

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 724 624**

51 Int. Cl.:

**A61B 18/14** (2006.01)

**A61N 1/05** (2006.01)

**A61B 5/0408** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **18.10.2016** **E 16194402 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **20.03.2019** **EP 3158962**

54 Título: **Preparación de micro-electrodos**

30 Prioridad:

**19.10.2015 US 201514886761**

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

**12.09.2019**

73 Titular/es:

**BIOSENSE WEBSTER (ISRAEL) LTD. (100.0%)**  
**4 Hatnufa Street**  
**2066717 Yokneam, IL**

72 Inventor/es:

**GOVARI, ASSAF;**  
**BEECKLER, CHRISTOPHER THOMAS y**  
**KEYES, JOSEPH THOMAS**

74 Agente/Representante:

**IZQUIERDO BLANCO, María Alicia**

**ES 2 724 624 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).

**DESCRIPCION**

Preparación de micro-electrodos

**5 CAMPO DE LA INVENCION**

La presente invención se refiere de manera general a la preparación de electrodos, y específicamente a la preparación de electrodos extremadamente pequeños.

**10 ANTECEDENTES DE LA INVENCION**

15 Las sondas o catéteres médicos invasivos usados para procedimientos cardíacos usan típicamente electrodos para adquirir potenciales de una región del corazón que se está investigando o en la que se está operando. Los electrodos también pueden usarse para inyectar corriente en el corazón, por ejemplo, para ablación, estimulación o para determinar una localización de la sonda. Para minimizar el trauma en el paciente involucrado, la sonda típicamente tiene un diámetro lo más pequeño posible,

20 El tamaño pequeño de las sondas significa, por consiguiente, que los electrodos de las sondas tienen correspondientemente un tamaño extremadamente pequeño. Además, en algunos casos es deseable que una sonda tenga varios electrodos que estén separados espacialmente y aislados eléctricamente entre sí. Tales sondas de electrodos múltiples pueden usarse para la adquisición simultánea de potenciales, y/o la ablación simultánea de sitios espacialmente separados en el corazón. Sin embargo, los múltiples electrodos de necesidad tienen que ser de un tamaño extremadamente pequeño.

25 Otros tipos de procedimientos que usan electrodos, como los procedimientos electroencefalográficos, también se benefician del uso de sondas pequeñas con electrodos extremadamente pequeños, para minimizar el trauma a los pacientes.

30 La Solicitud de Patente de Estados Unidos 2013/0060245, de Grunewald et al., describe un catéter de ablación adaptado para contacto directo con el tejido. Se afirma que el catéter tiene micro-elementos que proporcionan una detección más precisa del tejido, incluyendo las propiedades térmicas y eléctricas para las mediciones de temperatura e impedancia. Los micro-elementos se extienden a través de una cámara hueca de un electrodo de ablación irrigado, y los extremos distales de los micro-elementos pueden sobresalir fuera del electrodo o estar al mismo nivel que el electrodo.

35 La Publicación de Patente Japonesa JP2000-235995, de Kyomasu Ryuichi, describe un método de formación de bolas para la unión de cables. La divulgación afirma que se aplica un voltaje alto entre la punta de un cable que se extiende desde la parte inferior de un capilar y un electrodo de descarga, formando una bola en la punta del cable.

40 La US 2014/0047712 describe un método para fabricar una parte distal de un dispositivo de mapeo y/o ablación que incluye alinear uno o más electrodos y cables de electrodo dentro de un molde de carcasa, sobremoldear un material biocompatible sobre uno o más cables y una parte de cada uno de los uno o más electrodos, creando un componente de carcasa que integra un componente de cúpula y un componente de aislamiento.

45 La US 5.893.884 describe un sistema de catéter que tiene por lo menos un electrodo enrollable en su sección de punta, que puede usarse para ablacinar el punto arritmogénico de un paciente.

**50 SUMARIO DE LA INVENCION**

La invención se define por la reivindicación independiente 1 y proporciona un método que incluye:

55 proporcionar un cable metálico que tiene un diámetro de cable y un extremo;  
colocar un conductor a una distancia del extremo del cable;  
crear una descarga eléctrica entre el conductor y el extremo, a la vez que se establece la distancia y un potencial eléctrico de la descarga, para crear una perla de un tamaño predefinido en el extremo; y  
ensamblar el cable con la perla creada en una sonda invasiva, de tal manera que la perla se coloque en una superficie exterior de la sonda.

60 Las realizaciones preferidas se definen por las reivindicaciones dependientes. Cualquier ejemplo o realización que no esté dentro del alcance de las reivindicaciones no es parte de la invención.

65 Típicamente, el cable metálico tiene otro extremo, y el método incluye unir un cable metálico adicional al otro extremo para hacer un contacto eléctrico, y ensamblar el cable incluye ensamblar el cable con la perla creada y

el cable metálico adicional unidos en la sonda invasiva. El método puede incluir además deslizar y luego encoger por retráctilado de tubo sobre la perla creada, el cable metálico, el contacto eléctrico y el cable metálico adicional.

5 En una realización divulgada, el método incluye deslizar un manguito eléctricamente aislante sobre una parte del cable que no incluye la perla. Típicamente, el método incluye deslizar el manguito para que haga tope contra la perla. El método también puede incluir ensamblar el cable con la perla creada y el manguito eléctricamente aislante en la sonda invasiva.

10 En una realización divulgada adicional, el conductor incluye un cable adicional, y la distancia incluye la distancia desde un extremo del cable adicional al extremo del cable metálico. Típicamente, el cable adicional y el cable metálico están alineados colinealmente.

En una realización divulgada adicional más, la distancia es de 0,1 mm o menos.

15 En una realización alternativa, la perla tiene una superficie de perla esférica. La superficie de perla esférica puede estar a ras con la superficie exterior de la sonda. Alternativamente, la superficie de la perla esférica sobresale de la superficie exterior de la sonda por un radio de la superficie de la perla esférica. El método puede incluir pulir la superficie de la perla esférica para que quede al ras con la superficie exterior de la sonda. Además, alternativamente, la superficie de la perla esférica se empotra en la superficie exterior de la sonda por un radio de la superficie de la perla esférica.

