

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 934 608**

51 Int. Cl.:

G01S 13/91 (2006.01)

G01S 13/86 (2006.01)

G01S 13/00 (2006.01)

G01S 13/89 (2006.01)

H01Q 1/28 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **17.03.2020** **E 20163593 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **23.11.2022** **EP 3712657**

54 Título: **Sistema de visión mejorada de aeronave, aeronave y procedimiento de visión asociados**

30 Prioridad:

18.03.2019 FR 1902748

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

23.02.2023

73 Titular/es:

DASSAULT AVIATION (100.0%)
9 Rond Point des Champs Elysées - Marcel
Dassault
75008 Paris, FR

72 Inventor/es:

LEFLOUR, GÉRARD;
LAGARDE, JÉRÔME;
SOUDAIS, PAUL y
MOULIN, NICOLAS

74 Agente/Representante:

PONTI & PARTNERS, S.L.P.

ES 2 934 608 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

Sistema de visión mejorada de aeronave, aeronave y procedimiento de visión asociados

5 **[0001]** La presente invención se refiere a un sistema de visión mejorada de aeronave según el preámbulo de la reivindicación 1.

[0002] El artículo RANKIN G A Y COL.: "Radar imaging: Conventional and MIMO", COMMUNICATIONS AND ELECTRONICS (ICCE), 2012 FOURTH INTERNATIONAL CONFERENCE ON, IEEE, 1 de agosto de 2012 páginas
10 171-176 describe un sistema de visión del tipo mencionado.

[0003] La invención se aplica a las aeronaves usadas en la aviación civil, en particular en la aviación comercial.

[0004] Dicho sistema está destinado en particular a suministrar a la tripulación de la aeronave, durante las
15 fases de aproximación o de rodadura de visibilidad baja o nula, una visión mejorada del entorno situado frente a la aeronave. El sistema está destinado en particular a obtener una imagen del terreno y especialmente de una pista de aterrizaje, durante la aproximación de la aeronave hacia la pista de aterrizaje, y/o una visualización de las características de la pista de aterrizaje, tales como su contorno, su eje y/o su umbral, dispuestos con respecto a la aeronave.

20 **[0005]** Las aeronaves evolucionan frecuentemente en condiciones meteorológicas degradadas, que incluyen nubes bajas, niebla y/o lluvia.

[0006] Existen sistemas de guiado de la aeronave instalados en el suelo para permitir que la tripulación alcance
25 una pista de aterrizaje, incluso en condiciones de visibilidad fuertemente degradadas. Ahora bien, debido al coste de adquisición y de posesión de este tipo de sistema, el número de pistas de aterrizaje dotadas de los mismos es bajo.

[0007] Una alternativa a los sistemas de guiado es un sistema de visión, que usa uno o varios detectores, a
30 bordo en la aeronave, que permiten que el piloto visualice la pista con suficiente antelación para tomar la decisión de continuar con la aproximación a baja altitud hasta el aterrizaje. El sistema de visión es útil además para que el piloto se haga consciente del terreno situado cerca de la pista.

[0008] Estos sistemas de visión se denominan generalmente «sistema de visión mejorada en vuelo»
35 («Enhanced Flight Vision System» o «EFVS», en inglés).

[0009] Los sistemas de visión mejorada conocidos usan, por ejemplo, detectores optrónicos en bandas visibles
e infrarrojas. En general, estos sistemas son capaces de producir una imagen de buena calidad para la tripulación. Sin embargo, en algunas condiciones especialmente degradadas, en particular en presencia de una niebla densa y/o de una cubierta de nubes bajas, los sistemas ópticos presentan rendimientos que limitan su aprovechamiento por la
40 tripulación.

[0010] Además, las aeronaves están equipadas generalmente con radares meteorológicos de antenas de barrido mecánico.

45 **[0011]** Estos radares presentan una resolución angular demasiado baja para la obtención de una imagen de calidad suficiente que permita realizar de forma segura las aproximaciones en condiciones de visibilidad degradada. La mejora de la resolución necesitaría que se aumentara significativamente el tamaño de la antena, lo que sería así incompatible con una integración en la aeronave. Además, el principio de barrido mecánico de estos radares ofrece una cadencia de refresco de la imagen demasiado baja, debido a la inercia mecánica de la antena durante el cambio
50 de sentido de barrido.

[0012] Los radares o radiómetros que funcionan a frecuencias de emisión más elevadas que los radares meteorológicos (como, por ejemplo, las bandas Ka o W) pueden ser más compactos. Sin embargo, estos detectores no son capaces de asegurar las funciones realizadas por los radares meteorológicos, por lo que estos últimos deben
55 conservarse a bordo de la aeronave. Los detectores de frecuencias de emisión más elevadas existentes plantean también, por tanto, problemas de integración, debido a la falta de emplazamiento disponible en la aeronave. A ello se le añade dificultad de diseño de un radomo que sea a la vez transparente en estas bandas de frecuencia y que presente las propiedades mecánicas y aerodinámicas necesarias para su integración en una aeronave.

60 **[0013]** Un objeto de la invención es ofrecer un sistema de visión mejorada que presente un alcance y una resolución adecuados para observar una pista de aterrizaje en aproximación, incluso en condiciones meteorológicas muy degradadas, tal que el sistema presenta una ocupación de espacio reducida, una cadencia de refresco elevada y pocas o ninguna piezas móviles.

65 **[0014]** Para este fin, la invención tiene por objeto un sistema de visión mejorada según la reivindicación 1.

[0015] El sistema según la invención puede comprender una o varias de las características de las reivindicaciones 2 a 12 o una de las características siguientes, tomadas de forma aislada o según cualquier combinación técnicamente posible:

- la o cada red de emisores/receptores virtuales es continua;
- la imagen del terreno reconstituida por la unidad de tratamiento define un contorno de una pista de aterrizaje.

[0016] La invención tiene también por objeto una aeronave según la reivindicación 13.

[0017] La aeronave según la invención puede comprender la característica siguiente:

- el detector electromagnético carece de piezas móviles.

[0018] La invención tiene también por objeto un procedimiento de visión mejorada según la reivindicación 14.

[0019] La invención se comprenderá mejor con la lectura de la descripción que se ofrece a continuación, dada únicamente a modo de ejemplo y realizada en referencia a los dibujos adjuntos, en los que:

- [Fig. 1] la figura 1 es una vista frontal de una primera aeronave equipada con un sistema de visión mejorada según la invención;
- [Fig. 2] la figura 2 es una vista lateral de la aeronave de la figura 1;
- [Fig. 3] la figura 3 es una vista frontal que ilustra las líneas de emisores, la línea de receptores y la red de emisores/receptores virtuales del detector electromagnético del sistema según la invención;
- [Fig. 4] la figura 4 ilustra esquemáticamente el conjunto de generación de forma de onda de los emisores y el conjunto de captura de las señales recibidas por los receptores;
- [Fig. 5] la figura 5 es una vista de la frecuencia de modulación de las señales de emisión de cada emisor en función del tiempo para un periodo de emisión de cada señal de una primera forma de onda;
- [Fig. 6] la figura 6 es una vista del principio de medida del retardo de la señal recibida después de la reflexión con respecto a la señal emitida;
- [Fig. 7] la figura 7 es una vista esquemática en perspectiva de una aeronave equipada con otro sistema de visión mejorada según la invención;
- [Fig. 8] la figura 8 es una vista de un detalle de la figura 3 que ilustra detalles de la red de emisores/receptores virtuales del detector electromagnético del sistema según la invención;
- [Fig. 9] la figura 9 es una vista análoga a la figura 5 de una segunda forma de onda;
- [Fig. 10] la figura 10 es una vista análoga a la figura 3 de una variante de detector electromagnético.

[0020] En las figuras 1 y 2 se ilustra esquemáticamente una aeronave 10, provista de un sistema de visión mejorada 12 según la invención.

[0021] La aeronave 10 incluye un fuselaje 14 que presenta en la parte delantera una punta delantera 16 situada corriente arriba de una cabina 18 de la aeronave.

[0022] La cabina 18 incluye de una manera conocida un parabrisas 20 que permite que los miembros de tripulación observen el exterior de la aeronave.

[0023] La punta delantera 16 incluye, en la parte delantera del parabrisas 20, un cono delantero compuesto por una región intermedia 22 sustancialmente troncocónica y un radomo 24 que obtura la región intermedia 22 en el extremo delantero de la aeronave 10.

[0024] El radomo 24 está hecho de un material transparente para las ondas electromagnéticas a las frecuencias que corresponden a un radar meteorológico.

[0025] La región intermedia 22 está hecha, por ejemplo, de metal. En este ejemplo delimita un espacio 26 cerrado por detrás por una ventana 28.

[0026] El espacio 26 es, por ejemplo, tal como se describe en la solicitud francesa FR 2 996 522 del solicitante.

[0027] El sistema de visión 12 está destinado a ofrecer a la tripulación de la aeronave una visión mejorada del entorno en la parte delantera de la aeronave. En particular, el sistema de visión 12 está destinado a suministrar una imagen del terreno situado por delante y por debajo de la aeronave 10. La imagen ilustra el aspecto real del terreno, en particular de una pista de aterrizaje y del suelo alrededor de la pista de aterrizaje. Para este fin, la resolución angular de la imagen obtenida está comprendida, por ejemplo, entre 0,2° y 1,2°.

[0028] En particular, el sistema de visión 12 es capaz de observar un terreno situado ventajosamente a una

distancia inferior a 5.000 m de la aeronave, en un rumbo comprendido entre -20° y $+20^\circ$, tomado con respecto a una dirección central de observación D.

[0029] El terreno es, por ejemplo, un terreno de aviación en el que la aeronave se apresta a aterrizar o en el que la aeronave rueda por el suelo, con los obstáculos que incluye.

[0030] El sistema de visión 12 incluye un detector electromagnético 30 capaz de emitir señales electromagnéticas hacia el terreno y de recoger las señales reflejadas a partir del terreno, una unidad de tratamiento 32 apta para tratar las señales reflejadas para formar un mapa de reflectividad del terreno situado enfrente, y un visualizador 34, destinado a visualizar en tiempo real una imagen del terreno formada por la unidad de tratamiento 32 a partir del mapa de reflectividad o/e informaciones obtenidas a partir del mapa de reflectividad reconstituido por la unidad de tratamiento 32, en la base de datos recibidos del detector electromagnético 30.

