

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 682 099**

51 Int. Cl.:

**B29C 70/64** (2006.01)

**B29C 70/88** (2006.01)

**H05K 9/00** (2006.01)

**B29C 70/54** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **11.01.2013 E 13151015 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **02.05.2018 EP 2628589**

54 Título: **Capas de material compuesto con refuerzo expuesto**

30 Prioridad:

**20.02.2012 US 201213400334**

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

**18.09.2018**

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

**O'BRIEN GAW, KEVIN**

74 Agente/Representante:

**CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel**

ES 2 682 099 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**

Capas de material compuesto con refuerzo expuesto

Antecedentes

5 La presente divulgación se refiere en general a capas de material compuesto y, en particular, a un método y aparato para conducir energía eléctrica usando capas de material compuesto.

Los materiales compuestos pueden usarse para formar estructuras para diferentes tipos de objetos. Como se usa en el presente documento, un "material compuesto", también denominado "compuesto", comprende dos o más tipos diferentes de materiales. Estos materiales tienen diferentes propiedades físicas y/o químicas que pueden permanecer separadas y distintas dentro del material compuesto.

10 Una estructura formada usando uno o más materiales compuestos se denomina estructura de material compuesto. Los materiales compuestos pueden usarse para formar estructuras de material compuesto para objetos, tales como, por ejemplo, sin limitación, un vehículo aeroespacial, un vehículo aéreo no tripulado (UAV), un transbordador espacial, una embarcación, un vehículo terrestre, un automóvil, un edificio, un dispositivo electromecánico, blindaje y otros tipos adecuados de objetos.

15 En un ejemplo ilustrativo, uno o más materiales compuestos pueden usarse para formar una estructura de material compuesto para uso en una aeronave. La estructura de material compuesto puede ser, por ejemplo, un panel de revestimiento para un ala o fuselaje de la aeronave. Una estructura formada usando materiales compuestos puede tener una resistencia incrementada en comparación con la misma estructura formada usando otros materiales, tales como, por ejemplo, metal. Además, una estructura formada usando materiales compuestos puede tener un peso  
20 reducido en comparación con la misma estructura formada usando estos otros materiales.

Sin embargo, en algunos casos, una estructura de material compuesto puede no proporcionar un nivel deseado de conductividad eléctrica. Por ejemplo, una estructura de material compuesto puede ser incapaz de conducir la energía eléctrica inducida en la estructura de material compuesto por un evento electromagnético que ocurre alrededor de la estructura de material compuesto. El evento electromagnético puede ser, por ejemplo, un rayo. La energía eléctrica  
25 generada por el evento electromagnético puede tomar la forma de corrientes eléctricas y/o fuerzas electromagnéticas.

El documento US 4,68,497 divulga un perno provisto de una tapa de material compuesto que comprende fibras conductoras cortadas incrustadas en una matriz de resina.

El documento US 4,820,376 divulga un material de interconexión de polímero conductor con una resistencia de paso uniformemente baja.

30 El documento US 4,746,389 divulga un método para proporcionar una superficie altamente conductora sobre un artículo de material compuesto para acoplarse con artículos adyacentes.

El documento US 6,624,383 divulga un aparato de blindaje de interferencia electromagnética fabricado a partir de un material compuesto de polímero cargado con fibra eléctricamente conductora.

El documento US 5,667,859 divulga una junta mejorada entre dos estructuras de material compuesto.

35 El documento WO 2006/069581 divulga un método para producir una junta reforzada con fibra.

Como ejemplo ilustrativo, algunos paneles de revestimiento de material compuesto actualmente disponibles para el fuselaje de una aeronave son incapaces de proporcionar un número deseado de vías conductoras para las corrientes eléctricas y/ o fuerzas electromagnéticas generadas cuando el rayo entra en contacto con el fuselaje de la aeronave. Estas corrientes eléctricas y/o fuerzas electromagnéticas intentan encontrar el camino de menor resistencia. En  
40 algunos casos, una porción de la ruta de menor resistencia pasa a través de una matriz en un panel de revestimiento de material compuesto donde está presente poco material conductor. Las corrientes eléctricas y/o las fuerzas electromagnéticas causan incoherencias no deseadas en la matriz a medida que las corrientes eléctricas y/o las fuerzas electromagnéticas viajan a lo largo de esta ruta.

Además, estas corrientes eléctricas y/o fuerzas electromagnéticas pueden afectar la estructura de material compuesto y/u otros componentes en la aeronave de una manera no deseada, mientras se intenta encontrar la ruta de menor resistencia. Por ejemplo, las corrientes eléctricas y/o las fuerzas electromagnéticas pueden provocar que la estructura de material compuesto y/u otros componentes en la aeronave se sobrecalienten más allá de las tolerancias seleccionadas. Los otros componentes que pueden verse afectados incluyen, por ejemplo, sin limitación, el panel de revestimiento de material compuesto, el cableado, las bisagras, los sistemas eléctricos y/u otros componentes  
50 adecuados de la aeronave. Por lo tanto, sería deseable tener un método y un aparato que tenga en cuenta al menos algunos de los problemas mencionados anteriormente, así como posiblemente otros problemas.

Resumen

La invención se define en las reivindicaciones adjuntas. Un aparato puede comprender una matriz y un refuerzo. La matriz comprende un material sustancialmente no conductor. El refuerzo comprende un material conductor. El refuerzo está ubicado dentro de la matriz para formar una capa de material compuesto. Una porción del refuerzo está expuesto en una superficie de la capa de material compuesto de manera que la conductividad eléctrica de la capa de material compuesto se incremente en una dirección sustancialmente perpendicular a la capa de material compuesto.

Una estructura de material compuesto comprende una pluralidad de capas de material compuesto. Una capa de material compuesto en la pluralidad de capas de material compuesto comprende una matriz y un refuerzo. La matriz comprende un material sustancialmente no conductor. El refuerzo comprende un material conductor y está ubicado dentro de la matriz. Una porción del refuerzo está expuesta en una superficie de la capa de material compuesto de manera que la conductividad eléctrica de la capa de material compuesto se incrementa en una dirección sustancialmente perpendicular a la capa de material compuesto. La porción del refuerzo expuesta en la superficie de la capa de material compuesto conecta eléctricamente la capa de material compuesto a otra capa de material compuesto en la pluralidad de capas de material compuesto de manera que la estructura de material compuesto tiene un nivel deseado de conductividad eléctrica en una dirección sustancialmente paralela a un eje z para la estructura de material compuesto.

Se puede proporcionar un método para conducir energía eléctrica usando una estructura de material compuesto. Un objeto que comprende la estructura de material compuesto es operado. La energía eléctrica se induce en la estructura de material compuesto en respuesta a un evento electromagnético que ocurre durante la operación del objeto. La estructura de material compuesto comprende una pluralidad de capas de material compuesto. Una capa de material compuesto en la pluralidad de capas de material compuesto comprende una matriz y un refuerzo. La matriz comprende un material sustancialmente no conductor. El refuerzo comprende un material conductor y está ubicado dentro de la matriz. Una porción del refuerzo está expuesta en una superficie de la capa de material compuesto. La energía eléctrica inducida en la estructura de material compuesto en respuesta al evento electromagnético se realiza dentro de la estructura de material compuesto usando la porción del refuerzo expuesta en la superficie de la capa de material compuesto en la pluralidad de capas de material compuesto de manera que la conductividad eléctrica de la estructura de material compuesto se incrementa en una dirección sustancialmente paralela a un eje z para la estructura de material compuesto.

Se proporciona un método para formar una capa de material compuesto. Un refuerzo está incrustado en una matriz para formar la capa de material compuesto. La matriz comprende un material sustancialmente no conductor. El refuerzo comprende un material conductor. Una porción del refuerzo está expuesta en una porción seleccionada de una superficie de la capa de material compuesto de manera que la conductividad eléctrica de la capa de material compuesto se incrementa en una dirección sustancialmente perpendicular a la capa de material compuesto.

Breve descripción de los dibujos

Las características novedosas que se consideran propias de las realizaciones ilustrativas se exponen en las reivindicaciones adjuntas. Sin embargo, las realizaciones ilustrativas, así como un modo de uso preferido, objetivos adicionales y características de los mismos se entenderán mejor por referencia a la siguiente descripción detallada de una realización ilustrativa de la presente divulgación cuando se lea junto con los dibujos adjuntos, en donde:

La Figura 1 es una ilustración de una estructura de material compuesto en forma de un diagrama de bloques de acuerdo con una realización ilustrativa;

La Figura 2 es una ilustración de una vista isométrica parcialmente expuesta de una capa de material compuesto de acuerdo con una realización ilustrativa;

La Figura 3 es una ilustración de una vista isométrica parcialmente expuesta de una capa de material compuesto con porciones de refuerzo expuestas en las superficies de la capa de material compuesto de acuerdo con una realización ilustrativa;

La Figura 4 es una ilustración de una vista lateral en sección transversal de una capa de material compuesto con porciones de refuerzo expuestas en las superficies de la capa de material compuesto de acuerdo con una realización ilustrativa;

La Figura 5 es una ilustración de una vista desde arriba de una capa de material compuesto con porciones de refuerzo expuestas en las superficies de la capa de material compuesto de acuerdo con una realización ilustrativa;

La Figura 6 es una ilustración de una vista isométrica parcialmente expuesta de una capa de material compuesto con porciones de refuerzo expuestas en las superficies de la capa de material compuesto de acuerdo con una realización ilustrativa;

La Figura 7 es una ilustración de una vista lateral en sección transversal de una capa de material compuesto con porciones de refuerzo expuestas en las superficies de la capa de material compuesto de acuerdo con una realización ilustrativa;

La Figura 8 es una ilustración de una vista isométrica parcialmente expuesta de una estructura de material compuesto que comprende una pluralidad de capas de material compuesto de acuerdo con una realización ilustrativa;

La Figura 9 es una ilustración de una vista lateral en sección transversal de una estructura de material compuesto que comprende una pluralidad de capas de material compuesto de acuerdo con una realización ilustrativa;

5 La Figura 10 es una ilustración de una aeronave que comprende paneles de revestimiento de material compuesto de acuerdo con una realización ilustrativa;

La Figura 11 es una ilustración de un proceso para formar una capa de material compuesto en forma de diagrama de flujo de acuerdo con una realización ilustrativa;

10 La Figura 12 es una ilustración de un proceso para conducir energía eléctrica usando una estructura de material compuesto en forma de diagrama de flujo de acuerdo con una realización ilustrativa;

La Figura 13 es una ilustración de un método de fabricación y servicio de aeronaves de acuerdo con una realización ilustrativa; y

La Figura 14 es una ilustración de una aeronave en donde puede implementarse una realización ilustrativa.

#### Descripción detallada

15 Las diferentes realizaciones ilustrativas reconocen y tienen en cuenta diferentes consideraciones. Por ejemplo, las diferentes realizaciones ilustrativas reconocen y tienen en cuenta que algunas estructuras de material compuesto actualmente disponibles no tienen un nivel deseado de conductividad eléctrica. En particular, estas estructuras de material compuesto pueden no proporcionar un nivel deseado de conductividad eléctrica en una dirección sustancialmente perpendicular a estas estructuras de material compuesto. La dirección sustancialmente perpendicular a estas estructuras de material compuesto puede ser una dirección sustancialmente paralela a un eje z para estas estructuras de material compuesto.

20 Como un ejemplo ilustrativo, una estructura de material compuesto puede ser incapaz de conducir las corrientes eléctricas y/o las fuerzas electromagnéticas inducidas en una estructura de material compuesto en una dirección sustancialmente paralela a un eje z para la estructura de material compuesto. Estas corrientes eléctricas y/o fuerzas electromagnéticas pueden ser inducidas en la estructura de material compuesto en respuesta a un evento electromagnético que ocurre en un entorno alrededor de la estructura de material compuesto. El evento electromagnético es cualquier evento que genere corrientes eléctricas, fuerzas electromagnéticas y/o produzca un campo eléctrico. Por ejemplo, el evento electromagnético puede ser un rayo, un cortocircuito, un circuito sobrecargado, cargas no coincidentes en un circuito, un campo eléctrico o algún otro tipo de evento electromagnético.

30 Las diferentes realizaciones ilustrativas reconocen y tienen en cuenta que una estructura de material compuesto que tiene una conductividad eléctrica incrementada en la dirección sustancialmente perpendicular a la estructura de material compuesto puede ser deseable para proporcionar un nivel deseado de protección contra los efectos indeseados causados por eventos electromagnéticos. Estos efectos indeseados incluyen, por ejemplo, sin limitación, deslaminación, grietas, rasgado, desgaste y/u otros tipos de efectos indeseados con respecto a la estructura de material compuesto.

35 Por ejemplo, las diferentes realizaciones ilustrativas reconocen y tienen en cuenta que una conductividad eléctrica incrementada con respecto a un eje z para una estructura de material compuesto puede ser útil para disipar las corrientes eléctricas y/o fuerzas electromagnéticas generadas por un rayo que entra en contacto con la estructura de material compuesto. Además, las diferentes realizaciones ilustrativas reconocen y tienen en cuenta que puede ser deseable aumentar la conductividad eléctrica de una estructura de material compuesto sin aumentar el peso y/o reducir la resistencia de la estructura de material compuesto fuera de las tolerancias seleccionadas.

40 Por lo tanto, las diferentes realizaciones ilustrativas proporcionan un método y aparato para conducir energía eléctrica. En una realización ilustrativa, una estructura de material compuesto comprende una matriz y un refuerzo. La matriz comprende un material sustancialmente no conductor. El refuerzo comprende un material conductor. El refuerzo está ubicado dentro de la matriz para formar una capa de material compuesto. Una porción del refuerzo está expuesta en una superficie de la capa de material compuesto de manera que la conductividad eléctrica de la capa de material compuesto se incrementa en una dirección sustancialmente perpendicular a la capa de material compuesto. La estructura de material compuesto comprende una pluralidad de capas de material compuesto. Cada capa de material compuesto en la pluralidad de capas de material compuesto comprende una matriz y un refuerzo. La matriz comprende un material sustancialmente no conductor. El refuerzo comprende un material conductor y está ubicado dentro de la matriz. Una primera porción del refuerzo está expuesta en una primera superficie de cada capa de material compuesto, y una segunda porción del refuerzo está expuesta en una segunda superficie de cada capa de material compuesto de manera que la conductividad eléctrica de cada capa de material compuesto se incrementa en una dirección sustancialmente perpendicular a la capa de material compuesto. La primera porción y la segunda porción del refuerzo en cada capa de material compuesto en la pluralidad de capas de material compuesto están configuradas para conectar eléctricamente la pluralidad de capas de material compuesto entre sí de manera que la estructura de material

compuesto tenga un nivel deseado de conductividad eléctrica en una dirección sustancialmente perpendicular a la estructura de material compuesto.

