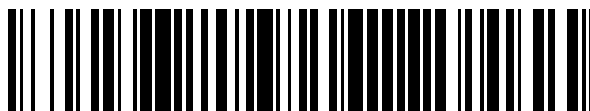


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 686 317**

51 Int. Cl.:

B29C 70/00

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **07.07.2009 PCT/GB2009/050799**

87 Fecha y número de publicación internacional: **14.01.2010 WO10004323**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **07.07.2009 E 09785279 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **27.06.2018 EP 2310190**

54 Título: **Conjuntos de circuitos eléctricos y componentes que incorporan los mismos**

30 Prioridad:

08.07.2008 GB 0812483

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

17.10.2018

73 Titular/es:

**BAE SYSTEMS PLC (100.0%)
6 Carlton Gardens
London SW1Y 5AD, GB**

72 Inventor/es:

**HAQ, SAJAD;
DUNLEAVY, MICHAEL;
GOUGH, DAVID, WILLIAM;
REW, JASON, KARL;
WEBBERLEY, PHILIP, LAWRENCE y
HUCKER, MARTYN, JOHN**

74 Agente/Representante:

CARPINTERO LÓPEZ, Mario

ES 2 686 317 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

Conjuntos de circuitos eléctricos y componentes que incorporan los mismos

Esta intención se refiere a conjuntos de circuitos eléctricos y a componentes estructurales que incorporan los mismos, y en particular a elementos de materiales compuestos reforzados con fibras en los que una o más de las fibras es eléctricamente conductora para permitir el paso de una corriente eléctrica.

Los aviones modernos contienen típicamente muchos kilómetros de cableado que permiten el paso de corriente eléctrica, por ejemplo para suministrar electricidad al equipo, para transportar señales de control, o para permitir el paso de datos electrónicos. Tal cableado contribuye al peso del vehículo y además requiere mucho tiempo para instalarlo y encaminarlo. Existe por ello una necesidad de proporcionar modos alternativos de permitir el paso de corrientes eléctricas que también son idealmente de una configuración de bajo perfil. Además, como se han desarrollado nuevas tecnologías para vigilar y controlar un vehículo tal como un avión, así aumenta la necesidad de permitir el paso de señales o energía eléctrica a o desde los componentes.

El documento WO2005/114781 describe un material a base de resina conductora cargado para formar estructuras de avión y aviónica. Varios objetos hechos del material conductor están descritos pero en éstos el material conductor es homogeneizado dentro de la resina. Pueden construirse 'cables' de material a base de resina conductora cargado rodeado por un material aislante.

El documento US2008/0115954 describe un cable que está integrado en una estructura compuesta de un aeroplano. El cable incluye un núcleo conductor rodeado por una capa de aislamiento. El documento DE 10 2004 042423 describe un conjunto de circuitos eléctricos de acuerdo con el preámbulo de la reivindicación 1. Sin embargo, en cada una de las propuestas anteriores el conductor es un elemento parásito en el compuesto de fibra ya que difiere de tamaño y forma y/o composición con el resto del material compuesto. Esto significa que las propiedades del material del compuesto tales como su resistencia mecánica, flexibilidad etc., así como las propiedades a micro-escala tales como resistencia mecánica de unión, humedecimiento, etc., entre la resina u otro material de matriz compuesto y las figuras pueden verse comprometidas.

Por consiguiente, en un aspecto, esta invención proporciona un conjunto de circuitos eléctricos que comprende componentes eléctricos espaciados acoplados eléctricamente por dos o más trayectos eléctricamente, conductores incluyendo cada trayecto una fibra eléctricamente conductora que forma parte de un material compuesto reforzado con fibras que comprende una pluralidad de fibras de refuerzo y un material de matriz, en donde sustancialmente la totalidad de dichas fibras eléctricamente conductoras y sustancialmente la totalidad de dichas fibras de refuerzo están al menos en contacto de unión superficial parcial con dicho material de matriz, por lo que dichas fibras conductoras sirven también como fibras de refuerzo.

En esta invención la provisión de múltiples trayectos conductores en el material compuesto utiliza elementos intrínsecos y no altera sustancialmente las propiedades del material compuesto, salvo en su conductividad eléctrica. Esto significa que los múltiples trayectos conductores pueden ser proporcionados sin requerir un ensayo y nuevos diseños extensivos de un componente para permitir el efecto de introducir un elemento ajeno o extraño como en los documentos anteriores a los que se ha hecho referencia anteriormente. Así las propiedades de resistencia mecánica, masa, resonancia, etc. pueden verse sustancialmente sin afectar por la presencia de las múltiples pistas conductoras.

En el diseño de componentes compuestos, la adhesión entre las fibras de refuerzo y el material de matriz es crítica para la resistencia mecánica del compuesto y realizaciones de este invención permiten que los trayectos conductores sean hechos de fibras reforzadas conductoras inherentemente tales como fibras de carbono cuyas propiedades adhesivas con relación a la matriz son bien conocidas, y la resistencia mecánica de unión puede ser determinada con un elevado grado de precisión.

De esta manera, corrientes eléctricas que proporcionan cualesquiera de entre alimentación eléctrica, señales de control, datos etc., o una combinación de los mismos pueden ser dejadas pasar a lo largo o a través del material compuesto reforzado con fibra. Los elementos conductores son por ello intrínsecos al material compuesto, y direccionables discretamente en contraste a las disposiciones de la técnica anterior a las que se ha hecho referencia anteriormente.

