

(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2014-193324  
(P2014-193324A)

(43) 公開日 平成26年10月9日(2014.10.9)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
<b>A 6 1 B 5/055 (2006.01)</b>	A 6 1 B 5/05 3 4 1	4 C 0 9 6
<b>G O 1 R 33/385 (2006.01)</b>	G O 1 N 24/06 5 1 O Y	
<b>G O 1 R 33/389 (2006.01)</b>	A 6 1 B 5/05 3 6 0	
	G O 1 N 24/06 5 3 O Y	

審査請求 未請求 請求項の数 8 O L (全 10 頁)

(21) 出願番号 特願2014-40957 (P2014-40957)  
 (22) 出願日 平成26年3月3日(2014.3.3)  
 (31) 優先権主張番号 特願2013-40895 (P2013-40895)  
 (32) 優先日 平成25年3月1日(2013.3.1)  
 (33) 優先権主張国 日本国(JP)

(71) 出願人 000003078  
 株式会社東芝  
 東京都港区芝浦一丁目1番1号  
 (71) 出願人 594164542  
 東芝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  
 (74) 代理人 100089118  
 弁理士 酒井 宏明  
 (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  
 Fターム(参考) 4C096 AA20 AB47 CA02 CA15 CA17  
 CA25 CB03 CB05 CB20

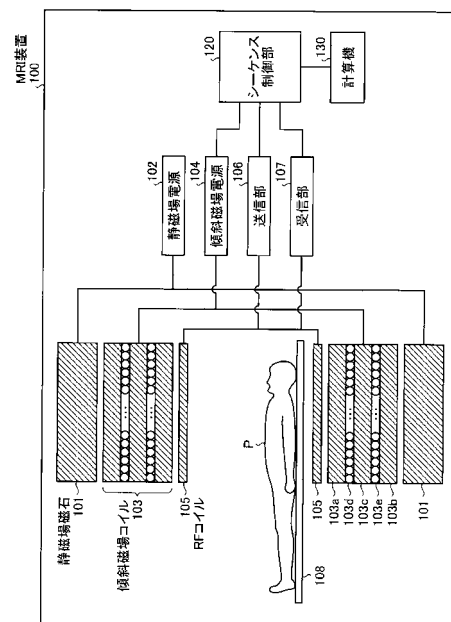
(54) 【発明の名称】 磁気共鳴イメージング装置及び傾斜磁場コイル

(57) 【要約】 (修正有)

【課題】 傾斜磁場コイルの冷却効率を向上することができる磁気共鳴イメージング装置及び傾斜磁場コイルを提供する。

【解決手段】 磁気共鳴イメージング装置100は、静磁場磁石101と、傾斜磁場コイル103とを備える。静磁場磁石は、静磁場を発生する。傾斜磁場コイルは、静磁場磁石の内側に配置され、略円筒の水平軸に沿って傾斜磁場を発生するXコイルと、略円筒の垂直軸に沿って傾斜磁場を発生するYコイルと、略円筒の長軸に沿って傾斜磁場を発生するZコイルとを有する傾斜磁場コイルとを備える。傾斜磁場コイルは、磁場中心からの距離が、Yコイルに比較してXコイルが遠くなるように、各コイルが積層される。

【選択図】 図1



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

静磁場を発生する静磁場磁石と、

前記静磁場磁石の内側に配置され、略円筒の水平軸に沿って傾斜磁場を発生する X コイルと、略円筒の垂直軸に沿って傾斜磁場を発生する Y コイルと、略円筒の長軸に沿って傾斜磁場を発生する Z コイルとを有する傾斜磁場コイルとを備え、

前記傾斜磁場コイルは、磁場中心からの距離が、前記 Y コイルに比較して、前記 X コイルが遠くなるように、各コイルが積層される、磁気共鳴イメージング装置。

## 【請求項 2】

前記傾斜磁場コイルは、傾斜磁場を発生する第 1 コイルと、前記第 1 コイルの漏洩磁場を打ち消す第 2 コイルとを備え、前記第 1 コイル及び前記第 2 コイルは、前記 X コイル、前記 Y コイル、及び前記 Z コイルをそれぞれ有するものであって、

