(19)日本国特許庁(JP)　(12)特　許　公　報(B2)　(11)特許番号
特許第3654463号
(P3654463)
(45)発行日　平成17年6月2日(2005.6.2)　(24)登録日　平成17年3月11日(2005.3.11)

(51)Int.Cl.[7]	F I		
A61B 5/055	A61B	5/05	340
G01R 33/385	A61B	5/05	362
G01R 33/421	G01N	24/06	510Y
	G01N	24/02	540Y

請求項の数 7　(全 11 頁)

(21)出願番号　特願平8-99670
(22)出願日　平成8年3月29日(1996.3.29)
(65)公開番号　特開平9-262223
(43)公開日　平成9年10月7日(1997.10.7)
審査請求日　平成15年3月7日(2003.3.7)

前置審査

(73)特許権者　000153498
株式会社日立メディコ
東京都千代田区内神田１丁目１番１４号
(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

審査官　伊藤　幸仙

(56)参考文献　特開平０７－０７５６２６（ＪＰ，Ａ）
特表平０２－５０１２７１（ＪＰ，Ａ）
特開平０８－０３８４５８（ＪＰ，Ａ）
特開平０７－０７９９４６（ＪＰ，Ａ）
特開平０３－０４９７３６（ＪＰ，Ａ）
最終頁に続く

(54)【発明の名称】磁気共鳴イメージング装置

(57)【特許請求の範囲】
【請求項１】
一対の静磁場発生源が対向して配置され、両静磁場発生源の間において該両静磁場発生源が対向する方向に静磁場領域を形成する静磁場発生手段と、前記静磁場発生源の前記静磁場領域側にそれぞれ配置された一対の傾斜磁場発生手段とを備え、
前記各傾斜磁場発生手段は、前記静磁場領域に傾斜磁場を発生する主コイルと、前記主コイルによってその静磁場発生源側に発生された磁場を実質的にほぼ零にするような磁場を発生するシールドコイルを有して成り、
前記主コイルは、ほぼ平坦なコイルであり、前記静磁場方向と垂直な平面に略平行に配置され、
前記シールドコイルは、前記主コイルと同心状に配置された第１シールドコイルを有する磁気共鳴イメージング装置において、
前記各静磁場発生源は、超電導コイルを内部に有する冷却容器を有し、且つ、前記静磁場領域側に磁極を有せず、
前記各傾斜磁場発生手段の少なくとも一部は、前記冷却容器の前記静磁場領域側に配置され、
前記第１シールドコイルは、その少なくとも一部が前記主コイルと前記冷却容器との間であって該主コイルよりも前記静磁場領域から離れた位置に配置され、前記主コイルによって前記静磁場領域に対向する前記冷却容器の表面近傍に発生された磁場を実質的にほぼ零にするような磁場を発生することを特徴とする磁気共鳴イメージング装置。