Las fibras de refuerzo eléctricamente conductoras pueden por sí mismas ser de un material eléctricamente conductor, tal como carbono. Alternativamente, cada fibra conductora puede tener una superficie eléctricamente conductora. Esta superficie puede ser un revestimiento eléctricamente conductor previsto en el interior de la fibra, donde la fibra es hueca.

Adicional o alternativamente, la superficie eléctricamente conductora puede ser proporcionada sobre la superficie expuesta de la fibra. Preferiblemente la superficie es seleccionada para proporcionar características de adhesión interfacial adecuadas.

Las fibras de refuerzo eléctricamente conductoras pueden ser aisladas eléctricamente de otras fibras similares definiendo un trayecto separado simplemente por el material de la matriz y/o las fibras intermedias, donde éstas son de material no conductor. Muchos materiales de matriz tales como resinas de polímero son buenos aislantes y de modo similar las

fibras pueden tener buenas propiedades de aislamiento eléctrico, por ejemplo vidrio, cuarzo, Kevlar®, aramida, etc. Además las fibras conductoras pueden ser recogidas con otras fibras similares en haces conductores que están eléctricamente aislados de otros de dichos haces en la estructura.

5 Hay distintos modos en los que un revestimiento, núcleo o capa eléctricamente conductor puede ser depositado sobre o en la fibra. Por ejemplo, el revestimiento, capa o núcleo eléctricamente conductor puede ser depositado al menos parcialmente en la fase de vapor. Alternativamente, el revestimiento, núcleo o capa eléctricamente conductor puede ser depositado aplicando material metálico a la fibra y permitiendo que dicho material metálico solidifique para crear dicha capa o revestimiento eléctricamente conductor. Otro método es aplicar el revestimiento, núcleo o capa por medio de recubrimiento sin electrolisis, mediante recubrimiento electrolítico, o una combinación de ambos. Por ejemplo una
10 primera capa o capas pueden ser depositadas por recubrimiento sin electrolisis, siendo depositadas una capa o capas subsiguientes por recubrimiento electrolítico. Esto permite un mayor control del proceso de recubrimiento completo.

15 El revestimiento, núcleo o capa puede ser seleccionado a partir de cualquier material conductor adecuado incluidos entre los cuales están los metales, incluyendo pero no limitados a plata, oro, cobre, aluminio, cromo, níquel, hierro, galio, indio y estaño, y aleaciones que incluyen uno o más de los anteriores, y también polímeros conductores, electrolitos y coloides. Las fibras pueden ser de cualquier fibra adecuada que pueda ser utilizada en la construcción de un material compuesto reforzado con fibras incluyendo fibras de carbono, fibras de vidrio, fibras minerales, fibras cerámicas, fibras poliméricas, y fibras metálicas.

20 En una disposición el conjunto límite incluye medios para modular selectivamente una o más propiedades eléctricas de las fibras de refuerzo. Así un primer grupo de fibras, de núcleo, puede estar espaciado de un segundo grupo de apantallamiento por un tercer grupo espaciador de fibras dentro de las cuales o desde las cuales puede introducirse o retirarse un material modulador de la propiedad eléctrica, por ejemplo para ajustar la constante dieléctrica del espacio.

La invención también se extiende a materiales que utilizan tejidos híbridos de diferentes fibras. Por ejemplo puede haber una mezcla de fibras de diferentes materiales, dimensiones, huecas, o macizas para prestar al material particular propiedades del material.

25 El material de la matriz comprende preferiblemente un material adecuado que es eléctricamente aislante. El material de la matriz pueden ser polimérico, elastómero, metálico, y cerámico o una mezcla de éstos.

Los términos "eléctricamente conductor" y "eléctricamente aislante" y similares son relativos y están destinados a ser interpretados como que significan que una señal eléctrica útil es transmitida a lo largo de un trayecto de señal o alimentación por una o una colección de dichas fibras eléctricamente conductoras.

30 El término "metal" es utilizado para incluir no solamente metales puros sino aleaciones metálicas. También están incluidos los semiconductores y los semi-metales.

35 El conjunto de circuitos eléctricos como se ha descrito anteriormente puede tener muchas formas de acuerdo con la aplicación particular a la que esté destinado. Así por ejemplo, el conjunto de circuitos eléctricos puede incluir componentes eléctricos cada uno de los cuales tiene terminales de entrada/salida digitales respectivos para introducir y/o emitir una señal digital, proporcionando el conjunto una pluralidad de fibras conductoras que permiten el paso de señales digitales entre dichos terminales de entrada/salida digitales.

40 La invención no está desde luego limitada a su utilización con componentes electrónicos digitales ya que el conjunto de circuitos puede comprender dos componentes de circuito eléctrico analógicos espaciados, y en efecto disposiciones híbridas donde el conjunto incluye sensores analógicos que transmiten o modulan una señal a/desde un componente fundamentalmente digital.

