

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第6170500号
(P6170500)

(45) 発行日 平成29年7月26日 (2017. 7. 26)

(24) 登録日 平成29年7月7日 (2017. 7. 7)

(51) Int. Cl.

F I

A 6 1 B 5/055 (2006.01)
A 6 1 B 90/00 (2016.01)A 6 1 B 5/05 3 9 0
A 6 1 B 19/00 5 0 2

請求項の数 13 (全 15 頁)

(21) 出願番号 特願2014-542973 (P2014-542973)
 (86) (22) 出願日 平成24年11月22日 (2012. 11. 22)
 (65) 公表番号 特表2015-504341 (P2015-504341A)
 (43) 公表日 平成27年2月12日 (2015. 2. 12)
 (86) 国際出願番号 PCT/IB2012/056621
 (87) 国際公開番号 W02013/076677
 (87) 国際公開日 平成25年5月30日 (2013. 5. 30)
 審査請求日 平成27年11月20日 (2015. 11. 20)
 (31) 優先権主張番号 61/562, 477
 (32) 優先日 平成23年11月22日 (2011. 11. 22)
 (33) 優先権主張国 米国 (US)
 (31) 優先権主張番号 11190077.5
 (32) 優先日 平成23年11月22日 (2011. 11. 22)
 (33) 優先権主張国 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 5656 アーエー アイン
 ドーフェン ハイテック キャンパス 5
 High Tech Campus 5,
 NL-5656 AE Eindhoven
 (74) 代理人 100107766
 弁理士 伊東 忠重
 (74) 代理人 100070150
 弁理士 伊東 忠彦

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 MR I 装置において使用する RF セーフ介入または非介入機器

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

MR 画像化装置において RF セーフな介入的または非介入的機器であって、
 前記機器は、RF コモンモード電流にさらされる導体と、
 前記 RF コモンモードの RF 電場強度が発生する前記導体に沿った位置に配置された少
 なくとも一電氣的ダンピング要素とを有し、
 前記ダンピング要素は、前記導体における前記 RF コモンモード電流または RF 電場強
 度を減衰または抑制する、少なくとも抵抗性、リアクタンス性、及び誘電体の負荷のうち
 少なくとも 1 つから選択され、
 前記ダンピング要素は、ユーザにより前記ダンピング要素を前記導体にマニュアルで取
 り付け及び取り外しする取り付け手段が設けられた、
 RF セーフな介入的または非介入的機器。

【請求項 2】

前記ダンピング要素は、抵抗性及び／またはリアクタンス性の負荷であり、前記導体に
 ガルバニックに接続されている、
 請求項 1 に記載の RF セーフな介入的または非介入的機器。

【請求項 3】

前記ダンピング要素は、抵抗性及び／またはリアクタンス性の負荷であり、前記導体に
 誘導的に結合されている、
 請求項 1 に記載の RF セーフな介入的または非介入的機器。

10

20

【請求項 4】

前記ダンピング要素は、ワイヤエクステンションの形式の抵抗性負荷であり、前記導体とガルバニックに接続された一端を有し、前記導体に有効に付加され、他端は電氣的にオープンである、

請求項 1 に記載の R F セーフな介入的または非介入的機器。

【請求項 5】

前記ダンピング要素は、誘電体負荷であり、前記ダンピング要素を前記導体にまたはその周りに配置することにより前記導体と容量的に結合されている、

請求項 1 に記載の R F セーフな介入的または非介入的機器。

【請求項 6】

前記 R F コモンモード電流に対して高インピーダンスとなる、前記位置に配置された少なくとも一 R F トラップ回路をさらに有する、

請求項 1 に記載の R F セーフな介入的または非介入的機器。

【請求項 7】

前記ダンピング要素は、前記位置から遠位の位置で、かつ前記 R F トラップ回路に隣接して配置される、

請求項 6 に記載の R F セーフな介入的または非介入的機器。

【請求項 8】

前記 R F トラップ回路は、R F チョーク、抵抗、キャパシタ、共振 L C 回路、トランスフォーマー、または針またはワイヤの近位端のうちの 1 つである、

請求項 6 に記載の R F セーフな介入的または非介入的機器。

【請求項 9】

前記導体は、前記機器と、近位 R F 送信ユニット、M R 受信ユニット、電源ユニットまたはその他のリモートの信号受信及び信号処理ユニットとの間で電気信号を供給する、

請求項 1 に記載の R F セーフな介入的または非介入的機器。

【請求項 10】

前記導体は、導電ガイドワイヤまたはペースメーカーリードまたはワイヤブレード誘導針鞘または他の長手または細長い導電要素である、

請求項 1 に記載の R F セーフな介入的または非介入的機器。

【請求項 11】

前記ダンピング要素の温度を検知する温度センサをさらに有する、

請求項 1 に記載の R F セーフな介入的または非介入的機器。

【請求項 12】

カテーテル、プローブ、手術用デバイス、生検針または穿刺針、ポインタ、インプラント、ワイヤブレード誘導針鞘、導電ガイドワイヤ、ペースメーカーリード、位置マーカ、サーフェスコイルまたはローカルコイルまたはヘッドコイルの形式の、

請求項 1 に記載の R F セーフな介入的または非介入的機器。

【請求項 13】

前記導体上の位置は、前記導体に沿った他の位置との比較において、R F 電場強度がより大きくまたは最大になり、または R F コモンモード電流が最大になる位置である、請求項 1 に記載の R F セーフな介入的または非介入的機器。

【発明の詳細な説明】**【技術分野】****【0001】**

本発明は、検査対象の M R 画像化または M R 検査の間に用いる R F セーフな介入または非介入機器に関する。この機器は、少なくとも 1 つの長手方向のまたは細長い、特に電気信号を供給する導電体またはワイヤやラインの形式の、または電気信号を供給するために設けられたのではないがそれでも導電性を有する、その機器自体またはそのコンポーネントやパーツの形式の導電要素よりなり、またはかかる要素を含む。

