

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 777 204**

51 Int. Cl.:

H01L 23/29 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **14.05.2013 PCT/EP2013/059960**

87 Fecha y número de publicación internacional: **21.11.2013 WO13171226**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **14.05.2013 E 13724222 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **12.02.2020 EP 2850655**

54 Título: **Módulo electrónico de equipamiento aeronáutico embarcado y equipamiento aeronáutico de vehículo aeronáutico**

30 Prioridad:

15.05.2012 FR 1254439

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

04.08.2020

73 Titular/es:

**SAFRAN ELECTRONICS & DEFENSE (100.0%)
18/20 quai du Point du Jour
92100 Boulogne-Billancourt, FR**

72 Inventor/es:

**RIOU, JEAN-CHRISTOPHE;
PEYRARD, MICHEL y
BAILLY, ERIC**

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 777 204 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

Módulo electrónico de equipamiento aeronáutico embarcado y equipamiento aeronáutico de vehículo aeronáutico

La presente invención se refiere a un módulo electrónico de equipamiento aeronáutico embarcado y a un equipamiento de vehículo aeronáutico, tal como una aeronave.

5 Se sabe que las aeronaves y sus equipamientos están sometidos, en el curso de su explotación, a sollicitaciones mecánicas y térmicas cuya combinación pone en dura prueba las estructuras de dichas aeronaves y sus equipamientos. Estos esfuerzos se aplican en la totalidad o en parte, tanto durante el vuelo propiamente dicho como durante las fases de despegue, de aterrizaje, de frenado, incluso de rodadura sobre el suelo y en entornos variados en función de las zonas geográficas de explotación de las aeronaves. De ello resulta una gran amplitud de complicaciones que hacen ardua la concepción de las aeronaves y de sus equipamientos.

10 Las amplitudes térmicas consideradas se extienden, por ejemplo, en la proximidad de una rueda de una aeronave, desde - 60° C (durante varias horas en vuelo) hasta un valor que puede ascender en ciertos casos hasta + 180° C, incluso hasta 200° C en el aterrizaje (duración a temperatura elevada del orden de 1 hora al menos) en razón de la elevación de la temperatura del freno de la rueda, y esto para millares de ciclos. A la temperatura se añaden los choques y las vibraciones en el aterrizaje, que pueden engendrar un deterioro mecánico de los equipamientos.

15 Los módulos y los circuitos electrónicos son particularmente sensibles a este tipo de sollicitaciones. En particular:

- las variaciones de temperatura provocan ciclos de dilataciones y contracciones de los componentes de los circuitos,
- 20 - una exposición prolongada (de duración acumulada) a temperatura elevada genera compuestos intermetálicos entre los materiales en presencia que hacen más frágiles los ensamblajes y pueden entrañar rupturas súbitas en choques o en ciclos térmicos,
- a baja temperaturas los materiales rígidos pueden mostrar debilidades en caso de choques (transiciones dúctiles / frágiles).

25 Además, cuando estos componentes están constituidos por materiales diferentes, como sucede la mayor parte del tiempo, aparecen dilataciones y contracciones diferenciales que hacen que se originen esfuerzos o tensiones en los ensamblajes y los componentes heterogéneos.

30 Ciertos circuitos están embebidos en un material plástico, tal como una resina epoxídica, para protegerlos de la humedad. Habida cuenta del espesor de la resina epoxídica necesaria para esta función de protección, las dilataciones diferenciales son tales que las mismas entrañan una rotura de la unión entre la resina epoxídica y el circuito, que permite el paso de la humedad o que engendra tensiones importantes sobre la unión de los componentes de superficie al circuito.

35 Existen igualmente módulos que comprenden circuitos encerrados en cajas herméticas bajo gas neutro o bajo vacío. Esto permite reducir los problemas de dilataciones diferenciales y del envejecimiento en general, pero aumenta considerablemente el peso, el volumen, la complejidad y por lo tanto el coste de estos módulos, al tiempo que complican igualmente las operaciones de control necesarias.

El documento US 3749601 A divulga un módulo electrónico que comprende un circuito híbrido de cerámica recubierto de un revestimiento de protección de poli-p-xilileno.

40 Uno de los objetivos de la invención es el de proporcionar un medio para limitar la influencia de las variaciones de temperaturas y, más particularmente, las dilataciones diferenciales, sobre los módulos electrónicos destinados a las aplicaciones aeronáuticas.