5 Con referencia ahora a las figuras y, en particular, con referencia ahora a la Figura 1, se representa una ilustración de una estructura de material compuesto en forma de un diagrama de bloques de acuerdo con una realización ilustrativa. La estructura 100 de material compuesto está configurada para uso en un objeto, tal como, por ejemplo, el objeto 102.

10 El objeto 102 puede tomar varias formas diferentes. Por ejemplo, sin limitación, el objeto 102 puede ser un vehículo aeroespacial, un vehículo aéreo no tripulado (UAV), un helicóptero, un satélite, un transbordador espacial, una embarcación, un tren, un vehículo terrestre, un automóvil, un edificio, un dispositivo electromecánico, armadura u otro tipo de objeto adecuado. Como un ejemplo ilustrativo, cuando el objeto 102 toma la forma de un vehículo aeroespacial, la estructura 100 de material compuesto puede ser un panel de revestimiento para el vehículo aeroespacial.

En estos ejemplos ilustrativos, la estructura 100 de material compuesto comprende material 104 compuesto. El material 104 compuesto toma la forma de una o más capas de material compuesto, tales como la capa 106 de material compuesto. Por ejemplo, en un ejemplo ilustrativo, la capa 106 de material compuesto es la única capa de material 104 compuesto en material 104 compuesto.

15 En otros ejemplos ilustrativos, la capa 106 de material compuesto es una capa de material compuesto en una pluralidad de capas de material compuesto, tal como la pluralidad de capas 108 de material compuesto. Como se usa en la presente memoria, una "pluralidad de" significa dos o más. Por ejemplo, la pluralidad de capas 108 de material compuesto significa dos o más capas de material compuesto. En algunos ejemplos ilustrativos, una capa de material compuesto también se puede denominar capa de material compuesto. La pluralidad de capas 108 de material compuesto puede incluir dos, tres, cuatro, 10, 20, 50, 100, o alguna otra cantidad de capas de material compuesto, dependiendo de la implementación.

20 Como se representa, la capa 106 de material compuesto comprende la matriz 110 y el refuerzo 112. El refuerzo 112 está ubicado dentro de la matriz 110 para formar la capa 106 de material compuesto. En particular, la matriz 110 es un material monolítico en donde el refuerzo 112 está incrustado en estos ejemplos ilustrativos. Además, la matriz 110 es sustancialmente continua. En otras palabras, un camino puede estar presente desde cualquier punto en la matriz 110 a cualquier otro punto en la matriz 110. La matriz 110 proporciona soporte para el refuerzo 112. La matriz 110 a veces se denomina aglutinante para el refuerzo 112.

30 En estos ejemplos ilustrativos, la matriz 110 comprende material 113 sustancialmente no conductor. El material 113 sustancialmente no conductor puede comprender cualquier cantidad de materiales que sean sustancialmente no conductores. En particular, el material 113 sustancialmente no conductor puede no tener un nivel deseado de conductividad. Además, el material 113 sustancialmente no conductor se puede seleccionar para soportar el refuerzo 112.

35 Por ejemplo, sin limitación, la matriz 110 puede comprender al menos uno de entre un polímero, un plástico, un material cerámico y algún otro tipo de material adecuado. En particular, la matriz 110 puede comprender uno o más polímeros seleccionados de al menos uno de, por ejemplo, sin limitación, una resina, poliéster, éster de vinilo, epoxi, fenólica, poliimida, poliamida, poliéter-éter-cetona (PEEK), polipropileno, un plástico termoestable de poliéster, y algún otro tipo adecuado de material polimérico que sea sustancialmente no conductor.

40 Tal como se usa en el presente documento, la expresión "al menos uno de", cuando se usa con una lista de artículos, significa que se pueden usar diferentes combinaciones de uno o más de los artículos enumerados y que solo se necesita uno de cada elemento de la lista. Por ejemplo, "al menos uno entre el elemento A, el elemento B y el elemento C" puede incluir, sin limitación, el elemento A o el elemento A y el elemento B. Este ejemplo también puede incluir el elemento A, el elemento B y el elemento C o elemento B y el elemento C. En otros ejemplos, "al menos uno de" puede ser, por ejemplo, sin limitación, dos del elemento A, uno del elemento B y 10 del elemento C; cuatro del elemento B y siete del elemento C; y otras combinaciones adecuadas.

45 El refuerzo 112 comprende uno o más materiales incrustados en la matriz 110. El refuerzo 112 está configurado para proporcionar soporte estructural y resistencia para la capa 106 de material compuesto. En algunos ejemplos ilustrativos, el refuerzo 112 se usa para introducir propiedades deseables en la capa 106 de material compuesto. Por ejemplo, el refuerzo 112 puede usarse para cambiar las propiedades físicas de la capa 106 de material compuesto. Estas propiedades físicas pueden incluir, por ejemplo, sin limitación, conductividad eléctrica, resistencia al desgaste, un coeficiente de fricción, conductividad térmica y otras propiedades físicas adecuadas.

50 En estos ejemplos ilustrativos, el refuerzo 112 se compone de varios materiales seleccionados entre al menos uno de carbono, vidrio, carburo de silicio, boro, un material metálico, un material cerámico, una aleación metálica, un material sintético, un material sintético para-aramida y algún otro tipo de material adecuado. Estos materiales pueden tomar la forma de al menos una de fibras, escamas, partículas y rellenos dentro del refuerzo 112. Dependiendo de la disposición de estas fibras, escamas, partículas y/o rellenos en el refuerzo 112, el refuerzo 112 puede ser continuo o discontinuo.

En estos ejemplos ilustrativos, el refuerzo 112 comprende material 114 conductor. El material 114 conductor puede ser cualquier material configurado para conducir una corriente eléctrica. El material 114 conductor puede ser carbono

en estos ejemplos ilustrativos. Por supuesto, en otros ejemplos ilustrativos, el material 114 conductor puede comprender un número de otros materiales conductores además de y/o en lugar de carbono. Además, en algunos casos, el refuerzo 112 puede comprender otros materiales además del material 114 conductor.

5 En un ejemplo ilustrativo, la estructura 100 de material compuesto puede ser un plástico reforzado con fibra de carbono (CFRP). El refuerzo 112 en cada capa de material compuesto en el plástico reforzado con fibra de carbono comprende fibras de carbono, mientras que la matriz 110 comprende un material plástico.

Como se representa, la capa 106 de material compuesto tiene primera superficie 116 y segunda superficie 118. La primera porción 120 del refuerzo 112 está expuesta en la primera superficie 116. Además, la segunda porción 121 del refuerzo 112 puede estar expuesta en la segunda superficie 118.

10 Como se usa en el presente documento, una porción del refuerzo 112 está "expuesta" cuando esa porción está en contacto con el entorno alrededor del refuerzo 112. Por ejemplo, cuando la primera porción 120 del refuerzo 112 está expuesta en la primera superficie 116, algunos otros componentes pueden entrar en contacto con la primera porción 120 del refuerzo 112 en la primera superficie 116.

15 En un ejemplo ilustrativo, el refuerzo 112 comprende una pluralidad de fibras 132. En este ejemplo, la primera porción 120 y la segunda porción 121 de la pluralidad de fibras 132 pueden incluir cada una un grupo de fibras en una pluralidad de fibras 132. Este grupo de fibras puede incluir fibrillas. En algunos casos, una fibra en una pluralidad de fibras 132 que está expuesta en la primera superficie 116 también puede estar expuesta en la segunda superficie 118.

20 La primera porción 120 y/o la segunda porción 121 del refuerzo 112 pueden estar expuestas en la primera superficie 116 y/o en la segunda superficie 118, respectivamente, usando varios procesos diferentes. Por ejemplo, un proceso mecánico, un proceso químico, un proceso de ablación superficial con láser, un proceso de grabado, un proceso de punción, un proceso de punción, un proceso de abrasión, un proceso de lijado, un proceso de rastrillado y/o algún otro tipo de proceso adecuado se puede usar para exponer la primera porción 120 del refuerzo 112 en la primera superficie 116 y/o la segunda porción 121 del refuerzo 112 en la segunda superficie 118.

25 Como un ejemplo ilustrativo, la primera porción 120 de la pluralidad de fibras 132 está expuesta en la primera superficie 116 de la capa 106 de material compuesto desgastando mecánicamente una porción de la primera superficie 116 para exponer una porción de la pluralidad de fibras 132 cerca de la primera superficie 116. La porción de la primera superficie 116 que se desgasta puede ser una porción de la matriz 110 en la primera superficie 116. La primera superficie 116 puede desgastarse mecánicamente usando, por ejemplo, abrasión, rastrillado mecánico, o algún otro tipo de proceso adecuado para desgastar y/o hacer rugosa una superficie.

30 En otro ejemplo ilustrativo, la primera porción 120 está expuesta en la primera superficie 116 aplicando un producto químico a la primera superficie 116 de la capa 106 de material compuesto. El producto químico puede eliminar químicamente o disolver una porción de la primera superficie 116 para exponer la primera porción 120 del refuerzo 112. En particular, este proceso químico puede eliminar químicamente o disolver una porción de la matriz 110 en la primera superficie 116 para exponer la primera porción 120 del refuerzo 112.

35 En algunos ejemplos ilustrativos, se usa un láser para extirpar o eliminar una porción de la primera superficie 116 para exponer la primera porción 120 del refuerzo 112. En otros ejemplos ilustrativos, una o más porciones de la primera superficie 116 se graban para exponer la primera porción 120 de refuerzo 112.

40 Adicionalmente, en algunos casos, un grupo de fibras en la pluralidad de fibras 132 para el refuerzo 112 se trenza a través de la matriz 110 de manera que una primera porción del grupo de fibras queda expuesta en la primera superficie 116 mientras que una segunda porción del grupo de fibras permanece sustancialmente incrustada en la matriz 110 capa 106. Los diferentes procesos descritos para exponer la primera porción 120 del refuerzo 112 en la primera superficie 116 de la capa 106 de material compuesto pueden implementarse de una manera similar para exponer la segunda porción 121 del refuerzo 112 en la segunda superficie 118 de la capa 106 de material compuesto.

45 La primera porción 120 del refuerzo 112 expuesto en la primera superficie 116 aumenta la conductividad 122 eléctrica de la capa 106 de material compuesto en una dirección sustancialmente perpendicular a la capa 106 de material compuesto. Además, la segunda porción 121 del refuerzo 112 expuesto en la segunda superficie 118 de la capa 106 de material compuesto aumenta la conductividad 122 eléctrica de la capa 106 de material compuesto en la dirección sustancialmente perpendicular a la capa 106 de material compuesto.

50 La conductividad 122 eléctrica es una medida de la capacidad de la capa 106 de material compuesto para conducir una corriente eléctrica. La conductividad 122 eléctrica de la capa 106 de material compuesto puede aumentarse en la primera superficie 116 y segunda superficie 118 de la capa 106 de material compuesto con respecto a las corrientes 124 eléctricas que pueden fluir dentro y/o fuera de la capa 106 de material compuesto en la primera superficie 116 y la segunda superficie 118.

55 Las corrientes 124 eléctricas pueden fluir a la capa 106 de material compuesto desde cualquier dirección con respecto a la capa 106 de material compuesto. El material 114 conductor del refuerzo 112 permite que las corrientes 124 eléctricas que fluyen hacia la capa 106 de material compuesto desde cualquier dirección con respecto a la capa 106

de material compuesto se conduzcan dentro de la capa 106 de material compuesto. Además, las corrientes 124 eléctricas pueden salir de la capa 106 de material compuesto en cualquier dirección con respecto a la capa 106 de material compuesto.

5 En algunos ejemplos ilustrativos, la primera porción 120 del refuerzo 112 puede exponerse en una porción seleccionada de la primera superficie 116. La porción de la primera superficie 116 en donde está expuesta la primera porción 120 del refuerzo 112 puede seleccionarse para aumentar la conductividad 122 eléctrica de la capa 106 de material compuesto en la dirección sustancialmente perpendicular a la capa 106 de material compuesto en esta porción seleccionada de la primera superficie 116 y no en otras porciones de la primera superficie 116.

10 De forma similar, la segunda porción 121 del refuerzo 112 puede exponerse en una porción seleccionada de la segunda superficie 118. La porción de la segunda superficie 118 en donde está expuesta la segunda porción 121 del refuerzo 112 puede seleccionarse para aumentar la conductividad 122 eléctrica de la capa 106 de material compuesto en la dirección sustancialmente perpendicular a la capa 106 de material compuesto en esta porción seleccionada de la segunda superficie 118 y no en otras porciones de la primera superficie 116.

15 Las porciones seleccionadas de la primera superficie 116 y segunda superficie 118 a las cuales está expuesto el refuerzo 112 pueden comprender una porción de cada una de estas superficies o porciones discontinuas de cada una de estas superficies. En algunos casos, la porción seleccionada para al menos una de la primera superficie 116 y la segunda superficie 118 puede formar un patrón en la superficie.

20 Por supuesto, en otros casos, la porción seleccionada para al menos una de entre la primera superficie 116 y la segunda superficie 118 puede ser sustancialmente toda la superficie. De esta manera, la conductividad 122 eléctrica de la capa 106 de material compuesto en la dirección sustancialmente perpendicular a la capa 106 de material compuesto se puede adaptar específicamente basándose, por ejemplo, en una política, ciertos requisitos y/o el uso particular para la estructura 100 de material compuesto.

25 Cuando la estructura 100 de material compuesto toma la forma de laminado 107 de material compuesto con una pluralidad de capas 108 de material compuesto, una primera porción y/o una segunda porción del refuerzo en cada capa de material compuesto en una pluralidad de capas 108 de material compuesto queda expuesta en la primera superficie y/o segunda superficie, respectivamente, de cada capa de material compuesto. Las porciones de refuerzo expuestas en la primera superficie y/o la segunda superficie de cada capa de material compuesto en una pluralidad de capas 108 de material compuesto conectan eléctricamente entre sí una pluralidad de capas 108 de material compuesto.

