

(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2005-158437

(P2005-158437A)

(43) 公開日 平成17年6月16日(2005.6.16)

(51) Int. Cl.⁷

H05H 7/04
G21K 1/093
H05H 13/04

F I

H05H 7/04
G21K 1/093 D
H05H 13/04 E
H05H 13/04 G

テーマコード(参考)

2G085

審査請求 有 請求項の数 19 O L (全 18 頁)

(21) 出願番号 特願2003-394195 (P2003-394195)

(22) 出願日 平成15年11月25日(2003.11.25)

(71) 出願人 504151365

大学共同利用機関法人 高エネルギー加速器研究機構

茨城県つくば市大穂1番地1

(74) 代理人 100072051

弁理士 杉村 興作

(72) 発明者 和気 正芳

茨城県つくば市千現1-14-15

(72) 発明者 酒井 泉

茨城県つくば市上境397

Fターム(参考) 2G085 AA13 BA13 BA14 BC02 BC03
BC05 BC15 BC18 BD01 BE01
EA02

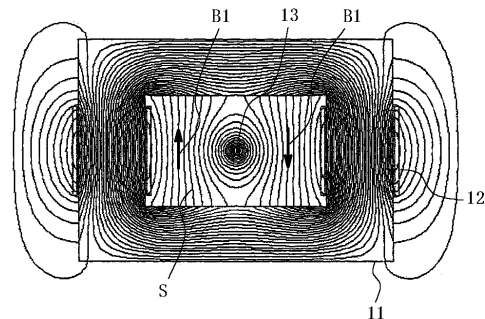
(54) 【発明の名称】 磁場形成方法、及び磁場形成装置

(57) 【要約】

【課題】 超伝導物質のマイスナー効果を利用した新規な技術を提供する。

【解決手段】 ヨーク部材11で囲まれることによって形成された空間領域S内の略中心に、点状の超伝導部材13を配置する。次いで、コイル12に所定の電流を流すことによってヨーク部材11内に周回磁場B0を形成する。次いで、超伝導部材13を所定温度まで冷却して超伝導特性を発現させ、超伝導部材13のマイスナー効果に起因した完全反磁性によって、互いに打ち消し合っていた超伝導部材13の両側に位置する磁場を分離し、超伝導部材13の両側において互いに逆向きの対向磁場B1が生成されるようになる。

【選択図】 図2



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

周回構造のヨーク部材内を準備する工程と、
前記ヨーク部材で囲まれることによって形成される空間領域内に超伝導部材を配置する工程と、

前記ヨーク部材内に周回磁場を形成する工程と、

前記超伝導部材内にマイスナー効果を発現させ、前記ヨーク部材の前記空間領域内に所定の磁場を生成する工程と、
を具えることを特徴とする、磁場形成方法。

【請求項 2】

前記超伝導部材は板状を呈することを特徴とする、請求項 1 に記載の磁場形成方法。

10

【請求項 3】

前記超伝導部材は、その主面が前記ヨーク部材の内周面における接線方向と略平行となるように配置することを特徴とする、請求項 2 に記載の磁場形成方法。

【請求項 4】

前記ヨーク部材は矩形状の閉周回構造を呈し、前記超伝導部材は、前記主面が前記ヨーク部材の内周面と略平行となるように配置することを特徴とする、請求項 3 に記載の磁場形成方法。

【請求項 5】

前記ヨーク部材で形成される前記空間領域の少なくとも一部は真空に保持することを特徴とする、請求項 1 ~ 4 のいずれか一に記載の磁場形成方法。

20

【請求項 6】

前記磁場は、前記超伝導部材の両側において形成された対向磁場であることを特徴とする、請求項 2 ~ 5 のいずれか一に記載の磁場形成方法。

【請求項 7】

前記超伝導部材は、Nb、NbTi、Nb₃Sn、MgB₂、YBCO、及びBSCCO から選ばれる少なくとも一種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磁場形成方法。

【請求項 8】

前記超伝導部材の厚さが 0.1 mm ~ 3 mm であることを特徴とする、請求項 1 ~ 7 のいずれか一に記載の磁場形成方法。

30

【請求項 9】

前記磁場の大きさが 0.2 T 以上であることを特徴とする、請求項 1 ~ 8 のいずれか一に記載の磁場形成方法。

【請求項 10】

周回構造のヨーク部材と、

前記ヨーク部材内に周回磁場を形成するための磁場生成手段と、

前記ヨーク部材で囲まれることによって形成される空海領域内に配置された超伝導部材と、

前記超伝導部材を所定温度まで冷却し、前記超伝導部材内にマイスナー効果を発現させて前記ヨーク部材の前記空間領域内に所定の磁場を生成するための冷却手段と、
を具えることを特徴とする、磁場形成装置。

40

【請求項 11】

前記超伝導部材は板状を呈することを特徴とする、請求項 10 に記載の磁場形成装置。

【請求項 12】

前記超伝導部材は、その主面が前記ヨーク部材の内周面における接線方向と略平行となるように配置したことを特徴とする、請求項 11 に記載の磁場形成装置。

【請求項 13】

前記ヨーク部材は矩形状の閉周回構造を呈し、前記超伝導部材は、前記主面が前記ヨーク部材の内周面と略平行となるように配置したことを特徴とする、請求項 12 に記載の磁

50

場形成装置。

【請求項 14】

前記ヨーク部材で形成される前記空間領域の少なくとも一部を真空に保持するための真空保持手段を具えることを特徴とする、請求項 10 ~ 13 のいずれか一に記載の磁場形成装置。

【請求項 15】

前記磁場は、前記超伝導部材の両側において形成された対向磁場であることを特徴とする、請求項 11 ~ 14 のいずれか一に記載の磁場形成装置。

【請求項 16】

前記超伝導部材は、Nb、NbTi、Nb₃Sn、MgB₂、YBCO、及びBSCCO から選ばれる少なくとも一種であることを特徴とする、請求項 10 ~ 15 のいずれか一に記載の磁場形成装置。 10

【請求項 17】

前記超伝導部材の厚さが 0.1 mm ~ 3 mm であることを特徴とする、請求項 10 ~ 16 のいずれか一に記載の磁場形成装置。

【請求項 18】

前記磁場の大きさが 0.2 T 以上であることを特徴とする、請求項 10 ~ 17 のいずれか一に記載の磁場形成装置。

【請求項 19】

請求項 10 ~ 18 のいずれか一に記載の磁場形成装置を具えることを特徴とする、セプトム磁石。 20

【請求項 20】

周回構造のセプトム導体を準備する工程と、
前記セプトム導体で囲まれることによって形成される空間領域内に板状の超伝導部材を配置する工程と、

前記セプトム導体内の周方向において、周回磁場を形成する工程と、

前記超伝導部材内にマイスナー効果を発現させ、前記超伝導部材の両側において対向磁場を形成する工程と、

前記セプトム導体で形成される前記空間領域内に、前記セプトム導体の長手方向に沿ってビームを導入し、前記対向磁場によって偏向させる工程と、
を具えることを特徴とする、ビーム偏向方法。 30

