

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号

特許第7232197号

(P7232197)

(45)発行日 令和5年3月2日(2023.3.2)

(24)登録日 令和5年2月21日(2023.2.21)

(51)国際特許分類

F I

A 6 1 B 5/055(2006.01)

A 6 1 B 5/055 3 4 0

G 0 1 N 24/00 (2006.01)

A 6 1 B 5/055 3 6 0

G 0 1 R 33/385(2006.01)

G 0 1 N 24/00 6 0 0 A

G 0 1 R 33/385

請求項の数 11 (全8頁)

(21)出願番号 特願2019-561250(P2019-561250)

(86)(22)出願日 平成30年5月3日(2018.5.3)

(65)公表番号 特表2020-518407(P2020-518407
A)

(43)公表日 令和2年6月25日(2020.6.25)

(86)国際出願番号 PCT/EP2018/061250

(87)国際公開番号 WO2018/206370

(87)国際公開日 平成30年11月15日(2018.11.15)

審査請求日 令和3年4月28日(2021.4.28)

(31)優先権主張番号 17169855.8

(32)優先日 平成29年5月8日(2017.5.8)

(33)優先権主張国・地域又は機関
欧州特許庁(EP)

(73)特許権者 590000248

コーニンクレッカ フィリップス エヌ
ヴェKoninklijke Philips
N.V.オランダ国 5 6 5 6 アーヘー アイン
ドーフエン ハイテック キャンパス 5 2
High Tech Campus 5 2 ,
5 6 5 6 AG Eindhoven , N
etherlands

(74)代理人 110001690

弁理士法人M&Sパートナーズ

(72)発明者 ムルダー ゲラルドゥス ベルナルドゥス
ヨセフオランダ国 5 6 5 6 アーヘー アイン
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 磁気共鳴撮像システムの傾斜磁場コイルの冷却

(57)【特許請求の範囲】

【請求項 1】

磁気共鳴撮像システム用の傾斜磁場コイルアセンブリであって、
少なくとも1つの傾斜磁場コイルと、
前記少なくとも1つの傾斜磁場コイルを冷却する冷却装置と、
を含み、
前記少なくとも1つの傾斜磁場コイルは、互いに直接接触する複数の固体導体線を形成
する固体の導電材料で構成され、
前記冷却装置は、冷却流体を導く冷却チャネルを含み、
前記冷却チャネルは、断面で見た場合に、前記冷却チャネルと前記複数の固体導体線と
の間に単一の連続した境界面が形成されるように、前記複数の固体導体線に沿って前記複
数の固体導体線の外側に配置され、
前記複数の固体導体線の表面の一部との前記冷却流体の直接接触が可能にされる、傾斜
磁場コイルアセンブリ。

【請求項 2】

前記冷却チャネルは、片側が開いた、U字形又はC字形の横断面を有し、当該開いた側
は、前記冷却チャネルと、前記冷却チャネルが当接する前記複数の固体導体線との間の前
記境界面によって覆われる、請求項 1 に記載の傾斜磁場コイルアセンブリ。

【請求項 3】

前記冷却チャネルは、前記複数の固体導体線との前記境界面の少なくとも一部で開いて

10

20

おり、これにより、前記冷却チャネル内を導かれる冷却流体が、前記複数の固体導体線の外面の少なくとも一部と直接接触することを可能にする、請求項 1 又は 2 に記載の傾斜磁場コイルアセンブリ。

【請求項 4】

前記固体の導電材料は、銅又はアルミニウムである、請求項 1 から 3 の何れか一項に記載の傾斜磁場コイルアセンブリ。

【請求項 5】

前記冷却チャネルと前記複数の固体導体線との間の前記境界面が、前記複数の固体導体線の全周に沿っては形成されていない、請求項 1 から 4 の何れか一項に記載の傾斜磁場コイルアセンブリ。

10

【請求項 6】

請求項 1 から 5 の何れか一項に記載の傾斜磁場コイルアセンブリを有する、磁気共鳴撮像システム。

【請求項 7】

前記複数の固体導体線及び前記冷却チャネルが、共押出成形によって作られるか、又は、最初に別々に押出成形されてから、互いに固定される、請求項 1 から 5 の何れか一項に記載の傾斜磁場コイルアセンブリ又は請求項 6 に記載の磁気共鳴撮像システムを製造する方法。

