales recibidas de manera simultánea y de acuerdo con el procedimiento de medición unificado se procesan en M canales de recepción y se transforman en una disposición unidimensional de valores digitales $[C_{c2,m}]$ con un número de dimensiones $[M]$, durante la fase de procesamiento Δt_{pr} las disposiciones recibidas de los datos digitales $[C_m]$, $[C_{c1,m}]$, $[C_{c2,m}]$, $[T_{c1,m}]$, $[T_{c2,m}]$ se procesan simultáneamente de acuerdo con el procedimiento de procesamiento de datos para el cálculo de las temperaturas de brillo-radio de la radiación recibidas, como un resultado a partir del cual se forma una disposición unidimensional de los valores con numerosas dimensiones $[M]$, los valores $[T_{b,m}]$ los cuales, representados en unidades de escala de temperatura, caracterizan la distribución de la intensidad de la radiación radiotérmica $E_{i,m,n}$. Para una dirección de observación independiente n ($N \geq n \geq 1$) de N ($N \geq 1$) direcciones de observación a lo largo de una coordenada espacial independiente de la dirección Θ , además, adicional a lo anterior, las direcciones θ_m surgen simultáneamente en una antena dispersiva con un sistema radiométrico para la división en frecuencia de las direcciones de recepción en la coordenada espacial Θ en M direcciones independientes dividiendo el ancho de banda general del sistema radiométrico Δf en M anchos de banda más estrechos Δf_m , cada uno de los cuales caracteriza un número de canales de recepción separados m con el número total de estos canales M , además del procedimiento de medición en cada uno de los M canales de recepción incluye las operaciones consecutivas de filtración y amplificación de señales en un rango de frecuencia ultra alta en general para todos los anchos de banda de los $\Delta f = (f_{ini} - f_{fin})$, donde f_{ini} y f_{fin} , son, respectivamente, los valores inicial y final de la frecuencia de radiación recibida por el sistema radiométrico en un intervalo de frecuencia ultra alta (UHF, segregación de la señal en la banda de frecuencia $\Delta f_m = (f_{m,ini} - f_{m,fin})$, donde $f_{m,ini}$ y $f_{m,fin}$, respectivamente, son los valores inicial y final de frecuencia de la radiación recibida en el canal con el número m atribuido al intervalo de frecuencias ultra alta, además los valores mencionados $f_{m,ini}$ y $f_{m,fin}$ cambian sucesivamente de canal a canal y se seleccionan de manera que, junto con las bandas Δf_m en M canales de recepción sin omisiones cubren toda la banda de frecuencia Δf , y las direcciones θ_m corresponden a las bandas Δf_m en concordancia y sin omisiones cubren todo el sector de ángulos $\Delta\Theta$, y, finalmente, se ejecuta sucesivamente en cada operación del canal de detección de ley cuadrada, la integración, la conversión analógico-digital y la acumulación digital y además, el procedimiento de procesamiento de datos incluye en consecuencia consecutivamente las operaciones ejecutadas del cálculo para cada uno de los m canales de recepción los coeficientes $S_m = (T_{c1,m} - T_{c2,m}) / (C_{c1,m} - C_{c2,m})$, definen los valores de subida de la dependencia lineal de la transformación de los valores digitales de salida C_m en los valores de radiación externa de las temperaturas de radio-brillo $T_{b,m}$, y luego los cálculos de los valores $T_{b,m}$ de acuerdo con las dependencias lineales encontradas proporcionalmente como $T_{b,m} = S_m \cdot (C_m - C_{c2,m}) + T_{c2,m}$ con una formación siguiente de una disposición bidimensional $[T_{b,m,n}]$ con numerosas

dimensiones [dimensionalidad] $[M \times N]$ para $M \cdot N$ las direcciones de observación independientes mediante ambas coordenadas independientes de la imagen, de acuerdo con la invención de formación de las imágenes toma lugar con un movimiento circular isócrono simultáneo de M haces de la antena y se implementa para girar la apertura del receptor de la antena alrededor de un eje espacial que define la dirección de observación principal con coordenadas $[\Theta_{principal}, \Phi_{principal}]$ durante el período de revolución T_{rev} mediante el ángulo $\Psi=360^\circ$ con una revolución síncrona simultánea del sistema de coordenadas mencionado alrededor del mismo eje espacial al mismo ángulo $\Psi=360^\circ$ con representación simultánea de las coordenadas de imágenes de acuerdo con el sistema de coordenadas (Θ, Ψ) y la introducción de los valores inicial Ψ_{ini} y final Ψ_{fin} de los ángulos de observación mediante la coordenada Ψ , que define el sector de la coordenada de los ángulos de observación $\Delta\Psi=(\Psi_{fin}-\Psi_{ini})$ mediante Ψ mientras divide este sector en N ($N \geq 1$) posiciones de observación independientes ψ_n , ($N \geq n \geq 1$) a lo largo de la coordenada Ψ y la introducción del quinto intervalo de tiempo básico en el algoritmo que es una parte de procedimiento de procesamiento de datos y se denomina fase de transformación con duración Δt_{ct} , durante el cual el procedimiento de transformación de las coordenadas espaciales de los elementos del sistema de coordenadas (Θ, Ψ) hacia el marco de referencia (Θ, Φ) se realiza para la disposición bidimensional generada de los valores de temperaturas de radio-brillo $[T_{b,m,n}]$, además la dirección de observación principal Θ por las coordenadas Θ toma cualquier valor en el sector de los ángulos de 0° a 90° , y mediante la coordenada Φ la dirección de observación principal $\Theta_{principal}$ toma el valor de cero ($\Phi_{principal}=0$), además, ciertas fases pueden ejecutarse múltiples veces en varias combinaciones en dependencia de la duración de ejecución seleccionada de las fases de calibración mediante el primer estándar de calibración Δt_{cs1} , la calibración mediante el segundo estándar de calibración Δt_{cs2} , la recepción de la radiación externa Δt_{ex} con referencia al período de revolución T_{rev} , específicamente, la fase de recepción de la radiación externa Δt_{ex} puede ejecutarse P veces consecutivamente ($P \geq 1$), formando así un ciclo de acumulación con duración Δt_{ac} , cuando $P=1$ el algoritmo contiene un grupo de fases de calibración ejecutadas consecutivamente mediante la fase de calibración del primer estándar de calibración Δt_{cs1} , o del segundo estándar de calibración Δt_{cs2} , la fase de recepción de la radiación externa Δt_{ex} y la fase de procesamiento Δt_{pr} , que repiten el grupo mencionado ($J \geq 1$) veces consecutivas, después de las cuales se ejecuta la fase de transformación de coordenadas Δt_{tr} , y cuando $P > 1$ el algoritmo consiste en una fase de calibración ejecutada continuamente por el primer estándar de calibración Δt_{cs1} y la fase de calibración por el segundo estándar de calibración Δt_{cs2} , después de lo cual se repite J veces consecutivamente ($J \geq 1$) el grupo consiste en el ciclo de acumulación ejecutado consecutivamente Δt_{ac} , se ejecuta la fase de procesamiento Δt_{pr} y la fase de transformación de coordenadas Δt_{tr} , además la acumulación de los datos toma lugar con el intervalo de acumulación $\tau_m \leq \Delta t_{ex} / N$ durante la fase de recepción de la radiación externa Δt_{ex} con un aumento de la concordancia del intervalo de acumulación τ_m de acuerdo con la proximidad de las coordenadas espaciales θ_m a la dirección de observación principal $[\Theta_{principal}]$, con el intervalo de calibración $\tau_{c1m} \leq \Delta t_{cs1}$ durante la fase de calibración Δt_{cs1} por el primer estándar de calibración y con el intervalo de acumulación $\tau_{c2m} \leq \Delta t_{cs2}$ durante la fase de calibración Δt_{cs2} por el segundo estándar de calibración.

Tal modificación del método de generación de imágenes radiométricas permite mejorar la velocidad de generación de imágenes, aumentar la resolución radiométrica en la parte central de las imágenes, ubicadas cerca de la dirección de observación principal, extender el sector de ángulos de observación mientras mantiene el número de M canales de procesamiento y la banda de frecuencia Δf para cumplir las siguientes condiciones.

- 1) Con el movimiento circular unidireccional isócrono de la antena, en ausencia de momentos mecánicos de signo variable, se pueden alcanzar velocidades de generación de imágenes significativamente más altas, en comparación con el movimiento lineal recíproco de los elementos internos de la antena.
- 2) Con el movimiento de rotación de los patrones de dirección de la antena, sus M haces se mueven con velocidades angulares iguales pero con diferentes velocidades lineales, además, el número de elementos de imágenes independientes (píxeles), colocados a lo largo de la trayectoria circular del haz, cambia proporcionalmente con el aumento del radio (longitud de la trayectoria). Por lo tanto, los intervalos de integración temporal τ_m en los canales de un sistema radiométrico pueden seleccionarse de manera concordante con la velocidad lineal de la propagación del haz, además, cuanto más cerca esté el haz del centro, más tiempo de integración se podrá alcanzar; por ejemplo, para un haz cuya orientación es la misma que la dirección de observación principal (eje de rotación de la antena), no existe movimiento lineal y su intervalo de integración puede ser igual al período de exploración, o $N \cdot \Delta t_{ex}$. Debido a esto la resolución radiométrica (sensibilidad a la fluctuación) aumenta para la parte central de la imagen y, como resultado, mejora la calidad de la imagen.
- 3) Con la exploración circular, el sector de ángulos de observación es dos veces el valor de la diferencia de ángulos de observación para los haces más externos θ_1 y θ_M del patrón de dirección que, en una banda de frecuencia invariable Δf y con un número invariable de M canales de procesamiento dobla las dimensiones del sector de los ángulos de observación en comparación con el movimiento recíproco lineal. Al mismo tiempo, este mantiene la alta eficiencia de la antena en la transformación de ondas de volumen electromagnéticas en ondas de superficie en todo el sector de ángulos de observación.

El segundo problema establecido se resuelve proporcionando una antena que contiene una guía de onda dieléctrica plana y una rejilla de difracción bidimensional, un irradiador, una transmisión electromecánica y un sensor de posición. La guía de onda dieléctrica plana y la rejilla de difracción bidimensional están asociadas por un campo de difracción. El plano de apertura de recepción se coloca lo más cerca posible del lado de radiación recibido de la guía de ondas dieléctrica plana. La entrada del irradiador está conectada a la salida de la guía de onda dieléctrica plana. La entrada de la transmisión electromecánica y la salida del sensor de captación de posición son, respectivamente, la entrada de control y la salida de control de la antena. Adicionalmente, se ha agregado una unidad de pedestal, una transición de guía de onda giratoria y un cancelador de fuerza rotativa. La transmisión electromecánica, el cancelador de fuerza giratoria, el sensor de posición

y la transición de guía de onda giratoria están montados en la unidad de pedestal. El eje de salida de la transmisión electromecánica, el cancelador de fuerza giratoria y la transición de guía de onda giratoria son coaxiales con la posibilidad de rotación alrededor del eje común. El cancelador de la fuerza rotatoria, a través de un esquema cinemático, está vinculado al eje de salida de la transmisión electromecánica. La guía de onda dieléctrica plana, la rejilla de difracción bidimensional y el irradiador están unidos mecánicamente rígidamente entre sí y forman una unidad de construcción integrada, que se denomina rotor de la antena. El rotor de la antena está unido rígidamente y mecánicamente al eje de salida de la transmisión electromecánica. La salida del irradiador está conectada a la entrada giratoria de la transición de guía de onda giratoria, cuya salida inmóvil es la salida de la antena.

Esta solución de ingeniería permite una mejora en la velocidad de generación de imágenes, un aumento en la resolución radiométrica en la parte central de las imágenes en la cercanía de la dirección de observación principal, un aumento en la velocidad de exploración, la relación de utilización del área de apertura y la facilidad de fabricación, y una expansión en el sector de ángulos de observación sin cambiar el número de M canales de procesamiento y la banda de frecuencia invariable Δf . Esta solución se realiza a través de los siguientes criterios:

1) Con el movimiento circular unidireccional isócrono de la antena, en ausencia de momentos mecánicos de signo variable, se pueden obtener velocidades de generación de imágenes significativamente más altas, en comparación con el movimiento lineal recíproco de los elementos internos de la antena.

2) Al girar toda la unidad de antena durante la exploración del ancho de los haces $\Delta\varphi_m$ del patrón direccional de la antena en el plano de coordenadas Φ , que es ortogonal al plano de coordenadas Θ , permanece invariable, ya que durante la fase de exploración no hay cambios internos en la antena. Dado que, además, todos los M haces de la antena por la coordenada Φ están orientados perpendicularmente al plano de apertura, se logra potencialmente la mejor resolución angular posible $\Delta\varphi_m$ para cada uno de los haces, mejorando así la relación de utilización del área de la apertura de la antena.

3) La rejilla de difracción bidimensional y la guía de onda dieléctrica plana de la antena pueden implementarse como una unidad de construcción integrada con posición invariable de elementos, lo que simplifica la unidad y alineación de la antena y permite proporcionar una guía de onda dieléctrica de condición de precisión de superficie plana ya que, a través del uso de componentes estructurales intermedios (por ejemplo, juntas hechas de material dieléctrico), puede reclinarse contra rejillas de difracción mecánicamente más rígidas. Ambos de estos elementos pueden fabricarse como una única unidad, fabricada de un dieléctrico revestido con lámina de doble cara, mientras que la rejilla de difracción se deposita sobre una de las superficies metálicas por método fotolitográfico. Las peculiaridades mencionadas mejoran la efectividad de la producción durante la producción en masa, reducen el costo de los elementos y los gastos para la alineación de la antena. Los requisitos para las características mecánicas del material dieléctrico se relajan significativamente, y es posible elegir el material con menos pérdidas en el rango de ondas milimétricas. Además, es posible reducir las pérdidas en la antena y sus costos.

De acuerdo con la presente invención, se proporciona un método de generación de imágenes radiométricas utilizando una serie de revoluciones isócronas de una antena de haces múltiples con una característica de dispersión, en donde la antena se combina con un receptor multicanal con separación de canales de frecuencia para formar una unidad de creación de imágenes, el método comprende ejecutar cíclicamente las siguientes fases: dos fases de calibración separadas Δt_{cs1} , Δt_{cs2} usando el primer y el segundo estándar; la fase de recepción de radiación externa Δt_{ex} , la fase de procesamiento de datos Δt_{pr} , y la fase de transformación de datos Δt_{tr} . Durante cada revolución de la antena, se generan una o dos imágenes completas utilizando este método. La fase de recepción de la radiación externa Δt_{ex} puede ejecutarse consecutivamente P ($P \geq 1$) veces formando un ciclo de acumulación Δt_{ac} con una duración $P \cdot \Delta t_{ex}$. La imagen es típicamente un segmento de un círculo.

