

(19) 日本国特許庁(JP)

## (12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第5144968号  
(P5144968)

(45) 発行日 平成25年2月13日(2013.2.13)

(24) 登録日 平成24年11月30日(2012.11.30)

(51) Int.Cl.

F 1

A 6 1 B 5/055 (2006.01)  
G 0 1 R 33/34 (2006.01)A 6 1 B 5/05 350  
G 0 1 N 24/04 520 A

請求項の数 6 (全 9 頁)

(21) 出願番号 特願2007-154702 (P2007-154702)  
 (22) 出願日 平成19年6月12日 (2007.6.12)  
 (65) 公開番号 特開2007-330793 (P2007-330793A)  
 (43) 公開日 平成19年12月27日 (2007.12.27)  
 審査請求日 平成22年6月11日 (2010.6.11)  
 (31) 優先権主張番号 11/424,293  
 (32) 優先日 平成18年6月15日 (2006.6.15)  
 (33) 優先権主張国 米国(US)

(73) 特許権者 390041542  
 ゼネラル・エレクトリック・カンパニイ  
 アメリカ合衆国、ニューヨーク州、スケネ  
 クタディ、リバーロード、1番  
 (74) 代理人 100137545  
 弁理士 荒川 智志  
 (74) 代理人 100105588  
 弁理士 小倉 博  
 (74) 代理人 100129779  
 弁理士 黒川 俊久  
 (72) 発明者 ディヴィッド・エム・ゴールドハバー  
 アメリカ合衆国、ウィスコンシン州、ショ  
 アウッド、エヌ・ワイルドウッド・アベニ  
 ュー、4326番

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】導体の振動を抑えたRFコイルおよびその製造方法

## (57) 【特許請求の範囲】

## 【請求項1】

MRスキャニング装置用のRFコイルであって、

前記MRスキャニング装置によるスキャンを行う対象と対面する内側表面(74)並びにさらに外側表面(76)を有するRF支持フォーム(70)と、

該RF支持フォーム(70)に接近して配置された内側表面(78)及び外側表面(76)を有するRF導体(72)と、

該RF導体(72)及び該RF支持フォーム(70)の中間に貼り付けられた振動脱結合層(82)であって、前記RF導体(72)の前記内側表面(78)と前記RF支持フォーム(70)の前記外側表面(76)とに対して貼りつけられた前記振動脱結合層(82)と、10

前記RF導体(72)の外側表面(76)に沿って貼り付けられた質量荷重層(84)であって、前記振動脱結合層(82)との間に前記RF導体(72)を挟み込むように構成された前記質量荷重層(84)と、

を備え、

前記振動脱結合層(82)は柔らかい発泡体材料からなることを特徴とするMRスキャニング装置向けのRFコイル。

## 【請求項2】

前記質量荷重層(84)は比較的重い材料から構成されることにより、この質量荷重層(84)の質量を増加させ、且つ、前記RF導体(72)と前記振動脱結合層(82)と

の固有振動数を減少させたことを特徴とする請求項1に記載のRFコイル。

【請求項3】

前記質量荷重層(84)を前記RF導体(72)の表面に貼り付けるために接着剤が使用されていることを特徴とする請求項1または2に記載のRFコイル。

【請求項4】

前記質量荷重層(84)はバリウム塩を満たしたビニル材料からなることを特徴とする請求項1乃至3のいずれかに記載のRFコイル。

【請求項5】

前記RF導体(72)の内側表面(78)に沿って質量荷重層(84)が貼り付けられていることを特徴とする請求項1乃至4のいずれかに記載のRFコイル。

【請求項6】

MRスキャニング装置向けのRFコイルを製造する方法であって、患者対象ボアと対面する内側表面(74)と外側表面(76)とを有して、円筒状形状のRF支持フォーム(70)を設ける工程と、

前記RF支持フォーム(70)に振動脱結合層(82)を貼り付ける工程と、

前記振動脱結合層(82)に貼り付けられた内側表面(78)とこれに対抗する外側表面(76)とを有するRF導体(72)を、前記振動脱結合層(82)に、貼り付ける工程と、

