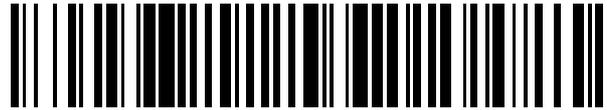


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 400 979**

51 Int. Cl.:

**B32B 33/00** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **01.10.2008 E 08834881 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **20.02.2013 EP 2190742**

54 Título: **Método y aparato para la protección frente a rayos de una estructura compuesta**

30 Prioridad:

**05.10.2007 US 867886**

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

**15.04.2013**

73 Titular/es:

**THE BOEING COMPANY (100.0%)  
100 North Riverside Plaza  
Chicago, IL 60606-2016, US**

72 Inventor/es:

**WARE, MICHAEL H.;  
LE, QUYNHGIAO N. y  
NICHOLAS, MICHAEL B.**

74 Agente/Representante:

**UNGRÍA LÓPEZ, Javier**

**ES 2 400 979 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

Método y aparato para la protección frente a rayos de una estructura compuesta

5 **Información de antecedentes****1. Campo:**

10 La presente divulgación se refiere, en general, a aeronaves y, en particular, a reducir los efectos electromagnéticos sobre los componentes en una aeronave. Todavía más en particular, la presente divulgación se refiere a un método y aparato para reducir los efectos electromagnéticos a partir de impactos de rayo sobre estructuras de aeronave que contienen materiales compuestos y componentes de metal.

**Antecedentes:**

15 Las aeronaves se están diseñando y se fabrican con unos porcentajes cada vez mayores de materiales compuestos. Algunas aeronaves pueden tener más de un cincuenta por ciento de su estructura principal fabricada a partir de materiales compuestos. Los materiales compuestos se usan en las aeronaves para disminuir el peso de la aeronave. Este peso disminuido mejora las características de rendimiento, tal como las capacidades de carga útil y las eficiencias de combustible. Además, los materiales compuestos proporcionan una duración en servicio más larga para varios componentes en una aeronave. Los materiales compuestos son materiales resistentes, de peso ligero, creados mediante la combinación de dos o más componentes distintos. Por ejemplo, un material compuesto puede incluir fibras y resinas. Las fibras y resinas se combinan y se curan para formar un material compuesto.

25 Además, mediante el uso de los materiales compuestos, pueden crearse porciones de una aeronave en piezas o secciones más grandes. Por ejemplo, un fuselaje en una aeronave puede crearse en unas secciones cilíndricas que pueden colocarse juntas para formar el fuselaje de la aeronave. Otros ejemplos incluyen, sin limitación, secciones de ala unidas para formar un ala o unas secciones de estabilizador unidas para formar un estabilizador.

30 En particular, los materiales de plástico reforzado con fibra de carbono (CFRP) son ejemplos de materiales compuestos que se usan de manera creciente para los componentes estructurales en las aeronaves comerciales, en lugar de las estructuras de aluminio tradicionales. Estos tipos de materiales compuestos se usan debido a que estos materiales proporcionan una relación resistencia - peso más alta que la del aluminio.

35 Los impactos de rayo tienen lugar con regularidad en aeronaves que se desplazan cerca o a través de una tormenta eléctrica. Un impacto de rayo sobre una aeronave de aluminio típicamente no da como resultado un daño que afecte a la seguridad de vuelo de la aeronave debido a la capacidad sumamente efectiva del material para conducir y para dispersar la corriente del rayo lejos del punto de conexión, pero puede dejar una marca de quemadura. Adicionalmente, pueden tener lugar agujeros o quemaduras en la aeronave en el punto de entrada y/o de salida para el impacto de rayo. En particular, un arco de impacto de rayo puede tener lugar entre un elemento de sujeción y un orificio en la estructura, en la que se usan unos elementos de sujeción para mantener unidos diferentes componentes estructurales de la aeronave. Este tipo de arco puede inducir un defecto sobre la superficie, a lo que también se hace referencia como "picaduras".

45 La fibra de carbono, no obstante, tiene aproximadamente dos mil veces más resistencia que el aluminio y existe en una matriz polimérica de dieléctrico. Como resultado, la cantidad de daño y la posible formación de chispas, en el revestimiento de una aeronave en la que se encuentran los elementos de sujeción, para la superficie expuesta puede ser más alta que en los revestimientos de aluminio.

50 El daño a un material de plástico reforzado con fibra de carbono sin protección en una aeronave es a menudo más grave que en comparación con una estructura de aluminio. Las temperaturas causadas por un impacto de rayo pueden ser superiores en las fibras de carbono, que tienen una conductividad térmica menor que el metal. Si las temperaturas de la fibra en estos materiales superan la temperatura de pirolización de una matriz circundante, la resina se transformará de un sólido a un gas calentado. Este gas presurizado puede conducir a exfoliación, perforaciones para las estructuras de revestimiento compuesto y, posiblemente, a la eyección de partículas calientes o chispas a partir de las superficies de contacto de los elementos de sujeción y las uniones de plástico reforzado con fibra de carbono.

60 Estos tipos de situaciones se evitan, en la actualidad, a través de varios mecanismos para reducir tanto el daño por rayo como la posibilidad de ignición del combustible según se requiere para la navegabilidad aérea y reparaciones estructurales económicas. El daño por rayo puede dar como resultado la perforación o exfoliación de capas en el interior del material compuesto.

65 Los sistemas de protección frente a rayos se usan para evitar los efectos de un impacto de rayo sin afectar a la seguridad de vuelo. Estos tipos de sistemas garantizan que no tiene lugar formación de chispas alguna en las uniones estructurales, en los acoplamientos de combustible y en los acoplamientos hidráulicos en el interior del

depósito de combustible, a medida que el rayo se desplaza desde un punto de entrada hasta un punto de salida en la aeronave.

Un número de tecnologías se encuentra disponible en la actualidad para proporcionar protección para estos tipos de materiales compuestos en las aeronaves. Ciertas tecnologías se ofrecen para el desvío de la corriente del rayo a partir del punto de conexión para reducir la densidad de corriente. Entre los mismos, un tipo de sistema implica el uso de una rejilla de cobre curada conjuntamente dentro de la estratificación de revestimiento compuesto, mientras que otro implica el uso de calcomanías o suplementos conductores aplicados por encima de los elementos de sujeción.

El sistema de protección frente a rayos de rejilla de cobre integra una lámina de cobre dentro del laminado de material compuesto en las áreas de sujeción. La lámina de cobre, en este tipo de técnica, se añade a la estratificación parcial del revestimiento compuesto antes del curado. La lámina de cobre entra en contacto con unos elementos de sujeción seleccionados para permitir la distribución de corriente entre los elementos de sujeción y para reducir la corriente que pudiera entrar en los elementos de sujeción.

De forma similar, la calcomanía o suplemento conductor se diseña para desviar el rayo lejos de los elementos de sujeción de revestimiento, evitando la formación de chispas y arcos internos para minimizar el daño a las subestructuras y a los revestimientos de plástico reforzado con fibra de carbono. Este tipo de sistema aplica tiras de las capas de dieléctrico y las capas conductoras al revestimiento compuesto curado usando un adhesivo sensible a presión después de la instalación de los elementos de sujeción. En este tipo de sistema, las tiras para la capa de dieléctrico tienen un refuerzo de adhesivo, que se coloca sobre la superficie del revestimiento. A continuación, diferentes tiras de las capas conductoras pueden colocarse por encima de la capa de dieléctrico y otras áreas del revestimiento. Estas tiras de las capas conductoras también tienen un refuerzo de adhesivo sobre la parte posterior de las tiras. El documento US 7.277.266 B1 describe un tipo así de sistema y se considera como la técnica anterior más cercana a la invención, dando a conocer el preámbulo de la reivindicación independiente 9.

