

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 768 430**

51 Int. Cl.:

H01R 4/68 (2006.01)

H02G 15/34 (2006.01)

H01R 4/02 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **12.06.2014 PCT/US2014/042110**

87 Fecha y número de publicación internacional: **18.12.2014 WO14201242**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **12.06.2014 E 14736221 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **06.11.2019 EP 3008777**

54 Título: **Conexiones y métodos de cables superconductores**

30 Prioridad:

14.06.2013 US 201361835472 P

11.06.2014 US 201414302194

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

22.06.2020

73 Titular/es:

**ADVANCED CONDUCTOR TECHNOLOGIES LLC
(100.0%)**

**4149 Niblick Drive
Longmont, CO 80503, US**

72 Inventor/es:

VAN DER LAAN, DANIËL CORNELIS

74 Agente/Representante:

UNGRÍA LÓPEZ, Javier

ES 2 768 430 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

Conexiones y métodos de cables superconductores

Campo de la invención

- 5 Las realizaciones de la presente invención se refieren a una estructura de conector para un cable superconductor y un método para producirlo y utilizarlo. Ejemplos no reivindicados se refieren a conexiones, estructuras de conector y cables que incluyen un cuerpo terminal (u otra estructura) sobre el que se extienden las cintas del cable superconductor, donde el cuerpo terminal (u otra estructura) tiene un diámetro suficientemente mayor que el diámetro de la pieza del cable superconductor, de forma que las cintas se despliegan por la superficie exterior del cuerpo terminal para formar huecos
10 que están rellenos de soldadura (u otro material conductor fluido adecuado), para proporcionar un flujo de corriente de conductividad relativamente elevada en dirección radial, entre las capas resistivas intermedias de las cintas. Realizaciones de la presente invención emplean otras estructuras que no incluyen un cuerpo terminal, sino donde la corriente puede fluir directamente hacia fuera.

Antecedentes

- 15 Determinados cables superconductores se han formado con cintas superconductoras que están enrolladas en múltiples capas, de forma helicoidal, alrededor de una pieza. En determinados contextos, puede resultar deseable conectar y/o desconectar dos de estos cables superconductores, o conectar y/o desconectar un cable superconductor y un hilo de corriente no superconductor. Las realizaciones de la presente invención se refieren a conexiones, estructuras de conector y métodos que prevén una conexión entre dos cables superconductores, o un cable superconductor y un hilo de corriente que ofrece una resistencia eléctrica relativamente baja y que potencialmente se puede conectar y desconectar
20 varias veces.

- Los cables superconductores, como los cables Conductor on Round Core (CORC), pueden contener hasta 50 o más cintas superconductoras de alta temperatura enrolladas hasta en 20 o más capas sobre una pieza redonda. El diámetro de la pieza puede ser de tan solo 3 mm o menos. Algunas de las cintas superconductoras, como conductores recubiertos de RE-Ba₂Cu₃O_{7.5} (REBCO) (RE= tierras raras: Y, Dy, Gd, etc.), contienen una película superconductora que se encuentra en un lado de un sustrato metálico, con una o más capas de barrera resistivas entre la película superconductora y el sustrato. En estas configuraciones, la corriente solo puede entrar y salir de la película superconductora desde un lado de la cinta, siguiendo un flujo de corriente de resistencia muy baja.

- 30 Algunos cables superconductores, como cables CORC, se construyen enrollando parte o la totalidad de las cintas superconductoras con su capa superconductora hacia dentro, mirando hacia la pieza. En estas configuraciones puede resultar difícil inyectar o extraer corriente de los cables, porque la conductividad eléctrica en la dirección radial se reduce por la presencia de capas intermedias resistivas en parte o la totalidad de las cintas.

- US-A-2012/0214675 divulga una estructura de conector para un cable superconductor de acuerdo con el preámbulo de la reivindicación 1 y un método para elaborarlo. EP 1 289 067 A1 y EP 2 565 987 A1 también divulgan estructuras de conector de acuerdo con el preámbulo de la reivindicación 1.

Resumen

De acuerdo con un aspecto de la presente invención, se proporciona una estructura de conector como la definida en la reivindicación 1 del presente documento.

- 40 De acuerdo con otro aspecto de la presente invención, se proporciona un método como el definido en la reivindicación 6 del presente documento.

Breve descripción de los dibujos

La Figura 1 es una vista parcialmente detallada de un conector macho.

La Figura 2 es otra vista parcialmente detallada del conector macho de la Figura 1 con el cable superconductor conectado al elemento insertado interior.

- 45 La Figura 3 es una vista transversal lateral del conector macho de la Figura 1 en estado ensamblado.

La Figura 4 es una vista lateral de una porción de una cinta superconductora y la cinta de conexión de la Figura 5.

La Figura 5 es una vista transversal lateral de un conector macho.

La Figura 6 es una vista transversal lateral de un conector hembra.

La Figura 7 es una vista transversal lateral del conector macho de las Figuras 1-3 conectado al conector hembra de la Figura 6.

5 La Figura 8 es una vista transversal lateral de un conector macho conectado con un conector hembra.

La Figura 9 es una vista transversal lateral de un conector macho conectado con el conector hembra de la Figura 6.

La Figura 10 es una vista transversal lateral de un conector macho conectado con un conector hembra.

La Figura 11 es una vista transversal lateral del conector macho de la Figura 5 conectado con el conector hembra de la Figura 6.

10 La Figura 12 es una vista transversal lateral de dos conectores macho de las Figuras 1-3 conectados.

La Figura 13 es una vista transversal lateral de dos conectores macho de la Figura 5 conectados.

La Figura 14 es una vista transversal lateral de un conector que conecta un cable superconductor a un hilo de corriente.

La Figura 15 es una vista transversal lateral del conector macho de las Figuras 1-3 que conecta un cable superconductor a un hilo de corriente.

15 La Figura 16 es una vista transversal lateral del conector macho de la Figura 5 que conecta un cable superconductor a un hilo de corriente.

La Figura 17 es una vista transversal lateral de un conector macho de acuerdo con una realización de la presente invención.

20 La Figura 18 es una vista transversal lateral de un conector macho de acuerdo con otra realización de la presente invención.

La Figura 19 es una vista transversal lateral del conector macho de la Figura 17 conectado con el conector hembra de la Figura 6.

La Figura 20 es una vista transversal lateral de dos conectores macho de la Figura 17 conectados.

La Figura 21 es una vista transversal lateral de un conector macho de la Figura 17 conectado a un hilo superconductor.

25 La Figura 22 es una vista transversal lateral de un conector macho de acuerdo con otra realización de la presente invención.

Descripción detallada

30 Las realizaciones de la presente invención se refieren a conexiones de cables superconductores y estructuras de conector para cables superconductores. Las realizaciones de la presente invención se refieren también a cables que incluyen estas estructuras de conector y los métodos para producirlos y utilizarlos. Las realizaciones particulares se refieren a estructuras de conector para cables superconductores que tienen una pluralidad de cintas superconductoras helicoidalmente enrolladas en una o más capas sobre una pieza de un diámetro relativamente pequeño.

35 Las estructuras de conector descritas en el presente documento están configuradas para conectar dos cables superconductores entre sí o para conectar un cable superconductor con un hilo de corriente no superconductor. En realizaciones particulares, las estructuras de conector y los métodos proporcionan una conexión de baja resistencia entre dos cables superconductores o entre un cable superconductor y un hilo de corriente. El cable o cables superconductores pueden contener una o más cintas superconductoras en una o más capas enrolladas alrededor de una pieza de un diámetro relativamente pequeño, con la capa superconductora de parte o la totalidad de las cintas en la parte interior de la bobina. Las cintas superconductoras pueden tener una resistividad eléctrica relativamente elevada en la dirección normal en sus dimensiones de longitud longitudinal. En realizaciones particulares, el cable o los cables superconductores contienen múltiples (entre 3 y 80 o más) cintas superconductoras, enrolladas en muchas (entre 2 y 20 o más) capas sobre una pieza de diámetro relativamente pequeño (por ejemplo, 10 mm de diámetro o menos). Otras realizaciones emplean piezas de mayor diámetro.

- Entre las estructuras de conector de acuerdo con determinados ejemplos que no forman parte de la invención descrita en el presente documento se incluye un cuerpo terminal sobre el que se extienden las cintas en el cable. El cuerpo terminal tiene un diámetro suficientemente mayor que el diámetro de la pieza, de forma que las cintas se despliegan sobre la superficie exterior del cuerpo terminal. Como resultado, se forman huecos entre las cintas sobre el cuerpo terminal. Estos huecos están rellenos de soldadura (u otro material conductor fluido adecuado) para proporcionar un flujo de corriente de conductividad relativamente elevada en dirección radial, entre las capas resistivas intermedias de las cintas. Las estructuras del conector de acuerdo con otros ejemplos descritos en el presente documento no tienen cuerpos terminales o tienen cuerpos terminales que tienen más o menos el mismo diámetro o un diámetro ligeramente mayor que la pieza.
- 5
- 10 En realizaciones particulares, se forman huecos entre las capas resistivas intermedias de las cintas adyacentes, rodeando o revistiendo las cintas con material conductor antes de enrollar las cintas en un cable. La capa conductora puede comprender cobre, soldadura u otro material conductor de electricidad adecuado que tiene una resistividad predefinida.
- 15 Se describe una estructura de conector con referencia a las Figuras 1-3. Las ilustraciones de las Figuras 1-3 muestran una estructura de conector macho 10 para un cable superconductor 12. El cable superconductor 12 contiene una pluralidad de cintas superconductoras 16 enrolladas de forma helicoidal alrededor de una pieza 14. El cable superconductor 12 es un cable Conductor on Round Core (CORC) que tiene múltiples (por ejemplo, hasta 50 o más) cintas superconductoras de alta temperatura enrolladas en múltiples (por ejemplo, hasta 20 o más) capas sobre una pieza que tiene una forma transversal circular (redonda).
- 20 La pieza 14 está compuesta de cualquier material adecuado con la suficiente rigidez y solidez para resistir las cintas 16 y, en determinadas configuraciones, suficiente flexibilidad para permitir que el cable 12 se doble. En configuraciones particulares, la pieza 14 está fabricada con un material conductor de electricidad. En otras configuraciones, la pieza 14 está fabricada con un material aislante de la electricidad. Entre los ejemplos de materiales adecuados para la pieza 14 se incluyen, por ejemplo, hilos de cobre o cobre sólido, fibra de carbono, acero inoxidable o aluminio. En realizaciones particulares, la pieza 14 tiene forma generalmente cilíndrica y un diámetro máximo relativamente pequeño, por ejemplo 25 10 mm o menos (o, en otras realizaciones, 3 mm o menos). En otros ejemplos, la pieza 14 tiene un diámetro máximo que es mayor de 10 mm. En configuraciones particulares, la pieza 14 tiene una sección transversal circular. En otras configuraciones, la pieza 14 tiene una sección transversal que no es circular, como entre otras, ovalada, poligonal o una forma más compleja.
- 30 Cada cinta superconductora 16 tiene una dimensión de longitud longitudinal que es superior a las dimensiones de su anchura y grosor. Las cintas superconductoras 16 pueden estar enrolladas en la dimensión de su longitud longitudinal sobre la pieza 14 en una sola capa o en una pluralidad de capas. En la Figura 1, las cintas superconductoras 16 están helicoidalmente enrolladas en una pluralidad de capas sobre la pieza 14.
- 35 En configuraciones particulares, cada cinta superconductora 16 tiene una capa de sustrato y una o más capas de material superconductor. Se puede utilizar cualquier material superconductor adecuado para la capa(s) superconductora, incluyendo entre otros, RE-Ba₂Cu₃O_{7.5} (REBCO) (RE son tierras raras: Y, Dy, Gd, u otros materiales de tierras raras adecuados). En otras configuraciones, se pueden usar otros materiales superconductores adecuados para una o más capas superconductoras.
- 40 La capa o capas superconductoras están apoyadas en una superficie de la capa de sustrato directamente o con una o más capas de otro material o materiales entre ellas. En realizaciones particulares, se proporciona una o más capas de barrera entre la capa superconductora y el sustrato en cada cinta superconductora 16. Cada cinta superconductora 16 está enrollada alrededor de la pieza 14, con la capa o las capas superconductoras dentro de la bobina (mirando hacia la pieza 14). En otras configuraciones, una o más de las cintas superconductoras 16 están enrolladas con la capa o capas superconductoras fuera de la bobina (mirando hacia fuera de la pieza 14).
- 45 La estructura del conector 10 está unida a un extremo 12a del cable superconductor 12 e incluye un cuerpo terminal 18 y una cubierta exterior 20. El cuerpo terminal 18 está dispuesto en un extremo de la pieza 14 y en los extremos de las cintas superconductoras 16 (en el extremo 12a del cable 12). Durante el ensamblaje de la estructura del conector 10, la cubierta exterior 20 está dispuesta en una posición que cubre al menos una parte del cuerpo terminal 18 (como se muestra en la Figura 3).
- 50 El cuerpo terminal 18 tiene una superficie exterior 18a sobre la que se extienden los extremos de las cintas superconductoras 16. En la configuración ilustrada, el cuerpo terminal 18 tiene una forma generalmente cilíndrica, con una sección circular. En otras configuraciones, el cuerpo terminal 18 tiene otras secciones adecuadas, incluyendo por ejemplo formas cónicas, y/o puede estar ahusado en uno o ambos extremos y/o ahusado hacia la parte central del cuerpo terminal. El cuerpo terminal 18 puede estar fabricado de cualquier material adecuado que tenga una rigidez,

solidez y conductividad eléctrica suficientes como para resistir las cintas superconductoras 16 y conducir la corriente eléctrica de la manera que se describe en el presente documento, entre otros, metal, cerámica conductora, material compuesto conductor o similares. En configuraciones particulares, el cuerpo terminal 18 está fabricado con un material superconductor o incluye una o más capas (entre otras, capas exteriores) de material superconductor, de forma que el propio cuerpo terminal 18 tiene características superconductoras.