かかる要素（「導電体」）はすべて、その機器または要素が、M R 画像化装置による M R

10

20

30

40

50

画像化またはMR検査の間に発生するRF/MR励起場にさらされた時、その要素に誘導されるRFコモンモード電流にさらされる。

【0002】

かかる機器及びコンポーネントまたはパーツは、それぞれ、例えば、カテーテル、プローブ、手術用デバイス、生検または穿刺針、ポインタ、インプラント、ワイヤブレード誘導針鞘、ガイドワイヤまたはペースメーカーリード、その他のポジションマーカなどの介入または任意の非介入デバイス、またはヘッドコイルなどのサーフェスコイルまたはローカルコイルである。

【0003】

概して、上記の長手方向のまたは細長い導電性要素は、機器の遠位部分またはセクションにあり、またはそれを形成し、及び/または機器の遠位部分またはセクションにあり、またはそれを形成することができる。後者の場合、かかる要素は、例えば、機器に関連するRF送信ユニット、MR受信ユニット、電源ユニットまたはその他の特に離れたところにある信号受信及び/または信号処理ユニットと接続するRF伝送ラインまたはケーブルである。

【背景技術】

【0004】

MR画像化装置において、通常は患者である検査対象が、MR画像化装置の検査スペース内の一様な主磁場(B_0 フィールド)にさらされ、検査対象内の原子核の磁気モーメントが、印加された B_0 フィールドの軸の周りに回転(ラーマー歳差運動)し、すべての原子核の正味磁化が B_0 フィールドと平行になる。歳差のレートはラーマー周波数と呼ばれ、関与する原子核の物理的特性と、印加される B_0 フィールドの強さとに依存する。

【0005】

RF送信アンテナにより発生され、関心のある原子核のラーマー周波数にマッチングした B_0 磁場に直交するRF励起磁場(B_1 磁場)を送信することにより、原子核のスピンの励起され、位相がそろい、その正味磁化の B_0 磁場の方向からの偏差が得られ、正味磁化の縦成分に対する横成分が発生する。

【0006】

RF励起磁場がなくなると、正味磁化の縦横成分のMR緩和過程が始まり、正味磁化が平衡状態に戻るまで続く。MR緩和信号は、緩和過程により放射されるが、RF/MR受信アンテナまたはコイルにより検出される。受信されたMR信号は、時間ベースの振幅信号であるが、フーリエ変換されて周波数ベースのMRスペクトル信号にされ、検査対象内の関心のある原子核のMR画像を生成するために処理される。

【0007】

MR検査中に、または検査対象の、とくにその一部位(local zone or area)の治療中に、介入性のまたは非介入性の機器または医療デバイスが使われることが多い。上で例示した機器やデバイスは、例えば、MR誘導生検、熱焼灼、小線源治療、血管介入、電気生理その他の侵襲的または非侵襲的アプリケーションに用いられる。

【0008】

かかる機器の一般的な問題は、それが、上述のように、通常は、一以上の長手方向のまたは長細い導電要素を含む、またはかかる要素より出来ていることである。通常は介入性のまたは非介入性の機器が、MR画像生成中に使われる時、少なくとも部分的にはMR画像化装置のRF/MR励起場にさらされるため、RF/MR励起場によりRFコモンモード電流がこれらの要素に誘導され、この電流により隣接のまたは周囲の検査対象が潜在的に望ましくないRF加熱を受ける。

【0009】

言い換えると、上記の長手方向のまたは細長い導電要素は、RF/MR励起場によりRFコモンモード電流が誘導され、それにより検査対象の隣接のまたは周囲の組織が潜在的な望ましくないRF加熱を被る任意の要素である。以下の説明では、これらの要素は共通して「導電体」との用語で示す。

10

20

30

40

50

【 0 0 1 0 】

一般的に、上記の機器は、検査対象の隣接のまたは周囲の組織が望ましくない程度に R F 加熱されないという意味で、R F セーフ (RF-safe) でなければならない。同じことが、機器が有する、または上記の機器が関連 R F 送信ユニット、M R 受信ユニット、電源ユニット、その他の信号処理または制御ユニットと接続される R F 伝送ラインまたはケーブルにも当てはまる。

【 0 0 1 1 】

かかる R F 加熱を回避または最小化し、R F セーフティを得るために、様々なコンセプトが提案されている。それによると、例えば、導電体をセグメント化し、これにより R F / M R 励起場によるその導体における R F コモンモード電流の発生を防止し、対応する R F 加熱を防止するために、R F トラップ回路、R F チョーク、高インピーダンスセグメント及び/またはその他の電気回路であって関連導電体または R F 伝送ラインの長さ方向に分布したものを有する導電体または R F 伝送ラインが提供されている。

10

【 0 0 1 2 】

特許文献 1 は、第 1 と第 2 の導電体を有するリードシステムを有する M R I / R F 互換医療介入性デバイスを開示している。これでは、M R セーフティは、リードシステムに、その長さ方向に、空間的に分離された複数の回路セグメントであって高周波数範囲においてインピーダンスが高く、低周波数範囲においてインピーダンスが低いものを設けることにより得られる。

20

【 先行技術文献 】

【 特許文献 】

【 0 0 1 3 】

【 特許文献 1 】 米国特許出願公開第 2 0 0 9 / 0 1 7 1 4 2 1 号

【 発明の概要 】

【 0 0 1 4 】

特に、機器の遠位部分またはセクションにある上記導体の遠位先端または遠位端においてまたはその周りで、検査対象の隣接または取り囲む組織にの R F 加熱が、関連導体に沿った他のセクションまたは領域に隣接またはそれを取り囲む組織の R F 加熱と比較して最も目立つこと、及びこの R F 加熱は、遠位先端 (特に、この先端が電氣的にオープンな場合) における R F 場の強度が最大になり、導体の他の位置と比較してその先端に局在化した R F 電場の電気力線が比較的高密度になることにより起こることが分かった。

