

(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
2014 年 3 月 6 日(06.03.2014)



(10) 国際公開番号
WO 2014/034295 A1

- (51) 国際特許分類:
H01L 39/20 (2006.01) *H01B 12/06* (2006.01)
A61B 5/055 (2006.01) *H01F 6/00* (2006.01)
G01R 33/3815 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2013/069090
- (22) 国際出願日: 2013 年 7 月 12 日(12.07.2013)
- (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 2012-188208 2012 年 8 月 29 日(29.08.2012) JP
- (71) 出願人: 株式会社 日立製作所(HITACHI, LTD.)
[JP/JP]; 〒1008280 東京都千代田区丸の内一丁目
6 番 6 号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 児玉 一宗(KODAMA Motomune); 〒
1008280 東京都千代田区丸の内一丁目 6 番 6 号
株式会社 日立製作所内 Tokyo (JP). 田中 和英
(TANAKA Kazuhide); 〒1008280 東京都千代田区丸
の内一丁目 6 番 6 号 株式会社 日立製作所内
Tokyo (JP). 一木 洋太(ICHIKI Yota); 〒1008280 東
京都千代田区丸の内一丁目 6 番 6 号 株式会社
日立製作所内 Tokyo (JP).
- (74) 代理人: 井上 学, 外(INOUE Manabu et al.); 〒
1008220 東京都千代田区丸の内一丁目 6 番 1 号
株式会社 日立製作所内 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, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES,
FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN,
IS, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT,
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, 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, 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, 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:

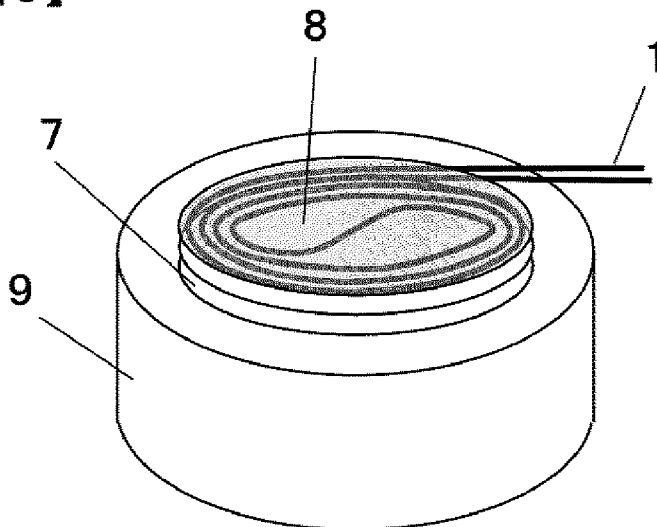
— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

[続葉有]

(54) Title: CONDUCTION COOLING PERMANENT CURRENT SWITCH, MRI DEVICE, NMR DEVICE

(54) 発明の名称: 伝導冷却式永久電流スイッチ、MRI 装置、NMR 装置

【図6】



(57) Abstract: The problem of the present invention is to turn on or off a permanent current switch at high speed with small heat input. A conduction cooling permanent current switch according to the present invention comprises a superconductive wire (1) for a current to flow; a cooling stage (9) for cooling the superconductive wire; and a heater (8) for heating the superconductive wire. The superconductive wire is arranged between respective surfaces formed by the cooling stage and the heater. The core of the superconductive wire is comprised of magnesium diboride (6) and a base material (5) arranged in the outer periphery of the core is comprised of a material having a resistivity of 10 $\mu\Omega\text{cm}$ or more in 40K.

(57) 要約: 少ない入熱で永久電流スイッチを高速にオン/オフすることが課題である。本発明は、電流を通電するための超電導線材 1 と、前記超電導線材を冷却する冷却ステージ 9 と、前記超電導線材を加熱するヒーター 8 とを備えた伝導冷却式永久電流スイッチにおいて、前記冷却

ステージと前記ヒーターが形成する各々の面の間に前記超電導線材が配置され、前記超電導線材の芯がニホウ化マグネシウム 6 であり、前記芯の外周に配置される母材 5 が 40 K において 10 $\mu\Omega\text{cm}$ 以上の抵抗率を有する材料である。

