

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 803 298**

51 Int. Cl.:

H01Q 1/36 (2006.01)

H01Q 1/08 (2006.01)

H01Q 1/28 (2006.01)

H01Q 3/01 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **08.02.2017 E 17155289 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **22.04.2020 EP 3206253**

54 Título: **Antena estructuralmente reconfigurable**

30 Prioridad:

15.02.2016 US 201615043826

02.11.2016 US 201615342094

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

25.01.2021

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

**URCIA JR, MANNY S.;
ADAMS, ALEC y
WHITE, EDWARD V.**

74 Agente/Representante:

CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel

ES 2 803 298 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

Antena estructuralmente reconfigurable

Antecedentes

5 La presente divulgación se refiere en general a comunicaciones de ondas electromagnéticas, y, más particularmente, a un sistema y método para reconfigurar dinámicamente una o más antenas de ondas electromagnéticas para adaptarse a diferentes requisitos de formato o rendimiento.

10 Una antena es una estructura usada para recibir o transmitir radiación electromagnética, habitualmente para propósitos de comunicación o detección. Por lo tanto, por ejemplo, las antenas de banda celular son ubicuas en las superficies superiores y laterales en edificios de áreas pobladas, y las luces rojas de aviso de aviación de torres de antenas de estaciones de radio se dispersan por el campo. Ya que las características de transmisión y recepción de radiación de una antena son en gran medida una función del tamaño y forma (configuración) de la antena, las antenas que vemos cada día toman una amplia variedad de formas y tamaños.

15 Mientras la presente divulgación se dirige a un sistema que puede eliminar ciertas deficiencias, debería apreciarse que un beneficio de este tipo no es ni una limitación sobre el alcance de los principios divulgados ni de las reivindicaciones adjuntas, excepto en la medida en lo que se indica expresamente en las reivindicaciones. Adicionalmente, la descripción de tecnología en esta sección de Antecedentes es reflexiva de las propias observaciones, consideraciones y pensamientos de los inventores, y de ninguna manera pretende catalogar con precisión o resumir exhaustivamente la técnica en el dominio público en la actualidad. Como tal, los inventores rechazan expresamente esta sección como técnica anterior admitida o supuesta. Además, cualquier identificación o implicación acerca de o de otra manera en este documento de un curso de acción deseable refleja las propias observaciones e ideas de los inventores, no deberían suponerse que indican una deseabilidad reconocida en la técnica.

25 El documento WO 2014/197707 A2 describe una reconfiguración controlada de tensión de estructuras de metal líquido. De acuerdo con un método ilustrativo, se proporciona un contenedor. En el contenedor se proporciona un electrolito. En el contenedor se proporciona una estructura de metal líquido y al menos parcialmente en contacto con el electrolito. Se aplica una tensión entre la estructura de metal líquido y el electrolito para cambiar la forma de la estructura de metal líquido de tal forma que la estructura consigue una forma deseada para una aplicación eléctrica, óptica, mecánica o térmica.

30 El documento US 2009/322646 A1 divulga una antena electromagnética reconfigurable que comprende un elemento radiante que consta de una sustancia fluida que conduce electricidad, siendo el volumen de la sustancia fluida variable y que también comprende una matriz de electrodos en la que la sustancia fluida se mueve por electrohumectación. Las propiedades de la antena en frecuencia, polarización o incluso en patrón de radiación evolucionan dinámicamente. La reconfiguración de la antena en frecuencia, en polarización o en patrón de radiación es continua y reversible.

35 El documento EP 2328232 A1 describe un obturador fluídico reconfigurable para apantallar selectivamente una red de antenas que incluye una primera superficie y segunda superficie separadas y que definen una cavidad; y una bomba configurada para bombear líquido que atenúa la radiación electromagnética, tal como un metal licuado o composición de aleación, dentro y fuera de la cavidad. La primera y segunda superficies son transparentes a la radiación electromagnética, por ejemplo, radiación de microondas u otra radiación de RF.

40 Sumario

45 De acuerdo con un aspecto de la presente divulgación se proporciona un sistema de antenas reconfigurable como se define en la reivindicación 1. De acuerdo con otro aspecto de la presente divulgación se proporciona un método de configuración de una antena como se define en la reivindicación 10. De acuerdo con un ejemplo, teniendo una primera capa de material y una segunda capa de material que definen una cavidad entre las mismas. Un primer depósito contiene al menos parcialmente un metal líquido y un segundo depósito contiene al menos parcialmente un electrolito líquido. El metal líquido y el electrolito están en contacto en una capa de óxido de metal en la cavidad. Una pluralidad de electrodos incluyen un primer electrodo en contacto con el metal líquido y un segundo electrodo en contacto con el electrolito de tal forma que la capa de óxido de metal se descompone cuando un potencial negativo se aplica al segundo electrodo en relación con el primer electrodo.

50 En otro ejemplo, se proporciona un método para configurar una antena. Un metal líquido y un electrolito se sitúan entre dos superficies de tal forma que el metal líquido y el electrolito están en contacto entre sí en una capa de interfaz. Una tensión aplicada entre el electrolito y una porción del metal líquido opera para mover la porción del metal líquido hacia el electrolito. Detener (o cesar) la aplicación de tensión cuando el metal líquido alcanza una

configuración predeterminada bloquea el metal líquido en esa configuración.

En otro ejemplo más de los principios descritos, se proporciona una antena reconfigurable que tiene un metal líquido en contacto con un electrolito, estando el metal líquido en una primera configuración. Una pluralidad de electrodos incluyen un primer electrodo en contacto con el metal líquido y un segundo electrodo en contacto con el electrolito. Una fuente de tensión se conecta a través del primer y segundo electrodos y se configura para aplicar una tensión de una magnitud predeterminada y una polaridad predeterminada para mover el metal líquido desde la primera configuración a una segunda configuración.

Se apreciarán otras características y aspectos de ejemplos de los principios divulgados a partir de la divulgación detallada tomada en conjunto con las figuras incluidas.