A este fin, se prevé, según la invención, un módulo electrónico de equipamiento aeronáutico embarcado que comprende un circuito híbrido en capas espesas recubierto de un revestimiento de estanqueidad de poli-p-xilileno.

45 El poli-p-xilileno es depositado en fase de vapor bajo vacío y posee propiedades que permiten al revestimiento de estanqueidad asegurar su función incluso con un espesor muy pequeño. Debido a este pequeño espesor, los efectos inducidos por las dilataciones diferenciales son muy limitados y no engendran esfuerzos suficientes para provocar la ruptura de la unión de los componentes de superficie al circuito o engendrar pasos para la humedad en la interfaz entre el circuito y el revestimiento. Por el contrario, este material permite prolongar la duración de vida útil, particularmente de los cableados por "wirebondings" (uniones de cables).

50 Por otra parte, las variaciones de temperatura favorecen las roturas al nivel de las uniones eléctricas y mecánicas de los elementos conductores del circuito. Se ha visto que la ruptura intervenía más particularmente cuando átomos de un metal de uno de los elementos conductores del circuito se difunden hacia un metal de otro elemento conductor del circuito, de tal manera que los átomos de estos metales se combinan para formar un compuesto intermetálico de

menor resistencia mecánica. Esto es particularmente frecuente con el oro, el aluminio y el estaño, que poseen características físico-químicas (potencial de óxido-reducción, estructura cristalina, velocidad de difusión en otras entidades) propicias a acelerar estos fenómenos.

5 De preferencia, el circuito comprende al menos un primer elemento conductor y un segundo elemento conductor, comprendiendo el primer elemento al menos un primer metal eventualmente diferente de un segundo metal del segundo elemento y estando unido eléctrica y mecánicamente a un segundo elemento conductor por una unión de tal manera que se opone a una difusión del primer metal hacia el segundo metal.

Se limita así la formación de compuestos intermetálicos susceptibles de alterar la resistencia eléctrica y mecánica de la unión de los elementos conductores entre sí.

10 Según un primer modo de realización, los metales son seleccionados para tener una masa atómica suficientemente elevada y / o coeficientes de electro-negatividad suficientemente próximos para limitar la difusión de uno de los metales hacia el otro.

15 La difusión de uno de los metales hacia el otro es tanto más rápida cuanto más pequeño es el peso atómico de este y los metales tienen coeficientes de electro-negatividad alejados uno de otro. Una elección juiciosa de los metales permite jugar con uno y / o el otro de estos parámetros para ralentizar la difusión del metal.

De acuerdo con un segundo modo de realización, el primer elemento comprende un tercer metal para formar con el segundo metal, al nivel de la unión, una barrera metálica que se opone a una migración del primer metal hacia el segundo metal.

20 Se favorece así la creación de un compuesto intermetálico cuya resistencia mecánica es mayor que la del compuesto intermetálico que será formado por el primer metal con el segundo metal. El compuesto intermetálico favorecido constituirá una barrera metalúrgica que se opone a la migración del primer metal.

De preferencia, el revestimiento tiene un espesor total comprendido entre 8 μm y 20 μm , y, ventajosamente, el revestimiento tiene un espesor total comprendido entre 10 μm y 15 μm , aproximadamente.

Este espesor es óptimo para:

- 25
- por una parte, limitar los esfuerzos;
 - por otra parte, impedir una electro-migración de un material subyacente (por ejemplo, la plata) cuando el módulo está sometido a la humedad, eventualmente en presencia de azufre.

30 Todavía ventajosamente, el módulo comprende al menos un componente fijado por medio de cola sobre un soporte, teniendo la cola una parte libre desprendida del soporte y del componente y recubierta en su totalidad por el revestimiento de protección.

El revestimiento protege la cola de la humedad (que puede conducir a la destrucción de las uniones químicas en el seno de la cola y / o en la interfaz entre la cola y las piezas pegadas), lo que permite reforzar la resistencia termomecánica de la encoladura.

35 La invención tiene igualmente por objeto un equipamiento aeronáutico que comprende el módulo electrónico de la invención.

Otras características y ventajas de la invención se desprenderán de la lectura de la descripción que sigue de modos de realización particulares, no limitativos, de la invención, la cual está limitada solo por las reivindicaciones.

Se hará referencia a los dibujos adjuntos, en los cuales:

40 La figura 1 es una vista esquemática parcial y en sección que ilustra los diferentes ensamblajes presentes en un módulo electrónico aeronáutico de acuerdo con la invención;

La figura 2 es una vista esquemática parcial y en sección de un cableado por "wirebonding" de una pulga,

La figura 3 es una vista de detalle en sección de la unión de un componente pasivo al circuito.