【請求項 21】

前記超伝導部材は、その主面が前記セプトム導体の内周面における接線方向と略平行となるように配置することを特徴とする、請求項 20 に記載のビーム偏向方法。

【請求項 22】

前記セプトム導体は矩形状の閉周回構造を呈し、前記超伝導部材は、前記主面が前記セプトム導体の内周面と略平行となるように配置することを特徴とする、請求項 21 に記載のビーム偏向方法。

【請求項 23】

前記ヨーク部材で形成される前記空間領域の、前記ビームの通過領域を真空に保持することを特徴とする、請求項 20 ~ 22 のいずれか一に記載のビーム偏向方法。 40

【請求項 24】

前記超伝導部材は、Nb、NbTi、Nb₃Sn、MgB₂、YBCO、及びBSCCO から選ばれる少なくとも一種であることを特徴とする、請求項 20 ~ 23 のいずれか一に記載のビーム偏向方法。

【請求項 25】

前記超伝導部材の厚さが 0.1 mm ~ 3 mm であることを特徴とする、請求項 20 ~ 24 のいずれか一に記載のビーム偏向方法。

【請求項 26】

前記磁場の大きさが 0.2 T 以上であることを特徴とする、請求項 20 ~ 25 のいずれ 50

か一に記載のビーム偏向方法。

【請求項 27】

周回構造のセプタム導体を準備する工程と、

前記セプタム導体で囲まれることによって形成される空間領域内に板状の超伝導部材を複数配置する工程と、

前記セプタム導体内の周方向において、周回磁場を形成する工程と、

前記超伝導部材内にマイスナー効果を発現させ、前記超伝導部材の両側において対向磁場を形成する工程と、

前記セプタム導体で形成される前記空間領域内に、前記セプタム導体の長手方向に沿って周回軌道上の複数のビームを導入し、前記対向磁場によって前記複数のビームを偏向させ、前記複数のビームの少なくとも一部を外部に取り出すとともに、前記複数のビームの残部を前記周回軌道上に復帰させる工程と、

を具えることを特徴とする、ビーム偏向方法。

10

【請求項 28】

前記超伝導部材は、その主面が前記セプタム導体の内周面における接線方向と略平行となるように配置することを特徴とする、請求項 27 に記載のビーム偏向方法。

【請求項 29】

前記セプタム導体は矩形状の閉周回構造を呈し、前記超伝導部材は、前記主面が前記セプタム導体の内周面と略平行となるように配置することを特徴とする、請求項 28 に記載のビーム偏向方法。

20

【請求項 30】

前記ヨーク部材で形成される前記空間領域の、前記ビームの通過領域を真空に保持することを特徴とする、請求項 27 ~ 29 のいずれか一に記載のビーム偏向方法。

【請求項 31】

前記複数の超伝導部材は、前記セプタム導体で形成される前記空間領域において、前記セプタム導体の長手方向において順次に配置された第 1 の超伝導部材、第 2 の超伝導部材及び第 3 の超伝導部材から構成し、

前記第 1 の超伝導部材の長さ及び前記第 3 の超伝導部材の長さの合計と、前記第 2 の超伝導部材の長さとを等するとともに、

前記第 1 の超伝導部材及び前記第 3 の超伝導部材を同一平面内に配置し、前記第 2 の超伝導部材を前記第 1 の超伝導部材及び前記第 3 の超伝導部材と、互いの主面が略平行となるように離隔して配置することを特徴とする、請求項 27 ~ 30 のいずれか一に記載のビーム偏向方法。

30

【請求項 32】

前記複数のビームの、外部に取り出すべく前記少なくとも一部は、前記第 2 の超伝導部材の、前記第 1 の超伝導部材及び前記第 3 の超伝導部材と相対する外方側に導入することを特徴とする、請求項 31 に記載のビーム偏向方法。

【請求項 33】

前記複数のビームの、前記周回軌道上に復帰させる前記残部は、前記第 1 の超伝導部材及び前記第 3 の超伝導部材と、前記第 2 の超伝導部材とで形成される間隙内に導入することを特徴とする、請求項 31 又は 32 に記載のビーム偏向方法。

40

【請求項 34】

前記超伝導部材は、Nb、NbTi、Nb₃Sn、MgB₂、YBCO、及びBSCCO から選ばれる少なくとも一種であることを特徴とする、請求項 27 ~ 33 のいずれか一に記載のビーム偏向方法。

【請求項 35】

前記超伝導部材の厚さが 0.1 mm ~ 3 mm であることを特徴とする、請求項 27 ~ 34 のいずれか一に記載のビーム偏向方法。

【請求項 36】

前記磁場の大きさが 0.2 T 以上であることを特徴とする、請求項 27 ~ 35 のいずれ

50

か一に記載のビーム偏向方法。

【請求項 37】

周回構造のセプタム導体と、

前記セプタム導体内の周方向において、周回磁場を形成するための磁場生成手段と、

前記セプタム導体で囲まれることによって形成される空間領域内に配置された板状の超伝導部材と、

前記超伝導部材を所定温度まで冷却し、前記超伝導部材内にマイスナー効果を発現させて前記超伝導部材の両側において対向磁場を形成するための冷却手段と、

を具えることを特徴とする、ビーム偏向装置。

【請求項 38】

前記超伝導部材は、その主面が前記セプタム導体の内周面における接線方向と略平行となるように配置したことを特徴とする、請求項 37 に記載のビーム偏向装置。

【請求項 39】

前記セプタム導体は矩形状の閉周回構造を呈し、前記超伝導部材は、前記主面が前記セプタム導体の内周面と略平行となるように配置したことを特徴とする、請求項 38 に記載のビーム偏向装置。

【請求項 40】

前記ヨーク部材で形成される前記空間領域の、前記ビームの通過領域を真空に保持するための真空保持手段を具えることを特徴とする、請求項 37 ~ 39 のいずれか一に記載のビーム偏向装置。

【請求項 41】

前記超伝導部材は、前記セプタム導体で形成される前記空間領域において、前記セプタム導体の長手方向において順次に配置された第 1 の超伝導部材、第 2 の超伝導部材及び第 3 の超伝導部材から構成され、

