

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2020年7月2日(02.07.2020)



(10) 国際公開番号

WO 2020/138035 A1

(51) 国際特許分類:
H01B 12/06 (2006.01) H01B 13/00 (2006.01)
C01G 1/00 (2006.01) H01F 6/06 (2006.01)

(21) 国際出願番号: PCT/JP2019/050519

(22) 国際出願日: 2019年12月24日(24.12.2019)

(25) 国際出願の言語: 日本語

(26) 国際公開の言語: 日本語

(30) 優先権データ:
特願 2018-243592 2018年12月26日(26.12.2018) JP

(71) 出願人: 株式会社フジクラ (FUJIKURA LTD.)
[JP/JP]; 〒1358512 東京都江東区木場 1
- 5 - 1 Tokyo (JP).

(72) 発明者: 羽生 智 (HANYU Satoru); 〒2858550 千葉県佐倉市六崎 1 4 4 0 番地 株式会社フジクラ 佐倉事業所内 Chiba (JP).

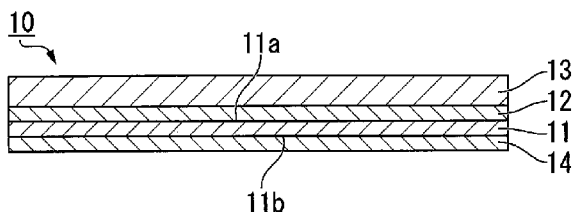
(74) 代理人: 棚井 澄雄, 外 (TANAI Sumio et al.);
〒1006620 東京都千代田区丸の内一丁目9番2号 Tokyo (JP).

(81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) 指定国(表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS,

(54) Title: OXIDE SUPERCONDUCTING WIRE MATERIAL AND METHOD FOR MANUFACTURING SAME

(54) 発明の名称: 酸化物超電導線材及びその製造方法



(57) Abstract: A superconducting wire material having an oxide superconducting layer that includes a rare earth element, wherein the oxide superconducting layer has a degree of orientation $\Delta\phi$ of 6.0° or less in a plane parallel to the thickness direction, and the superconducting wire material is provided with: a first metal layer that is an Ag layer or a layer containing Ag, and is laminated on a first surface in the thickness direction of the oxide superconducting layer; a second metal layer that is an Ag layer or a layer containing Ag, and is laminated on a second surface on the opposite side from the first surface; and a Cu layer or a layer containing Cu that contacts the first metal layer or the second metal layer in the thickness direction of the oxide superconducting layer.

(57) 要約: 希土類元素を含む酸化物超電導層を有する超電導線材であって、前記酸化物超電導層は、厚さ方向に平行な面内の配向度 $\Delta\phi$ が 6.0° 以下であり、前記超電導線材は、前記酸化物超電導層の厚さ方向の第一面に積層され、Ag層又はAgを含む層である第一金属層と、前記第一面と反対側の第二面に積層され、Ag層又はAgを含む層である第二金属層と、前記酸化物超電導層の厚さ方向において、前記第一金属層または前記第二金属層に接し、Cu層又はCuを含む金属層と、を備える。

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： 酸化物超電導線材及びその製造方法

技術分野

[0001] 本発明は、酸化物超電導線材及びその製造方法に関する。

本願は、2018年12月26日に日本に出願された特願2018-243592号について優先権を主張し、その内容をここに援用する。

背景技術

[0002] 超電導線材は、電流損失が低いため、電力供給用ケーブル、磁気コイル等として使用されている。特許文献1には、金属の基材を有する基板上に中間層、酸化物超電導層を成膜し、周囲に安定化層として銅の電解めっき膜を形成した超電導線材が記載されている。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：日本国特許第5634166号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] 超電導線材をケーブル、コイル等として応用する場合、多数本の超電導線材を並列させたり、超電導線材を多数回巻回したりする等、超電導線材が断面方向に多数集積された状態で使用される。しかし、結晶配向性に優れた酸化物超電導層を形成するためには、厚い金属基板を用意し、その金属基板を土台にして中間層、酸化物超電導層を積層する必要がある。このため、酸化物超電導層の断面積に比べて、金属基板を含む超電導線材全体の断面積が大きいという問題がある。

[0005] 本発明は、上記事情に鑑みてなされたものであり、単位断面積当たりの特性が優れた酸化物超電導線材及びその製造方法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

[0006] 本発明の第一態様は、希土類元素を含む酸化物超電導層を有する超電導線材であって、前記酸化物超電導層は、厚さ方向に平行な面内の配向度 $\Delta\phi$ が 6.0° 以下であり、前記超電導線材は、前記酸化物超電導層の厚さ方向の第一面に積層され、A g層又はA gを含む層である第一金属層と、前記第一面と反対側の第二面に積層され、A g層又はA gを含む層である第二金属層と、前記酸化物超電導層の厚さ方向において、前記第一金属層または前記第二金属層に接し、C u層又はC uを含む金属層と、を備える。