【請求項２】
前記主コイルと前記第１シールドコイルの外周がほぼ円形であり、
前記第１シールドコイルの径が前記主コイルの径よりも大きくされたことを特徴とする請求項１記載の磁気共鳴イメージング装置。
【請求項３】
前記冷却容器の対向面側の中心部には窪みが形成され、
前記傾斜磁場発生手段の少なくとも一部が前記窪み内に配置されたことを特徴とする請求項１又は２記載の磁気共鳴イメージング装置。
【請求項４】
前記冷却容器の対向面側の中心部には窪み又は中空穴が形成され、
前記シールドコイルは、更に第２シールドコイルを有し、
前記第２シールドコイルは、前記主コイルを収容できる中空形状を有し、前記第１シールドコイルの外周部に付加されて、少なくとも一部が前記窪み又は中空穴内に配置されたことを特徴とする請求項１又は２に記載の磁気共鳴イメージング装置。
【請求項５】
前記主コイルの少なくとも一部は、前記第２シールドコイルの前記静磁場領域側端部よりも前記静磁場発生源側に配置されたことを特徴とする請求項４記載の磁気共鳴イメージング装置。
【請求項６】
前記シールドコイルは、更に第３シールドコイルを有し、
前記第３シールドコイルは、前記冷却容器の対向面に沿って形成されたフランジ状の形状を有し、第２シールドコイルの開放端部に付加されたことを特徴とする請求項４又は５に記載の磁気共鳴イメージング装置。
【請求項７】
前記第２シールドコイルは、前記第３シールドコイルの開口部から前記冷却容器の窪み又は中空穴部の内側へ向けて径が小さくなるコーン状に形成されたことを特徴とする請求項６に記載の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、磁気共鳴イメージング装置に適した傾斜磁場コイルに係り、特に、大きな開口を備えた開放形超電導磁石と組合せて使用する傾斜磁場コイルにおいて、傾斜磁場コイルに近接した導電体に発生する渦電流が少なく、かつ開放感のある磁気共鳴イメージング装置を実現する傾斜磁場コイルに関する。
【０００２】
【従来の技術】
図８、図９に第１の従来例を示す。この図は水平磁場方式の超電導磁石に使用されている傾斜磁場コイルの例で、図８は超電導磁石の断面図、図９は傾斜磁場コイルの外観図である。図８において、超電導磁石１は、水平方向（Ｚ軸方向）の磁場を発生させている。磁石のコイルは超電導線材を用いるため、所定の温度（例えば、合金系超電導体の場合には液体ヘリウム温度（４．２Ｋ）、また、酸化物超電導体の場合には液体窒素温度（７７Ｋ）から１０Ｋの間）にまで冷却する必要がある。このため超電導コイルは、真空容器３Ａや冷媒容器４（図８では液体ヘリウム容器）などから構成される冷却容器３の中に保持される。
【０００３】
本例の場合には、傾斜磁場コイル２は１組の円筒上に構成され、３次元空間に合わせて、Ｘ、Ｙ、Ｚの３方向の傾斜磁場を発生させる。傾斜磁場コイル２に近接した導電体（具体的には、超電導磁石の真空容器３Ａや熱シールド材（図示せず））に発生する渦電流を抑制するため、最近では図９に示すように、傾斜磁場コイル２は主コイル６とシールドコイル７とを同軸に配置して構成するのが一般的である。主コイル６は、主に均一磁場領域５

に所定の傾斜磁場を発生させ、シールドコイル７は主コイル６と逆方向の磁場を発生することにより、傾斜磁場コイル２の外側に生じる磁場強度を低減させる作用をする。この働きにより、近接した導電体での渦電流の発生を効果的に抑制することができた。

【０００４】

しかし、図８で示した構成の場合には、図から分かるように撮影のために被検体の入る測定空間が狭く、周囲が完全に囲まれているために被検者が閉塞感を感じる。このため、時には被検者に装置に入ることを拒否される場合もあった。また、装置の外部から、術者が被検者にアクセスすることも困難であった。

【０００５】

図１０、図１１に第２の従来例を示す。この例は永久磁石を用いた対向形の磁気回路を用いたもので、図１０は磁石全体の外観図、図１１は傾斜磁場コイルの周辺部の外観図と断面図を示したものである。図１０が示すように、この例では四方が開放されているために、第１の従来例の問題点は解消されている。この磁気回路で使用される傾斜磁場コイル２は、図示の如く、磁気回路を構成するポールピース９の内部に収容されているのが一般的である。このことは、上下のポールピース９間の距離をできるだけ縮めることにより、磁気回路の製造原価を抑制するために重要である。

【０００６】

本例の場合には、ポールピース９の素材として電気抵抗率の高い材質を採用することにより、傾斜磁場を駆動した時にも渦電流を発生させない技術が確立されている。

しかし、永久磁石８を用いた磁気回路の場合には高い磁場強度を得ることが難しく、０．３テスラ程度が上限である。磁気共鳴イメージング装置での画質は静磁場強度に依存するところが大きく、画質を向上するためにはできるだけ高い磁場強度を得ることが望ましい。

【０００７】

図１２、図１３に第３の従来例を示す。この例は超電導方式対向形磁気回路用傾斜磁場コイルで、ＵＳＰＮｏ．５３７８９８９に開示されたものである。図示のものでは、高い磁場強度と開放性を得るために超電導磁石１を用い、永久磁石方式と類似したオープンな構造（円筒の中心部にギャップを設けた構造）としている。図１２において、被検者はＸ方向、あるいはＺ方向に沿って装置中央の撮影領域５（均一磁場領域）に挿入されるが、撮影領域５の側面が開放されているために、被検者は閉塞感を感じないで済む。また、術者も容易に被検者にアクセスでき、手術中の監視も可能である。