前記第 1 の超伝導部材の長さ及び前記第 3 の超伝導部材の長さの合計と、前記第 2 の超伝導部材の長さとは等しく、

前記第 1 の超伝導部材及び前記第 3 の超伝導部材を同一平面内に配置し、前記第 2 の超伝導部材を前記第 1 の超伝導部材及び前記第 3 の超伝導部材と、互いの主面が略平行となるように離隔して配置したことを特徴とする、請求項 37 ~ 40 のいずれか一に記載のビーム偏向装置。

【請求項 42】

前記超伝導部材は、Nb、NbTi、Nb₃Sn、MgB₂、YBCO、及びBSCCO から選ばれる少なくとも一種であることを特徴とする、請求項 37 ~ 41 のいずれか一に記載のビーム偏向装置。

【請求項 43】

前記超伝導部材の厚さが 0.1 mm ~ 3 mm であることを特徴とする、請求項 37 ~ 42 のいずれか一に記載のビーム偏向装置。

【請求項 44】

前記磁場の大きさが 0.2 T 以上であることを特徴とする、請求項 37 ~ 43 のいずれか一に記載のビーム偏向装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、磁場形成方法、磁場形成装置、ビーム偏向方法、及びビーム偏向装置に関する。

【背景技術】

【0002】

超伝導特性が見出されて以来、その特性を利用した種々の製品が開発され、さらに実用的な見地から、より高温で超伝導特性を発現させるべく、新規な超伝導物質の研究開発が盛んに行われている。一方で、超伝導特性の総てが有効に利用されているものではなく、

10

20

30

40

50

特にマイスナー効果については、ほとんど利用されていないのが現状である。

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0003】

本発明は、超伝導物質のマイスナー効果を利用した新規な技術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】

【0004】

本発明は、
周回構造のヨーク部材内を準備する工程と、
前記ヨーク部材で囲まれることによって形成される空間領域内に超伝導部材を配置する工程と、
前記ヨーク部材内に周回磁場を形成する工程と、
前記超伝導部材内にマイスナー効果を発現させ、前記ヨーク部材の前記空間領域内に所定の磁場を生成する工程と、
を具えることを特徴とする、磁場形成方法に関する。

10

【0005】

また、本発明は、
周回構造のヨーク部材と、
前記ヨーク部材内に周回磁場を形成するための磁場生成手段と、
前記ヨーク部材で囲まれることによって形成される空間領域内に配置された超伝導部材と、
前記超伝導部材を所定温度まで冷却し、前記超伝導部材内にマイスナー効果を発現させて前記ヨーク部材の前記空間領域内に所定の磁場を生成するための冷却手段と、
を具えることを特徴とする、磁場形成装置に関する。

20

【0006】

本発明によれば、内部に周回磁場が形成された周回構造のヨーク部材を準備し、このヨーク部材で形成された空間領域内に超伝導部材を配置し、そのマイスナー効果を発現することによって、前記空間領域内に磁場を生成できるようになる。すなわち、本発明によれば、超伝導物質が有するマイスナー効果を利用した磁場生成が可能となる。

30

【0007】

さらに、本発明は、
周回構造のセプトム導体を準備する工程と、
前記セプトム導体で囲まれることによって形成される空間領域内に板状の超伝導部材を配置する工程と、
前記セプトム導体内の周方向において、周回磁場を形成する工程と、
前記超伝導部材内にマイスナー効果を発現させ、前記超伝導部材の両側において対向磁場を形成する工程と、
前記セプトム導体で形成される前記空間領域内に、前記セプトム導体の長手方向に沿ってビームを導入し、前記対向磁場によって偏向させる工程と、
を具えることを特徴とする、ビーム偏向方法に関する。

40

【0008】

また、本発明は、
周回構造のセプトム導体と、
前記セプトム導体内の周方向において、周回磁場を形成するための磁場生成手段と、
前記セプトム導体で囲まれることによって形成される空間領域内に配置された板状の超伝導部材と、
前記超伝導部材を所定温度まで冷却し、前記超伝導部材内にマイスナー効果を発現させて前記超伝導部材の両側において対向磁場を形成するための冷却手段と、
を具えることを特徴とする、ビーム偏向装置に関する。

50

【0009】

本発明によれば、周方向に周回磁場が形成された周回構造のセプタム導体を準備し、このセプタム導体で形成された空間領域内に板状の超伝導部材を配置し、そのマイスナー効果を発現することによって、前記空間領域内において、前記超伝導部材の両側において、互いに向きの異なる対向磁場を生成できるようになる。そして、前記セプタム導体の長手方向にビームを導入することによって、前記対向磁場を利用し、前記ビームを偏向することができるようになる。すなわち、本発明によれば、超伝導物質が有するマイスナー効果を利用した磁場生成によるビーム偏向が可能となる。

【発明の効果】

【0010】

以上説明したように、本発明によれば、マイスナー効果を利用した磁場発生方法及び磁場発生装置、並びにビーム偏向方法及びビーム偏向装置を提供できるようになる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0011】

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。

【0012】

図1及び図2は、本発明の磁場生成方法及び装置の一例を説明するための図である。最初に、図1に示すように、鉄芯などからなる矩形状の閉周回構造を呈するヨーク部材11を準備し、このヨーク部材11の周回方向と垂直な外周上にコイル12を巻回する。次いで、ヨーク部材11で囲まれることによって形成された空間領域S内の略中心に、点状の超伝導部材13を配置する。さらに、コイル12に所定の電流を流すことによって磁場B0を生成する。この磁場B0は、空間領域S内では互いに打ち消し合って消滅する結果、ヨーク部材11に吸収されて周回磁場となる。

【0013】

次いで、超伝導部材13に対して図示しない冷却チューブなどの冷却手段を接続し、超伝導部材13を所定温度まで冷却して超伝導特性を発現させる。すると、図2に示すように、超伝導部材13のマイスナー効果に起因した完全反磁性によって、超伝導部材13はわずかな磁場の侵入も許容しなくなり、互いに打ち消し合っていた超伝導部材13の両側に位置する磁場を分離し、超伝導部材13の両側において互いに逆向きに対向磁場B1が生成されるようになる。

【0014】

このとき、ヨーク部材11内に吸収されていた周回磁場B0の一部が空間領域S内に次々と引き込まれて行くようになる。したがって、対向磁場B1は十分に高い強度を有するようになり、種々の用途に供することができるようになる。

【0015】

例えば、超伝導部材13を以下に示すような好ましい材料から構成し、その形状及び大きさなどを適宜に制御することにより、0.2T以上の大きさの対向磁場B1を生成することができる。なお、現状得られる対向磁場B1の上限値は2T程度である。

