

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第3971093号

(P3971093)

(45) 発行日 平成19年9月5日(2007.9.5)

(24) 登録日 平成19年6月15日(2007.6.15)

(51) Int. Cl.

F 1

A 6 1 B 5/055 (2006.01)

A 6 1 B 5/05 3 3 2

請求項の数 5 (全 7 頁)

(21) 出願番号	特願2000-263262 (P2000-263262)	(73) 特許権者	000005108
(22) 出願日	平成12年8月28日(2000.8.28)		株式会社日立製作所
(65) 公開番号	特開2002-65635 (P2002-65635A)		東京都千代田区丸の内一丁目6番6号
(43) 公開日	平成14年3月5日(2002.3.5)	(73) 特許権者	000153498
審査請求日	平成17年2月24日(2005.2.24)		株式会社日立メディコ
			東京都千代田区外神田四丁目14番1号
		(74) 代理人	110000350
			ポレール特許業務法人
		(74) 代理人	100068504
			弁理士 小川 勝男
		(74) 代理人	100086656
			弁理士 田中 恭助
		(72) 発明者	東 克典
			茨城県日立市大みか町七丁目1番1号 株
			式会社日立製作所 日立研究所内
			最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 均一磁場発生用マグネット及びそれを用いた磁気共鳴イメージング装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

均一磁場領域を挟んで対向して配置された一对の超電導コイルと、前記超電導コイルによって発生する磁束を通すように配置された、一对の強磁性の磁束制御体群とを備え、前記磁束制御体群は複数の環状体の組み合わせであり、それらの中心軸が、中心磁場に平行な磁場中心軸上に位置し、

かつ、前記複数の磁束制御体の各断面形状が矩形であり、その軸方向の高さがほぼ同じで、径方向の幅あるいは隣り合う磁束制御体に対する径方向の隙間のうち両方または一方が異なることによって、径方向に粗密配置されていることを特徴とする均一磁場発生用マグネット装置。

【請求項 2】

前記磁束制御体が、電磁鋼板などの薄板形状の強磁性体を螺旋状に巻くことにより矩形の断面を構成する請求項 1 記載の均一磁場発生用マグネット装置。

【請求項 3】

前記磁束制御体の一部または全てが、超電導コイル冷却用の冷媒中にある請求項 1 または 2 に記載の均一磁場発生用マグネット装置。

【請求項 4】

前記磁束制御体の一部または全てが、超電導コイル冷却用の冷凍機と熱接続されている請求項 1 または 2 に記載の均一磁場発生用マグネット装置。

【請求項 5】

10

20

請求項1ないし4のうちいずれか1項に記載の均一磁場発生用マグネット装置を用いた磁気共鳴イメージング装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、均一磁場発生に好適なマグネットの構造、特に広い開口部を有し被検者に開放感を与えるとともに、高い磁場均一度を有する開放型の磁気共鳴イメージング（磁気共鳴イメージング）装置に関する。

【0002】

【従来の技術】

現在、磁気共鳴イメージング装置などの均一磁場を利用する医療用装置において、高解像度を実現する観点から、より高い磁界を発生するため超電導磁石が用いられている。一方、近年、検査時の被検者の開放感や安心感、及び、医者から被検者へのアクセス性に優れた開放型磁気共鳴イメージングが提案されている（特開平9-271469、米国pat. 874, 880等）。これらの中で、特に磁場強度を高め、漏洩磁場を低減するため、超電導コイルと強磁性体を組合わせた構造をとることが提案されている。

【0003】

しかし、ここで記されている強磁性体は、均一度空間側の表面形状が凹凸で、かつ、一体型で構成されるため、強磁性体が磁気飽和に達しない。このため、強磁性体の均質性等の点から、設計どうりの均一度を実現することが難しい。また、さらに高い磁場強度を得るためには、積極的に強磁性体を飽和させて使用することも重要である。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】

本発明の目的は、強磁性体をほぼ飽和状態で使用し、高い磁場強度と均一度、重量の軽減を実現した均一磁場発生用マグネット装置を提供することである。

【0005】

【課題を解決するための手段】

本発明は、均一磁場領域を挟んで対向して配置された一对の超電導コイルまたは超電導コイル群及び強磁性材から成る一对の磁束制御体群を具備した均一磁場用マグネットにおいて、この超電導磁束制御体が複数の環状体の組合わせであり、かつそれらの中心軸が、磁場中心軸上にあることを特徴とした均一磁場発生用マグネット装置を実現する。