30 Con la pluralidad de capas 108 de material compuesto conectadas eléctricamente entre sí, se permite que las corrientes 124 eléctricas fluyan entre las diferentes capas de material compuesto en la pluralidad de capas 108 de material compuesto. En particular, las porciones de refuerzo expuestas en la primera superficie y/o la segunda superficie de cada capa de material compuesto en una pluralidad de capas 108 de material compuesto aumenta la capacidad del laminado 107 de material compuesto para conducir corrientes 124 eléctricas en una dirección sustancialmente perpendicular al laminado 107 de material compuesto. En consecuencia, el laminado 107 de material compuesto tiene una conductividad 122 eléctrica aumentada con respecto a la dirección sustancialmente perpendicular al laminado 107 de material compuesto.

40 De esta manera, las porciones expuestas del refuerzo para las diferentes capas de material compuesto en la pluralidad de capas 108 de material compuesto pueden proporcionar el nivel deseado de conductividad 135 eléctrica para el laminado 107 de material compuesto en la dirección sustancialmente perpendicular al laminado 107 de material compuesto. Además, con las porciones de refuerzo expuestas en la primera superficie y/o segunda superficie de cada capa de material compuesto en una pluralidad de capas 108 de material compuesto, pueden no ser necesarias capas adicionales entre las diferentes capas de material compuesto en la pluralidad de capas 108 de material compuesto para proporcionar el nivel deseado de conductividad 135 eléctrica.

45 Dependiendo de la implementación, no todas las capas de material compuesto en la pluralidad de capas 108 de material compuesto pueden tener un refuerzo expuesto en ambas superficies de las capas de material compuesto. En algunos casos, solo una porción de las capas de material compuesto en la pluralidad de capas 108 de material compuesto tiene un refuerzo expuesto en ambas superficies. Además, en otros ejemplos, una porción de las capas de material compuesto en una pluralidad de capas 108 de material compuesto tiene un refuerzo expuesto en una sola superficie.

50 Cualquier refuerzo expuesto en la superficie de una capa de material compuesto en una pluralidad de capas 108 de material compuesto puede aumentar la conductividad eléctrica del laminado 107 de material compuesto en la dirección sustancialmente perpendicular al laminado 107 de material compuesto. Además, dependiendo del tipo y/o configuración del refuerzo en cada de la pluralidad de capas 108 de material compuesto, una conductividad eléctrica incrementada del laminado 107 de material compuesto en la dirección sustancialmente perpendicular al laminado 107 de material compuesto puede aumentar la conductividad eléctrica del laminado 107 de material compuesto en cualquier número de otras direcciones con respecto al laminado 107 de material compuesto.

- En estos ejemplos ilustrativos, la dirección que es sustancialmente perpendicular al laminado 107 de material compuesto puede ser una dirección sustancialmente paralela al eje 126 z para el laminado 107 de material compuesto. El eje 126 z es un eje que es sustancialmente perpendicular al eje 128 x y eje 130 y para laminado 107 de material compuesto. En estos ejemplos ilustrativos, el eje 128 x y el eje 130 x se encuentran a lo largo del plano a través del laminado 107 de material compuesto.
- La capa 106 de material compuesto es una primera capa de material compuesto en la pluralidad de capas 108 de material compuesto. La matriz 110 y el refuerzo 112 son una primera matriz y una primera armadura, respectivamente. Además, la conductividad 122 eléctrica para la capa 106 de material compuesto es una primera conductividad eléctrica.
- La pluralidad de capas 108 de material compuesto también incluye una segunda capa 134 de material compuesto que comprende la segunda matriz 136 y el segundo refuerzo 138. El segundo refuerzo 138 puede estar incrustado en la segunda matriz 136. En este ejemplo ilustrativo, la primera porción 140 del segundo refuerzo 138 puede exponerse en la primera superficie 142 de la segunda capa 134 de material compuesto de manera que la segunda conductividad 144 eléctrica de la segunda capa 134 de material compuesto se incrementa en la dirección sustancialmente perpendicular a la segunda capa 134 de material compuesto.
- Además, la segunda porción 146 del segundo refuerzo 138 está expuesta en la segunda superficie 148 de la segunda capa 134 de material compuesto de manera que la segunda conductividad 144 eléctrica de la segunda capa 134 de material compuesto aumenta en la dirección sustancialmente perpendicular a la segunda capa 134 de material compuesto. En estos ejemplos ilustrativos, primero la porción 140 y/o la segunda porción 146 del segundo refuerzo 138 están expuestas en la primera superficie 142 y/o la segunda superficie 148, respectivamente, usando cualquiera de los procesos descritos anteriormente para exponer la primera porción 120 y la segunda porción 121 del refuerzo 112.
- Como se representa, la segunda capa 134 de material compuesto está posicionada con relación a la capa 106 de material compuesto. En particular, la segunda capa 134 de material compuesto puede disponerse sobre la capa 106 de material compuesto. Cuando la segunda capa 134 de material compuesto está posicionada con relación a la capa 106 de material compuesto, la primera porción 120 de refuerzo 112 entra en contacto con la segunda porción 146 del segundo refuerzo 138 en la interfaz 145 entre la primera superficie 116 de la capa 106 de material compuesto y la segunda superficie 148 de la segunda capa 134 de material compuesto.
- Este contacto puede conectar eléctricamente la capa 106 de material compuesto a la segunda capa 134 de material compuesto en la interfaz 145. En estos ejemplos ilustrativos, este contacto aumenta la conductividad eléctrica de la pluralidad de capas 108 de material compuesto en la dirección sustancialmente paralela al eje 126 z para proporcionar el nivel deseado de conductividad 135 eléctrica para la pluralidad de capas 108 de material compuesto.
- En algunos casos, la primera porción 120 del refuerzo 112 puede estar cerca de la segunda porción 146 del segundo refuerzo 138 cuando la segunda capa 134 de material compuesto está posicionada con relación a la capa 106 de material compuesto pero puede no entrar en contacto con la segunda porción 146. La primera porción 120 puede estar lo suficientemente cerca a la segunda porción 146 para permitir que las corrientes 124 eléctricas fluyan entre la primera porción 120 y la segunda porción 146. En otras palabras, en algunos ejemplos ilustrativos, la primera porción 120 puede no necesitar estar en contacto directo con la segunda porción 146 para permitir que las corrientes 124 eléctricas fluyan entre la primera porción 120 y la segunda porción 146.
- Por ejemplo, la energía 149 eléctrica puede inducirse en la estructura 100 de material compuesto en respuesta al evento 152 electromagnético. El evento 152 electromagnético puede ser, por ejemplo, sin limitación, un rayo, un cortocircuito, un circuito sobrecargado, cargas no coincidentes en un circuito, un campo eléctrico cerca de la estructura 100 de material compuesto, o algún otro tipo de evento adecuado que genera el número de corrientes 150 eléctricas.
- La energía 149 eléctrica se induce en la estructura 100 de material compuesto en forma de número de corrientes 150 eléctricas y/o fuerzas 151 electromagnéticas. En estos ejemplos ilustrativos, el evento 152 electromagnético induce energía 149 eléctrica en la estructura 100 de material compuesto al generar un número de corrientes 150 eléctricas que fluyen en la estructura 100 de material compuesto, inducir un campo eléctrico dentro de la estructura 100 de material compuesto, y/o inducir energía 149 eléctrica en la estructura 100 de material compuesto de alguna otra manera adecuada.
- En un ejemplo ilustrativo, el evento 152 electromagnético ocurre por encima de la primera superficie 142 de la segunda capa 134 de material compuesto. Por ejemplo, un rayo entra en contacto con la primera superficie 142 de la segunda capa 134 de material compuesto. En particular, el rayo entra en contacto con la primera porción 140 del segundo refuerzo 138 cuando el rayo entra en contacto con la primera superficie 142. Este rayo genera varias corrientes 150 eléctricas que se conducen a la segunda capa 134 de material compuesto.
- Un número de corrientes 150 eléctricas fluyen a la segunda capa 134 de material compuesto a través de la primera porción 140 del segundo refuerzo 138 en la primera superficie 142 de la segunda capa 134 de material compuesto. Un número de corrientes 150 eléctricas fluyen a través de la segunda capa 134 de material compuesto en la dirección sustancialmente paralela al eje 126 z.

- Además, el número de corrientes 150 eléctricas fluye desde la segunda capa 134 de material compuesto a través de la segunda porción 146 del segundo refuerzo 138 a la segunda superficie 148 de la segunda capa 134 de material compuesto y a la capa 106 de material compuesto a través de la primera porción 120 de refuerzo 112 a la primera superficie 116 de la capa 106 de material compuesto. El número de corrientes 150 eléctricas fluye a través de la capa 106 de material compuesto en la dirección sustancialmente paralela al eje 126 z. En algunos casos, el número de corrientes 150 eléctricas fluye desde la capa 106 de material compuesto a través de la segunda porción 121 del refuerzo 112 y hacia alguna otra capa de material compuesto debajo de la capa 106 de material compuesto en la estructura 100 de material compuesto.
- Además, además del número de corrientes 150 eléctricas que fluyen en la dirección sustancialmente paralela al eje 126 z, el número de corrientes 150 eléctricas también se puede conducir dentro de la capa 106 de material compuesto y la segunda capa 134 de material compuesto en cualquier número de otras direcciones con respecto a estas capas de material compuesto. En algunos casos, la conductividad 122 eléctrica incrementada y la segunda conductividad 144 eléctrica en la dirección sustancialmente paralela al eje 126 z aumentan la conductividad 122 eléctrica y la segunda conductividad 144 eléctrica en otras direcciones.
- De esta manera, la proximidad física de la primera porción 140 y la segunda porción 146 del segundo refuerzo 138 en la segunda capa 134 de material compuesto y la primera porción 120 y la segunda porción 121 del refuerzo 112 en la capa 106 de material compuesto puede proporcionar vías conductoras para el número de corrientes 150 eléctricas. Estas vías conductoras proporcionan el nivel deseado de conductividad 135 eléctrica para la estructura 100 de material compuesto. El nivel deseado de conductividad 135 eléctrica puede ser una conductividad eléctrica superior en la dirección sustancialmente perpendicular a la estructura 100 de material compuesto en comparación con las estructuras de material compuesto actualmente disponibles.
- La ilustración de la estructura 100 de material compuesto en la Figura 1 no implica limitaciones físicas o arquitectónicas a la manera en que se puede implementar una realización ilustrativa dentro del alcance de las reivindicaciones. Por ejemplo, en algunos casos, la pluralidad de capas 108 de material compuesto puede incluir otras capas de material compuesto además de la capa 106 de material compuesto y la segunda capa 134 de material compuesto. Además, en algunos ejemplos ilustrativos, la capa 106 de material compuesto puede incluir otros materiales además de la matriz 110 y el refuerzo 112.
- En otros ejemplos ilustrativos, se puede aplicar material conductor adicional entre las capas de material compuesto en la pluralidad de capas 108 de material compuesto. Este material conductor adicional se puede usar para aumentar la conductividad eléctrica de la estructura 100 de material compuesto en la dirección sustancialmente paralela al eje 126 z. El material conductor aplicado entre las capas de material compuesto puede incluir, por ejemplo, sin limitación, partículas metálicas, fibras de carbono cortadas, escamas de carbono, partículas de carbono y/u otros tipos adecuados de material conductor.
- Con referencia ahora a la Figura 2, se representa una ilustración de una vista isométrica parcialmente expuesta de una capa de material compuesto de acuerdo con una realización ilustrativa. En este ejemplo ilustrativo, la capa 200 de material compuesto es un ejemplo de una implementación para la capa 106 de material compuesto en la Figura 1. Como se representa, la capa 200 de material compuesto comprende la matriz 202 y el refuerzo 204. El refuerzo 204 comprende una pluralidad de fibras 206. Como se muestra, una pluralidad de fibras 206 puede disponerse en forma de malla 208.
- Además, la capa 200 de material compuesto tiene la primera superficie 210 y la segunda superficie 212. En este ejemplo ilustrativo, porciones de refuerzo 204 aún no han sido expuestas en la primera superficie 210 y la segunda superficie 212. En particular, fibrillas y/o fibras en una pluralidad de fibras 206 no están en contacto con la primera superficie 210 o la segunda superficie 212 en este ejemplo representado.
- La capa 200 de material compuesto en la Figura 2 puede ser un ejemplo de una capa de material compuesto antes de que las fibras en una pluralidad de fibras 206 hayan sido expuestas. Una porción de la pluralidad de fibras 206 cerca de la primera superficie 210 y una porción de la pluralidad de fibras 206 cerca de la segunda superficie 212 puede exponerse usando, por ejemplo, sin limitación, un proceso mecánico, un proceso con láser, un proceso químico o algún otro tipo de proceso.
- Con referencia ahora a la Figura 3, se representa una ilustración de una vista isométrica parcialmente expuesta de una capa de material compuesto con porciones de refuerzo expuestas en las superficies de la capa de material compuesto de acuerdo con una realización ilustrativa. En este ejemplo ilustrativo, la primera superficie 210 y la segunda superficie 212 de la capa 200 de material compuesto se hace rugosa de manera que la primera porción 300 del refuerzo 204 está expuesta en la primera superficie 210, y la segunda porción 302 del refuerzo 204 está expuesta en la segunda superficie 212.
- La primera superficie 210 y la segunda superficie 212 pueden hacerse rugosas usando varios procesos diferentes como se describe en la Figura 1. Por ejemplo, la primera superficie 210 y la segunda superficie 212 pueden hacerse rugosas usando al menos uno de un proceso de abrasión, un proceso de rastrillado, o algún otro tipo adecuado de proceso mecánico.

5 Como se representa, la primera porción 300 y la segunda porción 302 pueden incluir extremos rotos de fibras en una pluralidad de fibras 206 en refuerzo 204, bucles de fibras en una pluralidad de fibras 206 y otras porciones o piezas de fibras en una pluralidad de fibras 206. La primera porción 300 del refuerzo 204 expuesto en la primera superficie 210 y la segunda porción 302 del refuerzo 204 expuesto en la segunda superficie 212 aumentan la conductividad eléctrica de la capa 200 de material compuesto en una dirección sustancialmente paralela al eje 304 Z.

