

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 619 568**

51 Int. Cl.:

B09B 3/00	(2006.01)	C22B 3/02	(2006.01)
B09B 5/00	(2006.01)		
B29B 17/02	(2006.01)		
B23K 1/018	(2006.01)		
B23K 3/08	(2006.01)		
B23K 37/00	(2006.01)		
H05K 3/22	(2006.01)		
C25C 1/00	(2006.01)		
C22B 4/00	(2006.01)		
C22B 7/00	(2006.01)		

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **13.12.2012 PCT/US2012/069404**
- 87 Fecha y número de publicación internacional: **20.06.2013 WO2013090517**
- 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **13.12.2012 E 12857057 (9)**
- 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **08.02.2017 EP 2790845**

54 Título: **Aparato y método de extracción de metales de soldadura durante el reciclaje de equipo eléctrico y electrónico de desecho**

30 Prioridad:

15.12.2011 US 201161576035 P
23.01.2012 US 201261589583 P

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
26.06.2017

73 Titular/es:

ENTEGRIS INC. (100.0%)
129 Concord Road
Billerica, MA 01821, US

72 Inventor/es:

CHEN, TIANNIU;
KORZENSKI, MICHAEL B. y
JIANG, PING

74 Agente/Representante:

ARIAS SANZ, Juan

ES 2 619 568 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

Aparato y método de extracción de metales de soldadura durante el reciclaje de equipo eléctrico y electrónico de desecho

5

Campo

La presente invención se refiere, en general, a aparatos y procesos para reciclar equipo eléctrico y electrónico de desecho tal como placas de cableado impreso para separar materiales que incluyen, pero no se limitan a, metales preciosos, metales básicos, metales de soldadura y circuitos integrados que funcionan.

10

Descripción de la técnica relacionada

La gestión como residuo del equipo electrónico usado, incluyendo ordenadores, pantallas de ordenador, receptores de televisión, teléfonos celulares y productos similares, obsoletos o dañados, está creciendo a una velocidad elevada. Se admite que, en general, existen peligros significativos para los seres vivos y para el entorno cuando el equipo electrónico se deposita en vertederos. Del mismo modo, se entiende que un desensamblado no apropiado plantea unos riesgos apreciables para la salud y la seguridad de las personas que realizan el desensamblado de forma manual.

15

20

Las placas de cableado impreso (PWB, *printed wire board*) son un elemento común de muchos sistemas electrónicos. Por lo general, las PWB se fabrican mediante la laminación de película seca sobre una lámina de cobre limpia, que está soportada sobre una matriz de placa de fibra de vidrio. La película se expone con un negativo de película del diseño de placa de circuito, y se usa un agente de ataque químico para retirar la lámina de cobre despojada de máscara de la placa. A continuación, se aplica soldadura por encima del cobre no sometido a ataque químico sobre la placa. Dependiendo del uso y el diseño de la PWB particular, se pueden usar diversos otros metales en el proceso de fabricación, incluyendo plomo, estaño, níquel, hierro, zinc, aluminio, plata, oro, platino, paladio y mercurio. Las PWB incluyen muchos componentes adicionales, por ejemplo, transistores, condensadores, disipadores térmicos, circuitos integrados (CI), resistencias, conmutadores integrados, procesadores, etc.

25

30

En potencia, las PWB son un material de desecho difícil de procesar debido a que, en general, las mismas tienen poca utilidad una vez que estas se han retirado del sistema eléctrico en el que se instalaron. Además, por lo general las mismas consisten en materiales que las clasifican como una corriente de desechos peligrosos o "especiales". Las mismas se han de segregar y de manejar por separado de otras corrientes de desechos sólidos no peligrosas. Las PWB que se manejan como materiales de desecho se han de procesar usando una cualquiera de varias opciones de gestión de residuos disponibles. Estas opciones no solo son costosas, sino que las mismas requieren una cantidad significativa de esfuerzo y de manejo por parte del generador. Además, debido a que algunas de estas opciones de gestión de residuos no incluyen la destrucción de las placas de circuito de desecho, el generador también conserva una gran parte de los inconvenientes que se asocian con un manejo o una gestión como residuo no apropiados.

35

40

Se han sugerido diferentes métodos para intentar hacer frente a los desechos de materiales sin procesar y la contaminación ambiental causada por la siempre creciente carga de desechos electrónicos residuales. Hasta la fecha, se precisan unos métodos que requieren una elevada demanda de energía para separar los materiales de tal modo que se puedan reciclar los mismos. Los métodos mecánicos e hidrometalúrgicos han sido los métodos tradicionales de reciclaje de las PWB de desecho, que comprenden la trituración de la totalidad de los desechos, seguido por intentos de separar y concentrar diferentes corrientes de material. De manera poco ventajosa, cuando se Trituran las PWB, solo la fracción de plástico se puede liberar de forma eficaz de los metales y se generan gases tóxicos. Por consiguiente, los métodos mecánicos no dan como resultado unas altas tasas de recuperación, en especial para metales preciosos. En los métodos hidrometalúrgicos, se usan grandes cantidades de productos químicos, generando enormes cantidades de lodo y ácidos de desecho, que se han de gestionar como residuo peligroso. Además, los procesos globales de reciclaje de diversos metales mediante procesos químicos son muy largos y complicados. Los métodos térmicos, incluyendo el procesamiento pirometalúrgico de las PWB de desecho, dan como resultado la emisión de productos químicos peligrosos para la atmósfera y agua como resultado del deterioro térmico de la resina epoxídica (formación de dioxinas y furanos) y la volatilización de metales (incluyendo Pb, Sb, As y Ga). Los métodos térmicos se caracterizan adicionalmente por un elevado consumo de energía, y la necesidad de usar costosos sistemas de purificación de gases de escape y equipo de resistencia frente a la corrosión.

45

50

55

Además, de manera poco ventajosa, los presentes métodos de extracción de metales preciosos (por ejemplo, oro) a partir de materiales incluyen usar productos químicos tóxicos y/o costosos (es decir, lixiviantes) para lixiviar el oro del material. Uno de los procesos comerciales más antiguos para disolver oro es el así denominado "proceso de cianuro" mediante el cual el ión cianuro forma un complejo estable de este tipo con el oro. La eficacia del proceso de cianuro ha conducido a su uso comercial tanto para la extracción de oro de sus menas como para la recuperación de oro de piezas de chatarra revestidas con oro. En general, se usa una solución de cianuro de potasio en el "proceso de cianuro". De manera poco ventajosa, esta solución es muy tóxica y la eliminación de la solución de cianuro

60

65

gastada se ha vuelto un problema significativo y creciente de control de reducción de la contaminación y de gestión de residuos. El oro también se ha disuelto usando una mezcla de ácido clorhídrico y ácido nítrico, que se conoce como "agua regia", con el fin de obtener el complejo ácido cloráurico, HAuCl_4 . El agua regia, no obstante, es extremadamente corrosiva, produce humos tóxicos y no muestra selectividad alguna por los metales preciosos.

5 Las placas de cableado impreso sin soldadura ni componente alguno (es decir, las placas desnudas) representan un material que es mucho más fácil de reciclar que las placas de circuito pobladas con componentes montados, debido a que las placas desnudas consisten, por sí mismas, solo en láminas de cobre y fibra de vidrio pegadas mediante resina epoxídica con un cierto revestimiento de oro / níquel / cobre sobre su superficie. Debido a que la placa desnuda representa un 65 - 70 % en peso de una placa de circuito impreso de ocupación promedio, la retirada de componentes de la placa conduce a la formación de una fracción de material fácilmente reciclable, que representa un 65 - 70 % del volumen total. Este enfoque es más ventajoso en comparación con la práctica común de reducción de tamaño que se aplica a la totalidad del volumen de material entrante. Además, una vez que se han retirado de las placas, los componentes recuperados se pueden clasificar y vender por tipo, tal como componentes que contienen tántalo o componentes que se pueden reutilizar, generando de ese modo múltiples corrientes de productos con un valor de venta más alto que únicamente una mezcla de componentes.

La solicitud de patente internacional WO 2011/130622 A1 divulga un método químico para retirar de forma selectiva la soldadura de las placas de cableado impreso (PWB, *printed wire board*). El método que se describe en la misma no comprende el uso de un aparato que comprende medios mecánicos.

La solicitud de patente de Japón JP H09 316549 A se refiere a un aparato para retirar mecánicamente soldadura de la superficie de una placa de circuito impreso en el que la placa de circuito impreso se calienta a más de la temperatura de fusión de la soldadura que se va a retirar.

La patente de EE. UU. con número US 6 638 363 B2 se refiere a un método y un aparato que comprende un recipiente con solución de limpieza y un portacuchillas que se puede mover entre una posición de limpieza y el recipiente con solución de limpieza. Una cuchilla de limpieza o múltiples cuchillas están montadas en el portacuchillas, dicha cuchilla presenta un movimiento de vaivén mientras que la misma se encuentra en contacto con una plantilla para retirar la pasta de soldadura en exceso de la misma. A continuación de lo anterior, a continuación la cuchilla de limpieza se rota 180 grados hasta un baño de limpieza para retirar la soldadura en exceso de la plantilla. La solución de limpieza se usa únicamente para retirar la pasta de soldadura de las cuchillas de limpieza, no la soldadura de la plantilla de PWB.

Por lo tanto, existe la necesidad de un método de reciclaje de equipo eléctrico y electrónico de desecho, tal como componentes de placa de cableado impreso, que supere o reduzca al mínimo los problemas a los que se ha hecho referencia en lo que antecede.

Sumario

La presente invención se refiere, en general, a aparatos y procesos para reciclar placas de cableado impreso para separar materiales para la reutilización y/o recuperación tal como se define en las reivindicaciones. Más en concreto, la presente invención se refiere, en general, a aparatos y procesos para reciclar las PWB tal como se definen en las reivindicaciones para recuperar de forma eficiente metales preciosos, metales básicos, metales de soldadura y circuitos integrados que funcionan al tiempo que se reduce al mínimo la cantidad usada de productos químicos básicos y otros recursos.

En un aspecto, la presente invención se refiere a un aparato para procesar residuo electrónico que se describe, comprendiendo dicho aparato:

(a) un módulo de retirada mecánica de soldadura en el que el módulo de retirada mecánica de soldadura efectúa la retirada mecánica de al menos una porción de la soldadura de una superficie de la PWB; y

(b) un módulo de retirada química de soldadura; en el que el módulo de retirada química de soldadura efectúa la retirada química de al menos una porción de la soldadura de la superficie de la PWB; y

(c) un módulo de calentamiento que está colocado aguas arriba y/o aguas abajo del módulo de retirada química de soldadura,

en el que los módulos están unidos entre sí de forma contigua, en el que el módulo de calentamiento comprende un mecanismo de calentamiento que se calienta de 1 °C a 20 °C por debajo del punto de fusión de la resina epoxídica o la soldadura, y en el que un componente o componentes se separan de la PWB usando dicho aparato.

En otro aspecto, la presente invención se refiere a un método de reciclaje de residuo electrónico que se describe, comprendiendo dicho método:

retirar al menos una porción de la soldadura usando un retirador mecánico de soldadura, en el que el retirador mecánico de soldadura comprende unos medios de retirada mecánica de soldadura que se seleccionan de entre el grupo que consiste en al menos una cuchilla, materiales abrasivos, una trituradora o trituradoras y agua a alta presión y, opcionalmente, al menos un agitador que se selecciona de entre el grupo que consiste en al menos un cepillo, un rastrillo, gases soplados y líquidos soplados para la retirada mecánica de soldadura de la superficie;

retirar al menos una porción de la soldadura de la superficie de la PWB usando un retirador químico de soldadura, en el que el retirador químico de soldadura comprende un recipiente para una primera composición y al menos un agitador, en el que la PWB se sumerge completa o parcialmente en la primera composición; y

5 retirar al menos una carcasa o un componente o componentes de una superficie de la PWB usando un módulo de calentamiento, en el que el módulo de calentamiento está colocado aguas arriba y/o aguas abajo del módulo de retirada química de soldadura y comprende un mecanismo de calentamiento que se calienta de 1 °C a 20 °C por debajo del punto de fusión de la resina epoxídica o la soldadura, en el que el retirador mecánico de soldadura y el retirador químico de soldadura están unidos entre sí de forma contigua, y en el que un componente o componentes se separan de la PWB usando el método.

10 En aún otro aspecto, se divulga un aparato para procesar residuo electrónico que se describe, comprendiendo dicho aparato:

(a) un módulo de calentamiento para retirar una carcasa o componentes epoxidados de una PWB; y

(b) un módulo de retirada química de soldadura,

15 en el que los módulos están unidos entre sí de forma contigua.

En otro aspecto más, se divulga un método de reciclaje de residuo electrónico que se describe, comprendiendo dicho método:

20 retirar al menos una carcasa de una PWB usando un módulo de calentamiento, en el que el módulo de calentamiento comprende un mecanismo de calentamiento y unos medios para mover la PWB a través del mecanismo de calentamiento;

retirar al menos una porción de la soldadura usando una unidad de retirada química de soldadura, en el que la unidad de retirada química de soldadura comprende un recipiente para una primera composición y al menos un agitador, en el que la PWB se sumerge parcialmente en la primera composición; y

25 retirar al menos una porción de un metal precioso usando una composición de lixiviación.

Otros aspectos, características y ventajas serán más plenamente evidentes a partir de la posterior divulgación y de las reivindicaciones adjuntas.

30 **Breve descripción de los dibujos**

La figura 1 ilustra un aparato y proceso generalizado para reciclar placas de cableado impreso.

35 La figura 2 ilustra la inmersión parcial de las placas de cableado impreso a reciclar en la composición de retirada química de soldadura.

La figura 3 ilustra una realización del aparato para la retirada de soldadura de una placa de cableado impreso.

40 La figura 4 ilustra una realización del aparato para la retirada de soldadura de una placa de cableado impreso no de acuerdo con la presente invención.

La figura 5 ilustra una realización del aparato para la lixiviación de oro de placas de cableado impreso y/o componentes de placa de cableado impreso no de acuerdo con la presente invención.

45 La figura 6 ilustra el aparato generalizado para reciclar placas de cableado impreso no de acuerdo con la presente invención.

La figura 7 es una vista desde arriba en los componentes internos de una unidad de retirada térmica de soldadura.

50 La figura 8 es una vista frontal de los componentes internos de la unidad de retirada térmica de soldadura de la figura 7.

La figura 9 es una vista lateral de los componentes internos de la unidad de retirada térmica de soldadura de la figura 7.

55 La figura 10 es una PWB de teléfono celular antes del calentamiento (A) y después del calentamiento (B).

La figura 11 es la PWB de teléfono celular de la figura 10(A) antes de la retirada química de soldadura (A) y después de la retirada química de soldadura.

60 **Descripción detallada y realizaciones preferidas de la misma**

La presente invención se refiere, en general, a aparatos y procesos para reciclar placas de cableado impreso, circuitos integrados y componentes de placa de cableado impreso para separar materiales para la reutilización y/o recuperación. Más en concreto, la presente invención se refiere, en general, a aparatos y procesos para reciclar PWB para recuperar y separar, de forma más eficiente, metales y componentes que funcionan, al tiempo que, de

forma simultánea, se reduce al mínimo el uso de productos químicos básicos y otros recursos.

Tal como se menciona en la sección de antecedentes, los métodos tradicionales de reciclaje de las PWB de desecho dan como resultado contaminación ambiental, un alto coste de inversión y una baja eficacia. Por el contrario, los aparatos y métodos que se describen en el presente documento se basan en una aproximación diferencial al reciclaje de materiales, en la que las diversas partes de las PWB de desecho se separan sobre la base de la apariencia y las propiedades físicas y químicas.

Algunos procesos para retirar al menos un material reciclable de una placa de cableado impreso (PWB, *printed wire board*) se describieron previamente en la solicitud de patente internacional con n.º PCT/US2011/032675 presentada el 15 de abril de 2011 a nombre de André Brosseau *et al.* y titulada "*Method for Recycling of Obsolete Printed Circuit Boards*", que se incorpora por la presente en el presente documento en su totalidad. En términos generales, el método que se describe en el documento PCT/US2011/032675 comprendía al menos una de (a), (b), (c), o cualquier combinación de las mismas:

- (a) liberar un componente de la PWB;
- (b) recuperar un metal precioso a partir de la PWB y/o el componente de PWB;
- (c) recuperar un metal básico a partir de la PWB.

Para los fines de la presente divulgación, "desecho electrónico" o "residuo electrónico" se corresponde con ordenadores, pantallas de ordenador, receptores de televisión, almohadillas electrónicas, teléfonos celulares, cámaras de vídeo, cámaras digitales, reproductores de DVD, consolas de videojuegos, máquinas de fax, máquinas copiadoras, reproductores de MP3 y productos similares que han alcanzado el término de su vida útil o se han desechado de otro modo. Los desechos electrónicos o residuos electrónicos incluyen los componentes que están contenidos dentro de estos artículos bien conocidos, tales como placas de cableado impreso y los componentes que están contenidos sobre las mismas (por ejemplo, transistores, condensadores, disipadores térmicos, CI, resistencias, conmutadores integrados, chips y procesadores).

Para los fines de la divulgación general, la placa desnuda se describe como que comprende papel, plásticos de bajo valor dieléctrico, plásticos delgados y flexibles, cerámica / metal, fibra de vidrio, resina epoxídica y lámina de cobre. Tal como será apreciado por el experto, "fibra de vidrio" es un plástico reforzado con vidrio o un plástico reforzado con fibra de vidrio y se corresponderá con cualquier material que comprenda plástico y vidrio.

Tal como se usa en el presente documento, "metales preciosos" incluye los metales oro, plata, platino, paladio, rodio, iridio, osmio, renio, rutenio y aleaciones que comprenden los mismos.

Tal como se usa en el presente documento, "metales básicos" se corresponde con hierro, níquel, zinc, cobre, aluminio, wolframio, molibdeno, tántalo, magnesio, cobalto, bismuto, cadmio, titanio, zirconio, antimonio, manganeso, berilio, cromo, germanio, vanadio, galio, hafnio, indio, niobio, renio, talio, aleaciones que comprenden los mismos, y combinaciones de los mismos.

Tal como se usa en el presente documento, "cobre" se corresponde con el metal Cu (0) así como aleaciones que comprenden Cu (0).

"Sustancialmente desprovisto" se define en el presente documento como menos de un 2 % en peso, preferiblemente menos de un 1 % en peso, más preferiblemente menos de un 0,5 % en peso, y lo más preferiblemente de menos de un 0,1 % en peso. "Desprovisto" se corresponde con un 0 % en peso.

Tal como se usa en el presente documento, "aproximadamente" tiene por objeto corresponderse con un ± 5 % del valor expuesto.

Tal como se define en el presente documento, "agente complejante" incluye aquellos compuestos que un experto en la materia entenderá como agentes complejantes, agentes quelantes, agentes secuestrantes, y combinaciones de los mismos. Los agentes complejantes se combinarán químicamente con, o se asociarán físicamente con, el átomo de metal y/o ión de metal que se va a retirar usando las composiciones que se describen en el presente documento.

Para los fines de la presente descripción, "placas de cableado impreso" y "placas de circuito impreso" son sinónimos y se pueden usar de forma intercambiable.

Tal como se usa en el presente documento, la expresión "separación" se corresponde con la completa retirada del componente o componentes de la PWB o la separación parcial del componente o componentes de la PWB, en donde la separación parcial del componente de la PWB se corresponde con el debilitamiento de la soldadura que sujeta el componente o componentes a la PWB y el resto de la separación se puede llevar a cabo por medio de otro método.