【請求項 8】

磁気共鳴撮像システム用の傾斜磁場コイルを冷却する方法であって、

20

前記傾斜磁場コイルは、互いに直接接触する複数の固体導体線を形成する固体導電材料で構成され、

断面で見た場合に、冷却流体と前記複数の固体導体線との間に単一の連続した境界面がなく、また、前記冷却流体が前記複数の固体導体線の表面の一部と直接接触するように、前記冷却流体は前記複数の固体導体線に沿って前記複数の固体導体線の外側に導かれる、方法。

【請求項 9】

前記冷却流体は、前記複数の固体導体線の外面の少なくとも一部と直接接触する、請求項 8 に記載の方法。

【請求項 10】

30

前記冷却流体は、前記複数の固体導体線の全周に沿っては前記複数の固体導体線を覆わない、請求項 8 又は 9 に記載の方法。

【請求項 11】

前記冷却チャネルは、前記複数の固体導体線に固定されるプラスチック材料又はステンレス鋼で作られている、請求項 1 に記載の傾斜磁場コイルアセンブリ。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、共鳴撮像システムの分野に関し、特に、磁気共鳴撮像（MRI）システム用の、少なくとも 1 つの傾斜磁場コイル及び傾斜磁場コイルを冷却する冷却装置を含む傾斜磁場コイルアセンブリと、そのような傾斜磁場コイルアセンブリを含む磁気共鳴撮像システムと、そのような傾斜磁場コイルアセンブリを製造する方法と、磁気共鳴撮像システムの傾斜磁場コイルを冷却する方法とに関する。

40

【背景技術】

【0002】

傾斜磁場コイルは、通常、MRI システムのボアのすぐ内側にある円筒形のシェルに設けられたワイヤ又は薄い導電性シートのループで作られる。これらのコイルに電流が流されると、二次磁場が発生する。この二次磁場は、主磁場に重ね合わされる傾斜磁場を構成し、これにより、プロトンの共鳴周波数を位置の関数として変化させる。このようにして、磁気共鳴信号の空間的符号化が可能になる。更に、傾斜磁場コイルはまた、磁気共鳴血

50

管造影、拡散及びかん流撮像といった様々な生理的手法にも使用される。

【 0 0 0 3 】

通常、MRIシステムの内側のボアに沿った壁は、検査対象の検査時に温くなる。この加熱は、主に、電流が傾斜磁場コイルを流される際の渦電流及び抵抗加熱によって引き起こされる。このような傾斜磁場コイルは、通常、最大で2000Vのピークコイル駆動電圧と、600Aを超える電流で強力なパルス幅変調増幅器によって駆動される。したがって、強い傾斜磁場熱が発生し、最大内部コイル温度は55～60に達する。傾斜磁場コイルの動作に必要な電力は、その半径の5乗に相当し、これは、傾斜磁場コイルのデザイン及び傾斜磁場コイルの冷却が、現代の広ボアシステムではより一層困難であることを意味する。

10

【 0 0 0 4 】

この状況において、MRIシステムのあらゆる傾斜磁場コイルに対して、通常、流体冷却が使用されて加熱効果が減少されている。典型的には、熱交換ポンプからの水又は水-エチレングリコール溶液を、MRIシステムの冷却装置の冷却チャンネルを通して循環される冷却流体として使用し、冷却チャンネルは傾斜磁場コイルと熱伝導接触している。

【 0 0 0 5 】

米国特許第7,741,152B1号では、4本の導電線からなる傾斜磁場コイルと、冷却チャンネル内を誘導される冷却流体によってこれらの導電線を冷却する冷却チャンネルとを有する傾斜磁場コイルアセンブリが示されている。導電線は互いに距離を置いて配置され、導電線のうちの2本は冷却チャンネルの片側に配置され、他の2本の導電線は冷却チャンネルの反対側に配置されている。しかし、この配置には、比較的高い渦電流及び非効率的な冷却に関して不利な点がある。