A pesar de que estos sistemas de hecho proporcionan protección, todavía se desean mejoras en la fiabilidad, fabricabilidad y reducción de peso.

### Sumario

Las diferentes realizaciones ventajosas proporcionan un método y aparato para la protección frente a rayos. Dicho método forma un sistema de protección frente a rayos sobre la superficie de estructuras compuestas tal como una aeronave. Un recubrimiento de dieléctrico se forma sobre la superficie compuesta en la que el recubrimiento de dieléctrico cubre una característica de metal expuesta sobre la superficie compuesta. Un promotor de adhesión a metal se aplica en un patrón sobre el recubrimiento de dieléctrico y por encima de unas áreas adicionales de la superficie compuesta para formar una capa de promotor de adhesión a metal. Un recubrimiento de metal se forma sobre la capa de promotor de adhesión a metal y por encima de una característica de conexión a masa para crear una trayectoria desde un área que incluye la característica de metal hasta la característica de conexión a masa.

En otra realización ventajosa que no se reivindica, un método se usa para formar una estructura de protección frente a rayos. Una capa de dieléctrico se forma sobre una superficie de un componente compuesto por encima de una característica de metal protegida. Se forma una capa conductora continua que tiene un patrón que cubre una porción de la capa de dieléctrico por encima de la característica de metal protegida y que cubre una característica de conexión a masa.

En otra realización ventajosa más que no se reivindica, el sistema de protección frente a rayos comprende un recubrimiento de dieléctrico y un recubrimiento conductor. El recubrimiento de dieléctrico se aplica a una porción de una superficie de un componente compuesto y que cubre una característica de metal expuesta en la superficie. El recubrimiento conductor se conecta eléctricamente con una característica de conexión a masa y que cubre el recubrimiento de dieléctrico en un área que engloba la característica de metal cubierta por el recubrimiento de dieléctrico.

Las características, funciones y ventajas pueden conseguirse de forma independiente en varias realizaciones de la presente divulgación o pueden combinarse en otras realizaciones más en las que pueden verse detalles adicionales con referencia a la siguiente descripción y dibujos.

### Breve descripción de los dibujos

Las características novedosas que se creen características de las realizaciones ventajosas se exponen en las reivindicaciones adjuntas. Las realizaciones ventajosas, no obstante, así como un modo preferido de uso, objetivos y ventajas adicionales de las mismas, se entenderán mejor por referencia a la siguiente descripción detallada de una realización ventajosa de la presente divulgación cuando se lee junto con los dibujos adjuntos, en los que:

la figura 1 es un diagrama que ilustra una secuencia de fabricación y servicio de aeronave en la que puede

implementarse una realización ventajosa;

**la figura 2** es un diagrama de una aeronave de acuerdo con una realización ventajosa;

**la figura 3** es un diagrama de bloques que ilustra unos componentes que se usan para formar un sistema de protección frente a rayos de acuerdo con una realización ventajosa;

5 **la figura 4** es un diagrama de bloques que ilustra unas secciones transversales de una porción de un sistema de protección frente a rayos por encima de unas características de metal de acuerdo con una realización ventajosa;

10 **la figura 5** es un diagrama de bloques que ilustra unas secciones transversales de otra porción de un sistema de protección frente a rayos por encima de una característica de conexión a masa de acuerdo con una realización ventajosa;

**la figura 6** es una vista en sección transversal de un sistema de protección frente a rayos de acuerdo con una realización ventajosa;

**la figura 7** es un diagrama de flujo de alto nivel de un proceso para formar un sistema de protección frente a rayos de acuerdo con una realización ventajosa; y

15 **la figura 8** es un diagrama de flujo detallado de un proceso para formar un sistema de protección frente a rayos en una aeronave de acuerdo con una realización ventajosa.

### Descripción detallada

20 Haciendo referencia de forma más particular a los dibujos, las realizaciones de la divulgación pueden describirse en el contexto de la secuencia de fabricación y servicio de aeronave **100** tal como se muestra en **la figura 1** y la aeronave **200** tal como se muestra en **la figura 2**. Pasando en primer lugar a **la figura 1**, un diagrama que ilustra una secuencia de fabricación y servicio de aeronave se representa de acuerdo con una realización ventajosa. Durante la preproducción, el método de fabricación y servicio de aeronave a modo de ejemplo **100** puede incluir la especificación y diseño **102** de la aeronave **200** en **la figura 2** y la adquisición de material **104**. Durante la producción, tiene lugar la fabricación de componentes y subconjuntos **106** y la integración de sistemas **108** de la aeronave **200** en **la figura 2**. Tras lo anterior, la aeronave **200** en **la figura 2** puede pasar a través de la certificación y entrega **110** con el fin de colocarse en servicio **112**. Mientras que un cliente la tiene en servicio, la aeronave **200** en **la figura 2** está programada para el mantenimiento y servicio de rutina **114**, lo que puede incluir la modificación, reconfiguración, renovación y otro mantenimiento o servicio.

30 Cada uno de los procesos del método de fabricación y servicio de aeronave **100** puede realizarse o llevarse a cabo por un integrador de sistemas, por terceros y/o por un operador. En estos ejemplos, el operador puede ser un cliente. Para los fines de la presente descripción, un integrador de sistemas puede incluir, sin limitación, cualquier número de fabricantes de aeronaves y subcontratistas de sistemas principales; un tercero puede incluir, sin limitación, cualquier número de vendedores, subcontratistas y proveedores; y un operador puede ser una línea aérea, compañía de arrendamiento, entidad militar, organización de servicios, y así sucesivamente.

35 Con referencia a continuación a **la figura 2**, se representa un diagrama de una aeronave en la que puede implementarse una realización ventajosa. En este ejemplo, la aeronave **200** se produce mediante el método de fabricación y servicio de aeronave **100** en **la figura 1** y puede incluir la estructura de aeronave **202** con una pluralidad de sistemas **204** y la parte interior **206**. Los ejemplos de los sistemas **204** incluyen uno o más del sistema de propulsión **208**, el sistema eléctrico **210**, el sistema hidráulico **212**, y el sistema ambiental **214**. En estos ejemplos, la aeronave **200** también incluye una parte exterior en la forma del revestimiento compuesto **216**, que se acopla a la estructura de aeronave **202**. Puede incluirse cualquier número de otros sistemas. A pesar de que se muestra un ejemplo aerospacial, pueden aplicarse unas realizaciones ventajosas diferentes a otros sectores industriales, tal como a la industria del automóvil.

40 El aparato y los métodos incorporados en el presente documento pueden emplearse durante una o más cualesquiera de las fases del método de fabricación y servicio de aeronave **100** en **la figura 1**. Por ejemplo, los componentes o subconjuntos que se producen en la fabricación de componentes y subconjuntos **106** en **la figura 1** pueden manufacturarse o fabricarse de una forma similar a los componentes o subconjuntos que se producen mientras que la aeronave **200** se encuentra en servicio **112** en **la figura 1**. Así mismo, una o más realizaciones de aparato, realizaciones de método, o una combinación de las mismas, puede utilizarse durante las fases de producción, tal como la fabricación de componentes y subconjuntos **106** en **la figura 1** y la integración de sistemas **108** en **la figura 1**, por ejemplo, sin limitación, mediante una aceleración sustancial del montaje o reduciendo el coste de la aeronave **200**. De forma similar, una o más de realizaciones de aparato, realizaciones de método, o una combinación de las mismas, pueden utilizarse mientras que la aeronave **200** se encuentra en servicio **112** en **la figura 1** o durante el mantenimiento y servicio **114** en **la figura 1**.