Tal como se usa en el presente documento, "retirar" soldadura que contiene plomo o estaño en relación con metales preciosos, metales básicos y/o metales que contienen tántalo quiere decir que al menos una porción del metal de

soldadura que contiene plomo o estaño se retira mecánicamente o los iones o metal de soldadura que contiene plomo o estaño se disuelven o se solubilizan sustancialmente de otro modo en una composición de retirada, preferiblemente se disuelven, mientras que otros metales no se retiran mecánicamente, se disuelven o se solubilizan sustancialmente de otro modo. "Sustancialmente disuelto" se define en el presente documento como más de un 95 % en peso del material originalmente presente está disuelto o solubilizado de otro modo, preferiblemente más de un 98 % en peso, más preferiblemente más de un 99 % en peso, y lo más preferiblemente de más de un 99,9 % en peso. "No sustancialmente disuelto" se define en el presente documento como menos de un 5 % en peso del material originalmente presente está disuelto o solubilizado de otro modo, preferiblemente menos de un 2 % en peso, más preferiblemente menos de un 1 % en peso, y lo más preferiblemente de menos de un 0,1 % en peso.

Tal como se usa en el presente documento, la expresión "lixivia" se corresponde con la completa retirada o extracción del oro u otros metales preciosos de la PWB y/o el componente de PWB a la composición de lixiviación o la retirada o extracción parcial del oro u otros metales preciosos de la PWB y/o el componente de PWB a la composición de lixiviación. El oro u otro metal precioso está disuelto o solubilizado de otro modo en la composición de lixiviación, preferiblemente disuelto.

Tal como se define en el presente documento, "triturar" la PWB y/o los componentes de PWB se corresponde con cualquier método que exponga sustancialmente el oro y otros metales preciosos de la PWB y/o el componente de PWB a la composición de lixiviación, por ejemplo, rotura, pulverización o trituración de la PWB y/o el componente de PWB. Preferiblemente, los componentes de PWB se rompen, reduciendo al mínimo de ese modo la cantidad de oro u otros metales preciosos que se pierden como resultado de la pulverización o trituración. Los metales preciosos se pueden perder si se pulveriza chatarra en donde se adhiere polvo de oro a la corriente separada y se pierde en la fracción magnética. Por consiguiente, la trituración se define adicionalmente como un proceso mediante el cual se pierde no más de un 10 % del oro u otros metales preciosos en procesos tales como pulverización o trituración, preferiblemente de no más de un 5 %, incluso más preferiblemente de no más de un 2 %. Además, triturar el residuo electrónico reduce al mínimo el riesgo para la salud de los seres humanos mediante la reducción al mínimo de la liberación de polvos que contienen metales peligrosos y retardantes de la llama bromados.

El experto en la materia entiende bien que "yodo" se corresponde con la molécula de I_2 mientras que "yoduro" (I^-) es un anión y se proporciona como una sal. Las sales de yoduro incluyen, pero no se limitan a, yoduro de litio, yoduro de sodio, yoduro de potasio, yoduro de amonio, yoduro de calcio, yoduro de magnesio y yoduros de tetraalquilamonio, en donde los grupos alquilo pueden los mismos uno que otro o diferentes uno de otro y se seleccionan de entre el grupo que consiste en alquilos $C_1 - C_6$ de cadena lineal (por ejemplo, metilo, etilo, propilo, butilo, pentilo, hexilo) y alquilos $C_1 - C_6$ ramificados.

Tal como se define en el presente documento, "carbono" incluye grafito cristalino, grafito amorfo, grafeno, grafito pirolítico, óxido de grafito, fibras de grafito, nanotubos de carbono, carbono conductor, carbono grafitado, o cualquier especie carbonácea que incluya la forma alfa (átomos de carbono dispuestos de forma hexagonal) o beta (átomos de carbono dispuestos de forma de rombo) de grafito.

Las composiciones se pueden materializar en una amplia diversidad de formulaciones específicas, tal como se describe más plenamente en lo sucesivo en el presente documento. En la totalidad de tales composiciones, en las que constituyentes específicos de la composición se analizan con referencia a intervalos de porcentaje en peso que incluyen un límite inferior de cero, se entenderá que tales constituyentes se pueden encontrar presentes o ausentes en diversas realizaciones específicas de la composición, y que, en los casos en los que tales constituyentes se encuentran presentes, los mismos se pueden encontrar presentes a unas concentraciones tan bajas como un 0,001 por ciento en peso, sobre la base del peso total de la composición en la que se emplean tales constituyentes.

Un primer aparato y método para retirar de forma selectiva la soldadura de una PWB

Por lo general, los componentes están acoplados a la superficie de las PWB con una soldadura de plomo, de estaño o de plomo - estaño, que viene por lo general en combinaciones de 70Sn / 30Pb, 60Sn / 40Pb o 63Sn / 37Pb. En determinadas aplicaciones, se usa soldadura de Ag - Sn. En la actualidad, la retirada de soldadura de las PWB para la retirada de componentes comporta el calentamiento de la soldadura hasta la temperatura de fusión, mediante lo cual los componentes liberados se separan de la PWB y se capta la soldadura líquida. Este método que se aplica para reciclar las PWB presenta dos desventajas principales: (i) debido a que el plomo y el estaño son metales con baja volatilidad, tales calentamiento y fusión crearán un alto nivel de emisiones contaminantes al aire del ambiente; y (ii) el calor dañará los componentes, haciendo que su reutilización resulte inaceptable.

Los inventores de la presente invención divulgaron previamente un método de separación de un componente de placa de cableado impreso de una placa de cableado impreso en el documento PCT/US2011/032675 usando composiciones. En términos generales, dicho método comprendía poner en contacto una primera composición con la placa de cableado impreso para retirar de forma selectiva el componente de placa de cableado impreso de dicha placa de cableado impreso, en el que el componente de placa de cableado impreso está acoplado a la placa de cableado impreso usando soldadura o algún otro medio de fijación. Pese a ser eficaz, los inventores de la presente invención buscaron aumentar la eficacia de la primera composición para retirar los componentes de PWB de la

PWB.

Hacia ese fin, en un aspecto, se describe un aparato para retirar soldadura de una superficie de acuerdo con la reivindicación 1, en el que el aparato tal como se muestra en la figura 3, comprende:

- 5 un módulo de retirada mecánica de soldadura; en el que el módulo de retirada mecánica de soldadura efectúa la retirada mecánica de al menos una porción de la soldadura de una superficie de la PWB;
- (a) un módulo de retirada química de soldadura;
- 10 en el que el módulo de retirada química de soldadura efectúa la
- (b) retirada química de al menos una porción de la soldadura de la superficie de la PWB; y
- (c) un módulo de calentamiento que está colocado aguas arriba y/o aguas abajo del módulo de retirada química de soldadura, en el que los módulos están unidos entre sí de forma contigua, en el que el módulo de calentamiento comprende un mecanismo de calentamiento que se calienta de 1 °C a 20 °C por debajo del punto de fusión de la resina epoxídica o la soldadura, y en el que un componente o componentes se separan de la PWB usando dicho aparato.

15 Los medios de retirada mecánica de soldadura incluyen, pero no se limitan a, cuchillas de corte, materiales abrasivos (por ejemplo, materiales pegados que comprenden óxido de aluminio, carburo de silicio, granate o carburo de wolframio, o materiales revestidos tales como papel de lija), trituradoras, agua a alta presión o cualquier otro medio mediante el cual al menos una porción de la soldadura se pueda retirar de la superficie. Los medios de retirada mecánica de soldadura se sumergen preferiblemente en un líquido (por ejemplo, agua) y pueden incluir adicionalmente un agitador tal como cepillos, rastrillos, o gases o líquidos soplados que se disponen en paralelo y/o en perpendicular con respecto a la PWB para ayudar a la retirada de la soldadura. Preferiblemente, los medios de retirada mecánica de soldadura comprenden cuchillas de corte sumergidas en agua que son capaces de retirar mecánicamente al menos aproximadamente un 25 % de la soldadura, más preferiblemente al menos aproximadamente un 35 % de la soldadura e incluso más preferiblemente al menos aproximadamente un 45 % de la soldadura. El número de cuchillas de corte se puede encontrar en un intervalo de aproximadamente 1 a aproximadamente 500, dependiendo de los ajustes y del caudal del aparato. El presente aspecto especialmente útil para las PWB que comprenden componentes que tienen soldaduras a base de plomo.

30 Los medios de retirada química de soldadura incluyen cualquier aparato que exponga la superficie a una primera composición para efectuar la retirada química de soldadura de la misma. Se debería apreciar que la exposición de la superficie a la primera composición se puede efectuar de cualquier forma adecuada, por ejemplo, mediante la pulverización de la primera composición sobre la superficie, mediante la inmersión de la superficie en un volumen de la primera composición, al poner en contacto la superficie con otro material, por ejemplo, una almohadilla, o un elemento de aplicación de absorbente fibroso, que tiene la primera composición absorbida sobre el mismo, al poner en contacto la superficie con una composición recirculante, o por cualquier otro medio, forma o técnica adecuada, mediante el cual la primera composición se pone en contacto con el material o materiales que se van a retirar. En una realización preferida, la superficie se sumerge en un volumen de la primera composición, en donde el volumen puede ser lo bastante sustancial como para que se sumerja la totalidad de la PWB que comprende la superficie o como alternativa, la PWB se sumerja parcialmente de tal modo que solo la superficie que comprende la soldadura se encuentre en la primera composición (véase, por ejemplo, la figura 2). La inmersión parcial se ve particularmente favorecida cuando la PWB tiene soldadura solo sobre un lado de la placa. En la figura 2, se sumerge la superficie de la PWB que comprende la soldadura, no la totalidad de la placa. Se debería apreciar que el nivel de líquido en relación con el espesor de la PWB en la figura 2 es simplemente para fines de demostración visual y puede variar tal como determinará fácilmente el experto. Además, la "plataforma" que se ilustra en la figura 2 meramente tiene por objeto elevar la PWB por encima del fondo del recipiente y no se limita a rodillos (tal como se muestra), sino que puede incluir una superficie estática plana (tanto maciza como con poros u orificios), una cinta, un armazón, protuberancias (que tienen unos picos curvados, en punta o planos), o cualquier otro medio mediante el cual la PWB se pueda elevar por encima del fondo del recipiente. Los medios de retirada química de soldadura pueden incluir adicionalmente un agitador tal como cepillos, rastrillos, o gases o líquidos soplados que se disponen en paralelo y/o en perpendicular con respecto a la PWB para ayudar a la retirada de la soldadura. Preferiblemente, el aparato se diseña de tal modo que la PWB se mueve de forma automática o manual desde la unidad de retirada mecánica de soldadura hasta la unidad de retirada química de soldadura hasta el módulo de aclarado y hasta el módulo de secado. En una realización particularmente preferida, la PWB se mueve sobre una cinta transportadora, rodillos de transporte o ruedas de transporte a través del aparato.

En otra realización del primer aspecto, tal como se muestra en la figura 3, un aparato para retirar soldadura de una superficie de una placa de cableado impreso (PWB, *printed wire board*) comprende:

- 60 un retirador mecánico de soldadura;
- un retirador químico de soldadura que comprende un recipiente para una primera composición y al menos un agitador, en el que la PWB se sumerge parcialmente en la primera composición;
- un módulo de aclarado; y
- un módulo de secado.

65 Preferiblemente, el aparato se diseña de tal modo que la PWB se mueve de forma automática desde el retirador mecánico de soldadura hasta el retirador química de soldadura hasta el módulo de aclarado y hasta el módulo de secado. En una realización particularmente preferida, la PWB se mueve sobre una cinta transportadora, rodillos de

transporte o ruedas de transporte a través del aparato. Preferiblemente, el agitador comprende al menos un cepillo, un rastrillo o gases o líquidos soplados.

5 En otra realización del primer aspecto, tal como se muestra en la figura 3, un aparato para retirar soldadura de una superficie de una placa de cableado impreso (PWB, *printed wire board*) comprende:
 un retirador mecánico de soldadura, que comprende al menos una cuchilla y al menos un agitador para la retirada mecánica de soldadura de la superficie;
 un retirador químico de soldadura que comprende un recipiente para una primera composición y al menos un agitador;
 10 un módulo de aclarado; y
 un módulo de secado.

Preferiblemente, el aparato se diseña de tal modo que la PWB se mueve de forma automática desde el retirador mecánico de soldadura hasta el retirador químico de soldadura hasta el módulo de aclarado y hasta el módulo de secado. En una realización particularmente preferida, la PWB se mueve sobre una cinta transportadora, rodillos de transporte o ruedas de transporte a través del aparato. Preferiblemente, el agitador comprende al menos un cepillo, un rastrillo o gases o líquidos soplados.

20 En aún otra realización del primer aspecto, tal como se muestra en la figura 3, un aparato para retirar soldadura de una superficie de una placa de cableado impreso (PWB, *printed wire board*) comprende:
 un retirador mecánico de soldadura, que comprende al menos una cuchilla y al menos un agitador para la retirada mecánica de soldadura de la superficie;
 un retirador químico de soldadura que comprende un recipiente para una primera composición y al menos un agitador, en el que la PWB se sumerge parcialmente en la primera composición;
 un módulo de aclarado; y
 25 un módulo de secado.

Preferiblemente, el aparato se diseña de tal modo que la PWB se mueve de forma automática desde el retirador mecánico de soldadura hasta el retirador químico de soldadura hasta el módulo de aclarado y hasta el módulo de secado. En una realización particularmente preferida, la PWB se mueve sobre una cinta transportadora, rodillos de transporte o ruedas de transporte a través del aparato. Preferiblemente, el agitador comprende al menos un cepillo, un rastrillo o gases o líquidos soplados.

30 Algunos circuitos integrados (CI) se fijan a las PWB usando resina epoxídica (por ejemplo, CI y CPU de puente norte y de puente sur) y, en ese sentido, no se retiran fácilmente usando los medios de retirada mecánica y química que se describen en el presente documento. Por consiguiente, en otra realización, el aparato para retirar soldadura de una superficie de una placa de cableado impreso (PWB, *printed wire board*) comprende adicionalmente un módulo de calentamiento para ablandar la resina epoxídica de tal modo que los CI se retiran fácilmente para completar la retirada de componentes y soldadura de la PWB.

40 Preferiblemente, los módulos de calentamiento 110 comprenden una unidad que comprende unos medios para mover las PWB a través de un mecanismo de calentamiento que comprende unos medios de agitación para calentar la resina epoxídica y, a continuación de lo anterior, retirar los CI epoxidados de la PWB. Por ejemplo, la figura 7 ilustra una vista desde arriba del módulo de calentamiento que se contempla en el presente documento, en el que los medios para mover las PWB es una cadena de rodillos 130, a pesar de que se contemplan otros medios de movimiento de las PWB, incluyendo pistas, cintas y cadenas de eslabones. Por ejemplo, los medios para mover las PWB pueden ser una pista con ruedas que se desplazan a lo largo de la parte de arriba de la pista. El mecanismo de cadena de rodillos que se ilustra incluye unas ruedas dentadas 140, en el que una rueda dentada puede estar accionada por eje y se puede operar a velocidades variables, y las ruedas dentadas restantes pueden ser ruedas libres. La cadena de rodillos u otros medios para mover las PWB supone una circunferencia que tiene una forma aproximadamente rectangular, a pesar de que se contemplan formas de circunferencia alternativas.

50 A la cadena de rodillos u otros medios para mover las PWB 150 se encuentran acopladas unas abrazaderas o mordazas (véase 190 en las figuras 8 y 9, que ilustran una vista frontal y una vista lateral, respectivamente, del módulo de calentamiento que se contempla en el presente documento) u otros medios de sujeción, mediante lo cual las PWB se pueden colgar de forma manual o automática de la cadena de rodillos 130. Preferiblemente, las PWB se sujetan en una región de acoplamiento 170 justo antes de la entrada al mecanismo de calentamiento 120. Las abrazaderas 190 se guían mediante una mordaza de soporte de abrazadera 210, que circunnavega la cadena de rodillos u otros medios para mover las PWB. Las PWB se retiran de forma manual o automática en la región de desacoplamiento 180, en la que las PWB se desacoplan de la cadena de rodillos. Por ejemplo, un solenoide se puede colocar en la región de desacoplamiento 180 de tal modo que la abrazadera 190 se abre y la PWB cae en una cubeta 230 que capta las placas.

60 En lo que respecta al mecanismo de calentamiento 120, se ilustra como dos unidades paralelas de iguales dimensiones que se pueden calentar, por ejemplo, usando unas bobinas de calentamiento por resistencia. Dependiendo del material específico que se va a retirar, el mecanismo de calentamiento 120 se puede calentar hasta la temperatura apropiada, y las PWB se pueden mover a través. Al mantener la temperatura menor que el punto de fusión de la resina epoxídica, la resina epoxídica se puede ablandar sin la liberación simultánea de vapores

nocivos o venenosos. Por lo tanto, por ejemplo, el mecanismo de calentamiento 120 se puede calentar hasta unas temperaturas que se encuentran preferiblemente en un intervalo de aproximadamente 100 a aproximadamente 400 °C. Lo más preferiblemente, la temperatura se ajusta al menos de 1 °C a aproximadamente 20 °C por debajo del punto de fusión de la soldadura o la resina epoxídica que se va a retirar. Se debería apreciar que la región que comprende el mecanismo de calentamiento se puede purgar y el aire depurarse o filtrarse tal como entenderá fácilmente el experto en la materia.

Haciendo referencia a la figura 9, los cepillos 220 se colocan dentro del mecanismo de calentamiento de tal modo que, a continuación del ablandamiento de la resina epoxídica, el CI epoxidado se puede retirar por cepillado fácilmente del chip de PWB. También se prevén otras posiciones para los cepillos 220, por ejemplo, en el exterior del mecanismo de calentamiento 120. Preferiblemente, los cepillos 220 tienen cerdas de acero inoxidable. Las alternativas a los cepillos incluyen, pero no se limitan a, gases o líquidos a alta presión, rastrillos, energía sónica y energía de láser. En una realización particular, el mecanismo de calentamiento 120 preferiblemente incluye unos medios tales que los calentadores y los cepillos se pueden empujar contra o retirar de la PWB. Por ejemplo, los calentadores y los cepillos se pueden empujar o retirar mecánica, neumática, hidráulica o electromagnéticamente.

En la práctica, las PWB 150 se acoplan a la cadena de rodillos en la región de acoplamiento y, a continuación, entran en el mecanismo de calentamiento 120, mediante el cual la temperatura es menor que el punto de fusión de la resina epoxídica. De forma simultánea, los cepillos 220 retiran los CI epoxidados de las PWB 150, y los CI caen en un cajón de partes 200. Las PWB menos los CI salen del mecanismo de calentamiento 120 y se enfrían inmediatamente, por ejemplo, a temperatura ambiente. A medida que las PWB se desplazan a lo largo de la cadena de rodillos, se alcanza la región de desacoplamiento 180 y las PWB se desacoplan y caen en la cubeta abierta 230. Los CI y/o las PWB son movidos subsiguientemente, de forma manual o automática (por ejemplo, se transportan) hasta los medios de retirada química de soldadura.

Por consiguiente, el aparato de módulo de calentamiento para retirar componentes epoxidados de una PWB comprende: un mecanismo de calentamiento y unos medios para mover las PWB a través del mecanismo de calentamiento, en el que el mecanismo de calentamiento comprende unos medios de agitación para retirar los componentes una vez que la resina epoxídica se ha ablandado, de tal modo que el componente se puede retirar de la PWB. En una realización, los medios de agitación comprenden cepillos y los medios para mover las PWB a través del mecanismo de calentamiento comprenden una cadena de rodillos. La PWB se puede colgar de la cadena de rodillos usando abrazaderas u otros medios de fijación. En una realización preferida particular, el mecanismo de calentamiento se mantiene al menos de 1 °C a aproximadamente 20 °C por debajo del punto de fusión de la resina epoxídica.

