

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2006-54454
(P2006-54454A)

(43) 公開日 平成18年2月23日(2006.2.23)

(51) Int. Cl.		F I		テーマコード (参考)
HO 1 F 6/06 (2006.01)		HO 1 F 5/08	B	5HO32
HO 1 F 6/00 (2006.01)		HO 1 F 7/22	Z A A C	
HO 1 M 12/04 (2006.01)		HO 1 M 12/04		

審査請求 有 請求項の数 23 O L (全 10 頁)

(21) 出願番号	特願2005-220714 (P2005-220714)	(71) 出願人	504151365
(22) 出願日	平成17年7月29日 (2005.7.29)		大学共同利用機関法人 高エネルギー加速器研究機構
(62) 分割の表示	特願2002-204573 (P2002-204573) の分割		茨城県つくば市大穂1番地1
原出願日	平成14年7月12日 (2002.7.12)	(74) 代理人	100072051 弁理士 杉村 興作
		(74) 代理人	100100125 弁理士 高見 和明
		(74) 代理人	100101096 弁理士 徳永 博
		(74) 代理人	100107227 弁理士 藤谷 史朗
		(74) 代理人	100114292 弁理士 来間 清志

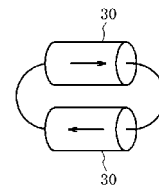
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 超伝導コイル構造、超伝導スペクトルメータ、磁束の生成方法、及び荷電粒子の運動量計測方法

(57) 【要約】

【課題】 宇宙空間における大規模強磁場空間を生成するために使用することのできる、軽量かつ薄肉の超伝導マグネットとして使用することのできる超伝導コイル構造を提供する。

【解決手段】 超伝導素線310と、超導電素線310を囲むようにして形成されたアルミニウム合金安定化材311とから構成される超伝導部材31を多層に巻回して超伝導コイル30を作製する。各層間には薄板シェル32を設ける。また、各超伝導部材31と薄板シェル32との間には電気絶縁部材32を設ける。次いで、超伝導コイル30をソレノイド型に巻回するとともに複数設け、これら複数の超伝導コイルを相対向する一対の超伝導コイルの極性が互いに逆向きとなるように配置し、前記複数の超伝導コイルから発生した磁束が前記複数の超伝導コイル内を貫通して閉ループを形成するようにする。



【選択図】 図6

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

超伝導素線と、断面方向において、前記超伝導素線の周囲を囲むようにして配置されたアルミニウム合金安定化材とからなる超伝導部材から形成され、この超伝導部材をソレノイド型に巻回してなる超伝導コイルを複数配置し、相対向する一对の前記超伝導コイルの極性を互いに逆向きにし、前記複数の超伝導コイルから発生した磁束が前記複数の超伝導コイル内を貫通して閉ループを形成するとともに、前記超伝導コイルは、生成された電磁力に対して自己保持できることを特徴とする、超伝導コイル構造。

【請求項 2】

前記超伝導素線は、銅マトリックス中に NbTi フィラメントが埋設されてなる NbTi / Cu 超伝導素線であることを特徴とする、請求項 1 に記載の超伝導コイル構造。 10

【請求項 3】

前記超伝導素線は、MgB₂ 超伝導素線であることを特徴とする、請求項 1 に記載の超伝導コイル構造。

【請求項 4】

前記超伝導素線は、ビスマス系高温超伝導素線であることを特徴とする、請求項 1 に記載の超伝導コイル構造。

【請求項 5】

前記アルミニウム合金安定化材における Al 含有量が 95% 以上であることを特徴とする、請求項 1 ~ 4 のいずれか一に記載の超伝導コイル構造。 20

【請求項 6】

前記アルミニウム合金安定化材は Ni、Zn、Si、Cu 及び Mg から選ばれる少なくとも一種を含むことを特徴とする、請求項 5 に記載の超伝導コイル構造。

【請求項 7】

前記超伝導素線の直径が 2 mm 以下であり、前記超伝導部材の直径が 3 mm 以下であることを特徴とする、請求項 1 ~ 6 のいずれか一に記載の超伝導コイル構造。