【０００８】

この超電導磁石１に対し、中心面１０に対して対称な円筒状の主コイル６とシールドコイル７から構成される傾斜磁場コイル２を配置して、磁気回路の開放性を損なわない構造としている。ここで、図１３に示す如く、主コイル６は円筒形、シールドコイル７は円筒の外周にフランジの付いた形状をしており、シールドコイル７が主コイル６を覆う配置をしているので、傾斜磁場コイル２の周辺の導電体の渦電流の発生を抑制する構造になっている。

【０００９】

しかし、開放性を得るためには装置の奥行き（Ｚ方向）長さをできるだけ短くすることが必要となる。このためには、傾斜磁場コイル２の奥行き長さも短くする必要がある。一方、十分な特性（傾斜磁場の空間直線性、傾斜磁場の発生効率、渦電流の抑制）を持つ傾斜磁場コイル２を得るには、傾斜磁場コイル２の長さを長くすることが有利となる。従って、開放性を高めようとした場合には、傾斜磁場コイル２の特性を制限する必要があった。

【００１０】

上記の如く、従来技術においては、超電導磁石を備えたMRI装置の開放性が傾斜磁場コイルの形状及び配置によって妨げられており、また傾斜磁場の空間直線性、傾斜磁場の発生効率、渦電流の抑制という特性の面においても解決すべき課題があった。

そこで本発明は、MRI装置の開放性を改善すると共に、傾斜磁場コイルの上記特性を改善することを目的としている。

【００１１】
【課題を解決するための手段】
本発明は上記課題を解決するために、一対の静磁場発生源が対向して配置され、両静磁場発生源の間において該両静磁場発生源が対向する方向に静磁場領域を形成する静磁場発生手段と、前記静磁場発生源の前記静磁場領域側にそれぞれ配置された一対の傾斜磁場発生手段とを備え、前記各傾斜磁場発生手段は、前記静磁場領域に傾斜磁場を発生する主コイルと、前記主コイルによってその静磁場発生源側に発生された磁場を実質的にほぼ零にするような磁場を発生するシールドコイルを有して成り、前記主コイルは、ほぼ平坦なコイルであり、前記静磁場方向と垂直な平面に略平行に配置され、前記シールドコイルは、前記主コイルと同心状に配置された第１シールドコイルを有する磁気共鳴イメージング装置において、前記各静磁場発生源は、超電導コイルを内部に有する冷却容器を有し、且つ、前記静磁場領域側に磁極を有せず、前記各傾斜磁場発生手段の少なくとも一部は、前記冷却容器の前記静磁場領域側に配置され、前記第１シールドコイルは、その少なくとも一部が前記主コイルと前記冷却容器との間であって該主コイルよりも前記静磁場領域から離れた位置に配置され、前記主コイルによって前記静磁場領域に対向する前記冷却容器の表面近傍に発生された磁場を実質的にほぼ零にするような磁場を発生することを特徴としている。
そして、前記主コイルと前記第１シールドコイルの外周がほぼ円形であり、前記第１シールドコイルの径が前記主コイルの径よりも大きくされても良い。
傾斜磁場コイルの上記特性を改善することを目的としている。
【００１２】
また、本発明は上記課題を解決するために、前記冷却容器の対向面側の中心部には窪みが形成され、前記傾斜磁場発生手段の少なくとも一部が前記窪み内に配置されたことを特徴としている。
そして、前記冷却容器の対向面側の中心部には窪み又は中空穴が形成され、前記シールドコイルは、更に第２シールドコイルを有し、前記第２シールドコイルは、前記主コイルを収容できる中空形状を有し、前記第１シールドコイルの外周部に付加されて、少なくとも一部が前記窪み又は中空穴内に配置されても良い。さらに、前記主コイルの少なくとも一部は、前記第２シールドコイルの前記静磁場領域側端部よりも前記静磁場発生源側に配置されてもよい。
【００１３】
さらに、本発明は上記課題を解決するために、前記シールドコイルは、更に第３シールドコイルを有し、前記第３シールドコイルは、前記冷却容器の対向面に沿って形成されたフランジ状の形状を有し、第２シールドコイルの開放端部に付加されたことを特徴としている。そして、前記第２シールドコイルは、前記第３シールドコイルの開口部から前記冷却容器の窪み又は中空穴部の内側へ向けて径が小さくなるコーン状に形成されても良い。
【００１４】
本発明においては、前記傾斜磁場コイルの主コイル及びシールドコイルは、直行するX方向、Y方向、Z方向傾斜磁場を作るX、Y、Zの各コイル要素から構成され、前記主コイルは前記均一磁場領域に近い側からX、Y、Zの順に、また前記シールドコイルは前記均一磁場領域に近い側からZ、X、Yの順に配置されていることが望ましい。
【００１９】
【発明の実施の形態】
以下、本発明の実施例を図面に沿って具体的に説明する。
図１は本発明の第１の実施例である傾斜磁場コイルとその傾斜磁場コイルが適用された超電導磁石とを示す。図１（ａ）は縦断面図、図１（ｂ）は外観図である。図１において、超電導磁石１１の基本的な構成は上記の第３の従来例と同様で、静磁場を発生するための超電導コイル（図示せず。）と、それらを所定の超電導特性が得られる温度に冷却保持するための冷却容器１２とからなる。図では簡単のため、冷却容器１２としては、最も外部にあり、熱の対流を防ぐために超電導磁石全体を内包している真空容器のみを示したが、

