

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 513 515**

51 Int. Cl.:

B64D 15/12 (2006.01)

H05B 3/36 (2006.01)

B64D 33/02 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **31.01.2011** **E 11702860 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **23.07.2014** **EP 2528813**

54 Título: **Manta calefactora electrotérmica**

30 Prioridad:

29.01.2010 GB 201001581

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

27.10.2014

73 Titular/es:

GKN AEROSPACE SERVICES LIMITED (100.0%)
Ferry Road
East Cowes, Isle of Wight PO32 6RA, GB

72 Inventor/es:

LEWIS, STUART MARTIN;
WINTER, NICHOLAS JOHN y
ENGLISH, PETER

74 Agente/Representante:

LINAGE GONZÁLEZ, Rafael

ES 2 513 515 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

Manta calefactora electrotérmica

5 Campo de la invención

La presente invención se refiere generalmente a un sistema antihielo electrotérmico adecuado para su uso en una aeronave u otra estructura aerodinámica tal como una pala de una turbina eólica para evitar la formación de hielo y/o eliminar el hielo que ya se ha formado. Estas dos funciones se pueden denominar antihielo y deshielo.

10 Antecedentes de la invención

Para una aeronave, es indeseable la formación de hielo en vuelo sobre la superficie externa de la aeronave. El hielo destruye el flujo suave de aire sobre la superficie de la aeronave, aumentando la resistencia y disminuyendo la capacidad de una superficie sustentadora para realizar su función pretendida.

Asimismo la acumulación de hielo impide el movimiento de una superficie de control móvil tal como una aleta auxiliar o una solapa de un ala. El hielo que se ha acumulado en una entrada de aire del motor puede desprenderse repentinamente en grandes trozos que son aspirados por el motor y provocan daños.

Por lo tanto es común para una aeronave y concretamente para una aeronave comercial, incorporar un sistema antihielo. Una aeronave comercial puede utilizar un sistema que implique purgar aire caliente de los motores y este aire caliente se canaliza después hasta los componentes de la estructura aérea tales como los bordes de ataque del ala y de la cola que son susceptibles de formación de hielo. Más recientemente, se han propuesto sistemas alimentados eléctricamente, tales como en el documento EP-A-1.757.519 (GKN Aerospace) que da a conocer una aleta auxiliar del ala que tiene un revestimiento de morro que incorpora una colcha o manta calefactora electrotérmica. La manta calefactora está unida a la superficie trasera de un escudo de erosión metálico que comprende la superficie externa orientada hacia delante del revestimiento de morro.

La manta calefactora es el tipo "Spraymat" (marca comercial) y es un producto estratificado que comprende capas dieléctricas fabricadas de tejido de fibra de vidrio preimpregnado y un elemento calefactor formado por pulverización a la llama de una capa metálica sobre una de las capas dieléctricas. La "Spraymat" tiene una larga historia desde su desarrollo original en los años 50 por D. Napier & Sons Limited (véase su patente GB-833.675 relativa a un aparato eléctrico de deshielo o antihielo para una aeronave) hasta su uso subsiguiente por GKN Aerospace.

Una "Spraymat" reciente producida por GKN Aerospace para su uso en una aleta auxiliar de un ala se forma sobre un útil macho e implica apilar una pila de chapas que comprenden (i) aproximadamente 10 capas de tejido de fibra de vidrio preimpregnado con un epoxi curado en una autoclave, (ii) una capa metálica conductora (el elemento calefactor) que ha sido pulverizada a la llama sobre el estratificado utilizando una máscara para formar el patrón del elemento calefactor y (iii) unas tres capas de terminación del tejido de fibra de vidrio. El cableado se suelda al elemento calefactor para permitir su conexión al sistema de alimentación de la aeronave. La manta calefactora se cura a continuación en una autoclave.

Una manta calefactora incorpora habitualmente un sensor de temperatura como parte de un bucle de control para proporcionar control de temperatura e información de prevención de daños térmicos a una unidad de control que se conecta a la manta calefactora. El sensor de temperatura es habitualmente un dispositivo sensor de temperatura resistivo (RTD) con un cabezal de detección encapsulado dentro de una película de poliimida tal como Kapton (marca comercial). La poliimida es un material termoplástico con un uso alternativo como película de liberación o separación en estratificados. Esta característica es indeseable cuando la poliimida se utiliza en un sensor de temperatura que se va a incorporar en una manta calefactora estratificada ya que el sensor de temperatura proporcionará una discontinuidad en la manta calefactora. La discontinuidad actuará como un sitio de iniciación de grietas en la manta calefactora estratificada, proporcionando así un sitio de debilidad estructural potencial o de debilidad por fatiga potencial. El documento WO 2009/068918 A1, que se considera el estado de la técnica más próximo, da a conocer una manta calefactora adicional.

Sería deseable proporcionar una manta calefactora mejorada.

Sumario de la invención

De acuerdo con un primer aspecto de la presente invención, se proporciona una manta calefactora electrotérmica para un sistema antihielo, en la que:

la manta calefactora es una manta calefactora estratificada y comprende capas dieléctricas, un elemento calefactor y un sensor de temperatura;

cada capa dieléctrica comprende material termoplástico;

el sensor de temperatura comprende una pista de metal pulverizado depositada sobre un sustrato que comprende material termoplástico;

5 el sustrato se estratifica al menos a una primera de las capas dieléctricas; y

el material termoplástico del sustrato es (i) el mismo que el material termoplástico de la primera capa dieléctrica de tal modo que el material termoplástico del sustrato se dispersa o se incorpora en el material termoplástico de la primera capa dieléctrica o (ii) compatible con el material termoplástico de la primera capa dieléctrica de tal modo que
10 el material termoplástico del sustrato se fusiona con el material termoplástico de la primera capa dieléctrica.

Debido a que el material termoplástico del sustrato es el mismo que o es compatible con el material termoplástico de la primera capa dieléctrica a la que se estratifica, la formación de una discontinuidad indeseable en la interfaz entre el sustrato y la primera capa dieléctrica se evita o minimiza sustancialmente. Así pues, es menos probable que se
15 inicien grietas en la interfaz durante el uso de la manta calefactora y es menos probable que ocurra la desestratificación. Dicho de otro modo, se mejora la resistencia estructural o a la fatiga.

Si se utiliza el mismo material termoplástico para el sustrato y para todas las capas dieléctricas, se puede realizar la estratificación de tal modo que no haya sustancialmente ninguna discontinuidad entre cualquiera de los componentes termoplásticos de la manta calefactora. Esto le otorga una estructura monolítica al termoplástico de la manta calefactora que resistirá la desestratificación durante el uso de la manta calefactora.

Si el material termoplástico del sustrato no es el mismo que el de la primera capa dieléctrica y es meramente compatible con el material de la primera capa dieléctrica, entonces se puede conseguir la compatibilidad seleccionando el termoplástico del sustrato de tal modo que no sea necesario utilizar un adhesivo para unirlo al termoplástico de la primera capa dieléctrica durante la estratificación. Los materiales distintos pero compatibles se unirán entre sí en la interfaz por un material termoplástico (por ejemplo, PEEK) fusionándose a pero no dispersándose en el otro material termoplástico (por ejemplo, PEKK) cuando el apilamiento de componentes ensamblados se calienta por encima del punto de fusión de uno de los materiales termoplásticos contiguos.

En algunos de nuestros modos de realización actuales, el sustrato es una segunda de las capas dieléctricas. Así pues, una capa dieléctrica que se va a proporcionar en cualquier caso se puede utilizar igualmente a los efectos de recibir la pista metálica pulverizada del sensor de temperatura.

Preferiblemente, la pista metálica pulverizada del sensor de temperatura es porosa y el material termoplástico de la primera capa dieléctrica se estratifica al material termoplástico de la segunda capa dieléctrica a través de la pista metálica pulverizada del sensor de temperatura. Esto mejora todavía más la resistencia de la estratificación entre las capas dieléctricas primera y segunda.

Convenientemente, el elemento calefactor comprende una pista metálica pulverizada depositada sobre la segunda capa dieléctrica. Así pues tanto el sensor de temperatura como el elemento calefactor están presentes sobre el mismo sustrato. Se puede procesar eficientemente una única capa dieléctrica para recibir tanto el sensor de temperatura como el elemento calefactor utilizando una única máquina de pulverización a la llama para pulverizar los metales de las diversas pistas. Debido a que el sensor de temperatura y el elemento calefactor se sitúan sobre
45 zonas diferentes de la capa dieléctrica, sus pistas metálicas podrían pulverizarse simultáneamente en lugar de secuencialmente utilizando máscaras respectivas que definen las formas de las pistas metálicas.

En un modo de realización alternativo, el sustrato es un portador que tiene una superficie principal que es menor que una superficie principal de una segunda de las capas dieléctricas sobre la que se estratifica el portador y el portador se intercala entre las capas dieléctricas primera y segunda. Así pues, los sensores de temperatura sobre sus portadores pueden prefabricarse en lotes antes de la fabricación principal de la manta calefactora y cuando la manta calefactora está en fabricación se puede incluir en el apilamiento de componentes que se van a estratificar entre sí para formar la manta calefactora una cantidad deseada (por ejemplo uno o más de uno) de sensores de temperatura sobre sus portadores. El número y posición de los sensores de temperatura se puede seleccionar por el diseñador
55 de la manta calefactora.

El portador o cada uno de ellos puede cubrir un 10% o menos de la mencionada superficie principal de la segunda capa dieléctrica, o un 5% o menos, o un 2% o menos.

Preferiblemente, la pista metálica pulverizada del sensor de temperatura es porosa y el material termoplástico de la primera capa dieléctrica se estratifica al material termoplástico del portador a través de la pista metálica pulverizada del sensor de temperatura.

En nuestros modos de realización actuales, la pista metálica pulverizada del sensor de temperatura comprende un cabezal de sensor. Por ejemplo, el metal del cabezal de sensor puede ser níquel o una aleación de níquel. Asimismo, el cabezal de sensor se extiende entre posiciones intermedias de la pista metálica pulverizada del sensor

de temperatura y la pista metálica pulverizada del sensor de temperatura comprende además contactos que se extienden desde las posiciones intermedias hasta terminales en los extremos de la pista metálica pulverizada. Por ejemplo, el metal de los contactos puede ser cobre o una aleación de cobre.

- 5 Una capa de encapsulado puede comprender el mismo material termoplástico que el material termoplástico del portador y la capa de encapsulado se estratifica al portador y cubre parte de la pista metálica pulverizada del sensor de temperatura. Por ejemplo, la capa de encapsulado puede cubrir el cabezal de sensor y parte de cada contacto.

- 10 En nuestros modos de realización actuales, los autores de la invención utilizan un termoplástico técnico de alta temperatura. El material preferido de los autores de la invención comprende PEEK, PEKK, PPS, PEI o PES o una mezcla de los mismos. Estos materiales pueden soportar la pulverización a la llama de la(s) pista(s) metálica(s) pulverizada(s) sin daños significativos. Los autores de la invención prefieren particularmente PEEK y PEKK.

- 15 Preferiblemente, todas las capas de sustrato y dieléctricas comprenden el mismo material termoplástico. Esto optimiza la resistencia de la estratificación de los componentes cuando el apilamiento de componentes ensamblados se calienta y se prensa entre sí para formar la manta calefactora estratificada.

- 20 Un sistema antihielo electrotérmico puede comprender una manta calefactora electrotérmica de acuerdo con la presente invención y un conector que tiene un primer extremo que está embebido preferiblemente en la manta calefactora y está conectado eléctricamente al elemento calefactor de la manta calefactora y un segundo extremo que se extiende hacia fuera de la manta calefactora y se conecta a una unidad de control del calefactor.

- 25 Un aparato protegido frente al hielo puede comprender un revestimiento externo y una manta calefactora electrotérmica de acuerdo con la presente invención y que está en contacto térmico con una superficie trasera del revestimiento externo.

De acuerdo con un segundo aspecto de la presente invención, se proporciona un método de fabricación de una manta calefactora electrotérmica, que comprende las etapas de:

- 30 proporcionar una pluralidad de capas dieléctricas cada una de las cuales comprende un material termoplástico; pulverizar a la llama una pista metálica de un sensor de temperatura sobre el material termoplástico de un sustrato; formar un apilamiento que comprende las capas dieléctricas, un elemento calefactor y el sustrato; y
- 35 estratificar entre sí las capas dieléctricas y el sustrato de tal modo que el material termoplástico del sustrato (i) se disperse o incorpore en, o (ii) se funda con el material termoplástico de las capas dieléctricas o de cada una de las capas dieléctricas contiguas.

- 40 En algunos de nuestros modos de realización actuales, el sustrato es una primera de las capas dieléctricas y el método comprende además la etapa de pulverizado a la llama del elemento calefactor sobre dicha primera capa dieléctrica.

- 45 El sensor de temperatura pulverizado a la llama y el elemento calefactor son porosos y durante la estratificación el material termoplástico contiguo migra en o a través de los poros para reducir o eliminar cualquier discontinuidad en sensor de temperatura y el elemento calefactor. Esta migración del material termoplástico reduce el riesgo de que ocurra la desestratificación en el sensor de temperatura y el elemento calefactor.

- 50 En un modo de realización alternativo, el sustrato es un portador que tiene una superficie principal que es menor que una superficie principal de una primera de las capas dieléctricas sobre la que se estratifica el portador durante la etapa de estratificación y el portador se intercala entre dicha primera capa dieléctrica y una segunda de las capas dieléctricas durante la etapa de formación del apilamiento.

Breve descripción de los dibujos

- 55 Se describirán ahora modos de realización concretos de la presente invención, a modo de ejemplo tan solo, con referencia a los dibujos que se acompañan, en los que:

- 60 La figura 1 es una vista esquemática en planta de una aeronave que tiene aletas auxiliares en el borde de ataque de un ala.

La figura 2 es una vista esquemática en perspectiva de un revestimiento del morro de una aleta auxiliar del ala de la figura 1.

- 65 La figura 3 es una vista esquemática en perspectiva de una capa dieléctrica en una primera etapa de un proceso de ensamblaje para producir una manta calefactora de acuerdo con un primer modo de realización de la presente

invención.

La figura 4 es una vista esquemática en perspectiva de la capa dieléctrica de la figura 3 en una segunda etapa del proceso de ensamblaje.

5 La figura 5 es una vista esquemática en perspectiva de la capa dieléctrica de la figura 4 en una tercera etapa del proceso de ensamblaje.

La figura 6 es una vista esquemática en sección transversal tomada en la línea de sección en la figura 5.

10 La figura 7 es una ampliación esquemática del área del círculo de la figura 6.

La figura 8 es una vista esquemática en perspectiva de los conectores para su uso en el proceso de ensamblaje.

15 La figura 9 es una vista esquemática en perspectiva de la capa dieléctrica de la figura 5 en una cuarta etapa del proceso de ensamblaje, cuando está siendo ensamblada con conectores del tipo mostrado en la figura 8.

La figura 10 es una vista esquemática en perspectiva de la manta calefactora parcialmente ensamblada de la figura 9 en una quinta etapa del proceso de ensamblaje tras haber sido ensamblada con una capa dieléctrica adicional.

20 La figura 11 es una vista esquemática en perspectiva de la manta calefactora parcialmente ensamblada de la figura 10 en una sexta etapa del proceso de ensamblaje tras haber sido pulverizada a la llama con un plano de tierra de cobre.

25 La figura 12 es una ampliación esquemática en sección transversal del área del círculo de la figura 11 y muestra la interfaz entre el plano de tierra y la capa dieléctrica sobre la que se ha pulverizado el plano de tierra.