[0031] Ventajosamente, el sistema de visión 12 incluye además un detector óptico 36 conectado a la unidad de tratamiento 32 y al visualizador 34. El conjunto de detectores ópticos 36 opera ventajosamente en el campo visible y/o el infrarrojo cercano y/o el infrarrojo.

[0032] En referencia a las figuras 1 y 3, el detector electromagnético 30 incluye al menos un grupo de emisores 42 de una señal electromagnética, en particular una línea 40 de emisores 42 de una señal electromagnética destinada a ser enviada hacia el terreno, y al menos un grupo de receptores 46, en particular una línea 44 de receptores 46, estando los receptores 46 destinados a recibir las señales reflejadas en el terreno, de manera que los emisores 42 se sitúan separados de los receptores 46.

[0033] Las líneas 40, 44 se forman en un plano π transversal sustancialmente perpendicular al eje de avión A-A' (véase la figura 2), por ejemplo, formando un ángulo comprendido entre 75° y 90° con el eje de avión A-A'. La dirección central de observación D es perpendicular al plano π .

[0034] El detector electromagnético 30 incluye además un conjunto 48 de generación de forma de onda, capaz de alimentar simultáneamente cada emisor 42, y un conjunto 50 de captura de la señal recibida por cada receptor 46, después de la reflexión sobre el terreno.

[0035] Según la invención, en referencia a la figura 3, los emisores 42 son distintos y están separados de los receptores 46. Los emisores 42 y los receptores 46 están dispuestos para generar, a partir de cada combinación formada por un emisor 42 y un receptor 46, una red continua de emisores/receptores virtuales 54 que se extienden entre el grupo de emisores 42 y el grupo de receptores 46, según una dirección de elongación A transversal a la dirección de observación D. La dirección de elongación A es perpendicular a la dirección de observación D y es horizontal cuando el eje de avión A-A' es horizontal, estando las alas planas.

[0036] Preferentemente, los emisores 42 están dispuestos según un primer paso n.P en cada línea 40, estando los receptores 46 dispuestos según un segundo paso m.P en la línea 44, de manera que los pasos n.P y m.P se miden en proyección en la dirección de elongación A.

[0037] Así se genera al menos una línea o una seudolínea 52 de emisores/receptores virtuales 54 de paso P/2 entre cada línea 40 de emisores 42 y cada línea 44 de receptores 46. Los números n y m son números enteros primos entre sí, por ejemplo, 3 y 5 o también 2 y 3 o 3 y 2.

[0038] El paso P/2 es una distancia generalmente inferior a la longitud de onda de la señal emitida, en particular comprendida entre 0,4 veces y 0,6 veces la longitud de onda de la señal emitida.

[0039] Cada emisor 42 está constituido, por ejemplo, por una antena elemental a ras del revestimiento de la región intermedia 22, carente de mecanismo de repliegue. Cada antena elemental emite en rasante, con un ángulo de rasante comprendido, por ejemplo, entre 5° y 30° . El ángulo de rasante se define como el ángulo con el plano tangente a la superficie de la antena elemental en el revestimiento de la región intermedia 22.

[0040] El revestimiento de la aeronave es la superficie externa de la aeronave en contacto con la masa de aire en la que circula la aeronave.

[0041] Un ejemplo de antena elemental es una antena de onda de fuga. Este ejemplo de antena ofrece la ventaja de ser rasante, lo que permite minimizar el impacto de su integración en una aeronave, como, por ejemplo, la interferencia con el flujo aerodinámico del aire en la superficie de la aeronave. La antena incluye ventajosamente un dieléctrico alargado con caras metalizadas. Se prepara una red de hendiduras en la metalización de la cara superior. La longitud de las hendiduras, así como la anchura de la guía siguen una ley de evolución gradual configurada para que las hendiduras no creen una onda de retorno. La antena elemental incluye una cavidad resonante corriente arriba que alimenta la guía de onda y una cavidad resonante corriente abajo para recoger la energía residual y disiparla en una carga, con el fin de no crear una onda de retorno en la guía.

[0042] Asimismo, los receptores 46 están a ras del revestimiento de la región intermedia 22 y carecen de mecanismo de repliegue. Presentan una superficie casi perpendicular a la dirección de recepción. Están formados por las mismas antenas elementales que los emisores 42.

5

[0043] En el ejemplo representado en la figura 1, cada línea de emisores 42 está situada en una superficie superior del revestimiento de la región intermedia 22, por encima del eje de avión A-A', estando la línea de receptores 46 situada en una superficie inferior del revestimiento de la región intermedia 22, por debajo del eje de avión A-A'.

10 **[0044]** Cada línea 40 de emisores 42 y cada línea 44 de receptores 46 es, en este caso, una línea curva. La línea curva es, por ejemplo, un arco de círculo. La curvatura se adapta ventajosamente a la forma del avión en particular para minimizar el impacto de la integración de las antenas en el avión.

15 **[0045]** Teniendo en cuenta su implantación, la línea 40 de emisores 42 presenta aquí una concavidad dirigida hacia el eje de avión A-A' y la línea 44 de receptores 46 presenta también una concavidad dirigida hacia el eje de avión A-A' dirigida hacia la concavidad de la línea 40 de emisores 42.

20 **[0046]** Al estar los emisores 42 de cada línea 40 situados separados de los receptores 46 de cada línea 44, las emisiones realizadas con ayuda de los emisores 42 y recibidas en los receptores 46 crean la red densa de emisores/receptores virtuales 54 en su baricentro.

25 **[0047]** Así, la red de emisores/receptores virtuales 54 procede de las interacciones sucesivas de cada emisor 42 con una pluralidad de receptores 46 de la línea 44, ventajosamente con todos los receptores 46 de la línea 44, para formar la línea 52 de emisores/receptores virtuales 54 en su baricentro.

25

[0048] La red de emisores/receptores virtuales 54 es continua. Para este fin, la distancia máxima que separa dos emisores/receptores virtuales 54 adyacentes, proyectada en la dirección de elongación A, es ventajosamente inferior al paso P definido anteriormente.

30 **[0049]** La densidad lineal de emisores/receptores virtuales 54 en la red continua de emisores/receptores virtuales 54, proyectada a lo largo de la dirección de elongación A, es superior a la densidad lineal de emisores 42 en el grupo de emisores 42, proyectada a lo largo de la dirección de elongación A, y es superior a la densidad lineal de receptores 46 en el grupo de receptores 46, proyectada a lo largo de la dirección de elongación A.

35 **[0050]** El número de emisores 42 radiantes reales sigue siendo así muy limitada con respecto al número de emisores/receptores 54 radiantes virtuales.

[0051] Con ello disminuye el coste del sistema y simplifica su integración en una aeronave.

40 **[0052]** Así, se obtiene un paso P/2 de red de emisores/receptores virtuales 54, que no sería fácil de alcanzar con una red física de antenas y que sería mucho más costoso.

45 **[0053]** En el ejemplo representado en la figura 3, el detector 30 incluye una primera línea 40 de emisores 42 situados a un lado de un plano vertical que pasa por el eje de avión A-A' y una segunda línea 40 de emisores 42 situados al otro lado del plano vertical que pasa por el eje de avión A-A' simétricamente con respecto a la primera línea 40.

50 **[0054]** Las líneas 40 de emisores 42 delimitan entre sí una zona de vacío 56 carente de emisores 42. Esta zona de vacío 56 está destinada ventajosamente a recibir el detector óptico 36, cuando dicho detector 36 está presente en la aeronave.

[0055] La zona de vacío 56 presenta ventajosamente una anchura, tomada en paralelo a la dirección de elongación A, superior a 5 veces el paso P.

55 **[0056]** En este ejemplo, teniendo en cuenta la disposición en la región intermedia 22, la primera línea 40 de emisores 42 y la segunda línea 40 de emisores 42 están situadas sustancialmente en arcos del mismo círculo en proyección en el plano π que contiene los emisores 42. Asimismo, la línea 44 de receptores 46 está situada sustancialmente en un arco del mismo círculo.

60 **[0057]** En esta configuración, la red de emisores/receptores virtuales 54 forma una línea o una seudolínea 52 que se extiende según la dirección de elongación.

65 **[0058]** Cuando forma una «seudolínea», la red de emisores/receptores virtuales 54 presenta en general una altura, tomada en perpendicular a la dirección de elongación A en el plano π , inferior, ventajosamente inferior a 0,1 veces la extensión longitudinal de la red de emisores/receptores virtuales 54, tomada a lo largo de la dirección de

elongación A.

[0059] La altura de la red de emisores/receptores virtuales 54 es inferior en particular a 10 veces el paso P.

5 **[0060]** La red de emisores/receptores virtuales 54 incluye una primera subred lateral 58A resultante de interacciones entre cada emisor 42 de la primera línea 40 de emisores 42 y cada receptor 46 de la línea 44 de receptores 46 y una segunda subred lateral 58B que comprende emisores/receptores virtuales 54 resultante de la interacción entre un emisor 42 de la segunda línea 40 de los emisores 42 y los receptores 46 de la línea 44.

10 **[0061]** En el ejemplo ilustrado por las figuras 3 y 8, las subredes 58A, 58B presentan un extremo común 60. Las subredes 58A, 58B comprenden, cada una, una pluralidad de líneas 61A, 61B, 61C de emisores/receptores virtuales 54 al menos en parte superpuestas hacia el extremo común 60 y divergentes en la separación del extremo común 60. Cada línea 61A, 61B, 61C procede de la interacción entre un solo emisor 42 de la segunda línea 40 de emisores 42 y una pluralidad de receptores 46 de la línea 44, ventajosamente todos los receptores de la línea 44.

15 **[0062]** Las subredes 58A, 58B forman así unaseudolínea, tal como se define anteriormente, con una dispersión vertical baja, pese a la curvatura de implantación de las líneas 40 de emisores 42 y de la línea 44 de receptores 46.

20 **[0063]** La disposición relativa de la línea 40 de emisores 42 y de la línea 44 de receptores 46 maximiza el desacoplamiento entre los emisores 42 y los receptores 46 colocando los emisores 42 por encima del eje de avión A-A' y los receptores 46 por debajo del eje de avión A-A'. Además, la zona de vacío 56 permite integrar otro detector, en particular el detector óptico 36, sin interacción entre los emisores 42 de cada línea 40 y los receptores 46 de la línea 44.