45 Las fibras conductoras pueden conducir simplemente señales o en otra disposición preferida forman un sensor activo. En esta disposición, hay previsto un componente estructural formado de un material plástico reforzado con fibras que comprende una pluralidad de fibras y un material de matriz, en donde al menos algunas de dichas fibras son eléctricamente conductoras, incluyendo adicionalmente dicho componente medios de vigilancia eléctricos para vigilar una característica eléctrica tal como por ejemplo la continuidad eléctrica de al menos alguna de las fibras o de cada fibra eléctricamente conductora y proporcionar por ello una indicación de la salud estructural de dicho componente estructural.

De este modo la disposición puede vigilar distintas influencias físicas, químicas, eléctricas, o electromagnéticas a las que está expuesto el componente estructural.

50 En otro aspecto, está invención proporciona un componente estructural formado de un material de fibra compuesto y que define múltiples trayectos eléctricamente conductores en ella, en donde el material de fibra compuesto comprende una pluralidad de fibras de refuerzo sustancialmente todas las cuales están al menos en contacto superficial parcial con un material de matriz, en donde dichos múltiples trayectos conductores están cada uno definido por una o más fibras eléctricamente conductoras sustancialmente todas las cuales están al menos en contacto superficial parcial con dicho material de matriz, por lo que las fibras conductoras sirven como elementos de refuerzo tanto como conductores
55 eléctricos.

En otra disposición una estructura sintonizable incluye regiones conductoras espaciadas formadas de una o más fibras eléctricamente conductoras interpuestas con fibras cuyas propiedades eléctricas pueden ser variadas selectivamente. Así que las fibras pueden ser huecas y un material eléctricamente modulador introducido dentro de las fibras huecas o retirado de ellas de manera selectiva.

- 5 En otra disposición, las fibras conductoras pueden formar parte de un sensor activo tal como una antena. Aquí las fibras conductoras podían permitir el paso de señales hacia y/o de desde dipolos simples o agrupaciones. Estos dipolos o agrupaciones pueden estar separados o pueden comprender fibras eléctricamente conductoras configuradas de manera adecuada. En otra disposición, las fibras conductoras pueden estar configuradas para constituir una estructura selectiva de frecuencia (FSS). En el último caso, una estructura compuesta de acuerdo con la invención puede ser proporcionada para servir por ejemplo como una cúpula de radar con pistas eléctricamente conductoras espaciadas de modo que sean transparentes a la longitud de onda de interés.

Aún en otra disposición, las fibras conductoras pueden estar dispuestos de modo que una o más son utilizados para generar una señal de interrogación y una o más de las fibras eléctricamente conductoras restantes son utilizadas para detectar la respuesta a dicha señal de interrogación.

- 15 En otro aspecto, esta invención proporciona un material compuesto con fibras que comprende una pluralidad de fibras en un material de matriz, en el que una o más de dichas fibras son eléctricamente conductoras para proporcionar conductores eléctricos discretos aislados eléctricamente entre sí, y en donde el diámetro exterior de dichas fibras es menor de 100 μm .

- 20 La invención se extiende también a una fibra hueca para utilizar como una fibra eléctricamente conductora en un material compuesto con fibras, teniendo dicha fibra un revestimiento, núcleo o capa interno de material eléctricamente conductor, y un diámetro exterior menor de 100 μm .

Aún en otro aspecto esta invención proporciona un método para fabricar una fibra eléctricamente conductora, que comprende seleccionar una fibra hueca que tiene un diámetro exterior menor de 100 μm , y depositar en el interior de la misma un revestimiento, núcleo o capa de material metálico.

- 25 El material metálico puede ser depositado de varias formas diferentes, incluyendo una o más de recubrimiento sin electrolisis y/o recubrimiento electrolítico, por deposición en fase vapor (incluyendo deposición o evaporación de vapor químico), mediante deposición en fase líquida, o poniendo en contacto el interior de la fibra con material fundido o líquido para proporcionar un revestimiento, núcleo o capa eléctricamente conductor. Así un material fundido puede solidificar dejando un revestimiento, núcleo o capa, mientras que otros materiales pueden dejar un revestimiento o núcleo fluido.
- 30 Otros metales o aleaciones pueden permanecer en la fase líquida (por ejemplo Galinstan).

La invención será mejor comprendida por referencia a la siguiente descripción y Ejemplos, haciéndose referencia a los dibujos adjuntos, en los que:

La fig. 1 es una vista esquemática de una disposición para infiltrar un cupón compuesto;

- 35 Las figs. 2a a 2c son vistas detalladas de distintas configuraciones de acoplamiento para utilizar en realizaciones de la invención, que utilizan acoplamiento óhmico, y capacitivo e inductivo sin contacto respectivamente;

La fig. 3 es una vista esquemática del uso de una disposición de esta invención para vigilar sensores a lo largo de un área extensa de un avión; y

- 40 La fig. 4(a) es una vista esquemática de una estructura compuesta en la que un conductor de núcleo central está rodeado por una capa de fibras de apantallamiento espaciadas del núcleo por fibras intermedias para permitir que las características de transmisión sean variadas, y la fig. 4(b) es una vista de extremidad detallada de uno de los conductores apantallados y un colector adecuado.

- 45 En los siguientes ejemplos, se proporciona una fibra hueca con un revestimiento, capa o núcleo interno eléctricamente conductor de manera que pueda hacerse un material compuesto de fibras que tiene fibras eléctricamente conductoras discurriendo a través de él para proporcionar trayectorias para señales, alimentación, etc. De este modo, puede proporcionarse una estructura compuesta de fibras en la que la interfaz entre la fibra externa y el material de matriz no resulta afectada, estando alojada la región eléctricamente conductora completamente dentro de las fibras.