[0007] 前記金属層は、前記第一金属層に接する第一C u金属層と、前記第二金属層に接する第二C u金属層とを有してもよい。

前記酸化物超電導層の幅方向の前記第一面が前記第一金属層で覆われ、前記第二面が前記第二金属層で覆われていてもよい。

前記酸化物超電導層の厚さ方向における前記超電導線材の総厚さが $50\mu\text{m}$ 以下であってもよい。

[0008] 本発明の第二態様は、希土類元素を含む酸化物超電導層を有する超電導線材の製造方法であって、基板上に、前記酸化物超電導層を積層する工程と、前記酸化物超電導層の厚さ方向のうち前記基板とは反対側において前記酸化物超電導層上に第一金属層を積層する工程と、前記基板を除去する工程と、前記酸化物超電導層の厚さ方向のうち前記基板が除去された側において前記酸化物超電導層上に第二金属層を積層する工程と、を有する。

[0009] 前記第一金属層及び前記第二金属層が、A g層又はA gを含む層であってもよい。

前記酸化物超電導層の厚さ方向において、前記第一金属層または前記第二金属層に接するようにC u層又はC uを含む金属層を積層してもよい。

発明の効果

[0010] 本発明の上記態様によれば、結晶配向性を有する酸化物超電導層の厚さ方向の両面に接してA g層又はA gを含む層を有する金属層が積層されているため、従来の超電導線材が酸化物超電導層の厚さ方向の片側に成膜に用いた基板が残されているのと比べて、単位断面積当たりの特性が優れた超電導線

材を提供することができる。

図面の簡単な説明

[0011] [図1]第1実施形態の超電導線材を示す断面図である。

[図2]第2実施形態の超電導線材を示す断面図である。

[図3]第3実施形態の超電導線材を示す断面図である。

[図4]第4実施形態の超電導線材を示す断面図である。

[図5]基板を有する超電導線材の一例を示す断面図である。

[図6]基板を有する超電導線材から側面部を除去した例の断面図である。

[図7]基板を有する超電導線材から基板を除去した例の断面図である。

発明を実施するための形態

[0012] 以下、各実施形態に係る酸化物超電導線材の構成を、図面を参照して説明する。これらの断面図は、超電導線材の長手方向に垂直な断面を模式的に表す。断面図の上下方向が超電導線材の厚さ方向であり、断面図の左右方向が超電導線材の幅方向である。

[0013] 図1に、第1実施形態の超電導線材を示す。第1実施形態の超電導線材10では、酸化物超電導層11の厚さ方向の第一面11aに、保護層（第一金属層）12が積層され、第一面11aと反対側の第二面11bに保護層14（第二金属層）が積層されている。また、保護層12の酸化物超電導層11とは反対側の面に安定化層（金属層）13が積層されている。なお、それぞれの保護層12、14を区別して、第1保護層12、第2保護層14と称する場合がある。第1保護層12と第2保護層14とは、厚さ、材料等が同一でもよく、これらの少なくとも1つの観点で互いに異なってもよい。

[0014] 図2に、第2実施形態の超電導線材を示す。第2実施形態の超電導線材10Aは、酸化物超電導層11の厚さ方向の第一面11aに積層された第1保護層12と、第1保護層12の外側に積層された安定化層13と、酸化物超電導層11の第1保護層12とは反対側の面（第二面11b）と、酸化物超電導層11の側面と、第1保護層12の側面と、安定化層13の側面とに積層された第2保護層14とを有する。

[0015] 図3に、第3実施形態の超電導線材を示す。第3実施形態の超電導線材10Bは、酸化物超電導層11の厚さ方向の第一面11aに積層された保護層12と、第二面11bに積層された保護層14と、安定化層（第一Cu金属層）13と、安定化層（第二Cu金属層）15とを有する。なお、それぞれの安定化層13、15を区別して、第1安定化層13、第2安定化層15という場合がある。

第1安定化層13は、保護層12の酸化物超電導層11とは反対側の面に積層されている。第2安定化層15は、保護層14の酸化物超電導層11とは反対側の面に積層されている。第1安定化層13と第2安定化層15とは、厚さ、材料等が同一でもよく、これらの少なくとも1つの観点で互いに異なってもよい。