45 En referencia a las figuras, la invención se describe en esta memoria en aplicación a un equipamiento de vehículo aeronáutico, pero puede ser aplicada a cualquier módulo electrónico que tenga que funcionar en gamas de temperaturas extremas que pueden comprender desde -60°C , aproximadamente, hasta $+225^{\circ}\text{C}$, aproximadamente.

El módulo electrónico objeto de la invención comprende un circuito híbrido 6 de cerámica recubierto por un revestimiento de estanqueidad 7 de poli-p-xilileno. El poli-p-xilileno utilizado es, por ejemplo, el comercializado bajo la marca « PARYLENE ». El poli-p-xilileno es depositado en fase de vapor a presión de manera que recubra la

totalidad del circuito 6, a excepción de los bornes de conexión del circuito 6 al sistema en el cual está montado. El revestimiento de estanqueidad 7 tiene un espesor muy pequeño (inferior aquí a 30 μm). De preferencia, el espesor del revestimiento 7 está comprendido entre 8 μm y 20 μm , y ventajosamente, entre 10 μm y 15 μm .

5 De manera conocida en sí misma, el circuito 6 comprende un alma o núcleo de cerámica que soporta capas conductoras superpuestas en alternancia con capas eléctricamente aislantes y, eventualmente, capas de resistencia. Las capas conductoras 8 delimitan pistas y componentes pasivos (resistencias, inductancias, ...) y están formadas por una tinta conductora. Las capas conductoras tienen porciones 8.1 unidas entre sí por orificios metalizados, porciones 8.2 (más particularmente de las capas externas del circuito 6) acopladas a hilos de unión 9 por soldadura, porciones 8.3 (más particularmente de las capas externas del circuito 6) acopladas a componentes 10 por medio de una soldadura fuerte 11. Componentes 12 fijados al circuito 6 tienen igualmente bornes de contacto 13 acoplados a hilos de unión 9 por soldadura.

15 En la invención, cuando un primer elemento conductor debe ser unido eléctrica y mecánicamente a un segundo elemento conductor y el primer elemento comprende al menos un primer metal diferente de un segundo metal del segundo elemento, está previsto elegir los metales y realizar la unión de tal manera que se oponga a una difusión del primer metal hacia el segundo metal. Más precisamente, según dos modos de realización:

- los metales son seleccionados para que tengan masa atómica suficientemente elevada y / o coeficientes de electro-negatividad suficientemente próximos para limitar la difusión de uno de los metales hacia el otro;
- el primer elemento comprende un tercer metal para formar con el segundo metal, al nivel de la unión, una doble barrera metálica que se opone a una migración del primer metal hacia el segundo metal o inversamente.

En el presente caso, ello se traduce de la manera siguiente:

- las pistas son ejemplo de, o están dopadas con, paladio con una tasa de este último superior o igual a 1%;
- los hilos de unión 9 son por ejemplo de, o están dopados con, paladio con una tasa de este último superior o igual a 1%;
- los bornes de conexión 14 del componente 10 están con un acabado a base de estaño sobre una barrera de níquel y los bornes de conexión 13 del componente 12 son de aleación de aluminio;
- la soldadura fuerte 11 es, por ejemplo, una soldadura de elevado punto de fusión (HMP por « high melting point »), que comprende principalmente plomo en su mayor parte, plata y un pequeño contenido de estaño. Esta soldadura fuerte puede contener igualmente indio en sustitución de la totalidad o una parte del estaño.

35 En lo que se refiere a la unión por soldadura de los hilos de unión 9 a las porciones 8.2 de las pistas conductoras 8 (« wire-bonding » o soldadura eléctrica, véase la figura 2), los metales empleados son tales que no hay un paso de difusión del oro ni de formación de un compuesto intermetálico nefasto.

40 Para la unión por soldadura de los hilos de unión 9 a los bornes de conexión 13 (también figura 2), el paladio de los hilos de unión 9 se combina con el aluminio de los bornes de conexión 13 para formar una barrera metalúrgica que se opone a la difusión del oro hacia el aluminio. En cuanto al cobre del acabado de los bornes de conexión 13, el mismo completa esta barrera (doble barrera metalúrgica) e impide la difusión del oro en el aluminio. La barrera metalúrgica así creada ralentiza la difusión del oro o incluso la bloquea. El compuesto intermetálico que forma la barrera crece más lentamente que el que sería formado entre el aluminio y el oro, lo que aumenta la duración de vida útil de la soldadura, limitando la evolución de su estructura metalúrgica.