10 Breve descripción de las diversas vistas de los dibujos

Mientras las reivindicaciones adjuntas exponen las características de las presentes técnicas con particularidad, estas técnicas, junto con sus objetos y ventajas, pueden entenderse mejor a partir de la siguiente descripción detallada tomada en conjunto con los dibujos adjuntos de los que:

15 La Figura 1 es un esquema de vista en planta que muestra una configuración de metal líquido en un canal de una dimensión a través de la aplicación de tensión que tiene una magnitud o polaridad seleccionada;

La Figura 2 es un esquema de vista en planta de una antena reconfigurable bidimensional de acuerdo con una realización de los principios divulgados;

La Figura 3 es un esquema de vista en planta que muestra una antena reconfigurable bidimensional de múltiples elementos de acuerdo con una realización de los principios divulgados;

20 La Figura 4 es una vista en perspectiva de una red de antenas tridimensional formada de acuerdo con una realización de los principios divulgados;

La Figura 5 es una vista en perspectiva de un sistema de apantallamiento de frecuencia de radio (RF) configurable de acuerdo con una realización de los principios divulgados;

25 La Figura 6 es una vista en planta de varios tipos de antena adicionales creados en diversas realizaciones de los principios divulgados así como una vista lateral en perspectiva de un tipo de antena alternativo; y

La Figura 7 es un diagrama de flujo que ilustra un proceso ilustrativo de configuración de una antena reconfigurable de metal líquido de acuerdo con una o más realizaciones de los principios divulgados.

Descripción detallada

30 Antes de presentar una descripción más detallada de los principios divulgados, se proporciona una visión de conjunto para ayudar al lector en el entendimiento del material posterior. Como se ha indicado anteriormente, las antenas se usan para muchos propósitos y para muchas diferentes porciones del espectro electromagnético, desde microondas hasta radio de banda de consumo, tanto AM como FM, hasta longitud larga de onda radio. Estos usos cubren longitudes de onda a través de aproximadamente 8 órdenes de magnitud. Sin embargo, incluso dentro de una banda estrecha de uso, tal como radio FM, pueden necesitarse diferentes diseños de antena para acomodar completamente la porción pertinente del espectro. Por ejemplo, comunicaciones celulares y comunicaciones WiFi usan aproximadamente porciones adyacentes del espectro, pero habitualmente se benefician de antenas diferentemente ajustadas.

40 Otros contextos a menudo también proporcionan un beneficio a través de formas de antena ajustadas o personalizadas. Por ejemplo, monopolos, dipolos, Vivaldis, antenas de parche y antenas de pajarita dependen todas de formas de antena específicas para sus funciones. Las diferentes formas de antena aludidas anteriormente pueden producirse ciertamente hoy, pero una vez hechas habitualmente se limitan por su forma según se han producido. Esto significa que para que el sistema de radio subyacente a usarse para otro tipo o grado de uso, se necesita una antena o red de antenas totalmente nueva.

45 Sin embargo, en una realización de los principios divulgados, un sistema de antenas electrónicamente reconfigurable permite la configuración o reconfiguración de una antena en el campo siempre que se necesite y sin embargo a menudo se necesita. Por lo tanto, por ejemplo, una antena lineal puede alargarse o acortarse, pueden crearse, configurarse o eliminarse miembros cruzados y estructuras de antena planas pueden cambiarse en forma y extensión, todo mientras el sistema de antenas permanece desplegado.

El galio forma una aleación eutéctica con indio para crear un metal (EGaln) con un punto de fusión esencialmente a temperatura ambiente. Sin embargo, el galio y sus aleaciones no se han usado habitualmente en aplicaciones electrónicas de metal líquido a temperatura ambiente, porque el galio forma un revestimiento de óxido casi instantáneamente cuando se expone al oxígeno. Por lo tanto, a pesar de su alta toxicidad, el mercurio se ha empleado en su lugar para cumplir con los requisitos de metal líquido de temperatura ambiente.

Sin embargo, la capa de óxido de galio tiene el beneficio de que imparte estabilidad estructural a la aleación cuando se forma en una forma dada. Además, la capa de óxido puede descomponerse a través de la aplicación de un campo eléctrico, permitiendo que el EGaln se reconfigure. En una realización de los principios divulgados, se emplea una red de electrodos para abordar y dirigir el EGaln líquido en diferentes configuraciones bidimensionales y tridimensionales limitadas.

Con esta visión de conjunto en mente, y volviendo ahora a una descripción más detallada en conjunto con las figuras adjuntas, la Figura 1 muestra una vista simplificada de un "pixel" 100 del sistema de antenas de metal líquido descrito. Como puede observarse, el metal líquido (por ejemplo, una aleación eutéctica de galio e indio, EGaln) 101 se ubica inicialmente en un depósito de fuente 103 y en un canal 104 formado mediante una superficie superior 105 y una superficie inferior 106 sobre un primer electrodo 107. El resto del canal 104 se rellena con un electrolito 109, (por ejemplo, hidróxido de sodio, NaOH). Un segundo electrodo 111 se ubica en el canal 104 más allá del primer electrodo 107. El depósito de metal líquido 103 o un depósito similar para el electrolito puede contener puertos controlados para controlar la introducción o retirada del líquido asociado.

Volviendo a la Figura 2, para reconfigurar el metal líquido 205 lejos de su primera configuración 206, se aplica una tensión V-113 (también denominada como una diferencia potencial o polarización) mediante una fuente de tensión 115 entre el primer electrodo 107 y el segundo electrodo 111. La trayectoria conductora entre el primer y segundo electrodos 107, 111 incluye una porción del electrolito 109, 209 y una porción del metal líquido 101, 205. La aplicación de tensión 113 induce un campo eléctrico a través de la capa de interfaz de óxido 108 en el punto en la trayectoria de conducción en la que el metal líquido 101 se encuentra con el electrolito 109. El campo eléctrico se descompone la capa de óxido y eleva la tensión superficial, provocando que el metal líquido fluya hacia la menor tensión, formando una segunda configuración 208. Mientras la descomposición de la capa de óxido es un fenómeno progresivamente variable con variaciones en la tensión 113, se ha encontrado que una tensión aplicada V-113 de -0,5 V provoca una deformación observable del metal en el sistema EGaln/NaOH descrito anteriormente, y que una tensión aplicada 113 de -1.5 V provoca no únicamente deformación observable sino también un movimiento significativo del metal. El potencial aplicado 113 cae esencialmente a través de la interfaz de óxido ya que el metal es altamente conductor, aunque el NaOH lo es mucho menos.

Si la tensión aplicada 113 es negativa, siendo el potencial en el primer electrodo 107 mayor que el potencial en el segundo electrodo 111, a continuación el metal líquido fluirá hacia el segundo electrodo 111. De otra manera, el metal líquido fluirá de vuelta hacia el primer electrodo 107.

Se apreciará que la extensión a la que fluye el metal líquido se determina en gran medida por la magnitud de la tensión aplicada. Dentro de una escala de movimiento de 1 a 2 milímetros, una tensión de -1,5 V es suficiente para provocar movimiento del metal sin conducir a un consumo de corriente en exceso. Una tensión de -0,5 aún provocará generalmente movimiento del metal, pero puede ser demasiado baja en algunos casos para anular de forma fiable otras influencias en el metal, por ejemplo, la gravedad en redes estáticas e inercia en redes en movimiento.

