

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 667 405**

51 Int. Cl.:

G01S 13/42 (2006.01)

G01S 13/00 (2006.01)

H01Q 3/24 (2006.01)

H01Q 21/20 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **24.11.2014** **PCT/IT2014/000310**

87 Fecha y número de publicación internacional: **16.07.2015** **WO15104728**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **24.11.2014** **E 14838802 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **31.01.2018** **EP 3092508**

54 Título: **Radar biestático**

30 Prioridad:

09.01.2014 IT RM20140005

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
10.05.2018

73 Titular/es:

FINCANTIERI S.P.A. (100.0%)
Via Genova 1
34121 Trieste, IT

72 Inventor/es:

MADIA, FRANCESCO y
MAESTRINI, ALBERTO

74 Agente/Representante:

LINAGE GONZÁLEZ, Rafael

ES 2 667 405 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

Radar biestático

- 5 La presente descripción se refiere al campo técnico de los sistemas de radar y se refiere en particular a un radar biestático.

Se sabe de equipar vehículos terrestres o barcos, por ejemplo barcos militares, con sistemas de radar que permiten la monitorización del espacio circundante para identificar posibles amenazas.

- 10 Estos sistemas de radar han experimentado una larga evolución a lo largo del tiempo. Los sistemas de radar se desarrollaron inicialmente para obtener una exploración de 360° del haz de radar en un plano acimutal, que comprende una antena reflectora voluminosa, típicamente instalada en una plataforma giratoria proporcionada en el vehículo. Los sistemas de radar mencionados anteriormente han evolucionado posteriormente a lo largo del tiempo hasta los sistemas de radar más modernos que no proporcionan plataformas giratorias y que, para obtener una visibilidad lo más amplia posible en el plano acimutal explotan una pluralidad de antenas de matriz en fase planarias activas. Por ejemplo, se conocen sistemas de radar que tienen cuatro antenas de matriz en fase planarias activas, cada una instalada en una cara del mástil de barco con una forma sustancialmente de pirámide truncada con una base cuadrangular.

- 20 El radar activo del tipo de matriz en fase, gracias a la capacidad de cambiar la dirección del haz de una manera rápida y controlada, permite a un vehículo como un barco militar usar un solo sistema de radar para la detección y monitorización de superficies (para ejemplo para identificar barcos), monitorización del espacio aéreo (para detectar aeronaves y misiles), guía de misiles y control de dispositivos de artillería.

- 25 Los radares de matriz en fase planarios activos de la técnica instalados hasta ahora en vehículos como barcos militares son típicamente radares monoestáticos, ya que cada matriz de antena se compone de una pluralidad de módulos de receptor y transmisor (módulos TX/RX), cada uno de los cuales se conmuta secuencialmente en el tiempo entre los dos modos operativos, transmitir y recibir respectivamente. Por esta razón, los sistemas de radar de matriz en fase anteriores de la técnica anterior son particularmente caros. También se ha observado que, en la configuración en la que se proporcionan cuatro antenas de matriz en fase planarias activas, cada una instalada en una cara del mástil de un barco con forma sustancialmente de pirámide truncada con una base cuadrangular, dichos sistemas de radar no muestran un rendimiento uniforme en todo el plano acimutal, en tanto que dicho rendimiento se degrada en particular en las direcciones colocadas frontalmente a los bordes de la pirámide truncada. En otras palabras, el radar citado anteriormente de la técnica anterior muestra pérdidas de exploración en el plano horizontal.

- 40 Un radar conocido que tiene una forma geométrica cónica se describe en el documento JP H06249945 A. Este documento divulga un radar no biestático, es decir un radar con módulos TX/RX, en el que están presentes desfasadores analógicos en la cadena de recepción para el apuntamiento de los haces de recepción. Por esta razón dicho radar en el lado receptor no adopta ni un bloque de formación de haz digital completo ni una formación de haz digital. La antena se divide además en secciones horizontales de cono truncado cada una de las cuales funciona a una respectiva frecuencia. Dicho radar tiene el grave inconveniente de no permitir la formación de múltiples haces independientes y no permite el control de la amplitud en la superficie del cono truncado produciendo por tanto haces con altos lóbulos laterales.

- 45 Un propósito general de la presente descripción es poner a disposición un radar que no tenga los inconvenientes mencionados anteriormente con referencia a la técnica anterior.

- 50 Este y otros propósitos se logran por medio de un radar biestático como se define en la primera reivindicación en su forma más general, y en las reivindicaciones dependientes en algunos de sus modos de realización particulares.

La invención será más clara de comprender a partir de la siguiente descripción detallada de sus modos de realización, hecha a modo de ejemplo no limitativo con referencia a los dibujos adjuntos, en los que:

- 55 - la figura 1 muestra un diagrama de bloques funcional de un modo de realización de un radar biestático que comprende una antena transmisora y una antena receptora;

- 60 - la figura 2 muestra una vista esquemática en alzado lateral de un modo de realización de una antena transmisora y una antena receptora en la que las dos antenas se muestran en una configuración de acoplamiento mecánico entre sí;

- la figura 3 muestra una vista en planta esquemática de la antena transmisora y la antena receptora en la que las dos antenas se muestran en una configuración de acoplamiento mecánico entre sí;

- 65 - la figura 4 muestra una vista esquemática en sección transversal lateral de la antena transmisora;

- la figura 5 muestra una vista frontal en alzado de la antena transmisora;
- la figura 6 muestra esquemáticamente un primer modo de transmisión de la antena transmisora;
- 5 - la figura 7 muestra esquemáticamente un segundo modo de transmisión de la antena transmisora;
- la figura 8 muestra esquemáticamente un tercer modo de transmisión de la antena transmisora;
- la figura 9 muestra una vista esquemática en sección transversal lateral de la antena receptora;
- 10 - la figura 10 muestra un mástil de barco que comprende el radar biestático en la figura 1;
- la figura 11 muestra un vehículo terrestre que comprende el radar biestático en la figura 1.

15 En los dibujos adjuntos, los elementos que son iguales o similares se indicarán usando los mismos números de referencia.

La figura 1 muestra un diagrama de bloques funcional de un radar biestático 1 que comprende una antena transmisora 20 y una antena receptora 30. En el ejemplo particular representado y sin por ello introducir ninguna limitación, el radar biestático 1 es un radar de un buque militar. Sin embargo, debe observarse que las enseñanzas de la presente descripción son aplicables sin restricción al campo particular de uso del radar biestático 1, en tanto que el radar biestático 1 con el que se relaciona la presente descripción podría ser cualquier radar utilizable por ejemplo en la industria de las telecomunicaciones, en el campo de la aviación civil, en el campo de la instrumentación de medición científica.

25 El radar biestático 1 comprende una antena transmisora activa de matriz en fase 20, adaptada para irradiar una señal de salida de radiofrecuencia 40. La antena transmisora activa de matriz en fase 20 comprende una matriz de cono cilíndrico o cónico o truncado de columnas 21 de módulos de transmisión activos 22. En el ejemplo mostrado en los dibujos la matriz de columnas 21 de módulos de transmisión activos 22 es en particular, una matriz que tiene la forma de un cono truncado con una base circular en la que las columnas 21 de módulos de transmisión activos 22 se dirigen a lo largo de la generatriz del cono truncado citado anteriormente.

