

(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2014-151207

(P2014-151207A)

(43) 公開日 平成26年8月25日(2014.8.25)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
A 6 1 B 5/055 (2006.01)	A 6 1 B 5/05 3 4 2	4 C 0 9 6
G O 1 R 33/3875 (2006.01)	G O 1 N 24/06 5 2 O K	
G O 1 R 33/387 (2006.01)	G O 1 N 24/06 5 2 O Y	

審査請求 未請求 請求項の数 23 O L (全 18 頁)

(21) 出願番号 特願2014-23250 (P2014-23250)
 (22) 出願日 平成26年2月10日 (2014.2.10)
 (31) 優先権主張番号 10 2013 202 217.4
 (32) 優先日 平成25年2月12日 (2013.2.12)
 (33) 優先権主張国 ドイツ (DE)

(71) 出願人 390039413
 シーメンス アクチエンゲゼルシャフト
 Siemens Aktiengesellschaft
 ドイツ連邦共和国 D-80333 ミュンヘン
 ヴィッテルスバッハープラッツ 2
 Wittelsbacherplatz 2, D-80333 Muenchen, Germany
 (74) 代理人 100075166 弁理士 山口 巖
 (74) 代理人 100133167 弁理士 山本 浩

最終頁に続く

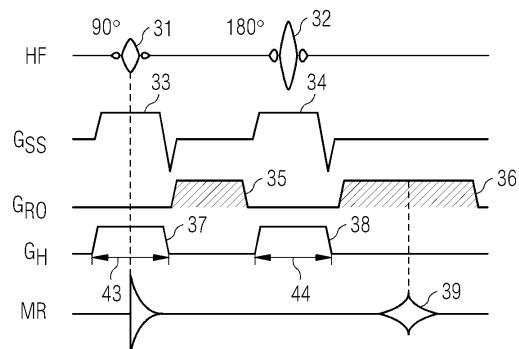
(54) 【発明の名称】 パルス状の補償傾斜磁場を有するMR装置

(57) 【要約】 (修正有)

【課題】超電導磁石の場合にヘリウム使用量が少ない小型の磁石により全体として低い製造コストを有するMR装置を提供する。

【解決手段】MRイメージングシーケンスによりMR装置の測定視野内の検査対象の検査範囲内のMR信号を検出するために、分極磁場B₀により検査対象内に磁化が生成される。MR装置は、測定視野にわたる第1の磁場不均一性を有する分極磁場B₀を生成する磁石を有する。高周波パルス31, 32が検査範囲に照射される。第1の傾斜磁場33~36がMR信号の空間エンコーディングのために印加される。パルス状の補償傾斜磁場37, 38が印加される。この補償傾斜磁場は、MRイメージングシーケンスの期間全体よりも短い補償期間43, 44にわたり印加され、補償期間43, 44の間、第1の磁場不均一性がこの第1の磁場不均一性より少ない測定視野にわたる第2の磁場不均一性に低減される。

【選択図】図3



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

磁気共鳴 (MR) イメージングシーケンスにより MR 装置の測定視野 (21) 内の検査対象 (12) の検査範囲内の MR 信号を検出する方法であって、MR 装置が、測定視野 (21) にわたる第 1 の磁場不均一性を持つ分極磁場 B₀ を発生する磁石 (11) を有し、
 (a) 分極磁場 B₀ により検査対象 (12) 内に磁化を生成するステップ、
 (b) MR 信号の生成に使用する磁化を偏向するために検査範囲内に少なくとも 1 つの高周波パルス (22, 31, 32) を照射するステップ、
 (c) MR 信号の空間エンコーディングのために少なくとも 1 つの第 1 の傾斜磁場 (23, 24, 33 ~ 36) を印加するステップ、
 (d) MR イメージングシーケンスの期間にわたり変化する時間的に可変の電流によって生成される少なくとも 1 つのパルス状の補償傾斜磁場 (25, 37, 38) を、MR イメージングシーケンスの期間全体より短い補償期間 (27, 43, 44) にわたり印加することにより、その補償期間 (27, 43, 44) の間、第 1 の磁場不均一性をこの第 1 の磁場不均一性より少ない測定視野にわたる第 2 の磁場不均一性に低減するステップ、
 (e) MR 信号を検出するステップ
 を含む検査対象の検査範囲内の MR 信号の検出方法。

10

【請求項 2】

測定視野 (21) にわたる第 1 の磁場不均一性が、1 mT よりも大きく、とりわけ 10 mT よりも大きく、更にとりわけ 20 mT よりも大きいことを特徴とする請求項 1 記載の方法。

20

【請求項 3】

第 2 の磁場不均一性が、第 1 の磁場不均一性よりも 100 分の 1、好ましくは 500 分の 1、更に好ましくは 1000 分の 1 少ないことを特徴とする請求項 1 または 2 記載の方法。

【請求項 4】

少なくとも 1 つの第 1 の傾斜磁場 (23, 24, 33 ~ 36) および少なくとも 1 つのパルス状の補償傾斜磁場 (25, 37, 38) が、それぞれ線形傾斜磁場と高次傾斜磁場との重み付け線形結合によって決定されることを特徴とする請求項 1 乃至 3 の 1 つに記載の方法。

