

SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM,
GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類：

一 国際調査報告（条約第21条(3)）

明 細 書

発明の名称：超電導線材及び超電導線材接続構造

技術分野

[0001] 本開示は、超電導線材及び超電導線材接続構造に関する。本出願は、2021年9月27日に提出した日本特許出願である特願2021-156923号に基づく優先権を主張する。当該日本特許出願に記載された全ての記載内容は、参照によって本明細書に援用される。

背景技術

[0002] 例えば特開2014-120383号公報（特許文献1）には、超電導線材が記載されている。特許文献1に記載の超電導線材は、基材と、中間層と、酸化物超電導層と、保護層と、安定化層とを有している。

[0003] 中間層は基材上に配置されている。酸化物超電導層は、中間層上に配置されている。保護層は、酸化物超電導層上に配置されている。安定化層は、保護層上に配置されている。酸化物超電導層の表面における算術平均粗さ及び最大高さは、それぞれ、20nm以下及び60nm以下とされている。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：特開2014-120383号公報

発明の概要

[0005] 本開示の超電導線材は、基板と、基板上に配置されている超電導層とを備えている。超電導層は、基板を向いている第1面と、第1面の反対面である第2面とを有している。第2面は、算術平均粗さが20nm以上であり、かつ最大高さが0.25 μ m以上である部分を有する。

図面の簡単な説明

[0006] [図1]図1は、超電導線材接続構造100の断面図である。

[図2]図2は、変形例に係る超電導線材接続構造100の断面図である。

[図3]図3は、第1超電導線材10と第2超電導線材20との間の接続抵抗率

の測定方法を説明するための模式的な断面図である。

[図4]図4は、四端子法により得られる超電導線材接続構造100の電流－電圧特性を示す例示的なプロットである。

発明を実施するための形態

[0007] [本開示が解決しようとする課題]

超電導応用機器を製作する際、複数の超電導線材がはんだ合金等を用いて相互に接続されることがある。複数の特許文献1に記載の超電導線材をはんだ等を用いて相互に接続しようとする、接続抵抗率が大きくなる。

[0008] 本開示は、上記のような従来技術の問題点に鑑みてなされたものである。より具体的には、本開示は、複数の超電導線材が相互に接続された際の接続抵抗率を低減することが可能な超電導線材を提供するものである。

[0009] [本開示の効果]

本開示の超電導線材によると、複数の超電導線材が相互に接続された際の接続抵抗率を低減することが可能である。

[0010] [本開示の実施形態の説明]

まず、本開示の実施形態を列記して説明する。

[0011] (1) 実施形態に係る超電導線材は、基板と、基板上に配置されている超電導層とを備えている。超電導層は、基板を向いている第1面と、第1面の反対面である第2面とを有している。第2面は、算術平均粗さが20nm以上であり、かつ最大高さが0.25 μ m以上である部分を有する。

[0012] 上記(1)の超電導線材によると、複数の超電導線材が相互に接続された際の接続抵抗率を低減することが可能である。

[0013] (2) 上記(1)の超電導線材では、上記の第2面の部分の算術平均粗さが60nm以上であってもよく、上記の第2面の部分の最大高さが0.25 μ m以上であってもよい。

[0014] (3) 上記(1)又は(2)の超電導線材は、超電導層上に配置されている保護層をさらに備えていてもよい。保護層の構成材料は、銅を含んでいてもよい。

- [0015] 上記（３）の超電導線材によると、複数の超電導線材が相互に接続された際の接続不良の発生を抑制可能である。
- [0016] （４）上記（１）又は（２）の超電導線材は、超電導層上に配置されている保護層をさらに備えていてもよい。保護層の構成材料は、銀を含んでいてもよい。
- [0017] （５）上記（４）の超電導線材では、保護層が、超電導線材の最外層をなしていてもよい。保護層の厚さは、 $1.0\mu\text{m}$ 以上であってもよい。
- [0018] 上記（５）の超電導線材によると、複数の超電導線材をはんだ合金を用いて容易に接続することが可能であるとともに、複数の超電導線材が相互に接続された際の接続不良の発生を抑制可能である。
- [0019] （６）前記（３）又は（４）の超電導線材は、保護層上に配置されている安定化層をさらに備えていてもよい。安定化層の構成材料は、銅又は銅合金であってもよい。
- [0020] 上記（６）の超電導線材によると、複数の超電導線材が相互に接続された際の接続不良の発生を抑制可能である。
- [0021] （７）上記（１）から（６）の超電導線材では、超電導層の厚さが、 $4.5\mu\text{m}$ 以下であってもよい。
- [0022] 上記（７）の超電導線材によると、超電導線材を薄くすること及び超電導線材の製造コストを低減することが可能である。
- [0023] （８）実施形態に係る超電導線材は、第１超電導線材と、第２超電導線材と、接続層とを備えている。第１超電導線材は、第１基板と、第１基板上に配置されている第１超電導層と、第１超電導層上に配置されている第１保護層と、第１保護層上に配置されている第１安定化層とを有している。第２超電導線材は、第２基板と、第２基板上に配置されている第２超電導層と、第２超電導層上に配置されている第２保護層と、第２保護層上に配置されている第２安定化層とを有している。第１超電導層は、第１基板を向いている第１面と、第１面の反対面である第２面とを有している。第２超電導層は、第２基板を向いている第３面と、第３面の反対面である第４面とを有している。

。第1安定化層は、接続層により第2安定化層に接続されている。第2面は、算術平均粗さ及び最大高さがそれぞれ20nm以上0.25μm以上となる部分を有している。第4面は、算術平均粗さ及び最大高さがそれぞれ20nm以上0.25μm以上となる部分を有している。

[0024] 上記(8)の超電導接続線材接続構造によると、第1超電導線材と第2超電導線材との間の接続抵抗率を低減することが可能である。

[0025] [本開示の実施形態の詳細]

本開示の実施形態の詳細を、図面を参照しながら説明する。以下の図面では、同一又は相当する部分に同一の参照符号を付し、重複する説明は繰り返さないものとする。

[0026] (実施形態に係る超電導線材接続構造の構成)

以下に、実施形態に係る超電導線材接続構造の構成を説明する。実施形態に係る超電導線材接続構造を、超電導線材接続構造100とする。

[0027] 図1は、超電導線材接続構造100の断面図である。図1に示されるように、超電導線材接続構造100は、第1超電導線材10と、第2超電導線材20と、接続層30とを有している。図1では、第1超電導線材10の数及び第2超電導線材20の数がそれぞれ1つであるが、第1超電導線材10の数及び第2超電導線材20の数は、それぞれ複数であってもよい。

[0028] 第1超電導線材10は、第1基板11と、第1超電導層12と、第1保護層13と、第1安定化層14とを有している。

[0029] 第1基板11は、基材11aと中間層11bとを有している。中間層11bは、基材11a上に配置されている。基材11aは、例えば、銅(Cu)の層及びニッケル(Ni)の層がステンレス鋼製のテープ上に積層されているクラッド材である。中間層11bは、例えば、酸化セリウム(CeO₂)の層、イットリア安定化ジルコニア(YSZ)の層及びイットリア(Y₂O₃)の層が積層されている層である。中間層11bは、例えばマグネトロンスパッタリングにより形成される。

