

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4399763号
(P4399763)

(45) 発行日 平成22年1月20日(2010.1.20)

(24) 登録日 平成21年11月6日(2009.11.6)

(51) Int.Cl.		F I		
HO 1 B	13/00	(2006.01)	HO 1 B	13/00 5 6 1 Z
HO 2 G	1/14	(2006.01)	HO 1 B	13/00 Z A A
HO 2 G	15/04	(2006.01)	HO 2 G	1/14 A
			HO 2 G	15/04

請求項の数 7 (全 10 頁)

(21) 出願番号	特願2003-54375 (P2003-54375)	(73) 特許権者	000002130
(22) 出願日	平成15年2月28日(2003.2.28)		住友電気工業株式会社
(65) 公開番号	特開2004-265715 (P2004-265715A)		大阪府大阪市中央区北浜四丁目5番33号
(43) 公開日	平成16年9月24日(2004.9.24)	(74) 代理人	100100147
審査請求日	平成17年10月17日(2005.10.17)		弁理士 山野 宏
		(74) 代理人	100070851
			弁理士 青木 秀實
		(72) 発明者	廣瀬 正幸
			大阪市此花区島屋一丁目1番3号 住友電気工業株式会社大阪製作所内
		審査官	後谷 陽一

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 直流用超電導ケーブル線路

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

複数の電源と、複数の負荷と、各電源からの電力をそれぞれ各負荷に供給する超電導ケーブルとを有する直流用超電導ケーブル線路であり、

前記超電導ケーブルの各端末は、

芯材と、

前記芯材の外周に多層に設けられるとともに、外側層から内側層へと段階的に各層の端部が露出される超電導層と、

前記各超電導層の間を絶縁する層間絶縁層と、

前記段階的に露出された各超電導層に個別に接続される常電導部材からなる複数の引出導体とを有しており、

前記一方の端末に具える前記各引出導体がそれぞれ前記各電源に接続され、

前記他方の端末に具える前記各引出導体がそれぞれ前記各負荷に接続され、

前記一つの超電導層と、当該超電導層に前記引出導体を介して接続された前記一つの電源及び一つの負荷とを有する回線を複数具えることを特徴とする直流用超電導ケーブル線路。

【請求項2】

前記超電導ケーブルは、最外層の超電導層の外側に、絶縁層、帰路導体層、絶縁保護層が順次設けられており、

前記各電源と前記各負荷とが前記帰路導体層を介して接続されていることを特徴とする

10

20

請求項1に記載の直流用超電導ケーブル線路。

【請求項3】

前記層間絶縁層は、一部の超電導層が接地された際に、他の層の電圧が維持できる絶縁耐力を具えることを特徴とする請求項1または請求項2に記載の直流用超電導ケーブル線路。

【請求項4】

前記超電導ケーブルの一部の超電導層が接地された際に、当該接地された超電導層を電源および負荷に対して遮断する遮断機構を具えることを特徴とする請求項1~3のいずれか1項に記載の直流用超電導ケーブル線路。

【請求項5】

前記引出導体を超電導層の露出部から超電導ケーブルの軸方向と直交する方向に引き出したことを特徴とする請求項1~4のいずれか1項に記載の直流用超電導ケーブル線路。

【請求項6】

前記引出導体を超電導層の露出部から超電導ケーブルの軸方向に沿って引き出したことを特徴とする請求項1~4のいずれか1項に記載の直流用超電導ケーブル線路。

【請求項7】

前記芯材と前記引出導体とを一体に保持する絶縁固定部を有することを特徴とする請求項1~6のいずれか1項に記載の直流用超電導ケーブル線路。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は直流用超電導ケーブルの端末構造、直流用超電導ケーブル線路に関するものである。

【0002】

【従来の技術】

超電導ケーブルの超電導導体は、一般に芯材の上に超電導線をスパイラル巻して形成された超電導層により構成される。超電導ケーブルを直流ケーブルとして用いる場合、超電導導体の端部を常電導体からなる線材と接続させたり超電導導体同士を接続させたりするときは半田付けで行うのが一般的である（例えば特許文献1参照）。

【0003】

また、超電導ケーブルは、超電導層が多層構造となっているものがある（例えば特許文献1の図3参照）。この場合においては、特許文献1の図3に示されているように、超電導層の全ての層の端部が導通するように同時に半田付けされる。