45 Como ejemplo específico, las diferentes realizaciones ventajosas pueden implementarse durante la fabricación de componentes y subconjuntos **106** en **la figura 1** y/o la integración de sistemas **108** en **la figura 1** para instalar un sistema de protección frente a rayos para una aeronave **200** sobre el revestimiento compuesto **216**. Como otro ejemplo, las diferentes realizaciones ventajosas también pueden emplearse para reparar o sustituir el sistema de protección frente a rayos sobre el revestimiento compuesto **216** durante el mantenimiento y servicio **114** en **la figura 1**.

Las diferentes realizaciones ventajosas reconocen que los sistemas de protección frente a rayos actualmente disponibles tienen un número de desventajas con respecto a su uso práctico. El sistema de rejilla de cobre se implementa durante la fabricación de un revestimiento compuesto, tal como el revestimiento compuesto **216**, para una aeronave **200**. Además, las cuestiones de fabricación y de reprocesado se encuentran presentes con este tipo de tecnología. Algunas de las cuestiones pueden incluir, por ejemplo, el arrugamiento de la lámina de cobre durante el proceso de estratificación y curado, la contaminación por cobre en el depósito de combustible a partir de unas operaciones de taladrado posteriores para la instalación de los elementos de sujeción y la carencia de métodos de reprocesado prácticos para restaurar por completo el rendimiento con respecto a un estado defectuoso que pueda tener lugar durante la fabricación o después de un impacto de rayo.

Las realizaciones ventajosas también reconocen que el enfoque de tira de calcomanía o suplemento tiene desventajas, con respecto al peso necesario para integrar la capa de protección superficial conductora en el revestimiento compuesto **216** para el ala. Las diferentes realizaciones ventajosas reconocen que este tipo de sistema de protección frente a rayos viene en tiras preformadas, las cuales se aplican o se colocan sobre el revestimiento compuesto **216** para proporcionar unas trayectorias conductoras para desviar la corriente del rayo. Las diferentes realizaciones ventajosas también reconocen que, para implementar este tipo de sistema, el espesor de las capas es a menudo más grueso de lo necesario para la funcionalidad de protección frente a rayos requerida, lo que da como resultado por lo tanto unas penalizaciones de peso no necesarias para el sistema. Probablemente, se usa un sellador de bordes en este tipo de sistema, para evitar la fisuración de pintura debido a la abrupta transición de los bordes de suplemento. Además, el sistema de calcomanía o suplemento también puede dar como resultado la necesidad de una sustitución periódica, que resulta de los efectos del ambiente y los requisitos de repintado.

Las diferentes realizaciones ventajosas reconocen que las técnicas disponibles en la actualidad para crear unos sistemas o estructuras de protección frente a rayos sobre superficies compuestas de una aeronave, tal como el revestimiento compuesto **216**, son difíciles de implementar y/o son difíciles de mantener. Además, las diferentes realizaciones ventajosas también reconocen que algunos de los sistemas que se usan en la actualidad para la protección frente a rayos no facilitan de forma sencilla la reducción de peso en una aeronave. Así mismo, las diferentes realizaciones ventajosas reconocen que estas diferentes técnicas también pueden requerir una nueva aplicación durante la vida y el mantenimiento de la aeronave.

Las diferentes realizaciones ventajosas proporcionan un método y aparato para formar o instalar un sistema de protección frente a rayos en una aeronave. En particular, las diferentes realizaciones ventajosas proporcionan un recubrimiento sin costuras de múltiples capas con un patrón, para un sistema de protección frente a rayos de estructura compuesta. Un sistema de protección frente a rayos puede instalarse o formarse sobre la superficie de un componente compuesto, tal como el revestimiento compuesto **216**, mediante la formación de una capa de dieléctrico sobre la superficie del componente compuesto por encima de una característica de metal. También se forma una capa conductora continua que tiene un patrón que cubre una porción de la capa de dieléctrico por encima de la superficie de metal y que cubre una característica de conexión a masa.

Pasando a continuación a **la figura 3**, un diagrama de bloques que ilustra unos componentes que se usan para formar un sistema de protección frente a rayos se representa de acuerdo con una realización ventajosa. En este ejemplo, el sistema de recubrimiento **300** usa un dieléctrico **302**, el promotor de adhesión **304** y el metal **306** para formar un sistema de protección frente a rayos **310**. El sistema de protección frente a rayos **310** puede formarse después de que se apliquen o se instalen los elementos de sujeción. El sistema de protección frente a rayos **310** protege el revestimiento compuesto **312** y la subestructura **314** frente a los daños que resulten de impactos de rayo que puedan afectar a la seguridad de vuelo. El sistema de protección frente a rayos **310** dirige las corrientes procedentes de un efecto electromagnético, tal como un impacto de rayo, hasta la característica de conexión a masa **316**.

En estos ejemplos, el sistema de recubrimiento **300** puede incluir una o más máquinas o herramientas que se usan para formar capas para recubrimientos, sobre el revestimiento compuesto **312**, para crear el sistema de protección frente a rayos **310**. En los diferentes ejemplos, el sistema de recubrimiento **300** puede contener unas herramientas controladas por ordenador **308**. Estas herramientas pueden programarse para formar unos recubrimientos en un patrón preciso sobre el revestimiento compuesto **312**.

La forma en la que los diferentes recubrimientos pueden formarse puede variar, dependiendo de la realización o ejemplo particular. Los diferentes tipos de procesos o técnicas que se usan para formar las capas para el sistema de protección frente a rayos **310**, no obstante, excluyen el uso de la colocación manual de las capas de dieléctrico y de metal preformadas, con adhesivo sobre el lado posterior de estas capas, sobre la aeronave, tal como se emplea en la actualidad en algunas técnicas. Por ejemplo, las capas de promotor de adhesión pueden pulverizarse o depositarse usando procesos de pintura líquida convencional. No obstante, en las diferentes realizaciones ventajosas puede emplearse cualquier proceso que se use para formar una capa o recubrimiento de polímero o de silano sobre una superficie.

Además, el sistema de recubrimiento **300** no requiere la formación del sistema de protección frente a rayos **310** como parte del proceso de creación del revestimiento compuesto **312**. Este tipo de característica proporciona una

ventaja frente a los sistemas actuales que integran el sistema de protección frente a rayos con el revestimiento compuesto **312** evitando varias cuestiones de fabricación y cuestiones de mantenimiento que puedan tener lugar, tal como el reprocesado de defectos de fabricación o la reparación estructural del daño en servicio.

5 Además, el sistema de recubrimiento **300** permite la creación de capas o recubrimientos que pueden ser de espesor variable en diferentes ubicaciones. Como resultado, las diferentes capas pueden ser de sección transversal decreciente para evitar bordes abruptos que puedan dar como resultado pintura fisurada en una aeronave terminada. Como resultado, no es necesario un procesamiento adicional, tal como selladores de bordes para el borde del sistema de protección frente a rayos **310**.

