

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 701 738**

51 Int. Cl.:

H01Q 21/06 (2006.01)

H01Q 13/02 (2006.01)

H01Q 1/28 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **20.01.2009 E 09250150 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **12.09.2018 EP 2083479**

54 Título: **Abertura de alimentación estructural para antenas de arreglo en fase basada en espacio**

30 Prioridad:

23.01.2008 US 18642

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

25.02.2019

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

**BULLOCK, STEVEN J.;
GRIESS, KENNETH H.;
KLEIN III, THOMAS F.;
LAYTON, OTIS F.;
NAVARRO, JULIO A. y
URCIA, MANNY S.**

74 Agente/Representante:

CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel

ES 2 701 738 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

Abertura de alimentación estructural para antenas de arreglo en fase basada en espacio

Antecedentes

1. Campo técnico

5 Esta divulgación se refiere al sistema de antena. Particularmente, esta divulgación se refiere a sistemas de antena de arreglo en fase.

2. Descripción de la técnica relacionada.

10 Un componente esencial de cualquier sistema de comunicaciones inalámbrico es la antena que transmite y/o recibe las señales electromagnéticas. Una estructura de antena convencional, a menudo se emplea en satélites de comunicaciones, incluye un reflector que ha recibido o transmitido señales "reflejadas" fuera de él y enfocadas para ser reunidas en una o más bocinas de alimentación. La configuración del reflector y bocina de alimentación típicamente se manipula para dirigir o "apuntar" el área de cobertura de tal antena. Los sistemas de antenas más nuevos pueden emplear arreglos en fase donde un arreglo de elementos de antena discretos se usa en combinación para transmitir o recibir la señal electromagnética deseada. Tales sistemas de arreglo en fase pueden prescindir de gran parte de la manipulación de dirección que típicamente se requiere con reflectores convencionales puesto que la salida de los elementos de antena discretos del arreglo en fase, a través del procesamiento de señal, crea patrones de interferencia de energía de RF que crean el área de cobertura deseada y la resistencia de señal de cobertura.

15 Un enfoque de diseño convencional en el desarrollo de una antena de arreglo en fase (o incluso un reflector convencional) divide el diseño de señal eléctrica del diseño estructural. De este modo, el diseño de señal involucrará el desarrollo de la combinación de elementos radiantes, guías de onda, y filtros con el fin de lograr la cobertura y resistencia de señal deseadas. Por separado, el diseño estructural se desarrollará para derivar la configuración estructural de la antena para soportar la disposición de los componentes eléctricos. Este enfoque puede producir resultados que son menos que óptimos.

20 De este modo, los diseños de antena convencionales utilizan miembros estructurales separados para soportar la antena. Tales diseños de antena convencionales también usan bocinas de alimentación o elementos de antena fabricados individualmente. En antenas convencionales, los miembros estructurales deben fabricarse y ensamblarse por separado. Esto agrega peso, volumen, y coste de fabricación extra. El peso y volumen son restricciones particularmente significativas en el diseño de antena en naves espaciales. Por ejemplo, las antenas de menor masa y volumen pueden permitir que la nave espacial se lance en vehículos de lanzamiento más pequeños, menos costosos. Además, la instalación de bocinas individuales o elementos de antena agrega complejidad al ensamblaje de apilamiento dimensional y tiempo de flujo. Algunos diseños de antena se han desarrollado para aliviar algunos de estos problemas.

25 Patente de Estados Unidos No. 7,046,209, expedida el 16 de mayo, de 2006 por McCarville et al. divulga una abertura de antena que tiene elementos radiantes electromagnéticos incrustados en porciones de pared estructural de un núcleo tipo panel. Secciones de pared independientes cada una teniendo una pluralidad de elementos radiantes electromagnéticos que se forman en el núcleo tipo panel. Las porciones de alimentación de cada elemento radiante forman dientes que están chapados de cobre antes de ser ensamblados en un panel de revestimiento posterior. Generalmente cada uno de los dientes entonces se mecaniza a nivel con una superficie del revestimiento posterior para presentar almohadillas de contacto eléctrico que permiten el acoplamiento eléctrico a cada uno de los elementos radiantes mediante un cuadro electrónico de antena externa.

30 El documento GB 2,247,990 A se refiere a un arreglo de antena que se fabrica a partir de una placa superior que consiste de un arreglo de elementos de bocina escalonados y una placa inferior que comprende una estructura de guía de onda. El documento EP 0,570,863 A se refiere a la antena de radar de vigilancia en una configuración plana. El documento WO 91/20109 se refiere a las antenas y particularmente a las antenas planas para recibir señales de microondas tal como la radiodifusión directa por señales de satélite. El documento GB 2,299,213 A se refiere a una antena para señales de alta frecuencia formada a partir de una pluralidad de elementos. El documento WO 98/47198 se refiere a la fabricación de antenas de bocina de longitud de onda milimétricas y submilimétricas. El documento US 2006/097944 se refiere a una abertura de antena construida de una manera que le permite ser usada como una porción estructural, de soporte de una plataforma móvil.

35 El documento GB 2,247,990 A se refiere a un arreglo de antena que se fabrica a partir de una placa superior que consiste de un arreglo de elementos de bocina escalonados y una placa inferior que comprende una estructura de guía de onda. El documento EP 0,570,863 A se refiere a la antena de radar de vigilancia en una configuración plana. El documento WO 91/20109 se refiere a las antenas y particularmente a las antenas planas para recibir señales de microondas tal como la radiodifusión directa por señales de satélite. El documento GB 2,299,213 A se refiere a una antena para señales de alta frecuencia formada a partir de una pluralidad de elementos. El documento WO 98/47198 se refiere a la fabricación de antenas de bocina de longitud de onda milimétricas y submilimétricas. El documento US 2006/097944 se refiere a una abertura de antena construida de una manera que le permite ser usada como una porción estructural, de soporte de una plataforma móvil.

40 Sin embargo, todavía hay una necesidad en la técnica de aparatos y métodos para sistemas de antena que sean estructuralmente eficientes, con masa y/o volumen reducidos. Además, hay una necesidad para que tales aparatos y métodos suministren una antena para naves espaciales de alto rendimiento en vehículos de lanzamiento menos costosos. También hay una necesidad para que tales aparatos y métodos proporcionen una antena de arreglo en fase que sean más baratas, más ligeras y más potentes que los sistemas de antenas convencionales. Hay una necesidad particular para tales métodos y aparatos en aplicaciones de naves espaciales. Estas y otras necesidades se cumplen por la presente divulgación como se detalla de aquí en adelante.

Resumen

Se divulga una nave espacial que tiene una antena de arreglo en fase estructural y un método para la fabricación. Se puede usar una abertura de antena estructural integrada para reducir el peso, coste, y volumen netos donde un arreglo de elementos de antena se incorpora en un miembro estructural de la nave espacial. Una capa de material estructural, hecha de una espuma estructural formada de polimetacrilimida, se usa con un arreglo de cavidades de elemento de antena individuales mecanizadas en la capa. Las cavidades de elemento de antena están revestidas con un material conductor, tal como aluminio chapado. Las hojas de cara están unidas al lado frontal y posterior de la capa de material estructural con el fin de aumentar la resistencia usando un material transparente de RF. La hoja de cara de soporte estructural de lado frontal comprende un material no conductor. La hoja de cara de soporte estructural de lado frontal y la hoja de cara de soporte estructural de lado posterior están construidas usando Cianato-Éster Astro-Cuarzo. El arreglo de elementos de antena puede acoplarse a filtros en el lado posterior de la capa de material estructural.

Las realizaciones de la divulgación permiten menos estructura de apoyo para soportar el arreglo en fase. Además, la fabricación de los múltiples elementos de antena en la capa de material estructural puede mecanizarse como un grupo, en lugar de manera individual. Esto puede acelerar la producción general de la antena.