La duración total de la fase de calibración mediante el primer estándar de calibración Δt_{cs1} , la fase de calibración mediante el segundo estándar de calibración Δt_{cs2} , el ciclo de acumulación Δt_{ac} , la fase de procesamiento Δt_{pr} y la fase de transformación de coordenadas Δt_{tr} , ejecutada consecutivamente puede ser igual al período de tiempo de rotación T_{rev} de la antena.

Alternativamente, la duración total de la fase de calibración mediante el primer estándar de calibración Δt_{cs1} , la fase de calibración mediante el segundo estándar de calibración Δt_{cs2} , el ciclo de acumulación Δt_{ac} ejecutado consecutivamente puede ser igual al período de tiempo de rotación T_{rev} de la antena. Alternativamente, la fase de calibración ejecutada consecutivamente por el primer estándar de calibración Δt_{cs1} , la fase de calibración mediante el segundo estándar de calibración Δt_{cs2} , la fase de recepción de radiación externa Δt_{ex} ($P=1$) y la fase de procesamiento Δt_{pr} pueden realizarse cíclicamente N veces en una hilera ($I=N$, donde N es el número de posiciones de haces independientes por revolución), con una duración total del ciclo mencionado de N repeticiones iguales al período de tiempo de la rotación T_{rev} . En este caso, la fase de transformación de coordenadas Δt_{tr} se ejecuta posteriormente de manera independiente. La fase de transformación Δt_{tr} se realiza preferentemente durante la revolución después de la revolución durante la cual se recibieron los datos.

Alternativamente, la duración total de la ejecución de las fases de calibración mediante el primer estándar de calibración Δt_{cs1} , mediante el segundo estándar de calibración Δt_{cs2} y la recepción de la radiación externa Δt_{ex} es la misma para cualquier elemento del ciclo con un número i ($i \geq 1$) y es igual a la $(1/N)^{ésima}$ parte del período de rotación T_{rev} , y la fase de procesamiento Δt_{pr} puede ejecutarse independientemente en el curso del $(i+1)^{ésimo}$ elemento regular del ciclo.

En el curso de la ejecución de cada elemento regular del ciclo con un número i ($i \geq 1$) cada una de las fases de calibración puede ser excluida alternativamente, y en el curso de la ejecución de la fase de procesamiento Δt_{pr} , los datos se obtienen para el elemento del ciclo ($i-1$). En particular, en el curso de la ejecución de cada elemento regular del ciclo con un número i ($i \geq 1$) una de las dos fases de calibración mencionadas se excluye alternativamente, ya sea el estándar de calibración Δt_{cs1} , o Δt_{cs2} . En caso de exclusión en el elemento del ciclo bajo el número i , las fases de calibración mediante el primer estándar de calibración Δt_{cs1} , en el curso de la ejecución de la fase de procesamiento Δt_{pr} los conjuntos de datos mencionados de los valores obtenidos se utilizan para el elemento ($i-1$)^{ésimo} del ciclo en la capacidad de las matrices de datos de valores $[C_{c1,m}], [T_{c1,m}]$, donde $[C_{c1,m}]$, son salidas digitales de M ($M \geq 1$) canales radiométricos ($1 \leq m \leq M$) en el caso de recibir las señales del primer estándar de calibración, $[T_{c1,m}]$ son señales de intensidad de calibración para el primer estándar de calibración con unidades de temperatura. En el caso de exclusión en el elemento del ciclo bajo el número i las fases de calibración por el segundo estándar de calibración Δt_{cs2} , en el curso de la ejecución de la fase de procesamiento Δt_{pr} las matrices de datos mencionadas se utilizan en la capacidad de las matrices de datos de los valores $[C_{c2,m}], [T_{c2,m}]$, que se obtienen para el elemento ($i-1$) del ciclo, donde $[C_{c2,m}]$ son las salidas digitales de los M canales radiométricos en el caso de recibir las señales del segundo estándar de calibración, $[T_{c2,m}]$ es la intensidad de las señales de calibración para el segundo estándar de calibración.

La duración total de la fase de calibración ejecutada consecutivamente por el primer estándar de calibración Δt_{cs1} y la fase de calibración por el segundo estándar de calibración Δt_{cs2} , puede ser igual al período de tiempo de rotación T_{rev} y el ciclo de acumulación ejecutado consecutivamente Δt_{ac} , la fase de procesamiento Δt_{pr} y la fase de transformación de coordenadas Δt_{tr} se puede ejecutar cíclicamente J veces seguidas ($J \geq 1$). Adicionalmente, la fase de procesamiento de datos Δt_{pr} y la fase de transformación de coordenadas Δt_{tr} pueden tener una duración total menor que el período de tiempo de rotación T_{rev} y puede ejecutarse independientemente de las fases de calibración Δt_{cs1} , Δt_{cs2} y el ciclo de acumulación Δt_{ac} dentro de los límites de tiempo del siguiente período de rotación T_{rev} .

Los valores de $[C_{c1,m}], [T_{c1,m}]$, y $[C_{c2,m}], [T_{c2,m}]$ los elementos de los conjuntos de datos para el elemento actual del ciclo bajo el número i ($i \geq 1$) pueden ser los valores medios aritméticos para cada elemento de estos conjuntos de datos, obtenido mediante el uso de K ($K \geq 1$) significativos anteriores de estos elementos en K elementos del ciclo, contados fuera del número i .

La capacidad de la medida de expansión para el ciclo de acumulación τ_m dentro del período de recepción de radiación externa Δt_{ex} , de acuerdo con la proximidad de las coordenadas espaciales θ_m en la dirección principal de observación $\Theta_{principal}$, se puede usar la siguiente expresión

$$\tau_m \leq \frac{\Delta t_{ex} \cdot |\Delta \Theta|}{N \cdot (|\Theta_{principal} - \theta_m| + |\Delta \Theta| / M)}$$

La dirección de observación principal $\Theta_{principal}$ puede tomar uno de los dos valores mediante la coordenada Θ , respectivamente Θ_{ini} o Θ_{fin} , en que la orientación espacial del plano de apertura de la antena permanece sin cambios en el tiempo.

La dirección de observación principal $\Theta_{principal}$ puede tomar alternativamente cualquier valor de la coordenada Θ , que está dentro del sector $\Delta \Theta$, con la excepción de Θ_{ini} , Θ_{fin} , por lo que la orientación espacial del plano de apertura de la antena permanece inalterada en el tiempo.

En cualquiera de las configuraciones anteriores, la orientación espacial del plano de apertura de la antena se modifica mediante una ley arbitraria.

La dirección de observación principal $\Theta_{principal}$ puede tomar valor mediante la coordenada Θ fuera del sector $\Delta \Theta$, en el que la orientación espacial del plano de apertura de la antena permanece sin cambios en el tiempo, con un movimiento lineal uniforme simultáneo de la antena en el mismo plano.

Además, de acuerdo con la presente invención, se proporciona una antena que comprende un rotor de la antena que comprende una guía de onda dieléctrica plana, una rejilla de difracción bidimensional y un irradiador y una transición de guía de onda giratoria configurada para girar con respecto al rotor de la antena. La guía de onda dieléctrica plana puede ser paralela a la rejilla de difracción. Alternativa o adicionalmente, la guía de onda dieléctrica plana y la rejilla de difracción pueden proporcionarse sobre un sustrato común. En particular, el sustrato común puede ser un material dieléctrico con un revestimiento de lámina para proporcionar la rejilla de difracción. La guía de onda dieléctrica plana puede ser no paralela a la rejilla de difracción. Esta configuración proporciona una mejor distribución del campo electromagnético a través de la rejilla de difracción como resultado de una reducción en los lóbulos laterales para esta configuración. El espacio más grande está cerca del lado del irradiador.

La antena puede comprender además un cancelador de fuerza configurado para girar con respecto al rotor de antena. La antena puede comprender además una transmisión electromecánica que comprende un motor configurado para girar al menos el rotor de la antena alrededor de un eje en una primera dirección. La antena puede comprender además un segundo motor configurado para girar el cancelador de fuerza en una segunda dirección alrededor del eje, opuesto a la

primera dirección. La antena puede comprender además un lente dieléctrico simétrico axialmente no giratoria bidimensional. El eje del lente puede ser coaxial al eje de la transmisión electromecánica.

5 La antena puede comprender además un sensor configurado para medir la posición angular de la antena cuando gira. El sensor puede estar ubicado dentro de la transmisión electromecánica.

10 La antena de acuerdo con la presente invención se puede combinar con un receptor radiométrico multicanal con separación de canales de frecuencia para proporcionar una unidad de formación de imágenes. El sensor puede configurarse adicionalmente para sincronizar los medios de procesamiento de datos con la posición angular de la antena.

15 La unidad de formación de imágenes puede comprender además al menos una fuente de radiación para calibrar el receptor radiométrico multicanal. La fuente de radiación está configurada para proporcionar dos señales de referencia distintas. La primera se puede crear con la fuente de radiación de ruido activa con atenuación de la señal mediante un acoplador direccional y el interruptor en posición "encendido" o "apagado". La segunda señal de referencia de radiación puede ser la radiación del cuerpo negro del dispositivo con el interruptor en la posición "apagado" y la fuente de ruido activo en la posición "apagado".

20 La unidad de formación de imágenes puede comprender además una segunda fuente de radiación para calibrar el receptor radiométrico multicanal. La unidad de formación de imágenes puede comprender además medios para procesar los datos recibidos por el receptor multicanal y medios para transformar los datos procesados.

La antena o la unidad de formación de imágenes se pueden usar para ejecutar el método descrito anteriormente.

25 La presente invención se describirá ahora, a modo de ejemplo solamente, con referencia a los dibujos acompañantes; en los cuales:

la Figura 1 ilustra los elementos principales de un sistema radiométrico, que ilustra el método de generación de imágenes y la composición de la antena de exploración;

la Figura 2 ilustra esquemáticamente la grilla de coordenadas de la imagen radiométrica durante la exploración recíproca de haces múltiples.

30 la Figura 3 ilustra esquemáticamente la grilla de coordenadas de imágenes radiométricas durante la exploración circular de haces múltiples;

la Figura 4 ilustra la distribución de los intervalos de tiempo durante la ejecución de todos los procedimientos dentro de un único ciclo de exploración.

35 la Figura 5 ilustra la distribución de intervalos de tiempo durante la ejecución de todos los procedimientos dentro de una serie de ciclos de exploración.

la Figura 6 ilustra el patrón de ciclo temporal del algoritmo durante diversas proporciones de duraciones de los procedimientos de componentes y el período de rotación de la antena;

la Figura 7 proporciona el principio de generación de imágenes durante la propagación isócrona lineal de la antena;

40 la Figura 8 representa la composición estructural del cancelador de momento angular;

la Figura 9 muestra varias configuraciones diferentes para la guía de ondas y el irradiador.

la Figura 10 muestra varias configuraciones diferentes para la antena;

la Figura 11 muestra varias configuraciones diferentes de la unidad de formación de imágenes; y

45 la Figura 12 muestra un ejemplo de un dispositivo que incorpora la unidad de formación de imágenes de acuerdo con la presente invención.

El método reivindicado para la generación de imágenes radiométricas se implementa de la siguiente manera (ver Figura 1, Figura 3, Figura 4, Figura 6a).

50 Un algoritmo que comprende los procedimientos de medición y procesamiento de datos, se repite cíclicamente en el tiempo y se ejecuta durante cinco intervalos de tiempo denominados fase de calibración mediante el primer estándar con duración Δt_{cs1} , fase de calibración mediante el segundo estándar con duración Δt_{cs2} , fase de recepción de radiación externa Δt_{ex} , que puede ejecutarse P veces consecutivamente ($P \geq 1$), formando un ciclo de acumulación con duración Δt_{ac} , fase de procesamiento de datos con duración Δt_{pr} , fase de transformación de datos Δt_{tr} , además, la fase de procesamiento de datos sucesivamente ejecutada Δt_{pr} y la fase de transformación de datos Δt_{tr} que sigue después del ciclo de
55 acumulación Δt_{ac} de P fases de recepción de radiación externa repetidas Δt_{ex} , y las fases de calibración ejecutadas Δt_{cs1} y Δt_{cs2} que se ejecutan en cualquier secuencia, preceden al ciclo de acumulación Δt_{ac} de P fases de recepción de radiación externa Δt_{ex} . Además, durante cualquiera de las P fases de recepción de radiación externa Δt_{ex} se recibe la radiación radiotérmica externa desde el entorno del sector bidimensional de ángulos, que se caracteriza por la orientación de los ejes de coordenadas espaciales del patrón direccional de la antena en las direcciones Θ y Ψ , con coordenadas de ángulos de observación inicial, respectivamente, Θ_{ini} y Ψ_{ini} , ángulos de observación final, respectivamente, Θ_{fin} y Ψ_{fin} , tamaños del sector, respectivamente, $\Delta\Theta = (\Theta_{fin} - \Theta_{ini})$ y $\Delta\Psi = (\Psi_{fin} - \Psi_{ini})$, y además $M(M \geq 1)$ y $N(N \geq 1)$ direcciones de observación independientes, respectivamente, a lo largo de cada una de las coordenadas espaciales mencionadas y con orientación espacial, respectivamente, $\theta_m(M \geq m \geq 1)$ y $\psi_n(N \geq n \geq 1)$. Por ejemplo, los valores de estos parámetros pueden ser, mediante la coordenada Θ : $\Theta_{ini} = 2^\circ$, $\Theta_{fin} = 16^\circ$ desde el plano normal al de apertura de la antena, $\Delta\Theta = 14^\circ$; mediante la coordenada
60 Ψ : $\Psi_{ini} = 0^\circ$, $\Psi_{fin} = +180^\circ$ desde la horizontal, $\Delta\Psi = 180^\circ$, $M = 32$, $N = 180$, $P = N = 180$.

La antena del sistema radiométrico gira mecánicamente alrededor del eje de rotación, cuya posición con respecto al plano de apertura al plano normal mediante la coordenada Φ tiene cero desviación, pero mediante la coordenada Θ puede tomar cualquier valor en el sector de ángulos de 0° a 90° , por ejemplo, coincidiendo con el primer haz del patrón de dirección mediante la coordenada Θ . Luego, el eje de rotación y la dirección de observación principal, que definen el centro de la imagen, tienen las siguientes coordenadas: $(\Theta_{principal}=\Theta_{ini}=2^\circ)$, $(\Phi_{principal}=0)$.