Se contempla adicionalmente que, posteriormente al calentamiento y a la retirada del CI revestido con resina epoxídica, la PWB se puede volver a introducir en el retirador químico de soldadura, el módulo de aclarado y el módulo de secado, según se muestra como una opción en la figura 3.

Por consiguiente, en otra realización del primer aspecto, tal como se muestra en la figura 3, un aparato para retirar soldadura de una superficie de una placa de cableado impreso (PWB, *printed wire board*) comprende:
 un retirador mecánico de soldadura;
 un retirador químico de soldadura;
 un módulo de calentamiento;
 un módulo de aclarado; y
 un módulo de secado.

Preferiblemente, el aparato se diseña de tal modo que la PWB se mueve de forma automática o manual desde el retirador mecánico de soldadura hasta el retirador químico de soldadura, hasta el módulo de aclarado y hasta el módulo de secado. El módulo de calentamiento se puede colocar entre el retirador químico de soldadura y el módulo de aclarado o como alternativa, el módulo de calentamiento se puede colocar después del módulo de secado. Se debería apreciar que, si el módulo de calentamiento está colocado después del módulo de secado, que preferiblemente la superficie se aclara y se seca de nuevo, o bien al dirigir la PWB hacia los mismos módulos de aclarado y de secado (tal como se muestra de forma esquemática en la figura 3) o bien, como alternativa, al dirigir la PWB a un segundo módulo de aclarado y un segundo módulo de secado. Se contempla adicionalmente que, posteriormente al calentamiento y a la retirada del CI revestido con resina epoxídica, la PWB se puede volver a introducir en el retirador químico de soldadura, el módulo de aclarado y el módulo de secado, según se muestra como una opción en la figura 3. En una realización particularmente preferida, la PWB se mueve sobre una cinta transportadora, rodillos de transporte o ruedas de transporte a través del aparato. Preferiblemente, el retirador mecánico de soldadura comprende al menos una cuchilla y al menos un agitador para la retirada mecánica de soldadura de la superficie. Preferiblemente, el retirador químico de soldadura comprende un recipiente para una primera composición y al menos un agitador, en el que la PWB se sumerge parcialmente en la primera composición. Preferiblemente, el agitador comprende al menos un cepillo, un rastrillo o gases o líquidos soplados.

En cada caso, el módulo de aclarado comprende unos medios de aclarado de la PWB para retirar la primera composición de la misma. Se debería apreciar que el aclarado de la superficie se puede efectuar de cualquier forma

adecuada, por ejemplo, mediante la pulverización de una composición de aclarado sobre la superficie, mediante la inmersión de la superficie en un volumen de la composición de aclarado, al poner en contacto la superficie con otro material, por ejemplo, una almohadilla, o un elemento de aplicación de absorbente fibroso, que tiene la composición de aclarado absorbida sobre el mismo, al poner en contacto la superficie con una composición de aclarado recirculante, o por cualquier otro medio, forma o técnica adecuada, por medio de lo cual la composición de aclarado se pone en contacto con el material o materiales que se van a retirar. Preferiblemente, la composición de aclarado comprende agua.

En cada caso, el módulo de secado comprende unos medios para secar la PWB. Los medios de secado preferidos incluyen, pero no se limitan a, gas nitrógeno, isopropanol, aire de regeneración, aire caliente o SEZ (tecnología de proceso de centrifugación).

Se debería apreciar que cada realización del aparato puede comprender adicionalmente un colector de componentes que se coloca posteriormente al secado.

En un segundo aspecto, el aparato del primer aspecto se usa en un proceso de retirada de soldadura de la superficie de una placa de cableado impreso (PWB, *printed wire board*), comprendiendo en general dicho proceso retirar al menos una porción de la soldadura usando unos medios de retirada mecánica de soldadura que se seleccionan de entre el grupo que consiste en al menos una cuchilla, materiales abrasivos, una trituradora o trituradoras y agua a alta presión y, opcionalmente, al menos un agitador que se selecciona de entre el grupo que consiste en al menos un cepillo, un rastrillo, gases soplados y líquidos soplados para la retirada mecánica de soldadura de la superficie, y retirar al menos una porción de la soldadura usando unos medios de retirada química de soldadura en el que el retirador químico de soldadura comprende un recipiente para una primera composición y al menos un agitador, en el que la PWB se sumerge completa o parcialmente en la primera composición, y retirar al menos una carcasa o un componente o componentes de una superficie de la PWB usando un módulo de calentamiento, en el que el módulo de calentamiento está colocado aguas arriba y/o aguas abajo del módulo de retirada química de soldadura y comprende un mecanismo de calentamiento que se calienta de 1 °C a 20 °C por debajo del punto de fusión de la resina epoxídica o la soldadura, en el que el retirador mecánico de soldadura y el retirador químico de soldadura están unidos entre sí de forma contigua, y en el que un componente o componentes se separan de la PWB usando el método. El presente aspecto especialmente útil para las PWB que comprenden componentes que tienen soldaduras a base de plomo. Preferiblemente, al menos aproximadamente un 25 % de la soldadura se retira usando los medios de retirada mecánica de soldadura, más preferiblemente al menos aproximadamente un 35 % de la soldadura e incluso más preferiblemente al menos aproximadamente un 45 % de la soldadura. Preferiblemente, al menos aproximadamente un 90 % de la soldadura se retira usando el proceso, más preferiblemente al menos aproximadamente un 95 % de la soldadura, y más preferiblemente al menos aproximadamente un 99 % de la soldadura.

En una realización del segundo aspecto, un proceso de retirada de soldadura de la superficie de la PWB comprende: retirar al menos una porción de la soldadura usando un retirador mecánico de soldadura, en el que el retirador mecánico de soldadura comprende al menos una cuchilla y al menos un agitador para la retirada mecánica de soldadura de la superficie; y retirar al menos una porción de la soldadura usando un retirador químico de soldadura.

El proceso puede comprender adicionalmente el aclarado y el secado de la PWB. Preferiblemente, el agitador comprende al menos un cepillo, un rastrillo o gases o líquidos soplados.

El proceso puede comprender adicionalmente el aclarado y el secado de la PWB. Preferiblemente, el agitador comprende al menos un cepillo, un rastrillo o gases o líquidos soplados.

En aún otra realización del segundo aspecto, un proceso de retirada de soldadura de la superficie de la PWB comprende:

retirar al menos una porción de la soldadura usando un retirador mecánico de soldadura, en el que el retirador mecánico de soldadura comprende al menos una cuchilla y al menos un agitador para la retirada mecánica de soldadura de la superficie; y

retirar al menos una porción de la soldadura usando un retirador químico de soldadura, en el que el retirador químico de soldadura comprende un recipiente para una primera composición y al menos un agitador, en el que la PWB se sumerge parcialmente en la primera composición.

El proceso puede comprender adicionalmente el aclarado y el secado de la PWB. Preferiblemente, el agitador comprende al menos un cepillo, un rastrillo o gases o líquidos soplados.

El proceso del segundo aspecto puede comprender adicionalmente calentar la superficie de la PWB para retirar los componentes revestidos con resina epoxídica. Por consiguiente, en otra realización más del segundo aspecto, un proceso de retirada de soldadura de la superficie de la PWB comprende:

retirar al menos una porción de la soldadura usando un retirador mecánico de soldadura;

retirar al menos una porción de la soldadura usando un retirador químico de soldadura; y

retirar los componentes cubiertos con resina epoxídica usando unos medios de calentamiento.

El proceso puede comprender adicionalmente el aclarado y el secado de la PWB. Preferiblemente, el retirador mecánico de soldadura comprende al menos una cuchilla y al menos un agitador para la retirada mecánica de

soldadura de la superficie. Preferiblemente, el retirador químico de soldadura comprende un recipiente para una primera composición y al menos un agitador, en el que la PWB se sumerge parcialmente en la primera composición. Preferiblemente, el agitador comprende al menos un cepillo, un rastrillo o gases o líquidos sopladados.

5 De manera ventajosa, el aparato del primer aspecto y el proceso del segundo aspecto proporcionan una forma más respetuosa con el medio ambiente de retirar componentes y soldadura de las PWB de desecho. Los procesos se pueden llevar a cabo a unas temperaturas de proceso de menos de aproximadamente 35 °C, eliminando de ese modo los vapores de plomo emitidos y la necesidad de purga y depuración de grandes cantidades de aire. Además, debido a que la retirada mecánica de soldadura se lleva a cabo de forma preferente en un líquido (por ejemplo, las
10 cuchillas se sumergen en agua), no se genera nada de polvo con contenido en plomo nocivo. Además, las ventajas asociadas con la inmersión parcial de la PWB en la primera composición incluyen, pero no se limitan a, se consumen menos productos químicos húmedos, es necesario desechar menos productos químicos húmedos, y se usa menos una composición de aclarado. Además, preferiblemente el aparato está completamente automatizado y las PWB se transportan de módulo a módulo. El proceso para retirar soldadura de la superficie de las PWB da como resultado la separación de componentes electrónicos de la superficie de las PWB, retirando de forma selectiva los metales de soldadura al tiempo que los metales preciosos y básicos y la resina epoxídica expuesta de laminado de circuito impreso no se ven afectados. El aparato y proceso proporciona un proceso rápido y económicamente eficiente para reciclar, o procesar de nuevo para su reutilización, PWB de desecho, incluyendo la recuperación de componentes electrónicos y formando una corriente de placas desnudas más fácilmente reciclables que contiene solo cobre, resina epoxídica reforzada con fibra de vidrio y un revestimiento de oro / níquel / cobre.
20

La primera composición se formula para retirar de forma selectiva la soldadura en relación con metales preciosos, metales que contienen tántalo y/o metales básicos que se encuentran presentes de forma simultánea sobre dicha PWB. Preferiblemente, la soldadura comprende plomo, estaño, o una combinación de plomo y estaño. En el uso de
25 las composiciones que se describen en el presente documento para retirar los materiales que contienen plomo y/o estaño de las PWB que tienen el mismo sobre ellas, por lo general la primera composición se pone en contacto con la superficie durante un tiempo de aproximadamente 5 s a aproximadamente 180 minutos, preferiblemente de aproximadamente 1 min a 60 min, y lo más preferiblemente de aproximadamente 5 minutos a aproximadamente 45 minutos a una temperatura en un intervalo de aproximadamente 20 °C a aproximadamente 85 °C, preferiblemente en un intervalo de aproximadamente 20 °C a aproximadamente 40 °C. Tales temperaturas y tiempos de contacto son ilustrativos, y se pueden emplear cualesquiera otras condiciones adecuadas de tiempo y de temperatura que sean eficaces para retirar la soldadura que se va a retirar de la PWB.
30

En una realización, la primera composición comprende, consiste o consiste esencialmente en al menos un agente oxidante. La primera composición puede comprender adicionalmente al menos un agente complejante de plomo y/o de estaño, al menos un disolvente orgánico, y/o al menos un agente de pasivación para pasivar los metales preciosos, metales que contienen tántalo y/o metales básicos. Por consiguiente, en una realización, la primera composición comprende, consiste o consiste esencialmente en al menos un agente complejante de plomo y/o de estaño en combinación con al menos un agente oxidante. En otra realización, la primera composición comprende, consiste o consiste esencialmente en al menos un agente complejante de plomo y/o de estaño, al menos un agente oxidante, y al menos un agente de pasivación para pasivar los metales preciosos, metales que contienen tántalo, y/o materiales de metales básicos. En aún otra realización, la primera composición comprende, consiste o consiste esencialmente en al menos un agente complejante de plomo y/o de estaño, al menos un agente oxidante, y al menos un disolvente orgánico. En otra realización más, la primera composición comprende, consiste o consiste esencialmente en al menos un agente complejante de plomo y/o de estaño, al menos un agente oxidante, al menos un disolvente orgánico, y al menos un agente de pasivación para pasivar los metales preciosos, metales que contienen tántalo, y/o materiales de metales básicos. En otra realización, la primera composición comprende, consiste o consiste esencialmente en al menos un agente oxidante y al menos un disolvente orgánico, en la que la primera composición está sustancialmente desprovista de ácido nítrico, ácido sulfúrico, o combinaciones de los mismos. En aún otra realización, la primera composición comprende, consiste o consiste esencialmente en al menos un agente oxidante y al menos un agente de pasivación para pasivar los metales preciosos, metales que contienen tántalo y/o metales básicos, en la que la primera composición está sustancialmente desprovista de ácido nítrico, ácido sulfúrico, o combinaciones de los mismos. En otra realización más, la primera composición comprende, consiste o consiste esencialmente en al menos un agente oxidante, al menos un disolvente orgánico, y al menos un agente de pasivación para pasivar los metales preciosos y/o materiales de cobre, en la que la primera composición está sustancialmente desprovista de ácido nítrico, ácido sulfúrico, o combinaciones de los mismos. En aún otra realización, la primera composición comprende, consiste o consiste esencialmente en al menos un agente oxidante, al menos un disolvente orgánico, y al menos un agente de pasivación para pasivar los metales preciosos, metales que contienen tántalo, y/o materiales de metales básicos, en la que la primera composición está sustancialmente desprovista de ácido sulfúrico. Estas composiciones poseen la selectividad de los materiales que contienen plomo y/o estaño en relación con metales preciosos, metales que contienen tántalo y/o metales básicos, aumentando de ese modo la carga del baño para la soldadura y aumentando la vida de baño de la primera composición. Se pueden usar resinas de intercambio iónico selectivas para el plomo y/o el estaño en combinación con la primera composición para prolongar adicionalmente la vida del baño. Se debería apreciar que la primera composición es una composición acuosa.
65

El experto en la materia debería de apreciar que la primera composición que se describe en el presente documento representa únicamente una versión de la primera composición del proceso del segundo aspecto. Se contemplan otras composiciones para su uso en el proceso del segundo aspecto, tal como determinará fácilmente un experto en la materia.

5 En la composición se incluyen agentes oxidantes para oxidar los metales que se van a retirar para dar una forma iónica y acumular sales sumamente solubles de metales disueltos. Los agentes oxidantes que se contemplan en el presente documento incluyen, pero no se limitan a, ozono, ácido nítrico (HNO₃), aire burbujeado, ácido ciclohexilaminosulfónico, peróxido de hidrógeno (H₂O₂), Oxone (peroximonosulfato de potasio, 10 2KHSO₅·KHSO₄·K₂SO₄), sales poliatómicas de amonio (por ejemplo, peroxomonosulfato de amonio, clorito de amonio (NH₄ClO₂), clorato de amonio (NH₄ClO₃), yodato de amonio (NH₄IO₃), perborato de amonio (NH₄BO₃), perclorato de amonio (NH₄ClO₄), peryodato de amonio (NH₄IO₃), persulfato de amonio ((NH₄)₂S₂O₈), hipoclorito de amonio (NH₄ClO), sales poliatómicas de sodio (por ejemplo, persulfato de sodio (Na₂S₂O₈), hipoclorito de sodio (NaClO)), sales poliatómicas de potasio (por ejemplo, yodato de potasio (KIO₃), permanganato de potasio (KMnO₄), 15 persulfato de potasio, persulfato de potasio (K₂S₂O₈), hipoclorito de potasio (KClO)), sales poliatómicas de tetrametilamonio (por ejemplo, clorito de tetrametilamonio ((N(CH₃)₄)ClO₂), clorato de tetrametilamonio ((N(CH₃)₄)ClO₃), yodato de tetrametilamonio ((N(CH₃)₄)IO₃), perborato de tetrametilamonio ((N(CH₃)₄)BO₃), perclorato de tetrametilamonio ((N(CH₃)₄)ClO₄), peryodato de tetrametilamonio ((N(CH₃)₄)IO₃), persulfato de tetrametilamonio ((N(CH₃)₄)S₂O₈)), sales poliatómicas de tetrabutilamonio (por ejemplo, peroxomonosulfato de 20 tetrabutilamonio), ácido peroxomonosulfúrico, peróxido de hidrógeno - urea ((CO(NH₂)₂)H₂O₂), ácido peracético (CH₃(CO)OOH), nitrato de sodio, nitrato de potasio, nitrato de amonio, ácido sulfúrico, y combinaciones de los mismos. A pesar de no ser agentes oxidantes en sí mismos, para los fines de la presente divulgación, los agentes oxidantes incluyen adicionalmente ácidos alcanosulfónicos (por ejemplo, ácido metanosulfónico (MSA), ácido etanosulfónico, ácido 2-hidroxietanosulfónico, ácido n-propanosulfónico, ácido isopropanosulfónico, ácido isobutenosulfónico, ácido n-butanosulfónico, ácido n-octanosulfónico), ácido bencenosulfónico, derivados de ácido bencenosulfónico (por ejemplo, ácido 4-metoxibencenosulfónico, ácido 4-hidroxibencenosulfónico, ácido 4-aminobencenosulfónico, ácido 4-nitrobencenosulfónico, ácido toluenosulfónico, ácido hexilbencenosulfónico, ácido heptilbencenosulfónico, ácido octilbencenosulfónico, ácido nonilbencenosulfónico, ácido decilbencenosulfónico, ácido undecilbencenosulfónico, ácido dodecilbencenosulfónico, ácido tridecilbencenosulfónico, tetradecilbenceno 30 ácido sulfónico, hexadecilbenceno ácido sulfónico, ácido 3-nitrobencenosulfónico, ácido 2-nitrobencenosulfónico, ácido 2-nitronaftalenosulfónico, ácido 3-nitronaftalenosulfónico, ácido 2,3-dinitrobencenosulfónico, ácido 2,4-dinitrobencenosulfónico, ácido 2,5-dinitrobencenosulfónico, ácido 2,6-dinitrobencenosulfónico, ácido 3,5-dinitrobencenosulfónico, ácido 2,4,6-trinitrobencenosulfónico, ácido 3-aminobencenosulfónico, ácido 2-aminobencenosulfónico, ácido 2-aminonaftalenosulfónico, ácido 3-aminonaftalenosulfónico, ácido 2,3-diaminobencenosulfónico, ácido 2,4-diaminobencenosulfónico, ácido 2,5-diaminobencenosulfónico, ácido 2,6-diaminobencenosulfónico, ácido 3,5-diaminobencenosulfónico, ácido 2,4,6-triaminobencenosulfónico, ácido 3-hidroxibencenosulfónico, ácido 2-hidroxibencenosulfónico, ácido 2-hidroxinaftalenosulfónico, ácido 3-hidroxinaftalenosulfónico, ácido 2,3-dihidroxibencenosulfónico, ácido 2,4-dihidroxibencenosulfónico, ácido 2,5-dihidroxibencenosulfónico, ácido 2,6-dihidroxibencenosulfónico, ácido 3,5-dihidroxibencenosulfónico, ácido 2,3,4-trihidroxibencenosulfónico, ácido 2,3,5-trihidroxibencenosulfónico, ácido 2,3,6-trihidroxibencenosulfónico, ácido 2,4,5-trihidroxibencenosulfónico, ácido 2,4,6-trihidroxibencenosulfónico, ácido 3,4,5-trihidroxibencenosulfónico, ácido 2,3,4,5-tetrahidroxibencenosulfónico, ácido 2,3,4,6-tetrahidroxibencenosulfónico, ácido 2,3,5,6-tetrahidroxibencenosulfónico, ácido 2,4,5,6-tetrahidroxibencenosulfónico, ácido 3-metoxibencenosulfónico, ácido 2-metoxibencenosulfónico, ácido 2,3-dimetoxibencenosulfónico, ácido 2,4-dimetoxibencenosulfónico, ácido 2,5-dimetoxibencenosulfónico, ácido 2,6-dimetoxibencenosulfónico, ácido 3,5-dimetoxibencenosulfónico, ácido 2,4,6-trimetoxibencenosulfónico), y combinaciones de los mismos. Los agentes oxidantes pueden incluir una combinación de cualquiera de las especies que se definen en el presente documento como agente oxidante. El agente oxidante se puede introducir en la primera composición en el sitio de fabricación, antes de la introducción de la primera composición en la PWB o, como alternativa, en la PWB, es decir, *in situ*. Agente oxidante se encuentra preferiblemente presente en la primera composición en una cantidad que varía de un 0,1 a un 90 % en volumen, más preferiblemente de un 10 a un 60 % en volumen, y lo más preferiblemente de un 25 a un 45 % en volumen. Preferiblemente, el agente oxidante comprende un compuesto de peróxido, Oxone, ácido nítrico y/o ácido metanosulfónico. Lo más preferiblemente, el agente oxidante comprende ácido metanosulfónico.