20 En una realización alternativa adicional, el método incluye proporcionar refrigeración por aire natural al conductor y al extremo durante la descarga eléctrica.

25 Se proporciona además, de acuerdo con una realización de la presente invención, un aparato, que incluye:

un cable metálico que tiene un diámetro de cable y un extremo;  
 un conductor, posicionado a una distancia del extremo del cable;  
 30 una perla de un tamaño predefinido formada en el extremo creando una descarga eléctrica entre el conductor y el extremo, mientras se establece la distancia y el potencial eléctrico de la descarga; y  
 una sonda invasiva configurada para recibir el cable con la perla creada, de tal manera que la perla se posiciona en una superficie exterior de la sonda.

35 La presente divulgación se entenderá más completamente a partir de la siguiente descripción detallada de las realizaciones de la misma, tomada junto con los dibujos, en los que:

**BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS**

40 La Fig. 1 es una ilustración esquemática de un sistema de cateterización, de acuerdo con una realización de la presente invención;  
 La Fig. 2 es un diagrama esquemático que ilustra una parte de un extremo distal de una sonda en sección transversal, de acuerdo con una realización de la presente invención;  
 Las Figs. 3A - 3F ilustran etapas en la formación de un montaje de micro-electrodos, de acuerdo con una realización de la presente invención; y  
 45 La Fig. 4 es un diagrama de flujo de pasos en la formación de e incorporación del montaje en el extremo distal de la sonda, de acuerdo con una realización de la presente invención.

**DESCRIPCIÓN DETALLADA DE REALIZACIONES**

50 **VISIÓN GENERAL**

Los micro-electrodos en el extremo distal de una sonda invasiva suelen tener un diámetro extremadamente pequeño, en algunos casos de aproximadamente 400 micras. Los micro-electrodos son típicamente de un metal inerte como platino, oro, paladio, iridio o una aleación formada de estos metales, y para formar los micro-electrodos un sistema de la técnica anterior se une, mediante soldadura, una perla de platino extremadamente pequeña para a un cable conductor que ya está en el extremo distal. La unión puede ser tediosa y consumir tiempo, además de requerir equipo especializado que puede manipular y soldar entidades extremadamente pequeñas.

60 Las realizaciones de la presente invención superan estos problemas. Un primer extremo de un cable metálico corto, típicamente hecho de un metal inerte como platino, se coloca a una distancia de un conductor. El conductor también tiene típicamente la forma de un cable, y en la presente también se denomina cable de "chispa". Se crea una descarga eléctrica, o chispa, entre el cable de chispa y el primer extremo del cable de metal inerte, mientras se establece la distancia y el potencial eléctrico de la descarga, entre el cable de chispa y el primer extremo, para crear una perla de un tamaño predefinido en el primer extremo del cable metálico inerte.

65

Una vez que se ha creado la perla, el cable inerte con su perla se ensambla en una sonda invasiva, de tal manera que la perla se coloca en una superficie exterior de la sonda.

5 Típicamente, antes de la creación de la perla, el segundo extremo del cable metálico corto se une a un cable conductor, típicamente de cobre. Un manguito de plástico eléctricamente aislante, como un manguito de poliimida, puede deslizarse sobre la combinación, después de lo cual puede formarse la perla en el primer extremo del cable metálico corto como se ha descrito anteriormente. La combinación con manguito, con su perla creada, puede luego insertarse en una apertura de la sonda, un diámetro de la apertura ajustándose para que se corresponda con un diámetro externo del manguito. La inserción típicamente hace que el manguito se apoye contra la perla, de tal manera que después de la inserción la perla, que actúa como un micro-electrodo, se aísla de la sonda, y de tal manera que la combinación con manguito actúa para sellar la apertura.

15 En realizaciones de la presente invención, puede producirse fácilmente una perla de un tamaño dado estableciendo valores específicos para la distancia y el potencial eléctrico referidos anteriormente. Además, el método de producción de la perla elimina la necesidad de soldar la perla, como se requiere en los métodos de la técnica anterior de montaje de micro-electrodos.

#### DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA

20 Se hace ahora referencia a la Fig. 1, que es una ilustración esquemática de un sistema de cateterización 20, de acuerdo con una realización de la presente invención. El sistema 20 se usa típicamente durante un procedimiento médico en un órgano corporal, asumiéndose que el procedimiento, entre otras cosas, adquiere señales eléctricas del órgano, y/o inyecta señales eléctricas al órgano. En la descripción de la presente en el órgano corporal, a modo de ejemplo, se asume que comprende el corazón, en donde el sistema se aplica para adquirir señales de electrocardiograma intra-cardíaco (ECG) desde el corazón. Sin embargo, se entenderá que el sistema 20 puede aplicarse para adquirir y/o inyectar sustancialmente cualquier señal eléctrica desde/hacia cualquier órgano corporal, como la adquisición de señales de electroencefalografía (EEG) del cerebro.

30 La siguiente descripción asume que el sistema 20 detecta señales de ECG intra-cardíacas de un corazón 22, usando una sonda 24. Se supone que un extremo distal 26 de la sonda tiene por lo menos un montaje de micro-electrodos 28 para detectar las señales. La estructura y la formación del montaje 28 se describen con más detalle a continuación, al igual que la incorporación del montaje en el extremo distal 26. Típicamente, la sonda 24 comprende un catéter que se inserta en el cuerpo de un sujeto 30 durante un procedimiento cardíaco realizado por un usuario 32 del sistema 20. En la descripción de la presente se supone que el usuario 32 es un profesional médico.

35 El sistema 20 puede ser controlado por un procesador de sistema 40, que comprende una unidad de procesamiento 42 que se comunica con un módulo de ECG 44. El procesador 40 puede montarse en una consola 50, que comprende controles operativos 52 que incluyen típicamente un dispositivo señalador como un ratón o trackball. El profesional 32 usa los controles operativos para interactuar con el procesador, que, como se describe a continuación, puede usarse para presentar los resultados producidos por el sistema 20 al profesional en una pantalla 54.