【0004】

【特許文献1】

特開平10-228933号公報

【0005】

【発明が解決しようとする課題】

ところで、複数の電源、負荷で構成される直流送配電システムにおいては、複数のケーブルをそれぞれの電源に接続して複数回線を構成するようにしており、ケーブルの使用本数

【0006】

この場合に超電導ケーブルを用いることにより大電流化および低ロス化が図れるが、ケーブルの本数は、依然として電源の数に応じた数が必要となり、ケーブル配線用のスペースが必要となる。

【0007】

本発明は、超電導ケーブル1条で複数回線の送電を可能にして、大電流化、省スペース化、低ロス化が図れる直流用超電導ケーブルの端末構造、および直流用超電導ケーブル線路を提供することを目的とする。

【0008】

10

20

30

40

50

【課題を解決するための手段】

本発明の直流用超電導ケーブルは上記目的を達成するため、芯材と、その外周に多層に設けられるとともに、外側層から内側層へと段階的に各層の端部が露出される超電導層と、段階的に露出された各超電導層に個別に接続される常電導部材からなる引出導体とを有することを特徴とする。

【0009】

芯材は、金属線を撚り合わせた中実のものや、金属パイプを用いた中空のものが利用できる。

【0010】

超電導層は、テープ状超電導線材を芯材の上になんらかの状態で巻回したものが好適である。テープ状超電導線材は、ピスマス系超電導体などの酸化物高温超電導体を銀シースで被覆した材料が挙げられる。

【0011】

そして、超電導層を複数層に形成する場合、各超電導層の間を絶縁する層間絶縁層を形成する。この層間絶縁層により、各超電導層を層毎に独立させる構成とすることができる。

【0012】

さらに、各超電導層は、内側層から外側層へと段階的に各層の端部が露出されるように構成されている。具体的には、ケーブルの端部において、最外層の超電導層の上に形成されている絶縁層等を所定長さだけ除去する。次に、絶縁層が除去されている最外層の超電導層部分において、除去された絶縁層などの除去端面から所定長さ露出するように超電導層を残したまま、この超電導層とその直下の層間絶縁層を除去する。次に、最外層の超電導層が除去されている次層の超電導層部分において、最外層の超電導層の除去端面から所定長さ露出するように超電導層を残したまま、この超電導層とその直下の層間絶縁層を除去する。このように順次内側の超電導層について、超電導層を所定長さ露出するように残したまま、超電導層とその直下の層間絶縁層を除去していく作業を最内層の超電導層まで順に繰り返していくことにより階段状に各超電導層の端部を露出させる。

【0013】

このように露出された各超電導層の端部のそれぞれに、銅やアルミニウムなどの常電導部材から構成される引出導体を個別に接続させる。接続は半田付けにより行うことが好ましい。

【0014】

引出導体は、各超電導層の露出端部に個別に接続して、超電導層の露出部から超電導ケーブルの軸方向と直交する方向に引き出す構成とすることができる。

【0015】

また、引出導体の一端部を超電導層の露出端部に接続して、引出導体を超電導層の露出部から超電導ケーブルの軸方向に沿って引き出す構成とすることもできる。

【0016】

この場合、引出導体を複数の大きさの異なる筒状体、もしくは筒状体の半割れ状のもので構成することが好ましい。引出導体を筒状体などで構成する場合には、これら筒状体を同心円となるように重ね合わせた状態で、筒状の引出導体の軸方向一端部を超電導層の露出端部に接続することにより、他端側をケーブルの軸方向に沿って引き出す構成とすることができる。このとき、超電導層の露出部には、内側層から最小径の筒状引出導体を順次接続していく。

【0017】

また、各引出導体を超電導ケーブルの軸方向に沿って引き出す場合、各超電導層の露出端部に個別に線材からなる引出導体の一端部を接続する構成とすることもできる。

【0018】

さらに、芯材と引出導体とを一体に保持する絶縁固定部を有する構成とすることが好ましい。芯材と引出導体とを絶縁固定部に保持させることにより、超電導ケーブル端末構造の強度を向上できる。

10

20

30

40

50

【0019】

なお、絶縁固定部は、各引出導体の間および、引出導体と引出導体が接続されていない超電導層との間を絶縁する構成とすることが好ましい。

【0020】

また、超電導ケーブルは、超電導層の外側を絶縁層で覆う構成とすることが好ましい。この絶縁層は、公知の種々の絶縁材料を用いて形成すればよい。例えばプラスチックフィルム（例えば、ポリプロピレン）とクラフト紙を積層した複合テープが挙げられる。

