(19)日本国特許庁(JP)　(12)公開特許公報(A)　(11)特許出願公開番号
特開2009-295609
(P2009-295609A)
(43)公開日　平成21年12月17日(2009.12.17)

| (51)Int.Cl. | | | F I | | | テーマコード（参考） |
|---|---|---|---|---|---|---|
| H01F | 6/00 | (2006.01) | H01F | 7/22 | ZAAJ | |
| H01R | 4/68 | (2006.01) | H01R | 4/68 | | |

審査請求 未請求　請求項の数 3　ＯＬ　（全 13 頁）

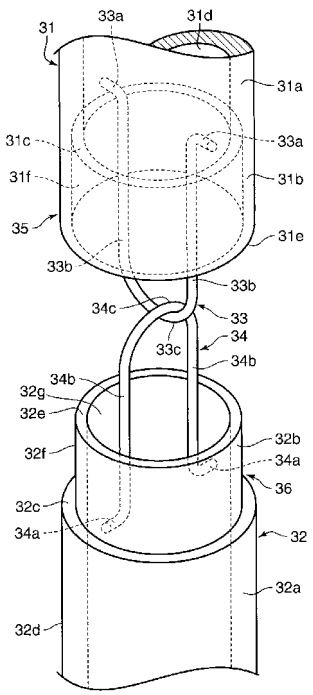
(21)出願番号　特願2008-144578 (P2008-144578)
(22)出願日　平成20年6月2日 (2008.6.2)

(71)出願人　000001199
株式会社神戸製鋼所
兵庫県神戸市中央区脇浜町二丁目１０番２６号
(71)出願人　502147465
ジャパンスーパーコンダクタテクノロジー株式会社
兵庫県神戸市西区高塚台１丁目５番５号
(74)代理人　100067828
弁理士　小谷　悦司
(74)代理人　100115381
弁理士　小谷　昌崇
(74)代理人　100109058
弁理士　村松　敏郎

最終頁に続く

(54)【発明の名称】電流リード

(57)【要約】
【課題】上方の限られたスペースでの着脱を可能にしながら、導電線部材の収容空間を確保することが可能な電流リードを提供する。
【解決手段】この電流リード２０は、導電線部材２１を内部に収容する筒状保持部材３０を備えている。筒状保持部材３０は、一方の端部に超電導磁石装置１０の装置側端子１５に接続されるリード側端子２２を保持し、他方の端部に嵌合部３６を有する筒体３２と、一方の端部に嵌合部３６に嵌合可能でかつその嵌合状態で嵌合部３６と軸方向に当接可能な嵌合部３５を有し、筒体３２の装置外方側に配置される筒体３１と、筒体３２の内側面３２ｇおよび筒体３１の内側面３１ｄにそれぞれ接続され、嵌合部３６と嵌合部３５との軸方向の相対変位を許容しかつ両嵌合部３５，３６同士が軸方向に所定距離以上離間するのを規制するように筒体３２と筒体３１とを連結する線状の連結部３３，３４とを含んでいる。
【選択図】図２



【特許請求の範囲】
【請求項１】
永久電流モードで運転可能な超電導磁石装置に対して当該装置に設けられたポートを通して着脱するように構成され、装着状態で外部電源から前記超電導磁石装置の超電導磁石に電気を供給する電流リードであって、
前記外部電源に接続可能な導電線部材と、
前記導電線部材の前記外部電源に接続される端部と反対の端部に設けられ、前記超電導磁石装置の装置側端子に接続されるリード側端子と、
前記導電線部材を内部に収容可能な筒状に形成され、その軸方向端部に前記リード側端子を保持する筒状保持部材とを備え、
前記筒状保持部材は、一方の端部に前記リード側端子を保持し、他方の端部に第１の嵌合部を有する第１の筒体と、一方の端部に前記第１の嵌合部に嵌合可能でかつその嵌合状態で前記第１の嵌合部と軸方向に当接可能な第２の嵌合部を有し、前記第１の筒体の装置外方側に配置される第２の筒体と、前記第１の筒体の内側面および前記第２の筒体の内側面にそれぞれ接続され、前記第１の嵌合部と前記第２の嵌合部との軸方向の相対変位を許容しかつ両嵌合部同士が軸方向に所定距離以上離間するのを規制するように第１の筒体と第２の筒体とを連結する線状の連結部材とを含むことを特徴とする電流リード。
【請求項２】
前記連結部材は、両端部が第１の筒体の内側面に接続されてその中間部が第２の筒体側に膨出する第１の連結部と、両端部が第２の筒体の内側面に接続されてその中間部が第１の筒体側に膨出する第２の連結部とを含み、一方の連結部の中間部が他方の連結部の中間部の内側を通るように両筒体同士が連結され、前記両嵌合部が所定距離だけ離間した状態で両連結部の中間部同士が係合することを特徴とする請求項１に記載の電流リード。
【請求項３】
前記連結部材は、弛むことが可能な索状部材であり、前記両嵌合部が所定距離だけ離間した状態で緊張する長さを有することを特徴とする請求項１に記載の電流リード。
【発明の詳細な説明】
【技術分野】
【０００１】
本発明は、電流リードに関し、特に、永久電流モードで運転可能な超電導磁石装置の超電導磁石に電気を供給するための電流リードに関する。
【背景技術】
【０００２】
従来、超電導磁石装置では、電流リードを介して、外部電源から液体ヘリウム中の超電導磁石に電気が供給されるようになっている。上記電流リードは、外部電源に接続される導電線部材と、この導電線部材の一端部に設けられ、超電導磁石装置の装置側端子に接続されるリード側端子と、導電線部材を内部に収容するとともにリード側端子を軸方向一端に保持する筒状保持部材とで構成されている。
【０００３】
ところで、高分解能ＮＭＲやＭＲＩ等で用いられる超電導磁石装置では、その発生磁場が時間的に極めて高い安定性を有することが要求される。このため、装置内には永久電流スイッチが設けられており、外部電源による電源駆動モードでの運転から、当該装置内に形成された閉ループによる永久電流モードでの運転に所定のタイミングで切り替わるようになっている。そして、永久電流モードでの運転中は上記電流リードによる給電の必要がなくなるため、また、電流リードからの不要な熱侵入を防止するためにも、超電導磁石装置では着脱式の電流リードが一般に用いられる。
【０００４】
また、上記電流リードを着脱するためのポートは、通常、超電導磁石装置の上部に上方に向けて突設されているため、当該装置の上方には電流リードの着脱作業のための作業用スペースが必要となる。従って、超電導磁石装置を設置する部屋には、装置高さ（床面か