30 Por ejemplo, la matriz mencionada anteriormente de columnas 21 de módulos de transmisión 22 comprende cien columnas 21 de módulos de transmisión activos 22 y cada columna 21 comprende dieciséis módulos de transmisión activos, de modo que el número de módulos de transmisión activos 22 de la antena transmisora es por ejemplo igual a ciento sesenta.

35 Preferentemente, cada una de las columnas 21 es un bloque físicamente independiente de los otros y se fija dentro de una estructura de soporte 27 de la antena transmisora 20, por ejemplo de una forma de cono truncado tubular y por ejemplo hecha de fibra de carbono o aluminio. Dicha estructura de soporte 27 tiene ranuras por ejemplo, (previstas como aberturas pasantes en forma de ranuras) en cada una de las cuales se fija una respectiva columna 21 de módulos de transmisión activos 22. De acuerdo con un modo de realización, la estructura de soporte 27 citada anteriormente se cubre con un radomo, no mostrado en las figuras, superpuesto y en contacto con la estructura de soporte 27 y que posiblemente está hecho de un material adecuado para actuar como un filtro de paso de banda para la porción de espectro de frecuencias de interés. Por ejemplo, el radomo está hecho de kevlar o fibra de vidrio.

40 Con referencia a la figura 1, de acuerdo con un modo de realización cada módulo de transmisión activo 22 de la antena transmisora 20 comprende en cascada: una entrada adaptada para recibir una señal de radiofrecuencia modulada RF_t a transmitir, un desfaseador 24 adaptado para desfasear dicha señal modulada RF_t, un amplificador de potencia 25 (por esta razón la antena transmisora se define como "activa de matriz en fase") y un elemento de antena transmisora 23. El elemento de antena transmisora 23 es, por ejemplo, una antena de parche o una antena dipolo. El radar biestático 1 comprende por ejemplo un generador de señal 4 adaptado para proporcionar a cada módulo de transmisión activo 22 la señal modulada de radiofrecuencia a transmitir RF_t.

45 El radar biestático 1 comprende además un programador de bloque de actividad de radar 2 adaptado para controlar el generador de señal 4 y la antena transmisora 20. Por ejemplo, en cada módulo de transmisión activo 22, el desfaseador 24 se adapta para recibir en entrada una señal de control digital proporcionada en salida por el bloque de programador 2 para controlar el desfase introducido por el desfaseador 24 en la señal modulada de radiofrecuencia RF_t.

50 El radar biestático 1 comprende además una antena receptora 30 que comprende una matriz de cono truncado de columnas 31 de módulos de recepción 32 dirigidos a lo largo de la generatriz de un cono truncado. Con referencia a la figura 9, de acuerdo con un modo de realización preferente, el cono truncado citado anteriormente tiene un ángulo sólido de apertura α de entre 10° y 60°, extremos incluidos. Por ejemplo, dicho ángulo sólido de apertura α es igual a, o aproximadamente igual a, 30°.

Cada módulo de recepción 32 comprende en cascada un elemento de receptor de antena 33, un amplificador analógico 34 y un convertidor de analógico a digital 36 adaptado para producir muestras digitales en salida. Preferentemente, el amplificador analógico 34 es un LNA (amplificador de bajo ruido). Cada elemento de receptor de antena 33 es, por ejemplo, una antena de parche o un dipolo. El convertidor de analógico a digital es, por ejemplo, un convertidor de ocho o dieciséis bits.

De acuerdo con un modo de realización, cada módulo de receptor 32 comprende corriente arriba del convertidor de analógico a digital 36, un bloque de conversión de baja frecuencia 35, como un mezclador, adaptado para convertir la señal recibida en banda base o en una frecuencia intermedia. Para dicho propósito, cada módulo de recepción 32 se adapta para recibir en entrada una señal de radiofrecuencia RF_o proporcionada en la salida por el generador de señal 4. Debe recordarse que algunos de los componentes del módulo de recepción 32 pueden duplicarse para permitir el muestreo de la parte de fase y de la parte de cuadratura de la señal recibida por el elemento de antena 33.

Preferentemente, cada una de las columnas 31 o módulos de recepción 32 es un bloque físicamente independiente de los otros y se fija dentro de una estructura de soporte 37 de la antena receptora 30, por ejemplo de una forma de cono truncado tubular y por ejemplo hecha de fibra de carbono o aluminio. Dicha estructura de soporte 37 tiene ranuras por ejemplo, (previstas como aberturas pasantes en forma de ranuras) en cada una de las cuales se fija una respectiva columna 31 de módulos de recepción 32. De acuerdo con un modo de realización, la estructura de soporte 37 citada anteriormente se cubre con un radomo, no mostrado en las figuras, superpuesto y en contacto con la estructura de soporte 37 y que posiblemente está hecho de un material adecuado para actuar como un filtro de paso de banda para la porción de espectro de frecuencias de interés. Por ejemplo, el radomo está hecho de kevlar o fibra de vidrio.

En el caso en que las dos estructuras de soporte 27 y 37 estén superpuestas físicamente (es decir apiladas una encima de la otra) es posible proporcionar un solo radomo que cubra tanto la antena transmisora 20 como la antena receptora 30.

De acuerdo con un modo de realización, la antena transmisora 20 y la antena receptora 30 son dos estructuras separadas superpuestas coaxialmente. En el ejemplo particular mostrado en las figuras 2 y 3, la antena transmisora 20 y la antena receptora 30 forman juntas una estructura de forma de cono truncado continuo. Además, en el ejemplo particular no limitativo mostrado en las figuras 2 y 3, la antena transmisora 20 se superpone a la antena receptora 30.

De acuerdo con un modo de realización preferente, el número de módulos de recepción 32 de la antena receptora 30 es mayor que el número de módulos de transmisión activos 22 de la antena transmisora 20. Por ejemplo, la antena receptora 30 comprende doscientas columnas 31, cada una comprendiendo sesenta y cuatro módulos de recepción 32. En dicho ejemplo, la antena receptora comprende por tanto doce mil ochocientos módulos de recepción 32 (mientras que en el ejemplo descrito anteriormente, la antena transmisora 20 comprende mil seiscientos módulos de transmisión 22, el número de módulos de recepción 32 es por lo tanto igual a ocho veces el número de módulos de transmisión 22). También el número de módulos de recepción 32 en la misma columna 31 de la antena receptora 30 es preferentemente mayor que el número de módulos de transmisión 22 en la misma columna 21 de la antena transmisora 20.

De acuerdo con un modo de realización, la antena receptora 30 comprende para cada una de las columnas 31 de los módulos de recepción 32 una o más placas FPGA adaptadas para procesar la señal recibida por los elementos de receptor de antena 33 para proporcionar muestras digitales en salida. Por ejemplo, para cada columna 31 de sesenta y cuatro módulos de recepción 32, se proporcionan dieciséis placas FPGA, cada una de las cuales está interconectada operativamente a cuatro respectivos elementos de receptor de antena 33. También se puede proporcionar una columna de concentrador de datos adaptada para recopilar las muestras digitales suministradas en salida de todos los módulos de recepción 32 que pertenecen a la misma columna 31 y para concentrar dichas muestras en una o más señales.