La figura 13 es una vista esquemática en perspectiva de la manta calefactora parcialmente ensamblada de la figura 11 en una séptima etapa del proceso de ensamblaje una vez que un conector del tipo mostrado en la figura 8 ha sido conectado al plano de tierra.

30 La figura 14 es una vista esquemática en perspectiva de la manta calefactora parcialmente ensamblada de la figura 13 en una octava etapa del proceso de ensamblaje una vez que se ha añadido una capa dieléctrica adicional.

35 La figura 15 es una vista esquemática en perspectiva de la manta calefactora parcialmente ensamblada de la figura 14 en una novena etapa del proceso de ensamblaje una vez que se ha añadido una capa dieléctrica adicional.

La figura 16 es una vista esquemática en perspectiva de la manta calefactora parcialmente ensamblada de la figura 15 en una décima etapa del proceso de ensamblaje una vez que se ha pulverizado a la llama un segundo plano de tierra.

40 La figura 17 es una vista esquemática en perspectiva de la manta calefactora parcialmente ensamblada de la figura 16 en una undécima etapa del proceso de ensamblaje una vez que se han añadido una capa dieléctrica adicional y un conector del tipo mostrado en la figura 8.

45 La figura 18 es una vista esquemática en perspectiva de la manta calefactora de la figura 17 en una duodécima etapa del proceso de ensamblaje una vez que los componentes ensamblados de la manta calefactora han sido estratificados entre sí.

50 La figura 19 es una vista esquemática en perspectiva que muestra la manta calefactora de la figura 18 uniéndose a un escudo de erosión.

La figura 20 es una vista esquemática en perspectiva de una etapa intermedia de un proceso de ensamblaje alternativo para producir una manta calefactora de acuerdo con un segundo modo de realización de la presente invención.

55 La figura 21 es una vista esquemática en perspectiva de la manta calefactora parcialmente ensamblada de la figura 20 en una etapa subsiguiente del proceso de ensamblaje alternativo.

60 La figura 22 es una vista esquemática en perspectiva de la manta calefactora parcialmente ensamblada de la figura 21 en una etapa subsiguiente del proceso de ensamblaje alternativo.

La figura 23 es una vista esquemática en perspectiva de la manta calefactora parcialmente ensamblada de la figura 22 en una etapa subsiguiente de proceso de ensamblaje alternativo.

65 La figura 24 es una vista esquemática en perspectiva de la manta calefactora parcialmente ensamblada de la figura

23 en una etapa subsiguiente de proceso de ensamblaje alternativo.

La figura 25 es una vista esquemática en perspectiva de la manta calefactora parcialmente ensamblada de la figura 24 en una etapa subsiguiente de proceso de ensamblaje alternativo.

5 La figura 26 es una vista esquemática en perspectiva de la manta calefactora parcialmente ensamblada de la figura 25 en una etapa subsiguiente de proceso de ensamblaje alternativo.

10 La figura 27 es una vista esquemática en perspectiva de la manta calefactora de la figura 26 una vez que los componentes de la misma han sido estratificados entre sí.

La figura 28 es una vista esquemática en perspectiva que muestra la manta calefactora de la figura 27 del segundo modo de realización de la presente invención cuando está siendo ensamblada a un escudo de erosión.

15 La figura 29 es una vista esquemática en perspectiva de un sensor térmico de área alternativo.

La figura 30 es una vista esquemática en perspectiva del sensor térmico de área de la figura 29 una vez que ha sido ensamblado sobre la capa dieléctrica de la figura 3.

20 La figura 31 es una vista esquemática en perspectiva de un conector alternativo.

La figura 32 es una vista esquemática en perspectiva de un conector alternativo adicional.

25 La figura 33 es una vista esquemática que muestra las conexiones entre una manta calefactora de acuerdo con la presente invención y una unidad de electrónica de control y de fuente de alimentación de una aeronave.

30 Aunque la invención es susceptible de diversas modificaciones y formas alternativas, se muestran a modo de ejemplo en los dibujos modos de realización específicos y se describen en detalle en el presente documento. Se debe entender, no obstante, que los dibujos y descripción detallada de los modos de realización específicos no pretenden limitar la invención a las formas concretas divulgadas. Antes bien, la invención cubre todas las modificaciones, equivalentes y alternativas que caigan dentro del ámbito de la presente invención según se define en las reivindicaciones adjuntas.

Descripción de modos de realización específicos

35 La figura 1 es una vista en planta de una aeronave 1 que tiene un ala 11 a lo largo del borde de ataque (delantero) de la que se sitúan cinco aletas auxiliares del ala 12. Cada aleta auxiliar del ala 12 incorpora un sistema antihielo electrotérmico.

40 La figura 2 es una vista esquemática en perspectiva de un revestimiento de morro desmontable 13 de una de las aletas auxiliares del ala 12 de la figura 1. La configuración del revestimiento de morro 13 puede ser generalmente la misma que en el documento EP-A-1.757.519 (GKN Aerospace) que da a conocer una aleta auxiliar del ala que tiene una sección delantera desmontable que comprende un revestimiento de morro.

45 El revestimiento de morro 13 comprende un escudo de erosión 14 y un calefactor alimentado eléctricamente 2.

El calefactor 2 comprende una colcha o manta calefactora 3 y un manojo de conectores 4 que conectan la manta calefactora 3 con la electrónica de control y de fuente de alimentación de la aeronave 1.

50 El escudo de erosión 14 es generalmente rectangular y tiene una superficie delantera 141 que se curva de modo convexo y una superficie trasera 142 que se curva de modo cóncavo. Un vértice 1411 de la superficie delantera 141 proporciona el borde de ataque del ala 11 de la aeronave.

55 La manta calefactora 3 es generalmente rectangular y tiene una superficie delantera 31 que se curva de modo convexo y una superficie trasera 32 que se curva de modo cóncavo. La superficie delantera convexa 31 se conforma a la forma de y está unida a, la superficie trasera 142 del escudo de erosión 14. De este modo, la energía térmica generada cuando funciona la manta calefactora 3 pasa, por conducción, al escudo de erosión 14 con el fin de proporcionar una función de protección frente al hielo. El escudo de erosión 14 es metálico y puede estar fabricado de aluminio (que es el material habitual) o de titanio (que es caro pero puede ofrecer algunas ventajas funcionales y de procesamiento). Una función importante del escudo de erosión 14 es proteger la aeronave frente a rayos absorbiendo y disipando la corriente del rayo.

60 El revestimiento de morro 13 desmontable es adecuado ya que se puede retirar tan solo el revestimiento de morro de la sección principal o trasera de la aleta auxiliar del ala 12 para permitir reparar o sustituir el revestimiento de morro si ha sido dañado, o para permitir realizar un mantenimiento del calefactor 2.

- Si el calefactor 2 ha desarrollado un fallo, el revestimiento de morro 13 puede ser desmontado de la sección principal o trasera de la aleta auxiliar del ala 12, por ejemplo, deshaciendo o liberando medios de fijación liberables tales como tornillos. El calefactor 2 puede ser inspeccionado y comprobado a continuación. Si es posible, el calefactor 2 se repara in situ. Si no es posible, la manta calefactora 3 se retira del escudo de erosión 14 del revestimiento de morro 13 y una manta calefactora de un nuevo calefactor se fija a (por ejemplo, se une o se pega a) el escudo de erosión 14. El revestimiento de morro 13 queda entonces listo para ser devuelto a servicio. Mientras el antiguo revestimiento de morro está en reparación, un nuevo revestimiento de morro traído del almacén se puede ajustar a la aleta auxiliar del ala 12 para mantener la aeronave en un estado de vuelo.
- Ahora se describirá un proceso de ensamblaje para producir una manta calefactora de acuerdo con el primer modo de realización de la presente invención con referencia a las figuras 3-13 que ilustran, de un modo muy esquemático, los componentes de la manta calefactora y cómo se montan entre sí para producir la manta calefactora y cómo la manta calefactora se une a continuación a un escudo de erosión.
- Los componentes mostrados en las figuras 3-19 son muy esquemáticos. Por ejemplo, en relación con la capa dieléctrica 50 mostrada en la figura 3, el grosor se ha exagerado por claridad. Igualmente, la anchura y la longitud de la capa se han reducido por claridad. En un modo de realización práctico, la capa dieléctrica sería generalmente rectangular y sería una lámina con una anchura típicamente en un intervalo de 0,25 m a 1 m y una longitud en un intervalo, típicamente, de 1 m a 4 m. En uso, la anchura de la lámina se curvará habitualmente alrededor de la cuerda en el borde de ataque del ala y la longitud de la lámina se extenderá habitualmente a lo largo de la envergadura del ala. La lámina dieléctrica (la capa dieléctrica) tendría igualmente un grosor típicamente de entre 0,05 mm y 2 mm.
- La capa dieléctrica 50 está fabricada de un termoplástico técnico de alta temperatura o de un material de refuerzo (tal como fibras de vidrio) que se impregna con el termoplástico técnico de alta temperatura.
- De la clase de termoplásticos técnicos de alta temperatura utilizamos actualmente: PEEK (poliéter éter cetona), PEKK (poliéter cetona cetona), PPS (polisulfuro de fenileno), PEI (polieterimida) o PES (polietersulfona) o mezclas de los mismos. Estos materiales se han seleccionado basándose en el requerimiento de una temperatura de transición vítrea adecuada y un rendimiento de fatiga térmica adecuado. El PEEK y PEKK se prefieren particularmente ya que el PEEK tiene el rendimiento mecánico necesario y es particularmente receptivo a un recubrimiento metálico pulverizado a la llama y el PEKK tiene propiedades similares pero es más fácil de unir al material metálico.
- Cada uno de los otros componentes de la manta térmica (que se describirán a continuación) se selecciona para fabricarse de un material igual a o compatible con los materiales de la capa dieléctrica 50 de modo que, cuando los componentes se estratifican entre sí al final del proceso de ensamblaje, los componentes puedan incorporarse o fusionarse conjuntamente de modo que la manta térmica sea monolítica. Esto significa que los componentes estratificados de la manta térmica no se desestratificarán entre sí. Debido a la ausencia de discontinuidades entre las capas discretas, no es posible que se inicien grietas en las (anteriores) fronteras entre capas de sustrato contiguas y esto mejora la resistencia a la fatiga de la manta calefactora.
- La figura 3 muestra que la pista de un elemento calefactor 501 se ha dispuesto sobre la superficie principal superior 502 de la capa dieléctrica de sustrato 50. El elemento calefactor 501 se extiende desde un primer terminal 503 a un segundo terminal 504. El elemento calefactor 501 se muestra en la figura 3 como con una forma de "C" sencilla. En la práctica, tendrá una forma más complicada tal como una forma que zigzaguea repetidamente del primer terminal 503 al segundo terminal 504. El elemento calefactor 501 se muestra en la figura 3 como con una forma sencilla por claridad de la ilustración esquemática.
- La capa dieléctrica 50 tiene cuatro orificios pasantes 505 que atraviesan de la superficie principal superior 502 hasta una superficie principal inferior 506 (véase la figura 5). Se utiliza una máscara para pulverizar a la llama la pista del elemento calefactor 501 sobre la superficie principal superior 502 de la capa dieléctrica 50 de modo que la pista discurra del primer terminal 503 hasta el segundo terminal 504. El elemento calefactor 501 se fabrica de un metal resistivo tal como cobre o una aleación metálica tal como una aleación de cobre-manganeso. La pulverización a la llama o de metal en caliente es una técnica bien establecida que se remonta a muchos años atrás, por ejemplo, al documento GB-833.675 (D. Napier and Sons Limited) que se refiere a la pulverización de metal en caliente de diversas capas metálicas de un aparato de deshielo o antihielo para una aeronave y el lector es referido al documento GB-833.675, que se incorpora en el presente documento por referencia. La pulverización se realiza de modo que el elemento calefactor 501 sea poroso, con el grado de porosidad dependiendo del número de pasadas de la pistola pulverizadora y el grosor del recubrimiento metálico que forma el elemento calefactor 501. Una pistola pulverizadora adecuada es la Mark 66E-Man producida por Metallisation Limited de Dudley, West Midlands, Reino Unido en combinación con su equipo de control asociado.
- Los orificios pasantes 505 se forman antes de pulverizar a la llama el elemento calefactor 501. Cada orificio tiene un diámetro típico de 3,5 mm, pero puede oscilar de 1 mm a 6 mm de diámetro, más preferiblemente de 2 mm a 5 mm de diámetro, o de 3 mm a 4 mm de diámetro. Durante la pulverización a la llama, algo del material del elemento

calefactor 501 se pulveriza a través de los dos orificios 505 en los terminales primero y segundo 503, 504.

La siguiente etapa del proceso de ensamblaje se muestra en la figura 4. Se utiliza una máscara para pulverizar a la llama un sensor térmico de área 507 sobre la superficie principal superior 502. Así pues, el sensor térmico 507 está presente sobre la misma capa de sustrato que el elemento calefactor 501. La pista del sensor térmico 507 se extiende desde un primer terminal 508 hasta un segundo terminal 509. Cada uno de los terminales 508, 509 se sitúa en un orificio pasante 505 respectivo. Durante la pulverización a la llama, algo de material del sensor térmico 507 se pulveriza a través de los dos orificios 505 en los terminales 508, 509.

El sensor térmico de área 507 se utiliza como parte de un bucle de control para proporcionar control de temperatura e información de prevención de daños térmicos a una unidad de control para el calefactor 2. El sensor térmico 507 es un sensor de dispositivo de temperatura resistivo (RTD). La pulverización a la llama sitúa una pista metálica conductora que tiene un coeficiente de resistencia térmico adecuado. Metales adecuados incluyen níquel y aleaciones basadas en níquel, aunque cualquier metal con un coeficiente de resistencia térmico elevado podría utilizarse siempre y cuando sea adecuado para ser aplicado mediante un proceso de pulverización a la llama. El recubrimiento de metal conductor se puede utilizar para formar todo el sensor térmico 507 desde el primer terminal 508 al segundo terminal 509. Alternativamente, como se muestra en la figura 4, el recubrimiento de metal conductor con el coeficiente de resistencia térmico adecuado se puede pulverizar a la llama para formar un cabezal de sensor 5010 situado entre dos límites 5011 intermedios de la pista del sensor 507. Contactos 5012 se pueden pulverizar a la llama desde los límites 5011 a los terminales 508, 509, de modo que conecten el cabezal de sensor 5010 a los terminales 508, 509. Los contactos 5012 pueden ser de un metal conductor tal como cobre.

La siguiente etapa del proceso de ensamblaje se muestra en la figura 5. Esta implica darle la vuelta a la capa dieléctrica 50 de modo que la superficie principal inferior 506 se oriente hacia arriba. A continuación, se utiliza una máscara para pulverizar metal conductor (por ejemplo, cobre) o una aleación para formar terminales o placas de contacto 5013 alrededor de los orificios pasantes 505. Durante esta pulverización a la llama, algo del material del terminal 5013 recubre el taladro de cada orificio pasante 505. Esto se muestra más claramente en la figura 6 que es una vista sección transversal tomada sobre la línea de sección de la figura 5. El elemento calefactor 501 se muestra en la figura 6 como en posesión de una proyección generalmente cilíndrica 5014 que se extiende en el orificio pasante 505 desde la superficie principal 502 y forma un recubrimiento externo radialmente dentro de orificio pasante 505.

