

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第4638983号
(P4638983)

(45) 発行日 平成23年2月23日 (2011.2.23)

(24) 登録日 平成22年12月3日 (2010.12.3)

(51) Int. Cl.	F I
HO 1 B 12/02 (2006.01)	HO 1 B 12/02 Z A A
HO 1 B 13/00 (2006.01)	HO 1 B 13/00 5 6 1
HO 2 H 9/02 (2006.01)	HO 1 B 13/00 5 6 5 D
	HO 2 H 9/02 A

請求項の数 23 (全 12 頁)

(21) 出願番号 特願2000-565545 (P2000-565545)
(86) (22) 出願日 平成11年8月10日 (1999.8.10)
(65) 公表番号 特表2002-522886 (P2002-522886A)
(43) 公表日 平成14年7月23日 (2002.7.23)
(86) 国際出願番号 PCT/US1999/018133
(87) 国際公開番号 W02000/010176
(87) 国際公開日 平成12年2月24日 (2000.2.24)
審査請求日 平成16年12月22日 (2004.12.22)
(31) 優先権主張番号 09/132,592
(32) 優先日 平成10年8月11日 (1998.8.11)
(33) 優先権主張国 米国 (US)
(31) 優先権主張番号 09/200,411
(32) 優先日 平成10年11月25日 (1998.11.25)
(33) 優先権主張国 米国 (US)

(73) 特許権者 500117059
アメリカン スーパーコンダクター コー
ポレイション
AMERICAN SUPERCONDU
CTOR CORPORATION
アメリカ合衆国 01434 マサチュー
セッツ州 ディベンズ ジャクソン ロー
ド 64

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 超伝導体およびその製造方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

導電材料により囲まれた超伝導材料を備える細長い超伝導部材と、
前記超伝導部材の長さ方向に取り付けられた熱導体と、
前記熱導体と一定長さの導電材料の間に配置された電気絶縁材料と、
を含む電流を伝導する電気伝導体であって、
前記熱導体は、各々が隣接する熱伝導素子から間隔をおいて配置される複数の熱伝導素子
を含み、
前記複数の熱伝導素子は金属又は合金からなり、
前記電気絶縁材料は前記超伝導部材からの熱を熱伝導素子に伝達させる厚さを有すること
を含む、電気伝導体。

10

【請求項 2】

請求項 1 に記載の電気伝導体において、前記超伝導材料は、前記導電材料により囲まれ
る複数の超伝導フィラメントの形態である電気伝導体。

【請求項 3】

請求項 1 に記載の電気伝導体において、前記電気絶縁材料及び熱導体は、一体となって
第一の層を形成する電気伝導体。

【請求項 4】

請求項 3 に記載の電気伝導体において、前記第一の層上に配置される第二の層を含み、
該第二の層は、

20

前記第一の層の熱導体上に配置される第二の電気絶縁材料と、
前記第二の電気絶縁材料に取り付けられた第二の熱導体とを有する電気伝導体。

【請求項 5】

請求項 4 に記載の電気伝導体において、前記第一の層の前記熱導伝導素子と、前記第二の層の熱伝導素子とは、超伝導部材の長さ方向において互い違いに配置される電気伝導体。

【請求項 6】

請求項 4 の電気伝導体において、前記第一の層は一定長さの超伝導部材の第一の側面に取り付けられ、前記第二の層は一定長さの前記超伝導部材の反対側の、第二の側面に取り付けられる電気伝導体。

10

【請求項 7】

請求項 1 に記載の電気伝導体において、細長い超伝導部材はテープ形状である電気伝導体。

【請求項 8】

請求項 7 に記載の電気伝導体において、前記テープは 5 ~ 500 ミクロンの範囲の厚さを有する電気伝導体。

【請求項 9】

請求項 1 に記載の電気伝導体において、前記超伝導材料は異方性超伝導材料により形成される電気伝導体。

【請求項 10】

20

請求項 9 に記載の電気伝導体において、前記異方性超伝導材料は、高温超伝導体である電気伝導体。

【請求項 11】

請求項 1 に記載の電気伝導体において、前記熱導体は、100 ~ 1000 ミクロンの範囲の厚さを有する電気伝導体。

【請求項 12】

請求項 1 に記載の電気伝導体において、前記熱導体はステンレス鋼から形成される電気伝導体。

【請求項 13】

請求項 1 に記載の電気伝導体において、前記電気絶縁材料は 5 ~ 50 ミクロンの範囲の厚さを有する電気伝導体。

30

【請求項 14】

請求項 1 に記載の電気伝導体において、前記電気絶縁材料はポリイミド材料である電気伝導体。

【請求項 15】

限流デバイスであって、
支持構造と、
該支持構造上に配置され、電流を伝達するための電気伝導体とを含み、
該電気伝導体は、
導電材料により囲まれた超伝導材料を備える細長い超伝導部材と、
各々が隣接する熱伝導素子から間隔をおいて配置され、前記超伝導部材の長さ方向に取り付けられた熱導体と、
前記熱導体と前記導電材料の間に配置される電気絶縁材料とを有し、
前記熱伝導素子は金属又は合金からなり、
前記電気絶縁材料は前記超伝導部材からの熱を前記熱導体に伝導させる厚さを有する、限流デバイス。

