

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6462292号
(P6462292)

(45) 発行日 平成31年1月30日(2019.1.30)

(24) 登録日 平成31年1月11日(2019.1.11)

(51) Int.Cl. F I
A 6 1 B 5/055 (2006.01) A 6 1 B 5/055 3 6 2
G O 1 N 24/00 (2006.01) G O 1 N 24/00 5 4 O B

請求項の数 11 (全 14 頁)

(21) 出願番号	特願2014-197625 (P2014-197625)	(73) 特許権者	594164542 キヤノンメディカルシステムズ株式会社 栃木県大田原市下石上1385番地
(22) 出願日	平成26年9月26日(2014.9.26)	(74) 代理人	110001771 特許業務法人虎ノ門知的財産事務所
(65) 公開番号	特開2016-67449 (P2016-67449A)	(72) 発明者	富羽 貞範 栃木県大田原市下石上1385番地 東芝 メディカルシステムズ株式会社内
(43) 公開日	平成28年5月9日(2016.5.9)	(72) 発明者	坂倉 良知 栃木県大田原市下石上1385番地 東芝 メディカルシステムズ株式会社内
審査請求日	平成29年8月18日(2017.8.18)	(72) 発明者	岡本 和也 栃木県大田原市下石上1385番地 東芝 メディカルシステムズ株式会社内

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】

略円筒状に形成されたバードケージ型のRFコイルと、
略円筒状に形成され、前記RFコイルの外周側に配置されたRFシールドと
を備え、

前記RFシールドには、軸方向に沿って、前記RFコイルの2つのリングに挟まれた領域に伸びた線状のスリットであって、前記軸方向の中央に対して前記軸方向に非対称な長さを有するスリットが、周方向に沿って前記軸方向の位置が互い違いに入れ替わるように複数配置されており、全ての前記スリットは、径方向に見て、前記スリットと前記RFコイルのリングとが重ならないように設けられている、磁気共鳴イメージング装置。

10

【請求項2】

前記RFシールドは、軸方向の長さが、前記RFコイル上で導体パターンが配置された範囲より長く構成されており、当該範囲と対向する部分に前記スリットの少なくとも一部が形成される、請求項1に記載の磁気共鳴イメージング装置。

【請求項3】

前記RFシールドは、前記軸方向の中央に対して前記軸方向に非対称な長さを有するスリットが前記周方向に沿って前記軸方向の位置が互い違いに入れ替わるように配置されることで、バードケージ型のRFコイルが有するリングと対向する部分のスリットの数減らす、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4】

20

前記スリットは、前記周方向に沿って略等間隔に配置される、請求項 1 ~ 3 のいずれか一つに記載の磁気共鳴イメージング装置。

【請求項 5】

前記 R F シールドは、2つの導電体層の基板で1つの誘電体層の基板を挟んだ三層の基板を電氣的に接続して構成される、請求項 1 ~ 4 のいずれか一つに記載の磁気共鳴イメージング装置。

【請求項 6】

前記 2 つの導電体層の基板は、一方の基板に形成されたスリットが他方の基板に形成された隣り合う 2 つのスリットの略中央に位置するように配置される、請求項 5 に記載の磁気共鳴イメージング装置。

10

【請求項 7】

略円筒状に形成された R F コイルと、
略円筒状に形成され、前記 R F コイルの外周側に配置された R F シールドと
 前記 R F シールドの他に、2つの導電体層の基板で1つの誘電体層の基板を挟んだ三層の基板を電氣的に接続して構成された R F シールドと
を備え、
前記 R F シールドには、軸方向に伸びた線状のスリットであって、前記軸方向の中央に対して前記軸方向に非対称な長さを有するスリットが、周方向に沿って前記軸方向の位置が互い違いに入れ替わるように複数配置される、磁気共鳴イメージング装置。

【請求項 8】

前記スリットは、前記 R F コイルが有する隣り合う 2 つのラングの間の位置に配置される、

20

請求項 1 ~ 7 のいずれか一つに記載の磁気共鳴イメージング装置。

【請求項 9】

略円筒状に形成された R F コイルと、
略円筒状に形成され、前記 R F コイルの外周側に配置された R F シールドと
を備え、
前記 R F シールドには、軸方向に伸びた線状のスリットであって、前記軸方向の中央に対して前記軸方向に非対称な長さを有するスリットが、周方向に沿って前記軸方向の位置が互い違いに入れ替わるように複数配置され、

30

前記スリットは、前記 R F コイルが有する隣り合う 2 つのラングの間の位置に配置され、前記 R F コイルが有するラングの数と同じ数又は少ない数だけ形成される、磁気共鳴イメージング装置。

【請求項 10】

前記 R F シールドは、軸方向の長さが、前記 R F コイル上で導体パターンが配置された範囲より長く形成されており、当該範囲と対向する部分の外側に形成されたスリットをさらに有する、請求項 1 ~ 9 のいずれか一つに記載の磁気共鳴イメージング装置。

【請求項 11】

略円筒状に形成されたバードケージ型の R F コイルと、
略円筒状に形成され、前記 R F コイルの外周側に配置された R F シールドと
を備え、
前記 R F シールドには、複数のスリットがあり、前記スリットは軸方向に沿って、前記 R F コイルの 2 つのリングに挟まれた領域に伸び、全ての前記スリットは、径方向に見て、前記スリットと前記 R F コイルのラングとが重ならないように設けられている、磁気共鳴イメージング装置。