El terminal 5013 se muestra como en posesión de una proyección generalmente cilíndrica 5015 que se extiende en el orificio 505 desde la superficie principal 506 y forma un recubrimiento interno radialmente del orificio pasante 505.

En la figura 6, la proyección cilíndrica 5015 del material de recubrimiento se muestra como abandonando el orificio 505 que tiene un taladro pasante 5016. Si el grosor del recubrimiento del terminal 5013 y su proyección 5015 es lo suficientemente grueso, y/o si el diámetro del orificio pasante 505 es lo suficientemente pequeño, es posible que la proyección 5015 tapone o bloquee la parte interna radialmente del orificio pasante 505 de modo que forme un tapón central. En estas circunstancias, no habría taladro pasante 5016 una vez que se hayan aplicado los dos recubrimientos 501, 5013.

Como se muestra en la figura 6, el extremo libre 5017 de la proyección de recubrimiento 5014 se extiende más allá del extremo libre 5018 de la proyección de recubrimiento 5015. Así pues, la proyección 5014 solapa con la proyección 5015 dentro del orificio 505. El extremo libre 5017 se muestra como quedándose justo antes de la superficie principal 506, pero se podría extender sustancialmente hasta la superficie principal 506 e incluso a veces se extendería ligeramente sobre la superficie principal 506. Esto puede ocurrir, por ejemplo, si la lámina de material dieléctrico que forma la capa 50 se sitúa sobre la mesa de una máquina de pulverización metálica y la lámina vibra durante la pulverización a la llama. Esta vibración facilitaría un efecto de "recubrimiento pasante" por el que el material pulverizado pasa completamente a través del orificio 505 y continúa ligeramente hasta recubrir la superficie 506 distante alrededor del orificio 505.

De modo similar, la proyección de recubrimiento 5015 del terminal 5013 se muestra como teniendo su extremo libre 5018 justo antes de la superficie principal 502. La pulverización a la llama u otro proceso de aplicación podrían disponerse para garantizar que el extremo libre 5018 se extiende sustancialmente hasta la superficie principal 502 o, quizá, incluso rodee parte de la superficie principal 502 contigua al orificio pasante 505. Por supuesto, en estas circunstancias, el elemento calefactor 501 se interpondría entre el extremo libre 5018 y la superficie principal 502.

Debido a solape entre el extremo libre 5017 y el extremo libre 5018 existe una trayectoria conductora continua entre la superficie principal 502 y la superficie principal 506. Esto es cierto para cada uno de los orificios pasantes 505 que se someten a "recubrimiento por pulverización" desde ambos extremos para formar una conexión pasante continua.

Con el fin de conseguir una conexión pasante satisfactoria es beneficioso que la capa dieléctrica tenga un grosor en el intervalo de 0,05 mm a 2 mm.

La figura 7 es una ampliación esquemática del área del círculo en la figura 6 y muestra el solape entre los dos

recubrimientos que forman las proyecciones 5014, 5015. La pulverización a la llama produce un recubrimiento que tiene partículas con un diámetro medio típicamente entre 30 µm y 150 µm. Igualmente, cada recubrimiento 5014, 5015 forma un conductor microporoso. Las partículas de los recubrimientos en la interfaz entre la proyección 5014 y la proyección 5015 están íntimamente en contacto con el fin de formar una buena conexión eléctrica entre el elemento calefactor 501 y el terminal 5013.

La figura 8 muestra dos conectores 41, 42 que comprenden parte del manido de conectores 4 mostrado en la figura 2 y que se utilizan para conectar eléctricamente la manta calefactora 3 a la unidad de electrónica de control y de fuente de alimentación 6 (véase la figura 33) de la aeronave 1.

Cada uno de los conectores 41, 42 comprende una capa dieléctrica de sustrato 411, 421 que es una tira que tiene la longitud deseada para que el conector realice su función de conexión.

Cada capa de sustrato 411, 421 está fabricada de un termoplástico técnico de alta temperatura que es el mismo que, o compatible con los materiales de las otras cajas dieléctricas componentes y conectores del calefactor 2 de modo que, cuando al final del proceso de ensamblaje los componentes del calefactor se estratifican entre sí, las capas de sustrato 411, 421 se dispersarán satisfactoriamente en la(s) capa(s) dieléctrica(s) contigua(s) y/o conector(es), de modo que los componentes del calefactor formen una unidad monolítica satisfactoria sin tener que utilizar pegamento para conectar las capas dieléctricas de sustrato y los conectores entre sí.

Así pues, los materiales actualmente preferidos para la capa dieléctrica de sustrato 411 o 421 son PPS, PEI, PEKK, PEEK y PES. De estos materiales, los autores de la invención prefieren particularmente en la actualidad PEKK o PEEK. Estos materiales son particularmente buenos a la hora de garantizar que los componentes del calefactor 2 se fusionarán o unirán entre sí para hacerse monolíticos y no se desestratificarán.

Preferiblemente, cada capa de sustrato 411, 421 está fabricada del mismo material termoplástico que los otros componentes ya que esto contribuye a garantizar que en el apilamiento de componentes ensamblados se dispersarán o incorporarán entre sí para formar la unidad monolítica cuando el material termoplástico se calienta por encima de su punto de fusión y se aplica presión al apilamiento.

Si el material de cada capa de sustrato 411, 421 no es el mismo que el de los otros componentes y es meramente compatible con el material de los otros componentes, entonces la compatibilidad se puede conseguir seleccionando el termoplástico de las capas de sustrato 411, 421 de tal modo que no sea necesario utilizar adhesivo para unirlos al termoplástico de los otros componentes en el apilamiento durante la estratificación. Los materiales distintos pero compatibles se unirán entre sí en cada interfaz mediante un material termoplástico (por ejemplo, PEEK) fusionándose con, aunque no dispersándose en, el otro material termoplástico (por ejemplo, PEKK) cuando el apilamiento de componentes ensamblados se calienta por encima del punto de fusión de uno de los materiales contiguos.

Una vez que se ha cortado una lámina de material dieléctrico para formar las capas de sustrato 411, 421 a modo de cintas se usa a continuación una máscara para pulverizar a la llama un metal conductor (por ejemplo, cobre) o una aleación metálica sobre una superficie principal 412, 422 de modo que se sitúen pistas de alimentación o señal. En el caso del conector 41, se sitúa una pista de alimentación 413 en la dirección longitudinal de la tira dieléctrica 411 y acaba en un terminal 414 en un extremo 415 del conector 41.

En el caso del conector 42, se utiliza pulverización a la llama para situar las dos pistas de señal 423 generalmente paralelas cada una de las cuales termina en un terminal 424 en un extremo 425 del conector 42.

El otro extremo de cada una de las pistas 413, 423 puede acabar de cualquier modo adecuado para su conexión a la unidad de electrónica de control y de fuente de alimentación 6.

La figura 9 muestra la siguiente etapa del proceso de ensamblaje. En esta etapa, la capa dieléctrica 50 de la figura 5 se ensambla con dos conectores 41 y un único conector 42. Los tres conectores 41, 42 se sitúan, como se muestra en la figura 9, con sus terminales 414, 424 orientados hacia abajo hacia los terminales 5013 de la capa dieléctrica 50. Los terminales 414, 424 se sueldan o se estañan a los terminales 5013.

De este modo, los dos conectores 41 se conectan a los extremos del elemento calefactor 501 de modo que el elemento calefactor 501 puede ser alimentado por la unidad de electrónica de control y de fuente de alimentación 6 a través de los conectores 41. Los extremos del sensor térmico 507 se conectan a través del conector 42 a la unidad de electrónica de control y de fuente de alimentación 6.

La figura 10 muestra la siguiente etapa del proceso de ensamblaje. La manta calefactora parcialmente ensamblada de la figura 9 tiene una capa dieléctrica 51 adicional situada sobre la superficie principal 506 de la capa dieléctrica 50. Las capas dieléctricas 50, 51 se fabrican del mismo material, tal como PEEK o PEKK.

En la figura 10, la capa dieléctrica 51 no cubre los extremos 415, 425 de los conectores 41, 42, sino que se podría

disponer para cubrir los extremos de modo que la capa dieléctrica 51 sea generalmente del mismo tamaño y forma que la capa dieléctrica 50. Durante la estratificación al final del proceso de ensamblaje, el grosor aumentado del material dieléctrico en los extremos 415, 425 se dispersará o distribuirá, al menos parcialmente, como resultado del calor y la presión aplicados durante la estratificación. Además, en la manta calefactora 3 acabada, no importa si, hasta cierto punto, el producto acabado (el producto estratificado) es localmente ligeramente más grueso en lugares como resultado de un grosor aumentado del material dieléctrico que está presente.

La siguiente etapa del proceso de ensamblaje se muestra en la figura 11. En esta etapa, un plano de tierra 71 se pulveriza a la llama sobre la superficie principal superior 511 de la capa dieléctrica 51 de la manta calefactora parcialmente ensamblada en la figura 10. El plano de tierra comprende cobre o una aleación de cobre pulverizado a la llama y tiene típicamente 0,05 mm de grosor, aunque puede oscilar de 0,01 mm a 0,5 mm de grosor, o de 0,03 mm a 0,2 mm de grosor. El grosor exacto se puede elegir dependiendo de la conductividad que se requiera.

El propósito de la placa de tierra 71 es detectar una corriente de fallo provocada por un fallo del calefactor en el elemento calefactor 501. Por ejemplo, el fallo podría ser un daño tal como un calefactor fundido. El plano de tierra 71 se conecta a la tierra 143 de la aeronave (véase la figura 19) así como a la unidad de electrónica de control y de fuente de alimentación 6, de modo que cuando tiene lugar un fallo la unidad 6 detecta un cambio en la corriente.

La figura 12 es una ampliación de una sección transversal esquemática del área en el círculo de la figura 11 y muestra la interfaz entre el plano de tierra 71 y la capa dieléctrica 51 sobre la que se ha pulverizado el plano de tierra. Las partículas del plano de tierra 71 son microporosas, de modo que, durante el calentamiento y compresión del proceso de estratificación, el termoplástico de las capas dieléctricas contiguas pasará o migrará a través del plano de tierra 71 como parte de otorgar una estructura monolítica a la manta calefactora 3. Esta migración se indica mediante las flechas 311 que muestran trayectorias de migración entre las partículas 712 del plano de tierra 71. Nótese que, en la figura 12, solo se etiquetan algunas de las partículas 712 por claridad. Las partículas 712 se localizan al azar como resultado de la pulverización y tienen un intervalo de tamaños aleatorios con el diámetro medio típicamente en el intervalo de 30 a 150 µm.

La siguiente etapa del proceso de ensamblaje se muestra en la figura 13.

En esta etapa, un conector 43 que es el mismo que el conector 41 se conecta eléctricamente al plano de tierra 71 de la manta calefactora parcialmente ensamblada de la figura 11. El conector 43 tiene una pista 433 sobre su superficie de fondo que acaba en un terminal y el terminal está soldado o estañado al plano de tierra 71. De este modo, el plano de tierra 71 está conectado eléctricamente a través del conector 43 a la unidad de electrónica de control y de fuente de alimentación 6.

La siguiente etapa del proceso de ensamblaje se muestra en la figura 14. Una capa dieléctrica 52 se sitúa sobre la parte superior del plano de tierra 71 de la manta calefactora parcialmente ensamblada de la figura 13. La capa dieléctrica 52 está fabricada del mismo material que las capas dieléctricas 50, 51. Se muestra como teniendo un recorte en la región del conector 43. Sin embargo, la capa dieléctrica 52 podría ser del mismo tamaño y forma que la capa dieléctrica 50, de tal modo que cubriría el extremo 435 del conector 43.

La siguiente etapa del proceso de ensamblaje se muestra en la figura 15. La manta calefactora parcialmente ensamblada de la figura 14 se da la vuelta y se coloca una capa dieléctrica 53 adicional sobre la superficie principal 502 de la capa dieléctrica 50. La capa dieléctrica 53 es de la misma forma y tamaño que la capa dieléctrica 50 y está fabricada del mismo material que las otras capas dieléctricas 50, 51 y 52. En la figura 15 es posible observar las pistas 413 de los conectores 41, las pistas 423 del conector 42 y las pistas 423 del conector 43.

La siguiente etapa del proceso de ensamblaje se muestra en la figura 16. En esta etapa, la manta calefactora parcialmente ensamblada de la figura 15 tiene un segundo plano de tierra 72 pulverizado a la llama sobre la superficie principal 531 expuesta de la capa dieléctrica 53. Las características del segundo plano de tierra 72 son las mismas que aquellas del primer plano de tierra 71. En concreto, se prefiere que los planos de tierra 71, 72 sean de cobre pulverizado a la llama.

La siguiente etapa del proceso de ensamblaje se muestra en la figura 17. En esta etapa, se coloca una capa dieléctrica 54 adicional sobre el plano de tierra 72 de la manta calefactora parcialmente ensamblada de la figura 16. La capa dieléctrica 54 se fabrica del mismo material que las otras capas dieléctricas 50, 51, 52, 53. Un conector 44 es generalmente el mismo que el conector 41 y tiene, sobre su superficie inferior en la figura 17, una pista que conduce a un terminal en el extremo 445 del conector 44. Este terminal del conector 44 está conectado eléctricamente al segundo plano de tierra 72 por soldadura o estañado de modo que se establezca una conexión eléctrica entre el plano de tierra 72 y la unidad de electrónica de control y de fuente de alimentación 6.

Colectivamente, los conectores 41, 42, 43, 44 comprenden el manojó de conectores 4 que se muestra esquemáticamente en la figura 2.

En la figura 17, la capa dieléctrica 54 se muestra como presentando un recorte alrededor del extremo 445 del

conector 44. Una alternativa sería omitir el recorte de la capa 54 de tal modo que la capa 54 tenga la misma forma rectangular y tamaño que la capa dieléctrica 53 subyacente. Esto significaría que la capa dieléctrica 54 cubriría el extremo 445 del conector 44. Esto podría dar como resultado, tras la estratificación, un ligero aumento local de grosor de la manta calefactora en la proximidad del extremo 445.

Durante la colocación de las capas dieléctricas, se puede incluir un material de refuerzo en el apilamiento de componentes de la manta calefactora. Este material de refuerzo sería fibroso y ejemplos del material de refuerzo incluyen fibras de vidrio, por ejemplo bien como una cinta unidireccional o como una pieza tejida, que sería porosa frente a las capas dieléctricas termoplásticas contiguas durante el proceso de estratificación. Cualquier refuerzo necesitaría ser no conductor con el fin de preservar el aislamiento proporcionado por las capas dieléctricas. Asimismo, el material de refuerzo se debe seleccionar para que sea lo más delgado posible.

En la figura 17, todos los componentes de la manta calefactora 3 están en su sitio listos para ser estratificados entre sí. El proceso de estratificación se ilustra esquemáticamente en la figura 18. Se aplica calor y presión a apilamiento de componentes de modo que se consolide el estratificado en una estructura monolítica. El resultado es que las capas dieléctricas y los extremos embebidos de los conectores, todos fabricados del mismo termoplástico técnico o de termoplásticos técnicos compatibles, se dispersan uno en otro y las capas dieléctricas y los extremos de los conectores se incorporan o se fusionan entre sí para hacerse monolíticos. Consecuentemente, las capas y los extremos de los conectores no se desestratificarán como resultado de la presencia de una discontinuidad en una interfaz provocada por el material termoplástico que es incompatible y no se ha incorporado con el material termoplástico contiguo. Durante la estratificación, los extremos embebidos de los conectores se convierten de modo eficaz en parte de la manta calefactora.