40

【請求項 16】

請求項 15 に記載の限流デバイスにおいて、前記支持構造は、限流装置の長手方向軸を規定する内部支持チューブを含み、超伝導部材が前記内部支持チューブを取り巻く限流デバイス。

50

【請求項 17】

請求項 15 に記載の限流デバイスにおいて、前記超伝導材料は複数の超伝導フィラメントの形態であり、前記超伝導フィラメントは前記導電材料により囲まれている限流デバイス。

【請求項 18】

請求項 15 に記載の限流デバイスにおいて、前記熱導体は、複数の熱伝導素子を含む限流デバイス。

【請求項 19】

請求項 18 に記載の限流デバイスにおいて、前記電気絶縁材料と熱導体が一体となって第一の層を形成する限流デバイス。

10

【請求項 20】

請求項 19 に記載の限流デバイスであって、前記第一の層の上に第二の層を含み、該第二の層は、

前記第一の層の前記熱導体上に配置された第二の電気絶縁材料と、

前記第二の電気絶縁材料に取り付けられた第二の熱導体とを含む限流デバイス。

【請求項 21】

請求項 20 に記載の限流デバイスにおいて、前記第一の層の前記熱伝導素子と前記第二の層の熱伝導素子は、前記超伝導部材の長さ方向ににおいて互い違いに配置される限流デバイス。

【請求項 22】

20

請求項 15 に記載の限流デバイスにおいて、前記複数の熱導体素子と電気絶縁材料は、絶縁導電ワイヤの、前記超伝導部材の対向する一対の面に沿う部分を除去した後の残存部分である限流デバイス。

【請求項 23】

電気伝導体を製造するための方法において、
導電材料により囲まれた超伝導材料を備える細長い超伝導部材を与える工程と、
前記超伝導部材の長さ方向に熱導体を与える工程と、
前記熱導体と一定長さの前記超伝導部材との間に電気絶縁材料を与える工程とを備え、
前記熱導体は、各々が隣接する熱伝導素子から間隔を置いて配置される複数の熱伝導素子を含み、
前記複数の熱伝導素子は金属又は合金からなり、
前記電気絶縁材料は前記超伝導部材からの熱を前記熱導体に伝導することを許容する厚さを有し、及び、
前記超伝導部材の長さ方向に熱導体素子を与える工程と前記電気絶縁材料を与える工程とは、絶縁導電ワイヤの、前記超伝導部材の対向する一対の面に沿う部分を除去することによって行うことを含む、方法。

30

【発明の詳細な説明】

【0001】

(発明の背景)

本発明は、複合超伝導体のような超伝導の導体に関する。

40

超伝導体は、通常、低温超伝導体と高温超伝導体に分類される。超伝導体の重要な特性は、その臨界温度 T_c 。以下に冷却されると、電気抵抗がゼロになることである。 T_c 。以下で動作する超伝導体には、臨界温度 (T_c)、および臨界磁界 (H_c) 以下の、ある特定の磁界及び温度において、その超伝導体が流すことができる電流の最大値、すなわち超伝導体の臨界電流 (I_c) が存在する。これら条件の下における、 I_c 。以上の電流は、超伝導体内で抵抗を発生させる。

【0002】

低温超伝導 (LTS) 材料および高温超伝導 (HTS) 材料の転移特性は大きく異なる。特に、LTS 材料の場合には、超伝導状態と常伝導状態との間の転移は、どちらかという
と急激に起こる。この転移特性が、限流用途に対する適用において、LTS 材料を魅力あ

50

るものになっている。このようなLTS限流デバイスは、例えば、ショート、落雷または通常の電力変動により発生する電気システム内の余分な電流が流れることを制限する。しかし、LTS材料の転移温度が比較的低い（一般に、 $T_c = 4\text{ E K} \sim 30\text{ E K}$ ）ため、上記材料を T_c 以下の温度まで冷却することに必要なコストが高い。さらに、このような低温にするために使用する寒剤のコストも相当に高く、構造も複雑になり、それにより、このようなLTS材料を使用するデバイスの信頼性が低下し、非常に注意深く取り扱わなければならない。

【0003】

一方、HTS材料の転移特性は、通常、急峻ではない。むしろ、一旦臨界温度又は臨界電流値に達した後は、その材料がもはや超伝導特性を示さなくなるまで温度又は電流値に達するまでの、温度又は電流の上昇と共に、HTS材料の超伝導特性は徐々に減少する。