40

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明の実施形態は、磁気共鳴イメージング装置に関する。

【背景技術】

50

【 0 0 0 2 】

従来、磁気共鳴イメージング装置には、R F (Radio Frequency) コイルから傾斜磁場コイル側に発生する R F 磁場を遮蔽するための R F シールドが備えられる場合がある。この R F シールドには、傾斜磁場コイルから印加される傾斜磁場によって、渦電流が発生することが知られている。この渦電流は、画像劣化の原因となる場合がある。

【先行技術文献】

【特許文献】

【 0 0 0 3 】

【特許文献 1】特開 2 0 1 1 - 8 7 9 0 4 号公報

【発明の概要】

10

【発明が解決しようとする課題】

【 0 0 0 4 】

本発明が解決しようとする課題は、R F シールドに発生する渦電流の影響を低減させることができるイメージング装置を提供することである。

【課題を解決するための手段】

【 0 0 0 5 】

実施形態に係る磁気共鳴イメージング (MRI: Magnetic Resonance Imaging) 装置は、バードケージ型の R F コイルと、R F シールドとを備える。R F コイルは、略円筒状に形成される。R F シールドは、略円筒状に形成され、前記 R F コイルの外周側に配置される。また、R F シールドには、軸方向に沿って、前記 R F コイルの 2 つのリングに挟まれた領域に伸びた線状のスリットであって、前記軸方向の中央に対して前記軸方向に非対称な長さを有するスリットが、周方向に沿って前記軸方向の位置が互い違いに入れ替わるように複数配置されており、全ての前記スリットは、径方向に見て、前記スリットと前記 R F コイルのラングとが重ならないように設けられている。

20

【図面の簡単な説明】

【 0 0 0 6 】

【図 1】図 1 は、本実施形態に係る MRI 装置の構成例を示す図である。

【図 2】図 2 は、本実施形態に係る傾斜磁場コイルの構成を示す断面図である。

【図 3】図 3 は、本実施形態に係る R F コイルの構成及び R F コイルと R F シールドとの位置関係を示す図である。

30

【図 4】図 4 は、本実施形態に係る R F シールドの構成を示す外観図である。

【図 5】図 5 は、本実施形態に係る R F シールドが有する導電体層の基板の構成を示す展開図である。

【図 6】図 6 は、本実施形態に係る R F シールドが有する導電体層の基板の軸方向及び周方向における位置関係を示す展開図である。

【図 7】図 7 は、本実施形態に係る R F シールドが有する導電体層の基板の接続状態を示す断面図である。

【図 8】図 8 は、本実施形態に係る R F シールドに形成されるスリットと R F コイルとの位置関係を示す展開図である。

【発明を実施するための形態】

40

【 0 0 0 7 】

以下に、図面に基づいて、実施形態に係る MRI 装置を説明する。

【 0 0 0 8 】

図 1 は、本実施例に係る MRI 装置 1 0 0 の構成を示す構成図である。図 1 に示すように、例えば、MRI 装置 1 0 0 は、静磁場磁石 1 0 と、傾斜磁場コイル 2 0 と、R F コイル 3 0 と、R F シールド 4 0 と、天板 5 0 と、傾斜磁場電源 6 0 と、送信部 7 0 と、受信部 7 5 と、シーケンス制御装置 8 0 と、計算機システム 9 0 とを有する。

【 0 0 0 9 】

静磁場磁石 1 0 は、略円筒状 (円筒の軸に直交する断面が楕円状となるものを含む) に形成された磁石であり、円筒内に形成される空間であるボア内に静磁場を発生させる。例

50

例えば、静磁場磁石 1 0 は、超電導磁石であり、真空容器 1 1 と、真空容器 1 1 の中で冷却液に浸漬された超伝導コイル 1 2 とを有する。

【 0 0 1 0 】

傾斜磁場コイル 2 0 は、略円筒状（円筒の軸に直交する断面が楕円状となるものを含む）に形成され、静磁場磁石 1 0 の内周側に配置される。例えば、傾斜磁場コイル 2 0 は、A S G C（Actively Shielded Gradient Coil）であり、メインコイル 2 1 とシールドコイル 2 2 とを有する。メインコイル 2 1 は、傾斜磁場電源 6 0 から供給される電流により、X 軸，Y 軸，Z 軸の方向に強さが変化する傾斜磁場を被検体 P に印加する。シールドコイル 2 2 は、傾斜磁場コイル 2 0 から供給される電流によってメインコイル 2 1 の外側に磁場を発生させることで、メインコイル 2 1 によって発生する傾斜磁場を遮蔽する。

10

【 0 0 1 1 】

ここで、例えば、メインコイル 2 1 とシールドコイル 2 2 との間には、複数のシムトレイ挿入ガイド 2 3 が形成される。例えば、シムトレイ挿入ガイド 2 3 は、傾斜磁場コイル 2 0 の両端面に開口を形成する貫通穴であり、傾斜磁場コイル 2 0 の長手方向に全長にわたって形成される。また、シムトレイ挿入ガイド 2 3 は、メインコイル 2 1 及びシールドコイル 2 2 に挟まれた領域に、互いに平行となるように円周方向に等間隔に形成される。

【 0 0 1 2 】

そして、シムトレイ挿入ガイド 2 3 には、ボア内における静磁場の不均一性を補正するための鉄シムを収納したシムトレイ 2 4 が挿入される。シムトレイ 2 4 には、所定の数の鉄シムが収納される。また、シムトレイ 2 4 は、シムトレイ挿入ガイド 2 3 内で、傾斜磁場コイル 2 0 の中央付近に固定される。