45 En el caso de la unión de las porciones 8.3 a los bornes de conexión de los componentes 10 para la soldadura fuerte 11 (figura 3), se han de considerar dos fenómenos, respectivamente en la interfaz entre la soldadura fuerte 11 y la porción de pista 8.3 y en la interfaz entre la soldadura fuerte 11 y el borne de conexión 14 del componente 10. En la zona de interfaz entre la soldadura fuerte 11 y la porción 8.3, el paladio y la platina de la pista se combinarán con el estaño (o el indio) de la soldadura fuerte 11 para formar una doble barrera metalúrgica que se opone a la migración del oro hacia el estaño y por tanto a la disolución del oro en el estaño (eliminación de los defectos del tipo de « voids de Kirkendal »). En la zona de interfaz entre la soldadura fuerte 11 y el borde de conexión 14 del componente 10, el estaño formará un compuesto intermetálico con el níquel del acabado, el cual, por sus características electro-negativas y el tamaño de su malla atómica, ralentizará considerablemente la formación de intermetálicos a elevada temperatura. Se observará que la utilización de una soldadura fuerte de pequeño contenido en estaño reduce la disponibilidad del estaño para disolver el oro o el níquel.

55 En una variante más económica, las capas conductoras 8 son de plata o de una aleación de plata y las porciones externas 8.2 y 8.3 están recubiertas de un revestimiento resultante de depósitos sucesivos de níquel, de paladio y de

oro; o de níquel y de oro; y / o los hilos de unión 9 pueden contener cobre, oro y paladio.

- 5 En este caso, como el cobre tiene átomos de tamaño relativamente importante y presenta un coeficiente de electro-negatividad no demasiado alejado del que tiene el níquel, los átomos de cobre se difunden poco hacia el níquel, al tiempo que no crean más que un poco, o incluso nada, de « void » (hueco). El fenómeno es idéntico frente al aluminio de los bornes de conexión de pulgas y del hilo que contiene cobre, oro y paladio. Esta variante permite por lo tanto un cableado fiable a la alta temperatura de los acabados de aluminio y aleaciones, de componentes de acabado que comprenden níquel, oro y cobre.

Por otra parte, los acabados de substrato níquel/paladio/oro o de níquel/oro permitirán también la soldadura fuerte de alta temperatura tal como se ha descrito anteriormente en esta memoria.

- 10 Se ha de entender que la invención no está limitada a los modos de realización descritos, sino que engloba cualquier variante que esté dentro del campo de la invención tal como se define en las reivindicaciones,

En particular, el módulo puede comprender componentes pegados, por ejemplo, por medio de una cola de silicona para alta temperatura o por medio de una cola de poliimida o epoxi para alta temperatura. En este caso preciso:

- los componentes 10 tendrán un acabado 14 que comprenda plata aleada u oro aleado;
- 15
- los componentes 12 tendrán un acabado 13 ó 15 que comprenda silicio, o plata u oro, aleado o no.