30

【 0 0 1 5 】

さらに、かかる R F 先端加熱は、M R 画像化装置の R F 励起場により関連導体に R F 共振が励起される (すなわち、共振 R F コモンモード電流) 時に、最も目立つことが分かった。

【 0 0 1 6 】

また、多くのアプリケーションでは、介入的または非介入的機器の R F セーフティにとって、その導体のオーミック抵抗及び共振 R F コモンモード電流によるオーミック加熱により生じる導体の長さ方向の (及びその導体の長さ方向の隣接または取り囲む組織の) 加熱より、この R F 先端加熱の方が非常に重要であることが分かった。

40

【 0 0 1 7 】

さらに、R F セーフティに対する上記その他の既知の解決策は、検査対象に導入される機器のような非常に細い機器に関して使うには適していないことが多い。例えば、トラップ回路や R F チョークは、導体における共振 R F 電流の抑制に使われるが、その大きさやそのトラップ自体において起こりうる加熱のため、検査対象の外部でのみ安全かつ効率的に使用できる。これ以外にも、かかるトラップの効率は、導体方向でのその位置と、検査対象の外の、または隣接した、または部分的や全体的に挿入された導体の位置に強く依存する。導体またはケーブルにおける有効 R F コモンモード波長が隣接または取り囲む組織の誘電特性に依存するからである。これにより、(例えば、M R 誘導血管介入に供される介入機器の、) 検査対象に導入される (遠位) 導体がそれ自身共振して、検査対象が R F

50

加熱にさらされるという一般的な問題が生じる。

【 0 0 1 8 】

特に、（検査対象に導入される導体のセクションである）長い導体がトラップ回路から自由である場合には、導体ループによっても、関連機器がユーザにより操作された時に偶発的に生じる、これらの導体に共振が励起される目立った危険がある。機器の近位端に適用されるトラップ回路は、この R F セーフティ問題をさらに悪化させ得る。

【 0 0 1 9 】

最後に、これらの問題は介入的機器に限定されず、上記の長手方向の導電要素、対象、または構造や、R F サーフェスコイルや機器の近位部分またはセクションにあり、MR 画像化手法に固有の R F 励起電磁場とインターラクトする、接続された R F 伝送ラインまたはケーブルなどの非介入的機器の場合に一般的に発生する。

10

【 0 0 2 0 】

本発明の目的は、これらの問題に対する解決策を見つけ、R F セーフティまたは改善された R F セーフティを伴う長手方向のまたは細長い導電要素（導体）よりなるまたは含む介入的または非介入的な機器を提供し、MR 画像化装置により発生される R F / M R 励起場により誘導される上記の R F コモンモード電流による検査対象の隣接または取り囲む組織の R F 加熱が、信頼性高く防止され、または少なくとも関連の検査対象に悪い影響を与えない程度に低減するようにすることである。

【 0 0 2 1 】

この目的は、請求項 1 による、MR 画像化装置において MR 画像化または MR 検査の間に用いる R F セーフな介入的または非介入的機器により解決される。

20

前記機器は、導体よりなりまたは含み、前記導体は、前記機器または導体が MR 画像化または MR 検査の間に発生する R F / M R 励起場にさらされたとき、前記導体に誘導される R F コモンモード電流にさらされ、前記 R F コモンモードの R F 電場強度が発生する前記導体に沿った位置に少なくとも近くで、具体的に、前記導体に沿った他の位置との比較において、R F 電場強度がより大きくまたは最大になり、または R F コモンモード電流が最大になる位置で、前記導体に少なくとも一電氣的ダンピング要素を付加することにより、R F セーフティが実現されまたは向上し、前記ダンピング要素は、この位置で前記導体における前記 R F コモンモード電流または R F 電場強度を減衰または抑制する、少なくとも抵抗性、リアクタンス性、及び誘電体の負荷のうち少なくとも 1 つから選択される。もし何もしなければ R F コモンモードの R F 電場が発生する位置に配置されたダンピング要素により、R F コモンモード電流が抑制される。R F コモンモードの R F 電場強度が最大になるところまたはその近くにダンピング要素を配置することにより、非常に強い抑制を実現できる。

30

【 0 0 2 2 】

ダンピング要素の数とその選択（すなわち、抵抗性、リアクタンス性及び／または誘電体の負荷）は、かかる負荷の大きさの選択とともに、所望の R F セーフティ、または還元すると誘導される R F コモンモード電流による関連組織の加熱の抑制または低減の所望の程度が得られるように、行われる。この程度は、例えば、導体に沿ってダンピング要素の数を増やすことにより、すなわち、上記の（1つの）位置に 2 以上のダンピング要素を有効に付加することにより、または上記の位置のうち二以上にそれぞれ一以上のダンピング要素を有効に付加することにより、高くすることができる。これらの場合に対して代替的または追加的に、上記の程度は、周知のように及び／または下記のように、一以上のダンピング要素の電氣的ダンピング特性を向上することにより、高めることができる。

40

【 0 0 2 3 】

R F 誘導加熱の抑制または低減の程度は、例えば、機器の種類に応じて、例えばこの機器が介入的機器か非介入的機器かに応じて選択される。介入的機器は非介入的機器より検査対象に密接に接触し、そのため R F 誘導加熱をより高い程度で抑制する必要があるからである。

【 0 0 2 4 】

50

概して、本発明は、前記導体は、関連MR画像化装置のRF/MR励起場によりRF共振するよう励起された発信器を表し、前記組織のRF加熱をその発信器のエネルギー損失を大きくすることにより、換言すると、そのQファクタを既知の方法で悪くすることにより、特にその発信器に好ましくは抵抗性、リアクタンス性、及び誘電体負荷の少なくとも1つの形式の少なくとも1つの電氣的ダンピング要素を、有効に付加することにより、防止、抑制、または制限できるとの認識に基づく。