この他に超電導コイルを浸す液体ヘリウム容器、熱の輻射を防ぐための熱シールドなどで構成されている。

【００２０】

超電導コイルは円筒状の冷却容器１２に内包されて、超電導磁石１１の中央の均一磁場領域１３を挟んで上下対称に設置されており、上下の冷却容器１２はその間にある柱１７によって所定の距離を維持して保持される。この柱１７は、機械的に上下の冷却容器１２を支える働きをしているが、必要によっては、上下の冷却容器１２内の液体ヘリウム容器を熱的に接続させる働きを持たせてもよい。そうすることで、冷凍栈（図示せず。）を上下の冷却容器１２に１台ずつ設ける必要はなくなり、システム全体として１台の冷凍栈で間に合わせることが可能となる。また、柱１７の本数も図示の２本に限定する必要がなく、３本以上に増やすこともできるし、開放感を得るために片持ちの１本の支柱にしてもよい。この超電導磁石の構成については、既に特願平７－３３６０２３号等で開示されている。超電導磁石を以上で述べた構成とすることにより、高い磁場均一度と広い開口を有した開放感のある磁石を得ることができる。

【００２１】

一方、本発明による傾斜磁場コイル１４も装置中央の均一磁場領域１３（撮影空間に相当し、傾斜磁場の発生領域も同じ領域となる。）の中心面に対して上下対称に配置されている。上下の傾斜磁場コイル１４の組は、主コイル１５とシールドコイル１６とで構成されている。主コイルは１５は主に均一磁場領域１３に所定の傾斜磁場を発生させる働きをし、シールドコイル１６は主コイル１５が均一磁場領域１３から離れた位置に発生する磁場を打ち消すための磁場を発生させることにより、超電導磁石１１の側（冷却容器１２等）に磁場を漏らさない作用をする。このため、図1に示すようにシールドコイル１６の径は、主コイル１５の径よりも大きくされている必要がある。なお、シールドコイル１６も均一磁場領域１３に磁場を発生するので、所定の磁場を均一磁場領域１３に発生させるためには、シールドコイル１６による磁場の寄与も考慮する必要がある。