【0021】

さらに、絶縁層の外側には、超電導部材からなる帰路導体層、絶縁保護層を順次設けることが好ましい。帰路導体層に、超電導層を流れる電流と逆方向に電流を流し、ケーブルの外へ磁場を出さないようにする。超電導ケーブルは、単心ケーブルでもよいし、3心ケーブルの撚り合わせ構造としてもよい。

10

【0022】

超電導ケーブルは極低温とするために、冷媒が充填される断熱管内に収納される。断熱管は、例えばSUS製コルゲートの内管、外管の二重管構造とすることが好ましく、これらの管の間を真空状態に保つ構成とする。

【0023】

そして、本発明の直流超電導ケーブル端末構造を用いて、電源と、負荷と、電源からの電力を負荷に供給する超電導ケーブルとを有する直流用超電導ケーブル線路を構成することができる。

20

【0024】

その場合は、超電導ケーブルの少なくとも一方の端末を請求項1から請求項5のいずれかに記載の端末構造とし、各引出導体を電源または負荷に接続する構成とすることが好ましい。

【0025】

超電導ケーブルの一端側に複数の電源を配置する場合には、この一端側の各超電導層の端部に個別に引出導体を接続して、それぞれの引出導体を各電源に接続する。また、超電導ケーブルの他端側に複数の負荷を配置する場合には、この他端側の各超電導層の端部に個別に引出導体を接続して、それぞれの引出導体を各負荷に接続する。

30

【0026】

また、超電導ケーブルの一端側に複数の電源を配置し、他端側にそれぞれの電源に対応する負荷を配置する場合には、各超電導層の両端部に引出導体を個別に接続し、引出導体を介して一つの超電導層で電源と負荷を対応させて接続する。

【0027】

例えば、超電導ケーブルを、芯材と、多層からなる超電導層と、最外層の超電導層の外側に設ける絶縁層と、絶縁層の外側に設ける帰路導体層と、絶縁保護層とから構成する場合には、各超電導層の端部のそれぞれに引出導体を接続してケーブルの外部に引出導体を引き出す。

【0028】

そして、ケーブルの一方側の端末部に接続した各引出導体のそれぞれに個別に電源を接続する。また、ケーブルの他方側の端末部に接続した各引出導体のそれぞれに負荷を接続する。そして、各電源と各負荷をケーブルの帰路導体層を介して接続する。

40

【0029】

この場合、帰路導体層には、超電導層を流れる電流と逆方向に電流を流すので、ケーブルの外へ磁場を出さないようにすることができる。各電源、各負荷は、アース電位（共通電位）として帰路導体層を共有した状態となる。また、ケーブル線路は全て同じ電圧にしてもよいし、電圧が異なるようにしてもよい。

【0030】

以上説明したようなケーブル線路を構成することにより、1条の超電導ケーブル内に複数の回線を集約させることができる。さらに、超電導ケーブルを用いているので、発生する

50

送電ロスを少なくすることができる。従って、経済性が良好で、省スペース化が図れる。

【0031】

さらに、前記した本発明の直流用超電導ケーブル線路においては、超電導ケーブルの一部の超電導層が接地された際に、当該接地された超電導層を電源および負荷に対して遮断する遮断機構を具える構成とすることが好ましい。

【0032】

超電導ケーブルの一部の超電導層が接地された場合とは、電源、負荷が点検、故障などにより接地される場合をいう。

【0033】

遮断機構は、ケーブルの両端末に設けることが好ましい。その場合には、遮断機構を用いて接地された超電導層を電源と負荷から遮断させる。遮断機構としては、例えば、超電導層の両端側に、電圧計または電流計を設けるとともに、電圧計または電流計の計測結果に基づいて作動するリレーを設けることが挙げられる。また、リレーの代わりにヒューズを設けるようにしてもよい。

10

【0034】

また、超電導ケーブルに設ける層間絶縁層は、一部の超電導層が接地された際に、他の超電導層の電圧が維持できる絶縁耐力を具えるように構成することが好ましい。所定の絶縁耐力を得るには、層間絶縁層の層の厚みを厚くするなどの手段がある。このように接地された超電導層に流れる大電流を遮断することにより、他の超電導層の送電に影響しないようにすることができる。

20

【0035】

【発明の実施の形態】

以下、本発明の実施の形態を説明する。図1は本発明超電導ケーブルの断面図であり、図2は超電導ケーブルの一本のケーブルコアの導体部の端末構造を示す。さらに、図3および図4は、超電導導体に引出導体が接続された超電導ケーブルの導体部の端末構造を示す。図5は、超電導ケーブルを用いたケーブル線路の構成図を示し、図5中には、超電導ケーブルの一本のケーブルコアの構成を示している。