質量荷重層(84)を、前記RF導体(72)がこの質量荷重層(84)と前記振動脱結合層(82)との間に位置決めされるように、前記RF導体(72)の外側表面(76)に貼り付ける工程、

とを備え、

前記振動脱結合層(82)は柔らかい発泡体材料からなることを特徴とするRFコイルの製造方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、全般的にはMR撮像システムに使用されるRFコイルに関し、またさらに詳細には、消音特性を向上させたRFコイルに関する。

【背景技術】

【0002】

MRスキャナではその装置は基本的に、対象を囲繞すると共に、スキャン過程の実施時に対象に向けてRFエネルギーを導くまたは対象からのRFエネルギーをその上で受け取るためのRFコイルを含む。

【0003】

しかしこうしたMRスキャナの問題点の1つは、そのノイズレベルが、患者や対象に対して並びにオペレータに対しても同様に不快に大音響となる可能性があることである。こうした音響ノイズの発生元は数多くまた様々となる可能性があるが、その主因の1つはRFコイルであることが分かっている。

【0004】

RFコイルからのノイズは、RF導体内に生じるローレンツ力(Lorentz force)に起因している一方、MRスキャナ内の別の音響ノイズ源は標準的な振動隔絶技法によって対処可能であるがRFコイルからの音響ノイズは患者や対象のボアにRFコイルがごく接近しているため抑制することが困難である。

【0005】

RFコイルからの音響ノイズを低減させようとする様々な試みがなされてきた。こうした試みには、うず電流を減少させるためにRF導体を分割すること(可能な場合)、並びにRF支持フォームの振動を低減させるための拘束層ダンピングが含まれる。しかしこれらの試みは、RFコイルからの音響ノイズをすべて排除することが可能ではなかった。

【特許文献1】米国発行特許第6252404号 (対応日本公開特許2001-178

10

20

30

40

50

703)

【特許文献2】米国発行特許第6437568号（対応日本公開特許2002-219112）

【特許文献3】米国発行特許第6810990号（対応日本公開特許2002-219113）

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

したがって、RF導体とRF支持フォームの間に振動隔絶を設けること、並びにダンピングを設けてRF導体からRF支持フォームへの振動を低減させることによって音響出力を低減させたRFコイルがあることが望ましい。

【課題を解決するための手段】

【0007】

本発明は、MRIシステムのRF導体とRF支持フォームの間に振動隔絶を設けることによって音響出力を低減させるシステム及び方法を提供する。

【0008】

本発明の一態様のMRスキャニング装置は、RF導体とRF支持フォームの間に配置させた振動脱結合層と、RF導体に装着した質量荷重層と、を含む。

【0009】

本発明の別の態様によるRFコイルの製作方法は、RF導体とRF支持フォームの間に振動脱結合層を貼り付ける工程と、RF導体に質量荷重層を貼り付ける工程と、を含む。

【0010】

本発明の別の態様による磁気共鳴撮像システムはRF送受信器システム及び傾斜コイルアセンブリを含んでおり、このRF送受信器システムは、RF導体と、RF支持フォームと、RF導体とRF支持フォームの間に装着した振動脱結合層と、RF導体に装着した質量荷重層と、を含む。

【0011】

本発明に関する別の様々な特徴及び利点は、以下の詳細な説明及び図面から明らかとなろう。

【発明を実施するための最良の形態】

【0012】

図面では、本発明を実施するために目下のところ企図される好ましい一実施形態を図示している。

【0013】

MR撮像装置のRFコイルにおける振動の隔絶、振動固有振動数の低減、並びに音響ノイズの低減のためのシステムを示す。

【0014】

図1を参照すると、本発明を組み込んでいる好ましい磁気共鳴撮像（MRI）システム10の主要な構成要素を表している。本システムの動作は、キーボードその他の入力デバイス13、制御パネル14及び表示画面16を含むオペレータコンソール12から制御を受けている。コンソール12は、オペレータが画像の作成及び表示画面16上への画像表示を制御できるようにする単独のコンピュータシステム20と、リンク18を介して連絡している。コンピュータシステム20は、バックプレーン20aを介して互いに連絡している多くのモジュールを含んでいる。これらのモジュールには、画像プロセッサモジュール22、CPUモジュール24、並びに当技術分野でフレームバッファとして知られている画像データアレイを記憶するためのメモリモジュール26が含まれる。コンピュータシステム20は、画像データ及びプログラムを記憶するためにディスク記憶装置28及び取り外し可能記憶装置30とリンクしており、さらに高速シリアルリンク34を介して単独のシステム制御部32と連絡している。入力デバイス13は、マウス、ジョイスティック、キーボード、トラックボール、タッチ作動スクリーン、光学読取り棒、音声制御器、ある