El radar biestático 1 comprende además un bloque de formación de haz digital completo 3 adaptado para recibir en entrada y procesar numéricamente las muestras digitales suministradas en salida por la antena receptora 30. En particular, dicho bloque 3 comprende un procesador digital que recibiendo coeficientes ponderados W en la entrada se configura y adaptado para calcular diferentes combinaciones lineales ponderadas de las muestras digitales citadas anteriormente citadas en salida por la antena receptora 30. De acuerdo con un modo de realización en el que se proporcionan columnas de concentrador en la antena receptora 30 es posible proporcionar una conexión de fibra óptica entre las columnas de los concentradores y el bloque de formación de haz digital completo 3.

De acuerdo con un modo de realización, el radar biestático 1 comprende un procesador de señal 5 conectado operativamente al programador 2 y al bloque de formación de haz digital completo 3 y adaptado para proporcionar a este último los coeficientes ponderados W y recibir en entrada de este último las combinaciones lineales ponderadas calculadas. Cada combinación lineal corresponde a un haz de antena receptora y los coeficientes de ponderación se seleccionan preferentemente, así como para determinar el apuntamiento del haz de antena receptora, para crear

"orificios" de recepción en direcciones que tienen un alto nivel de perturbación ambiental. El número de impulsos y temporización en transmisión están programados por el bloque de programador 2 como una función de actividad de radar en progreso, que se actualiza automáticamente en función del procesamiento del procesador de señal 5.

- 5 Además del procesador de señal 5, es posible prever que el radar biestático 1 comprenda además un procesador de datos 6 conectado operativamente al procesador de señal 5 y una consola de comando y control 7 conectada operativamente al procesador de datos 6.

- 10 De acuerdo con un modo de realización, el bloque de formación de haz digital completo 3 es tal que procesa las muestras digitales numéricamente para la síntesis digital de una pluralidad de haces de recepción simultáneos e independientes.

- 15 Con referencia a las figuras 6 y 7, de acuerdo con un modo de realización, el bloque de programador de actividad de radar 2 se adapta para controlar la antena transmisora 20, la antena receptora 30 y el bloque de formación de haz digital completo 3 de acuerdo con un primer modo operativo en el que la antena transmisora 20 se controla de modo que la señal de salida de radiofrecuencia 40 (es decir, la señal irradiada) tenga N haces de transmisión direccionales 41, en el que N es un número entero mayor que o igual a uno y en el caso en que N sea mayor que uno, dichos haces 41 son simultáneos, es decir, irradiados simultáneamente.

- 20 La dirección de apuntamiento y la abertura de cada haz de transmisión direccional 41 son controlables en elevación y/o acimut por el bloque de programador de actividad de radar 2. En particular, cada haz de transmisión direccional 41, por ejemplo en forma de lápiz, se produce por una respectiva submatriz de columnas adyacentes 21 de módulos de transmisión activos 22 seleccionables electrónicamente y centrados en acimut con respecto a la dirección de apuntamiento del respectivo haz de transmisión direccional 41. Las submatrices citadas anteriormente de columnas adyacentes 21 no tienen columnas compartidas, es decir no se superponen.

- 30 En el ejemplo de la figura 6, la señal 40 irradiada por la antena transmisora 20 comprende cuatro haces direccionales simultáneos 41 (por lo tanto, $N = 4$), por ejemplo para realizar por medio del radar biestático 1 una vigilancia o seguimiento de uno o más objetivos de larga distancia (por ejemplo hasta distancias del orden de 80-100 km). Para obtener dicha señal irradiada la antena transmisora 20 se divide por ejemplo en cuatro submatrices de columnas 21 y cada una de dichas submatrices se dedica a la emisión de un respectivo haz direccional 41. En el caso en el que se realice una actividad de vigilancia de largo alcance, los haces de transmisión direccionales 41 giran en el plano acimutal, haciendo que las submatrices giren electrónicamente a fin de asegurar una monitorización de 360°. La exploración en acimut tiene lugar por medio de un control de fase de los módulos de transmisión 22, en particular por medio de los desfases 24.

- 40 En el ejemplo de la figura 7, la señal 40 irradiada por la antena transmisora 20 comprende diez haces direccionales simultáneos 41 (por lo tanto, $N = 10$), por ejemplo para realizar por medio del radar biestático 1 el seguimiento de varios objetivos simultáneamente a medio alcance (por ejemplo, hasta distancias del orden de 30-40 km).

- 45 En el primer modo operativo citado anteriormente la antena receptora 30 y el bloque de formación de haz digital completo 3 se controlan por el programador de actividad de radar 2 para producir para cada uno de dichos N haces de transmisión direccionales 41 una respectiva pluralidad de M haces receptores simultáneos, donde M es un número entero mayor que uno y menor o igual que el número de columnas 31 de módulos de recepción 32. En consecuencia el bloque de formación de haz digital completo 3 se configura para sintetizar simultáneamente $M \times N$ haces receptores.

- 50 De acuerdo con un modo de realización ventajoso, cada pluralidad de M haces receptores es tal que apunta en la dirección de un respectivo haz de transmisión direccional 41 y se produce por una o más respectivas submatrices de columnas 31 de módulos de recepción 32 seleccionables electrónicamente y centrados en acimut con respecto a la dirección de apuntamiento del respectivo haz de transmisión direccional 41. De esta forma, de forma ventajosa es posible evitar las pérdidas de exploración en el plano horizontal. Las submatrices de columnas 31 de módulos de recepción 32 citadas anteriormente también pueden tener columnas compartidas 31, es decir se pueden superponer parcialmente.

- 55 Debe observarse que en el primer modo operativo el radar biestático 1 se configura para realizar una actividad de vigilancia y seguimiento y el bloque de programador 2 se configura para controlar la antena transmisora 20, la antena receptora 30 y el bloque de formación de haz digital completo 3 a fin de explorar electrónicamente un sector a monitorizar por medio de dichos haces de recepción y transmisión direccionales 41, en el que la exploración acimutal se realiza por medio de la selección electrónica de dichas submatrices de columnas 21, 31 (tanto de módulos de transmisión como de recepción) mientras que la exploración en elevación se realiza por medio de un control de fase.

- 65 De acuerdo con un modo de realización adicional, el bloque de programador de actividad de radar 2 se adapta para controlar la antena transmisora 20, la antena receptora 30 y el bloque de formación de haz digital completo 3 de acuerdo con un segundo modo operativo, seleccionable de forma alternativa al primero. En el segundo modo

operativo, la antena transmisora 20 se controla de modo que la señal de salida de radiofrecuencia 40 tiene un diagrama de radiación desenfocado 43 que tiene una forma semiesférica o sustancialmente semiesférica por ejemplo como se muestra en la figura 8. En el ejemplo particular mostrado en la figura 8, el diagrama de radiación tiene una forma con cobertura en acimut de 360° y en una elevación de 70° y es definible en ese sentido como sustancialmente hemisférico (haz Ω).