【0016】

このように本発明によれば、超伝導部材13のマイスナー効果を利用することによって、実用に供することができる対向磁場B1を生成することができる。

【0017】

図3は、本発明の磁場生成方法及び装置の他の例を説明するための図である。本例においては、図1及び図2に示す例と比較し、点状の超伝導部材13の代わりに板状の超伝導部材14を設けている点で異なり、その他の点については上記例と同様である。超伝導部材14は、ヨーク部材11で形成される空間領域S内の略中心において、その主面がヨーク部材11の内周面と略平行となるように設ける。

【0018】

本例においても、ヨーク部材11内に周回磁場B0を形成した状態で、超伝導部材14

10

20

30

40

50

に対して図示しない冷却チューブなどの冷却手段を接続し、超伝導部材 14 を所定温度まで冷却して超伝導特性を発現させる。すると、図 3 に示すように、超伝導部材 14 のマイスナー効果に起因した完全反磁性によって、超伝導部材 14 はわずかな磁場の侵入も許容しなくなり、互いに打ち消し合っていた超伝導部材 14 の両側に位置する磁場を分離し、超伝導部材 14 の両側において互いに逆向きの対向磁場 B 2 が生成されるようになる。

【0019】

この場合も、ヨーク部材 11 内に吸収されていた周回磁場 B 0 の一部が空間領域 S 内に次々と引き込まれて行くようになる。したがって、対向磁場 B 2 は十分に高い強度を有するようになり、種々の用途に供することができるようになる。

【0020】

例えば、超伝導部材 14 を以下に示すような好ましい材料から構成し、その形状及び大きさなどを適宜に制御することにより、0.2 T 以上の大きさの対向磁場 B 1 を生成することができる。なお、現状得られる対向磁場 B 1 の上限値は 2 T 程度である。

【0021】

このように本発明によれば、超伝導部材 14 のマイスナー効果を利用することによって、実用に供することができる対向磁場 B 1 を生成することができる。

【0022】

なお、図 1 及び図 2 と図 3 との比較から明らかなように、超伝導部材の形状を板状とし、その主面がヨーク部材の内周面と略平行となるように配置することによって、より安定した対向磁場を形成できることが分かる。

【0023】

また、図 3 に示す例においては、矩形状の閉周回構造のヨーク部材を用いているが、リング形状の閉周回構造のヨーク部材を用いることもできる。この場合は、前記ヨーク部材の内周面における接線方向と略平行となるようにして前記超伝導部材を配置する。

【0024】

上記いずれの例においても、ヨーク部材 11 で形成される空間領域 S の少なくとも一部は真空に保持することが好ましい。これによって、対向磁場 B 1 及び B 2 をより安定して生成できるとともに、前記真空空間を利用したビーム偏向などの種々の用途に供することができるようになる。

【0025】

超伝導部材 13 及び 14 は、Nb、NbTi、Nb₃Sn、MgB₂、YBCO、及び BSCCO から選ばれる少なくとも一種から構成することができる。また、超伝導部材 13 及び 14 の厚さは 0.1 mm ~ 3 mm であることが好ましい。この場合、上述した高強度の対向磁場を比較的簡易に形成することができる。

【0026】

なお、超伝導部材 13 及び 14 の、空間領域 S における配置位置を適宜制御することによって、対向磁場以外の任意の分布を有する磁場を生成することができる。

【0027】

図 4 は、図 3 に示す磁場生成方法及び装置の変形例を示す図である。なお、図 4 に示す例においては、ヨーク部材 11 が連続した周回構造を構成することなく、その略中心部に一對の間隙 16 を有しており、超伝導部材 14 は間隙 16 内を貫通するようにして設けられている。このような場合においても、図 4 に示す装置に対し図 3 に関する例で説明したような操作を施すことにより、同様の対向磁場 B 2 を形成することができるようになる。なお、間隙 16 の大きさは、対向磁場 B 2 が生成できる範囲において適宜に設定する。

【0028】

図 5 及び図 6 は、本発明のビーム偏向方法及び装置の一例を示す構成図である。図 5 はビーム偏向装置 20 の正面図であり、図 6 は、図 5 に示すビーム偏向装置 20 の、長手方向における断面図である。

【0029】

図 5 及び図 6 に示すビーム偏向装置 20 においては、コイル 22 が巻回された矩形状の

10

20

30

40

50

閉周回構造のセプタム導体 2 1 と、セプタム導体 2 1 の内部に設けられたビームチューブ 2 7 と、ビームチューブ 2 7 の内部に設けられ、それぞれの主面がセプタム導体 2 1 の内周面と略平行となるようにして配置された第 1 の超伝導部材 2 3、第 2 の超伝導部材 2 4 及び第 3 の超伝導部材 2 5 とを具えている。

【 0 0 3 0 】

第 1 の超伝導部材 2 3 及び第 3 の超伝導部材 2 5 は同一平面内に設けられており、第 2 の超伝導部材 2 4 は、第 1 の超伝導部材 2 3 及び第 3 の超伝導部材 2 5 から、互いの主面が略平行となるように離隔して配置されている。また、第 1 の超伝導部材 2 3 の長さ及び第 3 の超伝導部材 2 5 の長さの合計と、第 2 の超伝導部材 2 4 の長さとは互いに等しく設定されている。また、ビームチューブ 2 7 の内部空間、従ってセプタム導体 2 1 の内部空間 T 内は、真空に保持されている。

10

【 0 0 3 1 】

コイル 2 2 に対して所定の電流を流すと、当初はセプタム導体 2 1 内を周回する周回磁場が形成されるが、第 1 の超伝導部材 2 3 から第 3 の超伝導部材 2 5 までを図示しない冷却チューブなどの冷却手段で所定温度まで冷却し、それらの部材に超伝導特性を出現させるようにする。すると、第 1 の超伝導部材 2 3 から第 3 の超伝導部材 2 5 のマイスナー効果に起因した完全反磁性により、各超伝導部材の両側には互いに逆向きの対向磁場 B 3 ~ B 5 が生成される。

【 0 0 3 2 】

したがって、周回軌道上にあるビーム P 1 及び P 2 をビーム偏向装置 2 0 のセプタム導体 2 7 内に導入すると、これらのビームは対向磁場 B 3 によって右方へ偏向される。次いで、ビーム P 2 は第 2 の超伝導部材 2 4 の、第 1 の超伝導部材 2 3 及び第 3 の超伝導部材 2 4 と相対する外方側に導入し、同方向の対向磁場 B 4 によって再び右方へ偏向される。その結果、ビーム P 2 は前記周回軌道から離隔し、外部へ取り出されるようになる。

20

【 0 0 3 3 】

一方、ビーム P 1 は第 1 の超伝導部材 2 3 で右方へ偏向された後、第 1 の超伝導部材 2 3 及び第 3 の超伝導部材 2 5 と第 2 の超伝導部材 2 4 との間隙に導入される。その結果、逆方向の対向磁場 B 4 によって左方へ偏向される。その後、第 3 の超伝導部材 2 5 の外方に導かれることによって、再び右方へ偏向される。