らポート上端までの距離）に電流リードの着脱のための作業用スペース分の高さを加えた天井高さが必要となっていた。

【０００５】

そこで、従来から、屈曲部を有する筒状の電流リードを用いて、天井高さが十分に確保できない部屋への装置の設置を可能にした技術が提案されている。例えば、特許文献１には、ピンを用いた関節継手構造（蝶番構造）の屈曲部を備えた電流リードが開示されている。

【特許文献１】特開２００７－７３６５３号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【０００６】

しかしながら、特許文献１のような構成では、屈曲部に着脱時の負荷に耐えるための十分な強度を持たせるには、ピンのサイズを大きくする必要があり、これに伴って屈曲部の肉厚も増大する。この場合、導電線部材を収容するための空間（筒状保持部材の内側空間）を十分に確保するのが困難であるという不都合がある。これにより、従来から、強度確保に伴う筒状保持部材の内側空間の減少を極力抑えたいという要望がある。

【０００７】

本発明は、上記のような要望に応えるためになされたものであり、上方の限られたスペースでの着脱を可能にしながら、導電線部材の収容空間を確保することが可能な電流リードを提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【０００８】

上記目的を達成するために、本発明の請求項１に記載の電流リードは、永久電流モードで運転可能な超電導磁石装置に対して当該装置に設けられたポートを通して着脱するように構成され、装着状態で外部電源から前記超電導磁石装置の超電導磁石に電気を供給する電流リードであって、前記外部電源に接続可能な導電線部材と、前記導電線部材の前記外部電源に接続される端部と反対の端部に設けられ、前記超電導磁石装置の装置側端子に接続されるリード側端子と、前記導電線部材を内部に収容可能な筒状に形成され、その軸方向端部に前記リード側端子を保持する筒状保持部材とを備え、前記筒状保持部材は、一方の端部に前記リード側端子を保持し、他方の端部に第１の嵌合部を有する第１の筒体と、一方の端部に前記第１の嵌合部に嵌合可能でかつその嵌合状態で前記第１の嵌合部と軸方向に当接可能な第２の嵌合部を有し、前記第１の筒体の装置外方側に配置される第２の筒体と、前記第１の筒体の内側面および前記第２の筒体の内側面にそれぞれ接続され、前記第１の嵌合部と前記第２の嵌合部との軸方向の相対変位を許容しかつ両嵌合部同士が軸方向に所定距離以上離間するのを規制するように第１の筒体と第２の筒体とを連結する線状の連結部材とを含むことを特徴とする。

【０００９】

請求項１に記載の電流リードによれば、第２の筒体を第１の筒体から軸方向に離間させた状態でこの第１の筒体に対して第２の筒体を倒すことができる。すなわち、筒状保持部材を屈曲状態にすることができる。また、第１の筒体のポートへの挿入後は、両嵌合部同士を嵌合させて第２の筒体に挿入方向の力を加えれば、その挿入力は第１の筒体に確実に伝達されて、この第１の筒体が保持するリード側端子が装置側端子に接続される。逆に、第２の筒体に引き抜き方向の力を加えれば、その引き抜き力で前記嵌合部同士が離間しても当該力は連結部材によって第１の筒体に確実に伝達され、結果として電流リード全体を引き抜くことができる。

【００１０】

以上より、第１の筒体の挿入動作を、この第１の筒体に対して第２の筒体を倒した状態で行うことができる。そして、第１の筒体の挿入後は、両嵌合部同士を嵌合して第１の筒体および第２の筒体をさらに挿入することができる。逆に、第２の筒体を第１の筒体とともに引き抜き、第２の筒体の引き抜き後に、第１の筒体に対して第２の筒体を倒し、この

状態で第１の筒体をさらに引き抜くことができる。

【００１１】

このように、電流リードを適宜屈曲させながら超電導磁石装置に対して着脱させることができるので、例えば電流リードを屈曲させることなく着脱させる場合に比べて、着脱作業における超電導磁石装置のポート先端からの電流リードの着脱方向の作業領域を小さくすることができる。特に、装置の上部にポートが設けられている場合には、装置上方に要する着脱作業用スペースの高さ寸法を小さくすることができるので、天井高さが低い空間への超電導磁石装置の設置作業を容易に行うことができるようになる。

