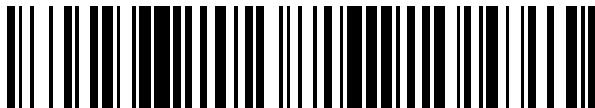




OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS
ESPAÑA



⑪ Número de publicación: **2 678 058**

⑮ Int. Cl.:

H01Q 3/26 (2006.01)
H01Q 21/00 (2006.01)
H01Q 25/00 (2006.01)

⑫

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

⑯ Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **07.11.2007 E 07254395 (2)**

⑯ Fecha y número de publicación de la concesión europea: **18.04.2018 EP 1921709**

⑮ Título: **Arquitectura de antena compacta, de doble haz de arreglo en fase**

⑯ Prioridad:

08.11.2006 US 594388

⑯ Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
08.08.2018

⑯ Titular/es:

THE BOEING COMPANY (100.0%)
100 North Riverside Plaza
Chicago, IL 60606-1596, US

⑯ Inventor/es:

NAVARRO, JULIO A.;
HEISEN, PETER T.;
RABY, SCOTT A.;
CHEN, MING y
CAI, LIXIN

⑯ Agente/Representante:

CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel

ES 2 678 058 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

Arquitectura de antena compacta, de doble haz de arreglo en fase

Campo

5 Esta invención se refiere a antenas escaneadas electrónicamente, y más particularmente a una arquitectura compacta de bajo perfil para antenas escaneadas electrónicamente.

Antecedentes

Las declaraciones en esta sección simplemente proporcionan información de fondo relacionada con la presente divulgación y pueden no constituir la técnica anterior.

10 El documento WO 02/19469 divulga un módulo de antena de arreglo en fase direccional electrónico que tiene un elemento de circuito conformable. Los elementos de circuito conformables forman una arquitectura de empaquetado que incluye un sustrato flexible sobre el que la electrónica de control de la antena se puede montar directamente o acoplar eléctricamente al sustrato flexible. Los elementos radiantes están formados integralmente en el sustrato junto con líneas de transmisión monolíticas que acoplan los elementos radiantes a los circuitos integrados que forman la electrónica de control. Preferiblemente, los combinadores/divisores de energía integrados están formados integralmente en el elemento de circuito normal y las líneas de alimentación de transmisión integradas están formadas en el elemento de circuito que acopla los circuitos combinadores/divisores de energía a la electrónica de control.

20 El documento US 2005/0134514 divulga un módulo de antena de arreglo en fase de microondas. El módulo de antena incluye un mandril que tiene un divisor de guía de onda formado integralmente. Los paneles separados de distribución de energía de las ondas electromagnéticas que incluyen interconexiones de corriente continua, datos y lógica, así como módulos electrónicos que incorporan ASICs, desplazadores de fase y amplificadores de energía, están dispuestos en lados opuestos del mandril. Los elementos de acoplamiento de guía de ondas están asegurados adicionalmente al mandril en sus lados opuestos para acoplar la energía de onda electromagnética recibida a través de un puerto de entrada del mandril con cada uno de los paneles de distribución. Los módulos de antena están dispuestos dentro de aberturas formadas en un segundo extremo del mandril y están acoplados eléctricamente a través de interconexiones eléctricas con los paneles de distribución. El uso de los paneles de distribución proporciona espacio para la electrónica necesaria mientras que el uso de módulos radiantes dispuestos en el segundo extremo del mandril en una disposición de arquitectura de tipo ladrillo con respecto a los paneles de distribución, permite el espaciado de los módulos radiantes necesarios para la operación de una banda V en ángulos de escaneo de hasta +/- 60 °.

30 Las antenas escaneadas electrónicamente (ESAs) combinan un amplio rango de funciones eléctricas y mecánicas para producir una dirección ágil del haz direccional. Las ESA requieren redes de distribución de radiofrecuencia (RF) complejas, así como también la energía de corriente continua (DC) y la lógica de que deben enrutararse a la celda unitaria típica. La celda unitaria es el bloque de construcción de una ESA compuesta de amplificación, atenuación, desplazamiento de fase, control lógico, etc., y sirve como punto de contacto para liberar espacio a través de un elemento radiante. Para las aplicaciones de comunicación de dúplex completo, la celda unitaria proporciona una función de transmisión o de recepción. Las funciones de la celda unitaria de la aplicación de antena específica, por ejemplo, salida de energía, desplazamiento de fase, atenuación, control, etc., generalmente definen el número, tipo y dimensiones de los elementos electrónicos de escaneo de haz de celda unitaria requeridos. Dependiendo de la 40 frecuencia de operación, ángulo de escaneo y tipo de función de la aplicación de la antena específica, los elementos electrónicos de escaneo de haz requeridos pueden requerir más o menos espacio y área que afectan directamente el tamaño de la celda unitaria y más importante, el tamaño de la cara de la antena, es decir, la apertura de la antena.

45 El rendimiento de escaneo de la ESA depende directamente de las dimensiones del entramado del arreglo. Típicamente, el entramado del arreglo del elemento radiante determina la geometría general de las celdas unitarias. Por lo tanto, basándose en los requisitos de rendimiento de antena deseados para la aplicación específica, cuanto mayor es el entramado del arreglo del elemento radiante y cuanto más complejas son las especificaciones de la antena deseada mayor es el número de componentes electrónicos de dirección de haz y más ajustado es el empaquetamiento de las celdas unitarias asociadas. Esto afecta significativamente el coste y la capacidad de fabricación de la ESA. Se han empleado diversas medidas de ahorro para reducir tales costes incurridos. Por ejemplo, se redujo el número y se 50 aleatorizaron las orientaciones y ubicaciones de las celdas unitarias para reducir el número de celdas unitarias y su densidad de empaquetamiento, mientras que se mantienen propiedades de escaneo aceptables de la ESA. El número de elementos, geometría y densidad de empaquetamiento del entramado de arreglo del elemento radiante dependen directamente de las propiedades deseadas de escaneo del haz de la ESA. Cuanto más ajustado sea el entramado, mejor escaneará la ESA. Se ha establecido que una separación de media longitud de onda entre los elementos

radiantes en el extremo superior de un ancho de banda operativo típico proporciona un excelente rendimiento de la dirección de haz, pero requiere una mayor complejidad de empaquetamiento.

Para habilitar más funciones, requisitos de escaneo más amplios y frecuencias operativas más altas de una ESA, se requieren soluciones de empaquetado de celda unitaria que aborden aspectos tales como el rendimiento de radiación sobre el ancho de banda; fabricación, ensamblaje y reproducibilidad de transición vertical; distribución de energía DC (por ejemplo, planos de energía V+, V-); distribución de control lógico (por ejemplo, datos y reloj); distribución de RF para anchos de banda instantáneos más amplios; gestión térmica eficiente de las celdas unitarias; integridad mecánica y robustez de las celdas unitarias en condiciones de impacto, vibración y ambientales (por ejemplo, humedad, niebla salina, etc.). Algunos esfuerzos para integrar funciones y reducir el recuento total de piezas y el coste han dado como resultado arquitecturas de módulos multielemento. Sin embargo, debido a la mayor complejidad del número de elementos de dirección de haz necesarios en las celdas unitarias, tales arquitecturas conocidas requieren espacios entre los elementos radiantes que son más grandes que el espaciado de media longitud de onda mencionado anteriormente. Por lo tanto, el rendimiento de la dirección de haz se degrada en gran medida.

