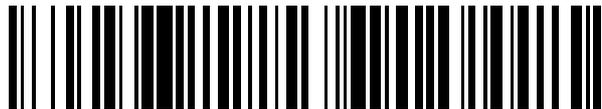


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 720 751**

51 Int. Cl.:

G03B 37/00 (2006.01)

G01C 11/02 (2006.01)

B64D 47/08 (2006.01)

G03B 37/04 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **08.12.2014 PCT/AU2014/050401**

87 Fecha y número de publicación internacional: **23.12.2015 WO15192163**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **08.12.2014 E 14894991 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **30.01.2019 EP 3158290**

54 Título: **Sistemas de cámara aérea de gran altitud**

30 Prioridad:

20.06.2014 US 201414310523

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

24.07.2019

73 Titular/es:

**NEARMAP AUSTRALIA PTY LTD (100.0%)
Tower One International Towers Sydney, Level 4,
100 Barangaroo Avenue
Sydney NSW 2000, AU**

72 Inventor/es:

**TARLINTON, MARK HAROLD;
BLEADS, DAVID ARNOLD y
LAPSTUN, PAUL**

74 Agente/Representante:

ISERN JARA, Jorge

ES 2 720 751 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

Sistemas de cámara aérea de gran altitud

5 Campo de la invención

La presente invención se refiere a sistemas de cámaras aéreas y métodos eficientes para crear mosaicos de fotografías a partir de fotografías aéreas.

10 Antecedentes

Los mosaicos de fotografías georreferenciados con precisión de las ortofotografías se están convirtiendo en alternativas populares a los mapas pictóricos tradicionales porque pueden crearse automáticamente a partir de fotografías aéreas y porque muestran detalles reales útiles sobre el terreno.

15 La creación de mosaicos de fotografías precisos a partir de fotografías aéreas está bien descrita en la literatura. Véase, por ejemplo, Elements of Photogrammetry with Application in GIS, Cuarta edición (Wolf et al.), y el Manual of Photogrammetry, Sexta edición (American Society for Photogrammetry and Remote Sensing (ASPRS)).

20 La creación de un mosaico de fotografías requiere la captura sistemática de fotografías aéreas que se solapan del área de interés, tanto para asegurar una cobertura completa del área de interés como para asegurar que haya suficiente redundancia en las imágenes para permitir un ajuste preciso del paquete, ortorrectificación y alineación de las fotografías.

25 El ajuste del paquete es el proceso mediante el cual se refinan las estimaciones redundantes de los puntos del terreno y las posiciones de la cámara. El ajuste moderno del paquete se describe en detalle en "Bundle Adjustment - A Modern Synthesis" (Triggs et al.).

30 El ajuste de paquete puede operar en las posiciones de los puntos del terreno identificados manualmente, o, cada vez más, en las posiciones de las características del terreno identificadas automáticamente que se emparejan automáticamente entre las fotografías que se solapan.

35 Las fotografías aéreas que se solapan se capturan generalmente guiando una aeronave de reconocimiento en un patrón serpenteante sobre el área de interés. La aeronave de reconocimiento lleva un sistema de cámara aérea, y el patrón de vuelo serpenteante asegura que las fotografías capturadas por el sistema de cámara se solapen tanto a lo largo de las líneas de vuelo dentro del patrón de vuelo como entre líneas de vuelo adyacentes.

40 La redundancia suficiente para un ajuste preciso del paquete generalmente dicta la elección de un solapamiento longitudinal (hacia adelante) de al menos el 60%, es decir, entre fotografías sucesivas a lo largo de una línea de vuelo, y un solapamiento lateral (lateral) de al menos el 40%, es decir, entre fotografías en líneas de vuelo adyacentes. Esto a menudo se conoce como solapamiento 60/40.

45 El solapamiento elegido determina tanto el tiempo de vuelo requerido como el número de fotografías capturadas (y posteriormente procesadas). Por lo tanto, un solapamiento elevado es costoso, tanto en términos de tiempo de vuelo como de procesamiento, y las opciones prácticas de solapamiento representan un compromiso entre el coste y la precisión del mosaico de fotografías.

50 El uso de un sistema de cámara de resolución múltiple proporciona una forma potente de reducir el solapamiento sin comprometer excesivamente la precisión. La captura y el procesamiento de fotografías aéreas de resolución múltiple se describen en las patentes de EE. UU. N° 8.497.905 y 8.675.068 (Nixon). Los conjuntos de fotografías de resolución múltiple permiten que la precisión del mosaico de fotografías se derive del solapamiento entre las fotografías generales de menor resolución, mientras que el detalle del mosaico de fotografías se deriva de las fotografías de detalle de mayor resolución.

55 Las patentes de EE. UU. N° 8.497.905 y 8.675.068 (Nixon) describen una cápsula de cámara externa que se puede acoplar a una aeronave pequeña. Una cápsula externa tiene dos desventajas fundamentales: la cápsula es muy específica de la aeronave, y el espacio dentro de la cápsula es limitado. Una cápsula específica para la aeronave limita la elección de la aeronave y, por lo tanto, limita los parámetros operativos tales como el rango de altitud y, en cambio, requiere un esfuerzo significativo de diseño, prueba y certificación para adaptarse a diferentes aeronaves. El restringido espacio dentro de la cápsula limita el tamaño y, por lo tanto, la distancia focal de las lentes de la cámara, lo que a su vez limita el rango de altitudes de operación para una resolución de imagen objetivo particular. La patente de EE. UU. N° 5.625.409 describe el uso de un sistema de cámara de resolución múltiple. La solicitud de patente de EE. UU., Publicación N° 2012/0200703 describe un sistema para proporcionar una imagen de video estabilizada con alcance visual continuamente desplazable y controlable automáticamente y campo de visión ajustable para uso en un vehículo aéreo no tripulado. La solicitud de patente de EE. UU., Publicación N° 2009/0015674 describe un sistema de imágenes ópticas para un vehículo aéreo no tripulado.

Resumen de la invención

5 La invención se define en la reivindicación independiente 1 del sistema. Las realizaciones preferidas se definen en las reivindicaciones dependientes.

Breve descripción de las figuras

10 Realizaciones de ejemplo son evidentes a partir de la siguiente descripción, que se proporciona solo a modo de ejemplo, de al menos una realización preferida pero no limitativa, descrita en relación con las figuras adjuntas.

La figura 1 muestra una vista frontal de la unidad de cámara HyperCamera, es decir, que está de frente hacia la parte delantera de la aeronave.

15 La figura 2 muestra una vista posterior de la unidad de cámara.

La figura 3 muestra una vista superior de la unidad de cámara.

20 La figura 4 muestra una vista inferior de la unidad de cámara.

La figura 5 muestra una vista del despiece de la unidad de cámara.

25 La figura 6 muestra una vista del despiece de las cámaras y el soporte central de la unidad de cámara, con el campo de visión de cada cámara.

La figura 7 muestra la unidad de la cámara desde abajo, con sus campos de visión combinados pasando a través de la abertura de un orificio para la cámara de la aeronave.

30 La figura 8 muestra el campo de visión general y los cinco campos de visión de detalle que se solapan de la unidad de la cámara.

La figura 9 muestra la placa adaptadora de la HyperCamera montada en los rieles del asiento en el suelo de una aeronave.

35 La figura 10 muestra una vista del despiece de la unidad de la cámara, la placa adaptadora y los rieles del asiento en el suelo de una aeronave.

40 La figura 11 muestra una vista del despiece de las cámaras y el soporte central de una versión de la unidad de cámara con un ángulo mayor.

La figura 12 muestra el campo de visión general y los cinco campos de visión de detalle que se solapan de la versión de la unidad de la cámara con un ángulo mayor.

45 La figura 13 muestra una vista en planta de la HyperCamera instalada en una aeronave Cessna 208.

La figura 14 muestra una vista en planta detallada de la HyperCamera instalada en una aeronave Cessna 208.

50 La figura 15 muestra un alzado frontal de una aeronave Cessna 208 que lleva una HyperCamera, y la vista general y campos de visión de detalle conjuntos resultantes.

La figura 16 muestra un alzado lateral de una aeronave Cessna 208 que lleva una HyperCamera, y la vista general y campos de visión de detalle conjuntos resultantes.

55 La figura 17 muestra los campos de visión que se solapan de tres disparos sucesivos.

La figura 18 muestra los campos de visión que se solapan de disparos en líneas de vuelo adyacentes.

60 La figura 19 muestra los campos de visión de detalle conjuntos que se solapan de una sucesión de disparos a lo largo de tres líneas de vuelo adyacentes.

La figura 20 muestra un diagrama de bloques de un sistema de alimentación y control para la HyperCamera.

65 La figura 21 muestra un flujo de proceso fotogramétrico para crear de manera eficiente un mosaico de fotografías a partir de fotografías de HyperCamera de resolución múltiple.

Listado de números de referencia

	100 Unidad de cámara
	110 Detalle de la cámara
	112 Vista general de la cámara
5	114 Detalle de la lente de la cámara
	116 Vista general de la lente de la cámara
	120 Bastidor
	122 Soporte central del bastidor
	124 Soporte lateral del bastidor
10	126 Soporte posterior del bastidor
	128 Soporte frontal del bastidor
	130 Bloque del punto de montaje
	132 Punto de montaje
	134 Perno de montaje
15	140 Soporte para la cámara de detalle
	142 Soporte para la cámara de vista general
	144 Abrazadera para la lente de la cámara de detalle
	146 Abrazadera para la lente de la cámara de vista general
	150 Caja de distribución de alimentación y control
20	160 Campo de visión de detalle
	162 Campo de visión de detalle lateral
	164 Campo de visión de detalle longitudinal
	170 Campo de visión general
	172 Campo de visión general lateral
25	174 Campo de visión general longitudinal
	180 Campo de visión de detalle conjunto
	182 Campo de visión de detalle lateral conjunto
	200 Placa adaptadora
	202 Tornillo del riel del asiento
30	210 Suelo de la aeronave
	212 Orificio para la cámara
	214 Riel del asiento
	216 Abertura de la placa adaptadora
	220 Dirección de vuelo
35	222 Trayectoria de vuelo
	224 Posición de disparo
	230 Aeronave de reconocimiento aéreo
	300 Ordenador
	302 Pantalla del piloto
40	304 Unidad de medición inercial (IMU).
	306 Receptor del sistema global de navegación por satélite (GNSS)
	308 Conversores analógico a digital (ADC).
	310 Unidad de control de la cámara (CCU).
	320 Unidad de batería
45	322 Alimentación auxiliar de la aeronave
	324 Unidad de alimentación en tierra (GPU).
	400 Fotografías de detalle
	402 Fotografías generales
	404 Mosaico de fotografías
50	410 Paso de emparejamiento de características
	412 Paso de resolución de posición y orientaciones
	414 Paso de ortorrectificación
	416 Paso de ensamblaje
55	Descripción detallada de realizaciones preferidas

Los siguientes modos, dados a manera de ejemplo solamente, se describen con el fin de proporcionar una comprensión más precisa del tema objeto de una realización o realizaciones preferidas.

- 60 La HyperCamera™ es un sistema compacto de cámara aérea de resolución múltiple adecuado para una fácil instalación en una amplia gama de aeronaves, grandes y pequeñas. Está diseñado para ser instalado sobre un orificio para cámara estándar de 20 pulgadas, como es a menudo provisto en el suelo de un avión de reconocimiento o en una cápsula aerotransportada.
- 65 En una realización preferida, como se ilustra en las figuras 1 a 5, la HyperCamera comprende una unidad 100 de cámara que incorpora cinco cámaras 110 de detalle y una cámara 112 de visión general de ángulo relativamente

ES 2 720 751 T3

mayor. Cada cámara 110 de detalle tiene una lente 114 de detalle, y la cámara 112 de vista general tiene una lente 116 de vista general.

La lente 116 de vista general se caracteriza por tener un ángulo significativamente mayor que la lente 114 de detalle. Aunque puede ser una verdadera lente de gran angular, también puede ser una lente normal o incluso una lente de teleobjetivo siempre que sea de ángulo significativamente mayor que la lente 114 de detalle. Del mismo modo, si bien la lente 114 de detalle puede ser una verdadera lente de teleobjetivo, también puede ser una lente normal o incluso una lente de gran angular siempre que sea de ángulo significativamente menor que la lente 116 de vista general.

Las cámaras 110 y 112 son cámaras SLR digitales (DSLR) comerciales existentes (COTS). El uso de cámaras COTS permite que el sistema se adapte fácilmente a las cámaras más recientes y de mayor disponibilidad.

Las cámaras COTS de alta resolución están disponibles con recuentos de píxeles típicos que van desde los 24 megapíxeles a los 36 megapíxeles, de proveedores tales como Nikon y Canon. La cámara DSLR Nikon D800 de 36 megapíxeles es una opción particularmente buena para el sistema actual.

Las cámaras DSLR ofrecen una amplia gama de lentes de alta calidad, lo que permite que el sistema se configure fácilmente para operar a diferentes altitudes y resoluciones.

El sistema se adapta fácilmente a una mezcla de cámaras. Por ejemplo, se puede emplear una cámara relativamente más cara con un mayor número de píxeles como cámara de vista general. Se espera que las cámaras DSLR de 70 megapíxeles estén disponibles en un futuro próximo, y una cámara de 70 megapíxeles sería una buena opción para la cámara de vista general.

En la realización preferida, las lentes de detalle 114 de las cámaras 110 de detalle tienen todas la misma distancia focal, y las cámaras 110 de detalle todas tienen el mismo tamaño de píxel. Por lo tanto, la unidad 100 de cámara incorpora dos resoluciones de cámara distintas: de vista general y de detalle. Esto se extiende fácilmente a varias resoluciones mayores que dos a través del uso de lentes 114 de detalle con diferentes distancias focales, y/o el uso de cámaras 110 de detalle con diferentes tamaños de píxel. La unidad 100 de cámara también puede incorporar múltiples cámaras de vista general con diferentes resoluciones.

Cada lente 114 de detalle y la lente 116 de vista general pueden ser una lente de enfoque fijo enfocada al infinito o una lente de enfoque variable. En este último caso, la cámara 110 y/o 112 correspondiente incorpora un mecanismo de autoenfoque.

Cada cámara 110 de detalle está atornillada a un soporte 140 de cámara, que a su vez está atornillado a un soporte 122 central. Cada lente 114 de cámara de detalle está asegurada además por una abrazadera 144 que está atornillada al soporte 140 de la cámara de detalle.

La cámara de vista general está atornillada a un soporte 142 de cámara, que a su vez está atornillado al soporte 122 central. La lente 116 de cámara de vista general 116 está asegurada además por una abrazadera 146 que está atornillada al soporte 142 de cámara de vista general.

Los soportes 140 y 142 de cámara aíslan gran parte de la estructura de la unidad 100 de cámara de los detalles específicos de modelos de cámara individuales y de tamaños de lentes.