【請求項 8】

前記超伝導素線の直径が 2 mm 以下であり、前記超伝導部材の一辺の長さが 3 mm 以下であることを特徴とする、請求項 1 ~ 6 のいずれか一に記載の超伝導コイル構造。

【請求項 9】

前記超伝導部材は多層に亘って巻回し、各層間には薄板シェルが設けられていることを特徴とする、請求項 1 ~ 8 のいずれか一に記載の超伝導コイル構造。 30

【請求項 10】

前記薄板シェルは、アルミニウム、アルミニウム合金、複合プラスチック及び電気絶縁性フィルムの少なくとも一つからなることを特徴とする、請求項 9 に記載の超伝導コイル構造。

【請求項 11】

請求項 1 ~ 10 のいずれか一に記載の超伝導コイル構造における、前記複数の超伝導コイルの少なくとも一つのコイル内部に粒子検出システムを配置したことを特徴とする、超伝導スペクトルメータ。 40

【請求項 12】

所定の荷電粒子の運動量を計測することを特徴とする、請求項 11 に記載の超伝導スペクトルメータ。

【請求項 13】

超伝導素線と、断面方向において、前記超伝導素線の周囲を囲むようにして配置されたアルミニウム合金安定化材とからなるとともに、生成された電磁力に対して自己保持できる超伝導部材をソレノイド型に巻回してなる超伝導コイルを複数準備する工程と、

前記複数の超伝導コイルを相対向する一对の超伝導コイルの極性が互いに逆向きとなるように配置し、前記複数の超伝導コイルから発生した磁束が前記複数の超伝導コイル内を貫通して閉ループを形成する工程と、

を具えることを特徴とする、磁束の生成方法。

【請求項 14】

前記超伝導素線は、銅マトリックス中に NbTi フィラメントが埋設されてなる NbTi / Cu 超伝導素線であることを特徴とする、請求項 13 に記載の磁束の生成方法。

【請求項 15】

前記超伝導素線は、MgB₂ 超伝導素線であることを特徴とする、請求項 13 に記載の磁束の生成方法。

【請求項 16】

前記超伝導素線は、ビスマス系高温超伝導素線であることを特徴とする、請求項 13 に記載の磁束の生成方法。

10

【請求項 17】

前記アルミニウム合金安定化材における Al 含有量を 95% 以上とすることを特徴とする、請求項 13 ~ 16 のいずれか一に記載の磁束の生成方法。

【請求項 18】

前記アルミニウム合金安定化材は Ni、Zn、Si、Cu 及び Mg から選ばれる少なくとも一種を含むことを特徴とする、請求項 17 に記載の磁束の生成方法。

【請求項 19】

前記超伝導素線の直径が 2 mm 以下であり、前記超伝導部材の直径が 3 mm 以下であることを特徴とする、請求項 13 ~ 18 のいずれか一に記載の磁束の生成方法。

【請求項 20】

前記超伝導素線の直径が 2 mm 以下であり、前記超伝導部材の一辺の長さが 3 mm 以下であることを特徴とする、請求項 13 ~ 18 のいずれか一に記載の磁束の生成方法。

20

【請求項 21】

前記超伝導部材を多層に亘って巻回し、各層間に薄板シェルを設けることを特徴とする、請求項 13 ~ 20 のいずれか一に記載の磁束の生成方法。

【請求項 22】

前記薄板シェルは、アルミニウム、アルミニウム合金、複合プラスチック及び電気絶縁性フィルムの少なくとも一つから構成することを特徴とする、請求項 21 に記載の磁束の生成方法。

【請求項 23】

請求項 13 ~ 22 のいずれか一の方法で得た磁束で荷電粒子を偏向させ、粒子検出器を用いて前記荷電粒子の運動量を計測することを特徴とする、荷電粒子の運動量計測方法。

30

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、超伝導コイル構造、超伝導スペクトルメータ、磁束の生成方法、及び荷電粒子の運動量計測方法に関する。

【背景技術】

【0002】

宇宙空間における大規模強磁場空間の実現は、特に宇宙線荷電粒子の観測、また様々な宇宙環境を利用した理工学実験分野の将来には不可欠な技術である。前述した強磁場空間の実現に対しては超伝導技術が用いられ、強磁場を発生できるような超伝導マグネットの確立が求められている。

