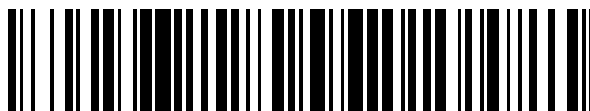


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 747 849**

51 Int. Cl.:

G01S 13/78 (2006.01)

H01Q 3/24 (2006.01)

H01Q 3/26 (2006.01)

H01Q 21/20 (2006.01)

H01Q 25/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **08.03.2016** **E 16000555 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **26.06.2019** **EP 3217188**

54 Título: **Radar secundario con supresión de lóbulos secundarios así como método para el funcionamiento del mismo**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
11.03.2020

73 Titular/es:

HENSOLDT SENSORS GMBH (100.0%)
Willy-Messerschmitt-Straße 3
82024 Taufkirchen, DE

72 Inventor/es:

HOFFMANN, GEBHARD

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 747 849 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 secundario con supresión de lóbulos secundarios así como método para el funcionamiento del mismo

La invención se refiere a un radar secundario con supresión de lóbulos laterales para la identificación de objetivos propios y extraños, en especial para evitar una representación de objetivos falsa así como un método para el funcionamiento de dicho radar.

Los sistemas de radar secundarios están ampliamente extendidos en la navegación aeronáutica, utilizándose para un control riguroso del tráfico aéreo. Asimismo, se recomiendan especialmente para esa posibilidad de identificación regiones de elevada densidad de tráfico como, por ejemplo, en la proximidad de los aeropuertos.

Al contrario que en los radares primarios, que operan con los reflejos del objetivo, se entiende por un radar secundario un radar que opera con objetivos activos y que por tanto puede operar con una potencia más menor. Además, el radar secundario se emplea para la identificación de objetivos y se utiliza en la mayoría de los casos en combinación con un radar primario. El radar secundario emite una señal de interrogación (por lo general a 1030 MHz), que es devuelta o sea contestada activamente por el transpondedor con una respuesta (a 1090 MHz). La respuesta puede contener una modulación característica o un paquete de datos con lo cual la respuesta puede contener informaciones adicionales como altura de vuelo o identificación (IFF) de amigo-enemigo en función de la región de empleo utilizada. Las informaciones adicionales se diferencian en cuanto a su utilización, diferenciándose sobre todo entre el funcionamiento militar y civil.

Resulta problemático en los radares secundarios el hecho de que objetivos, que se encuentran en la proximidad de la antena, no sólo sean interrogados por el lóbulo principal de la antena direccional, sino también por los lóbulos secundarios. Por ello se origina una respuesta del transpondedor por los dos lóbulos a la señal de interrogación. Eso da lugar a que ya no se puedan señalar inequívocamente los objetivos, pudiendo aparecer diferentes objetivos bajo ángulos azimutales falsos a las mismas distancias. En el peor de los casos, aparece un "ring round", es decir un círculo lleno en el aparato indicador, lo que no permite en absoluto una identificación del objetivo.

Honold, Peter: Sekundär-Radar, Grundlagen und Gerätetechnik (Radar secundario, Fundamentos y Técnica de Aparatos), Siemens Aktiengesellschaft, Berlin/München 1971 describe los fundamentos del radar secundario así como la problemática de los lóbulos secundarios. Una posibilidad para la supresión de lóbulos secundarios (Side Lobe Supression SLS) es la llamada supresión de de lóbulos secundarios en el camino de la interrogación (Interrogation Path Side Lobe Supression ISLS). Al mismo tiempo, se utiliza una segunda antena, emitiéndose como señal de control un impulso regulador junto a la señal de interrogación de una antena direccional. De ese modo, el transpondedor puede proporcionar mediante una comparación de nivel si la señal de interrogación ha de asignar al lóbulo principal o al secundario.

Una realización especial del método ISLS, que es propuesto por la Autoridad de Tráfico Aéreo Internacional ICAO (International Civil Aviation Organization) es, por ejemplo, el método de 3 impulsos, en el que los impulsos se radian de modo temporalmente consecutivo por las dos antenas. Se emiten además dos impulsos P_1 , P_3 de interrogación, mientras que un impulso P_2 regulador propio (que queda cronológicamente $2 \mu s$ tras el primer impulso P_1) es radiado por una antena de característica omnidireccional aproximada. Además, se suministran los impulsos P_1 , P_2 , P_3 por el mismo emisor, utilizándose un conmutador HF de potencia rápido.

El reconocimiento de interrogaciones de lóbulos secundarios tiene lugar mediante una comparación de niveles, o sea, una comparación de amplitudes de los impulsos de interrogación y del impulso de referencia (es decir, el nivel de la señal de control) en el transpondedor del objetivo, caracterizándose los lóbulos secundarios por que se reciben con menor potencia que el impulso regulador. Tiene lugar, por tanto, una verificación en cuanto a si la interrogación resulta del lóbulo principal o de los lóbulos secundarios. Con ello, se emite una respuesta sólo en el caso de interrogaciones de lóbulos principales.

Los diversos estándares de interrogación se determinan por el ICAO, mereciéndose mencionar aquí sobre todo el estándar Mark X (con el relevante modo A/C así como militarmente el modo 1/2 e IFF) así como el modo estándar Mark XII (modo S). El modo S (modo Selectivo) se introdujo como nuevo estándar para hacer frente al tráfico aéreo enormemente incrementado, que ya había sobrepasado el límite de capacidad del modo existente. Además se pudo ampliar con la introducción del modo S la capacidad de información limitada hasta el momento de las señales. Por tanto, es posible, junto con la información total (interrogación de todos los transpondedores existente en la zona), llevar a cabo una interrogación selectiva (basada en una identificación individual) de la mano de de conocimientos particulares, así como transmitir informaciones adicionales con la señal de respuesta. Eso es especialmente importante para reducir a la menor medida posible la cantidad de respuestas de los transpondedores, posibilitándose eso con la interrogación/respuesta codificada por impulsos.

En el modo S, se aprovecha adicionalmente, para el método de modulación de impulsos, una modulación DPSK (Differential Phase Shift Keying), según saltos de fase de 180° , para la interrogación selectiva por parte del emisor, en un impulso P_6 de datos más largo. La supresión de lóbulos secundarios funciona en el modo S de tal modo que un salto de fases fijo, que se emplea para la sincronización, se cubra por un impulso P_5 emitido por la antena de radiación omnidireccional (señal de control), en tanto que el transpondedor del objetivo se encuentre fuera del lóbulo

principal. Después de que se haya aprovechado aquí una cobertura de los impulsos P5 y P6, debe tener lugar forzosamente una emisión simultánea en las antenas P1, P2 y P6 direccionales y en la antena P5 de radiación omnidireccional. Por tanto, el empleo del modo S requiere dos amplificadores de emisión separados en comparación con los modos más antiguos.