[0030] 第1超電導層12は、第1基板11上に配置されている。より具体的には

、第1超電導層12は、中間層11b上に配置されている。第1超電導層12の構成材料は、例えば、REBCOである。REBCOは、 $REBa_2Cu_3O_x$ により示される酸化物超電導体である。ここで、REは、希土類元素である。第1超電導層12を構成しているREBCO中の希土類元素は、イットリウム、ランタン、ネオジム、サマリウム、ユウロピウム、ガドリウム、ジスプロシウム、ホルミウム、エルビウム、ツリウム、ルテチウム及びイッテルビウムからなる群から選択された少なくとも1種以上の元素である。

[0031] 第1超電導層12は、例えば、PLD (Pulsed Laser Deposition) により形成されている。第1超電導層12は、MOD (Metal Organic Deposition)、MOCVD (Metal Organic Chemical Vapor Deposition) 又は真空蒸着により形成されてもよい。

[0032] 第1超電導層12は、第1面12aと第2面12bとを有している。第1面12aは、中間層11bを向いている。第2面12bは、第1面12aの反対面である。第2面12bにおける算術平均粗さ (Ra) は、20nm以上である。第2面12bにおける算術平均粗さは、25nm以上、30nm以上、40nm以上、60nm以上、70nm以上又は80nm以上であってもよい。第2面12bにおける最大高さ (Rz) は、0.25 μ m以上である。第2面12bにおける最大高さは、0.5 μ m以上又は1.0 μ m以上であってもよい。第2面12bにおける算術平均粗さ及び第2面12bにおける最大高さの上限は、特に限定されない。第2面12bにおける算術平均粗さ及び第2面12bにおける最大高さは、第1保護層13及び第1安定化層14から第1超電導層12が露出しない範囲で選択されるとよい。第2面12bにおける算術平均粗さ及び第2面12bにおける最大高さは、例えば、第1保護層13の厚さ及び第1安定化層14の厚さの合計以下である。なお、最大高さは、最大高さ粗さとも呼ばれるが、ここでは最大高さに統一する。

[0033] 第2面12bにおける算術平均粗さ及び第2面12bにおける最大高さは

、キーエンス社製のレーザ顕微鏡VK-X3050を用いて測定される。第2面12bにおける算術平均粗さ及び第2面12bにおける最大高さの測定条件は、JIS B 0601:2013に基づいて決定される。第2面12bにおける算術平均粗さ及び第2面12bにおける最大高さの測定に先立って、第1保護層13及び第1安定化層14は、過酸化水素水及びアンモニア水を1:1で混合した水溶液を用いて除去される。この水溶液による第1保護層13及び第1安定化層14の除去は、第2面12bの表面性状に影響を及ぼさない。

[0034] なお、第1超電導線材10の長手方向における算術平均粗さ及び最大高さの測定領域の位置は、任意に選択される。この測定領域は、第1超電導線材10の長手方向において、100mmの幅を有している。この測定領域からは、2つの断面曲線が取得される。第1超電導線材10の幅方向において、この測定領域の中央は第1超電導線材10の中央にあり、この測定領域の幅は第1超電導線材10の幅の50パーセントである。2つの断面曲線から得られた算術平均粗さの平均値が第2面12bにおける算術平均粗さとなり、2つの断面曲線から得られた最大高さの平均値が第2面12bにおける最大高さとなる。2つの断面曲線は、第1超電導線材10の幅方向において、第1超電導線材10の幅の5パーセント以上離れている。第2超電導線材20との接続後に第2面12bにおける算術平均粗さ及び最大高さを測定する場合、上記の測定領域は、第1超電導線材10の長手方向における接続層30からの距離が100mm以内となる位置とされる。

[0035] 第2面12bは、その全面にわたって、算術平均粗さ及び最大高さがそれぞれ20nm以上及び0.25μm以上になっている必要はない。第2面12bは、算術平均粗さ及び最大高さがそれぞれ20nm以上及び0.25μm以上になっている部分を有していればよい。より具体的には、第2面12bにおける算術平均粗さ及び最大高さは、接続層30と重なっている位置及びその近傍において、それぞれ20nm以上及び0.25μm以上になっているればよい。なお、接続層30と重なっている位置の近傍とは、第1超電導

線材 10 の長手方向における接続層 30 からの距離が 100 mm 以下の領域である。

[0036] 第 2 面 12 b における算術平均粗さが 60 nm 以上である場合には、第 2 面 12 b における最大高さは、0.25 μ m 未満であってもよい。

[0037] 第 1 超電導層 12 の厚さを、厚さ T1 とする。厚さ T1 は、4.5 μ m 以下であることが好ましい。

[0038] 基材 11 a の銅の層では、結晶粒が配向されている。そのため、基材 11 a のニッケルの層及び中間層 11 b でも、結晶粒が配向されている。その結果、第 1 超電導層 12 の REBCO の結晶粒は、二軸配向されている。すなわち、第 1 超電導層 12 の REBCO の a 軸及び c 軸は、それぞれ、第 2 面 12 b の法線に直交する方向及び第 2 面 12 b の法線方向に沿っている。

[0039] 第 1 基板 11 は、上記の例に限られるものではない。基材 11 a はハステロイ（登録商標）製のテープであってもよく、中間層 11 b は当該テープ上に IBAD (Ion Beam Assisted Deposition) により形成されていてもよい。

[0040] なお、第 2 面 12 b における算術平均粗さ及び最大高さは、第 1 基板 11 の種類、厚さ T1、第 1 超電導層 12 の成膜方法、第 1 超電導層 12 の成膜温度等を適宜変更することにより、調整することができる。例えば、第 1 超電導層 12 を MOD で成膜することにより、第 2 面 12 b における算術平均粗さ及び最大高さが小さくなる。第 2 面 12 b における算術平均粗さ及び最大高さは、第 1 超電導線材 10 の長手方向に沿って上記の条件を変化させることにより、部分的に変化させることが可能である。より具体的には、第 2 面 12 b における算術平均粗さ及び最大高さは、接続層 30 による第 2 超電導線材 20 との接続に供される部分においてのみ部分的に変化させることが可能である。なお、第 2 面 12 b における算術平均粗さ及び最大高さを第 1 超電導線材 10 の長手方向において概ね一様とする場合、製造条件の制御が容易となるため、第 1 超電導線材 10 の製造コストを低減できる。

[0041] 第 1 保護層 13 の構成材料は、例えば、銀 (Ag) を含んでいる。第 1 保

護層 1 3 の構成材料は、銅を含んでいてもよい。第 1 保護層 1 3 の構成材料の主材料は、銀又は銅であってもよい。なお、主材料とは、構成材料中の 50 質量パーセント以上を占める材料である。第 1 保護層 1 3 は、例えば、スパッタリングにより形成されている。第 1 保護層 1 3 は、第 1 超電導層 1 2 上に配置されている。第 1 保護層 1 3 の厚さを、厚さ T_2 とする。厚さ T_2 は、第 1 保護層 1 3 の構成材料が銀である場合には、 $1.0 \mu\text{m}$ 以上であってもよく、 $1.0 \mu\text{m}$ 未満であってもよい。

[0042] 第 1 安定化層 1 4 の構成材料は、例えば、銅を含んでいる。第 1 安定化層 1 4 の構成材料は、銅合金であってもよい。第 1 安定化層 1 4 の構成材料の主材料は、銅であってもよい。第 1 安定化層 1 4 は、第 1 保護層 1 3 上に配置されている。第 1 安定化層 1 4 は、例えばめっきにより形成されている。