【 0 0 3 4 】

このように、ビーム P 1 は第 1 の超伝導部材 2 3 及び第 3 の超伝導部材 2 5 で右方へ偏向され、第 2 の超伝導部材 2 4 で左方へ偏向される。また、上述したように、第 1 の超伝導部材 2 3 の長さ及び第 3 の超伝導部材 2 5 の長さの合計と、第 2 の超伝導部材 2 4 の長さとは互いに等しく設定されているので、前記右方への偏向度合いと前記左方への偏向度合いとは等しくなる。その結果、ビーム P 1 については、超伝導部材 2 3 ~ 2 5 による偏向が相殺され、ビーム偏向装置 2 0 内を通過した後、前記周回軌道上に復帰することになる。この結果、ビーム偏向装置 2 0 によれば、ビーム P 2 のみを外部に取り出すことができるようになる。

30

【 0 0 3 5 】

本例においては、図 5 及び図 6 に示すように、矩形状の閉周回構造のセプタム導体 2 1 を用いたが、リング状の閉周回構造のセプタム導体 2 1 を用いることもできる。この場合は、セプタム導体 2 1 の内周面の接線方向と略平行となるように第 1 の超伝導部材 2 3 から第 3 の超伝導部材 2 5 を配置する。

40

【 0 0 3 6 】

第 1 の超伝導部材 2 3 から第 3 の超伝導部材 2 5 は、Nb、NbTi、Nb₃Sn、MgB₂、YBCO、及びBSCCOから選ばれる少なくとも一種から構成することができる。また、第 1 の超伝導部材 2 3 から第 3 の超伝導部材 2 5 の厚さは 0.1 mm ~ 3 mm であることが好ましい。この場合、対向磁場 B 3 ~ B 5 の大きさを 0.2 T 以上まで比較的簡易に上昇させることができる。

【 0 0 3 7 】

50

なお、上記具体例においては、セプタム導体 2 1 内に 3 つの超伝導部材を配置し、これらの超伝導部材から生成した対向磁場を利用して、所定のビームのみを外部に取出し、その他のビームについては周回軌道上に復帰させるようにしている。しかしながら、このような作用効果を奏するために要する超伝導部材の数は 3 つに限定されるものではなく、任意の数の超伝導部材を用いることもできる。

【 0 0 3 8 】

また、単一あるいは任意の数の超伝導部材を用い、ビームの一部を周回軌道上に復帰させることなく、総てを外部に取り出すようにすることもできる。

【 0 0 3 9 】

さらに上記例においては閉周回構造のセプタム導体 2 1 を用いているが、図 4 に示すような、略中心部に間隙を設けたようなセプタム導体を用いることもできる。この場合、前記間隙の大きさは、ビーム偏向が可能な程度に十分大きな対向磁場が生成できるように設定する。

【 0 0 4 0 】

以上、具体例を挙げながら発明の実施の形態に基づいて本発明を詳細に説明してきたが、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限り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 】

【 0 0 4 1 】

【 図 1 】 本発明の磁場生成方法及び装置の一例を説明するための図である。

【 図 2 】 同じく、本発明の磁場生成方法及び装置の一例を説明するための図である。

【 図 3 】 本発明の磁場生成方法及び装置の他の例を説明するための図である。

【 図 4 】 図 3 に示す磁場生成方法及び装置の変形例を示す図である。

【 図 5 】 本発明のビーム偏向方法及び装置の一例を示す構成図である。

【 図 6 】 同じく、本発明のビーム偏向方法及び装置の一例を示す構成図である。

【 符号の説明 】

【 0 0 4 2 】

- 1 1 ヨーク部材
- 1 2 コイル
- 1 3 点状の超伝導部材
- 1 4 板状の超伝導部材
- 1 6 間隙
- 2 0 ビーム偏向装置
- 2 1 セプタム導体
- 2 2 コイル
- 2 3 第 1 の超伝導部材
- 2 4 第 2 の超伝導部材
- 2 5 第 3 の超伝導部材
- 2 7 ビームチューブ
- S ヨーク部材で形成された空間領域
- T セプタム導体で形成された空間領域
- B 0 周回磁場
- B 1 ~ B 5 対向磁場

