

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 676 769**

51 Int. Cl.:

H05K 1/09 (2006.01)

H05K 3/12 (2006.01)

H05K 3/38 (2006.01)

H05K 3/28 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **22.07.2014 PCT/US2014/047512**

87 Fecha y número de publicación internacional: **05.02.2015 WO15017171**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **22.07.2014 E 14831630 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **13.06.2018 EP 3028549**

54 Título: **Pista conductora y método de formación de una pista conductora**

30 Prioridad:

29.07.2013 US 201361859323 P

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

24.07.2018

73 Titular/es:

**FERRO CORPORATION (100.0%)
6060 Parkland Boulevard
Mayfield Heights, OH 44124, US**

72 Inventor/es:

**SAKOSKE, GEORGE E.;
MAITLAND, PHIL;
SPEER, DIETRICH;
WALTER, FRANK;
BLONSKI, ROBERT P. y
SRIDHARAN, SRINIVASAN**

74 Agente/Representante:

VALLEJO LÓPEZ, Juan Pedro

ES 2 676 769 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

Pista conductora y método de formación de una pista conductora

5 **Campo**

La presente materia objeto se refiere a pistas conductoras y a métodos de formación de pistas conductoras.

10 **Antecedentes**

10 Las pistas conductoras son muy conocidas en la técnica y se producen normalmente con vías de cobre finas y muy
pequeñas como material conductor. Un problema asociado a las trazas de cobre es que el cobre es susceptible de la
corrosión proveniente de diversas fuentes. El cobre forma compuestos con estados de oxidación +1 (cuproso) y +2
15 (cúprico). Aunque el cobre no reacciona con agua, sí que reacciona con el oxígeno de la atmósfera formando una
capa de óxido de cobre pardo-negruzca. La oxidación de la superficie del cobre forma una capa verde de cardenillo
(carbonato de cobre) que protege la masa del cobre frente a una mayor corrosión. Sin embargo, en las pistas
conductoras en las que el cobre forma una capa que tiene un ancho y un espesor muy finos, la corrosión "superficial"
20 puede romper potencialmente la vía conductora o degradar el comportamiento de la pista conductora. El cobre
también reacciona con sulfuros, como sulfuro de hidrógeno, para formar diversos sulfuros de cobre sobre la
superficie del cobre. Al reaccionar con los sulfuros, el cobre se corroe, tal como se observa cuando el cobre está
expuesto a aire que contiene compuestos de azufre. Las soluciones de amoníaco que contienen oxígeno también
reaccionan con el cobre para producir complejos solubles en agua, al igual que el oxígeno y el ácido clorhídrico para
25 formar cloruros de cobre y el peróxido de hidrógeno acidulado para formar sales de cobre (II). El cloruro de cobre (II)
y el cobre reaccionan para formar cloruro de cobre (I). Por lo tanto, existe la necesidad de proteger las trazas de
cobre frente a la corrosión.

Las pistas conductoras se forman normalmente a través de procesos sustractivos o aditivos. Generalmente, en un
proceso sustractivo, se reviste con cobre un sustrato y se separan las porciones no deseadas para dejar trazas de
cobre finas. Un problema que conllevan los procesos sustractivos convencionales es que producen residuos no
30 deseados. Las técnicas de producción sustractivas suelen iniciarse con la aplicación de cobre sobre uno o ambos
lados de un sustrato. Se forma la traza eliminando por grabado el cobre no deseado del sustrato, dejando trazas
finas de cobre conductoras sobre el sustrato. Normalmente, se utilizan en el proceso de grabado persulfato de
amonio y cloruro férrico. Las sustancias químicas y el cobre no deseado separado son corrosivos y tóxicos y
generan problemas medioambientales y un exceso de residuos. Por otra parte, los tiempos de grabado son
35 comparativamente largos. Asimismo, dado que el reactivo de grabado se utiliza de forma repetida, el cobre satura el
reactivo de grabado químico haciendo que vaya siendo menos eficaz de forma progresiva para separar el cobre.

Generalmente, en un proceso aditivo para formar trazas, se forma el cobre sobre un sustrato solo en las áreas que
configuran una traza. Un problema asociado con la formación de pistas conductoras a través de procesos aditivos
40 convencionales es que los procesos requieren varias etapas que implican distintos equipos y máquinas. En un
proceso aditivo típico, se toma una imagen de un sustrato con una película fotosensible para producir un patrón
expuesto. Se somete a un baño químico el patrón expuesto para introducir la capacidad de unión del patrón a iones
metálicos. Se electrodepositan después las áreas sensibilizadas con cobre para formar las trazas. A continuación, se
45 separa la máscara del sustrato, dejando solo las trazas de cobre.

El problema asociado a las técnicas de producción convencionales, tanto aditivas, como sustractivas, es que, una
vez formadas las trazas de cobre, es necesario protegerlas contra la corrosión y el cortocircuito de las trazas como
consecuencia de la condensación. Se tratan las trazas con un revestimiento protector después de formarlas para
protegerlas contra la corrosión. Este procedimiento requiere una etapa adicional que implica más tiempo, dinero y
50 equipo. Otro problema de las técnicas de producción convencionales es que las trazas de cobre formadas sobre un
sustrato presentan solo un color. Es decir, si la traza se aplica al vidrio o a un plástico transparente, el color cobre de
la traza queda visible desde uno o ambos lados del sustrato. Otro problema asociado con las técnicas
convencionales es que los sustratos deben tratarse para que el cobre se adhiera apropiadamente a la
superficie. Esto requiere asimismo una etapa adicional que exige una inversión de tiempo y dinero.

55 Otro punto débil más de las técnicas de electrodeposición convencionales es que las finas trazas de cobre son
susceptibles de desgaste y abrasión y se interrumpe fácilmente el camino conductor. Cuando se desgasta hasta el
punto de interrumpirse la conductividad, la pista conductora deja de ser operativa para el uso pretendido.

60 En la patente estadounidense US 4.694.573 A se divulga una pista conductora caldeada que comprende una capa
de esmalte unida a un sustrato, una capa conductora sobre la capa de esmalte y una capa de aislamiento vítrea que
cubre la capa conductora. En las patentes estadounidenses US 2011/083874 A1, US 2012/111619 A1 y en la
patente europea 1 722 616 A2 se divulgan otros antecedentes en la técnica pertinentes.

Sumario

5 Las dificultades e inconvenientes asociados con las pistas conductoras y las estrategias de producción conocidas anteriormente se solventan con las pistas conductoras y los métodos de formación de pistas conductoras de la presente invención.

El objeto de la presente invención se refiere a pistas conductoras estratificadas formadas sobre varios sustratos.

10 En un aspecto, el objeto de la presente invención proporciona una pista conductora que comprende una capa de interfaz unida a un sustrato y una capa conductora sobre la capa de interfaz.

15 En otro aspecto, el objeto de la presente invención proporciona una pista conductora que comprende una capa de interfaz unida a un sustrato, una capa conductora sobre la capa de interfaz, una capa de control rédox que cubre una porción expuesta de la capa conductora, una capa de metal precioso sobre la capa de control rédox y una capa dieléctrica sobre la capa de control rédox.

20 En otro aspecto más, el objeto de la presente invención proporciona un método de formación de una pista conductora sobre un sustrato que comprende la unión de una capa de interfaz a una superficie de un sustrato, la formación de una capa conductora sobre la capa de interfaz, la estratificación de un material de control rédox sobre la capa conductora, en la que la capa de control rédox cubre una porción expuesta de la capa conductora.

25 El objeto de la presente invención permite adaptar determinadas capas de una pista conductora de varias capas para alterar las propiedades y características de la traza, sin afectar negativamente al comportamiento de la traza, y abordar necesidades particulares para un uso, proceso de fabricación y situación en particular.

30 Tal como se podrá apreciar, el objeto de la invención descrito en el presente documento admite otras realizaciones diferentes y, asimismo, varios de sus detalles son susceptibles de modificación en varios sentidos, sin por ello alejarse del objeto de la invención que se reivindica. Por ejemplo, cada capa puede implicar un cambio gradual de la composición o la carga efectiva de sólidos dentro de varias porciones de la capa. Esto se conoce como una capa en gradiente y se explicará con mayor detalle en el presente documento. En consecuencia, los dibujos y la descripción deben considerarse como ilustrativos y no restrictivos.