La estratificación se puede realizar utilizando una autoclave convencional, una prensa térmica o una máquina de estratificación grande. Tal máquina se puede utilizar para calentar el apilamiento de componentes por encima del punto de fusión del material termoplástico a la vez que se aplica presión, con el fin de consolidar el estratificado.

Si está presente un material de refuerzo en el apilamiento de componentes, la presión del proceso de estratificación comprime el material de refuerzo en el termoplástico de las capas contiguas para formar un estratificado termoplástico reforzado. Si el material de refuerzo es una pieza tejida, se tiene que tener precaución para garantizar que los tratamientos aplicados a la misma durante los procesos de tejido y acabado son compatibles con las temperaturas de estratificación del orden de 400 °C.

La intención del proceso de estratificación es minimizar o eliminar discontinuidades en el estratificado resultante. El producto final en forma de la manta calefactora 3 con los extremos embebidos del manojo de conectores 4 tiene una estructura monolítica que puede sufrir una expansión generalmente uniforme cuando se calienta. Esto reduce las tensiones termomecánicas en la manta calefactora 3. Esta es una consideración importante a la vista del hecho de que las tensiones termomecánicas son mayores que las tensiones aerodinámicas que experimenta la manta calefactora 3 cuando se instala en la aeronave 1.

En productos estratificados convencionales, se utiliza pegamento y el pegamento es un punto débil en las interfaces entre capas contiguas de estratificado. En un calefactor convencional en el que las capas dieléctricas están pegadas entre sí en el estratificado, las interfaces pegadas es donde puede ocurrir la desestratificación con cargas de fatiga.

Una ventaja de la manta calefactora del primer modo de realización de la presente invención como se muestra en la figura 18 es que está libre de pegamento. Específicamente, no se utiliza pegamento para estratificar entre sí las capas dieléctricas y los extremos embebidos de los conectores.

La figura 19 muestra cómo la manta calefactora 3 se ofrece hacia arriba a la superficie trasera 142 del escudo de erosión 14. Se utiliza un adhesivo adecuado para pegar o unir la superficie delantera 31 de la manta calefactora 3 a la superficie trasera 142 del escudo de erosión 14. Por simplicidad de la ilustración, en la figura 19 la manta calefactora 3 y el escudo de erosión 14 se muestran como planos. En una instalación representativa real tal como la mostrada en la figura 2, la superficie delantera 31 está curvada de modo convexo y la superficie trasera 142 está curvada de modo cóncavo en correspondencia. La manta calefactora 3 recuerda a una gran lámina que es comparativamente larga y ancha con relación a su grosor y por tanto la manta calefactora 3 es flexible y puede ser doblada fácilmente para conformarse a la forma de la superficie trasera 142 del escudo de erosión 14.

Cuando la manta calefactora 3 se ha instalado detrás del escudo de erosión 14 y cuando el revestimiento de morro 13 está siendo ajustado sobre la aeronave 1, los conectores 41, 42, 43 y 44 (que forman colectivamente el manojo de conectores 4) pueden conectarse a la unidad de electrónica de control y de fuente de alimentación 6 de la aeronave 1. Así pues, el calefactor 2 está ahora listo para su uso.

En el primer modo de realización de la manta calefactora como se discutió anteriormente con referencia a las figuras 3-19, se da el caso de que la manta calefactora incorpora dos planos de tierra (plano de tierra 71 y plano de tierra 72). Cuando la aeronave 1 es golpeada por un rayo sobre el escudo de erosión 14, una corriente continua muy grande (por ejemplo, de 200.000 A) de una duración muy corta se disipa a una tierra 143 de la aeronave por el

escudo de erosión 14. La corriente muy grande que fluye en el escudo de erosión durante la caída del rayo inducirá una corriente en cualquier conductor paralelo subyacente como resultado del acoplamiento electromagnético. Tales conductores paralelos incluyen los elementos calefactores 501 y el sensor térmico 507. Si el elemento calefactor 501 y el sensor térmico 507 no están adecuadamente apantallados frente al acoplamiento electromagnético, la corriente que se induce en ellos puede ser del orden de 1000 A y esta corriente puede pasar lo largo del manojo de conectores 4 hasta la unidad de electrónica de control y de fuente de alimentación 6. El resultado podría ser una subida de corriente en la unidad de electrónica de control y de fuente de alimentación 6, que solo está diseñada para absorber corrientes del orden de 10 A. Una subida de corriente es indeseable ya que puede dañar la electrónica dentro de la unidad 6.

En relación con una manta calefactora convencional con un único plano de tierra, se induce algo de corriente en el plano de tierra y pasará a la tierra de la aeronave.

En la manta calefactora 3 del primer modo de realización de la presente invención, como se da a conocer con referencia a las figuras 3-19, se da el caso de que la manta calefactora 3 incorpora dos planos de tierra 71, 72. Estos planos de tierra 71, 72 se sitúan por encima y por debajo del elemento calefactor 501 y el sensor térmico 507, de modo que el elemento calefactor 501 y el sensor térmico 507 están "apantallados electromagnéticamente" por los dos planos de tierra 71, 72. Este apantallamiento es bastante similar al concepto de apantallamiento coaxial en un cable.

Los planos de tierra tienen generalmente una baja resistencia. Debido a que los dos planos de tierra intercalan el elemento calefactor vulnerable 501, el sensor térmico 507 y los extremos embebidos del manojo de conexión 4 que se conectan al elemento calefactor 501 y al sensor térmico 507, apantallan esos componentes y la corriente inducida durante la caída de un rayo se induce preferiblemente en los dos planos de tierra 71, 72 y pasa a la tierra 143 de la aeronave. Se inducen corrientes mucho más reducidas en el elemento calefactor 501, el sensor térmico 507 y los extremos embebidos del manojo de conexión que son alejadas del elemento calefactor 501 y el sensor térmico 507, reduciendo así el riesgo de daños a la electrónica en la unidad de electrónica de control y de fuente de alimentación 6.

Ahora se describirá un proceso de construcción alternativo. Específicamente, las figuras 20-28 ilustran los aspectos relevantes de un proceso de ensamblaje alternativo para producir una manta calefactora de acuerdo con el segundo modo de realización de la presente invención. Las figuras 20-28 ilustran solo aquellos aspectos del proceso de construcción que difieren de lo que se mostró en las figuras 3-19 con relación al primer modo de realización de la presente invención.

Así pues, en la figura 20, el segundo modo de realización toma la capa dieléctrica 50 de la figura 4 del primer modo de realización y la vuelve bocabajo y a continuación se pulveriza a la llama un plano de tierra 73 sobre la superficie principal 506 de la capa dieléctrica 50, de tal modo que el plano de tierra 73 tiene las mismas características que el plano de tierra 71.

A continuación, en la siguiente etapa de este proceso de ensamblaje alternativo del segundo modo de realización, se sitúa una capa dieléctrica 55 sobre el plano de tierra 73 (véase la figura 21). La capa dieléctrica 55 está fabricada del mismo material que la capa dieléctrica 50. Un conector 45 (que corresponde al conector 43 del primer modo de realización) se conecta eléctricamente al plano de tierra 73. La capa dieléctrica 55 tiene un recorte alrededor del extremo 455 del conector 45, aunque este recorte se puede omitir y la capa dieléctrica 55 puede tener la misma forma y tamaño que la capa dieléctrica 50, de tal modo que la capa dieléctrica 55 cubre el extremo 455.

La siguiente etapa del proceso de ensamblaje del segundo modo de realización se muestra en la figura 22. Los orificios pasantes 505 de la capa dieléctrica 50 se extienden a través del plano de tierra 73 y la capa dieléctrica 55. Terminales o placas de contacto 5513 se pulverizan a la llama a continuación sobre la superficie principal superior 552 de la capa dieléctrica 55, teniendo los terminales 5513 del segundo modo de realización las mismas características que los terminales 5013 del primer modo de realización.

La siguiente etapa del proceso de ensamblaje se muestra en la figura 23. En esta etapa, la manta calefactora parcialmente ensamblada de la figura 22 tiene una capa dieléctrica 56 adicional situada sobre la capa dieléctrica 55. Dos conectores 43 (que se corresponden con los dos conectores 41 del primer modo de realización) y un conector 47 (que se corresponde con el conector 42 del primer modo de realización) tienen sus extremos 465, 475 puestos en contacto eléctrico con los terminales 5513. Un segundo plano de tierra 74 se pulveriza a la llama sobre la capa dieléctrica 56 y tiene características que se corresponden con el segundo plano de tierra 72 del primer modo de realización. En la figura 23, la capa dieléctrica 56 no cubre los extremos 465, 475 de los conectores 46, 47. Alternativamente, podría disponerse para cubrir los extremos 465, 475 y esto daría como resultado, en el producto final (la manta calefactora estratificada del segundo modo de realización), ligero incremento localizado del grosor de la manta calefactora.

La siguiente etapa del proceso de ensamblaje del segundo modo de realización se muestra en la figura 24. Una capa dieléctrica 57 se sitúa sobre el segundo plano de tierra 74. Un conector 48 (que se corresponde con el conector

44 del primer modo de realización) tiene un extremo 485 conectado eléctricamente con el segundo plano de tierra 74. La capa dieléctrica 57 se muestra como teniendo un recorte alrededor del extremo 485. Este recorte se podría omitir y la capa dieléctrica 57 se podría extender sobre el extremo 485.

5 La siguiente etapa del proceso de ensamblaje se muestra en la figura 25. Una capa dieléctrica adicional 58 se pone en contacto con la superficie principal 502 de la capa dieléctrica 50 de modo que cubra el elemento calefactor 501 y el sensor térmico de área 507. El resultado se muestra en la figura 26. En la figura 26, todos los componentes de la manta calefactora 3 y los extremos embebidos 455, 465, 475, 485 de los conectores 45, 46, 47, 48 están en su sitio y listos para ser estratificados entre sí.

10 Se aplica calor y presión al apilamiento de componentes de la figura 26 para producir el estratificado monolítico de la manta calefactora 3 mostrada en la figura 27. Todas las capas dieléctricas 50, 55, 56, 57, 58 se fabrican del mismo termoplástico técnico de alta temperatura o de un termoplástico técnico de alta temperatura compatible (como en el primer modo de realización) y por tanto se fusionan entre sí durante el proceso de estratificación. Cuando sea necesario, el material termoplástico fluye a través de los planos de tierra 73, 74 porosos y a través del elemento calefactor 501 poroso y a través del sensor térmico 507 poroso. Debido a que el material termoplástico se incorpora o se fusiona conjuntamente en las interfaces entre los componentes apilados de la figura 26, las interfaces desaparecen sustancialmente y por tanto las interfaces no están presentes, de hecho, en el producto final (la manta calefactora 3 del segundo modo de realización). Las discontinuidades son indeseables debido a que pueden actuar como sitios de iniciación de grietas que son sitios potenciales de debilidad estructural o de fatiga. Retirar sustancialmente las discontinuidades de producto final (la manta calefactora 3 estratificada) produce una manta calefactora más durable.

25 La manta calefactora 3 del segundo modo de realización (figura 27) tiene entonces su superficie delantera 31 unida adhesivamente a la superficie trasera 142 del escudo de erosión 14, como se muestra en la figura 28.

Los conectores 45, 46, 47, 48 forman colectivamente el manojito de conectores 4 que sirve para conectar eléctricamente la manta calefactora 3 a la unidad de electrónica de control y de fuente de alimentación 6.

30 En el segundo modo de realización, los dos planos de tierra (planos de tierra 73, 74) tienen diferentes posiciones con relación al elemento calefactor 501 y el sensor térmico 507 en comparación con los dos planos de tierra (planos de tierra 71, 72) del primer modo de realización.

35 En el segundo modo de realización, el elemento calefactor 501 y el sensor térmico 507 no están intercalados entre los dos planos de tierra 73, 74. En su lugar, los dos planos de tierra 73, 74 se sitúan en el lado del elemento calefactor 501 y el sensor térmico 507 alejado del escudo de erosión 14. En otras palabras, el elemento calefactor 501 y el sensor térmico 507 están intercalados entre (i) el escudo de erosión 14 y (ii) los dos planos de tierra 73, 74. En comparación con una manta calefactora que tiene tan solo un único plano de tierra, los dos planos de tierra 73, 74 del segundo modo de realización proporcionan una protección mejorada frente a la inducción de una corriente excesiva por caída de rayos en el elemento calefactor 501, el sensor térmico 507 y los extremos embebidos del manojito de conexión 4 que se alejan del elemento calefactor 501 y el sensor térmico 507. Sin embargo, la protección es menos efectiva que la protección proporcionada por la configuración de los dos planos de tierra del primer modo de realización, ya que en el primer modo de realización los dos planos de tierra 71, 72 intercalan el elemento calefactor 501 y el sensor térmico 507 y proporcionan así un tipo de "apantallamiento coaxial" al elemento calefactor 501 y el sensor térmico 507.

50 Las figuras 29 y 30 muestran un sensor térmico de área alternativo. En la figura 29, el sensor térmico de área 507 se sitúa sobre un portador 5019 distinto de la capa dieléctrica 50. El portador 5019 es de menor anchura y longitud que la capa dieléctrica 50 aunque está fabricado preferiblemente del mismo termoplástico técnico de alta temperatura que la capa dieléctrica 50.

55 Alternativamente aunque menos deseablemente, el portador 5019 está fabricado de un termoplástico técnico de alta temperatura compatible con la capa dieléctrica 50 y los otros componentes de la manta calefactora 3 con los que se fusionará durante el proceso de estratificación. Los materiales preferidos de los autores de la invención actualmente para el portador 5019 incluyen PPS, PEI, PEKK, PEEK y PES. De estos materiales, son particularmente preferidos PEKK y PEEK.

60 La figura 29 muestra asimismo cómo puede ser encapsulado parcialmente, de modo opcional, el sensor térmico 507 en una capa de encapsulado 5020 que está fabricada del mismo material que el portador 5019. La capa de encapsulado 5020 se muestran en línea de puntos en la figura 29. Cuando la capa de encapsulado 5020 se sitúa sobre el portador 5019, la capa de encapsulado 5020 cubre completamente el cabezal de sensor 5010 y las primeras partes contiguas de los contactos 5012.

65 El sensor térmico de área 507 se pulveriza a la llama sobre la superficie principal superior 50191 del portador 5019. La pulverización a la llama del sensor de temperatura 507 da como resultado que los terminales primero y segundo 508, 509 del sensor de temperatura se sitúen alrededor de los orificios pasantes 5021 de la capa portadora 5019.

A continuación, como se muestra en la figura 30, el portador 5019 se sitúa sobre la capa dieléctrica 50 de la figura 3. La colocación es tal que los orificios pasantes 5021 del portador 5019 se alinean con los orificios pasantes 505 relevantes de la capa dieléctrica 50.

5 Otros aspectos del proceso de fabricación para producir una manta calefactora son los mismos que para el primer modo de realización descrito con referencia a las figuras 3-19 o el segundo modo de realización descrito con referencia a las figuras 20-28.