También pueden usarse niveles de tensión mayores o menores de -1,5 V dependiendo del espaciamiento de electrodos (por ejemplo, más de o a la inversa menos de 1-2 mm), ya que es el campo eléctrico local y no el diferencial de tensión general el que impacta a la capa de óxido de EGaln. Como se ha indicado anteriormente, NaOH es menor conductor que EGaln, por tanto mientras la tensión aplicada cae esencialmente a través de la interfaz de óxido, habrá alguna caída de tensión en el NaOH sobre distancia. Por lo tanto, mientras -1,5 V entre electrodos es suficiente para pequeños movimientos tales como 1-2 mm, mayores tensiones tales como 5 V pueden ser beneficiosas para movimientos de escala en centímetros entre dos electrodos.

Continuando con la Figura 2, la red 201 incluye una pluralidad de electrodos 203 en una red regular plana. Cada electrodo 203 se puede dirigir individualmente para inducir movimiento en el metal líquido 205, que se extrae de nuevo de un depósito de metal líquido 207. De manera similar, un electrolito 209 tal como NaOH está presente en la red 201 y se extrae de y vuelve a un depósito de electrolitos 215, que puede estar fuera de o dentro de la cavidad 104.

En general, el metal líquido antena se diseña para afectar a un patrón de radiación, dirección de radiación, longitud eléctrica, frecuencia central, uno o más lóbulos laterales, una ganancia, un ángulo de exploración o polarización. La antena formada de esta manera puede accionarse durante la operación por uno o más conectores de borde 211, por ejemplo, en la periferia de la red 201. Los conectores de borde 211 pueden ser alargados con una punta ligeramente

puntiaguda como se muestra en para perforar la capa de óxido del metal líquido y permanecer en buen contacto. En el caso de que una pluralidad de tales conectores de borde 211 se vinculan a la antena, el dispositivo de accionamiento puede determinar qué conector 211 exhibe la impedancia con mejor coincidencia y menor pérdida y puede accionar la antena a través de ese conector 211. En una realización, los conectores de borde 211 se fijan a una capa del canal, por ejemplo, capa 105, mientras los restantes contactos 203 se fijan a la otra capa, por ejemplo, la capa 106.

Además, donde múltiples estructuras de antena se elevan de un borde común, una banda continua de metal líquido a lo largo de ese borde puede usarse como una interconexión entre las estructuras de antena. Además, una o más estructuras de antena pueden accionarse desde conectores en diferentes bordes, por ejemplo, superior e inferior, inferior y lateral y así sucesivamente. También, aunque la forma de antena que se está construyendo puede ajustarse para mejor respuesta en una frecuencia particular o intervalo de frecuencias, también se contempla que puede usarse el mismo sistema para crear una estructura desajustada, por ejemplo, para apantallamiento y así sucesivamente.

Como puede observarse, la red de electrodos permite que el metal líquido se extraiga en cualquier número de patrones. Además, aunque el depósito de metal líquido permite que se haga una conexión eléctrica a la forma configurada, por ejemplo, para accionar la misma con una señal de RF, los propios electrodos también pueden usarse, una vez que la conformación de forma se completa, para suministrar una señal de accionamiento a un elemento aislado del patrón. Por lo tanto, como se muestra en la Figura 3, puede accionarse un patrón 300 que incluye elementos aislados 301, 303 a través de los respectivos electrodos 305, 307, 309, 311 subyacentes a los elementos 301, 303.

Pueden formarse muchas formas y redes de antenas usando los principios divulgados. Se ha mostrado una configuración monopolo simple, y la red de ejemplo 400 mostrada en la Figura 4 incluye muchos elementos repetidos 401 y es un ejemplo de una red de dipolos tridimensional, y también puede ser una red en fase. Además de las configuraciones de monopolo y dipolo, otras formas de antena que se pueden usar solas en redes bidimensionales o tridimensionales incluyen Vivaldi 600, parches 602 y pajaritas 604, como se muestra en la Figura 6, así como cualquier otra forma de antena deseada. Aunque la ilustración de la Figura 4 muestra una red tridimensional hecha de redes bidimensionales individuales, una red en sí también puede ser tridimensional, o bien curvando o bien doblando en una forma, por ejemplo, una superficie exterior de aeronave o similar, o incorporando líneas adicionales de electrodos que se levantan de una red plana de otra manera. Un ejemplo de una antena curva es la antena 606 de la Figura 6. La antena curva ilustrada 606 es una antena de parche conformada a una superficie curva 608, pero se apreciará que puede crearse cualquier forma de antena o red de antenas en una superficie curva usando los principios divulgados.

En implementación, la red de electrodos, por ejemplo, la red mostrada en la Figura 3, incluye un plano superior y un plano inferior (105 y 106 en la Figura 1) que proporcionan un espacio interior plano dentro del cual se pueden mover el metal líquido y electrolito. Los propios planos de superior e inferior son preferentemente no conductores para no interferir con la acción de la antena configurada.

Se apreciará que la capacidad para configurar una capa metálica también proporciona beneficios fuera de una operación de antena regular. Por ejemplo, puede usarse una capa metálica configurable para apantallar temporalmente componentes sensibles de radiación electromagnética intensa. En una realización de los principios divulgados, un apantallamiento de este tipo usa la capacidad electromotriz para dirigir que el metal líquido forme un apantallamiento de este tipo.

Un ejemplo de este concepto se muestra en la Figura 5. Como puede observarse, el metal líquido 501, que puede ser EGaln, reside en un depósito de metal líquido 503 debajo de una cavidad de apantallamiento 505. La cavidad de apantallamiento 505 contiene una red de electrodos (no mostrada) usable para extraer selectivamente el metal líquido 501 en la cavidad de apantallamiento 505. La cavidad de apantallamiento 505 se rellena inicialmente con un electrolito 507 tal como NaOH, que cuando se desplaza fluye a un depósito de electrolitos 509. De esta manera, puede usarse accionamiento selectivo de los electrodos en la cavidad de apantallamiento 505 para apantallar un sistema sensible a RF 511 de una fuente de RF 513. Los electrodos pueden dejarse flotar libremente con respecto a una tensión después de la etapa de conformación de forma para permitir un apantallamiento total del sistema sensible a RF 511. Se apreciará que el apantallamiento electromagnético puede configurarse en su lugar como un iris o abertura en lugar de como una cortina dependiendo de los detalles de un entorno de instalación dado.