10

【0004】

超伝導状態および常伝導状態の双方を含む範囲における、HTSおよびLTS材料の双方の電流電圧（ $I - V$ ）特性の有意な非直線性のため、例えば、直径または組成の局部的な差により生じた、超伝導体の臨界電流の微小な非均等性が、超伝導体内における電圧分布の不均一さを招き、この分布内の高温点における超伝導体の局部的な熱破壊が起こるおそれがある。

【0005】

（発明の概要）

本発明は、超伝導の限流用途に良好に適合する電気伝導体に特徴を有する。電気伝導体は、縦方向に延伸する超伝導材料を含む細長い超伝導部材を含む。ある態様において、上記超伝導部材は、超伝導材料と、超伝導性を有しない電氣的に導電性のマトリクス材とを含む複合材である。他の態様において、超伝導体部材は、バルク超伝導材料である。さらなる他の態様において、超伝導体部材は、ほぼ導電性を有しないマトリクス材により機械的に支持される超伝導材料を含む複合材である。電気伝導体は、超伝導部材が超伝導状態から常伝導状態（すなわち、正常状態）に、例えば漏電状態によって転移することを、制御する。

20

【0006】

本発明の態様において一般的に、電気伝導体は、超伝導部材の長手方向に取り付けられている熱導体と、熱導体と超伝導部材の長手方向との間に位置する電気絶縁材料と、電気絶縁材料が超伝導部材からの熱を熱導体に伝達することを許容する、所定の厚さを有することを含む。

30

【0007】

本発明の他の態様において、超伝導限流デバイスは、支持構造（例えば、内部支持チューブ）と、支持構造上に配置された上記に記載の電気伝導体とを含む。

一般に、超伝導部材は、漏電がない状態においては、低い電気損失で電流を流す。好適な実施形態において、超伝導材料および金属マトリクスを含む超伝導複合材の場合には、マトリクスは、漏電のない状態の間、超伝導体内の局部的非均質部分を補償するために代替の交流経路を形成する。一方、漏電がある間は、上記部材は、短期間、高い抵抗で漏電電流を流す。熱導体は、転移による漏電電流が流れる間、熱安定化材およびヒートシンクとしての働きをする。一般的に、熱導体は、漏電の間、超伝導材料が過剰に過熱することを防止する。電気伝導体は、二つの理由から過熱されてはならない。1) 電気伝導体は、急速に熱から回復する特性を有しなければならない。2) 温度の急速かつ大きな変化は、超伝導材料を破壊するのに十分な熱応力を発生するおそれがある。熱導体は、冷却チャネルに対して直接的に、または間接的に、熱的に接続されている。冷却チャネルとしては、液体寒剤バス、ガス冷却または伝導冷却経路（すなわち、銅またはアルミナ）を使用することができる。

40

【0008】

電気絶縁材料は、二つの目的を有する小さな熱的、および電氣的バリアとしての働きをする。第一に、絶縁材料は、超伝導部材から熱導体に電流が移動することを防止する。第二

50

に、絶縁材料は、超伝導部材と熱的バリヤとの間の熱の移動を遅らせるので、その結果、超伝導材料は、その正常状態、即ち常伝導状態に完全に戻ることができる。

【0009】

電気絶縁材料は、超伝導体を、超伝導状態から常伝導状態に転移させるのに必要な時間を短縮する熱的バリヤを形成し、それにより、超伝導部材の超伝導材料を通して流れる電流の量を低減し、電気伝導体を通して流れる全電流を低減する。その結果、過剰の電流および機械的応力（例えば、フープ応力）による、超伝導部材に損傷が起こる可能性が、最小限度に抑えられる。

【0010】

本発明の実施形態は、下記の特徴の一つ以上を含むことができる。

10

超伝導材料は、複数の超伝導フィラメントの形態をしており、この超伝導フィラメントは、常伝導性の金属マトリクス（例えば、銀または銀合金）で囲まれている。代替手段として、超伝導材料を、非導電性、または好適には、金属基板（例えば、ニッケル、銅またはアルミニウム合金）上に支持される導電性セラミック・バッファ層上に、コーティングとして、一体化されて形成することもできる。

【0011】

熱導体は、間隔を置いて配置された、熱伝導性の素子からできている。電気絶縁材料および熱導電体は、一体となって第一の層を形成する。第二の層は、第一の層の上に配置され、第一の層の、第一の複数の熱伝導素子上に配置された電気絶縁材料の第二のシートと、第二の電気絶縁材料に取り付けられた第二の熱導体（好ましくは、間隔を置いて配置された第二の複数の熱伝導素子から形成される）とを含む。

20

【0012】

第一の層の熱伝導素子および第二の層の熱伝導素子は、超伝導部材の長手方向に対して互い違いになっている。その結果、電気伝導体の機械的強度が増大し、特に、巻線構造体の強度が増大する。