Las realizaciones de la divulgación pueden proporcionar grandes ahorros de costes sobre las soluciones de antena existentes al reducir la masa y volumen general de una nave espacial. Esto puede permitir que la nave espacial se lance en vehículos de lanzamiento más pequeños, menos costosos. De este modo, el ahorro general puede ser significativo. Las realizaciones de la divulgación pueden permitir el diseño, fabricación, y prueba de antenas de arreglo en fase, particularmente la antena basada en espacio, que son más baratas, más ligeras, y más potentes que las antenas actuales.

Una realización típica de la divulgación comprende una nave espacial que tiene una antena de arreglo en fase que incluye una capa de material de soporte que tiene un arreglo de cavidades de elemento de antena, teniendo cada cavidad de elemento de antena del arreglo de cavidades de elemento de antena una abertura abierta hacia un lado frontal de la capa de material de soporte y una interfaz abierta a un lado posterior de la capa de material de soporte, y una capa conductora que reviste cada cavidad de elemento de antena del arreglo de cavidades de elemento de antena. La capa de material de soporte comprende una espuma estructural, concretamente polimetacrilimida. En algunas realizaciones de la divulgación, la capa conductora puede comprender aluminio chapado.

La antena de arreglo en fase puede emplearse de tal manera que la capa de material de soporte comprenda un soporte en una estructura subyacente para la antena de arreglo en fase. El soporte en la estructura subyacente para la antena de arreglo en fase se dispone en una nave espacial. La eficiencia estructural del arreglo en fase produce una masa general más baja, una consideración importante en el diseño de naves espaciales.

Una o más hojas de cara están fijadas en al menos uno del lado frontal y el lado posterior de la capa de material de soporte para proporcionar un soporte estructural adicional. Típicamente, la una o más hojas de cara comprenden un material sustancialmente transparente de RF. La hoja de cara de soporte estructural de lado frontal comprende un material no conductor. La hoja de cara de soporte estructural de lado frontal y la hoja de cara de soporte estructural de lado posterior están construidas usando Cianato-Éster Astro-Cuarzo.

En algunas realizaciones de la divulgación, la antena de arreglo en fase también puede incluir un arreglo de filtros de elemento de antena, cada filtro del arreglo de filtros de elemento de antena acoplados a la interfaz de cada cavidad de elemento de antena del arreglo de cavidades de elemento de antena.

De manera similar, un método típico de fabricación de una antena de arreglo en fase comprende las etapas de mecanizar un arreglo de cavidades de elemento de antena en una capa de material de soporte formada de polimetacrilimida, teniendo cada cavidad de elemento de antena del arreglo de cavidades de elemento de antena una abertura abierta a un lado frontal de la capa de material de soporte y una interfaz abierta a un lado posterior de la capa de material de soporte, y que reviste cada cavidad de elemento de antena del arreglo de cavidades de elemento de antena con un revestimiento de capa conductora. El método comprende además fijar una hoja de cara de soporte estructural de lado frontal a la parte frontal de la capa de material de soporte y fijar una hoja de cara de soporte estructural de lado posterior al lado posterior de la capa de material de soporte. La hoja de cara de soporte estructural de lado frontal comprende un material no conductor. La hoja de cara de soporte estructural de lado frontal y la hoja de cara de soporte estructural de lado posterior están construidas usando Cianato-Éster Astro-Cuarzo. El método comprende además la incorporación de la antena de arreglo en fase en un miembro estructural de una nave espacial.

En algunas realizaciones de la divulgación, el revestimiento de cada cavidad de elemento de antena del arreglo de cavidades de elemento de antena del arreglo con el revestimiento de capa conductora comprende enchapar la capa conductora en un mandril emparejándolo con cada cavidad de elemento de antena, uniendo la capa conductora en cada cavidad de elemento de antena usando el mandril, y eliminando el mandril dejando la capa conductora unida en cada cavidad de elemento de antena. Las realizaciones de método de la divulgación pueden modificarse además de manera consistente con el aparato y realizaciones de sistema descritas aquí.

Además, una realización de antena de arreglo en fase puede incluir un medio de capa de material para soportar una estructura, teniendo la capa de material un arreglo de cavidades de elemento de antena, cada cavidad de elemento

de antena del arreglo de cavidades de elemento de antena que tiene una abertura abierta hacia un lado frontal de la capa de material y una interfaz abierta a un lado posterior de la capa de material, y una capa conductora que reviste cada cavidad de elemento de antena del arreglo de cavidades de elemento de antena. Las realizaciones del aparato de la divulgación pueden modificarse además de manera consistente con el método y realizaciones de sistema descritos aquí.

5 Breve descripción de los dibujos

Refiriéndonos ahora a los dibujos en los que números de referencia similares representan partes correspondientes de principio a fin:

10 Las figuras 1A y 1B ilustran las vistas superior y lateral de una configuración de ejemplo de una antena de arreglo en fase estructural de acuerdo con la divulgación;

La figura 1C ilustra una vista isométrica de una configuración de ejemplo de una antena de arreglo en fase estructural de acuerdo con la divulgación;

Las figuras 2A a 2E ilustran un ejemplo de una antena de arreglo en fase estructural a partir de las etapas en un proceso de ejemplo de fabricación de la antena de arreglo en fase estructural de acuerdo con la divulgación;

15 Las figuras 3A y 3B ilustran los dibujos lineales de vista superior y vista lateral de una antena de arreglo en fase estructural de ejemplo de acuerdo con la divulgación;

Las figuras 3C y 3D ilustran los dibujos lineales de vista lateral y vista isométrica del subarreglo de ejemplo de la antena de arreglo en fase estructural;

La figura 4 ilustra un satélite de ejemplo que puede emplear una antena de arreglo en fase estructural;

20 La figura 5A es un diagrama de flujo de un método de ejemplo para fabricar una antena de arreglo en fase estructural de acuerdo con la divulgación; y

La figura 5B es un diagrama de flujo de un submétodo de ejemplo para revestir las cavidades de elemento de antena con un material conductor como parte de la fabricación de una antena de arreglo en fase estructural.

Descripción detallada de la realización preferida

25 1. Visión general

Como se mencionó anteriormente, las realizaciones de la divulgación se dirigen a antenas de arreglo en fase estructural y métodos para su fabricación. Se puede incorporar un arreglo de elementos de antena en un miembro estructural de una nave espacial donde una capa de material estructural, tal como una espuma estructural, tiene un arreglo de cavidades de elementos de antena individuales mecanizadas en la capa. Las cavidades de elemento de antena están revestidas con un material conductor, tal como aluminio chapado. Las hojas de cara también pueden unirse al lado frontal y/o posterior de la capa de material estructural con el fin de aumentar la resistencia y/o rigidez usando un material transparente de RF. El arreglo de elementos de antena puede acoplarse a filtros en el lado posterior de la capa de material estructural que conducen al resto de la señal de comunicaciones electrónicas.

30 Las realizaciones de la divulgación permiten una menor estructura de apoyo para soportar el arreglo en fase, reduciendo de este modo el peso, coste, y volumen. Las realizaciones de la divulgación ofrecen una solución integrada única para los elementos de antena de abertura (bocinas de alimentación) y estructura. Esto puede producir un coste y peso netos más bajos. Se puede derivar un beneficio adicional de la capacidad para fabricar los elementos de antena de abertura juntos en lugar de manera individual como con las antenas convencionales. De este modo, los múltiples elementos de antena en la capa de material estructural pueden mecanizarse como un grupo, en lugar de producirse de manera individual de la manera tradicional. Esto puede acelerar más la producción general de la antena.