40

【0003】

図 1 は、従来の超伝導マグネットの全体を概略的に示す斜視図であり、図 2 は、図 1 に示す超伝導マグネットの囲み部分を拡大して示す断面図である。図 1 及び図 2 に示すように、従来の超伝導マグネットにおいては、超伝導コイル 10 の外側を、サポートシリンダー 20 で保持するように構成されている。

【0004】

また、図 2 から明らかなように、超伝導コイル 10 は、その周回方向において超伝導部

50

材 1 1 が 4 層に巻回されて構成されており、各層間にはテープ状の電気絶縁部材 1 3 が挿入されている。なお、図 1 及び図 2 に示す超伝導コイル 1 0 の全体は図示しないエポキシ樹脂で覆われ、前記エポキシ樹脂をキュアすることによって超伝導部材 1 1 が一体となるように構成されている。

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

図 1 及び図 2 に示す従来の超伝導マグネットにおいては、超伝導コイル 1 0 の強度が十分でなく、自己が生成する電磁力によってその形態を維持することができない。したがって、上述したサポートシリンダー 2 0 で超伝導コイル 1 0 を保持することが必須となる。このため、軽量かつ薄肉の超伝導マグネットを製造することができず、未だ上述した宇宙空間における大規模強磁場空間を生成するために使用することのできる超伝導マグネットを実現できないでいた。

10

【0006】

本発明は、宇宙空間などにおける大規模強磁場空間を生成するために使用することのできる、軽量かつ薄肉の超伝導マグネットコイル構造及び及びこのコイル構造を用いた、具体的な応用例としての超伝導スペクトロメータ及び荷電粒子の運動量計測方法、並びに前記コイル構造を用いた磁束の生成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】

【0007】

上記目的を達成すべく、本発明は、

超伝導素線と、断面方向において、前記超伝導素線の周囲を囲むようにして配置されたアルミニウム合金安定化材とからなる超伝導部材から形成され、この超伝導部材をソレノイド型に巻回してなる超伝導コイルを複数配置し、相対向する一对の前記超伝導コイルの極性を互いに逆向きにし、前記複数の超伝導コイルから発生した磁束が前記複数の超伝導コイル内を貫通して閉ループを形成するとともに、前記超伝導コイルは、生成された電磁力に対して自己保持できることを特徴とする、超伝導コイル構造に関する。

20

【0008】

前記超伝導素線は、好ましくは NbTi / Cu 超伝導素線、MgB₂ 超伝導素線、又はピスマス系高温超伝導素線から構成することができる。前記 NbTi / Cu 超伝導素線は、銅マトリックス中に NbTi フィラメントが埋設されてなる構造を有することができる。前記ピスマス系高温超伝導素線としては BiSrCaCuO なる組成の超伝導素線を例示することができる。

30

【0009】

本発明の超伝導コイル構造を構成する超伝導コイルは、NbTi / Cu 超伝導素線などの超伝導素線の周囲をアルミニウム合金安定化材で囲むようにして形成された複合型の超伝導部材から構成されている。この場合、前記超伝導素線に電流が流れることによって強磁場が生成されるが、前記超伝導素線はアルミニウム合金安定化材で覆われているため、自己が生成した前記磁場に起因した電磁力の影響によって、弾性範囲を超えて変形したりすることがない。結果として、超伝導コイル全体が前記電磁力の影響によって変形することなく、自己の形態を維持できるようになる。

40

【0010】

したがって、前述したような超伝導コイルを保持するためのサポートシリンダーを必要としなくなるため、上記超伝導コイルを直接的に超伝導マグネットとして使用することができるようになり、その結果、超伝導マグネットの軽量化及び薄肉化を達成することができる。したがって、本発明の超伝導コイル構造は、このような軽量化及び薄肉化された、複数の超伝導コイル、すなわち複数の超伝導マグネットを用いて形成されるので、それ自体が軽量化され、宇宙空間における大規模強磁場空間を生成するための超伝導マグネットとして使用することができるようになる。