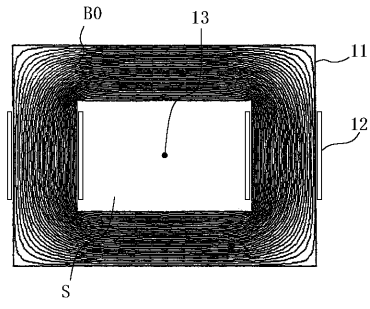
10

20

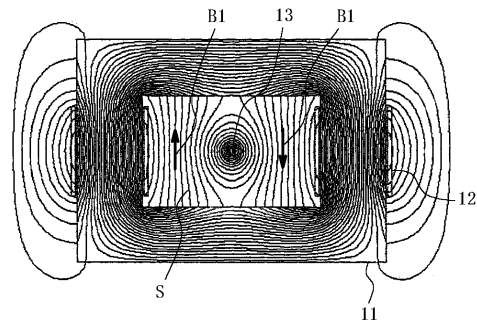
30

40

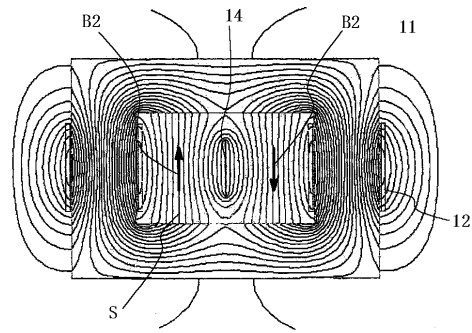
【 図 1 】



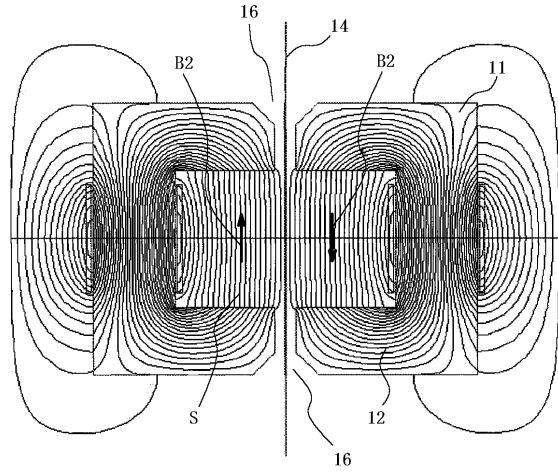
【 図 2 】



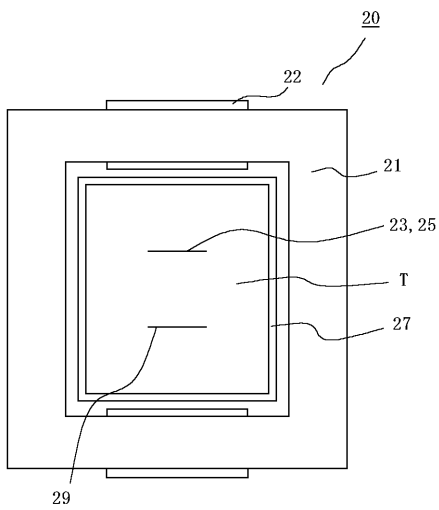
【 図 3 】



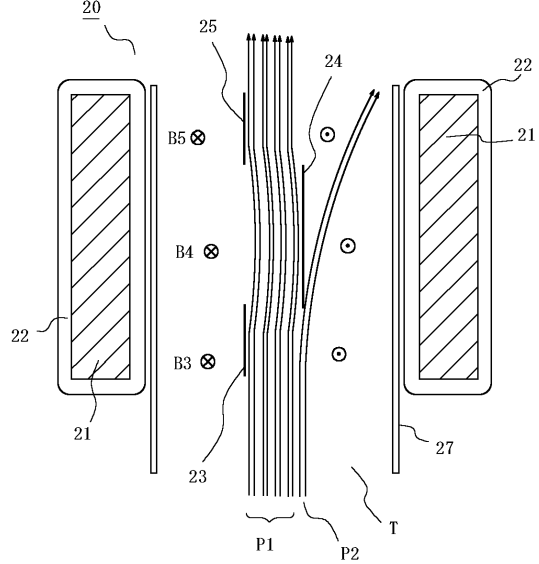
【 図 4 】



【 図 5 】



【 図 6 】



【手続補正書】

【提出日】平成15年12月12日(2003.12.12)

【手続補正1】

【補正対象書類名】特許請求の範囲

【補正対象項目名】全文

【補正方法】変更

【補正の内容】

【特許請求の範囲】

【請求項1】

周回構造のヨーク部材内を準備する工程と、
前記ヨーク部材で囲まれることによって形成される空間領域内に超伝導部材を配置する工程と、

前記ヨーク部材内に周回磁場を形成する工程と、

前記超伝導部材内にマイスナー効果を発現させ、前記ヨーク部材の前記空間領域内に所定の磁場を生成する工程と、
を具えることを特徴とする、磁場形成方法。

【請求項2】

前記超伝導部材は板状を呈することを特徴とする、請求項1に記載の磁場形成方法。

【請求項3】

前記超伝導部材は、その主面が前記ヨーク部材の内周面における接線方向と略平行となるように配置することを特徴とする、請求項2に記載の磁場形成方法。

【請求項4】

前記ヨーク部材は矩形状の閉周回構造を呈し、前記超伝導部材は、前記主面が前記ヨーク部材の内周面と略平行となるように配置することを特徴とする、請求項3に記載の磁場形成方法。

【請求項5】

前記ヨーク部材で形成される前記空間領域の少なくとも一部は真空に保持することを特徴とする、請求項1～4のいずれか一に記載の磁場形成方法。

【請求項6】

前記磁場は、前記超伝導部材の両側において形成された対向磁場であることを特徴とする、請求項2～5のいずれか一に記載の磁場形成方法。

【請求項7】

前記超伝導部材は、Nb、NbTi、Nb₃Sn、MgB₂、YBCO、及びBSCCOから選ばれる少なくとも一種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磁場形成方法。

【請求項8】

前記超伝導部材の厚さが0.1mm～3mmであることを特徴とする、請求項1～7のいずれか一に記載の磁場形成方法。

【請求項9】

前記磁場の大きさが0.2T以上であることを特徴とする、請求項1～8のいずれか一に記載の磁場形成方法。

【請求項10】

周回構造のヨーク部材と、

前記ヨーク部材内に周回磁場を形成するための磁場生成手段と、

前記ヨーク部材で囲まれることによって形成される空間領域内に配置された超伝導部材と、

前記超伝導部材を所定温度まで冷却し、前記超伝導部材内にマイスナー効果を発現させて前記ヨーク部材の前記空間領域内に所定の磁場を生成するための冷却手段と、
を具えることを特徴とする、磁場形成装置。

【請求項11】

前記超伝導部材は板状を呈することを特徴とする、請求項 10 に記載の磁場形成装置。

【請求項 12】

前記超伝導部材は、その主面が前記ヨーク部材の内周面における接線方向と略平行となるように配置したことを特徴とする、請求項 11 に記載の磁場形成装置。

【請求項 13】

前記ヨーク部材は矩形状の閉周回構造を呈し、前記超伝導部材は、前記主面が前記ヨーク部材の内周面と略平行となるように配置したことを特徴とする、請求項 12 に記載の磁場形成装置。

【請求項 14】

前記ヨーク部材で形成される前記空間領域の少なくとも一部を真空に保持するための真空保持手段を具えることを特徴とする、請求項 10 ~ 13 のいずれか一に記載の磁場形成装置。

【請求項 15】

前記磁場は、前記超伝導部材の両側において形成された対向磁場であることを特徴とする、請求項 11 ~ 14 のいずれか一に記載の磁場形成装置。

【請求項 16】

前記超伝導部材は、Nb、NbTi、Nb₃Sn、MgB₂、YBCO、及びBSCCO から選ばれる少なくとも一種であることを特徴とする、請求項 10 ~ 15 のいずれか一に記載の磁場形成装置。

【請求項 17】

前記超伝導部材の厚さが 0.1 mm ~ 3 mm であることを特徴とする、請求項 10 ~ 16 のいずれか一に記載の磁場形成装置。

【請求項 18】

前記磁場の大きさが 0.2 T 以上であることを特徴とする、請求項 10 ~ 17 のいずれか一に記載の磁場形成装置。

【請求項 19】

請求項 10 ~ 18 のいずれか一に記載の磁場形成装置を具えることを特徴とする、セクタ磁石。

【手続補正 2】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】全文

【補正方法】変更

【補正の内容】

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、磁場形成方法、及び磁場形成装置に関する。

【背景技術】

【0002】

超伝導特性が見出されて以来、その特性を利用した種々の製品が開発され、さらに実用的な見地から、より高温で超伝導特性を発現させるべく、新規な超伝導物質の研究開発が盛んに行われている。一方で、超伝導特性の総てが有効に利用されているものではなく、特にマイスナー効果については、ほとんど利用されていないのが現状である。

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0003】

本発明は、超伝導物質のマイスナー効果を利用した新規な技術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】