El cuerpo terminal 18 (o al menos una parte de la superficie exterior 18a) tiene un diámetro lo suficientemente mayor que el diámetro de la pieza 14 como para que las cintas superconductoras se desplieguen sobre la superficie exterior del cuerpo terminal 18 (con respecto a la separación de las cintas 16 sobre el cable 12). En configuraciones particulares, en cada capa del cable superconductor 12, las cintas superconductoras 16 están enrolladas con poca o ninguna separación entre bobinados adyacentes. Sin embargo, en el extremo 12a del cable 12, las cintas superconductoras 16 pasan de la superficie exterior de la pieza 14 a la superficie exterior 18a del cuerpo terminal 18. Como muestra la Figura 1, los extremos de las cintas superconductoras 16 forman espirales hacia fuera de la pieza 14 y se dispersan entre sí, para enrollarse alrededor de una parte de la superficie exterior 18a. Como muestra la Figura 2, los extremos de las cintas superconductoras se enrollan al menos parcialmente alrededor de la superficie exterior 18a del cuerpo terminal 18, y están unidos a la superficie exterior 18a del cuerpo terminal 18 por soldadura u otro material adhesivo adecuado.

Como resultado de que los extremos de las cintas superconductoras 16 se despliegan sobre la superficie exterior 18a del cuerpo terminal 18, se forman huecos entre las cintas de la superficie exterior 18a. En configuraciones particulares, se proporciona soldadura u otro material conductor fluido en los huecos entre las cintas de la superficie exterior 18. El material conductor de los huecos proporciona un flujo de corriente de conductividad relativamente alta en la dirección radial, entre las capas resistivas intermedias de las cintas.

En configuraciones particulares, el cuerpo terminal 18 está unido a un extremo de la pieza 14 del cable superconductor 12. En la configuración de las Figuras 1-3, el cuerpo terminal 18 tiene un canal central 18b, en el que se extiende un extremo de la pieza 14 (como muestra la Figura 3). El canal central 18b se puede extender desde un extremo del cuerpo terminal 18 hasta el otro extremo del cuerpo terminal y puede terminar en una parte central del cuerpo terminal 18 (como muestra la Figura 3) o, alternativamente, se puede extender por todo el cuerpo terminal 18 (como muestra la Figura 1). El extremo de la pieza 14 está fijado al cuerpo terminal 18 de cualquier manera adecuada, incluyendo entre otros, soldadura u otro material adhesivo en el interior del canal 18c, por ajuste de fricción de la pieza 14 dentro del canal 18c, abrazaderas, tornillos de fijación u otros mecanismos de sujeción adecuados. En otras realizaciones, la pieza está fijada holgadamente en el canal.

La cubierta exterior 20 está dispuesta sobre al menos una parte del cuerpo terminal 18, como muestra la Figura 3. La cubierta exterior 20 tiene un volumen interior que recibe al menos una parte del cuerpo terminal 18. En la configuración de las Figuras 1-3, una parte (la parte izquierda de la Figura 3) del cuerpo terminal 18 se encuentra dentro del volumen interior de la cubierta exterior 20, mientras que otra parte (la parte derecha de la Figura 3) del cuerpo terminal 18 se extiende fuera de la cubierta exterior 20. La cubierta exterior 20 tiene un primer extremo con una abertura 20a en el volumen interior por el que se extiende el cable superconductor 12. La cubierta exterior 20 tiene un segundo extremo con una abertura 20b en el volumen interior por el que se extiende la otra parte del cuerpo terminal como se ha expuesto anteriormente.

La cubierta exterior 20 de la configuración de las Figuras 1-3 es un miembro generalmente en forma de copa que tiene una forma exterior generalmente cilíndrica y un volumen interior generalmente cilíndrico definido por una superficie interior. En otros ejemplos, la cubierta exterior 20 puede ser generalmente cilíndrica y abierta en cada extremo (en lugar de tener forma de copa). El volumen interior de la cubierta exterior 20 tiene una forma y un tamaño suficientes para recibir una parte del cuerpo terminal 18 y los extremos de las cintas superconductoras 16 unidas. La superficie interior de la cubierta exterior 20 tiene una forma que se ajusta a la forma de la superficie exterior 18a de la parte del cuerpo terminal 18 alojada en el interior de la cubierta exterior 20. En otras configuraciones, la cubierta exterior 20 tiene otra forma adecuada y/o tiene una superficie interior que no se ajusta a la forma del cuerpo terminal 18. La cubierta exterior 20 puede estar fabricada de cualquier material adecuado que tenga una rigidez, solidez y características eléctricas suficientes como para operar de la manera que se describe en el presente documento, entre otros, metal, plástico, goma, cerámica, material compuesto o combinaciones de estos. En otras configuraciones, la cubierta exterior está compuesta por múltiples partes, como dos mitades unidas o que contienen una cubierta que encierra el cable.

La estructura del conector 10 incluye uno o más sellos 22 alrededor de la abertura 20b y uno o más sellos 24 alrededor de la abertura 20a. En otras configuraciones, se puede omitir un sello o ambos 22 y 24. Los sellos 22 y 24 ayudan a sellar el volumen interior de la cubierta exterior 20 con respecto al entorno externo de la cubierta exterior 20. En configuraciones particulares, los sellos 22 y 24 pueden proporcionar una barrera para evitar que los materiales del interior de la cubierta exterior 20 (como soldaduras) se salgan de la cubierta exterior y/o para evitar que los contaminantes u otros materiales del entorno externo de la cubierta exterior 20 entren en el volumen interior de la cubierta exterior 20.

El sello o los sellos 22 proporcionan un sellado entre la cubierta exterior 20 y el cuerpo terminal 18. En configuraciones particulares, cada sello 22 está unido o forma parte de la cubierta exterior 20 y se extiende hacia y entra en contacto con la superficie exterior 18a del cuerpo terminal 18. En otras configuraciones, cada sello 22 está unido o forma parte del cuerpo terminal 18 y se extiende hacia fuera y entra en contacto con una superficie de la cubierta exterior 20 (como la superficie interior de la cubierta exterior 20). En otras configuraciones, uno o más sellos están unidos o forman parte de la cubierta exterior 20 y uno o más sellos 22 están unidos o podrían formar parte del cuerpo terminal 18. El cuerpo terminal 18 y la cubierta exterior 20 o ambos elementos pueden incluir una o más ranuras o hendiduras (no mostradas) en las que se encuentra un sello 22. Cada sello 22 puede incluir cualquier configuración de sello adecuada, entre otras, una configuración circular, una configuración cilíndrica, un material fluido que se consolida o endurece con cualquier forma adecuada dentro del hueco existente entre la cubierta exterior 20 y el cuerpo terminal, un ajuste por presión o similares. Cada sello 22 puede estar fabricado de cualquier material adecuado, incluyendo, entre otros, goma, plástico, metal, cerámica, material compuesto o combinaciones de estos.

El sello o los sellos 24 proporcionan un sello entre la cubierta exterior 20 y el cable superconductor 12. En configuraciones particulares, cada sello 24 está unido a la cubierta exterior 20 y se extiende hacia y entra en contacto con la superficie exterior (por ejemplo, una funda exterior u otra capa exterior) del cable superconductor 12. En otras configuraciones, cada sello 24 está unido a la superficie exterior (por ejemplo, una funda exterior u otra capa exterior) del cable superconductor 12 y se extiende hacia fuera y entra en contacto con una superficie de la cubierta exterior 20 (como la superficie interior de la abertura 20a de la cubierta exterior 20). En otras configuraciones, uno o más sellos 24 están unidos a la cubierta exterior 20 y otro o más sellos 24 están unidos al cable superconductor 12. El cable superconductor 12 y la cubierta exterior 20 o ambos elementos pueden incluir una o más ranuras o hendiduras (no mostradas) en las que se encuentra un sello 24. Cada sello 24 puede incluir cualquier configuración de sello adecuada, entre otras, una configuración circular, una configuración cilíndrica, un material fluido que se consolida o endurece con cualquier forma adecuada dentro del hueco existente entre la cubierta exterior 20 y el cable superconductor 12, un ajuste por presión o similares. Cada sello 24 puede estar fabricado de cualquier material adecuado, incluyendo, entre otros, goma, plástico, metal, cerámica, material compuesto o combinaciones de estos.

Una vez que el cuerpo terminal 18 está alojado en el volumen interior de la cubierta exterior 20, la parte del volumen interior de la cubierta exterior 20 que se encuentra entre el cuerpo terminal 18 y la superficie interior de la cubierta exterior 20 (o entre las cintas superconductoras 16 y la superficie interior de la cubierta exterior 20 o el cuerpo terminal 18) se rellena con soldadura 26 u otro material conductor de electricidad selectivamente fluido (o, alternativamente, un material aislante de electricidad). La soldadura 26 (u otro material selectivamente fluido) ayuda a fijar de forma rígida las cintas superconductoras 16 y el cuerpo terminal 18 en el interior de la cubierta exterior 20.

Los ejemplos de estructura del conector macho 10 descritos en el presente documento se pueden producir de acuerdo con cualquier proceso adecuado. Un ejemplo de un proceso para producir una estructura de conector macho 10 incluye la obtención de un cable superconductor 12, un cuerpo terminal 18 y una cubierta exterior 20. El cable superconductor 12 se puede obtener de cualquier fuente adecuada de cables superconductores y/o se puede producir enrollando helicoidalmente cintas superconductoras 16 alrededor de una pieza 14 en una o más capas. El cuerpo terminal 18 se puede obtener de cualquier fuente adecuada y/o por moldeo, fundición, corte, mecanizado y/o conformación de cualquier otro modo del cuerpo 18 en la forma deseada del material deseado. La cubierta exterior 20 se puede obtener de cualquier fuente adecuada y/o por moldeo, fundición, corte, mecanizado y/o conformación de cualquier otro modo de la cubierta exterior 20 en la forma deseada del material deseado. En realizaciones particulares, los sellos 22 y 24 están unidos a la cubierta exterior 20.

La cubierta exterior 20, con los sellos 22 y 24, está colocada sobre una parte del cable superconductor 12 separada del extremo 12a. Por ejemplo, el extremo 12a del cable superconductor 12 se puede pasar a través de la abertura 20a y después a través de la abertura 20b, para que se extienda a través de la cubierta exterior 20 y hasta fuera de esta, como se muestra en las Figuras 1 y 2. Alternativamente, el extremo opuesto (no mostrado en los dibujos) del cable superconductor 12 se puede pasar a través de la abertura 20b y después a través de la abertura 20a, para que se extienda a través de la cubierta exterior 20 y quede el extremo 12a fuera de la cubierta exterior 20, como se muestra en las Figuras 1 y 2.

Los extremos de las cintas superconductoras 16 (en el extremo 12a del cable superconductor 12) están parcialmente desenrollados (o formando una espiral hacia fuera de otro modo) de la pieza 14 (como se muestra en la Figura 1) y unidos o fijados de forma flexible a la superficie exterior 18a del cuerpo terminal 18 (como se muestra en la Figura 2). En métodos particulares, los extremos de las cintas superconductoras 16 están desenrollados de la pieza 14, una vez que la cubierta exterior 20 se ha colocado sobre una parte del cable superconductor 12, como se muestra en la Figura 1.

Por otra parte, el extremo de la pieza 14 (en el extremo 12a del cable superconductor 12) está unido o fijado de forma flexible al cuerpo terminal 18. En realizaciones particulares, el extremo de la pieza 14 está alojado en el canal 18c del

cuerpo terminal y se une al cuerpo terminal 18 en el canal 18c. En otros métodos, la pieza 14 está unida al cuerpo terminal 18 de otra manera adecuada.

La cubierta exterior 20 se coloca entonces sobre al menos una parte del cuerpo terminal 18. Por ejemplo, la cubierta exterior 20, previamente colocada sobre el cable superconductor 12, se puede desplazar a lo largo del cable superconductor 12 hacia el extremo 12a, hasta que el cuerpo terminal 18 queda alojado a una distancia suficiente en la abertura 20b de la cubierta exterior 20. En métodos particulares, cuando la cubierta exterior 20 se coloca sobre el cuerpo terminal 18, los extremos de las cintas superconductoras 16 que se han desenrollado o enrollado hacia fuera de la pieza 14 de otro modo quedan confinados en un hueco (volumen) formado entre un extremo del cuerpo terminal 18 (es decir, el extremo en el que está insertado o al que se une la pieza) y un extremo de la cubierta exterior 20 (es decir, el extremo en el que se proporciona la abertura 20a). El hueco (volumen) entre el extremo del cuerpo terminal 18 y el extremo de la cubierta exterior 20 puede ser relativamente pequeño, pero, en métodos particulares, está configurado para ser lo suficientemente grande como para permitir que las cintas superconductoras 16 se extiendan hacia fuera (por ejemplo, que amplíen su diámetro de enrollado, libremente, respecto de su tensión de desenrollado natural) cuando salen de la pieza 14 a la superficie exterior 18a del cuerpo terminal 18.