35 Las realizaciones de la divulgación pueden proporcionar un ahorro significativo de coste sobre las soluciones de antena existentes al reducir la masa y volumen general de una nave espacial. Esto puede permitir el lanzamiento de la nave espacial en vehículos de lanzamiento más pequeños, menos costosos. De este modo, el ahorro general puede ser significativo. Las realizaciones de la divulgación pueden permitir el diseño, fabricación, y prueba de antenas de arreglo en fase, particularmente la antena basada en espacio, que son más baratas, más ligeras, y más potentes que las antenas actuales.

40 2. Antena de arreglo en fase estructural

Las figuras 1A y 1B ilustran las vistas superior y lateral de una configuración de ejemplo de una antena 100 de arreglo en fase estructural de acuerdo con la divulgación. La antena 100 comprende un arreglo de elementos 102 de antena (o bocinas de alimentación) integrada directamente en una capa 104 de material de soporte. Cada elemento de antena está formado por una cavidad 106 mecanizada en la capa 104 de material de soporte que tiene una abertura 108 abierta en un lado frontal de la capa 104 de material de soporte y una interfaz 110 se abren a un lado posterior de la capa 104 de material de soporte. Además, la cavidad 106 de cada uno de los arreglos de elementos 102 de antena

está revestida con un revestimiento de capa 112 conductora con el fin de proporcionar las propiedades eléctricas correctas para funcionar como un elemento radiante en la antena 100 de arreglo en fase.

Finalmente, las hojas de cara 114A, 114B se fijan en el lado frontal y posterior de la capa 104 de material de soporte con el fin de proporcionar un soporte estructural adicional. Las hojas de cara 114A, 114B deben construirse a partir de un material transparente de RF así que no interfieran con la función de los elementos 102 de antena en la antena 100 operativa. En uso la interfaz 110 de cada elemento 102 de antena se acoplará a la electrónica de antena (por ejemplo una guía de onda o filtro). Esto se puede cumplir a través de una interfaz empernada (usando pernos de metal o no metálicos) o posiblemente mediante unión. Por consiguiente, cualquier hoja de cara 114B en el lado posterior de la capa 104 de material de soporte debe tener recortes que permitan de manera mínima la conexión a la capa 112 conductora en la interfaz 110 de cada elemento 102 de antena. Además, para lograr características aceptables de intermodulación pasiva (PIM), no se deben emplear materiales de metal (conductores) para los componentes (por ejemplo, la hoja de cara 114A de lado frontal) dispuesta sobre el plano de abertura de los elementos de antena, es decir, el plano en el lado frontal de la capa 104 de material de soporte.

Se pueden usar diversos materiales en la construcción de la antena 100 de arreglo en fase estructural. Para aplicaciones de espacio, las propiedades de material deben cumplir con estándares más altos que las aplicaciones terrestres. Por ejemplo, los materiales deben mostrar una desgasificación limitada (por ejemplo, < 1% de pérdida de masa total y < 0,1% de material condensable volátil). De manera similar, los materiales deben estar calificados para un amplio rango de temperatura (por ejemplo, -15 °C a +120 °C) para aplicaciones de espacio. La capa 104 de material de soporte debe ser un material no conductor para eliminar la interferencia con la operación de los elementos 102 de antena. (Los materiales conductores pueden usarse para la capa 104 de material de soporte, pero esto requerirá aislamiento de los elementos de antena, lo que complica el diseño detallado). Las espumas estructurales, tal como polimetacrilimida, son muy adecuadas para usar como la capa 104 de material de soporte. El material de la capa 104 de material de soporte puede comprender una capa homogénea (por ejemplo tal como con una espuma estructural) o una capa heterogénea (por ejemplo utilizando una combinación de materiales). La capa 112 conductora que reviste cada uno de los elementos 102 de antena puede ser un metal chapado, tal como aluminio, cobre, níquel, u oro. De este modo, la capa 112 conductora puede ser extremadamente delgada, por ejemplo del orden de 0.0254mm (1 mil) de grosor. El grosor mínimo acoplado con el revestimiento de aluminio produce una configuración de peso muy ligero. Las hojas de cara 114A, 114B pueden construirse usando Cianato-Éster Astro-Cuarzo o fibra de vidrio. Tanto la hoja de cara frontal como posterior pueden emplear un coeficiente similar de propiedades de expansión térmica para reducir la deformación de la antena.

Aunque la mayoría de las antenas de arreglo en fase se desarrollan usando elementos de antena idénticos, se debe notar que el tamaño y separación de los elementos 104 de antena se determinan a partir de la combinación de requisitos estructurales (resistencia, rigidez, etc.) y requisitos eléctricos (frecuencia, potencia, rango de dirección, etc.) en el diseño general de la antena 100, como entenderán los experimentados en la técnica. También se debe notar que aunque los elementos 102 de antena se muestran como idénticos, esto no se requiere; se pueden emplear tamaños variables de elementos de antena individuales y subarreglos de elementos de acuerdo con los principios descritos aquí como entenderán los experimentados en la técnica. Además, aunque la antena 100 de arreglo en fase estructural de ejemplo se describe como una antena receptora, las realizaciones de la divulgación no se limitan a las antenas receptoras. Los principios descritos aquí también son directamente aplicables a la antena transmisora, como entenderán los experimentados en la técnica.

La figura 1C ilustra una vista esquemática isométrica de una configuración de ejemplo de una antena 120 de arreglo en fase estructural de acuerdo con la divulgación. La capa 122 de material de soporte se muestra con el arreglo de cavidades de elemento de antena dentro de la capa 122. El arreglo de elementos 124 de antena comprende cada uno una cavidad 126 que tiene una abertura 128 abierta hacia un lado frontal de la capa 122 de material de soporte y una interfaz 130 abierta hacia un lado posterior de la capa 122 de material de soporte. Notar que la forma de la cavidad 126 de elemento de antena en la figura 1C se simplifica en comparación con la cavidad 106 de la antena 100 de las figuras 1A y 1B. La forma específica de la cavidad dependerá del rendimiento eléctrico deseado (por ejemplo rango de frecuencia, etc.) para la antena particular como entenderán los experimentados en la técnica. Finalmente, la antena 120 puede incorporar una o más hojas de cara 132A, 132B que pueden estar unidas al lado frontal y/o posterior de la capa 122 de material de soporte para agregar resistencia y/o rigidez. (Las hojas de cara 132A, 132B se muestran separadas de la capa 122 de material de soporte en la figura 1C para claridad). Diversas etapas detalladas de un ejemplo de proceso de fabricación ilustran además un ejemplo de antena de arreglo en fase estructural como se describe de aquí en adelante.

Las figuras 2A a 2E ilustran un ejemplo de antena de arreglo en fase estructural a partir de las etapas en un proceso de ejemplo de fabricación de la antena de arreglo en fase estructural de acuerdo con la divulgación. La figura 2A ilustra un perfil 200 de un ejemplo de elemento de antena que puede emplearse en una realización de la divulgación. Este elemento de antena comprende un elemento radiante de transmisión que opera en la banda de frecuencia Ku. Se debe notar que otros perfiles de elemento de antena pueden desarrollarse de manera similar para los elementos radiantes que operan en otras bandas de frecuencia y para antenas receptoras como entenderán los experimentados en la técnica.

La figura 2B ilustra un arreglo de cavidades 204 de elemento de antena emparejándolo con el perfil 200 que se mecanizan a través de una capa 202 de material estructural, por ejemplo tal como una espuma estructural. Cada cavidad 204 de elemento de antena a través de la capa 202 de material estructural tiene una abertura 206 abierta al lado frontal de la capa 202 y una interfaz 208 abierta al lado posterior de la capa 202.