【0011】

50

また、本発明の超伝導コイル構造は、前記超伝導部材をソレノイド型に巻回してなる超伝導コイルを複数用い、前記複数の超伝導コイルを互いに対をなすように配置するとともに、相対向する一对の超伝導コイルの極性を逆向きにし、前記複数のコイルから発生した磁束が前記複数の超伝導コイル内を貫通して閉ループを形成するようにしている。

【0012】

したがって、本発明の超伝導コイル構造によれば、前記超伝導コイル構造から発生した磁束は閉ループを形成するために、超伝導コイル構造全体としては磁気双極子モーメントが形成されない。したがって、前記超伝導コイル構造を宇宙空間に配置して大規模強磁場空間を生成した場合においても、地磁気との相互作用を排除することができ、前記超伝導コイルはトルクの影響を受けることがない。したがって、本発明の超伝導コイル構造によれば、特殊な設備を必要とすることなく、前記超伝導コイル構造を宇宙空間内に配置して、強磁場空間を安定的に発生させることができるようになる。

10

【0013】

また、本発明の超伝導スペクトロメータは、上述した超伝導コイル構造の少なくとも一つにおいて、その内部に粒子検出器を配置したことを特徴とする。上述したように、本発明の超伝導コイル構造によれば、地磁気との相互作用によるトルクの影響を受けることなく、強磁場空間を形成することができる。したがって、この強磁場を用いて荷電粒子を偏向させ、前記粒子検出器を用いてその運動量を計測することができるようになる。

【0014】

さらに、本発明の磁束の生成方法は、上記超伝導コイル構造を用いるものであって、超伝導素線と、断面方向において、前記超伝導素線の周囲を囲むようにして配置されたアルミニウム合金安定化材とからなるとともに、生成された電磁力に対して自己保持できる超伝導部材をソレノイド型に巻回してなる超伝導コイルを複数準備する工程と、前記複数の超伝導コイルを相対向する一对の超伝導コイルの極性が互いに逆向きとなるように配置し、前記複数の超伝導コイルから発生した磁束が前記複数の超伝導コイル内を貫通して閉ループを形成する工程と、を具えることを特徴とする。

20

【発明の効果】

【0015】

以上説明したように、本発明によれば、宇宙空間における大規模強磁場空間を生成するために使用することのできる、軽量かつ薄肉の超伝導マグネットとして使用し、磁気双極子を形成することのない超伝導コイル構造を提供することができる。また、このコイル構造を用いた磁束の生成方法を提供することができる。さらには、前記超伝導コイル構造及び前記磁束の生成方法を利用した、地磁気との相互作用に起因したトルクの影響を受けることのない、超伝導スペクトロメータ及びこのスペクトロメータを利用した荷電粒子の運動量計測方法を提供することができる。

30

【発明を実施するための最良の形態】

【0016】

以下、本発明の詳細、並びにその他の特徴及び利点について、最良の形態に基づいて詳細に説明する。

40

【0017】

図3は、本発明の超伝導コイル構造に用いる超伝導コイルの全体を概略的に示す斜視図であり、図4は、図3に示す超伝導コイルの囲み部分を拡大して示す断面図である。

【0018】

図4から明らかなように、超伝導コイル30は、超伝導部材31が2層に巻回されて、ソレノイド型の超伝導コイルを構成している。超伝導部材31間は薄板シェル32が挿入されている。この薄板シェル32を設けることによって、超伝導部材31のアライメントを確実にこなうことができ、機械的な安定性を向上させることができる。また、軸方向Xの熱伝導を容易にし、図示しない冷却装置による超伝導コイル全体の伝導冷却を簡易に行なうことができるようになる。

50

【0019】

薄板シェル32は、例えばアルミニウム、アルミニウム合金、複合プラスチック及び電気絶縁性フィルムの少なくとも一つから構成することが好ましい。

【0020】

また、超伝導部材31と薄板シェル32の間には、テープ状の電気絶縁部材33が設けられており、超伝導部材31同士、及び超伝導部材31と薄板シェル32との電氣的絶縁性を確実に保持するように構成されている。