Técnicas de Metalización

CVD

- 50 Los métodos de deposición de metal en fase gaseosa son considerados atractivos ya que la viscosidad de los materiales de revestimiento puede ser de muchos órdenes de magnitud inferior que para métodos en fase líquida. Esto simplifica en gran medida la infiltración de los materiales activos en componentes muy pequeños ya que caudales relativamente elevados pueden ser conseguidos a presiones modestas. Una técnica potencial de CVD basada en la reducción de pivalato de plata ya sea en hidrógeno o en oxígeno a elevada temperatura (250° C) está descrita en [Abourida M, Guillon

H, Jiménez C, Decams J M, Velet O, Doppelt P, Weiss F, "Process for the deposition by Process for the deposition by CVD of a silver film on a substrate", Patente de los EE.UU 20070148345].

Metales líquidos

- 5 La infiltración directa con metal líquido proporciona un enfoque simple y directo para crear una fibra de núcleo metálico. Es deseable utilizar un metal con un punto de fusión convenientemente bajo de manera que ambas fibras y compuestos podrían ser tratados sin riesgo de daño.

Recubrimiento no Electrolítico

- 10 Una técnica de recubrimiento adecuada utiliza la reducción de una solución de ácido cloro-áurico (HAuCl_4) por glicerol como ha sido descrito por Takeyasu y col., [Takeyasu N, Tanaka T y Kawata S. "Metal deposition into deep microstructure by electroless plating", Japanese Journal of Applied Physics, 44, N0. 35, 2005, págs.. 1134-1137].

El proceso de recubrimiento descrito ha utilizado los siguientes componentes:

Solución de recubrimiento = 0,024 M de HAuCl_4 + 0,75 M de NaOH + 0,086 M de NaCl en agua des ionizada (DI)

Agente de reducción = 0,5% vol., glicerol en agua DI

Sensibilizador = 26 mM de SnCl_2 + 70 mM de ácido trifluoroacético (TFA) en agua DI

Ejemplo 1

- Con referencia a la fig. 1, se prepararon cupones 18 de compuesto cortos de dimensiones 30-40 mm de largo x 10-15 mm de ancho x 2-3 mm de grosor de manera que pudiera ser investigada la infiltración de fibras a escala completa. El compuesto fue hecho utilizando una tela tejida de $0^\circ/90^\circ$ y así los bordes largos 20 de los cupones fueron sellados para impedir la entrada de materiales a las fibras que discurren en la dirección de 90° . Un depósito de 22 de policarbonato y un accesorio de presión 24 fueron unidos sobre una de las extremidades abiertas del cupón para facilitar la introducción o retirada de materiales. Esta configuración permitió que los materiales fueran introducidos por acción capilar o mediante el uso de diferenciales de presión positivo y negativo como con las muestras de ensayo de fibra única.

- La muestra de ensayo de compuesto fue utilizada para investigar el comportamiento del recubrimiento de la solución de oro a escala completa. El depósito fue llenado con sensibilizador y éste fue soplado a su través utilizando nitrógeno seco a 2,5 bar hasta que la extremidad abierta de la muestra se vio que se humedecía. Los tiempos de llenado típicos a 2,5 bar fueron del orden de 5-10 segundos para un panel de 40 mm de largo. El exceso de sensibilizador fue retirado del depósito mediante una pipeta y reemplazado con agua DI que fue a continuación soplada a su través hasta que el depósito se vació. El proceso de aclarado fue repetido una segunda vez en un intento de asegurar que se había retirado cualquier exceso de sensibilizador. Se continuó el soplado hasta que pudieron verse burbujas en la extremidad abierta del panel que indican que la mayor parte del fluido restante había sido expulsada. Se introdujo una solución de 6Xoro/etilenglicol recién preparada en el depósito y se inició el soplado utilizando nitrógeno seco a 2,5 bar como antes. Se vio que la reacción se inició inmediatamente en el depósito ya que las paredes se volvieron negras en unos pocos segundos. Se pensó que esto era posiblemente debido a la presencia de exceso de sensibilizador ya que es difícil aclarar el depósito totalmente debido a su pequeño tamaño y a su puerto de inducción estrecho. Se continuó el soplado durante varios minutos y se observó que el panel toma una apariencia rosa al cabo de un corto tiempo. Después de aproximadamente 5 minutos, se interrumpió el soplado y el depósito fue ventilado para eliminar el diferencial de presión. El depósito fue aún llenado con exceso de solución de recubrimiento de modo que el panel compuesto y la muestra se dejaron en este estado durante 2 horas para permitir que cualquier metal restante fuera retirado. Durante este tiempo el coloreado rosa resultó progresivamente más fuerte. Esta decoloración fue tomada como una indicación de que el oro había sido retirado sobre las fibras como que delgadas películas de oro observadas sobre las pipetas también mostraban una coloración rosa/púrpura antes de tomar una apariencia metálica.