45 La pantalla muestra los resultados del análisis y procesamiento de las señales de ECG adquiridas por uno o más electrodos dentro del montaje 28, después de que las señales se hayan transferido al módulo de ECG 44. Típicamente, las señales de ECG resultantes se presentan en la pantalla 54 en la forma de un gráfico de potencial frente al tiempo y un ejemplo esquemático 60 de tal gráfico se ilustra en la Fig. 1. Sin embargo, las señales de ECG resultantes, obtenidas del módulo de ECG, también pueden usarse por el procesador 40 para derivar otros resultados asociados con las señales de ECG, como el tiempo de activación local (LAT). Estos resultados se presentan típicamente en la pantalla 54 en forma de un mapa tridimensional (3D) 64 de la superficie interna del corazón 22.

55 El procesador 40 usa software almacenado en una memoria del procesador para manejar el sistema 20. El software puede descargarse al procesador 40 de forma electrónica, a través de una red, por ejemplo, o puede, alternativamente o adicionalmente, proporcionarse y/o almacenarse en medios tangibles no transitorios, como memoria magnética, óptica o electrónica.

60 El procesador 40 comprende típicamente otros módulos aparte del módulo de ECG 44, como un módulo de seguimiento de sonda, un módulo de fuerza que mide una fuerza en el extremo distal 26, un módulo de irrigación que controla el fluido de irrigación para el extremo distal y un módulo de ablación que proporciona potencia regulada al extremo distal. Por simplicidad, tales módulos no se muestran en la Fig. 1. El sistema Carto® producido por Biosense Webster, de Diamond Bar, CA, utiliza un módulo de ECG como el módulo de ECG 44, así como los otros módulos referidos en la presente.

65 La Fig. 2 es un diagrama esquemático que ilustra una parte del extremo distal 26 en sección transversal, de acuerdo con una realización de la presente invención. Se supone que el extremo distal 26, a modo de ejemplo, está

formado por una cúpula conductora 70, en la que se han formado las aperturas de irrigación 72 y aperturas de montaje 74. A modo de ejemplo, en la Fig. 2 se muestran tres aperturas de irrigación 72, pero típicamente hay muchas más de tres aperturas de este tipo, y las aperturas de irrigación pueden formarse en prácticamente cualquier parte de la cúpula 70. También a modo de ejemplo, en la Fig. 2 se muestran tres aperturas de montaje 74, pero puede haber tan pocas como una, o dos o más de tales aperturas formadas en la cúpula, y las aperturas de ensamble pueden formarse en prácticamente cualquier parte de la cúpula, incluyendo, como se ilustra, un extremo plano 78 de la cúpula, un borde 80 del extremo plano, y una pared 81 de la cúpula. La cúpula 70 puede ser generalmente similar en estructura a la cúpula descrita en la Solicitud de Patente de Estados Unidos 2013/0060245 referenciado anteriormente.

La cúpula 70 tiene una superficie exterior 88 y una superficie interior 90, la última formando una superficie exterior de una cavidad 82 encerrada por la cúpula. La cavidad 82 puede configurarse para recibir el fluido de irrigación que se expulsa a través de las aperturas 72. Como se explica a continuación, los montajes 28 se insertan en las aperturas de montaje respectivas 74, de tal manera que las partes proximales respectivas 84 de los montajes entren y atraviesen la cavidad 82, mientras que las partes distales respectivas 86 de los montajes se encuentran en la superficie exterior 88 de la cúpula 70.

Después de la inserción, un micro-electrodo 92 en la parte distal 86 puede sobresalir ligeramente de la superficie exterior 88, como se ejemplifica en la Fig. 2 para el montaje 28 en la apertura 74 del montaje del borde 80. Alternativamente, después de la inserción, el micro-electrodo 92 en la parte distal 86 puede estar ligeramente hundido con respecto a la superficie exterior 88, como se ejemplifica en la figura para el montaje 28 en la apertura 74 del montaje del extremo 78. Además, alternativamente, después de la inserción, el micro-electrodo en la parte distal 86 puede estar aproximadamente al ras con la superficie exterior 88, como se ejemplifica en la figura para el montaje 28 en la apertura 74 del montaje de la pared 81. En algunas realizaciones se puede realizar un paso de pulido secundario para contornear la perla para que coincida exactamente con la geometría de la superficie exterior.

Independientemente de si el micro-electrodo 92 sobresale, o está al ras, o se rebaja de la superficie 88 después de la inserción de un montaje dado 28 dentro de su apertura respectiva, el micro-electrodo puede recibir y transmitir señales eléctricas desde el tejido cuando la cúpula 70 entra en contacto el tejido.

A continuación se describe la formación del micro-electrodo 92 se describe a continuación.

Las Figs. 3A - 3F ilustran etapas en la formación del montaje 28, y la Fig. 4 es un diagrama de flujo de los pasos en la formación del montaje y la incorporación del montaje en el extremo distal 26, de acuerdo con una realización de la presente invención. En un paso inicial 100, se une un cable conductor inerte biocompatible metálico 150, que se supone en la presente que comprende platino, se une típicamente mediante soldadura, soldadura por resistencia o soldadura por láser a otro conductor 152 en forma de cable, típicamente cobre. El cable metálico inerte 150 tiene un extremo distal 154 y un extremo proximal 156. El conductor 152 tiene un extremo distal 158 y un extremo proximal 160. El proceso de unión conecta el extremo proximal 156 del cable inerte al extremo distal 158 del conductor mediante una junta 162 para que los dos conductores se mantengan fijos entre sí. El paso 100 se ilustra esquemáticamente en la Fig. 3A, y en una realización de la presente invención, el cable inerte 150 tiene una longitud aproximada de 3 mm y un diámetro aproximado de 175 micras. Típicamente, aunque no necesariamente, el conductor 152 tiene un diámetro más pequeño que el diámetro del cable conductor inerte 150.

En un primer paso preparatorio 104, la combinación formada en el paso 102 se monta en una posición fija, típicamente al ser agarrada en un tornillo de banco.