En consecuencia, existe la necesidad de una arquitectura de empaquetamiento para un módulo de antena de arreglo en fase que permita lograr un espaciamiento del elemento radiante aún más próximo, y que permita emplear procesos de fabricación aún más simples y más eficientes en costes para producir una antena de arreglo en fase.

Resumen

Se proporciona una arquitectura de antena, de doble haz, de arreglo en fase escaneada electrónicamente. De acuerdo con diversas realizaciones, la arquitectura incluye una pluralidad de módulos de antena conectados ortogonalmente de manera sustancial a una placa de distribución de señal. Cada módulo incluye una placa de radiador conectada sustancialmente ortogonalmente a un primer extremo de un mandril de soporte. Cada placa de radiador incluye una pluralidad de elementos radiantes de radiofrecuencia (RF). Cada módulo incluye adicionalmente un par de portadores de chips montados en lados opuestos del mandril respectivo e interconectados a la placa del radiador respectiva. Además, cada módulo incluye una placa de transferencia de señal formada para ajustarse alrededor de un segundo extremo del mandril de manera que la placa de transferencia de señal se comprime entre el mandril y la placa de distribución de señal. Cada módulo incluye además un par de puentes de distribución de señal montados en los lados opuestos del mandril. Cada puente de distribución de señal interconecta los portadores de chip respectivos con la placa de transferencia de señal y distribuye señales digitales, de DC y/o RF recibidas desde la placa de transferencia de señal a una pluralidad de circuitos de escaneo de haz incluidos en el portador de chip respectivo. La relación ortogonal entre los elementos radiantes de RF y los circuitos de escaneo de haz permite que los módulos se conecten a la placa de distribución de señal en estrecha proximidad entre sí de tal manera que los elementos radiantes de RF de módulos adyacentes tengan un espaciado de media longitud de onda o menos. Por lo tanto, se puede construir una antena de doble haz, de arreglo en fase, escaneada electrónicamente, de alta frecuencia que sea capaz de tener ángulos de escaneo de 60° o más. Por lo tanto, se puede construir una antena de doble haz de arreglo en fase escaneada electrónicamente, de alta frecuencia que sea capaz de tener ángulos de escaneo muy amplios sin introducir lóbulos de rejilla.

Otras áreas de aplicabilidad de las presentes enseñanzas se harán evidentes a partir de la descripción proporcionada en este documento. Debe entenderse que la descripción y los ejemplos específicos están destinados a fines de ilustración solamente y no están destinados a limitar el alcance de las presentes enseñanzas.

Dibujos

Los dibujos que se describen en este documento son solo para fines ilustrativos y no pretenden limitar el alcance de las presentes enseñanzas de ninguna manera.

La Figura 1 es una vista isométrica de una antena compacta, de doble haz de arreglo en fase escaneada electrónicamente con una cubierta superior eliminada para ilustrar una pluralidad de módulos de antena incluidos en ella, de acuerdo con diversas realizaciones de la presente divulgación.

La Figura 2 es una vista isométrica de uno de los módulos de antena mostrados en la Figura 1, de acuerdo con diversas realizaciones de la presente divulgación.

La Figura 3 es una vista en despiece ordenado de uno de los módulos de antena que se muestran en la Figura 1, de acuerdo con diversas realizaciones de la presente divulgación.

La Figura 4 es un diagrama de bloques que ilustra las interconexiones de diversos componentes de cada módulo de antena mostrado en la Figura 1, de acuerdo con diversas realizaciones de la presente divulgación.

La Figura 5 es un diagrama de bloques que ilustra la distribución y el procesamiento de señales de radiofrecuencia (RF) recibidas por cada módulo de antena mostrado en la Figura 1 desde una placa de distribución de señales, de acuerdo con diversas realizaciones de la presente divulgación.

5 La Figura 6 es una vista de la antena mostrada en la Figura 1 que tiene diversos componentes eliminados para ilustrar una interconexión de los módulos de antena a la placa de distribución de señales, de acuerdo con diversas realizaciones de la presente divulgación.

Descripción detallada

10 La siguiente descripción es meramente de naturaleza de ejemplo en naturaleza y de ninguna manera pretende limitar las presentes enseñanzas, aplicaciones o usos. A lo largo de esta especificación, se usarán los mismos numerales de referencia para referirse a elementos similares.

15 Con referencia a la Figura 1, una antena 10 de arreglo en fase escaneada electrónicamente con una cubierta superior eliminada para ilustrar una pluralidad de módulos 14 de antena incluidos en ella, de acuerdo con diversas realizaciones de la presente divulgación. Como se ilustra, los módulos 14 de antena están empaquetados de forma ajustada en un arreglo 18 de tal manera que cada módulo 14 esté en una proximidad muy cerca de todos los módulos 14 adyacentes.

20 15 Las dimensiones de los módulos 14 de antena permiten procesos fácilmente repetibles y fabricables. Como se comprenderá a partir de la siguiente descripción, la capacidad de empaquetar de forma ajustada la matriz es posible gracias a la arquitectura "vertical" o "eje Z" de los módulos 14. Además, empaquetando de manera ajustada los módulos 14 tan próximos entre sí, tal como se describe en la presente memoria, la antena 10 puede ser una antena de doble haz, de arreglo en fase escaneada electrónicamente de alta frecuencia, capaz de proporcionar una gama muy amplia de ángulos de escaneo. Por ejemplo, como quedará claro, la antena 10 que incorpora los módulos 14 que tienen la arquitectura descrita a continuación es capaz de transmitir de manera sustancialmente simultánea dos haces de radiofrecuencia (RF) de alta frecuencia independientes que tengan un ángulo de escaneo de 0° a aproximadamente 80°. Además, aunque la antena 10 y los módulos 14 de antena se describirán generalmente en este documento en referencia a un modo de funcionamiento de transmisión, debe entenderse claramente que los módulos 14, y por lo tanto, la antena 10, pueden funcionar en una transmisión y/o un modo operativo de recepción.

25 30 Con referencia ahora a las Figuras 2 y 3, a continuación se describirá la arquitectura y construcción de cada módulo 14. Se debe entender que aunque la antena 10 incluye una pluralidad de módulos 14, todos los módulos 14 son sustancialmente idénticos, por lo tanto, para mayor claridad y simplicidad, la descripción y las figuras de este documento a menudo simplemente harán referencia a un solo módulo 14. Cada módulo 14 incluye un mandril 22 de soporte al que están montados o unidos todos los componentes, descritos a continuación. El mandril 22 incluye un primer o extremo 26 superior, un segundo o extremo 30 inferior opuesto un primer lado 34 y un segundo lado 38 opuestos. Cada módulo 14 incluye adicionalmente una placa 42 de radiador montada en el extremo 26 superior del mandril 22, un primer y un segundo portador 46 y 50 de chips montados respectivamente en los lados 34 y 38 primero y segundo del mandril 22, y una placa 54 de transferencia de señal montada en el extremo 30 inferior del mandril 22. Además, cada módulo 14 incluye un primer puente 58 de distribución de señal montado en el primer lado 34 del mandril 22 entre el primer portador 46 de chip y la placa 54 de transferencia de señal, y un segundo puente 62 de distribución de señal montado en el segundo lado 38 del mandril 22 entre el segundo portador 50 de chip y la placa 54 de transferencia de señal.