55 Cuando se encuentra presente, se cree que una cantidad eficaz de ácido nítrico sirve como un acelerador del proceso de retirada de soldadura. Por consiguiente, en algunas realizaciones, el agente oxidante en la primera composición preferiblemente comprende un ácido alcano sulfónico (por ejemplo, MSA) y ácido nítrico, en el que el ácido alcano sulfónico se encuentra presente en una cantidad que varía de un 0,1 a un 90 % en volumen, más preferiblemente de un 10 a un 60 % en volumen, y lo más preferiblemente de un 25 a un 45 % en volumen, y el ácido nítrico se encuentra presente en una cantidad de aproximadamente un 0,1 a un 80 % en volumen, preferiblemente de aproximadamente un 1 a un 45 % en volumen, y lo más preferiblemente de un 5 a un 15 % en volumen.

65 Los agentes complejantes se incluyen para complejar los iones que son producidos por el agente oxidante. Los agentes complejantes que se contemplan en el presente documento incluyen, pero no se limitan a: compuestos de β-dicetonato tales como acetilacetato, 1,1,1-trifluoro-2,4-pentanodiona, y 1,1,1,5,5,5-hexafluoro-2,4-pentanodiona;

carboxilatos tales como formiato y acetato y otros carboxilatos de cadena larga; y amidas (y aminas), tal como tetrámero de bis(trimetilsililamida). Los agentes quelantes adicionales incluyen aminas y amino ácidos (es decir, glicina, serina, prolina, leucina, alanina, asparagina, ácido aspártico, glutamina, valina, y lisina), ácido cítrico, ácido acético, ácido maleico, ácido oxálico, ácido malónico, ácido succínico, ácido fosfónico, derivados de ácido fosfónico tales como ácido hidroxietilideno difosfónico (HEDP), ácido 1-hidroxietano-1,1-difosfónico, nitrilo-tris(ácido metileno fosfónico), ácido nitrilotriacético, ácido iminodiacético, ácido etidróico, etilendiamina, ácido etilendiaminatetraacético (EDTA) y ácido (1,2-ciclohexileno dinitrilo)tetraacético (CDTA), ácido úrico, tetraglima, pentametildietileno triamina (PMDETA), solución de sal de 1,3,5-triazina-2,4,6-tioliol trisodio, solución de sal de 1,3,5-triazina-2,4,6-tioliol triamonio, dietilditiocarbamato de sodio, ditiocarbamatos disustituidos ($R^1(CH_2CH_2O)_2NR^2CS_2Na$) con un grupo alquilo ($R^2 =$ hexilo, octilo, decaílo o dodecilo) y un oligoéter ($R^1(CH_2CH_2O)_2$, en donde $R^1 =$ etilo o butilo), sulfato de amonio, monoetanolamina (MEA), Dequest 2000, Dequest 2010, Dequest 2060s, ácido dietileno triamina pentaacético, ácido propileno diamina tetraacético, 1-óxido de 2-hidroxipiridina, ácido etilendiamina disuccínico (EDDS), ácido N-(2-hidroxietil)iminodiacético (HEIDA), trifosfato de sodio penta básico, sales de sodio y de amonio de los mismos, cloruro de amonio, cloruro de sodio, cloruro de litio, cloruro de potasio, sulfato de amonio, ácido clorhídrico, ácido sulfúrico, y combinaciones de los mismos. Preferiblemente, el agente complejante comprende HEDP, HEIDA, EDDS, sales de sodio o de amonio de los mismos, ácido sulfúrico, o combinaciones de los mismos. La cantidad del agente oxidante con respecto al agente complejante se encuentra en un intervalo de relación de por ciento en volumen de aproximadamente 10:1 a aproximadamente 1:10, preferiblemente de aproximadamente 5:1 a aproximadamente 1:5, e incluso más preferiblemente de aproximadamente 2:1 a aproximadamente 1:2, en el que el constituyente del agente oxidante está diluido y se encuentra presente en un por ciento en peso de aproximadamente un 1 % en peso a aproximadamente un 50 % en peso, por ejemplo, un volumen de un 30 % en peso de peróxido de hidrógeno, y el constituyente del agente complejante está diluido y se encuentra presente en un por ciento en peso de aproximadamente un 1 % en peso a aproximadamente un 50 % en peso, por ejemplo, un volumen de un 1 % en peso de HEDP. Por ejemplo, la primera composición puede comprender 1 parte en volumen de un 30 % en peso de peróxido de hidrógeno más 1 parte en volumen de un agente complejante al 1 % en peso.

Los agentes de pasivación para pasivar los metales preciosos, metales que contienen tántalo y/o metales básicos incluyen, pero no se limitan a, ácido ascórbico, adenosina, ácido L(+)-ascórbico, ácido isoascórbico, derivados de ácido ascórbico, ácido cítrico, etilendiamina, ácido gálico, ácido oxálico, ácido tánico, ácido etilendiaminatetraacético (EDTA), ácido úrico, 1,2,4-triazol (TAZ), derivados de triazol (por ejemplo, benzotriazol (BTA), toliltriazol, 5-fenil-benzotriazol, 5-nitro-benzotriazol, 3-amino-5-mercapto-1,2,4-triazol, 1-amino-1,2,4-triazol, hidroxibenzotriazol, 2-(5-amino-pentil)-benzotriazol, 1-amino-1,2,3-triazol, 1-amino-5-metil-1,2,3-triazol, 3-amino-1,2,4-triazol, 3-mercapto-1,2,4-triazol, 3-isopropil-1,2,4-triazol, 5-feniltiol-benzotriazol, halo-benzotriazoles (halo = F, Cl, Br o I), naftotriazol), 4-amino-1,2,4-triazol (ATAZ), 2-mercaptobencimidazol (MBI), 2-mercaptobenzotiazol, 4-metil-2-fenilimidazol, 2-mercaptotiazolina, 5-aminotetrazol (ATA), 5-amino-1,3,4-tiadiazol-2-tiol, 2,4-diamino-6-metil-1,3,5-triazina, tiazol, triazina, metiltetrazol, 1,3-dimetil-2-imidazolidinona, 1,5-pentametilenotetrazol, 1-fenil-5-mercaptotetrazol, diaminometil triazina, imidazolina tiona, mercaptobencimidazol, 4-metil-4H-1,2,4-triazol-3-tiol, 5-amino-1,3,4-tiadiazol-2-tiol, benzotiazol, fosfato de tritolilo, imidazol, indiazol, ácido benzoico, ácido bórico, ácido malónico, benzoato de amonio, catecol, pirogalol, resorcinol, hidroquinona, ácido cianúrico, ácido barbitúrico y derivados tales como ácido 1,2-dimetilbarbitúrico, ácidos alfa-ceto tales como ácido pirúvico, adenina, purina, ácido fosfónico y derivados de los mismos, glicina / ácido ascórbico, Dequest 2000, Dequest 7000, p-toliltiourea, ácido succínico, ácido fosfonobutano tricarbóxico (PBTCa), molibdato de sodio, molibdato de amonio, sales de cromato (por ejemplo, sodio, potasio, calcio, bario), wolframato de sodio, sales de dicromato (por ejemplo, sodio, potasio, amonio), ácido subérico, ácido azaleico, ácido sebácico, ácido adípico, ácido octametileno dicarbóxico, ácido pimélico, ácido dodecano dicarbóxico, ácido dimetil malónico, ácido 3,3-dietil succínico, ácido 2,2-dimetil glutárico, ácido 2-metil adípico, ácido trimetil adípico, ácido 1,3-ciclopentano dicarbóxico, ácido 1,4-ciclohexano dicarbóxico, ácido tereftálico, ácido isoftálico, ácido 2,6-naftaleno dicarbóxico, ácido 2,7-naftaleno dicarbóxico, ácido 1,4-naftaleno dicarbóxico, ácido 1,4-fenilenodioxo diacético, 1,3-fenilenodioxo ácido diacético, ácido difénico, ácido 4,4'-bifenil dicarbóxico, ácido 4,4'-oxidibenzoico, ácido difenilmetano-4,4'-dicarbóxico, ácido difenilsulfona-4,4'-dicarbóxico, ácido decametileno dicarbóxico, ácido undecametileno dicarbóxico, ácido dodecametileno dicarbóxico, ácido ortoftálico, ácido naftalenodicarbóxico, ácido parafenilenodicarbóxico, ácido trimelítico, ácido piromelítico, fosfatos de sodio (por ejemplo, hexametáfosfato de sodio), silicatos de sodio, amino ácidos y sus derivados tales como 1-arginina, nucleósido y nucleobases tales como adenosina y adenina, respectivamente, y combinaciones de los mismos. Lo más preferiblemente, el agente de pasivación comprende BTA, ATAZ, TAZ, derivados de triazol, ácido ascórbico, molibdato de sodio, o combinaciones de los mismos. En una realización particularmente preferida, el agente de pasivación comprende molibdato de sodio. Más en concreto, el papel del agente de pasivación es reducir el ataque de la composición sobre el cobre. Esto evita que el revestimiento de oro delgado sobre el cobre se socave y se pierda a medida que se disuelve el cobre, y este mantiene tal revestimiento seguro para un proceso de extracción de oro adicional. Cuando se encuentra presente, la cantidad de agente de pasivación se encuentra en un intervalo de aproximadamente un 0,01 a un 5 % en peso, preferiblemente de aproximadamente un 0,1 % en peso a aproximadamente un 1 % en peso, sobre la base del peso total de la primera composición.

A pesar de que no se desea quedar limitado por la teoría, se cree que los disolventes orgánicos potencian las tasas de ataque químico del metal mediante la humectación de la superficie de la estructura de los dispositivos

microelectrónicos. Los disolventes orgánicos que se contemplan en el presente documento incluyen, pero no se limitan a, alcoholes, éteres, pirrolidinonas, glicoles, ácidos carboxílicos, glicol éteres, aminas, cetonas, aldehídos, alcanos, alquenos, alquinos, carbonatos, y amidas, más preferiblemente alcoholes, éteres, pirrolidinonas, glicoles, ácidos carboxílicos, y glicol éteres tal como metanol, etanol, isopropanol, butanol, y alcoholes superiores (incluyendo dioles, trioles, etc.), tetrahidrofurano (THF), N-metilpirrolidinona (NMP), ciclohexilpirrolidinona, N-octilpirrolidinona, N-fenilpirrolidinona, formiato de metilo, dimetil formamida (DMF), dimetilsulfóxido (DMSO), tetrametilen sulfona (sulfolano), dietil éter, fenoxi-2-propanol (PPh), propiofeneona, lactato de etilo, acetato de etilo, benzoato de etilo, acetonitrilo, acetona, etilen glicol, propilen glicol, dioxano, butiril lactona, carbonato de butileno, carbonato de etileno, carbonato de propileno, dipropilen glicol, especies anfífilas (dietilen glicol monometil éter, trietilen glicol monometil éter, dietilen glicol monoetil éter, trietilen glicol monoetil éter, etilen glicol monopropil éter, etilen glicol monobutil éter, dietilen glicol monobutil éter (es decir, butil carbitol), trietilen glicol monobutil éter, etilen glicol monohexil éter, dietilen glicol monohexil éter, etilen glicol fenil éter, propilen glicol metil éter, dipropilen glicol metil éter (DPGME), tripropilen glicol metil éter, dipropilen glicol dimetil éter, dipropilen glicol etil éter, propilen glicol n-propil éter, dipropilen glicol n-propil éter (DPGPE), tripropilen glicol n-propil éter, propilen glicol n-butil éter, dipropilen glicol n-butil éter, tripropilen glicol n-butil éter, propilen glicol fenil éter, y combinaciones de los mismos), ácidos carboxílicos de unión de éter no fluorados ramificados $(\text{CH}_3\text{CH}_2)_n\text{O}(\text{CH}_2)_m\text{COOH}$, en donde $n = 1$ a 10 y $m = 1$ a 10 , ácidos carboxílicos de unión de éter no fluorados no ramificados $(\text{CH}_3\text{CH}_2)_n\text{O}(\text{CH}_2)_m\text{COOH}$, en donde $n = 1$ a 10 y $m = 1$ a 10 , ácidos carboxílicos no de unión de éter no fluorados ramificados $(\text{CH}_3(\text{CH}_2)_n\text{COOH}$, en donde $n = 1$ a 10 , ácidos carboxílicos no de unión de éter no fluorados no ramificados $(\text{CH}_3(\text{CH}_2)_n\text{COOH}$, en donde $n = 1$ a 10 , ácidos dicarboxílicos, ácidos tricarboxílicos, y combinaciones de los mismos. Preferiblemente, el disolvente orgánico comprende dietilen glicol monobutil éter, dipropilen glicol propil éter, propilen glicol, o mezclas de los mismos. Cuando se encuentra presente, la cantidad de disolvente orgánico se encuentra en un intervalo de aproximadamente un 0,01 % en peso a aproximadamente un 25 % en peso, preferiblemente de aproximadamente un 0,1 % en peso a aproximadamente un 10 % en peso, y lo más preferiblemente de aproximadamente un 0,1 % en peso a aproximadamente un 5 % en peso, sobre la base del peso total de la primera composición.

Por lo general, el peróxido de hidrógeno se descompone con la exposición a sustancias orgánicas o metales, por lo tanto, las composiciones que contienen peróxido de hidrógeno tienen una corta vida en almacenamiento y, por lo tanto, se han de mezclar en el punto de uso. Debido a la falta de infraestructura en algunos sitios de usuario, la mezcla en el punto de uso no es una opción debido a una falta de sistemas apropiados de tuberías y de distribución de productos químicos, que añaden costes a una planta de fabricación. De manera ventajosa, cuando la primera composición comprende el agente complejante de plomo y/o estaño en combinación con al menos un agente oxidante, el agente oxidante está estabilizado y, por lo tanto, se pueden mezclar previamente, a pesar de que se debería apreciar que dicho agente complejante y el al menos un agente oxidante se pueden seguir mezclando en el punto de uso.

En otra realización, la primera composición comprende, consiste o consiste esencialmente en: al menos un agente oxidante; opcionalmente, al menos un agente complejante de plomo y/o de estaño; opcionalmente, al menos un disolvente orgánico; opcionalmente, al menos un agente de pasivación para pasivar los metales preciosos, metales que contienen tántalo y/o metales básicos; y material de soldadura. Preferiblemente, el material de soldadura comprende materiales que contienen plomo y/o estaño. Los materiales que contienen plomo y/o estaño pueden ser iones plomo y/o estaño disueltos y/o suspendidos en la composición que se describe en el presente documento.

En aún otra realización, cuando la primera composición incluye ácido nítrico, la composición puede comprender adicionalmente sulfamato de amonio o ácido sulfámico. Se cree que los iones sulfámicos estabilizan el ácido nítrico y moderan la evolución de los humos de NO_x tóxicos. Cuando se encuentra presente, la cantidad de ión sulfamato se encuentra en un intervalo de aproximadamente un 0,1 a un 20 % en peso, preferiblemente de aproximadamente un 1 a un 10 % en peso, y lo más preferiblemente de aproximadamente un 1 a aproximadamente un 5 % en peso, sobre la base del peso total de la primera composición.

En una realización particularmente preferida, la primera composición comprende, consiste o consiste esencialmente en MSA, al menos un disolvente orgánico, y al menos un agente de pasivación, en la que la composición está sustancialmente desprovista de ácido nítrico, ácido sulfúrico, o combinaciones de los mismos. En otra realización particularmente preferida, la primera composición comprende, consiste o consiste esencialmente en MSA, al menos un glicol éter, y al menos un agente de pasivación, en la que la composición está sustancialmente desprovista de ácido nítrico, ácido sulfúrico, o combinaciones de los mismos. En aún otra realización particularmente preferida, la primera composición comprende, consiste o consiste esencialmente en MSA, al menos un glicol éter y molibdato de sodio, en la que la composición está sustancialmente desprovista de ácido nítrico, ácido sulfúrico, o combinaciones de los mismos. Incluso más preferiblemente, la primera composición comprende, consiste o consiste esencialmente en MSA, dietilen glicol monobutil éter, molibdato de sodio y agua, en la que la composición está sustancialmente desprovista de ácido nítrico, ácido sulfúrico, o combinaciones de los mismos. En aún otra realización, la primera composición comprende, consiste o consiste esencialmente en MSA, al menos un disolvente orgánico, y al menos un agente de pasivación, en la que la composición está sustancialmente desprovista de ácido sulfúrico. En otra realización más, la primera composición comprende, consiste o consiste esencialmente en MSA, ácido nítrico, sulfamato de amonio, BTA, dietilen glicol monobutil éter y agua, en la que la composición está sustancialmente desprovista de ácido sulfúrico. En otra realización, la primera composición comprende, consiste o consiste

esencialmente en MSA, ácido nítrico, sulfamato de amonio, BTA y agua, en la que la composición está sustancialmente desprovista de ácido sulfúrico. Algunas realizaciones adicionales de la primera composición incluyen (i) una primera composición que comprende, que consiste o que consiste esencialmente en MSA, ácido nítrico, BTA y agua; (ii) una primera composición que comprende, que consiste o que consiste esencialmente en MSA, ácido nítrico, TAZ y agua; (iii) una primera composición que comprende, que consiste o que consiste esencialmente en MSA, ácido nítrico, 1-amino-1,2,4-triazol y agua; (iv) una primera composición que comprende, que consiste o que consiste esencialmente en MSA, ácido nítrico, 1-amino-1,2,3-triazol y agua; (v) una primera composición que comprende, que consiste o que consiste esencialmente en MSA, ácido nítrico, 1-amino-5-metil-1,2,3-triazol y agua; (vi) una primera composición que comprende, que consiste o que consiste esencialmente en MSA, ácido nítrico, 3-amino-1,2,4-triazol y agua; (vii) una primera composición que comprende, que consiste o que consiste esencialmente en MSA, ácido nítrico, 3-mercapto-1,2,4-triazol y agua; (viii) una primera composición que comprende, que consiste o que consiste esencialmente en MSA, ácido nítrico, 3-isopropil-1,2,4-triazol y agua; (ix) una primera composición que comprende, que consiste o que consiste esencialmente en MSA, ácido nítrico, MBI y agua; (x) una primera composición que comprende, que consiste o que consiste esencialmente en MSA, ácido nítrico, ATA y agua; (xi) una primera composición que comprende, que consiste o que consiste esencialmente en MSA, ácido nítrico, 2,4-diamino-6-metil-1,3,5-triazina y agua; (xii) una primera composición que comprende, que consiste o que consiste esencialmente en MSA, ácido nítrico, ácido ascórbico y agua; (xiii) una primera composición que comprende, que consiste o que consiste esencialmente en MSA, ácido nítrico, molibdato de sodio y agua; y (xiv) una primera composición que comprende, que consiste o que consiste esencialmente en MSA, ácido nítrico, 3-amino-5-mercapto-1,2,4-triazol y agua. Otra primera composición comprende, consiste o consiste esencialmente en ácido sulfúrico, Oxone y propilen glicol.