10 El sistema de recubrimiento **300** puede ser un recubrimiento polimérico con unas propiedades suficientes para servir como una capa de dieléctrico por encima del revestimiento compuesto **312** para aislar la corriente del rayo que pueda encontrarse presente en la capa conductora con respecto a las características superficiales metálicas. Estas propiedades del dieléctrico pueden ser, por ejemplo, una cantidad seleccionada de aislamiento. La cantidad de aislamiento necesaria puede variar, dependiendo de la cantidad de corriente para la cual se desee el aislamiento. Dependiendo de su química y de la complejidad de la superficie de aplicación, el recubrimiento de dieléctrico puede aplicarse, por ejemplo, sin limitación, por pulverización manual o automática; recubrimiento de cortina; o recubrimiento con cepillo.

15 Por ejemplo, la capa de dieléctrico puede pulverizarse o depositarse usando deposición química, también pulverización manual y procesos de pintura líquida convencionales. Por supuesto, estos ejemplos solo están ilustrando algunas de las técnicas que pueden usarse para formar un recubrimiento de polímero. Cualquier proceso que se use para formar una capa o recubrimiento de polímero sobre una superficie puede emplearse en las diferentes realizaciones ventajosas.

20 El sistema de recubrimiento **300** usa un promotor de adhesión a partir de los promotores de adhesión **304** para formar una capa de promotor de adhesión en un patrón por encima de las áreas sobre las cuales va a formarse una capa conductora. Entonces, el sistema de recubrimiento **300** usa el metal **306** para formar la capa conductora en el patrón por encima de las áreas sobre las cuales se forma la capa de promotor de adhesión. La capa conductora proporciona un patrón que dirige la corriente desde un impacto de rayo hasta la característica de conexión a masa específica **316** ubicada estratégicamente lejos de las áreas críticas de vuelo.

25 El sistema de recubrimiento **300** puede aplicar el metal **306** usando un número de diferentes mecanismos para formar una capa conductora de metal en el sistema de protección frente a rayos **310**. Por ejemplo, sin limitación, la capa de metal puede pulverizarse o depositarse usando una pulverización manual del estado de la técnica como los procesos tales como la pulverización por arco bifilar. Por supuesto, puede usarse cualquier proceso de metalización diferente, tal como, por ejemplo, deposición química, procesos de plasma, y procesos de combustible oxígeno de alta velocidad. Estos ejemplos son solo algunas de las técnicas que pueden usarse para formar un recubrimiento de metal. Cualquier proceso que se use para formar una capa o recubrimiento de metal sobre una superficie puede emplearse en las diferentes realizaciones ventajosas.

30 Pasando a continuación a **la figura 4**, un diagrama de bloques que ilustra unas secciones transversales de una porción de un sistema de protección frente a rayos por encima de unas características de metal se representa de acuerdo con una realización ventajosa. En este ejemplo, la estructura de protección frente a rayos **400** contiene la capa de metal **402**, la capa de promotor de adhesión a metal **404** y la capa de dieléctrico **406**. También se hace referencia a estas capas como "recubrimientos". En las diferentes realizaciones ventajosas, la totalidad de las capas en la estructura de protección frente a rayos **400** se forman sobre la superficie del componente compuesto. En otras palabras, una capa no se forma con antelación en una lámina o tira y a continuación se une o se adhiere a una superficie usando un adhesivo o cola. Las diferentes realizaciones ventajosas no usan tiras o láminas preformadas curadas. En su lugar, las diferentes capas se forman directamente sobre otras capas o sobre la superficie. Este tipo de proceso se contraponen al mecanismo de protección frente a rayos típico en el que se colocan o se acoplan unas capas preformadas de materiales a la superficie de la aeronave para fines de protección de superficie. El uso de materiales preformados en el patrón de protección frente a rayos también necesita de la presencia de costuras y empalmes que puedan alterar el flujo de la corriente del rayo desde el punto de conexión hasta las características de conexión a masa previstas. Las realizaciones ventajosas proporcionan un rendimiento mejorado en el que la alteración del flujo de corriente del rayo se elimina o se minimiza.

35 En este ejemplo, la estructura de protección frente a rayos **400** se encuentra sobre un componente compuesto, tal como el componente compuesto **408**, el cual se encuentra por encima de la subestructura **410**. En este ejemplo, el componente compuesto **408** es un revestimiento compuesto. En este ejemplo, la subestructura **410** puede ser, por ejemplo, un larguero, una nervadura u otras estructuras de armazón. Por supuesto, en estos ejemplos la subestructura **410** puede ser cualquier subestructura por debajo del componente compuesto **408**.

40 La estructura de protección frente a rayos **400** se forma sobre el componente compuesto **408** de una forma que en la que esta estructura cubre las características de metal **412** y **414**. El sistema de protección frente a rayos **400** protege las características de metal **412** y **414** frente a un impacto de rayo. En estos ejemplos, las características de metal

**412** y **414** pueden ser, por ejemplo, unos elementos de sujeción de metal usados para sujetar el componente compuesto **408** a la subestructura **410**. En particular, la capa de dieléctrico **406** actúa como un aislante para proteger las características de metal **412** y **414** frente a las corrientes causadas por un impacto de rayo u otro efecto electromagnético. La capa de metal **402** conduce la corriente y tiene un patrón para conducir la corriente lejos de las características de metal **412** y **414** hasta una característica de masa. La capa de promotor de adhesión a metal **404** se emplea para promover la adhesión o unión de la capa de metal **402** a la capa de dieléctrico **406** cuando se forma la capa de metal **402**. En algunas realizaciones, la capa de promotor de adhesión a metal **404** puede no ser necesaria si la capa de dieléctrico **406** emplea unos materiales que permiten que el metal en la capa de metal **402** se adhiera o se una a la capa de dieléctrico **406**.

Adicionalmente, la capa de promotor de adhesión a pintura **416** puede aplicarse sobre la capa de metal **402**. Tras lo anterior, la capa de pintura **418** puede aplicarse para terminar la superficie de la aeronave. La capa de pintura **418** puede incluir una imprimación y una capa de acabado. La capa de pintura **418** es un ejemplo específico de un recubrimiento protector para la estructura de protección frente a rayos **400**. Este recubrimiento protector se selecciona para proteger la estructura de protección frente a rayos **400** frente al entorno. Por supuesto, en otras realizaciones ventajosas pueden usarse otros tipos de recubrimientos protectores.

La capa de metal **402** y la capa de dieléctrico **406** pueden formarse o crearse con un espesor mínimo que es suficiente para proporcionar protección frente a impactos de rayo, si bien reduce el peso en comparación con las tiras preformadas que se aplican a la superficie de la aeronave.

En estos ejemplos, la capa de dieléctrico **406** puede tener un espesor de aproximadamente 0,005 pulgadas (0,127 mm). El espesor, en los diferentes ejemplos ilustrativos, puede variar desde aproximadamente 0,001 pulgadas (0,0254 mm) hasta aproximadamente 0,010 pulgadas (0,254 mm), dependiendo de la ubicación de implementación particular. Por ejemplo, la capa de dieléctrico **406** puede ser más delgada en los bordes **420** y **422** de la estructura de protección frente a rayos **400**. El adelgazamiento de la capa puede proporcionar una sección transversal decreciente que puede evitar la fisuración de la capa de pintura **418**. En este ejemplo, la capa de promotor de adhesión a metal **404** puede tener un espesor de aproximadamente 0,0015 pulgadas (0,0381 mm). Esta capa puede ser de espesor variable, dependiendo del tipo de promotor de adhesión y del tipo de metal que se está usando. El espesor de la capa de promotor de adhesión a metal **404** puede variar desde aproximadamente 0,0003 (0,00762 mm) hasta aproximadamente 0,003 pulgadas (0,0762 mm).