Las direcciones de recepción θ_m corresponden a la orientación de los ejes para cada uno de los m haces del patrón direccional de la antena y se generan simultáneamente en una antena con propiedades dispersivas del sistema radiométrico teniendo en cuenta las direcciones de recepción de la división de frecuencia por la coordenada espacial Θ en M direcciones independientes a través de la división del ancho de banda general del sistema radiométrico Δf , que, por ejemplo, tiene el ancho $\Delta f = 14$ GHz en M bandas de frecuencias más estrechas Δf_m , que, por ejemplo, tienen longitud $\Delta f_m = 800$ MHz, cada uno de los cuales caracteriza un número m del canal de recepción separado con el número total M de estos canales. Además, los anchos de banda de los canales adyacentes se superponen parcialmente.

El procedimiento de medición en cada uno de los M canales de recepción está compuesto de operaciones de filtrado ejecutadas secuencialmente y amplificación de señales en un rango de frecuencias ultra alto en general para todos los anchos de banda de los canales de recepción de $\Delta f=(f_{ini} - f_{fin})$, donde f_{ini} y f_{fin} son, respectivamente, valores de frecuencia inicial y final de la radiación recibida por el sistema radiométrico en el rango de frecuencia ultra alta, por ejemplo, $f_{ini}=86$ GHz y $f_{fin}=100$ GHz, extracción de señal en la banda de frecuencia $\Delta f_m=(f_{m,ini} - f_{m,fin})$, donde $f_{m,ini}$ y $f_{m,fin}$, respectivamente, son los valores inicial y final de frecuencia de la radiación recibida en el canal con el número m asociado al rango de frecuencias ultra altas, además, los valores mencionados $f_{m,ini}$ y $f_{m,fin}$ cambian sucesivamente de canal a canal y así se seleccionan juntos, mediante bandas Δf_m en los M canales de recepción de todo el rango de frecuencia Δf está cubierto sin omisiones, y mediante las direcciones independientes θ_m , que corresponde a las bandas Δf_m , todo el sector de ángulos $\Delta\Theta$ está cubierto de manera consistente y sin omisiones. Esto se debe a que el ancho de cualquiera de los M haces en el patrón de dirección de la antena por coordenadas Θ es aproximadamente dos veces más grande que la distancia angular entre direcciones adyacentes, es decir $\Delta\theta \approx 2(\theta_m - \theta_{m+1})$, por ejemplo, $\Delta\theta = 1^\circ$ y los haces vecinos se superponen parcialmente. Finalmente, el procedimiento de medición se completa ejecutando consecutivamente en cada canal operaciones de detección de ley cuadrada, integración con intervalo de integración τ_m , conversión analógico-digital y acumulación digital.

La fase temporal de recepción de la radiación externa con duración Δt_{ex} , por ejemplo, $\Delta t_{ex}=1$ ms, se repite P veces en una secuencia, por ejemplo, $P=N$, $\Delta t_{ac}=180$ ms, y durante cada elemento de este ciclo el patrón direccional de 32 haces de la antena se orienta en una dirección diferente a la anterior ψ_n mediante la coordenada Ψ , por ejemplo, de $\Psi_{ini}=0^\circ$ a $\Psi_{fin}=+180^\circ$ que define la velocidad de propagación del diagrama $\sim 1^\circ/\text{ms}$, y corresponde a la velocidad de rotación circular de la antena $\sim 2,8$ revoluciones/s y período de rotación $T_{rev}=360$ ms.

Los valores de intensidad de la radiación radiotérmica $E_{i,m}$ recibidos en cada intervalo Δt_{ex} mediante M haces de la antena M , se procesan en M canales de recepción del sistema radiométrico de manera concurrente y de acuerdo con el procedimiento de medición unificado y transformado en una disposición unidimensional de valores digitales $[C_m]$, que se introduce en la memoria del ordenador del sistema radiométrico. Además, los intervalos de integración en los canales de medición τ_m se seleccionan de acuerdo con la proximidad de las coordenadas espaciales θ_m a la dirección principal de observación. Como en este ejemplo se selecciona una orientación del eje de rotación de la antena que coincide con la orientación espacial del primer haz $(\Theta_{principal}=\Theta_{ini})$, entonces para el último 32-do haz el intervalo de acumulación permanecerá $\tau_{32} = \Delta t_{ex}=1$ ms, para el 16-to haz, debido a la reducción del radio dos veces (perímetro de un círculo), este se selecciona dos veces mayor, $\tau_{16} = 2 \cdot \Delta t_{ex}=2$ ms, para el 8-vo haz, debido a otra reducción del radio dos veces, se selecciona 4 veces mayor, $\tau_8 = 4 \cdot \Delta t_{ex}=4$ ms, para el cuarto, respectivamente, 8 veces mayor, para un segundo - 16 veces mayor, y para el primer haz - 32 veces mayor $\tau_1 = 32 \cdot \Delta t_{ex}=32$ ms. Para los números intermedios de haces que no se han mencionado aquí, se establecen los valores intermedios correspondientes de los intervalos de integración, es decir, los valores de τ_m pueden, por ejemplo, seleccionarse según la siguiente proporción:

$$\tau_m \leq \frac{\Delta t_{ex} \cdot |\Delta\Theta|}{N \cdot (|\Theta_{principal} - \theta_m| + |\Delta\Theta| / M)}$$

La longitud del ciclo de acumulación Δt_{ac} corresponde a la rotación de la antena una media vuelta, o 180° , y se obtuvo 180 conjuntos de valores unidimensionales $[C_m]$ que se transforman en una matriz bidimensional de valores $[C_{m,n}]$ con el número de dimensiones $[M, N]=[32, 180]$, que se introduce en la memoria del ordenador del sistema radiométrico.

El ciclo de acumulación Δt_{ac} , que está compuesto por fases de recepción de radiación externa ejecutada consecutivamente Δt_{ex} , está precedido por fases de calibración mediante el primer y segundo estándar de calibración con duración Δt_{cs1} y Δt_{cs2} , que se ejecutan en cualquier secuencia, por ejemplo, $\Delta t_{cs1}=60$ ms, $\Delta t_{cs2}=60$ ms y que ejecutan inicialmente la fase de calibración mediante el primer estándar, después mediante el segundo. Durante la fase de calibración mediante el primer estándar, el patrón de dirección de la antena también se mueve una trayectoria circular, pero la guía de ondas de entrada del receptor radiométrico se desconecta de la antena y se conecta a la guía de ondas de salida del primer estándar calibrado. Esta operación se puede ejecutar, por ejemplo, con el uso de conmutadores UHF controlados. Es decir, los M canales de recepción reciben simultáneamente la primera radiación de calibración con intensidades de radiación conocidas para cada canal $T_{c1,m}$ en unidades de la escala de temperatura, y las señales recibidas se procesan en M

canales de recepción simultáneamente y de acuerdo con el procedimiento de medición unificada, y se transforman en una matriz unidimensional de valores digitales $[C_{c1,m}]$ con número de dimensiones $[M]$, que se introduce en la memoria del ordenador del sistema radiométrico. Es decir, los intervalos de integración en los canales de medición T_m se seleccionan de acuerdo con la duración de la fase de calibración $T_m \leq \Delta t_{cs1}$.

Una vez completada la fase de calibración calibrando primero el estándar, se inicia la fase de calibración mediante el segundo estándar de calibración Δt_{cs2} , durante la cual el patrón de dirección de la antena también se mueve una trayectoria circular, sin embargo, la guía de ondas de entrada del receptor radiométrico se desconecta de la primera y se conecta a la guía de ondas de salida del segundo estándar de calibración. Esta operación también se ejecuta con el uso de interruptores UHF controlados. Simultáneamente los M canales receptores están recolectando la segunda radiación de calibración con intensidad conocida $T_{c2,m}$ en unidades de escala de temperatura, y las señales recibidas se procesan simultáneamente y de acuerdo con el procedimiento de medición unificado en M canales de recepción y se transforman en una matriz unidimensional de valores digitales $[C_{c2,m}]$ con número de dimensiones $[M]$, que se introduce en la memoria del ordenador del sistema radiométrico. Es decir, los intervalos de acumulación en los canales de medición T_m se seleccionan de acuerdo con la duración de la fase de calibración $T_m \leq \Delta t_{cs2}$.

La fase de procesamiento Δt_{pr} inicia después de completarse el ciclo de acumulación Δt_{ac} , por ejemplo, $\Delta t_{pr}=40$ ms. Durante esta fase, el patrón de dirección de la antena continúa su movimiento por el trayecto curvilíneo, la guía de ondas de entrada del receptor radiométrico se desconecta del segundo estándar de calibración y se vuelve a conectar a la antena, sin embargo, las señales en las salidas de los canales receptores no se utilizan. Durante la fase de procesamiento las matrices Δt_{pr} de datos digitales $[C_{m,n}]$, $[C_{c1,m}]$, $[C_{c2,m}]$, $[T_{c1,m}]$, $[T_{c2,m}]$, que se ingresaron en la memoria del ordenador, se procesan simultáneamente de acuerdo con el procedimiento de procesamiento de datos para obtener temperaturas de brillo de la radiación recibida, como resultado de lo cual se genera una matriz bidimensional de valores con número de dimensiones $[M, N]$, cuyos valores $[T_{b,m,n}]$, representados en unidades de escala de temperatura, caracterizan una distribución bidimensional de la intensidad de la radiación radiotérmica $E_{i,m,n}$ que se recibió en el sector de los ángulos de observación espacial $\Delta\Theta \times \Delta\Psi$. El procedimiento de procesamiento de datos también está compuesto por operaciones de cálculo ejecutadas consecutivamente para cada uno de los valores de los m canales $S_m = (T_{c1,m} - T_{c2,m}) / (C_{c1,m} - C_{c2,m})$, que definen la pendiente de la dependencia lineal de la transformación de los valores digitales de salida $C_{m,n}$ en los valores de temperaturas de brillo de la radiación externa $T_{b,m,n}$, el cálculo de los valores $T_{b,m,n}$ de acuerdo con las dependencias lineales encontradas en denominación proporcional como $T_{b,m,n} = S_m \cdot (C_{m,n} - C_{c2,m}) + T_{c2,m}$.

Después que se completa la fase de procesamiento Δt_{pr} , durante la fase de transformación de coordenadas Δt_{tr} con duración de, por ejemplo, $\Delta t_{tr}=20$ ms, para una matriz bidimensional de valores de temperatura de brillo $[T_{b,m,n}]$ esta ejecuta el procedimiento de transformación de las coordenadas espaciales de los elementos de imágenes de la grilla de coordenadas (Θ, Ψ) a la grilla de coordenadas (Θ, Φ) . Si es necesario, la fase de transformación de coordenadas se puede complementar con el procedimiento de transformación de las coordenadas de los elementos de imágenes de la grilla de coordenadas (Θ, Φ) a una grilla de coordenadas lineal (X, Y) . Las transformaciones de coordenadas mencionadas se pueden ejecutar sobre la base de fórmulas trigonométricas conocidas (véase, por ejemplo, Spravochnik po matematike dlya ingenerov i uchastikhshysya VTUZov. Bronshteyn I.N., Semendyayev K.A., M.: Nauka, 1981,

Por lo tanto, el ciclo de ejecución completo del algoritmo en este ejemplo de implementación $\Delta t_{cs1} = 60$ ms, seguido por la fase de calibración mediante el segundo estándar $\Delta t_{cs2} = 60$, luego sigue el ciclo de acumulación $\Delta t_{ac} = 180$ ms que consiste en 180 fases de recepción de radiación externa ejecutadas consecutivamente Δt_{ex} con duración de esta fase igual a $\Delta t_{ex} = 1$ ms, seguido por la fase de procesamiento $\Delta t_{pr} = 40$ ms, luego la fase de transformación de coordenadas $\Delta t_{tr} = 20$ ms. La duración total de un ciclo de ejecución del algoritmo de medición, acumulación, procesamiento y transformación de datos es de 360 ms y es igual a la duración de una revolución T_{rev} de la antena alrededor de su eje de rotación. Es decir, el patrón de dirección de la antena realiza una revolución completa y regresa a su posición inicial con el valor de coordenada $\Psi_{ini} = 0^\circ$, y el sistema radiométrico genera una imagen que puede usarse para observaciones operativas de sensores remotos.

El algoritmo mencionado se puede repetir varias veces con la revolución continua de la antena alrededor de sus ejes, como resultado de lo cual se obtendrá una serie de imágenes radiométricas consecutivas. Durante la medición temporal de la orientación espacial de la dirección de observación principal 4 debido a la rotación auxiliar de toda la antena con la ayuda de dispositivos de posicionamiento mecánico, las imágenes reflejarán las condiciones cambiantes de observación, es decir, cualquier parte del espacio circundante puede ser observado consecutivamente.

En el ejemplo considerado de la implementación del método para la generación de imágenes radiométricas, el algoritmo se ejecuta durante una revolución completa de la antena alrededor de su eje de rotación. Es decir, en el ejemplo mencionado, la imagen radiométrica se genera para la mitad del posible sector de ángulos de observación mediante la coordenada Ψ .

Otras implementaciones son posibles sin afectar la generalidad del método reivindicado, en dependencia de la duración seleccionada de la ejecución de las fases de calibración mediante el primer estándar de calibración Δt_{cs1} , la calibración mediante el segundo estándar de calibración Δt_{cs2} , la recepción de la radiación externa Δt_{ex} con referencia al período de revolución T_{rev} .

Una implementación alternativa del método puede ser una secuencia de operación combinada (véase la Figura 6b), cuando durante una revolución se ejecuta la fase de calibración mediante el primer y segundo estándares de calibración Δt_{cs1} , Δt_{cs2} , por ejemplo, $\Delta t_{cs1} = \Delta t_{cs2} = 90$ ms y el ciclo de acumulación Δt_{ac} con duración, por ejemplo, $\Delta t_{ac} = 180$ ms, y fase de procesamiento $\Delta t_{pr} = 40$ ms y la transformación de coordenadas $\Delta t_{tr} = 20$ ms se ejecuta simultáneamente e independientemente durante el próximo período de revolución T_{rev} . En este caso, la duración de las fases de calibración aumenta, lo que mejora la precisión de la evaluación de los niveles de calibración.