Ejemplo 2

- Se llevó a cabo un segundo ensayo para investigar un método potencial para evitar la contaminación del depósito por el sensibilizador. Observaciones previas han mostrado que se requieren aproximadamente 8 minutos para infiltrar un panel de 100 mm de largo. El sensibilizador se introdujo desde la extremidad abierta del panel compuesto por inmersión y se permitieron 10 minutos para la infiltración. La contaminación del depósito fue evitada cuando la infiltración por acción capilar se detendría automáticamente en la extremidad alejada del panel dentro del depósito. Después del llenado, el sensibilizador fue soplado hacia fuera utilizando nitrógeno a 2,5 bar como anteriormente. El depósito fue a continuación llenado con agua DI y soplado a su través para aclarar el panel. Se realizaron dos aclarados como antes. El depósito fue llenado con solución de recubrimiento y soplado a su través durante ~4 minutos. El panel comenzó a decolorarse desde la extremidad abierta casi inmediatamente progresando el color púrpura a la otra extremidad del panel a lo largo de ~5 minutos. No se observó decoloración en el fluido residual en el depósito durante los primeros ~20-30 minutos después del llenado después de lo cual continuó oscureciendo a una velocidad similar a la observada para las pipetas. El panel fue desprovisto completamente de solución de recubrimiento durante la noche para terminar el recubrimiento. El panel

compuesto quedó considerablemente más oscuro que después del primer intento y el depósito estaba casi completamente libre de decoloración y recubrimiento sugiriendo que la técnica de llenado realizada había sido satisfactoria y que la mayoría del metal potencial había sido depositado sobre las fibras.

5 La solución de recubrimiento agotada fue soplada y reemplazada con solución nueva. El panel fue infiltrado y dejado de nuevo durante varias horas durante las cuales la decoloración resultó progresivamente más oscura apareciendo las fibras finalmente negras. Una inspección de cerca de las extremidades abiertas del panel reveló que había ennegrecido pero con una apariencia metálica ligera en lugares sugiriendo que éstos habían sido también revestidos. Se colocó un voltímetro digital (DVM) a través de las extremidades del panel y una resistencia elevada, pero mensurable, fue registrada sugiriendo que se había formado una conexión continua.

10 Ejemplos 3, 4 y 5

Se fabricaron tres demostradores de concepto para explorar los usos potenciales del material. Estos demostradores utilizaron fibras de carbono revestidas con Ni como estructuras conductoras representativas ya que sus diámetros son del mismo orden que las fibras de vidrio utilizadas en el sistema real. El primer panel (Ejemplo 3) demostró la capacidad para incorporar múltiples trayectos eléctricamente conductores paralelos y se utilizó para explorar los métodos de conexión potencial y para ensayos eléctricos. Se añadieron espigas conductoras al panel taladrando pequeños agujeros normales a la superficie directamente sobre la ubicación de los haces de fibras conductoras respectivos que definen los trayectos conductores. Las espigas de soldadura recubiertas con oro fueron fijadas a presión en los agujeros para formar contactos eléctricos. Varias de las espigas fueron también unidas al panel utilizando una resina epoxi conductora cargada con plata para darle una robustez añadida.

20 Un segundo panel (Ejemplo 4) fue configurado para dar tres trayectos eléctricos paralelos. Estos fueron accesibles mediante conectores embebidos en las extremidades del panel. El panel demostró la capacidad del material para transportar alimentación eléctrica utilizando una batería de 9 V y un LED. Se utilizó un LED bicolor (rojo/verde) para demostrar la capacidad para transportar múltiples carriles de alimentación.

25 El segundo demostrador se utilizó también para investigar la capacidad de transferir datos a través del material. Los tres trayectos conductores permitieron que el panel fuera configurado para transportar corrientes de datos en serie compatibles con RS232 en ambas direcciones. Se transfirieron archivos de texto y de datos entre dos ordenadores portátiles a velocidades de hasta 56 kbits/s.

30 Las propiedades de transmisión de señal de los conductores fueron ensayadas inyectando una señal de onda sinusoidal en una extremidad y vigilando la extremidad alejada para detectar signos de atenuación o degradación. El ensayo establecido utilizó dos pistas adyacentes en el plano X como líneas conductoras y de retorno de señal, y la salida se midió a través de una carga de 56 Ω .

Hay varias formas diferentes en las que los elementos conductores pueden ser acoplados eléctricamente a otros circuitos o componentes. Por ejemplo como se ha mostrado en la fig. 2(a) el acoplamiento puede ser óhmico, por ejemplo previendo terminales 40 que están en contacto físico directo con las fibras conductoras 42 y que se extienden fuera del compuesto. Alternativamente, como se ha mostrado en las figs. 2(b) y 2c el acoplamiento puede ser sin contacto, por medio de elementos de acoplamiento capacitivo o inductivo 44 o 46. Una ventaja de tal disposición es que los elementos de acoplamiento pueden ser situados de nuevo según sea necesario para reconfigurar el circuito eléctrico si, por ejemplo, la fibra conductora original está dañada. Los elementos de acoplamiento podrían tomar la forma de almohadillas adhesivas que pueden ser unidas al material compuesto de manera permanente o semi-permanente para proporcionar el acoplamiento eléctrico requerido con las fibras conductoras subyacentes.