5 El radar secundario se aplica principalmente para vigilancia aérea, por ejemplo, en el área de los campos de aviación, puestos de control para seguridad del tráfico aéreo, etc. Para describir un ejemplo, que se haya concebido para el control de tráfico aéreo, se podría mencionar el ASR-NG® Next Generation Airpor Surveillance Radar (Radar de Vigilancia de Aeropuertos ASR-NG® de próxima generación) de la firma Airbus Defence and Space GMBH, Ottobrunn, Alemania. La característica de estos radares de vigilancia es la necesidad de un mecanismo de rotación para la cobertura de todo el azimut de 0 a 360°, componiéndose nuevamente el radar secundario de dos antenas separadas (antenas direccional y de control) para conseguir una supresión de lóbulos secundarios en el camino de la interrogación. La alimentación de ambas antenas tiene lugar a base de la capacidad del modo S de dos emisores creados a medida.

10 Inconvenientes de esta forma del radar secundario son la necesidad de un mecanismo rotativo para hacer la cobertura de todo el azimut así como el empleo de una antena adicional para suprimir lóbulos secundarios, lo que aumenta el gasto total y el tamaño de la construcción de la antena.

15 El documento JP2011-176512 publica un dispositivo de antenas de grupo más conocidas cilíndricamente activas controladas por fases, que está en disposición de suprimir con efectividad un lóbulo secundario en un radar de vigilancia secundario. El documento EP 29112401 publica un sistema de interrogación conocido más para la identificación de amigo/enemigo empleando un elemento de antena dispuesto semicilíndricamente para cubrir una zona angular fija.

Es problema de la invención crear un radar secundario con supresión de lóbulos secundarios económico y compacto

Se resuelve este problema por medio del radar secundario según la reivindicación 1. Realizaciones ventajosas de la invención así como un método de operación para un radar semejante son objeto de reivindicaciones adicionales.

25 El radar secundario con supresión de lóbulos secundarios para evitar una representación de objetivo falsa comprende según la invención:

30 Un primer grupo de elementos radiantes, cuya superposición genera una característica direccional electrónicamente pivotante (en el sentido de la formación electrónica de radiación) para la emisión de una señal de interrogación. Un segundo grupo de elementos radiantes, cuya superposición genera una señal de control (por ejemplo, un impulso regulador como el descrito en la introducción de la descripción) para la supresión de lóbulos secundarios.

Además, los elementos radiantes de los grupos primero y segundo de la misma antena de alineamiento en fase y la asignación de los distintos elementos radiantes al primero o segundo grupos se modifican continuamente mediante un dispositivo de control y depende de la dirección visual instantánea del radar secundario, en el que se ha de emitir la señal de interrogación.

35 En otras palabras, un elemento radiante experimenta, en función del tiempo mediante un dispositivo de control, la asignación funcional individual y por tanto la alimentación de señal correspondiente e irradia bien sea una señal para la formación de la señal de interrogación dirigida (con la correspondiente dirección en función del tiempo) o una señal para la formación de la señal de control más omnidireccional posible, dependiendo la asignación de la dirección visual instantánea del radar secundario. Tiene lugar un cambio, dependiente del tiempo del tiempo, en la alimentación de señales para cada elemento radiante para poder alimentar el tipo de señal actualmente necesario de cada elemento radiante.

40 En una configuración ventajosa, el radar secundario se ajusta para operar en por lo menos uno de los modos de interrogación Mark X o Mark XII. En una realización especial más, puede tener lugar el funcionamiento en modo S. De manera especialmente ventajosa, se dispone el radar secundario de modo que las señales de interrogación y control puedan irradiarse simultáneamente. Con ello es posible conseguir una supresión de lóbulos secundarios para evitar respuestas de transpondedor en modo S durante el funcionamiento.

En una realización ventajosa del radar secundario, se disponen los elementos radiantes en la antena de tal modo que se puedan cubrir ángulos azimutales discretos en el campo de 0° a 360°.

45 La cobertura de todo el campo corresponde a una antena de 360°. La disposición de los elementos radiantes tiene lugar ventajosamente de forma circular o en comparación con otras disposiciones, por ejemplo, en óvalos, polígonos, etc. Con ello se evita la utilización de un bastidor o una estructura de antena rotativos, con lo que resulta una simplificación de la estructura de la antena, que no presenta piezas mecánicamente rotativas y una disminución del gasto de mantenimiento.

55 En una realización especial, puede existir una cobertura parcial del campo azimutal, la cual se consigue por una disposición adecuada de los elementos radiantes. Alternativamente, también se puede conseguir una cobertura

parcial semejante mediante una supresión electrónica de un campo azimutal (por ejemplo, de la posible cobertura de 0° a 360°, se controla vigila solamente una zona de 0° a 270° en el marco del pivotamiento radiante).

5 Por tanto, se puede cubrir en el marco del pivotamiento radiante electrónico todo el azimut, donde a diferencia de un radar secundario, que se basa en una rotación mecánica de la antena, puede tener lugar ventajosamente un cambio/salto discrecional entre distintos ángulos azimutales.

10 En una versión ventajosa de la invención, se realiza la antena de alineamiento en fase como una antena de alineamiento en fase activa (también conocida con el nombre de active Electronically Scanned Array, Antenne AESA - antena activa de alineamiento AESA escaneada electrónicamente), realizándose ventajosamente los elementos radiantes como módulos transmisores-receptores (TRM) y, por tanto, pudiéndose activar individualmente en fase y amplitud.

15 Además, es especialmente posible estructurar la antena del radar secundario de elementos TRM radiantes idénticos. Eso simplifica la estructura precedente, que se caracterizaba por el empleo de antenas separadas y elementos radiantes diferentes. Por consiguiente, se consigue mediante el empleo según la invención de una antena de alineamiento en fase un diseño/forma constructiva compactos, que se consigue por la reducción/supresión de las antenas de control separadas. Además se aumenta la disponibilidad del radar secundario, utilizando la antena de alineamiento en fase y se disminuye o bien se simplifica considerablemente el gasto de mantenimiento evitando una rotación mecánica de antena.