En el segundo modo operativo, la antena receptora 30 se controla apuntando simultáneamente a una o más pluralidades de M haces de recepción a lo largo de una o más respectivas direcciones en las que se señala la presencia de un objetivo. De forma ventajosa, por tanto es posible realizar por medio del radar biestático 1 una actividad de seguimiento de múltiples objetivos simultáneamente a distancias cortas (por ejemplo hasta distancias de 10 km). En general es posible prever que en el segundo modo operativo el radar biestático 1 se configure para realizar:

- una actividad de perseguir un objetivo, o perseguir simultáneamente varios objetivos; y/o
- una actividad de guiar un arma a control remoto, o guiar simultáneamente varias armas a control remoto; y/o
- una actividad de dirigirse a un dispositivo de artillería, o dirigirse simultáneamente a varios dispositivos de artillería.

De acuerdo con un modo de realización, la transición entre el primer modo operativo y el segundo modo operativo y viceversa es gradual, por ejemplo desenfocando progresivamente los haces direccionales 41 como se muestra en la figura 7 hasta que se obtiene una señal transmitida que tiene un patrón de radiación del tipo que se muestra en la figura 8.

De forma alternativa o además del segundo modo operativo es posible proporcionar un modo operativo adicional en el que la señal transmitida tiene un patrón de radiación con un perfil de disco, con cobertura en acimut de 360° , amplitud de 5° - 10° y apuntamiento variable en elevación (haz $2n$). En este caso, los haces de recepción que apuntan a lo largo de todas las direcciones a fin de cubrir completamente la señal transmitida se sintetizan en recepción por medio del bloque de formación de haz digital.

En todos los modos operativos descritos anteriormente es posible almacenar la señal de eco de radar en forma digital y procesarla usando el bloque de formación de haz digital completo 3 en un tiempo diferido.

Esto hace posible reducir el número de canales de recepción, que en el caso del procesamiento en tiempo real debe ser igual al número de haces de recepción, ya que cada canal puede procesar secuencialmente varios haces de recepción con diferente apuntamiento, obtenidos en tiempo diferido por el bloque de formación de haz digital 3 que procesa el eco de radar almacenado. Dado que no se requiere transmisión de potencia durante el procesamiento diferido en este caso también se obtiene una reducción del ciclo de trabajo de la señal transmitida. Obviamente este modo operativo determina un aumento en el tiempo de actualización de los datos del radar, y por tanto puede aplicarse cuando este parámetro no sea relevante para las operaciones del radar o cuando sea esencial minimizar el tiempo de transmisión para reducir la interceptación del radar.

Con referencia al ejemplo mostrado en la figura 10 es posible integrar uno o más radares biestáticos descritos anteriormente en un mástil de barco 50. El mástil de barco 50, o al menos una porción del mismo, se instala preferentemente en una plataforma estabilizada mecánicamente.

En el ejemplo mostrado en la figura 10, el mástil de barco tiene una antena de ESM (medida de vigilancia electrónica) en la parte superior. Debajo de esto el mástil de barco 50 comprende una antena transmisora 20 y una antena receptora 30 del radar biestático 1 descrito anteriormente, por ejemplo que operan a una frecuencia de 10 GHz.

De acuerdo con un modo de realización, el mástil de barco 50 comprende además una antena transmisora de cono truncado 20a adicional similar a la antena transmisora 20 descrita anteriormente y que es por ejemplo una antena ECM (contramedida electrónica) que opera en la banda de 2-18 GHz.

De acuerdo con un modo de realización, el mástil de barco 50 comprende además una antena transmisora de cono truncado 20b adicional similar a la antena transmisora 20 descrita anteriormente y que es por ejemplo una antena doble adaptada para llevar a cabo tanto la función de antena transmisora de un radar de largo alcance (por ejemplo que opera a una frecuencia de 1,3 GHz) y la función de una antena transmisora de un sistema IFF (identificación amigo-enemigo), por ejemplo, que opera a una frecuencia de 1,06 GHz. En dicho modo de realización, el mástil de barco 50 comprende además:

- una antena receptora de cono truncado 30a adicional similar a la antena receptora 30 descrita anteriormente y que es por ejemplo la antena receptora del radar de largo alcance mencionado anteriormente que comprende la antena transmisora 20b; y

- una antena receptora de cono truncado 30b adicional similar a la antena receptora 30 descrita anteriormente y que es por ejemplo la antena receptora del sistema IFF mencionado anteriormente que comprende la antena transmisora 20b.

- 5 En la base del mástil de barco 50 puede proporcionarse una sala de control para alojar la consola de comando y control 7 del diagrama de bloques de la figura 1, y posiblemente otro equipo de hardware/software adaptado para procesar las señales conectadas con la operación de las antenas de transmisión y recepción descritas anteriormente.
- 10 Con referencia a la figura 11, debe observarse que un radar biestático 1 del tipo descrito anteriormente puede instalarse a bordo de un vehículo terrestre 60, por ejemplo encima de un árbol telescópico 61. En el ejemplo particular mostrado, el vehículo terrestre 60 mencionado anteriormente es un camión equipado con un contenedor habitable que aloja la consola de comando y control 7 del diagrama de bloques de la figura 1, y posiblemente otro equipo de hardware/software adaptado para procesar las señales conectadas con la operación del radar biestático 1.
- 15 A partir de la descripción anterior es evidente cómo un radar biestático del tipo descrito anteriormente hace posible lograr los propósitos mencionados anteriormente con referencia al estado de la técnica anterior.
- 20 Sin perjuicio del principio de la invención, los modos de realización y detalles de construcción pueden variar ampliamente con respecto a lo que se ha descrito e ilustrado puramente a modo de ejemplo no limitativo, sin por ello salir del alcance de la invención como se define en las reivindicaciones adjuntas.

REIVINDICACIONES

1. Radar biestático (1) que comprende:

- 5 - una antena transmisora activa de matriz en fase (20), adaptada para irradiar una señal de salida de radiofrecuencia (40) y que comprende una matriz de cono cilíndrico o cónico o truncado de columnas (21) de módulos de transmisión activos (22);
- una antena receptora (30) que comprende una matriz de cono truncado de columnas (31) de módulos de recepción (32) dirigidos a lo largo de la generatriz de un cono truncado, comprendiendo cada módulo de recepción (32) en cascada un elemento de receptor de antena (33), un amplificador analógico (34) y un convertidor de analógico a digital (36) adaptado para producir muestras digitales en salida; y
- 10 - un bloque de formación de haz digital completo (3) adaptado para recibir en entrada y procesar numéricamente dichas muestras digitales.

2. Radar biestático (1) de acuerdo con la reivindicación 1, en el que el bloque de formación de haz digital completo (3) es tal que procesa dichas muestras digitales numéricamente para la síntesis digital de una pluralidad de haces de recepción simultáneos e independientes.

20 3. Radar biestático (1) de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende un bloque de programador de actividad de radar (2) adaptado para controlar la antena transmisora (20), la antena receptora (30) y el bloque de formación de haz digital completo (3) de acuerdo a un primer modo operativo en el que:

- 25 - la antena transmisora (20) está controlada para que la señal de salida de radiofrecuencia (40) tenga N haces de transmisión direccionales (41), en el que N es un número entero mayor que o igual a uno y en el caso en que N sea mayor que uno, dichos rayos (41) son simultáneos, siendo controlable la dirección de apuntamiento y la abertura de cada haz (41) en elevación y/o acimut por el bloque de programador (2), en el que cada haz de transmisión direccional (41) está producido por una respectiva submatriz de columnas adyacentes (21) de módulos de transmisión (22) seleccionables electrónicamente y centrados en acimut en relación con la dirección de apuntamiento del respectivo haz de transmisión direccional (41); y
- 30 - la antena receptora (30) y el bloque de formación de haz digital completo (3) están controlados para producir para cada uno de dichos N haces de transmisión direccionales (41) una respectiva pluralidad de M haces de recepción simultáneos, en el que M es un número entero mayor que uno y menor o igual que el número de columnas (31) de módulos de recepción (32).