Con referencia ahora a la Figura 4, se representa una ilustración de una vista lateral en sección transversal de una capa de material compuesto con porciones de refuerzo expuestas en las superficies de la capa de material compuesto de acuerdo con una realización ilustrativa. En este ejemplo ilustrativo, se representa una vista lateral en sección transversal de la capa 200 de material compuesto tomada a lo largo de las líneas 4-4 en la Figura 3.

10 Pasando ahora a la Figura 5, se representa una ilustración de una vista superior de una capa de material compuesto con porciones de refuerzo expuestas en las superficies de la capa de material compuesto de acuerdo con una realización ilustrativa. En este ejemplo ilustrativo, se representa una vista superior de la capa 200 de material compuesto de la Figura 3.

15 Con referencia ahora a la Figura 6, se representa una ilustración de una vista isométrica parcialmente expuesta de una capa de material compuesto con porciones de refuerzo expuestas en las superficies de la capa de material compuesto de acuerdo con una realización ilustrativa. En este ejemplo ilustrativo, la capa 600 de material compuesto es un ejemplo de una implementación para la capa 106 de material compuesto en la Figura 1.

20 Como se representa, la capa 600 de material compuesto comprende la matriz 602 y el refuerzo 604. El refuerzo 604 comprende la pluralidad de fibras 606. Como se representa, la pluralidad de fibras 606 no está dispuesta en una malla, tal como la malla 208 en las Figuras 2-4. En cambio, la pluralidad de fibras 606 puede tener una disposición aleatoria dentro del refuerzo 604.

25 Además, la capa 600 de material compuesto tiene primera superficie 610 y segunda superficie 612. En este ejemplo ilustrativo, una porción de la primera superficie 610 y una porción de la segunda superficie 612 se han eliminado de manera que la primera porción 614 del refuerzo 604 está expuesta en la primera superficie 610 y la segunda porción 616 de refuerzo 604 está expuesta en la segunda superficie 612.

La primera porción 614 y la segunda porción 616 pueden exponerse utilizando varios procesos diferentes. Por ejemplo, una porción de la primera superficie 610 y una porción de la segunda superficie 612 pueden haberse eliminado usando un proceso químico, un proceso de ablación por láser, o algún otro tipo de proceso adecuado para exponer la primera porción 614 y la segunda porción 616.

30 Como se representa, la primera porción 614 y la segunda porción 616 pueden incluir extremos rotos de fibras en una pluralidad de fibras 606 en refuerzo 604, bucles de fibras en una pluralidad de fibras 606 y otras porciones o piezas de fibras en una pluralidad de fibras 606. La primera porción 614 del refuerzo 604 expuesto en la primera superficie 610 y la segunda porción 616 del refuerzo 604 expuesto en la segunda superficie 612 aumentan la conductividad eléctrica de la capa 600 de material compuesto en una dirección sustancialmente paralela al eje 618 Z.

35 Con referencia ahora a la Figura 7, se representa una ilustración de una vista lateral en sección transversal de una capa de material compuesto con porciones de refuerzo expuestas en las superficies de la capa de material compuesto de acuerdo con una realización ilustrativa. En este ejemplo ilustrativo, se representa una vista lateral en sección transversal de la capa 600 de material compuesto tomada a lo largo de las líneas 7-7 en la Figura 6.

40 Con referencia ahora a la Figura 8, se representa una ilustración de una vista isométrica parcialmente expuesta de una estructura de material compuesto que comprende una pluralidad de capas de material compuesto de acuerdo con una realización ilustrativa. En este ejemplo ilustrativo, la estructura 800 de material compuesto puede ser un panel de revestimiento para una aeronave. Como se representa, la estructura 800 de material compuesto comprende una pluralidad de capas 802 de material compuesto. En consecuencia, la estructura 800 de material compuesto se puede denominar como un laminado de material compuesto.

45 Cada capa de material compuesto en una pluralidad de capas 802 de material compuesto puede implementarse utilizando la capa 200 de material compuesto de la Figura 3. De esta manera, pueden formarse trayectorias conductoras por contacto entre las porciones expuestas del refuerzo en las superficies de las diferentes capas de material compuesto en la estructura 800 de material compuesto.

50 Estas porciones expuestas de refuerzo en las superficies de las diferentes capas de material compuesto en la estructura 800 de material compuesto aumentan la conductividad eléctrica de la estructura 800 de material compuesto en una dirección sustancialmente perpendicular a la estructura 800 de material compuesto. Esta dirección puede ser sustancialmente paralela al eje 804 z para la estructura 800 de material compuesto.

55 Las vías conductoras proporcionadas por las porciones expuestas del refuerzo en las superficies de las diferentes capas de material compuesto en la estructura 800 de material compuesto pueden permitir que se conduzcan varias corrientes eléctricas y/o fuerzas electromagnéticas generadas por un evento electromagnético dentro de la estructura 800 de material compuesto. El evento electromagnético puede ser, por ejemplo, sin limitación, un rayo.

5 Cuando un rayo cae en la estructura 800 de material compuesto, el rayo puede generar corrientes eléctricas que se dispersan a través de la estructura 800 de material compuesto en una dirección sustancialmente paralela al eje 804 Z. Por ejemplo, cuando un rayo cae sobre cualquier superficie de la estructura 800 de material compuesto, las corrientes eléctricas pueden fluir hacia la estructura 800 de material compuesto. Estas corrientes eléctricas pueden realizarse dentro de la estructura 800 de material compuesto a través del refuerzo en cada una de una pluralidad de capas 802 de material compuesto.

10 Como un ejemplo específico, cuando un rayo cae sobre la superficie 806 de la estructura 800 de material compuesto, las corrientes eléctricas pueden fluir a través de la pluralidad de capas 802 de material compuesto en la dirección de la flecha 808. En particular, la pluralidad de capas 802 de material compuesto puede conducir estas corrientes eléctricas en la dirección de la flecha 808 para dispersar estas corrientes eléctricas.

Con referencia ahora a la Figura 9, se representa una ilustración de una vista lateral en sección transversal de una estructura de material compuesto que comprende una pluralidad de capas de material compuesto de acuerdo con una realización ilustrativa. En la Figura 9, se representa una vista lateral en sección transversal de la estructura 800 de material compuesto tomada a lo largo de las líneas 9-9 en la Figura 8.

15 Los diferentes componentes que se muestran en las Figuras 2-9 se pueden combinar con los componentes de la Figura 1, que se usan con los componentes en la Figura 1, o una combinación de los dos. Adicionalmente, algunos de los componentes en estas figuras pueden ser ejemplos ilustrativos de cómo los componentes mostrados en forma de bloque en la Figura 1 pueden implementarse como estructuras físicas.

20 Con referencia ahora a la Figura 10, se representa una ilustración de una aeronave que comprende paneles de revestimiento de material compuesto de acuerdo con una realización ilustrativa. En este ejemplo ilustrativo, la aeronave 1000 tiene el ala 1002 y el ala 1004 unidas al cuerpo 1006. La aeronave 1000 incluye el motor 1008 unido al ala 1002 y el motor 1010 unido al ala 1004. El cuerpo 1006 tiene la sección 1012 de cola. El estabilizador 1014 horizontal, el estabilizador 1016 horizontal, y el estabilizador 1018 vertical están unidos a la sección 1012 de cola del cuerpo 1006.

25 La aeronave 1000 es un ejemplo de una implementación para el objeto 102 en la Figura 1. El cuerpo 1006 de la aeronave 1000 puede tener una pluralidad de paneles 1020 de revestimiento de material compuesto. Cada panel de revestimiento de material compuesto en una pluralidad de paneles 1020 de revestimiento de material compuesto puede ser un ejemplo de una implementación para estructura 100 de material compuesto en la Figura 1. Además, cada panel de revestimiento de material compuesto en una pluralidad de paneles 1020 de revestimiento de material compuesto puede implementarse utilizando, por ejemplo, la estructura 800 de material compuesto en la Figura 8.

30 La pluralidad de paneles 1020 de revestimiento de material compuesto se puede configurar para conducir energía eléctrica generada en respuesta a un evento electromagnético. Por ejemplo, cuando un rayo 1022 golpea el cuerpo 1006 de la aeronave 1000, el rayo 1022 encuentra una pluralidad de paneles 1020 de revestimiento de material compuesto. La pluralidad de paneles 1020 de revestimiento de material compuesto está configurada para conducir las corrientes eléctricas y/o fuerzas electromagnéticas generadas por el rayo 1022. De esta manera, la pluralidad de paneles 1020 de revestimiento de material compuesto puede proporcionar protección contra el rayo 1022 y otros tipos de eventos electromagnéticos.

35 Volviendo ahora a la Figura 11, se representa una ilustración de un proceso para formar una capa de material compuesto en forma de diagrama de flujo de acuerdo con una realización ilustrativa. El proceso ilustrado en la Figura 11 puede usarse para formar la capa 106 de material compuesto en la Figura 1.

El proceso comienza insertando un refuerzo en una matriz para formar la capa de material compuesto (operación 1100). El refuerzo comprende un material conductor. En algunos ejemplos ilustrativos, el material conductor puede ser carbono en forma de una pluralidad de fibras.

45 En la operación 1100, incrustar el refuerzo en la matriz hace que el refuerzo se ubique dentro de la matriz. En un ejemplo ilustrativo, cuando el refuerzo está incrustado en la matriz, ninguna porción del refuerzo está expuesta en ninguna de las superficies de la capa de material compuesto. El refuerzo puede estar incrustado en la matriz de varias maneras diferentes. Por ejemplo, sin limitación, el refuerzo puede incrustarse en la matriz utilizando un proceso de baño de resina, un proceso químico de deposición de vapor, un proceso de deposición en vacío, un proceso de deposición de solución química, un proceso de deposición de baño químico o algún otro tipo de proceso adecuado para incrustar el refuerzo dentro de la matriz.

50 El proceso expone a continuación una porción del refuerzo en una superficie de la capa de material compuesto para aumentar la conductividad eléctrica de la capa de material compuesto en una dirección sustancialmente perpendicular a la capa de material compuesto (operación 1102), terminando el proceso posteriormente. En algunos ejemplos ilustrativos, la operación 1102 se puede realizar una primera vez para una primera superficie de la capa de material compuesto y una segunda vez para una segunda superficie de la capa de material compuesto.

La operación 1102 se puede realizar de varias maneras diferentes. Por ejemplo, la operación 1102 se puede realizar raspando la superficie de la capa de material compuesto para extraer la porción del refuerzo incrustado en la matriz

fuera de la capa de material compuesto a través de la superficie. En otro ejemplo ilustrativo, la operación 1102 se puede realizar aplicando un producto químico a la superficie de la capa de material compuesto para eliminar químicamente una porción de la matriz en la superficie de la capa de material compuesto para exponer la porción del refuerzo.

- 5 En aún otros ejemplos ilustrativos, la operación 1102 se puede realizar eliminando una porción de la superficie de la capa de material compuesto para exponer la porción del refuerzo usando un proceso de ablación por láser. En algunos casos, la operación 1102 puede realizarse trenzando un grupo de fibras en una pluralidad de fibras que forman el refuerzo a través de la capa de material compuesto de manera que una primera porción del grupo de fibras queda expuesta en la superficie de la capa de material compuesto y una segunda porción del grupo de fibras permanece sustancialmente incrustada en la matriz en la capa de material compuesto.

10 Con referencia ahora a la Figura 12, se representa una ilustración de un proceso para conducir energía eléctrica usando una estructura de material compuesto en forma de diagrama de flujo de acuerdo con una realización ilustrativa. El proceso ilustrado en la Figura 12 puede implementarse usando la estructura 100 de material compuesto en la Figura 1.

- 15 El proceso comienza operando un objeto que comprende una estructura de material compuesto en la cual un evento electromagnético que ocurre durante el funcionamiento del objeto induce energía eléctrica en la estructura de material compuesto (operación 1200). La estructura de material compuesto puede ser, por ejemplo, una estructura 100 de material compuesto en la Figura 1. Esta estructura de material compuesto puede implementarse en forma de, por ejemplo, la estructura 800 de material compuesto en la Figura 8.

- 20 La estructura de material compuesto comprende una pluralidad de capas de material compuesto. Una capa de material compuesto en la pluralidad de capas de material compuesto comprende una matriz y un refuerzo. El refuerzo comprende un material conductor y está incrustado en la matriz. Una primera porción del refuerzo está expuesta en una primera superficie de la capa de material compuesto, y una segunda porción del refuerzo está expuesta en una segunda superficie de la capa de material compuesto para aumentar la conectividad eléctrica de la capa de material compuesto en la primera superficie y la segunda superficie, respectivamente, de la capa de material compuesto.

25 En este ejemplo ilustrativo, el evento electromagnético puede ser, por ejemplo, un rayo, un cortocircuito, un circuito sobrecargado, o algún otro tipo de evento adecuado configurado para generar energía eléctrica en una superficie de la estructura de material compuesto. La energía eléctrica puede tomar la forma de varias corrientes eléctricas y/o fuerzas electromagnéticas.

- 30 El proceso conduce la energía eléctrica inducida en la estructura de material compuesto en respuesta al evento electromagnético dentro de la estructura de material compuesto de modo que la conductividad eléctrica de la estructura de material compuesto se incrementa en una dirección sustancialmente perpendicular a la estructura de material compuesto (operación 1202), terminando el proceso posteriormente. En particular, el contacto entre las porciones de los refuerzos para las diferentes capas de material compuesto expuestas en las superficies de las capas de material compuesto en la pluralidad de capas de material compuesto proporciona vías conductoras para que se conduzca la energía eléctrica.

35 Los diagramas de flujo y diagramas de bloques en las diferentes realizaciones representadas ilustran la arquitectura, la funcionalidad y el funcionamiento de algunas posibles implementaciones de los aparatos y métodos en una realización ilustrativa. A este respecto, cada bloque en los diagramas de flujo o diagramas de bloques puede representar un módulo, segmento, función y/o una porción de una operación o paso. Por ejemplo, uno o más de los bloques pueden implementarse como código de programa, en hardware o como una combinación del código de programa y el hardware. Cuando se implementa en hardware, el hardware puede, por ejemplo, tomar la forma de circuitos integrados que se fabrican o configuran para realizar una o más operaciones en los diagramas de flujo o diagramas de bloques.