20 A continuación, junto con el radar secundario, se reivindica también el método para operar un radar secundario semejante con supresión de lóbulos secundarios, generándose con la superposición de un primer grupo de elementos radiantes una característica direccional electrónicamente pivotante para la emisión de una señal de interrogación, y por la superposición de un segundo grupo de de elementos radiantes se genera una señal de control para la supresión de lóbulos secundarios. Según la invención, se facilitan los elementos radiantes de los grupos primero y segundo en una antena de alineamiento en fase común, y la asignación de los distintos elementos radiantes a los grupos primero y segundo se modifica sucesivamente y es función de la dirección visual instantánea del radar secundario, en el que se ha emitido la señal de interrogación.

25 En una variante ventajosa, se lleva a cabo una operación en al menos uno de los modos de interrogación Mark X o Mark XII. En una realización ventajosa más del método, se opera el radar en modo S.

Ventajosamente se radian simultáneamente la señal de interrogación y la señal de control.

30 La invención se explica más detalladamente a base de un ejemplo de realización concreto con referencia a las figuras 1 a 5.

Lo muestran las figuras:

Figura 1 un esquema del principio para la estructura del radar secundario según la invención;

35 Figura 2 una realización de la antena del radar secundario según la invención con un ejemplo del agrupamiento de los distintos elementos radiantes con dirección de radiación prefijada (ángulo α azimut) de la señal de interrogación;

Figura 3 detalle de la antena según la figura 2 con asignación al primer grupo con dirección de radiación prefijada;

Figura 4 una representación de las características direccionales de los grupos primero y segundo de los elementos radiantes de una antena del radar secundario según la invención; y

40 Figura 5 el radar secundario según la invención con la realización de la antena de la figura 4 en la aplicación a la exploración del espacio aéreo, representado en dos diferentes instantes.

45 La figura 1 muestra una representación esquemática de un radar secundario según la invención con supresión de lóbulos secundarios. Al mismo tiempo, se reconoce la antena 1 de alineamiento en fase con un gran número de elementos 3 radiantes de $S = 1, 2, 3, \dots, n$, de un dispositivo de control/aparato CU de control y dos fuentes SG1, SG2 de señales. Para la generación simultánea de señal de interrogación y señal de control, se han dividido los elementos 3 radiantes en dos grupos (no representados en esta representación de principios). En el ejemplo mostrado, se realiza la generación de los dos tipos de señales necesarios para la generación de la señal de interrogación y la señal de control por dos fuentes SG1, SG2 de señales diferentes. Al mismo tiempo, se ha previsto respectivamente para cada grupo de los elementos 3 radiantes una fuente SG; SG2 de señales central común para la alimentación. En otra de las realizaciones descentralizadas, no representada, se han previsto para cada uno de los elementos 3 radiantes dos fuentes de señales respectivamente. Tanto para la realización centralizada como para la descentralizada, se conmuta, en la operación del radar, sucesivamente y en función de la dirección de radiación a realizar de la señal de interrogación, entre las dos fuentes SG1, SG2 de señales asociadas a un elemento 3 radiante, efectuándose ventajosamente la conmutación correspondiente por el dispositivo CU de mando. En la realización de la figura 1, se han previsto conmutadores UM separados en base a un abastecimiento central de

señales. Pudiendo producirse la asignación modificada de las señales con otras realizaciones conocidas por el especialista, por ejemplo, por integración en otros componentes (aparato de mando, módulos TRM) o disposiciones conmutadoras en el sentido de la invención.

5 En otra realización descentralizada, no mostrada, también es posible arreglarse con una única fuente de señales por elemento 3 radiante, siempre que esté en disposición, por ejemplo, con ayuda de un modulador adicional, de generar los dos tipos de señales. En una realización semejante, una conmutación entre la generación de la señal de interrogación y la señal de control debe provocarse en la operación de las distintas fuentes de señales. Para una realización descentralizada se adecua especialmente la realización como antena AESA.

10 Los conmutadores UM pueden realizarse en el sentido de un único conmutador/filtro de banda o en otra disposición/bloque de conmutación de conmutador para unir con una pista de señal mecánicamente, electrónicamente o de otra forma conocida por el especialista, que posibilite una alimentación variable de los elementos 3 radiantes por la asignación de los elementos 3 radiantes a uno de los dos grupos 10, 20 mediante el dispositivo CU de control.

15 Además, el aparato de radar secundario según la invención contiene todos los componentes adicionales electrónicos/mecánicos conocidos por el especialista, que sean necesarios para la operación, la generación de señales y para la formación de radiación electrónica. Éstos son, por ejemplo, modificadores de fase, convertidores A/D, receptores, procesadores, etc. En la realización según la figura 1, se ha previsto adicionalmente un aparato SC de entrada/salida, que presenta a su vez una interfaz de usuario gráfica correspondiente y medios de introducción, por ejemplo, teclado, ratón, etc.

20 A continuación, se explica la invención en forma de ejemplo a base de una disposición circular de los elementos 3 radiantes, pudiéndose emplear cualesquiera otras disposiciones de los elementos 3 radiantes (otras alternativas posibles son sin limitación de las mencionadas: disposiciones en óvalos, polígonos, conjuntos curvados o disposiciones de varios subconjuntos unos junto a otros. En el ejemplo se explica una cobertura electrónica del azimut en la región de 0° a 360°, no limitándose la invención a una cobertura de todo el azimut (o sea, también se
25 pueden realizar coberturas parciales).

La figura 2 muestra para ello la estructura a modo de ejemplo de una antena 1 de alineamiento en fase de un radar secundario según la invención, que está formada por 24 elementos 3 radiantes distintos dispuestos circularmente, estando emplazados los elementos 3 radiantes en una estructura de soporte de antena en forma del disco 2 circular. En otra realización, no mostrada aquí, se montan por lo menos 50 elementos radiantes, por ejemplo, una realización
30 con 60 elementos radiantes.

El principio básico para la formación de la señal de interrogación se representa en las figuras 2 y 3 en la dirección 50 de radiación en un instante t, teniendo lugar un pivotamiento radiante en esa dirección por la asignación mediante el dispositivo CU de mando (figura 1) de los elementos 3A, 3B, 3C, 3D al primer grupo 10 (figura 3). En el sentido de la invención, corresponden al primer grupo 10 aquellos elementos 3 radiantes, cuya señal de suma genere la radiación
35 dirigida de la señal de interrogación (la totalidad de los elementos radiantes del primer grupo 10 también se designa en adelante como antena direccional). El diagrama de antena correspondiente de la señal de suma con el lóbulo 11H principal se ha representado en la figura 4. Para la generación de la señal de interrogación/señal de suma se requieren sólo aquellos elementos 3 radiantes de la antena, que quedan en una determinada región angular vecina al lóbulo 11H principal, como puede observarse en las figura 3, 4.