4. Radar biestático (1) de acuerdo con la reivindicación 3, en el que cada pluralidad de M haces de recepción:

- 40 - es tal que apunta en la dirección del respectivo haz de transmisión direccional (41);
- está producida por una o más respectivas submatrices de columnas (31) de módulos de recepción (32) seleccionables electrónicamente y centrados en acimut en relación con la dirección de apuntamiento del respectivo haz de transmisión direccional (41).

45 5. Radar biestático (1) de acuerdo con las reivindicaciones 3 o 4, en el que el bloque de programador de actividad de radar (2) también está adaptado para controlar la antena transmisora (20), la antena receptora (30) y el bloque de formación de haz digital completo (3) de acuerdo con un segundo modo operativo, seleccionable de forma alternativa al primero, en el que:

- 50 - la antena transmisora (20) está controlada de modo que la señal de salida de radiofrecuencia (40) tiene un diagrama de radiación desenfocado (43) que tiene una forma semiesférica o sustancialmente semiesférica; y
- la antena receptora (30) está controlada simultáneamente apuntando a una o más pluralidades de M haces de recepción a lo largo de una o más respectivas direcciones en las que está señalada la presencia de un objetivo.

6. Radar biestático (1) de acuerdo con la reivindicación 3, en el que en el primer modo operativo el radar (1) está configurado para realizar una actividad de vigilancia y seguimiento en el que el bloque de programador (2) está configurado para controlar la antena transmisora (20), la antena receptora (30) y el bloque de formación de haz digital completo (3) a fin de explorar electrónicamente un sector a monitorizar por medio de dichos haces de transmisión y recepción direccionales, en el que la exploración acimutal está realizada por medio de la selección electrónica de dichas submatrices de columnas y la exploración en elevación está realizada por medio de un control de fase.

65 7. Radar biestático (1) de acuerdo con la reivindicación 5, en el que, en el segundo modo operativo, el radar biestático (1) está configurado para realizar:

- una actividad de perseguir un objetivo, o perseguir simultáneamente varios objetivos; y/o
 - una actividad de guiar un arma a control remoto, o guiar simultáneamente varias armas a control remoto; y/o
- 5
- una actividad de dirigirse a un dispositivo de artillería; o dirigirse simultáneamente a varios dispositivos de artillería.
- 10
8. Radar biestático (1) de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 3 a 7, en el que cada módulo de transmisión (22) comprende en cascada: una entrada adaptada para recibir una señal de radiofrecuencia modulada (RF_t) a transmitir, un desfasador (24) adaptado para desfasar dicha señal modulada (RF_t) un amplificador de potencia (25) y un elemento de antena (23), en el que el desfasador (24) está adaptado para recibir en entrada una señal de control digital proporcionada en salida por dicho bloque de programador (2) para controlar el desfase introducido en dicha señal modulada en frecuencia de radio (RF_t).
- 15
9. Radar biestático (1) de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la antena transmisora (20) tiene una forma de cono truncado y en el que las columnas (21) de módulos de transmisión (22) están dirigidas a lo largo de la generatriz de dicho cono truncado.
- 20
10. Radar (1) biestático de acuerdo con la reivindicación 9, en el que la antena transmisora (20) y la antena receptora (30) están superpuestas coaxialmente.
11. Radar biestático (1) de acuerdo con la reivindicación 10, en el que la antena transmisora (20) y la antena receptora (30) forman juntas una estructura de forma de cono truncado.
- 25
12. Radar biestático (1) de acuerdo con la reivindicación 1, en el que dicho cono truncado tiene un ángulo de abertura sólido (α) comprendido entre 10° y 60° extremos incluidos.
- 30
13. Radar biestático (1) de acuerdo con la reivindicación 12, en el que dicho cono truncado tiene un ángulo de abertura sólido (α) igual a, o aproximadamente igual a, 30° .
14. Radar biestático (1) de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el número de módulos de recepción (32) es mayor que el número de módulos de transmisión (22).
- 35
15. Mástil de barco (50) que comprende al menos un radar biestático (1) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores.
16. Barco militar que comprende al menos un radar biestático (1) de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 14, o un mástil de barco (50) de acuerdo con la reivindicación 15.
- 40
17. Vehículo terrestre (60) que comprende al menos un radar biestático (1) de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 14.