【００１２】

また、線状の連結部材によって筒体同士を連結するように構成したので、線状の連結部材の線径等を変化させるだけで連結部材の強度を十分に確保することができる。これにより、筒状保持部材の内側空間（断面積）が減少するのを抑えることができるので、導電線部材の収容空間を確保することができる。

【００１３】

なお、連結部材により規定される前記所定距離（両嵌合部同士の離間距離）は、電流リードの引き抜き動作の際に、筒状保持部材内に収容される導電線部材に引き抜き方向の負荷が加わらない範囲に設定される。

【００１４】

上記請求項１に記載の電流リードにおいて、好ましくは、前記連結部材は、両端部が第１の筒体の内側面に接続されてその中間部が第２の筒体側に膨出する第１の連結部と、両端部が第２の筒体の内側面に接続されてその中間部が第１の筒体側に膨出する第２の連結部とを含み、一方の連結部の中間部が他方の連結部の中間部の内側を通るように両筒体同士が連結され、前記両嵌合部が所定距離だけ離間した状態で両連結部の中間部同士が係合する。このように、両嵌合部同士を離間させたときに、第１の連結部の中間部と第２の連結部の中間部とが係合するように構成すれば、両嵌合部同士が軸方向に離間するのを容易に規制することができるようになる。

【００１５】

上記請求項１に記載の電流リードにおいて、前記連結部材は、弛むことが可能な索状部材であり、前記両嵌合部が所定距離だけ離間した状態で緊張する長さを有している。このように構成すれば、索状部材が弛むことで両嵌合部の軸方向の相対変位を許容することができ、また、索状部材が緊張することで両嵌合部同士の軸方向の離間を規制することができるようになる。

【発明の効果】

【００１６】

請求項１に記載の電流リードによれば、上方の限られたスペースで電流リードを着脱させることができるとともに、導電線部材の収容空間を確保することができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【００１７】

以下、本発明の実施形態を図面に基づいて説明する。

【００１８】

図１は、本発明の一実施形態による電流リードを備えた超電導磁石装置の全体構成を示した正面断面図であり、図２～図４は、電流リードの屈曲部位の要部構成を説明するための拡大斜視図である。また、図５～図７は、超電導磁石装置への電流リードの挿入動作を示した説明図である。まず、図１を参照して、超電導磁石装置の全体構成について説明する。

【００１９】

本実施形態の超電導磁石装置１０は、例えば高分解能ＮＭＲやＭＲＩとして使用されるものである。この超電導磁石装置１０は、図１に示すように、液体ヘリウム１３を収容可能な液体ヘリウム容器１２と、液体ヘリウム容器１２を外側から覆う真空容器１１とにより構成される低温容器を備えている。真空容器１１は、床面１０２に立設される複数の支

持部１６によって支持されている。
【００２０】
また、液体ヘリウム容器１２内には、高磁場を発生可能な超電導磁石１４と後述する本発明に係る電流リード２０に電気的に接続される装置側端子１５とが液体ヘリウム１３中に浸漬された状態で配設されている。
【００２１】
すなわち、本実施形態による超電導磁石装置１０では、液体ヘリウム容器１２が冷却のための媒体である液体ヘリウム１３とともに超電導磁石１４と装置側端子１５とを収容しており、真空容器１１が上記液体ヘリウム容器１２を収容している。
【００２２】
また、超電導磁石１４と液体ヘリウム容器１２と真空容器１１とは、装置中央に設けられたサンプルセット用の空間部１７を取り巻くようにドーナツ状に積層配置されており、超電導磁石１４と空間部１７とは、ほぼ同軸となるように構成されている。
【００２３】
また、液体ヘリウム容器１２の上部には、一対の首管１２ａ，１２ｂが上方に向かって延設されている。また、真空容器１１の上部には、一対の首管１１ａ，１１ｂａが上方に向かって延設されている。
【００２４】
これらの首管１２ａおよび１１ａ（１２ｂおよび１１ｂ）は、その順で管径が大きくなるように設定されており、各管の軸心が互いに合致するように配設されている。そして、首管１２ａ（１２ｂ）の外周面に首管１１ａ（１１ｂ）の上端部が溶接、ろう付、はんだ付等の手段により各々接合された状態となっている。従って、液体ヘリウム容器１２の首管１２ａ，１２ｂが真空容器１１の首管１１ａ，１１ｂの上端からそれぞれ吊り下がった状態となっている。なお、首管１２ａは、後述する電流リード２０用のポートとして機能するものであり、前記装置側端子１５の直上に位置するように配されている。
【００２５】
また、液体ヘリウム容器１２と真空容器１１との間には、それぞれ、図示しない連結棒が適宜配設されている。これらの連結棒は、ＧＦＲＰやＣＦＲＰなどの断熱性の高い材料により構成されており、各容器同士の連結を行うとともに、事前に張力が付与されたテンションロッドとして機能するように構成されている。
【００２６】
また、液体ヘリウム容器１２および真空容器１１は、それぞれ、ステンレス鋼等の非磁性材料により構成されている。
【００２７】
そして、この超電導磁石装置１０においては、本発明に係る電流リード２０を介して、図略の外部電源から液体ヘリウム１３中の超電導磁石１４に電気が供給されるようになっている。
【００２８】
また、高分解能ＮＭＲやＭＲＩ等として使用される本実施形態の超電導磁石装置１０では、その発生磁場が時間的に極めて高い安定性を有することが要求される。このため、装置１０内には永久電流スイッチ（図示せず）が設けられており、外部電源による電源駆動モードでの運転から、当該装置１０内に形成された閉ループによる永久電流モードでの運転に所定のタイミングで切り替わるようになっている。そして、永久電流モードでの運転中は上記電流リード２０による給電の必要がなくなるため、また、電流リード２０からの不要な熱侵入を防止するためにも、電流リード２０は超電導磁石装置１０に対して着脱可能となっている。
【００２９】
また、上記電流リード２０を着脱するためのポートとして機能する首管１２ａは、上述したように、超電導磁石装置１０の上部に上方に向けて突設されているため、当該装置１０の上方には電流リード２０の着脱作業のための作業用スペースが必要となる。従って、