前記第 1 コイルと前記第 2 コイルとの間に配設された冷却管との距離が、前記 Y コイルに比較して、前記 X コイルが近くなるように、前記第 1 コイル内で各コイルが積層される、請求項 1 に記載の磁気共鳴イメージング装置。

## 【請求項 3】

前記第 1 コイルの内側には、冷却管が配設されていない、請求項 2 に記載の磁気共鳴イメージング装置。

## 【請求項 4】

前記傾斜磁場コイルは、前記第 1 コイル内における前記 X コイルと前記第 2 コイル内における前記 X コイルとの間の層間距離と、前記第 1 コイル内における前記 Y コイルと前記第 2 コイル内における前記 Y コイルとの間の層間距離とが略一致するように、各コイルが積層される、請求項 2 に記載の磁気共鳴イメージング装置。

## 【請求項 5】

前記傾斜磁場コイルは、更に、前記第 2 コイル内においても、前記第 1 コイルと前記第 2 コイルとの間に配設された冷却管との距離が、前記 Y コイルに比較して、前記 X コイルが近くなるように積層される、請求項 2 に記載の磁気共鳴イメージング装置。

## 【請求項 6】

前記 X コイルに高いパワーデューティの電流を印加して、磁気共鳴画像を収集する、請求項 1 に記載の磁気共鳴イメージング装置。

## 【請求項 7】

E P I (Echo Planar Imaging) により、磁気共鳴画像を収集する、請求項 1 に記載の磁気共鳴イメージング装置。

## 【請求項 8】

静磁場磁石の内側に配置され、略円筒の水平軸に沿って傾斜磁場を発生する X コイルと、略円筒の垂直軸に沿って傾斜磁場を発生する Y コイルと、略円筒の長軸に沿って傾斜磁場を発生する Z コイルとを有し、

磁場中心からの距離が、前記 Y コイルに比較して、前記 X コイルが遠くなるように、各コイルが積層される、傾斜磁場コイル。

## 【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及び傾斜磁場コイルに関する。

## 【背景技術】

## 【0002】

磁気共鳴イメージングは、静磁場中に置かれた被検体の原子核スピンを、そのラーモア (Larmor) 周波数の R F (Radio Frequency) パルスで磁氣的に励起し、励起に伴い発生する磁気共鳴信号のデータから画像を生成する撮像法である。磁気共鳴イメージング装置は、静磁場磁石の内側に、傾斜磁場コイルを備える。また、この傾斜磁場コイル内では、略円筒の水平軸に沿って傾斜磁場を発生する X コイルと、略円筒の垂直軸に沿って傾斜磁

10

20

30

40

50

場を発生する Y コイルと、略円筒の長軸に沿って傾斜磁場を発生する Z コイルとが積層される。

【 0 0 0 3 】

近年では、E P I (Echo Planar Imaging) 等の高速撮像が一般化している。高速撮像においては、X コイルに高いパワーデューティの電流が印加されるため、この X コイルが最も発熱し易い。一方、従来、X コイルは、患者の居住空間である略円筒内部の空間に最も近い内側に積層される。傾斜磁場コイルには水等の冷媒を循環させる冷却管が配管されるものの、X コイルが十分に冷却されない結果、患者の居住性は低下し、時として、I E C (International Electrotechnical Commission) の規格に従って撮像を停止しなければならないおそれもあった。

10

【先行技術文献】

【特許文献】

【 0 0 0 4 】

【特許文献 1】特開 2 0 1 1 - 0 8 7 9 0 4 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【 0 0 0 5 】

本発明が解決しようとする課題は、傾斜磁場コイルの冷却効率を向上することができる磁気共鳴イメージング装置及び傾斜磁場コイルを提供することである。

20

【課題を解決するための手段】

【 0 0 0 6 】

実施形態に係る磁気共鳴イメージング装置は、静磁場磁石と、傾斜磁場コイルとを備える。静磁場磁石は、静磁場を発生する。傾斜磁場コイルは、静磁場磁石の内側に配置され、略円筒の水平軸に沿って傾斜磁場を発生する X コイルと、略円筒の垂直軸に沿って傾斜磁場を発生する Y コイルと、略円筒の長軸に沿って傾斜磁場を発生する Z コイルとを有する傾斜磁場コイルとを備える。傾斜磁場コイルは、磁場中心からの距離が、Y コイルに比較して X コイルが遠くなるように、各コイルが積層される。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 0 7 】