El soporte 122 central está unido a un par de soportes 124a y 124b laterales, y cada soporte 124 lateral está unido a su vez a un soporte 126 trasero y a un soporte 128 frontal para formar un bastidor 120 rígido.

Cada soporte 124 lateral está unido al bloque 130 de punto de montaje a través de un conjunto de cuatro pernos, y el bloque 130 de punto de montaje está unido a su vez al soporte 126 trasero o al soporte 128 frontal, según corresponda, a través de un conjunto adicional de cuatro pernos. Los bloques 130 de punto de montaje proporcionan de este modo el mecanismo de fijación entre los soportes 124 laterales y los soportes 126 y 128 trasero y frontal.

Cada uno de los soportes 124 laterales y los soportes 126 y 128 traseros y frontales tienen un perfil de sección transversal en forma de C para minimizar el peso mientras se maximiza la rigidez, mientras que el soporte 122 central tiene huecos para minimizar el peso mientras se maximiza la rigidez.

Cada bloque 130 de punto de montaje es sólido y sirve para el propósito adicional de proporcionar un punto de unión entre la unidad 100 de cámara y una aeronave de reconocimiento, como se describe a continuación.

Todas las partes están hechas de aluminio ligero, excepto los tornillos que están hechos de acero.

ES 2 720 751 T3

El soporte 126 trasero y el soporte 128 frontal sostienen tres cajas 150 de distribución de alimentación y control. Cada caja 150 distribuye señales de alimentación y control a un par de cámaras. Por claridad, el cableado de alimentación y control entre las cajas 150 y las cámaras 110 y 112 se omite en las figuras.

5 En la realización preferida, cada cámara 110 de detalle tiene una lente 114 con una longitud focal de 300 mm adecuada para la toma de imágenes de alta resolución a altitudes relativamente altas. Por ejemplo, cuando se usa una cámara Nikon D800 de 36 megapíxeles (que tiene 4.88 μm píxeles), una lente de 300 mm permite una distancia de muestreo del suelo (GSD) de 10 cm a 20,000 pies, 8 cm a 16,000 pies, 6 cm a 12,000 pies, 4 cm a 8,000 pies, 2 cm a 4,000 pies, y así sucesivamente.

10 Asumiendo que las cámaras 110 de detalle y la cámara 112 de vista general tienen números de píxeles y tamaños de píxel similares, la cámara 112 de vista general idealmente tiene una lente 116 con una distancia focal que es entre 4 y 8 veces más corta que la distancia focal de la lente 114 de detalle, como se discute más adelante. Es decir, para una lente 114 de detalle de 300 mm, las distancias focales adecuadas para la lente 116 de vista general varían entre aproximadamente 40 mm y 75 mm. Con fines ilustrativos, el sistema actual utiliza una lente 116 de vista general de 50 mm.

15 La figura 6 muestra el campo de visión 162 lateral de 6,90 grados de cada una de las cinco cámaras 110 de detalle con lentes 114 de 300 mm y el campo lateral de 39,60 grados de la cámara 112 de vista general con una lente 116 de 50 mm.

En esta especificación, la dirección lateral es la dirección perpendicular a la dirección de vuelo 220, y la dirección longitudinal es la dirección paralela a la dirección de vuelo 220.

25 Como se muestra, las cámaras de detalle están inclinadas lateralmente con un ángulo de 6 grados, es decir, ligeramente menos que sus campos de visión 162 de 6,90 grados, de modo que los campos de visión 162 se solapan ligeramente.

30 Usando las cámaras Nikon D800 de 36 megapíxeles, las cinco cámaras 110 de detalle tienen un campo de visión conjunto con un número de píxeles de aproximadamente 160 megapíxeles, es decir, excluyendo el solapamiento.

35 Las lentes de teleobjetivo en existencias adecuadas para su uso como lentes 114 de detalle están disponibles en una variedad de distancias focales, que incluyen típicamente 85 mm, 105 mm, 135 mm, 180 mm, 200 mm, 300 mm, 400 mm, 500 mm, 600 mm, 700 mm y 800 mm.

A 20 000 pies, una lente de 400 mm en una cámara Nikon D800 permite una GSD de 7,4 cm, una lente de 600 mm una GSD de 5,0 cm y una lente de 800 mm una GSD de 3,7 cm.

40 Las lentes normales y de gran angular en existencias adecuadas para su uso como una lente 116 de vista general están disponibles en una variedad de distancias focales, que incluyen típicamente 10,5 mm, 14 mm, 16 mm, 18 mm, 20 mm, 21 mm, 24 mm, 28 mm, 35 mm, 40 mm, 45 mm, 50 mm, 55 mm, 60 mm y 70 mm.

45 La unidad 100 de cámara se adapta fácilmente para diferentes modelos y tamaños de cámaras 110 (y 112) y lentes 114 (y 116) a través de diferentes soportes 140 (y 142) de cámara y abrazaderas 144 (y 146). Para lentes extremadamente largas se puede usar un soporte 122 central más alto.

50 Como se muestra en la figura 6 y en la figura 7, las cámaras de detalle están inclinadas hacia adentro de modo que sus campos de visión 162 se crucen directamente debajo de la unidad 100 de cámara, creando una cintura de diámetro mínimo donde los campos de visión pasan a través del orificio 212 para la cámara. Esto hace que la unidad 100 de cámara sea compatible con orificios para la cámara estándares de 20 pulgadas, así como con orificios para la cámara tan pequeños como de aproximadamente 17 pulgadas.

55 La figura 8 muestra la proyección de los campos de visión 160 y 170 tridimensionales de las cámaras 110 de detalle y de la cámara 112 de vista general sobre un plano del terreno. Muestra cómo el campo de visión 160 de detalle se solapa en una dirección perpendicular a la dirección del vuelo 220.

60 La figura 9 muestra una placa 200 adaptadora que se une a los rieles 214 del asiento de una aeronave, un Cessna 208 en este caso, a través de los tornillos 202 estándar del riel del asiento. La placa adaptadora tiene una abertura 216 que expone un orificio 212 para la cámara a través del suelo 210 de la aeronave.

65 La figura 10 muestra una vista del despiece de la unidad 100 de cámara, la placa 200 adaptadora y el suelo 210 de la aeronave. La placa 200 adaptadora está diseñada para unir la unidad 100 de la cámara a una aeronave en particular, y aísla el diseño de la unidad 100 de la cámara de los detalles específicos de la aeronave. Se ha diseñado una placa adaptadora diferente para cada variación de fijación de aeronave, por ejemplo debido a los diferentes espaciados entre los rieles de los asientos, o porque la instalación del orificio para la cámara del avión incluye sus propios puntos de montaje.

ES 2 720 751 T3

5 Los cuatro puntos 132 de montaje están atornillados a la placa adaptadora, con cada punto 132 de montaje 132 acoplado con un rebaje en la base de su correspondiente bloque 134 de punto de montaje. Un perno 143 de montaje fija firmemente cada bloque 134 de punto de montaje a su correspondiente punto 132 de montaje, fijando así la unidad 100 de cámara a la placa 200 adaptadora.

10 La placa 200 adaptadora permite que la unidad 100 de cámara se instale fácilmente y posteriormente se retire de una aeronave a través de la instalación y del retiro de los cuatro pernos 143 de montaje. La placa 200 adaptadora generalmente se instala y se retira fácilmente de una aeronave no requiriendo ninguna modificación de la aeronave (suponiendo que ya se haya instalado un orificio adecuado para la cámara). La instalación de la cápsula externa de la cámara es generalmente una operación mucho más complicada.

15 La figura 11 muestra una variante de la unidad 100 de cámara que utiliza lentes 114 de menos de 180 mm para las cámaras 110 de detalle, y una lente 116 correspondiente de 28 mm para la cámara 112 de vista general.

20 Cuando se usa una cámara Nikon D800 de 36 megapíxeles (que tiene 4,88 um píxeles), una lente de 180 mm permite una distancia de muestreo del suelo (GSD) de 9,9 cm a 12.000 pies, 8,3 cm a 10.000 pies, 6,6 cm a 8.000 pies, 5 cm 6.000 pies, 3,3 cm a 4.000 pies, y así sucesivamente.

25 La figura 11 muestra el campo de visión 162 lateral de 11,40 grados de cada una de las cinco cámaras 110 de detalle con lentes 114 de 180 mm, y el campo lateral de 65,50 grados de la cámara 112 de vista general con una lente 116 de 28 mm.

30 Como se muestra, las cámaras de detalle están inclinadas un ángulo de 10,50 grados lateralmente, es decir, ligeramente menos que sus campos de visión 162 de 11,40 grados, de modo que los campos de visión 162 se solapan ligeramente.

35 La figura 12 muestra la proyección de los campos de visión 160 y 170 tridimensionales de las cámaras 110 de detalle y de la cámara 112 de vista general de la figura 10 sobre un plano del terreno. Muestra cómo el campo de visión 160 de detalle se solapa en una dirección perpendicular a la dirección del vuelo 220, y cómo los campos de visión más amplios asociados con las lentes más cortas llevan a una altitud operacional más baja para la misma huella en el suelo, es decir, en comparación con la figura 8.

40 La figura 13 y la figura 14 muestran vistas en planta de una aeronave 230 de reconocimiento Cessna 208 que lleva una unidad 100 de cámara instalada centralmente sobre un orificio para la cámara. Las figuras también muestran una unidad 310 de control de cámara (CCU) y una unidad 320 de batería utilizadas para controlar y alimentar la unidad 100 de cámara. Estas se describen con más detalle a continuación. Por claridad, se omiten los cables que conectan la CCU 310, la unidad 320 de batería y la unidad 100 de cámara.

45 La figura 15 muestra un alzado frontal de la aeronave 230 de reconocimiento Cessna 208 que lleva una HyperCamera, y muestra el campo de visión 172 lateral de la unidad 100 de cámara, y el campo de vista 182 de detalle lateral conjunto de la unidad 100 de cámara. El campo de visión 182 de detalle lateral conjunto es el conjunto de los cinco campos de visión 162 individuales de detalle lateral que se solapan.

50 La figura 16 muestra un alzado lateral de la aeronave 230 de reconocimiento Cessna 208 que lleva una HyperCamera, y muestra el campo de visión 174 de la vista general longitudinal de la unidad 100 de cámara, y el campo de visión 164 de detalle longitudinal de la unidad 100 de cámara.

55 La figura 17 muestra los campos de visión 170 de la vista general que se solapan y los campos de visión 180 de detalle conjuntos de tres disparos sucesivos en la dirección de vuelo 220. El campo de visión 180 de detalle conjunto es el conjunto de los cinco campos de visión 160 individuales de detalle que se solapan. A la velocidad de disparo de la cámara ilustrada en la figura (es decir, como lo implica el solapamiento longitudinal), los campos de visión 180 de detalle conjuntos se solapan aproximadamente un 20% longitudinalmente, mientras que los campos de visión 170 de vista general se solapan aproximadamente un 85% longitudinalmente.

60 La figura 18 muestra los campos de visión 170 de vista general que se solapan y los campos de visión 180 de detalle conjuntos de dos disparos desde líneas de vuelo adyacentes, es decir, volados en direcciones 220 opuestas. En el espaciado de la línea de vuelo ilustrado en la figura, el conjunto de los campos de visión 180 de detalle se solapan entre el 20% y el 25% lateralmente, mientras que los campos de visión 170 de vista general se solapan aproximadamente el 40% lateralmente.

65 Asumiendo que las cámaras 110 de detalle y la cámara 112 de vista general tienen un número de píxeles y tamaños de píxel similares, el tamaño del campo de visión 172 de vista general lateral y el tamaño del campo de visión 182 de detalle conjunto lateral son similares cuando la relación de la distancia focal de la lente 114 de la cámara de detalle a la distancia focal de la lente 116 de la cámara de vista general es de aproximadamente 6, y se pueden elegir combinaciones útiles de lentes con relaciones de distancia focal de entre aproximadamente 4 y 8.

La figura 19 muestra los campos de visión 180 de detalles conjuntos que se solapan de una sucesión de disparos a lo largo de tres líneas de vuelo adyacentes que forman parte de una trayectoria 222 de vuelo serpenteante típica, es decir, un subconjunto de las líneas de vuelo que conformarían un reconocimiento de una gran área. Por claridad, se omiten los campos de visión 170 de vista general correspondientes. La figura también muestra la posición 224 de disparo correspondiente a cada campo de visión 180 de detalle conjunto, es decir, la posición de la aeronave 230 de reconocimiento.

Como ya se señaló, los levantamientos aéreos tradicionales de resolución única se operan típicamente con un solapamiento de 60/40, es decir, un 60% de solape hacia adelante (o longitudinal), y un 40% de solapamiento de lado (o lateral). Con la HyperCamera de resolución múltiple operada como se muestra en las figuras 17 a 19, las fotografías de vista general se capturan con un solapamiento superior al 85/40, y las fotografías de detalle se capturan con únicamente un solapamiento de 20/20 como máximo.

En comparación con un sistema de cámara aérea de resolución única tradicional y un número de píxeles de detalle conjunto comparable (por ejemplo, 160 megapíxeles), la HyperCamera es entre 2 y 3 veces más eficiente, como se detalla a continuación, con respecto tanto a la reducción del tiempo de vuelo de reconocimiento como al menor número de fotografías a procesar. La HyperCamera también tiene una mayor eficiencia que muchos sistemas de cámaras aéreas debido solamente a su mayor número de píxeles (detalle).

Como alternativa a la captura de fotografías tanto de vista general como de detalle, la HyperCamera se puede usar para capturar solo fotografías de detalle, con un mayor solapamiento (por ejemplo, 60/40 en lugar de 20/20), para permitir la creación de un mosaico de fotografías con mayor precisión espacial, pero a mayor coste de captura y procesamiento. En este caso, la cámara 112 de vista general puede omitirse.

Para analizar la eficiencia relativa de una HyperCamera de resolución múltiple, asúmase una configuración de HyperCamera de resolución múltiple con un solapamiento lateral del X%, un solapamiento longitudinal del Y%, N cámaras 110 de detalle y M cámaras 112 de vista general, y en comparación, una configuración HyperCamera de resolución única con solapamiento lateral del A%, solapamiento longitudinal del B%, N cámaras de detalle y sin cámara de vista general. Suponiendo que X es más pequeño que A, la mejora en la eficiencia lateral, como se refleja en un mayor espaciado de línea de vuelo y un tiempo de vuelo más corto y menos fotografías de detalle capturadas, viene dada por $(1-X) / (1-A)$. Del mismo modo, suponiendo que Y sea más pequeño que B, la mejora en la eficiencia longitudinal, como se refleja en un mayor espaciado de disparo y un tiempo de vuelo más corto y menos fotografías de detalle capturadas, viene dada por $(1-Y) / (1-B)$. La mejora global en la eficiencia viene dada por $(1-X) (1-Y) / (1-A) (1-B)$. A esto se le debe descontar el coste de la captura de fotografías de vista general, es decir, multiplicarlo por un factor de $(N / (N + M))$. Para $X/Y = 20/20$, $A/B = 60/40$, $N = 5$ y $M = 1$, la mejora de la eficiencia neta es 2,2.