【0013】

ある実施形態においては、第一の層は、超伝導部材の長手方向の第一の側面に取り付けられ、第二の層は、超伝導部材の長手方向の第二の対向側面に取り付けられる。この形態の超伝導部材は、二つの安定化材の間にサンドイッチ状に挟まれ、それにより、熱的安定性および機械的強度が改善される。

30

【0014】

超伝導部材は、約25～300ミクロンの範囲内の厚さを有するテープ形状である。超伝導材料は、高温、異方性の超伝導材料からなる。

熱導体は、金属、合金またはミネラルの含有量が多い樹脂のような熱伝導性の高い電気絶縁体から形成されることができ、好適には、ステンレス鋼から形成されることが好ましい。各熱伝導素子は、約100～1,000ミクロンの範囲内の厚さを有する。電気絶縁材料は、極低温で絶縁体としての働きをすることができる、ガラスエポキシ、または、従来のシステム若しくは紫外線システムにより硬化されるラッカー、サーモプラスチック、エポキシ樹脂または複合材料（すなわち、ガラスファイバ/樹脂複合材料または含浸ペーパー）のような他の材料から作ることができる。ある実施形態においては、電気絶縁材料は、約5～50ミクロンの範囲の厚さを有するポリイミド材料である。

40

【0015】

他の実施形態においては、超伝導材料は、超伝導材料と密着している非超伝導性マトリクスを含むモノリシックな形態をしている。

さらなる他の態様において、超伝導複合体の製造方法は、高温の超伝導体の長手方向に沿って熱導体を取り付けるステップと、熱導体と高温超伝導体の長手方向の間に電気絶縁材料を与えるステップとを含む。電気絶縁材料は、熱が高温の超伝導体から熱導体に移動することができるような厚さを持つ。この実施形態においては、熱導体の第一の層および電気絶縁材料が具備される。さらに、他の実施形態においては、超伝導複合体の長手方向に沿って熱伝導素子を与えるステップと、電気絶縁材料を与えるステップとは、絶縁性導電

50

性ワイヤの対向側面部分を除去するステップを含む。

【 0 0 1 6 】

下記の説明および特許請求の範囲により、他の利点および特徴が明確にされる。

(詳細な説明)

図 1 を参照する。超伝導複合体 1 0 は、高温超伝導 (H T S) 材料から形成される超伝導テープ 1 2 を含み、高温超伝導材料は、異方性を有する、即ち一般に結晶構造に対してある方向においては他の方向よりも良好に伝導する性質を典型的に有する金属酸化物を含む、超伝導セラミックから形成される。異方性高温超伝導体には、希土類・酸化銅族 (Y B C O) 、タリウム・バリウム・カルシウム・酸化銅族 (T B C C O) 、水銀・バリウム・カルシウム・酸化銅族 (H g B C C O) 、及びビスマス・ストロンチウム・カルシウム・酸化銅族 (B S C C O) のような酸化銅ベースのセラミック超伝導体に例示されるものがこれらに限定されることなく含まれる。これらの化合物には、特性を向上させるため、化学量論的に鉛その他の材料をドーピングしてもよい (例えば、 $(B i , P b) _2 S r _2 C a _2 C u _3 O _{10-\delta}$) 。

10

【 0 0 1 7 】

超伝導テープ 1 2 は比較的高いアスペクト比を有し (即ち幅が厚さよりも大きく) 、マルチフィラメント複合導体の長さ方向にほぼ延伸し、マトリクス形成材料 (例えば、銀又は銀合金) により取り巻かれる、個々の高温超伝導フィラメントを含むようなマルチフィラメント複合超伝導体として形成される。超伝導テープは、典型的には 5 ミクロン以上から約 5 0 0 ミクロンまでの厚さ、望ましくは 1 0 ~ 1 0 0 ミクロンの厚さを有する。

20

【 0 0 1 8 】

超伝導体は伝導性のマトリクスの中に埋め込まれるため、超伝導体中に抵抗が生じ始めると、 I_c を超えるいかなる増分電流も、超伝導体とマトリクス材の間で分配される。所定の断面面積における、材料の全体量 (即ち、マトリクス形成材及び超伝導材料) に対する超伝導材料の比率は、「充填率」として知られ、一般的には 5 0 % 以下である。マトリクス形成材は電気を通すが、超伝導体ではない。超伝導フィラメントとマトリクス形成材料は、全体として複合マルチフィラメント高温超伝導部材を形成する。

【 0 0 1 9 】

超伝導テープ 1 2 には安定化材 1 3 が積層され、安定化材は、例えば漏電によりテープが超伝導から常伝導状態に転位する間に超伝導テープ 1 2 内で生成される熱の熱経路を与える。また、安定化材 1 3 は、転位の間にテープに生じる熱膨張による機械的応力 (例えば、ローレンツ力、フープ応力) を吸収することにより機械的支持を与える。下記に記載されるように、安定化材 1 3 の機械的、熱的、及び設計上の特性は、超伝導テープ 1 2 が正常状態に転位する態様を制御することに対して重要である。