5 La capa de material estructural puede estar hecha de una espuma estructural conocida como ROHACELL® HF, fabricada por Degussa, que se usa en antenas, radomos y mesas de rayos X. Este es un plástico de espuma rígida de celda cerrada de polimetacrilimida (PMI) que no contiene ningún clorofluorocarbonos (CFCs). La espuma estructural tiene una densidad de aproximadamente 32kg/m³ (2.0 lb/pies³), una resistencia de compresión de aproximadamente 400 kpa (58 psi), una resistencia de tracción de aproximadamente 1000 kpa (145 psi) y cumple con los requisitos de desgasificación descritos anteriormente. Además, la espuma tiene una temperatura de supervivencia en exceso de 160 °C.

10 La figura 2C muestra que se corta un mandril 210 sólido que también es coincidente con el perfil 200 del elemento de antena que se usará en el proceso de fabricación. El mandril 210 se fabrica para definir la forma interior y la rugosidad de superficie del elemento de antena. Por ejemplo, la rugosidad de superficie de mandril puede ser de 64 rms que se transferirá al elemento de antena a través del procesamiento posterior que se describe de aquí en adelante. El mandril 210 se puede usar para desarrollar el material conductor del elemento de antena en el arreglo en fase al enchapar la superficie de mandril con una capa 212 delgada de metal que se muestra en la figura 2D, tal como aluminio. Por ejemplo, se pueden electroformar 0.0254mm (1 mil) de aluminio puro sobre el mandril 210. La superficie de mandril 210 se puede tratar con un agente para facilitar la separación de la capa 212 de metal en el siguiente procesamiento. Además, un mandril soluble, tal como Aquapour por Advanced Ceramics Manufacturing, se puede chapar y disolver después de la inserción en la cavidad para producir el revestimiento conductor.

15 La figura 2D ilustra la aplicación de la capa 212 de metal a la cavidad 204 de elemento de antena. Un adhesivo, tal como Hysol EA9394, se aplica a la superficie 214 de la cavidad 204 de elemento de antena. El mandril 210 con la capa 212 de metal entonces se inserta en la cavidad 204 de elemento de antena como se muestra. Por consiguiente, la capa 212 de metal se une a la superficie 214 de la cavidad 204 de elemento de antena.

20 La figura 2E ilustra la eliminación del mandril 210 dejando una cavidad 204 con un revestimiento de capa 212 de metal para formar el elemento 216 de antena. El aluminio transferido proporciona el revestimiento de superficie interior del elemento de antena. El revestimiento interior resultante produce una rugosidad de superficie emparejada del mandril. Esto se repite por cada cavidad para producir la antena de arreglo en fase completa. También se puede emplear un proceso por lotes que utiliza un bloque de mandriles que se insertan y eliminan todos simultáneamente. A continuación estas hojas de cara 218A, 218B, por ejemplo, de Cianato-Éster Astro-Cuarzo, pueden unirse, usando una película adhesiva estructural tal como una película adhesiva estructural 3M AF-126, en las superficies frontal y/o posterior de la capa 202 de material estructural para mejorar la resistencia.

25 Las figuras 3A y 3B ilustran los dibujos lineales de la vista superior y vista lateral de un ejemplo de antena 300 de arreglo en fase de acuerdo con la divulgación. La antena 300 de arreglo en fase se muestra como una combinación de trece subarreglos 302A-302M. Cada subarreglo incluye una hoja de cara frontal separada unida a la superficie frontal de su respectiva capa de material estructural. Cada subarreglo 302A-302M puede construirse por separado como se describió anteriormente y entonces integrarse en el ensamblaje completo de antena 300.

30 Las figuras 3C y 3D ilustran los dibujos lineales de vista lateral y vista isométrica del subarreglo 302A de ejemplo de la antena 300 de arreglo en fase estructural. Cada subarreglo puede unirse a los subarreglos adyacentes a través del uso de correas unidas que producen una junta de solape en cada hoja de cara. La interfaz 304 de cada elemento 308 de antena está acoplada a un filtro 306 de guía de onda separado a través de una interfaz 304 de bastidor de tuerca como se muestra. La interfaz 304 de bastidor de tuerca usa un patrón de pernos que empujan los filtros al revestimiento inferior en su interfaz de guía de onda respectiva. Esto permite acoplar el filtro 306 de guía de onda a la interfaz 304 del elemento 308 de antena (es decir, el revestimiento conductor en la interfaz en el lado posterior de la capa de material estructural). También se puede usar una interfaz unida que podría comprender un revestimiento conductor en la porción inferior de la cavidad para emparejar con la parte superior de la interfaz de filtro y proporcionar una interconexión.

35 La figura 4 ilustra un satélite 400 de ejemplo que puede emplear una antena de arreglo en fase estructural. El satélite 400 de ejemplo es una nave espacial de cuerpo estabilizado que orbita la Tierra y se usa para proporcionar comunicaciones entre diferentes ubicaciones en la Tierra (y/o diferentes naves espaciales). El satélite 400 comprende una estructura 402 de bus central desde la cual los arreglos 404A, 404B solares se extienden para capturar y convertir la energía solar en energía eléctrica para alimentar los diversos sistemas del satélite 400. Además, el satélite 400 incluye un par de antenas 406A, 406B de reflector convencionales que recibe y transmite señales de las bocinas 408A, 408B de alimentación, respectivamente.

40 El satélite 400 es solo un ejemplo; los experimentados en la técnica apreciarán las realizaciones de la divulgación que se pueden aplicar a cualquier nave espacial. Además, se debe notar que las antenas de arreglo en fase estructural de acuerdo con la divulgación no se limitan a las aplicaciones satelitales, sino que pueden emplearse con cualquier otro tipo de naves espaciales o incluso aplicaciones terrestres. Sin embargo, la eficiencia estructural ofrecida por las

realizaciones de la divulgación los hace particularmente útiles en satélites puesto que la masa y volumen limitados son siempre restricciones críticas en cualquier sistema originado en el espacio.

5 Como se muestra anteriormente, una antena de arreglo en fase de acuerdo con la divulgación se integra en una estructura de soporte. Las antenas convencionales típicamente usan un peso parasitario para proporcionar el esqueleto de la estructura de soporte. Las realizaciones de la divulgación, por otro lado, pueden reducir el peso parasitario puesto que proporcionan un miembro portante estructural integrado. De este modo, las realizaciones de la divulgación permiten el ahorro de coste, peso, y volumen netos mientras todavía proporcionan un rendimiento de RF igual de soluciones de antena existentes.

10 Las realizaciones de la divulgación superan las soluciones existentes puesto que permiten que la antena sea una estructura autosuficiente. Esto puede reducir o eliminar cualquier peso parasitario en comparación con los miembros estructurales de las soluciones existentes. Esto también puede mejorar el tiempo de instalación y la envoltura requerida debido al apilamiento dimensional asociado con la instalación de bocinas de alimentación individuales en una antena convencional.

3. Método de fabricación de una antena de arreglo en fase estructural

15 Las realizaciones de la divulgación también abarcan un método para fabricar una antena de arreglo en fase estructural de manera consistente con el aparato precedente y descripciones de proceso.

20 La figura 5A es un diagrama de flujo de un método 500 de ejemplo de fabricación de una antena de arreglo en fase de acuerdo con la divulgación. En una primera operación 502, un arreglo de cavidades de elemento de antena se mecaniza en una capa de material de soporte, teniendo cada cavidad de elemento de antena del arreglo de cavidades de elemento de antena una abertura abierta hacia un lado frontal de la capa de material de soporte y una interfaz abierta a un lado posterior de la capa de material de soporte. El proceso de mecanización apropiado dependerá de la capa de material de soporte seleccionada. Las espumas estructurales se pueden mecanizar fácilmente en un molino NC, por ejemplo. A continuación, cada cavidad de elemento de antena del arreglo de cavidades de elemento de antena se reviste con una capa conductora en la operación 504. El revestimiento de las cavidades con una capa conductora se puede realizar mediante la unión en una capa conductora, por ejemplo, un metal, o posiblemente enchapar la cavidad directamente.