【図 1】図 1 は、第 1 の実施形態に係る M R I 装置の構成を示す機能ブロック図。

30

【図 2】図 2 は、第 1 の実施形態に係る傾斜磁場コイルの構造を示す斜視図。

【図 3】図 3 は、第 1 の実施形態における X コイルを説明するための図。

【図 4】図 4 は、第 1 の実施形態における Y コイルを説明するための図。

【図 5】図 5 は、第 1 の実施形態における Z コイルを説明するための図。

【図 6】図 6 は、第 1 の実施形態における傾斜磁場コイルの積層を示す図。

【図 7】図 7 は、第 1 の実施形態における傾斜磁場コイルの層順を示す図。

【図 8】図 8 は、第 1 の実施形態における温度シミュレーション結果を示す図。

【図 9】図 9 は、その他の実施形態における傾斜磁場コイルの層順を示す図。

【発明を実施するための形態】

【 0 0 0 8 】

40

以下、図面を参照しながら、実施形態に係る磁気共鳴イメージング装置（以下、適宜「M R I (Magnetic Resonance Imaging) 装置」）及び傾斜磁場コイルを説明する。なお、実施形態は、以下の実施形態に限られるものではない。また、各実施形態において説明する内容は、原則として、他の実施形態においても同様に適用することができる。

【 0 0 0 9 】

(第 1 の実施形態)

図 1 は、第 1 の実施形態に係る M R I 装置 1 0 0 の構成を示す機能ブロック図である。図 1 に示すように、M R I 装置 1 0 0 は、静磁場磁石 1 0 1 と、静磁場電源 1 0 2 と、傾斜磁場コイル 1 0 3 と、傾斜磁場電源 1 0 4 と、R F コイル 1 0 5 と、送信部 1 0 6 と、受信部 1 0 7 と、寝台 1 0 8 と、シーケンス制御部 1 2 0 と、計算機 1 3 0 とを備える。

50

なお、MRI装置100に、被検体P（例えば、人体）は含まれない。また、図1に示す構成は一例に過ぎない。各部は、適宜統合若しくは分離して構成されてもよい。

【0010】

静磁場磁石101は、中空の略円筒形状（楕円を含む）に形成された磁石であり、略円筒内部の空間に、静磁場を発生する。静磁場磁石101は、例えば、超伝導磁石等であり、静磁場電源102から電流の供給を受けて励磁する。静磁場電源102は、静磁場磁石101に電流を供給する。なお、静磁場磁石101は、永久磁石でもよく、この場合、MRI装置100は、静磁場電源102を備えなくてもよい。また、静磁場電源102は、MRI装置100とは別に備えられてもよい。

【0011】

傾斜磁場コイル103は、静磁場磁石101の内側に配置され、中空の略円筒形状に形成されたコイルである。傾斜磁場コイル103は、傾斜磁場電源104から電流の供給を受けて傾斜磁場を発生する。なお、傾斜磁場コイル103については、後に詳述する。傾斜磁場電源104は、傾斜磁場コイル103に電流を供給する。

【0012】

RFコイル105は、傾斜磁場コイル103の内側に配置され、送信部106からRFパルスの供給を受けて高周波磁場を発生する。また、RFコイル105は、高周波磁場の影響によって被検体Pから発せられる磁気共鳴信号（以下、適宜「MR（Magnetic Resonance）信号」）を受信し、受信したMR信号を受信部107に出力する。

【0013】

なお、上述したRFコイル105は一例に過ぎない。RFコイル105は、送信機能のみを備えたコイル、受信機能のみを備えたコイル、若しくは送受信機能を備えたコイルのうち、1つ若しくは複数を組み合わせることによって構成されればよい。