超電導磁石装置１０を設置する部屋には、装置高さ（床面１０２から首管１２ａ上端までの距離）に電流リード２０の着脱作業用スペース分の高さを加えた天井高さが必要となる。

【００３０】

次に、図１～図４を参照して、前記電流リード２０の構成について詳細に説明する。なお、図２～図４では、都合上、導電線部材２１を図示していない。

【００３１】

電流リード２０は、超電導磁石装置１０に対して当該装置１０の首管１２ａを通して挿抜されるように構成されており、挿入状態で外部電源から超電導磁石装置１０の超電導磁石１４に電気を供給するものである。

【００３２】

電流リード２０は、図１に示すように、外部電源に電気的に接続される導電線部材２１と、この導電線部材２１の一端部に設けられ、超電導磁石装置１０の装置側端子１５に接続されるリード側端子２２と、導電線部材２１を内部に収容するとともにリード側端子２２を軸方向一端に保持する筒状保持部材３０とで構成されている。導電線部材２１は、直径約１ｍｍの導線の集合体である。

【００３３】

筒状保持部材３０は、図２～図４に示すように、２つの筒体３１，３２と、これらの筒体３１，３２を連結する連結部３３，３４とで構成されている。なお、筒体３１は、本発明の「第２の筒体」の一例であり、筒体３２は、本発明の「第１の筒体」の一例である。また、連結部３３は、本発明の「第２の連結部」の一例であり、連結部３４は、本発明の「第１の連結部」の一例である。そして、連結部３３，３４によって、本発明の「連結部材」が構成される。

【００３４】

筒体３２は、図１に示すように、挿入状態で装置内方側に位置しており、挿入側の端部にリード側端子２２を保持している。この筒体３２の引き抜き側の端部には、図２に示すように、嵌合部３６が設けられている。なお、嵌合部３６は、本発明の「第１の嵌合部」の一例である。

【００３５】

詳細には、筒体３２は、厚肉部３２ａと、この厚肉部３２ａの引き抜き方向の端縁に連設される薄肉部３２ｂとを含んでいる。そして、薄肉部３２ｂの外側面３２ｆは、厚肉部３２ａの外側面３２ｄよりも径内方向に位置している。前記嵌合部３６は、厚肉部３２ａの引き抜き方向の端部と薄肉部３２ｂとで構成される部位である。

【００３６】

また、筒体３１は、図１に示すように、挿入状態で装置外方側に位置している。この筒体３１の挿入側の端部には、筒体３２の嵌合部３６に嵌合可能でかつその嵌合状態で嵌合部３６と軸方向に当接可能な嵌合部３５が設けられている。なお、嵌合部３５は、本発明の「第２の嵌合部」の一例である。

【００３７】

詳細には、筒体３１は、厚肉部３１ａと、この厚肉部３１ａの挿入方向の端縁に連設される薄肉部３１ｂとを含んでいる。そして、薄肉部３１ｂの内側面３１ｆは、厚肉部３１ａの内側面３１ｄよりも径外方向に位置している。前記嵌合部３５は、厚肉部３１ａの挿入方向の端部と薄肉部３１ｂとで構成される部位である。

【００３８】

また、前記両嵌合部３５，３６の嵌合状態とは、図３に示すように、薄肉部３２ｂの外側面３２ｆと薄肉部３１ｂの内側面３１ｆとが両筒体３２，３１の軸方向の全域に亘って密接する状態である。

【００３９】

そして、当該嵌合状態では、筒体３１の薄肉部３１ｂの下面部３１ｅと筒体３２の厚肉部３２ａの上面部３２ｃとが当接するとともに、筒体３１の厚肉部３１ａの下面部３１ｃ

と筒体３２の薄肉部３２ｂの上面部３２ｅとが当接しており、これによって両嵌合部３５，３６の軸方向の相対近接移動を規制している。

【００４０】

なお、本実施形態の筒体３１では、厚肉部３１ａ，３２ａの外径が約２２ｍｍ、その厚みが約２ｍｍであり、厚肉部３１ａ，３２ａの内径、つまり導電線部材２１の収容空間の直径は約１８ｍｍとなっている。

【００４１】

連結部３３，３４は、例えば直径が約１ｍｍのステンレス鋼製の線状部材であり、図２に示すように、筒体３１の内側面３１ｄおよび筒体３２の内側面３２ｇにそれぞれ設けられている。これらの連結部３３，３４は、筒体３２の嵌合部３６と筒体３１の嵌合部３５との軸方向の相対変位を許容しかつ両嵌合部３５，３６同士が軸方向に所定距離以上離間するのを規制するように筒体３２と筒体３１とを連結する機能を有している。