Se halló que el desacoplamiento y la liberación de componentes electrónicos de la superficie de las PWB se pueden lograr sin la adición de nitrato férrico si se usa ácido nítrico en la primera composición. Además, la primera composición puede estar sustancialmente desprovista de al menos uno de sales de fluoruro, otras sales férricas, sales de titanio (IV), material abrasivo, ácido fluorobórico, y disolventes orgánicos que incluyen grupos etileno, por ejemplo, etileno, dietileno, trietileno, etc., y otros disolventes orgánicos de HAP. Tal como se usa en el presente documento, las especies de "fluoruro" se corresponden con especies que incluyen un fluoruro iónico (F⁻) o flúor unido de forma covalente. Se ha de apreciar que las especies de fluoruro se pueden incluir como una especie de fluoruro o generarse *in situ*.

De manera ventajosa, se puede emplear una composición química fácilmente reciclable en un proceso de lazo cerrado que genera una cantidad mínima de desecho. Por ejemplo, cuando la primera composición incluye MSA, el MSA se recicla fácilmente. Por ejemplo, si la primera composición incluye MSA, un glicol éter y molibdato de sodio, y dicha composición se pone en contacto con soldadura de Pb / Sn, la composición resultante que incluye los metales de Pb / Sn se puede reciclar al pasar la composición a través de un filtro de carbono para retirar el glicol éter y someterse a electrodeposición para recuperar el Pb y el Sn. La solución restante, que incluye MSA, se puede reutilizar. Cuando deja de ser viable, la primera composición se puede hacer esencialmente no tóxica mediante la electrodeposición del Pb y el Sn y la neutralización de la acidez en exceso.

La primera composición que se describe se puede usar para retirar de forma selectiva los materiales que contienen plomo y/o estaño y son compatibles con los componentes de PWB, por ejemplo, condensadores, disipadores térmicos, Cl, resistencias, conmutadores integrados, procesadores, etc., así como los metales preciosos, metales que contienen tántalo y/o metales básicos expuestos sobre dicha PWB. Además, las primeras composiciones son solubles en agua, no corrosivas, no inflamables y de baja toxicidad.

Se debería apreciar que la primera composición se puede usar en el punto de uso tal como se formula o a continuación de la dilución con agua. Preferiblemente, el diluyente es agua desionizada y el grado de dilución es de aproximadamente 1:1 a aproximadamente 10:1 (agua con respecto a concentrado de la primera composición).

La primera composición que se describe en el presente documento tiene un pH en un intervalo de aproximadamente 1 a aproximadamente 12 y se puede ajustar dependiendo del agente complejante que se usa (cuando se encuentra presente). Por ejemplo, cuando el agente complejante comprende HEDP, HEIDA o sales de los mismos, el pH de la composición será sumamente ácido, por ejemplo, en un intervalo de aproximadamente 1 a aproximadamente 4. Cuando el agente complejante comprende EDDS, el pH de la composición se puede regular de manera ventajosa mediante el uso de diferentes sales de sodio de EDDS. Por ejemplo, las composiciones que comprenden EDDS que tienen tres iones de sodio tendrán un pH en un intervalo de aproximadamente 4 a aproximadamente 8, preferiblemente de aproximadamente 5 a aproximadamente 7. Las composiciones que comprenden EDDS que tienen cuatro iones de sodio tendrán un pH en un intervalo de aproximadamente 8 a aproximadamente 12, preferiblemente de aproximadamente 9 a aproximadamente 11.

Las realizaciones preferidas de las primeras composiciones que se describen en el presente documento incluyen composiciones que comprenden, que consisten o que consisten esencialmente en (i) EDDS/H₂O₂, (ii) HEIDA/H₂O₂, y (iii) MSA, ácido nítrico, sulfamato de amonio, BTA, dietilen glicol monobutil éter y (iv) MSA, ácido nítrico, ATA.

Las primeras composiciones que se describen en el presente documento se formulan fácilmente mediante la simple

adición de los ingredientes respectivos y el mezclado a un estado homogéneo. Además, la primera composición se puede formular fácilmente como formulaciones de único paquete o formulaciones de múltiples partes que se mezclan en o antes del punto de uso, por ejemplo, las partes individuales de la formulación de múltiples partes se pueden mezclar en la herramienta o en un depósito de almacenamiento aguas arriba de la herramienta. Las concentraciones de los ingredientes respectivos se pueden variar ampliamente en múltiples específicos de la composición, es decir, más diluido o más concentrado, y se apreciará que las composiciones que se describen en el presente documento pueden, de forma diversa y alternativa, comprender, consistir o consistir esencialmente en cualquier combinación de ingredientes consistente con la divulgación en el presente documento.

El experto en la materia debería de apreciar que la soldadura une “componentes” tales como transistores, condensadores, resistencias, disipadores térmicos, circuitos integrados, conmutadores integrados, procesadores, chips, etc. a la PWB. De manera ventajosa, la primera composición se puede usar para retirar soldadura para separar los componentes de superficies de PWB adicionales hasta que la primera composición se satura con metales plomo y/o estaño. Con la retirada de la soldadura, los componentes se liberan y dichos componentes se pueden separar usando un sistema óptico en aquellos que se pueden reutilizar y se pueden volver a vender y aquellos que se pueden procesar adicionalmente para la gestión como residuo o la recuperación de materiales útiles, etc. La composición que se usa para retirar la soldadura de plomo y/o de estaño puede experimentar una electrodeposición para recuperar plomo y/o estaño puros y/o, como alternativa, se puede procesar usando una tecnología de diálisis de por difusión para concentrar los iones de metal.

El aparato para reciclar una placa de cableado impreso (PWB, *printed wire board*) puede comprender unos medios de lixiviación de metales preciosos.

Los inventores de la presente invención presentaron previamente, en la solicitud de patente internacional PCT/US2011/032675, una composición y un método de recuperación de metales preciosos, por ejemplo, oro, de los materiales que contienen metales preciosos, en donde dicho método comprendía introducir los materiales que contienen metales preciosos en una composición de lixiviación que comprende trióxido de boro. Dichos materiales que contienen metales preciosos incluyen, pero no se limitan a, desechos electrónicos (residuo electrónico) tales como las PWB y/o los componentes de PWB. Preferiblemente, el metal precioso comprende oro. Los materiales que contienen metales preciosos se podrían añadir a la composición de lixiviación tal cual, pulverizarse para dar un polvo, desmenuzarse en trozos, triturarse de tal modo que se rompe la cubierta dura (por ejemplo, plástico) y se exponen los metales que están contenidos en la misma, o en cualquier otra forma, siempre que los metales que están contenidos en los materiales que contienen metales preciosos se expongan fácilmente para su retirada con respecto a los materiales.

Durante el uso, las composiciones de lixiviación para lixiviar metales preciosos de los materiales que contienen metales preciosos se pusieron en contacto con los materiales que contienen metales preciosos durante un tiempo de aproximadamente 5 s a aproximadamente 180 minutos, preferiblemente de aproximadamente 1 min a 60 min, y lo más preferiblemente de aproximadamente 5 minutos a aproximadamente 45 minutos a una temperatura en un intervalo de aproximadamente 20 °C a aproximadamente 60 °C, preferiblemente en un intervalo de aproximadamente 20 °C a aproximadamente 40 °C. Tales temperaturas y tiempos de contacto son ilustrativos, y se pueden emplear cualesquiera otras condiciones adecuadas de tiempo y de temperatura que sean eficaces para retirar metales preciosos de los materiales que contienen metales preciosos. Durante la aplicación, la composición de lixiviación se pone en contacto de cualquier forma adecuada con el material que contiene metales preciosos, (por ejemplo, PWB y/o componentes de PWB), por ejemplo, mediante la pulverización de la composición sobre la PWB y/o los componentes de PWB, mediante la inmersión (en un volumen de la composición) de la PWB y/o los componentes de PWB, al poner en contacto la PWB y/o los componentes de PWB con otro material, por ejemplo, una almohadilla, o un elemento de aplicación de absorbente fibroso, que tiene la composición absorbida sobre el mismo, o por cualquier otro medio, forma o técnica adecuada, por medio de lo cual una composición de lixiviación se pone en contacto con la PWB y/o los componentes de PWB. Preferiblemente, la PWB y/o los componentes de PWB se sumergen completamente en un volumen de la composición de lixiviación.

Después de que los materiales que contienen metales preciosos se hayan expuesto a la composición de lixiviación, la composición de lixiviación que comprende el oro u otros metales preciosos se puede aislar de las PWB y/o los componentes de PWB y los precipitados que se pueden encontrar presentes. Las técnicas de aislamiento incluyen filtración, centrifugación, decantación, o una combinación de cualquiera de estas. El metal precioso se puede liberar de la composición de lixiviación tal como se describe en el documento PCT/US2011/032675. Por ejemplo, se puede obtener metal sólido mediante la reducción del oro u otros metales preciosos en la composición de lixiviación (por ejemplo, con un agente de reducción adecuado para tal fin).

A pesar de que durante el proceso de lixiviación de metales preciosos, en general se inhibe la disolución de metales básicos, algunos metales básicos se pueden seguir acumulando en la composición después de varios ciclos repetitivos de lixiviación. Con el fin de retirar estos metales básicos, la composición de lixiviación se puede hacer fluir a través de una columna compactada que contiene resinas de intercambio iónico, en la que los metales básicos disueltos se capturarán de forma selectiva, mientras que los iones trióxido de boro y los metales preciosos disueltos pasarán a través. Las resinas que se pueden usar para este fin son intercambiadores de cationes fuertemente

- ácidos disponibles en el mercado (por ejemplo, resinas de intercambio iónico DOWEX que son fabricadas por The Dow Chemical Company). No es necesario que la purificación de la composición de lixiviación por la retirada de metales básicos sea una parte de cada ciclo de lixiviación, pero se puede repetir con tanta frecuencia como se contamine la solución hasta el punto en el que su eficacia se vea afectada de forma negativa. Los metales básicos también se pueden retirar por medio de un revestimiento electrolítico o bien durante el proceso de lixiviación o bien después del proceso de lixiviación y el revestimiento de oro. Esto permite que los productos químicos de lixiviación se reciclen más veces, debido a que la carga de metales básicos se reduce antes de que comience de nuevo la lixiviación de oro.
- Tan pronto como el proceso de lixiviación ha terminado y la solución de triyoduro cargada se ha separado del material lixiviado, el material lixiviado se puede aclarar (por ejemplo, con agua) para recuperar la composición de lixiviación, que puede contener unas cantidades muy significativas de triyoduro y oro disuelto. Cuando el material lixiviado comprende unas PWB, una placa desnuda que comprende fibra de vidrio, chapa de cobre y restos de resina epoxídica. La composición de lixiviación se puede retirar fácilmente de la PWB a la que se ha aplicado previamente el mismo usando una composición de aclarado. Preferiblemente, la composición de aclarado comprende agua. A continuación de lo anterior, la PWB se puede secar usando nitrógeno o un ciclo de secado por centrifugación.
- El ión triyoduro se puede introducir en la composición de lixiviación mediante cualquier método conocido incluyendo, pero sin limitarse a: disolución de yodo en una solución acuosa de yoduros (por ejemplo, KI, NaI, NH₄I) o ácido yodhídrico; la generación *in situ* de yodo que reacciona con el yoduro en exceso para formar triyoduro; la oxidación de soluciones acuosas de yoduros por medio de ácido nítrico, ozono, hipoclorito y similares; y la reacción de un yoduro con un yodato en medio ácido. Varios se describen con detalle en lo sucesivo.
- El yodo (I₂) es muy costoso y presenta una baja solubilidad en agua, pero se puede generar *in situ*. El yodo en una solución acuosa de yoduro se encuentra presente como el ión triyoduro. El proceso utiliza yodo para oxidar el oro mientras que el yoduro contribuye a solubilizar el oro oxidado mediante la formación de un complejo de yoduro de oro.
- En una realización, la composición de lixiviación comprende, consiste o consiste esencialmente en al menos un agente oxidante, al menos una sal de yoduro o ácido yodhídrico y agua. En otra realización, la composición de lixiviación comprende, consiste o consiste esencialmente en al menos un agente oxidante, al menos una sal de yoduro o ácido yodhídrico, agua, opcionalmente al menos un disolvente orgánico, opcionalmente al menos un agente de pasivación de metal, opcionalmente al menos un tensioactivo, opcionalmente al menos un agente de tamponamiento. En otra realización, la composición de lixiviación comprende, consiste o consiste esencialmente en al menos un agente oxidante, al menos una sal de yoduro o ácido yodhídrico, agua, y al menos un disolvente orgánico. En aún otra realización, la composición de lixiviación comprende, consiste o consiste esencialmente en al menos un agente oxidante, al menos una sal de yoduro o ácido yodhídrico, agua, y al menos un agente de pasivación de metal. En aún otra realización, la composición de lixiviación comprende, consiste o consiste esencialmente en al menos un agente oxidante, al menos una sal de yoduro o ácido yodhídrico, agua, al menos un agente de pasivación de metal, y al menos un agente de tamponamiento. En aún otra realización, la composición de lixiviación comprende, consiste o consiste esencialmente en al menos un agente oxidante, al menos una sal de yoduro o ácido yodhídrico, agua, y al menos un tensioactivo. En otra realización más, la composición de lixiviación comprende, consiste o consiste esencialmente en al menos un agente oxidante, al menos una sal de yoduro o ácido yodhídrico, agua, al menos un disolvente orgánico, y al menos un agente de pasivación de metal. En otra realización más, la composición de lixiviación comprende, consiste o consiste esencialmente en al menos un agente oxidante, al menos una sal de yoduro o ácido yodhídrico, agua, al menos un disolvente orgánico, y al menos un tensioactivo. En otra realización más, la composición de lixiviación comprende, consiste o consiste esencialmente en al menos un agente oxidante, al menos una sal de yoduro o ácido yodhídrico, agua, al menos un tensioactivo, y al menos un agente de pasivación de metal. En otra realización más, la composición de lixiviación comprende, consiste o consiste esencialmente en al menos un agente oxidante, al menos una sal de yoduro o ácido yodhídrico, agua, al menos un disolvente orgánico, al menos un tensioactivo, y al menos un agente de pasivación de metal. Se entiende que la sal de yoduro o el ácido yodhídrico y el agente oxidante presentes en la composición de lixiviación reaccionarán para formar yodo *in situ* y el ión yoduro se encontrará en exceso, dando como resultado la formación de triyoduro. Por consiguiente, la composición de lixiviación subsiguiente a la reacción *in situ* comprenderá, consistirá o consistirá esencialmente en triyoduro y agua. En otra realización, la composición de lixiviación subsiguiente a la reacción *in situ* comprenderá, consistirá o consistirá esencialmente en triyoduro, agua, y al menos un disolvente orgánico. En aún otra realización, la composición de lixiviación subsiguiente a la reacción *in situ* comprenderá, consistirá o consistirá esencialmente en triyoduro, agua, y al menos un agente de pasivación. En aún otra realización, la composición de lixiviación subsiguiente a la reacción *in situ* comprenderá, consistirá o consistirá esencialmente en triyoduro, agua, y al menos un tensioactivo. En otra realización más, la composición de lixiviación subsiguiente a la reacción *in situ* comprenderá, consistirá o consistirá esencialmente en triyoduro, agua, al menos un disolvente orgánico, y al menos un agente de pasivación. En otra realización más, la composición de lixiviación subsiguiente a la reacción *in situ* comprenderá, consistirá o consistirá esencialmente en triyoduro, agua, al menos un disolvente orgánico, y al menos un tensioactivo. En otra realización más, la composición de lixiviación subsiguiente a la reacción *in situ* comprenderá, consistirá o consistirá esencialmente en triyoduro, agua, al menos un tensioactivo, y

al menos un agente de pasivación. En otra realización más, la composición de lixiviación subsiguiente a la reacción *in situ* comprenderá, consistirá o consistirá esencialmente en trioduro, agua, al menos un disolvente orgánico, al menos un tensioactivo, y al menos un agente de pasivación. La composición de lixiviación se formula para lixiviar selectiva y sustancialmente el oro del residuo electrónico para dar una fracción que se puede procesar adicionalmente para recuperar dicho oro. Por ejemplo, en una realización, la composición de lixiviación se puede usar para separar el oro u otros metales preciosos de los metales básicos, en la que los metales básicos permanecen como un sólido.

Los potenciales agentes oxidantes se definieron previamente en el presente documento para su uso en la primera composición. Preferiblemente, el agente oxidante en la composición de lixiviación comprende Oxone, persulfato de sodio, persulfato de amonio, persulfato de potasio, ácido nítrico, peróxido de hidrógeno, cloruro férrico, nitrato férrico, o combinaciones de los mismos. Incluso más preferiblemente, el agente oxidante en la composición de lixiviación comprende persulfato de amonio, persulfato de sodio, ácido nítrico, ácido peryódico, Oxone, hipoclorito de sodio, o combinaciones de los mismos. La cantidad de agente oxidante en la composición de lixiviación se encuentra en un intervalo de aproximadamente un 0,01 % en peso a aproximadamente un 25 % en peso, preferiblemente de aproximadamente un 1 % en peso a aproximadamente un 20 % en peso, y lo más preferiblemente de aproximadamente un 1 % en peso a aproximadamente un 10 % en peso.

Las sales de yoduro incluyen, pero no se limitan a, yoduro de litio, yoduro de sodio, yoduro de potasio, yoduro de amonio, yoduro de calcio, yoduro de magnesio y yoduros de tetraalquilamonio, en donde los grupos alquilo pueden los mismos uno que otro o diferentes uno de otro y se seleccionan de entre el grupo que consiste en alquilos C₁ - C₆ de cadena lineal (por ejemplo, metilo, etilo, propilo, butilo, pentilo, hexilo) y alquilos C₁ - C₆ ramificados. Preferiblemente, la sal de yoduro comprende yoduro de potasio. Se puede usar ácido yodhídrico en lugar de una sal de yoduro. La cantidad de sal de yoduro se encuentra en un intervalo de aproximadamente un 0,1 % en peso a aproximadamente un 50 % en peso, preferiblemente de aproximadamente un 1 % en peso a aproximadamente un 40 % en peso, y lo más preferiblemente de aproximadamente un 10 % en peso a aproximadamente un 35 % en peso.

Los potenciales disolventes orgánicos se definieron previamente en el presente documento para su uso en la primera composición. Lo más preferiblemente, cuando se encuentra presente, el disolvente orgánico en la composición de lixiviación comprende un alcohol, dietilenglicol monobutil éter, propilenglicol, dipropilenglicol n-butil éter, carbonatos tales como carbonato de etileno, y combinaciones de los mismos. Cuando se incluye, la cantidad de disolvente orgánico en la composición de lixiviación se encuentra en un intervalo de aproximadamente un 0,01 % en peso a aproximadamente un 20 % en peso, preferiblemente de aproximadamente un 1 % en peso a aproximadamente un 10 % en peso, y lo más preferiblemente de aproximadamente un 1 % en peso a aproximadamente un 5 % en peso.

Los potenciales agentes de pasivación se definieron previamente en el presente documento para su uso en la primera composición. Cuando se incluye, la cantidad de agente de pasivación en la composición de lixiviación se encuentra en un intervalo de aproximadamente un 0,01 % en peso a aproximadamente un 10 % en peso, preferiblemente de aproximadamente un 0,05 % en peso a aproximadamente un 5 % en peso, y lo más preferiblemente de aproximadamente un 0,05 % en peso a aproximadamente un 2 % en peso.