Breve descripción de los dibujos

35 Tanto estos como otros aspectos, características y ventajas del objeto de la presente invención se comprenderán y apreciarán más completamente haciendo referencia a la siguiente descripción más detallada de las realizaciones ilustrativas del objeto de la presente invención junto con los dibujos adjuntos.

40 La figura 1 es una vista transversal esquemática de una pista conductora antes del sinterizado sobre un sustrato.

La figura 2 es una vista transversal esquemática de otra pista conductora antes del sinterizado sobre un sustrato.

45 La figura 3 es una vista transversal esquemática de una pista conductora de acuerdo con la presente invención antes del sinterizado sobre un sustrato.

La figura 4 es una vista transversal esquemática de otra pista conductora antes del sinterizado sobre un sustrato.

La figura 5 es una vista transversal esquemática de otra pista conductora antes del sinterizado sobre un sustrato.

50 La figura 6 es una vista transversal esquemática de una pista conductora de referencia formada sobre un sustrato.

Descripción detallada de las realizaciones

55 La materia objeto descrita en el presente documento proporciona pistas conductoras y un método de formación de las pistas conductoras sobre sustratos. Dependiendo del fin del sustrato asociado, la pista conductora puede funcionar como una señal, potencia o tierra en un circuito eléctrico. Igualmente, la pista conductora puede funcionar como factor de carga de entrada, factor de carga de salida o ambos. Las pistas conductoras pueden utilizarse en una serie de productos electrónicos para transmitir impulsos eléctricos, siendo al mismo tiempo más duraderas y más fáciles de producir con la tecnología existente. Las pistas conductoras objeto de la presente invención comprenden una configuración de varias capas que es relativamente económica y sencilla de producir, son duraderas y presentan una buena conductividad eléctrica.

65 Las trazas se pueden aplicar a diversos sustratos y, por tanto, se pueden incorporar en diversos circuitos eléctricos. Las trazas son de varias capas, en las que cada capa se incluye para aportar un beneficio específico e imparte características especiales a la traza algo que no es asequible en las trazas de una sola capa. Dado que las

pistas conductoras típicas son de una sola capa, cualquier ajuste de la composición para modificar una característica de comportamiento en particular influye necesariamente en la traza en conjunto y sus propiedades. En ciertas circunstancias, el ajuste para modificar una característica de comportamiento también puede afectar negativamente a otras características de comportamiento de las pistas conductoras de una sola capa conocidas. En cambio, la materia objeto de la presente invención proporciona una pluralidad de capas separadas, construidas para formar una pista conductora de varias capas. Las capas separadas se pueden alterar individualmente para modificar una característica de comportamiento en particular sin cambiar necesariamente el comportamiento de las demás capas. Las pistas conductoras son adaptables para los diversos usos y necesidades pretendidos y proporcionan una alternativa económica a las técnicas de producción tradicionales.

Sustratos

Las pistas conductoras objeto de la presente invención pueden aplicarse a sustratos de vidrio, cerámica, metal y polímero, así como combinaciones de los mismos, entre otros. El tipo de sustrato seleccionado determinará parcialmente la composición y el conjunto de capas de la pista conductora, tal como se explica en el presente documento.

Los usos típicos para las pistas conductoras según se aplican a sustratos de vidrio incluyen aplicaciones de automoción, arquitectura, electrodomésticos, envases, diodos emisores de luz (LED) y exhibición/decoración. Los usos típicos de las pistas conductoras según se aplican a sustratos cerámicos incluyen materiales de embalaje electrónico como: circuitos integrados híbridos (HIC), materiales de película gruesa utilizados en aplicaciones de telecomunicaciones, de células solares, de automoción, médicas, de consumo y militares, sistemas de cerámica co-caldeada a baja temperatura (LTCC) para módulos utilizados en electrónica médica, A/V de consumo, ordenadores, teléfonos inalámbricos, subconjuntos de automoción, equipos de infraestructura de datos/telecomunicaciones y defensa/ industria aeroespacial, inductores de alta frecuencia cerámicos, módulos de Front-end, módulos de Bluetooth, módulos de conexión de antena y filtros de modo común, MEMS, sensores, LED y otros dispositivos electrónicos. Los usos típicos de las pistas conductoras según se aplican a sustratos metálicos incluyen aplicaciones de electrodomésticos y LED. Los usos típicos para las pistas conductoras según se aplican a sustratos de polímero incluyen aplicaciones de placas de circuitos electrónicos para ordenador.

Pistas conductoras

Las pistas conductoras objeto de la presente invención son trazas de varias capas adaptadas para transmitir impulsos eléctricos para diversos usos. En las figuras adjuntas se representan varias realizaciones en las que los objetos con igual numeración indican características similares en cada una de las realizaciones. Haciendo referencia a la Figura 1 -5, se representa una pista conductora 1 antes de una operación de sinterización. Se deposita la traza 1 sobre una superficie 10 de un sustrato 2. Antes del sinterizado, la traza 1 comprende una capa de interfaz 3, una capa conductora 4, una capa de control rédox 5 y una capa de metal precioso 6. Aunque se representa en las Figuras 1 - 5, debe entenderse que la capa de control rédox 5 actúa como una capa sacrificial. Es decir, la capa de control rédox puede utilizarse para proteger la capa conductora 4 de la oxidación durante la sinterización y, por tanto, puede eliminarse por completo, o sustancialmente de esta manera, durante un procedimiento de sinterización. En otra realización, tal como se muestra en la figura 2, la pista conductora 1 también puede comprender también una capa 7 de dieléctrica/anti-rayado sobre la capa de metal precioso 6. En otra realización más, tal como se muestra en la figura 3, la capa de metal precioso 6 puede entrar en contacto con la capa conductora 4, a través de una o más aberturas o huecos 20 en la capa de control rédox 5. Estas aberturas o huecos 20 pueden formarse en la impresión inicial de la capa de control rédox o pueden formarse como resultado del proceso de sinterización, en el que se elimina por quemado completamente la capa de control rédox, o lo hace sustancialmente, durante la sinterización como capa sacrificial. Este aspecto se muestra en la Figura 6, que presenta una pista conductora 1, después de un proceso de sinterización, unida a la superficie 10 de un sustrato 2. En la Figura 6, no se representa ninguna capa de control rédox ya que se ha eliminado por quemado sustancialmente por completo durante la sinterización. En cambio, la capa de interfaz 3 está unida a la superficie 10 de un sustrato 2. La capa conductora 4 está en la capa de interfaz. Dado que la capa de control rédox se ha eliminado sustancialmente durante la sinterización, la capa conductora queda en contacto con la capa de metal precioso 6, que tiene una capa dieléctrica/anti-rayado 7 encima.

Aunque en las Figuras 1-4 se muestran capas específicas de la pista conductora que cubren completamente una capa subyacente, según el objeto de la presente invención, no es necesario y las realizaciones no están limitadas de este modo. Este aspecto se representa en la figura 5, en la que la capa de metal precioso 6 cubre solo parcialmente la capa de control rédox 5 subyacente.

Generalmente, la pista conductora objeto de la presente invención comprende antes de la sinterización una capa de interfaz de un 0 a aproximadamente un 10 % en volumen, una capa conductora de aproximadamente un 40 a aproximadamente un 90 % en volumen, una capa de control rédox de un 0 a aproximadamente un 20 % en volumen, una capa de metal precioso de un 0 a aproximadamente un 15 % en volumen y una capa dieléctrica de un 0 a aproximadamente un 15 % en volumen. Es posible también incorporar en las pistas conductoras, según se desee, otras capas opcionales, que no se limitan a las descritas en el presente documento.