Otra implementación alternativa del método puede ser una secuencia operativa combinada (véase la Figura 6c), cuando el grupo de fase de calibración ejecutada consecutivamente por el primer estándar de calibración Δt_{cs1} , la fase de calibración mediante el segundo estándar de calibración Δt_{cs2} , las fases de recepción de la radiación externa Δt_{ex} ($P=1$) y la fase de procesamiento Δt_{pr} se ejecutan cíclicamente l veces consecutivamente, por ejemplo, $l=N$, $N=360$ con duración total del ciclo mencionado de N repeticiones sea igual al período de revolución T_{rev} , o 360 ms para el ejemplo considerado. Es decir, la duración agregada de la ejecución de las fases de calibración mediante el primer estándar de calibración Δt_{cs1} , el segundo estándar de calibración Δt_{cs2} y la fase de recepción de radiación externa Δt_{ex} son iguales para cualquier elemento del ciclo con número i ($i \geq 1$) e igual a $1/N$ partes del período de revolución T_{rev} , por ejemplo, $\Delta t_{cs1} = \Delta t_{cs2} = 0,25$ ms, $\Delta t_{ex} = 0,5$ ms, y en total - 1 ms. La fase de procesamiento Δt_{pr} , teniendo en cuenta los tiempos de reducción de la cantidad de cálculos para cada elemento del ciclo puede comprender, por ejemplo, $\Delta t_{pr} = 0,5$ ms y ejecutarse simultáneamente durante cada elemento consecutivo $i+1$ del ciclo. Después de esto simultáneamente e independientemente, con cada revolución sucesiva de la antena, se ejecuta la fase de transformación de coordenadas con duración Δt_{tr} , por ejemplo, $\Delta t_{tr} = 20$ ms. En esta implementación alternativa del método, la imagen se genera para todo el sector de ángulos de observación mediante la coordenada $\Psi = 360^\circ$ (imagen circular). La versión mencionada es posible en el caso de un ruido interno bajo del sistema radiométrico, que permitiría la implementación de la sensibilidad radiométrica requerida con una corta duración de las fases de calibración Δt_{cs1} y Δt_{cs2} y la recepción de la radiación externa Δt_{ex} . Una modificación de esta versión sería tal relación de duraciones de fase (véase la Figura 6d), cuando durante la ejecución de cada elemento consecutivo del ciclo con número i ($i \geq 1$) una de las dos fases de calibración mencionadas mediante el estándar de calibración Δt_{cs1} , o Δt_{cs2} se excluye secuencialmente. Luego, la duración de cada fase de calibración y los correspondientes intervalos de integración T_{cs1} y T_{cs2} pueden aumentarse adicionalmente dos veces teniendo en cuenta la pequeña volatilidad de los niveles de calibración en intervalos de tiempo de medición cercanos. Es decir, si se excluye la fase de calibración mediante el estándar de calibración Δt_{cs1} en el elemento de ciclo con número (i) mientras se ejecuta la fase de procesamiento Δt_{pr} , en lugar de las matrices de valores $[C_{c1,m}]$, $[T_{c1,m}]$ las matrices mencionadas logradas para el elemento ($i-1$) del ciclo, y en el caso de excluir el elemento del ciclo con la fase de calibración con número (i) mediante el segundo estándar de calibración Δt_{cs2} , durante la ejecución de la fase de procesamiento Δt_{pr} en lugar de los valores de la matriz $[C_{c2,m}]$, $[T_{c2,m}]$ usan las matrices mencionadas logradas para el elemento ($i-1$) del ciclo.

Teniendo en cuenta la pequeña volatilidad de los niveles de calibración en intervalos de tiempo de medición cercanos, en lugar de las matrices mencionadas para el elemento actual del ciclo con número i ($i \geq 1$) también pueden usarse valores medios aritméticos para cada elemento de las matrices mencionadas anteriormente, obtenidas mediante el uso de K ($K \geq 1$), por ejemplo, $K=8$, valores previos significativos de estos elementos en los K elementos previos del ciclo, iniciando en el número i . En este caso, teniendo en cuenta los promedios adicionales de datos $[C_{c1,m}]$, $[C_{c2,m}]$, se mejora la precisión para determinar los niveles de radiación de los estándares de calibración.

Aún otra implementación alternativa del método puede ser una secuencia operativa combinada (véase la Figura 5, Figura 6e), cuando la fase de calibración mediante el primer y segundo estándar de calibración Δt_{cs1} , Δt_{cs2} se ejecutan de manera conjunta durante una revolución completa de la antena T_{rev} , $\Delta t_{cs1} = \Delta t_{cs2} = 180$ ms, y se ejecuta consecutivamente el ciclo de acumulación Δt_{ac} , por ejemplo, de 360 fases de recepción de radiación externa repetida consecutivamente ($N=360$, $\Delta t_{ex} = 1$ ms), la fase de procesamiento Δt_{pr} y la fase de transformación de coordenadas Δt_{tr} forman un grupo que se ejecuta cíclicamente J veces consecutivamente ($J \geq 1$), por ejemplo, $J=4$, es decir, duración agregada de la fase de procesamiento Δt_{pr} y la fase de transformación de coordenadas Δt_{tr} es más corta que el período de revoluciones T_{rev} y se ejecutan independientemente de las fases de calibración Δt_{cs1} , Δt_{cs2} y el ciclo de acumulación Δt_{ac} durante el período de rotación regular T_{rev} . Es decir, para todas las imágenes J generadas se utilizan las mismas matrices de valores de calibración $C_{c1,m}$, $C_{c2,m}$. Por lo tanto, las fases de calibración Δt_{cs1} , Δt_{cs2} se ejecutan durante la primera revolución, luego se ejecutan cuatro ($J=4$) ciclos de acumulación consecutivos Δt_{ac} , mediante uno para cada revolución completa, y para cada uno de estos cuatro ciclos, durante una fracción del siguiente período de exploración (revolución de la antena) de manera independiente, cuatro veces, se ejecutan la fase de procesamiento y la fase de transformación de datos Δt_{pr} y Δt_{tr} , y, como resultado, se generan cuatro imágenes en sucesión, después de lo cual se repite el algoritmo de implementación del método.

Suponiendo una multiplicación anómala de los ruidos internos del sistema radiométrico en frecuencias inferiores a 0,5÷1 Hz, la calibración del sistema radiométrico debería ejecutarse no más de una vez en un segundo (Sensitivity of total power radiometer with periodical absolute calibration // IEEE Trans. on Microwave Theory and Tech. Vol. 29, No. 1, pp. 32-40, 1981) que, considerando la velocidad de rotación bastante alta de la antena, por ejemplo, 5 rev/s (o 10 rev/s) dará lugar a breves interrupciones insignificantes en el proceso de generación de imágenes, con duraciones respectivas de 200 ms (o 100 mc). Es decir, faltará cada quinta (décima) imagen en la serie continua de imágenes generadas, y durante un intervalo de tiempo correspondiente, la cuarta (novena) imagen anterior se puede reproducir una vez más, lo que no afectará significativamente la eficiencia del proceso de generación de imágenes y el análisis de datos.

En los ejemplos de implementación del método considerados, la dirección principal de observación $\Theta_{principal}$ coincide con uno de los haces exteriores de la antena en el sector $\Delta\Theta$. Sin infringir la generalidad también pueden considerarse implementaciones alternativas cuando la dirección principal de observación $\Theta_{principal}$ mediante la coordenada Θ toma cualquier valor en el sector de ángulos de 0° a 90° . En el caso, cuando la dirección principal de observación $\Theta_{principal}$ está dentro del sector $\Delta\Theta$, aparecen dos grupos de haces que giran con las mismas velocidades, que están situados a lo largo de una línea móvil común pero que generan imágenes de diferentes diámetros. Durante la transposición de estas imágenes y la resolución radiométrica promedio del elemento en la parte central de la imagen puede mejorarse adicionalmente teniendo en cuenta la restricción del sector de los ángulos de observación. Si $\Theta_{principal}$ se posiciona en el medio del sector $\Delta\Theta$, los diámetros de estas imágenes coincidirán. Entonces, teniendo en cuenta una restricción de 2 veces la restricción del sector de ángulos de observación, la frecuencia de generación de imágenes puede duplicarse, durante el período de revolución seleccionado T_{rev} , o, con la misma frecuencia de la generación de imágenes, teniendo en cuenta su promedio emparejado, el intervalo de integración equivalente puede duplicarse $T_{me}=2T_m$.

Si la dirección principal de observación $\Theta_{principal}$ mediante las coordenadas Θ toma un valor situado fuera del sector de los ángulos $\Delta\Theta$, que dentro de las imágenes generadas aparece un área vacía, que puede llenarse durante el movimiento lineal de la antena con una velocidad coordinada. En este caso, se puede implementar una versión alternativa de la generación de imágenes con exploración cónica de haces múltiples, por ejemplo, al mapear la superficie desde un vehículo de vuelo (véase la Figura 7).

Como un dispositivo que implementaría todos los procedimientos de medición, acumulación y procesamiento de los datos, ejecutados en la secuencia mencionada anteriormente durante las fases de ejecución mencionadas Δt_{cs1} , Δt_{cs2} , Δt_{ac} , Δt_{pr} y Δt_{tr} , puede utilizarse el radiómetro de barrido de haz múltiple conocido (Patente UA 56347) que posee un conjunto completo de funciones requeridas, un conjunto de elementos requeridos y una estructura correspondiente de comunicaciones internas. Es decir, la antena de la segunda invención del grupo en la presente reivindicación se usa como antena para este radiómetro.

La antena contiene (véase la Figura 1) una unidad de pedestal 1, una transmisión electromecánica 2, la sección de estator de la cual 2-1 se conecta rígidamente a la unidad de pedestal 1 mediante elementos de soporte 3, y una sección de rotor con el eje de salida 2-2 gira de manera isócrona alrededor de su eje, por ejemplo, en sentido contrario a las manecillas del reloj, definiendo el eje rotacional principal 4, una transición de guía de onda giratoria 5, compuesta por una sección de estator estacionaria 5-1 que se conecta rígidamente a la unidad de pedestal 1 y que mueve la sección del rotor 5-2 que se conecta rígidamente al eje de salida de la transmisión electromecánica 2-2, el cancelador del momento angular 6, conectado, a través de la transmisión cinemática, con la transmisión electromecánica 2 del eje de salida 2-2 y que gira en la dirección opuesta al eje, una guía de onda dieléctrica plana 7 y una rejilla de difracción bidimensional 8, el irradiador 9, y el sensor de posición 10, montado en la unidad de pedestal 1, es decir, la entrada del irradiador 9 se conecta a la salida de la guía de onda dieléctrica plana 7, la salida del irradiador 9 se conecta a la entrada de la guía de ondas de la sección del rotor móvil 5-2 de la transición de la guía de ondas giratoria 5, la entrada controlable de la transmisión electromecánica 2 y la salida del sensor de posición 10 son, respectivamente, una entrada y una salida controlables de la antena, y la salida de la guía de ondas de la sección del estator 5-1 de la transición de la guía de ondas giratoria 5 es la salida de la antena, es decir, la guía de ondas dieléctrica plana 7 y la rejilla de difracción bidimensional 8 se conectan electrodinámicamente entre sí mediante el campo de difracción en el rango de frecuencias de trabajo de la antena $\Delta f = (f_{ini} - f_{fin})$, donde f_{ini} y f_{fin} , respectivamente, son los valores inicial y final de la frecuencia de la radiación electromagnética recibida por la antena, es decir, mientras que la división de la banda Δf en M ($M \geq 1$) bandas más estrechas Δf_m ($1 \leq m \leq M$) en la grilla de coordenadas Θ forma en el espacio un patrón de dirección de M haces con forma de abanico con M haces $11-m$, cuyos ejes en el plano de coordenadas Θ forman las direcciones de observación θ_m , el lado de la guía de ondas dieléctrica plana 7, sobre la cual cae la radiación recibida, es el plano de apertura del receptor, la guía de ondas dieléctrica plana 7, la rejilla de difracción bidimensional 8 y el irradiador 9 se conectan mecánicamente de manera rígida entre sí y forman una unidad de construcción unificada, denominada rotor de la antena, y el rotor de la antena mencionado se conecta mecánicamente de manera rígida al eje de salida 2-2 de la transmisión electromecánica 2 (no se muestra en la Figura 1), es decir, el sensor de posición 10 se conecta al rotor de la antena, el parámetro de información de la señal de salida del sensor de posición 10 se conecta a la posición angular del rotor de la antena mientras gira alrededor de su eje principal 4.

Con el fin de crear un patrón de dirección de haces múltiples 11 en la antena mencionada, este se usa como parte constituyente de la antena de exploración, como una parte de un radiómetro UHF de haz múltiple conocido (ejemplificado en la patente (UA) núm. 56347), proporcionando la división de bandas de Δf frecuencias en M bandas de frecuencia Δf_m para la radiación radiotérmica recibida por la antena de exploración, en la cual, por su salida, las entradas controlables y la salida de la antena de exploración deberían conectarse a la entrada, la salida controlable y la entrada de los elementos correspondientes del radiómetro UHF de exploración de haces múltiples mencionado. Todos los elementos que comprenden el mencionado radiómetro UHF de exploración de haces múltiples con conexiones internas mencionadas, excepto por la antena de exploración, se muestran en la Figura 1 como receptor radiométrico 12 de múltiples canales, que genera imágenes, que pueden representarse en las grillas de coordenadas circulares 13 y cuadradas 14.

Como unidad de pedestal 1 puede usarse cualquier base estacionaria que tenga un plano de alineación para la unión de elementos que comprendan una antena de exploración y que proporcionen una orientación espacial invariable del eje rotacional principal 4 y una transmisión electromecánica 2 durante el proceso de operación. Como unidad de pedestal 1

también puede usarse cualquier disposición de soporte y giro que posea un plano de alineación para la unión de elementos que comprenden la antena de exploración y que proporcione, en el proceso de operación, una corrección de la orientación espacial de su panel de alineación controlado manual o automáticamente por un operador, ejecutado en base a los comandos del operador. Por ejemplo, en lugar de tal unidad de pedestal se puede utilizar un trípode utilizado por los operadores de televisión para la instalación y el control de la posición de las cámaras de video profesionales, por ejemplo, un trípode con control manual.

Para la transmisión electromecánica 2, puede usarse cualquier transmisión mecánica con eje hueco 2-2, que puede proporcionar una revolución isócrona sincronizada directa o reducida del eje y conectarse a los elementos de eje con una velocidad dada. Es decir, la entrada de la línea de control de la transmisión es una entrada controlable de la transmisión electromecánica 2. Por ejemplo, la Patente (UA) núm. 56347 describe una transmisión electromecánica que puede realizarse sobre la base de un motor a pasos reducido. En este caso, este consiste en un motor a pasos conectado mecánicamente y a un engranaje reductor, así como a amplificadores de pulsos para las señales de control del motor a pasos, con su número correspondiente al número de bobinas de fase del motor a pasos, es decir, cada uno de los amplificadores a pulsos está conectado en serie entre la línea correspondiente del bus de entrada de la transmisión 2 y el conector apropiado de la bobina de fase del motor a pasos. Es decir, las entradas de los amplificadores controladores y el eje de salida del engranaje reductor son, respectivamente, la entrada del bus de control y el eje de la transmisión electromecánica 2.