Los tensioactivos que se contemplan incluyen, pero no se limitan a, ácidos y bases, tensioactivos no iónicos, tensioactivos aniónicos, tensioactivos catiónicos, tensioactivos zwitteriónicos, y combinaciones de los mismos. Los tensioactivos ácidos o básicos preferidos incluyen, pero no se limitan a, tensioactivos que tienen una funcionalidad de ácido o de base ("cabeza") y un grupo hidrocarburo de cadena lineal o ramificada ("cola") y/o tensioactivos que tienen una funcionalidad de ácido ("cabeza") y un grupo hidrocarburo perfluorado ("cola"). Las funcionalidades de ácido o de base preferidas incluyen fosfórico, fosfónico, monoésteres fosfónicos, monoésteres y diésteres de fosfato, ácidos carboxílicos, monoésteres de ácido dicarboxílico, mono- y diésteres de ácido tricarboxílico, monoésteres de sulfato, ácidos sulfónicos, aminas, y sales de los mismos. Los grupos hidrocarburo tienen preferiblemente al menos 10, por ejemplo, 10 - 20, átomos de carbono (por ejemplo, decilo, undecilo, dodecilo, tridecilo, tetradecilo, pentadecilo, hexadecilo, heptadecilo, octadecilo, nonadecilo, eicosilo), excepto por que se prefieren unos grupos de hidrocarburo algo más cortos de 6 - 16 carbonos (por ejemplo, hexilo, 2-etilhexilo, dodecilo) en los que la molécula contiene dos cadenas de alquilo, tal como en diésteres de fosfato y monoésteres de fosfonato. Los grupos hidrocarburo perfluorados tienen preferiblemente 7 - 14 átomos de carbono (por ejemplo, heptilo, octilo, nonilo, decilo, undecilo, dodecilo, tridecilo, tetradecilo). Los tensioactivos preferidos incluyen ácido decilfosfónico, ácido dodecilfosfónico, ácido tetradecilfosfónico, ácido hexadecilfosfónico, fosfato de bis(2-etilhexilo), ácido octadecilfosfónico, ácido perfluoroheptanoico, ácido prefluorodecanoico, ácido trifluorometanosulfónico, ácido fosfonoacético, ácido dodecilbencenosulfónico y dodecilamina.

Los tensioactivos no iónicos que se contemplan incluyen, pero no se limitan a, polioxietileno lauril éter (Emalmin NL-100 (Sanyo), Brij 30, Brij 98), monodietanol amida de ácido dodecenilsuccínico (DSDA, Sanyo), etilendiamina tetrakis (etoxilato-bloque-propoxilato) tetrol (Tetronic 90R4), polioxietileno polioxipropileno glicol (Newpole PE-68 (Sanyo), Pluronic L31, Pluronic 31R1), éter de polioxipropileno sucrosa (SN008S, Sanyo), t-octilfenoxipoliolietanol (Triton X100), Polioxietileno (9) nonilfenil éter, ramificado (IGEPAL CO-250), hexaoleato de polioxietileno sorbitol,

5 tetraoleato de polioxietilen sorbitol, monooleato de polietilen glicol sorbitano (Tween 80), monooleato de sorbitano (Span 80), alquil-poliglucósido, perfluorobutirato de etilo, 1,1,3,3,5,5-hexametil-1,5-bis[2-(5-norbornen-2-il)etil]trisiloxano, derivados de octadecilsilano monoméricos tales como SIS6952,0 (Siliclad, Gelest), polisilazano modificado con siloxano tal como PP1-SG10 Siliclad Glide 10 (Gelest), copolímeros de silicona - poliéter tales como Silwet L-77 (Setre Chemical Company), Silwet ECO Spreader (Momentive) y etoxilatos de alcohol (Natsurf™ 265, Croda).

10 Los tensioactivos catiónicos que se contemplan incluyen, pero no se limitan a, ácido heptadecanofluorooctano sulfónico tetraetilamonio, cloruro de estearil trimetilamonio (Econol TMS-28, Sanyo), bromuro de 4-(4-dietilaminofenilazo)-1-(4-nitrobencil) piridio, cloruro de cetilpiridinio monohidratado, cloruro de benzalconio, cloruro de bencetonio, cloruro de bencildimetildodecilamonio, cloruro de bencildimetilhexadecilamonio, bromuro de hexadeciltrimetilamonio, cloruro de dimetildiodecilamonio, cloruro de dodeciltrimetilamonio, hexadeciltrimetilamonio p-toluenosulfonato, bromuro de didodecildimetilamonio, cloruro de di(sebo hidrogenado)dimetilamonio, bromuro de tetraheptilamonio, bromuro de tetrakis(decil)amonio, Aliquat® 336 y bromuro de oxifenonio. Los grupos hidrocarburo tienen preferiblemente al menos 10, por ejemplo, 10 - 20, átomos de carbono (por ejemplo, decilo, undecilo, dodecilo, tridecilo, tetradecilo, pentadecilo, hexadecilo, heptadecilo, octadecilo, nonadecilo, eicosilo), excepto por que se prefieren unos grupos de hidrocarburo algo más cortos de 6 - 20 carbonos (por ejemplo, hexilo, 2-etilhexilo, dodecilo) en los que la molécula contiene dos cadenas de alquilo funcionalizadas, tal como en cloruro de dimetildiodecilamonio, bromuro de dimetildihexadecilamonio y cloruro de di(sebo hidrogenado)dimetilamonio.

25 Los tensioactivos aniónicos que se contemplan incluyen, pero no se limitan a, polioxietilen lauril éter de sodio, dihexilsulfosuccinato de sodio, sal de dicitohexil sulfosuccinato de sodio, 7-etil-2-metil-4-undecil sulfato de sodio (Tergitol 4), SODOSIL RM02, y fluorotensioactivos de fosfato tales como Zonyl FSJ.

Los tensioactivos zwitteriónicos incluyen, pero no se limitan a, alquilaminas de óxido de etileno (AOA-8, Sanyo), N-óxido de N,N-dimetildodecilamina, cocaminpropinato de sodio (LebonApl-D, Sanyo), 3-(N,N-dimetilmiristilamonio)propanosulfonato y (3-(4-heptil)fenil-3-hidroxipropil)dimetilamoniopropanosulfonato.

30 Opcionalmente, se pueden añadir ácidos inorgánicos a las composiciones de lixiviación. Por ejemplo, la composición de lixiviación puede incluir adicionalmente ácido sulfúrico, clorhídrico, bromhídrico o yodhídrico.

35 El pH de la composición de lixiviación es preferiblemente de aproximadamente 3 a aproximadamente 10, más preferiblemente de aproximadamente 4 a aproximadamente 8 y lo más preferiblemente de aproximadamente 6 a aproximadamente 8. En una realización preferida, se añade un agente de tamponamiento para mantener el pH de la composición de lixiviación en el intervalo de aproximadamente 5 a aproximadamente 8. Los agentes de tamponamiento se conocen bien en la técnica y pueden incluir, por ejemplo, tampón de fosfato tal como fosfato de monosodio / fosfato de disodio o fosfato de monopotasio / fosfato de dipotasio.

40 Las composiciones de lixiviación se formulan fácilmente mediante la simple adición de los ingredientes respectivos y el mezclado a un estado homogéneo. Además, las composiciones se pueden formular fácilmente como formulaciones de múltiples partes que se mezclan en o antes del punto de uso, por ejemplo, las partes individuales de la formulación de múltiples partes se pueden mezclar en la herramienta o en un depósito de almacenamiento aguas arriba de la herramienta. Las concentraciones de los ingredientes respectivos se pueden variar ampliamente en múltiples específicos de la composición, es decir, más diluido o más concentrado, y se apreciará que las composiciones pueden, de forma diversa y alternativa, comprender, consistir o consistir esencialmente en cualquier combinación de ingredientes consistente con la divulgación en el presente documento.

50 Preferiblemente, en una realización, la composición de lixiviación comprende, consiste o consiste esencialmente en yoduro de potasio, persulfato de sodio y agua, más preferiblemente de aproximadamente un 20 % en peso a aproximadamente un 30 % en peso de yoduro de potasio, de aproximadamente un 4 % en peso a aproximadamente un 10 % en peso de persulfato de sodio y agua. En otra realización, la composición de lixiviación comprende, consiste o consiste esencialmente en yoduro de potasio, persulfato de amonio y agua, más preferiblemente de aproximadamente un 20 % en peso a aproximadamente un 30 % en peso de yoduro de potasio, de aproximadamente un 4 % en peso a aproximadamente un 10 % en peso de persulfato de amonio y agua. En otra realización más, la composición de lixiviación comprende, consiste o consiste esencialmente en yoduro de potasio, persulfato de sodio, BTA y agua. En otra realización más, la composición de lixiviación comprende, consiste o consiste esencialmente en yoduro de potasio, persulfato de sodio, BTA, tampón de fosfato y agua. En aún otra realización, la composición de lixiviación comprende, consiste o consiste esencialmente en yoduro de potasio, ácido nítrico y agua. En otra realización, la composición de lixiviación comprende, consiste o consiste esencialmente en yoduro de potasio, ácido peryódico, ácido clorhídrico y agua. La composición de lixiviación en otra realización comprende, consiste o consiste esencialmente en yoduro de potasio, Oxone y agua. En aún otra realización, la composición de lixiviación comprende, consiste o consiste esencialmente en yoduro de potasio, hipoclorito de sodio, ácido clorhídrico y agua. En otra realización más, la composición de lixiviación comprende, consiste o consiste esencialmente en yoduro de potasio, yodo generado *in situ* y agua. Las composiciones de lixiviación están sustancialmente desprovistas de agua regia y componentes que contienen cianuro. Preferiblemente, las

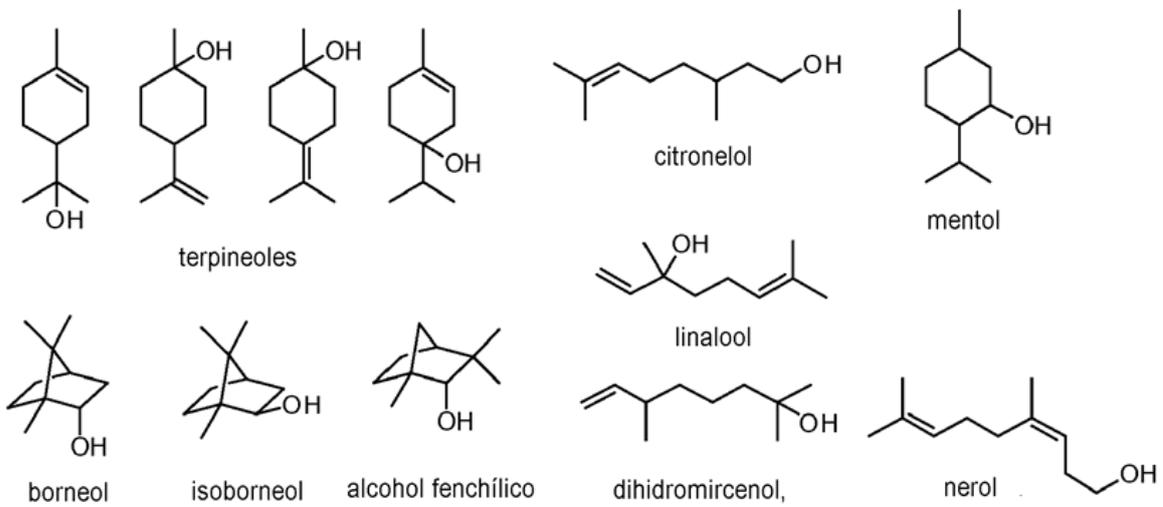
composiciones de lixiviación son solubles en agua, no corrosivas, no inflamables y de baja toxicidad.

El experto en la materia debería de apreciar que, una vez que el oro u otros metales preciosos se han lixiviado de las PWB y/o los componentes de PWB, el material o materiales restantes se puede desechar, reciclar o experimentar una recuperación adicional. A continuación de la extracción / lixiviación del oro u otros metales preciosos a la composición de lixiviación, el oro u otros metales preciosos se pueden obtener mediante la reducción de los iones de metal, tal como se analiza con detalle en el documento PCT/US2011/032675. Preferiblemente, el agente de reducción es un así denominado producto químico respetuoso con el medio ambiente. Los agentes de reducción preferidos incluyen, pero no se limitan a, ácido ascórbico, malonato de dietilo, metabisulfito de sodio, Polyphenon 60 (P60, extracto de té verde), glucosa y citrato de sodio. Por ejemplo, tal como se menciona en la solicitud de patente provisional de EE. UU. con n.º 61/375.273 presentada el 20 de agosto de 2010 y titulada "*Sustainable Process for Reclaiming Precious Metals and Base Metals from e-Waste*", que se incorpora por la presente por referencia en el presente documento en su totalidad, el ácido ascórbico que se introduce en una composición que comprende iones Au^{3+} a pH 1 produce metal oro sumamente puro. El metabisulfito de sodio (SMB) se puede añadir a una composición que comprende iones Au^{3+} a pH 1 o pH 7 y producir metal oro sumamente puro. Como alternativa, los iones oro se pueden convertir en metal oro por medio de técnicas de electrodeposición o electroquímicas. Se puede usar cualquier medio adecuado para retirar el oro precipitado. La sedimentación y la decantación, el filtrado de la solución a través de una prensa de filtro o la centrifugación son procedimientos convenientes para tal retirada.

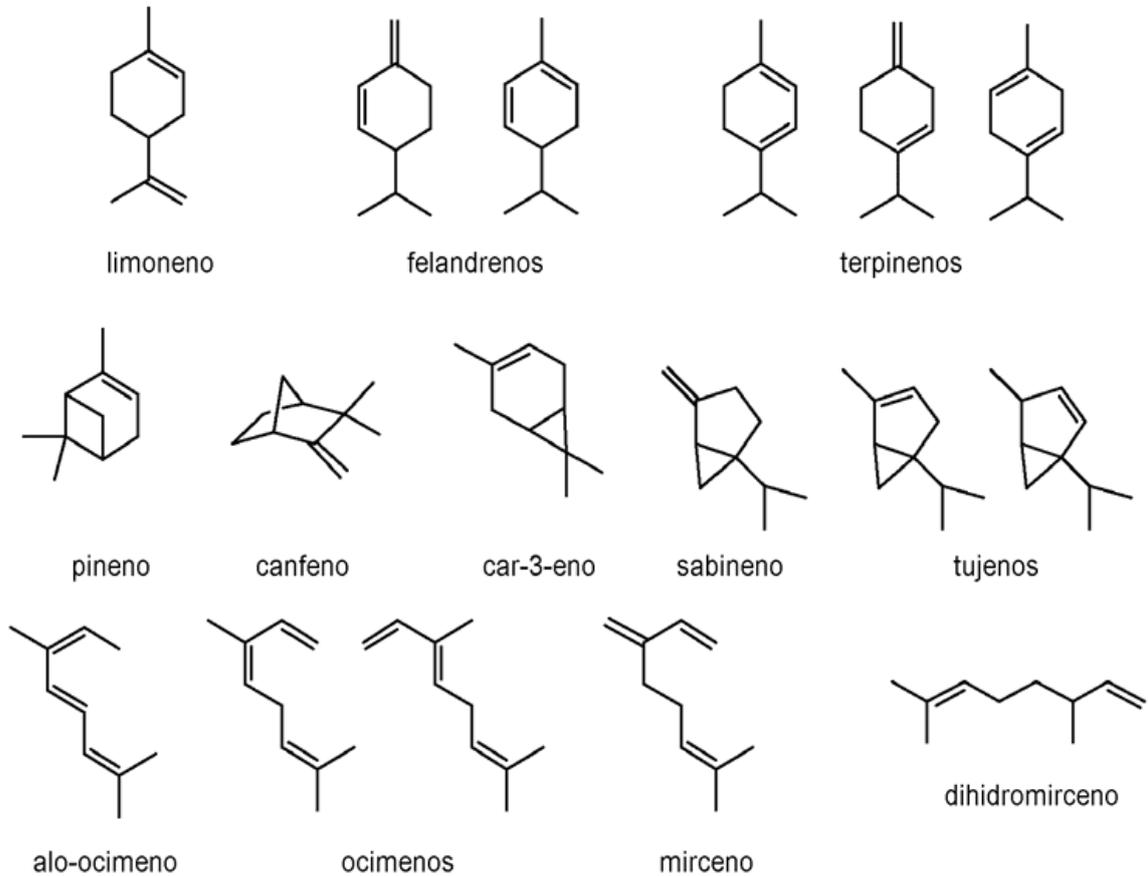
También se contempla que la composición de lixiviación se pueda usar para separar de forma simultánea carbono y los metales preciosos de los materiales sólidos de la PWB. En concreto, el módulo de lixiviación de metales preciosos puede comprender adicionalmente unos medios para la flotación de espuma, en los que la flotación de espuma se usa para separar el carbono de los otros materiales. La flotación de espuma emplea un agente de formación de espuma, que genera una capa espumosa estable (la "espuma") encima de una columna acuosa, y un agente colector que sirve para concentrar el carbono en la capa de espuma. En general, el método de separación de carbono del residuo electrónico comprende poner en contacto el residuo electrónico que comprende dicho carbono y metales preciosos con la composición de lixiviación, comprendiendo dicha composición de lixiviación trioduro tal como se describe en el presente documento y al menos un agente de formación de espuma y al menos un agente colector para formar una mezcla; generar una capa de espuma y una capa de líquido; y separar la capa de espuma de una capa de líquido, en el que la capa de espuma comprende el carbono y la capa de líquido comprende el metal precioso. El residuo electrónico sólido restante se puede desechar o procesar adicionalmente. La capa de espuma se genera mediante la introducción de un gas a través de la mezcla.

La mezcla que comprende el residuo electrónico, trioduro, al menos un agente de formación de espuma y al menos un agente colector preferiblemente se agita, por ejemplo, se revuelve, tal como entenderá fácilmente el experto en la materia. La flotación se puede realizar a temperatura ambiente en celdas o depósitos agitados por medios mecánicos rectangulares o cilíndricos, columnas de flotación, celdas de Jameson o máquinas de flotación de destintado. Se debería apreciar que el gas que se introduce para producir la espuma puede comprender aire, nitrógeno, oxígeno, argón, helio, dióxido de carbono, monóxido de dinitrógeno, hidrógeno, y cualquier combinación de los mismos. Preferiblemente el gas comprende aire y la espuma se produce mediante burbujeo. El experto en la materia debería de apreciar que la tasa de burbujeo se determina fácilmente para efectuar la formación de la espuma. Se puede introducir gas en las celdas, depósitos o columnas usando tubos fritos. La capa de espuma se puede separar fácilmente de la capa de líquido mediante "despumación" o raspado, de otro modo, de la espuma de la capa de líquido, tal como entenderá fácilmente el experto en la materia. Además, se puede permitir que la capa de espuma rebose del borde de la celda o recipiente sin despumación o raspado. A continuación de la separación de la capa de espuma de la capa de líquido, la capa de espuma se puede procesar para recuperar el material carbonáceo concentrado que está contenido en la misma, y la capa de líquido se puede procesar para recuperar el metal precioso. El residuo electrónico sólido restante se puede desechar o procesar adicionalmente. Preferiblemente, la capa de líquido es acuosa.

A pesar de que no se desea quedar limitado por la teoría, se cree que el agente de formación de espuma reduce la tensión superficial del agua para estabilizar las burbujas de aire ascendentes dando una capa de espuma sobre la que se recogen materiales hidrófilos, por ejemplo, carbono. El al menos un agente de formación de espuma es preferiblemente respetuoso con el medio ambiente y comprende terpenos formalmente hidratados que incluyen, pero no se limitan a, terpineoles, citronelol, mentol, linalool, borneol, isoborneol, alcohol fenchílico, dihidromircenol, nerol, y combinaciones de los mismos, tal como se ilustra en lo sucesivo. Otros agentes de formación de espuma incluyen metil isobutil carbinol (MIBC). El agente de formación de espuma preferiblemente está sustancialmente desprovisto de metil isobutil carbinol y otros agentes de formación de espuma que se obtienen a partir de recursos no renovables. Preferiblemente, el agente de formación de espuma comprende un terpineol.