20

【 0 0 1 3 】

R F コイル 3 0 は、略円筒状（円筒の軸に直交する断面が楕円状となるものを含む）に形成され、傾斜磁場コイル 2 0 の内周側に配置される。R F コイル 3 0 は、送信部 7 0 から送信される R F（Radio Frequency）パルスに基づいて被検体 P に R F 磁場を印加する。また、R F コイル 3 0 は、水素原子核の励起によって被検体 P から放出される磁気共鳴信号を受信する。

【 0 0 1 4 】

R F シールド 4 0 は、略円筒状（円筒の軸に直交する断面が楕円状となるものを含む）に形成され、傾斜磁場コイル 2 0 と R F コイル 3 0 との間に配置される。R F シールド 4 0 は、R F コイル 3 0 によって発生する R F 磁場を遮蔽する。なお、R F シールド 4 0 の具体的な構成については、後に詳細に説明する。

30

【 0 0 1 5 】

ここで、それぞれ略円筒形状に形成される静磁場磁石 1 0、傾斜磁場コイル 2 0、R F コイル 3 0、及び R F シールド 4 0 は、図示していない架台装置によって支持されて、それぞれの位置が固定される。このとき、静磁場磁石 1 0、傾斜磁場コイル 2 0、R F コイル 3 0 及び R F シールド 4 0 は、それぞれの軸の位置（図 1 に示す一点鎖線）及び中心の位置が一致するように配置される。なお、静磁場磁石 1 0、傾斜磁場コイル 2 0、R F コイル 3 0 及び R F シールド 4 0 の軸の位置及び中心の位置は、必ずしも一致しなくてもよい。

40

【 0 0 1 6 】

天板 5 0 は、図示していない寝台装置に設けられ、上下方向、左右方向、及び前後方向へ移動可能に支持される。被検体 P の撮像が行われる際には、天板 5 0 は、被検体 P が載置されて、静磁場磁石 1 0 のボア内へ移動される。傾斜磁場電源 6 0 は、シーケンス制御装置 8 0 からの指示に基づいて、傾斜磁場コイル 2 0 に電流を供給する。

【 0 0 1 7 】

送信部 7 0 は、シーケンス制御装置 8 0 からの指示に基づいて、R F コイル 3 0 に R F パルスを送信する。受信部 7 5 は、R F コイル 3 0 によって受信された磁気共鳴信号を検出し、検出した磁気共鳴信号をデジタル化した生データをシーケンス制御装置 8 0 に送信する。

50

【 0 0 1 8 】

シーケンス制御装置 8 0 は、計算機システム 9 0 による制御のもと、傾斜磁場電源 6 0、送信部 7 0 及び受信部 7 5 をそれぞれ駆動することによって被検体 P のスキャンを行う。そして、シーケンス制御装置 8 0 は、スキャンを行った結果、受信部 7 5 から生データが送信されると、その生データを計算機システム 9 0 に送信する。

【 0 0 1 9 】

計算機システム 9 0 は、MRI 装置 1 0 0 全体を制御する。例えば、入力部を介して操作者から撮像条件の入力を受け付け、受け付けた撮像条件に基づいてシーケンス制御装置 8 0 にスキャンを実行させる。また、計算機システム 9 0 は、シーケンス制御装置 8 0 から送信された生データから画像を再構成し、再構成した画像を表示部に表示する。

10

【 0 0 2 0 】

このような構成のもと、本実施形態に係る MRI 装置 1 0 0 は、RF シールド 4 0 に発生する渦電流の影響を低減させるための構成を有する。具体的には、RF シールド 4 0 が、軸方向の中心に関して非対称な位置に形成された複数のスリットを有するように構成される。

【 0 0 2 1 】

なお、ここでいうスリットは、必ずしも、物体を貫通する意味のものではない。後述するように、本実施形態では、RF シールド 4 0 は複数の導電体層を有しており、個々の導電体層では、内周面と外周面と間を貫通するようにスリットが形成されるが、各導電体層のスリットの位置をずらすことによって、RF シールド 4 0 全体では、各スリットが内周面と外周面との間を貫通しないようになっている。

20

【 0 0 2 2 】

一般的に、RF シールドには、傾斜磁場コイルから印加される傾斜磁場によって、渦電流が発生することが知られている。この渦電流は、画像劣化の原因となる場合がある。そのため、RF シールドには、できるだけ渦電流が発生しないようにするのが望ましい。例えば、渦電流を抑制するための方法として、RF シールドにスリットを設けることで、RF シールドに発生する渦電流を分断する方法がある。しかし、RF シールドは、スリットを形成することによって RF 磁場のシールド性能が下がってしまうため、むやみにスリットを設けることはできない。また、スリットを設ける位置によっては、渦電流を効果的に分断できない場合もあり得る。

30

【 0 0 2 3 】

これに対し、本実施例では、RF シールド 4 0 において、複数のスリットが、軸方向の中心に関して非対称な位置に形成される。この構成によれば、RF シールド 4 0 において、スリットが軸方向に分散して配置されることになる。したがって、RF シールド 4 0 の周方向に沿って流れる渦電流の経路を長くすることができ、渦電流を発生しにくくすることができる。

【 0 0 2 4 】

以下では、図 2 ~ 8 を参照して、RF シールド 4 0 の構成を中心に、本実施形態に係る MRI 装置 1 0 0 の構成について詳細に説明する。

【 0 0 2 5 】

図 2 は、本実施形態に係る傾斜磁場コイル 2 0 の構成を示す断面図である。図 2 は、傾斜磁場コイル 2 0 の軸方向（図 2 に示す両矢印 A D の方向）に沿った断面の一部を示している。なお、図 2 に示す上側の部分は、傾斜磁場コイル 2 0 の半径方向（図 2 に示す両矢印 R D の方向）における外側の部分を示しており、図 2 に示す下側は、傾斜磁場コイル 2 0 の半径方向における内側の部分を示している。