30 La figura 5B es un diagrama de flujo de un submétodo 510 de ejemplo para revestir las cavidades de elemento de antena con un material conductor como parte de la fabricación de una antena de arreglo en fase, es decir, la operación 504 del método 500 en la figura 5A. El submétodo 510 comienza con una operación 512 de enchapado de la capa conductora en un mandril emparejándolo con cada cavidad de elemento de antena. A continuación en la operación 512, la capa conductora se une en cada cavidad de elemento de antena usando el mandril. Finalmente, en la operación 514, se elimina el mandril, dejando la capa conductora unida en cada cavidad de elemento de antena. El método 500 y el submétodo 510 pueden modificarse además de manera consistente con los aparatos y sistemas descritos aquí.

35 Además del arreglo en fase estructural integrada, las realizaciones de la divulgación también proporcionan la facilidad de instalación con la fabricación colectiva de un "subarreglo". En un esfuerzo por reducir más el peso y el tiempo de ensamblaje, las realizaciones de la divulgación también pueden incluir la fabricación de un "subarreglo" de elementos de antena (que luego se integran en un arreglo más grande), en lugar de la fabricación e instalación de bocinas individuales como con las antenas convencionales.

40 Esto concluye la descripción que incluye las realizaciones preferidas de la presente divulgación. La descripción precedente que incluye la realización preferida de la divulgación se ha presentado con el propósito de ilustración y descripción. No se pretende ser exhaustivo o limitar las realizaciones de la divulgación a las formas precisas divulgadas. Muchas modificaciones y variaciones son posibles dentro del alcance de las enseñanzas precedentes. Pueden idearse variaciones adicionales de las presentes realizaciones de la divulgación sin apartarse del concepto inventivo como se describe en las siguientes reivindicaciones.

45

REIVINDICACIONES

1. Una nave espacial que tiene una antena de arreglo en fase, comprendiendo la antena de arreglo en fase:
- 5 una capa (104) de material de soporte formada de polimetacrilimida y que tiene un arreglo de elementos (102) de antena, en donde cada uno de los elementos de antena incluye una cavidad (106) de elemento de antena, teniendo cada cavidad de elemento de antena del arreglo de cavidades de elemento de antena una abertura (108) abierta hacia un lado frontal de la capa de material de soporte y una interfaz abierta hacia un lado posterior de la capa de material de soporte;
- un revestimiento (112) de capa conductora de cada cavidad de elemento de antena del arreglo de cavidades de elemento de antena;
- 10 una hoja de cara (114A) de soporte estructural de lado frontal fijada al lado frontal de la capa de material de soporte para proporcionar soporte estructural a la capa de material de soporte; y
- una hoja de cara (114B) de soporte estructural de lado posterior fijada al lado posterior de la capa de material de soporte para proporcionar soporte estructural a la capa de material de soporte;
- 15 en donde la hoja de cara de soporte estructural de lado frontal y la hoja de cara de soporte estructural de lado posterior se construyen usando Cianato-Éster Astro-Cuarzo.
2. La antena de arreglo en fase de la reivindicación 1, en donde la capa de material de soporte comprende un soporte en una estructura subyacente para la antena de arreglo en fase.
3. La antena de arreglo en fase de la reivindicación 1, en donde la hoja de cara de soporte estructural de lado frontal y la hoja de cara de soporte de lado posterior comprenden un material sustancialmente transparente de RF.
- 20 4. La antena de arreglo en fase de la reivindicación 1, que comprende además un arreglo de filtros de elemento de antena, cada filtro del arreglo de filtros de elemento de antena acoplados a la interfaz de cada cavidad de elemento de antena del arreglo de cavidades de elemento de antena.
5. Un método para fabricar una antena de arreglo en fase, que comprende los pasos de:
- 25 mecanizar un arreglo de cavidades de elemento de antena en una capa de material de soporte formada de polimetacrilimida, teniendo cada cavidad de elemento de antena del arreglo de cavidades de elemento de antena una abertura abierta en el lado frontal de la capa de material de soporte y una interfaz abierta en el lado posterior de la capa de material de soporte;
- revestir cada cavidad de elemento de antena del arreglo de cavidades de elemento de antena con un revestimiento de capa conductora para formar elementos de antena;
- 30 fijar una hoja de cara de soporte estructural de lado frontal en el lado frontal de la capa de material de soporte;
- fijar una hoja de cara de soporte estructural de lado posterior en el lado posterior de la capa de material de soporte,
- en donde la hoja de cara de soporte estructural de lado frontal y la hoja de cara de soporte estructural de lado posterior se construyen usando Cianato-Éster Astro-Cuarzo;
- y el método comprende además:
- 35 incorporar la antena de arreglo en fase en un miembro estructural de una nave espacial.
6. El método de la reivindicación 5, en donde la capa de material de soporte comprende un soporte en una estructura subyacente para la antena de arreglo en fase.
7. El método de la reivindicación 5, en donde al menos una de la hoja de cara de soporte estructural de lado frontal y la hoja de cara de soporte estructural de lado posterior comprenden un material sustancialmente transparente de RF.
- 40 8. El método de la reivindicación 5, en donde revestir cada cavidad de elemento de antena del arreglo de cavidades de elemento de antena del arreglo con el revestimiento de capa conductora comprende:
- enchapar la capa conductora sobre un mandril emparejándolo con cada cavidad de elemento de antena;
- unir la capa conductora en cada cavidad de elemento de antena usando el mandril; y
- eliminar el mandril dejando la capa conductora unida en cada cavidad de elemento de antena.
- 45 9. El método de la reivindicación 8, en donde la capa conductora comprende aluminio.

10. El método de la reivindicación 5, que comprende además acoplar cada filtro de un arreglo de filtros de elemento de antena a la interfaz de cada cavidad de elemento de antena del arreglo de cavidades de elemento de antena.