La capa de metal **402** puede tener varios espesores, dependiendo del tipo de metal usado. El espesor de la capa de metal **402** puede variar desde aproximadamente 0,0005 (0,0127 mm) hasta aproximadamente 0,005 pulgadas (0,127 mm). La capa de metal **402** puede implementarse usando diferentes tipos de materiales. Por ejemplo, pueden usarse aluminio, cobre, acero inoxidable, titanio e invar. El invar es una aleación de níquel-hierro especialmente formulada con un bajo coeficiente de dilatación. El espesor real empleado puede depender de para portar cuánta corriente se ha diseñado la capa conductora.

La capa de dieléctrico **406** puede formarse usando diferentes materiales. Algunos ejemplos incluyen, por ejemplo, imprimación de resina epoxídica rellena con vidrio y otros componentes. Otros ejemplos que pueden usarse de un dieléctrico incluyen poliuretano, materiales acrílicos, polímeros de cerámica, o incluso un material compuesto. En la mayor parte de los casos, se emplea un dieléctrico que tiene una composición homogénea.

La capa de promotor de adhesión a metal **404** puede formarse usando varios materiales, tal como una resina epoxídica o poliuretano. Estos componentes pueden incluir, por ejemplo, microesferas de vidrio y óxidos de metal. Un producto a modo de ejemplo es el Epocast 89537AB, el cual se encuentra disponible de Huntsman International, LLC. La capa de dieléctrico **406** se diseña para tener un alto valor de dieléctrico cuando se forma la capa de dieléctrico **406**.

Pasando a continuación a **la figura 5**, un diagrama de bloques que ilustra unas secciones transversales de otra porción de un sistema de protección frente a rayos por encima de una característica de conexión a masa se representa de acuerdo con una realización ventajosa. En este ejemplo, se ilustra otra porción del sistema de protección frente a rayos **400**. En esta vista representada, la capa de metal **402** conduce desde la vista que se ilustra en **la figura 4** hasta esta vista para proporcionar una trayectoria desde las características de metal **412** y **414** en **la figura 4** hasta la característica de conexión a masa **500**. En este ejemplo, la porción de la estructura de protección frente a rayos **400** que se muestra se encuentra por encima de la característica de conexión a masa **500**. La estructura de protección frente a rayos **400**, en esta sección transversal ilustrada, no incluye la capa de dieléctrico **406** tal como se muestra en **la figura 4**.

En estos ejemplos, la capa de dieléctrico **406** se encuentra presente por encima o alrededor de las áreas que contienen las características de metal. La capa de metal **402** se extiende por encima de la característica de conexión a masa **500** para proporcionar una trayectoria hasta la característica de conexión a masa. La capa de dieléctrico **406** no es necesaria en esta porción debido a que no se encuentran presentes características de metal en las que pueda fluir la corriente. En su lugar, en estos ejemplos cualquier característica de metal que pueda encontrarse presente es parte de la característica de conexión a masa **500**.

Con referencia a continuación a **la figura 6**, se representa, de acuerdo con una realización ventajosa, una vista en sección transversal de un sistema de protección frente a rayos. En este ejemplo, el sistema de protección frente a rayos **600** incluye la capa de metal **602**, la capa de promotor de adhesión a metal **604** y la capa de dieléctrico **606**. El sistema de protección frente a rayos **600** se forma sobre el revestimiento compuesto **608** y el revestimiento compuesto **608** se acopla a un tirante de cizalla **610**.

El recubrimiento protector **609** se forma por encima de la totalidad de las estructuras. En estos ejemplos, el recubrimiento protector **609** es pintura y puede incluir una imprimación y una capa de acabado. El tirante de cizalla **610** es un ejemplo de una subestructura que puede fabricarse a partir de aleaciones de metal o sistemas de material menos conductor, tal como plástico reforzado con fibra de carbono en la subestructura **410** en **la figura 4**. El revestimiento compuesto **608** se conecta con el tirante de cizalla **610** usando los elementos de sujeción **612** y **614**, que son ejemplos de características de metal, tal como las características de metal **412** y **414** en **la figura 4**.

En este ejemplo, el elemento de sujeción **616** y la tira de masa **618** forman una característica de conexión a masa, tal como la característica de conexión a masa **500** en **la figura 5**. La sección **620** es similar a las secciones transversales que se ilustran en **la figura 4**, mientras que la sección **622** es similar a las secciones transversales que se ilustran en **la figura 5**. Tal como puede verse, el espesor de las diferentes capas puede variar en diferentes porciones del sistema de protección frente a rayos **600**. Tal como puede verse, la capa de dieléctrico **606** tiene una sección transversal decreciente en la sección **624** y en la sección **626**. De una forma similar, la capa de metal **602** y la capa de promotor de adhesión a metal **604** también tienen una sección transversal decreciente en la sección **624** y en la sección **628**.

Además, el sistema de protección frente a rayos que se describe en **la figura 7**, y en las otras figuras anteriores, puede emplearse incluso en las áreas sin características de metal. Este tipo de sistema puede usarse para minimizar el efecto de los impactos de rayo y para reducir o eliminar el daño localizado procedente de los impactos de rayo. Este tipo de característica es especialmente útil para proteger las áreas de la aeronave en las que se encuentran componentes, tal como un depósito de combustible u otro equipo, por debajo del revestimiento de la aeronave. Estos tipos de componentes pueden ser parte de la subestructura de la aeronave. Además, las diferentes realizaciones ventajosas pueden servir para proteger la estructura compuesta en las áreas en las que se encuentran presentes características de metal, tal como elementos de sujeción.

Pasando a continuación a **la figura 7**, un diagrama de flujo de alto nivel de un proceso para formar un sistema de protección frente a rayos se representa de acuerdo con una realización ventajosa. El proceso se inicia mediante la formación de una capa de dieléctrico sobre la superficie de un componente compuesto por encima de una característica de metal (operación **700**). En este ejemplo, el componente compuesto puede ser el revestimiento de una aeronave. La característica de metal puede adoptar la forma de un elemento de sujeción usado para sujetar el revestimiento a la aeronave. Más específicamente, el elemento de sujeción puede sujetar el revestimiento de la aeronave a un tirante de cizalla o un larguero, el cual se conecta a su vez con otro armazón estructural de la aeronave.

A continuación, se forma una capa conductora continua que tiene un patrón que cubre la porción de la capa de dieléctrico por encima de la característica de metal y que cubre una característica de conexión a masa (operación **702**), terminando el proceso tras lo anterior. En estos ejemplos, la capa conductora continua es continua desde el área por encima de la característica de metal hasta la característica de conexión a masa. De esta forma, se forma una trayectoria a través de la cual la corriente fluirá si tiene lugar un efecto electromagnético, tal como un impacto de rayo, sobre o cerca de la ubicación de la característica de metal.

Pasando a continuación a **la figura 8**, un diagrama de flujo detallado de un proceso para formar un sistema de protección frente a rayos en una aeronave se representa de acuerdo con una realización ventajosa. Este diagrama de flujo describe un proceso para crear un recubrimiento con un patrón de múltiples capas para un sistema de rayos compuesto.

El proceso se inicia mediante la limpieza de la superficie del componente compuesto (operación **800**). El componente compuesto puede ser cualquier componente, tal como el revestimiento de una aeronave. Por supuesto, este proceso puede aplicarse a cualquier componente compuesto para el que se desee una protección frente a rayos. En estos ejemplos, la superficie puede limpiarse usando un disolvente o una disolución de limpieza alcalina. La limpieza de la superficie se realiza para proporcionar una superficie apropiada para las diferentes capas del sistema de protección frente a rayos que se forman sobre la superficie.