【0014】

送信部106は、対象とする原子の種類及び磁場強度で定まるラーモア周波数に対応するRFパルスをRFコイル105に供給する。受信部107は、RFコイル105から出力されるMR信号を検出し、検出したMR信号に基づいてMRデータを生成する。具体的には、受信部107は、RFコイル105から出力されるMR信号をデジタル変換することによってMRデータを生成する。また、受信部107は、生成したMRデータをシーケンス制御部120に送る。なお、受信部107は、静磁場磁石101や、傾斜磁場コイル103等を備える架台装置側に備えられてもよい。

【0015】

寝台108は、被検体Pが載置される天板を備える。図1においては、説明の便宜上、この天板のみを図示する。通常、寝台108は、静磁場磁石101の略円筒の中心軸と長手方向が平行になるように設置される。また、天板は、長手方向及び上下方向に移動可能であり、被検体Pが載置された状態で、RFコイル105の内側の略円筒内部の空間に挿入される。なお、この略円筒内部の空間を「ボア」等と称する場合がある。

【0016】

シーケンス制御部120は、計算機130から送信されるシーケンス情報に基づいて、傾斜磁場電源104、送信部106、及び受信部107を駆動することによって、被検体Pの撮像を行う。ここで、シーケンス情報は、撮像を行う手順を定義した情報である。シーケンス情報には、傾斜磁場電源104が傾斜磁場コイル103に供給する電流の強さや電流を供給するタイミング、送信部106がRFコイル105に供給するRFパルスの強さやRFパルスを印加するタイミング、受信部107がMR信号を検出するタイミング等が定義される。例えば、シーケンス制御部120は、EPI等の高速撮像を実行する。また、例えば、シーケンス制御部120は、高速撮像により被検体Pのアキシャル断面像を収集する場合に、被検体Pの左右方向をRO（Read Out）方向に設定し、背腹方向をPE（Phase Encode）方向に設定する。この場合、Xコイルに高いパワーデューティの電流が印加される。なお、パワーデューティとは、傾斜磁場コイル103に供給される平均電流値の2乗であり、最大値を100%とする百分率で表わされる。

10

20

30

40

50

## 【0017】

例えば、シーケンス制御部120は、ASIC (Application Specific Integrated Circuit)、FPGA (Field Programmable Gate Array)等の集積回路、CPU (Central Processing Unit)、MPU (Micro Processing Unit)等の電子回路である。

## 【0018】

なお、シーケンス制御部120は、傾斜磁場電源104、送信部106、及び受信部107を駆動して被検体Pを撮像した結果、受信部107からMRデータを受信すると、受信したMRデータを計算機130に転送する。

## 【0019】

計算機130は、MRI装置100の全体制御を行う。また、計算機130は、シーケンス制御部120から転送されたMRデータに、フーリエ変換等の再構成処理を施すことで、MR画像の生成等を行う。例えば、計算機130は、制御部、記憶部、入力部、表示部を備える。制御部は、ASIC、FPGA等の集積回路、CPU、MPU等の電子回路である。記憶部は、RAM (Random Access Memory)、フラッシュメモリ等の半導体メモリ素子、ハードディスク、光ディスク等である。入力部は、マウスやトラックボール等のポインティングデバイス、モード切替スイッチ等の選択デバイス、あるいはキーボード等の入力デバイスである。表示部は、液晶表示器等の表示デバイスである。

## 【0020】

図2は、第1の実施形態に係る傾斜磁場コイル103の構造を示す斜視図である。ここで、第1の実施形態において、傾斜磁場コイル103は、ASGC (Actively Shielded Gradient Coil)であり、傾斜磁場を発生するメインコイル103aと、漏洩磁場を打ち消すシールド用の磁場を発生するシールドコイル103bとを有する。図2に示すように、傾斜磁場コイル103においては、略円筒内部の空間からの距離が近い内側から順に、メインコイル103aと、冷却管が配管される冷却層103dと、シムトレイが配置されるシム層103cと、冷却管が配管される冷却層103eと、シールドコイル103bとが、積層される。