40

【 0 0 2 6 】

例えば、図 2 に示すように、傾斜磁場コイル 2 0 は、半径方向の内側から外側に向かって、第 1 の冷却層 2 5、メインコイル 2 1、第 2 の冷却層 2 6、シムトレイ挿入ガイド層 2 7、第 3 の冷却層 2 8、シールドコイル 2 2 の順に各層を積層して形成される。

【 0 0 2 7 】

50

ここで、第1の冷却層25、第2の冷却層26、及び第3の冷却層28には、それぞれ、傾斜磁場コイル20の軸を中心にして螺旋状に形成された冷却管が配設される。そして、各冷却層の冷却管には、所定の冷却装置(チラー)から供給される冷媒が流れる。これにより、傾斜磁場コイル20内で冷媒が循環して、傾斜磁場コイル20が冷却される。また、シムトレイ挿入ガイド層27には、それぞれ内部に複数の鉄シムが収められた複数のシムトレイ24が配置される。

【0028】

また、第1の冷却層25の内周側には、図1に示したRFシールド40が配置される。なお、図1では図示を省略したが、第1の冷却層25とメインコイル21との間にも、RFシールド45がさらに配置される。各RFシールドは、傾斜磁場コイル20の内周側に配置されるRFコイル30から傾斜磁場コイル20側に発生するRF磁場を遮蔽する。なお、以下ではRFシールド40について詳細に説明するが、本実施形態では、RFシールド45も、RFシールド40と同様の構成を有する。

【0029】

ここで、RFシールド40は、傾斜磁場コイル20の内周面に貼り付けられた状態となるように配置される。例えば、RFシールド40及びRFシールド45は、傾斜磁場コイル20が作製される際に、傾斜磁場コイル20が有する複数の導体パターンの内側に配置され、各導体パターンの周辺に含浸された樹脂によって固定される。このとき、RFシールド40は、RFコイル30の全体を覆うように位置決めされる。

【0030】

図3は、本実施形態に係るRFコイル30の構成及びRFコイル30とRFシールド40との位置関係を示す図である。例えば、図3に示すように、RFコイル30は、傾斜磁場コイル20及びRFシールド40と、軸の位置(図3に示す一点鎖線)、及び、軸方向(図3に示す両矢印ADの方向)における中心の位置が一致するように配置される。なお、傾斜磁場コイル20、RFコイル30及びRFシールド40の軸の位置及び中心の位置は、必ずしも一致しなくてもよい。

【0031】

本実施形態では、RFコイル30は、バードケージ型コイルであり、導体パターンとして、リング31と、リング32と、複数のラング33とを有する。リング31及び32は、RFコイル30の軸方向における両端付近に配置される。また、複数のラング33は、リング31とリング32との間を架け渡すように、RFコイル30の周方向に沿って略等間隔に配置される。なお、図3に示す範囲Rは、軸方向における、RFコイル30上で導体パターンが配置された範囲を示している。

【0032】

そして、本実施形態では、RFシールド40は、2つの導電体層の基板で1つの誘電体層の基板を挟んだ三層の基板を電氣的に接続して構成される。

【0033】

図4は、本実施形態に係るRFシールド40の構成を示す外観図である。例えば、図4に示すように、RFシールド40は、それぞれ略円筒状に形成された導電体層の基板41及び42と、誘電体層の基板43とを有する。そして、RFシールド40は、半径方向の内側から外側に向かって、導電体層の基板41、誘電体層の基板42、導電体層の基板42の順で各基板を積層して形成される。

【0034】

なお、ここでは、RFシールド40の構成について詳細に説明するが、前述したように、図2に示したRFシールド45も、RFシールド40と同様の構成を有する。すなわち、RFシールド45も、2つの導電体層の基板で1つの誘電体層の基板を挟んだ三層の基板を電氣的に接続して構成される。

【0035】

また、本実施形態では、図4に示すように、導電体層の基板41及び42は、それぞれ、周方向(図4に示す両矢印CDの方向)に沿って分割された2つの部材で構成される。

10

20

30

40

50

ここで、例えば、導電体層の基板 4 1 及び 4 2 は、それぞれが有する 2 つの部材の切れ目の位置が、周方向に互いに略 90 度ずれるように配置される。

【 0 0 3 6 】

そして、RFシールド 4 0 は、軸方向の中心に関して非対称な位置に形成された複数のスリットを有する。

【 0 0 3 7 】

より具体的には、RFシールド 4 0 において、複数のスリットは、RFシールド 4 0 の軸方向の長さより短い長さにそれぞれ形成される。ここで、当該複数のスリットは、RFシールド 4 0 の一方の端部に近い位置に配置されたスリットと、RFシールド 4 0 の他方の端部に近い位置に配置されたスリットとを含む。そして、当該複数のスリットは、RFシールド 4 0 の軸の中心を通り、かつ、当該軸に直交する面に関して非対称な位置に形成される。このように、非対称に形成されるスリットを、以下では第 1 のスリットと呼ぶ。

【 0 0 3 8 】

なお、上述したように、本実施形態では、導電体層の基板 4 1 及び 4 2 は、それぞれ、周方向に沿って分割された 2 つの部材で構成される。

【 0 0 3 9 】

図 5 は、本実施形態に係る RFシールド 4 0 が有する導電体層の基板 4 1 及び 4 2 の構成を示す展開図である。なお、図 5 は、円筒状に形成された導電体層の基板 4 1 及び 4 2 をそれぞれ平板状に展開したうえで、周方向（図 5 に示す両矢印 CD の方向）の位置を揃えて、軸方向（図 5 に示す両矢印 AD の方向）に並べた様子を示している。