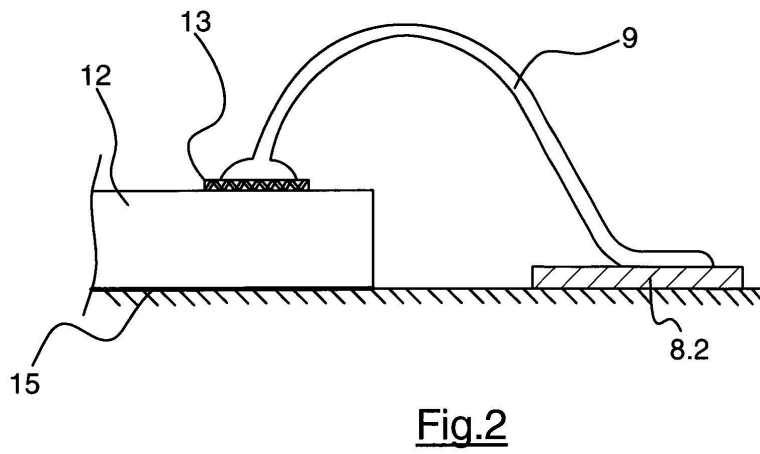
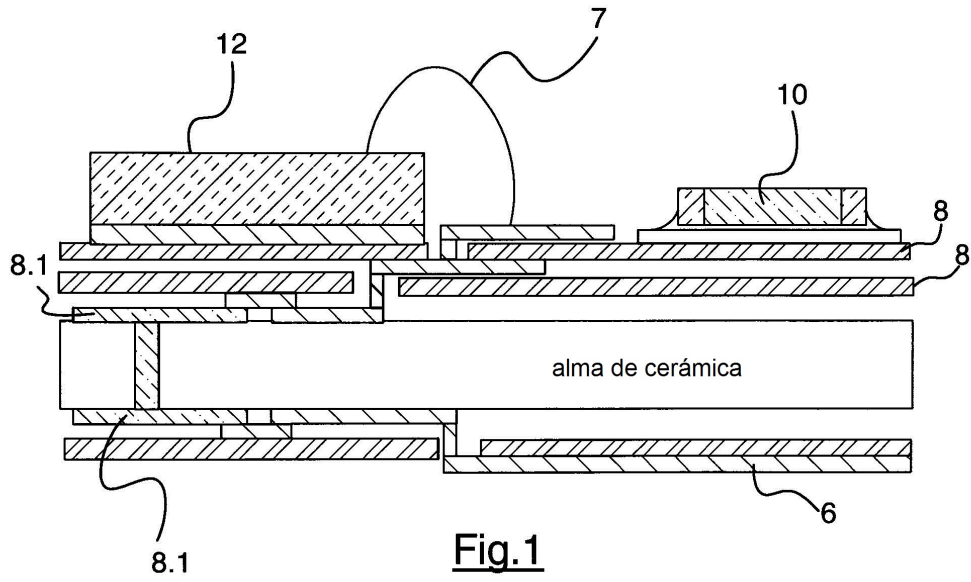
El módulo de la invención puede tener una estructura diferente de la descrita y puede aplicarse a cualquier tipo de equipamiento, material del dispositivo embarcado en una aeronave.

REIVINDICACIONES

1. Módulo electrónico de equipamiento aeronáutico embarcado, previsto para funcionar con una temperatura máxima de + 225° C, aproximadamente, que comprende un circuito híbrido de cerámica recubierto por un revestimiento de protección de poli-p-xilileno, comprendiendo el circuito al menos un primer elemento conductor y un segundo elemento conductor, comprendiendo el primer elemento al menos un primer metal diferente de un segundo metal del segundo elemento y estando unido eléctrica y mecánicamente al segundo elemento conductor por una unión de tal manera que se opone a una difusión del primer metal hacia el segundo metal, y comprendiendo el primer elemento un tercer metal para formar con el segundo metal, al nivel de la unión, una barrera metalúrgica que se opone a una migración del primer metal hacia el segundo metal, siendo el segundo elemento una pista de plata recubierta de un revestimiento formado por una superposición sucesiva de níquel, de paladio o de oro o de un revestimiento con superposición sucesiva de níquel y de oro.
2. Módulo según la reivindicación 1, en el cual el primer elemento es un hilo de, o dopado con, paladio soldado sobre el segundo elemento.
3. Módulo según la reivindicación 1, en el cual el primer elemento es un hilo de cobre soldado sobre el segundo elemento.
4. Módulo según la reivindicación 1, en el cual el revestimiento tiene un espesor total comprendido entre 8 µm y 20 µm y, ventajosamente, el revestimiento tiene un espesor total comprendido entre 10 µm y 15 µm, aproximadamente.
5. Módulo según la reivindicación 1, en el cual el circuito híbrido comprende un alma de aluminio que soporta capas conductoras superpuestas que tienen porciones vinculadas por medio de orificios metalizados.
6. Equipamiento de vehículo aeronáutico que comprende un módulo electrónico según una cualquiera de las reivindicaciones precedentes.
7. Utilización de un módulo electrónico en un equipamiento aeronáutico embarcado sometido a variaciones de temperaturas comprendidas entre -60° C y +225° C, aproximadamente, comprendiendo el módulo un circuito híbrido de cerámica recubierto por un revestimiento de protección de poli-p-xilileno, comprendiendo el circuito al menos un primer elemento conductor y un segundo elemento conductor, comprendiendo el primer elemento al menos un primer metal diferente de un segundo metal del segundo elemento y estando unido eléctrica y mecánicamente al segundo elemento conductor por una unión de tal manera que se opone a una difusión del primer metal hacia el segundo metal, y comprendiendo el primer elemento un tercer metal para formar con el segundo metal, al nivel de la unión, una barrera metalúrgica que se opone a una migración del primer metal hacia el segundo metal.
8. Utilización según la reivindicación 7, en la cual los metales son seleccionados para tener una masa atómica suficientemente elevada y / o coeficientes de electro-negatividad suficientemente próximos para limitar la difusión de uno de los metales hacia el otro.
9. Utilización según la reivindicación 7, en la que el primer elemento es un hilo de, o dopado con, paladio, soldado al segundo elemento.
10. Utilización según la reivindicación 7, en la cual el primer elemento es un hilo de cobre soldado sobre el segundo elemento.
11. Utilización según la reivindicación 9 o la reivindicación 10, en la que el segundo elemento es un borde de conexión de aluminio dopado.
12. Utilización según una de las reivindicaciones 9 y 10, en la cual el segundo elemento es una pista de plata recubierta de un revestimiento en el que se superponen sucesivamente níquel, paladio y oro o de un revestimiento en el que se superponen sucesivamente níquel y oro.
13. Utilización según una de las reivindicaciones 9 y 10, en la cual el segundo elemento es una pista de oro dopado con paladio.
14. Utilización según la reivindicación 13, en la que el paladio es de un contenido de al menos 1%.
15. Utilización según la reivindicación 7, en la cual el primer metal es oro aleado y el segundo elemento es una soldadura fuerte que comprende ya sea plomo en su mayor parte, estaño y plata, o bien de plomo en su mayor parte, indio y plata.
16. Utilización según la reivindicación 15, en la cual el primer elemento es una pista de plata recubierta por un revestimiento en el que se superponen sucesivamente níquel, paladio y oro o en el que se superponen sucesivamente níquel y oro.