A continuación, el hueco (volumen) entre el extremo del cuerpo terminal 18 y el extremo de la cubierta exterior 20, así como cualquier otro hueco entre la superficie exterior 18a del cuerpo terminal 18 y la superficie interior de la cubierta exterior 20 se rellena con soldadura 26 (o cualquier otro material selectivamente fluido). En métodos particulares, la soldadura 26 (u otro material selectivamente fluido) se inyecta o se hace fluir de otro modo hacia el hueco (volumen), a través de uno o más orificios (no mostrados) de la cubierta exterior 20 y/o del cuerpo terminal 18 que comunican con el hueco (volumen) del interior de la cubierta exterior 20. En otros métodos, la soldadura 26 (u otro material selectivamente fluido) se puede proporcionar en el interior de la cubierta exterior 20, antes o después del ensamblaje con el cuerpo terminal 18, y posteriormente calentarse para que fluya después de que el cuerpo terminal 18 haya sido insertado en la cubierta exterior 20. En estas realizaciones, el cuerpo terminal 18 puede estar configurado para conducir el calor desde una fuente de calor (entre otros, un dispositivo calentador formado en un cartucho que se inserta en un extremo abierto del canal 18b u otro orificio del cuerpo terminal 18), con el fin de que la soldadura (u otro material selectivamente fluido) fluya hacia el volumen interior de la cubierta exterior 20. Una vez que la soldadura (u otro material selectivamente fluido) haya fluido lo suficiente para rellenar el hueco (volumen) dentro de la cubierta exterior 20, la fuente de calor se puede retirar del cuerpo terminal 18, para permitir que la soldadura (u otro material selectivamente fluido) se consolide o endurezca.

La soldadura (u otro material selectivamente fluido) conecta las cintas superconductoras 16 entre sí y en algunas configuraciones con la cubierta exterior 20 y/o el cuerpo terminal 18. En configuraciones particulares, la soldadura (u otro material selectivamente fluido) es suficientemente conductora de electricidad como para proporcionar flujos de corriente de baja resistividad desde la película superconductora de las cintas superconductoras 16 al cuerpo terminal 18. La estructura de conector macho resultante 10 conecta con un cable superconductor 12 y está configurada para proporcionar flujos de corriente 28 con una resistencia suficientemente baja desde las cintas superconductoras 16 del cable superconductor 16 hasta el cuerpo terminal 18. Asimismo, la estructura del conector macho 10 puede estar configurada para conectar con un cable superconductor que tiene una pluralidad de cintas superconductoras 16 enrolladas alrededor de una pieza 14 de diámetro relativamente pequeño.

Una estructura de conector macho 110 de acuerdo con otra configuración se describe con referencia a las Figuras 4 y 5. La estructura de conector macho 110 está configurada para conectar con un cable superconductor 112 que tiene cintas superconductoras 116 enrolladas alrededor de una pieza 114. El cable superconductor 112, la pieza 114 y las cintas superconductoras 116 están configurados de la manera descrita anteriormente con respecto al cable superconductor 12, la pieza 14 y las cintas 16. Sin embargo, en la configuración de las Figuras 4 y 5, una cinta de conexión 117 se conecta al extremo de cada cinta superconductora 116.

En particular, cada cinta superconductora 116 tiene una capa de sustrato 116a y una o más capas de material superconductor 116b. Se puede proporcionar una o más capas de otro material (entre otros, material resistivo para formar una capa de barrera resistiva) entre la capa o capas del material superconductor 116b y la capa de sustrato 116a. En configuraciones particulares, cada cinta superconductora 116 está enrollada alrededor de la pieza 114, con la capa o capas de material superconductor 116b en el interior de la bobina, mirando hacia la pieza (es decir, dispuesta entre la pieza 114 y la capa de sustrato 116a de la cinta). Sin embargo, el extremo de cada cinta superconductora 116 está unido a una cinta de conexión 117.

La cinta de conexión 117 tiene una capa de sustrato 117a y una capa superconductora 117b dispuestas de forma que queden mirando en direcciones opuestas a las direcciones a las que miran la capa de sustrato 116a y la capa superconductora 116b de la cinta superconductora 116. Por consiguiente, en la Figura 4, un extremo de la cinta superconductora 116 tiene una capa de sustrato 116a mirando hacia arriba (en la parte superior del dibujo) y una capa superconductora 116b mirando hacia abajo (en la parte inferior del dibujo), mientras que la cinta de conexión 117 tiene

una capa de sustrato 117a mirando hacia abajo (en la parte inferior del dibujo) y una capa superconductora 117b mirando hacia arriba (en la parte superior del dibujo). La cinta de conexión 117 está eléctricamente conectada a un extremo de la cinta superconductora 116 a través de cualquier mecanismo adecuado, incluyendo entre otros, soldadura u otro material selectivamente fluido, epoxi, cola o similares. En la configuración de la Figura 4, esa conexión se realiza a través de una junta a tope (o de extremo a extremo), en la que un extremo de la cinta de conexión 117 está unido a un extremo de la cinta superconductora 116 con un punto de soldadura 119. En otras configuraciones, se puede formar una conexión con una junta en la que ambas cintas se solapan parcialmente.

La estructura del conector macho 110 incluye un cuerpo terminal 118 ubicado dentro de una cubierta exterior 120. El cuerpo terminal 118 y la cubierta exterior 120 están configurados de la misma manera y con la misma forma, y están producidos con los mismos materiales que en los ejemplos anteriormente descritos por referencia al cuerpo terminal 18 y a la cubierta exterior 20. En una configuración, la cubierta exterior 120 de la Figura 5 tiene una abertura 120a por la que se extiende el cable superconductor 116 (correspondiente a la abertura 20a anteriormente descrita de la Figura 3), pero no incluye una segunda abertura correspondiente a la abertura 20b de la Figura 3. Por consiguiente, la cubierta exterior 120 contiene todo el cuerpo terminal 118 y el extremo del cable superconductor 112, salvo por la abertura 120a por la que se extiende el cable superconductor 112. Se pueden disponer uno o más sellos 124 (similares a los sellos 24 anteriormente descritos) en la abertura 120a, de forma similar a la disposición del sello o sellos 24 de la abertura 20a antes descrita. En otra configuración, la cubierta exterior 120 no está cerrada, sino que contiene una abertura similar a 20b en la Figura 3. En estas configuraciones, el cuerpo terminal 118 se extiende a través de la abertura y un sello puede delimitar el espacio entre 118 y 120.

La pieza 114 se conecta con el cuerpo terminal 118 de manera similar a como lo hace la pieza 14 con el cuerpo terminal 18 antes descrito. Sin embargo, en configuraciones particulares, la pieza 114 se conecta al cuerpo terminal 118 antes de que las cintas superconductoras 116 se enrollen sobre la pieza 114. En configuraciones particulares, las cintas superconductoras 116 se enrollan sobre la pieza 114, con sus capas superconductoras 116b mirando hacia dentro de la bobina (mirando hacia la pieza), pero se conectan con las cintas de conexión 117 que tienen capas superconductoras 117b orientadas en la dirección opuesta.

Las cintas superconductoras 116 y las cintas de conexión 117 están unidas o fijadas holgadamente a la superficie exterior del cuerpo terminal 118 (de manera similar a la unión de las cintas 16 al cuerpo terminal 18 antes descrita). Sin embargo, las capas superconductoras de las cintas de conexión 117 miran hacia fuera, cuando las cintas 117 están unidas al cuerpo terminal 118. En configuraciones particulares, el cuerpo terminal 118 tiene un diámetro exterior suficientemente mayor que el diámetro exterior de la pieza 114, de forma que las cintas superconductoras 116 (y las cintas de conexión 117) se despliegan hacia fuera y forman huecos entre las cintas sobre el cuerpo terminal 118, como se ha descrito antes con respecto a las cintas 116 del cuerpo terminal 118. Se prevé soldadura 126 u otro material selectivamente fluido (similar al material 26 anteriormente descrito) en el volumen interior de la cubierta exterior 120, para ayudar a fijar de forma segura las cintas superconductoras 116, las cintas de conexión 117 y el cuerpo terminal 118 dentro de la cubierta exterior 120.

Se puede producir una estructura de conector macho 110 como la mostrada en la Figura 5 de acuerdo con cualquier proceso adecuado. Un ejemplo de un proceso para producir una estructura de conector macho 110 incluye la obtención de una pieza 114, cintas superconductoras 116, un cuerpo terminal 118 y una cubierta exterior 120. En configuraciones particulares, la pieza 114 es para un cable Conductor on Round Core (CORC). En otras configuraciones, se pueden emplear otras piezas adecuadas, incluyendo otras piezas como las descritas más arriba con respecto a la pieza 14.

Las cintas superconductoras 116 se pueden obtener de cualquier fuente adecuada y pueden ser del tipo que se ha descrito antes con respecto a las cintas superconductoras 16. En determinadas configuraciones, las cintas superconductoras 116 y la pieza 114 se consiguen obteniendo un cable superconductor 112 y al menos desenrollando parcialmente los extremos de las cintas superconductoras para dejar expuesto un extremo de la pieza. El extremo expuesto de la pieza 114 se une entonces al cuerpo terminal 118. En otras configuraciones, el proceso para producir la estructura de conector 110 incluye obtener una pieza 114 sin cintas superconductoras 116 enrolladas sobre este; unir la pieza 114 al cuerpo terminal 118 y, después enrollar las cintas superconductoras 116 sobre la pieza una vez que la pieza se ha unido al cuerpo terminal 118.

Las cintas superconductoras 116 están enrolladas alrededor de la pieza 114, con la capa o capas superconductoras 116b dirigidas hacia el interior de la bobina (mirando hacia la pieza 114). En otras configuraciones, las cintas superconductoras 116 están enrolladas con la capa o capas superconductoras 116b en la parte exterior de la bobina (mirando hacia fuera de la pieza 114). En otras configuraciones más, una o más cintas superconductoras 116 están enrolladas alrededor de la pieza 114 con la capa o las capas superconductoras 116b en la parte exterior de la bobina y una o más de las restantes cintas superconductoras 116 están enrolladas alrededor de la misma pieza 114 con su capa o capas superconductoras dentro de la bobina.

Cada respectiva cinta de conexión 117 se une a un extremo de cada respectiva cinta superconductora 116 de cualquier manera adecuada antes descrita. En configuraciones particulares, las cintas de conexión 117 se han unido a los extremos de las cintas superconductoras 116 antes de enrollar las cintas superconductoras 116 sobre la pieza 114. En otras configuraciones, las cintas de conexión 117 se unen a los extremos de las cintas superconductoras 116 que estaban inicialmente enrollados alrededor de la pieza y, a continuación, se desenrollan al menos parcialmente de la pieza 114. En configuraciones particulares, se proporciona soldadura u otro material conductor de electricidad selectivamente fluido en un extremo (o entre los extremos) de cada cinta superconductora 116 y un extremo de una respectiva cinta de conexión 117. Se unen y adhieren entre sí los extremos de dos cintas con la soldadura (u otro material fluido) para formar una junta a presión entre las cintas (por ejemplo, la junta de soldadura 19). Esta junta tendrá una resistencia relativamente elevada porque las películas superconductoras de ambas cintas no están en contacto eléctrico directo entre sí. En otras configuraciones, la junta de conexión de la cinta para los dos extremos de las cintas incluye una estructura de junta de baja resistencia, como una juntura.

El cuerpo terminal 118 se puede obtener de cualquier fuente adecuada o producirse de acuerdo con cualquiera de los procesos descritos anteriormente para producir el cuerpo terminal 18. La pieza 114 se une al cuerpo terminal 118 de cualquier manera adecuada, como las anteriormente descritas para unir la pieza 14 al cuerpo terminal 18. En la configuración de la Figura 5, un extremo de la pieza 114 se extiende por un canal del cuerpo terminal 118 y está unido o insertado holgadamente en el cuerpo terminal 118 dentro del canal. En configuraciones en las que la pieza 114 sin cintas superconductoras se obtiene y une al cuerpo terminal 118, las cintas superconductoras 116 (con las cintas de conexión 117 unidas a estas) se enrollan sobre la pieza, una vez que la pieza está unida o se ha insertado en el cuerpo terminal 118.

En configuraciones particulares, el cuerpo terminal 118 tiene una superficie exterior por la que se extienden o a la que están unidos de forma flexible los extremos de las cintas superconductoras 116, por ejemplo, de una forma similar a la manera en la que las cintas superconductoras 16 se extienden sobre o están unidas holgadamente al cuerpo terminal 18 antes descrito. El diámetro exterior máximo del cuerpo terminal 118 es suficientemente mayor que el diámetro exterior de la pieza como para permitir que los extremos de las cintas superconductoras 116 y las cintas de conexión 117 unidas se distribuyan sobre la superficie exterior del cuerpo terminal 118, como se ha descrito antes con respecto a las cintas superconductoras 16 y el cuerpo terminal 18. Como resultado, se prevén huecos, o se extienden entre los extremos de las cintas superconductoras 116 y entre las cintas de conexión 117 sobre la superficie exterior del cuerpo terminal 118. En configuraciones particulares, se añade soldadura u otro material conductor fluido en esos huecos, que proporciona un flujo de corriente de relativamente alta conductividad en la dirección radial, entre las capas resistivas intermedias de las cintas.