【 0 0 4 0 】

例えば、図 5 に示すように、基板 4 1 は、部材 4 1 a と部材 4 1 b とを有し、基板 4 2 は、部材 4 2 a と部材 4 2 b とを有する。なお、図 5 では、基板 4 2 b を 2 つに分けて示しているが、基板 4 2 b は、図 5 の上側に示す部分の上端と下側に示す部分の下端とが連続している。また、図 5 に示す範囲 R は、軸方向における、RFコイル 3 0 上で導体パターンが配置された範囲を示している。この範囲 R は、図 3 に示した範囲 R と軸方向の長さが同じである。

【 0 0 4 1 】

ここで、基板 4 1 では、部材 4 1 a の周方向における一方の端部 4 1 e と、部材 4 1 b の周方向における一方の端部 4 1 h との間が、電氣的に接続される。さらに、部材 4 1 a の周方向における他方の端部 4 1 f と、部材 4 1 b の周方向における他方の端部 4 1 g との間も、電氣的に接続される。これに対し、基板 4 2 では、部材 4 2 a の周方向における一方の端部 4 2 e と、部材 4 2 b の周方向における一方の端部 4 2 h との間は、電氣的に接続されず、スリットとして機能する。さらに、部材 4 2 a の周方向における他方の端部 4 2 f と、部材 4 2 b の周方向における他方の端部 4 2 g との間も、電氣的に接続されず、スリットとして機能する。

【 0 0 4 2 】

そして、例えば、図 5 に示すように、基板 4 1 には、軸方向の中心に関して非対称な位置に、複数の第 1 のスリット 4 1 c が形成される。ここで、図 5 に示す一点鎖線 CL は、RFシールド 4 0 の軸の中心を通り、かつ、当該軸に直交する面が、基板 4 1 及び 4 2 それぞれに交差する位置を示している。第 1 のスリット 4 1 c は、この位置に関して非対称な位置に形成される。

【 0 0 4 3 】

また、例えば、第 1 のスリット 4 1 c は、それぞれ、RFシールド 4 0 の軸に平行に形成される。なお、第 1 のスリット 4 1 c は、必ずしも RFシールド 4 0 の軸に平行でなくてもよく、RFシールド 4 0 の軸に平行な方向に対して、斜めに形成されてもよい。

【 0 0 4 4 】

ここで、例えば、第 1 のスリット 4 1 c は、RFシールド 4 0 の周方向に沿って略等間隔に配置され、RFシールド 4 0 の軸方向における各スリットの位置が RFシールド 4 0 の周方向に沿って入れ替わるように配置される。例えば、各スリットの位置は、軸方向に

10

20

30

40

50

おける位置が、周方向に沿って1つずつ交互に入れ替わるように配置される。すなわち、第1のスリット41cは、RFシールド40の周方向に沿って、軸方向に交互に位置がずれるように配置される。

【0045】

なお、第1のスリット41cは、それぞれ、RFシールド40の軸方向の長さより短い長さに形成される。すなわち、第1のスリット41cは、RFシールド40を軸方向に横断するように形成されるのではなく、少なくとも一方の端部が、RFシールド40を周方向に分断しないように形成される。この結果、第1のスリット41cは、RFシールド40の軸方向における一方の端部に近い位置、または、RFシールド40の軸方向における一方の端部に近い位置に配置されることになる。これにより、第1のスリット41cは、RFシールド40の軸の中心を通り、かつ、当該軸に直交する面に関して非対称な位置に形成されることになる。

10

【0046】

また、本実施形態では、RFシールド40は、軸方向の長さが、RFコイル30上で導体パターンが配置された範囲より長く構成されており、当該範囲と対向する部分に、複数の第1のスリットそれぞれの少なくとも一部が形成される。

【0047】

例えば、図5に示すように、RFシールド40が有する導電体層の基板41及び42は、それぞれ、RFコイル30上で導体パターンが配置された範囲Rより長く構成される。そして、基板41に形成された複数の第1のスリット41cは、それぞれの少なくとも一部が範囲Rの内側に含まれるように形成される。

20

【0048】

ここで、各第1のスリット41cは、範囲Rの軸方向における両端部のうちの一方の端部の位置では、基板41を周方向に分断するが、他方の端部の位置では、基板41を周方向に分断しないように形成される。そして、第1のスリット41cは、RFシールド40の周方向に沿って、範囲Rの軸方向における両端部のうちの分断しない側の端部が交互に入れ替わるように配置される。

【0049】

なお、ここでいう範囲Rの軸方向における両端部は、RFコイル30のリング31が配置される位置である。すなわち、各第1のスリット41cは、RFコイル30の両端付近に設けられる2つのリング31のうちの一方のリング31に対向する位置では、基板41を周方向に分断するが、他方のリング31に対向する位置では、基板41を周方向に分断しないように形成される。そして、第1のスリット41cは、RFシールド40の周方向に沿って、分断しない側のリング31が交互に入れ替わるように配置される。これにより、RF磁場が大きく発生するリング31の周辺でRF磁場のシールド性能を保ちつつ、渦電流が流れる経路を最大限に長くすることができ、渦電流の発生をさらに低減させることができる。

30

【0050】

また、本実施形態では、RFシールド40は、RFコイル30上で導体パターンが配置された範囲Rと対向する部分の外側に形成された第2のスリット41dをさらに有する。例えば、第2のスリット41dは、RFシールド40の周方向に沿って等間隔に形成される。RFコイル30上で導体パターンが配置された範囲Rの外側は、傾斜磁場コイル20が頻繁に変動する位置であるため、渦電流が顕著に発生する。そのため、このように、RFコイル30上で導体パターンが配置された範囲Rの外側にさらに第2のスリット41dを設けることによって、RFシールド40に発生する渦電流をより低減させることができる。なお、第2のスリット41dの数、長さ及び配置間隔は、必ずしも図5に示したものに限られない。