35 40 De acuerdo con diversas realizaciones, cada módulo 14 incluye una primera cubierta 66 de chip montada en el primer portador 46 de chip y una segunda cubierta 70 de chip montada en el segundo portador 50 de chip. Las cubiertas 66 y 70 de chip primera y segunda cubren y protegen una pluralidad de elementos 72 de dirección de haz en forma de MMICs y ASICs montados dentro de los respectivos portadores 46 y 50 de chip, como se describe a continuación. En diversas implementaciones, las cubiertas 66 y 70 de chip primera y segunda están sustancialmente selladas herméticamente a los respectivos portadores 46 y 50 de chips. Además, en diversas realizaciones, el primer y segundo portadores 46 y 50 de chips son portadores de chips cerámicos. Adicionalmente, en diversas formas, cada módulo 14 incluye una primera cuña 74 de protección y una segunda cuña 78 de protección. La primera cuña 74 de protección está unida al primer puente 58 de distribución de señal y la placa 54 de transferencia de señal cubre y protege una junta de conexión o línea de conexión entre el primer puente 58 de distribución de señal y la placa 54 de transferencia de señal. Asimismo, la segunda cuña 78 de protección está unida al segundo puente 62 de distribución de señal y la placa 54 de transferencia de señal que cubre la protección de una junta de conexión o línea de conexión entre el segundo puente 62 de distribución de señal y la placa 54 de transferencia de señal.

45 50 La placa 42 de radiador incluye una pluralidad de elementos 82 radiantes de RF (ocho en la realización de ejemplo mostrada) montados en una superficie frontal de la placa 42 de radiador. Los elementos radiantes pueden ser elementos de señal simple o dual. Se apreciará que diversas configuraciones que tienen números ampliamente variables de elementos 82 radiantes podrían construirse según sea necesario para adaptarse a aplicaciones específicas. Por lo tanto, las configuraciones de elementos únicos, elementos duales u otros de múltiples elementos se contemplan dentro del alcance de la presente divulgación. En diversas realizaciones, la placa 42 de radiador es una placa de circuito impreso integrado de antena multicapa (AiPWB) que incluye una capa de elemento radiante que

tiene los elementos 82 radiantes formados con la misma. Además, la AiPWB de radiador multicapa puede incluir una capa de distribución de energía de DC, una capa de control de lógica digital y una capa de distribución de señal de RF.

Generalmente, los elementos 72 de dirección de haz procesan y controlan las señales de RF a emitir por los elementos 82 radiantes, y debido a una relación posicional sustancialmente ortogonal, u orientación, entre los elementos 82 radiantes y los elementos 72 de dirección de haz, descritos más adelante, los elementos 82 radiantes se pueden ubicar muy próximos entre sí en la placa 42 de radiador. Por ejemplo, en diversas formas, el espacio, o hueco, entre los elementos 82 radiantes adyacentes es una longitud de onda de una mitad o menos, en donde la longitud de onda es igual a la longitud de onda de la frecuencia operativa más alta deseada del módulo 14. Proporcionar tal espacio 'ajustado' de los elementos 82 radiantes permite que el módulo 14 opere a altas frecuencias, por ejemplo, dentro de la banda de KA, y transmitir haces de RF que tienen un ángulo de escaneo muy alto sin generar lóbulos de rejilla.

Más particularmente, la placa 42 de radiador está sustancialmente conectada ortogonalmente al extremo 26 superior del mandril 22 de manera que el mandril 22 se extiende sustancialmente perpendicular desde una superficie posterior de la placa 42 de radiador. Es decir, como se ilustra ejemplarmente en la figura 2, la placa 42 de radiador se encuentra generalmente dentro de un plano X-Y y el mandril 22, y todos los componentes unidos a la misma, se extienden desde la placa 42 de radiador en la dirección del eje Z. Los portadores 46 y 50 de chips primero y segundo están interconectados eléctricamente con la placa 22 de radiador y montados respectivamente en los lados 34 y 38 primero y segundo del mandril 22. De este modo, los portadores 46 y 50 de chip primero y segundo también se extienden desde la placa de radiador en la dirección Z y tienen una orientación sustancialmente ortogonal con la placa 42 de radiador.

Haciendo referencia también ahora a las Figuras 4 y 5, como se describió anteriormente, los portadores 46 y 50 de chips primero y segundo incluyen una pluralidad de elementos 72 de dirección de haz. Cada portador 46 y 50 de chips ha formado con ellos o grabado en un sustrato (no mostrado) de los portadores 46 y 50 de chip respectivos una pluralidad de líneas de transmisión monolíticas, integradas integrales, y líneas 84 de alimentación de distribución que interconectan los elementos 72 de dirección de haz para formar una pluralidad de circuitos 86 de dirección de haz (se muestra mejor en la figura 6). Los elementos 72 de dirección de haz incluyen generalmente diversos circuitos integrados de microondas monolíticos (MMICs) y circuitos integrados específicos de la aplicación (ASICs), tales como desplazadores de fase, amplificadores de controladores, amplificadores de energía, amplificadores de bajo nivel de ruido, atenuadores, commutadores, etc. Cada circuito 86 de dirección de haz está conectado eléctricamente a uno o más de los elementos 82 radiantes para procesar y controlar las señales de RF transmitidas desde y/o recibidas por los respectivos elementos 82 radiantes asociados. Más específicamente, los circuitos 86 de dirección de haz de cada portador 46 y 50 de chip operan independientemente para controlar la dirección de haz y el procesamiento de transmisión, y/o el procesamiento de recepción de señal para al menos un elemento 82 radiante. Como ilustrado a manera de ejemplo, cada uno de los portadores 46 y 50 de chips primero y segundo incluye cuatro circuitos 86 de control de dirección de haz separados que controlan cada uno la dirección de haz y el procesamiento de transmisión, y/o procesamiento de recepción de señal de uno independiente de uno de los ocho elementos 82 radiales de ejemplo. Sin embargo, en diversas realizaciones, cada portador 46 y 50 de chips puede incluir más o menos circuitos 86 de dirección de haz que están asociados con, y dirección de haz de control y procesamiento de señal de, más de uno de los elementos 82 radiantes. Por ejemplo, en diversas realizaciones, cada portador 46 y 50 de chips puede incluir uno o más circuitos 86 de dirección de haz que están interconectados y controlan la dirección de haz y el procesamiento de señal de un grupo seleccionado de dos o más elementos 82 radiantes.