La mayor eficiencia se debe al costo de realizar algunos cálculos fotogramétricos a la resolución más baja de la cámara 112 de vista general en lugar de a la resolución más alta de las cámaras 110 de detalle. Sin embargo, esto se compensa, al menos parcialmente, por el mayor solapamiento entre las fotografías de vista general que en la práctica tradicional.

La figura 20 muestra un diagrama de bloques de un sistema de alimentación y control para la unidad 100 de cámara. Las cámaras 110 de detalle y la cámara 112 de vista general son controladas por un ordenador 300 a través de un conjunto de convertidores 308 analógico a digital (ADC).

El ordenador 300 usa uno o más receptores 304 del sistema global de navegación por satélite (GNSS) para monitorear la posición y la velocidad de la aeronave 230 de reconocimiento en tiempo real. El (los) receptor(es) GNSS puede(n) ser compatibles con una variedad de sistemas de navegación por satélite situados en el espacio, incluidos el Sistema de Posicionamiento Global (GPS), GLONASS, Galileo y BeiDou.

El ordenador 300 proporciona señales de disparo en tiempo preciso a las cámaras 110 y 112 a través de los ADC 308, para activar la exposición de la cámara, de acuerdo con un plan de vuelo almacenado y la posición y velocidad en tiempo real de la aeronave. Si una cámara 110 y/o 112 incorpora un mecanismo de enfoque automático, entonces el ordenador 300 también proporciona una señal de enfoque a cada una de estas cámaras para activar el enfoque automático antes de la exposición.

El ordenador 300 dispara la cámara 112 de vista general y las cámaras 110 de detalle a la misma velocidad. Alternativamente, el ordenador 300 puede disparar la cámara 112 de vista general a una velocidad diferente a la de las cámaras 110 de detalle, es decir, bien a una velocidad mayor o bien a una velocidad menor, para lograr un solapamiento diferente entre las fotografías de vista general sucesivas, es decir, bien con un solapamiento mayor o bien con un solapamiento menor, independiente del solapamiento entre fotografías de detalle sucesivas. El ordenador 300 puede disparar las cámaras simultáneamente, o puede escalonar el momento del disparo, por ejemplo para lograr una alineación diferente de las fotografías longitudinalmente o para reducir el consumo máximo de energía.

- 5 El plan de vuelo describe cada línea de vuelo que forma el levantamiento, y la velocidad de disparo nominal de la cámara a lo largo de cada línea de vuelo requerida para asegurar que se mantenga el solapamiento necesario entre disparos sucesivos. La velocidad de disparo es sensible a la elevación del terreno debajo de la aeronave, es decir, cuanto más alto es el terreno, mayor debe ser la velocidad de disparo. Es ajustada por el ordenador 300 según la velocidad real respecto a tierra de la aeronave, que puede variar de su velocidad nominal debido al viento y a la operación del piloto de la aeronave.
- 10 El ordenador 300 también utiliza el plan de vuelo y la posición GNSS en tiempo real para guiar al piloto a lo largo de cada línea de vuelo a través de una pantalla 302 del piloto.
- 15 Como se muestra en la figura 20, los datos de posición del receptor GNSS se aumentan opcionalmente con información de orientación de una unidad 306 de medición inercial (IMU). Esto permite que el ordenador 300 proporcione retroalimentación mejorada al piloto sobre cuán de cerca está el piloto siguiendo el plan de vuelo. En ausencia de la IMU 306, el receptor GNSS se conecta directamente al ordenador 300.
- 20 El ordenador almacena la posición GNSS (y, opcionalmente, la orientación de la IMU si la IMU 306 está presente) de cada disparo. Esto se utiliza durante el procesamiento posterior de las fotografías para producir un mosaico de fotografías preciso.
- 25 Cada cámara 110 y 112 almacena sus tomas localmente, por ejemplo en memoria instantánea extraíble. Esto elimina la necesidad de almacenamiento centralizado en el sistema de la HyperCamera y la necesidad de un canal de comunicación de datos de banda ancha entre las cámaras y el almacenamiento centralizado.
- 30 La posición GNSS de cada disparo se puede suministrar a cada cámara 110 y 112, para permitir que la cámara etiquete cada foto con su posición GNSS.
- 35 Las cámaras 110 y 112 son alimentadas por una unidad 320 de batería. La unidad 320 de batería proporciona un voltaje más alto que el voltaje requerido por todos los componentes conectados, por ejemplo, entre 24 V y 28 V, y el requisito de voltaje de cada componente conectado se proporciona a través de un convertidor 326 DC-DC. Por ejemplo, una cámara Nikon D800 requiere menos de 10 V. Los convertidores 326 DC-DC adicionales también proporcionan los voltajes adecuados para alimentar el ordenador 300, la pantalla 302 del piloto, el receptor 304 GNSS y la IMU 306. Por claridad, estas conexiones de alimentación se omiten en la figura 20.
- 40 La unidad 320 de batería contiene dos baterías de 12 V o 14 V o una sola batería de 24 V o 28 V. Contiene un circuito de carga que le permite ser cargado por carga lenta desde una aeronave con una fuente 322 de alimentación auxiliar adecuada, lo que le permite permanecer cargado en todo momento. También se puede cargar en tierra desde una unidad 324 de alimentación de tierra (GPU).
- 45 Los convertidores 308 y 326 ADC y DC-DC pueden alojarse en una unidad 310 de control de cámara (CCU). Esto también puede incluir una interfaz USB para permitir que el ordenador 300 controle los ADC.
- 50 Los convertidores 326 DC-DC que proporcionan alimentación a las cámaras 110 y 112 pueden estar situados en la CCU 310 o más cerca de las cámaras en las cajas 150 de distribución.
- 55 Las fotografías capturadas por la HyperCamera están diseñadas para ser unidas sin problemas en un mosaico de fotografías, y la figura 21 muestra un flujo de proceso fotogramétrico para crear de manera eficiente un mosaico de fotografías a partir de fotografías de la HyperCamera de resolución múltiple. El proceso funciona en las fotografías 400 de detalle capturadas por las cámaras 110 de detalle, y en las fotografías 402 de vista general capturadas por las cámaras 112 de vista general.
- 60 El proceso consta de cuatro pasos principales: (1) las características se detectan automáticamente en cada una de las fotografías 400 y 402 y se emparejan entre las fotografías (paso 410); el ajuste del paquete se utiliza para refinar iterativamente las estimaciones iniciales de la posición tridimensional del mundo real de cada característica, así como la posición de la cámara (posición y orientación tridimensional) y la calibración de la cámara (distancia focal y distorsión radial) asociadas con cada foto (en el paso 412); cada foto 400 de detalle está ortorrectificada de acuerdo con la posición de su cámara y los datos de elevación del terreno (en el paso 414); y las fotografías ortorrectificadas (ortofotografías) se ensamblan para formar el mosaico 404 de fotografías final (en el paso 416).
- 65 La precisión del mosaico 404 de fotografías se deriva del gran solapamiento entre las fotografías 402 de vista general de baja resolución, mientras que el detalle en el mosaico 404 de fotografías se deriva de las fotografías 400 de detalle de mayor resolución.
- Como alternativa, como se señaló anteriormente, se puede hacer un vuelo de levantamiento con un mayor solapamiento entre las fotografías 400 de detalle, y el mosaico de fotografías se puede crear únicamente a partir de las fotografías 400 de detalle.

- 5 El mosaico de fotografías se almacena típicamente como una pirámide de imágenes, es decir, dentro de la cual se calculan previamente diferentes niveles de zum (binarios) para un acceso rápido a cualquier nivel de zum. Los niveles de zum más bajos en la pirámide se generan a partir de niveles de zum más altos mediante el filtrado de paso bajo y el submuestreo, por lo que la pirámide completa puede generarse a partir del mosaico de fotografías con resolución de detalle. Como alternativa, se pueden generar niveles de zum menores a partir de un mosaico de fotografías creado a partir de las fotografías 402 de vista general, en cuyo caso las fotografías 402 de vista general también se ortorrectifican y se ensamblan como se describió anteriormente para las fotografías 400 de detalle.
- 10 Una estimación inicial de la posición de la cámara de cada foto, posteriormente refinada por el proceso de ajuste del paquete (en el paso 412), se deriva de la posición GNSS de cada foto, así como su orientación derivada de la IMU, si está disponible.
- 15 Los datos del terreno utilizados para ortorrectificar (en el paso 414) las fotografías 400 de detalle se pueden basar en las posiciones de las características 3D obtenidas a partir del ajuste del paquete (en el paso 412), o pueden ser datos del terreno provenientes de otra parte (tal como de un levantamiento aéreo LÍDAR).
- 20 Las características del terreno detectadas automáticamente pueden aumentarse con puntos del terreno identificados manualmente, cada uno de los cuales puede tener una posición precisa medida en el mundo real (y entonces se lo denomina un punto de control del terreno),
- La presente invención se ha descrito con referencia a una serie de realizaciones preferidas. Un experto en la técnica apreciará que existen varias realizaciones alternativas de la presente invención, y que el alcance de la invención solo está limitado por las reivindicaciones adjuntas.
- 25 A lo largo de esta especificación y de las reivindicaciones que siguen, a menos que el contexto requiera lo contrario, se entenderá que la palabra "comprenden" y las variaciones tales como "comprende" o "que comprende" implican la inclusión de un número entero o paso o grupo de números enteros o pasos declarados, pero no la exclusión de cualquier otro número entero o paso o grupo de números enteros o pasos.
- 30 La referencia en esta especificación a cualquier publicación anterior (o información derivada de ella), o a cualquier asunto que se conozca, no es, y no debe tomarse como un reconocimiento o admisión, o cualquier forma de sugerencia de que la anterior publicación (o información derivada de ella) o materia conocida forma parte del conocimiento general común en el campo de la labor a la que se refiere esta especificación.

REIVINDICACIONES

1. Un sistema para capturar imágenes aéreas, comprendiendo el sistema una aeronave (230) y al menos una cámara (112) de visita general, y caracterizado por:
- 5 (a) una pluralidad de cámaras (110) de detalle, y un bastidor para sujetar las cámaras, teniendo cada cámara (110) de detalle una distancia focal mayor que al menos una cámara (112) de vista general,
- 10 (b) las cámaras (110) de detalle montadas de modo que sus campos de visión (160) se solapen parcialmente, independientemente de cualquier movimiento de la aeronave (230), para formar un campo de visión conjunto alargado en la dirección que es esencialmente horizontal y perpendicular a la dirección de vuelo (220) de la aeronave (230),
- 15 (c) el bastidor que se puede unir al suelo (210) de la aeronave (230) sobre un orificio (212) para la cámara, proporcionando a las cámaras (110, 112) una vista del terreno bajo de la aeronave (230) a través del orificio (212) para la cámara orificio y
- 20 (d) las cámaras (110) de detalle se montan de modo que sus campos de visión (160) converjan y se crucen cerca y debajo de las cámaras (110) de detalle, creando una cintura en el campo de visión (160) conjunto lo suficientemente pequeño como para permitir que los campos de visión (160) pasen sin obstrucciones a través del orificio (212) para la cámara.
2. El sistema de la reivindicación 1, que comprende además una placa (200) adaptadora que se puede fijar al suelo (210) de la aeronave (230), pudiéndose fijar el bastidor a la placa (200) adaptadora.
- 25 3. El sistema de la reivindicación 2, en donde la placa (200) adaptadora se fija al suelo (210) atornillándola a los puntos de montaje dispuestos en el suelo (210).
- 30 4. El sistema de la reivindicación 2, en donde la placa (200) adaptadora se fija al suelo (210) atornillándola a los rieles (214) del asiento fijados al suelo (210).
5. El sistema de una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, en donde las relaciones de las distancias focales de las cámaras (110) de detalle a la distancia focal de al menos una cámara (112) de vista general están entre 4 y 8.
- 35 6. El sistema de una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, en donde las distancias focales de las cámaras (110) de detalle están entre 85 mm y 800 mm.
- 40 7. El sistema de una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, en donde las distancias focales de las cámaras (110) de detalle se seleccionan de entre el grupo que comprende: 85 mm, 105 mm, 135 mm, 180 mm, 200 mm, 300 mm, 400 mm, 500 mm, 600 mm 700mm, y 800mm.
- 45 8. El sistema de una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, en donde la distancia focal de al menos una cámara (112) de vista general está entre 10 mm y 200 mm.
9. El sistema de una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, en donde la distancia focal de al menos una cámara (112) de vista general se selecciona de entre el grupo que comprende: 10,5 mm, 14 mm, 16 mm, 18 mm, 20 mm, 21 mm, 24 mm, 28 mm, 35 mm, 40 mm, 45 mm, 50 mm, 55 mm y 60 mm.
- 50 10. El sistema de una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9, en donde hay cinco cámaras (110) de detalle.
11. El sistema de una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 10, en donde las cámaras (110) de detalle tienen lentes (114) de enfoque fijo enfocadas al infinito.
- 55 12. El sistema de una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 10, en donde las cámaras (110) de detalle tienen lentes (114) de enfoque variable y mecanismos de enfoque automático.
- 60 13. El sistema de una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 12, en donde al menos una cámara (112) de vista general tiene una lente (116) de enfoque fijo enfocada al infinito.
14. El sistema de una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 12, en donde al menos una cámara (112) de vista general tiene una lente (116) de enfoque variable y un mecanismo de enfoque automático.
- 65 15. El sistema de una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 14, que comprende además un sistema (300) informático configurado para disparar automáticamente las cámaras (110) de detalle durante el vuelo, de manera que las sucesivas fotografías de detalle se solapen longitudinalmente.

16. El sistema de la reivindicación 15, que comprende además al menos un receptor (304) del sistema global de navegación por satélite (GNSS), estando el ordenador (300) configurado para recibir y almacenar datos de posición de al menos un receptor (304) del GNSS en tiempo real.
- 5
17. El sistema de la reivindicación 16, que comprende además una unidad (306) de medición inercial, estando el ordenador (300) configurado para recibir y almacenar datos de orientación de la unidad (306) de medición inercial en tiempo real.
- 10
18. El sistema de una cualquiera de las reivindicaciones 15 a 17, que comprende además un plan de vuelo almacenado, estando el ordenador (300) configurado para disparar las cámaras (110, 112) a una velocidad determinada a partir del plan de vuelo, la posición en tiempo real de la aeronave (230), y la velocidad en tiempo real de la aeronave (230).