20

【 0 0 0 6 】

英国特許出願第2342986号は、冷却パイプを囲む複数のセグメント化された導体を含む直接冷却磁石コイルに関する。冷却パイプの壁は、セグメント化された導体から冷却剤を分離する。

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【 0 0 0 7 】

本発明は、MRIシステム用の傾斜磁場コイルの効率的な冷却を提供することを目的とする。

30

【課題を解決するための手段】

【 0 0 0 8 】

本発明の目的は、独立請求項の主題によって達成される。好適な実施形態は、従属請求項に記載される。

【 0 0 0 9 】

したがって、本発明の第1の態様によれば、磁気共鳴撮像システム用の傾斜磁場コイルアセンブリが提供される。傾斜磁場コイルアセンブリは、少なくとも1つの傾斜磁場コイルと、当該傾斜磁場コイルを冷却する冷却装置とを含む。傾斜磁場コイルは、1つの導体線か、又は、互いに直接接触する複数の導体線を形成する固体の導電材料で構成される。冷却装置は、冷却流体を導く冷却チャンネルを含む。冷却チャンネルは、断面で見た場合に、冷却チャンネルと1つ又は複数の導体線との間に単一の連続した境界線(面)が形成されるように、1つ又は複数の導体線に沿って外側に配置される。

40

【 0 0 1 0 】

本発明による断面図は、1つ又は複数の導体線の各長手方向に垂直な平面における図である。傾斜磁場コイルの巻線の曲率のため、長手方向は1つ又は複数の導体線の経路に沿って変化する。

【 0 0 1 1 】

したがって、本発明によれば、冷却チャンネルは、1つ又は複数の導体線の外側で、当該導体線に沿って配置される。このようにすると、1つ又は複数の導体線の断面を小さく保

50

ち、渦電流の影響を低減することができる。更に、断面で見た場合、冷却チャネルと１つ又は複数の導体線との間に単一の境界面しかなく、これは、冷却効率を高め、渦電流を更に低減する非常にコンパクトなデザインを提供する。

【００１２】

好適には、冷却チャネルは、片側が開いた、具体的にはＵ字形又はＣ字形の横断面を有し、当該開いた側は、冷却チャネルと、冷却チャネルが当接する１つ又は複数の導体線との間の境界面によって覆われる。横断方向は、チャネルの長軸に対して横向き、好適には直交している。Ｕ字形には、Ｕ字形の基部と脚との間に丸い角又は鋭い角があってもよい。

【００１３】

一般に、冷却チャネルは、非導電材料か、又は、１つ又は複数の導体線よりもはるかに低い導電率を有するか及び／若しくは１つ又は複数の導体線の寸法よりもはるかに小さい壁厚を有する導電材料のいずれかである様々な材料で作られてよい。しかし、本発明の好適な実施形態によれば、冷却チャネルは、１つ又は複数の導体線に固定される、好適にはモールド成形又は接合されるプラスチック材料又はステンレス鋼で作られている。

【００１４】

本発明の好適な実施形態によれば、冷却チャネルと１つ又は複数の導体線との間の境界面は、内壁で構成される。このようにすると、デザインの十分な安定性が保証される。

【００１５】

或いは、本発明の好適な実施形態によれば、冷却チャネルは、１つ又は複数の導体線とのその境界面の少なくとも一部が開いており、これにより、冷却チャネルを流れる冷却流体が、１つ又は複数の導体線の表面の少なくとも一部と直接接触することが可能になる。これは、冷却流体と１つ又は複数の導体線との間に壁を設けることに比べて、１つ又は複数の導体線をより一層効率的に冷却することができる。

【００１６】

傾斜磁場コイルは、様々な材料で作ることができる。しかし、好適には、傾斜コイルの固体導電材料は、銅又はアルミニウムである。

【００１７】

本発明はまた、上述のような傾斜磁場コイルアセンブリを有する磁気共鳴撮像システムに関する。

【００１８】

更に、本発明はまた、上述のような傾斜磁場コイルアセンブリを製造する方法に関する。この方法では、１つ又は複数の導体線及び冷却チャネルが、共押出成形によって作られるか、又は、最初に別々に押出成形されてから、好適にはモールド成形又は接合によって互いに固定される。このようにして、長い一体化された導体 - 冷却チャネル構成が受け取られ、当該構成は、傾斜磁場コイルのＸ、Ｙ又はＺコイルを巻くために使用することができる。これは、ホルダープレート上又はツールを使用して行うことができる。