[0043] 第 2 超電導線材 2 0 は、第 2 基板 2 1 と、第 2 超電導層 2 2 と、第 2 保護層 2 3 と、第 2 安定化層 2 4 とを有している。

[0044] 第 2 基板 2 1 は、基材 2 1 a と、中間層 2 1 b とを有している。中間層 2 1 b は、基材 2 1 a 上に配置されている。基材 2 1 a は、例えば、銅の層及びニッケルの層がステンレス鋼製のテープ上に積層されているクラッド材である。中間層 2 1 b は、例えば酸化セリウムの層、イットリア安定化ジルコニアの層及びイットリアの層が積層されている層である。中間層 2 1 b は、例えばマグネトロンスパッタリングにより形成される。

[0045] 第 2 超電導層 2 2 は、第 2 基板 2 1 上に配置されている。より具体的には、第 2 超電導層 2 2 は、中間層 2 1 b 上に配置されている。第 2 超電導層 2 2 の構成材料は、例えば、REBCO である。第 2 超電導層 2 2 を構成している REBCO 中の希土類元素は、イットリウム、ランタン、ネオジム、サマリウム、ユウロピウム、ガドリウム、ジスプロシウム、ホルミウム、エルビウム、ツリウム、ルテチウム及びイッテルビウムからなる群から選択された少なくとも 1 種以上の元素である。

[0046] 第 2 超電導層 2 2 は、例えば、PLD により形成されている。第 2 超電導層 2 2 は、MOD、MOCVD 又は真空蒸着により形成されてもよい。

- [0047] 第2超電導層22は、第3面22aと第4面22bとを有している。第3面22aは、中間層21bを向いている。第4面22bは第3面22aの反対面である。第4面22bにおける算術平均粗さは、20nm以上である。第4面22bにおける算術平均粗さは、25nm以上、30nm以上、40nm以上、60nm以上、70nm以上又は80nm以上であってもよい。
- [0048] 第4面22bにおける最大高さは、0.25 μ m以上である。第4面22bにおける最大高さは、0.5 μ m以上又は1.0 μ m以上であってもよい。第4面22bにおける算術平均粗さ及び第4面22bにおける最大高さの上限は、特に限定されない。第4面22bにおける算術平均粗さ及び第4面22bにおける最大高さは、第2保護層23及び第2安定化層24から第2超電導層22が露出しない範囲で選択されるとよい。第4面22bにおける算術平均粗さ及び第4面22bにおける最大高さは、例えば、第2保護層23の厚さ及び第2安定化層24の厚さの合計以下である。なお、第4面22bにおける算術平均粗さ及び第4面22bにおける最大高さは、それぞれ第2面12bにおける算術平均粗さ及び第2面12bにおける最大高さと同様の方法により測定される。
- [0049] 第4面22bは、その全面にわたって、算術平均粗さ及び最大高さがそれぞれ20nm以上及び0.25 μ m以上になっている必要はない。第4面22bは、算術平均粗さ及び最大高さがそれぞれ20nm以上及び0.25 μ m以上になっている部分を有していればよい。より具体的には、第4面22bにおける算術平均粗さ及び最大高さは、接続層30と重なっている位置において、それぞれ20nm以上及び0.25 μ m以上になっていればよい。
- [0050] 第4面22bにおける算術平均粗さが60nm以上である場合には、第4面22bにおける最大高さは、0.25 μ m未満であってもよい。
- [0051] 第2超電導層22の厚さを、厚さT3とする。厚さT3は、4.5 μ m以下であることが好ましい。
- [0052] 基材21aの銅の層では、結晶粒が配向されている。そのため、基材21aのニッケルの層及び中間層21bでも、結晶粒が配向されている。その結

果、第2超電導層22のREBCOの結晶粒は、二軸配向されている。すなわち、第2超電導層22のREBCOのa軸及びc軸は、それぞれ、第4面22bの法線に直交する方向及び第4面22bの法線方向に沿っている。

[0053] 第2基板21は、上記の例に限られるものではない。基材21aはハステロイ（登録商標）製のテープであってもよく、中間層21bは当該テープ上にIBADにより形成されていてもよい。

[0054] なお、第4面22bにおける算術平均粗さ及び最大高さは、第2基板21の種類、厚さT3、第2超電導層22の成膜方法、第2超電導層22の成膜温度等を適宜変更することにより、調整することができる。例えば、第2超電導層22をMODで成膜することにより、第4面22bにおける算術平均粗さ及び最大高さが小さくなる。第4面22bにおける算術平均粗さ及び最大高さは、第2超電導線材20の長手方向に沿って上記の条件を変化させることにより、部分的に変化させることが可能である。より具体的には、第4面22bにおける算術平均粗さ及び最大高さは、接続層30による第1超電導線材10との接続に供される部分においてのみ部分的に変化させることが可能である。なお、第4面22bにおける算術平均粗さ及び最大高さを第2超電導線材20の長手方向において概ね一様とする場合、製造条件の制御が容易となるため、第2超電導線材20の製造コストを低減できる。

[0055] 第2保護層23の構成材料は、例えば銀を含んでいる。第2保護層23の構成材料は銅を含んでいてもよい。第2保護層23の構成材料の主材料は、銀又は銅であってもよい。第2保護層23は、例えば、スパッタリングにより形成されている。第2保護層23は、第2超電導層22上に配置されている。第2保護層23の厚さを、厚さT4とする。厚さT4は、第2保護層23が銀により形成されている場合には、 $1.0\mu\text{m}$ 以上であってもよく、 $1.0\mu\text{m}$ 未満であってもよい。

[0056] 第2安定化層24の構成材料は、例えば、銅を含んでいる。第2安定化層24の構成材料は、銅合金であってもよい。第2安定化層24の構成材料の主材料は、銅であってもよい。第2安定化層24は、第2保護層23上に配

置されている。第2安定化層24は、例えば、めっきにより形成されている。

[0057] 図2は、変形例に係る超電導線材接続構造100の断面図である。図2に示されるように、第1超電導線材10は第1安定化層14を有していなくてもよく、第2超電導線材20は第2安定化層24を有していなくてもよい。すなわち、第1超電導線材10では第1保護層13が最外層になっていてもよく、第2超電導線材20では第2保護層23が最外層になっていてもよい。この場合、厚さT2及び厚さT4は、 $1.0\mu\text{m}$ 以上であることが好ましい。

[0058] 図1に示されるように、第1超電導線材10は、少なくとも部分的に、第2超電導線材20に重なって配置されている。第1安定化層14は、少なくとも部分的に、第2安定化層24に向かい合っている。より具体的には、第1超電導線材10の長手方向における端部にある第1安定化層14は、第2超電導線材20の長手方向における端部にある第2安定化層24に向かい合っている。

[0059] 接続層30は、例えば、スズ(Sn)合金等のはんだ合金である。接続層30は、互いに向かい合っている第1安定化層14及び第2安定化層24の間に配置されることにより第1安定化層14と第2安定化層24とを接続している。これにより、第1超電導層12と第2超電導層22とが、常電導接続されている。

[0060] 図2に示されるように、第1超電導線材10が第1安定化層14を有しておらず、第2超電導線材20が第2安定化層24を有していない場合、接続層30は、互いに向かい合っている第1保護層13及び第2保護層23の間に配置されることにより、第1保護層13と第2保護層23とを接続している。