- 45 En algunas implementaciones alternativas de una realización ilustrativa, la función o funciones observadas en los bloques pueden producirse fuera del orden indicado en las figuras. Por ejemplo, en algunos casos, dos bloques que se muestran en sucesión pueden ejecutarse de manera sustancialmente simultánea, o los bloques a veces se pueden realizar en el orden inverso, dependiendo de la funcionalidad involucrada. Además, se pueden agregar otros bloques además de los bloques ilustrados en un diagrama de flujo o diagrama de bloques.

- 50 Las realizaciones ilustrativas de la descripción se pueden describir en el contexto del método 1300 de fabricación y servicio de aviones como se muestra en la Figura 13 y la aeronave 1400 como se muestra en la Figura 14. Pasando primero a la Figura 13, se representa una ilustración de un método de fabricación y servicio de acuerdo con una realización ilustrativa. Durante la preproducción, el método 1300 de fabricación y servicio de aeronaves puede incluir la especificación y el diseño 1302 de la aeronave 1400 en la Figura 14 y la adquisición de material 1304.

- 55 Durante la producción, tiene lugar la fabricación de componentes y subconjuntos 1306 y la integración de sistemas 1308 de la aeronave 1400. A continuación, la aeronave 1400 puede pasar por la certificación y la entrega 1310 para ser colocada en el servicio 1312. Mientras está en el servicio 1312 por un cliente, la aeronave 1400 está programada

para el mantenimiento de rutina y el servicio 1314, que puede incluir modificación, reconfiguración, reacondicionamiento y otro mantenimiento o servicio.

Cada uno de los procesos de fabricación de aeronaves y el método de servicio 1300 puede ser realizado o llevado a cabo por un integrador de sistema, un tercero y/o un operador. En estos ejemplos, el operador puede ser un cliente.

- 5 Para los propósitos de esta descripción, un integrador de sistema puede incluir, sin limitación, cualquier cantidad de fabricantes de aeronaves y subcontratistas de sistemas principales; un tercero puede incluir, sin limitación, cualquier cantidad de proveedores, subcontratistas y proveedores; y un operador puede ser una aerolínea, una empresa de alquiler, una entidad militar, una organización de servicios, etc.

- 10 Con referencia ahora a la Figura 14, se representa una ilustración de una aeronave en donde se puede implementar una realización ilustrativa. En este ejemplo, la aeronave 1400 es producida por el método 1300 de fabricación y servicio de aviones en la Figura 13 y puede incluir el fuselaje 1402 con la pluralidad de sistemas 1404 e interior 1406. Ejemplos de sistemas 1404 incluyen uno o más sistemas 1408 de propulsión, sistema 1410 eléctrico, sistema 1412 hidráulico y sistema 1414 ambiental. Se puede incluir cualquier cantidad de otros sistemas. Aunque se muestra un ejemplo aeroespacial, se pueden aplicar diferentes realizaciones ilustrativas a otras industrias, tales como la industria del automóvil, la industria marina, la industria energética, la industria de la construcción o algún otro tipo de industria adecuada.

- 15 Los aparatos y métodos incorporados aquí pueden emplearse durante al menos una de las etapas de fabricación de aeronaves y el método de servicio 1300 en la Figura 13. Por ejemplo, sin limitación, la estructura 100 de material compuesto de la Figura 1 puede diseñarse, fabricarse e implementarse en aeronaves 1400 en Figura 14 durante al menos uno de especificación y diseño 1302, aprovisionamiento 1304 de material, fabricación 1306 de componentes y subconjunto, integración 1308 de sistema, en servicio 1312, y/o mantenimiento y servicio 1314. Por ejemplo, se puede usar la estructura 100 de material compuesto en la Figura 1 para implementar una pluralidad de paneles de revestimiento para la aeronave 1400 en la Figura 14.

- 20 En un ejemplo ilustrativo, los componentes o subconjuntos producidos en la fabricación 1306 de componentes y subconjuntos en la Figura 13 pueden fabricarse o fabricarse de manera similar a los componentes o subconjuntos producidos mientras la aeronave 1400 está en servicio 1312 en la Figura 13.

- 25 Como otro ejemplo más, una o más realizaciones de aparatos, realizaciones de métodos, o una combinación de los mismos, pueden utilizarse durante etapas de producción, tales como fabricación 1306 de componentes y subconjuntos e integración 1308 de sistemas en la Figura 13. Una o más realizaciones de dispositivos, realizaciones de métodos o se puede utilizar una combinación de los mismos mientras la aeronave 1400 está en el servicio 1312 y/o durante el mantenimiento y el servicio 1314 en la Figura 13. El uso de varias realizaciones ilustrativas diferentes puede proporcionar protección para la aeronave 1400 contra eventos electromagnéticos, tales como, por ejemplo, sin limitación, rayos.

- 30 En las figuras y el texto anterior, se divulga una estructura 100 de material compuesto que incluye una matriz 110 que incluye un material 133 sustancialmente no conductor; y un refuerzo 112 que incluye un material 114 conductor, en donde el refuerzo 112 está ubicado dentro de la matriz 110 para formar una capa de material compuesto en la estructura de material compuesto en donde una porción del refuerzo 112 está expuesta en una superficie de la capa 106 de material compuesto de tal manera que la conductividad 122 de la capa 106 de material compuesto se incrementa en una dirección sustancialmente perpendicular a la capa 106 de material compuesto. En una variante, el refuerzo 112 incluye una pluralidad de fibras 132 en las que la porción del refuerzo 112 se expone en la superficie de la capa 106 de material compuesto es una porción de la pluralidad de fibras 132 a través de la cual se permite que una serie de corrientes 150 eléctricas entren y salgan de la capa 106 de material compuesto. En un ejemplo, la porción del refuerzo 112 está expuesta en una porción seleccionada de la superficie, tal que la conductividad 122 eléctrica de la capa 106 de material compuesto se incrementa en la dirección sustancialmente perpendicular a la capa 106 de material compuesto a t la porción seleccionada de la superficie. En otro ejemplo, la porción del refuerzo 112 es una primera porción 120 del refuerzo 112 y la superficie de la capa 106 de material compuesto es una primera superficie 116 de la capa 106 de material compuesto y en donde una segunda porción del refuerzo está expuesta en una segunda superficie 118 de la capa 106 de material compuesto.

- 35 En otro ejemplo más, la matriz 110 es una primera matriz 110, el refuerzo 112 es un primer refuerzo 112, la porción del refuerzo es una primera porción 120 del primer refuerzo 112, la capa 106 de material compuesto es una primera capa 106 de material compuesto, la superficie es una primera superficie 116 de la primera capa 106 de material compuesto, y la conductividad 122 eléctrica es una primera conductividad 122 eléctrica y además incluye: una segunda matriz 136; y un segundo refuerzo 138 ubicado dentro de la segunda matriz 136, en donde la segunda matriz 136 y el segundo refuerzo 138 forman una segunda capa 134 de material compuesto en donde una segunda porción 146 del segundo refuerzo 138 está expuesta en una segunda superficie 148 del segundo compuesto la capa 134 de manera que una segunda conductividad 144 eléctrica de la segunda capa 134 de material compuesto se incrementa en una dirección sustancialmente perpendicular a la segunda capa 134 de material compuesto.

- 40 En una alternativa, la primera porción 120 del primer refuerzo 112 expuesto en la primera superficie 116 de la primera capa 106 de material compuesto está configurada para entra en contacto con la segunda porción 146 del segundo

refuerzo 138 expuesto en la segunda superficie 148 de la segunda capa 134 de material compuesto cuando la segunda capa 134 de material compuesto y la primera capa 106 de material compuesto se posicionan una con relación a la otra para formar la estructura 100 de material compuesto.

5 En otra alternativa, en donde el contacto entre la primera porción 120 del primer refuerzo 112 y la segunda porción 146 del segundo refuerzo 138 conecta eléctricamente la primera capa 106 de material compuesto y la segunda capa 134 de material compuesto para proporcionar un nivel deseado de conductividad 135 eléctrica en una dirección sustancialmente paralela a un eje 126 z para la estructura de material compuesto. En una variante, en donde la capa 106 de material compuesto es una capa 106 de material compuesto en una pluralidad de capas 108 de material compuesto que forman la estructura 100 de material compuesto en donde porciones de refuerzos para capas 108 de material compuesto en la pluralidad de capas 108 de material compuesto están expuestas en las superficies de las capas de material compuesto en la pluralidad de capas 108 de material compuesto para proporcionar un nivel deseado de conductividad 135 eléctrica para la pluralidad de capas 108 de material compuesto en una dirección sustancialmente paralela a un eje 126 z para la pluralidad de capas 108 de material compuesto.

15 En un ejemplo, en donde un evento 152 electromagnético que se produce en un entorno alrededor de la pluralidad de capas 108 de material compuesto induce energía 149 eléctrica en la pluralidad de capas 108 de material compuesto y en donde la pluralidad de capas 108 de material compuesto está configurada para conducir la energía 149 eléctrica entre las capas de material compuesto en la pluralidad de capas 108 de material compuesto en la dirección sustancialmente paralela al eje z para la pluralidad de capas 108 de material compuesto. En otro ejemplo más, en donde la estructura 100 de material compuesto incluye la pluralidad de capas 108 de material compuesto es un plástico reforzado con fibra de carbono configurado para uso como panel de revestimiento para un vehículo aeroespacial en donde el plástico reforzado con fibra de carbono tiene el nivel deseado de conductividad eléctrica en la dirección sustancialmente paralela al eje z para el plástico reforzado con fibra de carbono.

20 En otro ejemplo más, en donde la porción del refuerzo 112 incrustado en la matriz 110 está expuesta en la superficie de la capa 106 de material compuesto usando al menos uno de un proceso mecánico, un proceso químico, un proceso de ablación de superficie con láser, un proceso de grabado, un proceso de trenzado, un proceso de punción, un proceso de abrasión, un proceso de lijado y un proceso de rastrillado.

25 Además, se divulga una estructura 100 de material compuesto que incluye: una pluralidad de capas 108 de material compuesto en las que una capa 106 de material compuesto en la pluralidad de capas 108 de material compuesto incluye: una matriz 110 que incluye un material 113 sustancialmente no conductor; y un refuerzo 112 que incluye un material 114 conductor y ubicado dentro de la matriz 110 en donde una porción del refuerzo 112 está expuesta en una superficie de la capa 106 de material compuesto de manera que la conductividad 122 eléctrica de la capa 106 de material compuesto aumenta en una dirección sustancialmente perpendicular a la capa de material compuesto, en donde la porción del refuerzo 112 expuesto en la superficie de la capa 106 de material compuesto conecta eléctricamente la capa 106 de material compuesto a otra capa 106 de material compuesto en la pluralidad de capas 30 108 de material compuesto de manera que la estructura 100 de material compuesto tiene un nivel deseado de conductividad 135 eléctrica en una dirección sustancialmente paralela a un eje 126 z para la estructura 100 de material compuesto. En un ejemplo, en donde la estructura 100 de material compuesto incluye la pluralidad de capas 108 de material compuesto, es plástico reforzado con fibra de carbono configurado para usar como panel protector para un vehículo aeroespacial.

35 Además, se divulga un método para conducir energía 149 eléctrica usando una estructura 100 de material compuesto, incluyendo el método: operar un objeto 102 que incluye la estructura 100 de material compuesto en donde la energía 149 eléctrica es inducida en la estructura 100 de material compuesto en respuesta a un evento 152 electromagnético que ocurre durante la operación del objeto 102, en donde la estructura 100 de material compuesto incluye una pluralidad de capas 108 de material compuesto en las que una capa 106 de material compuesto en la pluralidad de 40 capas 108 de material compuesto incluye: una matriz 110 que incluye un material 113 sustancialmente no conductor; y un refuerzo 112 que incluye un material 114 conductor y ubicado dentro de la matriz 110 en donde una porción del refuerzo 112 está expuesta en una superficie de la capa 106 de material compuesto; y conducir la energía 149 eléctrica inducida en la estructura 100 de material compuesto en respuesta al evento 152 electromagnético dentro de la estructura 100 de material compuesto usando la porción del refuerzo 112 expuesto en la superficie de la capa 106 de material compuesto en la pluralidad de capas 108 de material compuesto de tal manera que la conductividad 122 de la estructura 100 de material compuesto se incrementa en una dirección sustancialmente paralela a un eje 126 z para la estructura 100 de material compuesto.

45 En una variante, la etapa de conducir la energía 149 eléctrica inducida en la estructura 100 de material compuesto en respuesta al evento 152 electromagnético dentro de la estructura 100 de material compuesto usando la porción del refuerzo 112 expuesto en la superficie de la capa 106 de material compuesto en la pluralidad de capas 108 de material compuesto de manera que la conductividad 122 eléctrica de la estructura 100 de material compuesto se incrementa en la dirección sustancialmente paralela al eje 126 z para la estructura 100 de material compuesto comprende: conducir la energía 149 eléctrica inducida en la estructura 100 de material compuesto en respuesta a la corriente electromagnética el evento 152 dentro de la estructura 100 de material compuesto de manera que la conductividad 50 122 eléctrica de la estructura 100 de material compuesto se incrementa en la dirección sustancialmente paralela al eje 126 z para la estructura 100 de material compuesto, en donde la porción del refuerzo 112 expuesto en la superficie

del la capa 106 de material compuesto conecta eléctricamente la capa 106 de material compuesto con otro compuesto la capa 106 en la pluralidad de capas 108 de material compuesto de manera que la estructura 100 de material compuesto tiene un nivel deseado de conductividad 135 eléctrica en la dirección sustancialmente paralela al eje 126 z para la estructura 100 de material compuesto.