40 El segundo grupo de los elementos 20 radiantes, cuya superposición genera un diagrama de radiación omnidireccional para la emisión de una señal de control para la supresión de lóbulos secundarios, se forma por los elementos 3 radiantes no utilizados del primer grupo 10 (es decir, a partir de los elementos 3 radiantes restantes) de la antena 1 de alineamiento en fase. La señal de suma del segundo grupo da, aproximadamente sobre toda la región angular de 0 a 360 grados, una radiación omnidireccional (en relación con el diagrama de antena, véase la figura 4).

45 En el funcionamiento del segundo radar secundario, se modifica continuamente la asignación de los distintos elementos 3 radiantes a los grupos 10, 20 primero o segundo de elementos radiantes y es función de la dirección 50 visual instantánea del radar secundario, es decir, en el que ha de emitirse la señal de interrogación. La asignación de los elementos 3 radiantes al funcionamiento, para generar una señal de interrogación o una señal de control, tiene lugar en este caso por el dispositivo CU de mando.

50 En una realización especialmente ventajosa, se realiza la antena como Active Electronically Scanned Array (Conjunto Activo Escaneado Electrónicamente) (antena AESA). Para ello, puede disponerse en una realización ventajosa una única fuente de señales por elemento 3 radiante para generar señales de control y de interrogación. Una fuente de señales está en disposición de, por ejemplo, generar ambas señales con ayuda de un modulador adicional.

55 En la figura 4, se representan las características direccionales de la antena direccional (primer grupo 10) y la antena de control (segundo grupo 20) para la emisión simultánea de las señales, por ejemplo, con el funcionamiento en modo S. Los elementos 11 radiantes del primer grupo 10 se han representado blancos, los elementos 21 radiantes del segundo grupo 20, negros. Se reconoce el lóbulo 11H principal y los lóbulos 11N secundarios (indeseados) de la

señal de interrogación como superposición de los elementos 11 radiantes así como el diagrama 21K (con excepción de la región del lóbulo 11H principal de la señal de interrogación) de la señal de control, que se forma a partir de los elementos 21 radiantes del segundo grupo. Los dos grupos 10, 20 de elementos 11, 21 radiantes son parte de la misma antena 1 de alineamiento en fase, en la que la asignación de los elementos 11, 21 radiantes a los grupos 10, 20 primero y segundo tiene lugar variablemente. Se reconoce en el ejemplo que la mayor parte de todos los elementos radiantes (elementos 21 radiantes) forma el segundo grupo 20 y una pequeña parte de todos los elementos radiantes (elementos 11 radiantes) el primer grupo 10.

La asignación dinámica o bien continua de los elementos 11, 21 radiantes a los grupos 10, 20 primero o segundo es función de la dirección 50 visual instantánea del radar secundario. Como resultado, puede conseguirse una rotación de la dirección de radiación con objeto de cubrir todo el azimut análogamente a una rotación mecánica de una antena conocida o el ajuste selectivo de diferentes ángulos azimutales. La rotación mecánica de la antena direccional se sustituye según la invención por un pivotamiento electrónico de la radiación en combinación con la disposición especial y la asignación de los elementos 11, 21 radiantes, donde por la combinación con la antena de control en una antena 1 de alineamiento en fase común se forma una antena considerablemente compacta y mejor disponible.

A base del aprovechamiento común y preferiblemente simultáneo de una única antena 1 (alineamiento en fase), se caracterizan de modo especial los diagramas de antena con respecto a la generación de las señales de interrogación y control. Antenas separadas anteriores presentan un solape de los dos diagramas para las señales de interrogación así como de control. Por la división según la invención según la invención de los elementos 3 radiantes de la antena 1 de alineamiento en fase en los grupos 10, 20 primero y segundo, ya no puede llevarse a cabo más la radiación de la señal de control de modo completamente omnidireccional.

Como se reconoce en la figura 4 a partir de los diagramas de radiación para la generación de la señal de interrogación y la señal de control, puede conseguirse con asignación seleccionada convenientemente de los elementos 11, 21 radiantes a los dos grupos una cobertura completa de las regiones angulares fuera del lóbulo 11H principal de la señal de interrogación. Eso tiene lugar en la realización mostrada en la figura 4 por que, en una primera región de azimut, existen exclusivamente elementos 3 radiantes de un grupo, y en una segunda región de azimut, exclusivamente elementos 3 radiantes del otro grupo, y en las regiones de azimut entre la primera y la segunda regiones de azimut se forman regiones 30 de transición, en las que existen alternativamente elementos 3 radiantes de los dos grupos.

Las regiones 30 de transición se encuentran en el borde de los dos lados del lóbulo 11H principal y penetran en la región del círculo incompleto del diagrama 21K de la antena de control. Resulta un ligero solape de los diagramas de las antenas direccional o bien de control. El dimensionado concreto de la región 30 de transición con la asignación alternativa de radiadores a los grupos 10, 20 primero o bien segundo es función de la estructura del alineamiento (disposición, posición y número de elementos 3 radiantes así como del lóbulo 11H principal resultante).

Mediante la introducción de las regiones de transición, se consigue que los diagramas de antenas de la señal de control y la señal de interrogación se completen lo más ininterrumpidamente posible sin que se afecte esencialmente a la característica direccional de la señal de interrogación. Los diagramas de antenas son casi complementarios, es decir, la señal de control puede cubrir todas las direcciones, que estén fuera o en el borde más exterior del lóbulo 11H principal de la señal de interrogación. Con ello, se garantiza la supresión de lóbulos secundarios sin limitaciones, de modo que también los objetivos existentes en el borde del lóbulo 11H principal eviten una respuesta del transpondedor a base de la recepción a partir de los lóbulos 11N secundarios. Se explicará eso con mayor detalle más abajo en relación con la figura 5.

La mezcla de los elementos 11, 21 radiantes en la región de transición puede realizarse de forma que quede un dentado en la asignación de los elementos 11, 21 radiantes al primero y segundo grupos 10, 20. Por ejemplo, se pueden alternar elementos 11, 21 radiantes de los grupos 10, 20 primero y segundo, es decir, la asignación a las antenas direccional y de control cambia ventajosamente con cada elemento 11, 21 radiante (por ejemplo, a un elemento radiante del primer grupo sigue un elemento radiante del segundo grupo 21 como se ha representado en la figura 4.), pero pudiéndose utilizar también muestras de alternancia regulares o irregulares diferentes.