En realizaciones de la presente invención, el flujo de corriente resultante de una tensión aplicada se mide, por ejemplo, mediante la fuente de tensión 115 o de otra manera, para determinar el progreso del flujo de metal y para ajustar adaptativamente la tensión aplicada (o la ubicación en la que se aplica una tensión) en respuesta. En este contexto, es la presencia o ausencia de flujo de corriente no trivial en lugar de su magnitud precisa que refleja la configuración del circuito de metal líquido. Por ejemplo, cuando el metal líquido se está accionando entre un primer contacto y un segundo contacto a través de una tensión aplicada a través de esos contactos, y aún no han tocado el segundo contacto, la corriente resultante se limitará a la menor corriente permitida a través del NaOH.

Una vez que el metal líquido toca el segundo contacto, sin embargo, el circuito entre los dos contactos se cortocircuitará, resultando en un aumento de flujo de corriente de un orden de magnitud o más (mientras se mantiene la tensión). De esta manera, puede determinarse la ubicación del borde de ataque del metal y un tercer contacto energizado (y el segundo contacto a tierra o dejado flotante) para extender la trayectoria de metal en cualquier dirección se desea desde ese punto en adelante. La corriente entre el segundo y tercer contactos se usarán a continuación para determinar cuándo el borde de ataque del metal líquido alcanza el tercer contacto y así sucesivamente.

Aunque las diversas realizaciones anteriormente descritas han usado el término "electrodo" para describir elementos proporcionando una fuente de corriente o potencial eléctrica, no se pretende distinguir un elemento de este tipo de un ánodo, y los electrodos descritos en este documento pueden proporcionar cualquier magnitud deseada y polaridad de tensión. Además, no se pretende limitar la forma de electrodo a una varilla o disco. En particular, se apreciará que un electrodo para uso dentro de los principios descritos también puede formarse en la forma de toda o una porción de una forma de antena deseada y que el electrodo así formado puede ser de una construcción de pantalla o malla si se desea.

Mientras el hueco entre el plano superior y plano inferior no se ha especificado, se apreciará que el menisco de metal y tensión superficial son fuerzas beneficiosas en las acciones descritas en este documento, que se accionan parcialmente de forma capilar. Como tal, se contemplan huecos de aproximadamente 1,0 milímetro, aunque también pueden usarse otros tamaños de huecos.

Aunque se ha usado NaOH como el electrolito en los ejemplos en este documento, se apreciará que otros electrolitos tales como HCL (ácido clorhídrico) y H₂SO₄ (ácido sulfúrico) y otros pueden usarse en su lugar siempre que permitan suficiente conductividad sin impedir la operación de la antena formada. Además, aunque los ejemplos en este documento usan EGaln como el metal líquido, se apreciará que pueden usarse otros metales líquidos, por ejemplo, galio puro, otras aleaciones de galio, mercurio y aleaciones de mercurio. Otros metales líquidos tales como francio, rubidio y cesio generalmente se prefieren menos debido a otras restricciones tales como coste, toxicidad y así sucesivamente. Sin embargo, si estos aspectos se tienen en cuenta adecuadamente, entonces incluso estos metales adicionales también pueden usarse dentro de los principios descritos.

Se apreciará que los principios descritos pueden aplicarse en muchas aplicaciones y de muchas formas. Como tal, no se hace ningún intento para describir cada tal manera de uso. Sin embargo, el diagrama de flujo de la Figura 7 sí ilustra un proceso de ejemplo 700 de configuración de una antena reconfigurable de metal líquido de acuerdo con una o más realizaciones de los principios divulgados.

En la etapa 702 del proceso 700, un metal líquido 205 y un electrolito 209 se sitúan entre dos superficies 105, 106 de tal forma que el metal líquido 205 y el electrolito 209 están en contacto en una capa de interfaz 108 que incluye un óxido superficial (por ejemplo, un óxido de EGaln en el sistema de ejemplo). En la etapa 704, una tensión 113 se aplica entre los electrodos 107, 111 que están en contacto con el metal líquido 205 y el electrolito 209 respectivamente.

En la etapa 706, la tensión aplicada descompone al menos parcialmente el óxido superficial y por lo tanto, a través de acción capilar, provoca el movimiento del metal líquido 205 contra el electrolito 209 hacia el electrodo alejado 111. En este punto, cualquiera de dos mecanismos puede parar el avance del metal líquido 205. Primero, si la aplicación de tensión se detiene o invierte, el metal líquido 205 no avanzará más. Segundo, si se permite que el metal líquido alcance el electrodo alejado 111, el metal líquido 205 detendrá su movimiento hasta que un electrodo adicional se energiza. Para el proceso de ejemplo 700, se supone que el metal líquido tiene que detenerse en algún punto intermedio entre electrodos.

Por lo tanto, en la etapa 708, la aplicación de tensión 113 se cesa, provocando que la capa de óxido superficial se forme de nuevo y deteniendo el movimiento del metal líquido. Este estado final, por ejemplo, como se muestra en la segunda configuración 213 del metal líquido 205 en la Figura 2, coincide con una configuración predeterminada deseada. Sin embargo, manipulaciones adicionales del metal líquido a través de las mismas etapas pero con diferentes electrodos alejados producirán cualquier configuración deseada, tal como cualquiera de las configuraciones de antena mostradas en la Figura 6.

Se apreciará que en este documento se han divulgado sistemas y técnicas para reconfigurar antenas electromagnéticas. Sin embargo, en vista de las muchas posibles realizaciones a las que pueden aplicarse los principios de la presente divulgación, debería reconocerse que las realizaciones descritas en este documento con respecto a las figuras dibujadas se conciben para ser únicamente ilustrativas y no deberían tomarse como que limitan el alcance de las reivindicaciones. Por lo tanto, las técnicas como se describe en este documento contemplan todas tales realizaciones como pueden encontrarse dentro del alcance de las siguientes reivindicaciones.