17. Utilización según la reivindicación 7, en la cual el revestimiento tiene un espesor total comprendido entre 8 μm y 20 μm y, ventajosamente, el revestimiento tiene un espesor total comprendido entre 10 μm y 15 μm , aproximadamente.

5 18. Utilización según la reivindicación 7, en la cual el circuito híbrido comprende un alma de aluminio que soporta capas conductoras superpuestas que tienen porciones vinculadas por orificios metalizados.



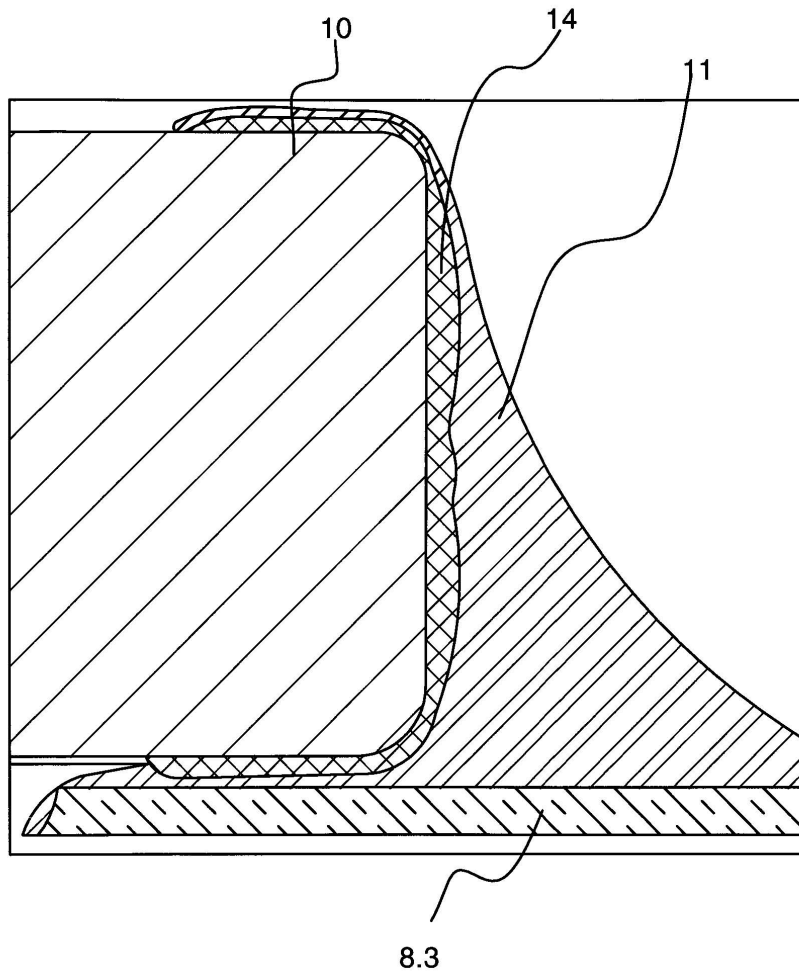


Fig.3