30

【 0 0 2 0 】

図 1 に示されるように、安定化材 1 3 は、各々が電気絶縁層 1 8 a 、 1 8 b 、 1 8 c 上に位置する熱伝導ストリップ 1 6 a 、 1 6 b 、 1 6 c を有する、不連続な安定化部材 1 4 a 、 1 4 b 、 1 4 c の層として形成される。図 2 を参照する。異なる態様においては、絶縁層 1 8 d 、 1 8 e 、 1 8 f に重ねられる、対応する伝導ストリップ 1 6 d 、 1 6 e 、 1 6 f を有する追加の安定化部材 1 4 d 、 1 4 e 、 1 4 f が超伝導テープ 1 4 の反対側に具備されて、超伝導テープ 1 2 は複合材 1 0 の中立平面に沿って位置する。伝導ストリップ 1 6 a ~ 1 6 f は、高温超伝導材料からなり、引張応力が高く、高強度及び柔軟性に特徴を有する。実施例のいくつかにおいては、伝導ストリップ 1 6 a ~ 1 6 f は、少なくとも本発明が実施される低温においては良好な熱伝導特性を有する、ステンレス鋼又は銅のような金属から形成される。

40

【 0 0 2 1 】

再び図 1 及び図 2 を参照する。絶縁層 1 8 a ~ 1 8 f は裏側が接着剤になっているポリイミド材料 (例えば、イー・アイ・デュポン・ド・ノムール (E . I . Dupont de Nemours , Wilmington , DE) の製品である登録商標カプトン (K a p t o n)) であって、伝導ストリップ 1 6 a 、 1 6 b 、 1 6 c (例えば 3 0 0 ミクロン

50

）よりもずっと薄い、（例えば5～25ミクロン）、典型的には5～100倍、望ましくは少なくとも一ケタ薄い材料により形成される。特に、絶縁層18a～18fは超伝導複合材10と安定化部材14a、14b、14cとの間を断熱し、ステンレス鋼よりも少なくとも一ケタ低い熱導電性を有する。各絶縁層18a～18fの厚さは、超伝導材料超伝導テープ12が超伝導状態から常伝導状態に転位する速度を制御するように選択される。従って、超伝導フィラメントの常伝導状態への転位により、複合材の常伝導状態においては比較的高い伝導特性を有するフィラメントよりも、マトリクス材に電流が流れる。結果として、超伝導複合材10で消費される全電力量は、有意に減少され、超伝導フィラメントの破壊の可能性が最小化された。

【0022】

安定化材は高引張応力材料を連続させて長く形成されてもよいが、伝導ストリップ16a～16fが電気導電材料から形成される態様においては、欠陥（例えば孔又は断裂）が絶縁層18a～18fに存在することがある。従って、伝導ストリップ16a～16fと超伝導テープ12の間で電気の導通が発生しうる。伝導ストリップ16a～16fの長さ方向の完全な電気ショート状態を防止し、代わりに電流のための引き付けられない電流を与える目的のため、各々のストリップは長さ方向のギャップの形態で不連続部20を含み、欠陥を有する位置において安定化部材14a～14fの抵抗を増加させる。

【0023】

図3～5を参照する。3種類の異なる超伝導線による漏電限流特性が示され、本発明の長所をよりわかりやすく説明している。

図3は、熱安定化材を備えない超伝導線の漏電限流特性を示す。特に、時間（横軸）に対するHTS超伝導体に流れる電流と温度（縦軸）の波形が示される。初期においては、点102における400アンペアを超える電流において、漏電状態（例えば落雷）電流波形100が示される。HTS超伝導体の温度波形110は、漏電の開始時に直ちに増加することを示す。漏電の開始後間もなく（点104）、電流波形100は安定状態に落ち込み、温度波形110は、漏電状態がなくなるまで（点106）200ミリ秒の期間以上堅調に増加し続ける。しかしながら、この時点で、超伝導の温度は400EKを超過し、300EK以上の増加となる。一般に、100EK以上の増加にさらされたHTS超伝導体は、有意なダメージを受ける。

【0024】

図4を参照する。図3と同一のHTS超伝導線に直接接触するように、これに沿って配置され、熱安定化材として機能する不連続なステンレス鋼部材の使用が示される。この場合も、漏電状態（点202）における電流波形200が初期的に示される。図3の場合と同様に、HTS超伝導体の温度波形210は、漏電の開始時に堅調に増加する。熱安定化材がHTS超伝導体と直接接触するため、安定化材の温度波形212は、超伝導体の温度波形にほぼ従う。しかし、熱安定化材が漏電電流波形の強度を減少させる傾向にあるにもかかわらず、熱安定化材と超伝導体が近接しているため、高温超伝導体を正常な、常伝導状態に押しやる機構がない。