【0025】

「有効に付加」との用語は、抵抗性及び/またはリアクタンス性負荷の形式で実現される場合には、かかるダンピング要素のガルバニック接続の意味の電氣的接続、またはガルバニック接続が無い、かかるダンピング要素を関連コンダクタのところにまたはその周りに配置することによる誘導的または容量的結合を意味する。ここで、ダンピング要素が例えば誘電体負荷の形式で実現されている場合、容量性結合が用いられ、例えば、ダンピング要素がワイヤである場合、誘導性結合が用いられ得る。

10

【0026】

この解決策は、特にRFコモンモード電流に対して電氣的にオープンな近位端を有する導体の場合に、有利に実現でき、(既知の画定された位置である)この近位端において、RFコモンモード電流のRF場の強さが最大になり、ダンピング要素が導体のこの最大となる位置に有効に付加できるようにする。オープンな近位端を有するかかる導体は、一般的には、電気信号を供給するために設けられるのではなく、例えばガイドワイヤや、非介入的機器のワイヤブレード誘導針鞘である。

20

【0027】

本発明による一般的利点は、RFセーフティ問題にさらされる任意の導体に適用可能であり、これにより十分なRFセーフティが得られる場合にはスタンドアロンの解決策として、または本発明による解決策はRFセーフティを得るまたは向上するために適用される他のどのコンセプトの機能や効率を犠牲にしないので、RFセーフティを向上するために他の既知の解決策と組み合わせて適用可能である。

【0028】

他の利点は、(RFセーフにする)関連する導体自体の修正は必要としないので、本発明は実施が容易だということである。

従属請求項は、本発明によるRFセーフな介入的または非介入的機器の有利な実施形態を開示している。

30

【0029】

請求項2ないし6は、ダンピング要素とその導体への結合の好ましい実施形態に関する。

【0030】

より詳細には、請求項2ないし4による抵抗性負荷の効率を向上するため、導体は、好ましくは、細長く、抵抗性負荷の位置において顕著なRF電流を電氣的に引き起こす。電氣的伸びは負荷自体により実現でき、特に、導体の一端に接続された細長い抵抗ワイヤの形式で実現できる。他端は電氣的にオープンであり、及び/または一以上の誘導性要素が導体を電氣的に長くする。

40

請求項5による誘電体負荷の効率を向上するため、導体に沿って、導体に発生するRF電場が最大になる位置に、誘電体負荷を配置する。

【0031】

請求項7ないし9は、導体に有効に付加される少なくとも一RFトラップ回路により導体に沿って少なくとも一(以上の)所望の位置におけるRF場の強度の少なくとも1つの最大を引き起こし、ダンピング要素はこの位置に付加することが好ましい。これに関して「有効に付加」との用語は、ダンピング要素に関して上で説明したのと同じ意味である。

【0032】

これらの実施形態は、有利にも、電氣的にオープンな近位端を有する導体の場合に特に実現できる。例えば、これらの導体は、上記のRF送信ユニット、MR受信ユニット、電

50

源ユニット、またはその他の特にリモート信号受信及び／または信号処理ユニットとの間でさらなるＲＦ伝送ラインを介して電気信号を供給するために設けられているからである。

【００３３】

かかるＲＦトラップ回路またはＲＦチョークは、導体におけるＲＦコモンモード電流に対して高インピーダンスを提供し、導体方向のその位置においてＲＦ場を最大にし、この位置の電流をダンピング要素に発散できる要素として理解すべきである。機器の種類とそのワイヤリングに応じて、例えば、抵抗、キャパシタ、共振ＬＣ回路、トランスフォーマの形式で、または（例えば、ワイヤブレードまたはガイドワイヤの場合）単純に関連機器の針またはワイヤの近位端により、ＲＦトラップ回路またはＲＦチョークを実現できる。

10

【００３４】

かかるＲＦトラップ回路の利点は、ＲＦ送信ユニット、ＭＲ受信ユニット、電源ユニットまたはその他の特にリモート信号受信及び／または信号処理ユニットなどの上記の近位ユニットを、遠位導体の共振器から分離することである。

【００３５】

最後に、請求項１２の実施形態により、基本的なＲＦセーフティモニタリングができる。

【００３６】

言うまでもなく、本発明の特徴は、添付した特許請求の範囲に規定した発明の範囲から逸脱することなく、互いに組み合わせられ、さらに独立のセーフティメカニズムと組み合わせられる。

20

【００３７】

本発明のさらなる詳細、特徴、利点は、図面を参照して説明する本発明の好ましい例示としての実施形態の説明から明らかになるだろう。

【図面の簡単な説明】

【００３８】

【図１】本発明の第１の実施形態による介入性機器の構成を示す図である。

【図２】本発明の第２の実施形態による介入性機器の構成を示す図である。

【図３】本発明の第３の実施形態による介入性機器の構成を示す図である。

【図４】本発明の異なる実施形態により実験的に得られたいろいろな温度低下を示すグラフである。

30

【図５】本発明の一実施形態の単純化したモデルを示す図である。

【図６】図４のトラップーに関する一機器の先端における、シミュレーションされたいろいろな電場強度を示すグラフである。このグラフは、実施形態が、機器の先端における電場強度の共鳴増強を大きく低減することを示している。

【発明を実施するための形態】

【００３９】

図１は、本発明の第１の実施形態による介入性機器の基本的構成を示す図である。さらに、図１は、患者の形で検査対象Ａを示している。

【００４０】

40

介入性機器は、その遠位部分またはセクションに第１の導電要素１（以下、「遠位導体」）を有する。これは、少なくとも部分的に、検査対象Ａに導入される。遠位導体１は、ＲＦコモンモード電流に対して電氣的にオープンな遠位端と、好ましくは、その機器の遠位部分またはセクションにおいて第２の導電要素３（以下、「近位導体」）の遠位端にＲＦチョーク２などのＲＦトラップ回路を介して接続され、近位端において介入性機器を関連する動作ユニット、制御ユニット、または電源ユニットＰ（図示せず）と接続し、例えばＲＦ伝送ラインまたはケーブルの形成期で実現する近位端とを有する。