WO 2014/034295 A1



-
- 補正された請求の範囲及び説明書（条約第 19 条(1)）

明 細 書

発明の名称：

伝導冷却式永久電流スイッチ、MR I 装置、NMR 装置

技術分野

[0001] 本発明は、伝導冷却式永久電流スイッチ、MR I 装置、NMR 装置に関する。

背景技術

[0002] NMR（核磁気共鳴分析）装置や医療用MR I（磁気共鳴イメージング）装置などのように時間的変動が極めて小さい磁場を用いる機器では、永久電流モードという運転方式が望ましい。永久電流モードとは、外部電源により超電導コイルに所定の電流を流して磁場を発生させた後、超電導コイルの正極と負極をゼロ抵抗で短絡し、外部電源の電流をゼロにすることで得られる。超電導コイルはゼロ抵抗の閉回路となるため、電流は減衰することなく超電導磁石は所定の磁場を発生し続けることができる。このとき、超電導コイルの正極と負極を短絡するための素子を永久電流スイッチという。永久電流スイッチには、次の特性が要求される。

（１）超電導コイルに流す電流と同等の電流をゼロ抵抗で通電できる。

（２）外部制御、例えばヒーター加熱により、超電導状態（オン状態）と常電導状態（オフ状態）を切り替えられる。

（３）オフ状態では高抵抗である。例えば、数オーム程度あるとよい。

[0003] 一方、これまで液体ヘリウムに浸漬して使用してきた超電導磁石であるが、１９８０年代に高温超電導体が発見されるとともに、冷凍機技術の発展により、伝導冷却方式で運転することも可能になってきた。伝導冷却方式とは、冷凍機を用いて超電導磁石を熱伝導により冷却する方法である。ただし、高温超電導体の代表格である銅酸化物超電導体は、磁束クリープによる中心磁場の時間的変動が大きいため、基本的には永久電流モードで運転することはなかった。

[0004] 2001年、ニホウ化マグネシウムという新たな高温超電導体が発見された。臨界温度が39Kであり、銅酸化物超電導体より臨界温度は低いものの、磁束クリープの問題が小さい。そのため、伝導冷却方式で永久電流モード運転できる超電導磁石への適用が期待されている。

先行技術文献

特許文献

[0005] 特許文献1：特開2004-179413号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0006] 伝導冷却方式の超電導磁石における永久電流スイッチでは、そのオン／オフのためのヒーターによる入熱はそのまま冷凍機の熱負荷となる。上記特許文献のものでは、冷凍機の熱負荷を低減することを考慮しているが、なるべく少ない入熱で永久電流スイッチをオン／オフすることによるスイッチングの高速化は十分考慮されていない。

[0007] 本発明の目的は、少ない入熱で永久電流スイッチを高速にオン／オフすることにある。

課題を解決するための手段

[0008] 上記目的を達成するために、本発明は、電流を通電するための超電導線材と、前記超電導線材を冷却する冷却ステージと、前記超電導線材を加熱するヒーターとを備えた伝導冷却式永久電流スイッチにおいて、前記冷却ステージと前記ヒーターが形成する各々の面の間に前記超電導線材が配置され、前記超電導線材の芯がニホウ化マグネシウムであり、前記芯の外周に配置される母材が40Kにおいて $10\mu\Omega\text{cm}$ 以上の抵抗率を有する材料であることを特徴とする。

発明の効果

[0009] 本発明によれば、少ない入熱で永久電流スイッチを高速にオン／オフすることができる。

図面の簡単な説明

- [0010] [図1]臨界電流密度と外部磁場の関係を示す図。
- [図2]電気抵抗率と温度の関係を示す図。
- [図3]線材とヒーター線を巻き枠に巻いた従来図。
- [図4]二重金属管にマグネシウムとホウ素の混合粉末が充填された線材の断面図。
- [図5]図4の二重金属管の外層を除去した第一の形態に係る線材の断面図。
- [図6]第一の形態に係る永久電流スイッチの斜視図。

発明を実施するための形態

- [0011] 発明者らは、二ホウ化マグネシウム超電導線材を高性能化する過程で、この超電導線材が極めて伝導冷却方式の永久電流スイッチに適していることを見出した。
- [0012] 優れた永久電流スイッチ用の超電導線材とは、オン状態において必要とされる超電導電流（例えば典型的な値として400Aとしよう）を通電でき、オフ状態における線材単位長さあたりの抵抗値ができる限り高いものがよい。このような線材を用いれば、永久電流スイッチに使用する線材を短くすることができ、その結果永久電流スイッチの熱容量の低減につながる。
- [0013] 本発明は、特に、NMR装置や医療用MRI診断装置などに用いられ、永久電流モードで運転する超電導磁石に適用できる。
- [0014] 図1は二ホウ化マグネシウム超電導線材の芯の臨界電流密度 J_c と外部磁場 B との関係、図2はその電気抵抗率 ρ の温度依存性である。なお、線材は、Feを母材としてPIT（パウダー・イン・チューブ）法により作製した。PIT法とは、金属シースに粉末を充填した後に減面加工することで線材化し、焼成する製造方法である。
- [0015] 永久電流スイッチは一般的には0.5T以下の低磁場の空間に設置されるが、20K、0.5T以下の磁場領域では、その J_c は4000A/mm²と非常に高い。例えば、 J_c を4000A/mm²として400Aの電流を通電するのに必要な断面積は0.1mm²となる。