En un segundo paso preparatorio 106, una punta puntiaguda 174 de un conductor 176, típicamente un cable conductor, se coloca a una distancia medida "A" desde el extremo distal 154 del cable inerte. En algunas realizaciones, la distancia "A" es de aproximadamente 0,1 mm o menos. Normalmente, los dos cables deben ser colineales, pero pueden estar en cualquier orientación conveniente, por ejemplo, horizontal o vertical. El conductor 176 también es referido en la presente como cable de chispa 176. Un generador eléctrico 180 está conectado entre el cable de chispa 176 y el conductor 152. En algunas realizaciones, el generador 180 comprende una soldadora por resistencia, como una soldadora por resistencia Miyachi Unitek modelo UB29 producida por Amada Miyachi de Monrovia, CA, que proporciona una corriente CC alta.

En un paso de formación de electrodos 108, el nivel de voltaje del generador 180 se ajusta de tal manera que cuando se activa, el generador forma una descarga eléctrica, en el aire, también referida en la presente como una chispa, entre la punta 174 y el extremo distal 154 del cable inerte. El generador se activa, típicamente a un voltaje de aproximadamente 1 V y durante una duración de aproximadamente 5 ms, durante la que fluyen aproximadamente 200 A de corriente CC, para provocar la descarga eléctrica. La descarga deforma el extremo distal 154 en un micro-electrodo 92, que tiene la forma de una perla que típicamente tiene una forma parcialmente esférica y permanece unida al cable inerte 150. En una realización, la chispa se generó con el generador configurado para proporcionar por lo menos 100 amperios durante entre 1 y 10 ms.

La chispa se forma extremadamente rápido, y los inventores han descubierto que la refrigeración por aire natural, en lugar de la refrigeración por aire forzado, es suficiente para la formación del micro-electrodo. El micro-electrodo 92 también es referido en la presente como perla 92. La formación de la perla 92 concluye el proceso de formación del montaje 28, antes de su inserción en el extremo distal 26 de la sonda 24.

5 La Fig. 3B ilustra esquemáticamente los pasos 102 - 108 hasta la formación de la perla 92, y la Fig. 3C ilustra esquemáticamente el montaje de micro-electrodo 28 completado después de la formación de la perla 92. La perla 92 tiene un diámetro D, que es mayor que el diámetro del cable inerte 150. En algunas realizaciones, el diámetro D es de aproximadamente 400 micras.

10 En un paso de aplicación de manguito 109, un manguito aislante 170, típicamente de un plástico como una poliimida, se desliza sobre la combinación de cable inerte-conductor formada en el paso 100. Un diámetro interno inicial del manguito 170 en una forma no expandida está configurado para ser ligeramente menor que el diámetro del cable inerte 150. La operación de deslizamiento se implementa de tal manera que el manguito 170 se expande y agarra el cable inerte 150, es decir, de tal manera que el diámetro interno del manguito en su forma expandida, en la región del cable inerte 150, es igual al diámetro del cable inerte.

15 La operación de deslizamiento también se implementa para que el manguito 170 cubra la junta 162, pero para que el micro-electrodo 92 no esté cubierto por el manguito.

20 Alternativamente, se puede usar un retráctilado de tubo de pared delgada sobre la combinación. Aplicando un proceso de contracción al manguito, el manguito se conforma a la perla, al cable inerte y al cable conductor, y sirve para aislar eléctricamente la combinación.

25 En un paso final de fabricación 110, el montaje de micro-electrodo 28 completado, producido en el paso 109, se desliza en una apertura 74 del montaje seleccionada en la cúpula 70. La apertura está configurada para tener un diámetro que acomoda el diámetro del manguito aislante, pero no el de la perla. Una vez que el micro-montaje se asienta en la apertura del montaje seleccionada, se asegura usando adhesivo.

30 La incorporación de cualquier montaje 28 dado en una apertura 74 del montaje respectiva concluye con la perla 92 sobresaliendo ligeramente de la superficie exterior 88, quedando aproximadamente al ras con la superficie, o quedando ligeramente hundida en la superficie.

35 Las Figs. 3D, 3E y 3F ilustran esquemáticamente el paso 110, después de que el montaje 28 se haya insertado en la apertura 74, de tal manera que la perla 92 sobresale respectivamente de la superficie exterior 88, quede aproximadamente al ras con la superficie y quede ligeramente hundida en la superficie. Una distancia de protuberancia típica es el radio de la perla, de tal manera que una cuenta de 400 micras puede sobresalir 200 micras de la superficie. Una distancia de rebaje típica es aproximadamente la misma que la distancia de protuberancia típica.

40 Si se requiere, cualquier protuberancia del micro-electrodo puede eliminarse puliendo la superficie de la cúpula 70, por ejemplo, puliendo, después de que el montaje se haya asegurado con adhesivo.

45 Se apreciará que las realizaciones descritas anteriormente se citan a modo de ejemplo, y que la presente invención no se limita a lo que se ha mostrado y descrito particularmente anteriormente en la presente. Más bien, el alcance de la presente invención está definido por las reivindicaciones.