【００４２】

連結部３３は、筒体３１の内側面３１ｄのうち当該筒体３１の軸心を中心とする対称位置に溶接等により接続される一対の接合部３３ａと、これらの接合部３３ａにそれぞれ連設されるとともに、筒体３２側に向けて延びる一対の腕部３３ｂと、これらの腕部３３ｂの先端同士を連結する円弧状の先端部３３ｃとを有している。そして、腕部３３ｂの一部と先端部３３ｃとは、筒体３２側に膨出している。なお、一対の腕部３３ｂと先端部３３ｃとで本発明の「第２の連結部の中間部」を構成している。

【００４３】

連結部３４は、筒体３２の内側面３２ｇのうち当該筒体３２の軸心を中心とする対称位置に溶接等により接続される一対の接合部３４ａと、これらの接合部３４ａにそれぞれ連設されるとともに、筒体３１側に向けて延びる一対の腕部３４ｂと、これらの腕部３４ｂの先端同士を連結する円弧状の先端部３４ｃとを有している。そして、腕部３４ｂの一部と先端部３４ｃとは、筒体３１側に膨出している。なお、一対の腕部３４ｂと先端部３４ｃとで本発明の「第１の連結部の中間部」を構成している。また、接合部３３ａ，３４ａの接続位置については、上記位置に限定されない。

【００４４】

そして、連結部３３，３４は、連結部３３の一対の腕部３３ｂおよび先端部３３ｃのいずれかの部位が、連結部３４の一対の腕部３４ｂと先端部３４ｃとで囲まれる領域内を通過するように構成されている。これにより、図２に示すように、両嵌合部３５，３６同士を軸方向に所定距離だけ離間させると、連結部３３の先端部３３ｃと連結部３４の先端部３４ｃとが係合し、両嵌合部３５，３６同士が軸方向に所定距離以上離間するのが規制されるようになっている。

【００４５】

また、図４に示すように、両嵌合部３５，３６同士を離間させて、筒体３１を筒体３２に対して倒すと、連結部３３の先端部３３ｃと、連結部３４の腕部３４ｂおよび先端部３４ｃの境界部位付近とが係合し、両嵌合部３５，３６同士の離間が規制されるようになっている。

【００４６】

なお、連結部３５，３６により規定される前記所定距離（両嵌合部３５，３６同士の離間距離）は、電流リード２０を引き抜く際に、筒状保持部材３０内に収容される導電線部材２２に引き抜き方向の負荷が加わらない範囲に設定されている。これにより、導電線部材２２の断線等の不都合を回避することができる。

【００４７】

次に、図５～図７を参照して、電流リード２０の挿抜動作について説明する。

【００４８】

まず、図５に示すように、筒体３１を筒体３２に対して略直角に倒して電流リード２０を屈曲状態にする。そして、この屈曲状態の電流リード２０を矢印ａ方向に移動させ、筒体３２を首管１２ａに挿入する。そして、図６に示すように、筒体３２をある程度の深さ

まで挿入した後に、筒体３１をその軸方向が筒体３２の軸方向と一致するように矢印ｂ方向に移動させて起立姿勢にし、筒体３１を矢印ｃ方向に移動させて両嵌合部３５，３６同士を嵌合する（図７参照）。

【００４９】

そして、図７に示す嵌合状態で、筒体３１に挿入方向（下方向）の力を加えれば、その挿入力は嵌合部３５，３６同士の当接、具体的には薄肉部３１ｂの下面部３１ｅと厚肉部３２ａの上面部３２ｃとの当接、および、厚肉部３１ａの下面部３１ｃと薄肉部３２ｂの上面部３２ｅとの当接によって筒体３２に確実に伝達され、この筒体３２が保持するリード側端子２２が装置側端子１５（図１参照）に接続される。なお、上記のように、挿入時に嵌合部３５，３６同士が当接することによって、作業者がリード側端子２２の装置側端子１５への結合の感触を容易に感じ取ることができるようになるので、作業性が向上するようになっている。このようにして、電流リード２０の挿入動作が完了する。

【００５０】

また、電流リード２０の引き抜き動作は、上記挿入動作の逆手順により行われる。この引き抜き動作では、まず、筒体３１に引き抜き方向（上方向）の力を加えるが、ここで、その引き抜き力によって嵌合部３５，３６同士が離間しても、連結部３３の中間部と連結部３４の中間部とが係合する（図２参照）ことで、当該力は連結部３３，３４によって筒体３２に確実に伝達され、筒体３１が筒体３２とともに引き抜かれる。そして、筒体３１の引き抜き後に、筒体３２に対して筒体３１を倒し、この状態で筒体３２をさらに引き抜く。これにより、電流リード２０の引き抜き動作が完了する。

【００５１】

本実施形態の電流リード２０によれば、筒体３１を筒体３２から軸方向に離間させた状態でこの筒体３２に対して筒体３１を倒すことができる。すなわち、筒状保持部材３０を屈曲状態にすることができる。また、筒体３２の首管１２ａへの挿入後は、両嵌合部３５，３６同士を嵌合させて筒体３１に挿入方向（下方向）の力を加えれば、その挿入力は筒体３２に確実に伝達されて、この筒体３２が保持するリード側端子２２が装置側端子１５に接続される。逆に、筒体３１に引き抜き方向（上方向）の力を加えれば、その引き抜き力で嵌合部３５，３６同士が離間しても当該力は連結部３３，３４によって筒体３２に確実に伝達され、結果として電流リード２０全体を引き抜くことができる。