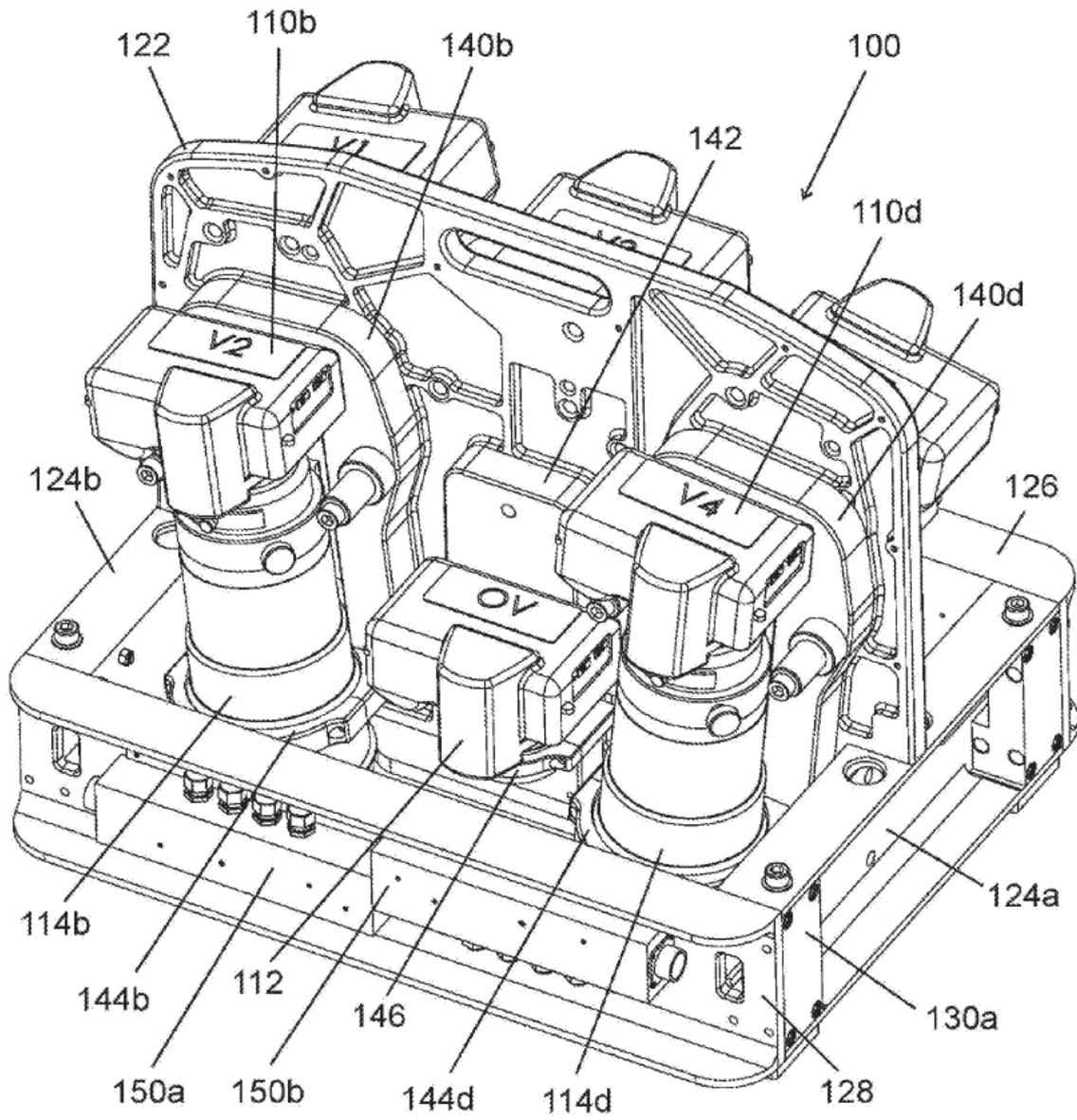


Fig. 1

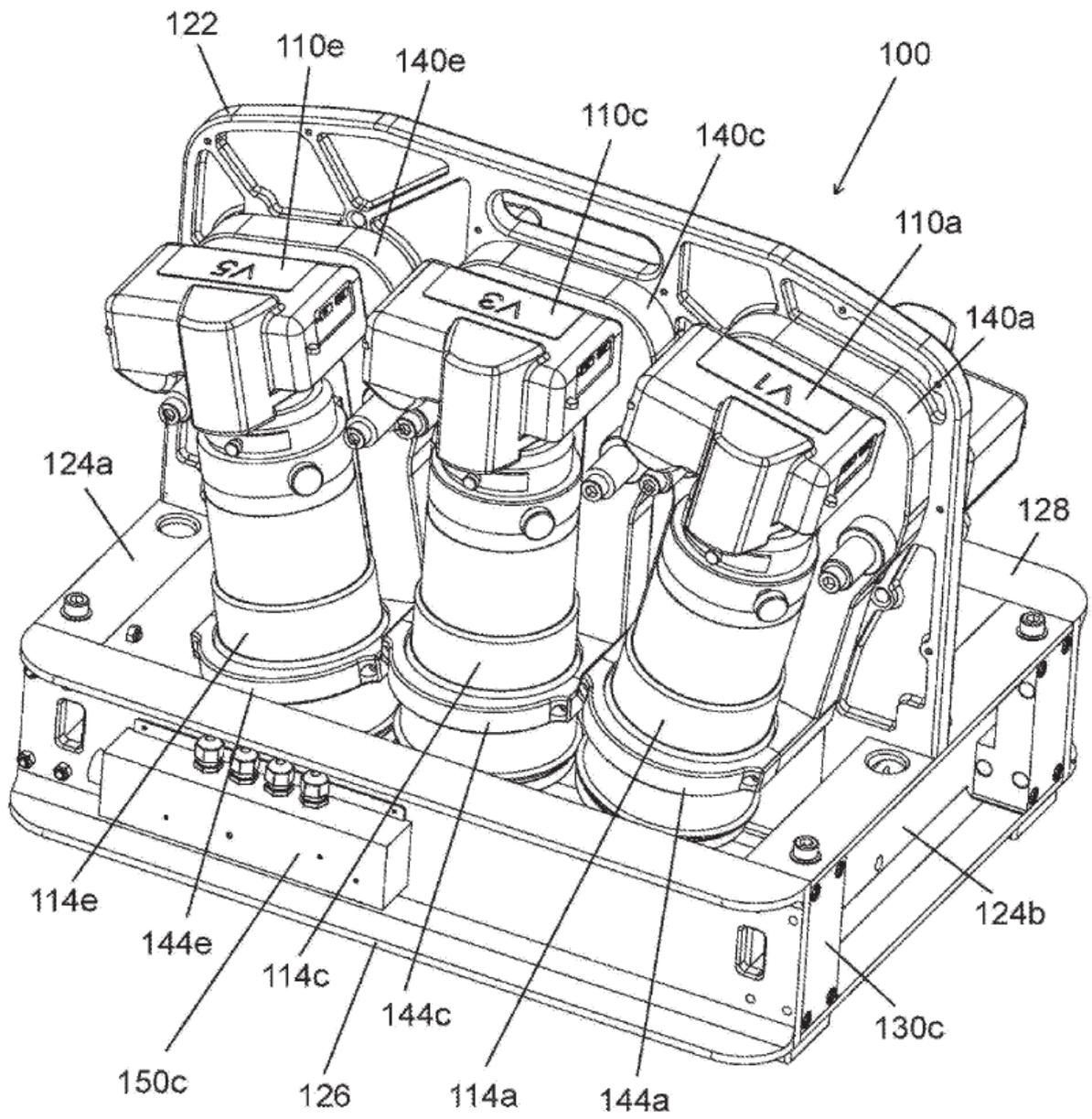


Fig. 2

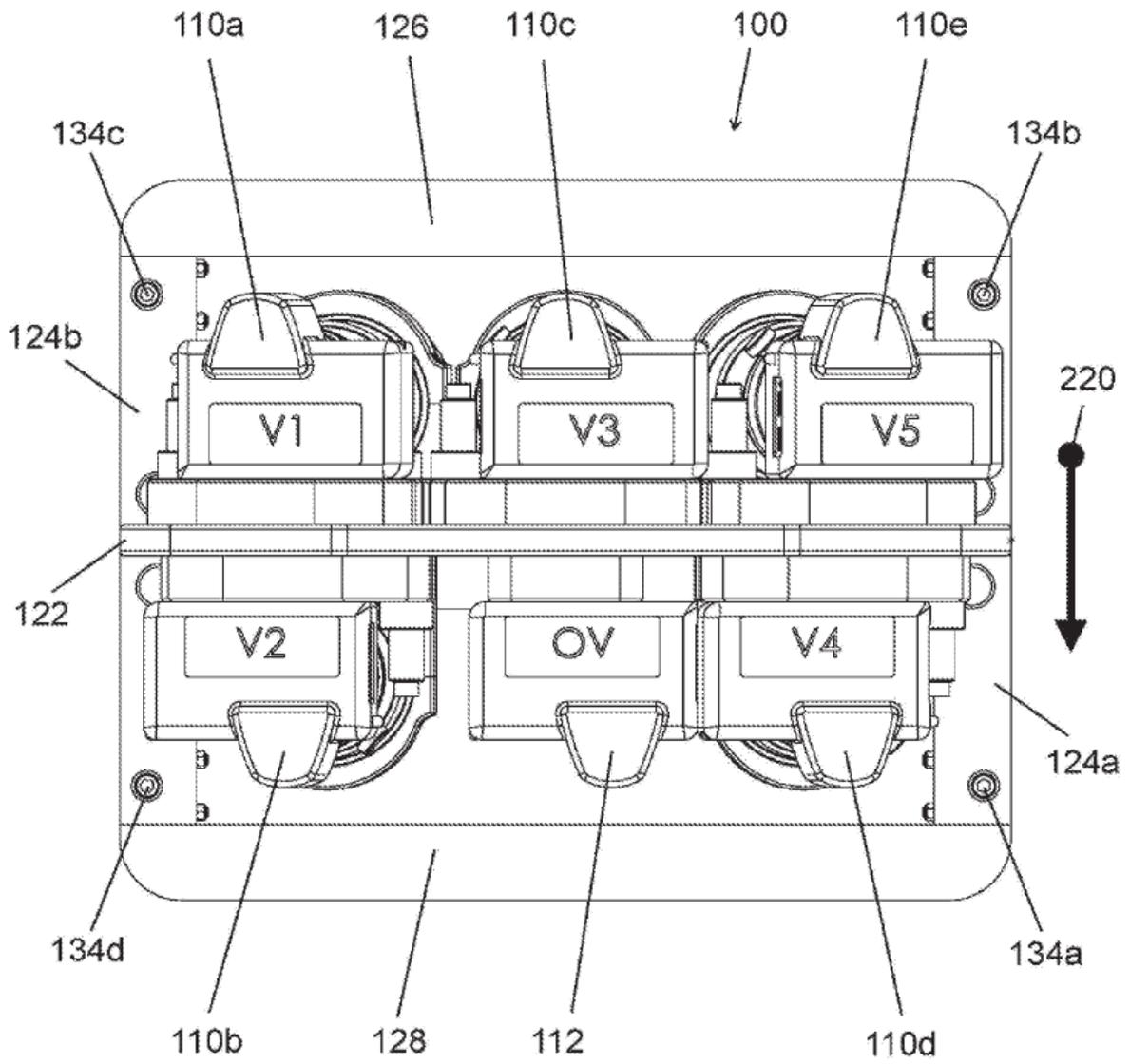


Fig. 3

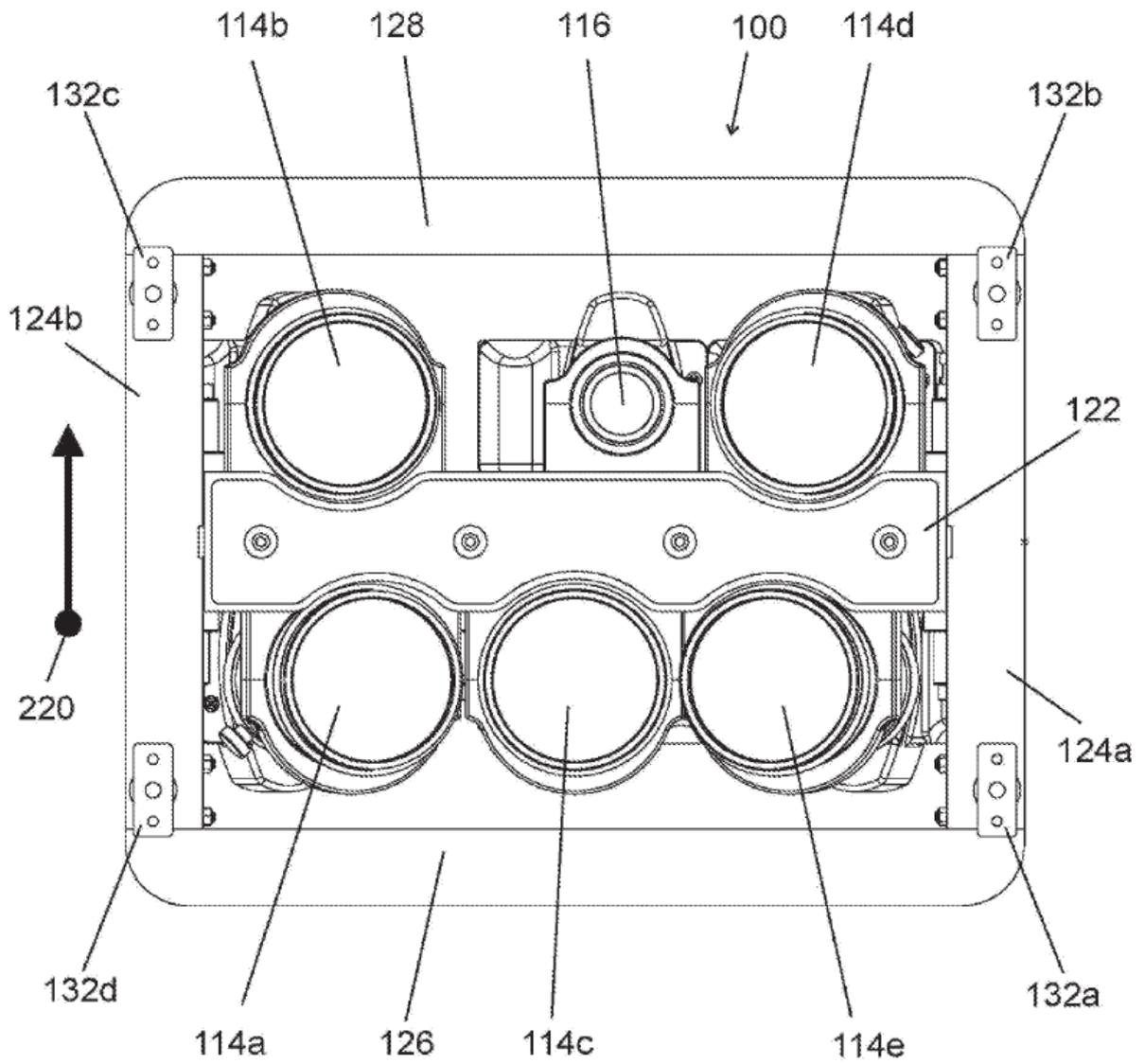


Fig. 4