10

20

30

40

50

いは同様な任意の入力デバイスや同等の入力デバイスを含むことができ、また入力デバイス 13 は対話式幾何学指定のために使用することができる。

【0015】

システム制御部 32 は、バックプレーン 32a により互いに接続させたモジュールの組を含んでいる。これらのモジュールには、CPU モジュール 36 や、シリアルリンク 40 を介してオペレータコンソール 12 に接続させたパルス発生器モジュール 38 が含まれる。システム制御部 32 は、実行すべきスキャンシーケンスを指示するオペレータからのコマンドをこのリンク 40 を介して受け取っている。パルス発生器モジュール 38 は、各システム構成要素を動作させて所望のスキャンシーケンスを実行させ、発生させる RF パルスのタイミング、強度及び形状、並びにデータ収集ウィンドウのタイミング及び長さを指示するデータを発生させている。パルス発生器モジュール 38 は、スキャン中に発生させる傾斜パルスのタイミング及び形状を指示するために 1 組の傾斜増幅器 42 と接続させている。パルス発生器モジュール 38 はさらに、生理学的収集制御器 44 から患者データを受け取ることができ、この生理学的収集制御器 44 は、患者に装着した電極からの ECG 信号など患者に接続した異なる多数のセンサからの信号を受け取っている。また最終的には、パルス発生器モジュール 38 はスキャン室インターフェース回路 46 と接続されており、スキャン室インターフェース回路 46 はさらに、患者及びマグネットシステムの状態に関連付けした様々なセンサからの信号を受け取っている。このスキャン室インターフェース回路 46 を介して、患者位置決めシステム 48 は患者を所望のスキャン位置に移動させるコマンドを受け取っている。

10

【0016】

パルス発生器モジュール 38 が発生させる傾斜波形は、Gx 増幅器、Gy 增幅器及びGz 増幅器を有する傾斜増幅器システム 42 に加えられる。各傾斜増幅器は、収集する信号の空間エンコードに使用する磁場傾斜を生成させるように全体を番号 50 で示す傾斜コイルアセンブリ内に物理的に対応する傾斜コイルを励起させている。傾斜磁場コイルアセンブリ 50 は、偏向用マグネット 54 及び全身用 RF コイル 56 を含むマグネットアセンブリ 52 の一部を形成している。システム制御部 32 内の送受信器モジュール 58 は、RF 増幅器 60 により増幅を受けて送信 / 受信スイッチ 62 により RF コイル 56 に結合されるようなパルスを発生させている。患者内の励起された原子核が放出して得られた信号は、同じ RF コイル 56 により検知し、送信 / 受信スイッチ 62 を介して前置増幅器 64 に結合させることができる。増幅した MR 信号は、送受信器 58 の受信器部分で復調され、フィルタ処理され、さらにデジタル化される。送信 / 受信スイッチ 62 は、パルス発生器モジュール 38 からの信号により制御し、送信モードでは RF 增幅器 60 をコイル 56 と電気的に接続させ、受信モードでは前置増幅器 64 をコイル 56 に接続させている。送信 / 受信スイッチ 62 によりさらに、送信モードと受信モードのいずれに関しても独立した RF コイル（例えば、表面コイル）を使用することが可能となる。