- 5 En una realización, se divulga un método para formar una capa 106 de material compuesto, incluyendo el método: incrustar un refuerzo 112 en una matriz 110 para formar la capa 106 de material compuesto, en donde la matriz 110 incluye un material 113 sustancialmente no conductor y en donde el refuerzo 112 incluye un material 114 conductor; y exponer una porción del refuerzo 112 en una porción seleccionada de una superficie de la capa 106 de material compuesto de manera que la conductividad 122 eléctrica de la capa 106 de material compuesto se incrementa en una
- 10 dirección sustancialmente perpendicular a la capa 106 de material compuesto. En un ejemplo, en donde el paso de exponer la porción del refuerzo 112 en la porción seleccionada de la superficie de la capa 106 de material compuesto incluye: hacer rugosa la superficie de la capa 106 de material compuesto para eliminar una porción de la matriz 110 en la superficie de la capa 106 de material compuesto para exponer la porción del refuerzo 112 sustancialmente por debajo de la porción de la matriz en la superficie de la capa 106 de material compuesto.
- 15 En una variante, en donde la etapa de exponer la porción del refuerzo 112 en la porción seleccionada de la superficie de la capa 106 de material compuesto incluye: aplicar un producto químico a la superficie de la capa de material compuesto para eliminar químicamente una porción de la matriz en la superficie de la capa 106 de material compuesto para exponer la porción del refuerzo 112. En otra variante más, en donde la etapa de exponer la porción del refuerzo 112 en la porción seleccionada de la superficie de la capa 106 de material compuesto incluye: eliminar una porción de
- 20 la matriz 110 en la superficie de la capa 106 de material compuesto usando un proceso de ablación de superficie por láser para exponer la porción del refuerzo 112.

En otra variante más, en donde la etapa de exponer la porción del refuerzo 112 en la porción seleccionada de la superficie de la capa 106 de material compuesto incluye: trenzar un grupo de fibras en una pluralidad de fibras 132 que forman el refuerzo 112 a través de la capa 106 de material compuesto de tal manera que una primera porción 120 del grupo de fibras se expone en la superficie de la capa 106 de material compuesto y una segunda porción 121 del grupo de fibras permanece sustancialmente incrustada en la matriz 110 en la capa 106 de material compuesto.

Por lo tanto, las diferentes realizaciones ilustrativas proporcionan un método y aparato para conducir energía eléctrica. En una realización ilustrativa, una estructura de material compuesto comprende una matriz y un refuerzo. La matriz comprende un material no conductor. El refuerzo comprende un material conductor. El refuerzo está ubicado dentro de la matriz para formar una capa de material compuesto. Una porción del refuerzo está expuesta en una superficie de la capa de material compuesto de manera que la conductividad eléctrica de la capa de material compuesto se incrementa en una dirección sustancialmente perpendicular a la capa de material compuesto.

Además, esta capa de material compuesto es una capa de material compuesto en una pluralidad de capas de material compuesto para una estructura de material compuesto. Cada una de la pluralidad de capas de material compuesto para la estructura de material compuesto puede implementarse de una manera similar a la capa de material compuesto descrita anteriormente. En particular, una primera porción del refuerzo está expuesta en una primera superficie de cada capa de material compuesto para aumentar la conductividad eléctrica de cada capa de material compuesto en la primera superficie de cada capa de material compuesto. Una segunda porción del refuerzo está expuesta en una segunda superficie de cada capa de material compuesto para aumentar la conductividad eléctrica de cada capa de material compuesto en la segunda superficie de cada capa de material compuesto. La primera porción y la segunda porción del refuerzo en cada capa de material compuesto en la pluralidad de capas de material compuesto están configuradas para conectar eléctricamente la pluralidad de capas de material compuesto entre sí de manera que la estructura de material compuesto tenga un nivel deseado de conductividad eléctrica en una dirección sustancialmente perpendicular a la estructura de material compuesto.

45

**REIVINDICACIONES**

1. Una estructura (100) de material compuesto que comprende:

una matriz (110) que comprende un material (113) sustancialmente no conductor; y

5 un refuerzo (112) que comprende un material (114) conductor, en donde el refuerzo (112) está ubicado dentro de la matriz (110) para formar una capa de material compuesto en la estructura de material compuesto en donde una porción del refuerzo (112) está expuesta a superficie de la capa (106) de material compuesto de manera que la conductividad (122) eléctrica de la capa (106) de material compuesto se incrementa en una dirección sustancialmente perpendicular a la capa (106) de material compuesto,

10 en donde la matriz (110) es una primera matriz (110), el refuerzo (112) es un primer refuerzo (112), la porción del refuerzo es una primera porción (120) del primer refuerzo (112), la capa (106) de material compuesto es una primera capa (106) de material compuesto, la superficie es una primera superficie (116) de la primera capa (106) de material compuesto, y la conductividad (122) eléctrica es una primera conductividad (122) eléctrica y que comprende además:

una segunda matriz (136); y

15 un segundo refuerzo (138) ubicado dentro de la segunda matriz (136), en donde la segunda matriz (136) y el segundo refuerzo (138) forman una segunda capa (134) de material compuesto en la que una segunda porción (146) del segundo refuerzo (138) está expuesta en una segunda superficie (148) de la segunda capa (134) de material compuesto de manera que una segunda conductividad (144) eléctrica de la segunda capa (134) de material compuesto aumenta en una dirección sustancialmente perpendicular a la segunda capa de material compuesto (134 ),

20 en donde la primera porción (120) del primer refuerzo (112) expuesto en la primera superficie (116) de la primera capa (106) de material compuesto entra en contacto con la segunda porción (146) del segundo refuerzo (138) expuesta en la segunda superficie (148) de la segunda capa (134) de material compuesto cuando la segunda capa (134) de material compuesto y la primera capa (106) de material compuesto se posicionan una con relación a la otra para formar la estructura (100) de material compuesto.

25 2. La estructura (100) de material compuesto de la reivindicación 1, en donde el primer refuerzo (112) comprende una pluralidad de fibras (132) en donde la porción del primer refuerzo (112) está expuesta en la superficie de la primera capa (106) de material compuesto es una porción de la pluralidad de fibras (132) a través de la cual se permite que una serie de corrientes (150) eléctricas entren y salgan de la primera capa (106) de material compuesto.

30 3. La estructura (100) de material compuesto de cualquiera de las reivindicaciones 1-2, en donde la porción del primer refuerzo (112) está expuesta en una porción seleccionada de la superficie de manera que la conductividad (122) eléctrica de la primera capa (106) de material compuesto se incrementa en la dirección sustancialmente perpendicular a la primera capa (106) de material compuesto en la porción seleccionada de la superficie.

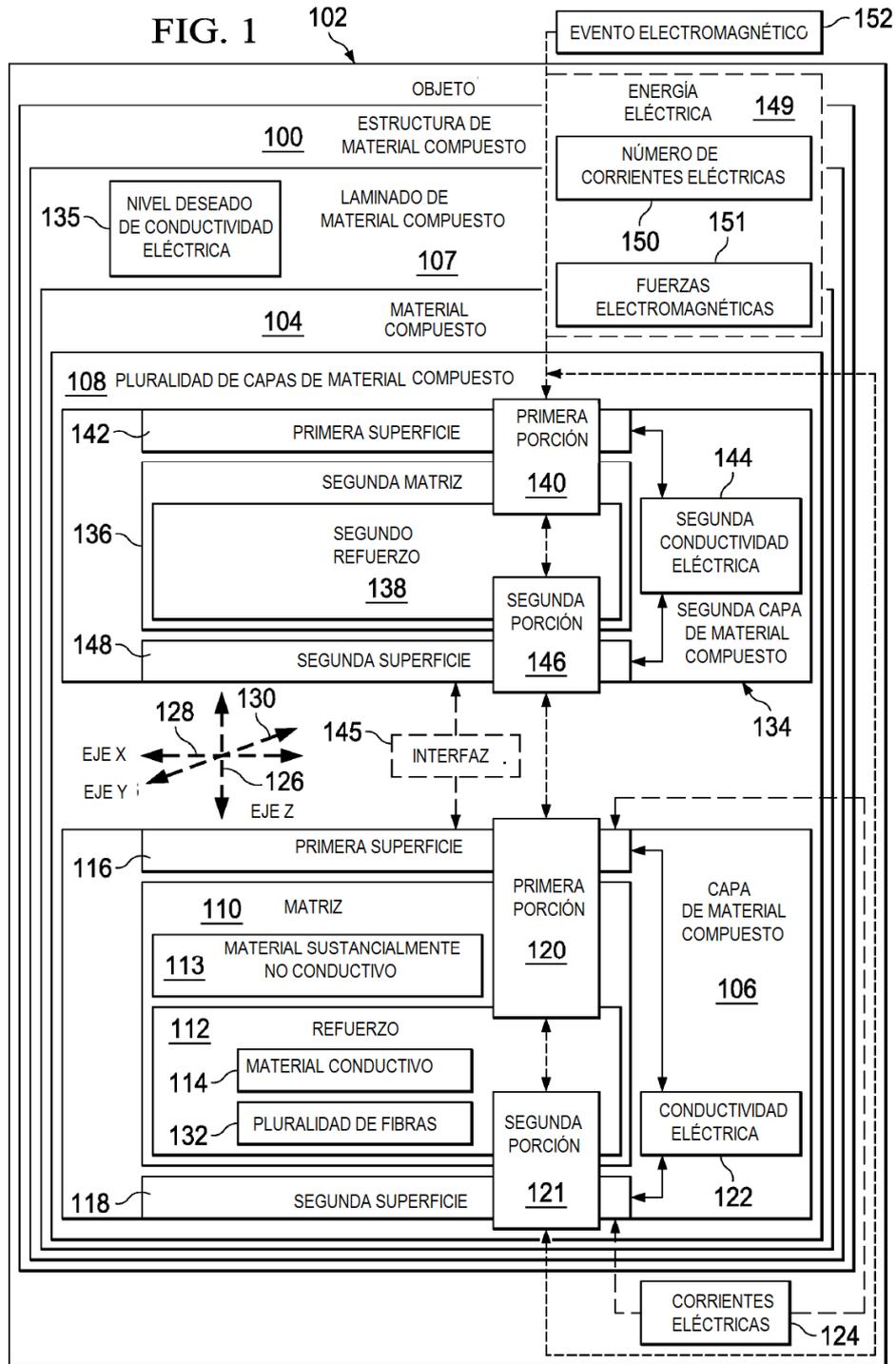
35 4. La estructura (100) de material compuesto de cualquiera de las reivindicaciones 1-3, en donde la porción del primer refuerzo (112) es una primera porción (120) del primer refuerzo (112) y la superficie de la primera capa (106) de material compuesto es una primera superficie (116) de la primera capa (106) de material compuesto y en donde una segunda porción (121) del primer refuerzo está expuesta en una segunda superficie (118) de la primera capa (106) de material compuesto.

40 5. La estructura (100) de material compuesto de la reivindicación 1, en donde el contacto entre la primera porción (120) del primer refuerzo (112) y la segunda porción (146) del segundo refuerzo (138) conecta eléctricamente la primera capa (106) de material compuesto y la segunda capa (134) de material compuesto para proporcionar un nivel deseado de conductividad (135) eléctrica en una dirección sustancialmente paralela a un eje (126) z para la estructura de material compuesto.

45 6. La estructura (100) de material compuesto de la reivindicación 1, en donde la capa (106) de material compuesto es una capa (106) de material compuesto en una pluralidad de capas (108) de material compuesto que forman la estructura (100) de material compuesto en la que porciones de refuerzos para las capas (108) de material compuesto en la pluralidad de capas (108) de material compuesto están expuestas en las superficies de las capas de material compuesto en la pluralidad de capas (108) de material compuesto para proporcionar un nivel deseado de conductividad (135) eléctrica para la pluralidad de capas (108) de material compuesto en una dirección sustancialmente paralela a un eje (126) z para la pluralidad de capas (108) de material compuesto.

50 7. La estructura (100) de material compuesto de la reivindicación 6, en donde un evento (152) electromagnético que se produce en un entorno alrededor de la pluralidad de capas (108) de material compuesto induce energía (149) eléctrica en la pluralidad de capas (108) de material compuesto y en donde la pluralidad de capas (108) de material compuesto está configurada para conducir la energía (149) eléctrica entre las capas de material compuesto en la pluralidad de capas (108) de material compuesto en la dirección sustancialmente paralela al eje z para la pluralidad de capas (108) de material compuesto .

8. La estructura (100) de material compuesto de la reivindicación 6, en donde la estructura (100) de material compuesto que comprende la pluralidad de capas (108) de material compuesto es un plástico reforzado con fibra de carbono configurado para usar como panel de revestimiento para un vehículo aeroespacial en donde el plástico reforzado con fibra de carbono tiene el nivel deseado de conductividad eléctrica en la dirección sustancialmente paralela al eje z para el plástico reforzado con fibra de carbono.
- 5
9. Un método para formar la estructura de material compuesto de la reivindicación 1, que comprende un método para formar la capa (106) de material compuesto, comprendiendo el método:
- incrustar el refuerzo (112) en la matriz (110) para formar la capa (106) de material compuesto, en donde la matriz (110) comprende el material (113) sustancialmente no conductor y en donde el refuerzo (112) comprende el material (114) conductor; y
- 10
- exponer la porción del refuerzo (112) en una porción seleccionada de la superficie de la capa (106) de material compuesto de manera que la conductividad (122) eléctrica de la capa (106) de material compuesto se incremente en la dirección sustancialmente perpendicular a la capa (106) de material compuesto.
10. El método de la reivindicación 9, en donde la etapa de exponer la porción del refuerzo (112) en la porción seleccionada de la superficie de la capa (106) de material compuesto comprende:
- 15
- hacer rugosa la superficie de la capa (106) de material compuesto para eliminar una porción de la matriz (110) en la superficie de la capa (106) de material compuesto para exponer la porción del refuerzo (112) sustancialmente debajo de la porción de la matriz en la superficie de la capa (106) de material compuesto.
11. El método de la reivindicación 9, en donde la etapa de exponer la porción del refuerzo (112) en la porción seleccionada de la superficie de la capa (106) de material compuesto comprende:
- 20
- aplicar un producto químico a la superficie de la capa de material compuesto para eliminar químicamente una porción de la matriz en la superficie de la capa (106) de material compuesto para exponer la porción del refuerzo (112).
12. El método de la reivindicación 9, en donde la etapa de exponer la porción del refuerzo (112) en la porción seleccionada de la superficie de la capa (106) de material compuesto comprende:
- 25
- retirar una porción de la matriz (110) en la superficie de la capa (106) de material compuesto usando un proceso de ablación con láser de la superficie para exponer la porción del refuerzo (112).
13. El método de la reivindicación 9, en donde la etapa de exponer la porción del refuerzo (112) en la porción seleccionada de la superficie de la capa (106) de material compuesto comprende:
- 30
- trenzar un grupo de fibras en una pluralidad de fibras (132) que forman el refuerzo (112) a través de la capa (106) de material compuesto de manera que una primera porción (120) del grupo de fibras quede expuesta en la superficie de la capa (106) de material compuesto y una segunda porción (121) del grupo de fibras permanezca sustancialmente incrustada en la matriz (110) en la capa 106 de material compuesto).