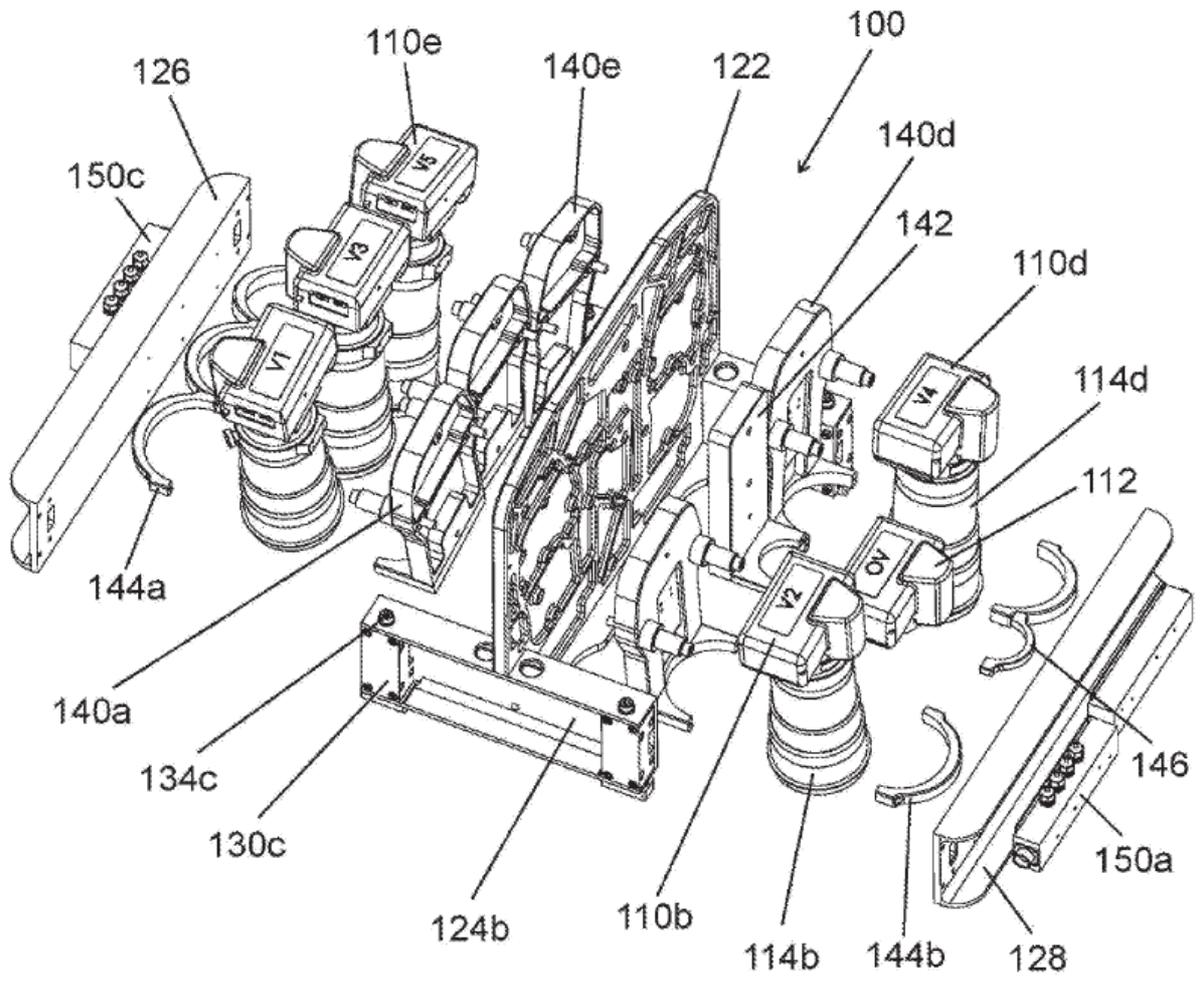


Fig. 5

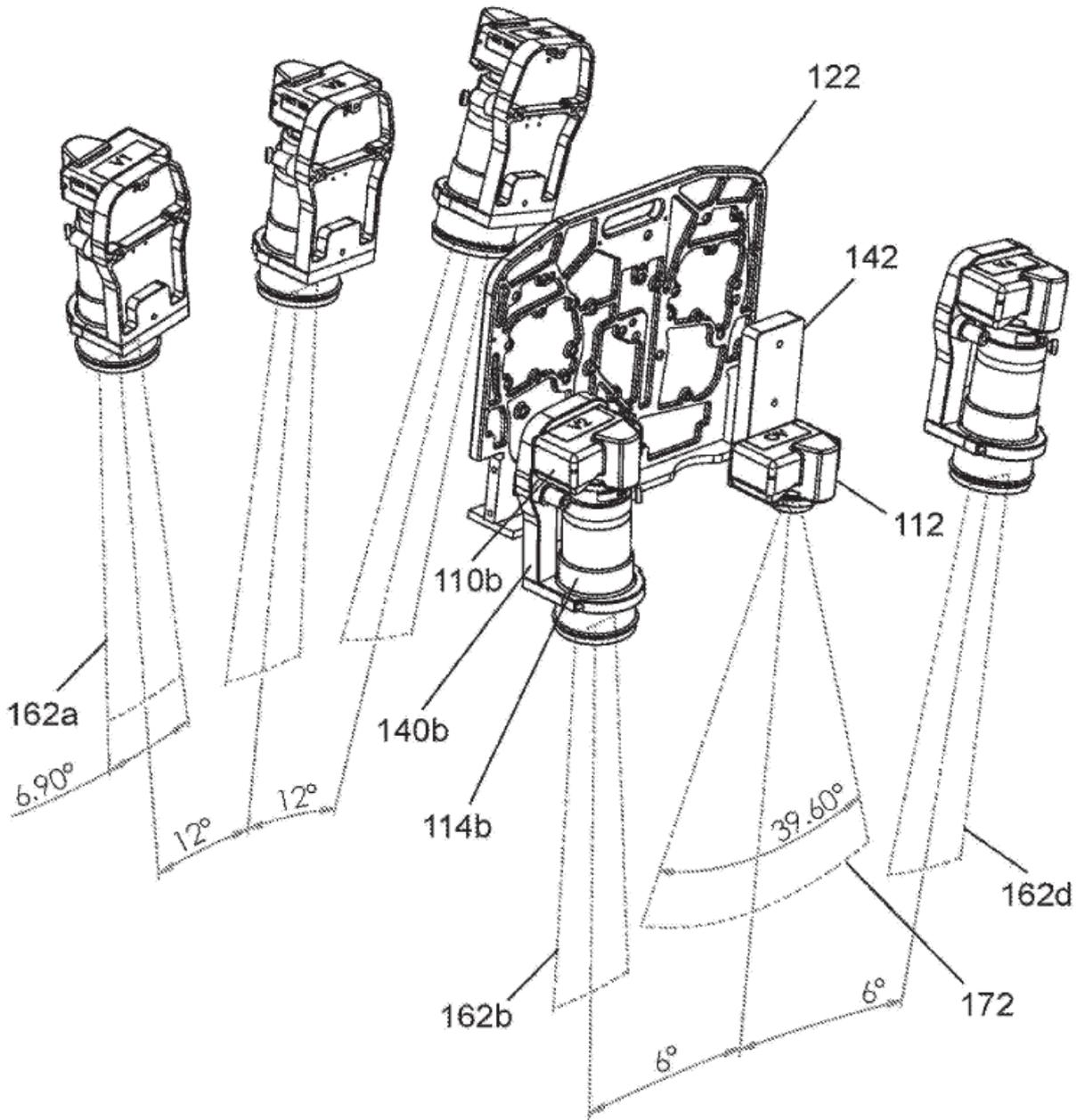


Fig. 6

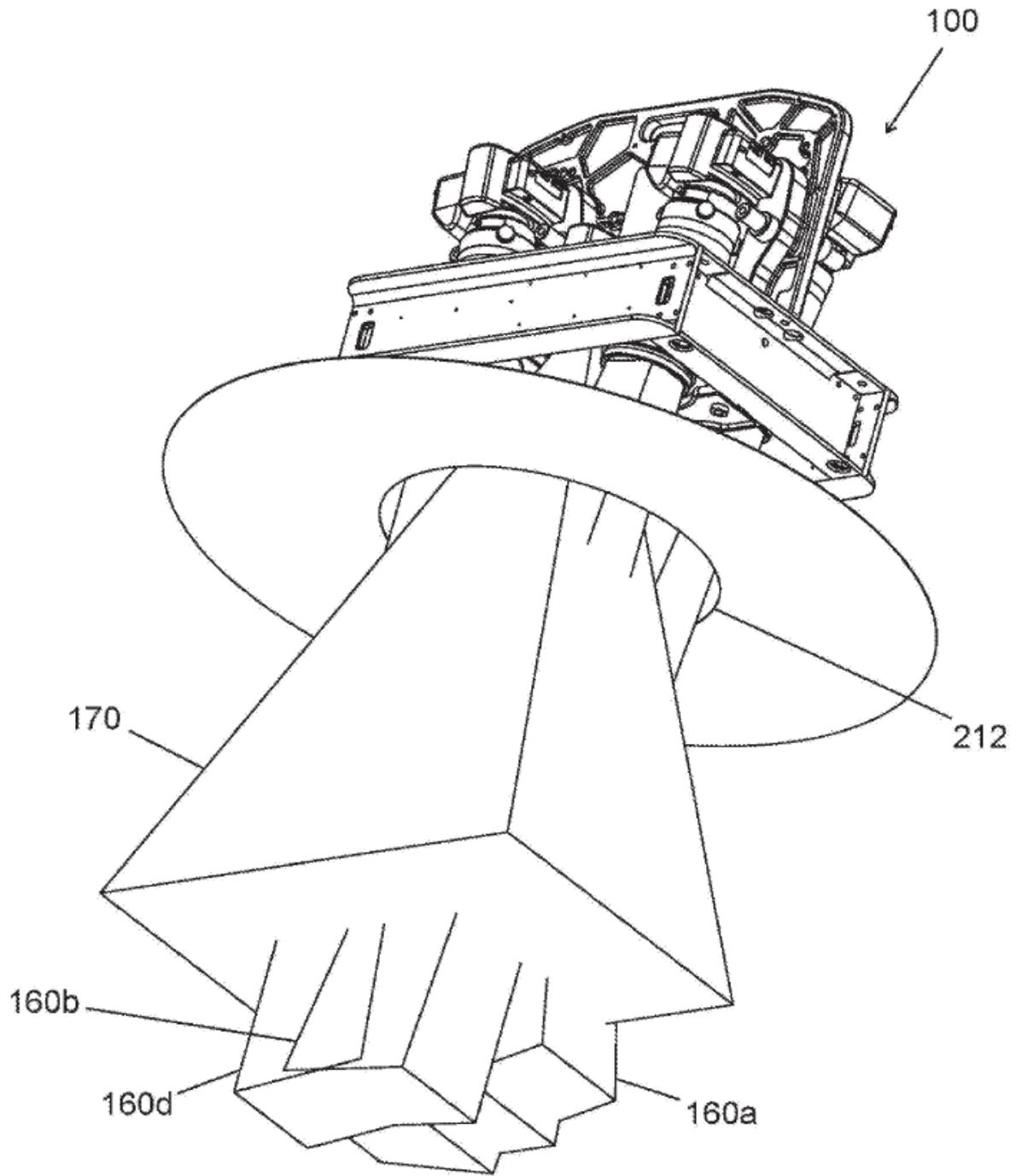


Fig 7

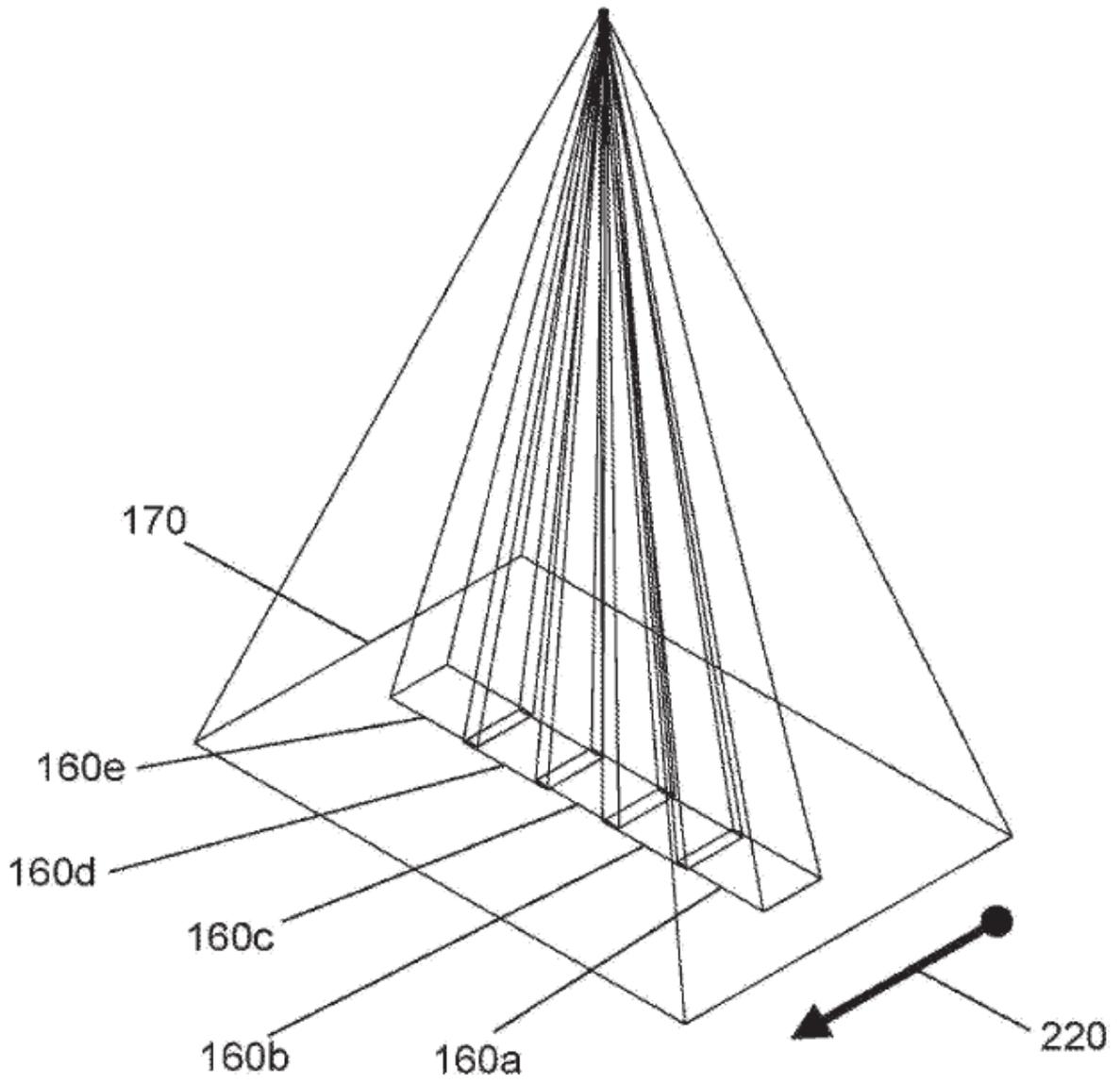


Fig. 8

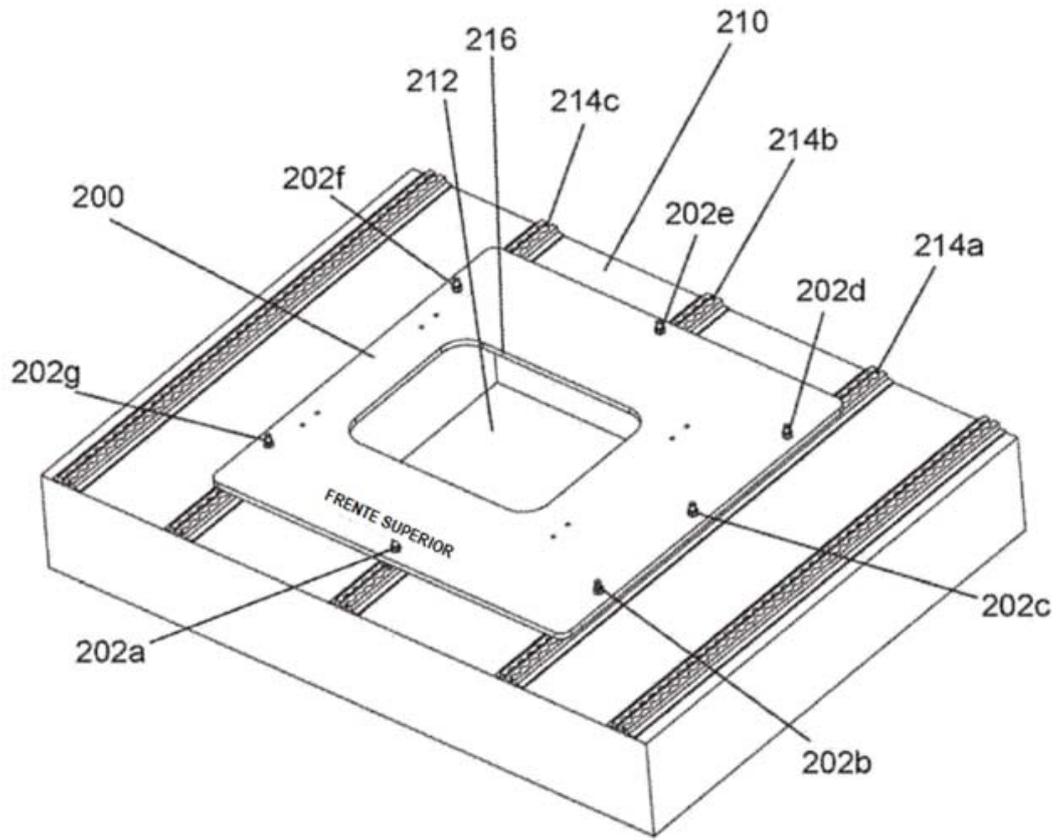