【００１９】

本発明はまた、磁気共鳴画像システム用の傾斜磁場コイルを冷却する方法に関する。傾斜磁場コイルは、１つの導体線か、又は、互いに直接接触する複数の導体線を形成する固体導電材料で構成される。冷却流体は、断面で見た場合に、冷却流体と１つ又は複数の導体線との間に単一の連続した境界面しかないように１つ又は複数の導体線に沿って外側を導かれる。

【００２０】

本発明の一実施形態によれば、境界面は壁で構成されてもよい。更により好適には、冷却流体は、１つ又は複数の導体線の表面の一部と直接接触し、これは、冷却効率を更に高める。

【図面の簡単な説明】

【００２１】

本発明のこれらの態様及び他の態様は、以下に説明される実施形態を参照して明らかになり、解明されるであろう。このような実施形態は必ずしも本発明の全範囲を表すもので

10

20

30

40

50

はなく、したがって、本発明の範囲を解釈するために特許請求の範囲及び本明細書を参照する。

【 0 0 2 2 】

【 図 1 】 図 1 は、本発明の一実施形態による M R I システム 1 の概略縦断面図である。

【 図 2 】 図 2 は、本発明による傾斜磁場コイルアセンブリの一実施形態の概略断面図である。

【 図 3 】 図 3 は、本発明による傾斜磁場コイルアセンブリの別の実施形態の概略断面図である。

【 図 4 】 図 4 は、本発明による傾斜磁場コイルアセンブリの更に別の実施形態の概略断面図である。

【 発明を実施するための形態 】

【 0 0 2 3 】

図 1 は、本発明の一実施形態による M R I システム 1 の概略縦断面図を示す。この M R I システム 1 は、傾斜磁場コイル 2、磁石 3、R F 送信コイル 4 及び R F 受信コイル 5 を含む。例えば患者である検査対象 6 を、患者支持体 7 に配置することができる。この患者支持体 7 により、検査対象 6 を、M R I 検査のために磁石 3、傾斜磁場コイル 2、R F 送信コイル 4 及び R F 受信コイル 5 に囲まれた M R I システム 1 の検査領域 8 内に配置することができる。

【 0 0 2 4 】

本発明によれば、A C r m s 傾斜磁場強度を増大できるように、傾斜磁場コイル 2 内の A C 散逸を制限する必要がある場合、傾斜磁場コイル 2 の導体の断面を減少させ、疎なコイルパターンで巻き付けることが有益であることが分かっている。このような状況において良好な冷却効率を維持するために、冷却流体は、以下でより詳細に説明するように、導体の外側で導体と熱的に接触させられる。このようにして、本発明は、導体と密接に熱接触する冷却剤で直接冷却を可能に保ちながら、非常に小さい固体導体断面を提供する。導体の断面を小さく維持することにより、渦電流損が最小限に抑えられる。同時に、冷却流体は、導体と熱接触を共有しつつ導体に沿って導かれる。これにより、効率的な直接冷却が可能になり、また、冷却チャネルの導電率が低い場合、冷却チャネルでの渦電流損は小さい。

【 0 0 2 5 】

図 2 には、図 1 に示すような磁気共鳴撮像システム 1 用の本発明による傾斜磁場コイルアセンブリ 20 の一実施形態の概略断面図を示す。図 2 による傾斜コイルアセンブリ 20 は、正方形の断面を有する単一の導体線 21 を形成する固体の導電材料、即ち、銅を含む。更に、図 2 による冷却装置 20 は、外壁 23 を有し、冷却流体 10 を導く冷却チャネル 22 を含む。本実施形態によれば、冷却チャネル 22 の外壁 23 は、プラスチック材料で作られている。