## 【0021】

シム層103cには、複数本分(例えば24本分)のシムトレイ挿入ガイド103fが形成される。シムトレイ挿入ガイド103fは、典型的には、図2に示すように、傾斜磁場コイル103の長軸方向全長に亘って貫通する穴であり、円周方向に等間隔に形成される。シムトレイ挿入ガイド103fに挿入されるシムトレイ(図示を省略)それぞれは、例えば、長手方向に複数(例えば15個)のポケットを有し、静磁場の不均一性を補正するために、所定のポケットに所定の枚数の鉄シムが収納される。

## 【0022】

冷却層103d及び冷却層103eには、典型的には、略円筒形状に沿って螺旋状に冷却管が配管される(図2において図示を省略)。図1において図示を省略したが、第1の実施形態に係るMRI装置100は、熱交換器や循環ポンプを有する冷却装置を更に備え、この冷却装置が、冷却管に水等の冷媒を循環させることで、傾斜磁場コイル103を冷却する。このように、MRI装置100の冷却系は、鉄シムを挟むように、傾斜磁場コイル103の中間層に配管されている。

## 【0023】

ところで、メインコイル103aは、互いに直交するX、Y、及びZの各軸に対応する3つのコイル、即ち、Xコイル、Yコイル、及びZコイルが積層されて形成されている。図3は、第1の実施形態におけるXコイルを説明するための図であり、図4は、第1の実施形態におけるYコイルを説明するための図であり、図5は、第1の実施形態におけるZコイルを説明するための図である。

## 【0024】

図3に示すように、Xコイルは、サドル形状に加工されたコイルであり、X軸、即ち、傾斜磁場コイル103の略円筒の水平軸に沿って、傾斜磁場を発生する。また、図4に示

10

20

30

40

50

すように、Yコイルは、Xコイルと同様、サドル形状に加工されたコイルであるが、Y軸、即ち、傾斜磁場コイル103の略円筒の垂直軸に沿って、傾斜磁場を発生する。また、図5に示すように、Zコイルは、螺旋状に加工されたコイルであり、Z軸、即ち、傾斜磁場コイル103の略円筒の長軸に沿って、傾斜磁場を発生する。これら、Xコイル、Yコイル、及びZコイルのそれぞれは、傾斜磁場電源104から個別に電流の供給を受け、X、Y、及びZの各軸に沿って磁場強度が変化する傾斜磁場を発生する。

#### 【0025】

なお、シールドコイル103bについては図示を省略するが、シールドコイル103bも同様に、互いに直交するX、Y、及びZの各軸に対応する3つのコイル、即ち、Xコイル、Yコイル、及びZコイルが積層されて形成されている。

10

#### 【0026】

図6は、第1の実施形態に係る傾斜磁場コイル103の積層を示す図であり、図2に示す直方体103gを概念的に切り抜いて示す図である。図6に示すように、メインコイル103a及びシールドコイル103bは、それぞれ、Xコイル(X)、Yコイル(Y)、及びZコイル(Z)を有する。

#### 【0027】

第1の実施形態において、まず、メインコイル103aにおける層順は、図6に示すように、略円筒内部の空間から近い順に、Yコイル、Xコイル、Zコイルとする。言い換えると、略円筒内部の空間からの距離(例えば、磁場中心からの距離)が、Yコイルに比較して、Xコイルが遠くなるように、各コイルが積層される。また、更に言い換えると、冷却層103dに配設された冷却管との距離が、Yコイルに比較して、Xコイルが近くなるように、各コイルが積層される。

20

#### 【0028】

この層順には、大きく2点の意味がある。まず1点は、上述したように、Xコイルが最も発熱し易いことに鑑みると、Xコイルは、被検体Pの居住空間である略円筒内部の空間からできるだけ離れた位置に積層されることが望ましい。また、もう1点は、上述したように、メインコイル103aの外側には冷却管が配管されているので、Xコイルは、この冷却管にできるだけ近い位置に積層されることが望ましい。なお、メインコイル103aの内側には、冷却管は配設されていないものとする。即ち、メインコイル103aの内側には冷却管は配設されていないので、メインコイル103aの外側に配設された冷却管にXコイルが近づく、この層順で積層されることが望ましいと言える。