【００２２】

図１において、主コイル１５もシールドコイル１６も１枚の円板として表わされているが、実際には、両コイルともＸ、Ｙ、Ｚの３方向に対応した３組の傾斜磁場コイルからなる。コイルの電流分布（パターン）は、上記の如く均一磁場領域１３に所定の傾斜磁場を発生させ、かつ、超電導磁石１１の側に漏れる磁場強度を抑制するように選択される。この選択は、均一磁場領域１３に発生させる傾斜磁場の直線性を最良にして、外部への漏洩磁場強度を最小にして、傾斜磁場コイル１４に通電する単位電流あたり発生する傾斜磁場強度を最大にして、傾斜磁場コイル１４のインダクタンスを最小になるように行われる。実際の設計には、円筒形の傾斜磁場コイル（例えば、第１の従来例のものなど）で従来から用いられている、前記の条件を満足させる電流分布を決定するための計算機を用いた最適化手法を流用することができる。

【００２３】

本実施例のような傾斜磁場コイル１４を使用することによって、超電導磁石１１のもつ開放性を損なうことなく、高性能の傾斜磁場を発生させることができる。しかも、第３の従来例の傾斜磁場コイルとは異なり、円板で構成しているために傾斜磁場コイル１４のＺ方向の長さは短いので、傾斜磁場コイル１４にあわせて超電導磁石１１のＺ方向の長さを長くする必要はない。また、傾斜磁場コイル１４と均一磁場領域１３との平均的距離が、第３の従来例のものよりも短くなるので、単位電流あたりの磁場発生効率を向上させることが可能となる。

【００２４】

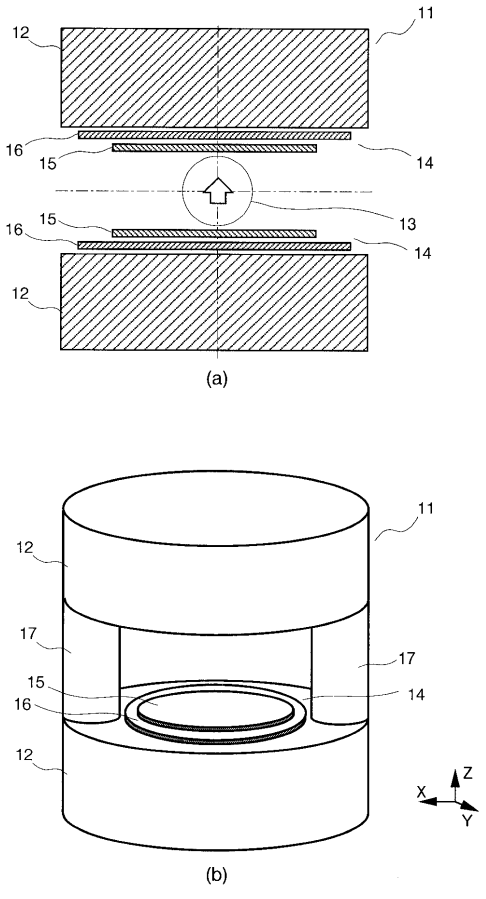
更に、図１では超電導磁石１１を縦置きとして示したが、第３の従来例の場合と同様に、横向きにしても、本発明の傾斜磁場コイル１４を使用することができる。また、本実施例では傾斜磁場コイル１４の外形を対称な円板形状として説明したが、必要な特性を得るためには必ずしも対称形状をとる必要はない。例えば、楕円形状にして一方向の傾斜磁場分布の直線性を高めることも可能である。