【 0 0 2 6 】

この冷却チャネル 22 は、半円形断面を有し、したがって、片側が開いている。冷却流体 10 を導く冷却チャネル 22 を形成するために、冷却チャネル 22 の外壁 23 は、導体線 21 に接合される。このようにすると、冷却流体 10 は、導体線 21 の外面と直接接触することができる。冷却チャネル 22 の内壁を回避することにより、導体線 21 から熱が効率的に除去される。

【 0 0 2 7 】

図 2 から、冷却チャネル 22 は、断面で見た場合に、冷却チャネル 22 と導体線 21 との間に単一の連続した境界面が形成されるように、導体線 21 に沿って外側に配置されることが理解できる。本断面図において、この境界面は、導体線 21 の右側の外面によって与えられる。当該右側で、冷却チャネル 22 が配置され、冷却流体 10 が導体線 21 の外面と直接接触する。

【 0 0 2 8 】

図 3 に示す実施形態は、図 2 に示す実施形態と同様であるが、図 2 に示す実施形態とは

10

20

30

40

50

対照的に、図 3 の実施形態は、長方形断面を有し、互いに直接接触する 2 つの導体線 3 1 を含む。図 2 のように大きい断面を有する単一の導体線 2 1 ではなく、小さい断面を有する 2 つの導体線 3 1 があることによって、小さい曲率で傾斜磁場コイル 2 のコイルパターンを巻き易くなる。

【 0 0 2 9 】

更に、図 3 に示す実施形態によれば、導体線 3 1 と直接接触する内壁 3 4 が設けられるという点で相違がある。したがって、冷却チャンネル 3 2 は、半円形の外壁 3 3 と、直線形の内壁 3 4 とで作られた管で構成される。この内壁 3 4 により、冷却チャンネル 3 2 の製造は容易になるが、導体線 3 1 からの熱伝達は、図 2 の実施形態ほど効果的ではないかもしれない。

10

【 0 0 3 0 】

最後に、図 4 では、図 2 の実施形態にあるような内壁を省略した実施形態を示すが、冷却チャンネル 4 2 の断面が長方形であるという点で唯一異なる。

【 0 0 3 1 】

図 2、図 3 及び図 4 に示す実施形態では、長い導体 - 冷却チャンネルは、押出成形によって一度に作成するか、又は、導体と冷却チャンネルとを別々に押出成形によって作成し、接着又は接合する 2 段階アプローチで作成することができる。これらの長い一体型の導体 - 冷却チャンネルは、傾斜磁場コイルの X、Y 又は Z コイルを巻くために使用することができる。これは、ホルダープレート上又はツールを使用して行うことができる。

【 0 0 3 2 】

20

本発明は、図面及び上記説明において詳細に例示され、説明されたが、当該例示及び説明は、例示的に見なされるべきであり、限定的に見なされるべきではない。本発明は、開示される実施形態に限定されない。開示された実施形態の他の変形態様は、図面、開示内容及び従属請求項の検討から、請求項に係る発明を実施する当業者によって理解され、実施される。請求項において、「含む」との用語は、他の要素又はステップを排除するものではなく、また、単数形も、複数形を排除するものではない。特定の手段が相互に異なる従属請求項に記載されることだけで、これらの手段の組み合わせを有利に使用することができないことを示すものではない。請求項における任意の参照符号は、範囲を限定するものと解釈されるべきではない。

【符号の説明】

30

【 0 0 3 3 】

- 1 M R I システム
- 2 傾斜磁場コイル
- 3 磁石
- 4 R F 送信コイル
- 5 R F 受信コイル
- 6 検査対象
- 7 患者支持体
- 8 検査領域
- 1 0 冷却流体
- 2 0 傾斜磁場コイルアセンブリ
- 2 1 導体線
- 2 2 冷却チャンネル
- 2 3 外壁
- 3 0 傾斜磁場コイルアセンブリ
- 3 1 導体線
- 3 2 冷却チャンネル
- 3 3 外壁
- 3 4 内壁
- 4 0 傾斜磁場コイルアセンブリ