Como se describió anteriormente, los primero y segundo portadores 46 y 40 de chips están montados en el mandril 22 de manera que tienen una orientación sustancialmente ortogonal, o perpendicular, con la placa 42 de radiador, y por lo tanto, con una abertura de la antena 10. En consecuencia, los elementos 72 de dirección de haz también tienen una orientación sustancialmente ortogonal con respecto a la placa 42 de radiador y la abertura de la antena, permitiendo así un aumento significativo en el área de unión del chip por elemento 82 radiante.

La placa 54 de transferencia de señal está montada en el extremo 30 inferior del mandril 22 y está interconectada con los portadores 46 y 50 de chip primero y segundo por los respectivos puentes 58 y 62 de distribución primero y segundo. En diversas realizaciones, la placa de transferencia de señal es una placa de circuito impreso conformable (PWB) que incluye una pluralidad de líneas de transmisión monolíticas integradas integrales y líneas 90 de alimentación de distribución que transfieren señales de RF y DC desde una placa 96 de distribución de señal (se muestra mejor en la Figura 6) a los puentes 58 y 62 primero y segundo de distribución. En tales realizaciones, la placa 54 de transferencia de señal incluye un sustrato flexible, preferiblemente un sustrato de múltiples capas. La placa 54 de transferencia de señal está formada para ajustarse alrededor del extremo 30 inferior del mandril 22 proporcionando una primera pata 94 que se extiende parcialmente a lo largo del primer lado 34 del mandril y una segunda pata 98 que se extiende parcialmente a lo largo del segundo lado 38 del mandril.

Con referencia ahora a la Figura 6, cada módulo 14 está sustancialmente montado ortogonalmente en la placa 96 de distribución de señal. En diversas realizaciones, la placa 96 de distribución de señal es una AiPWB de multicapas que incluye una pluralidad de líneas de alimentación y distribución monolíticas integradas (no mostradas) para la

distribución de señales digitales, de DC y/o RF que se comunican a y/o reciben de cada uno de los módulos 14. Cada placa 54 de transferencia de señal incluye una pluralidad de almohadillas de contacto (no mostradas) en una superficie inferior adyacente al extremo 30 inferior del mandril 22. De forma similar, la placa de distribución de señal incluye almohadillas de contacto (no mostradas) que están alineadas con las almohadillas de contacto de la placa de transferencia de señal. En consecuencia, el montaje de cada módulo 14 en la placa de distribución de señal comprime, o 'intercala', la placa 54 de transferencia de señal respectiva entre el extremo 30 inferior del mandril y una superficie superior de la placa de distribución de señal, haciendo contacto eléctrico entre las almohadillas de contacto y la distribución monolítica integrada y las líneas de alimentación de la placa 96 de distribución de señal. El mandril 22 incluye uno o más postes de montaje roscados, por ejemplo, dos postes 102 de montaje, utilizados para montar el módulo 14 respectivo en la placa 96 de distribución de señal. En diversas realizaciones, la placa 96 de distribución de señal está montada en una placa 104 de presión que impide que los módulos 14 se monten demasiado apretados a la placa de distribución de señal, lo que puede provocar estrés y agrietamiento de la placa 96 de distribución de señal y/o a los contactos eléctricos entre ellos. Cada poste 102 de montaje se extiende a través de aberturas relacionadas (no mostradas) en la placa 54 de transferencia de señal, la placa 96 de distribución de señal y la placa 104 de presión. Las tuercas se roscan en los postes para asegurar el módulo 14, más particularmente la placa 54 de transferencia de señal, a la placa 96 de distribución de señal que tiene contacto de presión de almohadilla a almohadilla entre la placa 54 de transferencia de señal y la placa 96 de distribución de señal.

Por lo tanto, montar toda la pluralidad de módulos 14 de manera sustancialmente ortogonal a la placa 96 de distribución de señal, como se describió anteriormente, permite transferir señales de RF entre una única placa de distribución de señal, es decir, placa 96 de distribución de señal, y cada uno de los módulos 14. Además, el montaje sustancialmente ortogonal de cada módulo 14 a la placa 96 de distribución de señales permite que los módulos 14 se empaqueten herméticamente, es decir, cada módulo 14 se puede montar muy cerca de todos los módulos 14 adyacentes. Más importante aún, el empaquetado hermético de los módulos 14 permite que los elementos 82 radiantes de los módulos 14 adyacentes estén situados muy cerca de los elementos 82 radiantes de todos los módulos 14 adyacentes. Por ejemplo, en diversas formas, el espacio, o brecha entre los elementos 82 radiantes adyacentes de los módulos 14 adyacentes es de media longitud de onda o menos, en donde la longitud de onda es igual a la longitud de onda de la frecuencia operativa más alta deseada del módulo 14. Adicionalmente, mediante el empaquetado ajustado de los módulos 14, y, por lo tanto, los elementos 82 radiantes, tan cerca el uno del otro, la antena 10 puede ser una antena de arreglo en fase de doble haz, de escaneo electrónico de alta frecuencia capaz de proporcionar un amplio rango de ángulos de escaneo. Por ejemplo, la antena 10, como se describe aquí, es capaz de transmitir de manera sustancialmente simultánea dos haces de radiofrecuencia (RF) independientes de alta frecuencia, por ejemplo, haces de diferente polarización, que tienen un ángulo de escaneo de 0° a aproximadamente 80° sin introducir lóbulos de rejilla a frecuencias mayores que 25 GHz.

Con referencia de nuevo a las Figuras 2 a 5, los puentes 58 y 62 de distribución de señal primero y segundo interconectan la placa 54 de transferencia de señal con los portadores 46 y 50 de chip primero y segundo respectivos. Específicamente, en diversas realizaciones, los puentes 58 y 62 de distribución de señal primero y segundo son cada uno PWBs multicapa incluyendo una pluralidad de líneas de transmisión monolíticas integradas integrales y líneas 110 de alimentación de distribución que dividen y distribuyen señales de RF recibidas desde la placa 54 de transferencia de señal a diversos circuitos 86 de dirección de haz. Adicionalmente, los puentes 58 y 62 de distribución primero y segundo dividen y distribuyen señales de reloj y señales de datos que deben clasificarse y alimentarse en cada circuito 86 de dirección de haz particular. La división y distribución de las señales de RF, de reloj y datos que utilizan los puentes 58 y 62 de distribución de señal primero y segundo eliminan la necesidad de que dicha distribución de señal se realice dentro de los portadores 46 y 50 de chip primero y segundo. Es decir, los puentes 58 y 62 de distribución primero y segundo permiten que cada circuito de dirección de haz se aísle independientemente dentro de los respectivos portadores 46 y 50 de chip primero y segundo, simplificando así el funcionamiento, la prueba y la reparación del módulo 14. Los puentes 58 y 62 de distribución de señal primero y segundo pueden estar interconectados a la placa 54 de transferencia de señal y los portadores 46 y 50 de chip primero y segundo respectivos utilizando cualquier conexión eléctrica adecuada. Por ejemplo, en diversas realizaciones, los puentes 58 y 62 de distribución de señal primero y segundo se conectan con enlace por cable a la placa 54 de transferencia de señal y los respectivos portadores 46 y 50 de chip primero y segundo. De manera similar, los portadores 46 y 50 de chips primero y segundo, y por lo tanto los circuitos 86 de dirección de haz, pueden estar interconectados con la placa 42 de radiador usando cualquier conexión eléctrica adecuada. Por ejemplo, en diversas realizaciones, los portadores 46 y 50 de chips primero y segundo, y por lo tanto los circuitos 86 de dirección de haz, están conectados con enlace por cable, por ejemplo, cable de conexión de 90° conectado a la placa 42 de radiador.