【００２５】
傾斜磁場コイル１４の構成要素であるＸ、Ｙ、Ｚの各コイルをＺ方向に配列する順序は任意であるが、一般に、パターン形状が簡単で電流効率の良いＺ方向の傾斜磁場コイルを最も条件の厳しい位置に配置するのが、全体のバランスを考慮した場合最良である。すなわち、主コイル１５については均一磁場領域１３に近い側からＸ、Ｙ、Ｚの順に配置し、シールドコイル１６についてはＺ、Ｘ、Ｙの順に配置することで、Ｚ方向に比較して効率の悪いＸ、Ｙ方向のコイルに対する電流効率を向上させることができる。
【００２６】
本発明の第２の実施例である傾斜磁場コイルと超電導磁石との組合せを図２に示す。本実施例は上下対称であるので、図は下側部分のみを示している。本実施例では、超電導磁石１１の冷却容器１２の均一磁場領域１３に面する側の中央部分に窪み１８を設け、その中に傾斜磁場コイル１４の主コイル１５とシールドコイル１６を配置している。この場合に、上下の傾斜磁場コイル１４間の距離が図１の第１の実施例の場合と同じとすると、超電導磁石１１の辺縁部の対向距離を図１の場合よりも近付けることができる。すなわち、超電導磁石１１の主要構成要素である直径の大きな超電導コイルの対向距離を縮めることが可能となる。一般に、高い磁場均一度を出す超電導磁石を得るためには、この直径の大きな超電導コイルの部分に大電流を流す必要があり、その電流量はコイル間の対向距離が広がるにつれて急激に増加する。従って、この超電導コイルの対向距離が縮まることによって、超電導磁石１１の総起磁力が大幅に低減するので、超電導磁石の製造コストを低くすることが可能となる。
【００２７】
本実施例における窪み１８は、傾斜磁場コイル１４の形状及び配列寸法に合わせて、形状及び深さが決められるが、それと共に冷却容器１２に収容される超電導コイルの形状、寸法も考慮する必要がある。窪み１８の形状は通常傾斜磁場コイル１４と同様円形に作られる。窪み１８の深さ寸法は、傾斜磁場コイル１４の全体が収容される寸法が好ましいが、一部だけ収容できる深さでも上記の超電導コイルの対向距離を短縮するという目的を達成することができる。
【００２８】
本発明の第３の実施例である傾斜磁場コイルと超電導磁石との組合せを図３に示す。この実施例では、図２の実施例の構造に加えて、シールドコイル１６の円板形状のシールドコイル１６Ａの外周に、短い円筒形状のシールドコイル１６Ｂを追加したものである。この円筒形状のシールドコイル１６Ｂを追加することにより、主コイル１６による磁場が横方向に漏れることを防ぐことが可能となり、冷却容器１２等での渦電流の発生を更に抑制することが可能となる。
【００２９】
図３の第３の実施例では、主コイル１５の位置を円筒形状のシールドコイル１６Ｂの端部位置と同じ位置に示した。しかし、主コイル１５をこの円筒形状のシールドコイル１６Ｂの端部位置よりも奥に設定することで、シールドコイル１６Ｂの直径よりも外側の領域に漏れる漏洩磁場を抑制する効果が得られる。ただし、奥に配置しすぎると、傾斜磁場の発生効率を悪化させるので、配慮が必要である。
【００３０】
本発明の第４の実施例である傾斜磁場コイルと超電導磁石との組合せを図４に示す。この実施例では、図３の実施例の構造に加えて、シールドコイル１６の円筒形状のシールドコイル１６Bの外周に、中央部に開口があり、直径の大きな円板形状（フランジ状）のシールドコイル１６Cを追加したものである。このフランジ状のシールドコイル１６Cの内径は円筒形状のシールドコイル１６Bの外径と同じで、その円筒形状の均一磁場領域１３に近い側の端面に接する構成になっている。また、フランジ状のシールドコイル１６Cは、超電導磁石１１の冷却容器１２の外周部の対向面を覆うように付加されているので、超電導磁石１１の外周部にある導電体の領域までシールドすることができる。この結果として、冷却容器１２に生じる渦電流の抑制効果を更に高めることができる。

