

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4400906号
(P4400906)

(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			
H 0 1 B	12/02	(2006.01)	H 0 1 B	12/02	Z A A
B 3 2 B	9/00	(2006.01)	B 3 2 B	9/00	A

請求項の数 13 (全 8 頁)

(21) 出願番号	特願2000-537230 (P2000-537230)	(73) 特許権者	506407154
(86) (22) 出願日	平成11年3月18日 (1999.3.18)		ゼネルギー パワー インク
(65) 公表番号	特表2002-507819 (P2002-507819A)		アメリカ合衆国 カリフォルニア サン
(43) 公表日	平成14年3月12日 (2002.3.12)		マテオ ベイカー ウェイ 999 スウ
(86) 国際出願番号	PCT/AU1999/000179		ィート 150
(87) 国際公開番号	W01999/048115	(74) 代理人	100075258
(87) 国際公開日	平成11年9月23日 (1999.9.23)		弁理士 吉田 研二
審査請求日	平成18年3月17日 (2006.3.17)	(74) 代理人	100096976
(31) 優先権主張番号	9805646.8		弁理士 石田 純
(32) 優先日	平成10年3月18日 (1998.3.18)	(72) 発明者	ザオ ラベング
(33) 優先権主張国	英国 (GB)		オーストラリア ニュー サウス ウェー
			ルズ州 リドコウブ ヴォーガン ストリ
			ート 95 ビー

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 超電導テープ

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

主面を接触させてお互いに平行にスタックされた複数の要素超電導テープを備える複合超電導テープであって、

前記要素超電導テープが、単フィラメントテープであり、

前記要素超電導テープが、ツイストされることなくスタックされており、

前記要素超電導テープの隣接するスタックが、相互の端部において接触するように、前記要素超電導テープの複数のスタックが、複合超電導テープの幅方向に並べられており、

少なくとも一つのブリッジテープが、前記要素超電導テープの複数のスタックをブリッジし、前記要素超電導テープの複数のスタック間を機械的に接続する、複合超電導テープ

10

【請求項 2】

各々が2つの対向する主面と前記主面の間に延びる2つの対向する端面とを有する複数の要素超電導テープから構成された複合超電導テープであって、

前記要素超電導テープが、単フィラメントテープであり、

複数の要素超電導テープを有する第1のスタックであって、該第1のスタック内の各テープが、ツイストされることなくスタックされており、そのスタック中の隣接する要素超電導テープの主面に接触している少なくとも一つの主面を有している、第1のスタックと

複数の要素超電導テープを有する第2のスタックであって、該第2のスタック内の各テ

20

ープが、ツイストされることなくスタックされており、そのスタック中の隣接する要素超電導テープの主面に接触している少なくとも一つの主面を有している、第2のスタックと

、
前記2つのスタックが、相互の端部において接触するように、複合超電導テープの幅方向に並べられており、前記2つのスタックの間にスパンして、これらのスタックを実質的に平行な端部対端部構成に維持している少なくとも一つのブリッジテープと、
を備えている、複合超電導テープ。

【請求項3】

前記要素超電導テープが、圧延されてからスタックされており、前記少なくとも一つのブリッジテープが、複数のスタックの主面に接触するが、端部には接触しないように配置されている、請求項1または2に記載の複合超電導テープ。

10

【請求項4】

全ての前記要素超電導テープが、複合超電導テープの幅の実質的に単純な分数である幅を有しており、超電導材料を含まない位置合わせゾーンを間に有する2つ以上のサブスタックを形成している、請求項1から3のいずれか一つに記載の複合超電導テープ。

【請求項5】

前記単純な分数が1/2であり、2つのサブスタックが存在している、請求項4に記載の複合超電導テープ。

【請求項6】

前記少なくとも一つのブリッジテープが複合超電導テープの全幅にわたっており、前記少なくとも一つのブリッジテープが銀又は銀合金材料から構成されている、請求項1から5のいずれか一つに記載の複合超電導テープ。

20

【請求項7】

前記スタックの各主面に一つずつ、2つの全幅メタルテープが存在する、請求項6に記載の複合超電導テープ。

【請求項8】

湾曲している複合超電導テープにおいて、湾曲部の凸側に位置する全幅メタルテープの強度は、湾曲部の凹側に位置する全幅メタルテープの強度より高い、請求項7に記載の複合超電導テープ。