25 **[0064]** Se minimiza el número de emisores 42 reales. Por ejemplo, cada línea 40 de emisores 42 incluye ventajosamente entre 2 y 10 emisores, en particular tres emisores 42.

[0065] La línea 44 de receptores 46 incluye un número de receptores 46 ventajosamente superior al número de emisores 42. El número de receptores 46 es, por ejemplo, superior a diez, en particular igual a veinticuatro. El
30 número de receptores 46 se mantiene inferior a 40.

[0066] Así, se genera una línea 52 de emisores/receptores virtuales 54 que incluye más de cincuenta emisores/receptores 54, en particular que incluye ciento treinta y ocho emisores/receptores 54 virtuales en el ejemplo de la figura 3.

35 **[0067]** El conjunto de generación de forma de onda 48 es capaz de alimentar simultáneamente cada emisor 42 de cada línea 40 con una señal electromagnética periódica, en particular sinusoidal, en una gama de frecuencias comprendidas en particular entre 8 GHz y 100 GHz, en particular entre 28 GHz y 35 GHz, preferentemente entre 31,8 GHz y 33,4 GHz.

40 **[0068]** Preferentemente, el conjunto de generación de forma de onda 48 es capaz de alimentar simultáneamente todos los emisores 42 en bandas de frecuencias separadas en frecuencia por una separación, por ejemplo, superior a 20 KHz, en particular comprendida entre 50 KHz y 150 KHz.

45 **[0069]** Cada emisor 42 de cada línea 40 es así capaz de emitir en cada instante a una frecuencia distinta de los otros emisores 42 de la línea 40.

[0070] Preferentemente, la frecuencia de la señal emitida es modulada periódicamente según una forma de onda predeterminada. La forma de onda es ventajosamente de emisión continua, por ejemplo, de tipo FMCW
50 («Frequency Modulation Continuous Wave» u «Onda Continua con Modulación de Frecuencia»).

[0071] Debido a la emisión continua, la potencia pico emitida por los emisores 42 es muy baja, ya que es igual a su potencia media. Esto confiere una ventaja importante en términos de compatibilidad electromagnética para la integración del sistema y también en términos de coste de los componentes.

55 **[0072]** Además, el detector 30 carece de distancia ciega, es decir, una distancia mínima de detección. Ello permite su empleo incluso a muy corta distancia.

[0073] La modulación de la señal periódica en frecuencia crece y/o decrece en cada periodo de la forma de
60 onda.

[0074] Ventajosamente, la modulación en un periodo T de la forma de onda tiene forma de rampa lineal decreciente en cada periodo T, como se ilustra por medio de la figura 5 que representa la frecuencia de modulación de las señales 60A, 60B, 60C, 60D, 60E y 60F de los emisores 42 respectivos de cada línea 40.

65

[0075] En este ejemplo, la variación de frecuencia en función del tiempo es lineal en el periodo T. La diferencia de frecuencia entre el inicio de cada periodo y el fin de cada periodo es, por ejemplo, superior a 10 MHz, en particular comprendida entre 12 MHz y 350 MHz.

5 **[0076]** Las señales 60A a 60F están desfasadas entre sí una frecuencia constante en el tiempo.

[0077] Como variante, ilustrada por la figura 9, la modulación de la señal periódica en frecuencia crece en una primera parte del periodo T y decrece en una segunda parte del periodo T. Presenta ventajosamente una rampa lineal creciente, seguida de una rampa lineal decreciente.

10

[0078] En el ejemplo representado esquemáticamente en la figura 4, el conjunto de generación de forma de onda 48 incluye un oscilador de referencia 70, un generador 72 de formas de onda a partir de la señal generada por el oscilador 70 y, ventajosamente, un amplificador 76 de potencia.

15 **[0079]** El oscilador de referencia 70 es capaz de generar una señal de excitación a una frecuencia comprendida en particular entre 8 GHz y 100 GHz, en particular entre 28 GHz y 35 GHz, preferentemente entre 31,8 GHz y 33,4 GHz.

[0080] El generador 72 está destinado a crear y a asegurar una forma de onda con una rampa lineal de modulación de frecuencia en función del tiempo en cada periodo T.

20

[0081] Comprende ventajosamente un circuito de bloqueo de fase y un modulador.

[0082] Puede extraerse un conjugado 78 de la señal emitida del generador 72 para ser mezclado con la señal recibida por el conjunto de captura 50.

25

[0083] El generador 72 es capaz de crear la rampa de modulación adaptada a cada emisor 42 con el desfase en frecuencia elegido con respecto a la modulación de frecuencia de los otros emisores 42.

30 **[0084]** El amplificador de potencia 76 está dispuesto corriente abajo de la señal modulada para amplificar esta señal con vistas a su transmisión al emisor 42.

[0085] La señal emitida por cada emisor 42 es, por tanto, una señal sinusoidal cuya frecuencia está modulada en diente de sierra alrededor de una portadora.

35

[0086] El conjunto de captura 50 es capaz de capturar las señales recibidas por cada receptor 46 después de la reflexión sobre el terreno y de determinar un retardo δt entre las señales emitidas y las señales recibidas.

[0087] El retardo δt genera un desfase en frecuencia entre la señal emitida por el emisor 42 y la señal recibida por el receptor 46 proveniente del emisor 42 en cada instante t.

40

[0088] Como se ilustra mediante la figura 6, el desfase en frecuencia en cada instante t entre la señal emitida 60A y la señal recibida 80A resultante de la emisión de la señal 60A incluye una contribución 82 relacionada con el retardo δt de la señal recibida con respecto a la señal emitida y una contribución 84 relacionada con el efecto Doppler debido al desplazamiento de la aeronave 10 con respecto al terreno.

45

[0089] La contribución relacionada con el efecto Doppler se calcula conociendo la velocidad de la aeronave 10 con respecto al terreno con ayuda de un detector de velocidad en el suelo presente en la aeronave 10, en particular un GPS o una central inercial.

50

[0090] Una vez calculada esta contribución, el retardo δt se deduce a partir de la diferencia de frecuencia en cada instante entre la señal emitida 60A y la señal recibida 80A corregido con el efecto Doppler 86 por medio de la ecuación:

$$\delta t = T \times \delta f / \Delta F$$

55

en la que ΔF es la variación máxima de frecuencia de la señal emitida en un periodo T de la forma de onda y δf es la contribución 82.

[0091] Para determinar la contribución 82, el conjunto de captura 50 incluye un amplificador de bajo ruido 90, destinado a amplificar la señal recibida por cada receptor 46, un mezclador 92, destinado a recibir el conjugado 78 de la señal emitida por uno o varios emisores 42, un filtro de paso bajo 94, destinado a suprimir los armónicos obtenidos de la mezcla en el mezclador 92, y un convertidor analógico-digital 96.

60

[0092] La unidad de tratamiento 32 incluye, por ejemplo, un procesador y una memoria que incluye

componentes de software aptos para ser ejecutados por el procesador. Como variante, los componentes están hechos al menos parcialmente en forma de componentes lógicos programables, o también en forma de circuitos integrados dedicados.

- 5 **[0093]** La unidad de tratamiento 32 incluye un componente 97A de separación en la señal recibida por cada receptor 46 de señales emitidas por cada emisor 42 con el fin de restituir la señal de cada emisor/receptor virtual 54 y un componente 97B de filtrado de cada señal recibida por cada emisor/receptor virtual 54 en función de la dirección con respecto a la dirección de observación, en particular en función de un rumbo con respecto a la dirección de observación.
- 10 **[0094]** La unidad de tratamiento 32 incluye además un componente 98 de cálculo de una transformada de Fourier rápida en las señales filtradas para aplicar un filtrado en distancia y un componente 99 de establecimiento de una imagen del terreno a partir de las señales filtradas en función de la dirección.
- 15 **[0095]** El componente 97A es, por ejemplo, un filtro de frecuencia, capaz de separar las señales recibidas en cada receptor 46 en función de las frecuencias desfasadas emitidas por cada emisor 42, para generar la señal recibida en el emisor/receptor virtual 54 correspondiente.
- [0096]** El componente 97B está configurado para efectuar una formación de haz por el cálculo («Digital Beam Forming» en inglés) capaz de clasificar la señal en función de la dirección desde la que ha sido recibida.
- 20 **[0097]** La formación de haz por el cálculo es capaz de capturar las señales recibidas en cada emisor/receptor virtual 54 y de clasificar la información obtenida para filtrar las señales en función de la dirección desde la que ha sido recibida, y efectuar así un filtrado en el rumbo.
- 25 **[0098]** El componente 98 es capaz de aplicar una transformada de Fourier en la señal de cada dirección y así obtener una raya de frecuencia representativa de la contribución del retardo δt (la contribución del Doppler que se ha extraído) para suministrar un filtrado según la distancia.
- 30 **[0099]** El componente 99 es capaz de obtener componentes 97B y 98 de una información de potencia recibida en función de la dirección y de la distancia para construir un mapa de reflectividad medida en la dirección de observación D. El componente 99 es capaz de reconstituir una imagen con un contraste que depende de la reflectividad medida en la dirección de observación D con ayuda de la potencia recibida.
- 35 **[0100]** Este contraste permite en particular identificar las diferencias entre una pista de aterrizaje o las vías de acceso a la pista, generalmente con una reflectividad en la dirección de observación D más baja, y el suelo que rodea a la pista, generalmente con una capacidad de reflexión en la dirección de observación D más intensa.
- [0101]** Una imagen del terreno situado en la dirección de mira del detector 30 puede obtenerse así para un rumbo, por ejemplo, comprendido entre -20° y $+20^\circ$ a distancias inferiores a 5.000 m y comprendidas en particular entre 5 m y 10.000 m.
- 40 **[0102]** A continuación se describirá un procedimiento de visión mejorado, implementado con ayuda del sistema de visión 12 según la invención, en el marco de una fase de aproximación de la aeronave 10 hacia un terreno.
- 45 **[0103]** Cuando la tripulación encuentra condiciones meteorológicas que disminuyen notablemente la visibilidad, por ejemplo, una niebla densa o un techo de nubes bajas, implementa el sistema de visión mejorada 12.
- [0104]** En este caso se activa el conjunto de generación de forma de onda 48. Ventajosamente, el oscilador de referencia 70 genera una señal periódica, en particular sinusoidal, y esta señal es modulada por el generador 72 a la frecuencia adaptada al emisor 42 pertinente, según la forma de onda expuesta anteriormente.
- 50 **[0105]** Una parte de la señal se conjuga a continuación para formar una señal conjugada 78 destinada al conjunto de captura 50.
- 55 **[0106]** Cada emisor 42 de cada línea 40 es alimentado simultáneamente para generar una señal electromagnética periódica, cuya frecuencia se modula alrededor de una portadora, según una forma de onda de emisión continua periódica descrita anteriormente.
- 60 **[0107]** La señal periódica se genera en una banda de frecuencia comprendida entre 8 GHz y 100 GHz, en particular entre 28 GHz y 35 GHz, preferentemente entre 31,8 GHz y 33,4 GHz.
- [0108]** Como se ilustra mediante la figura 5, la modulación comprende ventajosamente, para cada periodo de la forma de onda, una rampa de frecuencia decreciente desde una frecuencia máxima hacia una frecuencia mínima, o como en la figura 9 una rampa creciente seguida de una rampa decreciente.
- 65