- [0016] 一方、ニホウ化マグネシウムの臨界温度が39 Kであることから、ニホウ化マグネシウム超電導線材の永久電流スイッチをオフにする場合は、線材を40 Kに加熱することが想定される。このときの抵抗率は、図2の線材A～Dに示すように10～70 $\mu\Omega\text{cm}$ に調整することができるので、かなり広い範囲に渡って制御可能である。例えば、40 Kにおける抵抗率が50 $\mu\Omega\text{cm}$ のものをを用いると、ニホウ化マグネシウムの断面積0.1 mm^2 としたときの単位長さあたりの抵抗は5 Ω/m である。従って、例えば1 Ω の抵抗を得るのに必要な長さは20 cmで十分である。
- [0017] 実際には、PIT法で線材を作製する場合には、ニホウ化マグネシウムの酸化を防止するために、ニホウ化マグネシウムの外層に母材が必要になる。母材の抵抗率はニホウ化マグネシウムと同程度の範囲のものが好ましい。例えば40 Kにおける抵抗率が50 $\mu\Omega\text{cm}$ を用い、さらに線材の断面において母材の断面積が占める割合を0.5程度とすれば、超電導線材の単位長さあたりの抵抗は2.5 Ω/m となり、例えば1 Ω の抵抗を得るのに必要な長さは40 cm程度と非常に短くてすむ。
- [0018] 母材は、マグネシウムと反応しないような材質であるのが好ましい。ニホウ化マグネシウムを生成させる熱処理のときに、マグネシウムが母材と反応してニホウ化マグネシウムの生成量が減ることによって、臨界電流密度が低下してしまうためである。このような材料の最も良い候補としては、ニオブチタン（40 Kでの抵抗率：60 $\mu\Omega\text{cm}$ ）が挙げられる。ニオブチタンは、マグネシウムと反応しにくく、抵抗率が高い材料である。その他の母材としてステンレス鋼を用いると、機械的な強度を増強することができる。
- [0019] 液体ヘリウムに浸漬して冷却する永久電流スイッチであって、線材の芯をニオブチタンとする場合は、線材の長さが10 m程度も必要であるため、線材1をヒーター線2と一緒に巻き枠3に巻いた構造が一般的である（図3）。しかし、本発明では線材の長さが数十cmなので巻き枠なしの構造も可能になる。通常、永久電流スイッチでは熱容量の大部分を巻き枠が占めるため、それを撤廃することにより永久電流スイッチの熱容量を極めて小さくする

ことが可能になる。

[0020] 本発明では、超電導線材の芯にニホウ化マグネシウムを用いて、その母材もニホウ化マグネシウムのような高抵抗率の材質とする。即ち、ニホウ化マグネシウムの40Kにおける抵抗率が $10\mu\Omega\text{cm}$ 以上であることから、母材の40Kにおける抵抗率も $10\mu\Omega\text{cm}$ 以上のものを用いる。このような線材にすることにより、永久電流スイッチをオフにするために必要な数オームの抵抗を、断面積が小さく長さが短い線材で実現できる。

[0021] 線材が短いので、従来のような巻き枠に線材を巻き回さなくてもよく、平面又は曲面の板部材上に線材が重ならないように配置すればよいので、配線の形状は螺旋状や蛇行形状等もとりうる。線材はスイッチをオン状態にするための冷却ステージと、オフ状態にするためのヒーターとの面間に配置されることで、線材の中で両者に挟まれている部分の線材を効率良く加熱、冷却できるため、少ない入熱でスイッチを高速にオン／オフすることができる。本発明では、冷却ステージとヒーターの面の間に線材が挟まれる構造であればよいので、冷却ステージとヒーターは平板でも、平板が湾曲していても、曲面を形成していてもよい。ただし、ある一点から板部材（冷却ステージ又はヒーター）を見たときに、ある一点から板部材上に配置された全ての線材が見渡せる程度の湾曲又は曲面に留めておくのがよい。