【請求項9】

前記要素超電導テープは拡散結合されていて、その細長い構成要素は全て長手方向に延びている、請求項1から8のいずれか一つに記載の複合超電導テープ。

30

【請求項10】

前記要素超電導テープが全てパウダー・イン・チューブ型超電導テープである、請求項1から9のいずれか一つに記載の複合超電導テープ。

【請求項11】

各々が2つの対向する主面と前記主面の間に延びる2つの対向する端面とを有する複数の要素超電導テープから構成された複合超電導テープの製造方法であって、前記要素超電導テープが、単フィラメントテープであり、

複数の要素超電導テープを有する第1のスタックであって、該第1のスタック内の各テープが、ツイストされることなくスタックされており、そのスタック中の隣接する要素超電導テープの主面に接触している少なくとも一つの主面を有している、第1のスタックを製造するステップと、

40

複数の要素超電導テープを有する第2のスタックであって、該第2のスタック内の各テープが、ツイストされることなくスタックされており、そのスタック中の隣接する要素超電導テープの主面に接触している少なくとも一つの主面を有している、第2のスタックを製造するステップと、

前記2つのスタックが、相互の端部において接触するように、前記複合超電導テープの幅方向に並べられており、前記2つのスタックの間にスパンして、これらのスタックを実質的に平行な端部対端部構成に維持するブリッジテープを配置するステップと、

50

を備えている、方法。

【請求項 1 2】

複数の要素超電導テープが、圧延されてからスタックされており、前記ブリッジテープが、複数のスタックの主面に接触するが、端部には接触しないように配置されている、請求項 1 1 に記載の方法。

【請求項 1 3】

前記複合超電導テープを圧延するステップを含む、請求項 1 2 に記載の方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

(技術分野)

本発明は超電導テープに関し、より具体的には、複合超電導テープに関する。

【0002】

(背景技術)

本発明は、主として交流電流を流すために開発されてきたものであり、以下では、そのアプリケーションに関して説明される。しかし、本発明が、その特定の使用分野に限定されるものではなく、直流電流又は非周期的な電流を流すためにも適していることに留意されたい。

【0003】

超電導材料を含むテープは超電導テープと呼ばれ、既に知られている。この超電導テープは、銀又は銀合金の媒体中に、1本又は多数の超電導フィラメントを有している。超電導テープは、コイル、マグネット、変圧器、モータ、発電機、及び電流伝搬 (current carrying) ケーブルを作成するために使用される。超電導テープの主なクラス (main class) は、パウダー・イン・チューブ又は P i T テープと呼ばれる。このテープは、パウダー形態の超電導酸化物が充填された銀のチューブ、又はそれほど一般的ではないが銀合金のチューブを、引き延ばす (drawing) か、そうでなければ縮小させる (reducing) ことによって、作成される。このチューブは、それから更に圧延処理されて、薄いテープに加工される。多フィラメントテープは、たいていは、中間縮小ステージで、一般的な銀又は銀合金のシース中に複数の充填済みチューブを束ねることによって、作成される。

【0004】

一つの重要な超電導酸化物は、B i - 2 2 2 3 として知られている。この酸化物は、ピスマス、ストロンチウム、カルシウム、及び銅を含み、当業者には既知であるように、ある限定された代替物を作成することができる。この酸化物は、銅酸塩 (cuprate salt) と考えることができる。

【0005】

既知のテープは、通常は、約 0 . 2 mm ~ 0 . 3 mm の間の厚さを有し、約 2 mm ~ 5 mm の間の幅を有している。適当な臨界電流を得るために、超電導フィラメントは薄くなければならない。典型的な厚さは、10 ~ 40 μm である。更に、典型的なアスペクト比は、少なくとも 1 : 10 である。

【0006】

フィラメントは、多くのプレート状の結晶粒 (grains) を含み、良い性能のためには、これらの結晶粒は、同じ結晶学的方向にできるだけ揃っているべきである。この相対的な方向は、しばしば結晶粒アライメント又は「テクスチュア」と呼ばれる。薄く、良好にテクスチュア化されたフィラメントは、高い臨界電流を可能にし、テープ全体に総合的な可とう性 (フレキシビリティ) を与える。

【0007】

複合テープは、ときには、個々のテープのスタックを形成し、このスタックを 1 つ以上のメタルテープで包み込んで (ラッピングして) 一緒に保持することによって、作成される。これらのメタルテープは、通常は銀又は銀合金である。同じ出願人名による英国特許出願第 9 8 0 5 6 4 1 . 9 号には、複合テープの改善された形態が提案されており、そこでは、個々のテープが拡散結合されて、メタルラップテープが不必要にされている。これに

10

20

30

40

50

より、ラッピングテープのターン間の不可避なギャップや重なりを除去が可能になる。これらのギャップや重なりは、フィラメント内にキックを生成し、これは、局所的な結晶粒のアライメントを破壊する。上記であらかじめ述べたように、アライメントの低下は、全体臨界電流密度 J_C の劣化をもたらす。