Al mismo tiempo, posibles disposiciones de los elementos 3 radiantes en los lados o las esquinas de un prisma formado a partir de un polígono o bien en la superficie lateral de un cilindro/en el borde de una placa 2 circular como en las figuras 2 a 4, adecuándose una disposición cilíndrica en especial medida para el empleo en un mástil de barco. En el sentido de la invención, pueden entenderse también otras realizaciones o modificaciones de la antena conocidas por el especialista.

De modo especial es apropiada como forma de realización la utilización de una antena (AESAs) pasiva de alineamiento en fase, caracterizándose la antena AESA por que se emplean (ventajosamente: idénticos) módulos (TRM) transmisores/receptores, que presenten en cada caso fuentes de HF integradas y conmutables (o sea, un abastecimiento descentralizado de cada distinto elemento 3 radiante), con lo que se simplifica sensiblemente la estructura de la antena.

En la figura 5, se emplea el radar secundario según la invención con supresión de lóbulos secundarios en una aplicación a modo de ejemplo de la vigilancia del espacio aéreo, describiéndose en un caso concreto la asignación variable de los elementos 11, 21 radiantes de una antena 1 de alineamiento en fase en la modificación de la dirección de exploración. Se observan además, a modo de ejemplo, los dos instantes t_1 (izquierda) y t_2 (derecha) con las direcciones 51, 52 de radiación, partiéndose en este caso de una rotación de azimut en contra del sentido de las agujas de un reloj.

La emisión de la señal de interrogación tiene lugar con un ángulo azimutal, definiéndose éste por la dirección visual de la flecha. Al mismo tiempo, elementos 11 radiantes forman el primer grupo 10, sirviendo el primer grupo 10 para la emisión de la señal de interrogación. La emisión de la señal de interrogación da lugar al lóbulo 11H principal en la dirección visual y fuera de la dirección visual, a los lóbulos 11N secundarios.

Los lóbulos 11N secundarios de la señal de interrogación de la figura 5 darían lugar, sin el empleo de la invención, a que en el instante t_1 no sólo se encontrase la aeronave (objetivo) A, que se encuentra en el lóbulo 11H principal, responda a la señal de interrogación, sino también la aeronave B en la región de la recepción del lóbulo secundario. A base de los lóbulos 11N secundarios, pueden presentarse por tanto ambigüedades, que provoquen los efectos mencionados al principio de una representación de objetivo falsa o "ringa round".

La supresión del efecto indeseado descrito de los lóbulos 11N secundarios, se realiza según la invención con el segundo grupo 20 de elementos radiantes de la antena 1 de alineamiento en fase común, que forma el diagrama 21K de la antena de control. Además, tiene lugar ventajosamente un funcionamiento en por lo menos uno de los dos modos de interrogación Mark X o Mark XII. En una realización especial de la invención, puede operarse además el radar secundario en el modo S. Ventajosamente puede tener lugar además una emisión simultánea de la señal de interrogación y de la señal de control.

La señal de control emitida posibilita al transpondedor del objetivo B verificar si la señal de interrogación recibida se ha recibido del lóbulo 11H principal/dirección de recepción principal o corresponde como en el ejemplo mostrado al instante t_1 a un lóbulo 11N secundario/dirección de lóbulo secundario.

La asignación a un primer grupo 10 de elementos 11 radiantes y un segundo grupo 20 de elementos 21 radiantes es modificable continuamente mediante el dispositivo CU de mando y éste es función de la actual dirección visual del radar secundario, en el que se emite la señal de interrogación.

La formación de la señal de interrogación en el instante t_2 tiene lugar, tras una modificación de la dirección visual prefijada en la dirección 52 de radiación (correspondiente a una modificación a angular), con el primer grupo 10, donde la composición/asignación (mediante el dispositivo CU de mando) del primer grupo 10 radiante se ha modificado en el instante t_2 como se puede reconocer en la figura 5. Se puede reconocer además que la asignación de radiadores se ha modificado en dos campos en contra del sentido de las agujas de un reloj, en el ejemplo el derecho de los dos radiadores 11 intermedios del lóbulo 11H principal ahora en la dirección 50 visual en el instante t_1 se ha asignado en el momento t_2 de tal modo que forme ahora el borde para el primer grupo 10. En una continuación de la rotación al instante t_{2+x} sufriría dicho radiador una asignación al segundo grupo 20, por tanto emitiría ahora ese radiador la señal de control en vez de la señal de interrogación.

En el caso de ángulos discretos o bien en caso de los saltos angulares en una modificación de la dirección visual, tal como es posible con la invención, resultarían asignaciones completamente nuevas, es decir, partes o todos los elementos 11 radiantes del primer grupo 10 serían por tanto de elementos 21 radiantes del segundo grupo 20, y partes del segundo grupo 20 adoptarían la función de los elementos 11 radiantes del primer grupo 10. La asignación respectiva de los elementos 11 radiantes para la dirección de interrogación prefijada tiene lugar en una configuración (en cuanto a selección/número) lógica para el especialista. Además, se puede echar mano de tablas look-up (tablas de interrogación) almacenadas.

En el instante t_2 , se encuentra el objetivo B en el lóbulo principal de la señal de interrogación y se detecta inequívocamente. Por el contrario, el objetivo A, que se encuentra fuera del lóbulo principal, se identifica como objetivo ficticio y se suprime.

En el empleo de la antena según la invención, se determina por parte del especialista, basándose en la arquitectura del conjunto utilizada y en las propiedades del radiador, cuántos y qué elementos 3, 11 radiantes se emplean en la realización circular elegida en el ejemplo para la formación radiante, o sea, se define o bien se programa al principio una vez sobre el aparato SC de introducción la unidad de control/el ordenador, siendo posibles también utilizaciones dinámicas. Por tanto, tiene lugar una definición (fija o dinámica) del número y la elección de los elementos 3 radiantes de los grupos 10, 20 primero y segundo. Una realización dinámica puede resultar a base de la arquitectura especial de la asignación, por ejemplo, en un óvalo o por diferentes requerimientos de exactitud.

Por el empleo ventajoso de un único tipo de radiador así como por la utilización de una única antena común y evitar una unidad rotativa mecánica, se pueden conseguir considerables ahorros en costes y además una reducción clara de la estructura de la antena. Además la aplicación según la invención del pivotamiento electrónico de la radiación posibilita saltos discretos y cambios entre ángulos azimutales, por ejemplo, de 30° a 120°, luego a 345° y vuelta a 50° con capacidad ilimitada del radar para la supresión de lóbulos secundarios. No existe tampoco necesidad

alguna de llevar a cabo un movimiento circular/rotación de la antena como en los sistemas anteriores.