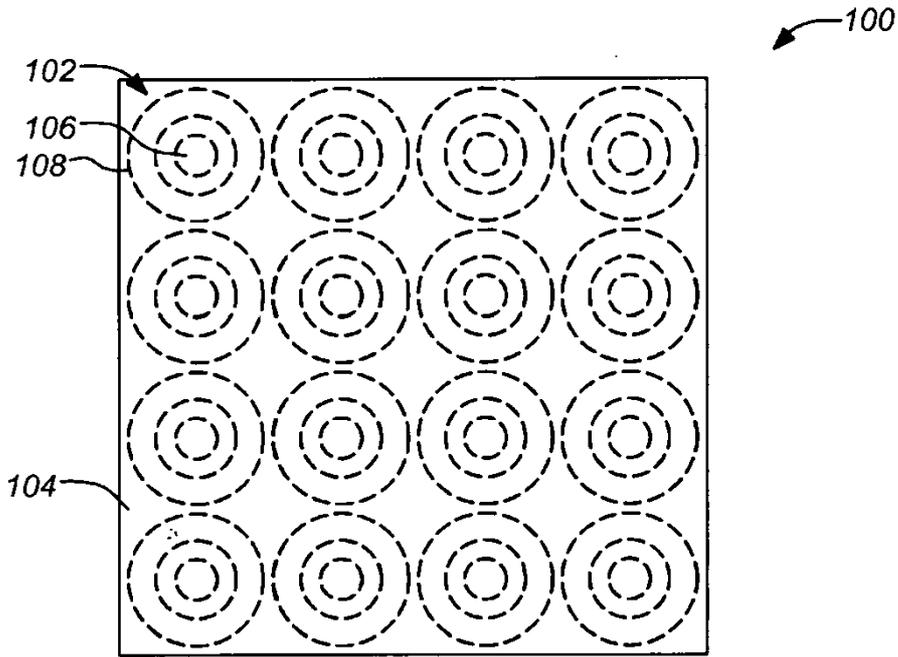


FIG. 1A

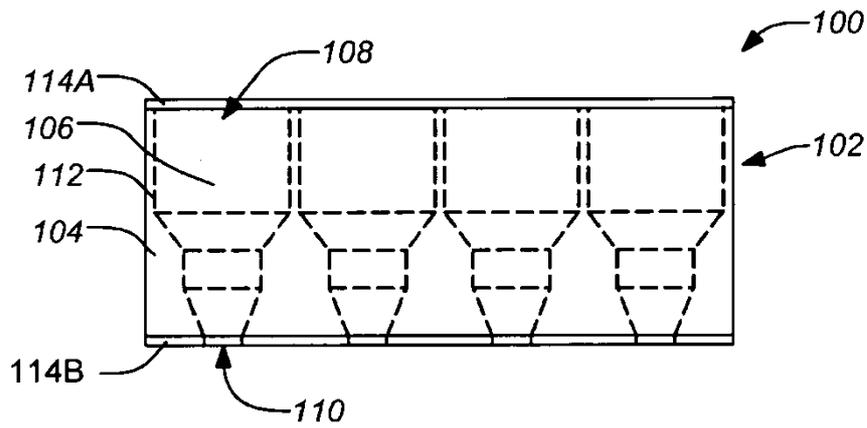


FIG. 1B

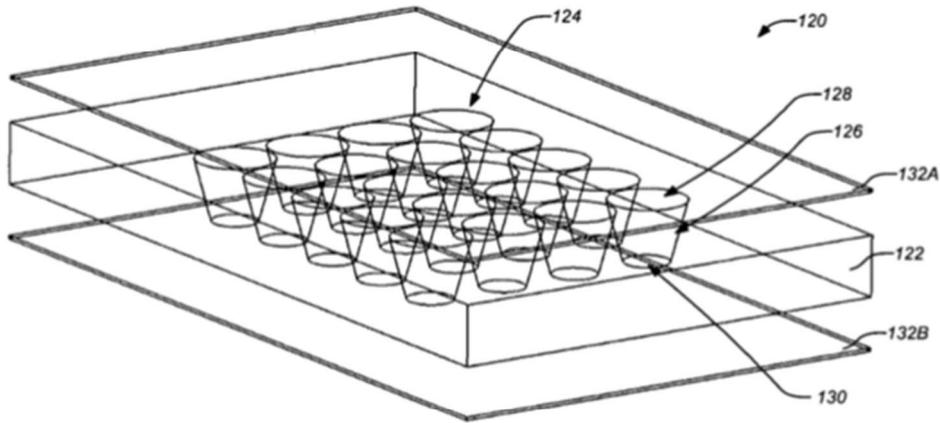


FIG. 1C

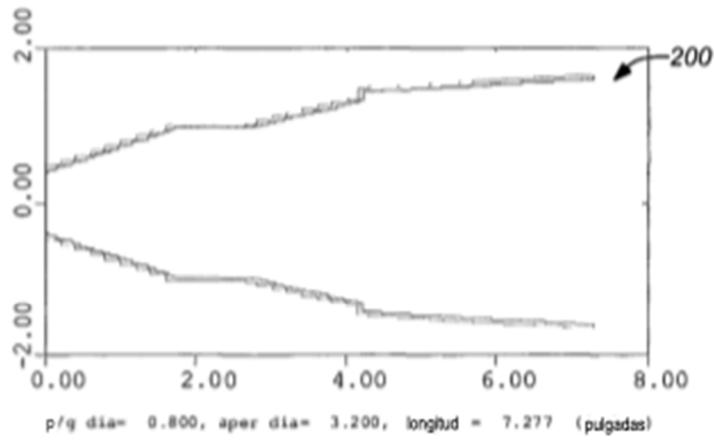


FIG. 2A

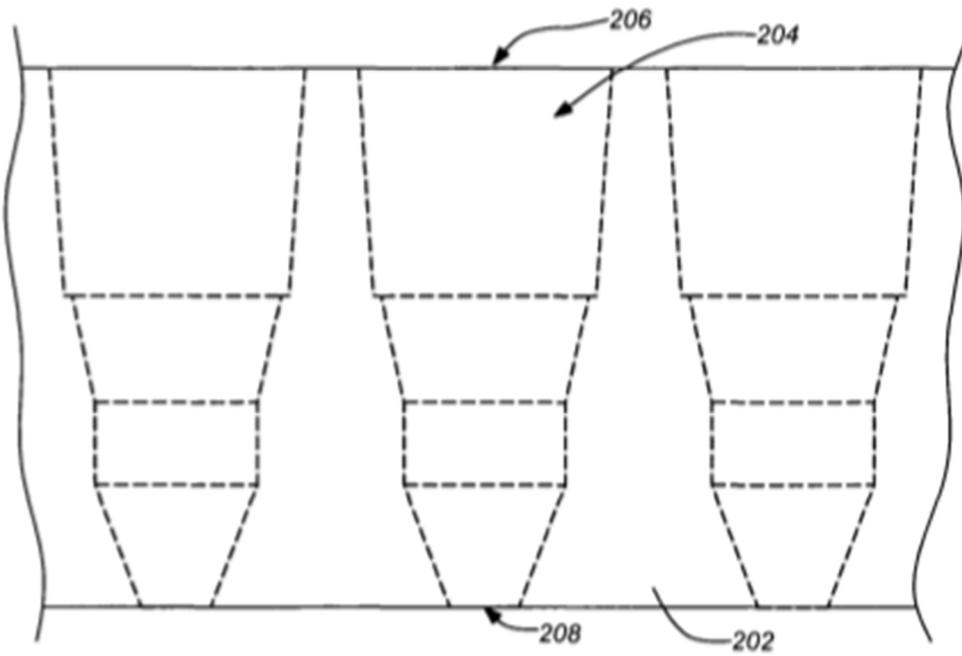


FIG. 2B

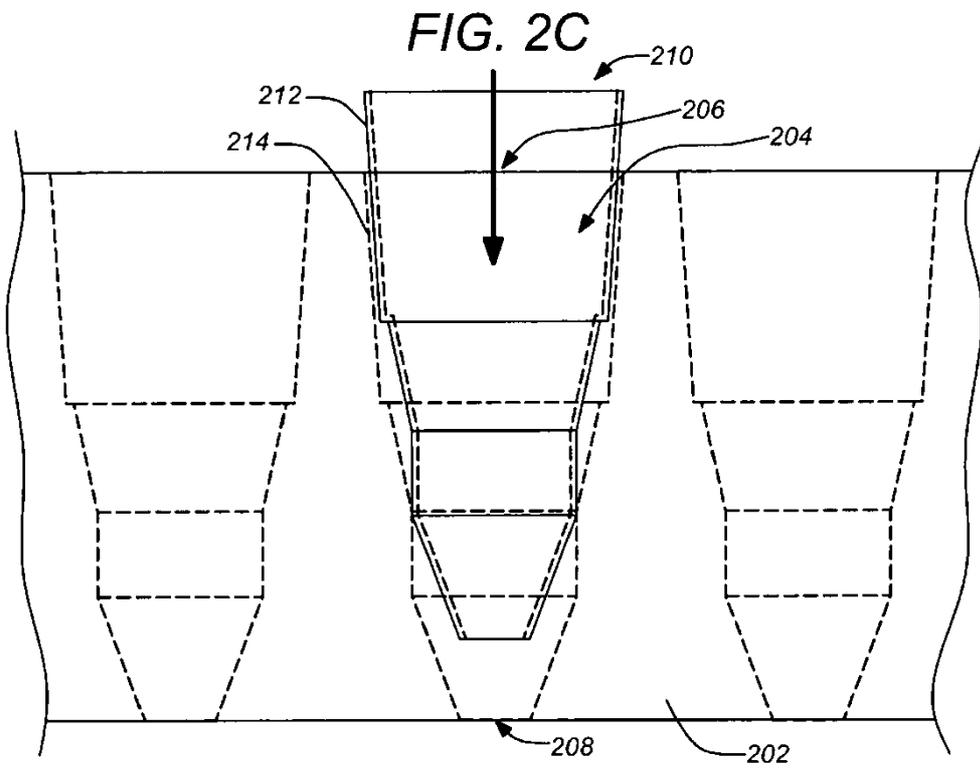
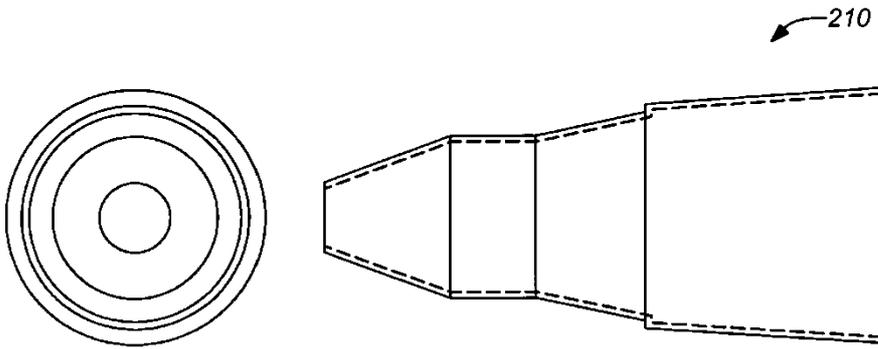