（発明を実施する第1の形態）

図4と図5に線材の断面図を示す。内層がニオブチタン5、外層が銅4の二重金属管を準備し、1：2のmol比率でよく混合したマグネシウムとホウ素の混合粉末を充填した。次いで、二重金属管を繰り返し引抜加工することで減面して $\phi 0.7\text{mm}$ の直径にした。この線材を50%に希釈した硝酸に浸漬することで、外周の銅4を除去した。このとき、線材断面は図5のようになり、母材5と芯6を併せた線材直径は $\phi 0.5\text{mm}$ となった。

[0022] 線材を800℃で1hr焼成した後、20K、0.5Tの臨界電流 I_c を測定すると600Aであり、超電導磁石に十分適用可能なレベルであることがわかった。一方、永久電流スイッチをオフにするための温度を40Kとす

ると、40 Kにおける単位長さあたりの電気抵抗は $3\ \Omega/\text{m}$ であり、 $1\ \Omega$ の抵抗率を得るのに33 cmの線材長でよいことがわかった。

[0023] 線材長が33 cmであれば、従来のようにボビンに線材を巻く必要がない。そこで、図6に示すように、平板上に螺旋状に配線することとした。線材を螺旋状に曲げた後に、ステンレス製の治具に固定して、800°Cで1 hr 焼成することで、二ホウ化マグネシウムの線材を生成させ、治具から取り外した。本実施形態では、FRP製の熱抵抗体7の上に線材1を設置し、樹脂で接着した。さらに線材の上部に、ステンレスの配線がされたフィルム状のヒーター8を載せてこれも樹脂で固定した。

[0024] これらを真空断熱されたクライオスタット内の20 K GM (Gifford-MacMahon) 冷凍機の冷却ステージ9の上に取り付けた。熱抵抗体をヒーターと冷却ステージとの間に設けることにより、ヒーター8で線材1を加熱したときに、冷却ステージに伝わる量を低減することができる。FRPの他に樹脂を用いてもよい。

GM冷凍機を運転して、永久電流スイッチを20 Kに冷却した。この状態で永久電流スイッチに通電し、400 Aを抵抗ゼロであることを確認した。次いで、ヒーター8を1 Wの入力で加熱した状態で、永久電流スイッチに100 mAの電流を通電して発生電圧を計測することで、その抵抗を測定すると $1.3\ \Omega$ の抵抗が得られ、1 Wの入力で十分に永久電流スイッチとして機能することを確認した。

(発明を実施する第2の形態)

本実施形態では、超電導線材の芯の原料にマグネシウムとホウ素だけでなく、SiC、 B_4C などの炭化物を添加すると、二ホウ化マグネシウムの結晶におけるBの一部がCに置換されることで電子散乱中心が導入され、二ホウ化マグネシウムの40 Kにおける抵抗率がさらに増大され、線材の単位長さあたりの抵抗率を増大させることができるので、永久電流スイッチの配線に必要な線長をさらに短くできて、よりコンパクトにすることができる。

[0025] 二ホウ化マグネシウムの結晶におけるBの一部がCに置換されると、X線

回折により評価される結晶の a 軸長が C の実効置換量に応じて短くなることが知られている。一方、C 置換量が増大すると二ホウ化マグネシウムが超電導状態を維持できる温度（臨界温度 T_c ）が低下するので、その臨界電流密度が不足する事態が生じる。そこで、炭化物の添加量は、a 軸長が 0.3062 ~ 0.3080 nm の範囲にあるように調整するのがよい。

（発明を実施する第 3 の形態）

二ホウ化マグネシウムの 40 K における抵抗率をさらに増大させるのに、マグネシウムを余分に配合した状態で二ホウ化マグネシウムを生成させた後に、200℃程度の温度で大気中加熱することで、反応せず残留したマグネシウムを酸化させてもよい。酸化マグネシウムは絶縁体であり、その部分は電流経路とならないため、実効的な二ホウ化マグネシウムの断面積が減少して抵抗率が増大する。

[0026] 典型的な P I T 線材の二ホウ化マグネシウムの充填率は 50 ~ 60 体積%程度であり、この充填率が 30 体積%より低下すると二ホウ化マグネシウムの粒子が不連続となり、連続した電流経路が失われるので、酸化マグネシウムの充填率は多くても 20 体積%とするのがよい。また、5 体積%以下であると抵抗率はあまり増加しない。

マグネシウムを余分に配合する代わりにホウ素を余分に配合しても抵抗率が増加する。ホウ素単体は低温で電気抵抗率が増大するため、余分に配合して、反応せず残留したホウ素も実効的な電流路を減少させる役割をもつ。この場合も二ホウ化マグネシウムの充填率は 30 体積%以上、ホウ素の充填率は 5 ~ 20 体積%とする。また、ホウ素と酸化マグネシウムの両方を配合し、合計の充填率を 5 ~ 20 体積%としてもよい。