Fig. 9

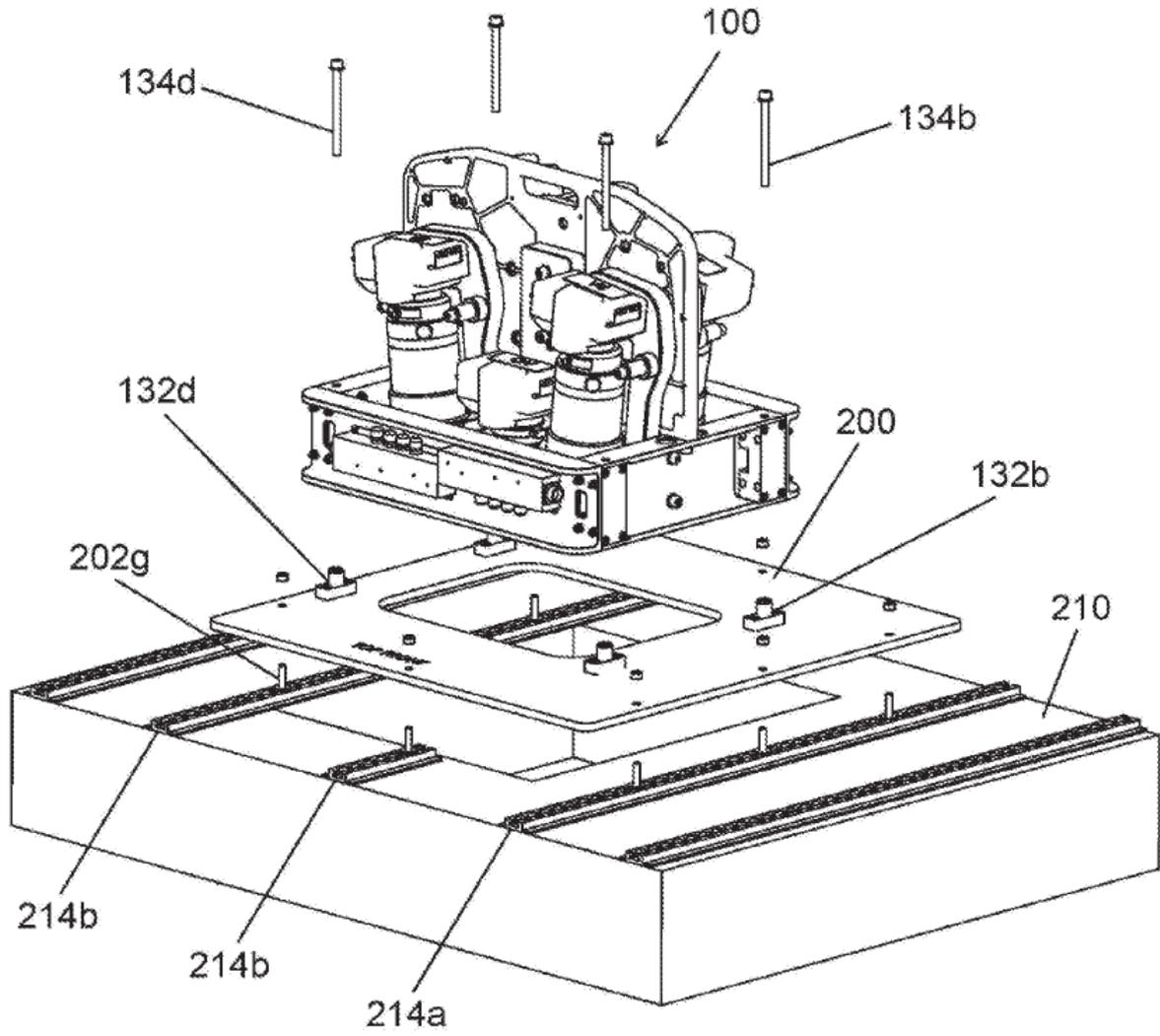


Fig. 10

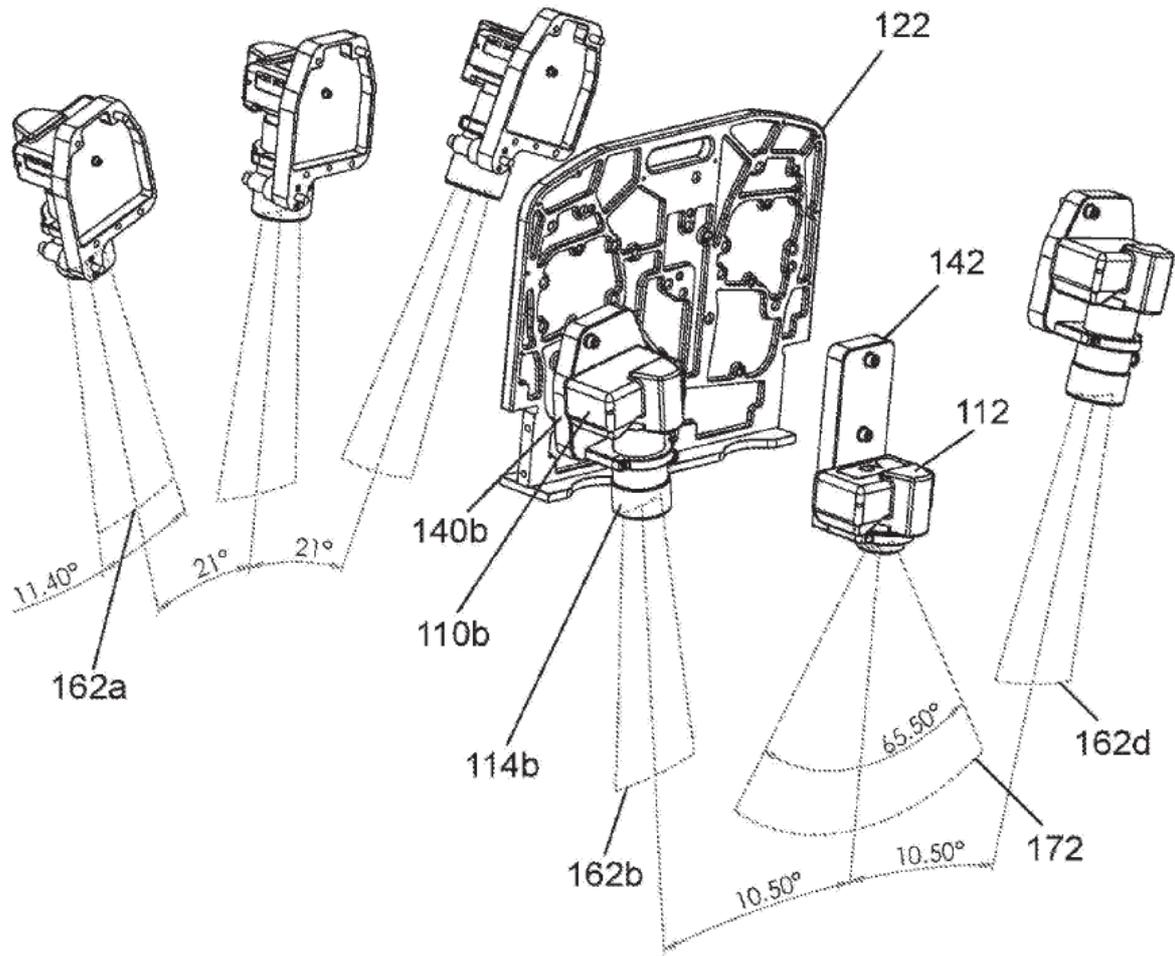


FIG 11

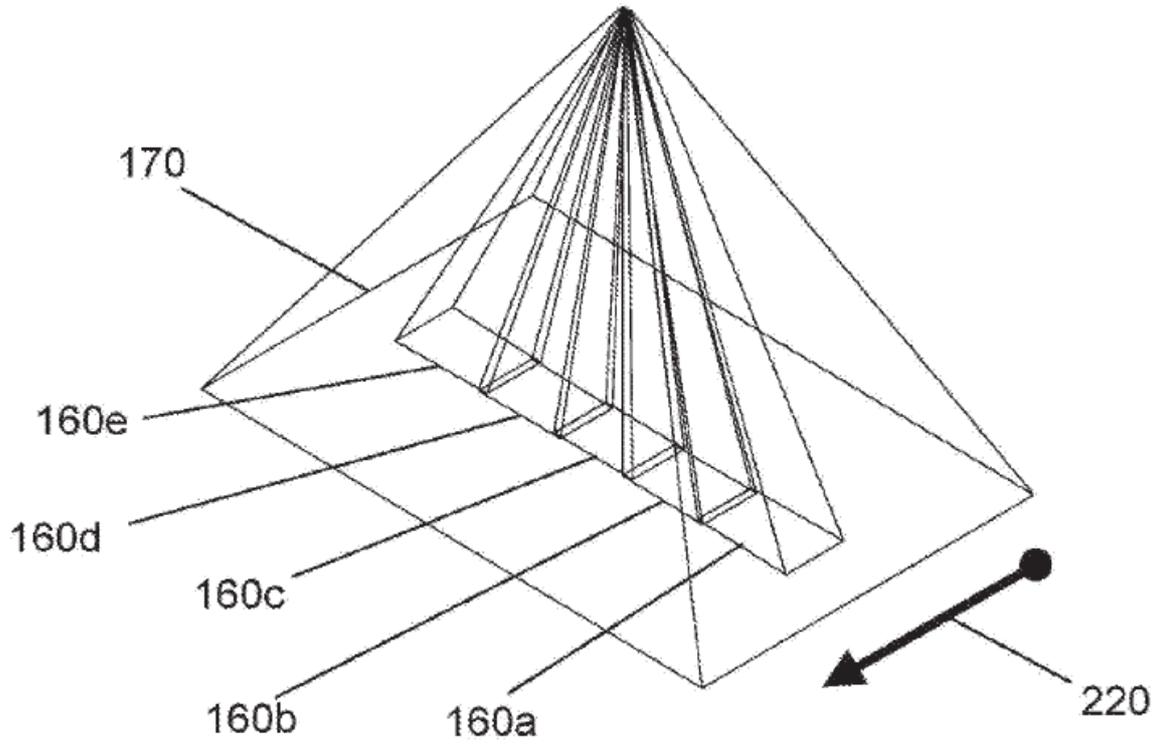


FIG. 12

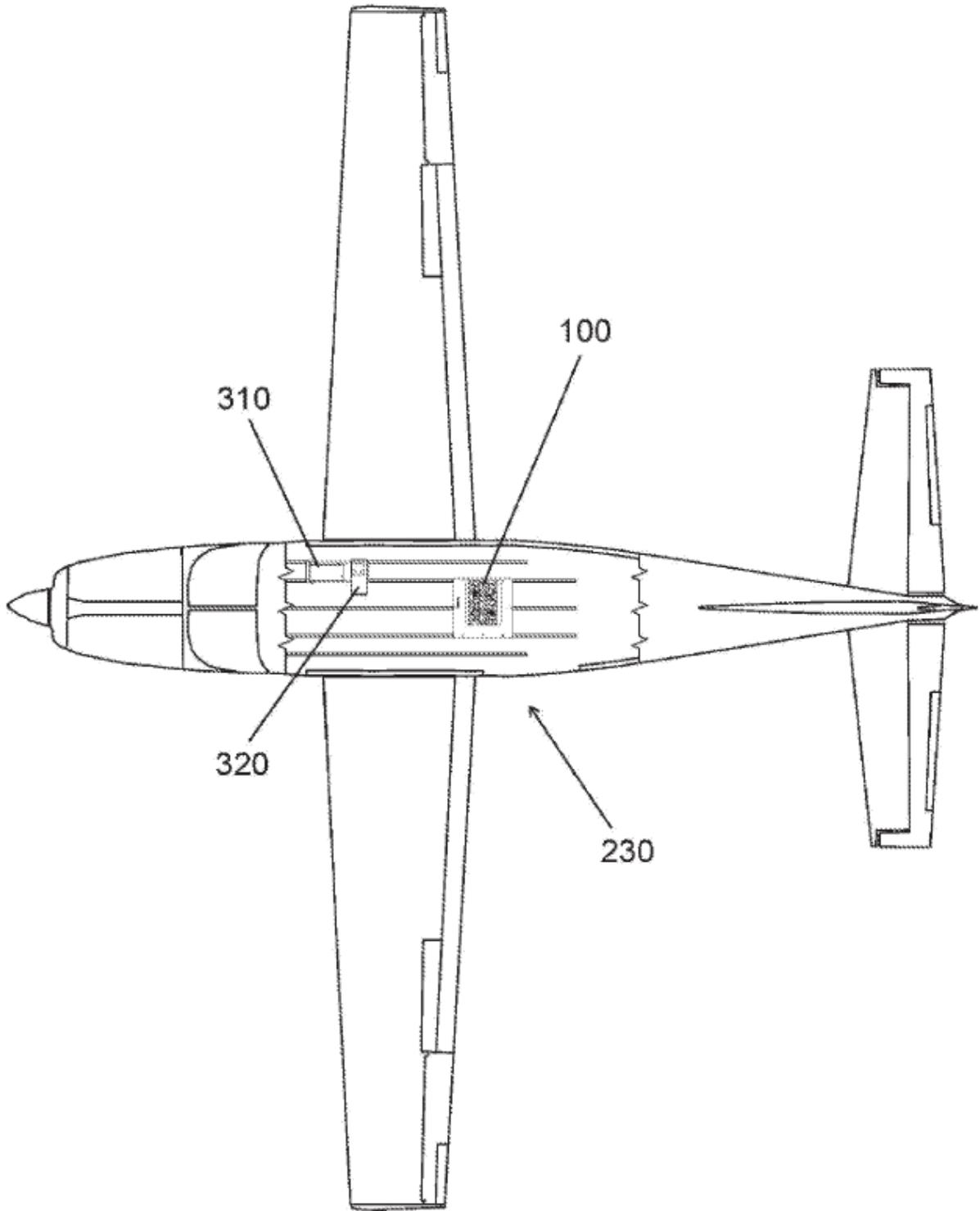