Como elemento de soporte 3 pueden usarse elementos conocidos, por ejemplo, elementos de conexión con rosca.

Como transición de guía de onda giratoria 5 puede usarse cualquier tipo conocido de articulación de unión de guía de onda giratoria que proporcione la transmisión de energía electromagnética desde su entrada de guía de onda giratoria a su salida de guía de onda estacionaria con pequeñas pérdidas en el ancho de banda de trabajo Δf de la antena de exploración. Por ejemplo, en lugar de la rotación de la transición de la guía de onda, puede usarse la articulación de la unión de la guía de ondas de rotación descrita en (Buduris J., Chenevie P. Ultra-high frequency chains (Theory and application). Traducción del Francés./Editor A.L. Zinovieva. - M.:Sov. Radio, 1979, - 288 p., pp. 130) y que comprende secciones de entrada y salida de guías de ondas rectangulares huecas, cada una de las cuales tiene en sus elementos de transición de pared ancha una guía de ondas circular con transformación de la onda principal H_{01} en la guía de onda rectangular hacia la onda E_{01} de la guía de onda circular. Es decir, las secciones mencionadas de guías de ondas circulares están situadas axialmente con respecto al eje de rotación y forman una línea de guía de ondas con una articulación giratoria y un espacio circular en la pared de la guía de ondas circular; el interbloqueo eléctrico para corrientes de frecuencia ultra alta se proporciona con la ayuda de trampas de cuarto de onda en el área de la articulación giratoria. Cuando se usa este tipo de articulación de la guía de ondas en lugar de la transición de la guía de ondas giratoria 5, su enlace de transmisión se basa en una guía de onda circular con una articulación giratoria instalada dentro del eje de salida hueco 2-2 de la transmisión electromecánica 2, axialmente con el eje de rotación principal 4, una de las secciones de la guía de ondas rectangular está rígidamente conectada al eje 2-2, el empalme de la guía de ondas es la entrada de la guía de ondas de la sección móvil del rotor 5-2 de la transición 5, y la segunda sección de la guía de ondas rectangular está rígidamente fijada sobre la base 1, el empalme de la guía de ondas es la salida de la guía de ondas de la sección del estator 5-1 de la transición 5.

El cancelador del momento angular 6 está designado para compensar el momento angular del rotor de la antena en el proceso de revolución de alta velocidad, lo que hace difícil cambiar la posición espacial del eje principal 4 debido a la acción giroscópica. Un ejemplo de la estructura de un cancelador del momento angular 6 se muestra en la Figura 8. En lugar del cancelador del momento angular 6, puede usarse cualquier solución de ingeniería que proporcione la revolución isócrona de algún cuerpo con masa M_{con} con una velocidad angular dada ω_{con} y bajo cierto radio de rotación eficiente R_{con} en la dirección opuesta al momento angular cancelado del rotor de la antena. Por ejemplo, dicho cancelador puede crearse mediante el esquema cinemático mostrado en la Figura 6, y comprenderá un engranaje de transmisión 15 posicionado en el eje de salida 2-2, la transmisión electromecánica 2, el engranaje intermedio 16, cuyo eje 17 está rígidamente fijado a la base 1, y el disco 18 al cojinete central para proporcionar la rotación libre del disco 18 alrededor del eje 2-2, es decir, el disco 18 tiene una superficie de accionamiento 19 correspondiente a la superficie de trabajo del engranaje 16. Este dispositivo proporcionaría la revolución del disco con masa M_{con} y radio efectivo R_{con} en la dirección opuesta a la revolución del eje 2-2 con velocidad angular, que se define por la velocidad de rotación angular del eje 2-2 y el coeficiente de transmisión K_{con} del esquema cinemático mencionado. Teniendo en cuenta la selección de la masa del disco M_{con} , su radio R_{con} y el coeficiente de transmisión K_{con} del esquema cinemático es posible proporcionar la cancelación completa del momento angular del rotor de la antena cuando está girando a velocidad constante alrededor del eje 4, lo que permitiría cambiar la orientación espacial del eje principal 4 en el proceso de exploración de la antena.

La guía de ondas dieléctrica plana 7 y la rejilla de difracción 8 pueden lograrse de acuerdo con las soluciones de ingeniería conocidas (véase, por ejemplo, Skaniruyuschaya antenna samoletnogo radiometricheskogo kompleksa / Andrenko S.D., Evdokimov A.P., Kryzhanovskiy V.V., Provalov S.A., Sidorenko Yu.B. // Radiofizicheskiye metody i sredstva dlya issledovaniyaokruzhayushey srede v millimetrovom diapazone.: Sb.nauch. tr. - Kiev: Nauk. dumka, 1988. - s. 154-160). Por ejemplo, la guía de ondas dieléctrica plana 7 se puede fabricar a partir de una lámina de poliestireno de un espesor dado con el uso de tecnología de rectificación del plano mecánico. La rejilla de difracción 8 se puede lograr como un peine metálico plano con dimensiones laterales definidas en una base de coordenadas ortogonales X e Y; la rejilla tiene una estructura periódica por la coordenada X y una estructura plana por la coordenada Y. Es decir, el plano de coordenadas

5 Θ del patrón direccional de la antena coincide con el eje de coordenadas X y es ortogonal al eje de coordenadas Y. La guía de ondas dieléctrica 7 está situada a una distancia Δ de la estructura periódica de la rejilla de difracción 8 y está unida a esta mediante un campo de difracción. Para crear la distribución de fase-amplitud dada del campo mediante la coordenada X, la distancia entre la rejilla y la guía de ondas se selecciona durante el proceso de alineación y puede cambiar ligeramente por la coordenada X.

10 El irradiador 9 puede lograrse de acuerdo con cualquier solución de ingeniería conocida para el excitador de guía de onda dieléctrica plana que proporciona una estructura de campo transversal dada en la interfaz con guía de onda dieléctrica de abertura seleccionada y concentración de energía electromagnética en el empalme de salida del irradiador 9 con la estructura de campo para la ola principal H_{01} de la guía de ondas metálica hueca estándar. En lugar del irradiador 9 se puede utilizar un alimentador de cuerno o un excitador parabólico de cuerno (véase, por ejemplo, Skaniruyuschaya antenna amoletnogo radiometricheskogo kompleksa / Andrenko S.D., Evdokimov A.P., Kryzhanovskiy V.V., Provalov S.A., Sidorenko Yu.B. // Radiofizicheskiye metody i sredstva dlya issledovaniyaokruzhayushey sredy v millimetrovom diapazone.: Sb.nauch. tr. - Kiev: Nauk. dumka, 1988. - s. 154-160.), que proporciona un único modo de transmisión de energía electromagnética. Un requisito de diseño adicional para el irradiador 9 en esta antena es la necesidad de un giro consecutivo de la dirección de propagación de la onda 90° , dos veces, lo que simplifica la colocación del empalme de salida del irradiador 9 en la parte posterior de la rejilla de difracción 8 cerca del eje de rotación 4, que proporciona el tamaño del rotor de la antena en el plano de rotación para estar lo más cerca posible de la abertura de la rejilla de difracción 8, reduciendo así el tamaño del rotor de la antena.

20 El sensor de posición 10 puede lograrse sobre la base de cualquier solución de ingeniería que proporcione la generación de una señal eléctrica pulsada mientras se obtiene la posición espacial dada del objeto controlado, por ejemplo, en base a un sensor magnético. Es decir, en uno de los elementos de construcción del rotor de antena, por ejemplo, en el lado posterior de la rejilla de difracción 8 se coloca un imán permanente, y en la unidad de pedestal 1 cerca de la trayectoria circular de rotación del imán se coloca una bobina inductiva, que es parte del circuito oscilante de un generador electrónico. Durante el paso del imán, la frecuencia del generador cambia, haciendo funcionar así el comparador, que genera la señal de salida del sensor de posición 10.

25 Los valores de los parámetros durante la consideración del sistema de antenas se utilizaron en los valores mencionados anteriormente de estos parámetros en el ejemplo de implementación del método para la generación de imágenes radiométricas por primera invención.

30 La antena funciona de la siguiente manera (véase la Figura 1). Bajo la influencia de la señal de control aplicada a la entrada de control de la antena desde el receptor radiométrico de múltiples canales 12, el eje 2-2 de la transmisión electromecánica 2 está girando con una velocidad angular constante, por ejemplo, $-2,8$ rot/s con el período de rotación $T_{rev}=360$ ms, como resultado de lo cual el rotor de la antena, que está conectado al eje 2-2, está girando con la misma velocidad angular. La radiación radiotérmica externa cae debajo de varios ángulos en el plano de apertura de la antena, que está definida por la superficie externa de la guía de ondas dieléctrica plana 7, que pasa a través de la guía de ondas dieléctrica plana 7 y se dispersa sobre la rejilla de difracción 8. Los parámetros de la estructura electrodinámica abierta formada por la guía de ondas dieléctrica 7 y la rejilla de difracción 8 se seleccionan de tal manera que en la banda Δf la radiación radiotérmica, que entra en cada momento de tiempo desde cierto ángulo espacial, se transforma en una onda plana en la guía de ondas dieléctrica 7, que se canaliza a través del irradiador 9 y la transición 5 de guía de ondas a la entrada del receptor radiométrico 12. En cualquier momento, el ángulo espacial mencionado se define por la posición espacial del sector de ángulos $\Delta\Theta \times \Delta\Phi$ que se calculan desde el plano normal al de apertura de la antena y están asociados espacialmente a la grilla de coordenadas local, orientada en el plano de apertura y que define su posición espacial. Es decir, un eje (z) de la grilla de coordenadas está situado perpendicularmente al plano de apertura de la antena, el segundo eje (x) se encuentra en el plano de apertura y define la dirección de propagación de la onda electromagnética recibida en la guía de ondas dieléctrica plana 7, y el tercer eje (y) es ortogonal a los dos ejes mencionados y define la orientación de los elementos de dispersión (peines) de la rejilla de difracción 8.

35 El receptor 12 proporciona una división de la banda de frecuencias Δf de la radiación radiotérmica recibida en M bandas de frecuencia Δf_m . Teniendo en cuenta las propiedades de dispersión expresadas del sistema electrodinámico abierto de la antena mencionado, en cada una de las M bandas de frecuencia recibidas Δf_m en el sector de los ángulos $\Delta\Theta \times \Delta\Phi$ la transformación de la radiación radiotérmica en caída se logra variando la eficiencia. Como un resultado, en cada momento de tiempo dado la antena mediante la coordenada angular Θ , calculada a partir del eje z en el plano (X0Z), un patrón de dirección M -haz 11 se forma con M direcciones de recepción más eficientes θ_m , que definen las posiciones espaciales de los ejes para los haces M del patrón direccional de la antena. Es decir, cada una de las direcciones θ_m se asocia inequívocamente a una banda correspondiente de frecuencias Δf_m . Dado que las propiedades de dispersión del sistema electrodinámico de la antena solo se expresan en una dirección asociada al eje de coordenadas Θ , mediante la segunda coordenada angular Φ , que se calcula desde el eje z en el plano (Y0Z), todos los $11-m$ haces tienen igual ancho $\Delta\phi$ que se define mediante el tamaño de la sección transversal de la rejilla de difracción 8 mediante la coordenada espacial correspondiente Y. Por tanto, $\Delta\Phi = \Delta\phi$, por ejemplo, $\Delta\phi = 1^\circ$.

40 Como resultado de la rotación del rotor de la antena, el patrón de dirección M -haz también gira sincrónicamente, y cada uno de los $11-m$ haces se mueve mediante su línea de movimiento en forma de cono en dependencia de la desviación θ_m del haz particular $11-m$ desde la dirección de observación principal seleccionada $\Theta_{principal}$ en el plano de valores Θ . Por

ejemplo, la orientación inicial del plano de apertura de la antena y el eje rotacional principal 4 se puede seleccionar de tal manera que uno de los haces exteriores en el patrón de dirección del haz M coincidiría en cuanto a la dirección con el eje 4. Al girar el patrón de dirección M -haz en un ángulo de rotación completo Ψ igual a 360° , la antena tiene una vista completa del sector de ángulos espaciales en forma de cono, que tiene, en lugar de su eje espacial, el eje de rotación principal 4 y la apertura en el vértice de un cono es $2\Delta\Theta$.

En el proceso de exploración del momento angular de la antena, el rotor se cancela completamente debido al giro en la dirección opuesta y con la velocidad requerida, del cancelador del momento angular 6. En ese momento, la orientación espacial del sector de los ángulos de observación de la antena se puede cambiar sin ningún esfuerzo significativo mediante el cambio de la orientación espacial del plano de alineación de la unidad de pedestal 1.

Las posiciones angulares independientes ψ_n del rotor de la antena en el tiempo están rígidamente unidas a la estructura de la señal de control que entra en la transmisión electromecánica 2 desde el receptor radiométrico 12. Como resultado, se proporciona la sincronización de los datos en el receptor 12 y el enlace espacial mutuo de las respuestas del receptor 12 a la radiación radiotérmica recibida hacia las posiciones espaciales actuales del patrón de dirección de los M haces.

Con cada revolución completa del sensor de posición del rotor de antena 10 se genera una señal pulsada, que entra al receptor radiométrico 12. A causa de esto se proporciona la sincronización temporal inicial de las señales en el receptor radiométrico 12, y en su salida este genera una matriz de valores de salida de las temperaturas de brillo, que representa la distribución de intensidad de la radiación radiotérmica en el sector espacial de los ángulos de observación en unidades de escala de temperatura. Es decir, la imagen puede generarse tanto en un sistema de coordenadas angulares 13, asociado con el eje de rotación 4, como en un sistema de coordenadas rectangulares 14, asociado con un sistema de referencia externo, con respecto a la antena.