Capa de interfaz

La capa de interfaz es la capa en la parte más baja de la pista conductora de varias capas. La capa de interfaz se forma sobre una superficie de un sustrato y se extiende entre el sustrato y las otras capas de la pista conductora. Más específicamente, la capa de interfaz se extiende entre la capa conductora y el sustrato. Otras capas incorporadas en la pista conductora, es decir, la capa de control rédox, la capa de metal precioso, la capa dieléctrica, etc., no tienen por qué estar separadas necesariamente del sustrato mediante la capa de interfaz. Esto se muestra en la Figura 4 en la que solo la capa conductora 4 está separada del sustrato 2 por la capa de interfaz 3. La capa de control rédox 5 y la capa de metal precioso 6 entran en contacto con el sustrato 2 en los emplazamientos 20.

La capa de interfaz proporciona una mejor adhesión al sustrato, ya que la capa de interfaz se puede adaptar para unirse fuertemente con el material de sustrato específico, sin afectar al mismo tiempo al comportamiento general de la traza. Esto es así porque la capa de interfaz no es responsable de conducir impulsos eléctricos y, por tanto, adaptar su composición no afectará su conductividad.

La composición de la capa de interfaz afecta a la adhesión y depende en gran medida de la composición del sustrato al que está unida la pista conductora. Generalmente, en el caso de sustratos de cerámica y vidrio, las capas de interfaz contienen materiales similares al sustrato cerámico o de vidrio para promover una unión adecuada, pero también pueden contener aditivos como polvos de metal u otros modificadores de expansión para ayudar a reducir las posibles diferencias de expansión térmica entre el sustrato y la pista conductora en conjunto y la capa conductora en particular. Los modificadores de expansión son materiales que tienen un coeficiente de expansión térmica comprendido entre el de la capa conductora y el del sustrato. Cuando la capa de interfaz puede salvar la brecha entre los coeficientes de expansión de la capa conductora y el sustrato, se proporciona una unión mejor y más fuerte para la pista conductora que es resistente a los cambios de temperatura en el entorno circundante. Normalmente, el modificador de expansión será un metal, aunque no se limita a ellos. Entre los ejemplos de modificadores de expansión adecuados, se incluyen cuarzo, zirconia, espinelas y mezclas de los mismos. Otros ejemplos incluyen silicatos de zinc, silicatos de magnesio, silicatos de bario, silicatos de estroncio, silicatos de aluminio de bario o estroncio, aluminosilicatos de litio, silicatos de zirconio, silicatos de bario magnesio, silicatos de titanio y bario, cordierita, zirconia, alúmina, sílice, titania y mezclas de los anteriores. Los modificadores de expansión típicos también pueden incluir SiO_2 , Al_2O_3 , CaZrO_3 , CaSiO_3 , Mg_2SiO_4 , CaTiO_3 , BaZrO_3 y SrZrO_3 , SiO_2 , Mg_2SiO_4 y CaSiO_3 . En una realización, los modificadores de expansión comprenden cordierita, beta eucryptita, zirconia y combinaciones de los mismos.

Concretamente, en el caso de sustratos cerámicos y de vidrio, la capa de interfaz comprende fritas de vidrio de borosilicato, zirconia, alúmina, cordierita, pigmentos de óxido de metal mixtos, polvos de metal, como cobre, aluminio, plata y estaño. En el caso de las células solares de silicio, la capa de interfaz comprende una frita de vidrio que incluye óxidos de al menos un metal seleccionado del grupo que consiste en silicio, plomo, bismuto, aluminio, zinc, titanio, tántalo, fósforo, metales alcalinos y metales alcalinotérreos. En el caso de sustratos metálicos, la capa de interfaz contiene fritas de vidrio de borosilicato, zirconia, alúmina y otros materiales dieléctricos para proporcionar una capa de interfaz eléctricamente aislante. En el caso de sustratos poliméricos, la capa de interfaz contiene promotores de adhesión a base de silano.

En un aspecto adicional, la capa de interfaz se compone además de un material con la capacidad para controlar las interacciones no deseadas entre el sustrato y la pista conductora. Por ejemplo, cuando se aplica una pista conductora a un sustrato de vidrio, la capa de interfaz comprende un material para reducir el intercambio iónico entre el vidrio y la pista conductora. Se produce un intercambio iónico cuando se intercambia un álcali, como por ejemplo Na^+ en el vidrio por un ion K^+ mayor o un ion Li^+ menor en la pista conductora y crea tensiones superficiales por tensión o compresión en el sustrato de vidrio que presenta una debilidad estructural en esa región del sustrato. Con la capa de interfaz que controla el intercambio iónico, no se forman dichas tensiones en la interfaz sustrato-traza. El resultado es un sustrato más fuerte y una unión más duradera con la pista conductora. En este aspecto, pueden incluirse en la capa de interfaz iones alcalinos, como sodio y potasio, para controlar el intercambio iónico.

En una realización, la capa de interfaz también contiene materiales para ayudar a evitar la migración de plata, cobre u otros iones metálicos desde la capa conductora al volumen del sustrato o a través de la superficie del sustrato. En particular para sustratos de vidrio, para este fin, se emplea un aditivo de control de la migración, como silicio, hierro o metales de zinc, así como fritas de vidrio que contienen azufre. Otros aditivos para este u otro sustrato pueden incluir paladio, cobre, oro, estaño, carbono, polímeros y materiales poco dieléctricos. En un aspecto, en el caso de las bandas de automoción y de oscurecimiento negro, la migración de iones de plata o cobre a través del esmalte cerámico negro es muy poco deseable y difícil de detener. Por lo tanto, se deposita la capa de interfaz de pista conductora sobre un esmalte cerámico de vidrio no caldeado, cuando el esmalte cerámico de vidrio está impreso sobre el vidrio.

En otra realización, la capa de interfaz incluye un pigmento. En caso de que las trazas sean visibles a través de un sustrato transparente, se añaden pigmentos inorgánicos como CuCr , CuCrMn , FeCrCo , TiO_2 , y similares a la capa de interfaz. Estos pigmentos imparten un tono de color a la pista conductora cuando se contempla a través un

sustrato transparente o semitransparente. En lugar de observarse trazas de cobre desnudo convencional a través del sustrato, la adición de pigmentos influye en el color de la traza que se ve a través contribuyendo a su mejor aspecto estético. Otros pigmentos adecuados son NiCrFe, FeCo, FeMn y combinaciones de los mismos con o sin modificadores. Pueden emplearse otros agentes colorantes, incluyendo pigmentos y tintes orgánicos. Entre los
 5 modificadores adecuados utilizados para intensificar el color de dichos pigmentos inorgánicos se incluyen por ejemplo uno cualquiera o una combinación de los siguientes elementos: cromo, litio, magnesio, silicio, estroncio, estaño, titanio y zinc. Es posible incluir otros modificadores para modificar la dispersabilidad, la estabilidad térmica, la resistencia a la luz, la resistencia a la intemperie, la opacidad o para evitar la migración de pigmento desde la capa.

10 En una realización para sustratos metálicos u otros sustratos eléctricamente conductores, se incluye un material dieléctrico como capa de interfaz o para formarla con otros materiales. Los materiales dieléctricos son aislantes eléctricos que pueden polarizarse al aplicar un campo eléctrico. Las cargas eléctricas no fluyen a través del material sino que tan solo desplazan ligeramente las moléculas provocando la polarización dieléctrica. El material dieléctrico
 15 sólido es muy conocido en la técnica e incluye porcelana, vidrio y la mayoría de los polímeros. También se conocen materiales dieléctricos líquidos y gaseosos. El material dieléctrico evita el contacto eléctrico o el cortocircuito de la traza que puede producirse entre la capa conductora y un sustrato conductor. En un aspecto, se aplica el material dieléctrico como la capa de interfaz. En otro aspecto, se aplica la capa dieléctrica con otros materiales para formar la capa de interfaz. En este aspecto, puede utilizarse el material dieléctrico en toda la capa de interfaz o solo en áreas
 20 seleccionadas de la capa de interfaz, según se desee para un fin en particular, para permitir un contacto eléctrico en los emplazamientos seleccionados entre la traza y el sustrato conductor. Los materiales dieléctricos típicos se forman con fritas de vidrio de borosilicato, sílice, zirconia, alúmina y compuestos a base de titanía, p.ej., titanato de bario.