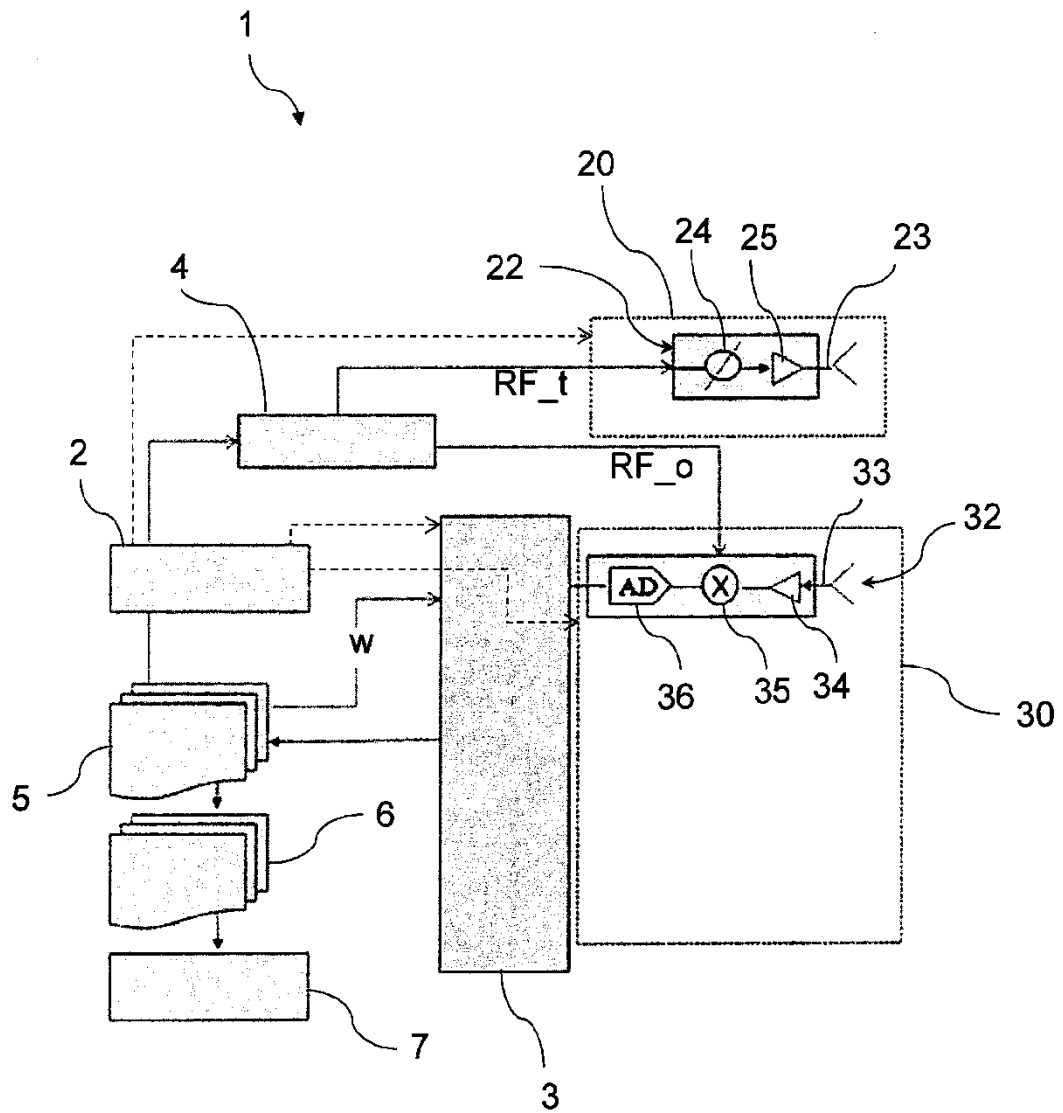


FIG. 1

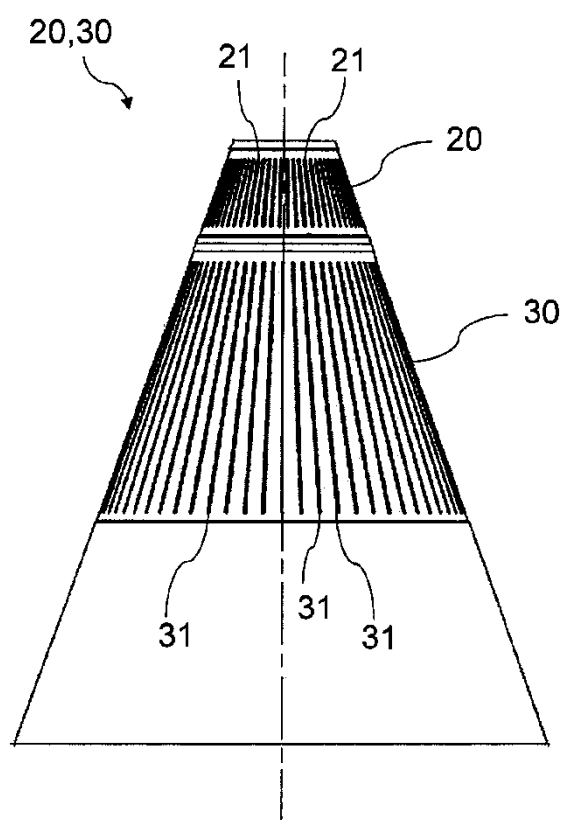


FIG. 2

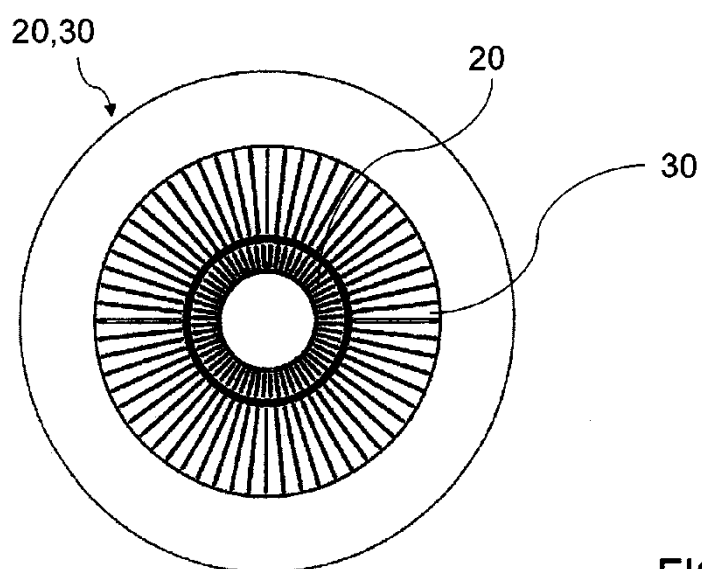


FIG. 3

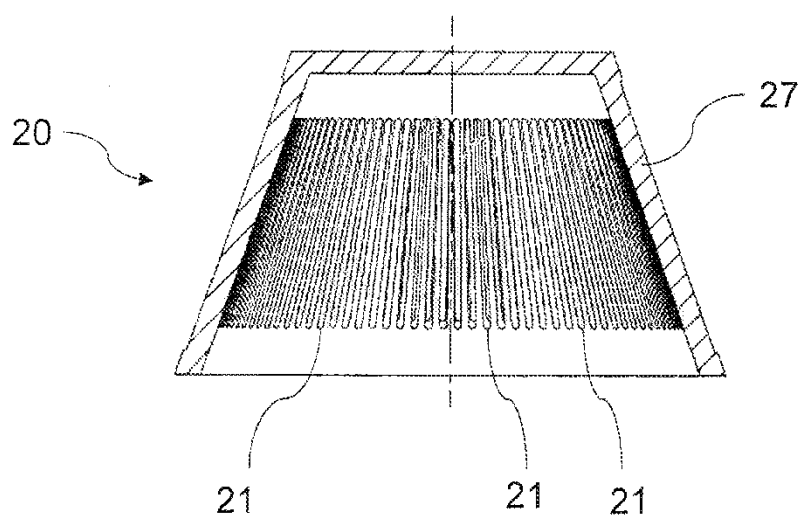