40

【0051】

なお、ここでは、基板41について説明したが、図5に示すように、本実施形態では、基板42にも同様に、軸方向の中心に関して非対称な位置に複数の第1のスリット42c

50

が形成され、RFコイル30上で導体パターンが配置された範囲Rと対向する部分の外側に複数の第2のスリット42dが形成される。

【0052】

また、例えば、図5に示した基板41におけるスリットの配置と基板42におけるスリットの配置とは、互いに入れ替わってもよい。

【0053】

そして、本実施形態では、上述した2つの導電体層の基板41及び42は、一方の基板に形成されたスリットが他方の基板に形成された隣り合う2つのスリットの略中央に位置するように配置される。

【0054】

図6は、本実施形態に係るRFシールド40が有する導電体層の基板41及び42の軸方向及び周方向における位置関係を示す展開図である。なお、図6は、円筒状に形成された導電体層の基板41及び42をそれぞれ平板状に展開したうえで、周方向(図6に示す両矢印CDの方向)の位置を揃えて、基板41の裏側に基板42を配置した様子を示している。また、図6では、基板42に形成されているスリットの位置を破線で示している。

【0055】

ここで、前述したように、基板41では、部材41aの周方向における一方の端部と部材41bの周方向における一方の端部との間、及び、部材41aの周方向における他方の端部と部材41bの周方向における他方の端部との間は、いずれも電氣的に接続されている。また、基板42では、部材42aの周方向における一方の端部と部材42bの周方向における一方の端部との間、及び、部材42aの周方向における他方の端部と部材42bの周方向における他方の端部42fとの間は、いずれも、電氣的に接続されず、スリットとして機能する。

【0056】

例えば、図6に示すように、導電体層の基板41及び42は、基板41に形成された各第1のスリット41cの位置が、基板42に形成された第1のスリット42cに対して、隣り合う2つの第1のスリット42cの間に配置されるように、軸方向(図6に示す両矢印ADの方向)及び周方向におけるそれぞれの位置が決められる。

【0057】

なお、誘電体層の基板41及び42の間の第1のスリットの位置関係は、必ずしも、図6に示したものに限られない。例えば、一方の基板に形成された第1のスリットが、他方の基板に形成された隣り合う2つの第1のスリットの略中央に位置するのではなく、当該2つの第1のスリットの間で、中央から周方向にずれた位置に配置されてもよい。また、基板41と基板42との間で、それぞれに形成された第1のスリットの軸方向の位置が周方向に沿って入れ替わる関係も、必ずしも、図6に示したものに限られない。

【0058】

そして、本実施形態では、導電体層の基板41及び42は、基板41に形成された各第1のスリット41cの位置が、基板42に形成された隣り合う2つの第1のスリット42cの間に配置されるように配置されたうえで、誘電体層の基板43を挟んで電氣的に接続される。

【0059】

図7は、本実施形態に係るRFシールド40が有する導電体層の基板41及び42の接続状態を示す断面図である。なお、図7は、基板41について、図6に一点鎖線CSで示した位置の断面を示している。

【0060】

例えば、図7に示すように、導電体層の基板41及び42は、基板41に形成された各第1のスリット41cの位置が、基板42に形成された第1のスリット42cに対して、隣り合う2つの第1のスリット42cの間に配置されるように位置決めされる。すなわち、導電体層の基板41及び42は、互いのスリットの位置がRFシールド40の周方向にずれるように配置される。

10

20

30

40

50

【 0 0 6 1 】

このような配置によって、導電体層の基板 4 1 と基板 4 2 とが誘電体層の基板 4 3 を挟んで重なる部分が容量性素子として機能するようになる。これにより、RFシールド 4 0 にスリットを設けた場合でも、RFシールド 4 0 を所定の周波数に対してインピーダンスが低い状態、つまり導通に近い状態とすることができるので、RF磁場のシールド性能を保つことができる。また、この一方で、RFシールド 4 0 は直流電流に近い低周波電流に対しては絶縁に近い状態となるので、RFシールド 4 0 に渦電流が発生するのを抑えることができる。

【 0 0 6 2 】

そして、本実施形態では、RFシールド 4 0 が有する複数の第 1 のスリットは、バードケージ型コイルが有する導体パターンの位置に応じて、各導体パターンに対向する位置をできるだけ避けるように配置される。

10

【 0 0 6 3 】

図 8 は、本実施形態に係る RFシールド 4 0 に形成されるスリットと RFコイル 3 0 との位置関係を示す展開図である。図 8 は、図 6 に示した展開図に、RFコイル 3 0 が有するリング 3 1 及びラング 3 3 それぞれに対向する位置を示した図である。

【 0 0 6 4 】

例えば、前述したように、各第 1 のスリットは、RFコイル 3 0 に設けられる 2 つのリング 3 1 のうちの一方のリング 3 1 に対向する位置では、基板 4 1 を周方向に分断するが、他方のリング 3 1 に対向する位置では、基板 4 1 を周方向に分断しないように形成される。そして、第 1 のスリット 4 1 c は、RFシールド 4 0 の周方向に沿って、分断しない側のリング 3 1 が交互に入れ替わるように配置される。