20

【0017】

RF コイル 56 により取り込まれた MR 信号は送受信器モジュール 58 によりデジタル化され、システム制御部 32 内のメモリモジュール 66 に転送される。未処理の k 空間データのアレイをメモリモジュール 66 内に収集し終わると 1 回のスキャンが完了となる。この未処理の k 空間データは、各画像を再構成させるように別々の k 空間データアレイの形に配置し直しており、これらの各々は、データをフーリエ変換して画像データのアレイにするように動作するアレイプロセッサ 68 に入力される。この画像データはシリアルリンク 34 を介してコンピュータシステム 20 に送られ、コンピュータシステム 20 において画像データはディスク記憶装置 28 内などの記憶装置内に格納される。この画像データは、オペレータコンソール 12 から受け取ったコマンドに応じて、テープ駆動装置 30 上などの長期記憶内にアーカイブしたり、画像プロセッサ 22 によりさらに処理してオペレータコンソール 12 に伝達しディスプレイ 16 上に表示させたりすることができる。

30

【0018】

ここで図 2 を見ると、円筒状の RF 支持フォーム 70 を備えた従来の RF コイル 56 の

40

50

断面図を表している。RF支持フォーム70は、通常はガラス繊維材料からなっており、患者を囲繞している。スキャン過程で使用されるRFエネルギーを発生するまたは受け取るためにRF導体72が存在している。RF支持フォーム70は患者の方向に向いた内側表面74と、外方を向いた外側表面76と、を有する。これによって、RF導体72の内側表面78はRF支持フォーム70の外側表面76に接触すると共に、これに接着性に結合されている。

【0019】

図2から分かるように、従来のシステムはRF支持フォーム70に対して直接貼り付けられたRF導体72を有しており、したがってRF導体72からRF支持フォーム70に直接振動が伝達され、RF支持フォーム70が振動を周辺環境に送り出す大きな音響板の役割をして音響ノイズを生じさせる可能性がある。

10

【0020】

ここで図3を見ると、本発明の好ましい実施形態に従って製作されたRFコイル80の断面図を表している。RF導体72は、図2の実施形態のようにRF支持フォーム70の外側で、あるいは半径方向外方に、貼り付けられているが、図から分かるように、RF導体72とRF支持フォーム70の間に振動脱結合、または機械的脱結合材料からなる脱結合層82を位置させている。脱結合層82は脱結合材料からなる層の形態をしていると共に、発泡体などの振動隔絶材料となっており、これによってRF導体72の音響エネルギーをRF支持フォーム70から脱結合及び隔絶させている。基本的には、中間の脱結合層82向けに柔らかい発泡体材料を使用することが可能であるが、音響エネルギーの隔絶を提供するような別の材料を使用することも可能である。

20

【0021】

したがって、中間の脱結合層82はRF導体72の内側表面78及びRF支持フォーム70の外側表面76に貼り付けられている。この貼り付けは適当な接着剤によって実現することができる。

【0022】

RF導体72の外側表面86上に位置させた質量荷重層84も存在させている。質量荷重層84は、RF支持フォーム70の荷重効果を排除すると共に、RF導体72/脱結合層82の合成体の全体の固有振動数を低下させている。このため、質量荷重層84はRF支持フォーム70に対する総転送振動エネルギーを低下させると共に、この質量荷重層84によってRF導体72の振動が低下し総音響ノイズを低減させる。質量荷重層84は、材料の質量を増加させるようにその内部に例えばバリウム塩を包含したビニル材料などの重い材料とすることが可能である。

30

【0023】

これから分かるように、RF導体72は基本的には、RF支持フォーム70に接近した動作位置に固定させていると共に、振動脱結合層82と質量荷重層84の間に挟み込まれている。RF導体72はしたがって、RF導体72が発生させる振動エネルギーがRF支持フォーム70に至らずこれに影響しないようにこれを効果的に低減させている脱結合と質量荷重の組み合わせを提供し、これによってシステムの音響ノイズを低減させるようにして、RF支持フォーム70に対して貼り付けられている。

40

【0024】

ここで図4を見ると、本発明の代替的な実施形態に従って製作されたRFコイル100の断面図を表している。RF導体72は、RF支持フォーム70の内側で、あるいは半径方向内方に、貼り付けられている。しかし図から分かるように、RF導体72とRF支持フォーム70の間に振動脱結合、または機械的脱結合材料からなる脱結合層82を位置させている。脱結合層82は脱結合材料からなる層の形態をしていると共に、発泡体などの振動隔絶材料となっており、これによってRF導体72の音響エネルギーをRF支持フォーム70から脱結合及び隔絶させている。基本的には、中間の脱結合層82向けに柔らかい発泡体材料を使用することが可能であるが、音響エネルギーの隔絶を提供するような別の材料を使用することも可能である。