【００５２】

以上より、筒体３２の挿入動作を、この筒体３２に対して筒体３１を倒した状態で行うことができる。そして、筒体３２の挿入後は、両嵌合部３５，３６同士を嵌合して筒体３２および筒体３１をさらに挿入することができる。逆に、筒体３１を筒体３２とともに引き抜き、筒体３１の引き抜き後に、筒体３２に対して筒体３１を倒し、この状態で筒体３２をさらに引き抜くことができる。

【００５３】

このように、電流リード２０を適宜屈曲させながら超電導磁石装置１０に対して着脱させることができるので、例えば電流リード２０を屈曲させることなく着脱させる場合に比べて、着脱作業における超電導磁石装置１０の首管１２ａ先端からの電流リード２０の着脱方向（上下方向）の作業領域を約半分にすることができる。従って、装置１０上方に要する作業用スペースの高さ寸法を小さくすることができるので、例えば、首管１２ａの上端から天井１０１までの間隔（図１の間隔Ｌ参照）が電流リード２０の全長よりも短い、すなわち天井高さが低い部屋への超電導磁石装置１０の設置作業を容易に行うことができるようになる。

【００５４】

また、本実施形態では、上記のように、線状の連結部３３，３４によって筒体３１，３２同士を連結するように構成したので、線状の連結部３３，３４の線径を変化させるだけで連結部３３，３４の強度を十分に確保することができる。これにより、筒状保持部材３０の内側空間（断面積）が減少するのを抑えることができる。つまり、筒体３１，３２内の空間の断面積は、連結部３３，３４の存在分だけ減少することになるが、これらは線状

でその断面積は僅かなので、従来のように筒体の肉厚を大きくする場合に比べて、断面積の減少度合いは小さい。その結果、導電線部材２１の収容空間を確保することができる。

【００５５】

また、本実施形態では、上記のように、両嵌合部３５，３６同士を離間させたときに、連結部３３の先端部３３ｃと連結部３４の先端部３４ｃとが係合するように構成したので、両嵌合部３５，３６同士が軸方向に所定距離以上離間するのを容易に規制することができる。

【００５６】

なお、図８に示す変形例による筒状保持部材１３０を備えた電流リードであってもよい。この筒状保持部材１３０は、２つの筒体１３１，１３２と索状部材１３３とで構成されている。なお、筒体１３１は、本発明の「第２の筒体」の一例であり、筒体１３２は、本発明の「第１の筒体」の一例である。また、索状部材１３３は、本発明の「連結部材」の一例である。

【００５７】

前記索状部材１３３は、弛むことが可能な例えば鎖状や紐状の部材であり、両筒体１３１，１３２が軸方向に所定距離だけ離間した状態で緊張する長さを有している。この索状部材１３３は、両端が筒体１３１，１３２の各内側面１３１ｅ，１３２ｅにそれぞれ接続されている。

【００５８】

筒体１３１の下部には、フック部１３１ｂを有する係合片部１３１ａが設けられている。また、筒体１３２には、係合片部１３１ａと係合可能な係合凹部１３２ａが設けられている。筒体１３１，１３２のその他の構成は、上記実施形態の筒体３１，３２とほぼ同じであり、筒体３１，３２の嵌合部３５，３６と同構成の嵌合部１３５，１３６を有している。

【００５９】

前記係合凹部１３２ａは、筒体１３２の外周面を径内方向に掘り込んで形成されている。また、係合凹部１３２ａは、筒体１３１を筒体１３２に対して周方向に回転させたときにフック部１３１ｂが入り込む嵌り込み部１３２ｂを有している。

【００６０】

上記のような構成の筒状保持部材１３０では、両嵌合部１３５，１３６同士を嵌合させた状態で筒体１３１を筒体１３２に対して周方向に回転させることにより、両筒体１３１，１３２を軸方向に相対移動不能に係合させることができる。そして、この係合状態で、筒体１３１に引き抜き方向（上方向）の力が加わったときには、係合片部１３１ａのフック部１３１ｂの上面部１３１ｃが係合凹部１３２ａの嵌り込み部１３２ｂの下向き面部１３２ｃに当接する。これにより、筒体１３１，１３２同士の離間移動が規制され、上記引き抜き力が筒体１３２に確実に伝達される。

【００６１】

このように、筒状保持部材１３０では、引き抜き時に索状部材１３３に引き抜き方向の負荷が加わらないようにすることも可能であるので、索状部材１３３を細くして、筒状保持部材１３０の内側空間（断面積）を大きく確保することが可能である。なお、この変形例の係合構造を上記実施形態に適用することも勿論可能である。

【００６２】

また、上記実施形態では、２つの筒体を備え、単一箇所で屈曲するように構成された筒状保持部材を備えた電流リードを示したが、これに限らず、３つ以上の筒体からなり複数箇所で屈曲するように構成された筒状保持部材を備えた電流リードであってもよい。この場合、電流リードの挿抜作業に必要な装置１０上方の作業用スペースがさらに小さくて済むので、天井高さが極めて低い部屋への設置も可能となる。