【0004】

本発明は、
周回構造のヨーク部材内を準備する工程と、
前記ヨーク部材で囲まれることによって形成される空間領域内に超伝導部材を配置する工程と、
前記ヨーク部材内に周回磁場を形成する工程と、
前記超伝導部材内にマイスナー効果を発現させ、前記ヨーク部材の前記空間領域内に所定の磁場を生成する工程と、
を具えることを特徴とする、磁場形成方法に関する。

【0005】

また、本発明は、
周回構造のヨーク部材と、
前記ヨーク部材内に周回磁場を形成するための磁場生成手段と、
前記ヨーク部材で囲まれることによって形成される空海領域内に配置された超伝導部材と、
前記超伝導部材を所定温度まで冷却し、前記超伝導部材内にマイスナー効果を発現させて前記ヨーク部材の前記空間領域内に所定の磁場を生成するための冷却手段と、
を具えることを特徴とする、磁場形成装置に関する。

【0006】

本発明によれば、内部に周回磁場が形成された周回構造のヨーク部材を準備し、このヨーク部材で形成された空間領域内に超伝導部材を配置し、そのマイスナー効果を発現することによって、前記空間領域内に磁場を生成できるようになる。すなわち、本発明によれば、超伝導物質が有するマイスナー効果を利用した磁場生成が可能となる。

【発明の効果】

【0007】

以上説明したように、本発明によれば、マイスナー効果を利用した磁場発生方法及び磁場発生装置を提供できるようになる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0008】

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。

【0009】

図1及び図2は、本発明の磁場生成方法及び装置の一例を説明するための図である。最初に、図1に示すように、鉄芯などからなる矩形状の閉周回構造を呈するヨーク部材11を準備し、このヨーク部材11の周回方向と垂直な外周上にコイル12を巻回する。次いで、ヨーク部材11で囲まれることによって形成された空間領域S内の略中心に、点状の超伝導部材13を配置する。さらに、コイル12に所定の電流を流すことによって磁場B0を生成する。この磁場B0は、空間領域S内では互いに打ち消し合って消滅する結果、ヨーク部材11に吸収されて周回磁場となる。

【0010】

次いで、超伝導部材13に対して図示しない冷却チューブなどの冷却手段を接続し、超伝導部材13を所定温度まで冷却して超伝導特性を発現させる。すると、図2に示すように、超伝導部材13のマイスナー効果に起因した完全反磁性によって、超伝導部材13はわずかな磁場の侵入も許容しなくなり、互いに打ち消し合っていた超伝導部材13の両側に位置する磁場を分離し、超伝導部材13の両側において互いに逆向きに対向磁場B1が生成されるようになる。

【0011】

このとき、ヨーク部材11内に吸収されていた周回磁場B0の一部が空間領域S内に次々と引き込まれて行くようになる。したがって、対向磁場B1は十分に高い強度を有するようになり、種々の用途に供することができるようになる。

【0012】

例えば、超伝導部材 13 を以下に示すような好ましい材料から構成し、その形状及び大きさなどを適宜に制御することにより、0.2 T 以上の大きさの対向磁場 B1 を生成することができる。なお、現状得られる対向磁場 B1 の上限値は 2 T 程度である。

【0013】

このように本発明によれば、超伝導部材 13 のマイスナー効果を利用することによって、実用に供することができる対向磁場 B1 を生成することができる。

【0014】

図 3 は、本発明の磁場生成方法及び装置の他の例を説明するための図である。本例においては、図 1 及び図 2 に示す例と比較し、点状の超伝導部材 13 の代わりに板状の超伝導部材 14 を設けている点で異なり、その他の点については上記例と同様である。超伝導部材 14 は、ヨーク部材 11 で形成される空間領域 S 内の略中心において、その主面がヨーク部材 11 の内周面と略平行となるように設ける。

【0015】

本例においても、ヨーク部材 11 内に周回磁場 B0 を形成した状態で、超伝導部材 14 に対して図示しない冷却チューブなどの冷却手段を接続し、超伝導部材 14 を所定温度まで冷却して超伝導特性を発現させる。すると、図 3 に示すように、超伝導部材 14 のマイスナー効果に起因した完全反磁性によって、超伝導部材 14 はわずかな磁場の侵入も許容しなくなり、互いに打ち消し合っていた超伝導部材 14 の両側に位置する磁場を分離し、超伝導部材 14 の両側において互いに逆向きの対向磁場 B2 が生成されるようになる。

【0016】

この場合も、ヨーク部材 11 内に吸収されていた周回磁場 B0 の一部が空間領域 S 内に次々と引き込まれて行くようになる。したがって、対向磁場 B2 は十分に高い強度を有するようになり、種々の用途に供することができるようになる。

【0017】

例えば、超伝導部材 14 を以下に示すような好ましい材料から構成し、その形状及び大きさなどを適宜に制御することにより、0.2 T 以上の大きさの対向磁場 B1 を生成することができる。なお、現状得られる対向磁場 B1 の上限値は 2 T 程度である。

【0018】

このように本発明によれば、超伝導部材 14 のマイスナー効果を利用することによって、実用に供することができる対向磁場 B1 を生成することができる。

【0019】

なお、図 1 及び図 2 と図 3 との比較から明らかなように、超伝導部材の形状を板状とし、その主面がヨーク部材の内周面と略平行となるように配置することによって、より安定した対向磁場を形成できることが分かる。

【0020】

また、図 3 に示す例においては、矩形状の閉周回構造のヨーク部材を用いているが、リング形状の閉周回構造のヨーク部材を用いることもできる。この場合は、前記ヨーク部材の内周面における接線方向と略平行となるようにして前記超伝導部材を配置する。

【0021】

上記いずれの例においても、ヨーク部材 11 で形成される空間領域 S の少なくとも一部は真空に保持することが好ましい。これによって、対向磁場 B1 及び B2 をより安定して生成できるとともに、前記真空空間を利用したビーム偏向などの種々の用途に供することができるようになる。

【0022】

超伝導部材 13 及び 14 は、Nb、NbTi、Nb₃Sn、MgB₂、YBCO、及び BSCCO から選ばれる少なくとも一種から構成することができる。また、超伝導部材 13 及び 14 の厚さは 0.1 mm ~ 3 mm であることが好ましい。この場合、上述した高強度の対向磁場を比較的簡易に形成することができる。