[0016] 図4に、第4実施形態の超電導線材を示す。第4実施形態の超電導線材10Cは、酸化物超電導層11の厚さ方向の第一面11aに積層された第1保護層12と、第1保護層12の外側（第1保護層12の酸化物超電導層11とは反対側の面）に積層された第1安定化層13と、酸化物超電導層11の第一面11aと反対側の第二面11bと、酸化物超電導層11の側面と、第1保護層12の側面と、安定化層13の側面とに積層された第2保護層14と、超電導線材10Cの外周に積層された第2安定化層15とを有する。第2安定化層15は、第1安定化層13と第2保護層14との露出面を覆っている。

[0017] 上記実施形態の超電導線材10、10A、10B、10Cにおいて、酸化物超電導層11は、希土類元素を含む酸化物超電導体から構成される。酸化物超電導体としては、例えば一般式 $REBa_2Cu_3O_{7-x}$ （RE123）等で表されるRE-Ba-Cu-O系酸化物超電導体が挙げられる。希土類元素REとしては、Y、La、Ce、Pr、Nd、Sm、Eu、Gd、Tb、Dy、Ho、Er、Tm、Yb、Luのうちの1種又は2種以上が挙げられる。酸化物超電導層11の厚さは、例えば0.5～5μm程度である。

[0018] 酸化物超電導層11は、面方向に配向した超電導層である。例えば酸化物

超電導層 11 の厚さ方向に平行な面内の配向度 $\Delta\phi$ が 6.0° 以下であることが好ましい。酸化物超電導層 11 が幅方向の全体にわたって配向した超電導層であってもよい。酸化物超電導層 11 が、幅方向の一部において間隙部を介して 2 本以上の超電導層に分割されていてもよい。間隙部としては、非配向部、溝等の空隙部、金属等の導体部、樹脂等の電気絶縁部等が挙げられる。非配向部は、超電導層と同様な組成を有する酸化物であってもよい。この場合、2 本以上の超電導層のそれぞれは、配向した超電導層が長手方向に連続した構造であることが好ましい。

[0019] 酸化物超電導層 11 には、人工的な結晶欠陥として、異種材料による人工ピンなどが導入されてもよい。酸化物超電導層 11 に人工ピンを導入するために用いられる異種材料としては、例えば、 BaSnO_3 (BSO)、 BaZrO_3 (BZO)、 BaHfO_3 (BHO)、 BaTiO_3 (BTO)、 SnO_2 、 TiO_2 、 ZrO_2 、 LaMnO_3 、 ZnO 等の少なくとも 1 種以上が挙げられる。

[0020] 保護層 12, 14 は、事故時に発生する過電流をバイパスしたり、酸化物超電導層 11 と保護層 12、14 の上に設けられる層との間で起こる化学反応を抑制したりする等の機能を有する。保護層 12、14 としては、銀 (Ag) 層又は Ag を含む層 (例えば Ag 合金層) が挙げられる。Ag 合金は、モル比又は重量比で 50% 以上の銀を含むことが好ましい。上記実施形態では、保護層 12 は酸化物超電導層 11 の厚さ方向の第一面 11a に接し、保護層 14 は酸化物超電導層 11 の第二面 11b に接している。保護層 12, 14 の厚さは、例えば $1 \sim 30 \mu\text{m}$ 程度が好ましく、保護層 12, 14 を薄くする場合は、 $10 \mu\text{m}$ 以下、 $5 \mu\text{m}$ 以下、 $2 \mu\text{m}$ 以下等でもよい。

[0021] 安定化層 13, 15 は、事故時に発生する過電流をバイパスしたり、酸化物超電導層 11 及び保護層 12, 14 を機械的に補強したりする等の機能を有する。安定化層 13, 15 としては、銅 (Cu) 層又は Cu を含む層 (例えば Cu 合金層) が挙げられる。Cu 合金は、モル比又は重量比で 50% 以上の銀を含むことが好ましい。上記実施形態では、安定化層 13 は、酸化物

超電導層 11 の厚さ方向において、保護層 12 の片面に接し、安定化層 15 は、酸化物超電導層 11 の厚さ方向において、保護層 14 の片面に接している。安定化層 13, 15 の厚さは特に限定されないが、例えば $1 \sim 300 \mu\text{m}$ 程度が好ましく、例えば $200 \mu\text{m}$ 以下、 $100 \mu\text{m}$ 以下、 $50 \mu\text{m}$ 以下、 $20 \mu\text{m}$ 等でもよい。

[0022] 上記実施形態の超電導線材 10, 10A, 10B, 10C は、酸化物超電導層 11 の厚さ方向の両面に金属層 12, 13, 14, 15 として保護層 12, 14 及び安定化層 13, 15 が積層された構造であるため、線材全体としての断面積を小さくすることができる。線材全体としての断面積を小さくすることが可能となれば、超電導線材の曲げ変形が容易となり、従来よりも小径に巻回した超電導コイルを形成することができる。その他、超電導線材の軽量化、細線加工が容易、という利点も得られる。保護層 12, 14 及び安定化層 13, 15 は、それぞれ蒸着法、スパッタ法、めっき法（電解めっき、無電解めっき等）の 1 種又は 2 種以上の組み合わせにより形成することができる。