FIG. 4

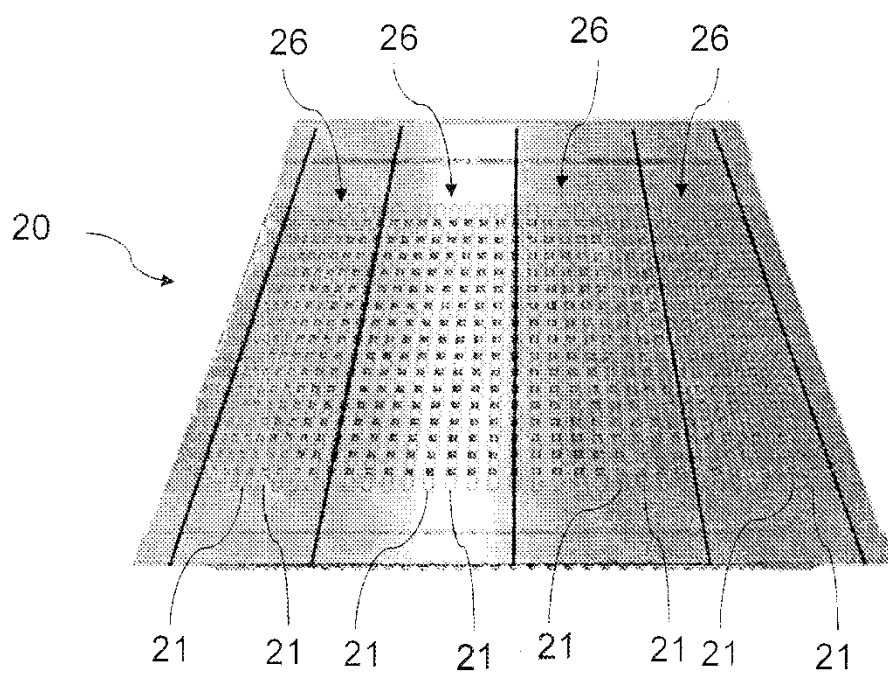


FIG. 5

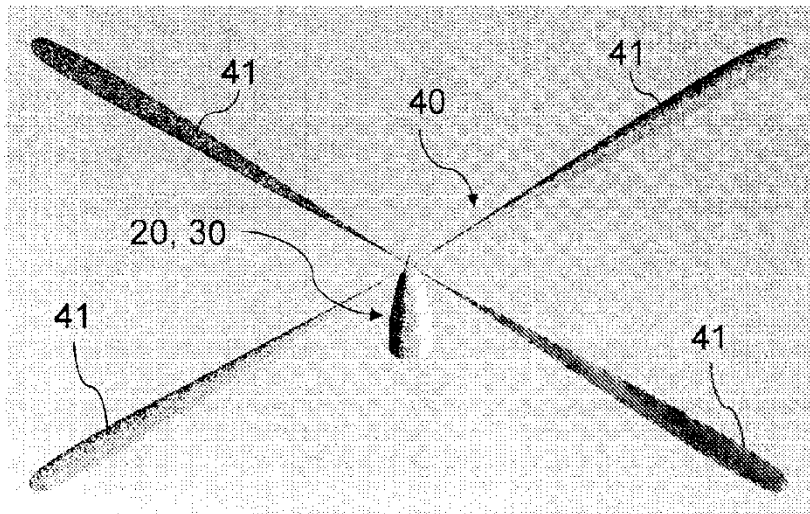


FIG. 6

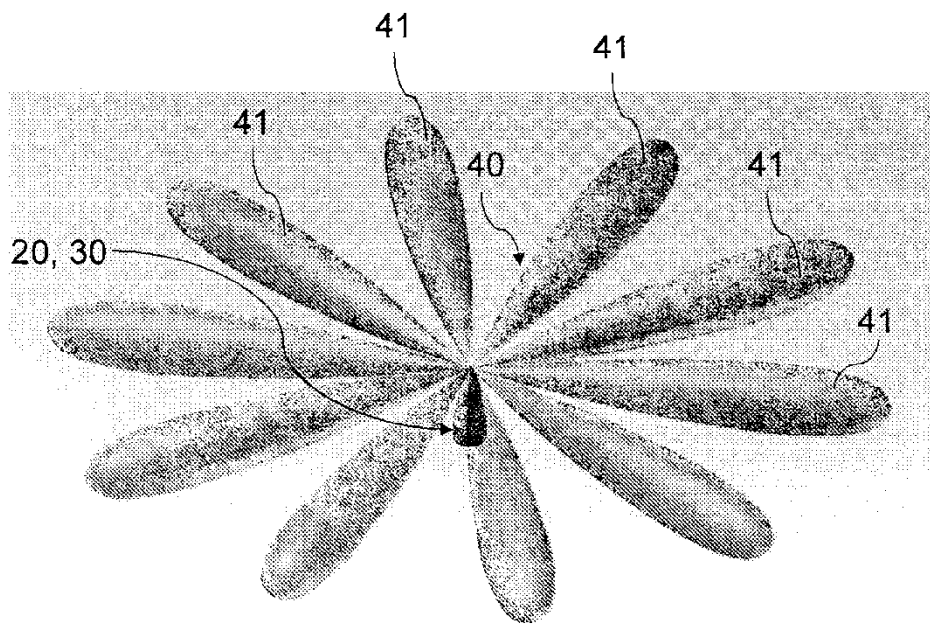


FIG. 7