【００４１】

さらに、図１は、好ましくは、ワイヤエクステンション４の形式の、抵抗性及び／またはリアクタンス性負荷の形式の電氣的ダンピング要素を示す。この要素は、遠位性導電体

50

1 と、その一端でガルバニック接続を介して有効に付加されている。ワイヤエクステンション 4 の他端は自由である（すなわち、R F コモンモード電流に対して電氣的にオープンである）。

【 0 0 4 2 】

一般的に、かかるダンピング要素は、（遠位または近位）導体 1、3 に沿った、関連導体 1、3 に沿った他の位置と比較して、R F 電場強度が大きくなるまたは最大になる、または R F コモンモード電流が大きくなるまたは最大になる位置の少なくとも近くで有効に付加されている。同様に、一以上のダンピング要素を、最初に説明した複数の位置の各位置において、導体 1、3 に有効に付加することができる。さらに、導体による検査対象の隣接または包囲する組織の R F 加熱が、少なくとも許容できる程度に限定され、これにより R F セーフティが実現または改善される程度まで、少なくとも一ダンピング要素が関連位置における導体 1、3 における R F コモンモード電流または R F 電場強度を減衰または抑制するように、ダンピング要素を選択する。これは本発明のすべての実施形態にあてはまる。

【 0 0 4 3 】

R F 場強度の最大値は、遠位導体 1 の遠位（オープン）端で発生するが、遠位導体 1 に沿った（または機器全体の）R F 電場強度のさらなる最大値の位置は、一般的に画定されず、機器の構造及び外部ケーブル接続、及び上述の通りその他の理由に依存する。この遠位端または先端に抵抗性負荷 4 を接続することはもちろん好ましくない（検査対象に導入されるので）ことから、上記の通り、例えば R F トラップ回路または R F チョーク 2 により、かかる最大を引き起こすことが好ましい。R F トラップ回路または R F チョーク 2 は、遠位導体に有効に付加され、その位置は、抵抗性負荷 4 が遠位導体 1 に容易に接続できる位置であることが、例えば遠位導体 1 の領域またはその近位端であることが、すなわち、常に検査対象 A の外側に留まる、遠位導体 1 に沿った近位位置であることが好ましい。（例えば、ガイドワイヤの場合、近位端は、R F コモンモード電流に対しても電氣的にオープンであり、近位端において R F 場強度が最大にするため、かかる R F トラップ回路 2 は必要ない）。

【 0 0 4 4 】

抵抗性負荷 4 は、図 1 では、単純なワイヤエクステンションの形式で示した。上記の通り、遠位導体 1 の遠位先端における、特に検査対象の隣接するまたは取り囲む組織の R F 加熱を防止または望ましい程度まで制限するために、この位置におけるエネルギー損失が、及びこれによる R F コモンモード電流または R F 場強度の抑制が十分にできるように、発信器の Q ファクタを低くなるように、ワイヤエクステンションの長さ、または例えば抵抗性及び / またはリアクタンス性負荷の形式の負荷 4 の他の実施形態の寸法を選択する。

【 0 0 4 5 】

ワイヤエクステンション 4 は、一体のまたは分散した抵抗を（特に、例えば高抵抗ワイヤセグメントの形式で）含み得る。さらに、ダンピング効果を高くするため、リアクタンス性要素であって特にインダクタの形式のものをワイヤエクステンション 4 に接続でき、それによりワイヤエクステンション 4 を仮想的に長くして、より大きな R F 電流が導体 1 からワイヤエクステンション 4 を通って流れるようにする。

【 0 0 4 6 】

かかる負荷 4 により、遠位導体 1 に R F コモンモード電流に対する付加的な損失経路（lossy path）が設けられ、それにより R F エネルギーの吸収が起こり、遠位導体 1 の遠位端において発散されるエネルギー量が低くなる。

【 0 0 4 7 】

上記の通り、R F トラップ回路 2 は、既知の方法で実現され、好ましくは、R F チョークの形式で、または導体の R F コモンモード電流に対して高インピーダンスを提供する任意の要素の形式で、実現できる。共振 LC 回路に基づく R F チョークの場合、その LC 回路の共振周波数の場に対してのみ、R F 場が最大になる。その結果、かかる R F チョークは、好ましくはラーマー周波数になり、上記の R F 加熱の原因である導体における R F 共

10

20

30

40

50

振電流の周波数と一致する。

【 0 0 4 8 】

留意点として、二以上の抵抗性及び／またはリアクタンス性負荷 4 を、遠位導体 1 の長さ方向で同じまたは異なる位置において、遠位導体 1 に接続できる。したがって、二以上の R F トラップ回路 2 を用いることができ、少なくとも R F 電場強度が大きくなると期待される位置において、負荷 4 を遠位導体 1 に接続することができ、この位置に R F とらっぽう回路 2 を設けなくてもよい。しかし、効率を高めるため、R F トラップ回路 2 を、遠位導体 1 の一以上の好適な位置に、特にその近位端の領域に設け、抵抗性及び／またはリアクタンス性負荷 4 を、導体 1 に、かかる R F トラップ回路 2 の位置で、好ましくは図 1 に示したように R F トラップ回路 2 の遠位側において接続することが好ましい。

10

【 0 0 4 9 】

最後に、図 1 は、負荷 4 に接続された任意的な温度センサ 5 を示す。遠位導体 1 の遠位先端における R F 加熱は、遠位先端と近位端との間の遠位導体 1 (すなわち、R F トラップ回路 2) 及び負荷 4 を流れる R F コモンモード電流に関連するので、負荷 4 の R F 加熱は、遠位導体 1 の遠位先端における R F 加熱の尺度に関連し、及びそれれを示しまたはそれを与える (近位導体 3 は R F トラップ回路 2 により遠位導体 1 から有効に分離されている)。このように、負荷 4 の温度を検知するために負荷 4 に有効に接続された温度センサ 5 により、基本的な R F セーフティモニタリングができる。