Fig. 13

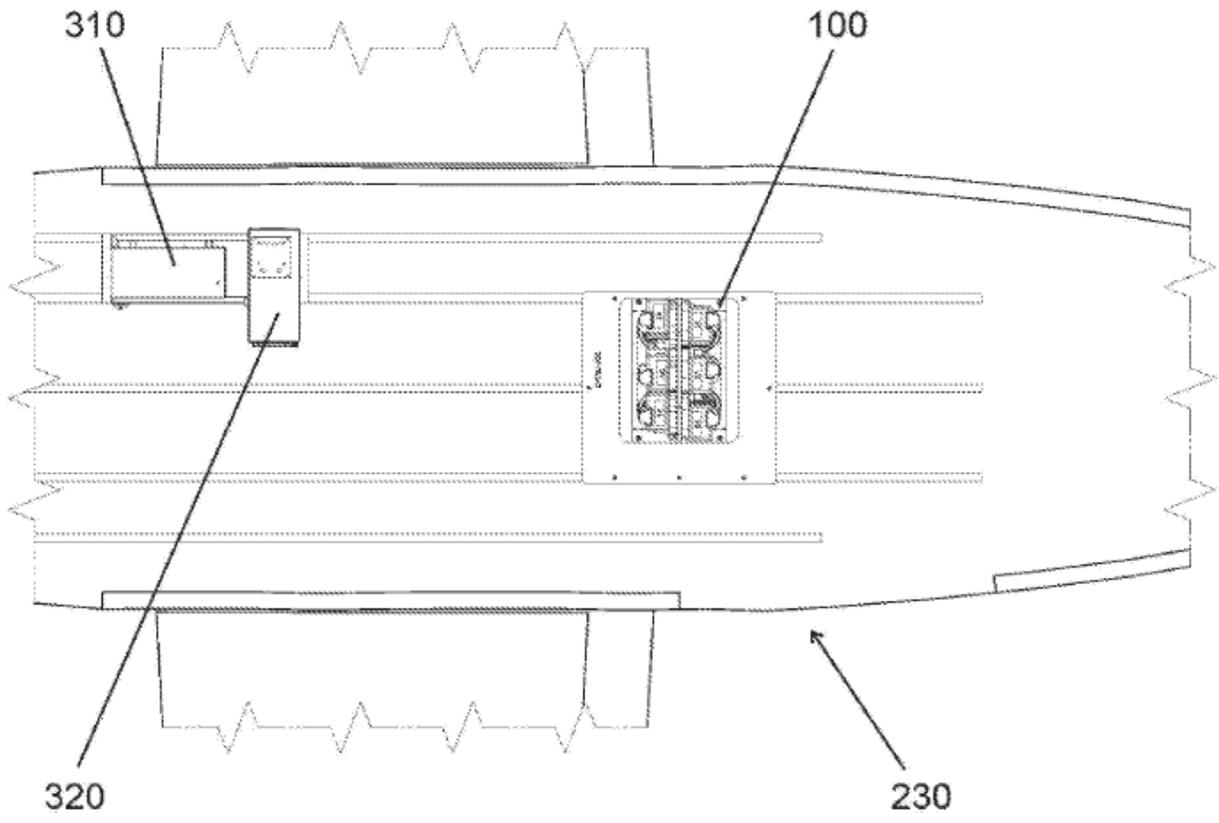


Fig 14

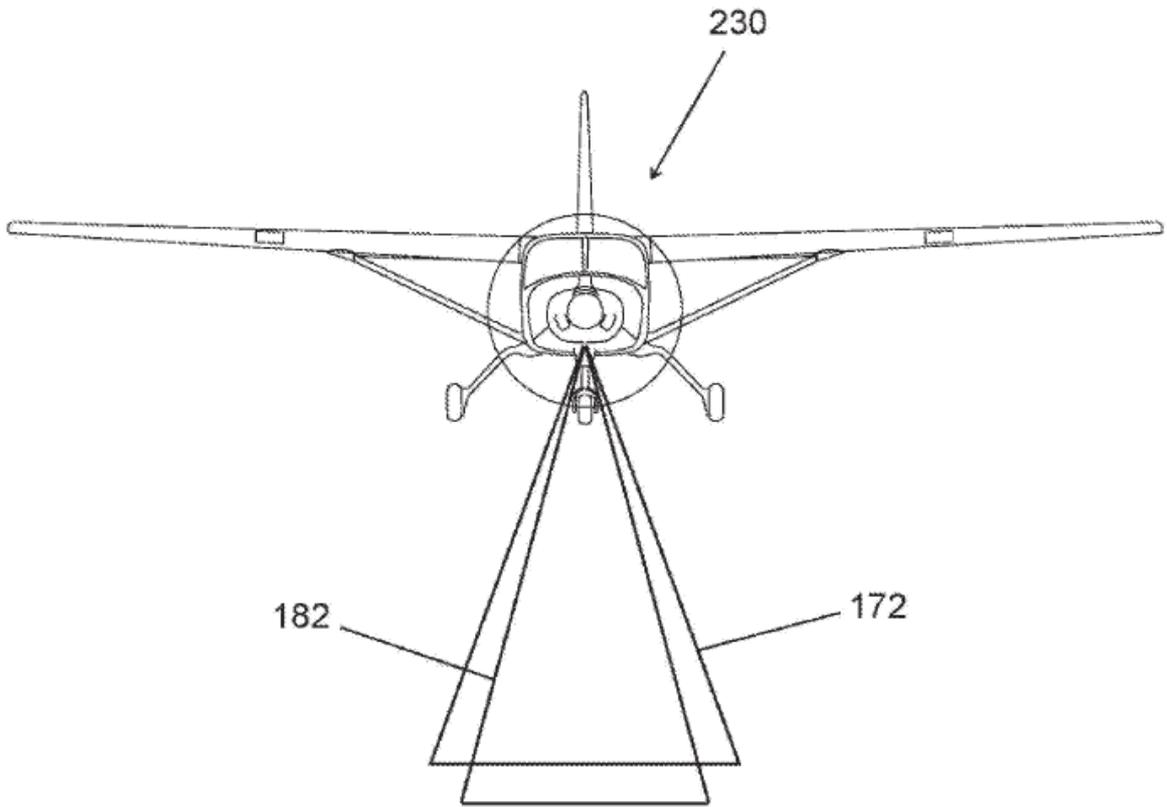


Fig. 15

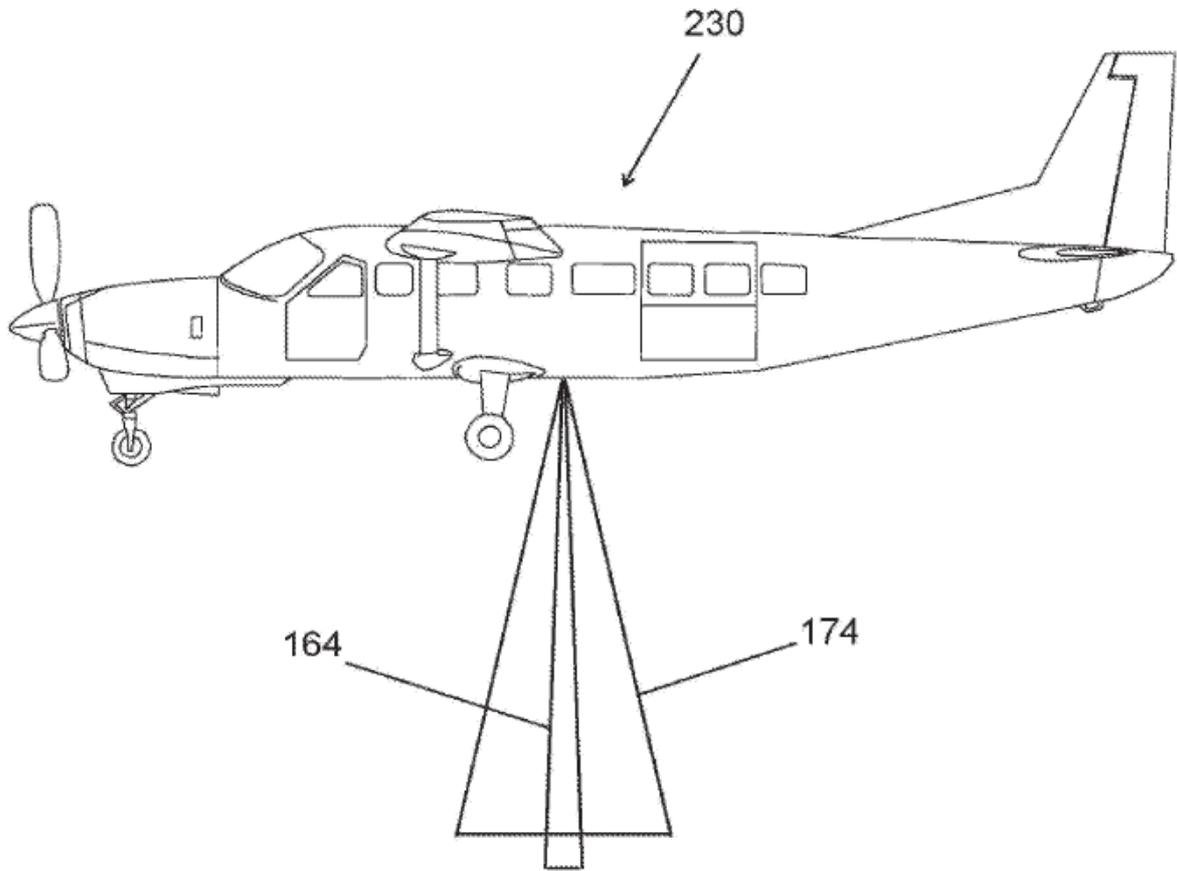


Fig. 16

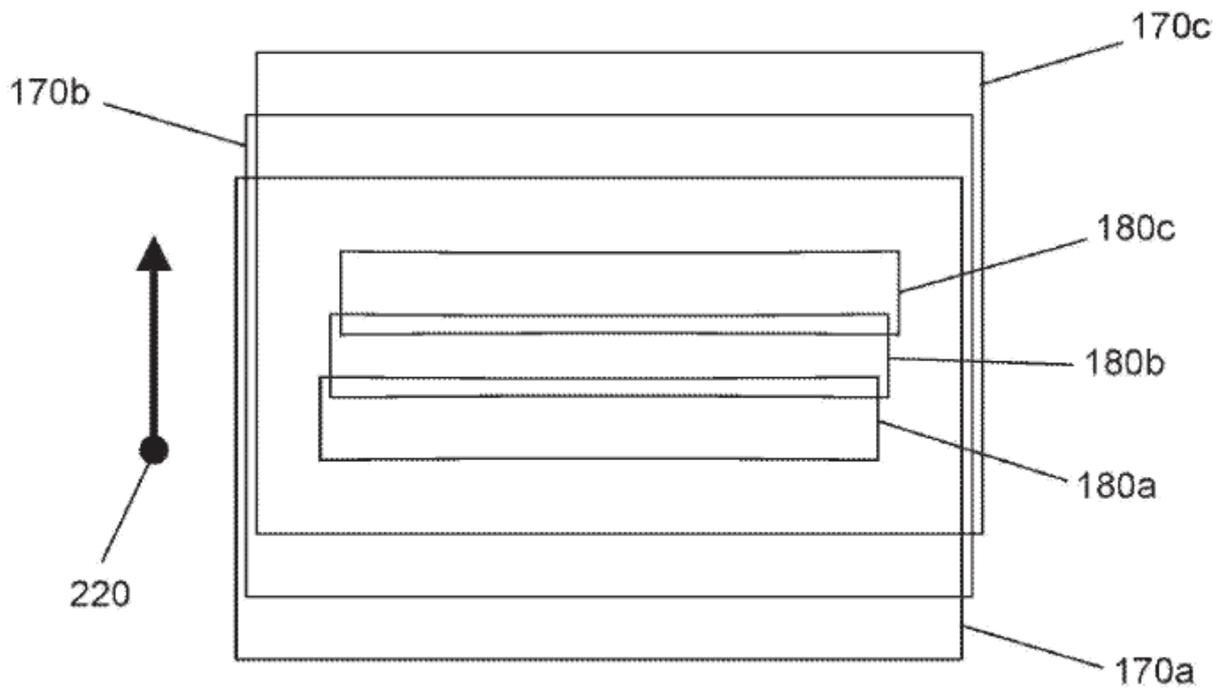