En configuraciones particulares, las cintas de conexión 117 están dispuestas sobre el cuerpo terminal 118 con sus capas superconductoras 117b mirando hacia fuera del cuerpo terminal 118 (y con sus capas de sustrato 117a orientadas hacia y parcialmente en contacto con el cuerpo terminal 118). En estas configuraciones, el enrollamiento o enrollamiento parcial de estas cintas de conexión 117 sobre la superficie exterior del cuerpo terminal 118 ejerce tensión sobre la capa o capas superconductoras 117b. Por consiguiente, en configuraciones particulares, la porción del cuerpo terminal 118 sobre la que están dispuestas las cintas de conexión 117 tiene un diámetro exterior que es lo bastante grande como para minimizar suficientemente la tensión sobre la capa o capas superconductoras 117b para evitar dañar la capa o capas superconductoras 117b.

En otras configuraciones particulares, las juntas 119 que conectan las cintas de conexión 117 a los extremos de las cintas superconductoras 116 están escalonadas entre sí, a lo largo de la superficie exterior del cuerpo terminal 118. De esta manera, las juntas 119 están separadas lateralmente entre sí (y no apiladas unas sobre otras) sobre la superficie exterior del cuerpo terminal 118. En la configuración de la Figura 5, las juntas 119 están escalonadas entre sí, disponiendo las juntas 119 sobre las cintas superconductoras 116 que se encuentran en cada capa superior en el cable 112 en lugares más alejados en la longitud longitudinal del cuerpo terminal 118, que las juntas 119 de las cintas superconductoras 116 que se encuentran en las capas inferiores del cable 112. En tales disposiciones, una parte de las capas superconductoras de una cinta superconductora 116 en cada capa superior se encuentra en contacto directo con una parte de la capa o capas superconductoras de la cinta de conexión 117 de la capa inferior adyacente. Por otra parte, la capa o capas superconductoras de la cinta o cintas superconductoras 116 de la capa o capas inferiores se encuentran en contacto directo con la superficie exterior del cuerpo terminal 118. Por consiguiente, las conexiones por contacto directo se establecen entre las capas superconductoras en cada capa adyacente y entre la capa más baja y el cuerpo terminal 118.

En otras configuraciones, se pueden emplear otras disposiciones de juntas escalonadas 119. En otras configuraciones, dos o más juntas 119 están apiladas (una encima de la otra) sobre la superficie exterior del cuerpo terminal 118. En la configuración de la Figura 5, las cintas de conexión 117 de las cintas superconductoras 116 de diferentes capas tienen diferentes longitudes. Por ejemplo, la longitud de la cinta de conexión 117 de la cinta superconductora 116 de la capa

superior de la Figura 5 es más corta que la longitud de la cinta de conexión 117 de la siguiente capa inferior, que es más corta a su vez que la longitud de la cinta de conexión 117 de la siguiente capa inferior. En otras configuraciones, parte o la totalidad de estas cintas de conexión 117 pueden tener la misma longitud. Una vez que las cintas superconductoras 116 y las cintas de conexión 1117 están extendidas sobre el cuerpo terminal 118, se coloca la carcasa exterior 120 sobre las cintas y el cuerpo terminal. En configuraciones particulares, el cuerpo terminal 118 (y las cintas 116, 117) se inserta en el volumen interior de la carcasa exterior 120 a través de la abertura 120a. En otras configuraciones, la carcasa exterior 120 está formada de múltiples piezas ensambladas sobre el cuerpo terminal 118 (y las cintas 116, 117). Una vez que el cuerpo terminal 118 (y las cintas 116, 117) está dispuesto dentro del volumen interior de la carcasa exterior 120, se inyecta (o se hace fluir de otro modo) la soldadura 126 u otro material selectivamente fluido en el volumen interior de la carcasa exterior 120 para cubrir las cintas 116, 117 y rellenar los espacios entre el cuerpo terminal 118 (y las cintas 116, 117) y la superficie interior de la carcasa exterior 120. En realizaciones particulares, la soldadura 126 (u otro material selectivamente fluido) se selecciona para proporcionar un flujo de corriente de baja resistencia entre las cintas 116, 117 y la carcasa exterior 120. En otras realizaciones particulares, la soldadura 126 (u otro material selectivamente fluido) tiene una temperatura de fusión (fluido) más elevada que la soldadura (u otro material fluido) utilizada para las juntas a tope 119.

En las configuraciones anteriormente descritas, las cintas de conexión 117 incluyen una o más capas superconductoras 117b. En otras configuraciones, las cintas de conexión 117 son cintas conductoras de electricidad normales (u otros conductores eléctricos normales) que no tienen materiales superconductores, entre otras, cintas que tienen capas conductoras de electricidad normales, como cobre, oro u otro material o metal conductor. En otras configuraciones de la estructura del conector 110, las cintas de conexión 117 se omiten y la corriente se transfiere desde la capa o capas superconductoras 116a de las cintas superconductoras 116 directamente a través de la soldadura 119 (u otro material fluido).

También en las configuraciones anteriormente descritas, los cuerpos terminales 18 y 118 están producidos (o recubiertos) con un material superconductor. En otras configuraciones, los cuerpos terminales 18 y 118 están hechos de un material o metal conductor de electricidad normal. En otras configuraciones más, el material de los cuerpos terminales 18 y 118 incluyen una capa resistente a la corrosión como níquel u oro.

Las estructuras del conector de las Figuras 6-16 están configuradas de manera similar a las configuraciones y procesos descritos antes con respecto a las configuraciones de las Figuras 1-5; sin embargo, con ciertos componentes con una forma diferente de las formas descritas y mostradas con respecto a las Figuras 1-5. Por consiguiente, las descripciones de componentes y procesos relacionados más arriba se emplean, si procede, para las configuraciones de las Figuras 6-16.

Una estructura de conector hembra 210 de acuerdo con otra configuración de la presente invención se describe con referencia a las Figuras 6 y 7. La estructura del conector hembra 210 está configurada para conectarse eléctricamente con una estructura de conector macho 10 (descrita más arriba), como se muestra en la Figura 7.

La estructura del conector hembra 210 está configurada para conectar con un cable superconductor 212 que tiene cintas superconductoras 216 enrolladas alrededor de una pieza 214. El cable superconductor 212, la pieza 214 y las cintas superconductoras 216 están configurados de la manera antes descrita con respecto al cable superconductor 12, la pieza 14 y las cintas 16. La estructura del conector hembra 210 incluye una carcasa exterior 220, un cuerpo terminal 230, un sello 222, sellos 224 en una abertura 220a de la carcasa exterior 220, y soldadura 226 u otro material selectivamente fluido, similar a la carcasa 20, al cuerpo terminal 18, a los sellos 22 y 24, y a la soldadura 26 u otro material fluido descritos antes con respecto a la estructura del conector macho 10. Sin embargo, el cuerpo terminal 230 tiene una forma diferente del cuerpo terminal 18 antes descrito.

En particular, el cuerpo terminal 230 tiene una hendidura 230b con una abertura y un volumen interior coaxialmente dispuestos dentro de una abertura 220b de la carcasa 220. La abertura y el volumen interior de la hendidura 230b tienen cada uno una forma y un tamaño adecuados para alojar la porción extendida del cuerpo terminal 18 de la estructura del conector macho 10, como se muestra en la Figura 7, para establecer una conexión eléctrica entre los cuerpos terminales 230 y 30 (y, por tanto, entre los cables superconductores 212 y 12).

En la configuración mostrada en las Figuras 6 y 7, el cuerpo terminal 230 tiene una configuración en forma de copa, con una superficie exterior generalmente cilíndrica y una hendidura de forma generalmente cilíndrica 230b. En otras configuraciones, se emplean otras formas adecuadas para el cuerpo terminal 230 y/o la hendidura 230b. Por ejemplo, en otras configuraciones como las mostradas en la Figura 8 (donde se utilizan los números de referencia correspondientes a la configuración de la Figura 7, pero con un símbolo de comilla simple' para representar las partes correspondientes a esa configuración), la forma exterior del cuerpo terminal 230' y/o la forma de la hendidura está ahusada y/o generalmente es cónica. En configuraciones particulares donde la hendidura tiene una forma ahusada y/o cónica, la hendidura tiene un diámetro más grande hacia la abertura 220b y un diámetro más pequeño hacia la superficie posterior

230a del cuerpo terminal 230. En estas configuraciones, la forma de la porción extendida del cuerpo terminal 18 de la estructura del conector macho se puede producir con la correspondiente forma ahusada, cónica y/u otra que coincida con la forma de la hendidura 230b de la estructura del conector hembra. En configuraciones particulares, la superficie interior de la hendidura 230b y/o la superficie exterior de la porción extendida del cuerpo terminal 18 están hechas o recubiertas con un material resistente a la corrosión, entre otros, níquel u oro.

La estructura del conector macho 10 (10') está eléctricamente acoplada con la estructura del conector hembra 210 (210'), alineando la porción extendida del cuerpo terminal 18 de la estructura del conector macho con la abertura 220b, 230b de la estructura del conector hembra, y posteriormente aplicando una fuerza adecuada sobre la estructura del conector macho o hembra, o sobre ambas, para unir las dos estructuras de conector. Cuando las estructuras de conector se unen, la porción extendida del cuerpo terminal 18 se inserta en el volumen interior del cuerpo terminal 230 una distancia suficiente para establecer contacto eléctrico entre los cuerpos terminales 18 y 230. En configuraciones particulares, la porción extendida del cuerpo terminal 18 se inserta en el volumen interior del cuerpo terminal 230 todo lo posible, por ejemplo, hasta que la superficie del extremo del cuerpo terminal 18 entra en contacto con la superficie del extremo interior del volumen interior del cuerpo terminal 230.

En otras configuraciones, el contacto eléctrico entre las estructuras del conector macho y hembra 10 y 210 se mejora utilizando un mecanismo de sujeción o pernos que presionan las estructuras de conector 10 y 210 entre sí en la dirección axial (es decir, la dirección horizontal en las Figuras 7 y 8). Cuando las estructuras de conector 10 y 210 se acoplan, la corriente eléctrica fluye desde las cintas superconductoras del cable 12 del lado de la estructura del conector macho, por la soldadura 26, por el cuerpo terminal macho 18, por el cuerpo terminal hembra 230, por la soldadura y hasta las cintas superconductoras del cable 212 en el lado de la estructura del conector hembra. Alternativamente, la corriente puede fluir en dirección opuesta (del lado de la estructura del conector hembra al lado de la estructura del conector macho).

Otra configuración de estructura de conector macho 310 se muestra en la Figura 9. La estructura de conector macho 310 está configurada para acoplarse eléctricamente con una estructura de conector hembra 210 (antes descrita), como se muestra en la Figura 9.

La estructura de conector macho 310 está configurada para conectar a un cable superconductor 312 que tiene cintas superconductoras 316 enrolladas alrededor de una pieza 314. El cable superconductor 312, la pieza 314 y las cintas superconductoras 316 están configurados de la manera descrita anteriormente con respecto al cable superconductor 12, la pieza 14 y las cintas 16. La estructura del conector macho 310 incluye una carcasa exterior 320, un cuerpo terminal 330, un sello 322 o sellos 324 y soldadura 326 u otro material selectivamente fluido, similar a la carcasa 20, al cuerpo terminal 18, a los sellos 22 y 24, y a la soldadura 26 u otro material fluido descritos antes con respecto a la estructura del conector macho 10. Sin embargo, el cuerpo terminal 330 tiene una forma diferente del cuerpo terminal 18 antes descrito. En particular, el cuerpo terminal 330 tiene una longitud menor (con respecto a la longitud de la carcasa exterior 320) que el cuerpo terminal 18 y no se extiende mucho (o nada) desde el extremo abierto de la carcasa exterior 320.

Además, en la configuración de la Figura 9, el diámetro exterior de la carcasa exterior 320 de la estructura del conector macho 310 y el diámetro interior del volumen interior del cuerpo terminal 320 de la estructura del conector hembra 210 están configurados (en tamaño y forma) para permitir que la carcasa exterior 320 se ajuste en el volumen interior del cuerpo terminal 230 (es decir, para pasar por la abertura 230b y entre en el volumen interior del cuerpo terminal 230). En configuraciones particulares, toda la carcasa exterior 320 de la estructura del conector macho 310 (o una parte sustancial de la carcasa exterior 320) está alojada en el volumen interior del cuerpo terminal 230, cuando los elementos del conector macho y hembra 310 y 210 están conectados. En configuraciones particulares, la carcasa exterior 320 de la estructura del conector macho 310 está hecha de un material que tiene una conductividad eléctrica relativamente alta, entre otros, cobre u otro material conductor de electricidad adecuado.

En la configuración mostrada en la Figura 9, el cuerpo terminal 230 de la estructura del conector hembra 210 tiene una configuración en forma de copa, con una superficie exterior generalmente cilíndrica y una hendidura de forma generalmente cilíndrica 230b (Figura 6), y la carcasa exterior 320 de la estructura de conector macho tiene la correspondiente forma cilíndrica. En otras configuraciones, se emplean otras formas adecuadas para la carcasa exterior 320 y el cuerpo terminal 230 y/o la hendidura 230b. Por ejemplo, en otras configuraciones como las mostradas en la Figura 10 (donde se utilizan los números de referencia correspondientes a la configuración de la Figura 9, pero con un símbolo de comilla simple' para representar las partes correspondientes a esa configuración), la forma de la hendidura del cuerpo terminal 230' está ahusada y/o generalmente es cónica. Además, la forma de la carcasa exterior 320 de la estructura de conector macho se conforma con la correspondiente forma ahusada, cónica y/u otra que coincida con la forma de la hendidura de la estructura del conector hembra. En configuraciones particulares, la superficie interior de la hendidura del cuerpo terminal 230 (230') y/o la superficie exterior de la carcasa exterior 320 (320') están hechas o revestidas de un material resistente a la corrosión, entre otros, níquel u oro.