[0023] 酸化物超電導層 11 の厚さ方向における超電導線材 10, 10A, 10B, 10C の総厚さは、例えば $10 \sim 1000 \mu\text{m}$ としてもよく、 $500 \mu\text{m}$ 以下、 $300 \mu\text{m}$ 以下、 $200 \mu\text{m}$ 以下、 $100 \mu\text{m}$ 以下、 $70 \mu\text{m}$ 以下、 $50 \mu\text{m}$ 以下等でもよい。ここで、超電導線材の総厚さとは、超電導線材に付属し得る全ての構成を包含する必要はなく、例えば、酸化物超電導層 11 の厚さ方向の両側における金属層 13, 14, 15 の外面間の最大距離としてもよい。例えば、超電導線材 10, 10A の総厚さは、安定化層 13 の外面と第 2 保護層 14 の外面との距離としてもよい。超電導線材 10B の総厚さは、第 1 安定化層 13 の外面と第 2 安定化層 15 の外面との距離としてもよい。超電導線材 10C の総厚さは、第 2 安定化層 15 の厚さ方向の両側の外面間距離としてもよい。

[0024] 超電導線材の幅は特に限定されないが、例えば $1 \sim 20 \text{mm}$ が挙げられる。超電導線材の長さは特に限定されないが、例えば 1m 以上であり、 10m

以上、100m以上、200m以上、500m以上、1km以上が挙げられる。複数本の超電導線材を接続して、より長尺の線材を構成することも可能である。長尺の超電導線材の端部を長手方向に接続する間に、短尺の超電導線材を介在させてもよい。接続用の超電導線材は、例えば1m以下の短尺でもよい。酸化物超電導層11に対する水分等の影響を抑制するため、酸化物超電導層11の幅方向の両側が保護層12, 14又は安定化層13, 15等の金属層で覆われていることが好ましい。

[0025] 本実施形態の超電導線材を製造する場合、例えば図5に示すように、基板を有する超電導線材20を製造してから、基板を除去する方法を採用してもよい。本実施形態の製造方法において、酸化物超電導層11の成膜に使用される基板は、金属基板21及び中間層22から構成される。金属基板21は、厚さ方向の両側に、それぞれ主面を有するテープ状の金属基板21である。金属基板21を構成する金属の具体例として、ハステロイ（登録商標）に代表されるニッケル合金、ステンレス鋼、ニッケル合金に集合組織を導入した配向Ni-W合金などが挙げられる。金属基板21の厚さは、目的に応じて適宜調整すれば良く、例えば10～1000μmの範囲である。

[0026] 中間層22は、多層構成でもよく、例えば基板側から超電導層側に向かう順で、拡散防止層、ベッド層、配向層、キャップ層等を有してもよい。これらの層は必ずしも1層ずつ設けられるとは限らず、一部の層を省略する場合や、同種の層を2以上繰り返し積層する場合もある。中間層22は、金属酸化物であってもよい。配向性に優れた中間層22の上に酸化物超電導層11を成膜することにより、配向性に優れた酸化物超電導層11を得ることが容易になる。

[0027] 拡散防止層は、金属基板21の成分の一部が拡散し、不純物として酸化物超電導層11側に混入することを抑制する機能を有する。拡散防止層は、例えば、Si₃N₄、Al₂O₃、GZO（Gd₂Zr₂O₇）等から構成される。拡散防止層の厚さは、例えば10～400nmである。

ベッド層は、金属基板21と酸化物超電導層11との界面における反応を

低減し、その上に形成される層の配向性を向上する等の機能を有する。ベッド層の材質としては、例えば Y_2O_3 、 Er_2O_3 、 CeO_2 、 Dy_2O_3 、 Eu_2O_3 、 Ho_2O_3 、 La_2O_3 等が挙げられる。ベッド層の厚さは、例えば10～100nmである。

配向層は、キャップ層の結晶配向性を制御するために2軸配向する物質から形成される。配向層の材質としては、例えば、 $\text{Gd}_2\text{Zr}_2\text{O}_7$ 、 MgO 、 $\text{ZrO}_2\text{-Y}_2\text{O}_3$ (YSZ)、 SrTiO_3 、 CeO_2 、 Y_2O_3 、 Al_2O_3 、 Gd_2O_3 、 Zr_2O_3 、 Ho_2O_3 、 Nd_2O_3 等の金属酸化物を例示することができる。この配向層はIBAD法で形成することが好ましい。