【0036】

[超電導ケーブルの全体構造]

本実施形態の超電導ケーブルは図1に示すように、断熱管1の内部に3心のケーブルコア2を収納したものである。なお、3心のケーブルコア2は撚り合わされた状態で断熱管1の内部に収納されている。

30

【0037】

[断熱管]

断熱管1は内管11および外管12を具える2重管からなり、内外管11, 12の間に真空断熱層13が構成される。真空断熱層13内には、プラスチック製網状体と金属箔を積層したいわゆるスーパーインシュレーションが配置されている。

【0038】

内管11の内側には、液体窒素などの冷媒が充填される。また、必要に応じて、断熱管1の外周にポリ塩化ビニルなどで防食層14を形成しても良い。

40

【0039】

[ケーブルコア]

この断熱管1内に収納されるケーブルコア2の各々は、図1および図5に示すように、中心から順に、芯材となるフォーム21、超電導導体となる超電導層22、層間絶縁層23(図5に示す)、絶縁層24、帰路導体層25、絶縁と機械的保護を兼ねた絶縁保護層26を具える。

【0040】

<フォーム>

フォーム21には、金属線を撚り合わせた中実のものや、金属パイプを用いた中空のものを利用できる。中空のフォームを用いた場合、その内部も冷媒の流路にすることができる。中実のフォームの一例としては、複数の銅素線を撚り合わせたものが挙げられる。本発明

50

は直流用の超電導ケーブルなので、銅素線には絶縁被覆を施す必要がない。

【 0 0 4 1 】

< 超電導層 >

超電導層22には、ビスマス系超電導体などの酸化物高温超電導体を銀シースで被覆したテープ線材が適している。このテープ線材をフォーマ21の上に多層に巻回して導体を構成する。

【 0 0 4 2 】

< 層間絶縁層 >

各超電導層22の間、最内層の超電導層22とフォーマ21の間には、超電導層22の間を絶縁するための層間絶縁層23が形成される。この層間絶縁層23は、クラフト紙を超電導層22の外周に巻回して構成する。この層間絶縁層23により、各超電導層22を層毎に独立させる構成とすることができる。

【 0 0 4 3 】

超電導ケーブルに設ける層間絶縁層23はその厚みを、一部の超電導層が接地された際に、他の超電導層の電圧が維持できる絶縁耐力を具える厚みとしている。

【 0 0 4 4 】

< 絶縁層 >

最外周の超電導層22の外周には絶縁層24が形成される。この絶縁層24は例えばプラスチックフィルム（例えば、ポリプロピレン）とクラフト紙を積層した複合テープを用い、超電導層22の外周に巻回して構成することができる。

【 0 0 4 5 】

< 帰路導体層 >

帰路導体層25は、絶縁層24の外側に超電導線材を巻回して形成される。この帰路導体層25は、後述するケーブル線路において、超電導層22を流れる電流と逆方向に電流を流す。さらに、この帰路導体層25の外側には、保護を兼ねた絶縁保護層26が設けられている。

【 0 0 4 6 】

[ケーブル端末構造]

以下、超電導層22が4層構造の場合のケーブル端末構造について説明する。図2は、ケーブルコア2の端部において、フォーマ21と超電導層22のみを示している。ケーブルの端末は、各超電導層22の端部に、常電導部材から構成される引出導体3が個別に接続される。

【 0 0 4 7 】

< ケーブルコアの端末構造 >

フォーマ21は、超電導層22の端部から突出させた状態としている。さらに、各超電導層22の端部は、内側層から外側層へと段階的に各層の端部が露出されるように構成している。

【 0 0 4 8 】

具体的には、ケーブルの端部において、最外層の超電導層22の上に形成されている絶縁層24、帰路導体層25、絶縁保護層26を所定長さだけ除去する。

次に、絶縁層24が除去されている最外層の超電導層22部分において、除去された絶縁層24などの除去端面から所定長さ露出するように超電導層22を残したまま、この超電導層22とその直下の層間絶縁層23を除去する。次に、最外層の超電導層が除去されている次層の超電導層部分（二層目）において、最外層の超電導層の除去端面から所定長さ露出するように超電導層を残したまま、この超電導層とその直下の層間絶縁層を除去する。このように順次内側の超電導層について、超電導層を所定長さ露出するように残したまま、超電導層とその直下の層間絶縁層を除去していく作業を最内層の超電導層（四層目）まで順に繰り返していくことにより階段状に各超電導層の端部を露出させる。