- [0109]** Las rampas de frecuencia 60A a 60F de los diferentes emisores 42 están desfasadas en frecuencia entre sí con un desfase en frecuencia, por ejemplo, superior a 20 KHz, en particular comprendido entre 50 KHz y 150 KHz.
- 5 **[0110]** La señal emitida se refleja sobre el terreno para ser recibida también en modo continuo en los receptores 46. Esta señal está retardada, lo que induce un desfase lineal en frecuencia con respecto a la señal emitida, incluyendo este desfase lineal también un efecto Doppler.
- 10 **[0111]** El conjunto 50 captura cada señal recibida en cada receptor 46 y mezcla estas señales con uno o varios conjugados de las señales emitidas para extraer de ellas una señal representativa de una diferencia de frecuencia entre la señal emitida y la señal recibida. El filtro de paso bajo 94 suprime los armónicos obtenidos de la mezcla. A continuación se digitaliza la señal obtenida en el convertidor analógico-digital 96.
- 15 **[0112]** Teniendo en cuenta la disposición de los emisores según un primer paso n.P en cada línea 40, y de los receptores 46 dispuestos según un segundo paso m.P en la línea 44, siendo m y p primos entre sí, la señal emitida a partir de los emisores 42 y recibida en los receptores 46 es equivalente a la señal que habría recibido una pluralidad de emisores/receptores virtuales 54 situados en el baricentro de emisores 42 y receptores 46 reales.
- 20 **[0113]** De esta manera se forma una red continua de emisores/receptores virtuales 54 de densidad mucho mayor y de paso igual a $P/2$ con un paso de la red virtual del orden de la semilongitud de onda de la señal emitida.
- [0114]** El componente 97A de la unidad de tratamiento 32 recupera el conjunto de las señales recibidas en los emisores/receptores virtuales 54 en cada instante y el componente 97B forma un haz por medio del cálculo a partir de
25 las señales recibidas para clasificar la señal en función de la dirección desde la que la ha recibido.
- [0115]** En la señal de cada dirección, el componente 98 aplica una transformada de Fourier y efectúa así un filtrado en distancia.
- 30 **[0116]** El componente 99 recoge entonces de los componentes 97B, 98 una información de potencia recibida en función de la distancia y del rumbo, de lo que deduce un mapa de reflectividad y forma una imagen basada en el mapa de reflectividad.
- [0117]** En el visualizador 34 se visualizan imágenes del terreno y/o informaciones obtenidas a partir del mapa
35 de reflectividad a una frecuencia superior a 0,5 Hz, en particular superior a 2 Hz. Esto permite que la tripulación distinga detalles del terreno situado por delante y por debajo de la aeronave, en particular un contraste entre el pavimento de una pista de aterrizaje o de una vía de acceso y el suelo cerca de dicho pavimento.
- [0118]** La tripulación puede así observar la presencia y la localización de una pista de aterrizaje, a una altura
40 adecuada para tomar una decisión, incluso si la visibilidad es muy baja, e incluso casi nula.
- [0119]** Como variante, el detector óptico 36 se usa en combinación o de manera alternativa al detector electromagnético 30.
- 45 **[0120]** La disposición del detector óptico 36 en la zona de vacío 56 entre las líneas 44 de emisores 42 evita las interferencias mecánicas entre el detector óptico 36 y el detector electromagnético 30, a la vez que garantiza el buen funcionamiento individual de cada uno de los detectores 30, 36.
- [0121]** En una variante representada en la figura 7, la línea 40 de emisores 42 y la línea 44 de receptores 46
50 del detector electromagnético están situadas en una regla dispuesta por debajo del Karman de la aeronave. Las líneas 40, 44 son entonces rectas, y paralelas entre sí. El número de emisores 42 es, por ejemplo, igual o superior al descrito anteriormente y el número de receptores 46 es, por ejemplo, igual o superior al descrito anteriormente. La red continua de emisores/receptores 54 es entonces una línea recta 52 de emisores/receptores virtuales, paralela a las líneas 40, 44 y situada entre estas líneas 40, 44.
- 55 **[0122]** La implantación bajo el Karman permite disponer de un detector electromagnético 30 de longitud importante y lineal que ofrece una visibilidad permanente de la pista durante la aproximación. La longitud importante tiene como ventaja suministrar una resolución más importante de la imagen en rumbo.
- 60 **[0123]** Gracias a la invención que acaba de describirse es posible así crear un detector electromagnético 30 que presenta un gran número de emisores/receptores virtuales 54 con una densidad que asegura un paso máximo suficiente para impedir la aparición de lóbulos de subredes. Esto se obtiene implantando una red real de emisores 42 y de receptores 46 mucho menos densa para facilitar la integración de estos elementos en una aeronave 10.
- 65 **[0124]** La red real de emisores 42 y de receptores 46 es además rasante y carece de elementos móviles. Así,

el detector electromagnético 30 es fácil de implantar en la aeronave, sin modificación de su estructura externa y sin afectar a sus rendimientos aerodinámicos.

5 **[0125]** La alimentación simultánea de todos los emisores 42 con una modulación en frecuencia apta para cada emisor 42 corresponde a una emisión simultánea en una red virtual de emisores/receptores 54 de gran densidad. Esto permite que la unidad de tratamiento 32 efectúe una formación de haz mediante el cálculo, y por tanto obtener una imagen con una abertura en el rumbo y en distancia elevada.

10 **[0126]** La formación de haz por el cálculo permite también obtener cadencias de observación que no están al alcance de una antena de barrido mecánico, a la vez que se evita el uso de elementos mecánicos y de partes móviles.

[0127] La implantación en la región intermedia 22 es además muy ventajosa porque evita los acoplamientos con otros elementos móviles de la aeronave tales como los trenes de aterrizaje. Permite además un desacoplamiento máximo entre los emisores 42 y los receptores 46. La presencia de una zona de vacío 56 permite además integrar un
15 detector óptico 36 sin interacción con el detector electromagnético 30.

[0128] En una variante representada en la figura 10, el detector 30 incluye una primera línea 44 de receptores 46 situados a un lado de un plano vertical que pasa por el eje de avión A-A' y una segunda línea 44 de receptores 46 situados al otro lado del plano vertical que pasa por el eje de avión A-A', simétricamente con respecto a la primera
20 línea 44.

[0129] Las líneas 44 de receptores 46 delimitan entre sí una zona de vacío 56 carente de emisores 42, de anchura, tomada en paralelo a la dirección de elongación A, superior a 5 veces el paso P.

25 **[0130]** En este caso, el detector 30 incluye una tercera línea 40 de emisores 42 situada entre la primera línea 40 de emisores 42 y la segunda línea 40 de emisores 42.

[0131] La primera línea 40 y la tercera línea 40 delimitan entre sí una zona de vacío 56 de anchura, tomada en paralelo a la dirección de elongación A superior a 5 veces el paso P.
30

[0132] La tercera línea 40 y la segunda línea 40 delimitan entre sí una zona de vacío 56 de anchura, tomada en paralelo a la dirección de elongación A superior a 5 veces el paso P.

35 **[0133]** Pese a la presencia de zonas de vacío 56 entre las líneas 40 de emisores 42 y entre las líneas 44 de receptores 46, las subredes 58 formadas por emisores/receptores virtuales 54 obtenidas de la interacción entre los emisores 42 de una sola línea 40 y los receptores 46 de una sola línea 44 definen una red de emisores/receptores virtuales 54 continua según la dirección de elongación A.

[0134] La red conserva aquí una forma de pseudolínea 52 según el eje Z perpendicular a la dirección de elongación A.
40

[0135] En una variante (no representada), el detector 30 incluye varias redes de emisores/receptores virtuales 54 que forman, cada una, una línea o una pseudolínea 52 en paralelo a la misma dirección de elongación A, estando las redes separadas verticalmente entre sí.
45

REIVINDICACIONES

1. Sistema (12) de visión mejorada de aeronave (10), que incluye:

- 5 - al menos un detector de visión de un terreno según una dirección de observación (D), estando el terreno situado por delante y por debajo de la aeronave (10);
 - una unidad de tratamiento (32), capaz de constituir un mapa de reflectividad del terreno a partir de datos recogidos por el detector de visión;
 - un visualizador (34) de imágenes del terreno reconstituidas por la unidad de tratamiento (32) a partir del mapa de reflectividad y/o de informaciones características del terreno elaboradas por la unidad de tratamiento (32) a partir del mapa de reflectividad, estando el visualizador (34) destinado a ser colocado en una cabina de la aeronave (10);
 10 en el que el detector de visión es un detector electromagnético (30) que comprende una pluralidad de emisores (42) de una señal emitida, constituyendo los emisores (42) al menos un grupo de emisores (42) y una pluralidad de receptores (46) de una señal recibida, obtenida de la señal emitida después de la reflexión sobre el terreno,
 15 constituyendo los receptores (46) al menos un grupo de receptores (46), de manera que el detector electromagnético (30) incluye un conjunto (48) de generación de forma de onda que alimenta cada emisor (42) para generar la señal emitida y un conjunto (50) de captura de la señal recibida por cada receptor (46) después de la reflexión sobre el terreno,
 de manera que los emisores (42) son distintos y están separados de los receptores (46) estando dispuestos para
 20 generar, a partir de cada combinación formada por un emisor (42) y un receptor (46), entre el grupo de emisores (42) y el grupo de receptores (46), al menos una red de emisores/receptores virtuales (54) que se extiende según una dirección de elongación (A) transversal a la dirección de observación (D),
 siendo la densidad lineal de emisores/receptores virtuales (54) en la red a lo largo de la dirección de elongación (A) superior a la densidad lineal de emisores (42) en el grupo de emisores (42) a lo largo de la dirección de elongación (A) y siendo superior a la densidad lineal de receptores (46) en el grupo de receptores (46) a lo largo de la dirección de elongación (A),
 25 **caracterizado porque** al menos un grupo de emisores (42) está destinado a ser colocado en una de entre una superficie superior o una superficie inferior de un revestimiento de una región intermedia sustancialmente troncocónica (22) de una punta delantera (16) de la aeronave (10), y al menos un grupo de receptores (46) está
 30 destinado a ser colocado en la otra de entre la superficie superior o la superficie inferior del revestimiento de la región intermedia sustancialmente troncocónica (22).