【0008】

(発明の開示)

少なくとも好適な実施形態における本発明の目的は、従来技術の短所の1つ又はそれ以上を克服するか、又は実質的に改善すること、又は有用な代替物を提供することである。

【0009】

本発明によれば、主面を接触させてお互いに平行にスタックされた複数の要素超電導テープを備える複合超電導テープが提供され、前記要素超電導テープが、単フィラメントテープであり、前記要素超電導テープが、ツイストされることなくスタックされており、前記要素超電導テープの隣接するスタックが、(エッジ・トゥ・エッジで; edge to edge) 相互の端部において接触するように、前記要素超電導テープの複数のスタックが、複合超電導テープの幅方向に並べられており、少なくとも一つのブリッジテープが、前記要素超電導テープの複数のスタックをブリッジし、前記要素超電導テープの複数のスタック間を機械的に接続する。

本発明の他の局面によれば、各々が2つの対向する主面と前記主面の間に延びる2つの対向する端面とを有する複数の要素超電導テープから構成された複合超電導テープが提供され、前記要素超電導テープが、単フィラメントテープであり、複数の要素超電導テープを有する第1のスタックであって、該第1のスタック内の各テープが、ツイストされることなくスタックされており、そのスタック中の隣接する要素超電導テープの主面に接触している少なくとも一つの主面を有している、第1のスタックと、複数の要素超電導テープを有する第2のスタックであって、該第2のスタック内の各テープが、ツイストされることなくスタックされており、そのスタック中の隣接する要素超電導テープの主面に接触している少なくとも一つの主面を有している、第2のスタックと、前記2つのスタックが、(エッジ・トゥ・エッジで; edge to edge) 相互の端部において接触するように、複合超電導テープの幅方向に並べられており、前記2つのスタックの間にスパンして、これらのスタックを実質的に平行な端部対端部構成に維持している少なくとも一つのブリッジテープと、を備えている。

好ましくは、前記要素超電導テープが、圧延されてからスタックされており、前記少なくとも一つのブリッジテープが、複数のスタックの主面に接触するが、端部には接触しないように配置されている。

【0010】

好ましくは、全ての前記要素超電導テープが、複合超電導テープの幅の実質的に半分、又は他の単純な分数であるような幅を有しており、超電導材料を含まない位置合わせゾーンを間に有する2つ以上のサブスタックを形成している。これは、普通は、スタックからスタックまでブリッジしてスタック間の十分に強固な機械的接続を提供するために、銀又は銀合金の全幅テープの付加を必要とする。予備実験は、全体的な寸法及び組成が同じであるが全て全幅超電導テープからなるスタックに比べて、この構造が、実質的により低いAC損失を有することを示している。本願発明者は、いずれの理論にも束縛されることを望まないが、この観察結果は、スタック間の磁気的非結合 (de-coupling) によって説明され得ると考えられる。

【0011】

また、好ましくは、全幅メタルテープが、スタックの一主面に存在する。より好ましくは、スタックの各主面に一つずつ、2つの全幅メタルテープが提供される。更に好ましくは、1つのメタルテープしかないか、又は2つのメタルテープの強度が不均衡であるときには、英国特許出願第9805644.3号に更に十分に説明されているように、そのテープ、又はより強度があるテープがそれぞれ、常に湾曲部の凸側に位置するように、メタルテープが製造時に使用される。

【0012】

いくつかの実施形態では、1つの全幅超電導テープが使用される。

【0013】

好ましくは、英国特許出願第9805641.9号に説明されているように、前記要素超電導テープは拡散結合されていて、その細長い構成要素は全て、長手方向に延びている。

【0014】

好適な形態では、フラットであって且つ複合超電導テープの幅よりも実質的に大きくない幅を有するメタルテープが、使用される。いくつかの実施形態では、前記メタルテープの幅は、複合超電導テープの幅よりも僅かに小さい。しかし、更に他の実施形態では、より幅が広いメタルテープが使用されて、これが、チャンネル部に曲げられているか、又は結果的に曲げられるようになる。後者の構成は、構造的長所を有しているが、充填係数(フィル・ファクタ; fill factor)に悪影響を与える。同様に、スタックの周囲をラップしているが長手方向に延びてはいないような銀の箔(フォイル; foil)、又は他の同等な材料の使用は、排除されるものではない。