La estructura del conector macho 310 (310') está eléctricamente acoplada con la estructura del conector hembra 210 (210'), alineando la carcasa exterior 320 de la estructura del conector macho con la abertura 220b, 230b de la estructura del conector hembra, y posteriormente aplicando una fuerza adecuada sobre la estructura del conector macho o hembra, o sobre ambas, para unir las dos estructuras de conector. Cuando las estructuras del conector se unen entre sí, la carcasa exterior 320 de la estructura del conector macho se inserta en el volumen interior del cuerpo terminal 230 de la estructura de conector hembra una distancia suficiente para establecer contacto eléctrico entre la carcasa exterior 320 y el cuerpo terminal 230. En configuraciones particulares, la carcasa exterior 320 de la estructura del conector macho se inserta en el volumen interior del cuerpo terminal 230 todo lo posible, por ejemplo, hasta que la superficie del extremo de la carcasa exterior 320 entre en contacto con la superficie del extremo interior del volumen interior del cuerpo terminal 230.

Cuando las estructuras de conector 310 y 210 se unen, la corriente eléctrica podría fluir desde las cintas superconductoras del cable 312 del lado de la estructura del conector macho, por la soldadura 326, por el cuerpo terminal macho 320, por la carcasa exterior 320, por el cuerpo terminal hembra 230, por la soldadura y hasta las cintas superconductoras del cable 212 del lado de la estructura del conector hembra. Alternativa o adicionalmente, la corriente podría fluir desde las cintas superconductoras del cable 312 del lado de la estructura del conector macho, radialmente hacia fuera por la soldadura 326, directamente por la carcasa exterior 320, por el cuerpo terminal hembra 230, por la soldadura 226 y hasta las cintas superconductoras del cable 212 del lado de la estructura del conector hembra. Alternativamente, la corriente puede fluir en dirección opuesta (del lado de la estructura del conector hembra al lado de la estructura del conector macho).

En otras configuraciones, el contacto eléctrico entre las estructuras de conector macho y hembra 310 y 210 se mejora utilizando un mecanismo de sujeción o pernos que presionan las estructuras de conector 310 y 210 entre sí en la dirección axial (es decir, la dirección horizontal en la Figura 9), como se ha explicado antes con respecto a las configuraciones de las Figuras 7 y 8.

En la Figura 11, se muestra otra configuración en la que una estructura del conector macho 110 (similar a la descrita anteriormente con respecto a las Figuras 4 y 5) está configurada para conectarse eléctricamente con una estructura de conector hembra 210 (similar a la descrita anteriormente con respecto a la Figura 6). Los números de referencia correspondientes se utilizan en la Figura 11 para identificar las correspondientes partes anteriormente descritas con respecto a las Figuras 4-6.

Por otra parte, en la configuración de la Figura 11, el diámetro exterior de la carcasa exterior 120 de la estructura del conector macho 110 y el diámetro interior del volumen interior del cuerpo terminal 230 de la estructura del conector hembra 210 están configurados (en tamaño y forma) para permitir que la carcasa exterior 120 se ajuste en el volumen interior del cuerpo terminal 230 (es decir, para que pase por la abertura 230b y entre en el volumen interior del cuerpo terminal 230). En configuraciones particulares, la carcasa exterior 120 de la estructura del conector macho 110 (o una parte sustancial de la carcasa exterior 120) está alojada en el volumen interior del cuerpo terminal 230, cuando los elementos de conector macho y hembra 110 y 210 están conectados. En configuraciones particulares, la carcasa exterior 120 de la estructura del conector macho 110 está hecha de un material que tiene una conductividad eléctrica relativamente elevada, entre otros, cobre u otro material conductor de electricidad adecuado. En otras configuraciones, la carcasa exterior 120 y/o la superficie interior de la hendidura 230a del cuerpo terminal 230 están recubiertos con un revestimiento resistente a la corrosión, como níquel u oro.

En la configuración mostrada en la Figura 11, el cuerpo terminal 230 de la estructura del conector hembra 210 tiene una configuración en forma de copa, con una superficie exterior generalmente cilíndrica y una hendidura con forma generalmente cilíndrica 230b (Figura 6), y la carcasa exterior 120 de la estructura de conector macho tiene la correspondiente forma cilíndrica. En otras configuraciones, se emplean otras formas adecuadas para la carcasa exterior 120 y el cuerpo terminal 230 y/o la hendidura 230b, incluyendo entre otras, formas ahusadas y/o cónicas como las anteriormente descritas con respecto al cuerpo terminal 230' y a la carcasa exterior 320' de la Figura 10.

La estructura del conector macho 110 está eléctricamente conectada con la estructura del conector hembra 210, alineando la carcasa exterior 120 de la estructura del conector macho con la abertura 220b, 230b de la estructura del conector hembra, y posteriormente aplicando una fuerza adecuada sobre la estructura del conector macho o hembra, o sobre ambas, para unir las dos estructuras de conector. Cuando las estructuras del conector se unen entre sí, la carcasa exterior 120 de la estructura del conector macho se inserta en el volumen interior del cuerpo terminal 230 de la estructura de conector hembra una distancia suficiente para establecer contacto eléctrico entre la carcasa exterior 120 y el cuerpo terminal 230. En configuraciones particulares, la carcasa exterior 120 de la estructura del conector macho se inserta en el volumen interior del cuerpo terminal 230 todo lo posible, por ejemplo, hasta que la superficie del extremo de la carcasa exterior 120 entre en contacto con la superficie del extremo interior del volumen interior del cuerpo terminal 230.

5 Cuando las estructuras de conector 110 y 210 se unen, la corriente eléctrica fluye desde las cintas superconductoras del cable 112 del lado de la estructura del conector macho 55, radialmente hacia fuera por la soldadura 126 y la carcasa exterior 120, por el cuerpo terminal hembra 230, por la soldadura 226 y hasta las cintas superconductoras del cable 212 del lado de la estructura del conector hembra. Alternativamente, la corriente puede fluir en dirección opuesta (del lado de la estructura del conector hembra al lado de la estructura del conector macho).

En otras configuraciones, el contacto eléctrico entre las estructuras de conector macho y hembra 110 y 210 se mejora utilizando un mecanismo de sujeción o pernos que presionan las estructuras de conector 110 y 210 entre sí en la dirección axial (es decir, la dirección horizontal en la Figura 10), como se ha explicado anteriormente con respecto a las configuraciones de las Figuras 7 y 8.

10 En la Figura 12, se muestra otra configuración en la que dos estructuras de conector macho 101 y 102 (similares cada una de ellas a la descrita anteriormente con respecto a las Figuras 1-3) están configuradas para conectarse eléctricamente entre sí. Los números de referencia correspondientes se utilizan en la Figura 12 para identificar las correspondientes partes anteriormente descritas con respecto a las Figuras 1-3.

15 En la configuración de la Figura 12, al menos un miembro de conexión 40 conecta la porción extendida del cuerpo terminal 181 (de la estructura del conector macho 101) con la porción extendida del cuerpo terminal 182 (de la estructura del conector macho 102). En una configuración particular, el miembro de conexión 40 comprende un par de miembros de media carcasa que encajan al menos parcialmente y delimitan el diámetro de las porciones extendidas de los cuerpos terminales 181 y 182. En otras configuraciones, el miembro de conexión 40 tiene más de dos miembros de carcasa que se ajustan al menos parcialmente alrededor de los cuerpos terminales 181 y 182. En otras configuraciones más, el miembro de conexión 40 está configurado con un único miembro de carcasa que se ajusta al menos parcialmente alrededor de los cuerpos terminales 181 y 182. En configuraciones particulares, las carcasas del miembro de conexión 40 están fijadas entre sí (o proporcionan una fuerza de fijación en la dirección radial) para retener las carcasas en los cuerpos terminales 181 y 182. En estas configuraciones, la fuerza de fijación puede ser facilitada por cualquier mecanismo adecuado, incluyendo entre otros, una fuerza de resorte natural de las carcasas del miembro de conexión 40, una banda exterior u otra estructura de sujeción exterior (no mostrada) o similares. En configuraciones particulares, el miembro de conexión 40 permite cierto grado de movimiento axial (en la dirección horizontal de la Figura 12) de una o las dos estructuras de conector macho.

20 Las carcasas del miembro de conexión 40 están hechas de cualquier material conductor de electricidad adecuado (entre otros, cobre u otro material conductor de electricidad adecuado) o material superconductor, o ambos. En otras configuraciones, las superficies en contacto del miembro de conexión 40 y los cuerpos terminales 181 y 182 están hechos o revestidos de una capa resistente a la corrosión, entre otros, níquel u oro.

25 En la Figura 13, se muestra otra configuración en la que dos estructuras de conector macho 1101 y 1102 (similares cada una de ellas a la descrita anteriormente con respecto a las Figuras 4 y 5) están configuradas para conectarse eléctricamente entre sí. Los números de referencia correspondientes se utilizan en la Figura 13 para identificar las correspondientes partes anteriormente descritas con respecto a las Figuras 4 y 5.

30 En la configuración de la Figura 13, al menos un miembro de conexión 50 conecta la carcasa exterior 120i (de la estructura del conector macho 1101) con la carcasa exterior 120j (de la estructura del conector macho 1102). En una configuración particular, el miembro de conexión 50 comprende un par de miembros de media carcasa que encajan al menos parcialmente y delimitan el diámetro de cada carcasa exterior 120i y 120j. En otras configuraciones, el miembro de conexión comprende una carcasa o más de dos carcasas, cada una de ellas configurada y con un funcionamiento similar a las carcasas 40 descritas más arriba.

35 En la realización de la Figura 14 y las configuraciones de las Figuras 15-16, una estructura de conector de acuerdo con la presente invención está eléctricamente conectada a un cable superconductor en un extremo y a un hilo de corriente conductor normal o superconductor por el otro extremo. En realizaciones particulares, estas estructuras de conector proporcionan un flujo de corriente de baja resistencia desde un cable superconductor hasta un hilo de corriente.

40 Una realización de una estructura de conector 410 que conecta un cable superconductor 412 (que tiene cintas superconductoras 416 enrolladas sobre una pieza 414) con un hilo de corriente 515 se muestra en la Figura 14. El cable superconductor 412, la pieza 414 y las cintas superconductoras 416 están configurados de la manera antes descrita con respecto al cable superconductor 12, la pieza 14 y las cintas 16. La estructura del conector 410 incluye una carcasa exterior 420, un sello o sellos 424 y soldadura 426 u otro material selectivamente fluido, similar a la carcasa 20, sellos 24 y 30, y soldadura 26 u otro material fluido descritos anteriormente con respecto a la estructura del conector macho 10. La carcasa exterior 420 está hecha de cualquier material conductor de electricidad adecuado, incluyendo entre otros, cobre, oro u otro material conductor de electricidad.

Sin embargo, a diferencia de la estructura del conector macho 10, la estructura del conector 410 de la Figura 14 no tiene que incluir un cuerpo terminal (por ej. el cuerpo terminal 18 de las Figuras 1-3). Por el contrario, los extremos de las cintas superconductoras 416 que están desenrollados de la pieza 414 están unidos o presionados contra una superficie interior de la carcasa exterior 420. En realizaciones particulares, la superficie interior de la carcasa exterior 420 tiene un diámetro suficientemente mayor que el diámetro de la pieza 414, para permitir que los extremos de las cintas superconductoras 416 se dispersen cuando pasan de la pieza 414 a la superficie de diámetro mayor de la carcasa exterior 420. Una vez que los extremos de las cintas superconductoras 416 están distribuidos por la carcasa exterior 420 (y/o unidos a la superficie interior de la carcasa exterior 420), la carcasa exterior 420 se llena de soldadura (u otro material conductor de electricidad selectivamente fluido) para conectar las cintas entre sí y/o con la carcasa exterior 420. En otras realizaciones, los extremos de las cintas superconductoras 416 se dispersan solo una cantidad mínima (o nada en absoluto), pero están rodeados de un material conductor, entre otros, soldadura, soldadura pre-estañada, chapa de cobre u otro material conductor adecuado. Se puede conectar un casquillo 460 con la carcasa exterior 420 para cerrar la carcasa exterior 420 y ayudar a retener la soldadura (u otro material selectivamente fluido) dentro de la carcasa exterior 420. El casquillo 460 puede estar conectado con la carcasa exterior 420 a través de un mecanismo de conexión adecuado, entre otros, una o más soldaduras, otro adhesivo o material selectivamente fluido, tornillos, pernos, abrazaderas o similares.

Asimismo, uno o más hilos de corriente 515 están conectados a la carcasa exterior 420 o al casquillo 460 a través de cualquier mecanismo de conexión adecuado. En la realización de la Figura 14, un hilo de corriente 515 está conectado a la carcasa exterior 420 a través de un tornillo roscado o pemo 517. En otras realizaciones, se emplean otros mecanismos de conexión adecuados para conectar el hilo de corriente 515 con la carcasa exterior 420 o el casquillo 460, entre otros, una o más soldaduras, otro adhesivo o material selectivamente fluido, abrazaderas o similares.