20

【 0 0 6 5 】

この結果、例えば、図 8 に示すように、RFシールド 4 0 において、導電体層の基板が連続する部分は、周方向（図 8 に示す両矢印 CD の方向）に移動するにつれて、軸方向（図 8 に示す両矢印 AD の方向）に沿って逆方向に向きを変えながら連続することになる。これにより、RFシールド 4 0 内で渦電流が流れる経路を長くすることができる。

【 0 0 6 6 】

また、例えば、RFシールド 4 0 が有する複数の第 1 のスリットは、バードケージ型コイルが有する隣り合う 2 つのラングの間の位置に配置される。例えば、図 8 に示すように、RFシールド 4 0 において、RFコイル 3 0 が有する複数のラング 3 3 それぞれの間の位置に、基板 4 1 の第 1 のスリット 4 1 c 又は基板 4 1 の第 1 のスリット 4 2 c のいずれか一方が配置される。

30

【 0 0 6 7 】

このように、RFコイル 3 0 が有する複数のラング 3 3 それぞれの間の位置に第 1 のスリットを配置することで、RF磁場が大きく発生するラング 3 3 の周辺で RF磁場のシールド性能を保ちつつ、渦電流が流れる経路を最大限に長くすることができ、渦電流の発生をさらに低減させることができる。

【 0 0 6 8 】

そして、例えば、RFシールド 4 0 が有する第 1 のスリットは、バードケージ型コイルが有するラングの数と同じ数だけ形成される。ここでいう第 1 のスリットの数とは、基板 4 1 に形成される第 1 のスリット 4 1 c の数と、基板 4 2 に形成される第 1 のスリット 4 2 c の数との合計である。また、この数には、基板 4 2 を構成する部材 4 2 a 及び 4 2 b の切れ目として形成されるスリットの数も含まれる。例えば、図 8 に示すように、RFコイル 3 0 が 16 個のラング 3 3 を有する場合には、合計で 16 個のスリットが、基板 4 1 及び 4 2 に形成される。

40

【 0 0 6 9 】

なお、RFシールド 4 0 に形成される第 1 のスリットの数とは、必ずしも、図 5、6 及び 8 に示したものに限られない。例えば、第 1 のスリットは、バードケージ型コイルが有するラングの数より少ない数だけ形成されてもよい。スリットの数減らすことで、RFシ

50

ールド40のシールド性能を高めることができる。なお、第1のスリットの長さ、配置間隔、及び、軸方向における位置も、必ずしも、図5、6及び8に示したものに限られない。

【0070】

上述したように、本実施形態に係るMRI装置100では、RFシールド40が、軸方向の中心に関して非対称な位置に形成された複数のスリットを有するように構成される。

【0071】

この構成によれば、RFシールド40において、スリットが軸方向に分散して配置されることになる。したがって、RFシールド40の周方向に沿って流れる渦電流の経路を長くすることができ、渦電流を発生しにくくすることができる。

10

【0072】

なお、本実施形態では、MRI装置100が、2つのRFシールド40及び45を備える場合の例を説明したが、実施形態はこれに限られない。例えば、MRI装置100は、RFシールド40及び45のうち的一方のみを備えていてもよい。また、例えば、傾斜磁場コイル20には、最も内周側にある第1の冷却層25が設けられない場合もある。そのような場合には、図2に示したRFシールド45の位置に、本実施形態で説明した構成を有するRFシールド45が1つだけ配置されていてもよい。

【0073】

また、本実施形態では、RFシールド40とRFシールド45とが同様の構成を有する場合の例を説明したが、実施形態はこれに限られない。例えば、一方のRFシールドには第1のスリット及び第2のスリットの両方が形成され、他方のRFシールドには第2のスリットのみが形成されてもよい。また、例えば、一方のRFシールドには第1のスリット及び第2のスリットの両方が形成され、他方のRFシールドには第1のスリットのみが形成されてもよい。すなわち、他方のRFシールドには第1のスリット及び第2のスリットのうち一方のみが形成されてもよい。また、例えば、一方のRFシールドにはスリットが形成されず、他方のRFシールドのみにスリットが形成されてもよい。

20

【0074】

また、本実施形態では、全身用のバードケージ型コイル及びそれに付随するRFシールドの例を説明したが、実施形態はこれに限られない。例えば、上述した実施形態は、局所用の送信コイル及びそれに付随するRFシールドについても、同様に適用することが可能である。

30

【0075】

以上説明した少なくとも1つの実施形態によれば、RFシールドに発生する渦電流の影響を低減させることができる。

【0076】

本発明のいくつかの実施形態を説明したが、これらの実施形態は、例として提示したものであり、発明の範囲を限定することは意図していない。これら実施形態は、その他の様々な形態で実施されることが可能であり、発明の要旨を逸脱しない範囲で、種々の省略、置き換え、変更を行うことができる。これら実施形態やその変形は、発明の範囲や要旨に含まれると同様に、特許請求の範囲に記載された発明とその均等の範囲に含まれるものである。