50

55

60

65

REIVINDICACIONES

1. Un método, que comprende:

- 5 proporcionar un cable metálico (150) que tiene un diámetro del cable y un extremo (154);  
colocar un conductor (176) a una distancia del extremo (154) del cable (150);  
crear una descarga eléctrica entre el conductor (176) y el extremo (154), mientras se establece la distancia y  
un potencial eléctrico de la descarga, para crear una perla (92) de un tamaño predefinido en el extremo (154);  
y  
10 **caracterizado por** ensamblar el cable (150) con la perla creada (92) en una sonda invasiva (24), de tal  
manera que la perla (92) se coloca en una superficie exterior (88) de la sonda (24).
2. El método de acuerdo con la reivindicación 1, en el que el cable metálico tiene otro extremo, y que comprende unir  
un cable metálico adicional al otro extremo para hacer un contacto eléctrico, y en el que ensamblar el cable  
15 comprende ensamblar el cable con la perla creada y el cable metálico adicional unido en la sonda invasiva.
3. El método de acuerdo con la reivindicación 2, y que comprende deslizar y luego encoger mediante retráctilado con  
tubo sobre la perla creada, el cable metálico, el contacto eléctrico y el cable metálico adicional.
- 20 4. El método de acuerdo con la reivindicación 1, y que comprende deslizar un manguito eléctricamente aislante  
sobre una parte del cable que no comprende la perla.
5. El método de acuerdo con la reivindicación 4, en el que ensamblar el cable comprende ensamblar el cable con la  
perla creada y el manguito eléctricamente aislante en la sonda invasiva.
- 25 6. El método de acuerdo con la reivindicación 4, en el que deslizar el manguito comprende deslizar el manguito para  
que haga tope contra la perla.
7. El método de acuerdo con la reivindicación 1, en el que el conductor comprende un cable adicional, y en el que la  
distancia comprende la distancia desde un extremo del cable adicional hasta el extremo del cable metálico.
- 30 8. El método de acuerdo con la reivindicación 7, en el que el cable adicional y el cable de metal están alineados  
colinealmente.
- 35 9. El método de acuerdo con la reivindicación 1, en el que la distancia es de 0,1 mm o menos.
10. El método de acuerdo con la reivindicación 1, en el que la perla tiene una superficie de perla esférica.
- 40 11. El método de acuerdo con la reivindicación 10, en el que la superficie de perla esférica está a ras con la  
superficie exterior de la sonda.
12. El método de acuerdo con la reivindicación 10, en el que la superficie de perla esférica sobresale de la superficie  
exterior de la sonda en un radio de la superficie de perla esférica.
- 45 13. El método de acuerdo con la reivindicación 12, y que comprende pulir la superficie de perla esférica para que  
quede al ras con la superficie exterior de la sonda.
14. El método de acuerdo con la reivindicación 10, en el que la superficie de perla esférica se hunde en la superficie  
exterior de la sonda por un radio de la superficie de perla esférica.
- 50 15. El método de acuerdo con la reivindicación 1, y que comprende proporcionar refrigeración de aire natural al  
conductor y al extremo durante la descarga eléctrica.