【 0 0 4 9 】

< 引出導体の構造 >

引出導体3の構造について、図3に示す第1実施形態と図4に示す第2実施形態について説明する。各実施形態では、各超電導層22の露出端部のそれぞれに、銅やアルミニウムなどの常電導部材から構成される引出導体3を個別に接続させる。接続は半田付けにより行

10

20

30

40

50

う。

【0050】

図3に示す第1実施形態は、引出導体31(3)を複数本形成し、各引出導体31の一端部を各超電導層22の露出端部に個別に接続する。そして、各引出導体31の他端側を超電導層22の露出部から超電導ケーブルの軸方向と直交する方向に引き出している。この場合、各引出導体31は、図3に示すように、平行して引き出される。

【0051】

図4に示す第2実施形態の引出導体32(3)は、引出導体32を複数の大きさの異なる筒状体(または筒状体を半割にしたもの)で構成している。これら筒状体を同心円となるように重ね合わせながら、引出導体32の軸方向一端部を超電導層22の露出端部に接続する。そして、引出導体32の他端側がケーブルの軸方向に沿って引き出される。引出導体32は、最小径のものから内側層の超電導層22の露出部に順次接続していく。

10

【0052】

さらに、各引出導体32の引出側端部は、内側の筒状体から外側の筒状体へと段階的にその外周面が露出されるように階段状に構成される。このように構成することにより、各引出導体32の端部に他の導体を接続しやすくなる。

【0053】

<フォーマと引出導体を保持する構造>

さらに、フォーマ21と引出導体3とは、絶縁固定部4に一体に保持させる。このとき、絶縁固定部4は、絶縁性を有する樹脂材料で形成され、各引出導体3の間と、引出導体3が接続される超電導層22以外の超電導層22と引出導体3との間、引出導体3とフォーマ21との間を電氣的に絶縁するように構成される。フォーマ21と引出導体3とを絶縁固定部4に保持させることにより、超電導ケーブルの端末を固定できる。

20

【0054】

[ケーブル線路の形態]

本発明の直流用超電導ケーブルの端末構造を用いたケーブル線路の一実施形態について図5に基づいて説明する。図5に示す超電導ケーブル線路は、ケーブルコア2を一本用いた場合を示す。

【0055】

図5に示すケーブル線路は、ケーブルコア2の一端側に複数の電源5を配置し、他端側に各電源5に対応させて負荷6を配置している。そして、ケーブルコア2の各超電導層22の両端部に引出導体3を個別に接続し、各引出導体3を電源5または負荷6に接続している。引出導体3を介して一つの超電導層22で、一つの電源5を一つの負荷に対応させて接続する。また、帰路導体層は、導体を介して全ての電源5と全ての負荷6に接続させている。

30

【0056】

ケーブルコア2の超電導層22と帰路導体層25を用いることにより、閉回路が構成される。本実施形態では使用する電圧はすべて同じ電圧としたり、異なる電圧とすることができる。

【0057】

さらに、前記ケーブル線路においては、ケーブルコア2の一部の超電導層22が接地された際に、当該接地された超電導層22を電源5および負荷6に対して遮断する遮断機構7を具えている。

40

【0058】

遮断機構7は、例えば、超電導層22の両端側に接続される引出導体3に、電圧計(図示せず)または電流計(図示せず)を設けるとともに、電圧計または電流計の計測結果に基づいて作動するリレー71を設けることにより構成する。電圧計は、リレー71の両側の電圧を測定する。また、電流計の場合は、リレー71の両側の電流を測定する。遮断機構7により、一部の超電導層が接地されたとき、その接地された超電導層を電源と負荷から遮断させて、他の超電導層を保護する。

【0059】

50

以上のように説明したようなケーブル線路を構成することにより、1条のケーブルコアで複数の回線を集約させることができる。さらに、超電導ケーブルを用いているので、発生する送電ロスを少なくすることができる。従って、経済性が良好で、省スペース化が図れる。さらに、帰路導体層を設けることにより、超電導層を流れる電流と逆方向に電流を流し、ケーブルの外へ磁場を出さないようにすることができる。

【0060】

【発明の効果】

本発明の直流超電導ケーブルの端末構造およびこの端末構造を有するケーブル線路によれば、超電導ケーブルにより、送電ロスを小さくでき、従来のケーブルを多数使用する場合と比較して、経済性に優れた効果が得られる。