キャップ層は、配向層の表面に成膜されて、結晶粒が面内方向に自己配向し得る材料からなる。キャップ層の材質としては、例えば、 CeO_2 、 Y_2O_3 、 Al_2O_3 、 Gd_2O_3 、 ZrO_2 、YSZ、 Ho_2O_3 、 Nd_2O_3 、 LaMnO_3 等が挙げられる。キャップ層の厚さは、50～5000nmの範囲が挙げられる。

[0028] 中間層22及び酸化物超電導層11の成膜法は、金属酸化物の組成に応じて適宜の成膜が可能であれば特に限定されない。成膜法としては、例えばスパッタ法、蒸着法、イオンビームアシスト成膜法 (IBAD法) 等の乾式成膜法、ゾルゲル法等の湿式成膜法が挙げられる。蒸着法としては、電子ビーム蒸着法、パルスレーザ蒸着法 (PLD法)、化学気相蒸着法 (CVD法) 等が挙げられる。

[0029] 図5に示す超電導線材20は、金属基板21上に酸化物超電導層11を積層する工程の後、酸化物超電導層11の厚さ方向のうち金属基板21とは反対側において酸化物超電導層11上に保護層12及びめっき層23からなる金属層を積層する工程により製造することができる。酸化物超電導層11上に保護層12を積層した段階で、酸素アニール等の熱処理を施してもよい。保護層12がAg層又はAgを含む層からなる場合、熱処理時に酸素ガスを通過させ、酸化物超電導層11に酸素を供給することができる。

[0030] めっき層 23 は、保護層 12 上に積層される表面部 23A と、金属基板 21 の裏面に積層される裏面部 23B と、超電導線材 20 の側面に設けられる側面部 23C とを有してもよい。基板を除去する工程に先立って、側面部 23C を除去してもよい。これにより、図 6 に示すように、積層体 24 の側面に金属基板 21、酸化物超電導層 11 等、各層の幅方向における端面が露出されてもよい。側面部 23C を除去する際に、酸化物超電導層 11 の一部が除去されることもあり得る。側面部 23C を除去する方法としては、例えば、研削などの機械加工、レーザー加工が挙げられる。

[0031] 図 7 に示すように金属基板 21 を除去する場合、中間層 22 の少なくとも一部又は全部が除去されてもよい。また、金属基板 21 を除去した後の酸化物超電導層 11 の面上で、幅方向又は長手方向の少なくとも一部の領域に、中間層 22 が残留することもあり得る。

また、金属基板 21 を除去する際に、酸化物超電導層 11 の一部（例えば厚さ方向の一部）が除去されることもあり得る。金属基板 21 を除去する方法としては、例えば、金属基板 21 とめっき層の表面部 23A との間に剥離力を加える剥離法が挙げられる。あるいは研削などの機械加工、レーザー加工等によって基板を除去してもよい。超電導線材 20 から基板を除去することにより、酸化物超電導層 11 の片面に保護層 12 及びめっき層の表面部 23A を有する構成の積層体 25 が得られる。積層体 25 に残された表面部 23A は、上記実施形態の超電導線材における第 1 安定化層 13 の一部又は全部を構成していてもよい。

[0032] 酸化物超電導層 11 の厚さ方向のうち、金属基板 21 が除去された側において、酸化物超電導層 11 上に金属層として、上述の第 2 保護層 14、第 2 安定化層 15 を積層することにより、上記実施形態の超電導線材 10、10A、10B、10C を製造することができる。酸化物超電導層 11 上に第 2 保護層 14 を積層した段階で、酸素アニール等の熱処理を施してもよい。第 2 保護層 14 が Ag 層又は Ag を含む層からなる場合、熱処理時に酸素ガスを通させ、酸化物超電導層 11 に酸素を供給することができる。

[0033] 超電導線材の外周には、超電導線材の周囲に対する電気絶縁を確保するため、ポリイミド等の絶縁テープを巻きつけたり、樹脂層を形成したりしてもよい。なお、絶縁テープや樹脂層等の絶縁被覆層は必須ではなく、超電導線材の用途に応じて絶縁被覆層を適宜設けてもよく、あるいは絶縁被覆層を有しない構成とすることもできる。

超電導線材を使用して超電導コイルを作製するには、例えば超電導線材を巻き枠の外周面に沿って必要な層数巻き付けてコイル形状の多層巻きコイルを構成した後、巻き付けた超電導線材を覆うようにエポキシ樹脂等の樹脂を含浸させて、超電導線材を固定することができる。

[0034] 以上、本発明を好適な実施形態に基づいて説明してきたが、本発明は上述の実施形態に限定されず、本発明の要旨を逸脱しない範囲で種々の改変が可能である。改変としては、各実施形態における構成要素の追加、置換、省略、その他の変更が挙げられる。また、2以上の実施形態に用いられた構成要素を適宜組み合わせることも可能である。