Como se describió anteriormente, las cubiertas 66 y 70 de chip primera y segunda están montadas en los portadores 46 y 50 de chip primero y segundo respectivos para cubrir y proteger los elementos 72 de dirección de haz. Adicionalmente, las cubiertas 66 y 70 de chip primera y segunda pueden proporcionar aislamiento eléctrico y aislamiento de interferencia electromagnética, es decir, protección EMI, para cada módulo 14. La primera y la segunda cuña 74 y 78 de protección están unidas a los puentes de distribución primero y segundo y a la placa 54 de transferencia de señal. Más particularmente, la primera cuña 58 de protección cubre las interconexiones, por ejemplo, las conexiones con enlace por cable, entre el primer portador 46 de chip y la placa de transferencia de señal, por ejemplo, la primera pata 94 de la placa 54 de transferencia de señal. De manera similar, la segunda cuña 62 de

protección cubre las interconexiones, por ejemplo, las conexiones con enlace por cable, entre el segundo soporte 62 de chip y la placa de transferencia de señal, por ejemplo, el segundo tramo 98 de la placa 54 de transferencia de señal. Por lo tanto, las cuñas 74 y 78 protectoras protegen las interconexiones durante la manipulación, instalación y mantenimiento del módulo 14 respectivo. Las cuñas 74 y 78 de protección se pueden unir a los puentes 58 y 62

5 primero y segundo de distribución de señal, y a la placa 54 de transferencia de señal, usando cualquier medio de unión adecuado. Por ejemplo, las cuñas 74 y 78 de protección se puede pegar con epoxi a las superficies superiores de tierra de los puentes 58 y 62 de distribución de señal primero y segundo, y a la placa 54 de transferencia de señal. Además de proteger las interconexiones durante la manipulación, instalación y mantenimiento, las cuñas 74 y 78 de protección pueden proporcionar una conexión a tierra adicional que ayuda a aislar las señales de RF que se transmiten

10 entre la placa de transferencia de señales y los puentes 58 y 62 de distribución de señales primero y segundo.

La arquitectura descrita en este documento proporciona un módulo 14 de antena, de doble haz, de arreglo en fase, que se puede usar en aplicaciones de antena escaneadas electrónicamente de alta frecuencias, de amplio escaneo. La ventaja del módulo es que combina la funcionalidad de una pluralidad de elementos 82 radiantes de antena, por ejemplo, ocho, en un solo módulo de doble haz, reduciendo significativamente el recuento de piezas con relación a un módulo de elemento único. Además, se puede mantener una separación uniforme, de media longitud de onda o menor entre los elementos 82 radiantes y los módulos 14, optimizando así el rendimiento de la dirección de haz de gran ángulo de la antena 10 escaneada electrónicamente.

REIVINDICACIONES

1. Un módulo (14) de antena, de doble haz, de arreglo en fase, escaneado electrónicamente que comprende:
 un mandril (22) de soporte que tiene primero y segundo extremos (26, 30) opuestos y primero y segundo lados (34, 38) opuestos que se extienden desde los primero y segundo extremos opuestos;
- 5 una placa (42) de radiador conectada de manera sustancialmente ortogonal al primer extremo (26) del mandril (22) de soporte, incluyendo la placa de radiador una pluralidad de elementos (82) radiantes de radiofrecuencia (RF);
 un par de portadores (46, 50) de chips montados en los lados (34, 38) opuestos primero y segundo del mandril e interconectados a la placa (42) del radiador;
- 10 una placa (54) de transferencia de señal formada para ajustarse alrededor del segundo extremo (30) del mandril de manera que la placa (54) de transferencia de señal incluye un par de patas (94, 98) opuestas que se extienden parcialmente a lo largo de los lados (34, 38) opuestos del mandril; y
 un par de puentes (58, 62) de distribución de señal montados en los lados (34, 38) opuestos primero y segundo del mandril e interconectando los portadores (46, 50) de chips con el par de patas (94, 98) opuestas de la placa (54) de transferencia de señal.
- 15 2. Una antena (10) de doble haz, en fase escaneada electrónicamente que comprende un módulo (14) de acuerdo con la reivindicación 1, y que comprende además una placa (96) de distribución de señal conectada sustancialmente ortogonalmente al segundo extremo (30) del mandril de manera que la placa (54) de transferencia de señal se comprime entre el mandril (22) y la placa (96) de distribución de señal.
- 20 3. El módulo de la reivindicación 1, donde cada portador de chips comprende una pluralidad de elementos (72) de dirección de haz montados en e interconectados por el respectivo portador (46, 50) de chips, los elementos de dirección de haz interconectados forman una pluralidad de circuitos (86) de dirección de haz que están asociados cada uno con al menos uno de los elementos radiantes y están adaptados para transmitir simultáneamente dos señales RF de alta frecuencia independientes de los respectivos elementos (82) radiantes.
- 25 4. El módulo de la reivindicación 3, que comprende además un par de cubiertas (66, 70) de chip montadas en el par de portadores (46, 50) de chips para cubrir, aislar y proteger la pluralidad de elementos (72) de dirección de haz.
- 30 5. El módulo de la reivindicación 1, que comprende además un par de cuñas (74, 78) de protección unidas a las patas de la placa de transferencia de señal y los puentes (58, 62) de distribución para cubrir y proteger una pluralidad de conexiones de enlace por cable entre la placa (54) de transferencia de señal y los puentes (58, 62) de distribución.
- 35 6. El módulo de la reivindicación 1, en el que la placa (42) de radiador comprende una placa de circuito impreso integrado de antena multicapa (AiPWB) que incluye una capa de radiador que comprende la pluralidad de elementos (82) radiantes de RF.
7. El módulo de la reivindicación 1, en el que la placa (54) de transferencia comprende un sustrato conformable de múltiples capas que incluye líneas de distribución y transmisión monolíticas integradas.
- 35 8. Una antena (10) de doble haz de arreglo en fase escaneada electrónicamente, que comprende un módulo de acuerdo con la reivindicación 1, en la que:
 cada portador (46, 50) de chips comprende una pluralidad de circuitos (86) de dirección de haz, cada circuito de dirección de haz para controlar las señales de RF que se van a transmitir desde al menos uno de los elementos (82) radiantes; y que comprende adicionalmente;
- 40 una placa (96) de distribución de señal sustancialmente conectada ortogonalmente al segundo extremo (30) del mandril para recibir las señales de RF que se van a transmitir por los elementos (82) radiantes de RF;
 en la que la placa de transferencia de señal se comprime entre el segundo extremo (30) del mandril y la placa (96) de distribución de señal para conectar la placa (54) de transferencia de señal a la placa (96) de distribución de señal, la placa (54) de transferencia de señal está adaptada para recibir señales desde la placa (96) de distribución de señal; y
 45 en la que los puentes (58, 62) de distribución están adaptados para recibir las señales de la placa (54) de transferencia de señal y distribuir las señales recibidas a la pluralidad de circuitos (86) de dirección de haz.