10 La figura 31 muestra un conector 49 que es una variante del conector 41 de la figura 8.

En relación con el conector 49, este usa la misma capa dieléctrica de sustrato 411, superficie principal 412, pista de alimentación 413, terminal 414 y extremo 415 que para el conector 41 de la figura 8. La diferencia es que el conector 49 de la figura 31 incluye adicionalmente una capa de encapsulado 491 fabricada de un termoplástico técnico de alta temperatura, igual a o compatible con la capa dieléctrica de sustrato 411. La capa de encapsulado 491 se detiene en una posición 492 de la superficie principal 412 lo que deja expuesto el terminal 414 y una longitud corta contigua de la pista de alimentación 413. El conector 49 se puede utilizar para sustituir los conectores 41, 43 y 44 del primer modo de realización, o los conectores 45, 46 y 48 de segundo modo de realización. La posición 492 del conector 49 se elige de modo que el extremo 423 de la capa de encapsulado 491 se apoya en y no se introduce en, los componentes estratificados de la manta calefactora 3.

Cuando el conector 49 está en producción, se aplica calor y presión a las capas 411, 491 de modo que se incorporen o fusionen entre sí para formar una estructura estratificada.

25 Sin embargo, debido a que la capa de encapsulado 491 no penetra en los componentes estratificados de la manta calefactora 3, sería posible cambiar el material de la capa de encapsulado 491 a, por ejemplo, una película protectora que se pulveriza. La naturaleza del material de la película pulverizada no importa particularmente en el contexto de estratificar entre sí los componentes de la manta calefactora 3, ya que el material de la capa de encapsulado 491 no penetrará en el apilamiento de componentes que forman la manta calefactora 3.

30 La figura 32 muestra un conector 41A alternativo adicional que es generalmente el mismo que el conector 41 de la figura 8, salvo porque se une (por ejemplo por soldadura o estañado) un tapón metálico 416 (por ejemplo de cobre) al terminal 414 de la figura 8, para producir así el conector 41A como una variante del conector 41 de la figura 8. El tapón 416 se muestra en la figura 32 como en posesión de una porción circular de base 4161 y una porción circular superior 4162 que es de menor diámetro de la porción de base 4161. El diámetro de la porción superior 4162 se ajusta preferiblemente para que sea igual al de los orificios 505 de la figura 3. Así pues, en una variante de la figura 9, cuando el conector 41A sustituye al conector 41, la porción superior 4162 del tapón 416 se proyectará y se alojará limpiamente dentro de orificio pasante 505 correspondiente de la capa dieléctrica 50.

40 La figura 33 es una ilustración esquemática de las conexiones entre la manta calefactora 3 y la unidad de electrónica de control y de fuente de alimentación 6.

45 La manta calefactora de la presente invención puede incorporarse en cualquier superficie (por ejemplo orientada hacia delante) de una aeronave que pueda ser susceptible de formación de hielo en vuelo. Por ejemplo, alternativas a incorporar la manta calefactora en el borde de ataque de un ala incluyen incorporarla en el borde de ataque de una aleta o plano de cola, o en la toma de aire de un motor, o en una solapa del borde de salida para detener la formación de hielo sobre la solapa cuando se despliega, o en un alerón.

50 En los modos de realización primero y segundo anteriores, la manta calefactora 3 se ha ensamblado independientemente y estratificado a continuación, antes de ser unida al escudo de erosión 14. Una alternativa sería comenzar con el escudo de erosión 14 y a continuación apilar secuencialmente, sobre el escudo de erosión, los componentes de la manta calefactora y los conectores. El primer componente podría unirse al escudo de erosión. A continuación, cuando el apilamiento completo de componentes se ha ensamblado sobre el primer componente, se podría aplicar calor y presión a los componentes y al escudo de erosión de modo que se estratificaran entre sí los componentes de la manta calefactora y los conectores in situ sobre el escudo de erosión.

60 Se han descrito modos de realización primero y segundo de una manta calefactora electrotérmica 3 para un sistema antihielo, en el que: la manta calefactora 3 es una manta calefactora estratificada y comprende capas dieléctricas 50-58, un elemento calefactor 501 y un sensor térmico 507; cada capa dieléctrica 50-58 comprende material termoplástico; el sensor térmico 507 comprende una pista metálica pulverizada 5010, 5012 depositada sobre un sustrato 50, 5019 que comprende material termoplástico; el sustrato 50, 5019 se estratifica al menos a una primera de las capas dieléctricas 53, 58; y el material termoplástico del sustrato es (i) el mismo que el material termoplástico de la primera capa dieléctrica de tal modo que el material termoplástico del sustrato se disperse o se incorpore en el material termoplástico de la primera capa dieléctrica o (ii) compatible con el material termoplástico de la primera capa dieléctrica de tal modo que el material termoplástico del sustrato se fusione con el material termoplástico de la primera capa dieléctrica.

5 Se ha descrito igualmente un método para fabricar modos de realización primero y segundo de una manta calefactora 3, que comprende las etapas de: proporcionar una pluralidad de capas dieléctricas 50-58, cada una de las cuales comprende material termoplástico; pulverizar a la llama una pista metálica 5010, 5012 de un sensor térmico 507 sobre material termoplástico de un sustrato 50, 5019; formar un apilamiento que comprende las capas dieléctricas 50-58, un elemento calefactor 501 y el sustrato 50, 5019; y estratificar entre sí las capas dieléctricas 50-58 y el sustrato 50, 5019 de tal modo que el material termoplástico del sustrato (i) se disperse o se incorpore en, o (ii) se fusione con el material termoplástico de las capas dieléctricas o de cada una de las capas dieléctricas contiguas 51, 53, 55, 58.

REIVINDICACIONES

1. Una manta calefactora electrotérmica (3) para un sistema antihielo, en la que:

5 la manta calefactora (3) es una manta calefactora estratificada y comprende capas dieléctricas (50-58), un elemento calefactor (501) y un sensor térmico (507), y

cada capa dieléctrica (50-58) comprende material termoplástico;

10 caracterizada porque:

el sensor térmico (507) comprende una pista metálica pulverizada (5010, 5012) depositada sobre un sustrato (50, 5019) que comprende material termoplástico;

15 el sustrato (50, 5019) está estratificado a al menos una primera (53, 58) de las capas dieléctricas; y

el material termoplástico del sustrato es (i) el mismo que el material termoplástico de la primera capa dieléctrica de tal modo que el material termoplástico del sustrato está dispersado o incorporado en el material termoplástico de la primera capa dieléctrica o (ii) compatible con el material termoplástico de la primera capa dieléctrica de tal modo que
20 el material termoplástico del sustrato está fusionado con el material termoplástico de la primera capa dieléctrica.

2. Una manta calefactora electrotérmica (3) de acuerdo con la reivindicación 1, en la que:

el sustrato (50) es una segunda (50) de las capas dieléctricas;

25 la pista metálica pulverizada (5010, 5012) del sensor térmico (507) es porosa; y

el material termoplástico de la primera capa dieléctrica (53) está estratificado al material termoplástico de la segunda capa dieléctrica (50) a través de la pista metálica pulverizada (5010, 5012) del sensor térmico (507).

30 3. Una manta calefactora electrotérmica (3) de acuerdo con la reivindicación 2, en la que el elemento calefactor (501) comprende una pista metálica pulverizada depositada sobre la segunda capa dieléctrica (50).

35 4. Una manta calefactora electrotérmica (3) de acuerdo con la reivindicación 1, en la que el sustrato (5019) es un portador (5019) que tiene una superficie principal (50191) que es menor que una superficie principal (502) de una segunda (50) de las capas dieléctricas sobre la que está estratificado el portador (5019), y el portador (5019) está intercalado entre las capas dieléctricas primera y segunda (58, 50).

40 5. Una manta calefactora electrotérmica (3) de acuerdo con la reivindicación 4, en la que la pista metálica pulverizada (5010, 5012) del sensor térmico (507) es porosa y el material termoplástico de la primera capa dieléctrica (58) está estratificado al material termoplástico del portador (5019) a través de la pista metálica pulverizada (5010, 5012) del sensor térmico (507).

6. Una manta calefactora electrotérmica (3) de acuerdo con cualquier reivindicación anterior, en la que:

45 la pista metálica pulverizada (5010, 5012) del sensor térmico (507) comprende un cabezal de sensor (5010);

el metal del cabezal de sensor (5010) es níquel o una aleación de níquel;

50 el cabezal de sensor (5010) se extiende entre posiciones intermedias (5011) de la pista metálica pulverizada (5010, 5012) del sensor térmico (507); y

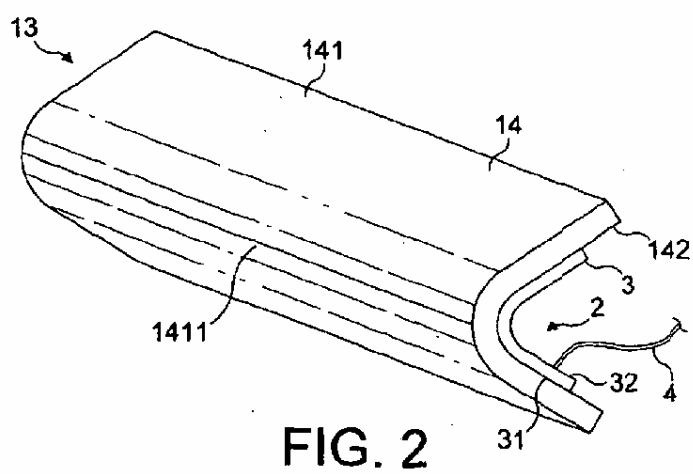
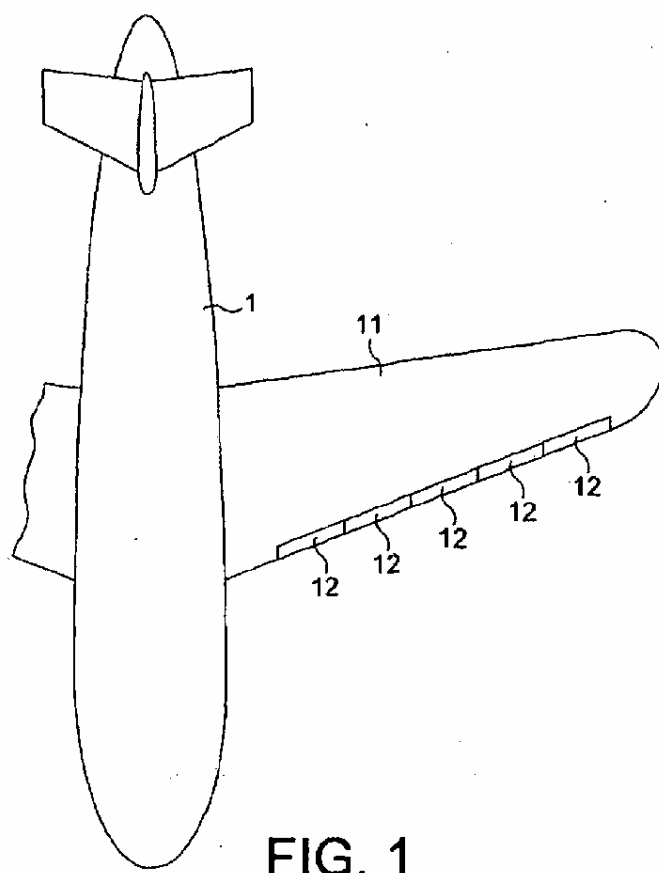
la pista metálica pulverizada (5010, 5012) del sensor térmico (507) comprende además contactos (5012) que se extienden desde las posiciones intermedias (511) hasta terminales (508, 509) en los extremos de la pista metálica
55 pulverizada (5010, 5012).

7. Una manta calefactora electrotérmica (3) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, en la que el material termoplástico o cada material termoplástico comprende PEEK, PEKK o una mezcla de los mismos.

60 8. Una manta calefactora electrotérmica (3) de acuerdo con cualquier reivindicación anterior, en la que el material termoplástico del sustrato (50, 5019) es el mismo que el material termoplástico de las capas dieléctricas (50-58).

9. Un calefactor electrotérmico (2) que comprende una manta calefactora (3) de acuerdo con cualquier reivindicación anterior y al menos un conector (41, 46) que tiene un primer extremo (415, 465) que está conectado eléctricamente al elemento calefactor (501) y un segundo extremo que se extiende alejándose de la manta calefactora (3) para su
65 conexión a una unidad de control del calefactor (6).

10. Un aparato protegido frente al hielo que comprende un revestimiento externo (14) y un calefactor electrotérmico (2) de acuerdo con la reivindicación 9, en el que la manta calefactora (3) está en contacto térmico con una superficie trasera (142) del revestimiento externo (14).
- 5 11. Un método de fabricación de una manta calefactora electrotérmica (3), que comprende las etapas de:
- proporcionar una pluralidad de capas dieléctricas (50-58), cada una de las cuales comprende material termoplástico;
- 10 pulverizar a la llama una pista metálica (5010, 5012) de un sensor térmico (507) sobre material termoplástico de un sustrato (50, 5019);
- formar un apilamiento que comprende las capas dieléctricas (50-58), un elemento calefactor (501) y el sustrato (50, 5019); y
- 15 estratificar entre sí las capas dieléctricas (50-58) y el sustrato (50, 5019) de tal modo que el material termoplástico del sustrato (i) se disperse o se incorpore en, o (ii) se fusione con el material termoplástico de las capas dieléctricas o de cada una de las capas dieléctricas contiguas (51, 53, 55, 58).
- 20 12. Un método de acuerdo con la reivindicación 11, en el que el sustrato (50) es una primera de las capas dieléctricas (50) y el método comprende además la etapa de pulverizado a la llama del elemento calefactor (501) sobre dicha primera capa dieléctrica (50).
- 25 13. Un método de acuerdo con la reivindicación 11, en el que el sustrato (5019) es un portador (5019) que tiene una superficie principal (50191) que es menor que una superficie principal (502) de una primera de las capas dieléctricas (50) sobre la que se estratifica el portador (5019) durante la etapa de estratificación y el portador (5019) se intercala entre dicha primera capa dieléctrica (50) y una segunda de las capas dieléctricas (58) durante la etapa de formación del apilamiento.
- 30 14. Un método de acuerdo con la reivindicación 13, que comprende además la etapa de pulverizado a la llama del elemento calefactor (501) sobre una parte de dicha primera capa dieléctrica (50) no cubierta por el portador (5019).
15. Un método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 11 a 14, en el que el material termoplástico o cada material termoplástico comprende PEEK, PEKK o una mezcla de los mismos.