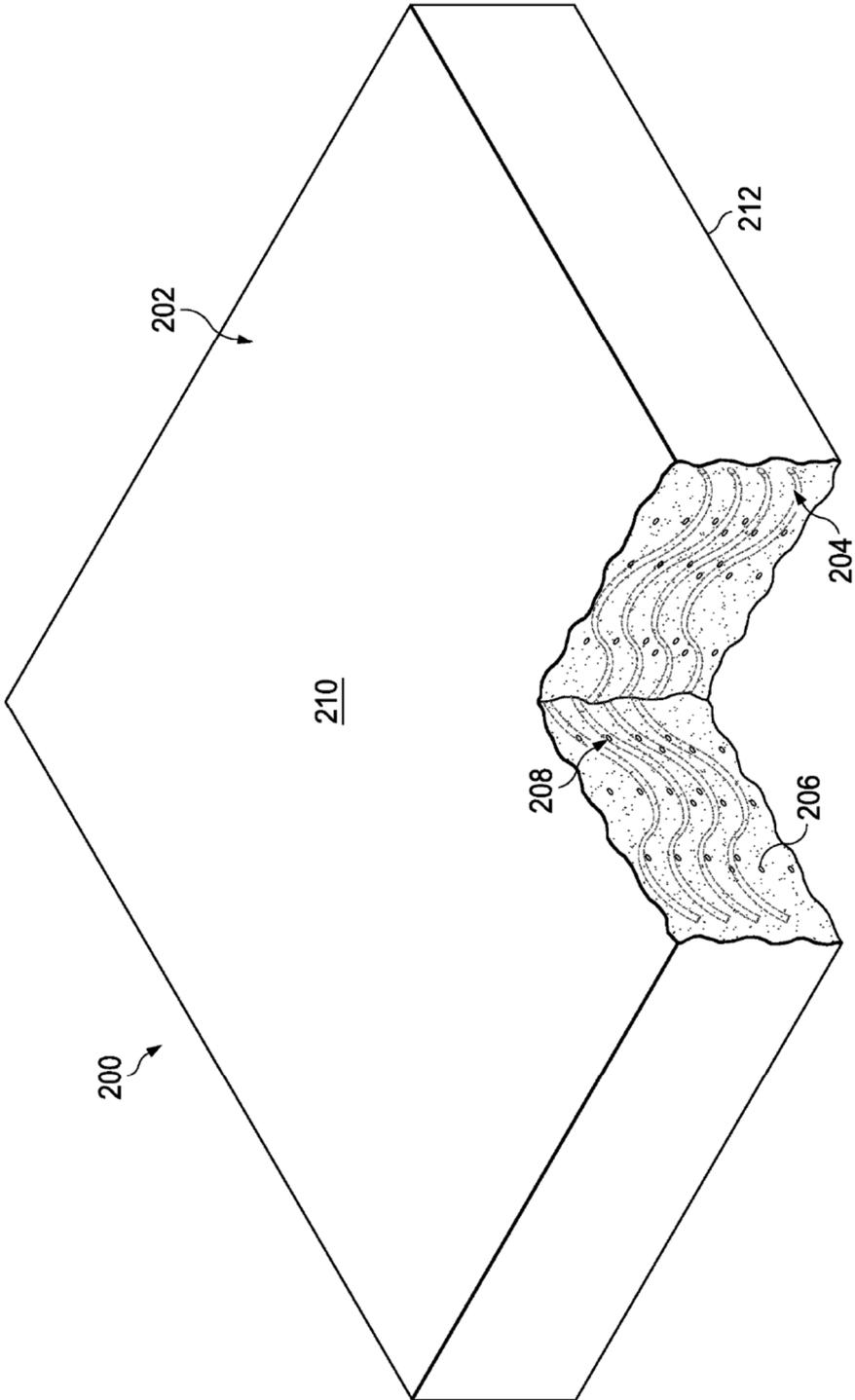


FIG. 2

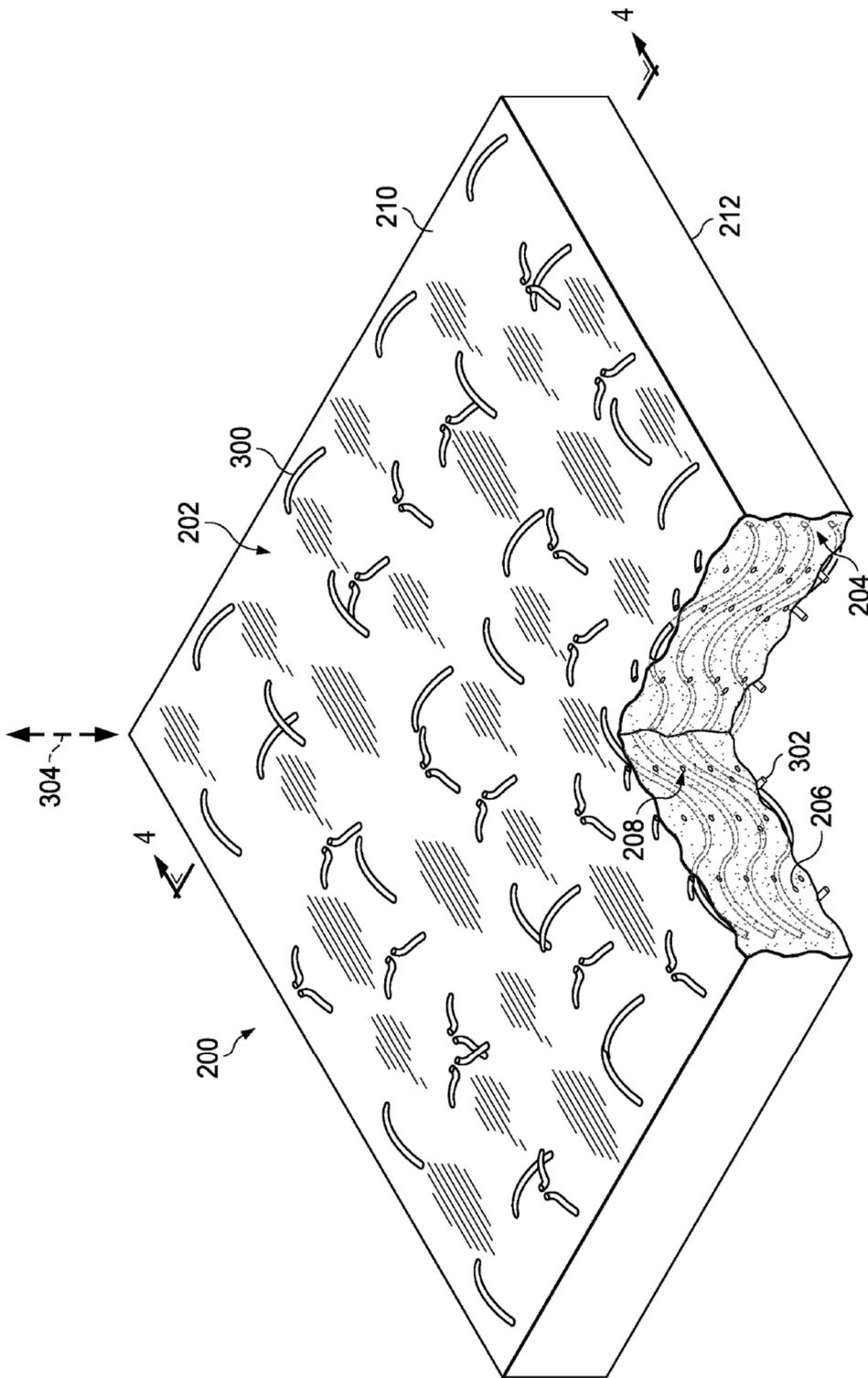


FIG. 3

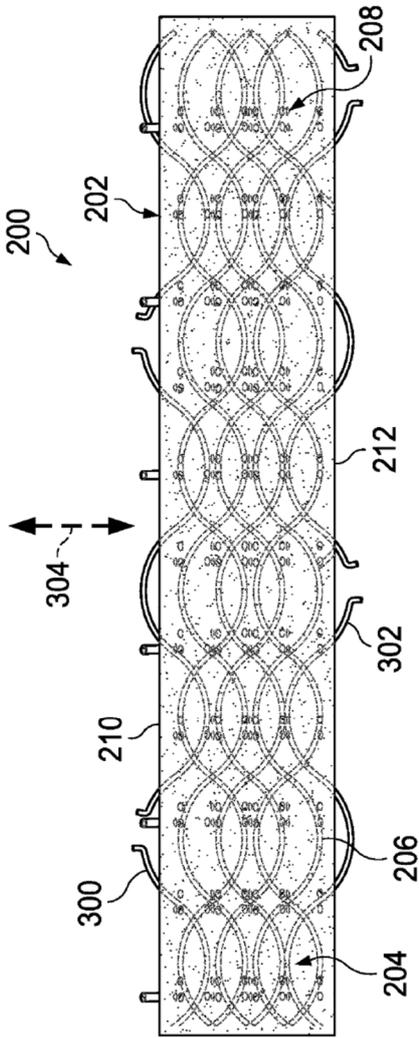


FIG. 4

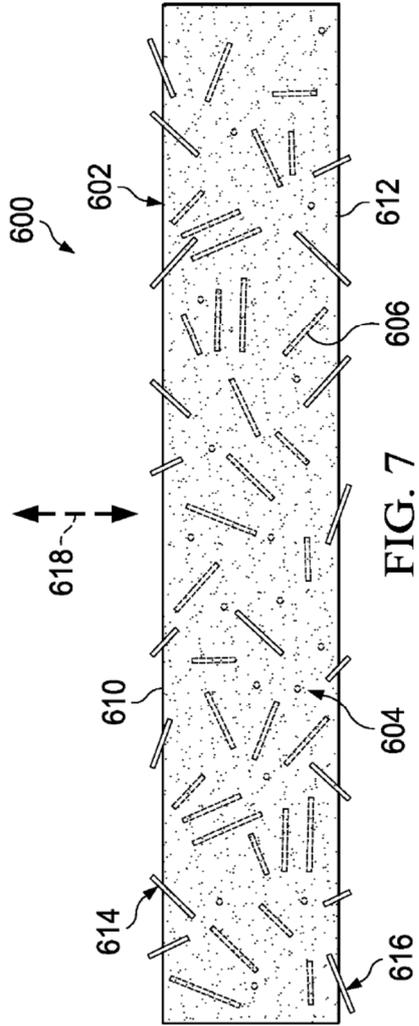


FIG. 7

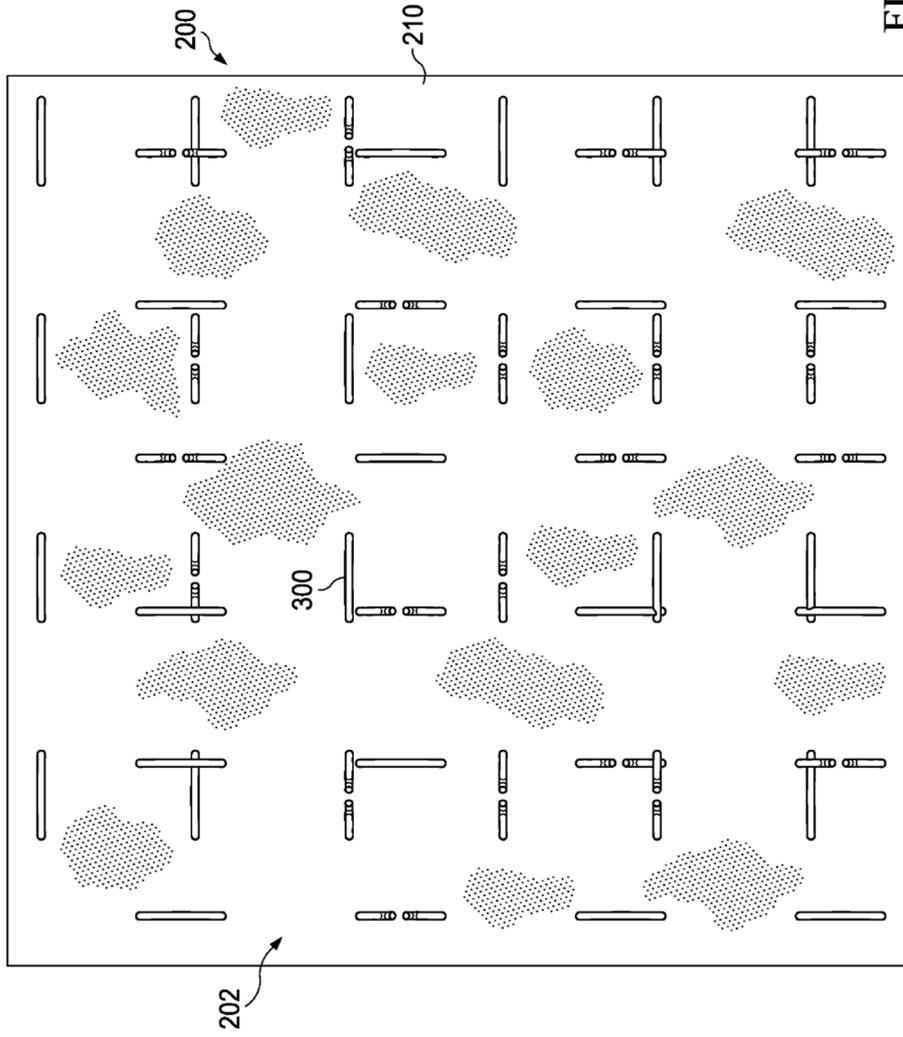


FIG. 5