55

60

65

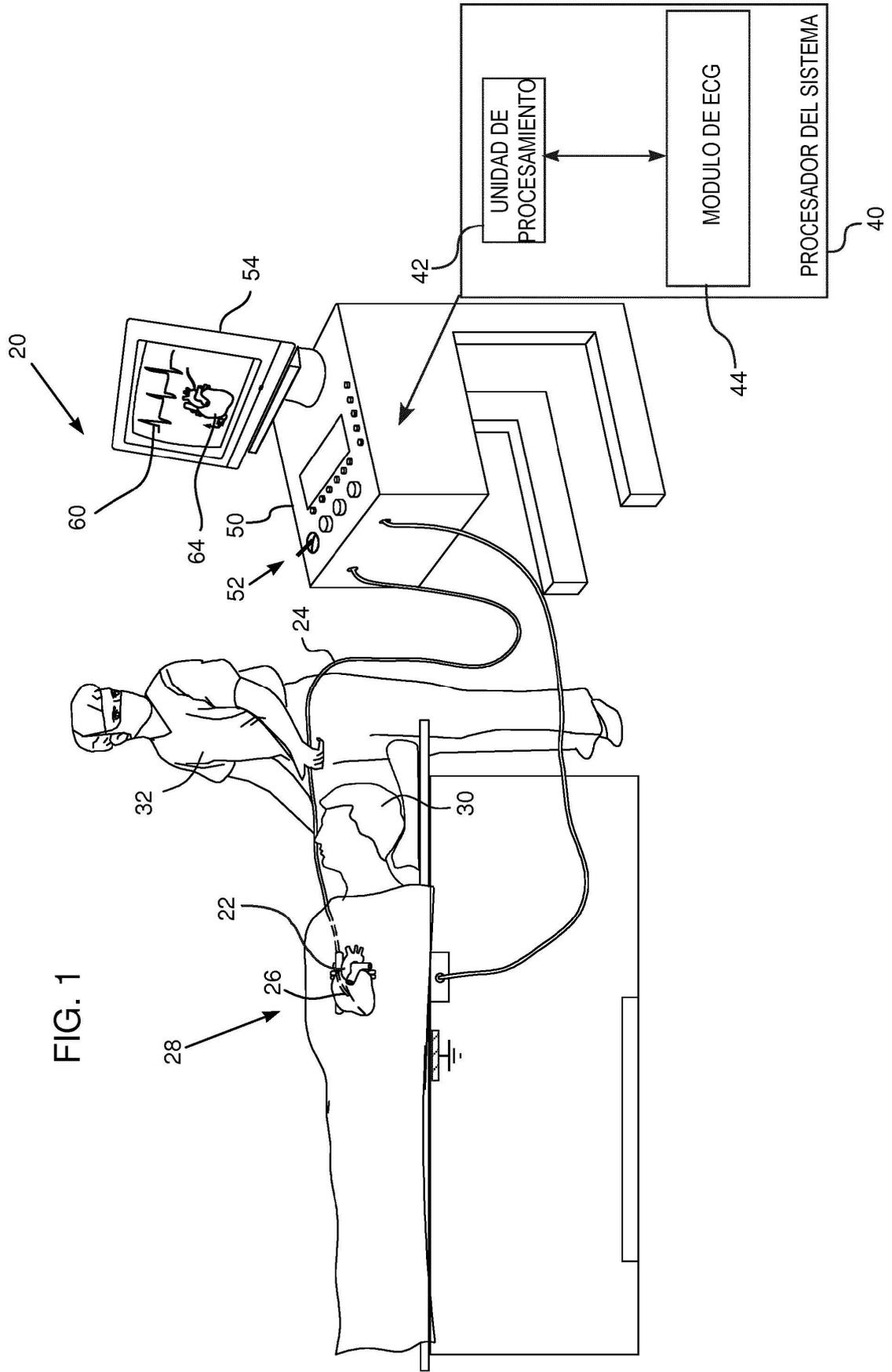


FIG. 1



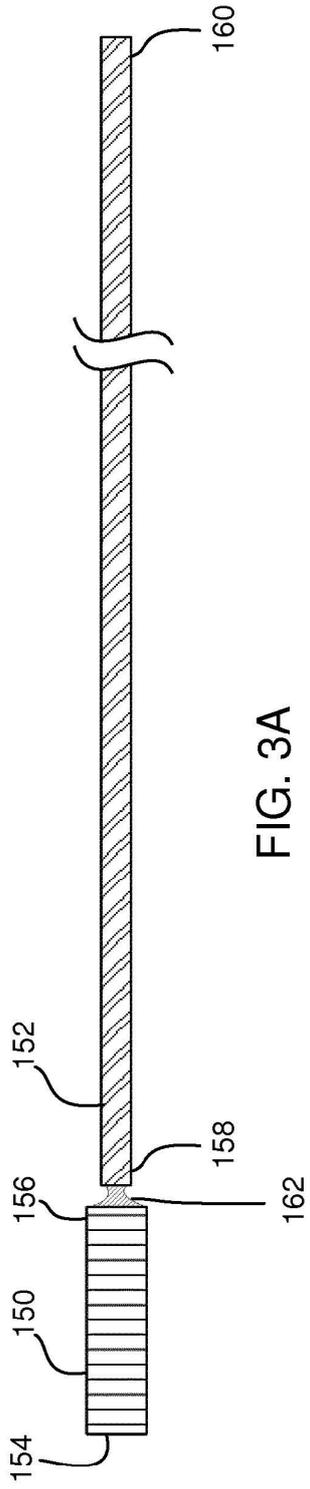


FIG. 3A

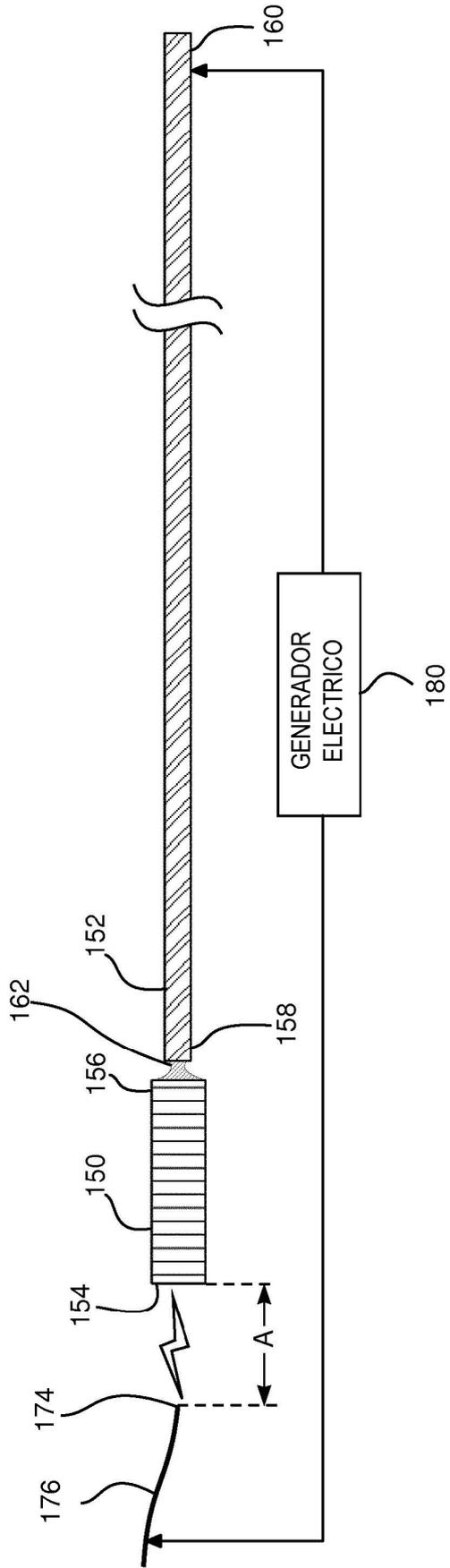