55

REIVINDICACIONES

1. Un sistema de antenas selectivamente reconfigurables (100), que comprende:
 - una primera capa de material (105) y una segunda capa de material (106) que definen una cavidad (104) entre las mismas;
 - 5 un primer depósito (207) y un metal líquido (205) al menos parcialmente en el primer depósito;
 - un segundo depósito (215) y un electrolito líquido (209) al menos parcialmente en el segundo depósito de tal forma que el metal líquido y el electrolito están en contacto en una capa de óxido de metal (108) en la cavidad;
 - una pluralidad de electrodos (107, 111, y 203) en comunicación eléctrica con la cavidad, estando un primer electrodo (107) en contacto con el metal líquido y estando un segundo electrodo (111) en contacto con el
 - 10 electrolito; y
 - una fuente de tensión (115) dispuesta para aplicar una tensión (113) entre el primer y segundo electrodos (107, 111) de tal forma que la capa de óxido de metal se descompone cuando se aplica la tensión (113);
 - en el que la fuente de tensión (115) se configura adicionalmente para ajustar la tensión aplicada (113) basándose en un flujo de corriente resultante medido.
- 15 2. El sistema de acuerdo con la reivindicación 1 en el que la tensión aplicada (113) es un potencial negativo aplicado al segundo electrodo (111) en relación con el primer electrodo (107).
3. El sistema de acuerdo con la reivindicación 1 o 2, en el que al menos uno de:
 - el metal líquido se atrae al segundo electrodo (111) mediante la tensión aplicada (113) del mismo;
 - 20 una primera porción (211) de la pluralidad de electrodos se fija a la primera capa de material y una segunda porción (203) de la pluralidad de electrodos se fija a la segunda capa de material;
 - en el que el metal líquido comprende uno de galio y mercurio, el metal líquido comprende una aleación eutéctica de galio e indio "EGaln", y el electrolito es hidróxido de sodio "NaOH".
4. El sistema de acuerdo con la reivindicación 1 o 2, comprendiendo adicionalmente una estructura de metal líquido (401, 600, 602, 604, 606) dentro de la cavidad formada rompiendo selectivamente la capa de óxido y moviendo el
- 25 metal líquido a través de la aplicación de la tensión (113) entre al menos un par de los electrodos.
5. El sistema de acuerdo con la reivindicación 4, en el que la estructura de metal líquido es uno de una cortina, una ventana, una abertura, una superficie selectiva de frecuencia y un disipador térmico.
6. El sistema de acuerdo con la reivindicación 4, en el que la estructura de metal líquido comprende al menos uno de una antena monopolo, una antena dipolo, un elemento de bocina de Vivaldi, un elemento de pajarita y un elemento
- 30 de parche.
7. El sistema de acuerdo con la reivindicación 1, en el que la primera y segunda capas de material son planas.
8. El sistema de acuerdo con la reivindicación 1, en el que la primera y segunda capas de material se ajustan a una superficie curva (608), en el que la superficie curvada en una línea de molde exterior de aeronave.
9. El sistema de acuerdo con la reivindicación 1, en el que al menos uno de la pluralidad de electrodos es un conector eléctrico (211) vinculado al metal líquido en un borde de la cavidad, en el que el conector eléctrico es una
- 35 forma alargada (211) configurada para contactar el metal líquido internamente con respecto a cualquier capa de superficie.
10. Un método (700) de configuración de una antena, comprendiendo el método:
 - situar (702) un metal líquido (205) y un electrolito (209) entre dos superficies (105, 106) de tal forma que el metal líquido y el electrolito están en contacto en una capa de interfaz (108) que incluye un óxido superficial;
 - 40 iniciar (704) aplicación de una tensión (113) entre el electrolito y una porción del metal líquido para generar un campo eléctrico en la capa de interfaz, descomponiendo al menos parcialmente (706) el óxido superficial y provocando movimiento de la porción del metal líquido hacia el electrolito;
 - ajustar la tensión aplicada (113) basándose en un flujo de corriente resultante medido; y
 - 45 cesar (708) la aplicación de la tensión entre el electrolito y la porción del metal líquido para congelar la capa de interfaz en su sitio cuando el metal líquido alcanza una configuración predeterminada.
11. El método de acuerdo con la reivindicación 10, en el que la capa de interfaz es un óxido del metal líquido.
12. El método de acuerdo con la reivindicación 11, en el que la aplicación de la tensión se descompone la capa de

interfaz.

13. El método de acuerdo con la reivindicación 10 o 12 en el que la tensión aplicada (113) es un potencial negativo.

14. El método de acuerdo con la reivindicación 10 o 13, en el que el metal líquido comprende galio y el electrolito comprende hidróxido de sodio "NaOH".

5 15. El método de acuerdo con la reivindicación 10, en el que cesar la aplicación de la tensión entre el electrolito y la porción del metal líquido provoca que la capa de óxido superficial se forme de nuevo.