【0006】

さらに、上記複数の磁束制御体の各断面形状が矩形であり、その軸方向の高さが同じで、径方向の幅と隣り合う磁束制御体の径方向の隙間のうち両方または一方が異なることにより径方向に粗密配置をとることで、均一磁場発生用マグネット装置を実現する。

【0007】

さらに上記の磁束制御体が、一部及び全てが、超電導コイル動作用の冷媒中にあることにより、均一磁場発生用マグネット装置を実現する。

【0008】

さらに上記の磁束制御体が、一部及び全てが、超電導コイル動作用の冷凍機に熱接続されられることにより、均一磁場発生用マグネット装置を実現する。

【0009】

さらに、上記磁束制御体が、電磁鋼板などの薄板形状の磁性体を螺旋状の巻くことにより矩形の断面を構成する請求項1記載の均一磁場発生用マグネット装置を実現する。

【0010】

【発明の実施の形態】

以下、本発明の均一磁場用マグネット装置の実施の形態を図面に従って説明する。

【0011】

図1は第一の実施の形態を示す全体斜視図、図2は図1のA-A線に沿う断面図である。まず、均一磁場空間の磁場中心を原点とする3次元直交座標系を定義する。図2における

10

20

30

40

50

上下方向を z 軸、左右方向を x 軸、紙面に対し垂直な方向を y 軸とする。

【 0 0 1 2 】

図 1 において、超電導マグネット装置は、上下方向に均一な静磁場の空間である均一磁場領域 1 を挟んで、上下に所定間隔をもって冷却容器 2、2' が対向して配置されており、構造部材 3 により支持される。この超電導マグネット装置は、医者が被検者にアクセスが容易な、開放型磁気共鳴イメージングに適した構造である。

【 0 0 1 3 】

冷却容器 2、2' は、図 2 に示すように均一磁場領域 1 に静磁場を発生させる主超電導コイル 6、6'、漏洩磁場を低減するためのシールド超電導コイル 7、7'、環状の磁束制御体群 8 1、8 2、8 3、8 4、8 5、8 6、8 7 および磁束制御体群 8 1'、8 2'、8 3'、8 4'、8 5'、8 6'、8 7' を含み、液体ヘリウム等の冷媒 9 で満たされおり、所定の超電導特性が得られる温度に冷却保持したり、磁束制御体群を恒温状態に保つ役割を果たす。

10

【 0 0 1 4 】

図示していないが、冷却容器 2、2' の断熱空間は、真空中で、輻射シールドを設け、熱侵入を低減している。シールド超電導コイル 7、7' は、主超電導コイル 6、6' とは逆方向の電流を通电し、均一空間に対して主超電導コイル 6、6' より遠くに配置する。すなわち、シールド超電導コイル 7、7' の設置間隔は、主超電導コイル 6、6' の設置間隔より大きくなっている。

【 0 0 1 5 】

一般にシールド超電導コイル 7、7' の直径を、主超電導コイル 6、6' の直径より大きくすることにより、漏洩磁場に対する効果を高める。超電導マグネットと磁束制御体群 8 1 ないし 8 7'、磁束制御体群 8 1' ないし 8 7' は、非磁性の構造支持体 10 により非磁性のボルトなどで連結され一体化する。構造支持体 11 は、熱侵入と強度を最適化した寸法をもち、構造支持体 10 を冷却容器 2、2' の外部と連結している。

20

【 0 0 1 6 】

本発明では、磁束制御体群とコイルを組み合わせることにより、高い均一度を実現している。図 2 に示す如く磁束制御体群の中心軸と、超電導コイルの中心軸は、共に z 軸となるように配置することが重要である。

【 0 0 1 7 】

また、均一磁場領域 1 を形成するために、磁束制御体群の環状形状を決定する必要がある。この形状は、コンピュータ上で磁場計算を行い、均一磁場を実現する最適計算を行って決定する。

30

【 0 0 1 8 】

ここでは計算手法についての詳細は省くが、均一磁場空間上の磁場成分を、球面調和関数により展開し、磁場強度を現す展開係数を除く係数の絶対値和を最適計算の目的関数にとり、その目的関数がほぼゼロをとるように形状と配置を決定する。