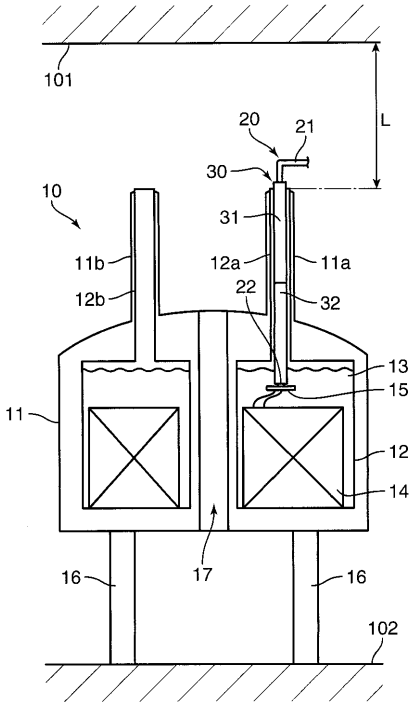
【図面の簡単な説明】

【００６３】

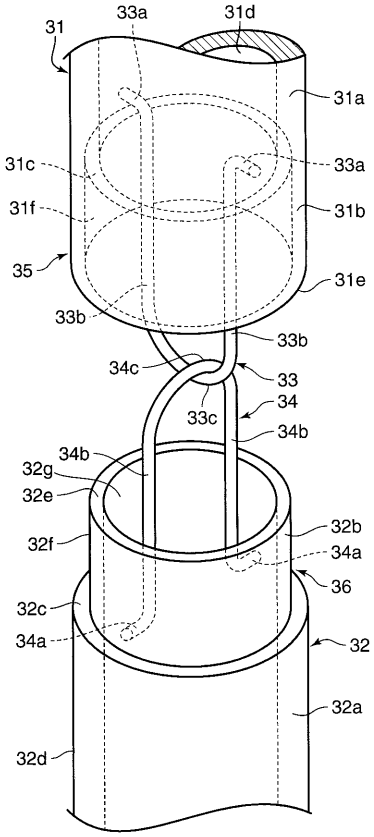
【図１】本発明の一実施形態による電流リードを備えた超電導磁石装置の全体構成を示し

た正面断面図である。
【図２】電流リードの屈曲部位であり、筒体同士が離間した状態を示した拡大斜視図である。
【図３】電流リードの屈曲部位であり、筒体同士が嵌合した状態を示した拡大斜視図である。
【図４】電流リードの屈曲部位であり、一方の筒体を他方の筒体に対して略直角に倒した状態を示した拡大斜視図である。
【図５】超電導磁石装置への電流リードの挿入動作を示した説明図である。
【図６】超電導磁石装置への電流リードの挿入動作を示した説明図である。
【図７】超電導磁石装置への電流リードの挿入動作を示した説明図である。
【図８】本発明の変形例による電流リードの屈曲部位の構成を示した拡大斜視図である。
【符号の説明】
【００６４】
１０　超電導磁石装置
１２ａ　首管（ポート）
１４　超電導磁石
１５　装置側端子
２０　電流リード
２１　導電線部材
２２　リード側端子
３０、１３０　筒状保持部材
３１、１３１　筒体（第２の筒体）
３１ａ　厚肉部（第２の嵌合部）
３１ｂ　薄肉部（第２の嵌合部）
３１ｄ　内側面
３２、１３２　筒体（第１の筒体）
３２ａ　厚肉部（第１の嵌合部）
３２ｂ　薄肉部（第１の嵌合部）
３２ｇ　内側面
３３　連結部（第２の連結部、連結部材）
３３ａ　接合部（両端部）
３３ｂ　腕部（中間部）
３３ｃ　先端部（中間部）
３４　連結部（第１の連結部、連結部材）
３４ａ　接合部（両端部）
３４ｂ　腕部（中間部）
３４ｃ　先端部（中間部）
３５、１３５　嵌合部（第２の嵌合部）
３６、１３６　嵌合部（第１の嵌合部）
１３３　索状部材（連結部材）