En la configuración de la Figura 15, una estructura de conector macho 10 (como la anteriormente descrita con respecto a las Figuras 1-3) está conectada a uno o más hilos de corriente 515. Se hace referencia a la descripción de la estructura de conector 10 en las Figuras 1-3. En la Figura 15, un hilo de corriente 515 está conectado a la porción extendida del cuerpo terminal 18 a través de un tornillo roscado o pemo 517. En otras realizaciones, se emplean otros mecanismos de conexión adecuados para conectar el hilo de corriente 515 al cuerpo terminal 18, incluyendo entre otros, una o más soldaduras, otro adhesivo o material selectivamente fluido, abrazaderas o similares. En la configuración de la Figura 15, la corriente puede fluir desde las cintas superconductoras 16 del cable superconductor 12 por el cuerpo terminal hasta el hilo o hilos de corriente 515. En otras realizaciones, la corriente puede fluir en la dirección opuesta (es decir, desde el hilo o hilos de corriente 515 hasta el cable superconductor 12).

La configuración de la Figura 16 es similar a la configuración de la Figura 15. En la Figura 15, el cable superconductor 512, la pieza 514 y las cintas superconductoras 516 están configurados de la manera anteriormente descrita con respecto al cable superconductor 12, la pieza 14 y las cintas 16. La estructura de conector macho 510 incluye una carcasa exterior 520, un cuerpo terminal 518, sello(s) 522, sello(s) 524, y soldadura 526 u otro material selectivamente fluido, similar a la carcasa 20, cuerpo terminal 18, sellos 22 y 24, y soldadura 26 u otro material fluido descritos anteriormente con respecto a la estructura del conector macho 10.

Sin embargo, la carcasa exterior 520 de la Figura 16 puede tener otra cara o borde 520c que permite que la carcasa exterior 520 tenga un diámetro interior mayor (y/o permite que el cuerpo terminal 518 tenga un diámetro exterior más pequeño) que la configuración de la Figura 15. Como resultado, se proporciona espacio adicional en el volumen interior de la carcasa exterior 520 para más capas 570 de materiales intermedias o adyacentes a los extremos de las cintas superconductoras 516 que rodean el cuerpo terminal 518.

En configuraciones particulares, las capas adicionales 570 proporcionan diferentes resistencias de contacto entre las diferentes capas de cintas superconductoras 516 y el cuerpo terminal 518. En estas configuraciones, las capas adicionales 570 están compuestas por cilindros o fundas de materiales conductores o resistivos que se colocan sobre las cintas superconductoras 516 entre cada capa en el cuerpo terminal 518. El flujo de corriente desde el cuerpo terminal debe fluir a través de los cilindros y la resistencia de contacto efectiva aumenta para cada capa de cintas superconductoras ubicada más alejada de la pieza en el cable. Esta configuración puede proporcionar una mejor penetración de la corriente en las capas más internas del cable cuando se utiliza con elevadas tasas de aumentos de tensión. La resistencia de cada cilindro intermedio puede ser seleccionada o modificada, seleccionando o cambiando el grosor del cilindro, o seleccionando o cambiando los materiales de los que están hechos los cilindros.

Estructuras de conector macho 610 y 710 de acuerdo con otras configuraciones se muestran en las Figuras 17 y 18. La estructura de conector macho 710 es similar a la estructura de conector macho 610, pero tiene un diámetro exterior más estrecho que el conector macho 610. En configuraciones particulares, el diámetro exterior de la estructura del conector macho 710 puede ser similar o ligeramente superior al diámetro del cable 712.

Las estructuras de conector macho 610 y 710 pueden ser similares a la estructura de conector macho 110 de la Figura 5, pero sin cintas de conexión y un cuerpo terminal. Además, las estructuras de conector macho 610 y 710 también pueden ser similares a la estructura de conector de la Figura 14, pero sin los hilos 515 y el casquillo 460. En realizaciones particulares, las estructuras de conector macho 610 y 710 están configuradas cada una de ellas para conectarse selectivamente con una estructura de conector hembra 210 según se describe aquí (u otra estructura de conector hembra adecuada). Un ejemplo de una estructura de conector macho 710 (anteriormente descrita) se conecta eléctricamente con una estructura de conector hembra 210 (anteriormente descrita), como se muestra en la Figura 19. En otros ejemplos, una estructura de conector macho 810 (anteriormente descrita) puede estar eléctricamente conectada con una estructura de conector hembra similar que tiene un diámetro interior más pequeño que se adapta mejor al diámetro exterior de la estructura de conector macho 810.

La estructura de conector macho 610 de la Figura 17 está configurada para conectar a un cable superconductor 612 que tiene cintas superconductoras 616 enrolladas alrededor de una pieza 614. De forma similar, la estructura de conector macho 710 de la Figura 18 está configurada para conectar a un cable superconductor 712 que tiene cintas superconductoras 716 enrolladas alrededor de una pieza 714. El cable superconductor 612 y 712, la pieza 614 y 714, y las cintas superconductoras 616 y 716 están configurados de la manera anteriormente descrita con respecto al cable superconductor 12, la pieza 14 y las cintas 16 mostrados en la Figura 3.

Las estructuras de conector macho 610 y 710 incluyen, cada una de ellas, una carcasa exterior 620 y 720, pero ningún cuerpo terminal ubicado dentro de la carcasa exterior. La cubierta exterior 620 y 720 está configurada de la misma manera y con la misma forma, y está producida con los mismos materiales que en los ejemplos anteriormente descritos con respecto a la cubierta exterior 20.

En una realización, cada cubierta exterior 620 y 720 tiene una abertura 620a y 720a por la que se extiende el cable superconductor 612 o 712 (correspondiente a la abertura 20a anteriormente descrita de la Figura 3) y una segunda abertura 620b y 720b (correspondiente a la abertura 20b de la Figura 3). En otras realizaciones, cada carcasa exterior 620 y 720 está cerrada en el extremo mostrado con la segunda abertura 620b o 720b, por ejemplo, por una porción de carcasa exterior 620 o 720 (similar a la forma en la que la carcasa exterior 120 cierra el extremo de la estructura de conector 110 de la Figura 5) o por un casquillo similar al casquillo 460 de la Figura 14.

Se pueden disponer uno o más sellos 624 o 724 (similares a los sellos 24 anteriormente descritos) en la abertura 620a o 720a, de forma similar a la disposición del sello(s) 24 de la abertura 20a anteriormente descrita. Las estructuras de conector 610 y 710 incluyen, cada una de ellas, la soldadura 626 o 726 (u otro material conductor de electricidad selectivamente fluido) dentro del volumen interior de la carcasa exterior 620 o 720, de forma similar a la soldadura 26 u otro material fluido descrito anteriormente con respecto a la estructura de conector macho 10. Cada carcasa exterior 620 o 720 está hecha de cualquier material conductor de electricidad adecuado, incluyendo entre otros, cobre, oro u otro material conductor de electricidad.

Sin embargo, a diferencia de la estructura de conector macho 10, la estructura de conector 610 de la Figura 17 y la estructura de conector 710 de la Figura 18 no tiene que incluir un cuerpo terminal (por ejemplo, el cuerpo terminal 18 de las Figuras 1-3). Por el contrario, los extremos de las cintas superconductoras 616 o 716 que están desenrollados de la pieza 614 o 714 están unidos o presionados contra una superficie interior de la carcasa exterior 620 o 720, de forma similar a la realización anteriormente descrita con respecto a la Figura 14. En realizaciones particulares, la superficie interior de la carcasa exterior 620 o 720 tiene un diámetro suficientemente mayor que el diámetro del cable 612 o 712 como para permitir que los extremos de las cintas superconductoras 616 o 716 se dispersen cuando pasan de la pieza 614 o 714 a la superficie de diámetro mayor de la carcasa exterior 620 o 720. Sin embargo, en otras realizaciones, la superficie interior de la carcasa exterior 620 o 720 tiene aproximadamente el mismo diámetro que el cable 612 o 712 o tiene un diámetro ligeramente mayor o ligeramente menor que el cable 612 o 712. En estas realizaciones, la dispersión de los extremos de las cintas superconductoras 616 o 716 se puede minimizar, cuando las cintas están rodeadas y en contacto con un material conductor, entre otros, una capa, placa o revestimiento de material conductor de electricidad como soldadura pre-estañada, cobre, oro o similares. Una vez que los extremos de las cintas superconductoras 616 o 716 están dentro de la carcasa exterior 620 o 720 (y/o unidos a la superficie interior de la carcasa exterior 620 o 720), la carcasa exterior 620 o 720 se rellena de soldadura (u otro material conductor de electricidad selectivamente fluido) para conectar las cintas entre sí y/o con la carcasa exterior 620 o 720. Alternativa o adicionalmente, la soldadura pre-estañada se funde calentando la estructura de conector.

En las realizaciones de las Figuras 17 y 18, la corriente fluirá desde las cintas 616 o 716, radialmente hacia fuera por la soldadura 626 o 726, o por la carcasa exterior 620 o 720 (o ambas). En estas realizaciones, dado que las cintas superconductoras 616 o 716 (o al menos los extremos de las cintas superconductoras 616 o 716) están dotadas de una capa resistiva intermedia en contacto directo con película superconductor y de una capa, placa o revestimiento exterior de material conductor como el anteriormente descrito, cada cinta superconductor puede estar provista de un flujo de corriente suficiente entre las cintas superconductoras, de forma que no se necesita un cuerpo terminal. En estas

realizaciones, el flujo de corriente hacia fuera en la dirección radial se mejora por la soldadura (u otro material fluido conductor de electricidad) que cubre las cintas superconductoras 616. En realizaciones particulares, los extremos de las cintas superconductoras no necesitan estar dispersos (o pueden estar relativamente poco dispersos), dado que la soldadura (u otro material fluido conductor de electricidad) mejora lo suficiente el flujo de corriente en la dirección radial. Sin embargo, en otras realizaciones, los extremos de las cintas superconductoras están ligeramente separadas y dispersas entre sí, lo que puede ayudar a cubrir los extremos de las cintas superconductoras de soldadura (u otro material fluido conductor de electricidad).

En la Figura 20, se muestra otra configuración en la que dos estructuras del conector macho 6101 y 6102 (similares cada una de ellas a la estructura del conector macho 610 descrita anteriormente con respecto a la Figura 17) están configuradas para conectarse eléctricamente entre sí. Los números de referencia correspondientes se utilizan en la Figura 20 para identificar las correspondientes partes anteriormente descritas con respecto a la Figura 17. En otras realizaciones, las dos estructuras del conector macho mostradas en la Figura 20 pueden tener una configuración de diámetro más pequeño (similar al conector macho 710 de la Figura 18).

En la realización de la Figura 20, al menos un miembro de conexión 840 colinda con la carcasa exterior 6201 de la estructura de conector 6101 y la carcasa exterior 6202 de la estructura de conector 6101 y conecta eléctricamente las dos carcasas exteriores. En una realización particular, el miembro de conexión 840 está configurado de forma similar al miembro de conexión 40 anteriormente descrito con respecto a la Figura 12, pero está configurado para colindar con las carcasas exteriores de las estructuras del conector, en lugar de con los cuerpos terminales de las estructuras del conector. Por consiguiente, en realizaciones particulares, el miembro de conexión 840 comprende un par de miembros de carcasa que encajan al menos parcialmente y delimitan el diámetro de las carcasas exteriores 6201 y 6202.

En otras realizaciones, el miembro de conexión 840 tiene más de dos miembros de carcasa que encajan al menos parcialmente alrededor de las carcasas exteriores 6201 y 6202. En otras realizaciones más, el miembro de conexión 840 está configurado con un único miembro de carcasa que encaja al menos parcialmente alrededor de las carcasas exteriores 6201 y 6202. En realizaciones particulares, las carcasas del miembro de conexión 840 están fijadas entre sí (o proporcionan una fuerza de fijación en la dirección radial) para retener las carcasas exteriores 6201 y 6202. En estas realizaciones, la fuerza de fijación puede ser facilitada por cualquier mecanismo adecuado, incluyendo entre otros, una fuerza de resorte natural de las carcasas del miembro de conexión 840, una banda exterior u otra estructura de sujeción exterior (no mostrada) o similares. En realizaciones particulares, el miembro de conexión 840 permite cierto grado de movimiento axial (en la dirección horizontal de la Figura 20) de una o las dos estructuras de conector macho 6101 y 6102.

Las carcasas del miembro de conexión 840 están hechas de cualquier material conductor de electricidad adecuado o material superconductor, entre otros, cobre u otro material conductor de electricidad adecuado. En otras realizaciones, las superficies en contacto del miembro de conexión 840 y las carcasas exteriores 6201 y 6202 están hechos o revestidos de una capa resistente a la corrosión, como, por ejemplo, níquel u oro.

En la Figura 21 se muestra otra estructura de conexión en la que los extremos de las cintas superconductoras están adheridos o eléctricamente conectados (o ambos) a la superficie exterior de un hilo de corriente.

En la configuración de la Figura 21, la estructura del conector 910 es similar a la estructura del conector macho 610 (o 710) antes descrita, pero tiene un extremo de un hilo de corriente 915 alojado en el volumen interior de su carcasa exterior 920. Por otra parte, los extremos de las cintas superconductoras 916 están adheridos y eléctricamente conectados a la superficie exterior del hilo de corriente 915. La estructura de conector 910 incluye una carcasa exterior 920 y soldadura (u otro material fluido) 626 similares a la carcasa exterior y la soldadura (u otro material fluido) 26 anteriormente descritos.