Las Figuras 9a a 9d muestran varias configuraciones diferentes de la guía de ondas dieléctrica 7 y el irradiador 9. Cualquiera de las configuraciones ilustradas se puede incorporar a cualquiera de las configuraciones de la antena que se muestran en la Figura 10. En la figura 9a, el irradiador 9 toma la forma de un irradiador hueco de metal plano y la guía de ondas dieléctrica es sustancialmente rectilínea cuando se observa desde arriba. En la figura 9b, la guía de ondas dieléctrica 7 es alargada y cónica. La variante que se muestra en la figura 9c tiene una configuración parabólica. Se proporciona una película metálica en el borde parabólico 20 de la guía de ondas dieléctrica 7 para proporcionar la reflexión de la onda electromagnética interna de la guía de ondas dieléctrica 7 en el irradiador 9. La figura 9d muestra una configuración de irradiador metálico hueco parabólico.

Las Figuras 10a a 10e muestran varias configuraciones diferentes de la antena 22, de las cuales la guía de ondas dieléctrica 7 y el irradiador 9 forman parte. En cada caso, como se muestra solamente en la Figura 10a para mayor claridad, la radiación incide en la antena desde arriba. La radiación desde un cono de rayos en las frecuencias f_1 , f_m , f_M en ángulos cambiantes de $\theta_1, \theta_m, \theta_M$ medidos desde el plano normal al de la guía de ondas dieléctrica 7 es incidente en cada punto de la guía de ondas dieléctrica 7. También se ilustra en la Figura 10a la onda de superficie 21 que resulta de la transformación de las ondas electromagnéticas incidentes sobre la red de difracción 8.

La Figura 10a muestra una configuración en la que la rejilla de difracción 8 es paralela a la guía de ondas dieléctrica 7. La guía de ondas dieléctrica 7 es al menos colindante con la rejilla de difracción. La onda de superficie 21 es inducida en la guía de ondas dieléctrica 7, pasa a través del irradiador 9 y sale de la antena 22 en la dirección indicada por la flecha 23.

Las Figuras 10b y 10c muestran dos configuraciones en las que el irradiador 9 y la guía de ondas dieléctricas 7 hacen que la señal de salida de la antena 23 salga por detrás de la rejilla de difracción 8. Estas dos configuraciones reducen la extensión requerida de la antena 22 en el plano horizontal (como se ilustra en la Figura 10). La configuración mostrada en la Figura 10b tiene un irradiador metálico hueco 9, por ejemplo la configuración parabólica mostrada en la figura 9d. La configuración mostrada en la Figura 10c tiene una guía de ondas dieléctrica alargada que puede estar provista de una película metálica en el borde parabólico 20 de acuerdo con la configuración mostrada en la Figura 9c.

La Figura 10d muestra una configuración en la que la rejilla de difracción 8 no es paralela a la guía de ondas dieléctrica 7. En la configuración ilustrada, la red de difracción 8 y la guía de ondas dieléctrica 7 son planas, por lo tanto, la distancia entre ellas aumenta a una velocidad constante. Sin embargo, en ejemplos alternativos, no ilustrados, el espacio entre la guía de ondas dieléctrica y la rejilla de difracción puede cambiar de una manera suave pero no lineal. Una configuración no paralela proporciona una mejor distribución del campo electromagnético a través de la rejilla de difracción que da como resultado una reducción en los lóbulos laterales para esta configuración. Para maximizar este efecto, el punto de mayor separación entre la guía de ondas dieléctrica 7 y la rejilla de difracción debería ser adyacente al irradiador 9.

La Figura 10e muestra una configuración en la que la rejilla de difracción 8 y la guía de ondas dieléctrica 7 se proporcionan sobre un sustrato común. Esta configuración es ventajosa para el empaquetado de la antena en aplicaciones cuando el espacio es escaso ya que la antena formada de esta manera ocupa un volumen y peso reducidos.

Las Figuras 11a a 11f muestran diferentes configuraciones de parte de una unidad de formación de imágenes que incluye una antena como se muestra en cualquiera de las Figuras 10a a 10e. En todas las configuraciones ilustradas, la antena

22 comprende todos los componentes descritos anteriormente con referencia a la Figura 1. Sin embargo, por el bien de la claridad, solo el irradiador 9 y la transición 5 giratoria de la guía de onda se muestran en las diversas configuraciones ilustradas en la Figura 11. Después de la calibración, que puede llevarse a cabo usando diferentes configuraciones como se describirá a continuación, la señal pasa a través de un filtro de banda 40 y un amplificador de bajo ruido 42 antes de mezclarse en un primer mezclador 44 en combinación de una entrada de un primer heterodino 46. Después de la mezcla, la señal se hace pasar a través de un amplificador 48 de frecuencia intermedia.

En el ejemplo mostrado en la Figura 11a, los estándares de calibración 31, 32 se proporcionan a través de un primer interruptor 33 y un segundo interruptor 34. Estos están configurados para permitir que los estándares de calibración se introduzcan en el sistema directamente en la salida de la antena, antes del filtro de banda.

En el ejemplo mostrado en la Figura 11b, la calibración es proporcionada por un generador de ruido 35 y un atenuador 36 y se introduce en el sistema usando un acoplador direccional 37 después del primer interruptor 33. En este ejemplo, el generador de ruido 35 funciona en una configuración binaria encendido/apagado.

En el ejemplo mostrado en la Figura 11c, el generador de ruido 35 se introduce a través de un acoplador direccional 37 directamente a la salida de la antena, antes del primer interruptor 33 que en la posición "apagado" funciona como atenuador para calibrar la señal del generador de ruido 35. En este ejemplo, el generador de ruido también 35 funciona en una configuración binaria "encendido/apagado".

En el ejemplo mostrado en la Figura 11d, la calibración ocurre directamente dentro del irradiador 9. El acoplador direccional 37 se proporciona en un lado de la porción parabólica del irradiador 9 o la guía de ondas dieléctrica 7. El ejemplo que se muestra en la Figura 11e es un desarrollo adicional al que se muestra en la Figura 11d ya que la calibración se produce directamente dentro del irradiador 9 como resultado de la entrada directamente en el irradiador 9. Además, el filtro de banda se proporciona directamente en la salida de la antena 22 y se incluye un amplificador de bajo ruido adicional 38 antes del primer interruptor 33 que reduce el ruido del sistema.

El ejemplo que se muestra en la Figura 11f incorpora todas las características descritas anteriormente en la antena 22. Como resultado de este cambio radical en la configuración, la salida del irradiador 9 se suministra directamente al filtro de banda 40, los amplificadores de bajo ruido 38, 42, el primer interruptor 33, el primer heterodino 46, el primer mezclador 44 y el amplificador de frecuencia intermedia 48 antes de ser introducido en la transición giratoria de la guía de onda 5. En este caso, la transición es coaxial, lo que da como resultado la reducción de costos y la simplificación del sistema. Además, la eliminación de la transición de rotación de la guía de ondas desde la entrada del amplificador de bajo ruido 38 reduce la figura de ruido del sistema debido a esta eliminación de pérdida activa de la transición.

La Figura 12 muestra un ejemplo de un dispositivo que incorpora la unidad de formación de imágenes de acuerdo con la presente invención. La vista trasera del dispositivo se muestra en la Figura 12a, la vista lateral del dispositivo se muestra en la Figura 12b, la vista frontal en la Figura 12c y una sección transversal a través del dispositivo se muestra en la Figura 12d. El dispositivo 100 es una unidad de creación de imágenes portátil provista de un lente 102 de diámetro 300 mm. El dispositivo 100 tiene una carcasa que incluye una porción de cabeza 101 dimensionada para alojar el lente 102. Una porción de alojamiento alargada 114 se extiende sustancialmente perpendicular a la porción de cabeza 101. Un mango 103 se extiende desde la porción alargada 114 para permitir que el dispositivo 100 sea sostenido convenientemente por un usuario. Además de alojar el lente 102, la porción de cabeza 101 también incorpora una antena 22 como se describió anteriormente, un amplificador de bajo ruido 42, una unidad de calibración 104 y los circuitos electrónicos 105 de alta frecuencia y baja frecuencia requeridos. La rotación de la antena 22 es controlada por el motor 106, moderada por los circuitos electrónicos del motor 108 y activada por el usuario que activa el disparador 110. Una unidad de procesamiento de datos 112, configurada para ejecutar la fase de procesamiento de datos, está contenida dentro de la porción de alojamiento alargada 114 que también aloja los circuitos electrónicos de la alimentación 116.

Además de la funcionalidad de la unidad de creación de imágenes como se describió anteriormente, el dispositivo 100 incluye una videocámara 118, iluminación 120, una antena GSM 122 y una memoria flash y una tarjeta de memoria desmontable 124. La iluminación 120 toma la forma de una pluralidad de LED separados alrededor de la periferia del lente 102. Los datos de la cámara de video 118 y la antena GSM 122 se procesan mediante componentes electrónicos de enlace y video GSM 126 adecuados. Los datos de imagen que surgen de los datos de la antena procesados, junto con los datos de la cámara de video 118 pueden almacenarse en la memoria y/o en la tarjeta 124 o transferirse usando un enlace GSM a una ubicación remota para un almacenamiento o procesamiento adicional. El control del dispositivo 100, incluyendo el control de la transferencia de datos y las imágenes ópticas/radiométricas combinadas en tiempo real, se ejecuta utilizando una pantalla táctil 128 en combinación con un auricular y un micrófono 129. La pantalla táctil 128 está configurada de manera que sea visible para el usuario cuando sostiene el dispositivo 100. Los auriculares y el micrófono 129 están conectados al dispositivo 100, ya sea físicamente o mediante Bluetooth o un protocolo inalámbrico similar. La tarjeta de memoria 124 está situada convenientemente dentro del mango 103 que puede estar provisto de un puerto de acceso (no mostrado) para permitir que se cambie la tarjeta de memoria 124.

La potencia para el dispositivo 100 puede incorporarse en la carcasa del dispositivo. Sin embargo, las baterías pueden aumentar considerablemente el peso del dispositivo y, por lo tanto, para facilitar su uso, las baterías pueden

proporcionarse en un paquete separado 130 que el usuario puede usar alrededor de la cintura. El paquete de baterías 130 se unirá al dispositivo en un conector de alimentación 132.

5 La invención no está limitada para su uso a escalas pequeñas. De hecho, con un aumento del tamaño de la apertura y un aumento del rango, un dispositivo similar podría usarse para la detección encubierta o para ayudar al aterrizaje de helicópteros.

Reivindicaciones

1. Una antena de exploración que comprende; un rotor de la antena configurado para girar alrededor de un eje de rotación principal (4) correspondiente a una dirección de observación principal, el rotor de la antena comprende: una guía de ondas plana dieléctrica (7), una rejilla de difracción bidimensional (8) que define un plano de apertura que tiene una normal y un irradiador (9) y una transición giratoria de guía de onda (5) configurada para girar con respecto al rotor de la antena, en donde la antena está configurada para recibir simultáneamente una pluralidad de haces (11-1 ... 11-M), en donde cada haz está orientado a uno diferente de una pluralidad de ángulos ($\theta-1$... $\theta-M$) relativos a la normal del plano de apertura, en donde la pluralidad de ángulos está entre un ángulo mínimo ($\theta-1$) asociado a un primer haz externo (11-1) y un ángulo máximo ($\theta-M$) asociado a un segundo haz externo (11-M); caracterizado porque el ángulo entre el eje de rotación y la normal es tal que la dirección principal de observación se encuentra entre los haces externos y no coincide con ninguno de los haces externos.
2. La antena de acuerdo con la reivindicación 1, en donde la guía de onda dieléctrica plana es paralela a la rejilla de difracción.
3. La antena de acuerdo con la reivindicación 1, en donde la guía de ondas dieléctrica plana no es paralela a la rejilla de difracción.
4. La antena de acuerdo con la reivindicación 3, en donde existe un espacio entre la guía de ondas dieléctrica plana y la rejilla de difracción que cambia de manera suave pero no lineal.
5. La antena de acuerdo con la reivindicación 1, que comprende además un cancelador de fuerza configurado para girar con relación al rotor de la antena y en donde la antena comprende además una transmisión electromecánica que comprende un motor configurado para hacer girar al menos el rotor de la antena alrededor de un eje en una primera dirección.
6. La antena de acuerdo con la reivindicación 5, que comprende además un lente dieléctrico simétrico axial no giratorio bidimensional, en donde el eje del lente es coaxial al eje de la transmisión electromecánica.
7. La antena de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, configurada para proporcionar una señal de salida detrás de la rejilla de difracción.
8. La antena de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, en donde la calibración se proporciona por un generador de ruido y un atenuador.
9. La antena de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, en donde la calibración se produce directamente dentro del irradiador.
10. La antena de acuerdo con la reivindicación 9, que comprende además un acoplador direccional para introducir radiación en la antena.
11. Un método de generación de imagen radiométrica que usa una serie de revoluciones isócronas de una antena de exploración de acuerdo con la reivindicación 1 con una característica de dispersión, en donde la antena se combina con un receptor multicanal (12) con separación de canales de frecuencia para formar una unidad de formación de imágenes, el método comprende la ejecución cíclica de las siguientes fases: dos fases de calibración separadas (Δt_{cs1} , Δt_{cs2}) que usan un primer y segundo estándar; una fase de recepción de radiación externa (Δt_{ex}) que comprende la recepción de la pluralidad de haces, una fase de procesamiento de datos (Δt_{pr}), y una fase de transformación de datos (Δt_{tr}).
12. El método de acuerdo con la reivindicación 11, en donde la fase de recepción de la radiación externa Δt_{ex} se ejecuta consecutivamente P ($P \geq 1$) veces formando un ciclo de acumulación Δt_{ac} con una duración $P \cdot \Delta t_{ex}$.
13. El método de acuerdo con la reivindicación 12, en donde la duración total de la fase de calibración mediante el primer estándar de calibración Δt_{cs1} , la fase de calibración mediante el segundo estándar de calibración Δt_{cs2} , el ciclo de acumulación Δt_{ac} ejecutado consecutivamente, es igual al período de tiempo de rotación T_{rev} de la antena.
14. El método de acuerdo con la reivindicación 12, en donde la duración total de la fase de calibración ejecutada consecutivamente por el primer estándar de calibración Δt_{cs1} y la fase de calibración por el segundo estándar de calibración Δt_{cs2} , es igual al período de tiempo de rotación T_{rev} y en donde el ciclo de acumulación ejecutado consecutivamente Δt_{ac} , la fase de procesamiento de datos Δt_{pr} y la fase de transformación de coordenadas Δt_{tr} se ejecuta cíclicamente J veces en una fila ($J \geq 1$), y en donde la fase de procesamiento de datos Δt_{pr} y la fase de transformación de coordenadas Δt_{tr} tienen una duración total menor que el período de tiempo de rotación T_{rev} y se ejecutan

independientemente de las fases de calibración Δt_{cs1} , Δt_{cs2} y del ciclo de acumulación Δt_{ac} dentro de los límites de tiempo del próximo período de tiempo de rotación T_{rev} .