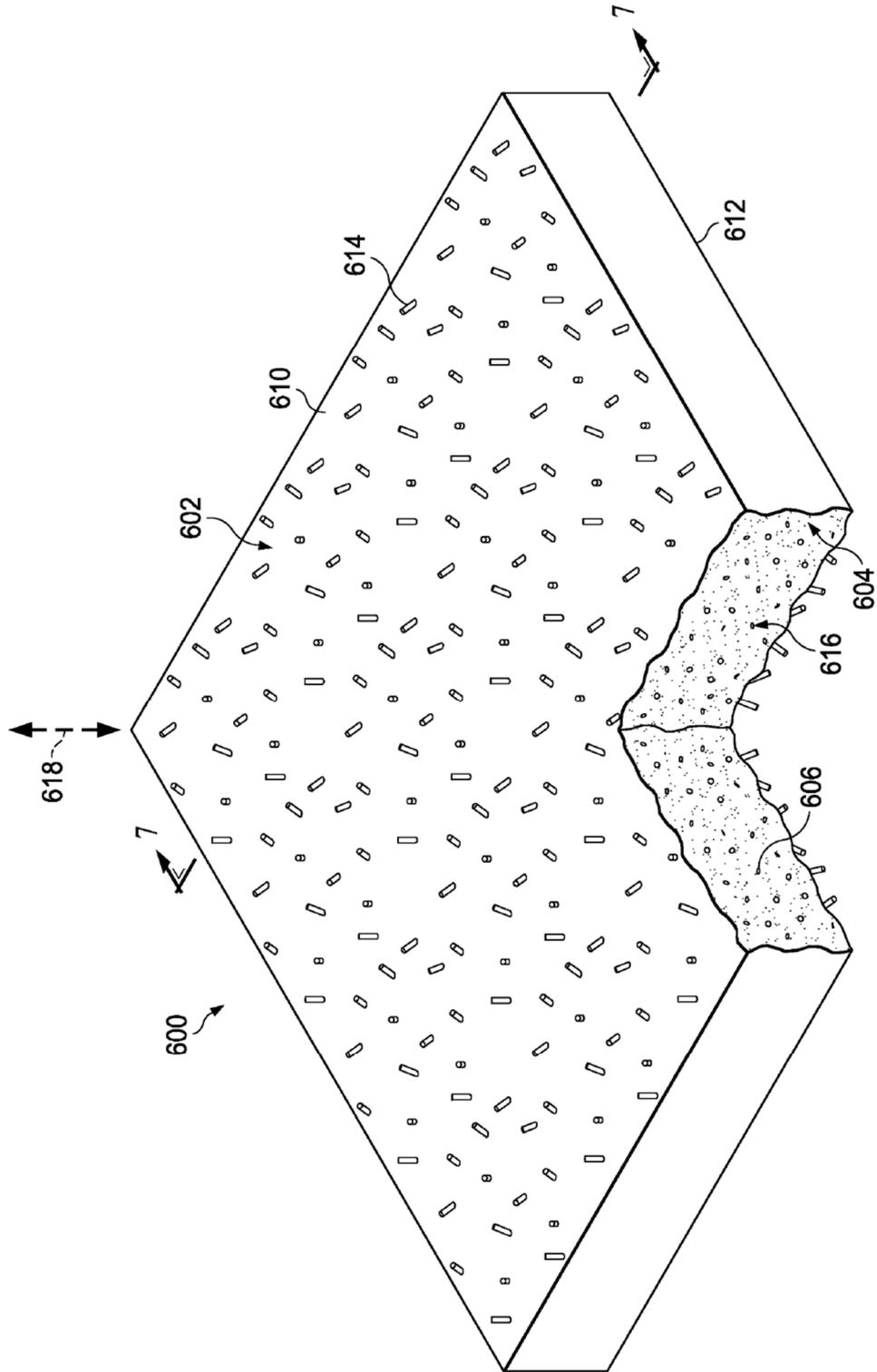


FIG. 6

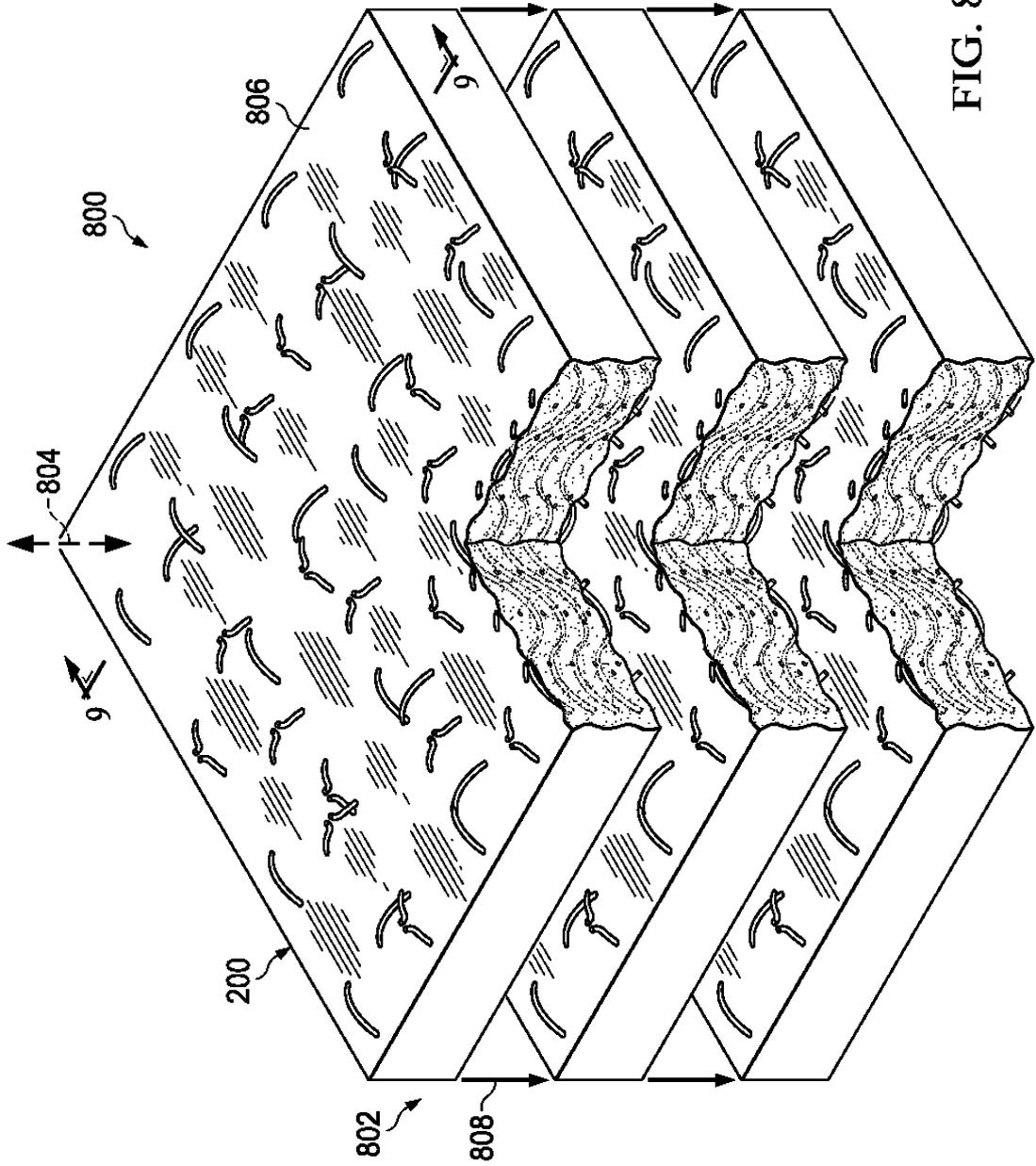


FIG. 8

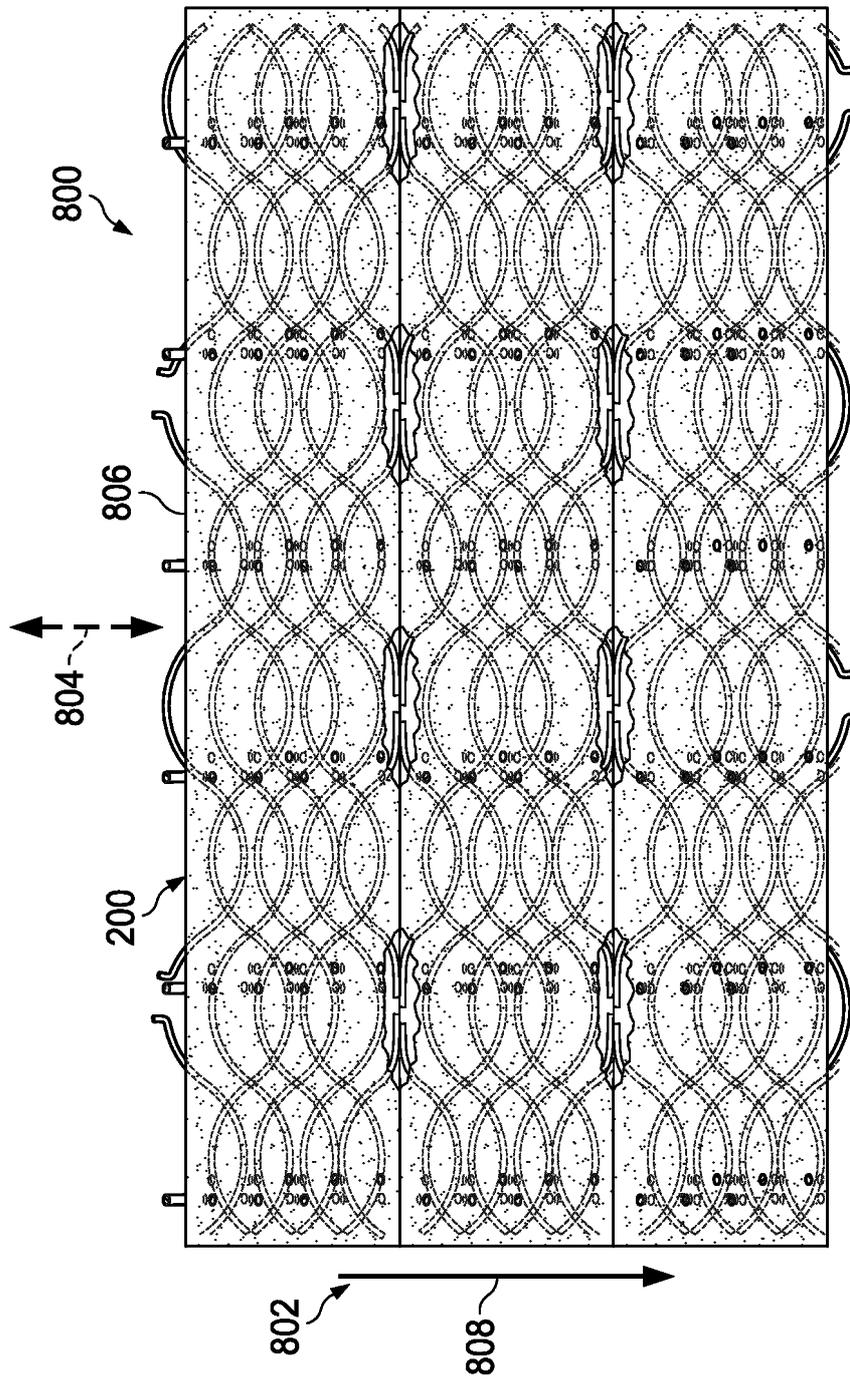


FIG. 9



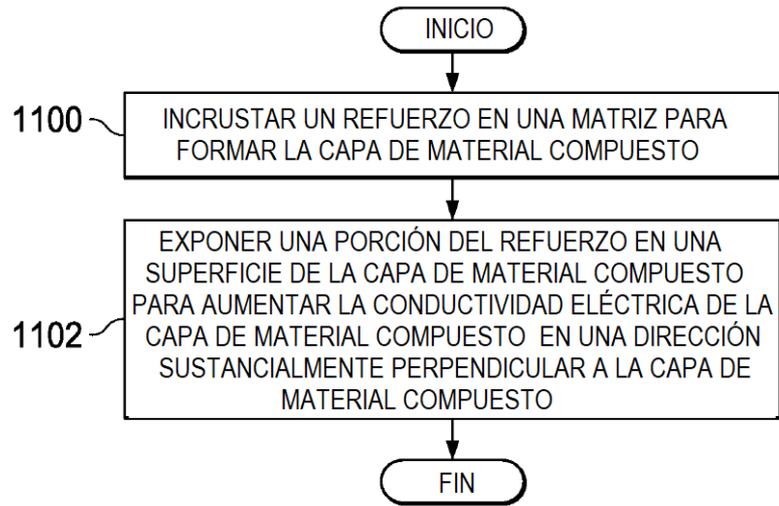


FIG. 11

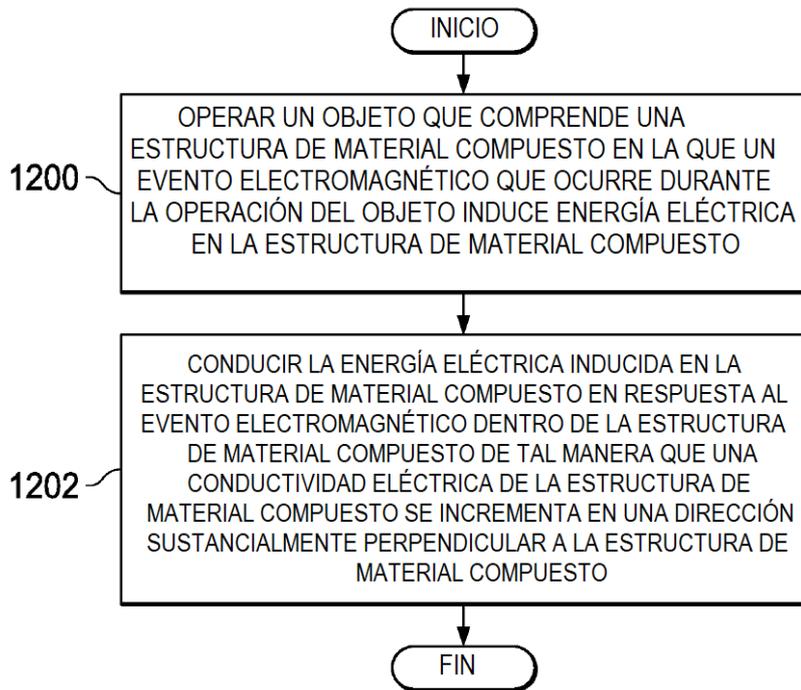


FIG. 12