FIG. 3B

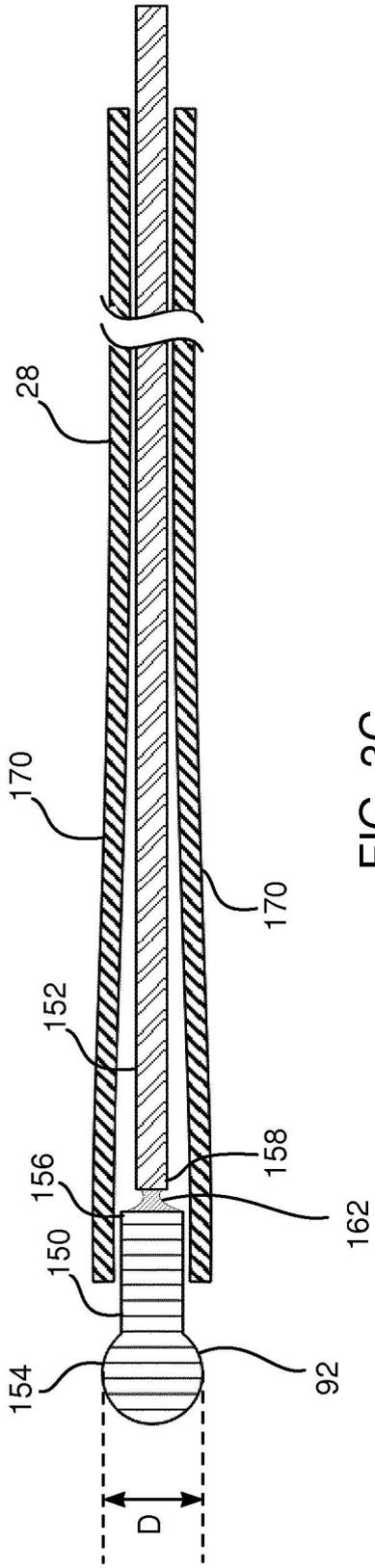


FIG. 3C

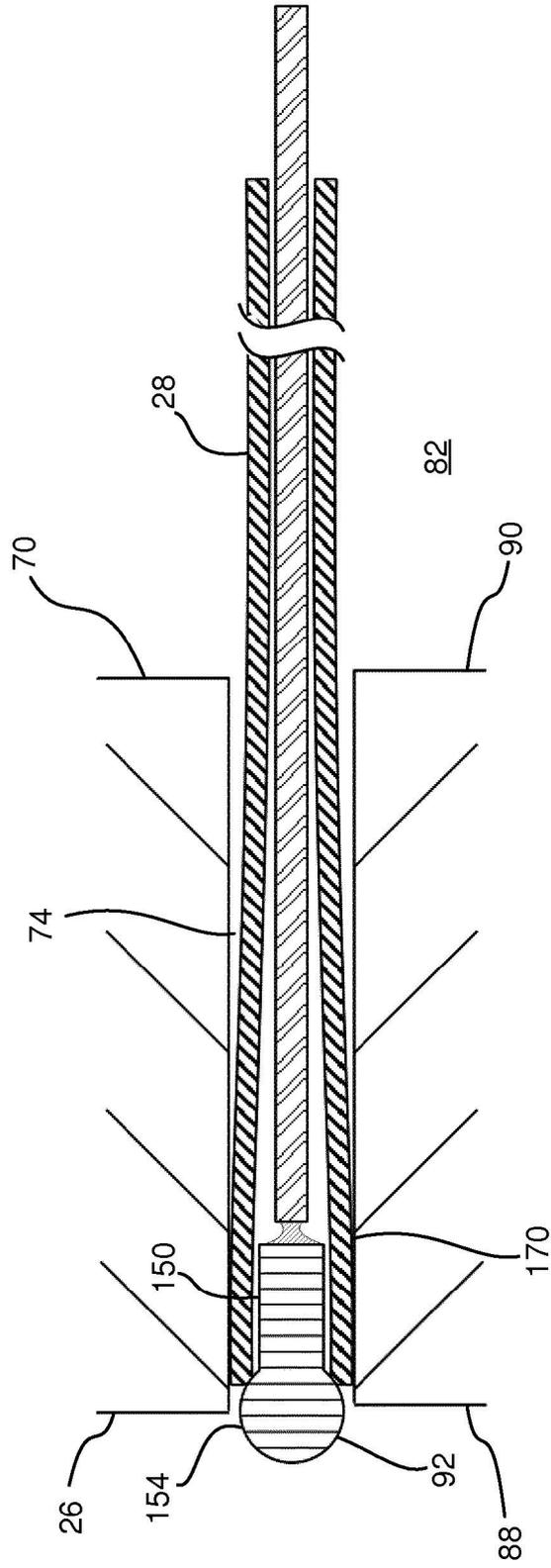


FIG. 3D