[0061] 第1超電導線材10と第2超電導線材20との間の接続抵抗率は、 $200\text{ n}\Omega\cdot\text{cm}^2$ 以下であることが好ましい。なお、第1超電導線材10と第2超電導線材20との間の接続抵抗率は、第1超電導線材10と第2超電導線材

20との間の接続抵抗に第1超電導線材10と第2超電導線材20との接続面積を乗じた値である。第1超電導線材10及び第2超電導線材20を接続層30により接続したサンプルを3つ作製し、各々のサンプルについて測定した接続抵抗率の平均値が第1超電導線材10と第2超電導線材20との間の接続抵抗率とされる。第1超電導線材10と第2超電導線材20との間の接続抵抗率は、四端子法により測定される。

[0062] 図3は、第1超電導線材10と第2超電導線材20との間の接続抵抗率の測定方法を説明するための模式的な断面図である。図4は、四端子法により得られる超電導線材接続構造100の電流－電圧特性を示す例示的なプロットである。図3に示されるように、第1超電導線材10と第2超電導線材20との間の接続抵抗率の測定では、第1に、電源に接続されている第1端子及び第2端子が、それぞれ、第1安定化層14及び第2安定化層24に接続される。第2に、電圧計に接続されている第3端子及び第4端子が、それぞれ、第1安定化層14及び第2安定化層24に接続される。第3端子の接続箇所は第1端子の接続箇所よりも第1超電導線材10と第2超電導線材20との接続部に近く、第4端子の接続箇所は第2端子の接続箇所よりも第1超電導線材10と第2超電導線材20との接続部に近い。上記の電圧計は、例えば、KEITHLEY社製の2182A NANOVOLTMETERである。

[0063] 第3に、超電導線材接続構造100を液体窒素により77ケルビンに冷却した状態で、電源が第1端子と第2端子との間に流れる電流を変化させながら、電圧計が第3端子と第4端子との間における電圧を測定する。これにより、図4に示されるような電流－電圧特性のプロットが得られる。得られた電流－電圧特性のプロットに基づいて、電流－電圧特性の傾きが算出される。この傾きが、第1超電導線材10と第2超電導線材20との間の接続抵抗となる。第4に、この接続抵抗に第1超電導線材10と第2超電導線材20との接続面積を乗じることにより、第1超電導線材10と第2超電導線材20との間の接続抵抗率が得られる。第1超電導線材10と第2超電導線材20

0との接続面積は、第1超電導線材10と第2超電導線材20とが接続層30により接続されている面積である。また、第1超電導線材10及び第2超電導線材20の幅が同一であり、かつ第1超電導線材及び第2超電導線材20が幅方向の全体にわたって接続層30により接続されている場合、第1超電導線材と第2超電導線材20との接続面積は、第1超電導線材10（第2超電導線材20）の幅と接続長との積である。接続長は、接続層30により接続されている第1超電導線材10（第2超電導線材20）の部分の長さである。第1超電導線材10及び第2超電導線材20の一方の幅が第1超電導線材10及び第2超電導線材20の他方の幅よりも小さい場合、接続面積は、第1超電導線材10及び第2超電導線材20のうちの幅が小さい方の幅と接続長との積である。なお、第1超電導線材10及び第2超電導線材20がそれぞれ第1安定化層14及び第2安定化層24を有しない場合、上記の第1端子及び第3端子は第1保護層13に接続され、第2端子及び第4端子は第2保護層23に接続される。上記の接続長は、第1超電導線材10及び第2超電導線材20の幅にもよるが、例えば、0.5cm以上10cm以下である。また、第1超電導線材10及び第2超電導線材20の幅は、例えば、0.3mm以上5mm以下である。

[0064] （実施形態に係る超電導線材接続構造の効果）

以下に、超電導線材接続構造100の効果を説明する。

[0065] 本発明者が鋭意検討したところによると、第2面12bにおける算術平均粗さ及び最大高さ並びに第4面22bにおける算術平均粗さ及び最大高さが小さければ、第1超電導線材10と第2超電導線材20とを接続層30により接続した際に第1超電導線材10と第2超電導線材20との間の接続抵抗率が大きくなる。

[0066] 超電導線材接続構造100では、第2面12bにおける算術平均粗さ及び第4面22bにおける算術平均粗さがそれぞれ20nm以上になっているとともに、第2面12bにおける最大高さ及び第4面22bにおける最大高さがそれぞれ0.25 μ m以上になっている。そのため、超電導線材接続構造

100によると、第1超電導線材10と第2超電導線材20との間の接続抵抗率を低減することができる。

[0067] 第1超電導線材10と第2超電導線材20とをはんだ合金により接続する際、第1超電導線材10の最外層及び第2超電導線材20の最外層が、熔融したはんだ合金中に溶解する。この溶解が進行し、溶解したはんだ合金が第2面12b及び第4面22bまで達すると、第1超電導線材10と第2超電導線材20との接続が達成されないことがある。

[0068] 第1安定化層14の構成材料が銅又は銅合金である場合には、第1超電導線材10の最外層は、銅を主成分とする層になる。また、第2安定化層24の構成材料が銅又は銅合金である場合には、第2超電導線材20の最外層は、銅を主成分とする層になる。銅は、銀と比べて、熔融したはんだ合金中に溶解しにくい。

[0069] そのため、第1安定化層14の構成材料及び第2安定化層24の構成材料が銅又は銅合金である場合には、上記の溶解に伴う接続不良の発生を抑制することができる。第1保護層13の構成材料及び第2保護層23の構成材料が銅を含んでいる場合には、上記の溶解がさらに進行しにくくなる。

[0070] 第1超電導線材10の最外層の構成材料及び第2超電導線材20の最外層の構成材料が銀を含んでいる場合、すなわち、第1超電導線材10及び第2超電導線材20がそれぞれ第1安定化層14及び第2安定化層24を有しておらず、第1保護層13の構成材料及び第2保護層23の構成材料が銀を含んでいる場合には、はんだ合金による接続が行いやすい。他方で、銀は熔融したはんだ合金中に溶解しやすいため、厚さT2及び厚さT4が小さいと、熔融したはんだ合金が第1超電導層12及び第2超電導層22の近傍まで達してしまう。熔融したはんだ合金が第1超電導層12及び第2超電導層22の近傍まで達すると、はんだ合金と第1超電導層12及び第2超電導層22との密着性が低いため、接続不良を生じさせるおそれがある。厚さT2及び厚さT4を1 μ m以上とすることにより、上記の溶解に伴う接続不良の発生を抑制することができる。

[0071] 厚さT1及び厚さT3が4.5 μm 以下である場合には、第1超電導線材10及び第2超電導線材20を薄くすることができる。また、この場合には、第1超電導線材10及び第2超電導線材20の製造コストを低減することができる。

[0072] (第1試験)

以下に、第1試験を説明する。

[0073] 第1試験には、超電導線材接続構造のサンプルとして、サンプル1からサンプル19が供された。サンプル1からサンプル19では、第1基板11及び第2基板21の種類、第1超電導層12及び第2超電導層22の成膜方法、厚さT1及び厚さT3、第2面12b及び第4面22bにおける算術平均粗さ、第2面12b及び第4面22bにおける最大高さ、接続長が変化された。サンプル1からサンプル19の詳細は、表1及び表2に示されている。なお、サンプル1からサンプル19では、第1保護層13の構成材料及び第2保護層23の構成材料が銀であり、第1安定化層14の構成材料及び第2安定化層24の構成材料が銅とされた。サンプル1からサンプル19では、第1超電導層12及び第2超電導層22の幅は4mmとされ、これに表1及び表2に示される接続長を乗じた値が、接続抵抗率の算出に用いられる接続面積とされた。