Tras lo anterior, el proceso opcionalmente forma una máscara sobre la superficie (operación **802**). El enmascaramiento es opcional debido a que, en algunos casos, los procesos de control por ordenador pueden depositar con precisión las diferentes capas en el patrón deseado sin requerir una máscara. El proceso forma entonces una capa de dieléctrico (operación **804**). La capa de dieléctrico puede formarse usando varios procesos, tal como se describe anteriormente. Puede emplearse cualquier proceso que se use para formar una capa sobre una superficie de un componente compuesto. A continuación, un promotor de adhesión a metal se aplica para crear una capa de promotor de adhesión a metal (operación **806**). En estos ejemplos, una capa de promotor de adhesión a

metal se forma para promover la formación de la capa de metal. En otras palabras, esta capa se usa para ayudar o auxiliar a garantizar que el metal se adhiere al material subyacente. Por supuesto, esta capa puede no ser necesaria si el proceso y/o el material dieléctrico que se está usando permiten que el metal se adhiera o se forme directamente sobre el dieléctrico. Tras lo anterior, un metal se aplica para formar una capa de metal (operación **808**). Al igual que con la capa de dieléctrico, la capa de metal, en la operación **808**, puede formarse usando varias técnicas para crear capas de metal sobre la superficie de otra capa, tal como sobre la superficie de la capa de promotor de adhesión a metal.

Entonces, la capa de metal puede ser lijarse (operación **810**). La presente operación es una opcional, dependiendo de los requisitos particulares, así como el tipo de metal y la forma en la que el metal se forma sobre la superficie. A continuación, el proceso limpia la capa de metal (operación **812**). La limpieza se realiza para preparar la capa de metal para aplicar un promotor para el pintado posterior del componente compuesto.

El proceso aplica un promotor de adhesión a pintura (operación **814**). En estos ejemplos, este promotor de adhesión a pintura puede ser, por ejemplo, sol-gel, que es un producto comercialmente disponible. El sol-gel puede ser un recubrimiento que consiste en una red inorgánica de ligandos de metal reactivos, tal como AC-131 de AC Products Inc. En otros ejemplos, el promotor de adhesión a pintura puede aplicarse usando otras formulaciones de formación de red inorgánica sobre los recubrimientos que están expuestos. El proceso aplica la imprimación y/o la capa de acabado (operación **816**), terminando el proceso tras lo anterior. Estos diferentes materiales forman los recubrimientos protectores. En la operación **816**, la imprimación y la capa de acabado proporcionan un esquema de pintura para proteger la superficie de la aeronave frente a varios efectos ambientales.

Además, el proceso que se ilustra en **la figura 8** puede aplicarse a un nuevo componente así como para realizar una reparación. Cuando se realiza una reparación, las diferentes operaciones se usan para reparar un área en la que el daño ha tenido lugar debido a un acontecimiento, tal como un impacto de rayo o desgarró y desgaste ambiental sobre la superficie del componente. En estos ejemplos, los diferentes procesos de las realizaciones ventajosas pueden realizarse mediante unas herramientas controladas por ordenador. Así mismo, en algunos casos, algunas de las operaciones pueden realizarse a mano. Por ejemplo, al formar las diferentes capas, se emplea la operación **802** si un operador controla las herramientas que se usan para aplicar o para formar las diferentes capas en la aeronave. Puede aplicarse pintura sobre los diferentes materiales para formar las capas en otras realizaciones ilustrativas.

Por lo tanto, las diferentes realizaciones ventajosas proporcionan un método y aparato para formar un sistema de protección frente a rayos. Una capa de dieléctrico se forma sobre la superficie de un componente compuesto por encima de una característica de metal. Se forma la capa conductora continua que tiene un patrón que cubre una porción de la capa de dieléctrico por encima de la característica de metal y que cubre una característica conexión a masa.

En estos ejemplos, la formación de estas capas puede realizarse con mucha más precisión y con un espesor más pequeño en comparación con el sistema actual, en el que se colocan tiras de las capas de dieléctrico y conductoras sobre la superficie de la aeronave.

Además, las diferentes realizaciones ventajosas pueden aplicarse tanto a nuevas instalaciones como a reparaciones de sistemas de protección frente a impactos de rayo. Las diferentes realizaciones ventajosas no requieren de ningún corte o de la realización de tiras o láminas para la colocación sobre una aeronave. Además, con las diferentes realizaciones ventajosas, pueden formarse una capa continua de dieléctrico y una capa continua de conectores sin huecos, a diferencia de la colocación de tiras.

La descripción de las diferentes realizaciones ventajosas se ha presentado para fines de ilustración y descripción, y no se pretende que sea exhaustiva o que se limite a las realizaciones en la forma que se da a conocer. Muchas modificaciones y variaciones serán evidentes para los expertos en la técnica. A pesar de que las realizaciones ilustradas se dirigen hacia un sistema de protección frente a rayos para aeronaves, pueden aplicarse unas realizaciones ventajosas diferentes a otras estructuras. Por ejemplo, las diferentes realizaciones ventajosas pueden usarse en edificios, carros, camiones y barcos.

Además, diferentes realizaciones ventajosas pueden proporcionar diferentes ventajas en comparación con otras realizaciones ventajosas. La realización o realizaciones seleccionadas se eligen y se describen con el fin de explicar del mejor modo los principios de las realizaciones, la aplicación práctica, y para posibilitar que otros expertos en la técnica comprendan la divulgación para varias realizaciones con varias modificaciones según sean adecuadas para el uso particular que se contemple.

REIVINDICACIONES

- 5 1. Un método para formar un sistema de protección frente a rayos sobre una superficie compuesta (408) de una aeronave (200), comprendiendo el método:
- 10 formar un recubrimiento de dieléctrico (406) sobre la superficie compuesta (408) en la que el recubrimiento de dieléctrico (406) cubre una característica de metal (414) expuesta sobre la superficie compuesta (408); aplicar un promotor de adhesión a metal en un patrón sobre el recubrimiento de dieléctrico (406) y por encima de unas áreas adicionales de la superficie compuesta (408), incluyendo una característica de conexión a masa para formar una capa de promotor de adhesión a metal (404); y
- 15 formar un recubrimiento de metal (402) sobre la capa de promotor de adhesión a metal (404) para crear una trayectoria desde un área que incluye la característica de metal (414) hasta la característica de conexión a masa.
- 20 2. El método de acuerdo con la reivindicación 1, que comprende además:
- aplicar un promotor de adhesión a pintura para formar una capa de promotor de adhesión a pintura (416), y aplicar pintura a la capa de promotor de adhesión a pintura.
- 25 3. El método de acuerdo con la reivindicación 2, que comprende además:
- limpiar una superficie del recubrimiento de metal (402) antes de aplicar el promotor de adhesión a pintura.
4. El método de acuerdo con la reivindicación 1, en el que la superficie compuesta (408) se encuentra sobre un ala de la aeronave (200).
5. El método de acuerdo con la reivindicación 1, en el que el recubrimiento de metal (402) se forma usando un proceso de metalización directa.
- 30 6. El método de acuerdo con la reivindicación 1, en el que el recubrimiento de dieléctrico (406) se forma a partir de un recubrimiento con unas propiedades de dieléctrico seleccionadas.
7. El método de acuerdo con la reivindicación 1, en el que la capa de promotor de adhesión a metal (404) comprende una resina epoxídica rellena con óxidos de metal y vidrio.
- 35 8. El método de acuerdo con la reivindicación 1, en el que el recubrimiento de metal (402) se forma a partir de un material conductor.
9. Una aeronave que comprende:
- 40 un componente compuesto (408) que tiene una superficie y una característica de metal (412, 414) expuesta sobre la superficie;
- un recubrimiento de dieléctrico (406) aplicado a una porción de la superficie del componente compuesto (408) y que cubre las características de metal (412, 414);
- 45 **caracterizada por que** comprende además:
- una capa de promotor de adhesión a metal (404) sobre el recubrimiento de dieléctrico (406) y por encima de unas áreas adicionales de la superficie compuesta (408) incluyendo una característica de conexión a masa; y
- 50 un recubrimiento de metal (402) sobre la capa de promotor de adhesión a metal que forma una trayectoria conductora desde un área que incluye la característica de metal (412, 414) hasta la característica de conexión a masa.
10. La aeronave de acuerdo con la reivindicación 9, en la que el componente compuesto (408) es un revestimiento de la aeronave (200) y la característica de metal (412, 414) es un elemento de sujeción que conecta el revestimiento con una subestructura.
- 55 11. La aeronave de acuerdo con la reivindicación 9, en la que el recubrimiento de dieléctrico (406) se forma a partir de un material que tiene unas propiedades de dieléctrico seleccionadas para un nivel particular de aislamiento.
- 60 12. La aeronave de acuerdo con la reivindicación 9, en la que el recubrimiento de metal (402) se forma a partir de un material que está seleccionado de uno de aluminio, cobre, acero inoxidable, titanio e invar.