Fig. 17

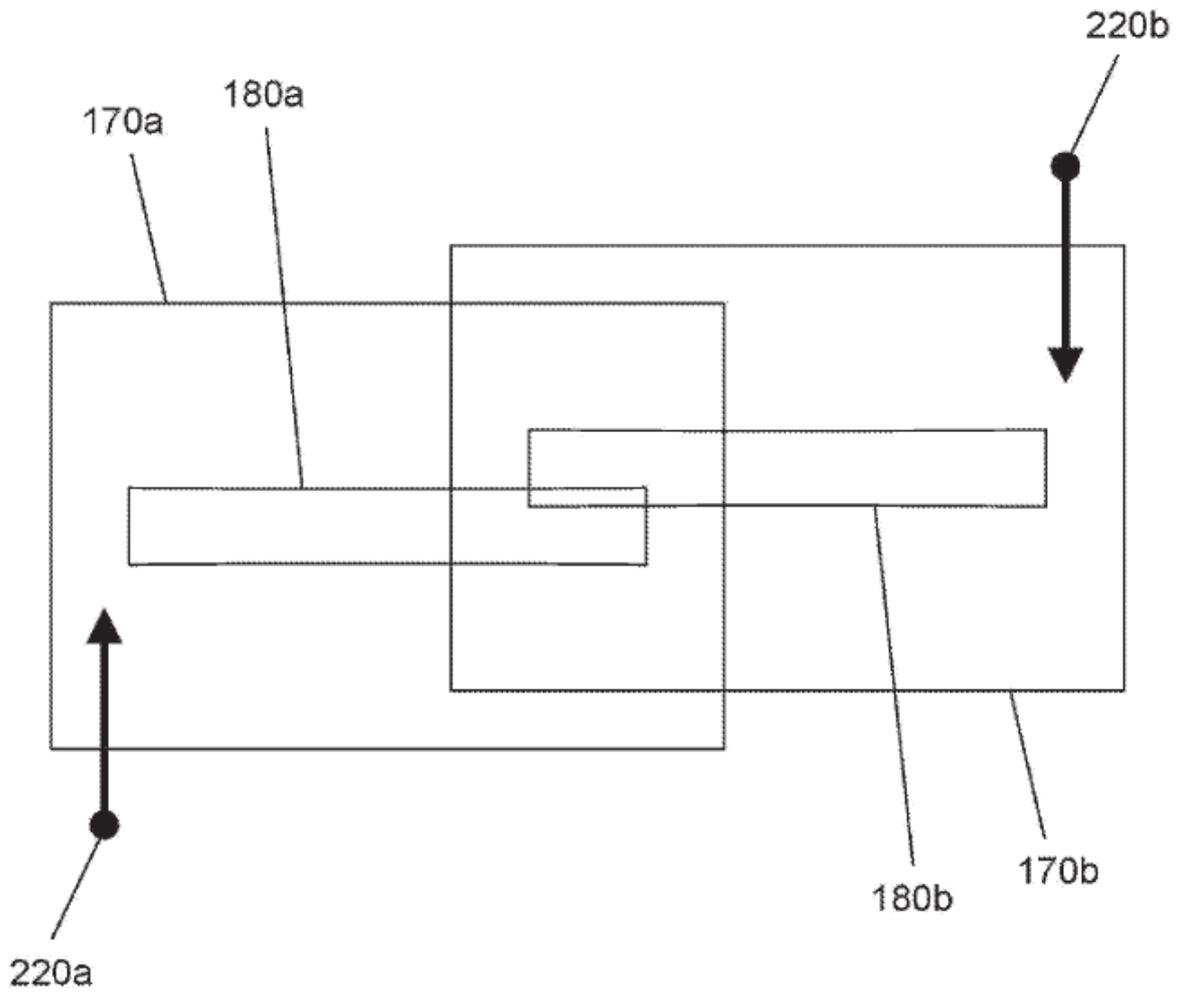


Fig. 18

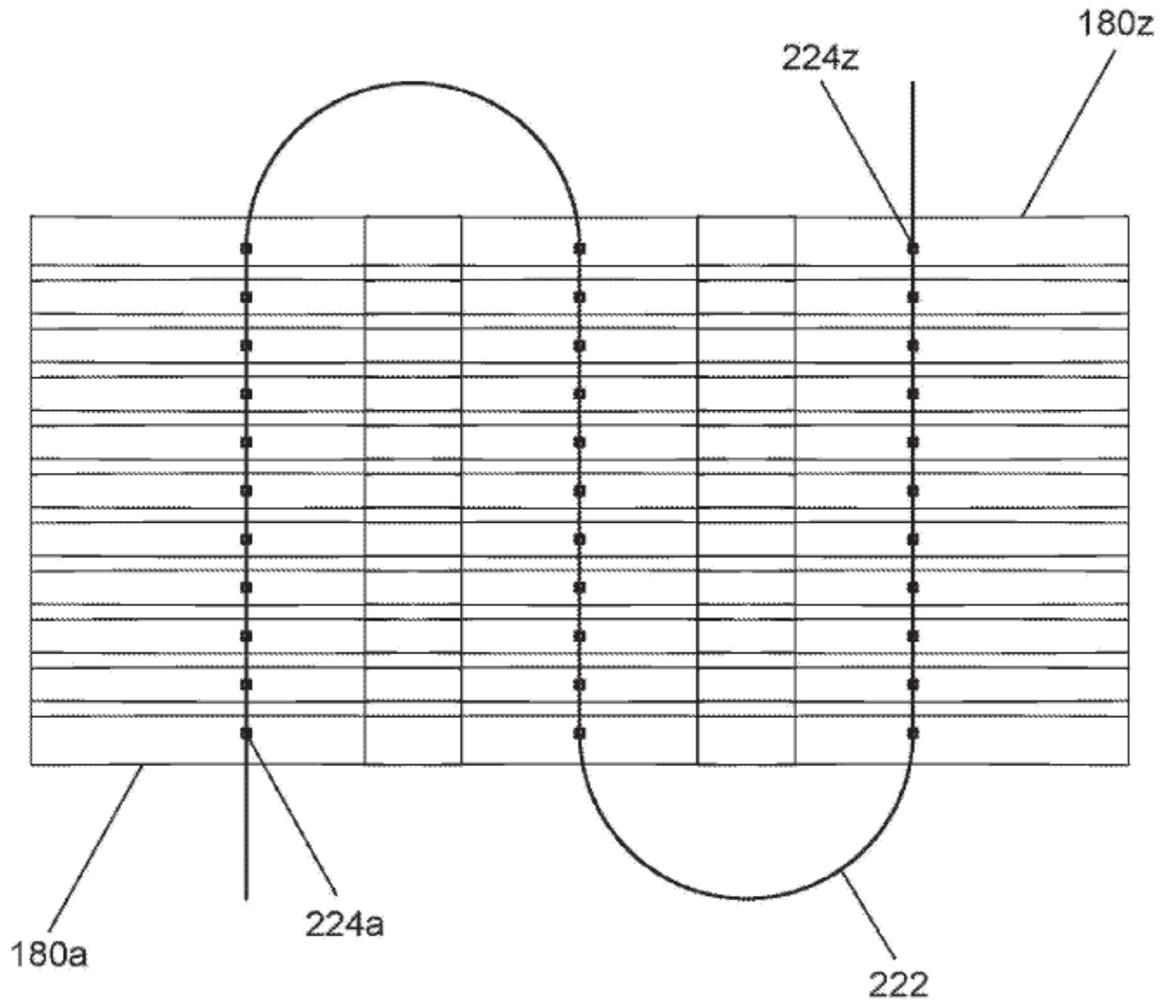


Fig. 19

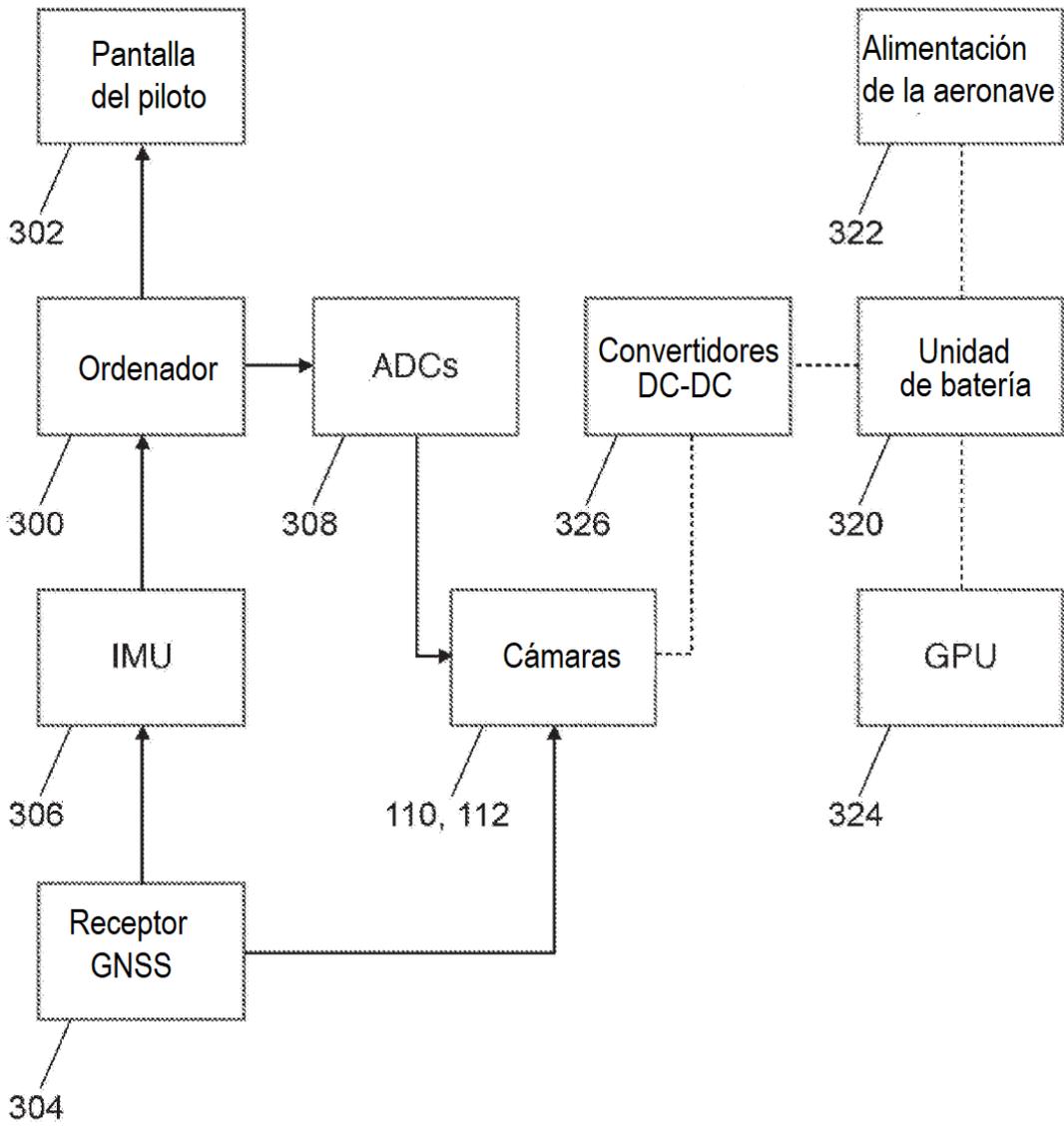


Fig. 20

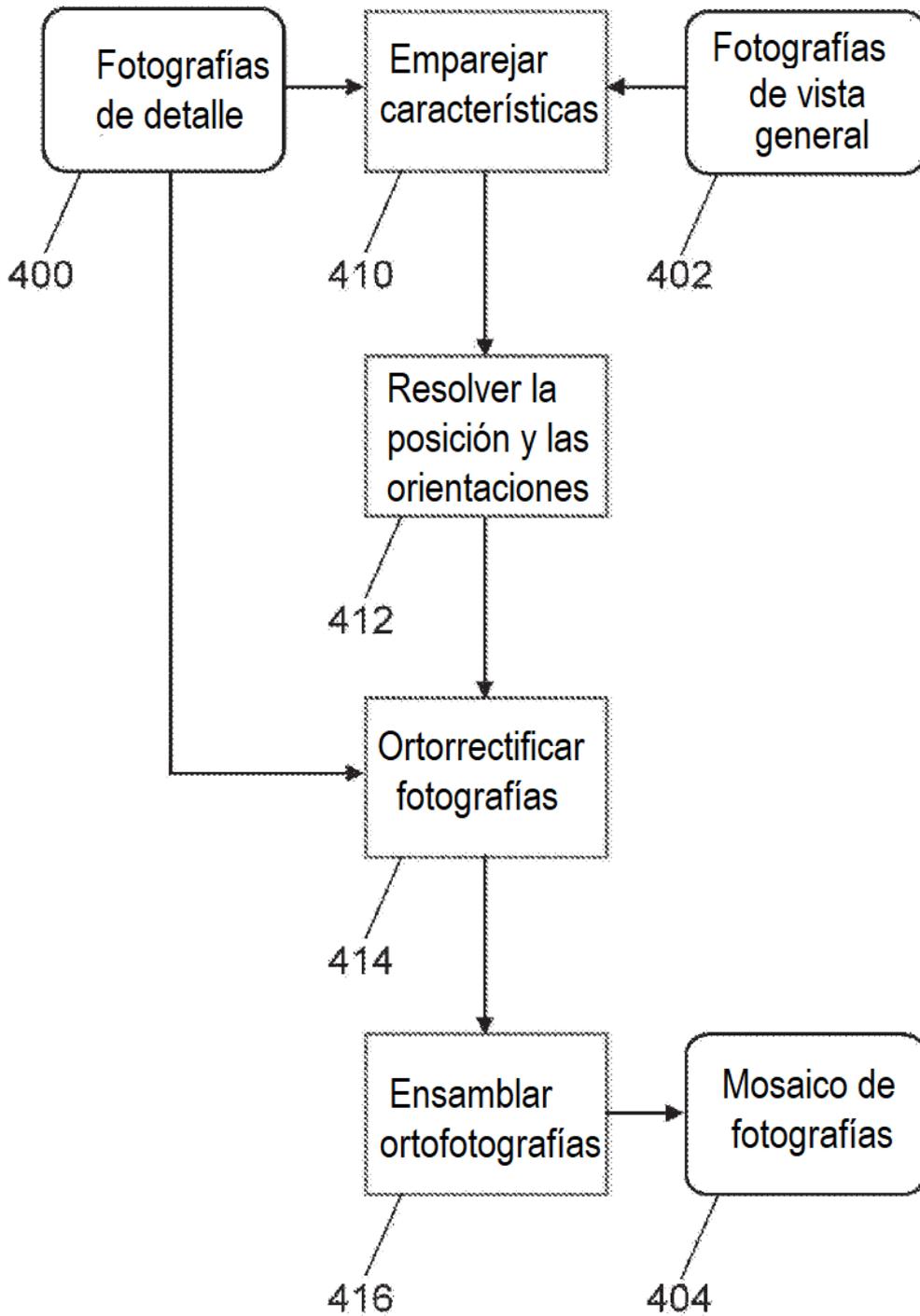


Fig. 21