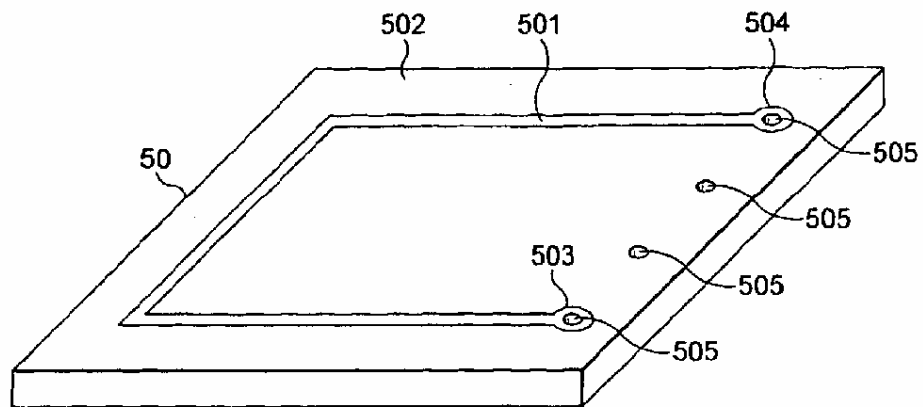


FIG. 3

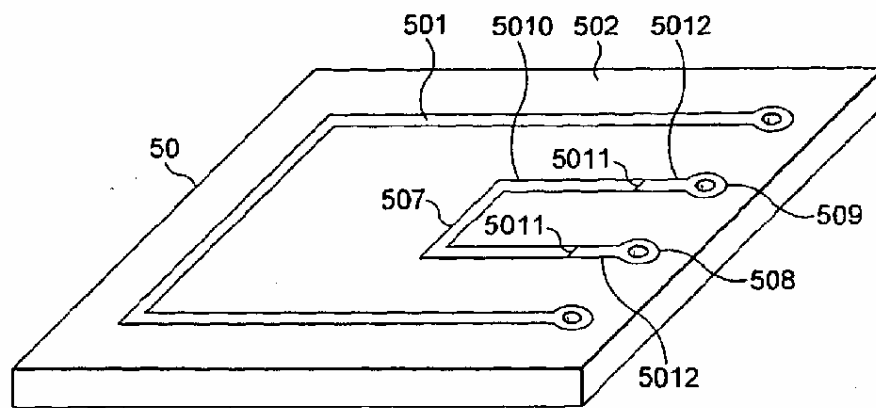


FIG. 4

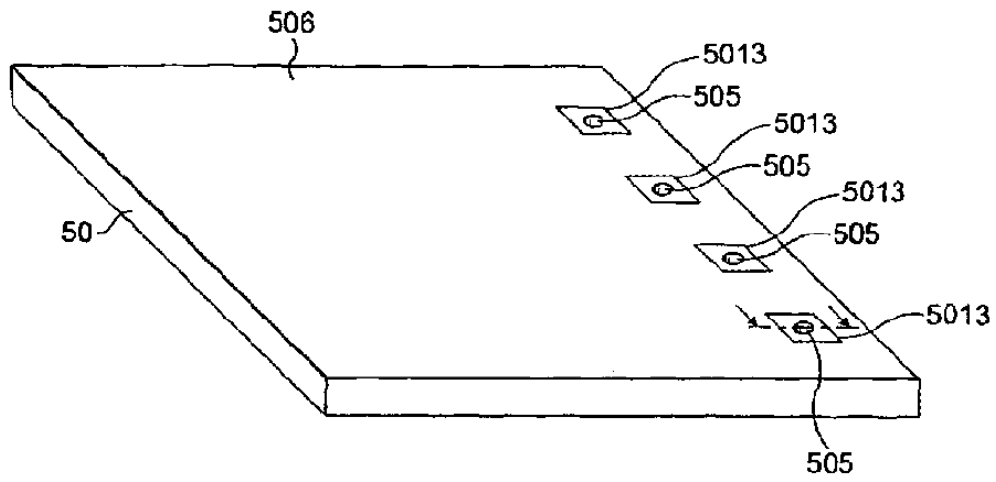


FIG. 5

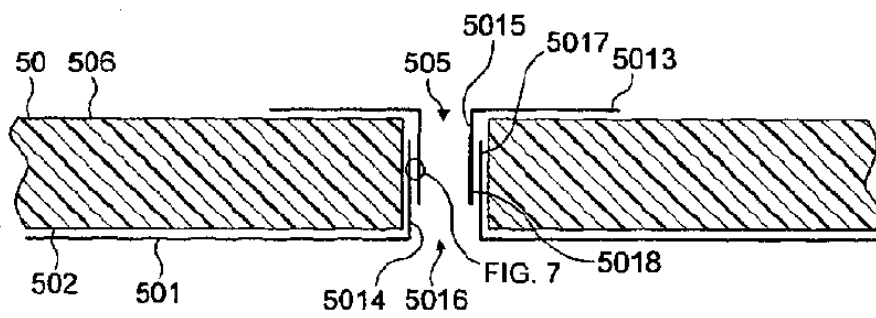


FIG. 6

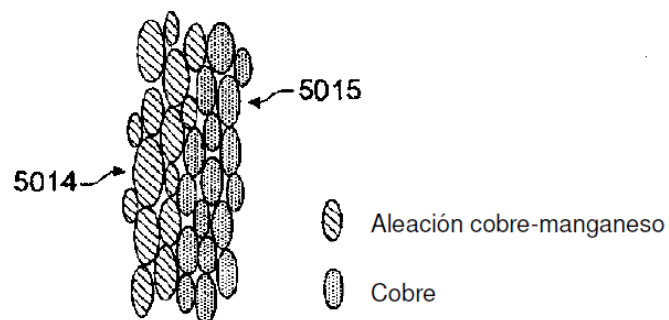


FIG. 7

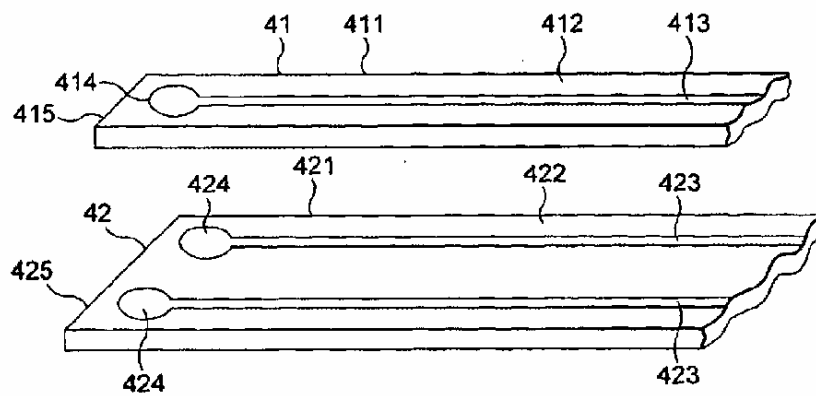


FIG. 8

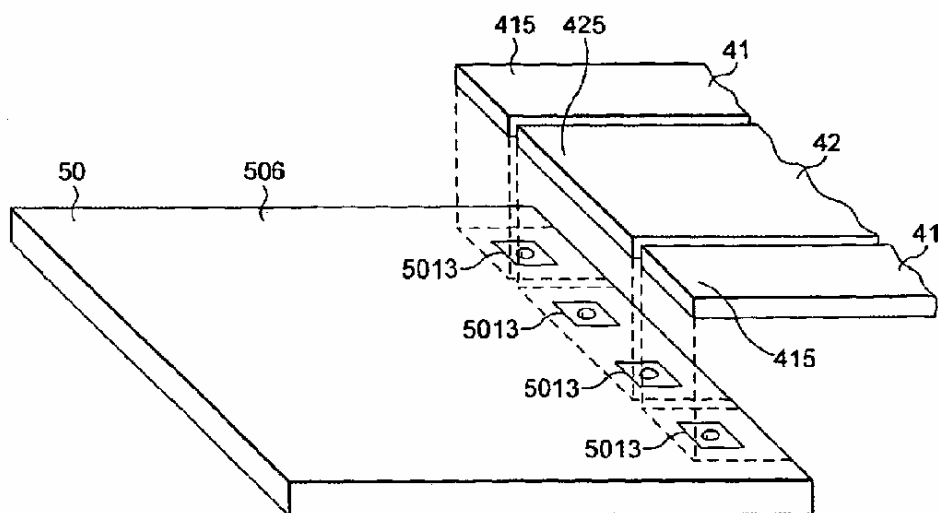


FIG. 9

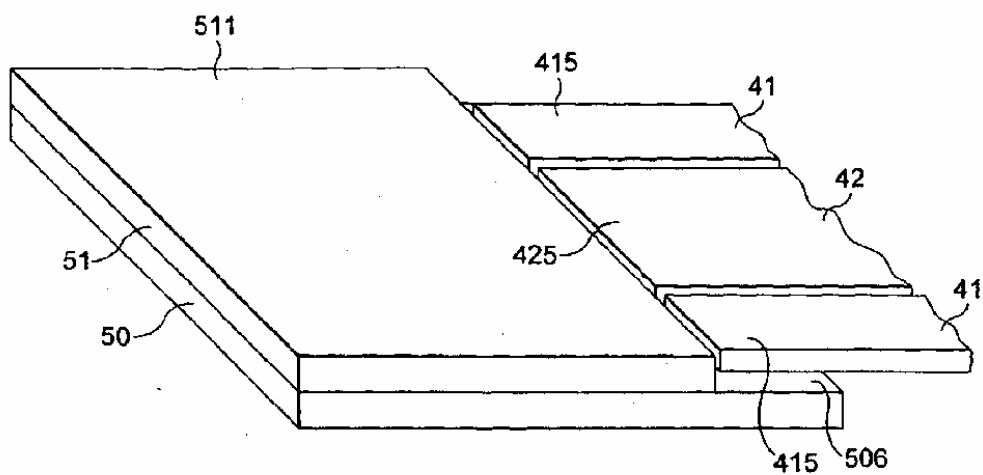


FIG. 10

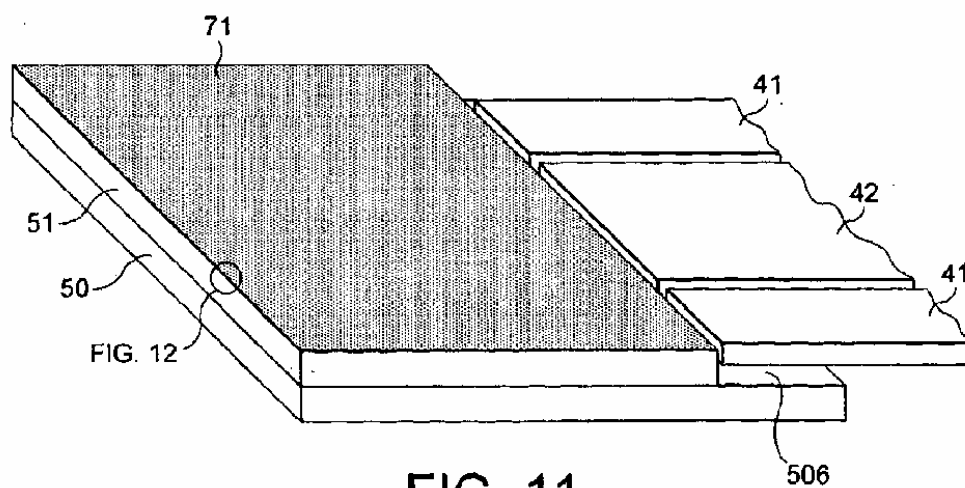


FIG. 11

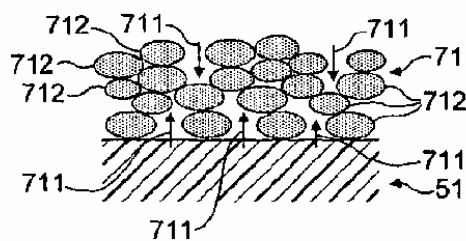


FIG. 12

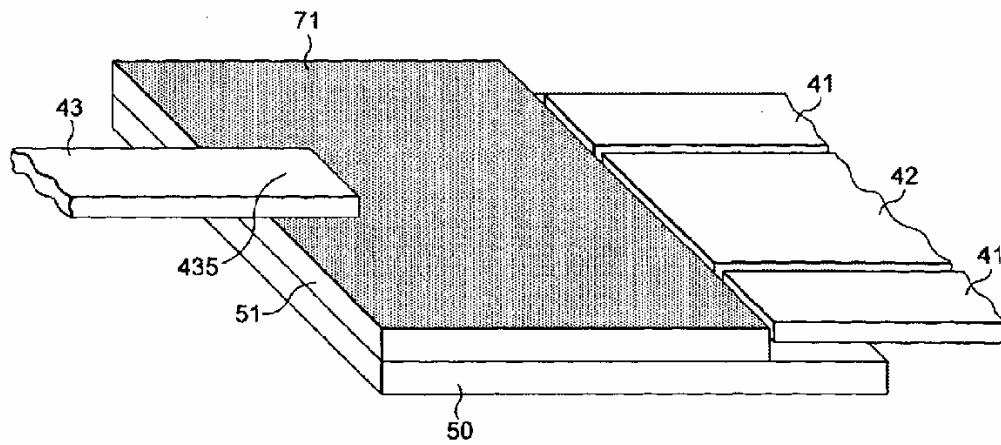


FIG. 13

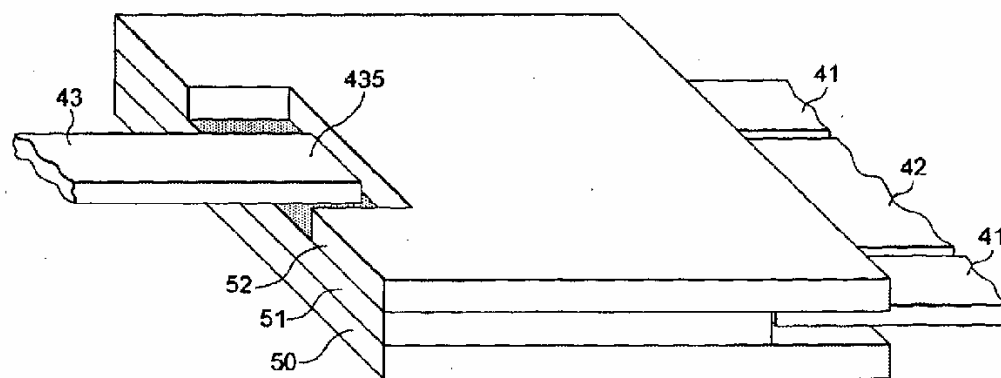
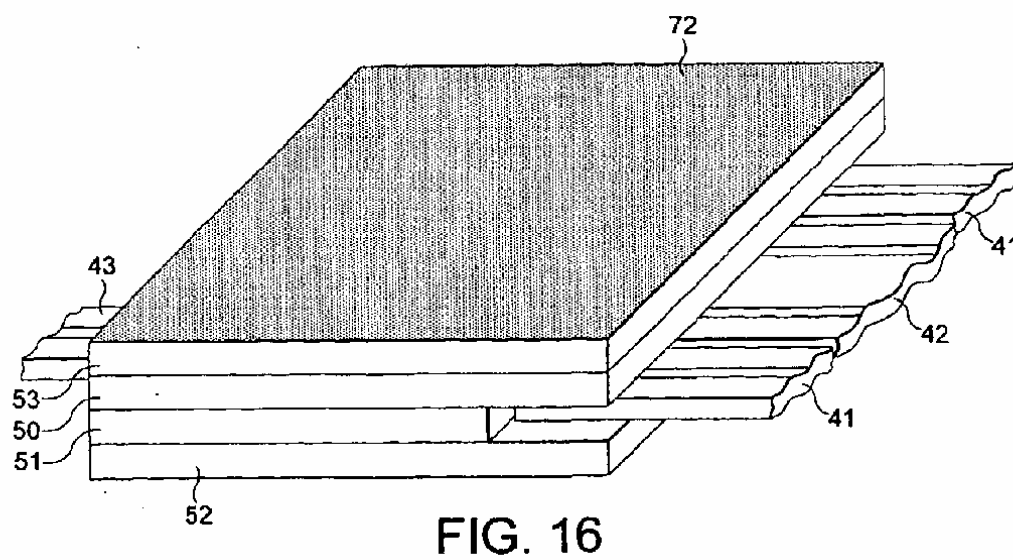
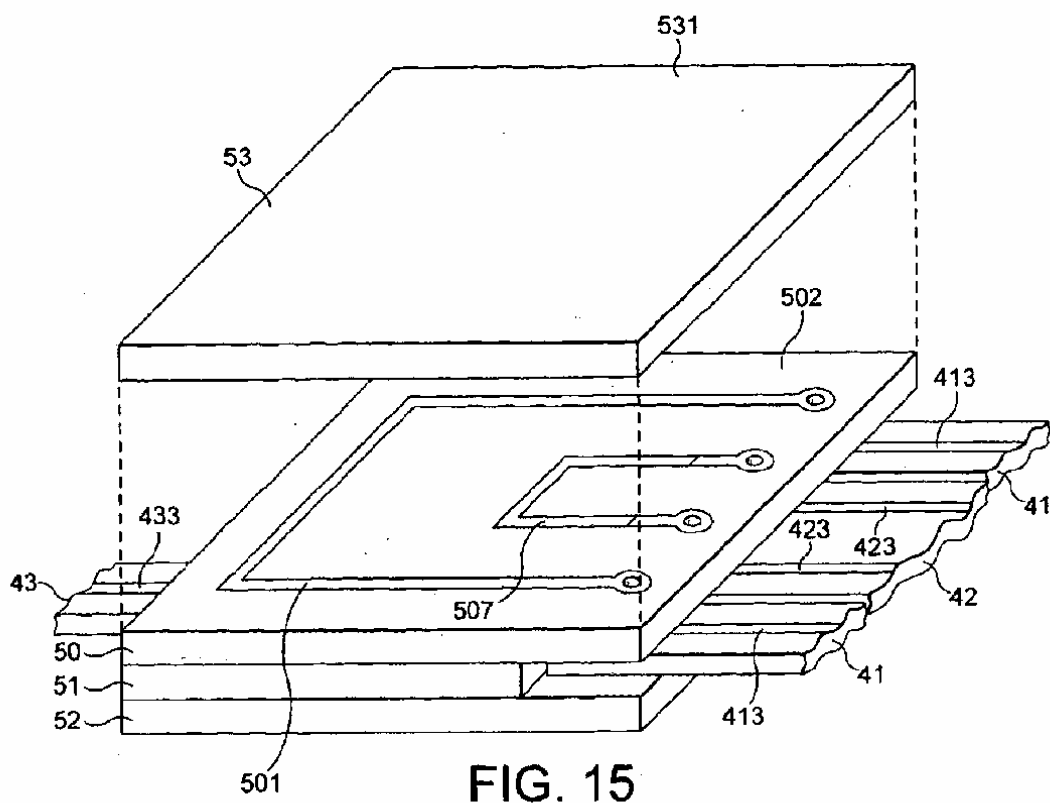