【 0 0 5 0 】

上記の説明は、近位導体 3 に沿って、少なくともダンピング要素及び一以上の R F トラップ回路を設け配置することに当てはまる。

20

【 0 0 5 1 】

図 2 は、本発明の第 1 の実施形態による介入性機器の基本的構成を示す図である。

【 0 0 5 2 】

図 1 と同じまたは対応するコンポーネントまたは要素は、同じまたは対応する参照番号で示した。

【 0 0 5 3 】

この第 2 の実施形態と第 1 の実施形態との基本的な相違点は、ダンピング要素が、トランスフォーマ 2 1 により実現されるインダクティブカップリングにより遠位導体 1 に有効に付加されることである。トランスフォーマ 2 1 は、遠位導体 1 に直列接続された第 1 の巻き線と、ダンピング要素 4 a , 4 b が接続された第 2 の巻き線とを有する。ダンピング要素は第 1 のワイヤエクステンション 4 a と第 2 のワイヤエクステンション 4 b の形式で実現される。第 1 のワイヤエクステンション 4 a は第 2 の巻き線の一端と接続され、第 2 のワイヤエクステンション 4 b はトランスフォーマ 2 1 の第 2 の巻き線他端と接続されている。第 1 と第 2 のワイヤエクステンション 4 a , 4 b は、長さが同じでも異なってもよく、同じ方法でまたは異なる方法で実現してもよい。例えば、ワイヤエクステンションのうちの一方は抵抗性負荷のみの形式であり、他方は抵抗性負荷の形式、または抵抗性及びリアクタンス性負荷の形式であり、その逆であってもよい。再び、ダンピング要素 4 a 、4 b は、遠位導体 1 により表される発信器のエネルギー損失を大きくするために、上記の通り選択され、それにより上記の R F 加熱を防止または制限する。任意的な R F トラップ回路 2 に関して上で言及した。さらに、近位導体 3 に、上記のインダクティブカップリング 2 1 を設けても良い。

30

40

【 0 0 5 4 】

任意的温度センサは、図 2 には示していないが、第 1 の実施形態を参照して上で説明したように、温度を検知するため、ワイヤエクステンション 4 a , 4 b の一方に有効に接続してもよい。

【 0 0 5 5 】

図 3 は、本発明の第 3 の実施形態による介入性機器の基本的構成を、検査対象 A と共に示す図である。

【 0 0 5 6 】

50

図 1 及び 2 と同じまたは対応するコンポーネントまたは要素は、同じ参照番号で示した。

【 0 0 5 7 】

介入性機器は、検査対象 A に導入される遠位導体 1 と、介入性機器を関連する動作ユニット、制御ユニット、または電源ユニット P (図示せず) に接続する R F 伝送ラインまたはケーブルの形式の近位導体 3 とを有する。この第 3 の実施形態と第 1 及び第 2 の実施形態との間の基本的な違いは、第 3 の実施形態によると、少なくとも一損失性誘電体負荷 6 の形式の電氣的ダンピング要素が、リアクタンス性負荷 4、4 a、4 b の代わりに設けられていることである。電氣的ダンピング要素は、R F 共振場強度が強くまたは最大になる遠位導体 1 の位置で、遠位導体 1 に有効に付加される。好ましくは、R F トラップ回路は、特に R F チョーク 2 の形式では、(遠位導体 1 が上記のように電氣的にオープンな近位端を有さない場合、) そのように最大にまたは強くなるように設けられ、そのため、損失のある誘電体負荷 6 が遠位導体 1 の近位端に R F チョーク 2 の近くに配置される。この違いの他に、第 1 の実施形態を参照した上記説明は、本発明の第 3 の実施形態にも当てはまる。 任意的温度センサは、図 3 には示していないが、第 1 の実施形態を参照して上で説明したように、温度を検知するため、誘電体負荷 6 に有効に接続してもよい。

10

【 0 0 5 8 】

損失のある誘電体負荷 6 は、好適な比抵抗を有する任意の物質で、器具または医療デバイスの基準を満たすものでよい。共振 R F 電流の誘電体負荷 6 への十分な流れと、それによる対応する電氣的ダンピング効果を実現するため、損失のある誘電体負荷 6 は、遠位導体 1 に十分にキャパシタンス的に結合し、適切なサイズでなければならない。

20

【 0 0 5 9 】

概して、電氣的ダンピング要素は、(すなわち、抵抗性及び / またはリアクタンス性または誘電体のまたはその他の好適な負荷 4 ; 6) 及び可能な R F トラップ回路 2 (特に、R F チョークの形式のもの) を、例えば、介入性または非介入性機器のハンドピースに組み込むこともできる。

【 0 0 6 0 】

上記の説明は、近位導体 3 にも当てはまり、近位導体 3 に少なくとも 1 つの電氣的ダンピング要素 (すなわち、抵抗性及び / またはリアクタンス性または誘電体またはその他の好適な負荷 4 ; 4 a、4 b ; 6) と、少なくとも 1 つの任意的 R F トラップ回路 2 を設けても良い。

30

【 0 0 6 1 】

機器がワイヤブレード誘導針鞘の形式である場合、ダンピング要素 4 ; 4 a、4 b (適用ある場合、トランスフォーマ 2 1 とともに) ; 6 及び任意的 R F トラップ回路 2 は、鞘の近位端 (すなわち、検査対象の外側に留まる端) に組み込むことができる。

【 0 0 6 2 】

特に、導電ガイドワイヤの場合、ダンピング要素 4 ; 6 及び任意的 R F トラップ回路 2 は、機械的留め手段によりかかるワイヤの近位端に取り付け、ワイヤの近異端で、関連カテーテルを取り外すため、ダンピング要素と任意的 R F トラップ回路とがユーザにより一時的に取り外せるようにすることが好ましい。

40

【 0 0 6 3 】

機器がワイヤ編組カテーテルまたは導電プルワイヤを有する曲がったカテーテルの形式である場合、通常、R F トラップ回路 2 は必要ない。通常、カテーテルのハンドピース内に延在する、かかるワイヤ編組またはプルワイヤの近位オープン端に R F 電場強度の最大が発生するからである。ハンドピースは、関連抵抗性及び / またはリアクタンス性その他の負荷への、上記のように特にワイヤエクステンションの形式で、近位端の接続を含むように構成されている。