2. Sistema (12) según la reivindicación 1, en el que los emisores (42) están dispuestos según un primer paso n.P a lo largo de la dirección de elongación (A) en el grupo de emisores (42), estando los receptores (46)
 35 dispuestos según un segundo paso m.P a lo largo de la dirección de elongación (A) en el grupo de receptores (46), siendo los números n y m números enteros primos entre sí, de manera que la red de emisores/receptores virtuales (54) engendrada a partir de cada combinación formada por un emisor (42) y de un receptor (46) presenta un paso P/2 a lo largo de la dirección de elongación (A).

40 3. Sistema (12) según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la red de emisores/receptores virtuales (54) está dispuesta según una línea o una pseudolínea a lo largo de la dirección de elongación (A).

4. Sistema (12) según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el detector electromagnético
 45 (30) incluye un primer grupo de emisores (42), y al menos un segundo grupo de emisores (42), estando los grupos de emisores (42) adyacentes entre sí separados por una zona de vacío (56), sin emisores (42) y sin receptores (46) en la zona de vacío (56),

y/o en el que el detector electromagnético (30) incluye un primer grupo de receptores (46) y al menos un segundo grupo de receptores (46), estando los grupos de receptores (46) adyacentes entre sí separados por una zona de vacío (56), sin emisores (42) y sin receptores (46) en la zona de vacío (56),
 50 en el que opcionalmente la red de emisores/receptores virtuales (54) incluye una primera subred (58A) que comprende exclusivamente emisores/receptores virtuales (54) resultante de las interacciones entre un emisor (42) del primer grupo de emisores (42) y un receptor (46) de un grupo de receptores (46), y una segunda subred (58B) que incluye exclusivamente emisores/receptores virtuales (54) resultante de la interacción de un emisor (42) del segundo grupo de emisores (42) y de un receptor (46) del mismo grupo de receptores (46), tal que la primera subred (58A) de la red de emisores/receptores virtuales (54) se extiende en la continuidad de la segunda subred (58B) de la red de emisores/receptores virtuales (54)
 55 o en el que opcionalmente la red de emisores/receptores virtuales (54) incluye una primera subred (58A) que comprende exclusivamente emisores/receptores virtuales (54) resultante de las interacciones entre un emisor (42) de un grupo de emisores (42) y un receptor (46) del primer grupo de receptores (46), y una segunda subred (58B) que incluye exclusivamente emisores/receptores virtuales (54) resultante de la interacción de un emisor (42) del mismo grupo de emisores (42) y de un receptor (46) del segundo grupo de receptores (46), tal que la primera subred (58A) de la red de emisores/receptores virtuales (54) se extiende en la continuidad de la segunda subred (58B) de la red de emisores/receptores virtuales (54).
 60
 65

5. Sistema (12) según la reivindicación 4, en el que el detector de visión incluye un detector óptico (36) dispuesto en la zona de vacío (56).
- 5 6. Sistema (12) según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el grupo de emisores (42) está dispuesto según una línea (40) de emisores (42), en particular una línea curva que presenta una concavidad y el grupo de receptores (46) está dispuesto según una línea (44) de receptores (46), en particular una línea curva que presenta una concavidad.
- 10 7. Sistema (12) según cualquiera de las reivindicaciones anteriores en el que el o cada grupo de emisores (42) está destinado a ser colocado sobre una superficie superior de un revestimiento de una región intermedia sustancialmente troncocónica (22) de una punta delantera (16) de la aeronave (10), estando el o cada grupo de receptores (46) destinado a ser colocado sobre una superficie inferior del revestimiento de la región intermedia sustancialmente troncocónica (22)
- 15 o en el que el o cada grupo de emisores (42) está destinado a ser colocado sobre una superficie inferior de un revestimiento de una región intermedia sustancialmente troncocónica (22) de una punta delantera (16) de la aeronave (10), estando el o cada grupo de receptores (46) destinado a ser colocado sobre una superficie superior del revestimiento de la región intermedia sustancialmente troncocónica (22).
- 20 8. Sistema (12) según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** cada emisor (42) está formado por una antena rasante que emite en rasante, de manera que la antena carece de elemento móvil.
9. Sistema (12) según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el conjunto de generación de forma de onda (48) es capaz de generar simultáneamente formas de ondas de frecuencias desfasadas de manera
25 constante en el curso del tiempo para varios emisores (42) del grupo de emisores (42).
10. Sistema (12) según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el conjunto de generación de forma de onda (48) es capaz de generar, para cada emisor (42), una señal periódica portadora modulada en frecuencia con una forma de onda periódica que presenta una frecuencia creciente y/o decreciente durante cada
30 periodo de la forma de onda, en el que opcionalmente el conjunto de captura (50) es capaz de generar una señal representativa de una diferencia de frecuencia entre la señal emitida y la señal recibida en cada instante, siendo la diferencia de frecuencia entre la señal emitida y la señal recibida representativa del desfase temporal entre la señal emitida y la señal recibida.
- 35 11. Sistema (12) según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la unidad de tratamiento (32) incluye un componente (97A) de separación en la señal recibida en cada receptor (46) de la señal emitida por cada emisor (42) para restituir la señal recibida por cada emisor/receptor virtual (54) y un componente (97B) de filtrado de las señales recibidas por los emisores receptores/virtuales (54) en función de la dirección con respecto a la dirección de observación (D), en particular en función de un rumbo con respecto a la dirección de observación (D).
- 40 12. Sistema (12) según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la imagen del terreno reconstituida por la unidad de tratamiento (32) a partir del mapa de reflectividad incluye una pista de aterrizaje, y/o las informaciones obtenidas a partir del mapa de reflectividad reconstituido por la unidad de tratamiento (32) son características de una pista de aterrizaje, en particular su contorno, su umbral y/o su eje.
- 45 13. Aeronave (10), que incluye un sistema (12) de visión mejorada según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 12, estando el visualizador (34) dispuesto en una cabina de la aeronave (10), de manera que la aeronave (10) incluye una región intermedia sustancialmente troncocónica (22) de punta delantera (16), tal que al menos un primer grupo elegido entre un grupo de emisores (42) y un grupo de receptores (46) está colocado sobre una superficie
50 superior de un revestimiento de la región intermedia troncocónica (22), estando un segundo grupo elegido entre el grupo de emisores (42) y el grupo de receptores (46) colocado sobre una superficie inferior del revestimiento de la región intermedia sustancialmente troncocónica (22).
14. Procedimiento de visión mejorada en una aeronave (10) que incluye las etapas siguientes:
55 - suministro de un sistema (12) de visión según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 12;
- alimentación, por el conjunto de generación de forma de onda (48) de cada emisor (42) del grupo de emisores (42) y captura, por cada receptor (46) del grupo de receptores (46) de una señal emitida después de la reflexión sobre el terreno;
60 - tratamiento, por la unidad de tratamiento (32), de la señal emitida y de la señal recibida para obtener las señales recibidas en la red de emisores/receptores virtuales (54) que se extiende según una dirección de elongación (A) transversal a la dirección de observación (D),
- reconstitución de un mapa de reflectividad a partir de las señales recibidas en la red de emisores/receptores virtuales (54);
65 - visualización, en una cabina de la aeronave (10), de imágenes del terreno reconstituidas por la unidad de

tratamiento (32) a partir del mapa de reflectividad o de informaciones obtenidas a partir de imágenes del terreno reconstituidas por la unidad de tratamiento (32) a partir del mapa de reflectividad.