（発明を実施する第 4 の形態）

第 1 の形態では線材の最外層の銅を除去したが、これを除去するのはヒーター加熱する部分だけでよく、それ以外の部分を残しておく、線材をヒーターと熱抵抗体（またはヒーターと冷却ステージ）に半田付けしやすくなる。

(発明を実施する第5の形態)

本発明で得られた永久電流スイッチは、特に伝導冷却により20 K程度で永久電流モード運転するような超電導磁石に用いることで、冷凍機に対して大きな熱負荷をかけることなく、超電導状態と常電導状態を切換えることができる。特に、NMR装置、医療用MRI診断装置などに適用すると有効である。

符号の説明

- [0027] 1 . . . 線材
2 . . . ヒーター線
3 . . . 巻き枠
4 . . . 銅
5 . . . ニオブチタン (母材)
6 . . . ニホウ化マグネシウム (芯)
7 . . . 熱抵抗体
8 . . . ヒーター
9 . . . 冷却ステージ

請求の範囲

- [請求項1] 電流を通電するための超電導線材と、前記超電導線材を冷却する冷却ステージと、前記超電導線材を加熱するヒーターとを備えた伝導冷却式永久電流スイッチにおいて、
- 前記冷却ステージと前記ヒーターが形成する各々の面の間に前記超電導線材が配置され、前記超電導線材の芯がニホウ化マグネシウムであり、前記芯の外周に配置される母材が40Kにおいて $10\mu\Omega\text{cm}$ 以上の抵抗率を有する材料であることを特徴とする伝導冷却式永久電流スイッチ。
- [請求項2] 請求項1において、前記冷却ステージと前記線材との間に熱抵抗体が配置されることを特徴とする伝導冷却式永久電流スイッチ。
- [請求項3] 請求項1において、前記母材がニオブチタンまたはステンレス鋼であることを特徴とする伝導冷却式永久電流スイッチ。
- [請求項4] 請求項2において、前記熱抵抗体が樹脂またはFRPであることを特徴とする、伝導冷却式永久電流スイッチ。
- [請求項5] 請求項1において、前記ニホウ化マグネシウムの結晶構造のa軸長が $0.3062\sim0.3080\text{nm}$ の範囲にあることを特徴とする伝導冷却式永久電流スイッチ。
- [請求項6] 請求項1において、前記芯に酸化マグネシウムが含まれることを特徴とする伝導冷却式永久電流スイッチ。
- [請求項7] 請求項1において、前記母材の一部の外周に銅を配置し、前記銅を介して前記線材と前記ヒーター、前記線材と前記冷却ステージとを接続することを特徴とする伝導冷却式永久電流スイッチ。
- [請求項8] 請求項2において、前記母材の一部の外周に銅を配置し、前記銅を介して前記線材と前記ヒーター、前記線材と前記熱抵抗体とを接続することを特徴とする伝導冷却式永久電流スイッチ。
- [請求項9] 請求項1に記載の伝導冷却式永久電流スイッチを備えたMRI装置。

[請求項10] 請求項1に記載の伝導冷却式永久電流スイッチを備えたNMR装置

。

補正された請求の範囲
[2013年12月18日(18.12.2013)国際事務局受理]