【0025】

図5を参照する。本発明によると、HTS超伝導体上に配置される不連続ステンレス鋼部材、及びそれらの間に配置される断熱材（例えばカプトン層）の使用が示される。ここでも、電流波形300は、その初期状態を漏電状態（点302）で示している。しかし、HTS超伝導体部材が断熱材により不連続ステンレス鋼部材から分離されているため、それらの各々の温度は一致しない。図4に関して上記に記載した配置と異なり、超伝導部材と安定化材が分離されるため、超伝導体の温度が約60EKから約90EK（点304）まで急激に上昇する。そのため、超伝導線中の超伝導フィラメントは臨界電流値に急速に達し、周囲のマトリクス材よりも導電性が低くなる。漏電は約50%減少する。さらに、漏電状態が取り除かれたとき（点306）超伝導部材の温度は急激に下降する。従って、断熱材は迅速な熱的回復（308で囲まれた領域）を与える役割を果たすことにより、HTS超伝導体に対しておこりうるダメージを減らし、超伝導体が超伝導状態に戻ることを補

10

20

30

40

50

助する。

【0026】

図1及び図2に関連して記載したように、安定化部材14a~14fは超伝導テープ12に対して、超伝導複合材10の転位期間における急激な温度変化による膨張を制限することにより、機械的支持を与える。均一な機械的支持を与えるためには、不連続箇所20の位置は超伝導複合材10の長さ方向において互い違いになっている。

【0027】

図6において、トランス組み立て部品30における機械的に頑強であり、高性能超伝導限流コイルは、鉄芯32及び超伝導限流コイル34を含む。限流コイル34は、上記に記載したように超伝導状態において低損失特性を有するが、常伝導状態においては比較的高抵抗特性を有する超伝導複合材10を備える内部支持チューブ35の周囲を巻いている。従って、電流の漏電があった場合、複合材10の超伝導テープ12は、限流コイル組み立て部品30がオーバーヒートにより破壊されるのを防止することに十分な期間常伝導状態に戻る。常伝導状態にある複合材10により電流が制限される期間は、回路を開き、さらに電流が流れ込むのを防ぐために、回路ブレーカ又はフューズを用いることができる。

【0028】

図7A~7Cに関し、安定化部材14aを超伝導テープ12上に形成する方法が記載される。同様なプロセスを用いて残存する安定化部材を超伝導複合材10上に形成することも可能である。安定化部材14aは、超伝導テープ12と同一の幅と長さを有する。

【0029】

図7Aを参照する。安定化部材14aは、初期においては絶縁層18a(例えばポリイミド)にステンレス鋼を積層した単一のストリップ40の形態で与えられる。絶縁層18aの露出した表面は接着剤19を有し、テープ12がさらに積層させる。

【0030】

図7B及び7Cを参照する。テープ12に対する取り付けの後、この形態の複合材は切断又は穿孔のプロセスに供され、不連続箇所20が複合材の長さ方向に形成される。切断装置21が、下地の絶縁層18aを切断することなくステンレス鋼の厚さを通過することを確保するために高精度が要求される。

【0031】

その他の態様はクレームに記載する。例えば、上記の超伝導複合材は、平面のプレート上の安定化部材を使用したか、本発明の概念はその他の形態の安定化部材に対しても適用可能である。

【0032】

例えば、図8を参照すると、超伝導複合材50は、安定化部材54がテープの広い方の表面に沿って配置される超伝導テープ52を含む。各安定化部材54は、比較的に薄い電気絶縁被膜58を有するステンレス鋼又は銅導体56を含む。代替手段として、テープ52の露出した表面上に絶縁被膜が形成され、又は与えられてもよい。超伝導複合材50を製作するためには、安定化部材はテープ52に巻きつけたワイヤの形態で具備されてもよい。このとき、部分60(点線で示す)は導体56を残して除去される。

【0033】

図9を参照する。本発明の他の態様によると、110Kの臨界温度を有するHTS超伝導体部材上に、50 μ mのエポキシ断熱材を間に置いて配置される300 μ m厚の連続スチール基板の使用が示される。漏電状態が150msecのショートであるように実験され、その後電流は切られた。電流波形900を初期状態において漏電状態(点902)で示す。しかし、HTS超伝導体部材がスチール基板から断熱材により分離されているため、それぞれの温度は互いに一致せず、ショートの終了後100ms以内に常伝導状態への復帰が可能である。これと対照的に、同一のHTS超伝導体部材上に配置される同一の300 μ m厚さの連続スチール基板を備えて形成される配置であって、超伝導部材と安定化材基板の分離がされない図4の構成となるものは、110Kを超える超伝導温度において安定状態に達する。