[0074]

[表1]

表 1

サンプル	1	2	3	4	5	6	7	8	9
第 1 基板 11 及び 第 2 基板 21 の種類	配向金属	配向金属	配向金属	配向金属	配向金属	配向金属	IBAD	IBAD	IBAD
第 1 超電導層 12 及び 第 2 超電導層 22 の 成膜方法	PLD	PLD	PLD	MOD	MOD	MOD	真空蒸着	真空蒸着	真空蒸着
厚さ T1 及び厚さ T3 (μm)	4	4	4	4	4	4	3	3	3
第 2 面 12b 及び 第 4 面 22b の Ra (nm)	160	160	160	80	50	80	90	70	90
第 2 面 12b 及び 第 4 面 22b の Rz (μm)	3.2	8.9	3.9	1.2	1.2	0.90	1.1	1.0	1.1
接続長 (cm)	1	5	10	1	5	10	1	5	10
接続抵抗率 ($\text{n}\Omega \cdot \text{cm}^2$)	38	46	41	75	110	85	70	90	85

[0075]

[表2]

表 2

サンプル	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
第 1 基板 11 及び 第 2 基板 12 の種類	IBAD	IBAD	IBAD	IBAD	IBAD	IBAD	IBAD	IBAD	IBAD	IBAD
第 1 超電導層 12 及び 第 2 超電導層 22 の 成膜方法	PLD	PLD	PLD	真空 蒸着	真空 蒸着	PLD	MOD	MOD	MOD	MOD
厚さ T1 及び厚さ T3 (μm)	3	3	3	2	2	2	3	2	2	2
第 2 面 12b 及び 第 4 面 22b の Ra (nm)	80	100	90	30	40	50	30	20	10	20
第 2 面 12b 及び 第 4 面 22b の Rz (μm)	0.85	1.3	1.4	0.43	0.51	1.0	0.53	0.16	0.22	0.25
接続長 (cm)	1	5	10	1	5	10	5	1	5	10
接続抵抗率 ($\text{n}\Omega \cdot \text{cm}^2$)	80	70	75	170	140	120	160	210	250	190

[0076] なお、表 1 及び表 2 中の「配向金属」は、基材 1 1 a 及び基材 2 1 a にステンレス鋼製のテープに銅の層及びニッケルの層がクラッドされているクラッド材が用いられていることを意味している。また、表 1 及び表 2 中の「I

BAD」は、中間層11b及び中間層21bがIBADにより形成されていることを意味している。

[0077] 第2面12b及び第4面22bにおける算術平均粗さが20nm以上であることを、条件Aとする。また、第2面12b及び第4面22bにおける最大高さが0.25μm以上であることを、条件Bとする。サンプル1からサンプル16及びサンプル19では、条件A及び条件Bの双方が充足されていた。サンプル17及びサンプル18では、条件A及び条件Bの少なくとも一方が充足されていなかった。

[0078] 第1試験では、サンプル1からサンプル19における第1超電導線材10と第2超電導線材20との間の接続抵抗率が測定された。サンプル1からサンプル16及びサンプル19においては、第1超電導線材10と第2超電導線材20との間の接続抵抗率が $200\text{ n}\Omega \cdot \text{cm}^2$ 以下であった。サンプル17及びサンプル18においては、第1超電導線材10と第2超電導線材20との間の接続抵抗率が $200\text{ n}\Omega \cdot \text{cm}^2$ を超えていた。この比較から、条件A及び条件Bの双方が充足されることにより第1超電導線材10と第2超電導線材20との間の接続抵抗率が低減されることが、実験的に明らかになった。

[0079] (第2試験)

第2試験には、超電導線材接続構造のサンプルとしてサンプル20からサンプル29が供された。サンプル20からサンプル29では、第1基板11及び第2基板21の種類、第1超電導層12及び第2超電導層22の成膜方法、厚さT1及び厚さT3、厚さT2及び厚さT4、第2面12b及び第4面22bにおける算術平均粗さ、第2面12b及び第4面22bにおける最大高さ、接続長が変化された。サンプル20からサンプル29の詳細は、表3に示されている。表3には示されていないが、比較例として、サンプル30が準備された。比較例では、厚さT2及び厚さT4が、0.5μmとされた。サンプル20からサンプル29では、第1超電導層12及び第2超電導層22の幅は4mmとされ、これに表3に示される接続長を乗じた値が、接

続抵抗率の算出に用いられる接続面積とされた。

[0080] サンプル 20 からサンプル 30 では、第 1 超電導線材 10 が第 1 安定化層 14 を有しておらず、第 2 超電導線材 20 が第 2 安定化層 24 を有していない。サンプル 20 からサンプル 30 では、第 1 保護層 13 及び第 2 保護層 23 が、銀により形成された。すなわち、サンプル 20 からサンプル 30 は、図 2 に示される構造を有している。

[0081]

[表3]

表 3

サンプル	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29
第1基板11及び 第2基板21の種類	配向金属	配向金属	配向金属	配向金属	配向金属	配向金属	配向金属	配向金属	IBAD	IBAD
第1超電導層12及び 第2超電導層22の 成膜方法	PLD	PLD	PLD	PLD	PLD	MOD	MOD	MOD	MOD	MOD
厚さT1及び厚さT3 (μm)	4	4	4	4	4	4	4	3	3	2
厚さT2及び厚さT4 (μm)	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1
第2面12b及び 第4面22bのRa (nm)	160	160	160	160	160	80	50	40	30	10
第2面12b及び 第4面22bのRz (μm)	3.0	7.1	3.2	8.9	3.9	1.2	1.2	0.90	1.1	1.1
接続長 (cm)	1	10	1	5	10	1	5	10	1	10
接続抵抗率 ($\text{n}\Omega \cdot \text{cm}^2$)	38	46	80	70	70	130	160	180	200	350

[0082] サンプル20からサンプル28では、条件A及び条件Bの双方が充足されていることに加え、厚さT2及び厚さT4が $1.0\mu\text{m}$ 以上であった。また

、サンプル 20 からサンプル 28 においては、第 1 超電導線材 10 と第 2 超電導線材 20 との間の接続抵抗率が $200 \text{ n}\Omega \cdot \text{cm}^2$ 以下になっていた。

[0083] サンプル 29 では、条件 A 及び条件 B の一方が充足されていなかった。サンプル 29 においては、第 1 超電導線材 10 と第 2 超電導線材 20 との間の接続は達成されていたが、第 1 超電導線材 10 と第 2 超電導線材 20 との間の接続抵抗率が $200 \text{ n}\Omega \cdot \text{cm}^2$ を超えていた。サンプル 30 では、第 1 超電導線材 10 と第 2 超電導線材 20 との間の接続が達成されていなかった。

[0084] この比較から、第 1 超電導線材 10 の最外層である第 1 保護層 13 の構成材料及び第 2 超電導線材 20 の最外層である第 2 保護層 23 の構成材料が銀を含んでいる場合でも、厚さ T2 及び厚さ T4 を $1.0 \mu\text{m}$ 以上とすることにより第 1 保護層 13 及び第 2 保護層 23 の溶解に伴う接続不良の発生を抑制可能であることが、実験的に明らかになった。