【0021】

超伝導部材31は、図5に示すように、超伝導素線310と、超導電素線310を囲むようにして形成されたアルミニウム合金安定化材311とから構成されている。超伝導素線310は良好な超伝導特性を示し、電流を流すことによって巨大な磁場を生成する。一方、超伝導素線310は、その周囲が高強度のアルミニウム合金安定化材311で覆われている。したがって、超伝導素線310、すなわち超伝導部材31は自己が生成した前記磁場に起因した電磁力を受けても、アルミニウム合金安定化材311によって変形することなく、自己の形態を維持することができるようになる。

10

【0022】

したがって、図3及び図4に示すように、従来のようなサポートシリンダーを設けることなく、超伝導コイル自体の形態を維持することができるようになり、超伝導コイル単独で、宇宙空間に強磁場空間を生成できるような超伝導マグネットを構成することができる。

20

【0023】

なお、上述したように、超伝導素線310は銅マトリックス中にNbTiフィラメントが埋設されてなるNbTi/Cu超伝導素線、MgB₂超伝導素線、又はBiSrCaCuOなる組成のピスマス系高温超伝導素線などから構成することができる。超伝導素線310をNbTi/Cu超伝導素線から構成する場合、具体的には銅マトリックス中に数千本単位のNbTi超伝導フィラメントが埋設されたような構成を採ることが好ましい。

【0024】

アルミニウム合金安定化材311は少なくともAlを95%以上含んでいることが好ましく、さらには99%以上含んでいることが好ましい。そして、Alの他にはNi、Zn、Si、Cu及びMgから選ばれる少なくとも一種を含むことが好ましい。これによって、アルミニウム合金安定化材311の高強度化を簡易に達成することができ、図3及び図4に示す超伝導コイルから巨大な磁場を生成した場合においても、その形態を簡易に保持できるようになる。

30

【0025】

超伝導素線310の直径dは2mm以下であることが好ましく、さらには0.8mm以下であることが好ましい。同様に、超伝導部材31の直径Dは3mm以下であることが好ましく、さらには1.2mm以下であることが好ましい。また、超伝導素線310の直径dは0.2mm以上であることが好ましく、さらには0.4mm以上であることが好ましい。さらに、超伝導部材31の直径Dは0.4mm以上であることが好ましく、さらには0.6mm以上であることが好ましい。

40

【0026】

なお、超伝導部材31は、一辺が前記直径Dと同寸法の矩形断面を有していても良い。これによって超伝導素線310、すなわち超伝導部材31から巨大な磁場を生成することができるとともに、超伝導部材31の強度を十分に高く維持することができ、超伝導コイルの変形を防止して、その形態を維持することができるようになる。

【0027】

図6は、本発明の超伝導コイル構造の一例を示す概略図であり、図7は、本発明の超伝導コイル構造の他の例を示す概略図である。図6に示す超伝導コイル構造は、図3及び図4に示す超伝導コイル30を2つ準備し、互いの極性が逆向きで対をなすようにして構成されている。同様に、図7に示す超伝導コイル構造は、図3及び図4に示す超伝導コイル

50

30を4つ準備し、これらを2組に分離して、各組において互いの極性が逆向きで対をなすようにして構成している。

【0028】

したがって、図6及び図7に示す超伝導コイル構造においては、上下並びに左右に配置された超伝導コイル30で生成された磁束は、図中矢印で示すように互いに閉ループを形成し、超伝導コイルシステム全体としては磁気双極子モーメントが形成されないか、又は打ち消される。この結果、前記超伝導コイル構造を宇宙空間に配置して大規模強磁場空間を生成した場合においても、地磁気との相互作用を排除することができ、前記超伝導コイルは地磁気との相互作用によるトルクの影響を受けない。したがって、本発明の超伝導コイルによれば、特殊な設備を必要とすることなく、前記超伝導コイルを宇宙空間内に配置して、強磁場空間を安定的に発生させることができるようになる。

10

【0029】

図8は、本発明の超伝導スペクトロメータの一例を示す概略図である。図8に示す超伝導スペクトロメータは、図6に示す本発明の超伝導コイル構造を含んでいる。そして、互いに対をなす2つの超伝導コイル30内部には粒子検出システム40が配置されている。上述したように、図8に示す超伝導スペクトロメータにおいては、各超伝導コイル30が生成する磁束は図中矢印で示す方向に閉ループを形成するようになる。