10

【0061】

また、種々のシステムが存在し、複数の電源または複数の負荷を設けて、これら電源または負荷を独立させて電流を流す場合には、各超電導層を用いて独立したケーブル線路を形成することができる。

【0062】

その結果、これら電源または負荷に接続させる線路を1条の超電導ケーブルに集約させることができるので、配線のスペースを小さくでき、大容量化した送電システムを形成できながら、低ロス化、省スペース化の効果が得られる。

【0063】

さらに直流超電導ケーブルは、導体の通電ロスが無く、しかも、導体を複数の超電導層で形成して、それらを独立させてケーブル線路として使用するので、超電導ケーブルの全体としてのロスは外部から断熱管を介して侵入する熱量だけとすることができる。

20

また、最外層の超電導層の外側に、絶縁層、帰路導体層、絶縁保護層を順次設ける場合には、帰路導体層に超電導層を流れる電流と逆方向に電流を流すことができるので、ケーブルの外へ磁場を出さないようにすることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明超電導ケーブルの断面図である。

【図2】本発明超電導ケーブルのケーブルコアの端末部におけるフォーマと超電導層の構造を示す断面図である。

【図3】本発明超電導ケーブルの端末構造における第1の実施形態を示す説明図である。

30

【図4】本発明超電導ケーブルの端末構造における第2の実施形態を示す説明図である。

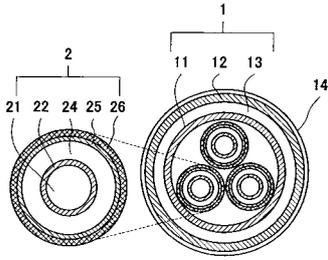
【図5】本発明超電導ケーブルの端末構造を用いたケーブル線路を示す構成図である。

【符号の説明】

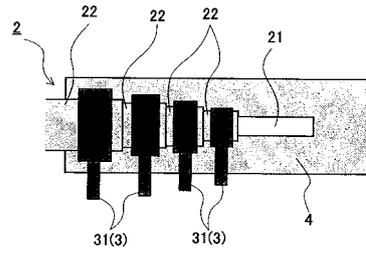
- 1 断熱管
- 11 内管
- 12 外管
- 13 真空断熱層
- 14 防食層
- 2 ケーブルコア
- 21 フォーマ
- 22 超電導層
- 23 層間絶縁層
- 24 絶縁層
- 25 帰路導体層
- 26 絶縁保護層
- 3(31,32) 引出導体

40

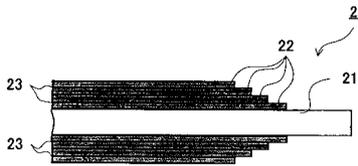
【図1】



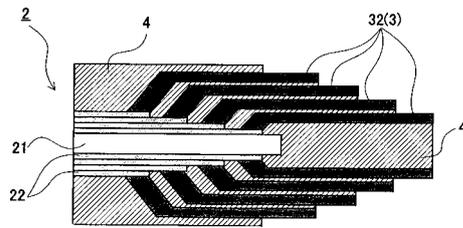
【図3】



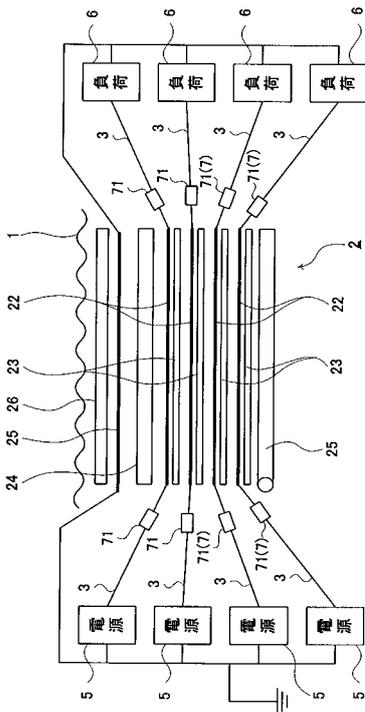
【図2】



【図4】



【図5】



フロントページの続き

- (56)参考文献 特開平10-126917(JP,A)
特開平09-055241(JP,A)
特開平08-064041(JP,A)
特開平01-052331(JP,A)
特開平11-073824(JP,A)
特開2001-006453(JP,A)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
H01B 12/00 ~ 13/00