Lista de signos de referencia

	1	Antena de alineamiento en fase
	2	Estructura del soporte de antena
5	3, 3A-D	Elemento(s) radiante(s)
	10	Primer grupo de elementos radiantes
	20	Segundo grupo de elementos radiantes
	11	Elementos radiantes del primer grupo
	21	Elementos radiantes del segundo grupo
10	11H	Lóbulo principal de la antena direccional
	11N	Lóbulos secundarios de la antena direccional
	21K	Círculo incompleto del diagrama de antenas de control
	30	Regiones de transición (asignación de radiador)
	50, 51, 52	Dirección de radiación en el azimut
15	A, B	Objetivos (aquí aeronaves)
	CU	Mecanismo de mando
	SC	Aparato de entrada/salida con interfaz gráfica de usuario
	SG1, SG2	Generador de señales/fuentes 1, 2 de señales
	t_1, t_2	Instantes
20	UM	Conmutador (filtro de banda)
	α	Ángulo azimutal

REIVINDICACIONES

1. Radar secundario con supresión de lóbulos secundarios para evitar una representación de objetivos falsa, que comprende:
 - 5 - un primer grupo (10) de elementos radiantes, cuya superposición genera una característica direccional electrónicamente pivotante para emitir una señal de interrogación;
 - un segundo grupo (20) de elementos radiantes cuya superposición genera una señal de control para la supresión de los lóbulos secundarios;

caracterizado por que los elementos (3, 11, 21) radiantes de los grupos primero y segundo son los elementos radiantes de una antena (1) de alineamiento en fase común, y la asignación de los distintos elementos (3, 11, 21) radiantes a los grupos (10, 20) primero o segundo de elementos es modificable continuamente mediante un dispositivo (CU) de mando y depende de la dirección visual instantánea del radar secundario, en el que debe ser emitida la señal reinterrogación, y por que los elementos radiantes se han dispuesto de tal modo que en una primera región azimutal existan exclusivamente elementos radiantes de un grupo, y en la segunda región azimutal existan exclusivamente elementos radiantes del otro grupo y, en las regiones azimutales entre la primera y la segunda regiones azimutales, se forman regiones de transición, en las que existen alternativamente elementos radiantes de los dos grupos.
2. Radar secundario según la reivindicación 1, caracterizado por que se ha instalado para funcionar al menos en uno de los modos de interrogación Mark X o Mark XII.
3. Radar secundario según la reivindicación 2, caracterizado por que el radar puede ser operado en modo S.
- 20 4. Radar secundario según una de las reivindicaciones precedentes, caracterizado por que la señal de interrogación y la señal de control se puede emitir simultáneamente.
5. Radar secundario según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que la disposición de los elementos (3) radiantes en la antena (1) tiene lugar de tal modo que se pueden cubrir ángulos azimutales discretos en la banda de 0° a 360°.
- 25 6. Radar secundario según una de las reivindicaciones precedentes, caracterizado por que la disposición de los elementos (3) radiantes es circular.
7. Radar secundario según una de las reivindicaciones precedentes, caracterizado por que los diagramas de antenas conformado por los elementos radiantes de los grupos primer y segundo son mutuamente complementarios en cuanto a su cobertura de azimut.
- 30 8. Radar secundario según una de las reivindicaciones precedentes, caracterizado por que la antena (1) de alineamiento en fase se ha realizado como una antena de alineamiento en fase con módulos transmisores-receptores como elementos radiantes.
9. Radar secundario según una de las reivindicaciones precedentes, caracterizado por que los elementos radiantes de la antena (1) de alineamiento en fase son idénticos.
- 35 10. Método para operar un radar secundario con supresión lóbulos secundarios, donde
 - por la superposición de un primer grupo (10) de elementos radiantes, se genera una característica direccional electrónicamente pivotante para la emisión de una señal de interrogación, y
 - por la superposición de un segundo grupo (20) de elementos radiantes se genera una señal de control para suprimir los lóbulos secundarios,

40 caracterizado por que los elementos (3, 11, 21) radiantes de los grupos (10, 20) primero y segundo se facilitan en una antena (1) de alineamiento en fase común, y la asignación de los elementos (3, 11, 21) radiantes individuales a los grupos (10, 20) primero y segundo se modifica continuamente y en función de la dirección visual instantánea del radar secundario, en el que se emite la señal de interrogación, y

45 por que las señales de interrogación y control emitidas por los elementos (11, 21) radiantes de los grupos (10, 20) primero y segundo son mutuamente complementarias en cuanto a su cobertura azimutal, donde los elementos radiantes se han dispuesto de tal modo que en una primera región de azimut sólo existen exclusivamente elementos radiantes de un grupo, y en una segunda región de azimut sólo existen exclusivamente elementos radiantes del otro grupo, y en las regiones azimutales entre la primera y la segunda zonas azimutales se forman zonas de transición, en las que existen elementos radiantes de ambos grupos.
- 50 11. Método según la reivindicación 10, caracterizado por que se lleva a cabo una operación en por lo menos uno de los modos de interrogación Mark X o Mark XII.

12. Método según la reivindicación 11, caracterizado por que el radar se opera en el modo S.
13. Método según una de las reivindicaciones 10 a 12 precedentes, caracterizado por que la señal de interrogación y la señal de control se emiten simultáneamente.