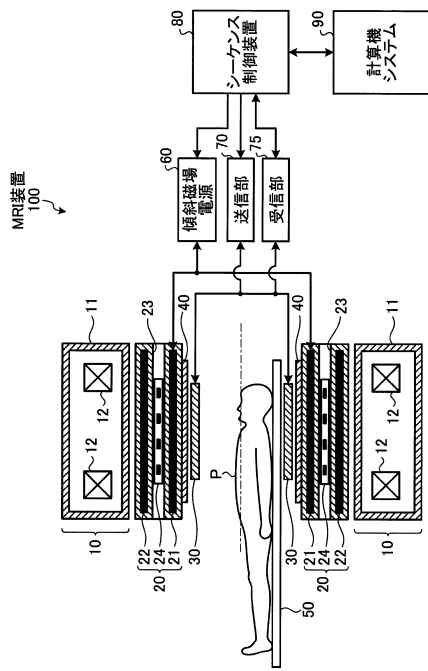
40

【符号の説明】

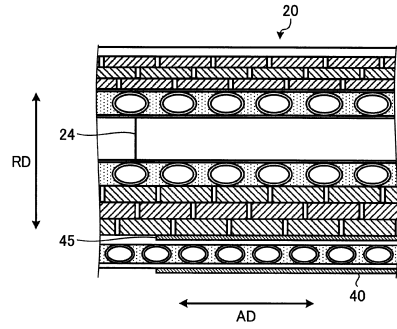
【0077】

- 100 MRI装置
- 30 RFコイル
- 40 RFシールド

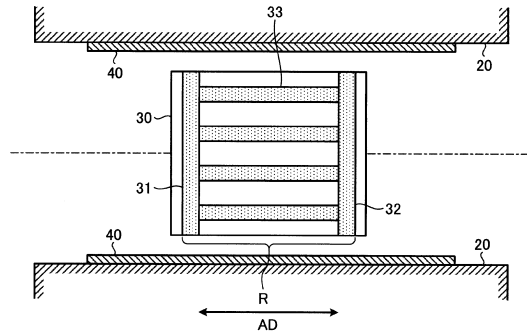
【図1】



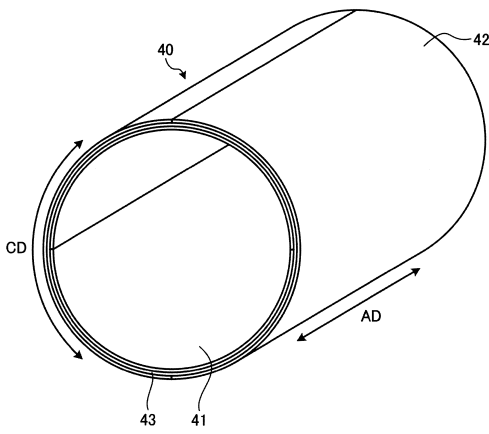
【図2】



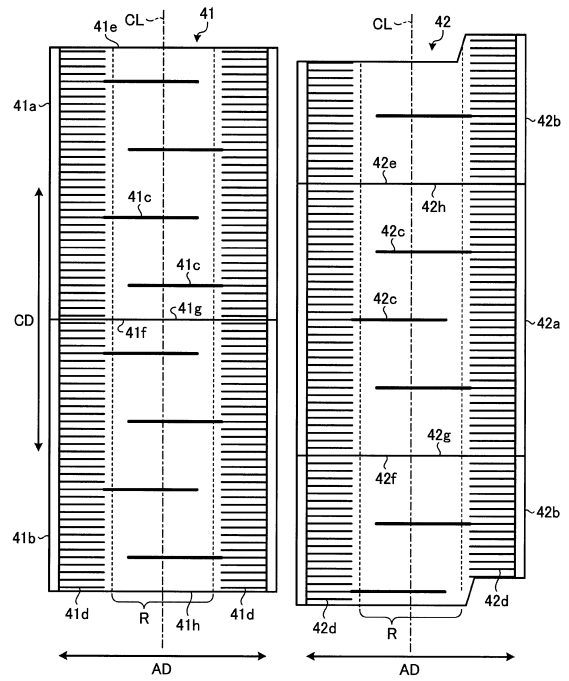
【図3】



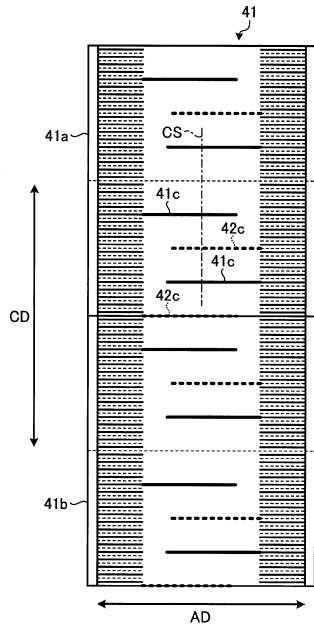
【図4】



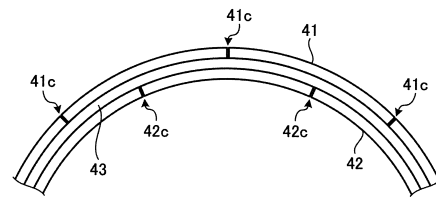
【図5】



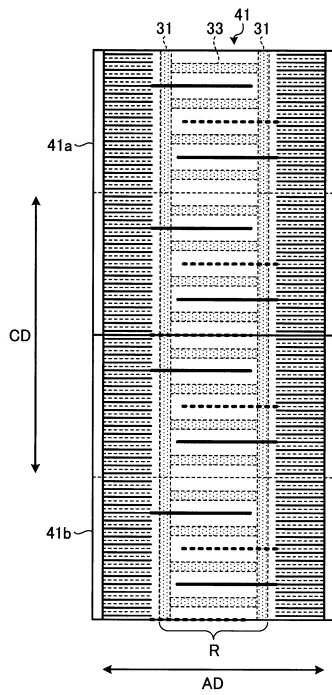
【 図 6 】



【 図 7 】



【 図 8 】



フロントページの続き

(72)発明者 石原 隆尋

栃木県大田原市下石上1385番地 東芝メディカルシステムズ株式会社内

審査官 松本 隆彦

(56)参考文献 特開平08-238230(JP,A)

特開2011-087904(JP,A)

米国特許出願公開第2012/0229141(US,A1)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

A61B 5/055

G01N 33/422