【 0 0 3 4 】

その他の実施の態様はクレームの範囲にある。

【図面の簡単な説明】

【図 1】 本発明による電気伝導体の一部の拡大図。

【図 2】 図 1 の電気伝導体の側面断面図。

【図 3】 熱安定化材を使用しない高温超伝導体の電流及び温度の経時変化を示すグラフ。
。

【図 4】 直接取り付けた熱安定化材を備えた高温超伝導体の電流及び温度の経時変化を示すグラフ。

【図 5】 高温超電導体と熱安定化材の間に位置する断熱材を備えた、本発明による電気
伝導体の電流及び温度の経時変化を示すグラフ。 10

【図 6】 図 1 の電気伝導体を撒きつけた超伝導コイルの側面断面図。

【図 7 A】 図 1 の超伝導複合体の製造工程を示す断面図。

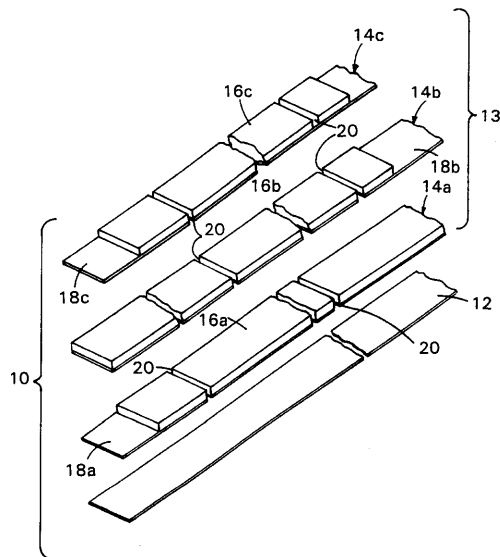
【図 7 B】 図 1 の超伝導複合体の製造工程を示す断面図。

【図 7 C】 図 1 の超伝導複合体製造工程を示す断面図。

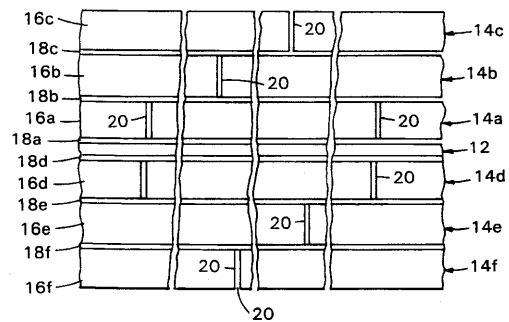
【図 8】 熱安定化材に不連続性を形成する別の態様の斜視図。

【図 9】 高温超電導体と熱安定化材の間に位置する断熱材を備えた、本発明の別の態様
による電気伝導体の電流及び温度の経時変化を示すグラフ。

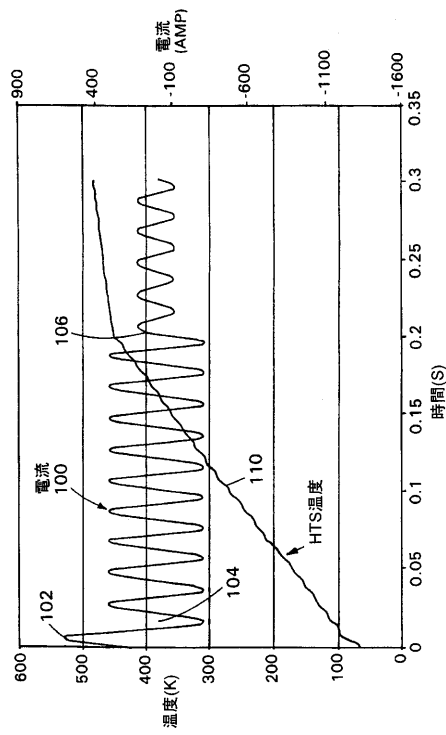
【図 1】



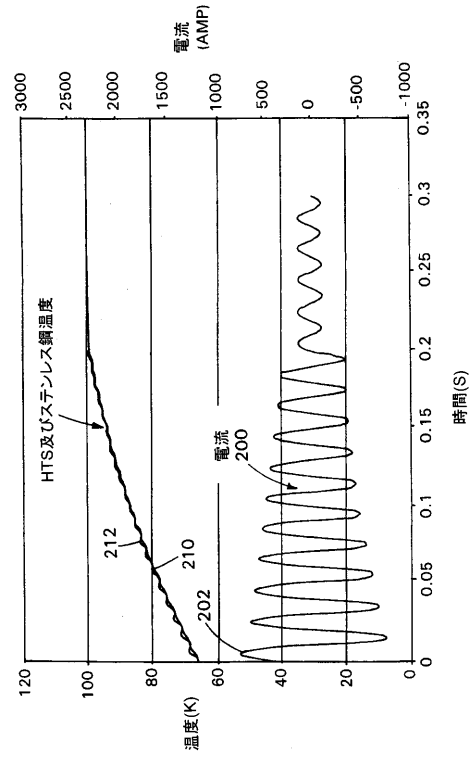
【図 2】



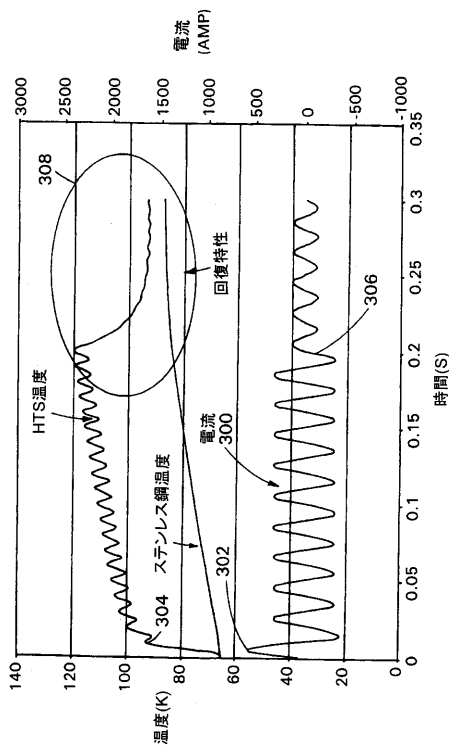
【図 3】



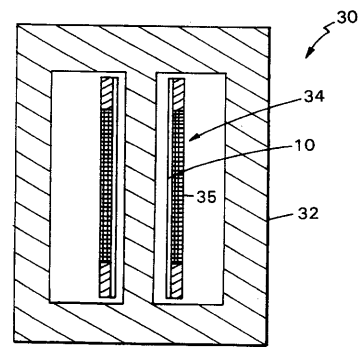
【図 4】



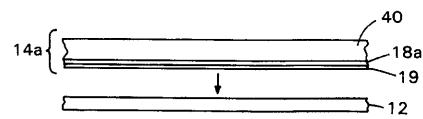
【図 5】