【 0 0 1 9 】

本発明では、各々の環状磁束制御体の均一度空間側となる z 軸高さを同じにし、径方向の長さ、隣り合う磁束制御体の隙間を調整することにより均一度を達成している。均一空間側の z 軸高さが同じなため、磁気共鳴イメージング装置に必要な傾斜磁場コイル ( g c ) コイルや、均一度微調整のための部品などの配置がしやすくなる。

40

【 0 0 2 0 】

磁束制御体は、均一磁場空間を実現するため、磁気的特性が均一である必要がある。一般的に、純度の高い鉄などの強磁性材料は、製作時の鋳造や加工の段階で、磁気的特性の不均一になることがあり、製品時に設計どおりの均一度を実現することが難しい。

【 0 0 2 1 】

そこで、磁束制御体を、プレス加工などで磁気的特性が平面方向に均一な電磁鋼板などを用いて製作することがよい。図 3 に電磁鋼板を螺旋状に巻いた環状の磁束制御体 1 2 の斜視図、図 4 にその断面を示す。電磁鋼板 13 を螺旋状に径方向に厚みを作ることで、磁束制

50

御体12を製作することが可能である。

【0022】

均一度空間は、上下方向に静磁場を作る必要があるので、径方向に対して垂直方向に均一な磁気的特性を有する電磁鋼板を用いた磁束制御体は最適である。また、図3の断面図に示すように1枚1枚の電磁鋼板の形状が縦長なため、形状に起因する反磁化係数が小さく、磁気飽和しやすくなり、効率良く強磁性材を使用することができる。

【0023】

図5は、本発明装置の第二の実施の形態を示す縦断面図である。磁束制御体群81ないし87を磁性特性があり、かつ構造材としても機能する磁性板14に固定する。磁性板14に、溝を設けることにより、磁束制御体群81ないし87を正確に配置できるので、磁場均一度を正確に制御することができる。また、これにより、均一度空間に近い磁性材のみ、磁気特性の均一な磁性鋼板をもちいることにより、コスト低減や、支持強度が向上する。

10

【0024】

図6は、本発明装置の第三の実施の形態を示す縦断面図である。磁束制御体81ないし87、磁束制御体81'ないし87'を低温容器2、2'の外に出すことにより、位置の調整が可能になるため、環境温度の変化に合わせて調整することができる。

【0025】

上記までの説明に於いては、冷媒を用いた冷却容器を使用しているが、冷凍機で直接に超電導コイル、磁性体を冷却する伝導冷却方式を使用すれば、冷媒を収納する容器は不要になる。

20

【0026】

【発明の効果】

以上説明したように、本発明によれば、強磁性体を有効に飽和させて使用することにより、高い磁場と均一度が実現し、体積も小さくできるので重量も軽くできる。また、表面積が増えるので、恒温室内で利用するときには、温度調節が簡単になる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明に係わる超電導マグネット装置の実施例の全体斜視図である。