[0035] 上記実施形態の超電導線材は、金属等の基板を要しない構造であるが、場合により、酸化物超電導層の厚さ方向の少なくとも片側の金属層の外側に、基板を積層することもできる。金属層の外側に基板を積層する場合は、超電導線材の全長又は全幅にわたって基板を積層してもよく、あるいは超電導線材の長手方向又は幅方向の一部の領域に限って基板を積層してもよい。あるいは、超電導線材の幅方向の端部等に補強用の線材、光ファイバセンサー等の検知用線材等を縦添え（長手方向に沿って並設）することもできる。

産業上の利用可能性

[0036] 上記各実施形態によれば、結晶配向性を有する酸化物超電導層の厚さ方向の両面に接してAg層又はAgを含む層を有する金属層が積層されているため、従来の超電導線材が酸化物超電導層の厚さ方向の片側に成膜に用いた基板が残されているのと比べて、単位断面積当たりの特性が優れた超電導線材を提供することができる。

符号の説明

[0037] 10, 10A, 10B, 10C…超電導線材、11…酸化物超電導層、12, 14…保護層（金属層）、13, 15…安定化層（金属層）、20…基板付き超電導線材、21…金属基板、22…中間層、23…めっき層、23A…表面部、23B…裏面部、23C…側面部、24, 25…積層体

請求の範囲

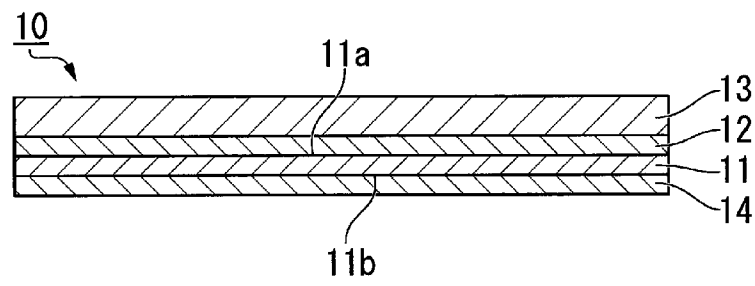
- [請求項1] 希土類元素を含む酸化物超電導層を有する超電導線材であって、
前記酸化物超電導層は、厚さ方向に平行な面内の配向度 $\Delta\phi$ が 6.0° 以下であり、
前記超電導線材は、
前記酸化物超電導層の厚さ方向の第一面に積層され、A g 層又は A g を含む層である第一金属層と、
前記第一面と反対側の第二面に積層され、A g 層又は A g を含む層である第二金属層と、
前記酸化物超電導層の厚さ方向において、前記第一金属層または前記第二金属層に接し、C u 層又は C u を含む金属層と、
を備える、超電導線材。
- [請求項2] 前記金属層は、前記第一金属層に接する第一 C u 金属層と、前記第二金属層に接する第二 C u 金属層とを有する、請求項 1 に記載の超電導線材。
- [請求項3] 前記酸化物超電導層の幅方向の前記第一面が前記第一金属層で覆われ、前記第二面が前記第二金属層で覆われている、請求項 1 又は 2 に記載の超電導線材。
- [請求項4] 前記酸化物超電導層の厚さ方向における前記超電導線材の総厚さが $50\mu\text{m}$ 以下である、請求項 1 ～ 3 のいずれか 1 項に記載の超電導線材。
- [請求項5] 希土類元素を含む酸化物超電導層を有する超電導線材の製造方法であって、
基板上に、前記酸化物超電導層を積層する工程と、
前記酸化物超電導層の厚さ方向のうち前記基板とは反対側において前記酸化物超電導層上に第一金属層を積層する工程と、
前記基板を除去する工程と、
前記酸化物超電導層の厚さ方向のうち前記基板が除去された側にお

いて前記酸化物超電導層上に第二金属層を積層する工程と、
を有する、超電導線材の製造方法。

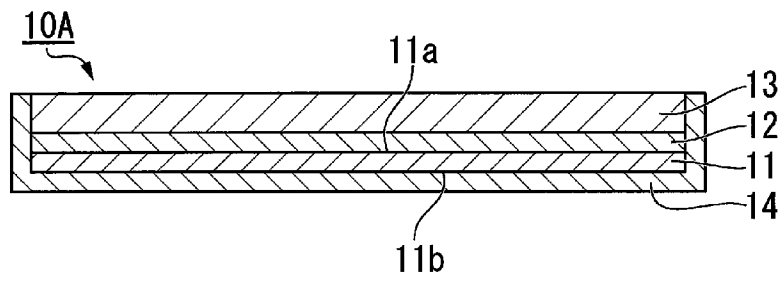
[請求項6] 前記第一金属層及び前記第二金属層が、A g 層又はA g を含む層である、請求項5に記載の超電導線材の製造方法。