[0085] サンプル 1、サンプル 2、サンプル 3、サンプル 4 及びサンプル 5 は、第 1 基板 11 及び第 2 基板 21 の種類、第 1 超電導層 12 及び第 2 超電導層 22 の成膜方法、第 2 面 12b 及び第 4 面 22b の算術平均粗さ並びに第 2 面 12b 及び第 4 面 22b の最大高さに関して、それぞれ、サンプル 22、サンプル 23、サンプル 24、サンプル 25 及びサンプル 26 と同一である。

[0086] サンプル 1、サンプル 2、サンプル 3、サンプル 4 及びサンプル 5 は、第 1 超電導線材 10 の最外層が第 1 安定化層 14 であること及び第 2 超電導線材 20 の最外層が第 2 安定化層 24 であること、すなわち、第 1 超電導線材 10 の最外層の構成材料及び第 2 超電導線材 20 の最外層の構成材料が銅を含んでいることに関して、それぞれ、サンプル 22、サンプル 23、サンプル 24、サンプル 25 及びサンプル 26 と異なっている。

[0087] サンプル 1、サンプル 2、サンプル 3、サンプル 4 及びサンプル 5 は、第 1 超電導線材 10 と第 2 超電導線材 20 との間の接続抵抗率が、それぞれ、サンプル 22、サンプル 23、サンプル 24、サンプル 25 及びサンプル 26 よりも低くなっている。

[0088] この比較から、第 1 超電導線材 10 の最外層の構成材料及び第 2 超電導線

材 2 0 の最外層の構成材料が銅を含んでいることにより、第 1 超電導線材 1 0 と第 2 超電導線材 2 0 との間の接続性が改善され、第 1 超電導線材 1 0 と第 2 超電導線材 2 0 との間の接続抵抗率が低減されることが、実験的に明らかになった。

[0089] (第 3 試験)

以下に、第 3 試験を説明する。

[0090] 第 3 試験には、超電導線材接続構造のサンプルとしてサンプル 3 1 及びサンプル 3 2 が供された。サンプル 3 1 及びサンプル 3 2 では、第 2 面 1 2 b 及び第 4 面 2 2 b における算術平均粗さ、第 2 面 1 2 b 及び第 4 面 2 2 b における最大高さ、接続長が変化された。サンプル 3 1 及びサンプル 3 2 では、厚さ T 1 及び厚さ T 2 が $3\ \mu\text{m}$ とされ、中間層 1 1 b 及び中間層 2 1 b が I B A D により形成され、第 1 超電導層 1 2 及び第 2 超電導層 2 2 が M O D により成膜された。

[0091] サンプル 3 1 及びサンプル 3 2 の詳細は、表 4 に示されている。サンプル 3 1 及びサンプル 3 2 では、第 1 保護層 1 3 の構成材料及び第 2 保護層 2 3 の構成材料が銀とされているとともに第 1 安定化層 1 4 の構成材料及び第 2 安定化層 2 4 の構成材料が銅とされた。サンプル 3 1 及びサンプル 3 2 では、第 1 超電導層 1 2 及び第 2 超電導層 2 2 の幅は $4\ \text{mm}$ とされ、これに表 4 に示される接続長を乗じた値が、接続抵抗率の算出に用いられる接続面積とされた。

[0092]

[表4]

表 4

サンプル	31	32
第1基板11及び 第2基板21の種類	IBAD	IBAD
第1超電導層12及び 第2超電導層22の 成膜方法	MOD	MOD
厚さT1及び厚さT3 (μm)	3	3
第2面12b及び 第4面22bのRa (nm)	80	60
第2面12b及び 第4面22bのRz (μm)	0.24	0.23
接続長 (cm)	1	10
接続抵抗率 ($\text{n}\Omega \cdot \text{cm}^2$)	90	100

[0093] サンプル31及びサンプル32では、第2面12b及び第4面22bにおける算術平均粗さが60nm以上であったが、第2面12b及び第4面22bにおける最大高さが0.25 μm 未満であった。サンプル31及びサンプル32の接続抵抗率は、200 $\text{n}\Omega \cdot \text{cm}^2$ 以下であった。この比較から、第2面12b及び第4面22bにおける算術平均粗さが60nm以上である場合には、第2面12b及び第4面22bにおける最大高さが0.25 μm 未満であっても第1超電導線材10と第2超電導線材20との間の接続抵抗率が低減されることが、実験的に明らかになった。

[0094] 上記の実施形態は、以下のような態様を含む。

[付記1]

超電導線材は、基板と、基板上に配置されている超電導層とを備える。超電導層は、基板を向いている第1面と、前記第1面の反対面である第2面と

を有する。第2面は、算術平均粗さが60nm以上である部分を有する。

[0095] [付記2]

超電導線材接続構造は、第1超電導線材と、第2超電導線材と、接続層とを備える。第1超電導線材は、第1基板と、第1基板上に配置されている第1超電導層と、第1超電導層上に配置されている第1保護層とを有する。第2超電導線材は、第2基板と、第2基板上に配置されている第2超電導層と、第2超電導層上に配置されている第2保護層とを有する。第1超電導層は、第1基板を向いている第1面と、第1面の反対面である第2面とを有する。第2超電導層は、第2基板を向いている第3面と、第3面の反対面である第4面とを有する。第1保護層は、接続層により第2保護層に接続されている。第2面は、算術平均粗さ及び最大高さがそれぞれ20nm以上0.25μm以上となる部分を有する。第4面は、算術平均粗さ及び最大高さがそれぞれ20nm以上0.25μm以上となる部分を有する。

[0096] [付記3]

付記2に記載の超電導線材接続構造では、第1保護層の構成材料及び第2保護層の構成材料が、銀を含んでいる。

[0097] [付記4]

付記3に記載の超電導線材接続構造では、第1保護層の厚さ及び第2保護層の厚さが、1.0μm以上になっている。

[0098] 今回開示された実施形態は全ての点で例示であって、制限的なものではないと考えられるべきである。本発明の範囲は上記した実施形態ではなく請求の範囲によって示され、請求の範囲と均等の意味及び範囲内での全ての変更が含まれることが意図される。

符号の説明

[0099] 10 第1超電導線材、11 第1基板、11a 基材、11b 中間層、12 第1超電導層、12a 第1面、12b 第2面、13 第1保護層、14 第1安定化層、20 第2超電導線材、21 第2基板、21a 基材、21b 中間層、22 第2超電導層、22a 第3面、22b