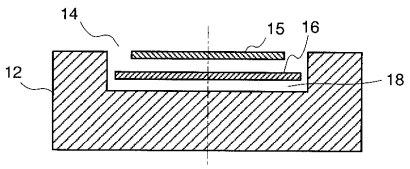
【００３１】
図５は、第４の実施例である傾斜磁場コイルを前記の第３の従来例に相当する超電導磁石に適用した場合の構造の断面図を示したものである。この超電導磁石１１では冷却容器１２をドーナツ形状にして上下に配置し、冷却容器１２の中央部分１９を中空としている。この中空部分１９に傾斜磁場コイル１４を収納することで、均一磁場領域１３を広く確保することができる。図５に示されている傾斜磁場コイル１４の外観図を図６に示す。図１３の従来技術による傾斜磁場コイル２と本発明のものを比べた場合、本発明のものは奥行き長さを短くできる利点がある。従って、図５に示すように超電導磁石１１の奥行きも短くできるので、装置全体の小型化が可能となり、被検者に対する威圧感の軽減、装置の設置条件の緩和に有効である。
【００３２】
本発明の第５の実施例である傾斜磁場コイルと超電導磁石との組合せを図７に示す。この実施例では図４の実施例における短円筒形状のシールドコイル１６Ｂの部分をコーン状のシールドコイルに置き換えたものである。このような形状にすることにより、中央部分の円板形状のシールドコイル１６Ａと外周部分の穴あき円板形状のシールドコイル１６Ｃとの接続を容易に行うことができるので、傾斜磁場コイル１４の製造が容易になる。
【００３３】
また、短円筒形状のシールドコイル１６Ｂの形状をコーン状にすることは、第３の実施例にも適用可能であり、この場合にも傾斜磁場コイル１４の製造が容易になる効果が得られる。
【００３４】
上記の説明では、本発明による傾斜磁場コイルの適用を超電導磁石に対する場合に限って説明した。しかし、本発明による傾斜磁場コイルの適用は超電導磁石に限定されることはなく、上記で説明した超電導磁石と相似の形状の磁石であれば、常電導磁石や永久磁石を用いた装置の場合にも適用が可能である。
【００３５】
【発明の効果】
以上説明した如く、本発明によれば、開放性の高い超電導磁石に適合した傾斜磁場コイルを提供できる。本発明の傾斜磁場コイルを磁気共鳴イメージング装置に適用した場合には、開放感の高い装置が得られると共に、良好な画像を撮影することが可能となる
【図面の簡単な説明】
【図１】本発明の第１の実施例である傾斜磁場コイルとその傾斜磁場コイルが適用された超電導磁石を示す図。
【図２】本発明の第２の実施例である傾斜磁場コイルと超電導磁石との組合せ図。
【図３】本発明の第３の実施例である傾斜磁場コイルと超電導磁石との組合せ図。
【図４】本発明の第４の実施例である傾斜磁場コイルと超電導磁石との組合せ図。
【図５】第４の実施例である傾斜磁場コイルを第３の従来例に相当する超電導磁石に適用した場合の構造図。
【図６】図５に示されている傾斜磁場コイルの外観図。
【図７】本発明の第５の実施例である傾斜磁場コイルと超電導磁石との組み合わせ図。
【図８】第１の従来例である傾斜磁場コイルを水平磁場方式の超電導磁石と組み合わせた図。
【図９】第１の従来例である傾斜磁場コイルの外観図。
【図１０】第２の従来例である傾斜磁場コイルを永久磁石を用いた対向形磁気回路と組み合わせた図。
【図１１】第２の従来例である傾斜磁場コイルを示す図。
【図１２】第３の従来例である超電導方式対向形磁気回路用傾斜磁場コイルの構造図。
【図１３】第３の従来例である傾斜磁場コイルの外観図。
【符号の説明】
１１　超電導磁石