[請求項7] 前記酸化物超電導層の厚さ方向において、前記第一金属層または前記第二金属層に接するようにC u 層又はC u を含む金属層を積層する、請求項6に記載の超電導線材の製造方法。

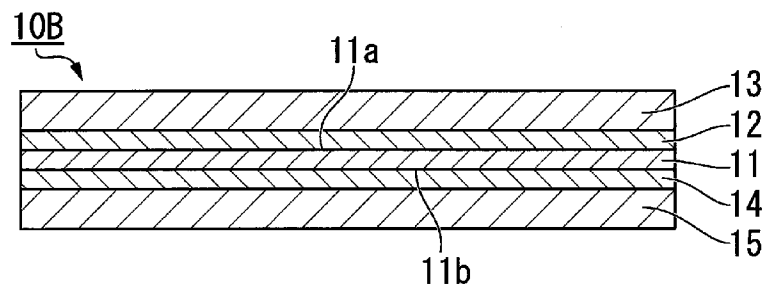
[図1]



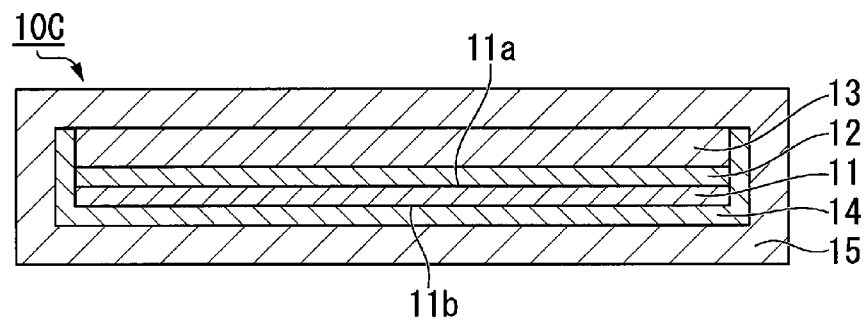
[図2]



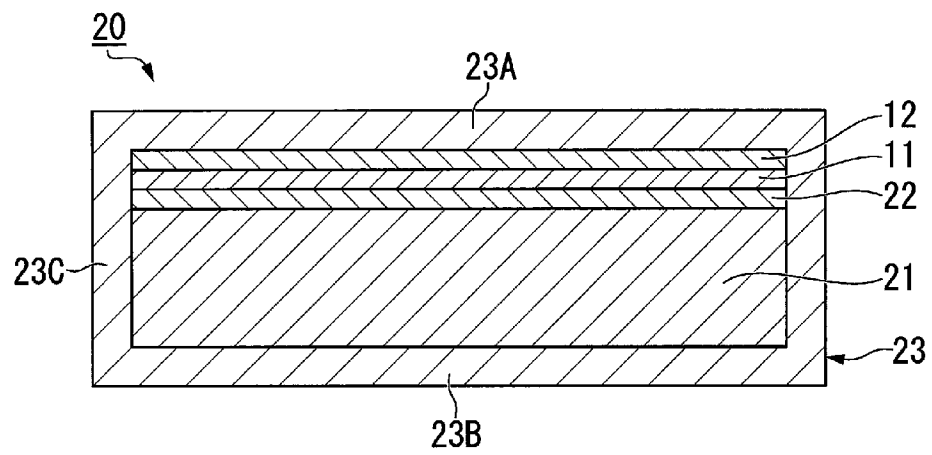
[図3]



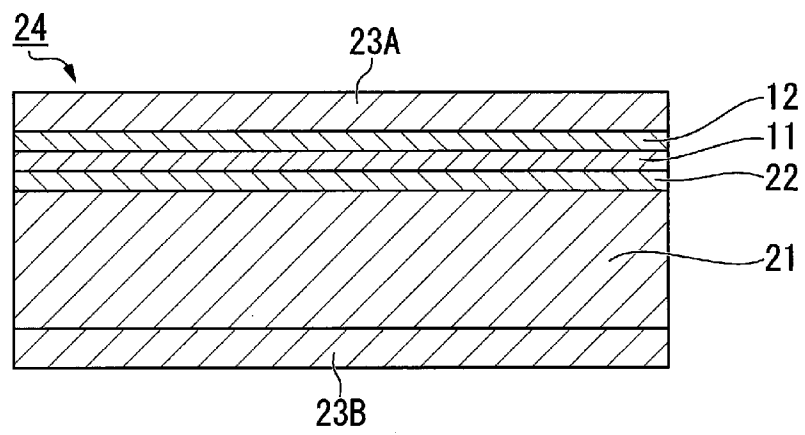
[図4]