- [請求項 1] 電流を通電するための超電導線材と、前記超電導線材を冷却する冷却ステージと、前記超電導線材を加熱するヒーターとを備えた伝導冷却式永久電流スイッチにおいて、
- 前記冷却ステージと前記ヒーターが形成する各々の面の間に前記超電導線材が配置され、前記超電導線材の芯がニホウ化マグネシウムであり、前記芯の外周に配置される母材が40 Kにおいて $10\ \mu\Omega\text{cm}$ 以上の抵抗率を有する材料であることを特徴とする伝導冷却式永久電流スイッチ。
- [請求項 2] 請求項 1 において、前記冷却ステージと前記線材との間に熱抵抗体が配置されることを特徴とする伝導冷却式永久電流スイッチ。
- [請求項 3] 請求項 1 において、前記母材がニオブチタンまたはステンレス鋼であることを特徴とする伝導冷却式永久電流スイッチ。
- [請求項 4] 請求項 2 において、前記熱抵抗体が樹脂またはFRPであることを特徴とする、伝導冷却式永久電流スイッチ。
- [請求項 5] 請求項 1 において、前記ニホウ化マグネシウムの結晶構造のa軸長が $0.3062\sim 0.3080\text{ nm}$ の範囲にあることを特徴とする伝導冷却式永久電流スイッチ。
- [請求項 6] 請求項 1 において、前記芯に酸化マグネシウムが含まれることを特徴とする伝導冷却式永久電流スイッチ。
- [請求項 7] 請求項 1 において、前記母材の一部の外周に銅を配置し、前記銅を介して前記線材と前記ヒーター、前記線材と前記冷却ステージとを接続することを特徴とする伝導冷却式永久電流スイッチ。
- [請求項 8] 請求項 2 において、前記母材の一部の外周に銅を配置し、前記銅を介して前記線材と前記ヒーター、前記線材と前記熱抵抗体とを接続することを特徴とする伝導冷却式永久電流スイッチ。
- [請求項 9] 請求項 1 に記載の伝導冷却式永久電流スイッチを備えたMRI装置。
- [請求項 10] 請求項 1 に記載の伝導冷却式永久電流スイッチを備えたNMR装置。
- [請求項 11] (追加) 請求項 1 において、前記母材はMgB₂を生成させる熱処理時の温度でマグネシウムと反応しない材質であることを特徴とする伝導冷却式永久電流スイッチ。
- [請求項 12] (追加) 請求項 11 において、前記母材はニオブチタンであることを特徴とする伝導冷却式永久電流スイッチ。
- [請求項 13] (追加) 請求項 11 において、前記母材はステンレス鋼であることを特徴とする伝導冷却式永久電流スイッチ。

- [請求項 1 4] （追加）請求項 1 において、前記母材の一部の外周に銅を配置することを特徴とする伝導冷却式永久電流スイッチ。
- [請求項 1 5] （追加）請求項 2 において、前記母材の一部の外周に銅を配置することを特徴とする伝導冷却式永久電流スイッチ。

条約第 19 条（1）に基づく説明書

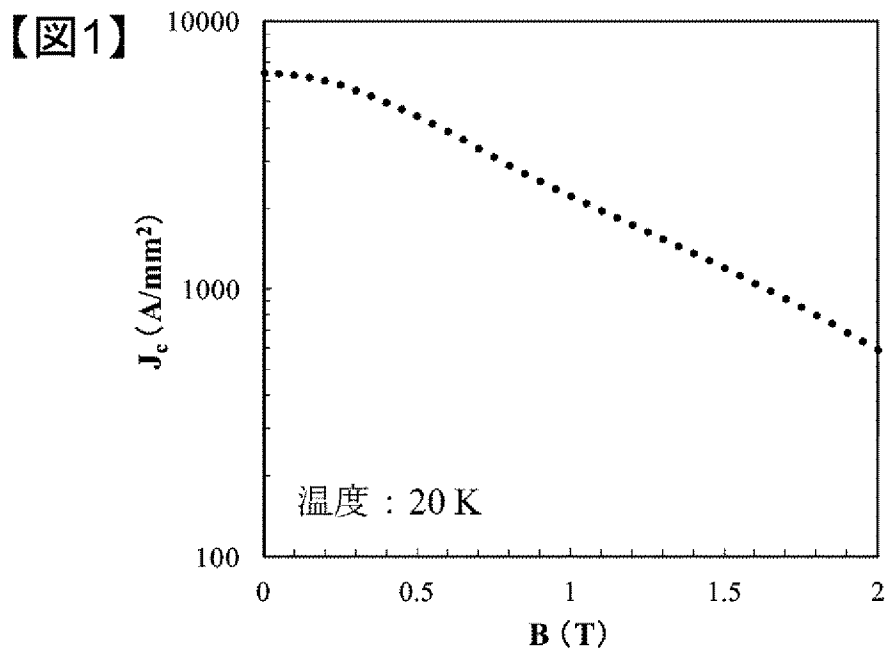
1. 補正の内容 請求項 11－15 を追加する補正を行いました。請求項 11－13 の補正の根拠は本願[0018]にあります。請求項 14、15 の補正の根拠は本願[0026]にあります。