１２　冷却容器
１３　均一磁場領域
１４　傾斜磁場コイル
１５　主コイル
１６，１６Ａ，１６Ｂ，１６Ｃ　シールドコイル
１７　柱
１８　窪み
１９　中空部分

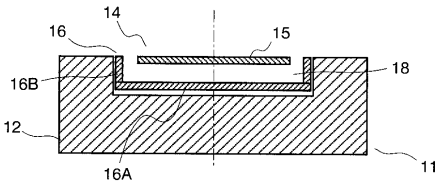
【図１】



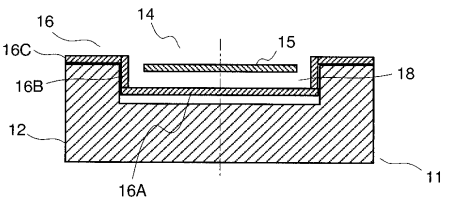
【図２】



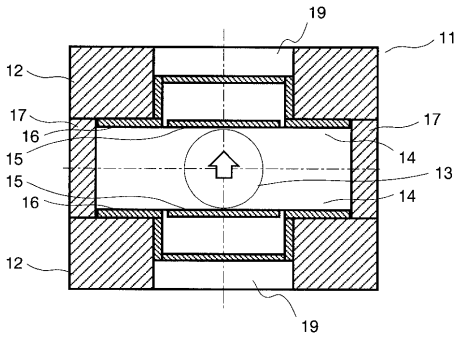
【図３】



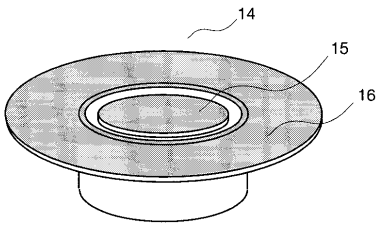
【図４】



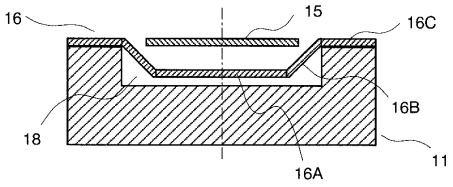
【図５】



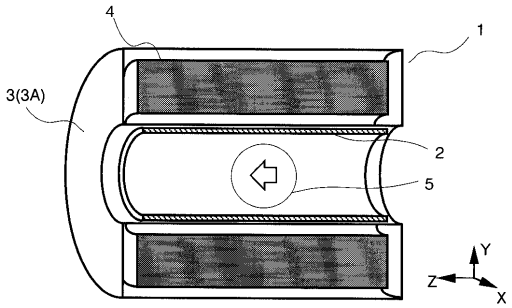
【図６】



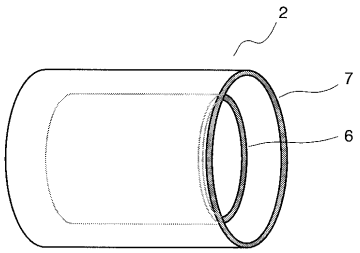
【図７】



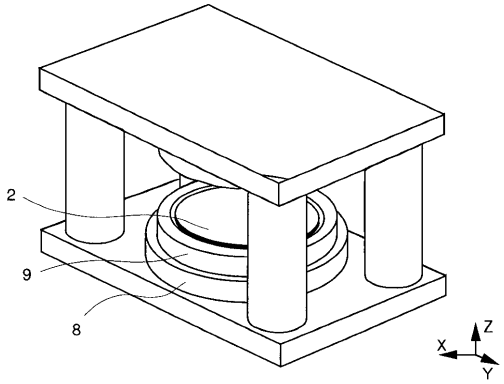
【図８】



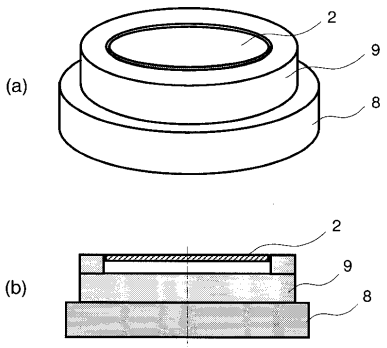
【図９】



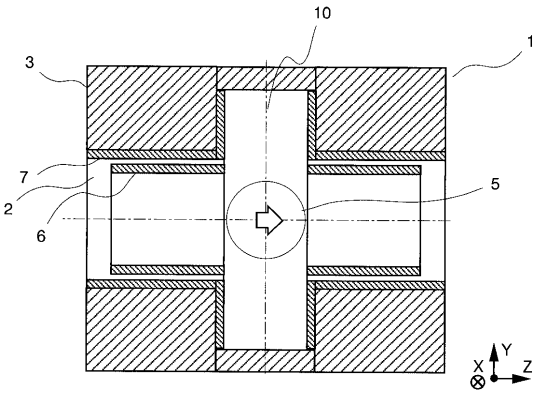
【図１０】



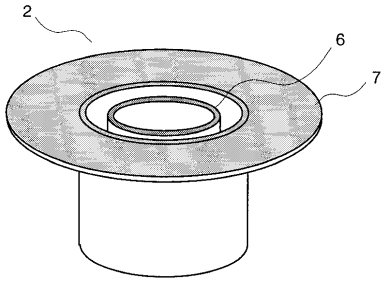
【図１１】



【図１２】



【図１３】



フロントページの続き

(58)調査した分野(Int.Cl.[7], ＤＢ名)
A61B 5/055