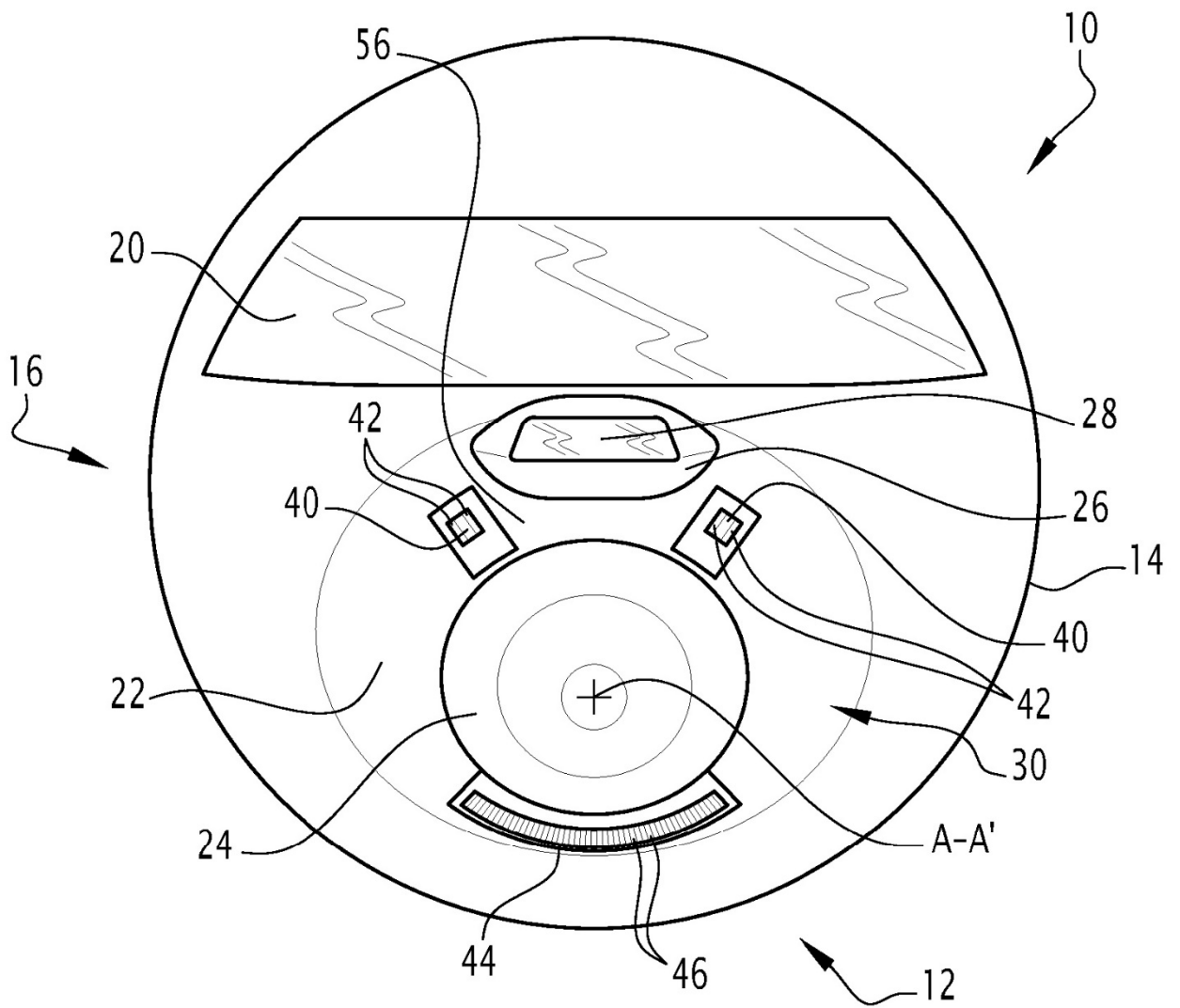


FIG.1

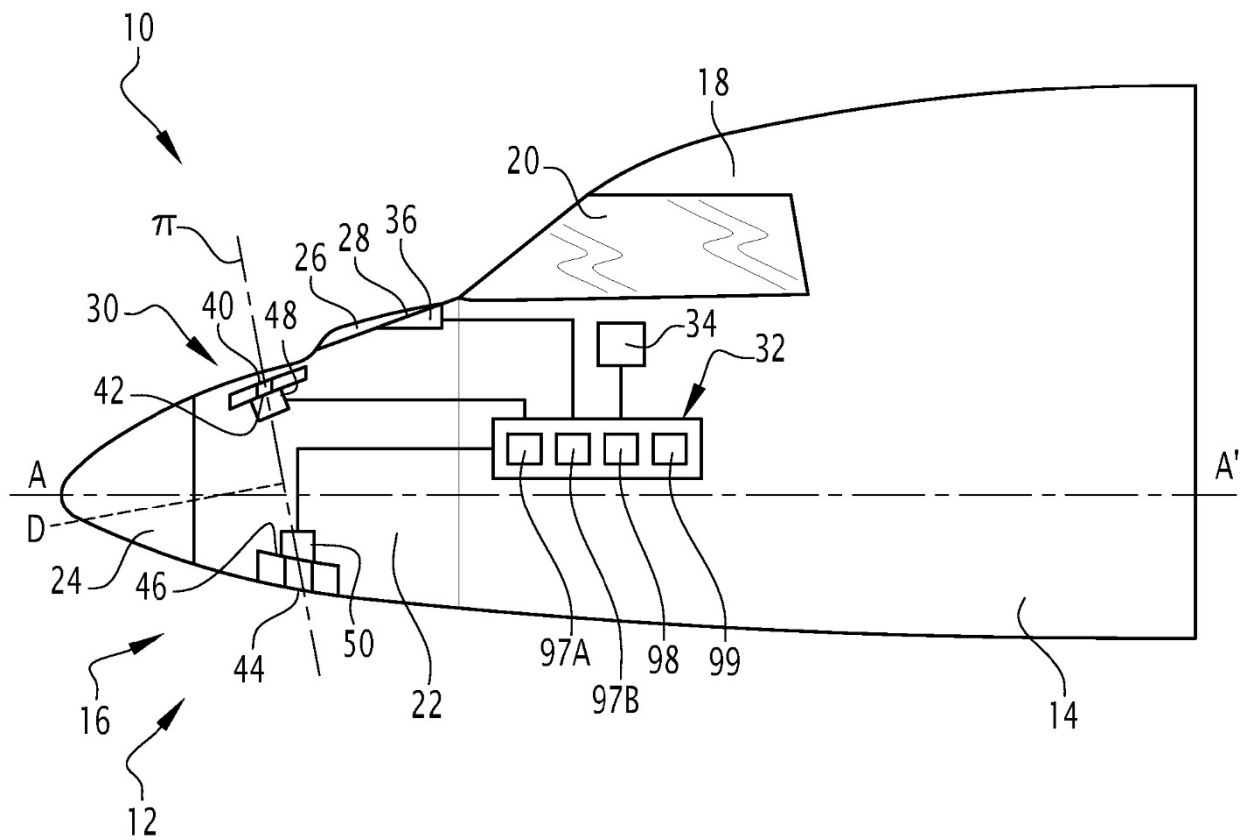


FIG.2

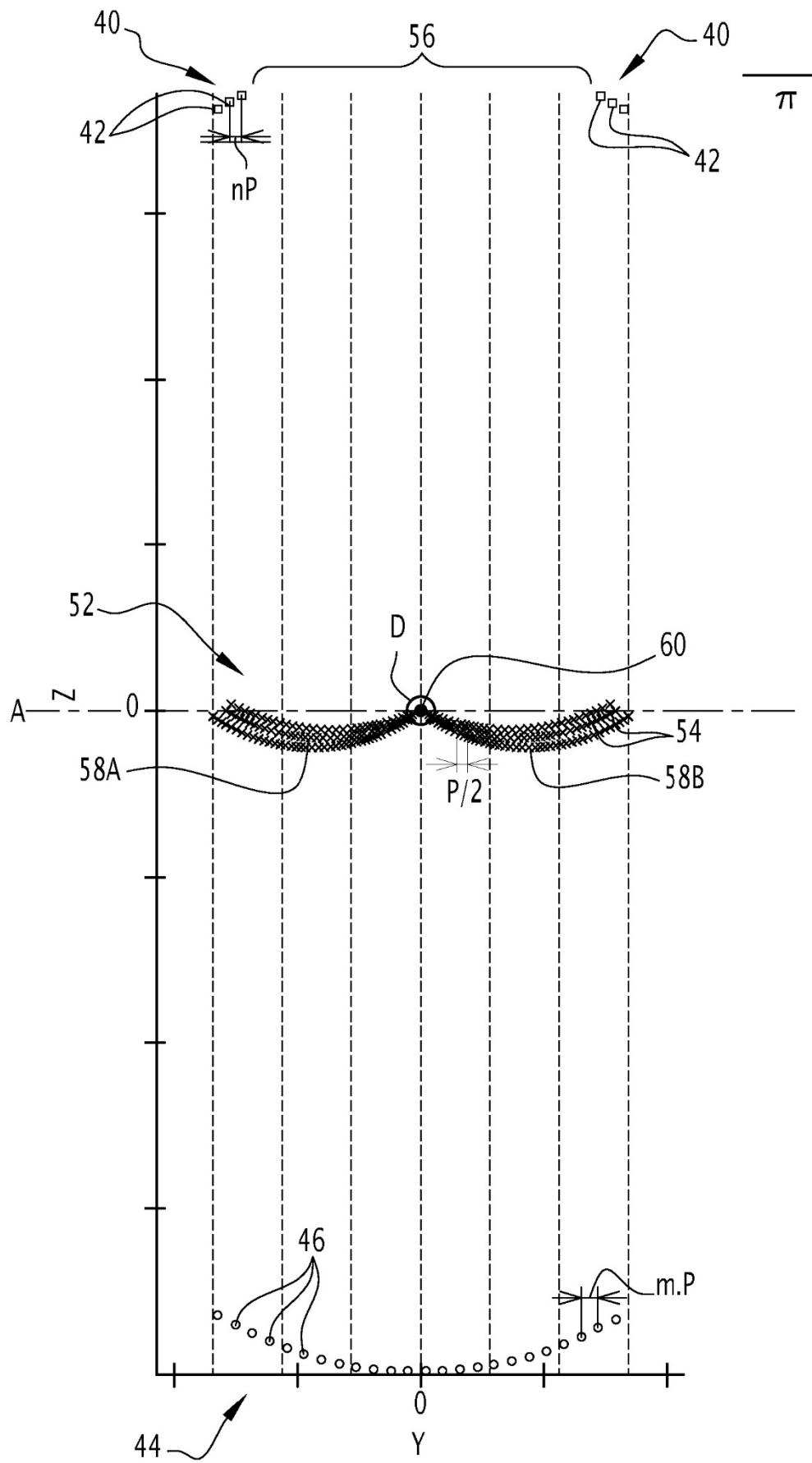


FIG.3