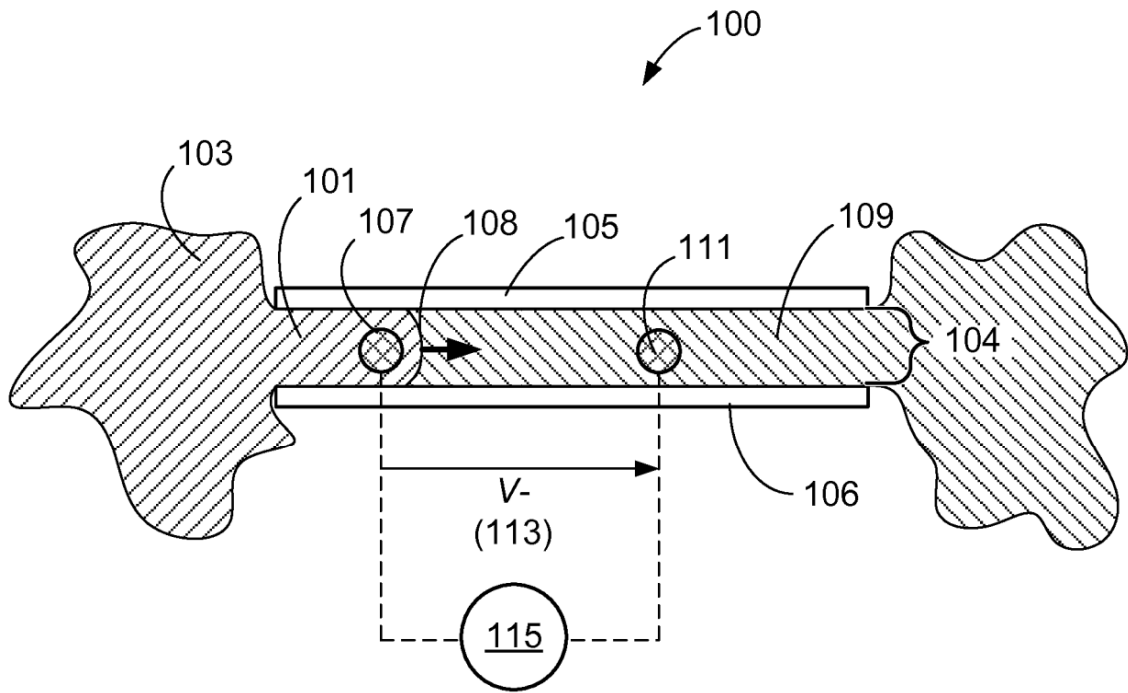


Figura 1

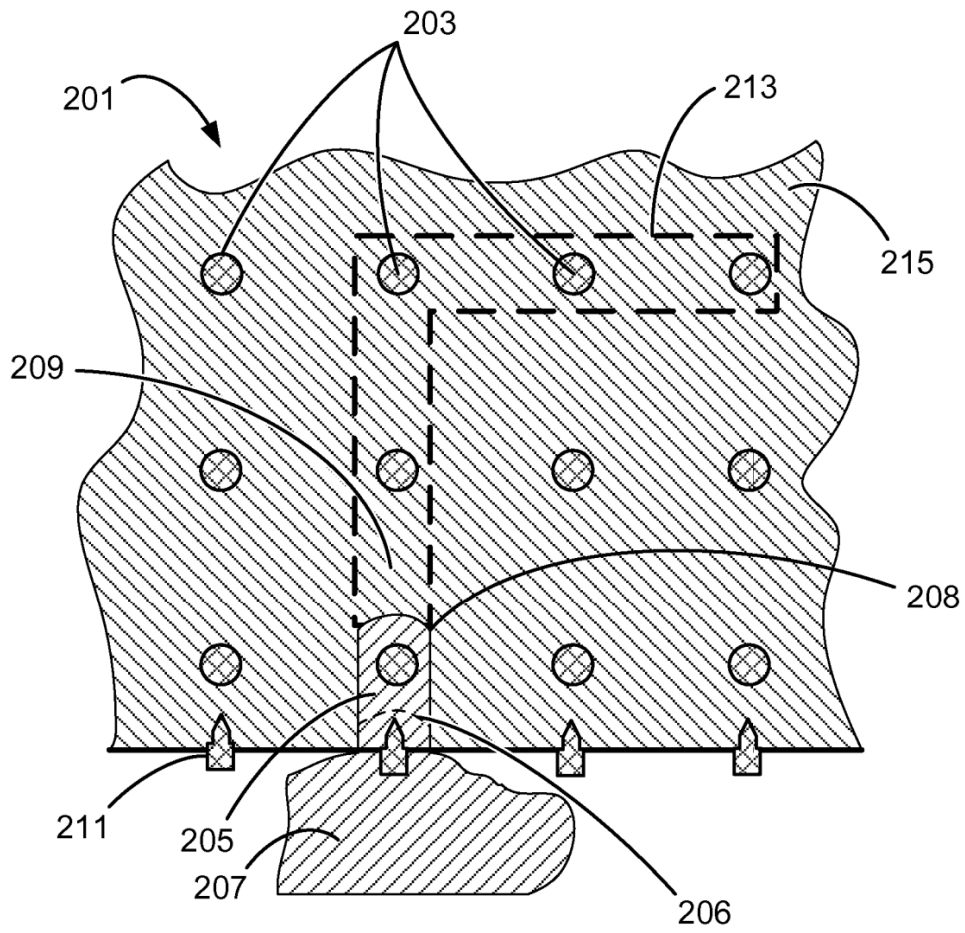


Figura 2