25 La capa de interfaz proporciona una interacción ajustable con el sustrato y es ventajosa ya que su composición puede alterarse para fines específicos sin degradar la conductividad eléctrica de la pista conductora en conjunto.

Capa conductora

30 La capa conductora objeto de la presente invención proporciona un núcleo de metal base de bajo coste de la pista conductora de varias capas que es capaz de conducir impulsos eléctricos. Se coloca la capa conductora sobre la capa de interfaz, con lo que la capa de interfaz se extiende entre el sustrato y la capa conductora.

35 En una realización, la capa conductora comprende metal o polvo de metal conductor. Entre los metales y polvos de metal adecuados se incluyen cobre, aluminio, níquel, estaño, tungsteno, zinc, hierro, plata, diversos aceros y similares, ya sea en solitario o combinados. Dichos metales son buenos conductores y relativamente económicos, pero pueden ser susceptibles de corrosión por su exposición al entorno. La pista conductora de varias capas objeto de la presente invención proporciona protección frente a la corrosión para estos metales de bajo coste. Se proporcionan otras capas diversas de la pista conductora para proteger la capa conductora frente a la oxidación, o
 40 degradación de otro tipo, por su exposición al entorno. Dicha protección permite el uso de metales conductores de bajo coste para esta capa en lugar utilizar metales preciosos de alto coste, como plata, que no son susceptibles de corrosión.

45 En un aspecto, la capa conductora incluye también un adyuvante de sinterización que comprende frita de vidrio. El adyuvante de sinterización ayuda a transformar diversos polvos de metal en una vía conductora continua que presenta baja resistencia eléctrica. Los adyuvantes de sinterización permiten que los polvos metálicos se unan durante el proceso de sinterización y reducen la probabilidad de huecos, brechas u otras inconsistencias en la vía conductora del metal que podrían afectar negativamente a las propiedades conductoras de la pista conductora.

50 Si bien la capa conductora comprende polvos de metal de bajo coste, tal como se ha mencionado, en un aspecto se contempla también la incorporación de uno o más metales preciosos en la capa conductora, ya sea exclusivamente o en combinación con los polvos de metal de bajo coste. La capa conductora también puede aplicarse digitalmente en un gradiente de composición para reducir al mínimo las diferencias en la expansión térmica entre el sustrato y la porción más próxima de la capa conductora. En esta realización, se ajusta el gradiente (es decir, el aumento de la
 55 concentración) del polvo de metal dentro de la capa conductora variando la concentración del polvo de metal verticalmente a través de la capa. Es decir, una porción de la capa conductora más próxima a la capa de interfaz tiene una proporción de polvo de metal diferente a la de una porción de la capa conductora más alejada de la capa de interfaz, aumentando o disminuyendo la proporción de forma continua entre las dos porciones. Si la proporción de polvo de metal en la capa conductora es más alta en una porción cerca del sustrato, entonces el gradiente apunta hacia el sustrato. Si la proporción de polvo de metal en la capa conductora es más alta en una porción más alejada del sustrato, entonces el gradiente apunta hacia afuera del sustrato. De manera similar, la concentración de polvo de metal puede variarse horizontalmente a través de la capa conductora. Se contempla asimismo una combinación en la que se varía la cantidad de polvo de metal horizontal y verticalmente.

Capa de control de Reducción – oxidación

Se incorpora una capa de control de reducción-oxidación (en adelante "rédox") en la pista conductora de varias capas de la presente invención. La inclusión de esta capa en la pista conductora depende del material utilizado en el resto de las capas de revestimiento superior. La capa de control rédox proporciona protección contra la oxidación a la capa conductora. La capa de control rédox, por tanto, se superpone sobre la capa conductora. La capa de interfaz y la capa de control rédox encapsulan la capa conductora antes de la sinterización. Es decir, después de que la capa conductora se deposite sobre la capa de interfaz, la capa de control rédox cubre las porciones expuestas de la capa conductora. En otra realización, puede depositarse la capa de control rédox, o una segunda capa de control rédox separada, encima de la capa de metal precioso (tal como se explica con más detalle en el presente documento) que está encima de la capa conductora, de modo que la capa de control rédox, o la segunda capa de control rédox, según sea el caso, está presente como una capa hacia la parte de afuera de la capa de metal precioso y puede actuar para inhibir la difusión de oxígeno en la pista conductora durante el quemado y el proceso de sinterización.

En un aspecto, la capa de control rédox incluye partículas de carbono, materiales captadores de oxígeno o combinaciones de los mismos. Las partículas de carbono pueden comprender nanopartículas de carbono con un diámetro promedio de 10 a 50 nanómetros. Por "captador de oxígeno" se entiende una composición o material que reacciona y consume oxígeno, o que absorbe oxígeno, haciendo que el oxígeno libre dentro de la pista conductora no esté disponible sustancialmente para su reacción ni corra la capa conductora. Opcionalmente, se incluye dentro de la capa de control rédox silicio, titanio, nitruros, carburos, polímeros de alto peso molecular o combinaciones de los mismos como captadores de oxígeno para la pista conductora.

En un aspecto, la capa de control rédox se oxidará sacrificialmente durante el proceso de sinterización. En este aspecto, la capa de control rédox puede eliminarse completamente de la pista conductora, o sustancialmente, de este modo, produciendo así una conexión conductora entre la capa conductora y la capa de metal precioso. En otro aspecto, la capa de control rédox no se eliminará por quemado completamente, por ejemplo en el caso en el que se utilicen captadores de oxígeno, en cuyo caso los propios captadores pueden formar compuestos de óxido que permanecen después del caldeo. La representación en las figuras de la capa de control rédox se incluye para mayor facilidad y comprensión. De acuerdo con la invención, se forman uno o más huecos en la capa de control rédox en la traza caldeada final. La capa de control rédox también puede comprender un material de barrera para evitar la migración de oxígeno a la capa conductora desde el entorno circundante. En este aspecto, es posible que no se elimine la capa de control rédox sustancialmente durante el proceso de caldeo, sino que se mantenga para proporcionar una barrera al oxígeno. Las partículas de carbono, el material de barrera y el material captador de oxígeno pueden utilizarse individualmente o en combinación para la capa de control rédox.

Capa de metal precioso

De acuerdo con la invención, la pista conductora incluye una capa de metal precioso. La capa de metal precioso ofrece una protección adicional contra la oxidación a la capa conductora. La capa de metal precioso se incluye también para mejorar la adhesión de soldaduras de pestañas u otras conexiones eléctricas, y para la protección contra la oxidación de la capa conductora durante el funcionamiento a altas temperaturas.

La inclusión de la capa de metal precioso depende del ciclo de caldeo de las capas de la pista conductora y de la eficacia de la capa de control rédox. A medida que aumenta la duración y la temperatura del ciclo de caldeo para formar la pista conductora, también aumenta la probabilidad de que se oxide la capa conductora. Igualmente, cuando se utilice la pista conductora formada en entornos de alta temperatura y contenido en oxígeno, es más probable que se oxide la capa conductora. Para abordar estos problemas, se incluye una capa de metal precioso para reducir al mínimo el potencial de oxidación de la capa conductora. De manera similar, si se necesita un contacto de soldadura para la traza, se incluye una capa de metal precioso ya que, normalmente, metales preciosos, como la plata, forman conexiones de soldadura más fuertes que la conexión de soldadura formada con los metales de bajo coste utilizados en la capa conductora.

En una realización, se incorpora la capa de metal precioso sobre la capa de control rédox antes del caldeo. Normalmente, la capa de metal precioso cubre completamente la capa de control rédox, o lo hace sustancialmente. En otro aspecto, la capa de metal precioso cubre solo una porción de la capa de control rédox. Alternativamente, la capa de metal precioso puede introducirse como parte de la capa de control rédox proporcionando partículas/material de metal precioso en el material utilizado para la capa de control rédox, o *viceversa*, esencialmente, combinando el procesamiento y la funcionalidad final de las dos capas. Tras el caldeo del material utilizado para las dos capas y la sinterización de las partículas de metal en el mismo, se debe oxidar sacrificialmente el material de control rédox y eliminarse sustancialmente para permitir un buen contacto eléctrico entre la capa conductora y el material de metal precioso sinterizado. En estas realizaciones, el material de metal precioso sinterizado se conecta físicamente con la capa conductora a través de huecos en la capa de control rédox ya sea impreso intencionalmente en el material de control rédox de manera que no sea una capa continua, o formado posteriormente en el material de control rédox durante el caldeo. Esta conexión puede proporcionar comunicación eléctrica entre la capa de metal precioso y la capa conductora. La capa de metal precioso se puede utilizar entonces en coordinación con la capa conductora para conducir impulsos eléctricos.