30

#### 【0029】

通常、Zコイルは、XコイルやYコイルに比較して傾斜磁場の発生効率が極めて高い。このため、Zコイルは、メインコイル103a内におけるZコイルと、シールドコイル103b内におけるZコイルとの間の層間距離をできるだけ狭めるように積層される。即ち、Zコイルは、メインコイル103aでは一番外側に、シールドコイル103bでは一番内側に積層される。このZコイルの位置を除き、且つ、上述した2点に鑑みると、メインコイル103aにおけるXコイル及びYコイルの積層順は、図6に示すように、略円筒内部の空間(例えば、磁場中心)から近い順に、Yコイル、Xコイル、となる。

#### 【0030】

一方で、シールドコイル103bにおける層順は、図6に示すように、略円筒内部の空間(例えば、磁場中心)から近い順に、Zコイル、Yコイル、Xコイルとする。略円筒内部の空間からの距離は、Yコイルに比較してXコイルが遠くなるが、冷却層103eに配設された冷却管との位置関係では、Yコイルの方が、Xコイルよりも近い。

40

#### 【0031】

このシールドコイル103bにおける層順は、傾斜磁場の発生効率と関連する。傾斜磁場コイル103においては、Xコイル、Yコイル、及びZコイルにおける傾斜磁場の発生効率に関して、ある程度バランスをとることが望ましい。言い換えると、あるコイルだけが突出して発生効率が高い、あるいは反対に発生効率が低いという状態は望ましくない。そこで、第1の実施形態においては、Xコイル及びYコイルの特性を揃えて、発生効率の

50

バランスを維持すべく、シールドコイル 103b における層順を調整している。

【0032】

具体的には、シールドコイル 103b における層順は、略円筒内部の空間から近い順に、Zコイル、Yコイル、Xコイルとする。この結果、メインコイル 103a 内におけるXコイルと、シールドコイル 103b 内におけるXコイルとの間の層間距離  $d_1$  と、メインコイル 103a 内におけるYコイルと、シールドコイル 103b 内におけるYコイルとの間の層間距離  $d_2$  とが略一致するように層順が調整される。

【0033】

図7は、第1の実施形態における傾斜磁場コイル 103 の層順を示す図である。第1の実施形態においては、図7の(A)に示すように、被検体Pの居住空間である略円筒内部の空間に最も近い位置にXコイルを積層するのではなく、図7の(B)に示すように、略円筒内部の空間に最も近い位置に積層されたYコイルの外側に、Xコイルを積層する。また、図7の(B)に示すように、Xコイルの層間距離  $d_1$  と、Yコイルの層間距離  $d_2$  とが略一致するように、シールドコイル 103b 内においては、略円筒内部の空間から近い順に、Zコイル、Yコイル、Xコイルの順で積層する。

10

【0034】

上述したように、第1の実施形態において、メインコイル 103a のXコイルは、Yコイルに比較して、被検体Pの居住空間である略円筒内部の空間から離れた位置に積層される。また、メインコイル 103a のXコイルは、Yコイルに比較して、メインコイル 103a の外側の冷却管にできるだけ近い位置に積層される。このような積層は、傾斜磁場コイル 103 の製造時に決定され、上述した順に積層されるように加工されることで実現されてもよいし、あるいは、MRI装置 100 の設置時に、上述した順に積層されるように、調整されてもよい。

20

【0035】

即ち、XコイルとYコイルとは、図3及び図4を用いて示したように、いずれもサドル形状に加工されたコイルであり、MRI装置 100 の各軸に対する向きが異なるに過ぎない。このため、MRI装置 100 の設置時、傾斜磁場コイル 103 の円周方向の向きが調整可能であるならば、この段階で、略円筒内部の空間に近い内側の層がYコイルとなるように、傾斜磁場コイル 103 の設置の向きを調整してもよい。