FIG. 2D

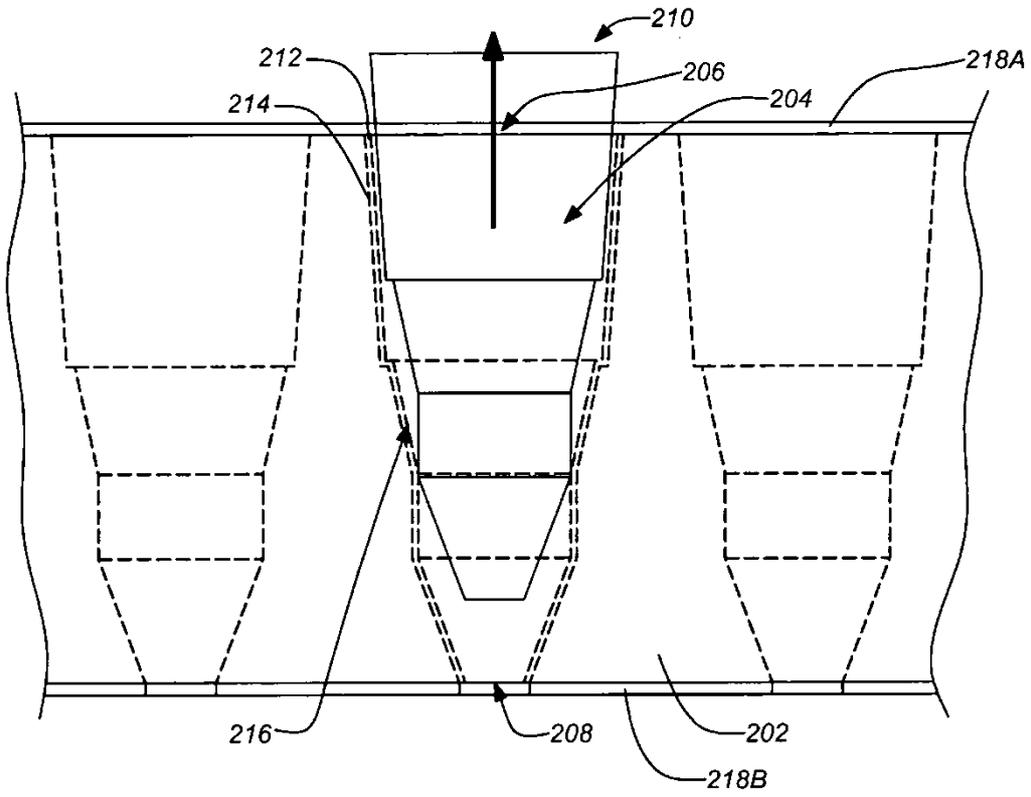
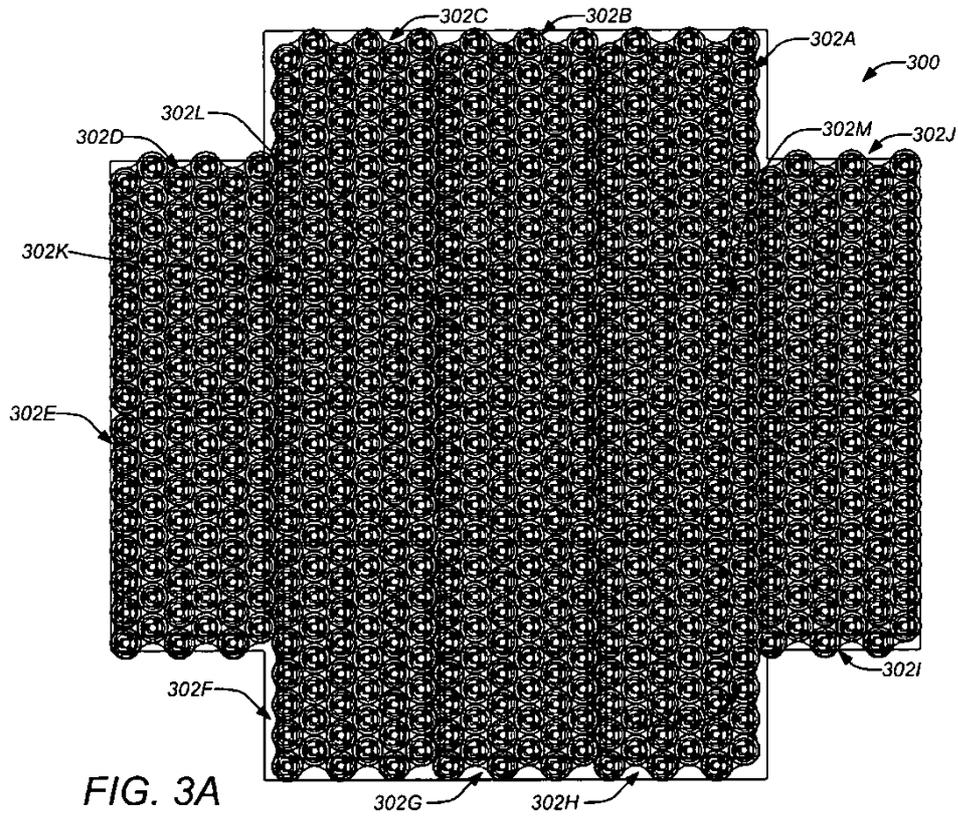