En un ejemplo que no forma parte de la invención, la capa conductora y la capa de metal precioso pueden estar eléctricamente aisladas una de otra. Por ejemplo, se pueden introducir materiales dieléctricos en la capa de control rédox entre las capas de metal conductor y precioso. En este ejemplo, la capa de metal precioso y la capa conductora pueden transmitir impulsos eléctricos separados al mismo tiempo sobre la misma pista conductora en la misma dirección o en dirección opuesta.

La capa de metal precioso comprende partículas de plata, oro, platino, titanio, rodio, paladio, osmio, iridio, renio, rutenio, germanio, berilio, galio, indio, telurio, mercurio, bismuto o combinaciones y aleaciones de los mismos. Asimismo, la capa de metal precioso puede comprender además partículas de cualquier metal o aleación que no se corra fácilmente y o que pueda formar conexiones de soldadura fuertes.

Capa dieléctrica

En una realización, se incorpora una capa dieléctrica, separada y diferenciada del material dieléctrico utilizado en la capa de interfaz para sustratos metálicos en la pista conductora de varias capas objeto de la presente invención. Dicha capa adicional puede incluir además pigmentos inorgánicos, de forma similar a la capa de interfaz, para proporcionar un aspecto estético visualmente atractivo a las pistas conductoras cuando son visibles para un usuario. La naturaleza dieléctrica de esta capa proporciona aislamiento eléctrico a la traza, evitando el cortocircuito de un circuito en el que se incorpora la traza. Dicha capa puede proporcionar también un acabado de capa dura a la traza para inhibir que la abrasión y el raspado deterioren el comportamiento de la pista conductora o rompan la vía conductora.

En un aspecto, se incorpora la capa dieléctrica en la pista conductora sobre la capa de metal precioso. En otro aspecto, la capa dieléctrica cubre completamente la capa de metal precioso, o lo hace sustancialmente. En otro aspecto más, la capa dieléctrica cubre solo porciones de la capa de metal precioso.

En una realización, la capa dieléctrica/anti-rayadura comprende porcelana, vidrio, polímeros o combinaciones de los mismos. En un aspecto, la capa dieléctrica comprende además partículas de aluminatos, zirconatos, silicatos, arcillas, talco, material de óxido refractario, material de nitrato refractario, material de boruro refractario y combinaciones de los mismos. Estos componentes en partículas se combinan con material de frita de vidrio para su sinterización sobre la capa de metal precioso.

En un aspecto ilustrativo, la capa dieléctrica comprende además un pigmento. El pigmento se selecciona del grupo que consiste en CuCr, CuCrMn, FeCrCo, TiO₂ NiCrFe, FeCo, FeMn y combinaciones de los mismos, con o sin modificadores. Se pueden emplear otros agentes colorantes, incluyendo pigmentos y colorantes orgánicos. Se pueden incluir modificadores para modificar la intensidad del color del pigmento, la dispersabilidad, la estabilidad térmica, la resistencia a la luz, la resistencia a la intemperie, la opacidad y para evitar la migración del pigmento de la capa. La inclusión de un pigmento en esta capa proporcionará un aspecto estético a la pista conductora cuando la pista conductora es visible desde la superficie del sustrato.

Otras capas opcionales

La pista conductora de varias capas objeto de la presente invención no se limita a las capas mencionadas en el presente documento ni al orden en el que se representan las capas, sino que puede incluir otras capas opcionales o varias de las capas mencionadas en el presente documento y/o estratificadas en diferentes disposiciones para mejorar la funcionalidad de la pista conductora. Entre las otras capas opcionales para la pista conductora de varias capas, se pueden incluir capas termorreflectantes, capas de conductividad térmica, capas de control de emisividad, capas reflectantes de infrarrojo, capas de corrección de color y similares.

Métodos

El objeto de la presente invención se refiere a métodos de formación de las pistas conductoras descritas en el presente documento. En una realización, el método incluye unir una capa de interfaz a la superficie de un sustrato. Cuando se une a un sustrato de vidrio o cerámico, se forma la capa de interfaz a partir de un material de interfaz, que comprende generalmente frita de vidrio, cerámica y polvo de metal. Tal como se ha explicado y se incorpora en el presente documento, el material de interfaz puede comprender además un modificador de expansión, un aditivo de control de la migración de plata y un pigmento inorgánico, así como un material dieléctrico, entre otros. En un aspecto, el material de interfaz se imprime digitalmente sobre la superficie del sustrato y, en este aspecto, el material de interfaz comprende además un disolvente y un aglutinante. Después de imprimir digitalmente el material de interfaz sobre la superficie del sustrato, se caldea el material de interfaz para eliminar por quemado el disolvente y el aglutinante, para sinterizar el resto de los componentes del material de interfaz y formar la capa de interfaz y unirla al sustrato.

El método incluye además formar una capa conductora sobre la capa de interfaz. La capa conductora está formada de un material conductor que comprende un polvo de metal conductor seleccionado del grupo que consiste en cobre, aluminio, níquel, estaño, tungsteno, zinc, hierro, plata, acero y combinaciones de los mismos. En un aspecto,

el material conductor puede comprender además un adyuvante de sinterización. En otro aspecto, se imprime digitalmente el material conductor sobre el material de interfaz y, en este aspecto, el material conductor comprende además un disolvente y un aglutinante. Después de imprimir digitalmente el material conductor sobre el material de la interfaz, se caldea el material conductor para eliminar por quemado el disolvente y el aglutinante, para sinterizar el polvo de metal en el mismo y formar la capa conductora en la capa de interfaz.

El método incluye además estratificar una capa de control rédox sobre la capa conductora. La capa de control rédox se forma a partir de un material de control rédox que comprende un agente de control rédox seleccionado del grupo que consiste en partículas de carbono, material captador de oxígeno y combinaciones de los mismos. En un aspecto, las partículas de carbono tienen un diámetro promedio de 10 a 50 nanómetros. En una realización, los materiales captadores de oxígeno se seleccionan del grupo que consiste en silicio, titanio, nitruros, carburos, polímeros de alto peso molecular y combinaciones de los mismos. En un aspecto, el material de control rédox se imprime digitalmente sobre el material conductor para encapsular y proteger el material conductor frente a la oxidación. En este método de impresión digital, el material de control rédox comprende además un disolvente y un aglutinante. Después de imprimir digitalmente el material de control rédox sobre el material conductor, se caldea el material de control rédox para eliminar por quemado sustancialmente todo el material componente, es decir, disolvente, aglutinante y material oxidante sacrificial. En este aspecto, se elimina sustancialmente el material de control rédox de la capa conductora. En otro aspecto, cuando el material de control rédox incluye material de barrera de oxígeno, el material de control rédox no se eliminará sustancialmente durante el caldeo, sino que se mantendrá como una barrera para el oxígeno tras el caldeo y/o como una capa dieléctrica.

El método incluye además producir una capa de metal precioso sobre la capa conductora. La capa de metal precioso está formada de un material de metal precioso que comprende un metal precioso seleccionado del grupo que consiste en plata, oro, platino, titanio, rodio, paladio, osmio, iridio, renio, rutenio, germanio, berilio, galio, indio, telurio, mercurio, bismuto y combinaciones de los mismos. En una realización, el metal precioso está en forma de polvo. En un aspecto, el material de metal precioso se imprime digitalmente sobre el material de control rédox o se incorpora como parte del material de control rédox. En este método de impresión digital, el material de metal precioso comprende además un disolvente y un aglutinante. Después de imprimir digitalmente el material de metal precioso sobre el material de control rédox, o con el mismo, se caldea el material de metal precioso para eliminar por quemado el solvente y el aglutinante, para sinterizar el metal precioso en polvo y para formar la capa de metal precioso sobre la capa conductora. De acuerdo con la invención, la capa de metal precioso entra en contacto con la capa conductora a través de aberturas o huecos en el material de control rédox impreso. Estos huecos se forman o bien intencionadamente por impresión, en cuyo caso el material de control rédox actúa como capa de barrera tras el caldeo, o bien como un producto del caldeo, en cuyo caso el material de control rédox se elimina por quemado sustancialmente.