- 5 15. El método de acuerdo con la reivindicación 11, en donde los valores de los elementos de la matriz de datos $[C_{c1,m}]$, $[T_{c1,m}]$, y $[C_{c2,m}]$ $[T_{c2,m}]$ para el elemento actual del ciclo bajo el número i ($i \geq 1$) son los valores medios aritméticos para cada elemento de estas matrices de datos, obtenidos mediante el uso de K ($K \geq 1$) elementos significativos anteriores en K elementos anteriores del ciclo, contados a partir del número i .

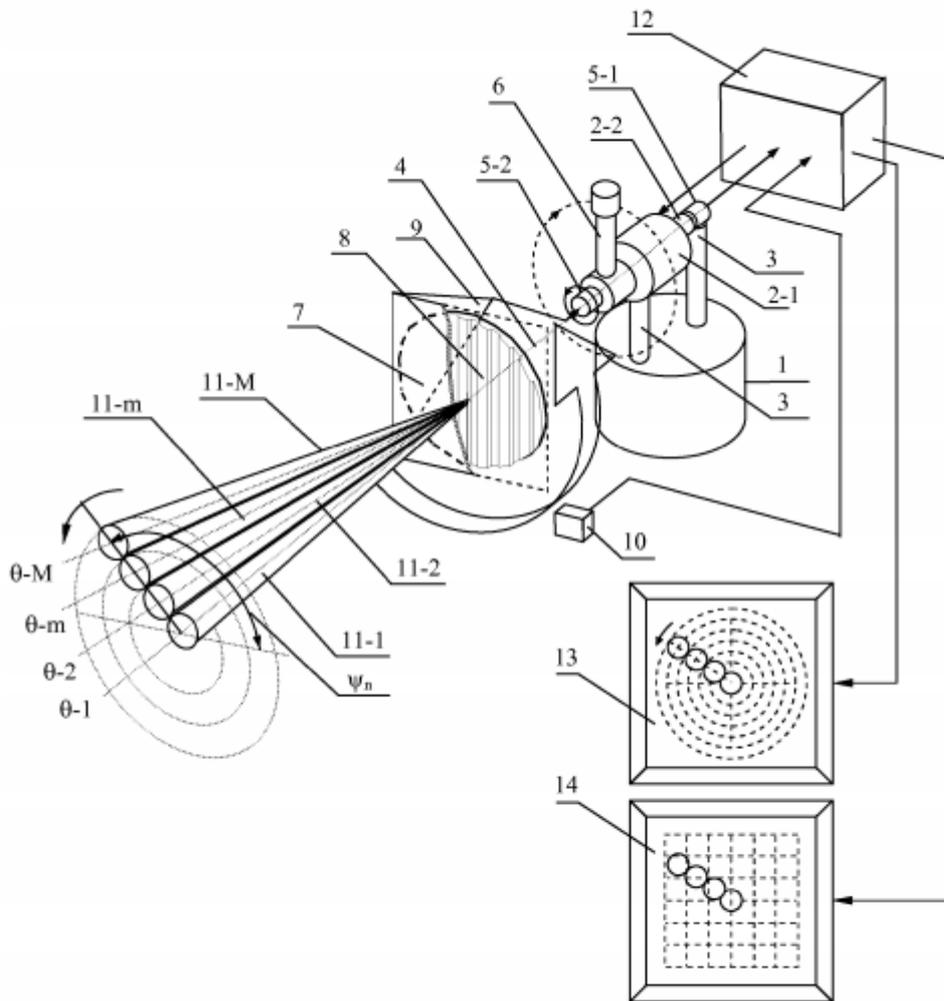


fig. 1

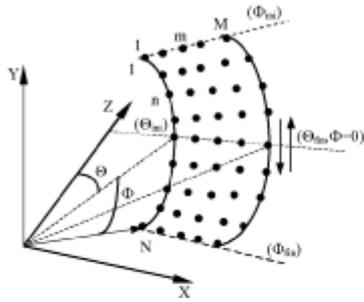