50

## 【0025】

したがって、中間の脱結合層82はRF導体72の外側表面98及びRF支持フォーム70の内側表面96に貼り付けられている。この貼り付けは適当な接着剤によって実現することができる。

## 【0026】

RF導体72の内側表面106上に位置させた質量荷重層84も存在させている。質量荷重層84は、RF支持フォーム70の荷重効果を排除すると共に、RF導体72/脱結合層82の合成体の全体の固有振動数を低下させている。このため、質量荷重層84はRF支持フォーム70に対する総転送振動エネルギーを低下させると共に、この質量荷重層84によってRF導体72の振動が低下し総音響ノイズを低減させる。質量荷重層84は、材料の質量を増加させるようにその内部に例えばバリウム塩を包含したビニル材料などの重い材料とすることが可能である。

10

## 【0027】

RF導体72は基本的には、RF支持フォーム70に接近した動作位置に固定させていると共に、振動脱結合層82と質量荷重層84の間に挟み込まれている。RF導体72はしたがって、RF導体72が発生させる振動エネルギーがRF支持フォーム70に至らずこれに影響しないようにこれを効果的に低減させている脱結合と質量荷重の組み合わせを提供し、これによってシステムの音響ノイズを低減させるようにして、RF支持フォーム70に対して貼り付けられている。

20

## 【0028】

好ましい実施形態に関して、対象を囲繞する円筒状のRFコイルに焦点を当てて記載してきたが、本発明は別のタイプのRFコイルにも利用することができる。これには送信/受信表面コイルや受信専用表面コイル（ただし、これらに限らない）が含まれる。

## 【0029】

本発明を好ましい実施形態及び代替的な実施形態に関して記載してきたが、明示的に記述した以外に等価、代替及び修正が可能であり、これらも添付の特許請求の範囲の域内にあることを理解されたい。また、図面の符号に対応する特許請求の範囲中の符号は、単に本願発明の理解をより容易にするために用いられているものであり、本願発明の範囲を狭める意図で用いられたものではない。そして、本願の特許請求の範囲に記載した事項は、明細書に組み込まれ、明細書の記載事項の一部となる。

30

## 【図面の簡単な説明】

## 【0030】

【図1】本発明と共に使用するためのMR撮像システムのブロック概要図である。

【図2】RF支持フォームに対して直接貼り付けられた以下のRF導体の断面図である。

【図3】本発明の好ましい実施形態に従ってRF支持フォームに貼り付けられたRF導体及び質量荷重層の断面図である。

【図4】本発明の代替的な実施形態に従ってRF支持フォームに貼り付けられたRF導体及び質量荷重層の断面図である。

## 【符号の説明】

## 【0031】

40

- 10 磁気共鳴撮像(MRI)システム
- 12 オペレータコンソール
- 13 キーボードその他の入力デバイス
- 14 制御パネル
- 16 表示画面
- 18 リンク
- 20 単独のコンピュータシステム
- 20a バックプレーン
- 22 画像プロセッサモジュール
- 24 CPUモジュール

50

2 6	メモリモジュール	
2 8	ディスク記憶装置	
3 0	取外し可能記憶装置	
3 2	単独のシステム制御	
3 2 a	バックプレーン	
3 4	高速シリアルリンク	
3 6	C P U モジュール	
3 8	パルス発生器モジュール	
4 0	シリアルリンク	
4 2	傾斜増幅器組	10
4 4	生理学的収集制御器	
4 6	スキャン室インターフェース回路	
4 8	患者位置決めシステム	
5 0	傾斜コイルアセンブリの全体	
5 2	マグネットアセンブリ	
5 4	偏向用マグネット	
5 6	全身用 R F コイル	
5 8	送受信器モジュール	
6 0	R F 増幅器	
6 2	送信 / 受信スイッチ	20
6 4	前置増幅器	
6 6	メモリモジュール	
6 8	アレイプロセッサ	
7 0	R F 支持フォーム	
7 2	R F 導体	
7 4	内側表面	
7 6	外側表面	
7 8	内側表面	
8 0	R F コイル	
8 2	脱結合層	30
8 4	質量荷重層	
8 6	外側表面	
9 8	外側表面	
9 6	内側表面	
1 0 0	R F コイル	
1 0 6	内側表面	