45 El circuito así formado puede ser utilizado para transmitir señales de datos analógicos o digitales juntos, en algunos casos, con alimentación eléctrica. Por ejemplo la señal de datos puede ser modulada sobre una portadora, y la portadora puede ser rectificadas para proporcionar una fuente de alimentación. Los circuitos así formados pueden ser utilizados para numerosos propósitos distintos de la alimentación de corriente o transferencia de datos convencionales. Así por ejemplo, como se ha mostrado en la fig. 3, en estudios aerodinámicos o control aerodinámico, puede preverse una agrupación de sensores 50 superficiales sobre una superficie expuesta de un elemento compuesto 52 en un avión para detectar uno o más parámetros relativos a la estructura y/o entorno aerodinámico y conectados a un equipo 56 de vigilancia por las fibras 54 eléctricamente conductoras dentro del elemento compuesto. El uso de acoplamiento inductivo o capacitivo entre los sensores 50 y las fibras 52 eléctricamente conductoras permite una fácil reconfiguración y establecimiento.

50 La previsión de una agrupación de conductores sobre el compuesto permite que se forme la redundancia de modo que un circuito pueda ser encaminado de nuevo si se requiere. Los conductores podrían ser utilizados para calentar el material compuesto y proporcionar así la descongelación, o para permitir que la firma infrarroja de un cuerpo sea modificada.

55 Como se ha mostrado en la fig. 4, una estructura compuesta 60 para transmisión o tratamiento de señales eléctricas de alta frecuencia, especialmente diseñada para permitir que las características eléctricas a lo largo del trayecto de señal sean modificadas. Así en sección transversal puede haber un apantallamiento exterior de fibra de carbono o piel 62 conductora de tierra y un conductor 64 de núcleo central, con el volumen entre el conductor de núcleo central y el

5 apantallamiento lleno con fibras 66. Estas fibras intermedias 66 pueden ser macizas o huecas o una mezcla de ambas. Cuando algunas de las fibras 66 son huecas, la impedancia o capacitancia del conductor puede ser modificada introduciendo o retirando un material fluido adecuado dentro o fuera de dichas fibras huecas mediante un sistema 68 de colector. De esta manera materiales de constante dieléctrica diferente pueden ser introducidos selectivamente en fibras en el espacio entre el conductor 64 de núcleo y la piel conductora 62 de apantallamiento exterior de modo que varíe la impedancia y así las características de propagación. Así una estructura puede ser 'sintonizada' para ajustar las propiedades eléctricas y de material de una línea de transmisión.

10 Se apreciará que el aparato y métodos descritos en este documento pueden ser utilizados con otras técnicas en las que una estructura de fibras compuesta está configurada para realizar funciones distintas de las puramente estructurales. Por ejemplo el aparato y métodos en este documento pueden ser combinados con otras técnicas para construir estructuras inteligentes capaces de por ejemplo, protección y detección de radiación y/o estructuras capaces con una facultad de vigilar la salud estructural y/o auto-reparables.

REIVINDICACIONES

- 1 Un conjunto de circuitos eléctricos que comprende componentes eléctricos espaciados acoplados eléctricamente por dos o más trayectos conductores eléctricamente, incluyendo cada trayecto una fibra (66) eléctricamente conductora que forma parte de un material compuesto (60) reforzado con fibras que comprende una pluralidad de fibras de refuerzo y un material de matriz, en donde sustancialmente la totalidad de dichas fibras (66) eléctricamente conductoras y sustancialmente la totalidad de dichas fibras de refuerzo están al menos en contacto de unión superficial parcial con dicho material de matriz, por lo que dichas fibras (66) conductoras sirven también como fibras de refuerzo, y en donde el conjunto de circuitos eléctricos está caracterizado por que cada fibra (66) conductora es hueca y está dispuesta con una superficie eléctricamente conductora, y dicha superficie eléctricamente conductora comprende un revestimiento, núcleo o capa eléctricamente conductor sobre el interior de dicha fibra.
2. Un conjunto de circuitos eléctricos según la reivindicación 1, en donde dichos revestimiento, núcleo o capa eléctricamente conductor comprende una capa recubierta sin electrólisis y/o una capa recubierta electrolíticamente sobre cada fibra (66).
3. Un conjunto de circuitos eléctricos según la reivindicación 1, en donde la o cada fibra (66) está hecha de un material eléctricamente conductor.
4. Un conjunto de circuitos eléctricos según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en donde hay previsto medios para modular selectivamente una o más propiedades eléctricas de las fibras de refuerzo.
5. Un conjunto de circuitos eléctricos según la reivindicación 4, en donde un primer grupo de fibras (66) eléctricamente conductoras que definen un núcleo conductor está espaciado de un segundo grupo de fibras (66) eléctricamente conductoras que definen un apantallamiento eléctrico, por un tercer grupo de fibras (66) eléctricamente aislantes, siendo al menos algunas de las fibras del tercer grupo huecas para permitir que un material modulador de propiedad eléctrica sea introducido selectivamente en dichas fibras o retirado de dichas fibras del tercer grupo.
6. Un conjunto de circuitos eléctricos según la reivindicación 5, en donde dicho material modulador eléctrico es efectivo para ajustar las constantes dieléctrica del tercer grupo de fibras (66).
7. Un componente estructural que incorpora un conjunto de circuitos eléctricos según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3.
8. Un componente estructural formado según la reivindicación 7, que incluye además al menos un sensor eléctrico o transductor conectado a uno o más de dichos trayectos conductores.
9. Un material (60) compuesto de fibras que comprende una pluralidad de fibras (66) en un material de matriz, caracterizado por que una o más de dichas fibras son huecas, y están dispuestas con una superficie eléctricamente conductora, comprendiendo dicha superficie un revestimiento, núcleo o capa eléctricamente conductor sobre el interior de dicha fibra, para proporcionar conductores eléctricos discretos aislados eléctricamente entre sí, y en donde el diámetro exterior de dichas fibras es menor de 100 μm .