2. 説明

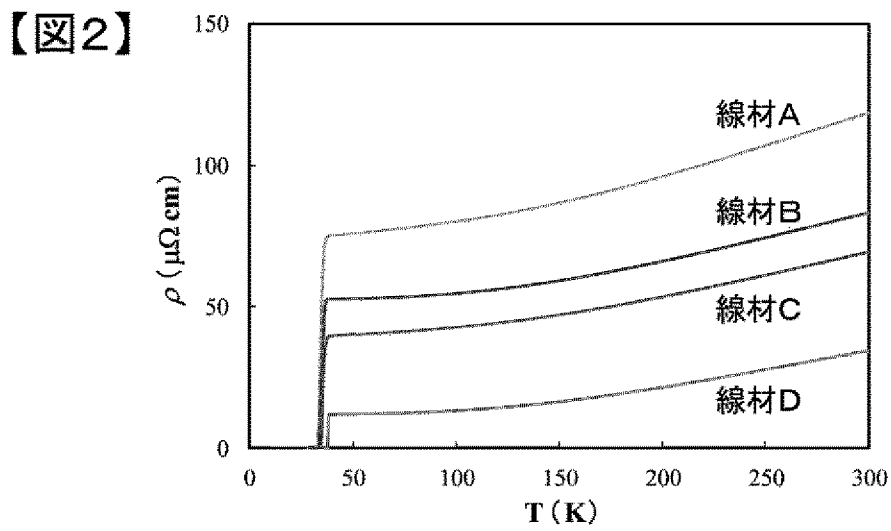
いずれの引用文献についても「母材はマグネシウムと反応しない材質である」「前記母材の一部の外周に銅を配置する」ことを開示、示唆、動機づける記載はありません。

以上

[図1]

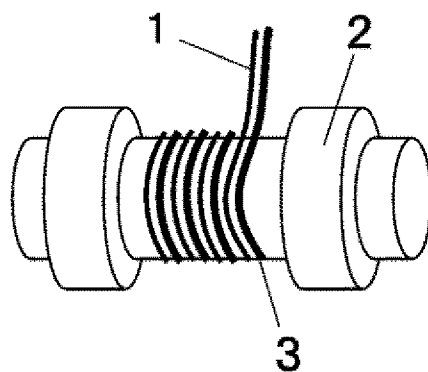


[図2]



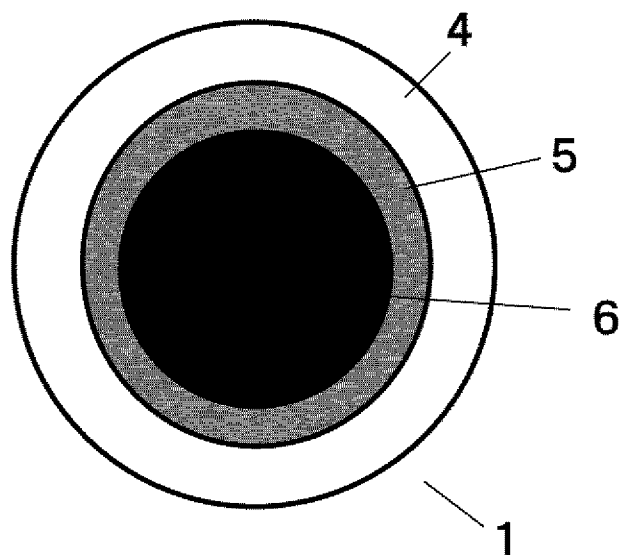
[図3]

【図3】



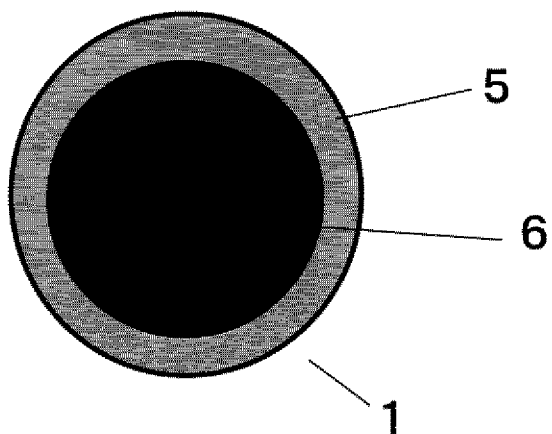
[図4]

【図4】



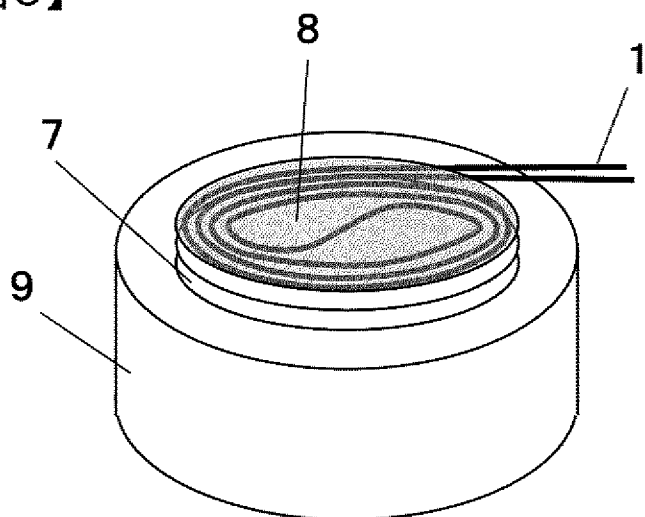
[図5]