10

【0015】

好ましくは、要素超電導テープ、及びもし存在しているときにはメタルテープの拡散結合は、テープを面对面(フェイス・トゥ・フェイス; face-to-face)に組み合わせ、超電導材料への欠失的(deleterious)効果が十分に避けられるような低温で熱処理を行うことによって、達成される。超電導材料が典型的なBSCCO-2223組成であるときには、前記温度は842を超えてはならない。十分に厳密な制御が行われるとして、温度840が推奨される。

20

【0016】

適切な結合を得るためには、温度における数時間の拡散時間が必要とされる。しかし、過度に長い時間は、超電導材料の過剰な焼結を生じさせる傾向があるので望ましくないことに、留意されたい。

【0017】

好ましくは、拡散結合された要素超電導テープのスタックは、全体厚さを減らすと共に結合を強固にするために圧延される。

【0018】

文脈が明らかにそうではないことを要求していない限り、明細書及び請求項を通じて、「備える(comprise)」、「備えている(comprising)」などの用語は、排他的又は網羅的な意味とは対照的に、包括的な意味にある、すなわち「含んでいるが、それに限定されるものではない(including, but not limited to)」という意味にあるものと解釈される。

30

【0019】

(発明を実施するための最良の形態)

以下に、本発明の好適な実施形態が、例示目的のみのために、添付のダイアグラム図(一定比率の縮尺にはなっていない)を参照して説明される。

【0020】

図1に示される複合超電導テープは、約4~5.5mmの幅、及び約0.27mmの厚さを有しており、一緒に結合されている(例えば)8つのスタックされた要素超電導テープ12を備えている。各要素超電導テープ12は、既知の超電導テープのように、銀/銀クラッド7の中に、超電導材料、例えばBSCCO-2223のフィラメント5を備えている。典型的には、示されている完成製品では、各々の個別の要素超電導テープ12は、50µmの厚さを有しており、フィラメント5自身は、10~40µmの典型的な厚さを有している。要素超電導テープ12は、各々が、複合超電導テープの幅の半分に実質的に等しい幅を有しており、全幅銀ブリッジテープ13を用いて2つのサブスタック15に配置されており、サブスタック15の間には、超電導フィラメントを実質的に含まないゾーン16が存在する。

40

50

【 0 0 2 1 】

図 2 のテープは、スタックの頂端部及び底端部の両方に銀及び / 又は銀合金テープ 1 3 及び 1 4 が存在することを除いて、同様である。

【 0 0 2 2 】

図面に示されている何れかの複合超電導テープを作成するためには、必要な数の要素超電導テープ 1 2 が作成されなければならない。要素超電導テープ 1 2 は、最初に、内径約 8 mm 及び外径約 1 0 mm の銀又は銀合金のクリーンで乾燥したチューブに、B S C C O - 2 2 2 3 酸化物パウダー（又は、より一般的には、熱処理によって B i - 2 2 2 3 組成に変換可能な前駆体）を詰めこむことによって、作成される。それから、チューブの一端において、銀チューブの長さに応じて 4 c m ~ 6 c m の間の長さがスエージングされ、スエージングされた先端部が、詰め込み作業中のパウダーの損失を防ぐために、より小型のスエージングダイを使用して閉じられる。スエージング処理後に、チューブは再乾燥される。準備されたチューブはそれから、グローブボックス内の乾燥アルゴン中で、注意深く超電導パウダー（前駆体）で充填される。パウダーは、一度に少量ずつ加えられ、チューブが充填されるまで銀ロッドで突き固められる（タンピングされる）。チューブが充填された時点で、銀テープのプラグを使用してチューブが閉じられる。チューブが超電導パウダーで充填されて密封された後に、チューブは、大気中で冷えたオープン内に配置され、温度を 8 3 0 まで上げて、その温度で 5 時間にわたって維持されることによって、脱ガス処理される。チューブはそれから、約 1 . 1 1 mm の直径になるまで、多段階にわたって引き延ばされる。引き延ばし工程は 2 7 ステップで行われ、各ステップにおいて、チューブの断面積は約 1 5 % ずつ減らされる。引き延ばし中に、チューブは、直径が 2 . 5 1 mm 及び 1 . 9 6 mm のときの 2 回にわたって、5 0 0 にて 3 0 ~ 6 0 秒間アニールされる。

【 0 0 2 3 】

1 . 1 1 mm ワイヤはそれから、ロール直径 2 0 0 mm の圧延機により、0 . 8 0、0 . 6 5、0 . 5 0、0 . 4 0、0 . 3 5、0 . 3 0、0 . 2 5、及び 0 . 2 2 mm のロールギャップを使用して、段階的により小さな厚さになるように多段階で圧延される。厚さ 0 . 6 5 mm 及び 0 . 3 5 mm にて、5 0 0 にて 3 0 ~ 6 0 秒間、2 回にわたってアニールされる。