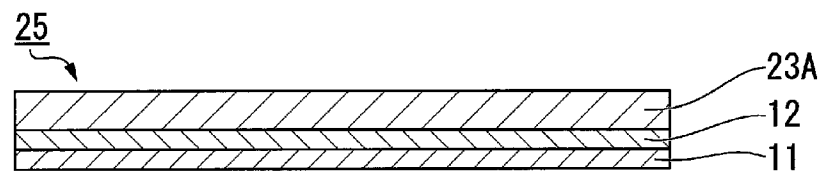
[図5]



[図6]



[図7]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2019/050519

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl. H01B12/06 (2006.01) i, C01G1/00 (2006.01) i, H01B13/00 (2006.01) i, H01F6/06 (2006.01) i

FI: H01B12/06ZAA, C01G1/00S, H01B13/00565D, H01F6/06140, H01F6/06150

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)

Int.Cl. H01B12/06, C01G1/00, H01B13/00, H01F6/06

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 1971-2020

Registered utility model specifications of Japan 1996-2020

Published registered utility model applications of Japan 1994-2020

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.
A	JP 2013-136815 A (FUJIKURA LTD.) 11.07.2013 (2013-07-11)	1-7
A	JP 2013-201014 A (TOSHIBA CORPORATION) 03.10.2013 (2013-10-03)	1-7
A	JP 2012-38526 A (KYUSHU UNIVERSITY) 23.02.2012 (2012-02-23)	1-7

☐	Further documents are listed in the continuation of Box C.	☒	See patent family annex.
--------------------------	--	-------------------------------------	--------------------------

* Special categories of cited documents:	"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
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"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
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date	"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
"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)	"&" document member of the same patent family
"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	

Date of the actual completion of the international search 10.03.2020	Date of mailing of the international search report 17.03.2020
Name and mailing address of the ISA/ Japan Patent Office 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/JP2019/050519

JP 2013-136815 A	11.07.2013	(Family: none)
JP 2013-201014 A	03.10.2013	US 2014/0031236 A1 EP 2641887 A2 CN 103325936 A
JP 2012-38526 A	23.02.2012	US 2012/0035055 A1

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; C01G 1/00(2006.01)i; H01B 13/00(2006.01)i; H01F 6/06(2006.01)i FI: H01B12/06 ZAA; C01G1/00 S; H01B13/00 565D; H01F6/06 140; H01F6/06 150														
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; C01G1/00; H01B13/00; H01F6/06														
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 - 2020年</td> </tr> <tr> <td>日本国実用新案登録公報</td> <td>1996 - 2020年</td> </tr> <tr> <td>日本国登録実用新案公報</td> <td>1994 - 2020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 - 2020年	日本国実用新案登録公報	1996 - 2020年	日本国登録実用新案公報	1994 - 2020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 - 2020年													
日本国実用新案登録公報	1996 - 2020年													
日本国登録実用新案公報	1994 - 2020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												
A	JP 2013-136815 A (株式会社フジクラ) 11.07.2013 (2013 - 07 - 11)	1-7												
A	JP 2013-201014 A (株式会社東芝) 03.10.2013 (2013 - 10 - 03)	1-7												
A	JP 2012-38526 A (国立大学法人九州大学) 23.02.2012 (2012 - 02 - 23)	1-7												
☐ 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</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</td> </tr> <tr> <td>“A” 特に関連のある文献ではなく、一般的な技術水準を示すもの</td> <td>“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</td> </tr> <tr> <td>“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</td> <td>“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</td> </tr> <tr> <td>“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）</td> <td>“&” 同一パテントファミリー文献</td> </tr> <tr> <td>“O” 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献</td> <td></td> </tr> <tr> <td>“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></td> </tr> </table>			* 引用文献のカテゴリー	“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	“A” 特に関連のある文献ではなく、一般的な技術水準を示すもの	“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	“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	“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	“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）	“&” 同一パテントファミリー文献	“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	
* 引用文献のカテゴリー	“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													
“A” 特に関連のある文献ではなく、一般的な技術水準を示すもの	“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													
“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	“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													
“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）	“&” 同一パテントファミリー文献													
“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														
国際調査を完了した日 10.03.2020	国際調査報告の発送日 17.03.2020													
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） 久保 正典 5G 9642 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/JP2019/050519

引用文献			公表日	パテントファミリー文献			公表日
JP	2013-136815	A	11.07.2013	(ファミリーなし)			
JP	2013-201014	A	03.10.2013	US	2014/0031236	A1	
				EP	2641887	A2	
				CN	103325936	A	
JP	2012-38526	A	23.02.2012	US	2012/0035055	A1	