30

【0036】

以上のことから、第1の実施形態によれば、傾斜磁場コイルの冷却効率を向上することができる。また、傾斜磁場コイルの冷却効率を向上することにより、高速撮像等における撮像範囲を更に広げることにもできる。更に、患者等の居住性の改善にも繋がる。

【0037】

また、このような層順で各コイルを積層することで、従来、冷却管には、高価な銅パイプ等が使用されてきたが、安価で組み立て易い樹脂系のパイプ(例えば、テフロン(登録商標)チューブ等)を使用することも可能になる。図8は、第1の実施形態における温度シミュレーション結果を示す図である。図8に示すシミュレーションにおいては、第1の実施形態において説明した層順で各コイルを積層するとともに、冷却管にテフロン(登録商標)チューブを用いた。この場合、熱平衡状態でも、被検体Pの居住空間は  $40^{\circ}$  以下となり、IECの規格を満たすことができた。

40

【0038】

(その他の実施形態)

実施形態は、上述した実施形態に限られるものではない。

【0039】

上述した実施形態においては、Xコイル同士の層間距離  $d_1$  と、Yコイル同士の層間距離  $d_2$  とを略一致させることで、XコイルとYコイルとの特性を揃える例を説明したが、実施形態はこれに限られるものではない。XコイルとYコイルとの特性を揃えることよりも、シールドコイル 103b 内におけるXコイルの冷却効率を優先させてもよい。

【0040】

50

図9は、その他の実施形態における傾斜磁場コイルの層順を示す図である。例えば、図9に示すように、シールドコイル103bにおいて、略円筒内部の空間から近い順に、Zコイル、Xコイル、Yコイルの順で積層する。この場合、図9に示すように、Xコイルの層間距離 $d_3$ と、Yコイルの層間距離 $d_4$ とは略一致の状態とはならず、XコイルとYコイルとの特性は異なるおそれがある。一方で、シールドコイル103bのXコイルも、Yコイルに比較して、シールドコイル103bの内側の冷却管にできるだけ近い位置に積層されるので、第1の実施形態に比較して、Xコイルの冷却効率は向上すると考えられる。