【図1】

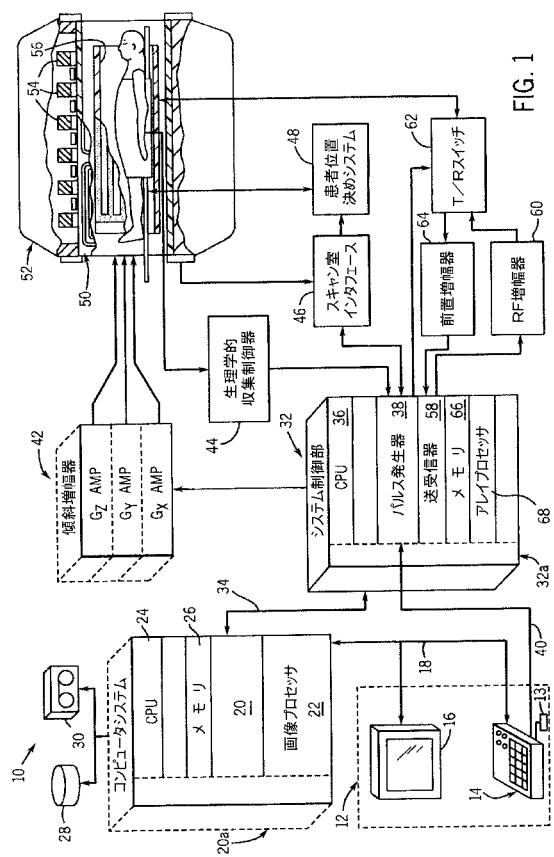


FIG. 1

【図2】

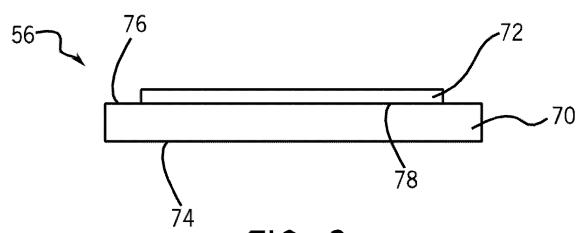


FIG. 2

従来技術

【図3】

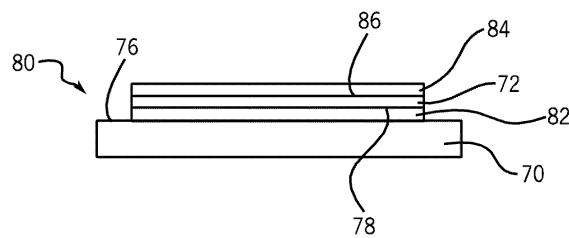


FIG. 3

【図4】

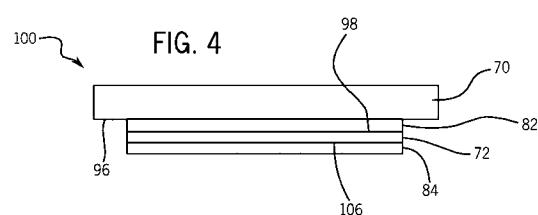


FIG. 4

---

フロントページの続き

(72)発明者 ダレン・リー・ホールマン

アメリカ合衆国、ニューヨーク州、スコッティア、スレイトストン・ドライブ、4番

(72)発明者 アントン・マックス・リンク

アメリカ合衆国、ウィスコンシン州、ムクウォナゴ、アシュトン・ウェイ、ダブリュ327・エス  
6914番

審査官 伊藤 幸仙

(56)参考文献 特開平09-271468 (JP, A)

特公平05-068973 (JP, B2)

特開平03-051036 (JP, A)

特開2002-85379 (JP, A)

米国特許第7671593 (US, B2)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

A 61 B 5 / 055