第4面、23 第2保護層、24 第2安定化層、30 接続層、100
超電導線材接続構造、T1, T2, T3, T4 厚さ。

請求の範囲

- [請求項1] 超電導線材であって、
基板と、
前記基板上に配置されている超電導層とを備え、
前記超電導層は、前記基板を向いている第1面と、前記第1面の反対面である第2面とを有し、
前記第2面は、算術平均粗さが20nm以上であり、かつ最大高さが0.25μm以上である部分を有する、超電導線材。
- [請求項2] 前記部分は、算術平均粗さが60nm以上であり、かつ最大高さが0.25μm以上である、請求項1に記載の超電導線材。
- [請求項3] 前記超電導層上に配置されている保護層をさらに備え、
前記保護層の構成材料は、銅を含む、請求項1又は請求項2に記載の超電導線材。
- [請求項4] 前記超電導層上に配置されている保護層をさらに備え、
前記保護層の構成材料は、銀を含む、請求項1又は請求項2に記載の超電導線材。
- [請求項5] 前記保護層は、前記超電導線材の最外層をなしており、
前記保護層の厚さは、1.0μm以上である、請求項4に記載の超電導線材。
- [請求項6] 前記保護層上に配置されている安定化層をさらに備え、
前記安定化層の構成材料は、銅又は銅合金である、請求項3又は請求項4に記載の超電導線材。
- [請求項7] 前記超電導層の厚さは、4.5μm以下である、請求項1から請求項6のいずれか1項に記載の超電導線材。
- [請求項8] 第1超電導線材と、
第2超電導線材と、
接続層とを備え、
前記第1超電導線材は、第1基板と、前記第1基板上に配置されて

いる第1超電導層と、前記第1超電導層上に配置されている第1保護層と、前記第1保護層上に配置されている第1安定化層とを有し、

前記第2超電導線材は、第2基板と、前記第2基板上に配置されている第2超電導層と、前記第2超電導層上に配置されている第2保護層と、前記第2保護層上に配置されている第2安定化層とを有し、

前記第1超電導層は、前記第1基板を向いている第1面と、前記第1面の反対面である第2面とを有し、

前記第2超電導層は、前記第2基板を向いている第3面と、前記第3面の反対面である第4面とを有し、

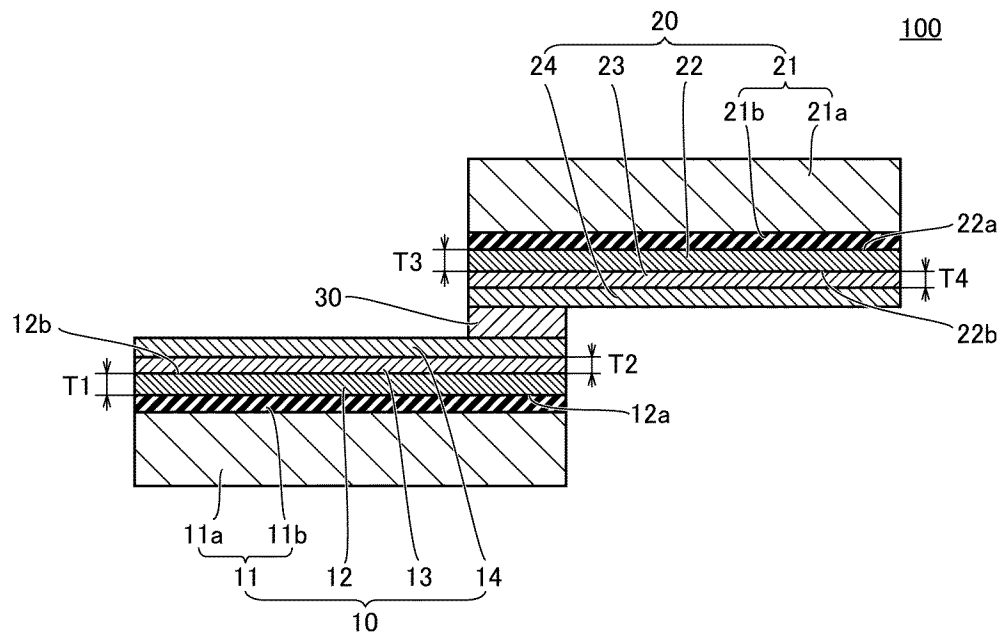
前記第1安定化層は、前記接続層により前記第2安定化層に接続されており、

前記第2面は、算術平均粗さ及び最大高さがそれぞれ20nm以上0.25 μ m以上となる部分を有しており、

前記第4面は、算術平均粗さ及び最大高さがそれぞれ20nm以上0.25 μ m以上となる部分を有している、超電導線材接続構造。

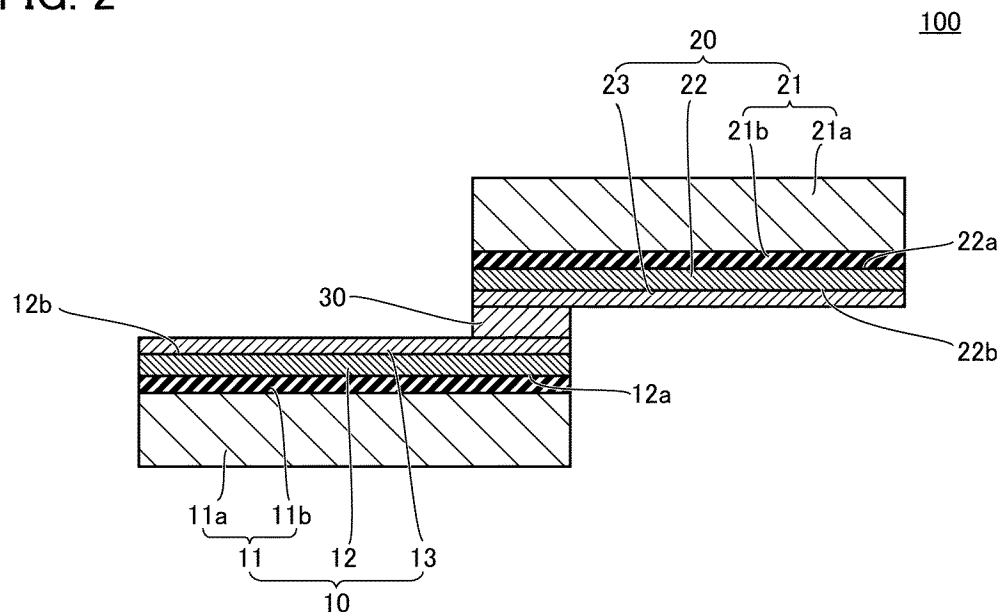
[図1]

FIG. 1



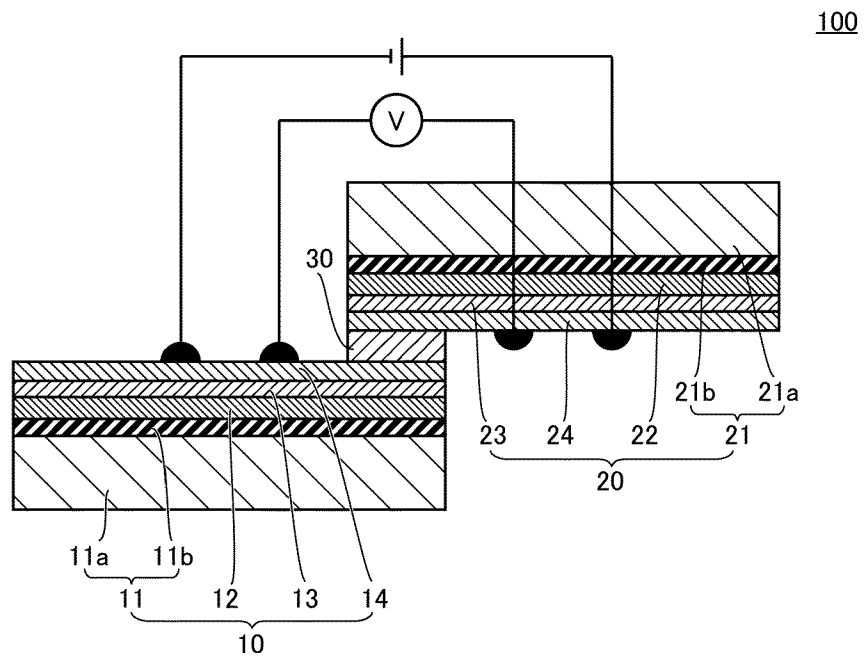
[図2]