FIG. 14



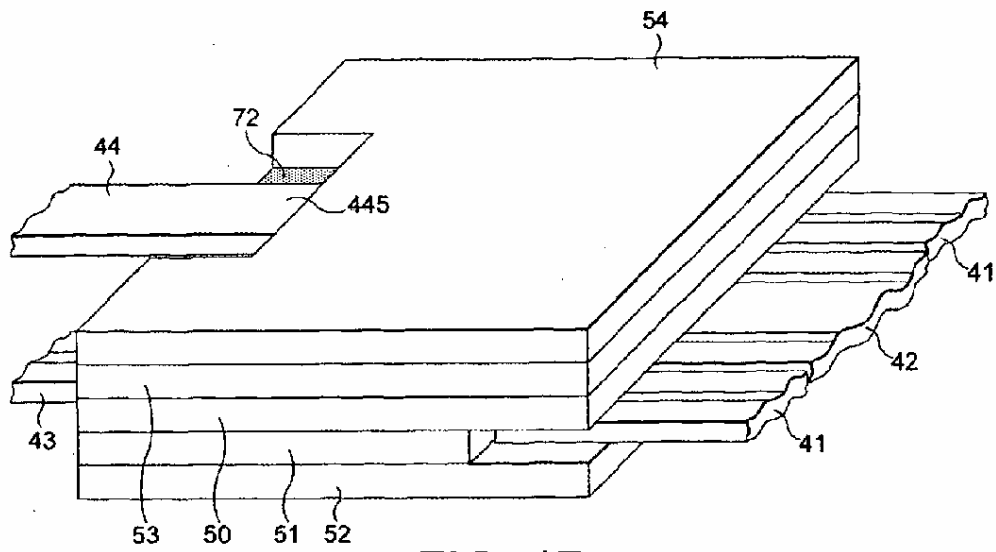


FIG. 17

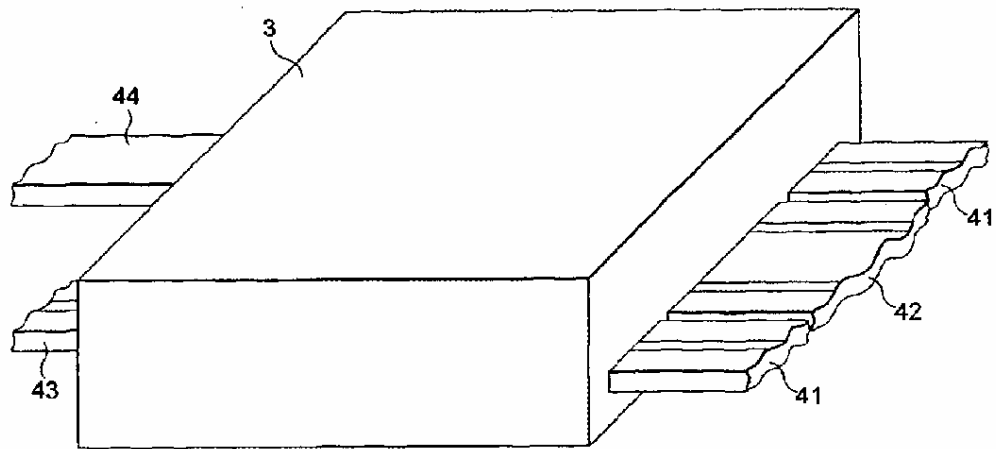


FIG. 18

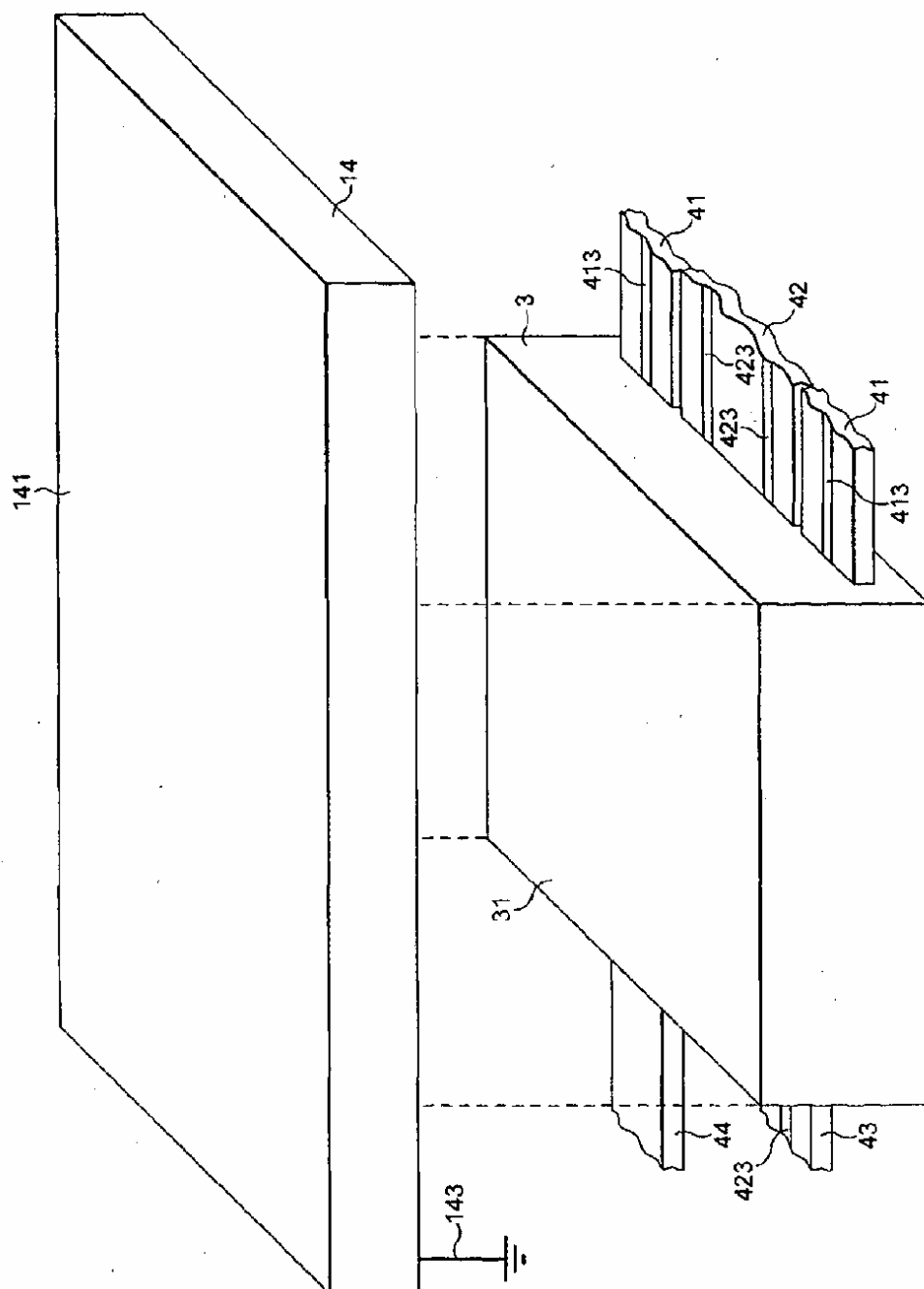


FIG. 19

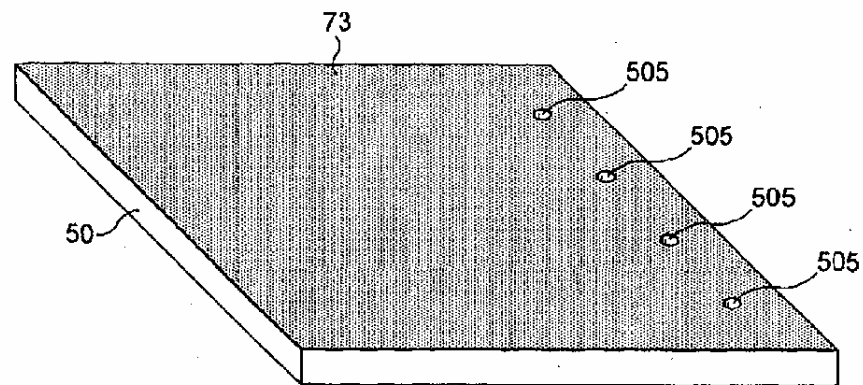


FIG. 20

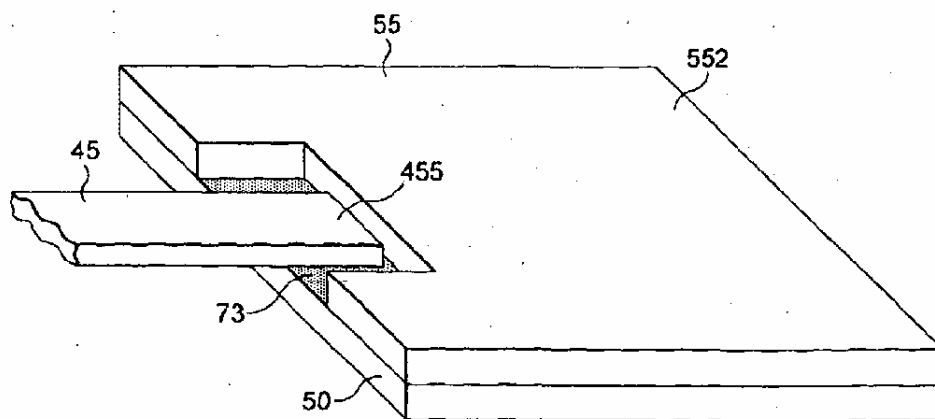


FIG. 21

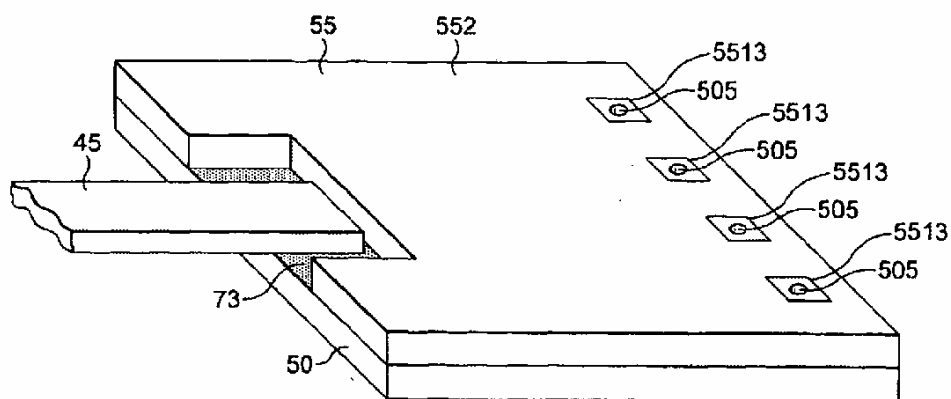


FIG. 22

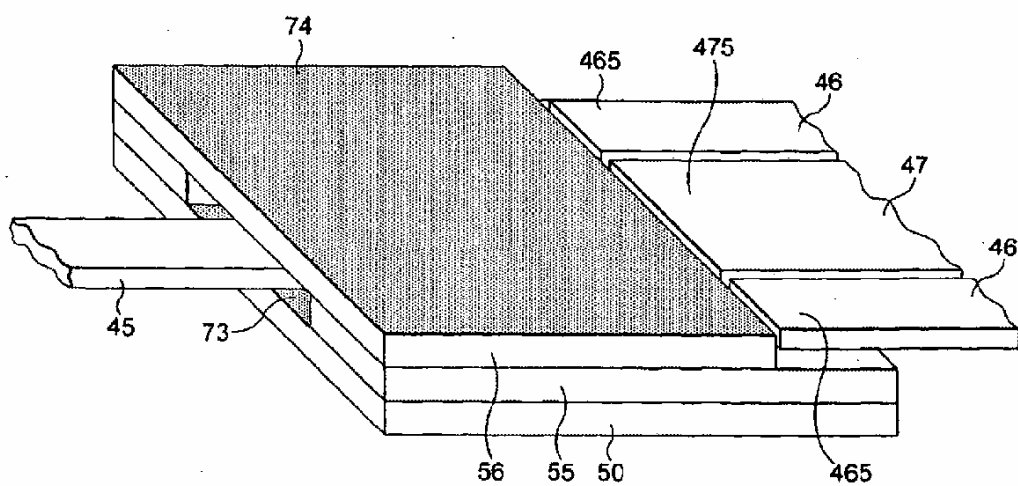


FIG. 23

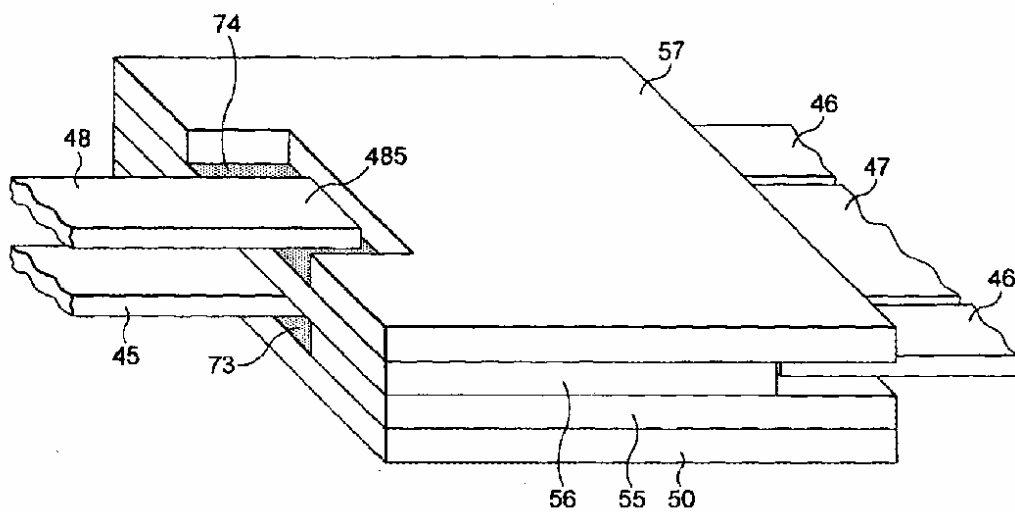


FIG. 24