A pesar de que no se desea quedar limitado por la teoría, se cree que el agente colector se adsorbe de forma preferente en uno de los componentes en la mezcla, por ejemplo, carbono, lo que lo hace más hidrófobo de tal modo que el mismo se asocia con las burbujas de aire ascendentes. El al menos un agente colector es preferiblemente respetuoso con el medio ambiente y comprende terpenos de hidrocarburo insaturados que incluyen, pero no se limitan a, limoneno, felandrenos, terpinenos, pineno, canfeno, car-3-eno, sabineno, tujenos, alo-ocimeno, ocimenos, mirceno, dihidromirceno, y combinaciones de los mismos, tal como se ilustra en lo sucesivo. El agente colector preferiblemente está sustancialmente desprovisto de queroseno y otros agentes colectores que se obtienen a partir de recursos no renovables. Preferiblemente, el agente de captación comprende limoneno.



15

Preferiblemente, el agente colector comprende limoneno y el agente de formación de espuma comprende un terpineol.

Por consiguiente, en otra realización más, se describe un aparato para reciclar una PWB y/o un componente de PWB, comprendiendo dicho aparato unos medios de retirada de carbono y de metales preciosos que comprenden: un módulo de lixiviación de metales preciosos que comprende un recipiente para una composición de lixiviación que comprende trioduro, al menos un agente de formación de espuma, y al menos un agente colector; un módulo de aclarado; y un módulo de secado.

Preferiblemente, el aparato se diseña de tal modo que la PWB y/o el componente de PWB se mueve de forma automática o manual desde el módulo de lixiviación de metales preciosos hasta el módulo de aclarado y hasta el módulo de secado. En una realización particularmente preferida, la PWB y/o el componente de PWB se mueve sobre una cinta transportadora, rodillos de transporte o ruedas de transporte a través del aparato. Preferiblemente, los componentes de PWB se pulverizan.

En lo que respecta a la composición de lixiviación, la composición de lixiviación para retirar carbono y metales preciosos de residuo electrónico comprende, consiste o consiste esencialmente en al menos un agente oxidante, al menos una sal de yoduro o ácido yodhídrico, al menos un agente de formación de espuma, al menos un agente colector y agua. En otra realización, la composición de lixiviación comprende, consiste o consiste esencialmente en al menos un agente oxidante, al menos una sal de yoduro o ácido yodhídrico, agua, al menos un agente de formación de espuma, al menos un agente colector, y al menos un disolvente orgánico. En aún otra realización, la composición de lixiviación comprende, consiste o consiste esencialmente en al menos un agente oxidante, al menos una sal de yoduro o ácido yodhídrico, agua, al menos un agente de formación de espuma, al menos un agente colector, y al menos un agente de pasivación de metal. En aún otra realización, la composición de lixiviación comprende, consiste o consiste esencialmente en al menos un agente oxidante, al menos una sal de yoduro o ácido yodhídrico, agua, al menos un agente de pasivación de metal, al menos un agente de formación de espuma, al menos un agente colector, y al menos un agente de tamponamiento. En aún otra realización, la composición de lixiviación comprende, consiste o consiste esencialmente en al menos un agente oxidante, al menos una sal de yoduro o ácido yodhídrico, agua, al menos un agente de formación de espuma, al menos un agente colector, y al menos un tensioactivo. En otra realización más, la composición de lixiviación comprende, consiste o consiste esencialmente en al menos un agente oxidante, al menos una sal de yoduro o ácido yodhídrico, agua, al menos un disolvente orgánico, al menos un agente de formación de espuma, al menos un agente colector, y al menos un agente de pasivación de metal. En otra realización más, la composición de lixiviación comprende, consiste o consiste esencialmente en al menos un agente oxidante, al menos una sal de yoduro o ácido yodhídrico, agua, al menos un disolvente orgánico, al menos un agente de formación de espuma, al menos un agente colector, y al menos un agente de pasivación de metal. En otra realización más, la composición de lixiviación comprende, consiste o consiste esencialmente en al menos un agente oxidante, al menos una sal de yoduro o ácido yodhídrico, agua, al menos un tensioactivo, al menos un agente de formación de espuma, al menos un agente colector, y al menos un agente de pasivación de metal. Se entiende que la sal de yoduro o el ácido yodhídrico y el agente oxidante presentes en la composición de lixiviación reaccionarán para formar yodo *in situ* y el ión yoduro se encontrará en exceso, dando como resultado la formación de trioduro. Por consiguiente, la composición de lixiviación subsiguiente a la reacción *in situ* comprenderá, consistirá o consistirá esencialmente en trioduro, al menos un agente de formación de espuma, al menos un agente colector y agua. En otra realización, la composición de lixiviación subsiguiente a la reacción *in situ* comprenderá, consistirá o consistirá esencialmente en trioduro, agua, al menos un agente de formación de espuma, al menos un agente colector, y al menos un disolvente orgánico. En aún otra realización, la composición de lixiviación subsiguiente a la reacción *in situ* comprenderá, consistirá o consistirá esencialmente en trioduro, agua, al menos un agente de formación de espuma, al menos un agente colector, y al menos un agente de pasivación. En aún otra realización, la composición de lixiviación subsiguiente a la reacción *in situ* comprenderá, consistirá o consistirá esencialmente en trioduro, agua, al menos un agente de formación de espuma, al menos un agente colector, y al menos un tensioactivo. En otra realización más, la composición de lixiviación subsiguiente a la reacción *in situ* comprenderá, consistirá o consistirá esencialmente en trioduro, agua, al menos un disolvente orgánico, al menos un agente de formación de espuma, al menos un agente colector, y al menos un agente de pasivación. En otra realización más, la composición de lixiviación subsiguiente a la reacción *in situ* comprenderá, consistirá o consistirá esencialmente en trioduro, agua, al menos un agente de formación de espuma, al menos un agente colector, y al menos un tensioactivo. En otra realización más, la composición de lixiviación subsiguiente a la reacción *in situ* comprenderá, consistirá o consistirá esencialmente en trioduro, agua, al menos un agente de formación de espuma, al menos un agente colector, y al menos un agente de pasivación. En otra realización más, la composición de lixiviación subsiguiente a la reacción *in situ* comprenderá, consistirá o consistirá esencialmente en trioduro, agua, al menos un disolvente orgánico, al menos un tensioactivo, al menos un agente de formación de espuma, al menos un agente colector, y al menos un agente de pasivación.

REIVINDICACIONES

1. Un aparato para procesar placas de cableado impreso (PWB) de desecho que comprenden un componente o componentes, comprendiendo dicho aparato:
- 5 (a) un módulo de retirada mecánica de soldadura, en el que el módulo de retirada mecánica de soldadura efectúa la retirada mecánica de al menos una porción de la soldadura de una superficie de la PWB;
- (b) un módulo de retirada química de soldadura, en el que el módulo de retirada química de soldadura efectúa la retirada química de al menos una porción de la soldadura de la superficie de la PWB; y
- 10 (c) un módulo de calentamiento que está colocado aguas arriba y/o aguas abajo del módulo de retirada química de soldadura,
- en el que los módulos están unidos entre sí de forma contigua, en el que el módulo de calentamiento comprende un mecanismo de calentamiento que se calienta de 1 °C a 20 °C por debajo del punto de fusión de la resina epoxídica o la soldadura, y en el que un componente o componentes se separan de la PWB usando dicho aparato.
- 15 2. El aparato de acuerdo con la reivindicación 1, en el que el módulo de retirada mecánica de soldadura comprende (a) unos medios de retirada mecánica de soldadura que se seleccionan de entre el grupo que consiste en al menos una cuchilla, materiales abrasivos, una trituradora o trituradoras y agua a alta presión y, opcionalmente, (b) al menos un agitador que se selecciona de entre el grupo que consiste en al menos un cepillo, un rastrillo, gases soplados y líquidos soplados para ayudar a la retirada de soldadura de la superficie.
- 20 3. El aparato de acuerdo con las reivindicaciones 1 o 2, en el que el módulo de retirada química de soldadura comprende un recipiente para una primera composición y al menos un agitador, en el que la PWB se sumerge completa o parcialmente en la primera composición.
- 25 4. El aparato de acuerdo con la reivindicación 1, en el que el módulo de calentamiento comprende al menos un agitador que se selecciona de entre el grupo que consiste en cepillos, gases presurizados, líquidos presurizados, rastrillos, energía sónica y energía de láser.
- 30 5. El aparato de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que la primera composición comprende al menos un agente oxidante.
6. El aparato de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones precedentes, que comprende adicionalmente al menos un módulo de aclarado que está colocado aguas abajo del módulo de retirada química de soldadura.
- 35 7. El aparato de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones precedentes, que comprende adicionalmente un módulo de lixiviación de metales preciosos.
8. El aparato de acuerdo con la reivindicación 7, en el que el módulo de lixiviación de metales preciosos comprende un recipiente para una composición de lixiviación que comprende trioduro.
- 40 9. El aparato de acuerdo con la reivindicación 5, en el que el al menos un agente oxidante comprende una especie que se selecciona de entre el grupo que consiste en ozono, ácido nítrico, aire burbujeado, ácido ciclohexilaminosulfónico, peróxido de hidrógeno, Oxone, peroxomonosulfato de amonio, clorito de amonio, clorato de amonio, yodato de amonio, perborato de amonio, perclorato de amonio, peryodato de amonio, persulfato de amonio, hipoclorito de amonio, persulfato de sodio, hipoclorito de sodio, yodato de potasio, permanganato de potasio, persulfato de potasio, persulfato de potasio, hipoclorito de potasio, clorito de tetrametilamonio, clorato de tetrametilamonio, yodato de tetrametilamonio, perborato de tetrametilamonio, perclorato de tetrametilamonio, peryodato de tetrametilamonio, persulfato de tetrametilamonio, peroxomonosulfato de tetrabutilamonio, ácido peroxomonsulfúrico, peróxido de hidrógeno urea, ácido peracético, nitrato de sodio, nitrato de potasio, nitrato de amonio, ácido sulfúrico, ácido metanosulfónico, ácido etanosulfónico, ácido 2-hidroxi-etanosulfónico, ácido n-propanosulfónico, ácido isopropanosulfónico, ácido isobutenosulfónico, ácido n-butanosulfónico, ácido n-octanosulfónico, ácido bencenosulfónico, ácido 4-metoxibencenosulfónico, ácido 4-hidroxibencenosulfónico, ácido 4-aminobencenosulfónico, ácido 4-nitrobencenosulfónico, ácido toluenosulfónico, ácido hexilbencenosulfónico, ácido heptilbencenosulfónico, ácido octilbencenosulfónico, ácido nonilbencenosulfónico, ácido decilbencenosulfónico, ácido undecilbencenosulfónico, ácido dodecilbencenosulfónico, ácido tridecilbencenosulfónico, ácido tetradecilbenceno sulfónico, ácido hexadecilbenceno sulfónico, ácido 3-nitrobencenosulfónico, ácido 2-nitrobencenosulfónico, ácido 2-nitronaftalenosulfónico, ácido 3-nitronaftalenosulfónico, ácido 2,3-dinitrobencenosulfónico, ácido 2,4-dinitrobencenosulfónico, ácido 2,5-dinitrobencenosulfónico, ácido 2,6-dinitrobencenosulfónico, ácido 3,5-dinitrobencenosulfónico, ácido 2,4,6-trinitrobencenosulfónico, ácido 3-aminobencenosulfónico, ácido 2-aminobencenosulfónico, ácido 2-aminonaftalenosulfónico, ácido 3-aminonaftalenosulfónico, ácido 2,3-diaminobencenosulfónico, ácido 2,4-diaminobencenosulfónico, ácido 2,5-diaminobencenosulfónico, ácido 2,6-diaminobencenosulfónico, ácido 3,5-diaminobencenosulfónico, ácido 2,4,6-triaminobencenosulfónico, ácido 3-hidroxibencenosulfónico, ácido 2-hidroxibencenosulfónico, ácido 2-hidroxinaftalenosulfónico, ácido 3-hidroxinaftalenosulfónico, ácido 2,3-dihidroxibencenosulfónico, ácido 2,4-dihidroxibencenosulfónico, ácido 2,5-dihidroxibencenosulfónico, ácido 2,6-dihidroxibencenosulfónico, ácido 3,5-
- 65

dihidroxibencenosulfónico, ácido 2,3,4-trihidroxibencenosulfónico, ácido 2,3,5-trihidroxibencenosulfónico, ácido 2,3,6-trihidroxibencenosulfónico, ácido 2,4,5-trihidroxibencenosulfónico, ácido 2,4,6-trihidroxibencenosulfónico, ácido 3,4,5-trihidroxibencenosulfónico, ácido 2,3,4,5-tetrahidroxibencenosulfónico, ácido 2,3,4,6-tetrahidroxibencenosulfónico, ácido 2,3,5,6-tetrahidroxibencenosulfónico, ácido 2,4,5,6-tetrahidroxibencenosulfónico, ácido 3-metoxibencenosulfónico, ácido 2-metoxibencenosulfónico, ácido 2,3-dimetoxibencenosulfónico, ácido 2,4-dimetoxibencenosulfónico, ácido 2,5-dimetoxibencenosulfónico, ácido 2,6-dimetoxibencenosulfónico, ácido 3,5-dimetoxibencenosulfónico, ácido 2,4,6-trimetoxibencenosulfónico, y combinaciones de los mismos.

10. El aparato de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 7-8, que comprende adicionalmente al menos un módulo de aclarado que está colocado aguas abajo del módulo de lixiviación de metales preciosos.

11. El aparato de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 7-8 o 10, en el que el metal precioso comprende al menos una especie que se selecciona de entre el grupo que consiste en oro, plata, paladio, platino, rodio, iridio, osmio, renio y rutenio.

12. El aparato de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que el componente o componentes comprenden una especie que se selecciona de entre el grupo que consiste en transistores, condensadores, disipadores térmicos, circuitos integrados, resistencias, conmutadores integrados, chips y procesadores.

13. El aparato de acuerdo con la reivindicación 3, en el que un tambor que comprende las PWB se puede insertar en el recipiente que comprende la primera composición.

14. El aparato de acuerdo con la reivindicación 7, que comprende adicionalmente un módulo de trituración.

15. Un método de reciclaje de placas de cableado impreso (PWB) de desecho que comprenden un componente o componentes, comprendiendo dicho método:

retirar al menos una porción de soldadura de una superficie de la PWB usando un retirador mecánico de soldadura, en el que el retirador mecánico de soldadura comprende unos medios de retirada mecánica de soldadura que se seleccionan de entre el grupo que consiste en al menos una cuchilla, materiales abrasivos, una trituradora o trituradoras y agua a alta presión y, opcionalmente, al menos un agitador que se selecciona de entre el grupo que consiste en al menos un cepillo, un rastrillo, gases soplados y líquidos soplados para la retirada mecánica de soldadura de la superficie;

retirar al menos una porción de la soldadura de la superficie de la PWB usando un retirador químico de soldadura, en el que el retirador químico de soldadura comprende un recipiente para una primera composición y al menos un agitador, en el que la PWB se sumerge completa o parcialmente en la primera composición, y

retirar al menos una carcasa o un componente o componentes de una superficie de la PWB usando un módulo de calentamiento, en el que el módulo de calentamiento está colocado aguas arriba y/o aguas abajo del módulo de retirada química de soldadura y comprende un mecanismo de calentamiento que se calienta de 1 °C a 20 °C por debajo del punto de fusión de la resina epoxídica o la soldadura,

en el que el retirador mecánico de soldadura y el retirador químico de soldadura están unidos entre sí de forma contigua, y en el que un componente o componentes se separan de la PWB usando el método.

16. El método de acuerdo con la reivindicación 15, en el que la primera composición comprende al menos un agente oxidante.

17. El método de acuerdo con la reivindicación 15, que comprende adicionalmente retirar al menos un metal precioso de la PWB usando una composición de lixiviación, en el que el metal precioso comprende al menos una especie que se selecciona de entre el grupo que consiste en oro, plata, paladio, platino, rodio, iridio, osmio, renio y rutenio.