FIG. 2



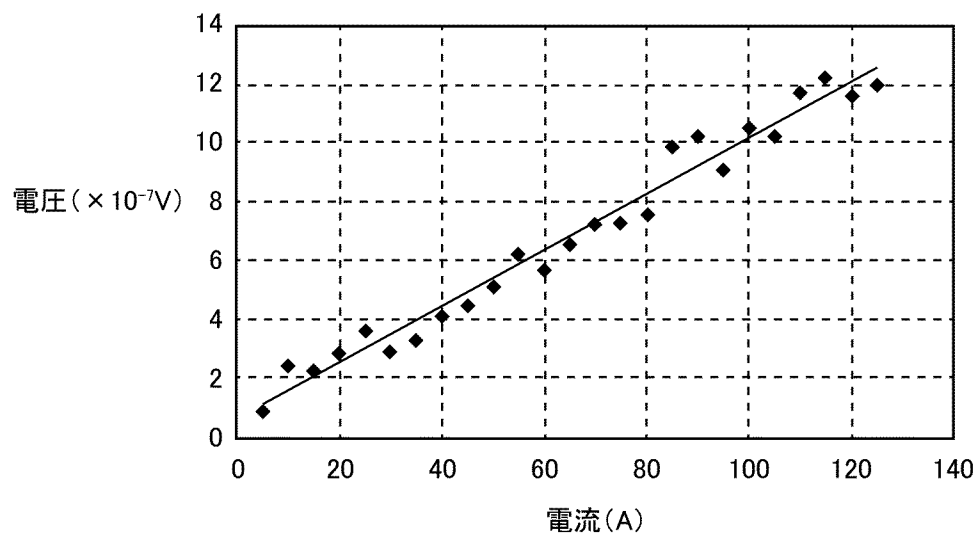
[図3]

FIG. 3



[図4]

FIG. 4



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2022/024880

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**H01B 12/06**(2006.01)i; **H01R 4/68**(2006.01)i

FI: H01B12/06; H01R4/68

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

H01B12/06; H01R4/68

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Published examined utility model applications of Japan 1922-1996
 Published unexamined utility model applications of Japan 1971-2022
 Registered utility model specifications of Japan 1996-2022
 Published registered utility model applications of Japan 1994-2022

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	WO 2020/165939 A1 (SUMITOMO ELECTRIC INDUSTRIES LTD.) 20 August 2020 (2020-08-20) paragraphs [0025]-[0032], fig. 2A, 2B	1-2
X	JP 2012-204190 A (THE FURUKAWA ELECTRIC CO., LTD.) 22 October 2012 (2012-10-22) paragraphs [0024]-[0032], [0039], fig. 1-3	1-2, 4, 7
Y		3, 5-6, 8
Y	JP 2019-175637 A (FUJIKURA LTD.) 10 October 2019 (2019-10-10) paragraphs [0013]-[0016], [0024], fig. 2, 6, 10	3, 5-6, 8



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
 “E” earlier application or patent but published on or after the international filing date
 “L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
 “O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
 “P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

“T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
 “X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
 “Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
 “&” document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

16 August 2022

Date of mailing of the international search report

30 August 2022

Name and mailing address of the ISA/JP

Japan Patent Office (ISA/JP)
 3-4-3 Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915
 Japan

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/JP2022/024880

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
WO	2020/165939	A1	20 August 2020	(Family: none)	
JP	2012-204190	A	22 October 2012	(Family: none)	
JP	2019-175637	A	10 October 2019	(Family: none)	

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） H01B 12/06(2006.01)i; H01R 4/68(2006.01)i FI: H01B12/06; H01R4/68										
B. 調査を行った分野										
調査を行った最小限資料（国際特許分類（IPC）） H01B12/06; H01R4/68										
最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの										
<table border="0"> <tr> <td>日本国実用新案公報</td> <td>1922 - 1996年</td> </tr> <tr> <td>日本国公開実用新案公報</td> <td>1971 - 2022年</td> </tr> <tr> <td>日本国実用新案登録公報</td> <td>1996 - 2022年</td> </tr> <tr> <td>日本国登録実用新案公報</td> <td>1994 - 2022年</td> </tr> </table>			日本国実用新案公報	1922 - 1996年	日本国公開実用新案公報	1971 - 2022年	日本国実用新案登録公報	1996 - 2022年	日本国登録実用新案公報	1994 - 2022年
日本国実用新案公報	1922 - 1996年									
日本国公開実用新案公報	1971 - 2022年									
日本国実用新案登録公報	1996 - 2022年									
日本国登録実用新案公報	1994 - 2022年									
国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）										
C. 関連すると認められる文献										
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号								
X	WO 2020/165939 A1（住友電気工業株式会社）20.08.2020（2020 - 08 - 20） [0025]-[0032], 図2A-2B	1-2								
X	JP 2012-204190 A（古河電気工業株式会社）22.10.2012（2012 - 10 - 22） [0024]-[0032], [0039], 図1-3	1-2, 4, 7								
Y		3, 5-6, 8								
Y	JP 2019-175637 A（株式会社フジクラ）10.10.2019（2019 - 10 - 10） [0013]-[0016], [0024], 図2, 6, 10	3, 5-6, 8								
☐ C欄の続きにも文献が列挙されている。 ☒ パテントファミリーに関する別紙を参照。										
<table border="0"> <tr> <td> * 引用文献のカテゴリー “A” 特に関連のある文献ではなく、一般的技术水準を示すもの “E” 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの “L” 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す） “O” 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献 “P” 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の後に公表された文献 </td> <td> “T” 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と抵触するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの “X” 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの “Y” 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの “&” 同一パテントファミリー文献 </td> </tr> </table>			* 引用文献のカテゴリー “A” 特に関連のある文献ではなく、一般的技术水準を示すもの “E” 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの “L” 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す） “O” 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献 “P” 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の後に公表された文献	“T” 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と抵触するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの “X” 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの “Y” 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの “&” 同一パテントファミリー文献						
* 引用文献のカテゴリー “A” 特に関連のある文献ではなく、一般的技术水準を示すもの “E” 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの “L” 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す） “O” 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献 “P” 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の後に公表された文献	“T” 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と抵触するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの “X” 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの “Y” 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの “&” 同一パテントファミリー文献									
国際調査を完了した日 16.08.2022	国際調査報告の発送日 30.08.2022									
名称及びあて先 日本国特許庁(ISA/JP) 〒100-8915 日本国 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号	権限のある職員（特許庁審査官） 中嶋 久雄 5G 1790 電話番号 03-3581-1101 内線 3526									

国際調査報告
パテントファミリーに関する情報

国際出願番号

PCT/JP2022/024880

引用文献			公表日	パテントファミリー文献	公表日
WO	2020/165939	A1	20.08.2020	(ファミリーなし)	
JP	2012-204190	A	22.10.2012	(ファミリーなし)	
JP	2019-175637	A	10.10.2019	(ファミリーなし)	