40

50

- 4 1 導体線
4 2 冷却チャンネル
4 3 外壁

【図面】

【図 1】

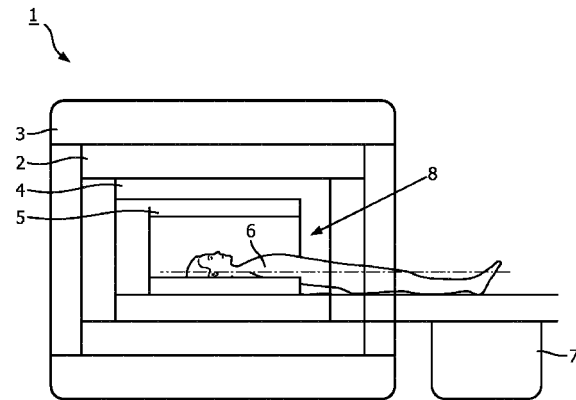


FIG. 1

【図 2】

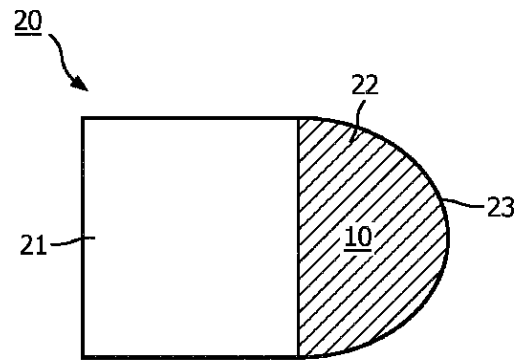


FIG. 2

【図 3】

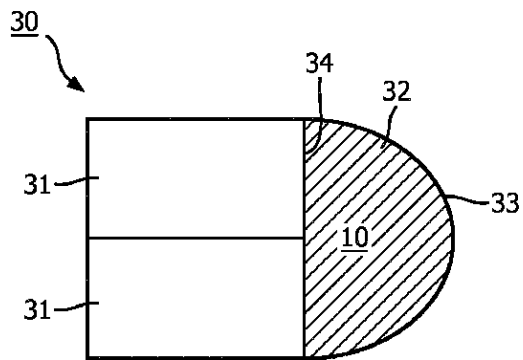


FIG. 3

【図 4】

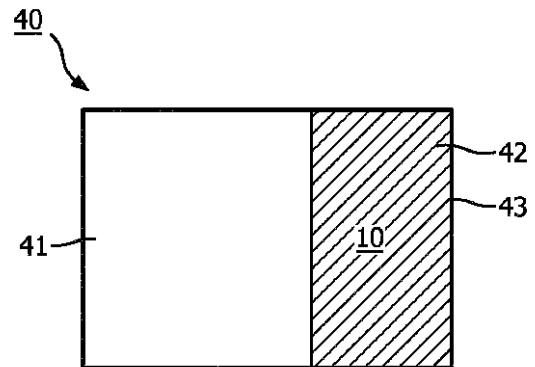


FIG. 4

10

20

30

40

50

フロントページの続き

- ドーフェン ハイ テック キャンパス 5
(72)発明者 テルメール マルティン クレリス
オランダ国 5 6 5 6 アーエー アインドーフェン ハイ テック キャンパス 5
(72)発明者 ジェネスケンス セオ
オランダ国 5 6 5 6 アーエー アインドーフェン ハイ テック キャンパス 5
(72)発明者 コナイン ヤン
オランダ国 5 6 5 6 アーエー アインドーフェン ハイ テック キャンパス 5
(72)発明者 ファン ヘスト フース
オランダ国 5 6 5 6 アーエー アインドーフェン ハイ テック キャンパス 5
審査官 永田 浩司
(56)参考文献 特開 2 0 1 4 - 0 6 1 2 6 9 (J P , A)
米国特許出願公開第 2 0 1 5 / 0 1 7 7 3 4 7 (U S , A 1)
米国特許出願公開第 2 0 1 7 / 0 0 3 8 4 4 4 (U S , A 1)
米国特許出願公開第 2 0 0 1 / 0 0 3 3 1 6 8 (U S , A 1)
(58)調査した分野 (Int.Cl., D B 名)
A 6 1 B 5 / 0 5 5
G 0 1 N 2 4 / 0 0
G 0 1 R 3 3 / 0 0