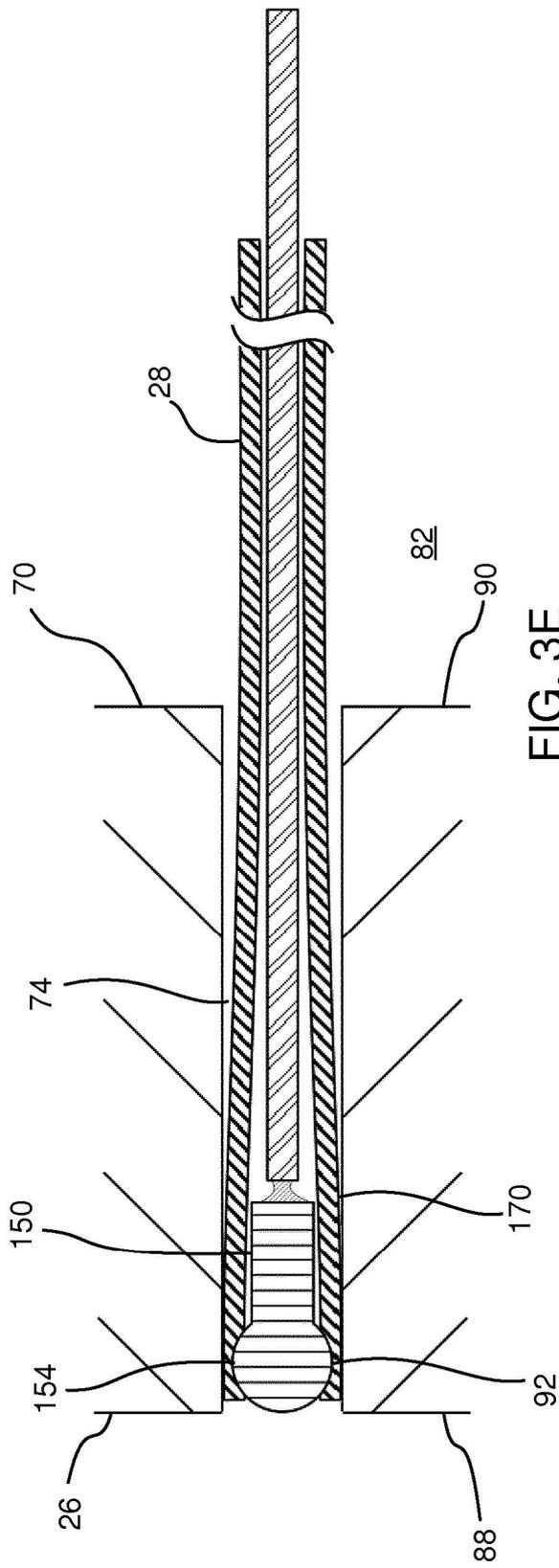


FIG. 3E

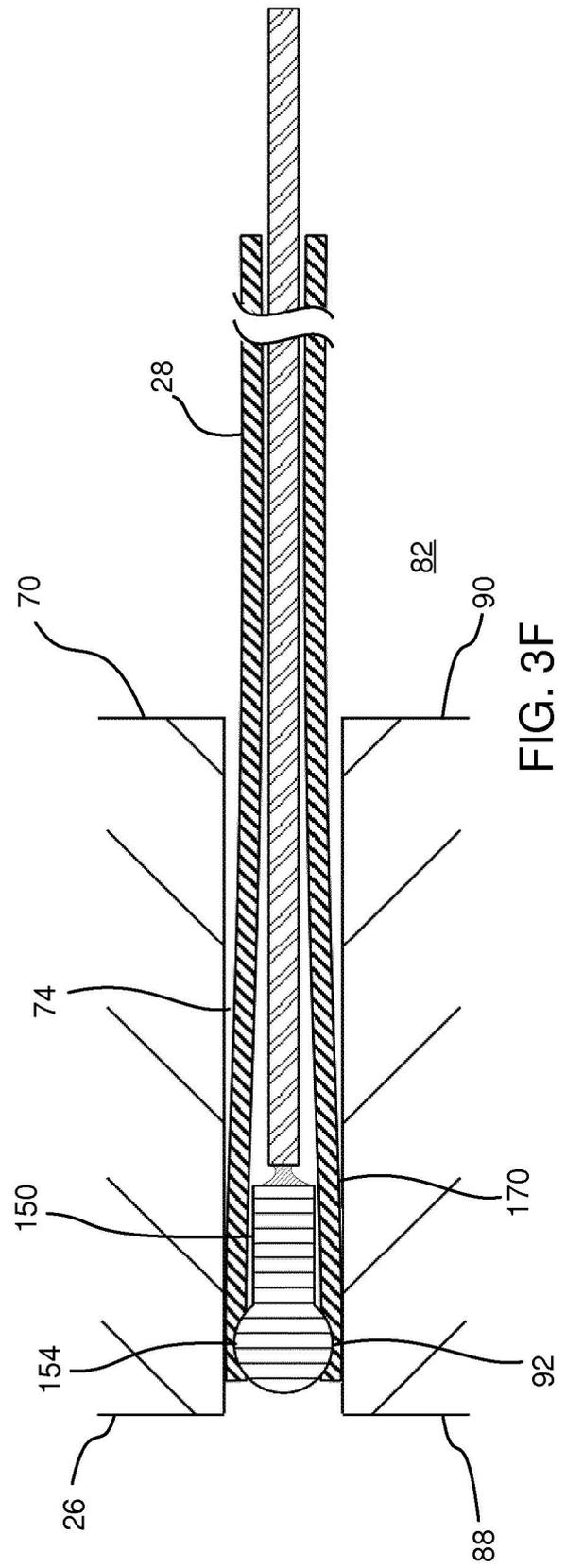


FIG. 3F

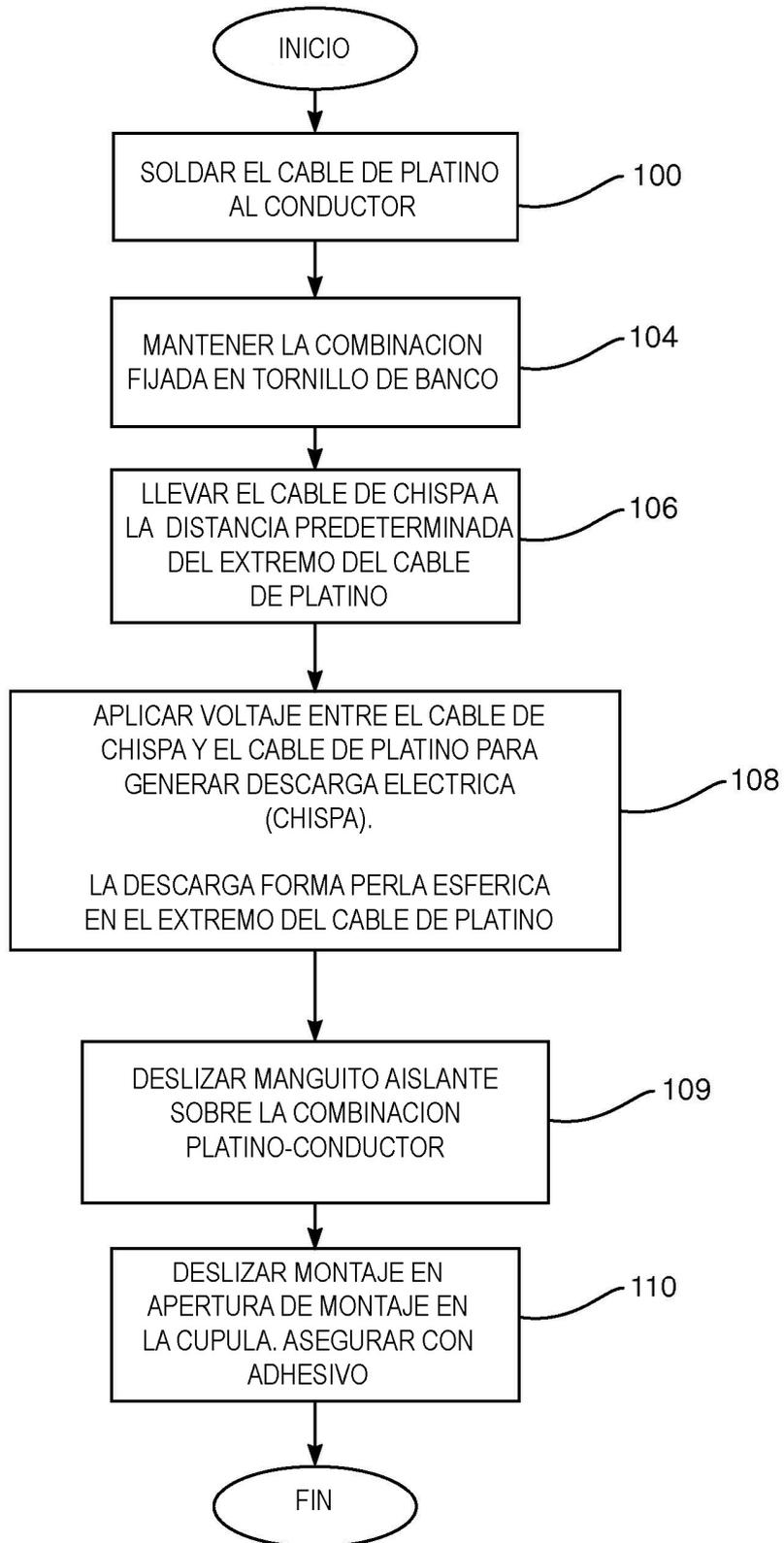


FIG. 4