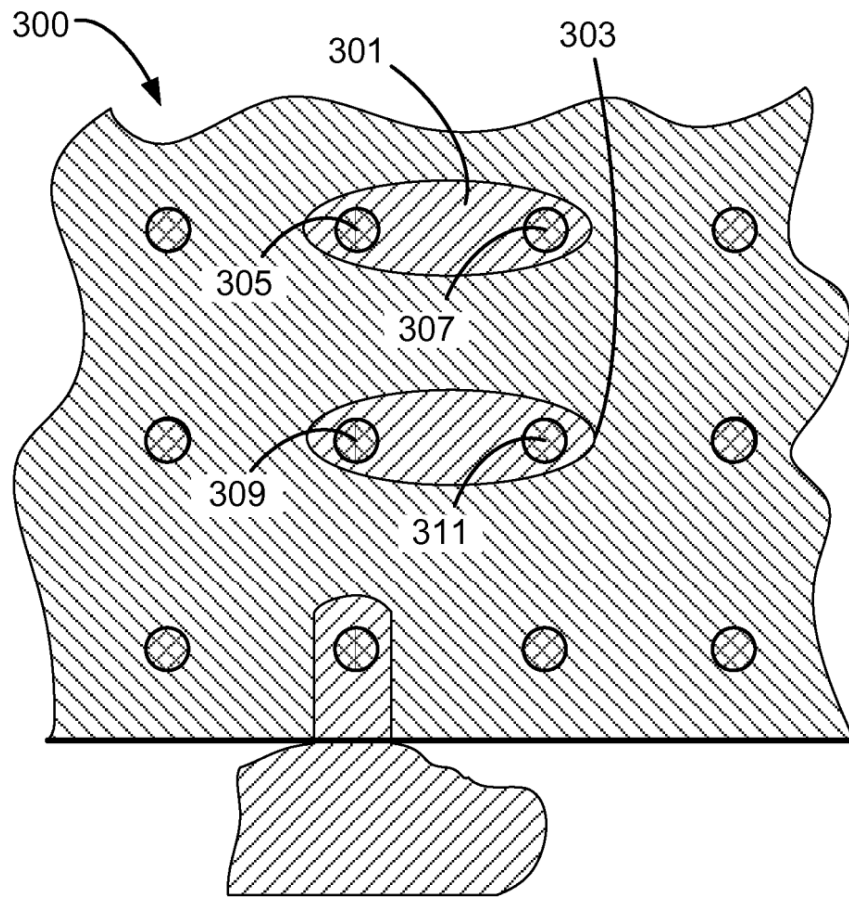


Figura 3

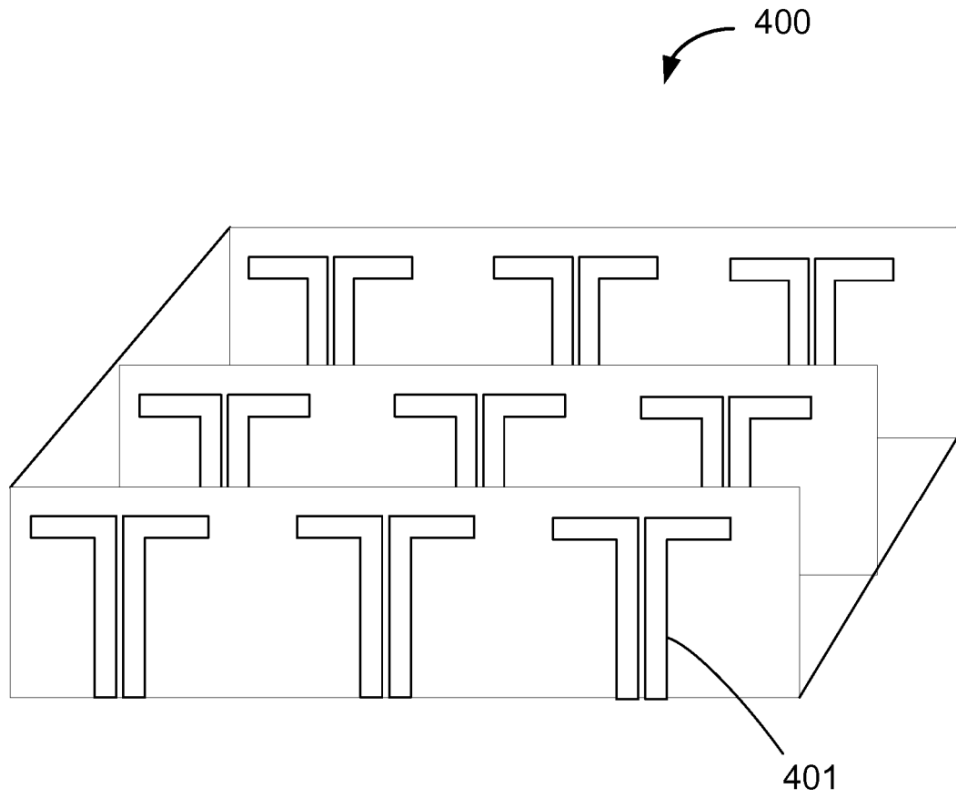


Figura 4

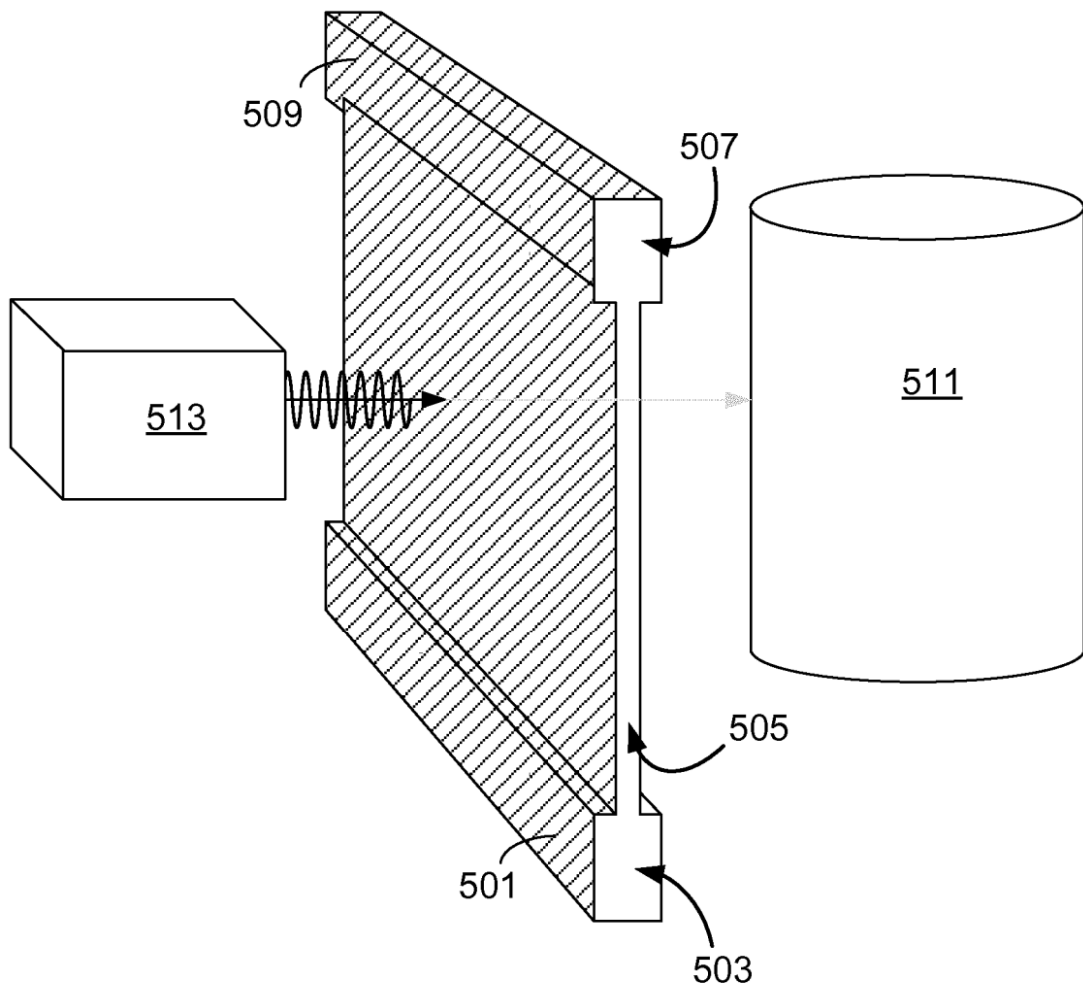