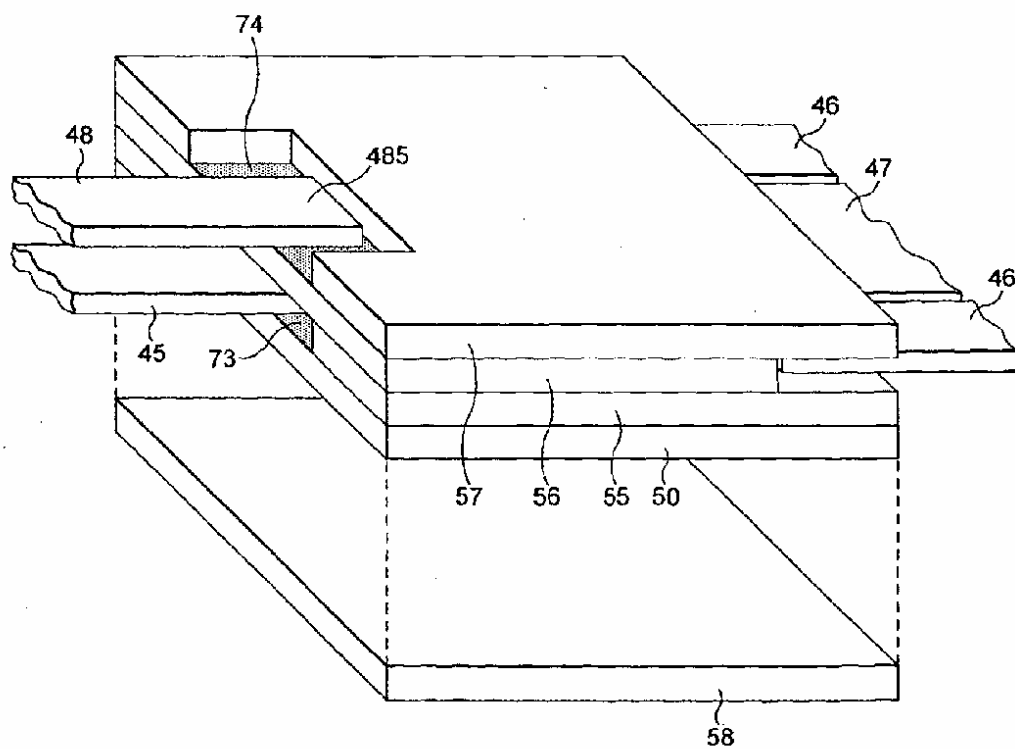


FIG. 25

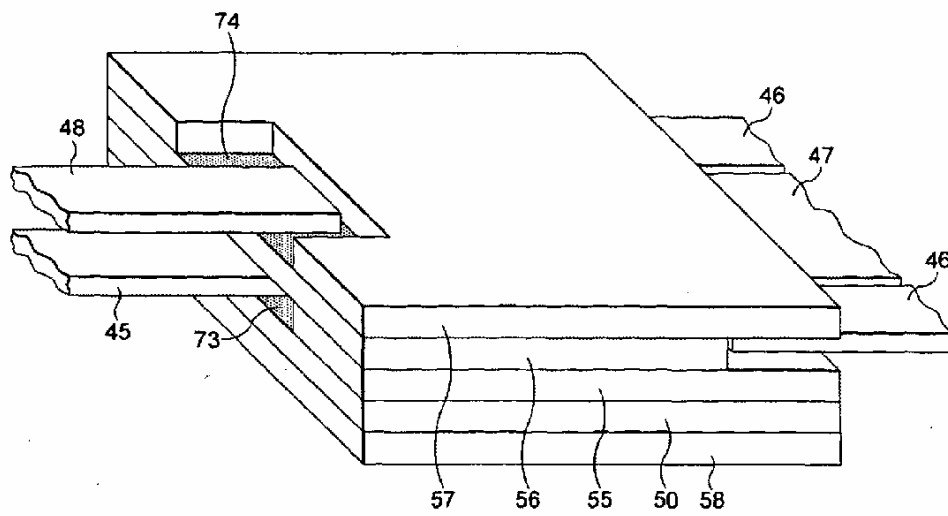


FIG. 26

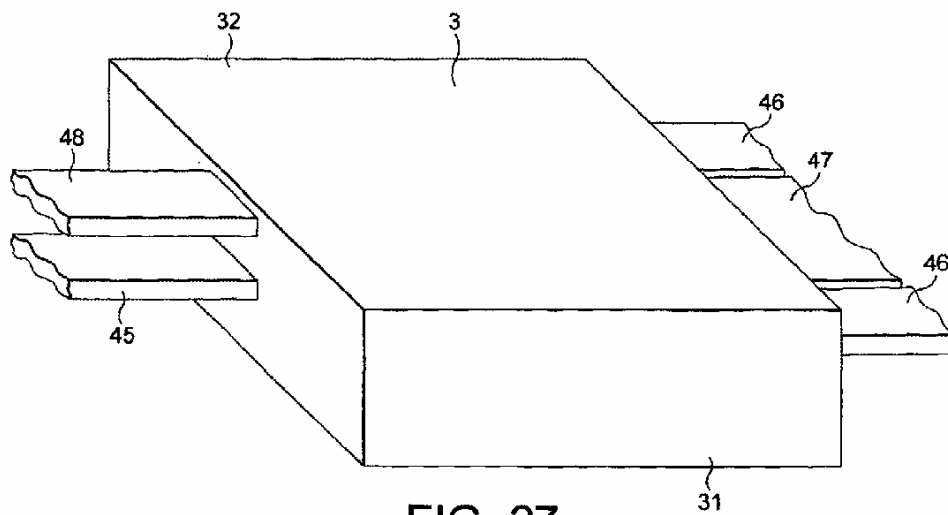


FIG. 27

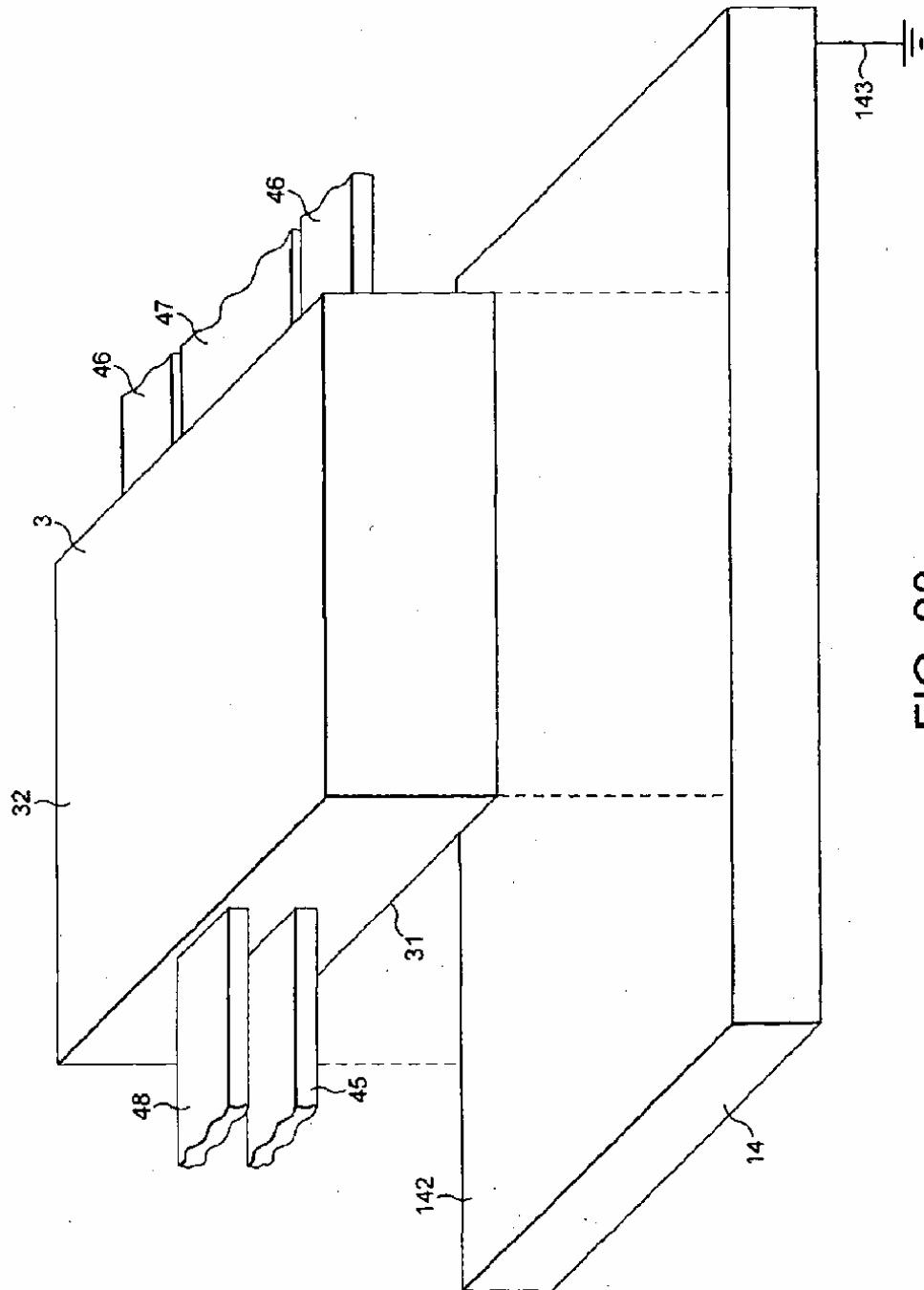


FIG. 28

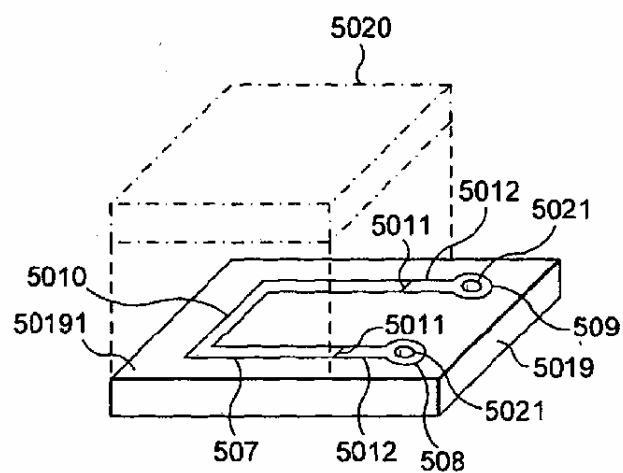


FIG. 29

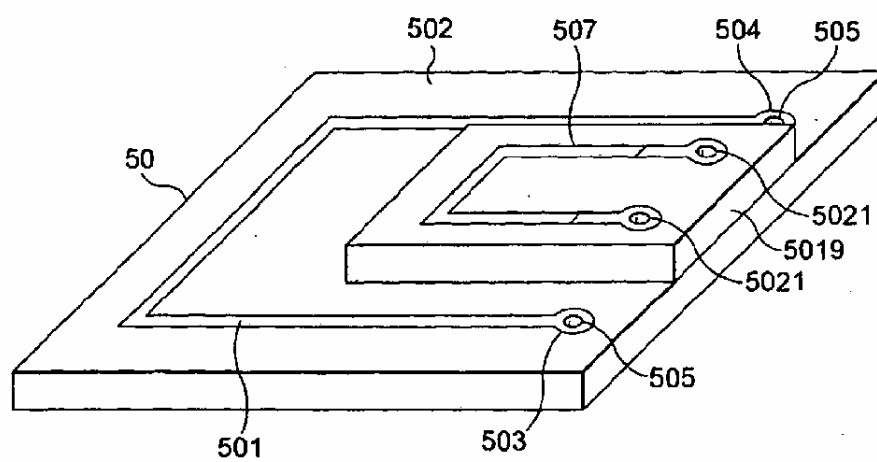


FIG. 30

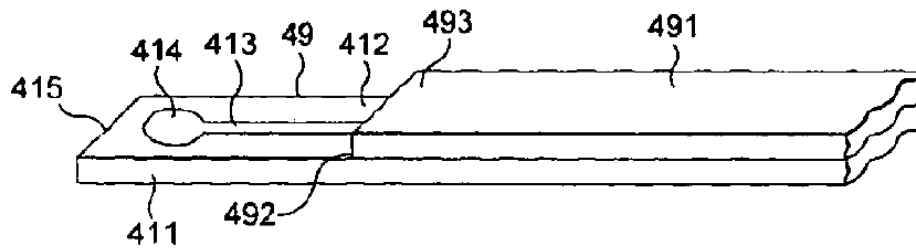


FIG. 31

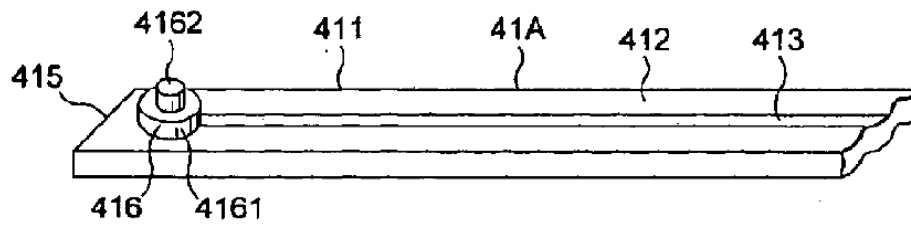


FIG. 32

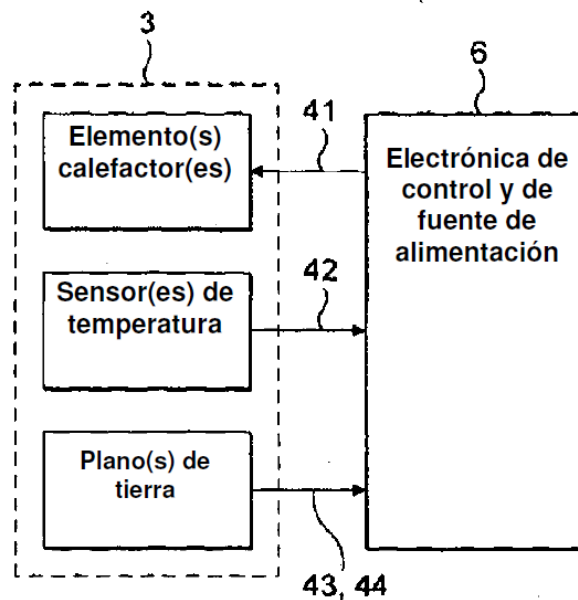


FIG. 33