9. La antena de la reivindicación 8, en la que cada circuito (86) de dirección de haz comprende una pluralidad de elementos (72) de dirección de haz montados e interconectados por el respectivo portador (46, 50) de chips de modo que el módulo (14) se adapta para transmitir simultáneamente dos haces de RF de alta frecuencia independiente.

5 10. La antena de la reivindicación 8, en la que la placa (54) de transferencia de señal incluye un enlace por cable conectado a los puentes de distribución.

11. La antena de la reivindicación 8, en la que la placa (42) del radiador comprende una placa de circuito impreso integrado de antena multicapa (AiPWB) que incluye una capa de radiador que comprende la pluralidad de elementos (82) radiantes de RF y una capa para al menos uno de distribución de energía DC, lógica de control digital y distribución de señal de RF.

10 12. La antena de la reivindicación 8, que comprende además un par de cuñas (74, 78) de protección unidas a la placa (54) de transferencia de señal y los puentes (58, 62) de distribución para cubrir y proteger una pluralidad de conexiones de enlace por cable entre la placa de transferencia de señal y los puentes de distribución,

en la que la placa (54) de transferencia comprende un sustrato conformable de múltiples capas que incluye un enlace por cable de líneas de distribución y transmisión monolítica integrada conectado a los puentes (58, 62) de distribución.

15 13. La antena de la reivindicación 8, en la que los puentes (58, 62) de distribución comprenden un sustrato que incluye un enlace por cable de líneas de distribución y transmisión monolítica integrada conectada a los portadores (46, 50) de chips y al tablero (54) de transferencia de señales.

20 14. La antena de la reivindicación 11, en la que los portadores (46, 50) de chips están sustancialmente conectados ortogonalmente a una superficie posterior de la placa de circuito impreso integrado de antena multicapa (AiPWB) a través de una pluralidad de conexiones de enlace por cable sustancialmente de 90°.

15. La antena de la reivindicación 8, en la que:

cada circuito (86) de dirección de haz comprende una pluralidad de elementos (72) de dirección de haz montados en e interconectados por el portador (46, 50) de chips respectivo de tal manera que la antena está adaptada para transmitir simultáneamente dos haces de RF de alta frecuencia independientes; y

25 los módulos (14) de antena están conectados ortogonalmente a la placa (96) de distribución de señal de modo que los elementos radiantes de los módulos (14) adyacentes tengan un espaciado de la mitad de la longitud de onda como máximo, de manera que los dos haces de RF de alta frecuencia independientes, sustancialmente simultáneos tengan un amplio rango de ángulos de escaneo.

30 16. Un método para formar una antena de arreglo en fase escaneada electrónicamente capaz de generar de manera sustancialmente simultánea dos haces de RF de ángulo de alta frecuencia independientes que tienen un amplio rango de ángulos de escaneo, comprendiendo dicho método:

proporcionar una pluralidad de módulos (14) de antena de acuerdo con la reivindicación 1, y sustancialmente conectar ortogonalmente la pluralidad de módulos de antena a una placa (96) de distribución de señal adaptada para distribuir las señales de RF a las placas (54) de transferencia de señal en el que,

35 la pluralidad de módulos (14) de antena sustancialmente conectados ortogonalmente a la placa de distribución de señal están muy cerca el uno del otro.