【図5】



[図6]

【図6】



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2013/069090

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H01L39/20(2006.01)i, A61B5/055(2006.01)i, G01R33/3815(2006.01)i,
H01B12/06(2006.01)i, H01F6/00(2006.01)i

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)

H01L39/20, A61B5/055, G01R33/3815, H01B12/06, H01F6/00

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

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2013
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2013	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2013

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.
Y A	Microfilm of the specification and drawings annexed to the request of Japanese Utility Model Application No. 33204/1988 (Laid-open No. 137557/1989) (Toshiba Corp.), 20 September 1989 (20.09.1989), fig. 2 (Family: none)	1-6, 9, 10 7, 8
Y A	JP 2007-221013 A (Hitachi, Ltd.), 30 August 2007 (30.08.2007), paragraphs [0002], [0022], [0031], [0096]; fig. 2 & US 2007/0194870 A1 & US 2009/0176649 A1	1-6, 9, 10 7, 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

"I"

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

01 October, 2013 (01.10.13)

Date of mailing of the international search report

15 October, 2013 (15.10.13)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2013/069090

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y A	JP 2006-228797 A (Hitachi, Ltd.), 31 August 2006 (31.08.2006), paragraphs [0012], [0041], [0050] to [0051] (Family: none)	1-6, 9, 10 7, 8
Y	JP 8-190817 A (Hitachi, Ltd.), 23 July 1996 (23.07.1996), paragraphs [0015] to [0018] (Family: none)	1-6, 9, 10
Y	JP 2005-529832 A (UNIVERSITY OF WOLLONGONG), 06 October 2005 (06.10.2005), paragraph [0033]; fig. 3 & US 2005/0245400 A1 & EP 1534650 A1 & WO 2003/106373 A1 & AU PS305702 D	5
A	JP 2003-69093 A (Central Japan Railway Co.), 07 March 2003 (07.03.2003), entire text; all drawings (Family: none)	1-10

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. H01L39/20(2006.01)i, A61B5/055(2006.01)i, G01R33/3815(2006.01)i, H01B12/06(2006.01)i, H01F6/00(2006.01)i

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（I P C））

Int.Cl. H01L39/20, A61B5/055, G01R33/3815, H01B12/06, H01F6/00

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

日本国実用新案公報	1 9 2 2 - 1 9 9 6 年
日本国公開実用新案公報	1 9 7 1 - 2 0 1 3 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 1 3 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 1 3 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
Y A	日本国実用新案登録出願 63-33204 号(日本国実用新案登録出願公開 1-137557 号)の願書に添付した明細書及び図面の内容を撮影したマイクロフィルム（株式会社 東芝）1989.09.20, 第2図（ファミリーなし）	1-6, 9, 10 7, 8
Y A	JP 2007-221013 A （株式会社日立製作所） 2007.08.30, 段落【0002】、【0022】、【0031】、【0096】、図2 & US 2007/0194870 A1 & US 2009/0176649 A1	1-6, 9, 10 7, 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。

* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
「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矛盾するものではなく、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

0 1 . 1 0 . 2 0 1 3

国際調査報告の発送日

1 5 . 1 0 . 2 0 1 3

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（I S A / J P）
郵便番号 1 0 0 - 8 9 1 5
東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官（権限のある職員）

全 哲次

電話番号 0 3 - 3 5 8 1 - 1 1 0 1 内線 3 5 1 6

5 F

3 9 5 2

C (続き) . 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
Y A	JP 2006-228797 A (株式会社日立製作所) 2006.08.31, 段落【0012】、【0041】、【0050】－【0051】 (ファミリーなし)	1-6, 9, 10 7, 8
Y	JP 8-190817 A (株式会社日立製作所) 1996.07.23, 段落【0015】－【0018】 (ファミリーなし)	1-6, 9, 10
Y	JP 2005-529832 A (ユニヴァーシティ・オブ・ウロンゴン) 2005.10.06, 段落【0033】、図3 & US 2005/0245400 A1 & EP 1534650 A1 & WO 2003/106373 A1 & AU PS305702 D	5
A	JP 2003-69093 A (東海旅客鉄道株式会社) 2003.03.07, 全文、全図 (ファミリーなし)	1-10