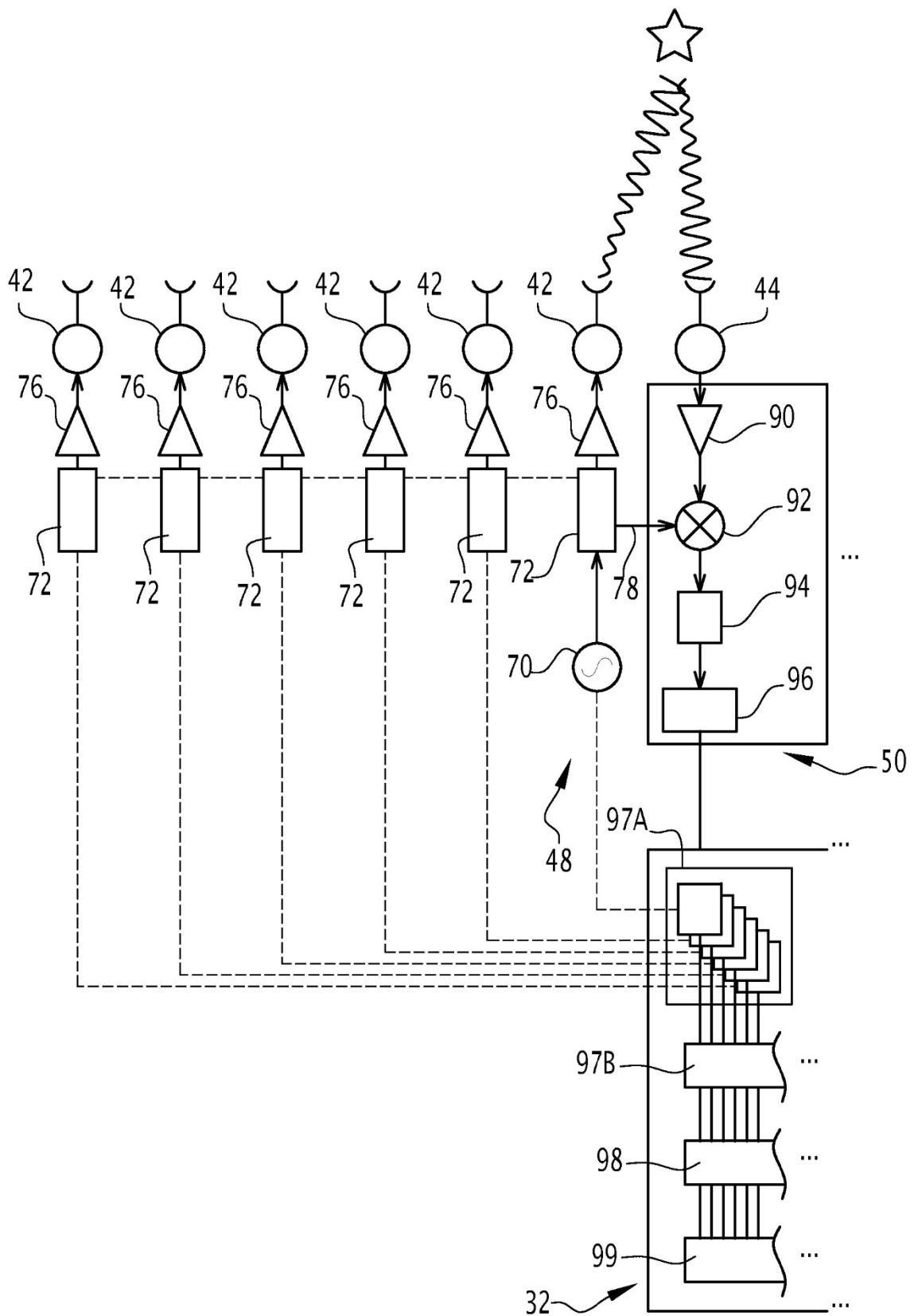


FIG.4

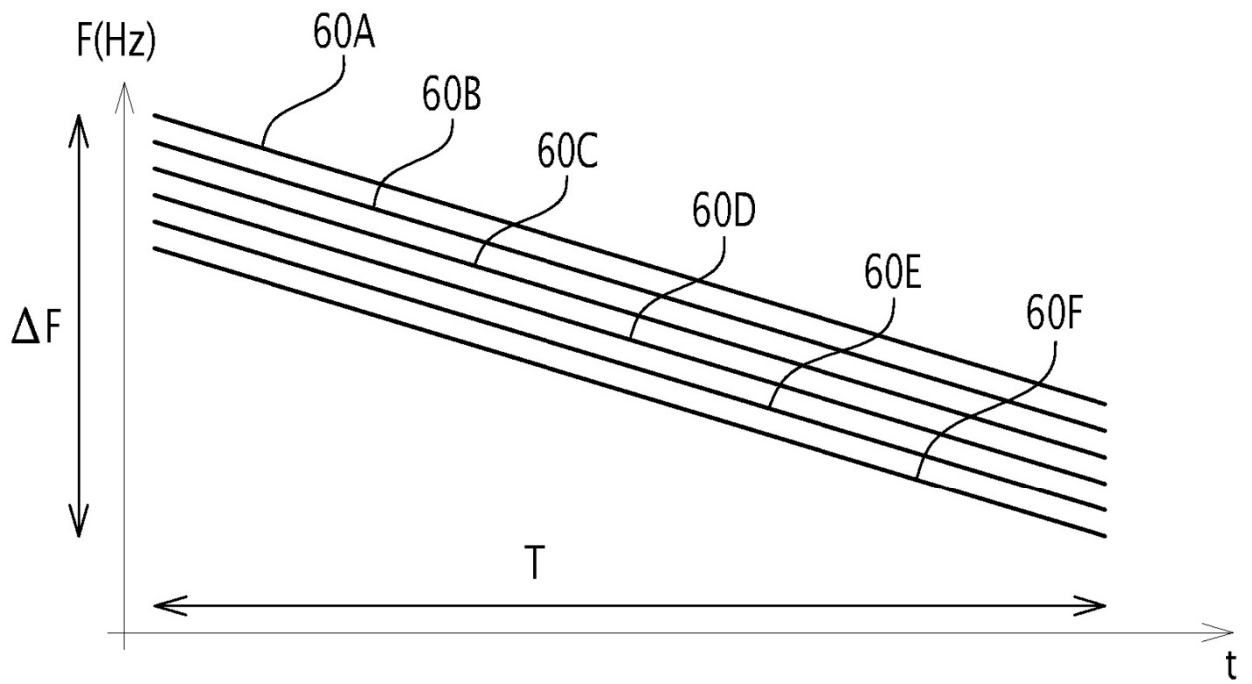


FIG.5

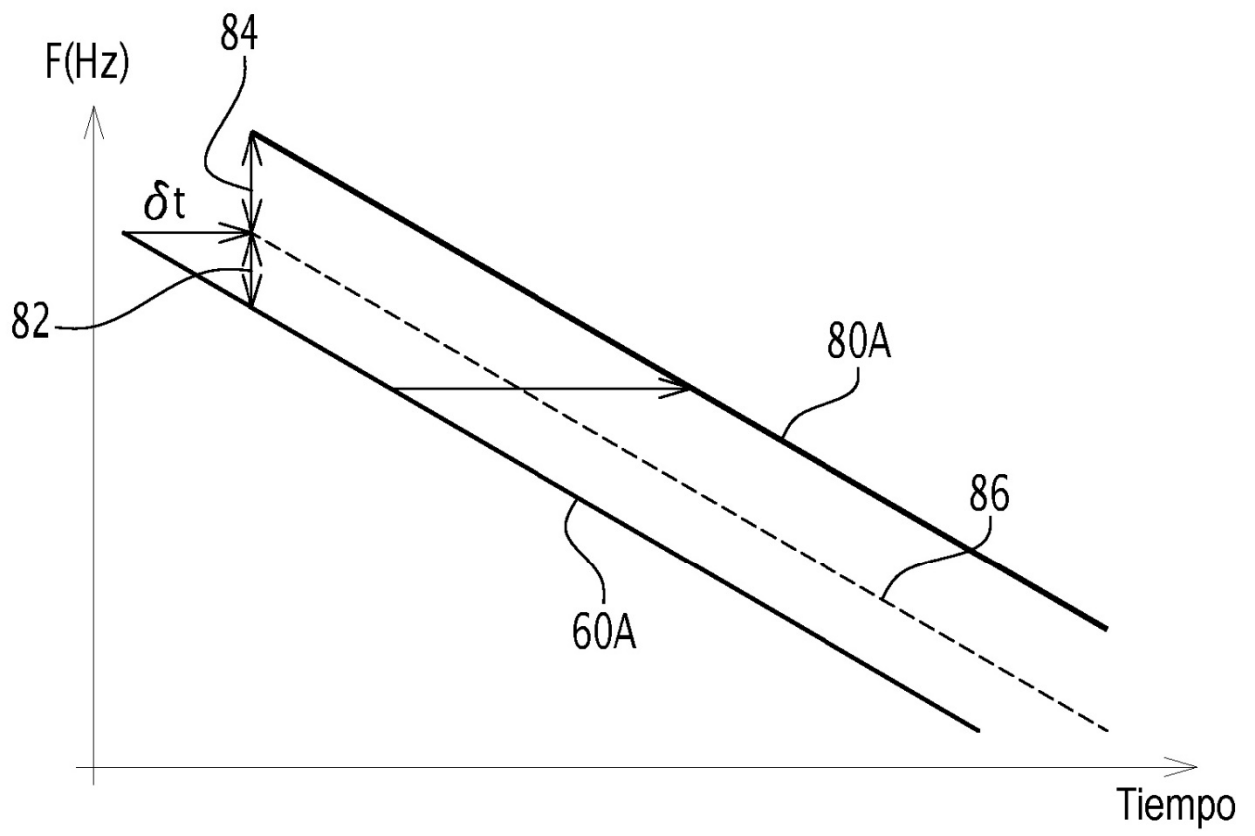


FIG.6

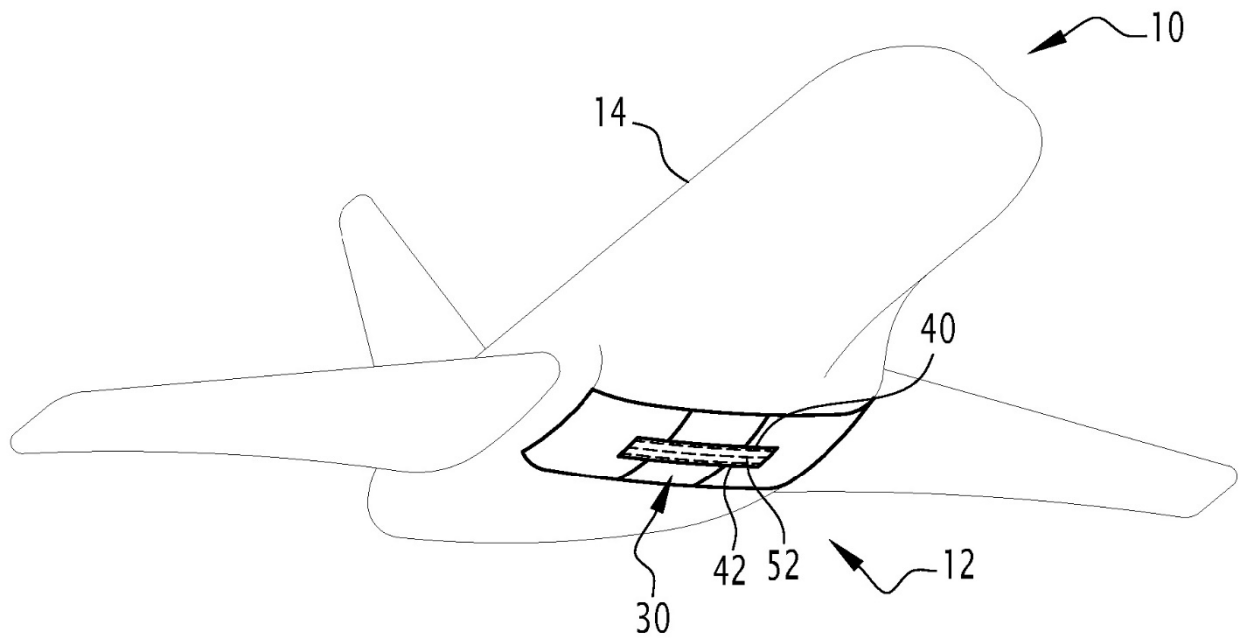