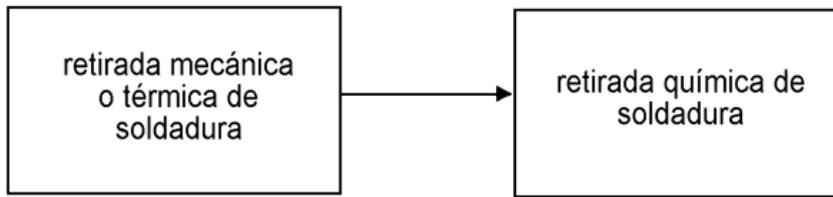


FIGURA 1

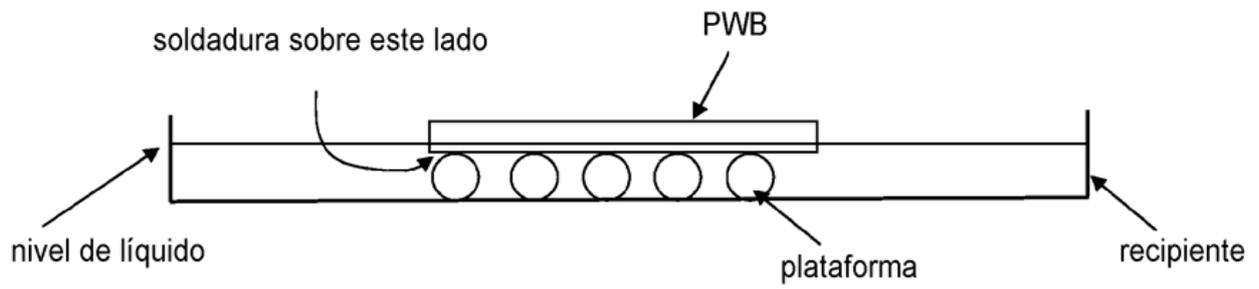


FIGURA 2

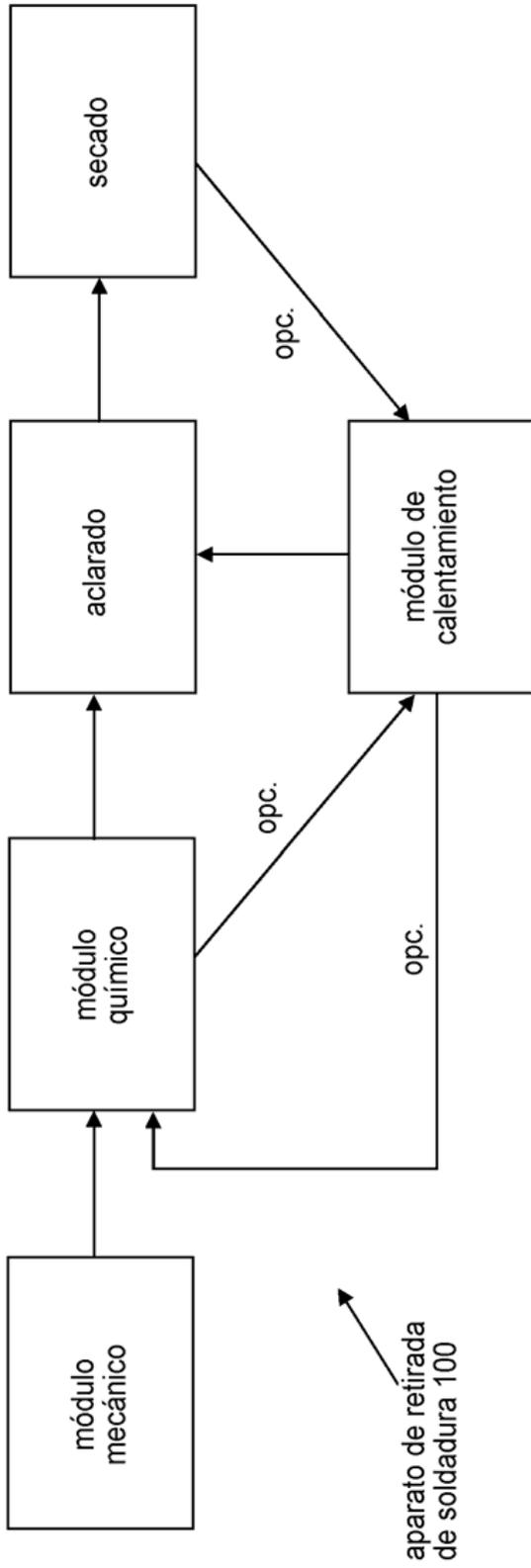


FIGURA 3

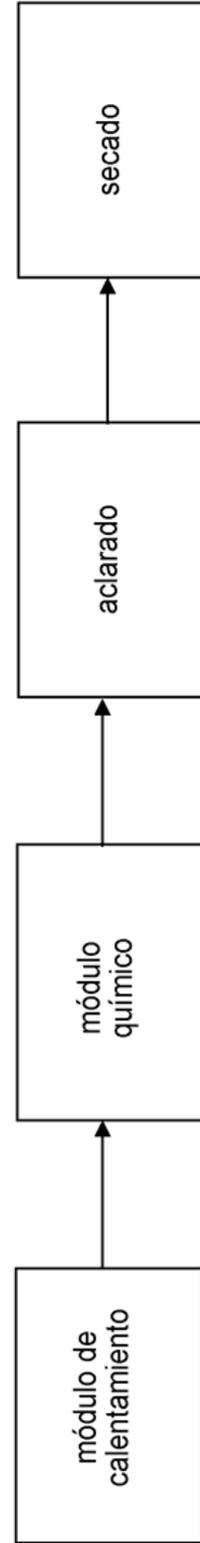


FIGURA 4

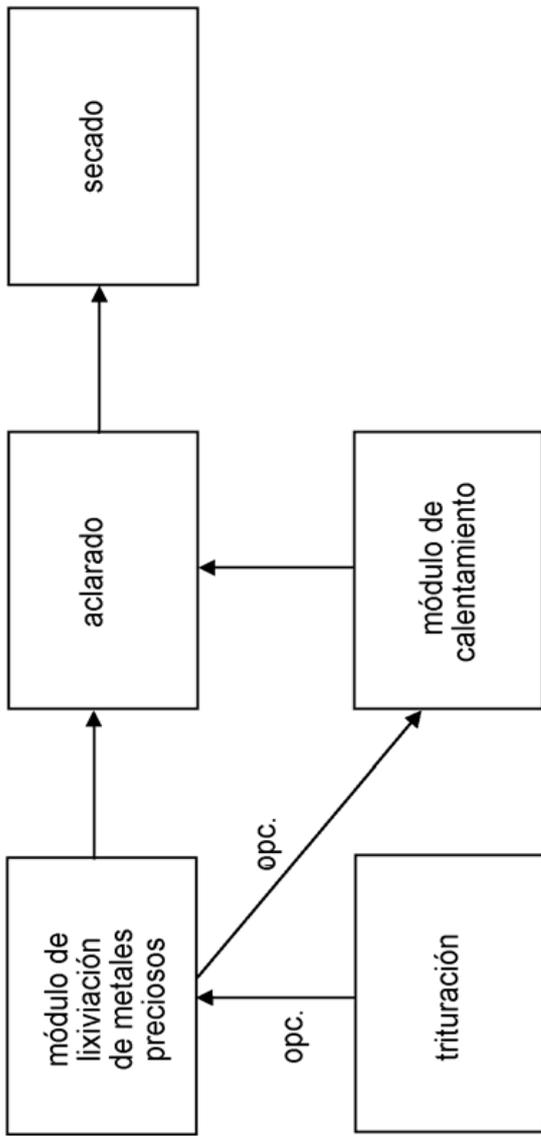


FIGURA 5

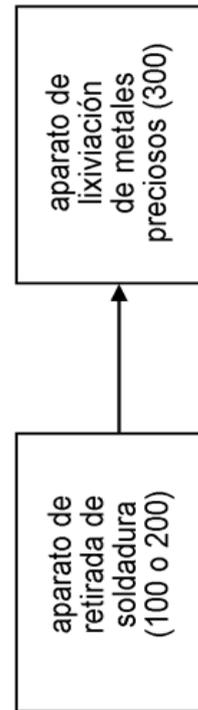


FIGURA 6

aparato de lixiviación de metales preciosos (300)

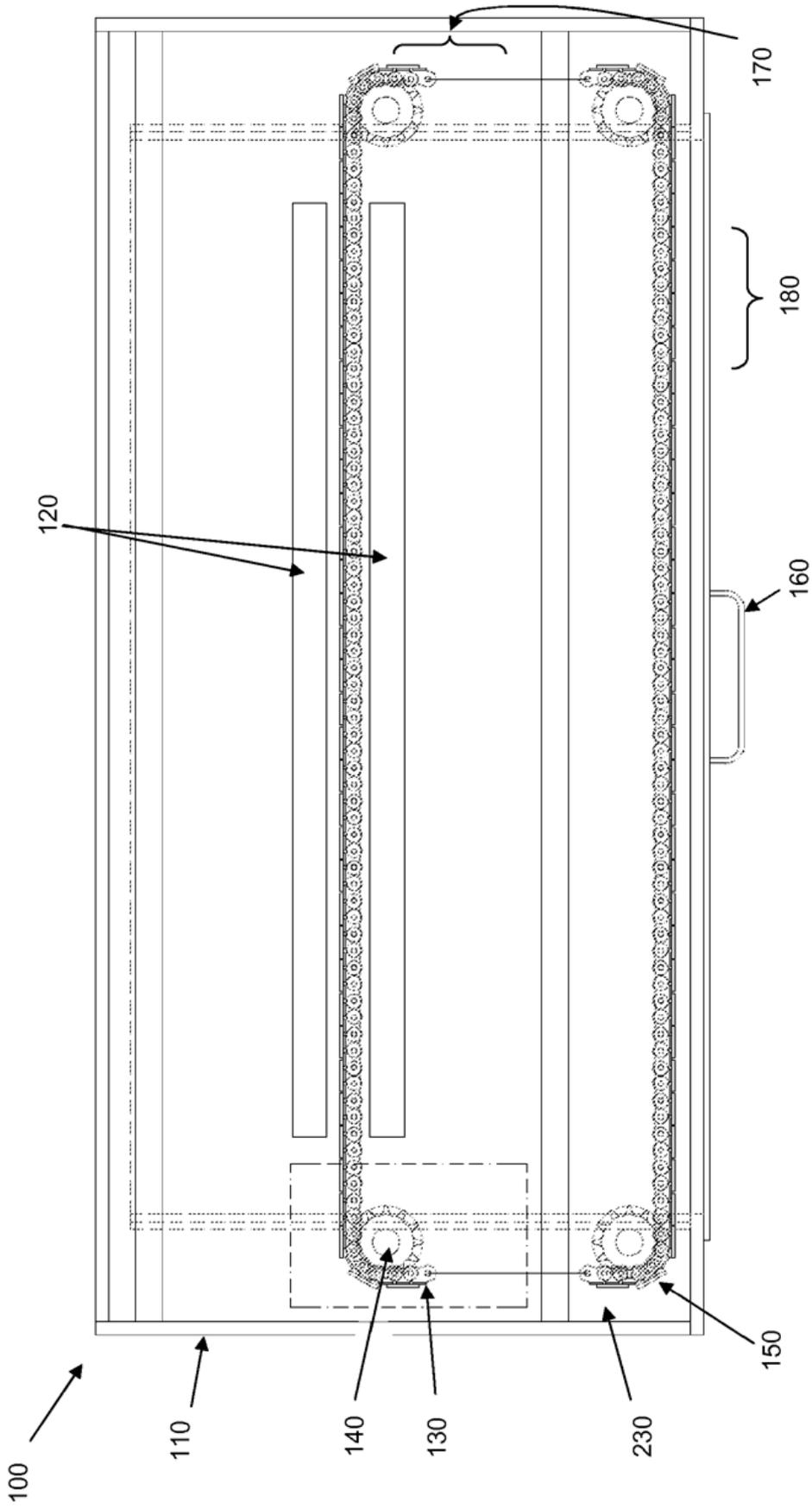


FIGURA 7

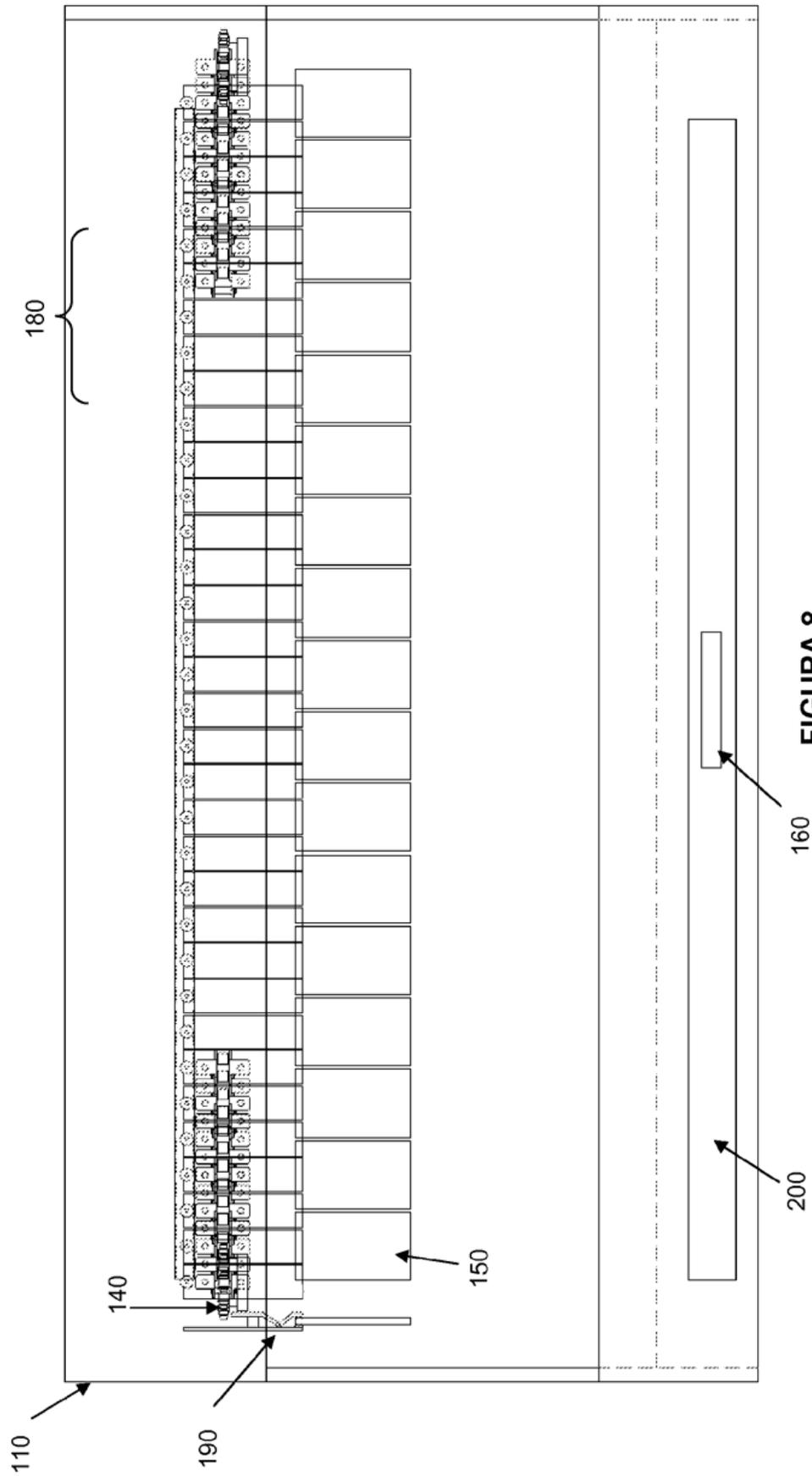


FIGURA 8

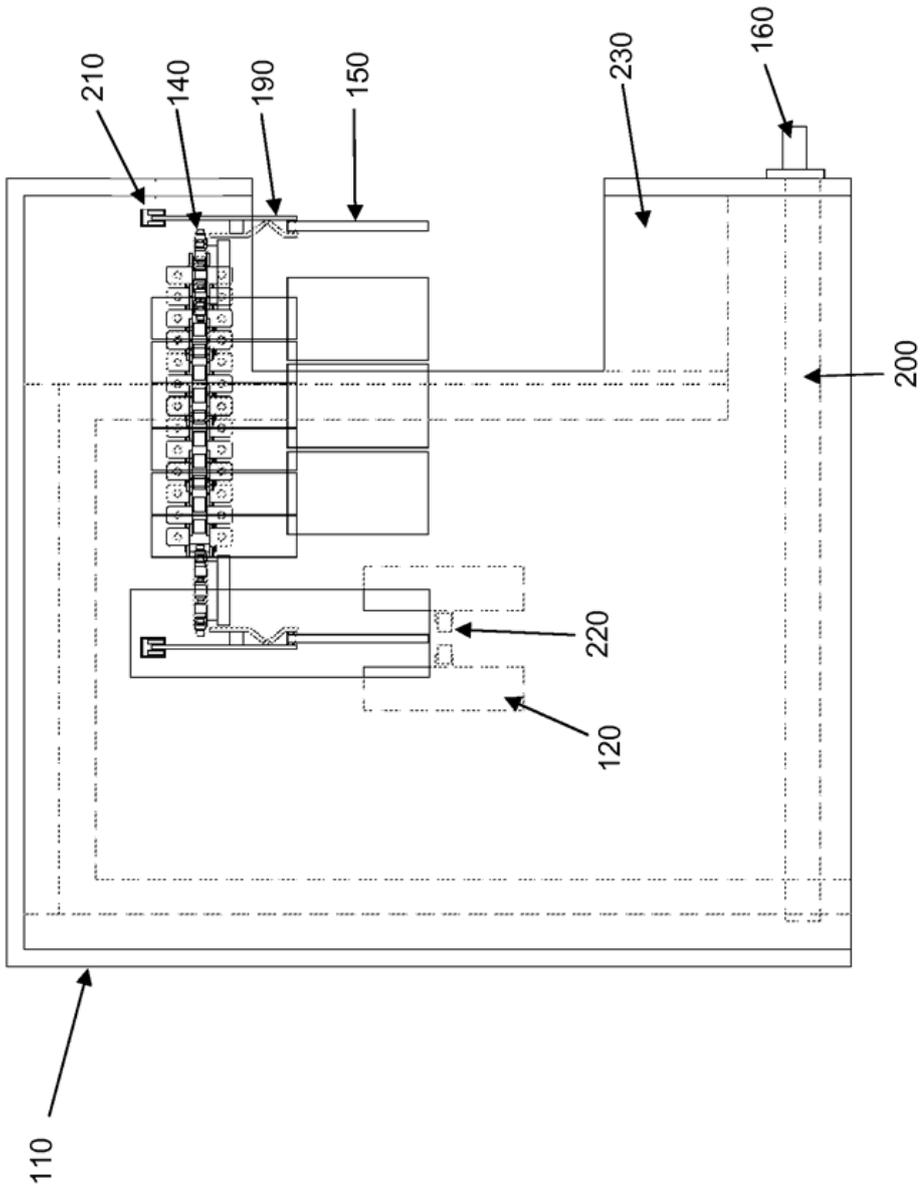


FIGURA 9

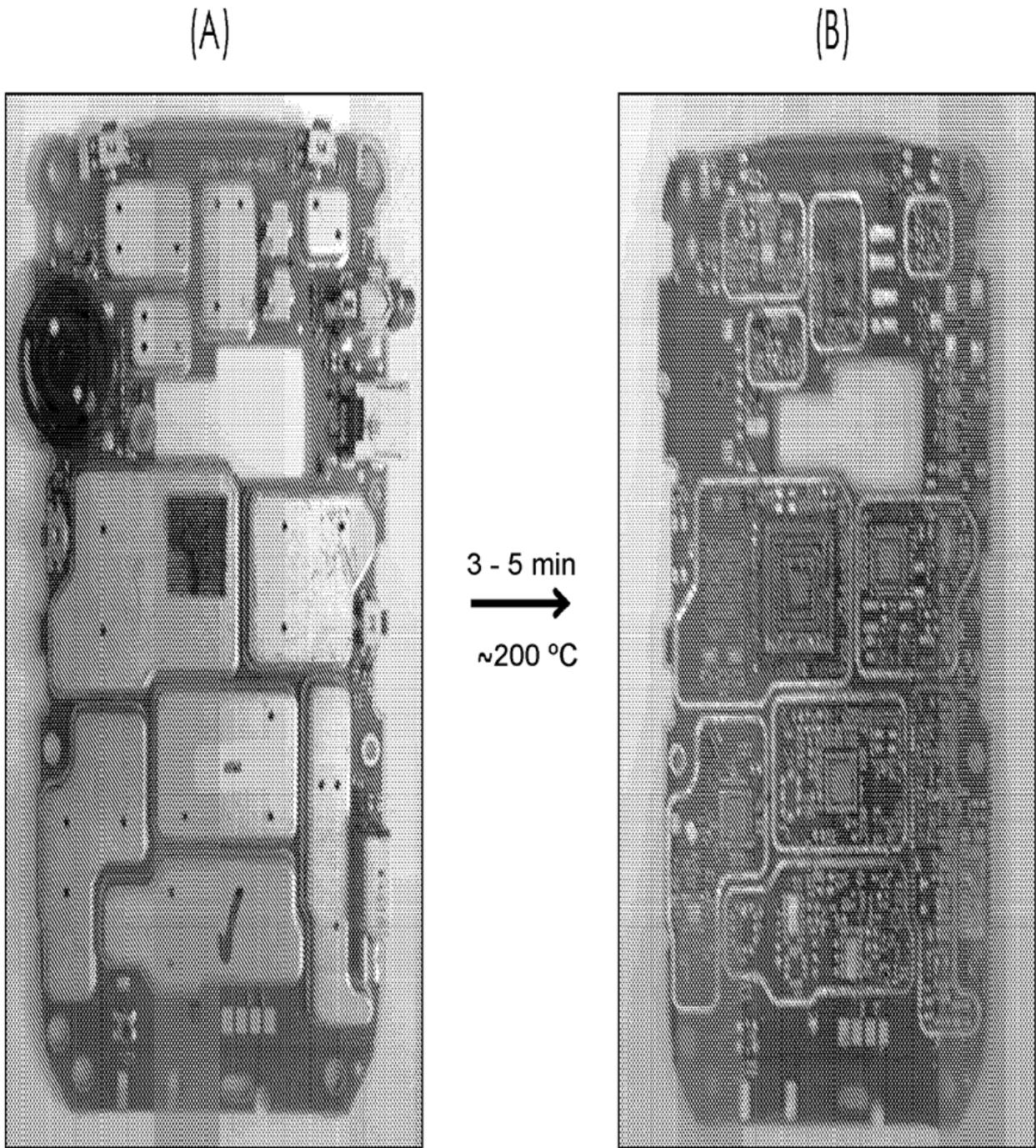


FIGURA 10