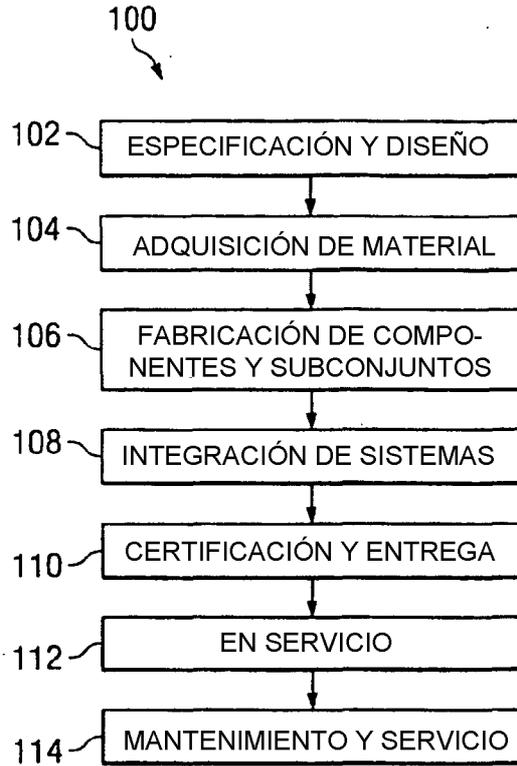


FIG. 1

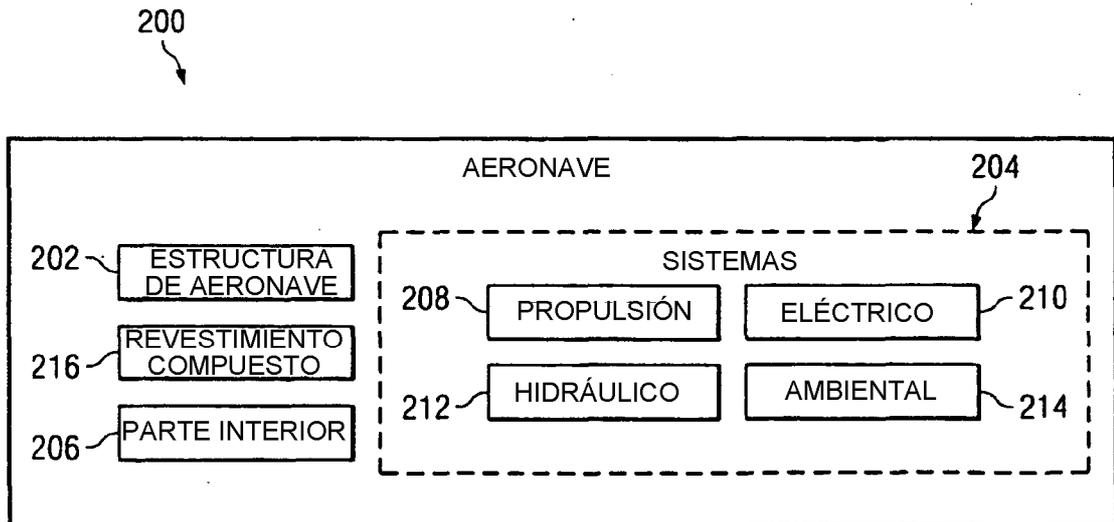


FIG. 2

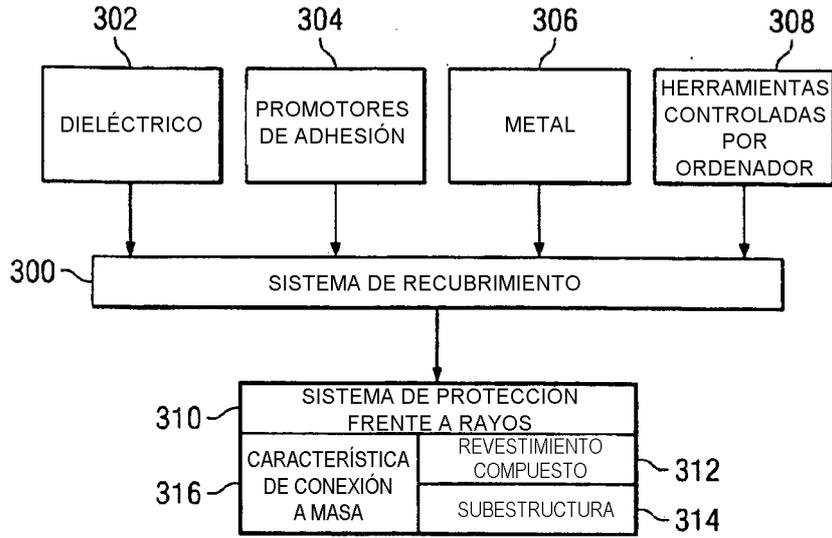


FIG. 3

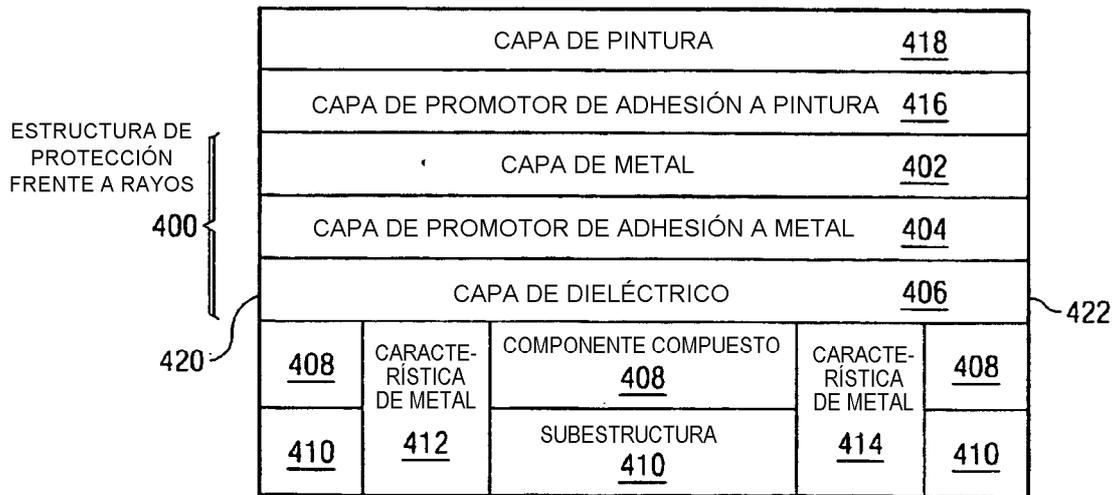


FIG. 4