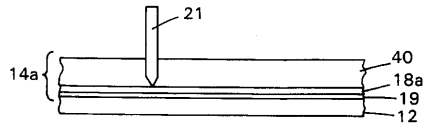
【図 6】



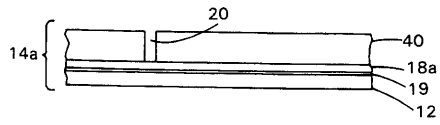
【図 7 A】



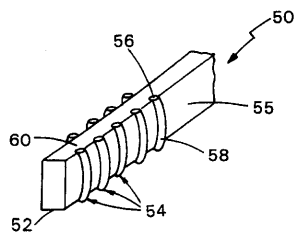
【図 7 B】



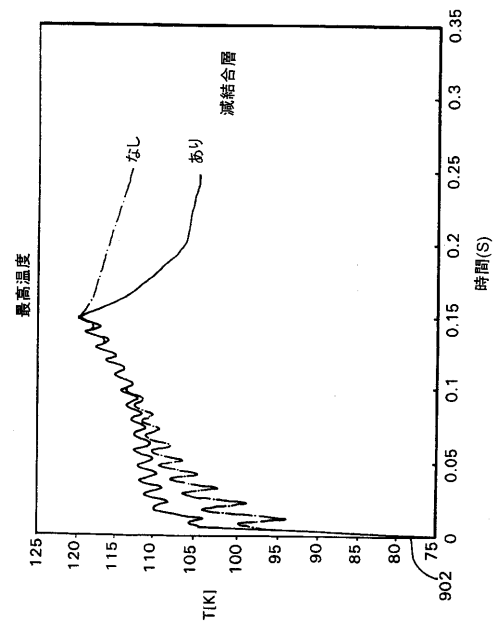
【図 7 C】



【図 8】



【図 9】



フロントページの続き

(73)特許権者 501060345

アーベーバー トランсмисシヨン アンド ディストリビューシヨン テクノロジーズ リミテ
ッドABB TRANSMISSION & DISTRIBUTION TECHNOLOGIES
LTD.

スイス国 CH - 8050 チューリッヒ アフォルテルンシュトラッセ 52

(74)代理人 100068755

弁理士 恩田 博宣

(74)代理人 100105957

弁理士 恩田 誠

(72)発明者 スニッチラー、グレゴリー エル.

アメリカ合衆国 01545 マサチューセッツ州 シュルーズベリー イレタ ロード 64

(72)発明者 ボンマン、ディートリッヒ

ドイツ国 D - 53340 メッケンハイム ジーベンゲビルクスリング 62

(72)発明者 ラクナー、マルチン

スイス国 CH - 5413 ビルメンシュトルフ ボルシュトラッセ 28

(72)発明者 パウル、ヴィリ

スイス国 CH - 5430 ヴェッティンゲン バーンホルフシュトラッセ 103アー

審査官 青木 千歌子

(56)参考文献 特開平08-329746(JP, A)

特開平10-144160(JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01B 12/00-13/00

H02H 9/00- 9/08