【 0 0 6 4 】

本発明の R F セーフ機器の形式で、アクティブトラッキングカテーテルを提供することもできる。一般的に知られているように、かかるカテーテルは、通常、カテーテル内の遠

50

位導体とRF伝送ラインまたはケーブルの形式の近位導体によりMR受信器に接続された任意の形式の一以上のトラッキングコイルを有する。トラッキングコイルの目的は、カテーテルの先端を位置特定または画像化するために、MR信号を受信することである。これらの導体及び/またはRF伝送ラインまたはケーブルのRFトラップ回路は、従来のRFチョーク、LCトラップ回路またはトランスフォーマであってもよい。

【0065】

本発明による、かつトラッキングコイルを関連MR受信器と接続するアクティブトラッキングカテーテルに組み込まれた、遠位導体または近位RF伝送ラインまたはケーブルの温度低下の効き目を、図4を参照して説明する。この図は、共通RF/MR励起場をスイッチオンし、約150秒後にスイッチオフしたときの、アクティブカテーテルのトラッキングコイルにおいて測定した温度上昇 ΔT を、時間 t の関数として示す。実験構成は図1に示した。

【0066】

図4の曲線aは、トラッキングカテーテルのハンドピースの遠位端に、RFトラップまたはチョーク2のみを配置し、ロード4は無いときの温度発展を示す。大きな温度上昇は、強い共振RF加熱がまだ起こっていることを示している。長さが約1メートルのワイヤエクステンション4と、約1k Ω の抵抗の形式の負荷が、図1に例示したように、導体1の近位端に、RFトラップまたはチョーク2より遠位に、導体1に接続されているとき、曲線bの温度発展が得られた。この曲線はRF加熱が大幅に低減されたことを示す。

【0067】

RFトラップまたはチョーク2が、より近位の位置に約30cmシフトすると、RF加熱はさらに抑制される。曲線cは、負荷4が無い、かかる位置の場合の温度発展を示す。しかし、実際には、RFトラップ位置は、通常、患者における加熱が最小になるように、十分には調節できない。曲線dは、長さが約1mのワイヤエクステンション4と、約1k Ω の抵抗を、導体1と、図1に示すようにその近位端に、RFチョーク2より遠位に接続した場合の、同様の低温発展を示す。留意点として、これらの測定について、ワイヤエクステンション4の長さとは抵抗は、ランダムにされ、最良のダンピング性能を得るために最適化されていない。

本発明の解決策の実現性は、図5及び6によるシミュレーションにより示すことができる。

【0068】

図6による曲線を評価するため、図5による構成を用いた。図5は、遠位先端D（通常はカテーテル等の先端）と、カテーテルを操作するため上記のように関連操作ユニットと接続された近位端Pとの間に延在する遠位導体1と近位導体3を示す。遠位導体1と近位導体3との間に、RFトラップ回路2が、好ましくはRFチョークが配置され、導体に有効に付加されている。さらに、上記の通り、ワイヤエクステンション4が、その端の一方を、RFトラップ回路2の遠位側において遠位導体1の近位端に有効に付加されている。再び、ワイヤセグメント4の他端は電氣的にオープンである。最後に、RF電圧原 U_s は、遠位導体1の遠位先端Dから約30cmの距離 d_1 に配置され、このシミュレーションでは、実際にはMRI装置により送信されたRF/MR励起場による励起を表す。したがって、遠位導体1は、ワイヤエクステンション4とともに、上記の発信器を表す。さらに、遠位先端DからのRFトラップ回路2の距離を d_2 で示し、遠位先端Dと近位端Pとの間の遠位導体1と近位導体3の長さ全体を d_3 で示し、ワイヤエクステンション4の長さを d_4 で示す。

【0069】

図5に示したシミュレーションの評価は、共振周波数64.2MHz、導体1、3の全長 d_3 が5m、ワイヤエクステンション4の長さ d_4 が1m、抵抗が1k Ω として行った。

【0070】

図6は、RFトラップ回路2の、遠位先端Dからの距離 d_2 に依存する遠位先端Dと近

10

20

30

40

50

位端 P における R F 電場 E の発展を示す。

【 0 0 7 1 】

詳細に、曲線 a は、負荷またはワイヤエクステンション 4 が無い場合に、R F トラップ回路 2 の距離 d 2 に依存する、遠位先端 D における R F 電場 E の発展を示す。この曲線は、R F トラップ回路 2 の 2 つの距離 d 2 において、遠位導体 1 の大きな共振が観察できる。

【 0 0 7 2 】

曲線 b は、負荷またはワイヤエクステンション 4 が無い場合に、遠位先端 D からの R F トラップ回路 2 の異なる距離 d 2 に対する、近位端 P における R F 電場 E の発展を示す。

【 0 0 7 3 】

図 5 に示したように、ワイヤエクステンション 4 の形式の負荷を遠位導体 1 と接続するとき、R F トラップ回路 2 の距離 d 2 に依存する、遠位先端 D における R F 電場 E の発展は（負荷 4 の位置は常に R F トラップ回路 2 の位置に従う）、曲線 c のようになる。遠位先端 D からの R F トラップ回路 2 の距離 d 2 によらず、R F 共振が消えることを示す。

【 0 0 7 4 】

最後に、曲線 d は、図 5 に示したように、ワイヤエクステンション 4 を設けた場合に、遠位先端 D からの（負荷 4 とともに）R F トラップ回路 2 の異なる距離 d 2 に対して、近位端 P における R F 電場 E の発展を示す。

【 0 0 7 5 】

要するに、曲線 a と c を比較すると、ワイヤエクステンション 4 により、患者内での加熱に關与する先端 D における電場が大幅に低減することが分かる。曲線 b と d は、完全を期して示したものであり、点 D における R F 電場 E が常に低いことを示しており、これは R F トラップ回路 2 が適切に機能していることを証明している。