【 0 0 2 4 】

要素超電導テープはそれから、等しい長さの 8 つの片にカットされ、図示されているように、必要とされる 1 つ又は 2 つのメタルテープ（厚さ約 0 . 2 2 mm）を使用して、2 つのスタックに積み重ねられる。要素超電導テープのスタックは、セラミック材料の型（フォーマー； former）の上に巻かれる（ターン間の結合を防ぐために、セラミックペーパー片が間にはさまれる）。段（columns）間にポイドが生成されるリスクを最小限にするために、スタック前に、（トリミング又は他の方法によって）要素超電導テープの端部を直角にしておくことが、望ましいことがある。要素超電導テープはそれから、8 4 0 で約 5 時間にわたって加熱され、拡散結合を生じさせる。それから、室温まで冷却された後に、1 . 0 0（2 つのメタルテープがあるとき）、0 . 8 0、0 . 6 5、0 . 5 5、0 . 4 5、0 . 3 8、0 . 3 5、及び 0 . 3 2 mm の連続的なロールギャップを使用して、多段階にて 0 . 3 2 mm まで圧延される。0 . 8 0 mm 及び 0 . 5 5 mm にて、以前と同じ条件下でアニールされる。

【 0 0 2 5 】

複合超電導テープは、それから大気中で、冷えたオープンから始まって 8 4 0 まで加熱され、その温度で 5 0 時間にわたって保持されて、室温まで冷却され、同じ圧延機でロールギャップ 0 . 2 8 mm にて一度圧延される。最後に、酸素が 7 . 5 % で残りが窒素である雰囲気中で、冷えたオープンから始まって 8 2 5 まで加熱され、その温度で 4 0 時間にわたって保持されて、更に 4 0 時間かけて 7 8 5 まで冷却される。この熱処理方法は、超電導材料の大きな体積部分が溶ける危険をおかすことなく、複合超電導テープを強固にし、テクスチャ形成を完了させ、前駆体を所望の B S C C O - 2 2 2 3 相に変換さ

10

20

30

40

50

せるために役立つ。

【0026】

以上に説明した実施形態は、8つの要素超電導テープ12を使用し、最終的な厚さが0.25mm～0.3mmの間である。しかし、より多く又はより少ない要素超電導テープを使用することができ、サブスタックの幅、厚さ、及び数は、複合超電導テープの用途、並びに容量及び可とう性（フレキシビリティ）に対する適切な（しかし相容れないものではない）要求事項に依存して変化する。たいていの場合には、厚さと圧延減少分とのバランスは、フィラメント厚さが概して10～40μmの範囲であるようなものであるが、好ましくは、上記範囲の下限に近い。

【0027】

所望の場合には異なる数のフィラメント、異なるピッチ、及び/又は異なるツイスト感（sense）又は方向を有するツイストされた（又はツイストされていない）多フィラメントテープも、スタックして一緒に結合されることができ、銀/銀合金の外側層を設けることも設けないこともできる。しかし、本発明は、ツイストされていないテープに対してと同じ効果が、ツイストされたテープに対して示されることを、期待するものではない。

【0028】

本発明を特定の例を参照して説明してきたが、多くの他の形態で具現化され得ることを、当業者は理解するであろう。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明にしたがった複合超電導テープの断面図である。

【図2】 本発明にしたがった複合超電導テープの他の実施形態の断面図である。

【図1】

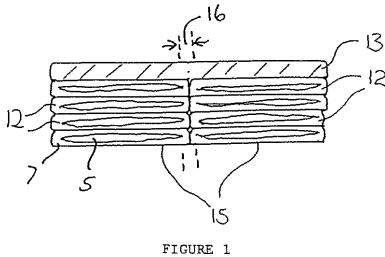


FIGURE 1

【図2】

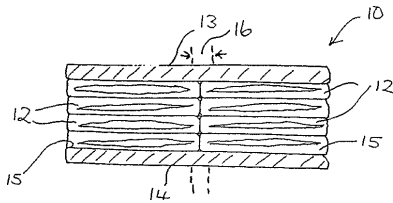


FIGURE 2

フロントページの続き

(72)発明者 ダーマン フランシス アンソニー
オーストラリア ニュー サウス ウェールズ州 マウント カリング ゲイ グレンダ プレイ
ス 5

審査官 後谷 陽一

(56)参考文献 特開平08-335414(JP,A)
特開平06-309955(JP,A)
特開平10-050153(JP,A)

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