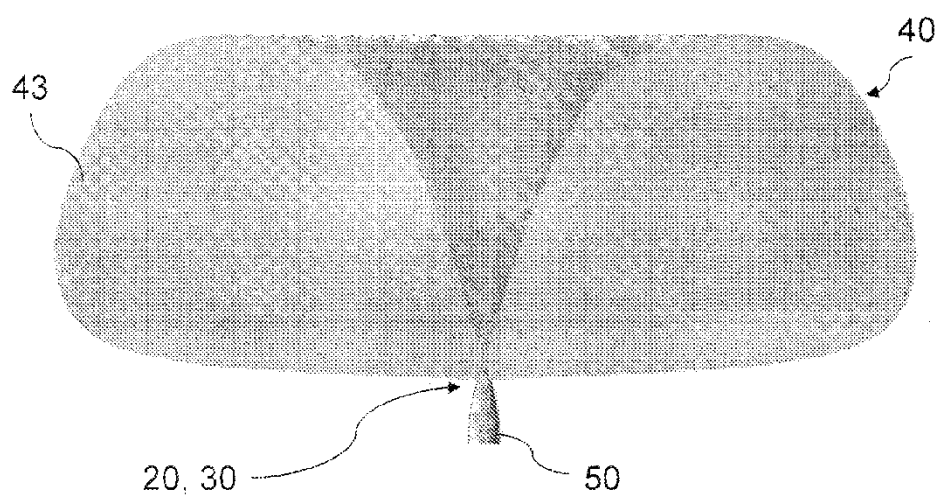


FIG. 8

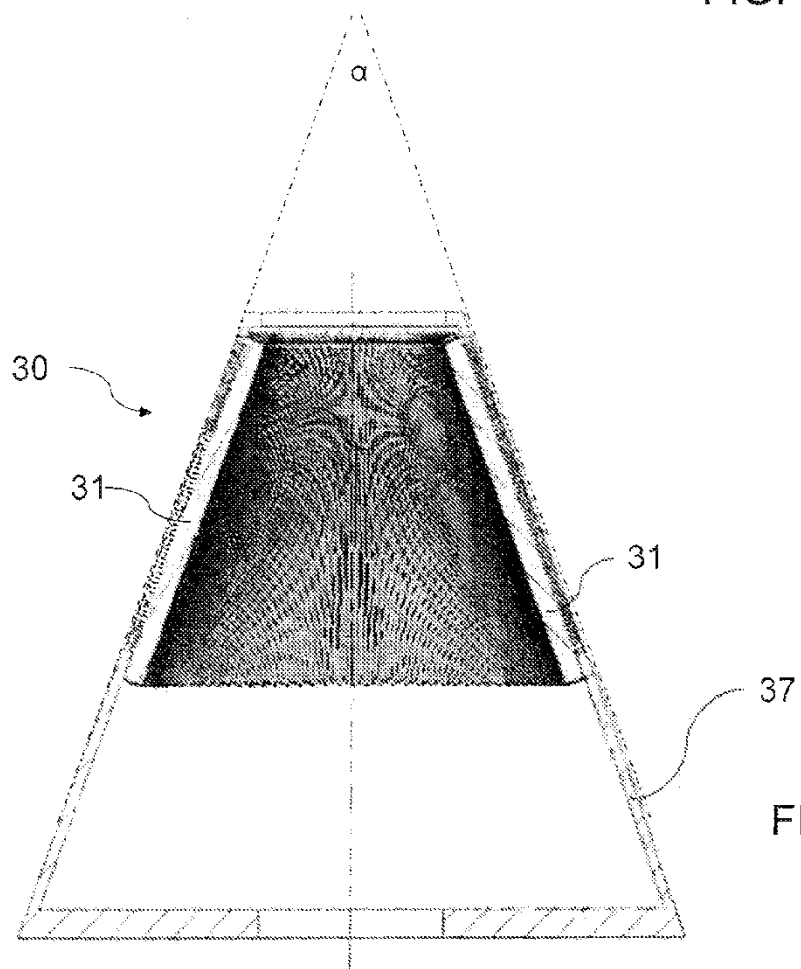


FIG. 9

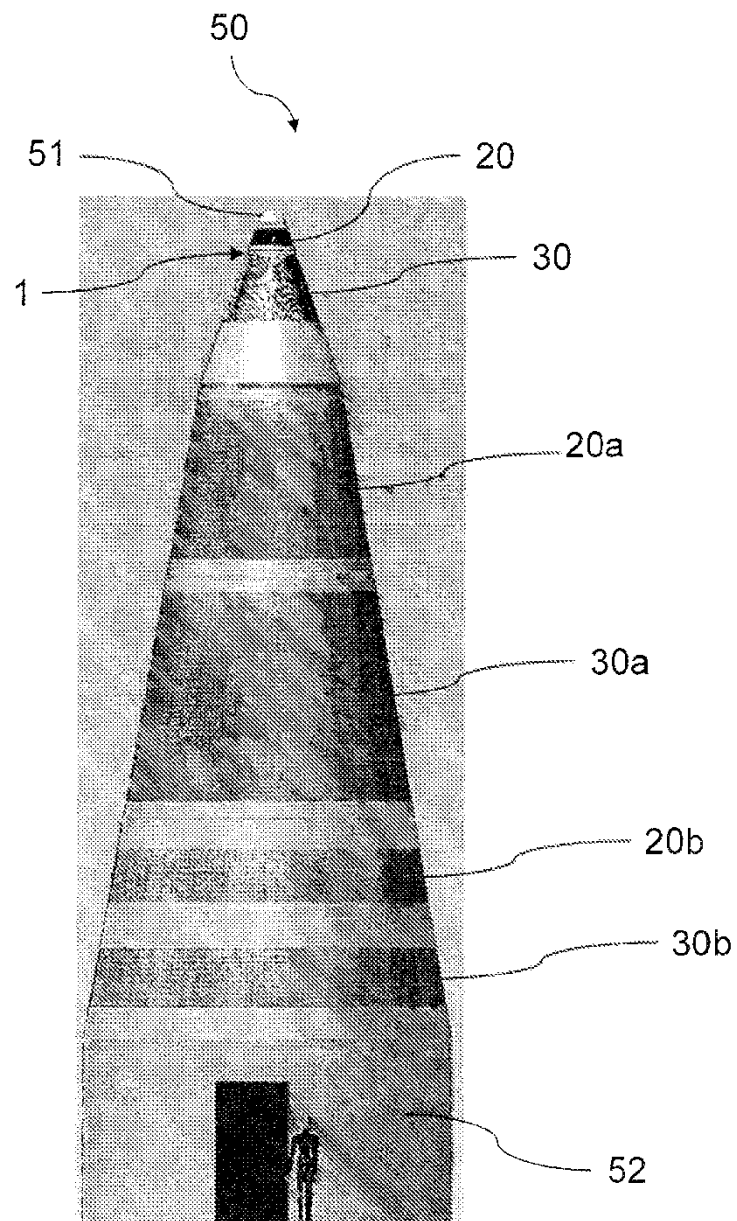


FIG. 10

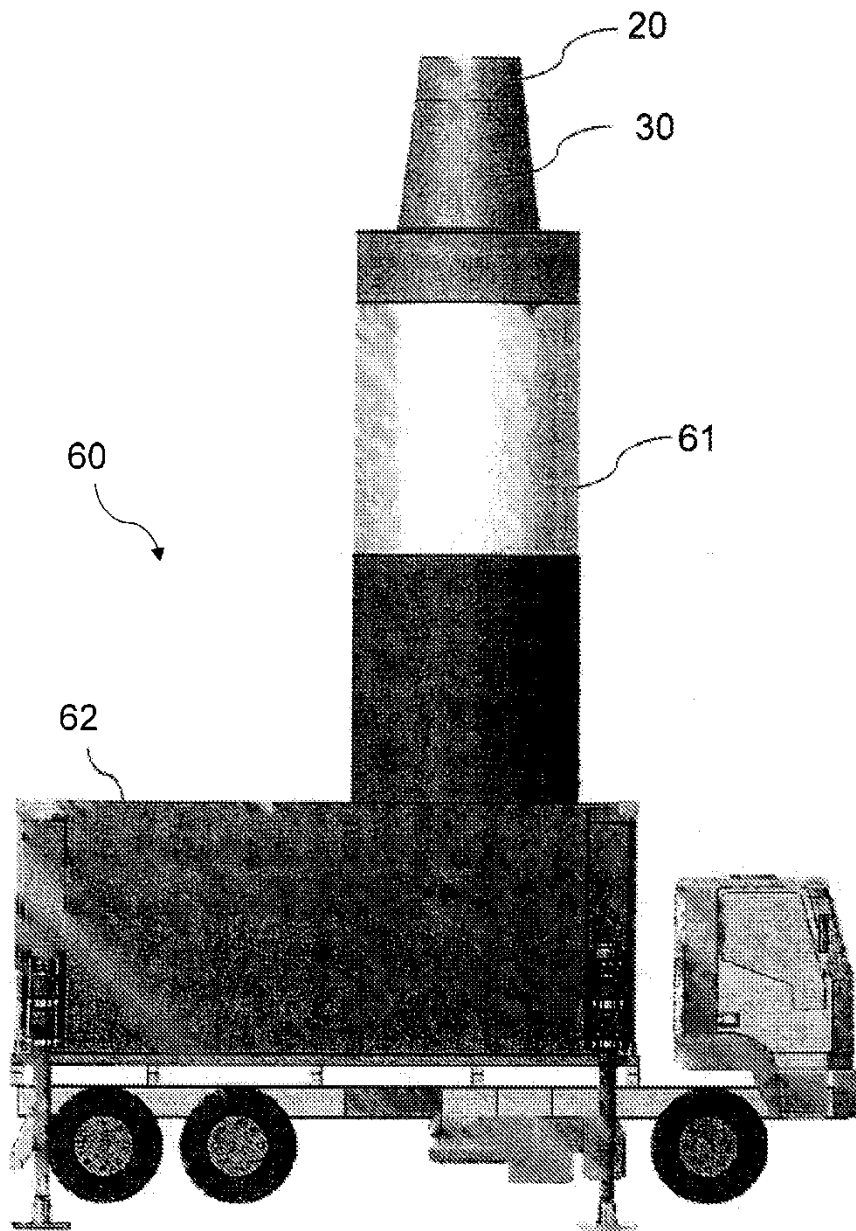


FIG. 11