【図2】第一の実施の形態の断面図である。

【図3】磁性材リング実施例の斜視図である。

【図4】図3の断面図である。

30

【図5】

第二の実施の形態の断面図である。

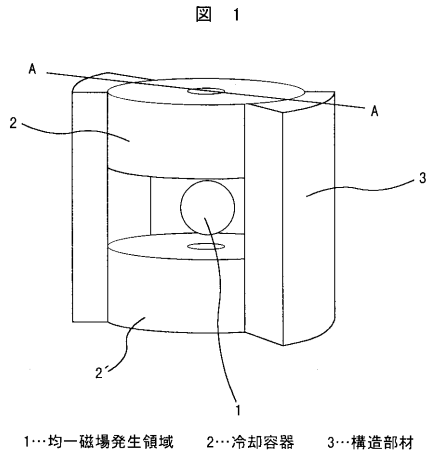
【図6】

第三の実施の形態の断面図である。

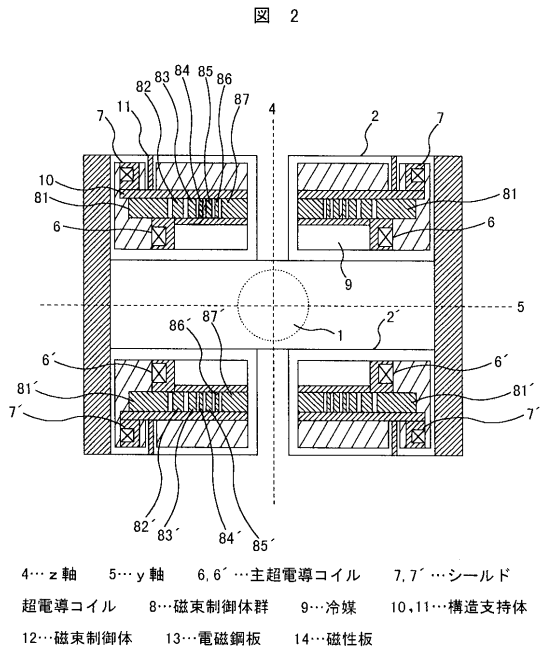
【符号の説明】

1...均一磁場発生領域、2...冷却容器、3...構造部材、4...z軸、5...y軸、6、6'...主超電導コイル、7、7'...シールド超電導コイル、8...磁束制御体群、9...冷媒、10...構造支持体、11...構造支持体、12...磁束制御体、13...電磁鋼板、14...磁性板。

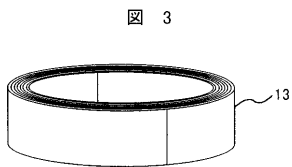
【 図 1 】



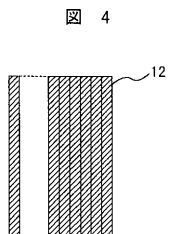
【 図 2 】



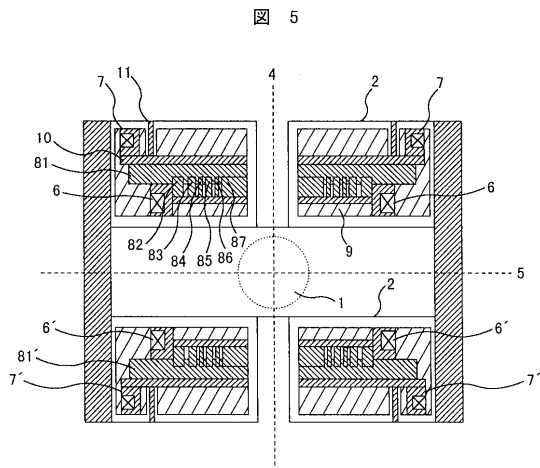
【 図 3 】



【 図 4 】

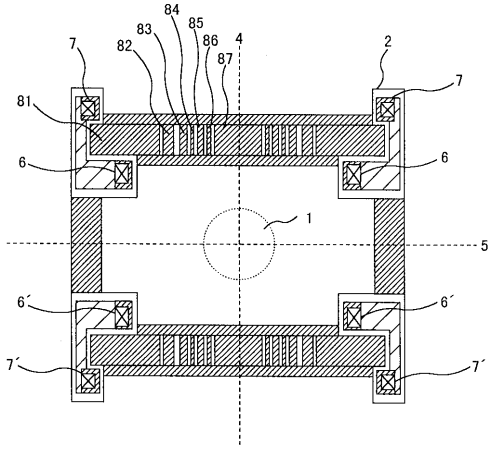


【 図 5 】



【 図 6 】

図 6



---

フロントページの続き

- (72)発明者 和田山 芳英  
茨城県日立市大みか町七丁目1番1号 株式会社日立製作所 日立研究所内
- (72)発明者 角川 滋  
茨城県日立市大みか町七丁目1番1号 株式会社日立製作所 日立研究所内
- (72)発明者 竹島 弘隆  
東京都千代田区内神田一丁目1番14号 株式会社日立メディコ内
- (72)発明者 榊原 健二  
東京都千代田区内神田一丁目1番14号 株式会社日立メディコ内
- (72)発明者 本名 孝男  
東京都千代田区内神田一丁目1番14号 株式会社日立メディコ内

審査官 右 高 孝幸

- (56)参考文献 特開昭61 - 203605 ( J P , A )  
特開平1 - 104252 ( J P , A )  
特開平5 - 251231 ( J P , A )  
特開平7 - 163546 ( J P , A )  
特開平9 - 271469 ( J P , A )  
特開2000 - 83924 ( J P , A )  
特表2003 - 513436 ( J P , A )  
米国特許第5570073 ( U S , A )

- (58)調査した分野(Int.Cl. , D B名)  
A61B 5/055