FIG. 7

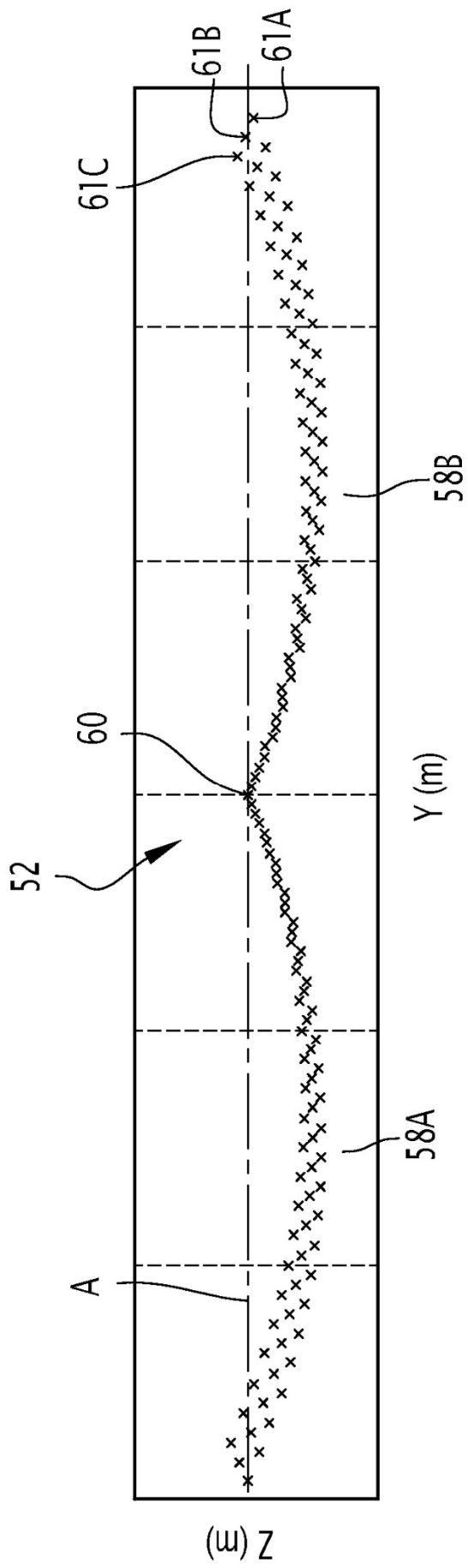


FIG. 8

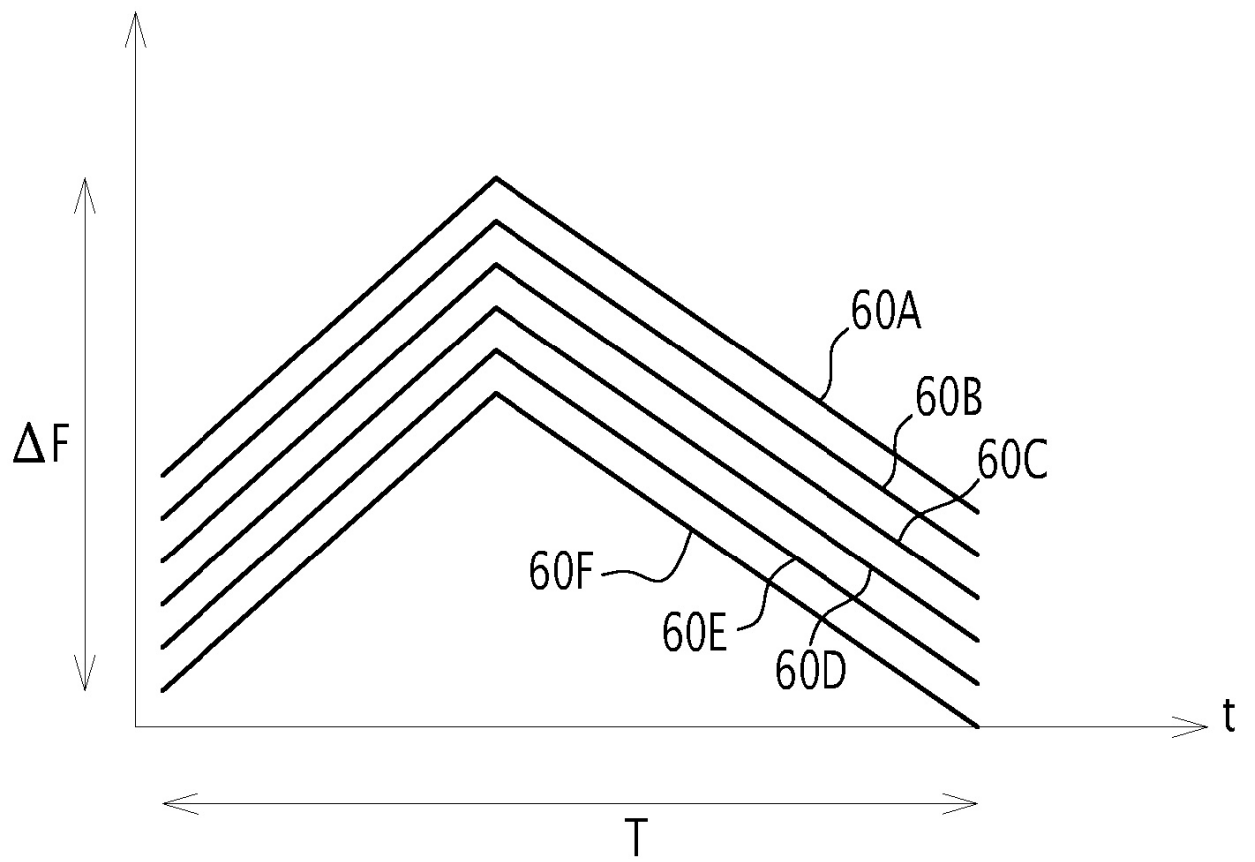


FIG.9

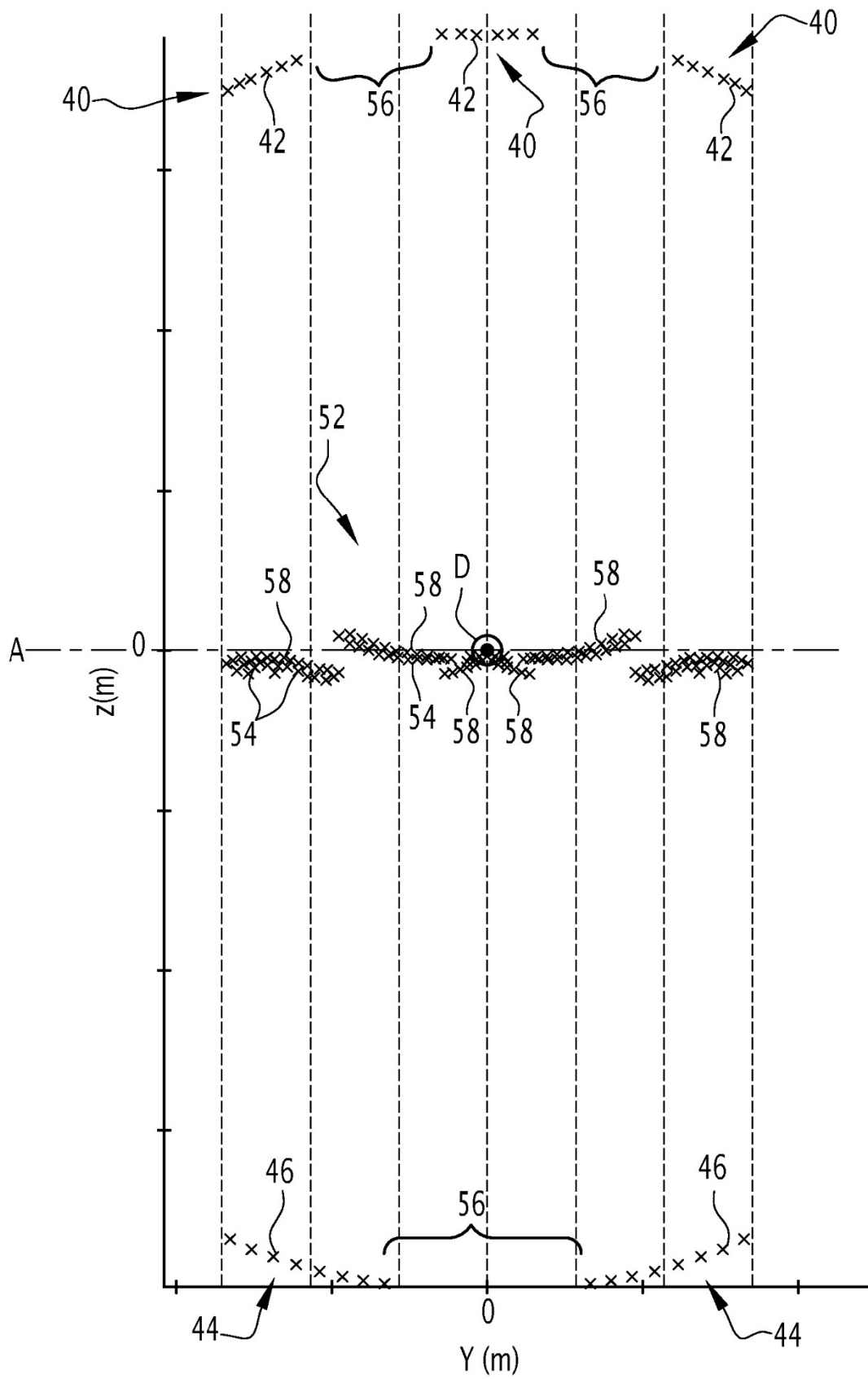


FIG.10