En configuraciones particulares, la dimensión exterior del hilo de corriente 915 es suficientemente mayor que el diámetro de la pieza 914 del cable 912 como para permitir que los extremos de las cintas superconductoras 916 se dispersen cuando pasan de la pieza 914 a la superficie de diámetro mayor del hilo de corriente 915. En otras configuraciones, las dimensiones exteriores del hilo de corriente 915 son aproximadamente iguales o ligeramente mayores (o menores) que el diámetro de la pieza 914, de forma que se consigue una dispersión mínima (o ninguna).

En la configuración de la Figura 21, la pieza 914 se encuentra alojada en el interior de un canal central o una abertura del hilo de corriente 915. En estas configuraciones, la pieza 914 puede estar fijada al hilo de corriente 915 por soldadura u otro adhesivo conductor, o por conexión mecánica, entre otras, una conexión de ajuste por fricción o combinaciones de estas. En otras configuraciones, la pieza 914 se une al hilo de corriente 915 por soldadura u otro adhesivo conductor, por conexión mecánica o combinaciones de estas, sin estar alojada en el interior de un canal o de una abertura en el hilo de corriente 915. En configuraciones particulares, el hilo de corriente 915 puede ser un conductor eléctrico no superconductor. En otras configuraciones, el hilo de corriente 915 puede ser un conductor eléctrico superconductor. Por

ejemplo, el hilo de corriente 915 puede ser un cable o hilo superconductor de baja temperatura fabricado de un material superconductor como, entre otros, NbTi o Nb₃Sn. Alternativamente, el hilo de corriente 915 puede estar hecho de un cable superconductor de alta temperatura, similar al cable 12 antes descrito.

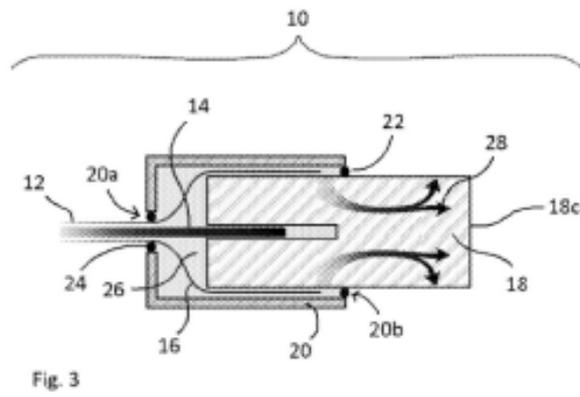
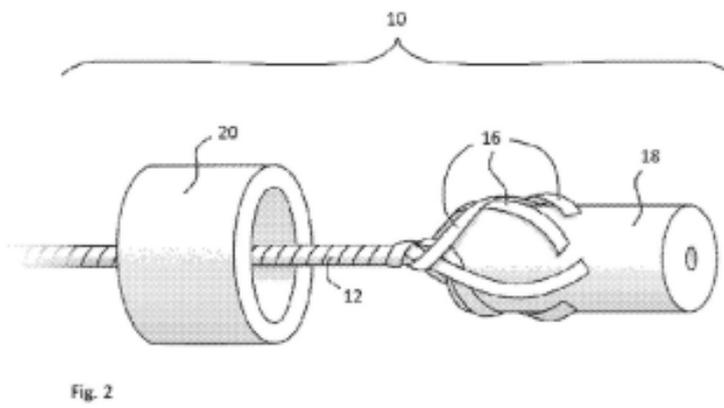
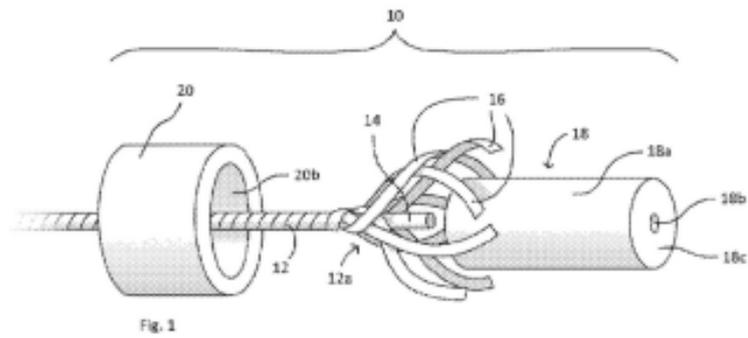
5 En cualquiera de las realizaciones anteriormente descritas, la totalidad o parte de las capas de conductores de las cintas superconductoras están ahusadas, de forma que, por ejemplo, los extremos de las cintas superconductoras de las capas exteriores (radialmente alejadas de la pieza) son más cortos que los extremos de las cintas superconductoras de las capas más internas. Un ejemplo de una estructura de conector macho 1010 de la Figura 22 tiene una pluralidad de capas de cintas superconductoras (cada capa posterior a la primera capa de la pieza colocada sobre o radialmente hacia fuera de una capa subyacente). En la realización de la Figura 22, la estructura del conector macho 1010 es similar a la estructura del conector macho 610 (o 710) antes descrita, pero tiene una pluralidad de capas ahusadas de cintas superconductoras. En el dibujo de la Figura 22, la estructura del conector macho 1010 está conectada a un cable superconductor 1012, tiene dos capas de cintas superconductoras 1016, y los extremos de esas cintas superconductoras están ahusados. En otras realizaciones, el cable 1012 tiene más de dos capas de cintas superconductoras 1016 que tienen los extremos ahusados (donde los extremos de la capa o capas más internas se extienden más por la carcasa exterior 1020 que la capa o capas más exteriores). En realizaciones particulares, el ahusamiento reduce la longitud del flujo de corriente a través de la soldadura desde las cintas interiores a la carcasa exterior 1020, para reducir la resistencia de contacto entre la carcasa y las cintas interiores.

15 Las realizaciones divulgadas en el presente documento se considerarán a todos los efectos como ilustrativas y no restrictivas de la invención. El alcance de la invención se define por las reivindicaciones adjuntas y no por la anterior descripción.

20

REVINDICACIONES

1. Una estructura de conector para un cable superconductor que tiene una pluralidad de cintas superconductoras (416, 616, 716) enrolladas alrededor de una pieza (414, 614, 714) con un diámetro de pieza, donde la estructura del conector comprende:
 - 5 una carcasa conductora (420, 620, 720) que tiene un volumen interior y una abertura (20a, 120a) para alojar los extremos de las cintas superconductoras (416, 616, 716) en el volumen interior, donde la carcasa (420, 620, 720) tiene una superficie interior unida al menos a una parte del volumen interior, donde se proporciona un material conductor de electricidad selectivamente fluido (426, 626, 726) dentro del volumen interior de la carcasa (420, 620, 720), incluyendo alrededor de los extremos de las cintas superconductoras (416, 616, 716); **caracterizado por:**
 - 10 los extremos de las cintas superconductoras (416, 616, 716) se extienden desde la pieza (414, 614, 714) hacia la superficie interior de la carcasa (420, 620, 720), y se distribuyen, y están unidas o comprimidas contra la superficie interior de la carcasa (420, 620, 720), con uno o más huecos formados entre los extremos de las cintas superconductoras (416, 616, 716) unidos o comprimidos contra la superficie interior de la carcasa (420, 620, 720).
2. Una estructura del conector como la mencionada en la reivindicación 1, donde el volumen interior de la carcasa (20, 120) está completamente lleno con el material selectivamente fluido (26, 126) y los extremos de las cintas superconductoras (416, 616, 716).
3. Una estructura del conector como la mencionada en la reivindicación 1, donde el material selectivamente fluido (26,126) comprende soldadura conductora de electricidad.
4. Una estructura del conector como la mencionada en la reivindicación 1, donde se proporciona un material conductor de electricidad dentro del hueco o huecos que rodean a los extremos de una o más cintas superconductoras (416, 616, 716).
5. Una estructura del conector como la mencionada en la reivindicación 1, donde los extremos de las cintas superconductoras (416, 616, 716) están ahusadas dentro de la carcasa (420, 620, 720), de forma que una o más cintas superconductoras (416, 616, 716) se extienden más hacia el interior de la carcasa (420, 620, 720) que una o más de las restantes cintas superconductoras (416, 616, 716) de la pluralidad de cintas superconductoras (416, 616, 716).
6. Un método para producir una estructura de conector para un cable superconductor que tiene una pluralidad de cintas superconductoras (416, 616, 716) enrolladas alrededor de una pieza (414, 614, 714) que tiene un diámetro de pieza, donde el método comprende:
 - 30 proporcionar una carcasa conductora (420,620,720) que tiene un volumen interior y una abertura, donde la carcasa (420, 620, 720) tiene una superficie interior unida al menos a una parte del volumen interior, que aloja los extremos de las cintas superconductoras (416,616,716) en el volumen interior de la carcasa (420, 620, 720);
 - 35 extender los extremos de las cintas superconductoras (416, 616, 716) desde la pieza (414, 614, 714) hasta la superficie interior de la carcasa (420, 620, 720), donde los extremos de las cintas superconductoras (416, 616, 716) están distribuidos y unidos o comprimidos contra la superficie interior de la carcasa (420, 620, 720), con uno o más huecos formados entre los extremos de las cintas superconductoras (416, 616, 716) unidos o comprimidos contra la superficie interior de la carcasa (420, 620, 720).
 - añadir un material conductor de electricidad selectivamente fluido (416, 626, 726) en el volumen interior de la carcasa (420, 620, 720), incluyendo alrededor de los extremos de las cintas superconductoras (416, 616, 716).
7. Un método como el mencionado en la reivindicación 6, donde al añadir el material selectivamente fluido (26, 126) en el volumen interior de la carcasa (420, 620, 720) se llena por completo el volumen interior de la carcasa (420, 620, 720) alrededor de los extremos de las cintas superconductoras (416, 616, 716) con el material selectivamente fluido (26, 126).
8. Un método como el mencionado en la reivindicación 6, donde el material selectivamente fluido (26, 126) consta de soldadura conductora de electricidad.
9. Un método como el mencionado en la reivindicación 6 que comprende también ahusar los extremos de las cintas superconductoras (416, 616, 716) dentro de la carcasa (420, 620, 720), extendiendo una o más cintas superconductoras (416, 616, 716) más hacia el interior de la carcasa (420, 620, 720) que una o más de las restantes cintas superconductoras (416, 616, 716) de la pluralidad de cintas superconductoras (416, 616, 716).



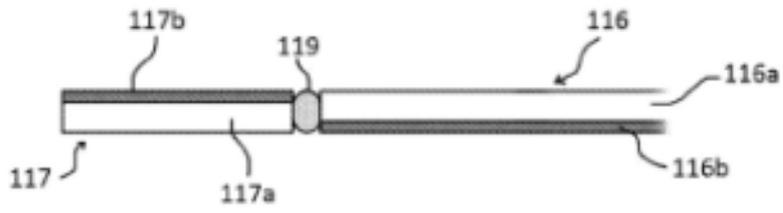


Fig. 4

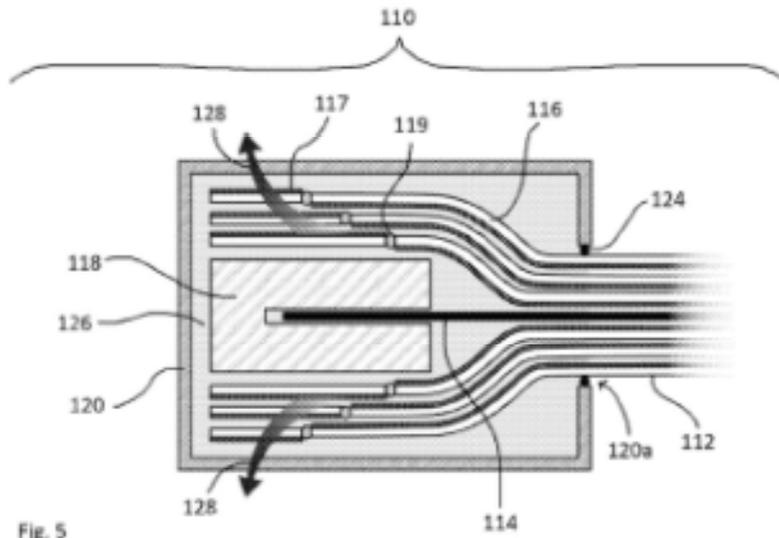
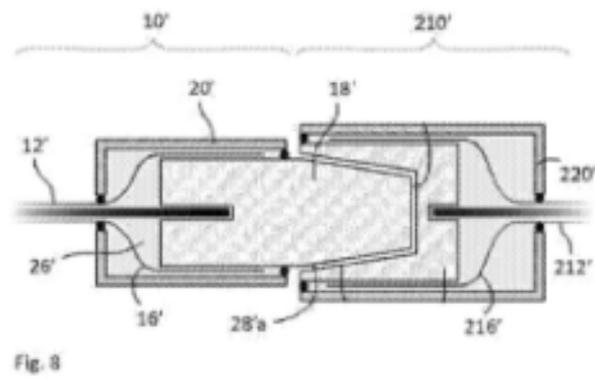
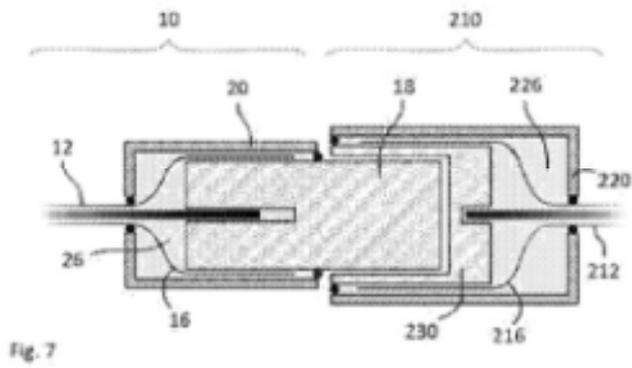
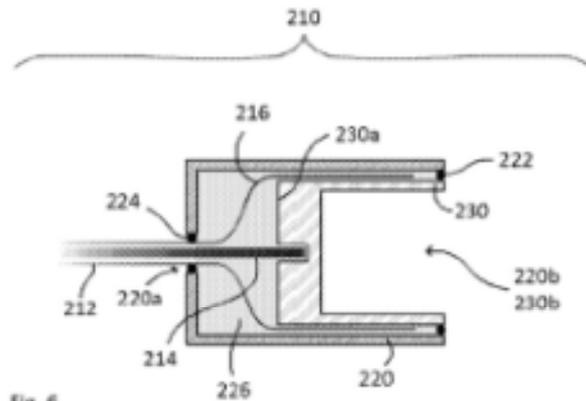