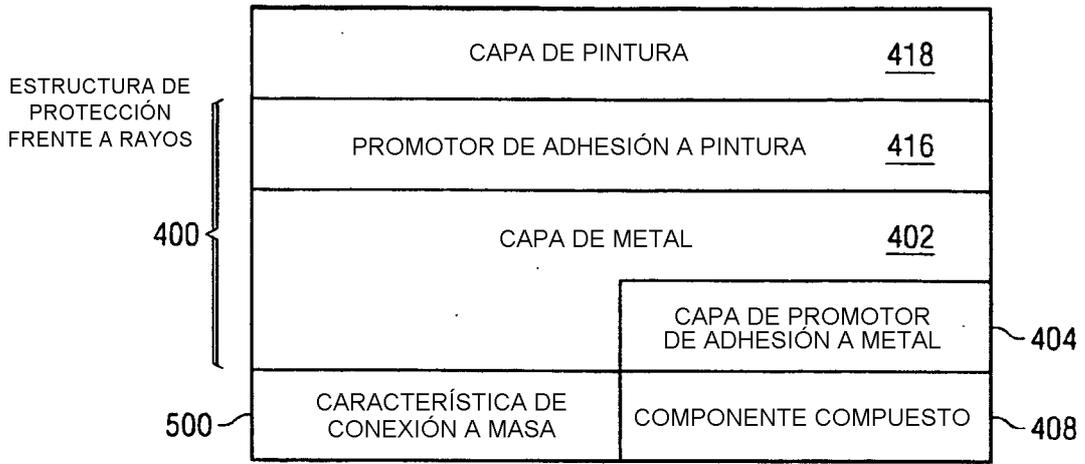


FIG. 5

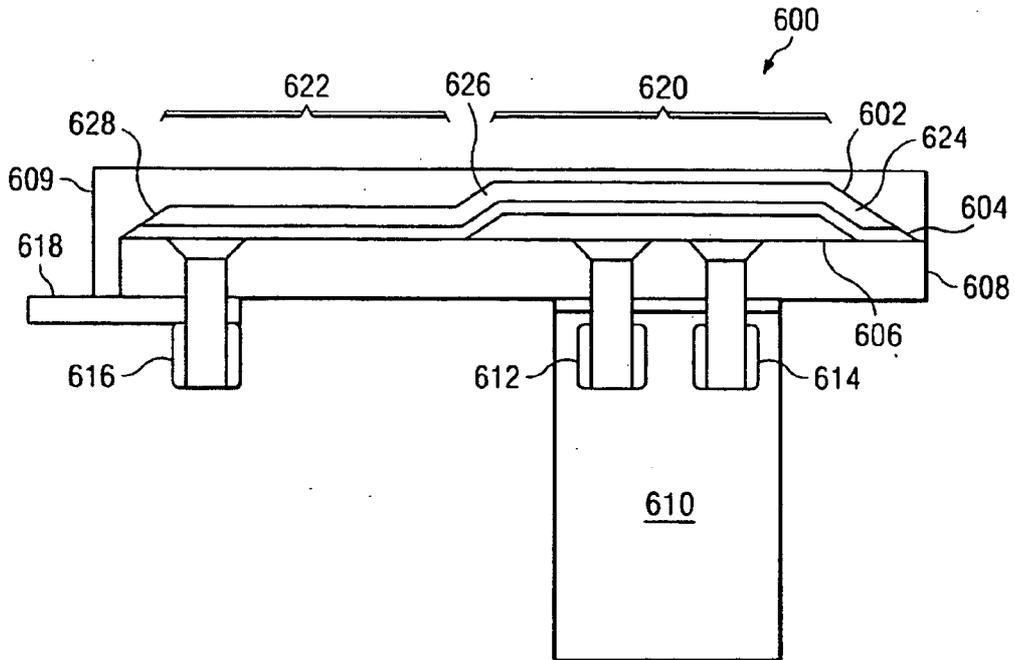


FIG. 6

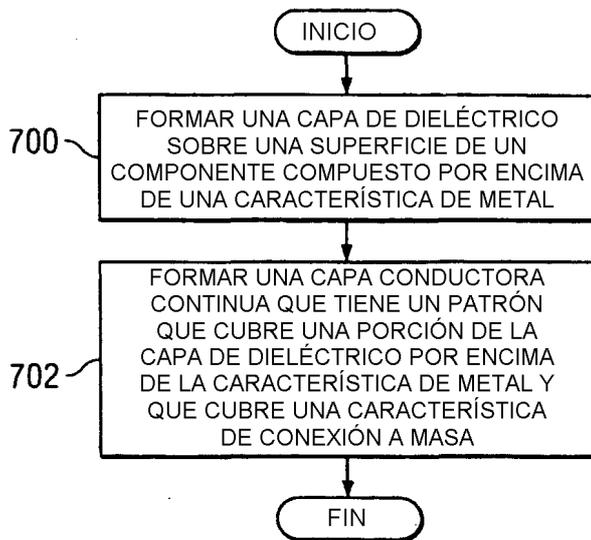


FIG. 7

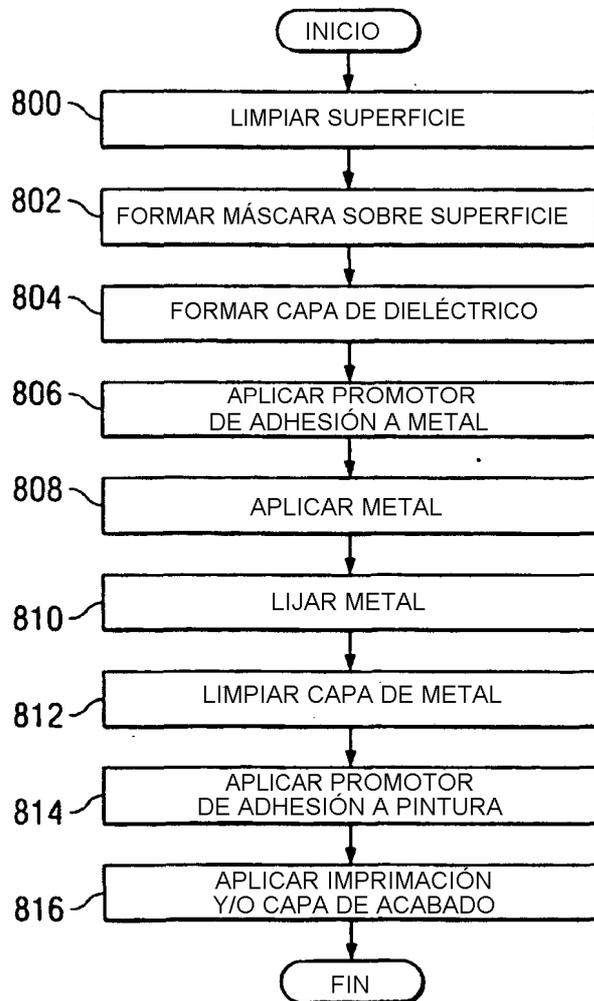


FIG. 8