【0041】

以上述べた少なくともひとつの実施形態の磁気共鳴イメージング装置及び傾斜磁場コイルによれば、傾斜磁場コイルの冷却効率を向上することができる。

10

【0042】

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。

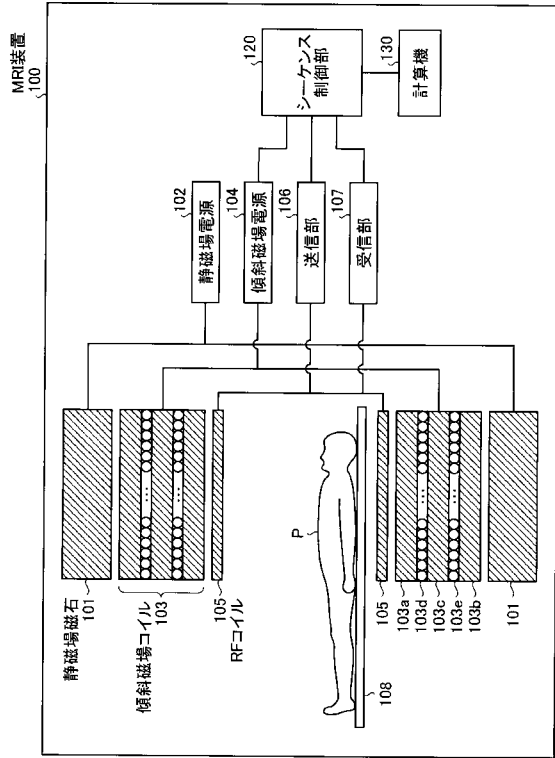
【符号の説明】

【0043】

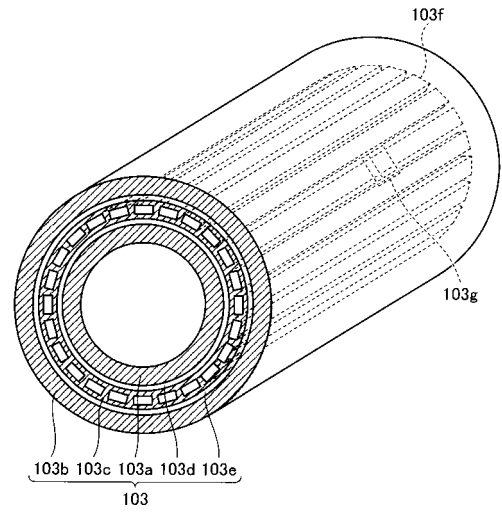
- 100 MRI装置
- 103 傾斜磁場コイル
- 103a メインコイル
- 103b シールドコイル
- 103c シム層
- 103d 冷却層
- 103e 冷却層

20

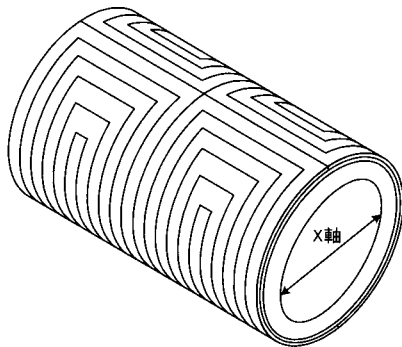
【 図 1 】



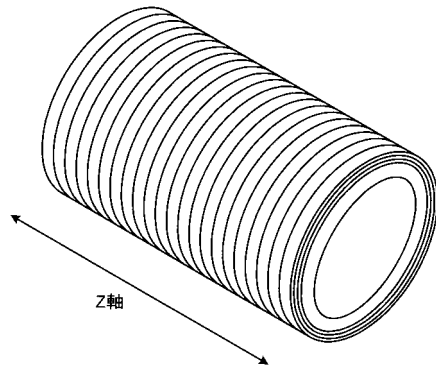
【 図 2 】



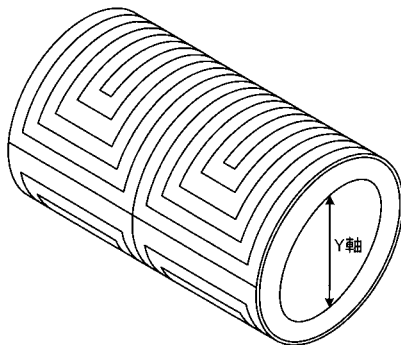
【 図 3 】



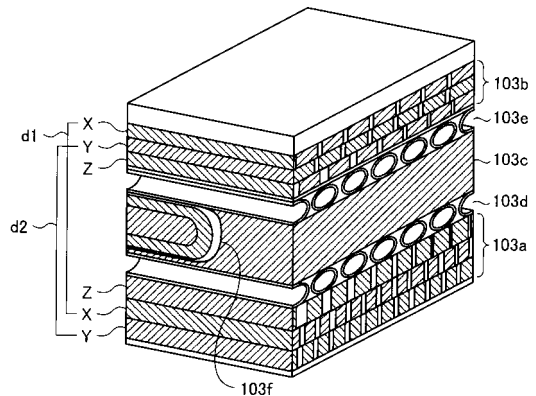
【 図 5 】



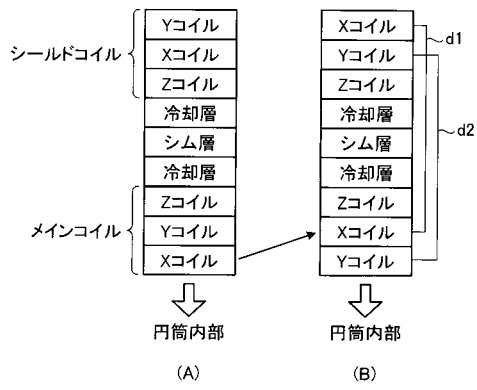
【 図 4 】



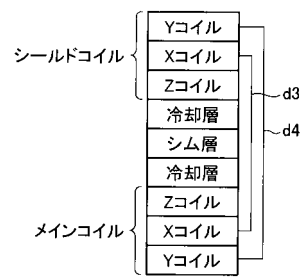
【 図 6 】



【 図 7 】



【 図 9 】



【 図 8 】