FIG. 2E



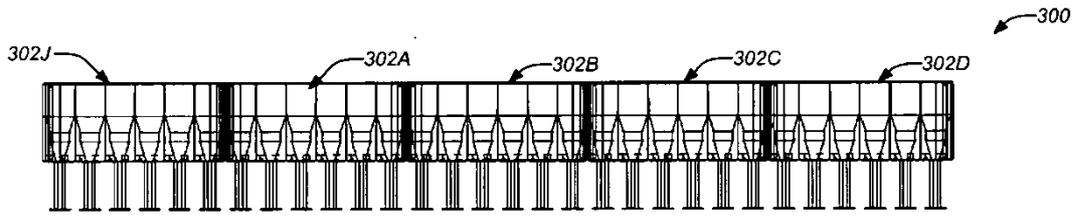


FIG. 3B

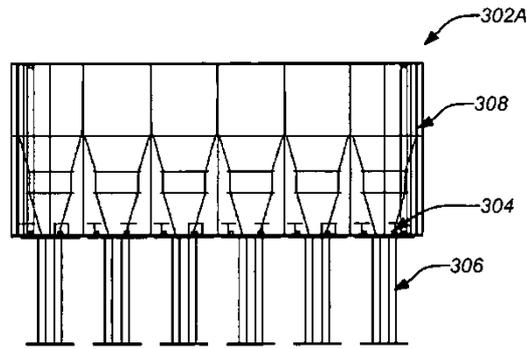


FIG. 3C

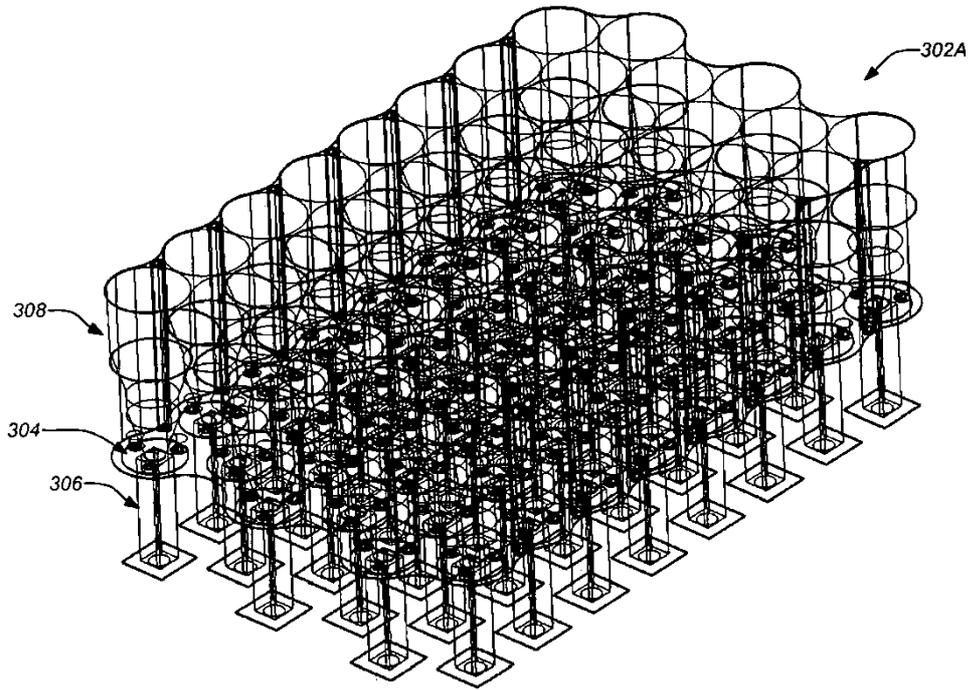


FIG. 3D

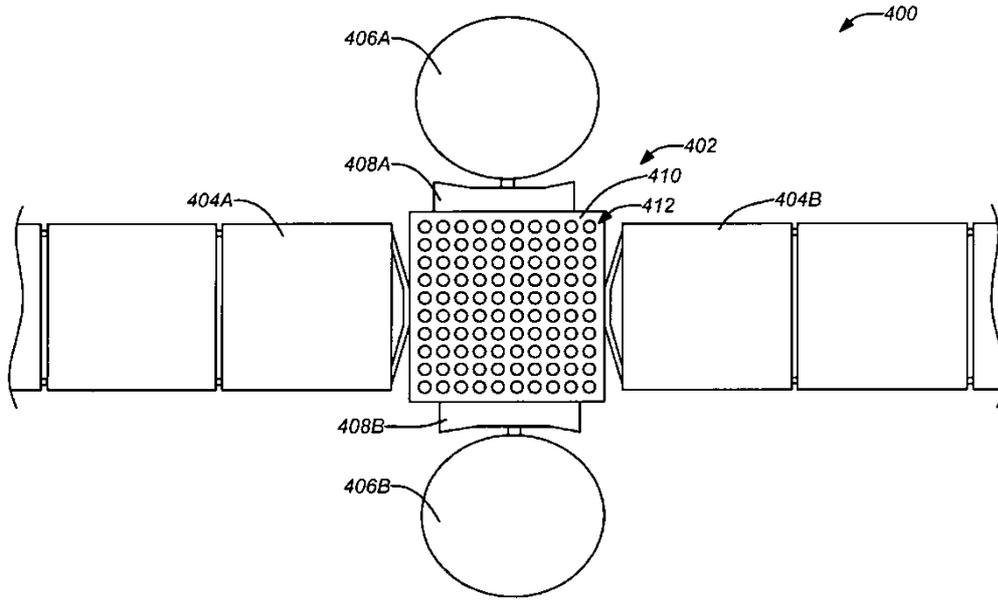


FIG. 4

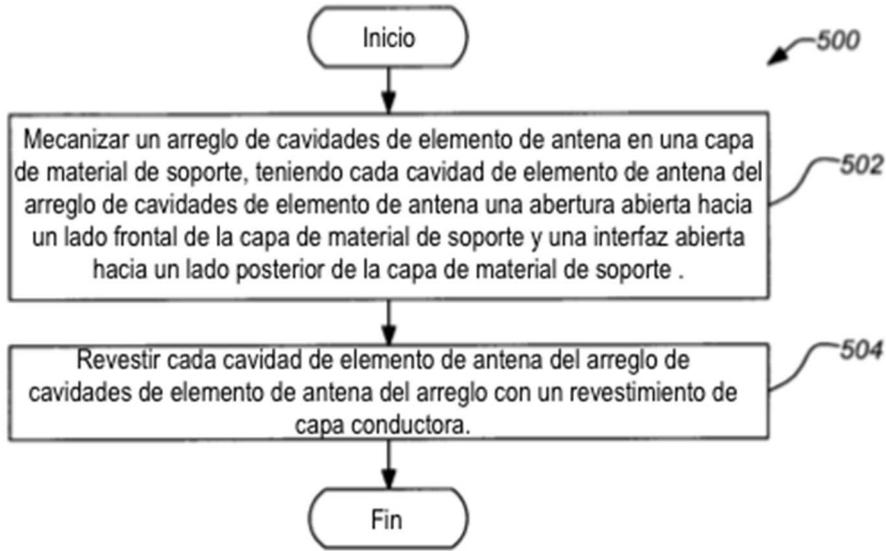


FIG. 5A

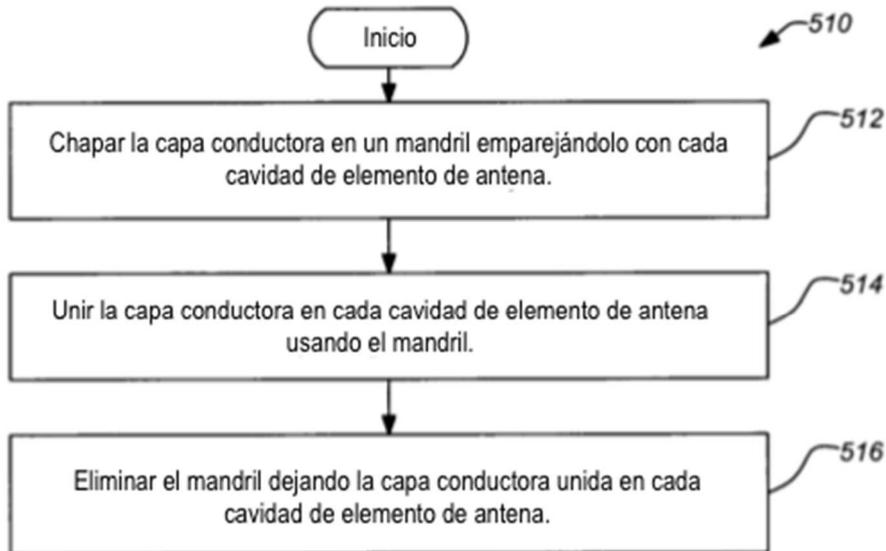


FIG. 5B