Fig.1.

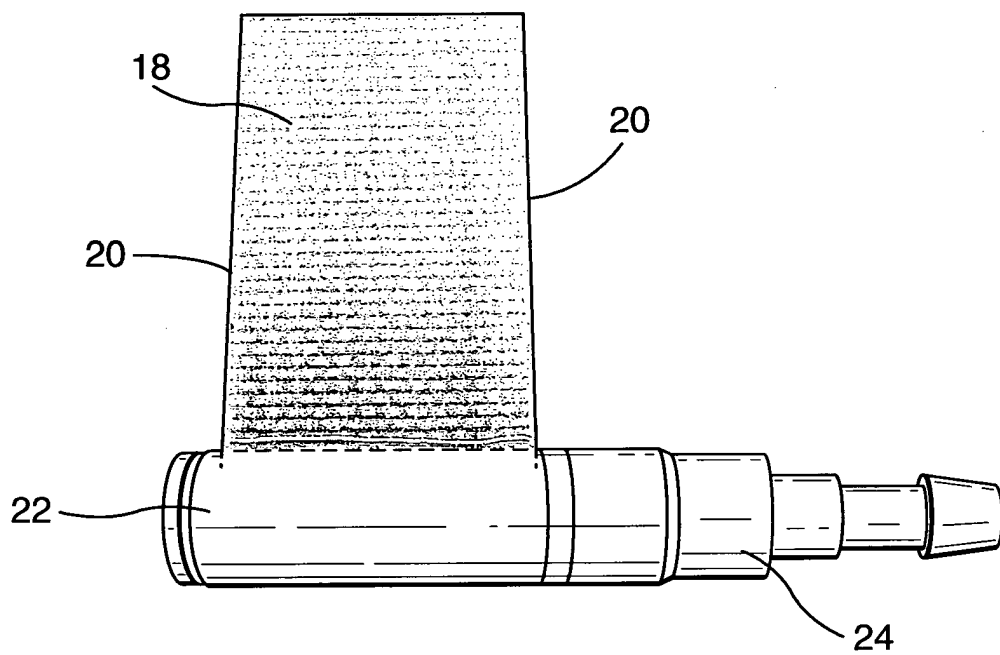


Fig.2a.

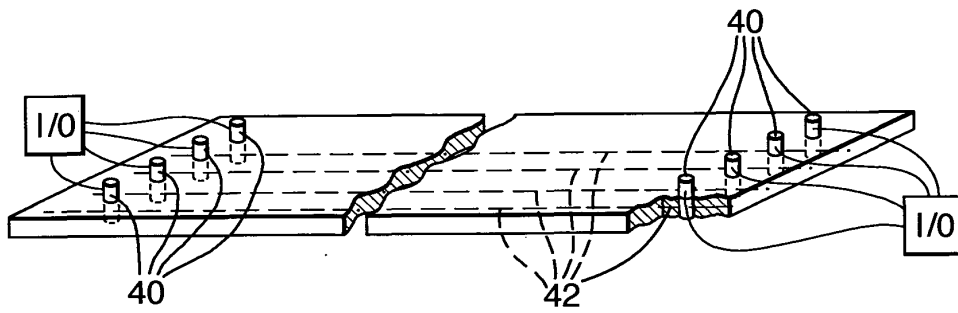


Fig.2b.

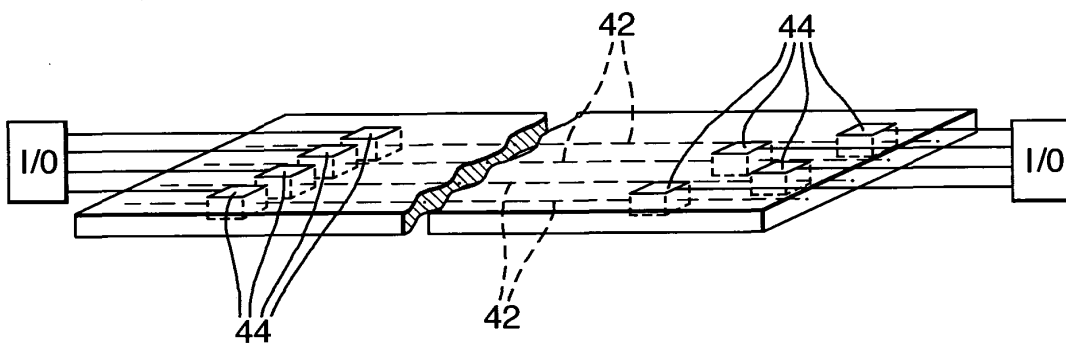


Fig.2c.