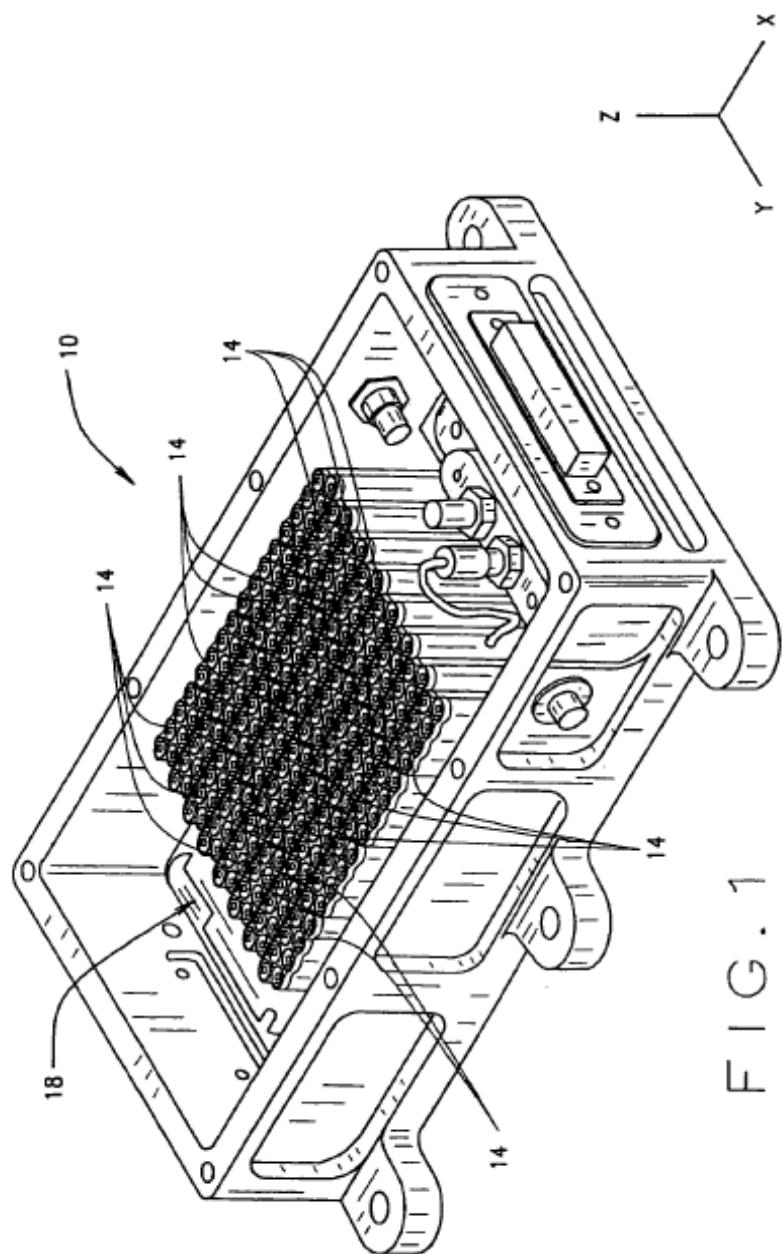


FIG. 1

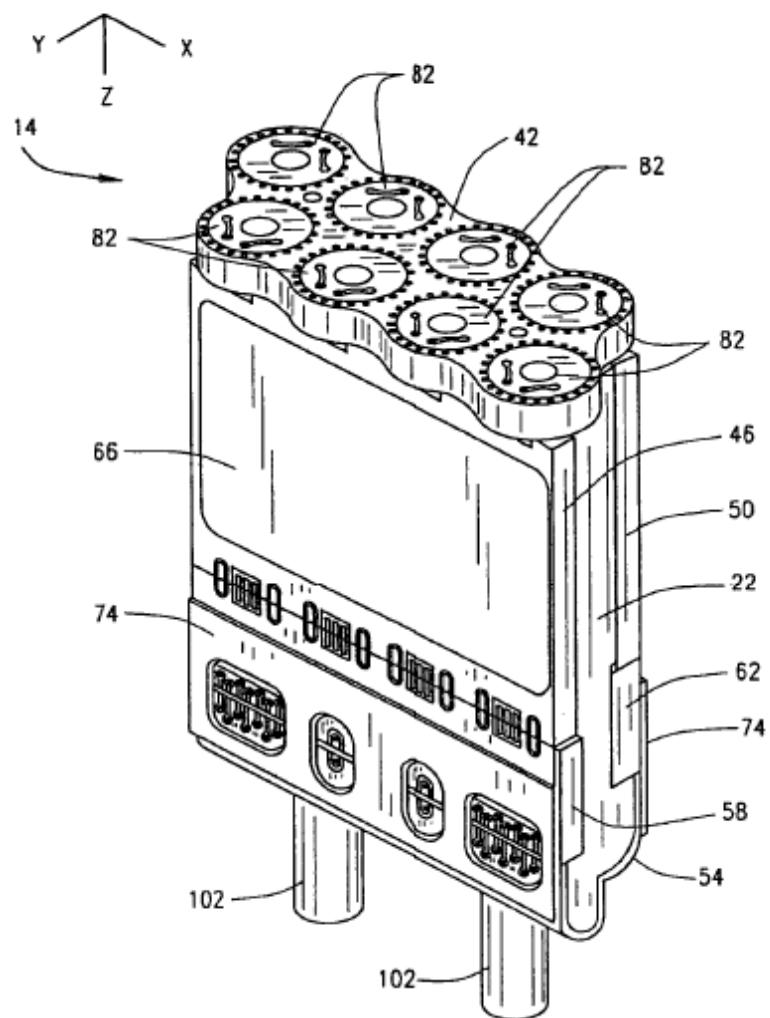
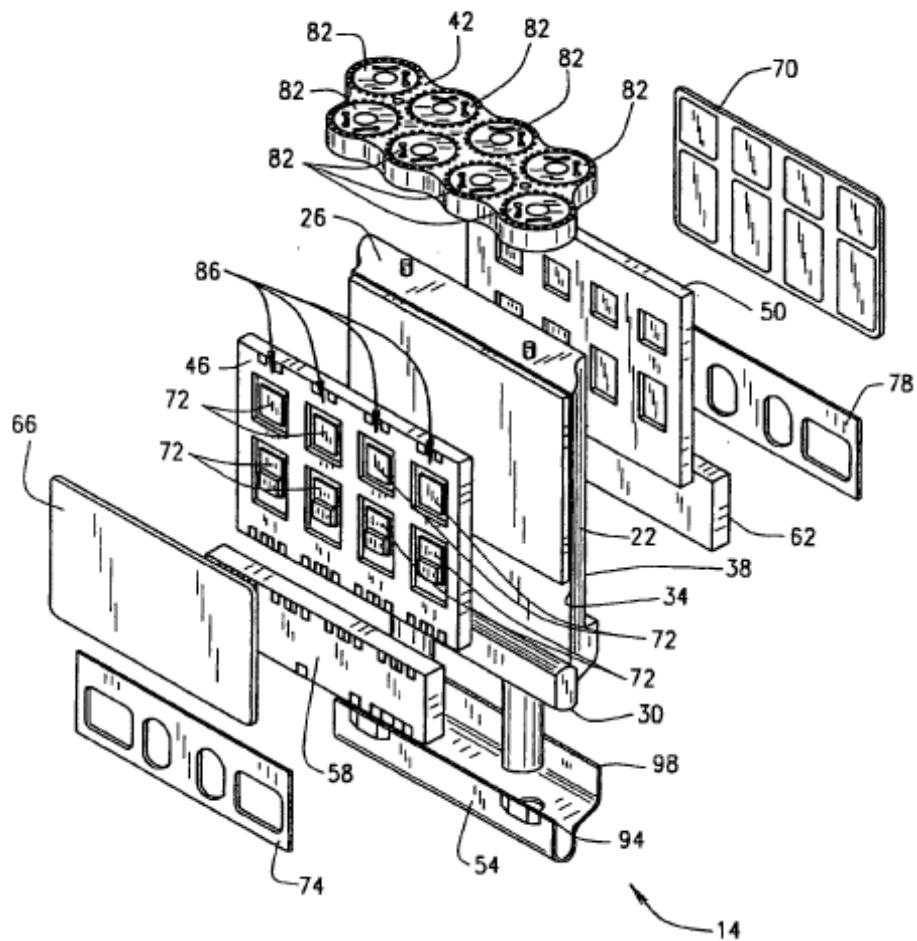