Fig. 5



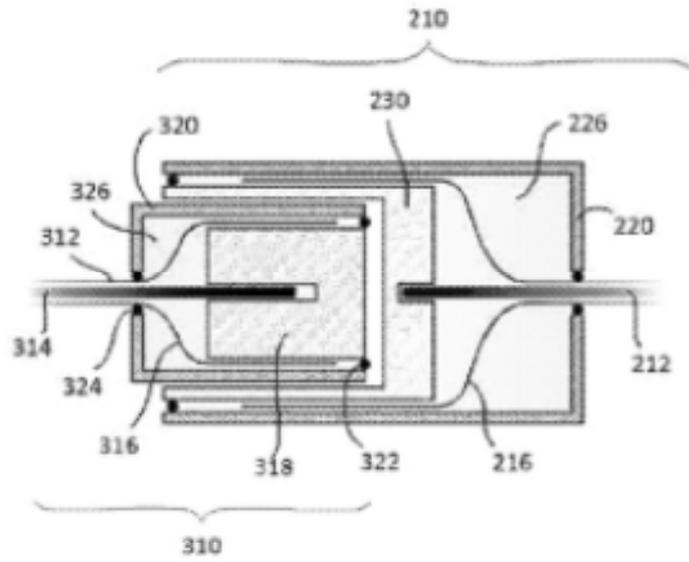


Fig. 9

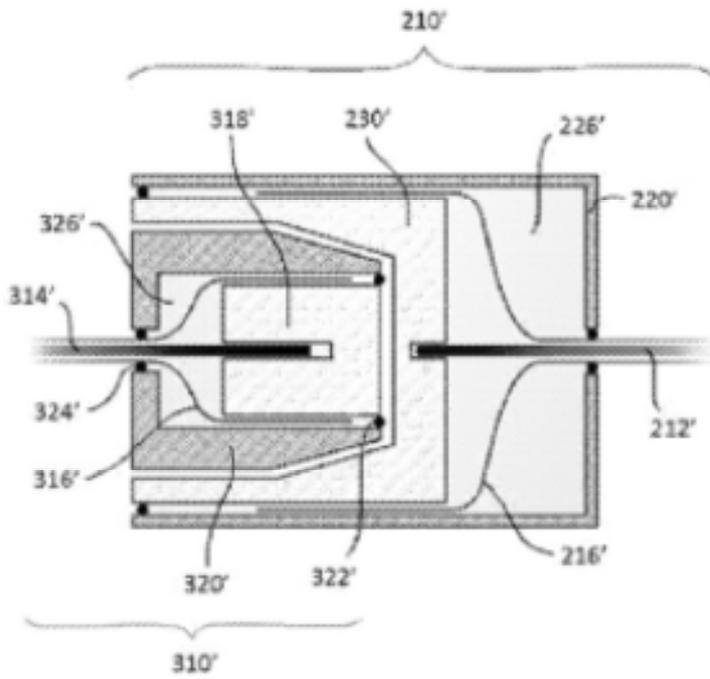


Fig. 10

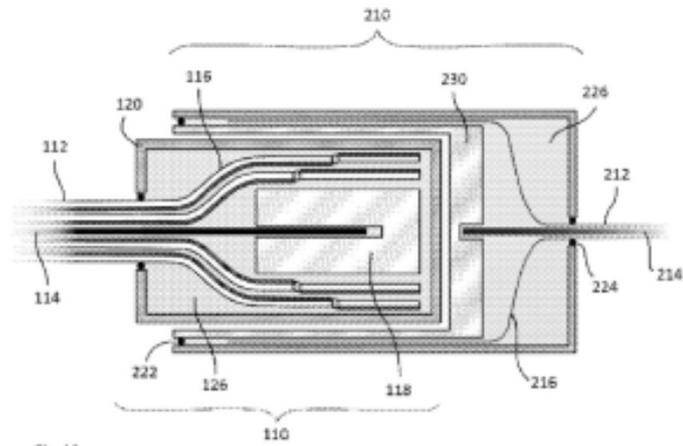


Fig. 11

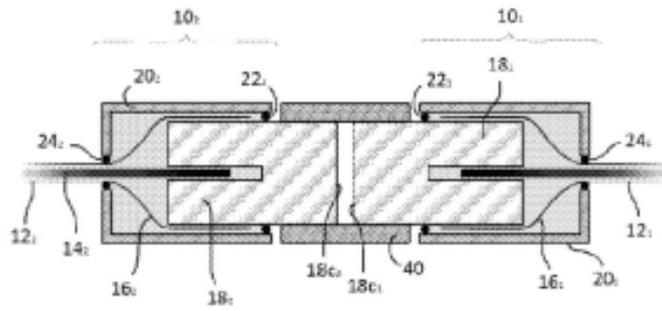


Fig. 12

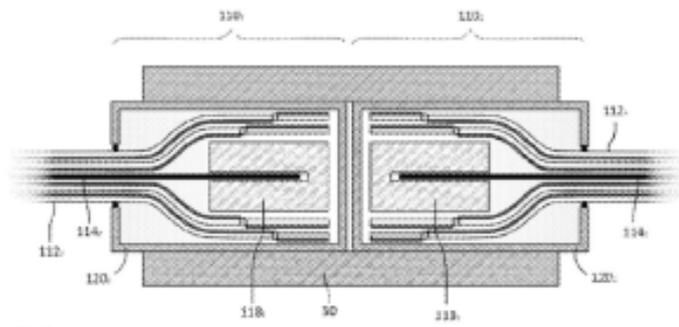


Fig. 13

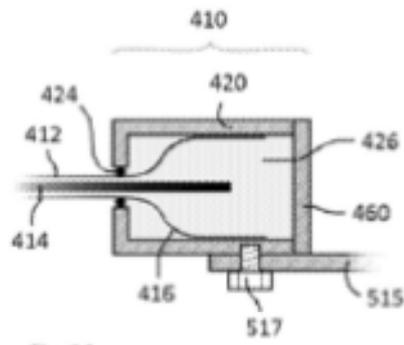


Fig. 14

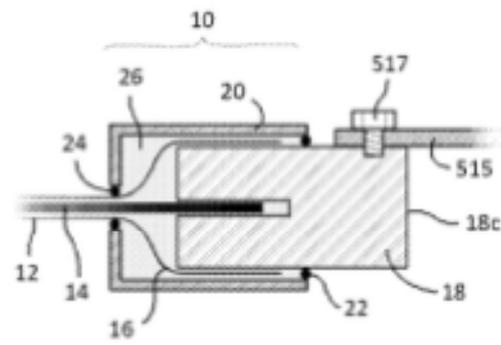


Fig. 15

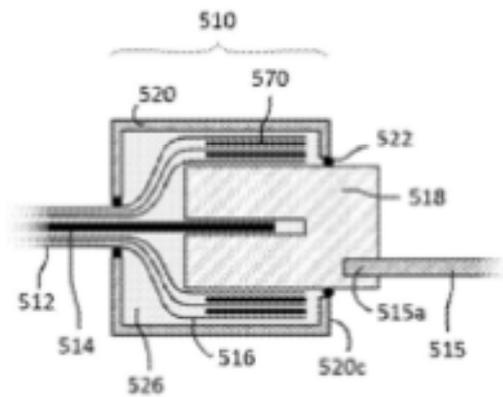
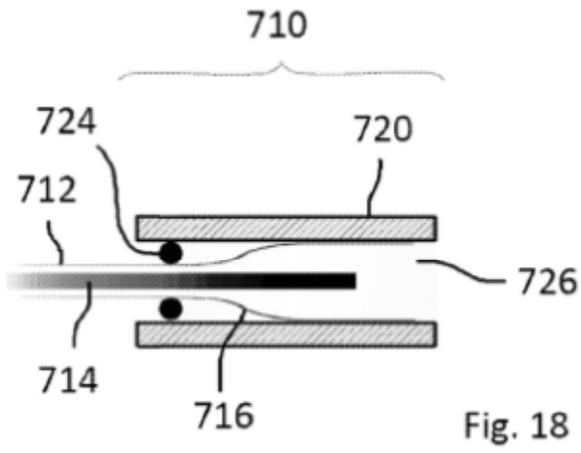
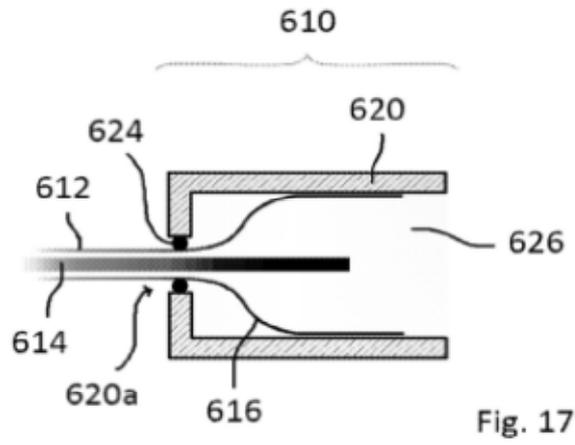


Fig. 16



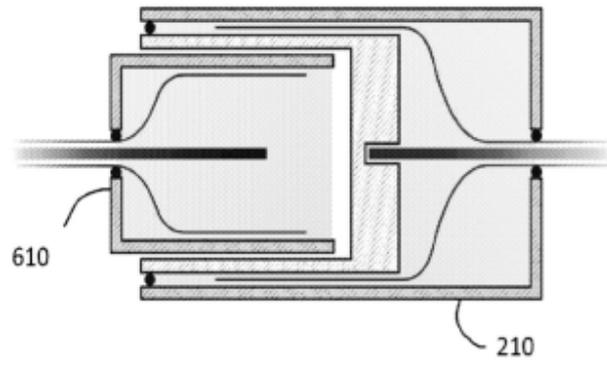


Fig. 19

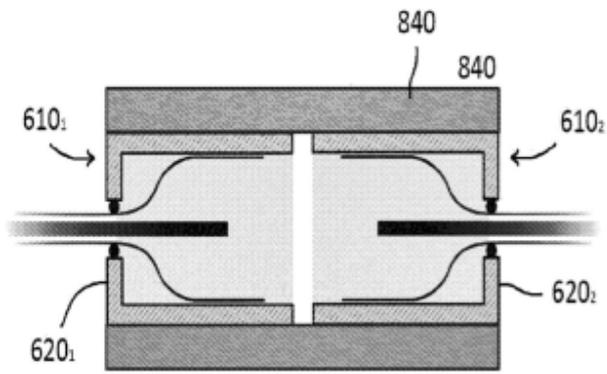


Fig. 20

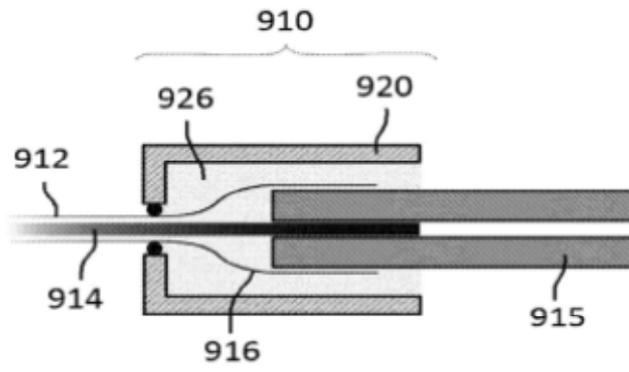


Fig. 21

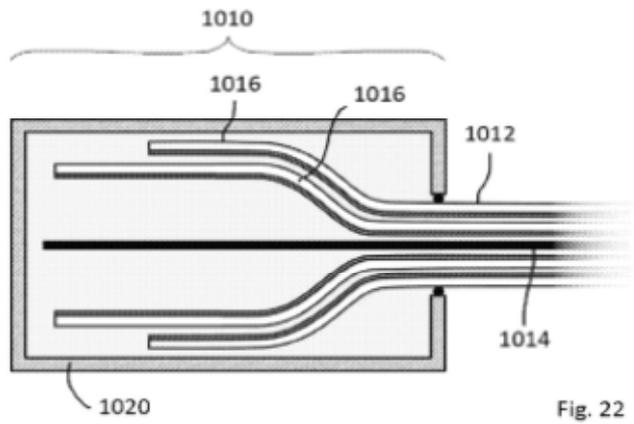


Fig. 22