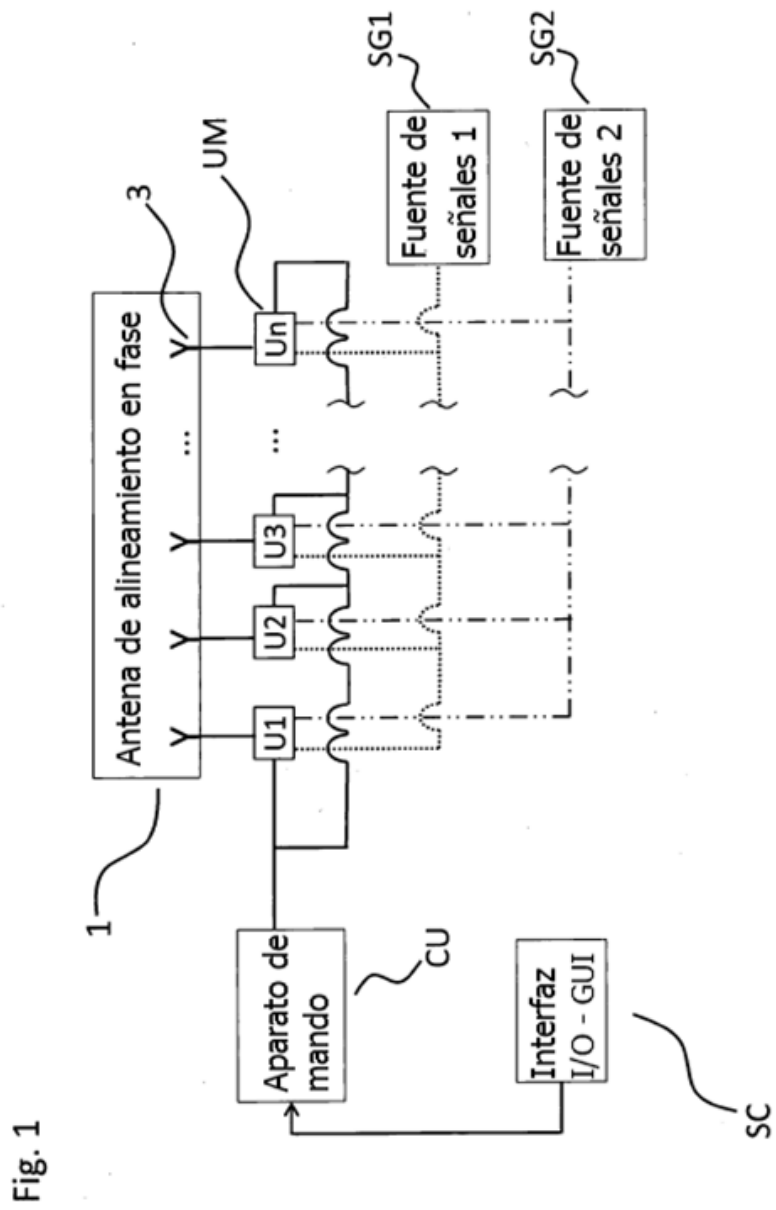


Fig. 1

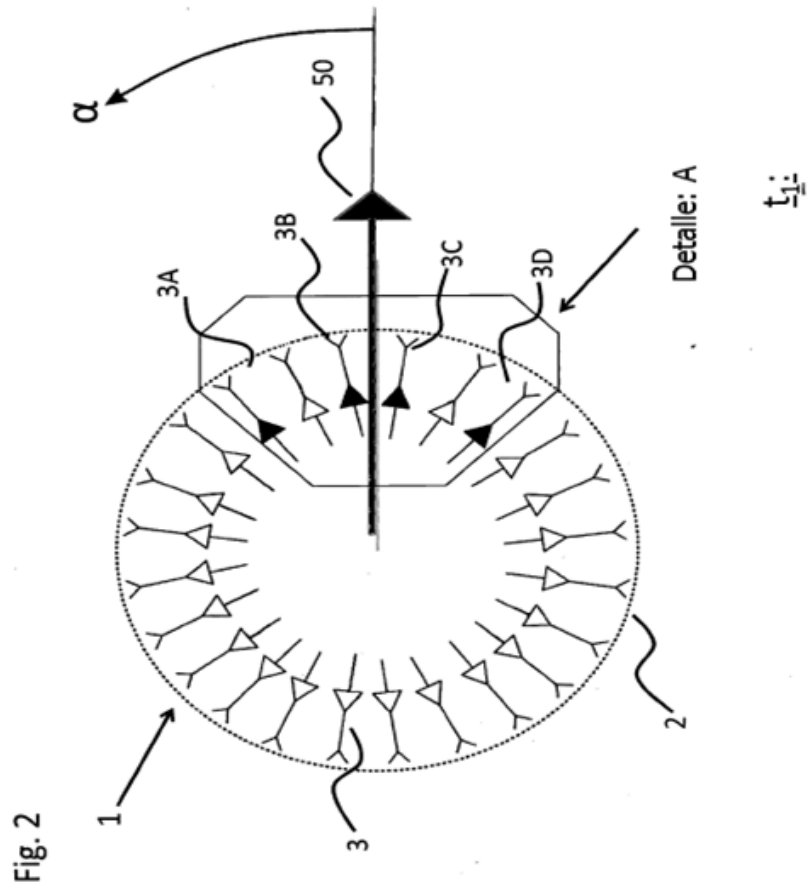
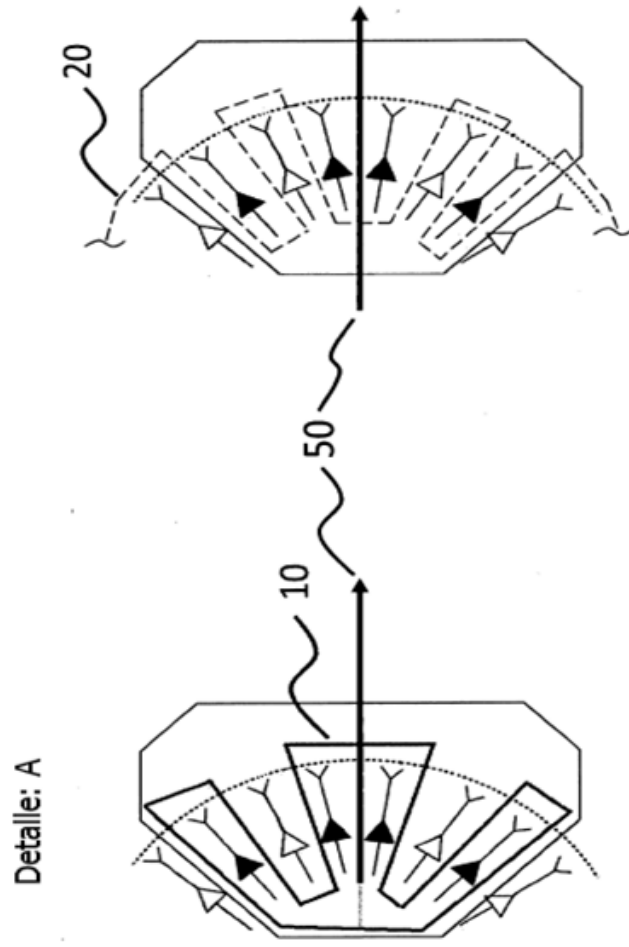
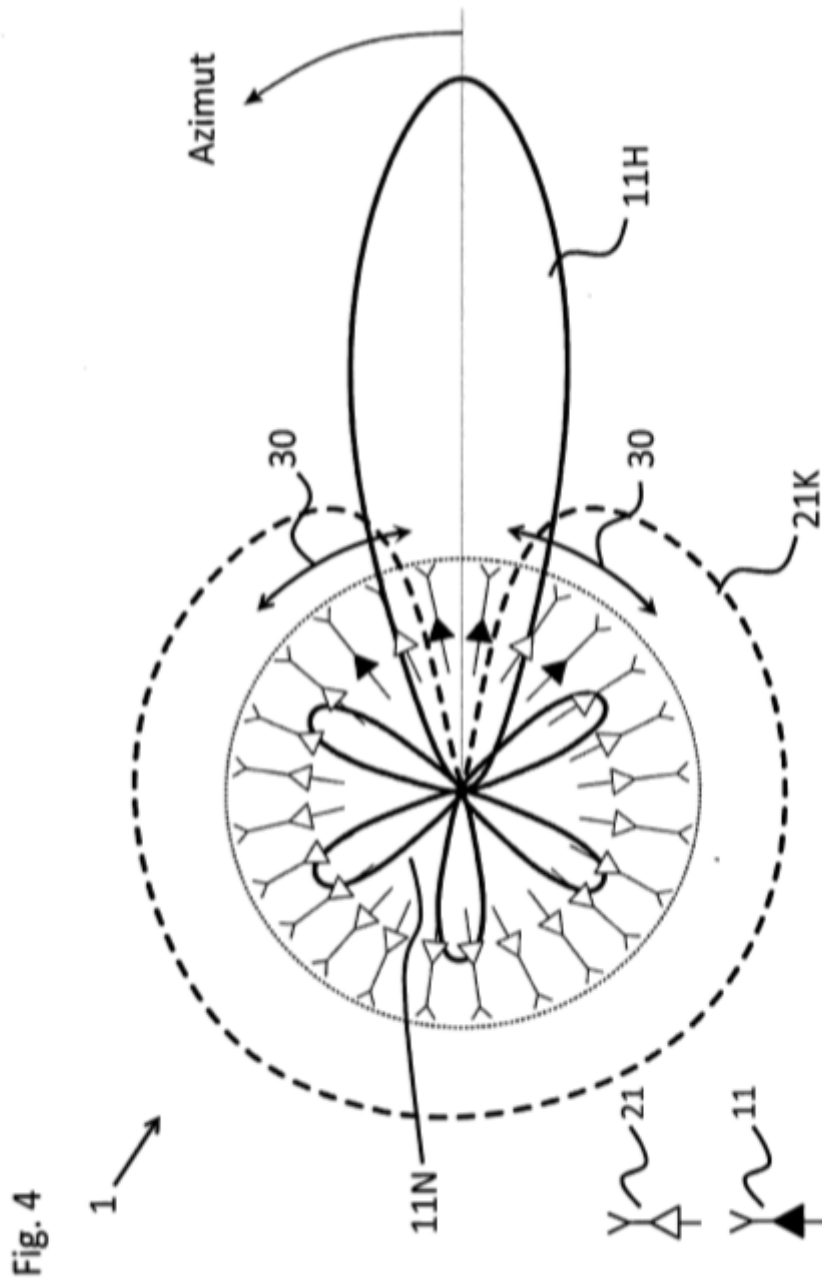