fig. 2

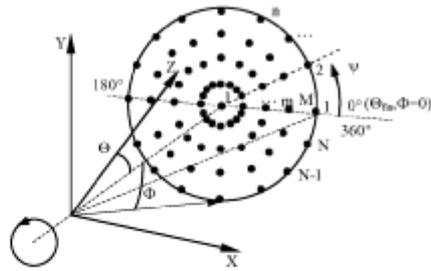


fig. 3

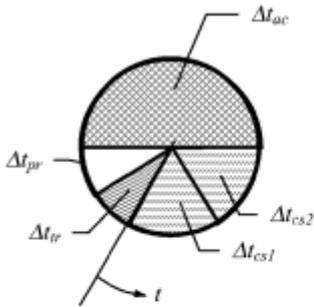


fig. 4

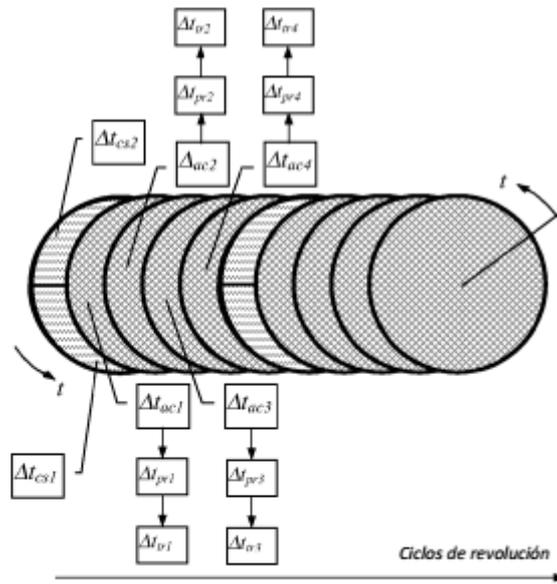


fig. 5

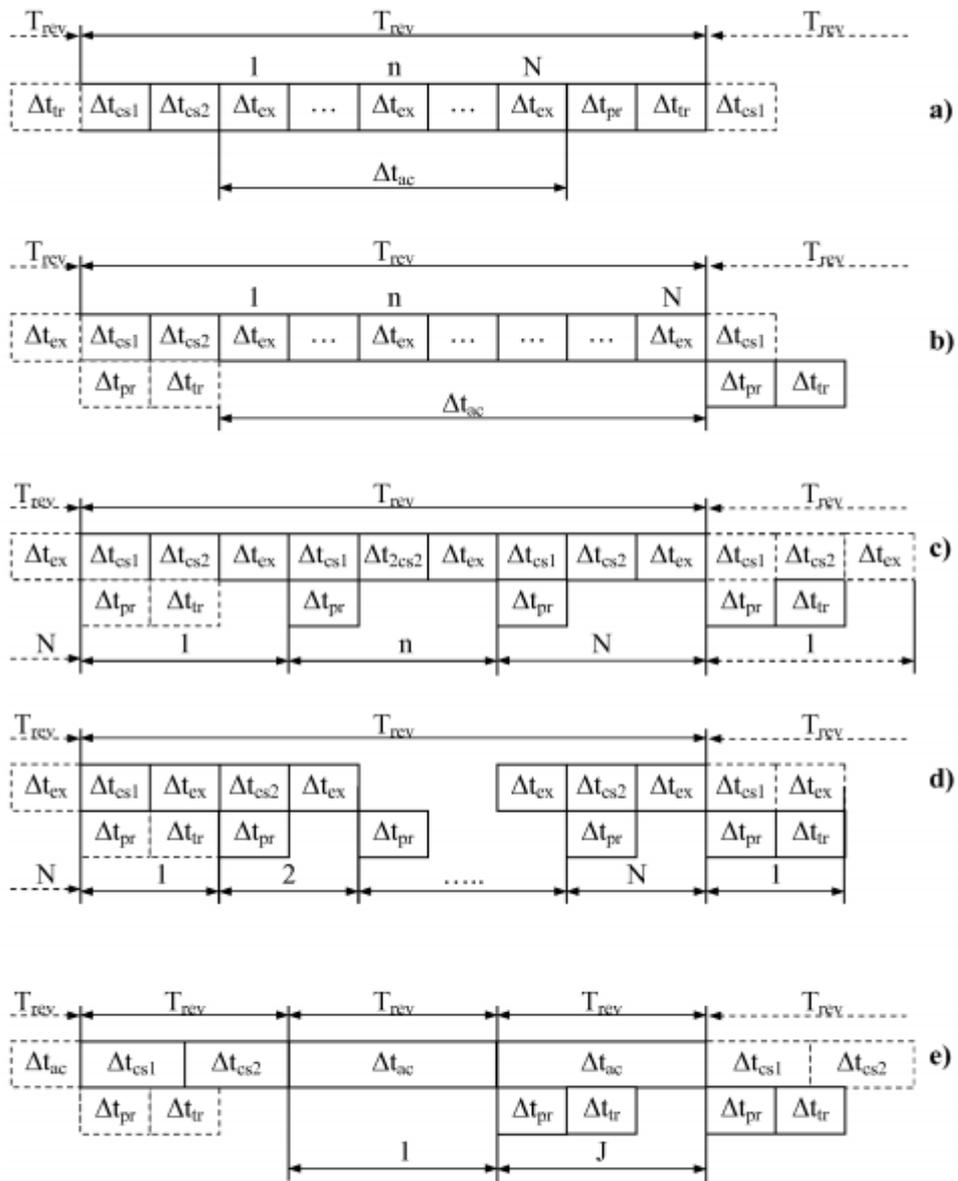


fig. 6

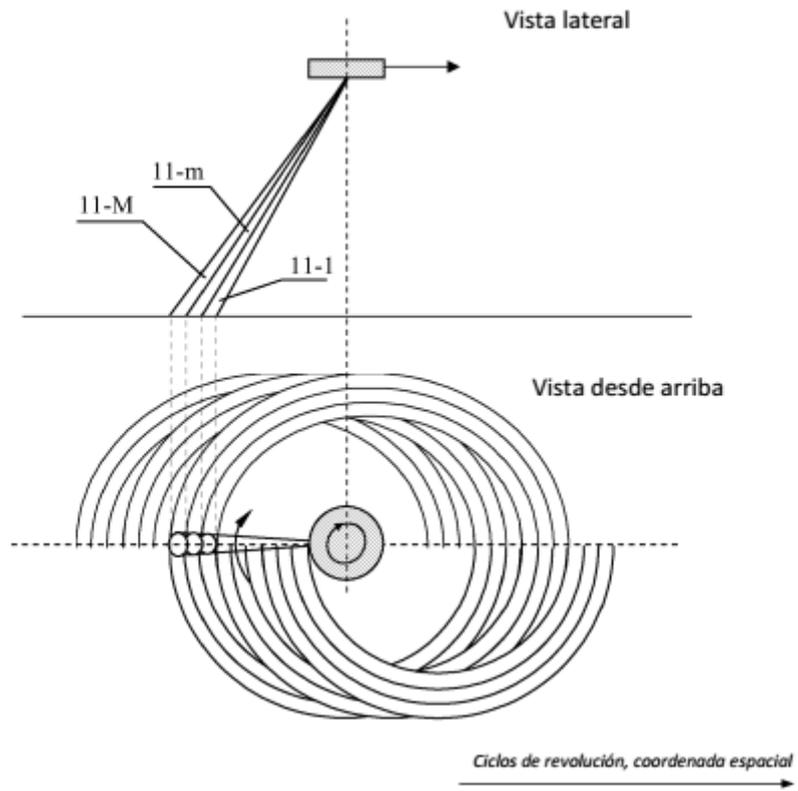


fig. 7

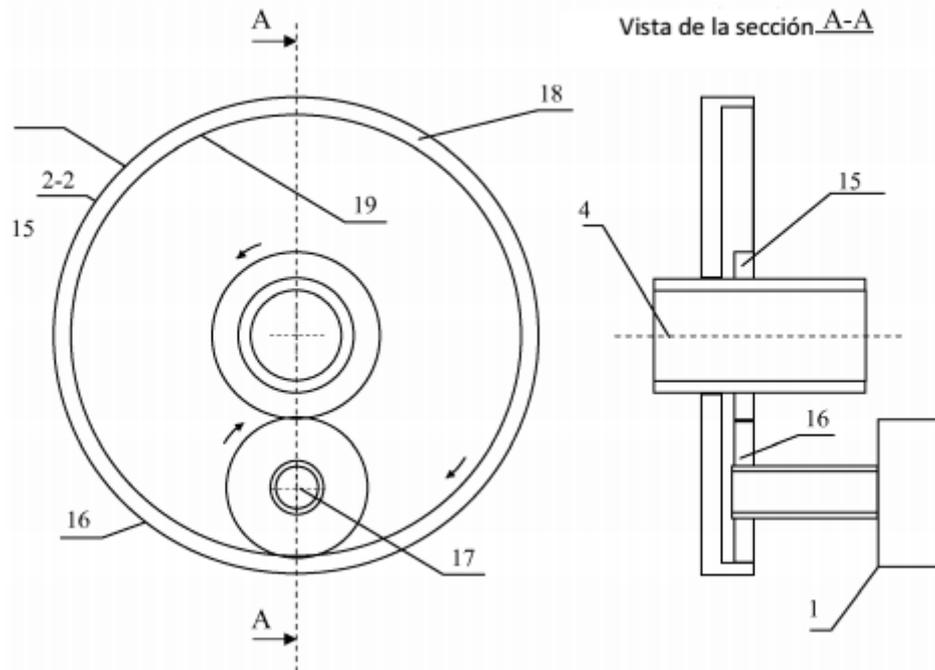


fig. 8

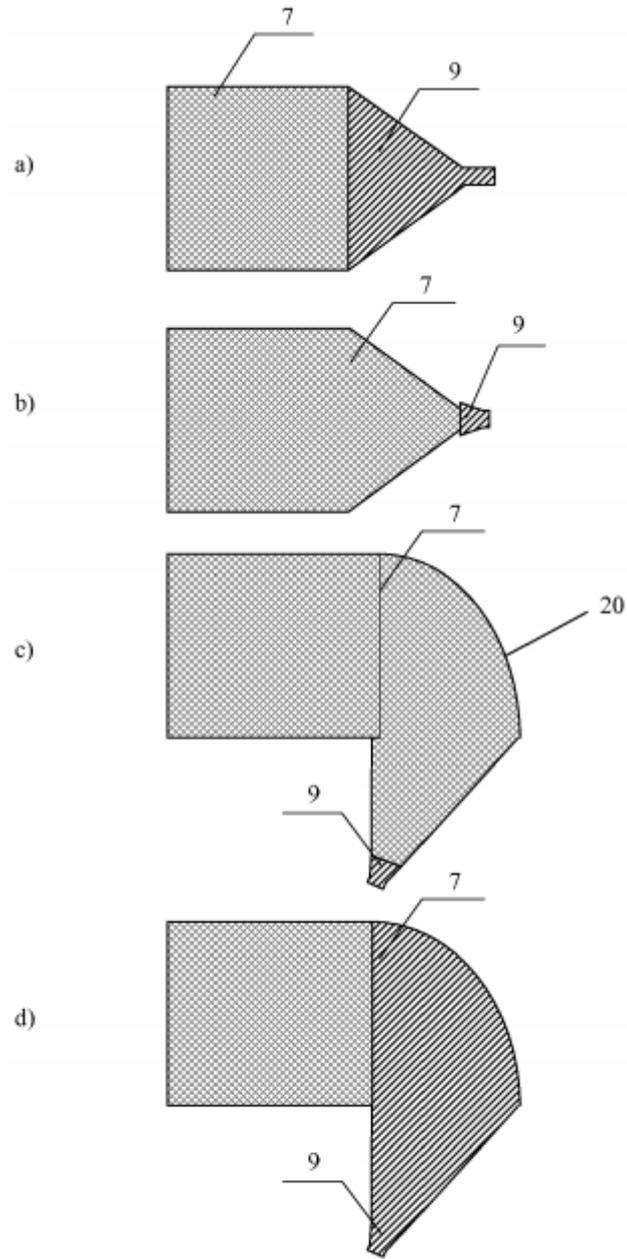


fig.9

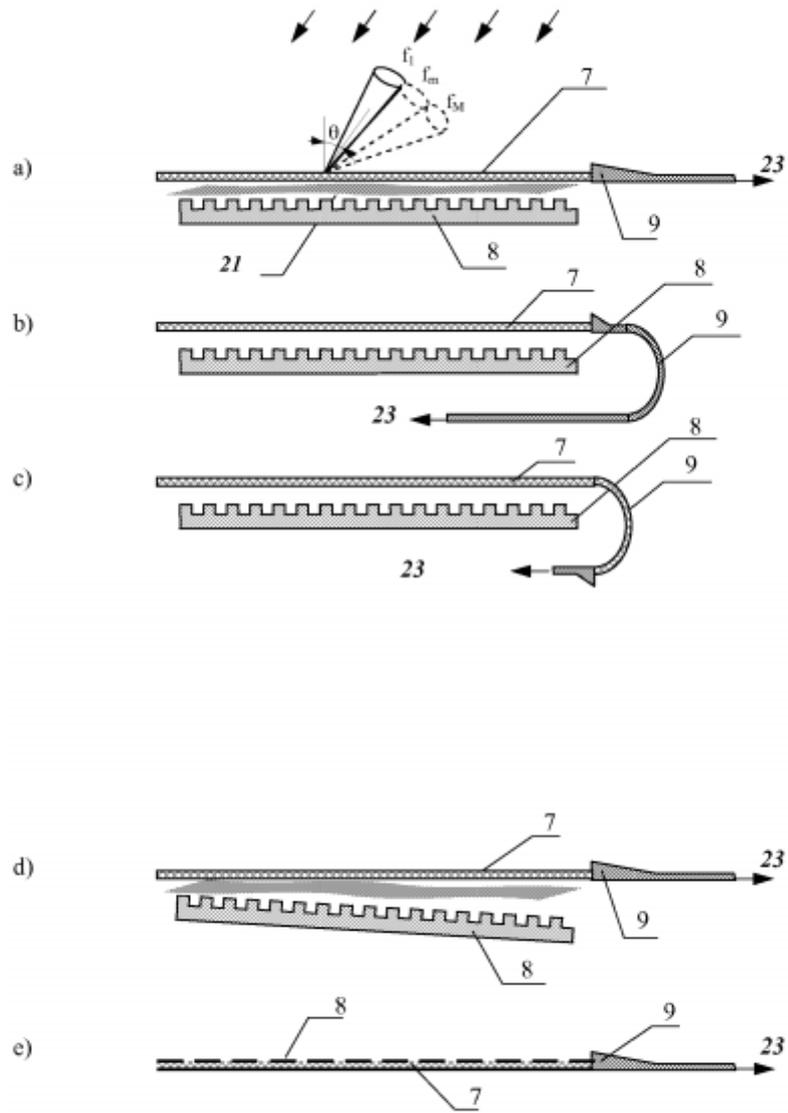
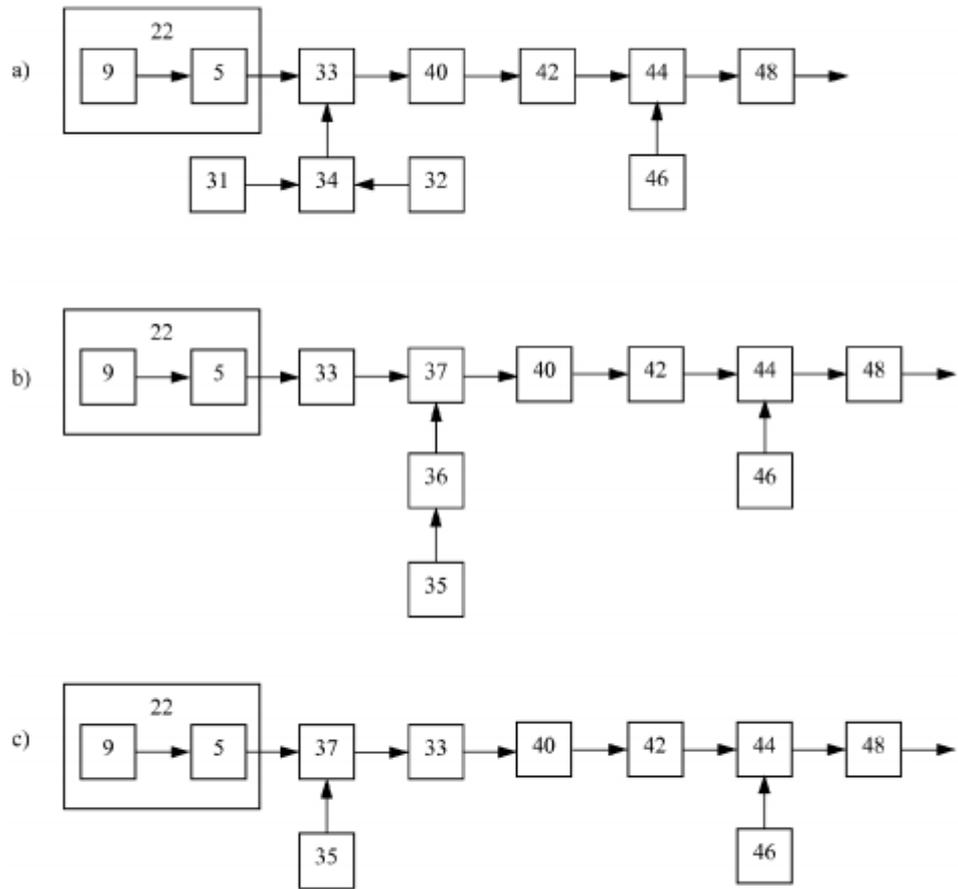


fig. 10



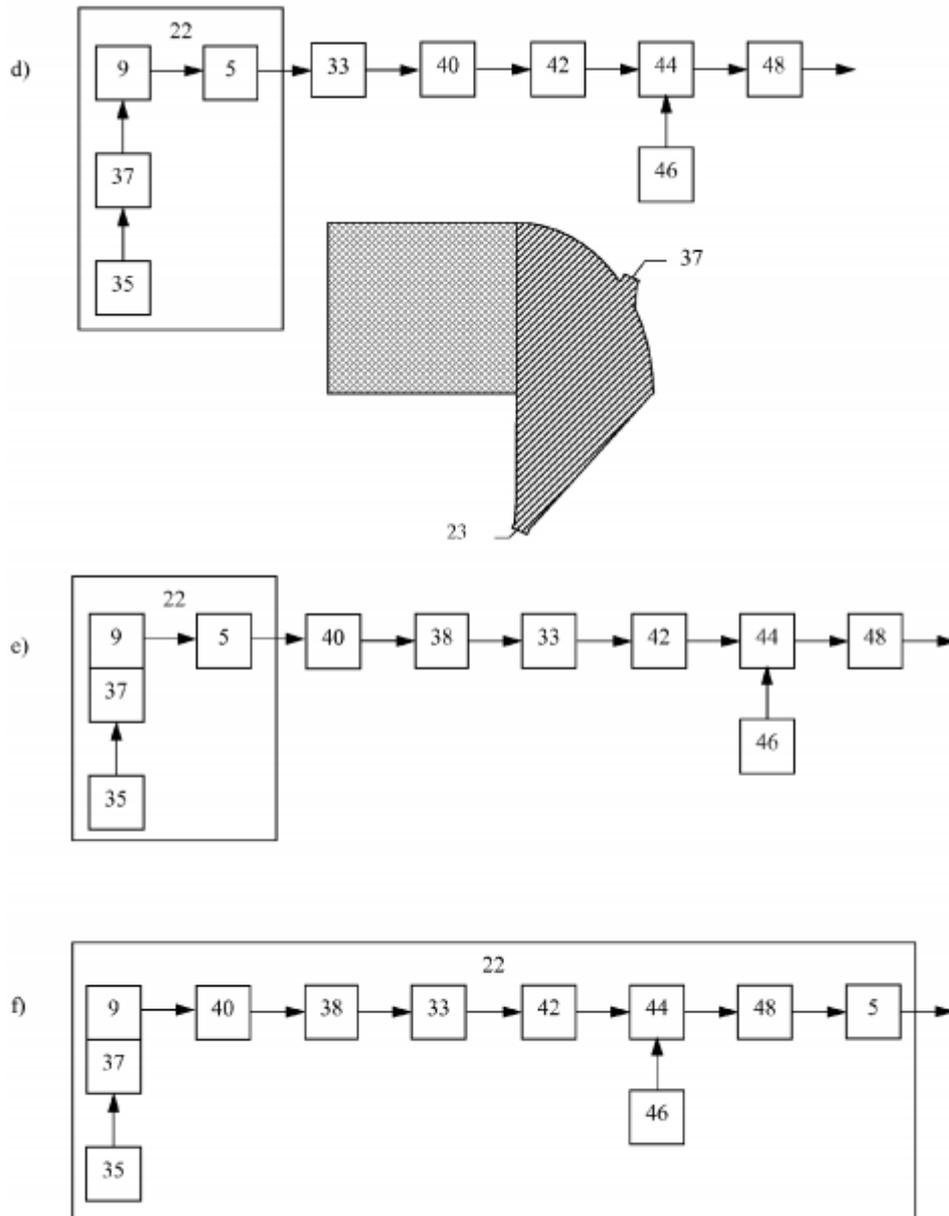


fig. 11

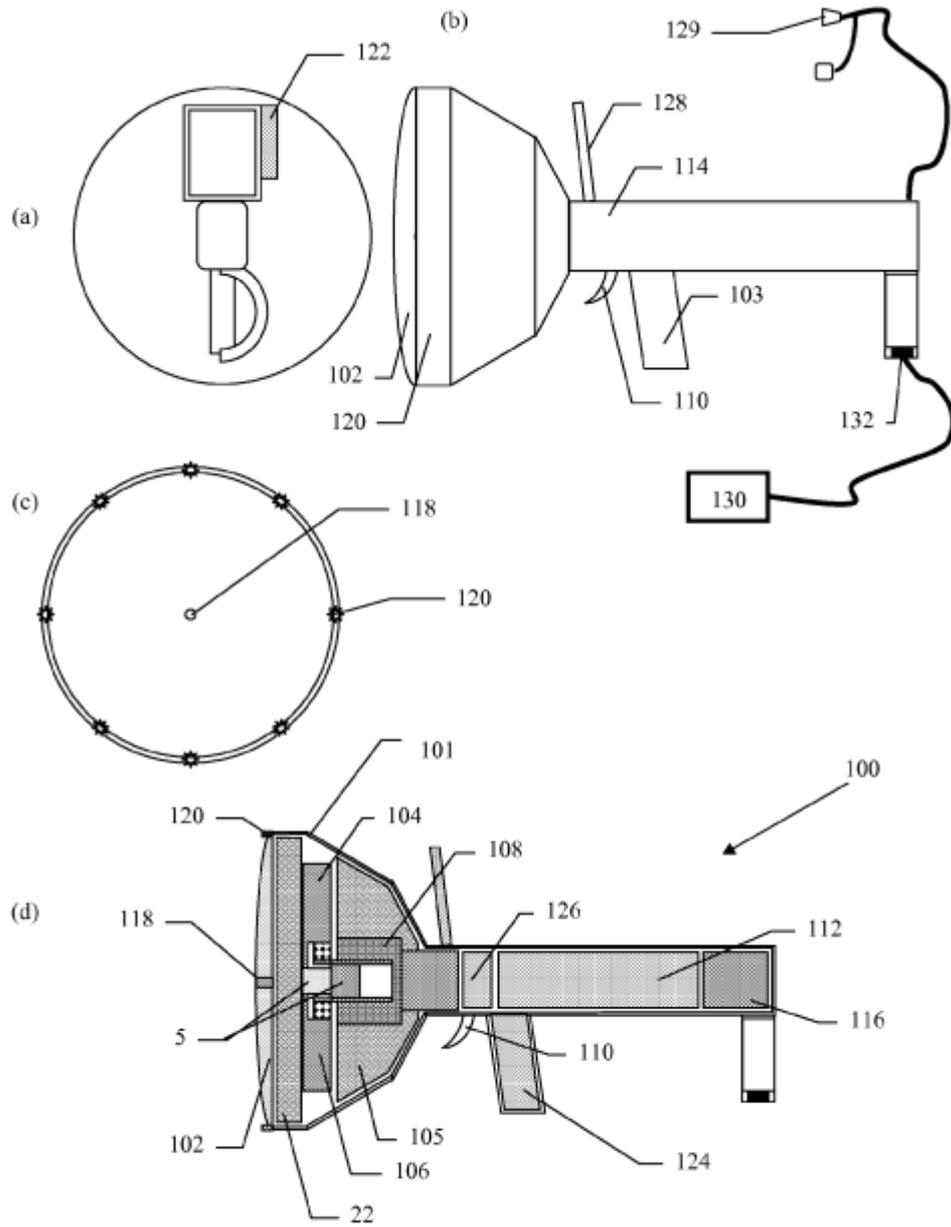


fig. 12