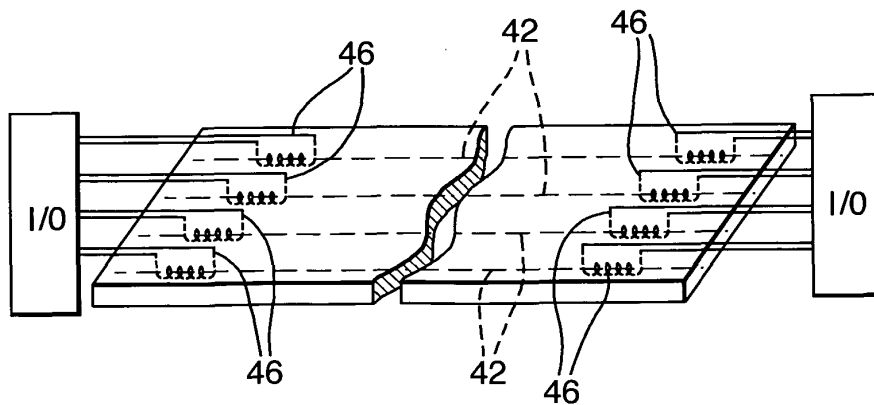


Fig.3.

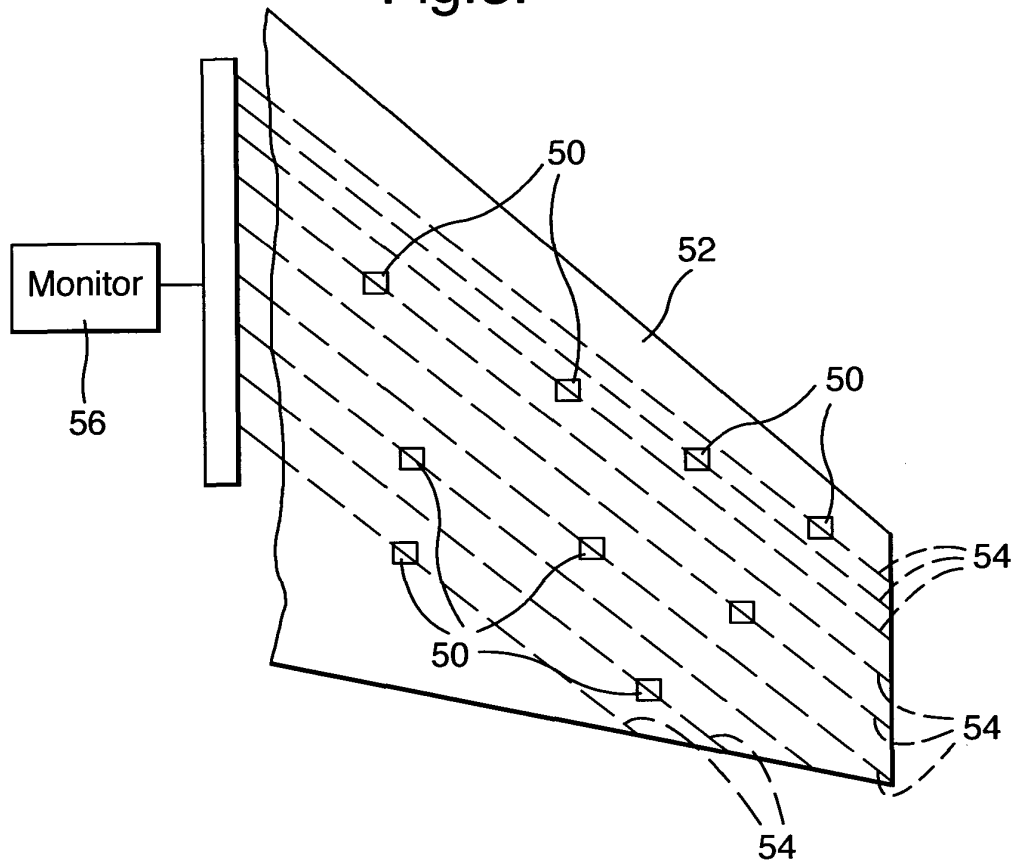


Fig.4a.

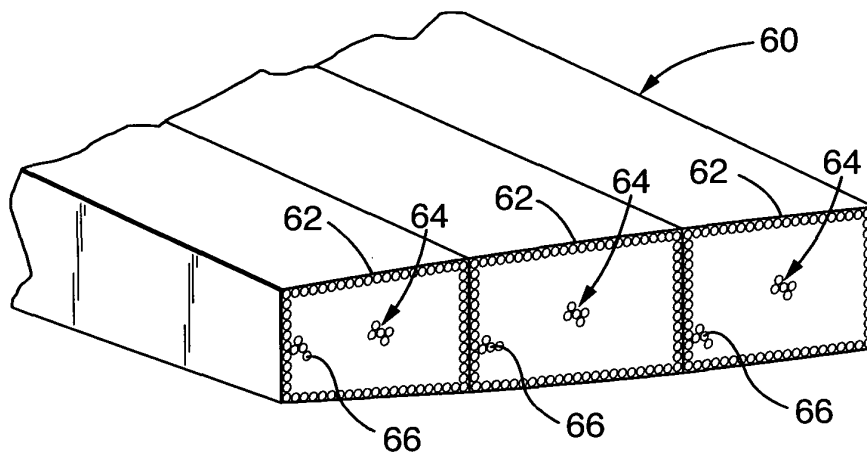


Fig.4b.