Figura 5

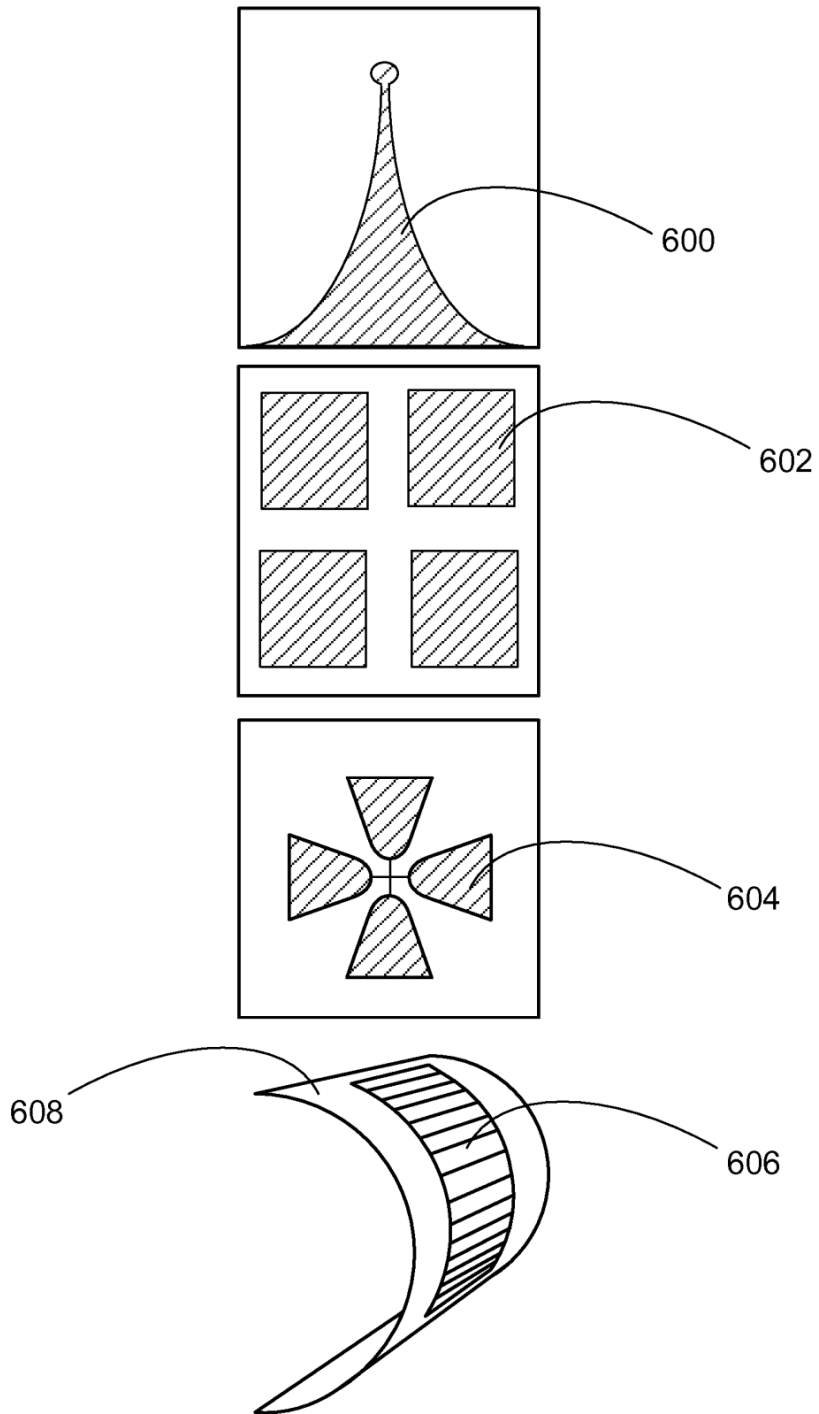


Figura 6

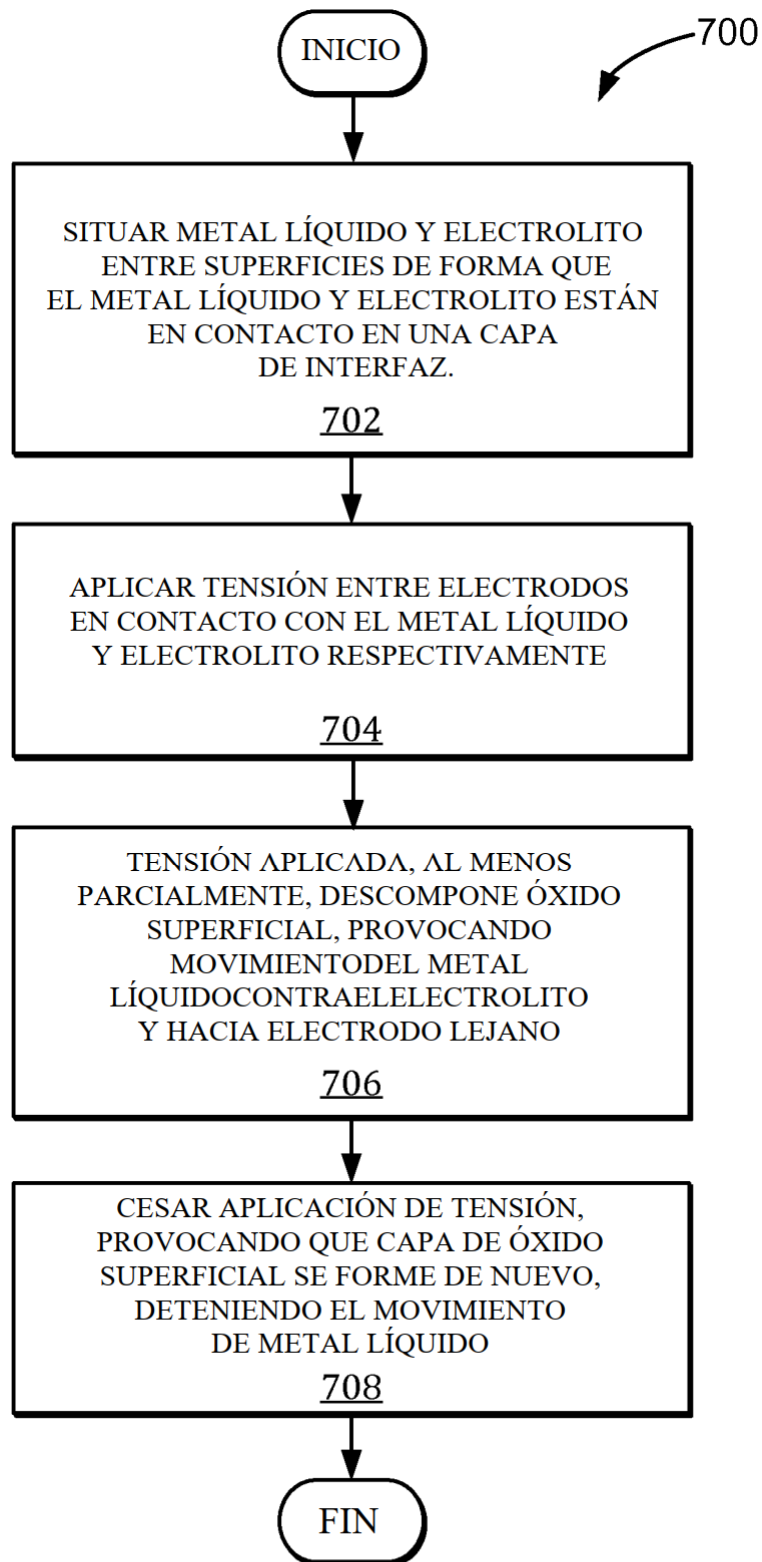


Figura 7