El método incluye además generar una capa dieléctrica sobre la capa de metal precioso. La capa dieléctrica está formada de un material dieléctrico que comprende un agente dieléctrico seleccionado del grupo que consiste en porcelana, vidrio, polímeros y combinaciones de los mismos. El material dieléctrico puede comprender además partículas seleccionadas del grupo que consiste en aluminatos, zirconatos, silicatos, arcillas, talco, material de óxido refractario, material de nitruro refractario, material de boruro refractario y combinaciones de los mismos. El material dieléctrico puede comprender además un pigmento seleccionado del grupo que consiste en CuCr, CuCrMn, FeCrCo, TiO₂, NiCrFe, FeCo, y combinaciones de los mismos, con o sin modificadores. Se pueden usar otros agentes colorantes, incluyendo pigmentos y colorantes orgánicos. Se pueden incluir modificadores para modificar la intensidad del color del pigmento, la dispersabilidad, la estabilidad térmica, la resistencia a la luz, la resistencia a la intemperie, la opacidad y para evitar la migración del pigmento desde la capa. En un aspecto, se imprime digitalmente el material dieléctrico sobre el material de metal precioso. En este método de impresión digital, el material dieléctrico comprende además un disolvente y un aglutinante. Después de imprimir digitalmente el material dieléctrico sobre el material de metal precioso, se caldea el material dieléctrico para eliminar por quemado el disolvente y el aglutinante, para sinterizar el resto de componentes del material dieléctrico y para formar la capa dieléctrica sobre la capa de metal precioso.

En una realización, se realiza el caldeo del material de cada una de las capas de la pista conductora en una sola etapa de caldeo una vez que se ha impreso/depositado todo el material de todas las capas. Alternativamente, es posible aplicar etapas de caldeo por separado en un método de impresión/caldeo/ impresión/caldeo... etc. cuando se forma cada capa individualmente. En dicho método de alternancia, se depositaría el material para cada capa en la capa caldeada subyacente, en lugar de sobre el material subyacente antes de sinterizar. Si bien la impresión digital sirve para depositar los distintos materiales, también se contempla el uso de otras técnicas conocidas en la especialidad para depositar los materiales y formar las capas individuales de la pista conductora.

Cuando se aplica cada una de las capas por impresión digital, se pueden combinar los ingredientes sólidos para cada capa mencionados con un vehículo orgánico para formar una pasta. En una realización, la pasta para cada capa contiene en general aproximadamente un 30-80 % en peso de sólidos y aproximadamente un 20-70 % en peso de un vehículo orgánico. La viscosidad de las pastas se ajusta para la capa en particular que se vaya a formar y los sólidos que se incluyan, de manera que la pasta para cada una de las capas pueda imprimirse digitalmente según la manera y el espesor deseados sobre el sustrato deseado.

- El vehículo orgánico para las pastas comprende un aglutinante y un disolvente, que se seleccionan sobre la base de la viscosidad necesaria para la técnica de aplicación digital, la composición del material del sustrato que se va a imprimir, la composición y las características físicas de la porción de sólidos de la pasta y el espesor deseado de las capas que se van a imprimir. El vehículo suspende las partículas (es decir, porción de sólidos del polvo de metal, pigmento, frita, materiales captadores de oxígeno, polímeros, arcillas, etc.) durante la impresión y se elimina completa o sustancialmente tras el caldeo. En particular, es posible utilizar aglutinantes que incluyen metil celulosa, etil celulosa e hidroxipropil celulosa y combinaciones de los mismos. Entre los disolventes adecuados se incluyen propilen glicol, éter butílico de dietilen glicol; monoisobutirato de 2,2,4-trimetil pentanodiol (Texanol™); alfa-terpineol; beta-terpineol; gamma terpineol; alcohol tridecílico; éter etílico de dietilen glicol (Carbitol™), éter butílico de dietilen glicol (Butyl Carbitol™); aceites de pino, aceites vegetales, aceites minerales, fracciones de petróleo de bajo peso molecular, alcoholes tridecílicos, agua y resinas sintéticas o naturales y mezclas de los mismos. Pueden incluirse también tensioactivos y/u otros modificadores de formación de película. El disolvente y el aglutinante pueden estar presentes en una relación en peso de aproximadamente 50: 1 a aproximadamente 20: 1.
- 5
- 10
- 15 En cada tinta, la porción de sólidos puede variarse de forma continua durante la impresión para formar capas en gradiente que tienen un contenido de material sinterizado ajustado de forma continua entre diferentes porciones de las capas individuales. En general, la viscosidad de las pastas para fines de impresión digital oscila entre 10^{-3} y 2 Pa.s a 20 °C.
- 20 Sin duda, muchos otros beneficios se pondrán de manifiesto a partir de la aplicación y el desarrollo de esta tecnología en el futuro.
- Tal como se ha descrito, el objeto de la presente invención resuelve muchos problemas asociados con estrategias, sistemas y/o dispositivos anteriores.
- 25

REIVINDICACIONES

1. Una pista conductora caldeada (1) que comprende:
 - 5 una capa de interfaz (3) unida a un sustrato (2),
una capa conductora (4) sobre la capa de interfaz (3),
una capa de control de reducción-oxidación (5) que cubre la capa conductora (4); y
una capa de metal precioso en contacto eléctrico con la capa conductora (4) a través de uno o más huecos (20)
10 en la capa de control de reducción-oxidación (5);
en donde la capa de interfaz (3) y la capa de control de reducción-oxidación (5) evitan que la capa conductora (4)
quede expuesta a la atmósfera.
2. La pista conductora (1) de acuerdo con la reivindicación 1, en donde la capa conductora (4) comprende un metal
15 seleccionado del grupo que consiste en cobre, aluminio, níquel, estaño, tungsteno, zinc, hierro, plata, acero y
combinaciones de los mismos.
3. La pista conductora (1) de acuerdo con la reivindicación 1, en la que:
 - 20 si el sustrato (2) comprende vidrio o cerámica, entonces la capa de interfaz (3) comprende una fritada de vidrio,
si el sustrato (2) comprende metal, entonces la capa de interfaz (3) comprende un material dieléctrico; y
si el sustrato (2) comprende polímero, entonces la capa de interfaz (3) comprende un promotor de adhesión a
base de silano.
4. La pista conductora (1) de acuerdo con la reivindicación 3, en la que el sustrato (2) comprende vidrio o cerámica y
25 la capa de interfaz (3) comprende una fritada de vidrio de borosilicato.
5. La pista conductora (1) de acuerdo con la reivindicación 1, en la que
 - 30 la capa de interfaz (3) incluye uno o más modificadores de expansión que tienen un coeficiente de expansión
térmica comprendido entre el de la capa conductora (4) y el del sustrato (2), y
el modificador de expansión se selecciona del grupo que consiste en cordierita, beta eucryptita, cuarzo, zirconia,
alúmina, espinelas, metal, silicatos de zinc, silicatos de magnesio, silicatos de bario, silicatos de estroncio,
silicatos de aluminio y bario, silicatos de aluminio y estroncio, aluminosilicatos de litio, silicatos de zirconio,
35 silicatos de bario y magnesio, silicatos de bario y titanio, sílice, titania y combinaciones de los mismos.
6. La pista conductora (1) de acuerdo con la reivindicación 1, en la que la capa de interfaz (3) incluye un aditivo de
control de la migración de plata seleccionado del grupo que consiste en silicio, hierro, zinc, fritas de vidrio que
contienen azufre y combinaciones de los mismos.
- 40 7. La pista conductora (1) de acuerdo con la reivindicación 1, en la que la capa de interfaz (3) incluye un material
dieléctrico seleccionado del grupo que consiste en fritas de vidrio de borosilicato, sílice, zirconia, alúmina,
compuestos a base de titania y una combinación de los mismos.
- 45 8. La pista conductora (1) de acuerdo con la reivindicación 1, en la que la capa de metal es una capa de metal
precioso (6) y en la que la capa de metal precioso (6) incluye uno seleccionado del grupo que consiste en plata, oro,
platino, titanio, rodio, paladio, osmio, iridio, renio, rutenio, germanio, berilio, galio, indio, telurio, mercurio, bismuto y
combinaciones de los mismos.
9. La pista conductora (1) de acuerdo con la reivindicación 1, que comprende además una capa dieléctrica (7) sobre
50 la capa de metal, incluyendo dicha capa dieléctrica (7) uno seleccionado del grupo que consiste en porcelana, vidrio,
polímeros y combinaciones de los mismos.
10. La pista conductora (1) de acuerdo con la reivindicación 9, en la que:
 - 55 la capa de interfaz (3) está presente en hasta un 10 % en volumen,
la capa conductora (4) está presente entre un 40 y un 90 % en volumen,
la capa de control de reducción-oxidación (5) está presente en hasta un 20 % en volumen,
la capa de metal está presente en hasta un 15 % en volumen, y
la capa dieléctrica (7) está presente en hasta un 15 % en volumen.
- 60 11. La pista conductora (1) de acuerdo con la reivindicación 10, en la que una o más de las capas de interfaz (3) y la
capa dieléctrica (7) incluyen un pigmento inorgánico seleccionado del grupo que consiste en CuCr, CuCrMn,
FeCrCo, TiO₂, NiCrFe, FeCO, FeMn y combinaciones de los mismos.
- 65 12. Un método de formación de una pista conductora (1) sobre un sustrato (2) que comprende:

- unir una capa de interfaz (3) a una superficie (10) de un sustrato (2), estando formada la capa de interfaz (3) de un material de interfaz,
 formar una capa conductora (4) a partir de un material conductor sobre la capa de interfaz (3), en donde la capa conductora (4) tiene una porción expuesta,
 5 estratificar un material de control rédox sobre la capa conductora (4) para formar en virtud de ello una capa de control de reducción-oxidación (5) que cubre la porción expuesta de la capa conductora (4),
 producir una capa de metal precioso (6) a partir de un material de metal precioso, en donde la capa de metal precioso está en contacto eléctrico con la capa conductora (4) a través de uno o más huecos (20) en la capa de control de reducción-oxidación (5), y
 10 en donde la capa de interfaz (3) y la capa de control de reducción-oxidación (5) evitan que la capa conductora (4) quede expuesta al oxígeno presente en el entorno.
13. El método de acuerdo con la reivindicación 12, en el que:
- 15 el sustrato (2) comprende uno entre i) vidrio o cerámica, ii), metal o iii) polímero; y
 si el sustrato (2) comprende i) vidrio o cerámica, entonces el material de interfaz comprende una frita de vidrio de borosilicato, si el sustrato (2) comprende ii) metal, entonces el material de interfaz comprende un agente dieléctrico y, si el sustrato (2) comprende iii) polímero, entonces el material de interfaz comprende un promotor de adhesión a base de silano.
 20
14. El método de acuerdo con la reivindicación 12, en el que el material conductor comprende un polvo de metal conductor seleccionado del grupo que consiste en cobre, aluminio, níquel, estaño, tungsteno, zinc, hierro, plata, acero y combinaciones de los mismos.
- 25 15. El método de acuerdo con la reivindicación 12, en el que el material de control rédox comprende un agente de control rédox seleccionado del grupo que consiste en partículas de carbono, material captador de oxígeno y combinaciones de los mismos.
- 30 16. El método de acuerdo con la reivindicación 13, que comprende además generar una capa dieléctrica sobre la capa de metal, en el que la capa dieléctrica se forma a partir de un material dieléctrico que comprende un agente dieléctrico seleccionado del grupo que consiste en porcelana, vidrio, polímeros y combinaciones de los mismos.
- 35 17. El método de acuerdo con la reivindicación 13, en el que el material dieléctrico comprende además partículas seleccionadas del grupo que consiste en aluminatos, zirconatos, silicatos, arcillas, talco, material de óxido refractario, material de nitruro refractario, material de boruro refractario y combinaciones de los mismos.
- 40 18. El método de acuerdo con la reivindicación 17, en el que el material de interfaz, el material conductor, el material de control rédox, el material de metal y el material dieléctrico, comprenden además cada uno de ellos un disolvente y un aglutinante, teniendo cada uno una viscosidad de 10^{-3} a 2 Pa.s a 20 °C y se forman cada uno de ellos en una capa correspondiente por impresión digital y caldeo.