Fig. 3





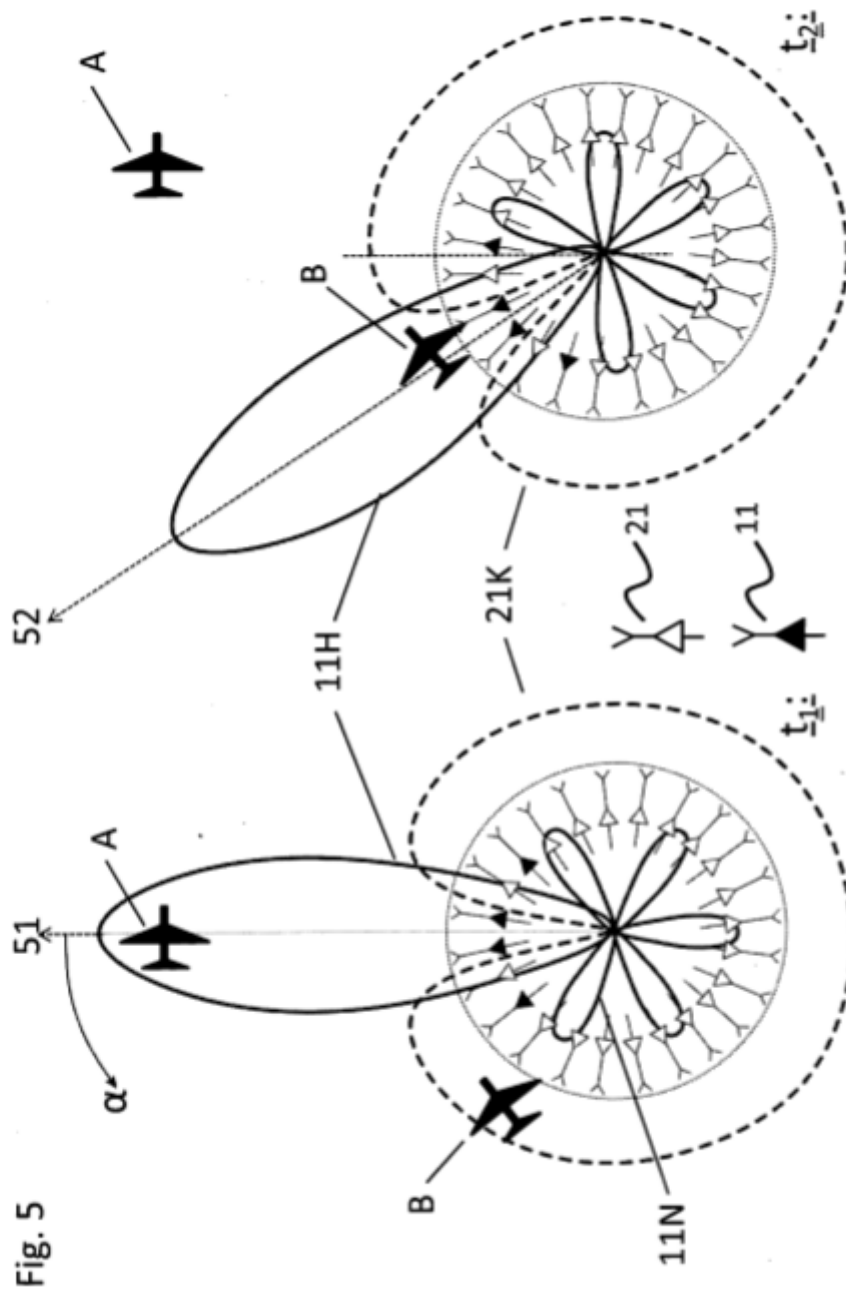


Fig. 5