【0023】

なお、超伝導部材 13 及び 14 の、空間領域 S における配置位置を適宜制御することに

よって、対向磁場以外の任意の分布を有する磁場を生成することができる。

【0024】

図4は、図3に示す磁場生成方法及び装置の変形例を示す図である。なお、図4に示す例においては、ヨーク部材11が連続した周回構造を構成することなく、その略中心部に一对の間隙16を有しており、超伝導部材14は間隙16内を貫通するようにして設けられている。このような場合においても、図4に示す装置に対し図3に関する例で説明したような操作を施すことにより、同様の対向磁場B2を形成することができるようになる。なお、間隙16の大きさは、対向磁場B2が生成できる範囲において適宜に設定する。

【0025】

図5及び図6は、上述したビーム偏向方法及び装置の応用例であるビーム偏向方法及び装置を示す構成図である。図5はビーム偏向装置20の正面図であり、図6は、図5に示すビーム偏向装置20の、長手方向における断面図である。

【0026】

図5及び図6に示すビーム偏向装置20においては、コイル22が巻回された矩形状の閉周回構造のセプタム導体21と、セプタム導体21の内部に設けられたビームチューブ27と、ビームチューブ27の内部に設けられ、それぞれの主面がセプタム導体21の内周面と略平行となるようにして配置された第1の超伝導部材23、第2の超伝導部材24及び第3の超伝導部材25とを具えている。

【0027】

第1の超伝導部材23及び第3の超伝導部材25は同一平面内に設けられており、第2の超伝導部材24は、第1の超伝導部材23及び第3の超伝導部材25から、互いの主面が略平行となるように離隔して配置されている。また、第1の超伝導部材23の長さ及び第3の超伝導部材25の長さの合計と、第2の超伝導部材24の長さとは互いに等しく設定されている。また、ビームチューブ27の内部空間、従ってセプタム導体21の内部空間T内は、真空に保持されている。

【0028】

コイル22に対して所定の電流を流すと、当初はセプタム導体21内を周回する周回磁場が形成されるが、第1の超伝導部材23から第3の超伝導部材25までを図示しない冷却チューブなどの冷却手段で所定温度まで冷却し、それらの部材に超伝導特性を出現させるようにする。すると、第1の超伝導部材23から第3の超伝導部材25のマイスナー効果に起因した完全反磁性により、各超伝導部材の両側には互いに逆向きの対向磁場B3～B5が生成される。

【0029】

したがって、周回軌道上にあるビームP1及びP2をビーム偏向装置20のセプタム導体27内に導入すると、これらのビームは対向磁場B3によって右方へ偏向される。次いで、ビームP2は第2の超伝導部材24の、第1の超伝導部材23及び第3の超伝導部材24と相対する外方側に導入し、同方向の対向磁場B4によって再び右方へ偏向される。その結果、ビームP2は前記周回軌道から離隔し、外部へ取り出されるようになる。

【0030】

一方、ビームP1は第1の超伝導部材23で右方へ偏向された後、第1の超伝導部材23及び第3の超伝導部材25と第2の超伝導部材24との間隙に導入される。その結果、逆方向の対向磁場B4によって左方へ偏向される。その後、第3の超伝導部材25の外方に導かれることによって、再び右方へ偏向される。

【0031】

このように、ビームP1は第1の超伝導部材23及び第3の超伝導部材25で右方へ偏向され、第2の超伝導部材24で左方へ偏向される。また、上述したように、第1の超伝導部材23の長さ及び第3の超伝導部材25の長さの合計と、第2の超伝導部材24の長さとは互いに等しく設定されているので、前記右方への偏向度合いと前記左方への偏向度合いとは等しくなる。その結果、ビームP1については、超伝導部材23～25による偏向が相殺され、ビーム偏向装置20内を通過した後、前記周回軌道上に復帰することにな

る。この結果、ビーム偏向装置 20 によれば、ビーム P2 のみを外部に取り出すことができるようになる。

【0032】

本例においては、図 5 及び図 6 に示すように、矩形状の閉周回構造のセプタム導体 21 を用いたが、リング状の閉周回構造のセプタム導体 21 を用いることもできる。この場合は、セプタム導体 21 の内周面の接線方向と略平行となるように第 1 の超伝導部材 23 から第 3 の超伝導部材 25 を配置する。

【0033】

第 1 の超伝導部材 23 から第 3 の超伝導部材 25 は、Nb、NbTi、Nb₃Sn、MgB₂、YBCO、及び BSCCO から選ばれる少なくとも一種から構成することができる。また、第 1 の超伝導部材 23 から第 3 の超伝導部材 25 の厚さは 0.1 mm ~ 3 mm であることが好ましい。この場合、対向磁場 B3 ~ B5 の大きさを 0.2 T 以上まで比較的簡易に上昇させることができる。

【0034】

なお、上記具体例においては、セプタム導体 21 内に 3 つの超伝導部材を配置し、これらの超伝導部材から生成した対向磁場を利用して、所定のビームのみを外部に取出し、その他のビームについては周回軌道上に復帰させるようにしている。しかしながら、このような作用効果を奏するために要する超伝導部材の数は 3 つに限定されるものではなく、任意の数の超伝導部材を用いることもできる。

【0035】

また、単一あるいは任意の数の超伝導部材を用い、ビームの一部を周回軌道上に復帰させることなく、総てを外部に取り出すようにすることもできる。

【0036】

さらに上記例においては閉周回構造のセプタム導体 21 を用いているが、図 4 に示すような、略中心部に間隙を設けたようなセプタム導体を用いることもできる。この場合、前記間隙の大きさは、ビーム偏向が可能な程度に十分大きな対向磁場が生成できるように設定する。

【0037】

以上、具体例を挙げながら発明の実施の形態に基づいて本発明を詳細に説明してきたが、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限り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】

【0038】

【図 1】本発明の磁場生成方法及び装置の一例を説明するための図である。

【図 2】同じく、本発明の磁場生成方法及び装置の一例を説明するための図である。

【図 3】本発明の磁場生成方法及び装置の他の例を説明するための図である。

【図 4】図 3 に示す磁場生成方法及び装置の変形例を示す図である。

【図 5】図 1 ~ 図 4 に関する磁場生成方法及び装置の応用例としてビーム偏向方法及び装置の一例を示す構成図である。

【図 6】同じく、図 1 ~ 図 4 に関する磁場生成方法及び装置の応用例としてビーム偏向方法及び装置の一例を示す構成図である。

【符号の説明】

【0039】

- 11 ヨーク部材
- 12 コイル
- 13 点状の超伝導部材
- 14 板状の超伝導部材
- 16 間隙
- 20 ビーム偏向装置
- 21 セプタム導体

- 2 2 コイル
- 2 3 第 1 の超伝導部材
- 2 4 第 2 の超伝導部材
- 2 5 第 3 の超伝導部材
- 2 7 ビームチューブ
- S ヨーク部材で形成された空間領域
- T セプタム導体で形成された空間領域
- B 0 周回磁場
- B 1 ~ B 5 対向磁場