FIG. 2



F I G . 3

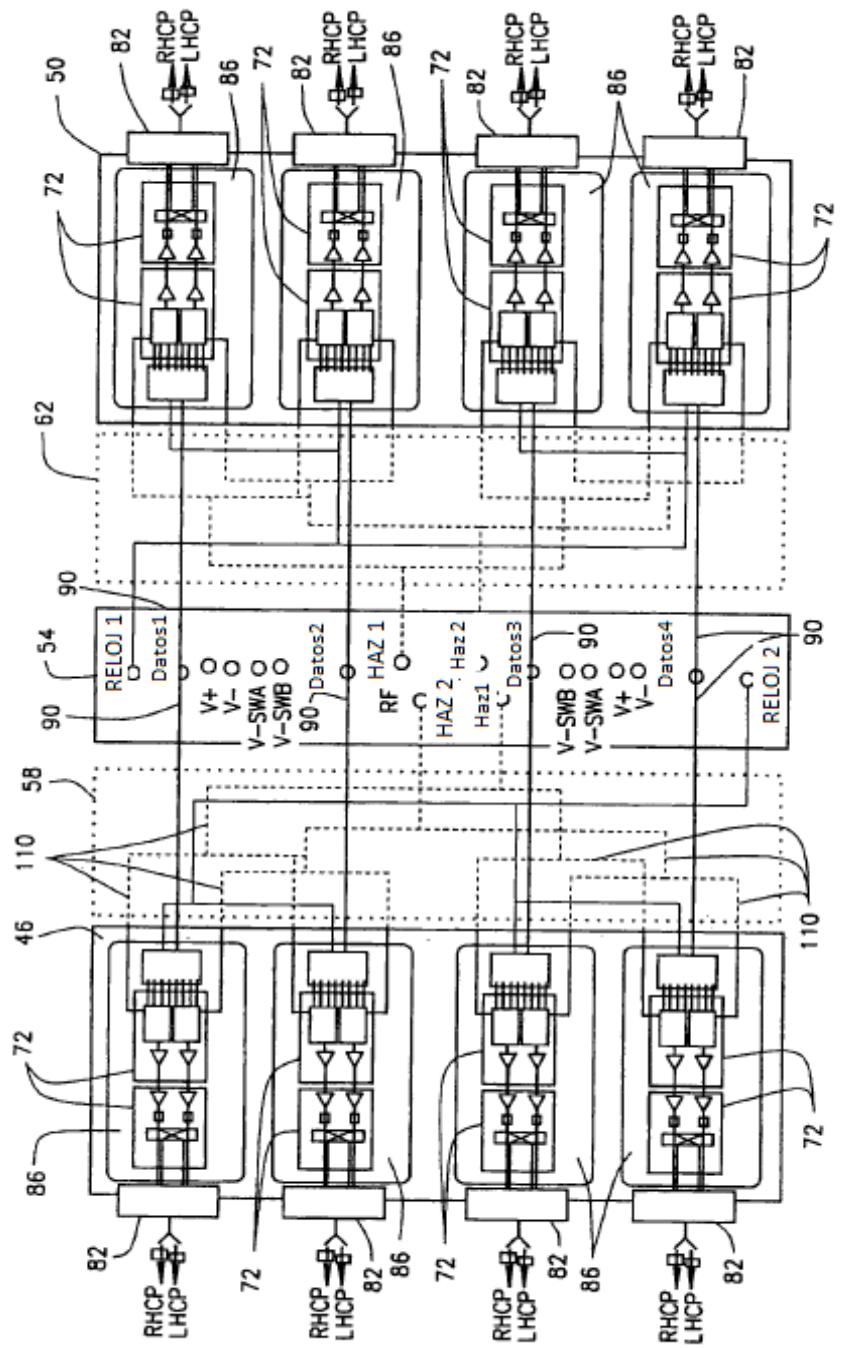


FIG. 4

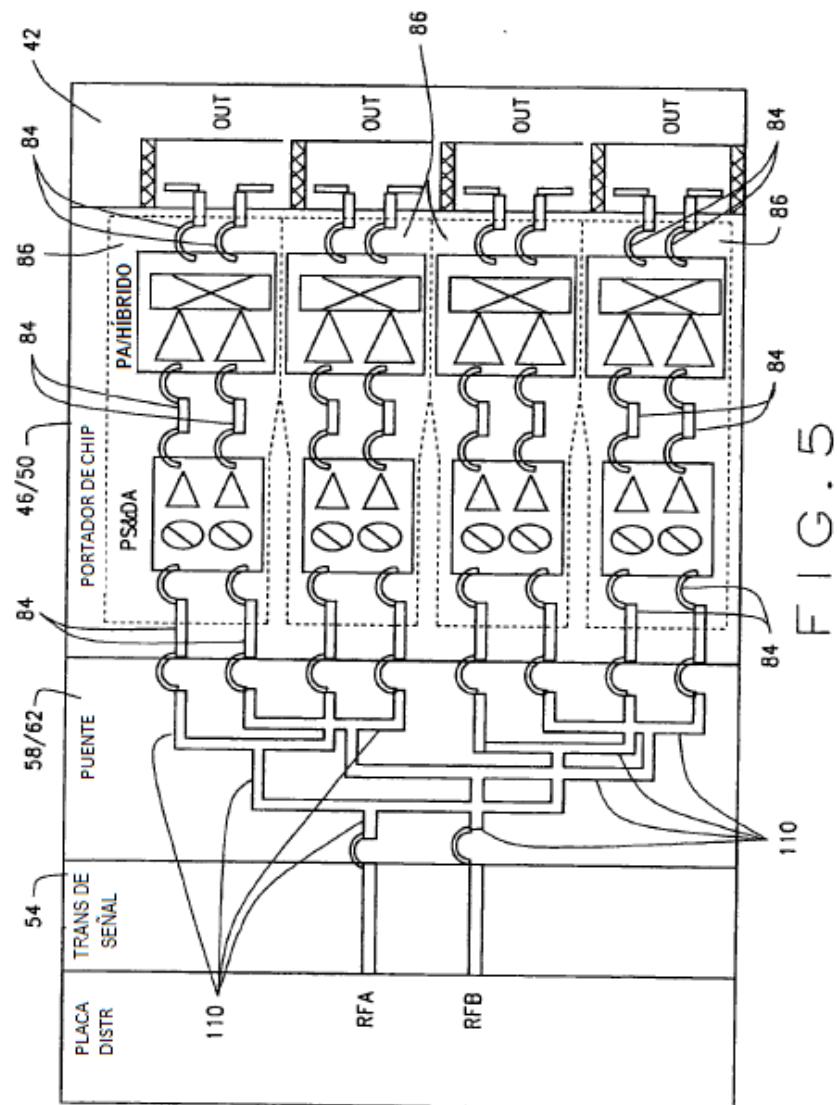


FIG. 5

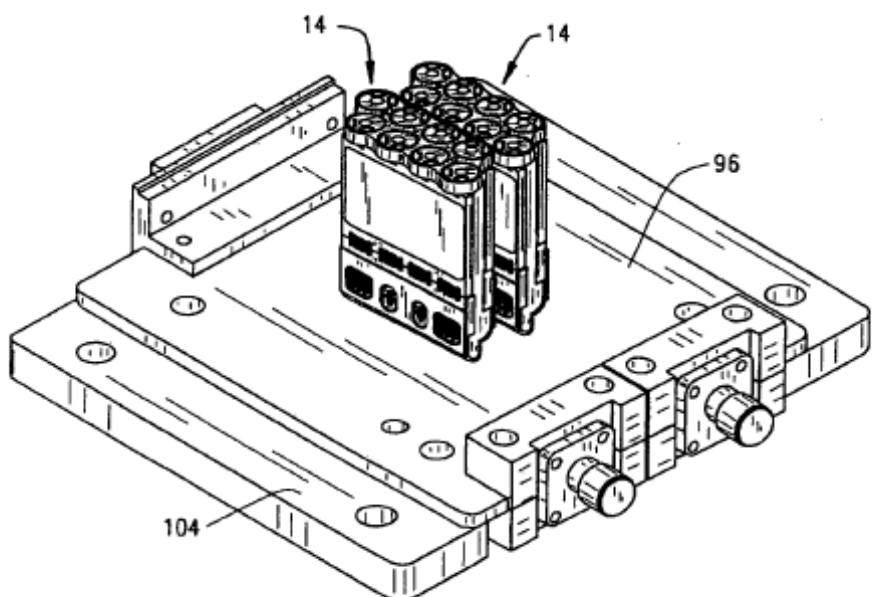


FIG. 6