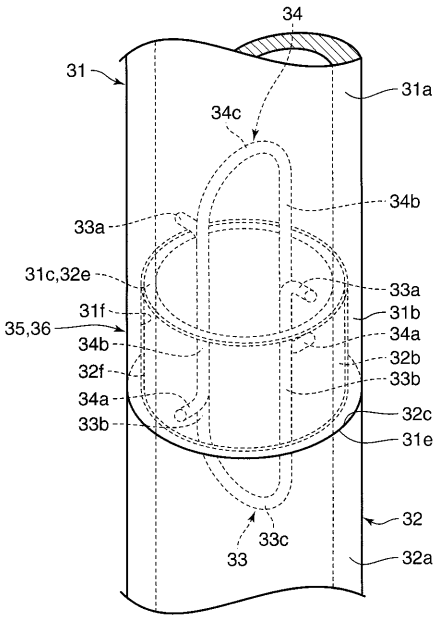
【図１】


101
L
20
21
30
10
31
11b
12a
11a
12b
22
32
13
15
11
12
14
17
16
16
102

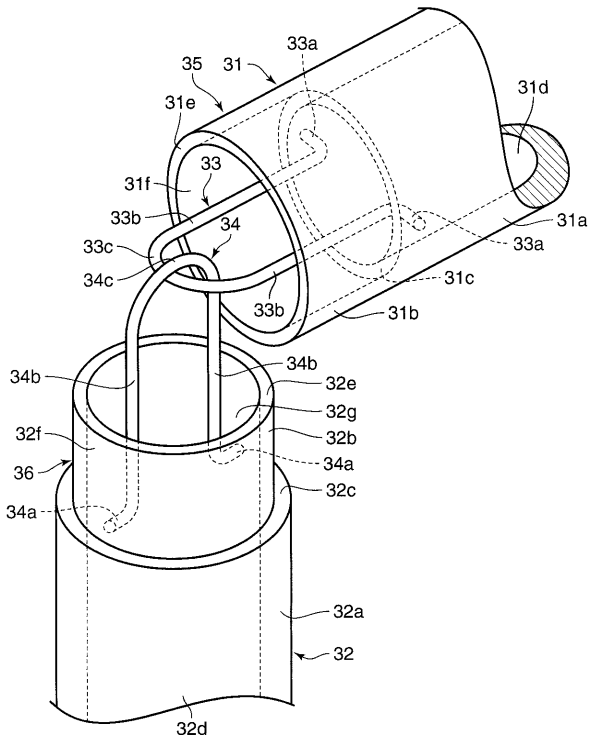
【図２】


31
33a
31d
31a
31c
33a
31f
31b
35
31e
33b
33b
34c
33
34
33c
34b
34b
32g
32e
32b
32f
34a
36
32c
34a
32
32a
32d

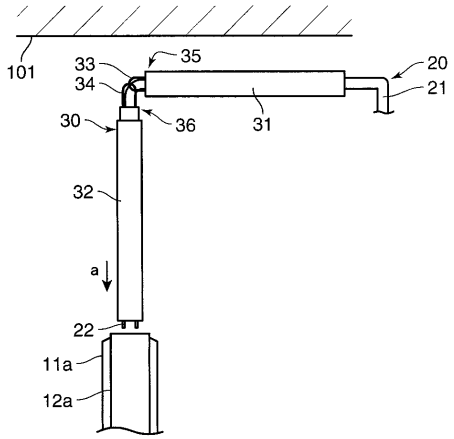
【図３】


34
31
31a
34c
34b
33a
31c,32e
33a
31f
31b
35,36
34a
34b
32b
32f
33b
34a
32c
33b
31e
32
33c
33
32a

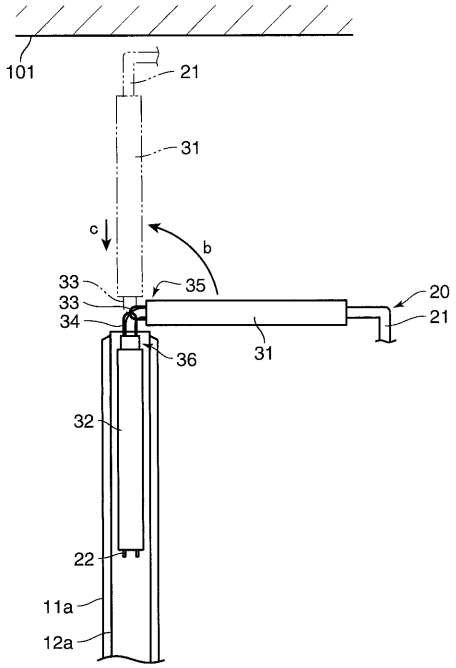
【図４】


33a
35
31
31d
31e
33
31f
33b
31a
34
33a
33c
34c
31c
33b
31b
34b
34b
32e
32g
32f
32b
34a
36
32c
34a
32a
32
32d

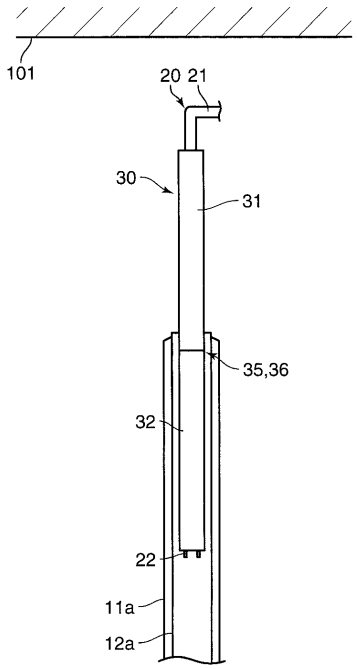
【図５】


101
33
34
35
20
21
30
36
31
32
a
22
11a
12a

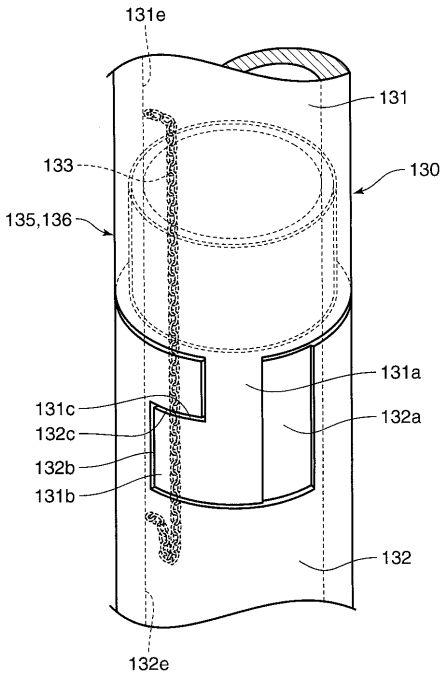
【図６】


101
21
31
c
b
33
33
34
35
20
21
36
31
32
22
11a
12a

【図７】


101
20 21
30
31
35,36
32
22
11a
12a

【図８】


131e
131
133
130
135,136
131a
131c
132a
132c
132b
131b
132
132e

フロントページの続き

(72)発明者　吉川　正敏
神戸市西区高塚台１丁目５番５号　株式会社神戸製鋼所神戸総合技術研究所内
(72)発明者　竹田　雅詳
神戸市西区高塚台１丁目５番５号　株式会社神戸製鋼所神戸総合技術研究所内