【 0 0 7 6 】

留意点として、長さ d 2 が異なってもワイヤエクステンション 4 は有効であることが示された。望ましいまたは最適なダンピング特性を実現するため、長さ d 2 は、実験と測定により、介入的または非介入的機器に対して容易に最適化できる。

【 0 0 7 7 】

一般的及び上記の通り、本発明による解決策は、例えば、カテーテル中の各ケーブルの先端における R F 加熱を制限または防止するために、例えば、カテーテルのハンドピースを、関連の M R 受信器と、またはカテーテル上のトラッキングコイル、E C G 電極または温度センサを操作するその他の信号処理ユニットと接続する、R F 伝送ラインまたはケーブルの形式の近位導体にも適用できる。

【 0 0 7 8 】

さらに、非介入的機器を関連の操作ユニットと接続し、特に患者に近い導体が患者を R F 加熱することを防止するために、関連 R F 伝送ラインまたはケーブルの R F セーフティを得てそれを強化するために、本発明の解決策を、上記の通り、R F ローカルコイルまたはサーフェスコイル、ヘッドコイル、ポインタなど、任意の非介入的機器に適用できる。

【 0 0 7 9 】

本発明を、図面と上記の説明に詳しく示し説明したが、かかる例示と説明は例であり限定ではなく、本発明は開示した実施形態には限定されない。添付した特許請求の範囲により規定される本発明の範囲から逸脱することなく、上記した本発明の実施形態のバリエーションも可能である。

【 0 0 8 0 】

請求項に記載した発明を実施する際、図面、本開示、及び添付した特許請求の範囲を研究して、開示した実施形態のバリエーションを、当業者は理解して実施することができるであろう。請求項において、「有する (comprising)」という用語は他の要素やステップを排除するものではなく、「1 つの ("a" or "an")」という表現は複数ある場合を排除するものではない。相異なる従属クレームに手段が記載されているからといって、その手段を組み合わせて有利に使用することができないということではない。請求項に含

10

20

30

40

50

れる参照符号は、その請求項の範囲を限定するものと解してはならない。

【図 1】

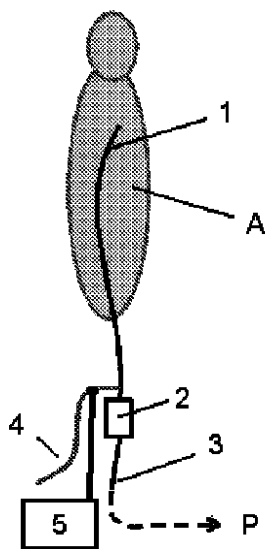


FIG. 1

【図 2】

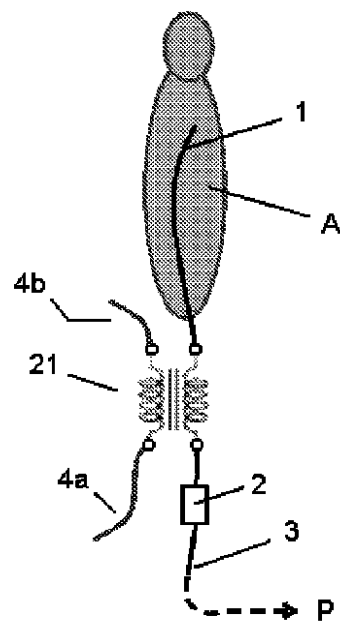


FIG. 2

【図 3】

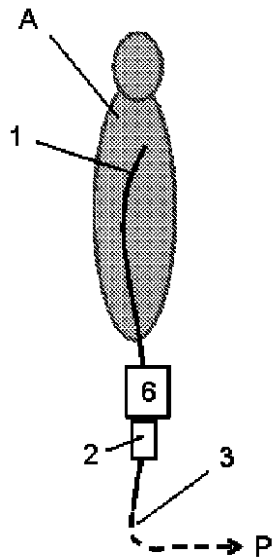


FIG. 3

【図 4】

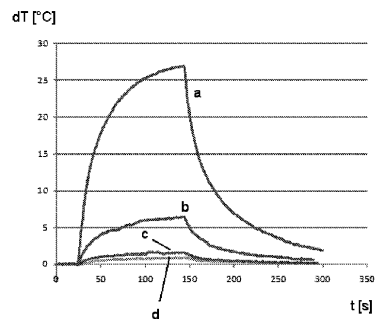


FIG. 4

【図 5】

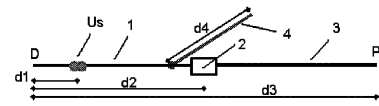


FIG. 5

【図 6】

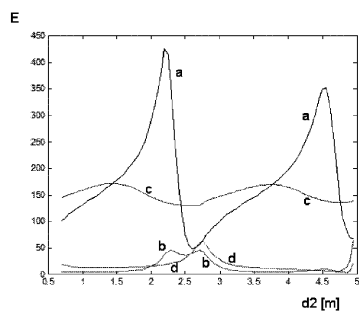


FIG. 6

フロントページの続き

(74)代理人 100091214

弁理士 大貫 進介

(72)発明者 ヴァイス, シュテフェン

オランダ国, 5 6 5 6 アーエー アインドーフエン, ハイ・テク・キャンパス・ビルディング
4 4

(72)発明者 リップス, オリファー

オランダ国, 5 6 5 6 アーエー アインドーフエン, ハイ・テク・キャンパス・ビルディング
4 4

(72)発明者 ダーフィット, ベルント

オランダ国, 5 6 5 6 アーエー アインドーフエン, ハイ・テク・キャンパス・ビルディング
4 4

審査官 松本 隆彦

(56)参考文献 特表2004-514485(JP, A)

米国特許第04951672(US, A)

特表2008-508984(JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

A 6 1 B 5 / 0 5 5

A 6 1 M 2 5 / 0 0

G 0 1 R 3 3 / 2 8