【0030】

したがって、図8に示す超伝導スペクトロメータは磁気双極子を形成せず、その結果、地磁気との相互作用によるトルクの影響を受けないこと、強磁場空間を形成することができる。したがって、この強磁場を用いて荷電粒子を偏向させ、前記粒子検出器を用いてその運動量を計測することができるようになる。

20

【0031】

なお、粒子検出システムは、計測すべき荷電粒子の種類に応じて適宜設計して作製する。

【0032】

以上、具体例を示しながら発明の実施の形態に則して本発明を説明してきたが、本発明は上記内容に限定されるものではなく、本発明の範疇を逸脱しない範囲において、あらゆる変形や変更が可能である。

【図面の簡単な説明】

30

【0033】

【図1】従来の超伝導マグネットの全体を概略的に示す斜視図である。

【図2】図1に示す超伝導マグネットの囲み部分を拡大して示す断面図である。

【図3】本発明の超伝導コイル構造に用いる超伝導コイルの全体を概略的に示す斜視図である。

【図4】図3に示す超伝導コイルの囲み部分を拡大して示す断面図である。

【図5】超伝導部材の断面図である。

【図6】本発明の超伝導コイル構造の一例を示す概略図である。

【図7】本発明の超伝導コイル構造の他の例を示す概略図である。

【図8】本発明の超伝導スペクトロメータの一例を示す概略図である。

40

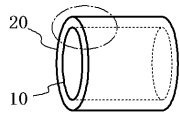
【符号の説明】

【0034】

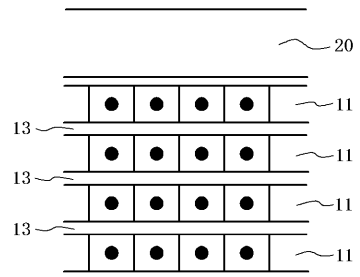
- 10、30 超伝導コイル
- 11、31 超伝導部材
- 13、33 電気絶縁部材
- 20 サポートシリンダー
- 32 薄板シェル
- 310 超伝導素線
- 311 アルミニウム合金安定化材
- 40 粒子検出システム

50

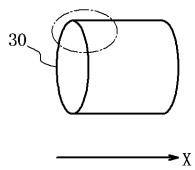
【 図 1 】



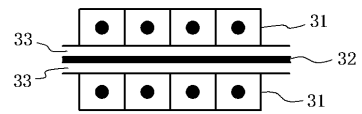
【 図 2 】



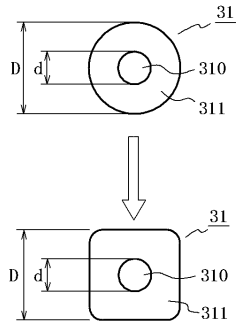
【 図 3 】



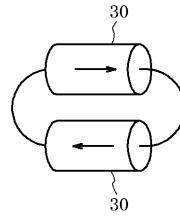
【 図 4 】



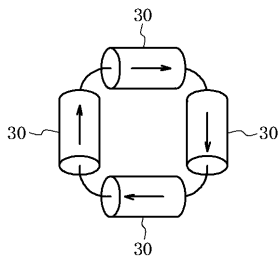
【 図 5 】



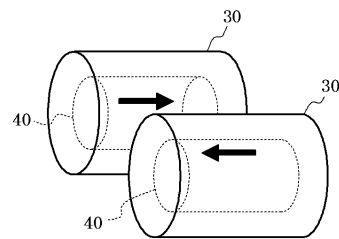
【 図 6 】



【 図 7 】



【 図 8 】



フロントページの続き

(74)代理人 100119530

弁理士 富田 和幸

(74)代理人 100110180

弁理士 阿相 順一

(72)発明者 山本 明

茨城県つくば市梅園2 - 3 1 - 1 9

(72)発明者 槇田 康博

茨城県つくば市竹園3丁目5 0 1 - 3 0 2

Fターム(参考) 5H032 BB10 EE01 HH01 HH04