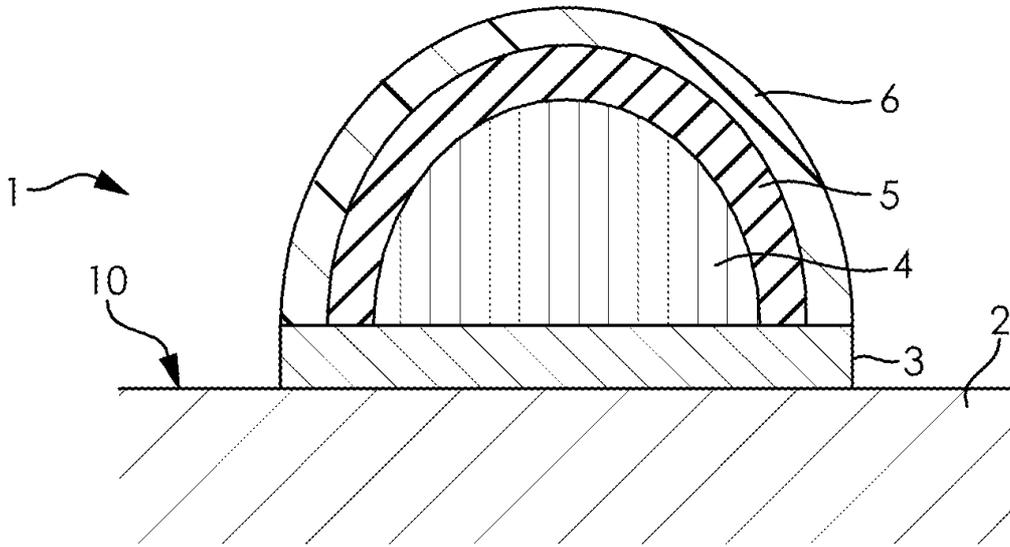


FIG. 1

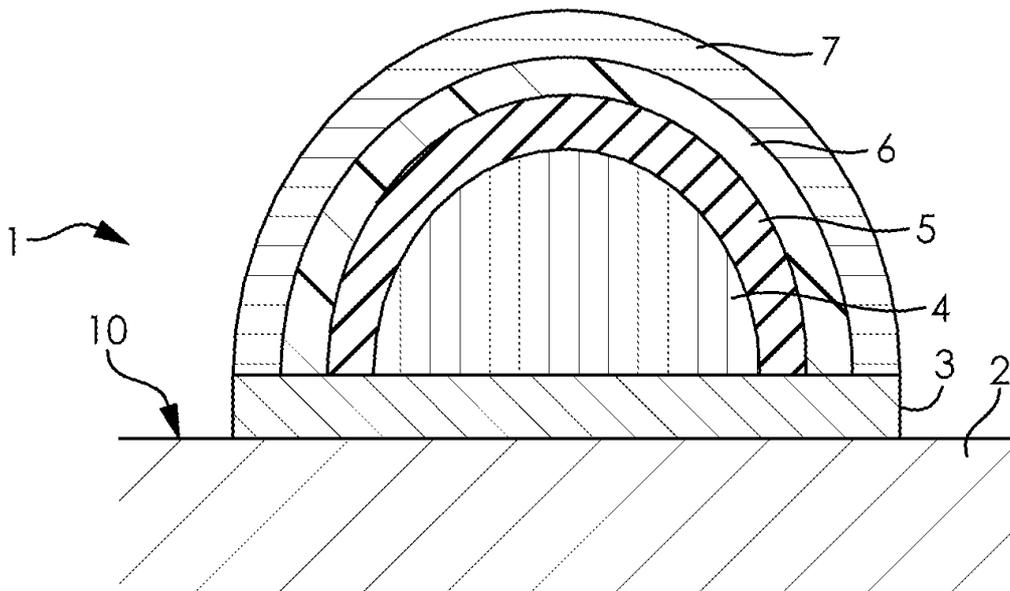


FIG. 2

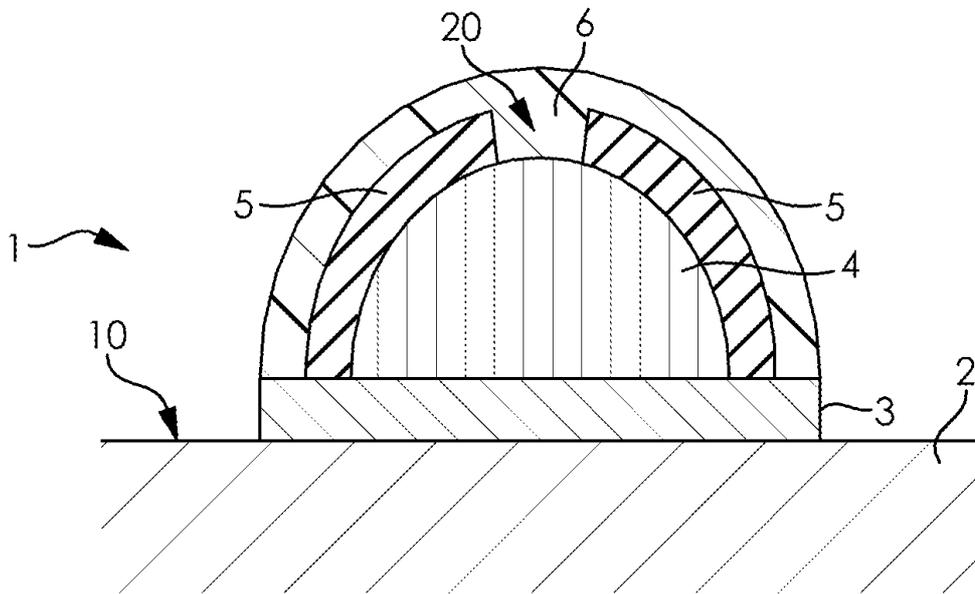


FIG. 3

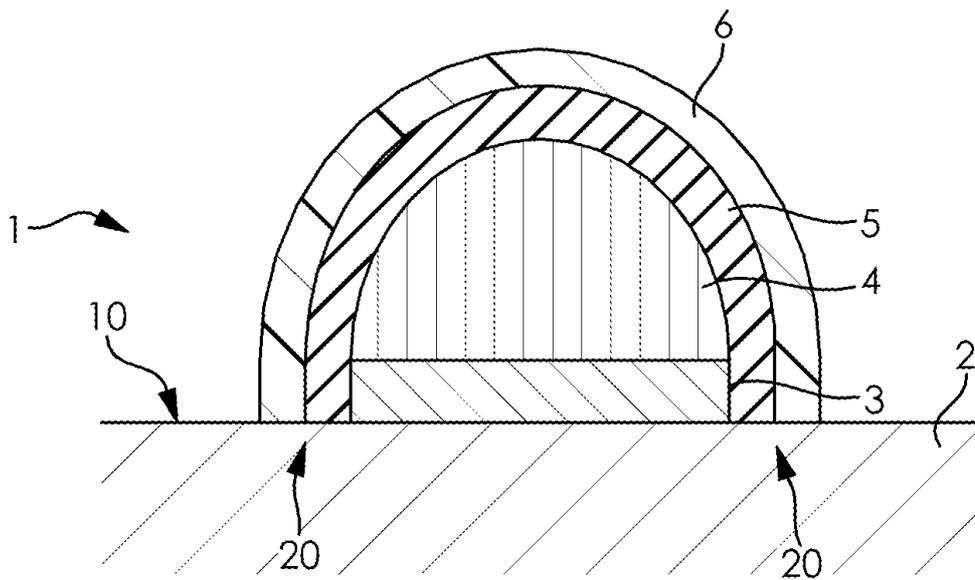


FIG. 4

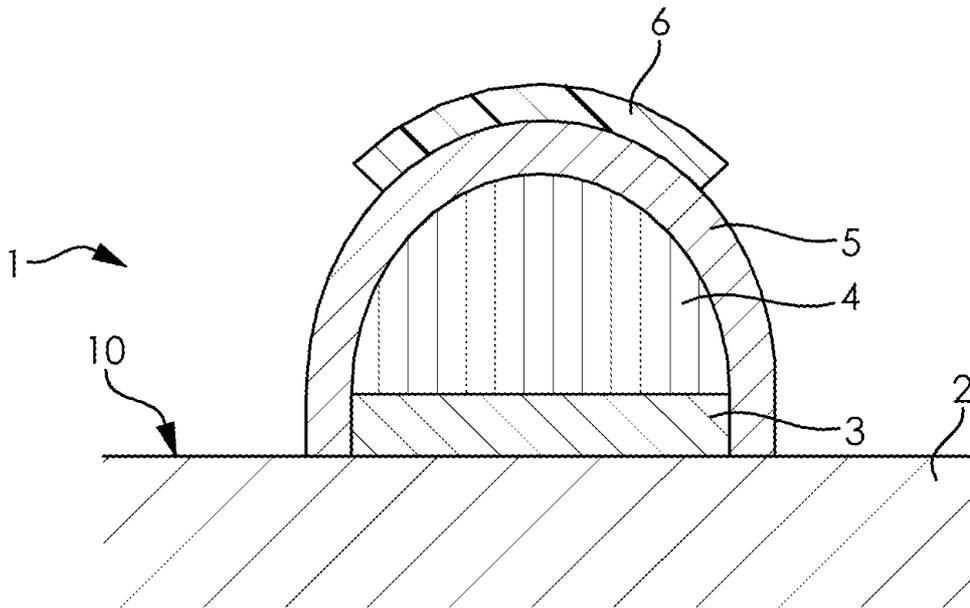


FIG. 5

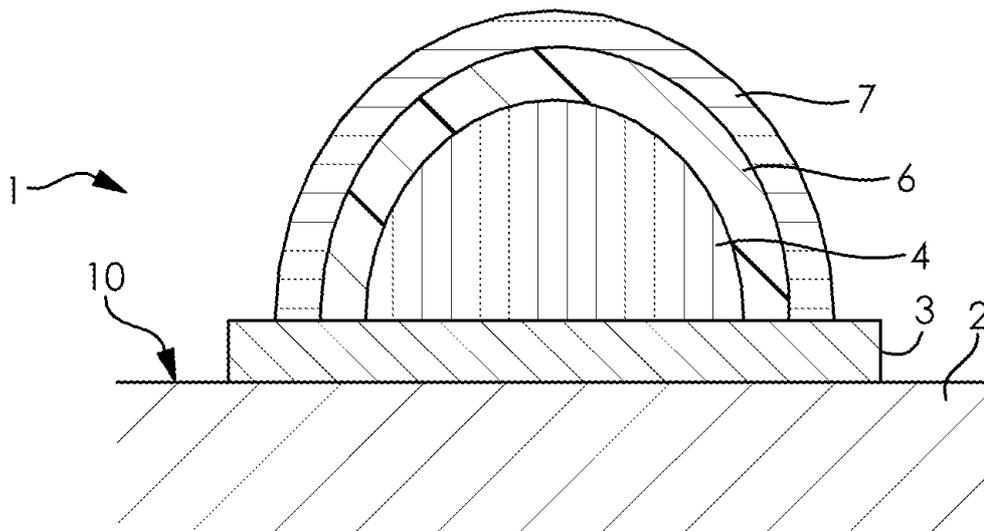


FIG. 6