30

【請求項 5】

測定視野にわたる第 2 の磁場不均一性が、少なくとも 1 つのパルス状の補償傾斜磁場の印加中に 20 μT 以下、好ましくは 10 μT 以下であることを特徴とする請求項 1 乃至 4 の 1 つに記載の方法。

【請求項 6】

少なくとも 1 つの高周波パルス (22, 31, 32) が第 1 の期間にわたり照射され、ほぼ第 1 の期間に対応する補償期間 (27, 43, 44) の間、少なくとも 1 つのパルス状の補償傾斜磁場が印加されることを特徴とする請求項 1 乃至 5 の 1 つに記載の方法。

【請求項 7】

MR イメージングシーケンスの期間にわたりほぼ常に第 1 の傾斜磁場またはパルス状の補償傾斜磁場が印加されていることを特徴とする請求項 1 乃至 6 の 1 つに記載の方法。

40

【請求項 8】

第 1 の磁場不均一性の空間依存性を示す B₀ 磁場マップが算出され、第 1 の磁場不均一性を第 2 の磁場不均一性に低減するために、少なくとも 1 つのパルス状の補償傾斜磁場により生成される空間依存性の補償磁場が算出されることを特徴とする請求項 1 乃至 7 の 1 つに記載の方法。

【請求項 9】

MR 信号がスピンエコーであり、90°高周波パルス (31) が第 1 の期間にわたり検査範囲内に照射され、180°高周波パルス (32) が第 2 の期間にわたり照射され、パルス状の補償傾斜磁場が第 1 の期間および第 2 の期間に対応する補償期間 (43, 44)

50

にわたり印加されることを特徴とする請求項 1 乃至 8 の 1 つに記載の方法。

【請求項 10】

MR 信号がグラジエントエコーであり、パルス (22) が第 1 の期間にわたり検査範囲内に照射され、90°であり、パルス状の補償傾斜磁場が第 1 の期間に対応する補償期間 (27) にわたり印加されることを特徴とする請求項 1 乃至 8 の 1 つに記載の方法。

【請求項 11】

少なくとも 1 つの第 1 の傾斜磁場 (23, 24, 33 ~ 36) と少なくとも 1 つのパルス状の補償傾斜磁場 (25, 37, 38) とが複数の傾斜磁場コイル (13) によって生成され、第 1 の傾斜磁場とパルス状の補償傾斜磁場とを同時に印加する際に、異なる傾斜磁場コイルにおいて必要とされる電流強さを算出するために、個々の傾斜磁場コイルのための重み付け線形結合の重み係数が個別に算出されて算術加算されることを特徴とする請求項 4 乃至 10 の 1 つに記載の方法。

10

【請求項 12】

検査範囲内の磁化の所望の偏向を発生させるべく、磁化偏向のために複数の高周波送信チャンネルが同時に使用されることを特徴とする請求項 1 乃至 11 の 1 つに記載の方法。

【請求項 13】

第 1 の傾斜磁場が、線形傾斜磁場と高次傾斜磁場との重み付け線形結合であるスライス選択傾斜磁場または読み出し傾斜磁場であることを特徴とする請求項 1 乃至 12 の 1 つに記載の方法。

20

【請求項 14】

第 1 の磁場不均一性が、式

$$G(x, y, z) = z^2 - (x^2 + y^2) / 2$$

で記述される空間的形狀を有する非線形傾斜磁場波形によって表されることを特徴とする請求項 1 乃至 13 の 1 つに記載の方法。

【請求項 15】

複数の受信コイルが MR 信号を同時に検出し、それらの受信コイルがそれぞれ受信コイル感度を有し、受信コイル感度と、補償傾斜磁場と、MR 信号の空間エンコーディングのための第 1 の傾斜磁場とが 0 空間法または零空間法に基づいて算出されることを特徴とする請求項 1 乃至 14 の 1 つに記載の方法。

30

【請求項 16】

磁気共鳴 (MR) イメージングシーケンスにより検査対象の検査範囲内の MR 信号を生成する MR 装置 (1) であって、

測定視野にわたり分極磁場 B0 の第 1 の磁場不均一性を有する分極磁場 B0 を生成して検査対象内に磁化を生成する磁石 (11) と、

MR 信号の生成に使用される磁化を偏向するために検査範囲に少なくとも 1 つの高周波パルスを照射するように構成されている高周波ユニット (15) と、

MR 信号の空間エンコーディングのための少なくとも 1 つの第 1 の傾斜磁場 (23, 24, 33 ~ 36) を印加すると共に、MR イメージングシーケンスの期間にわたり変化する時間的に可変の電流によって生成される少なくとも 1 つのパルス状の補償傾斜磁場 (25, 37, 38) を、MR イメージングシーケンスの期間全体より短い補償期間 (27, 43, 44) にわたり印加することにより、その補償期間の間、第 1 の磁場不均一性をこの第 1 の磁場不均一性より少ない測定視野にわたる第 2 の磁場不均一性に低減するように構成されている傾斜磁場ユニット (16) とを有する MR 装置。

40

【請求項 17】

傾斜磁場ユニット (16) が、少なくとも 1 つの第 1 の傾斜磁場と、少なくとも 1 つのパルス状の補償傾斜磁場とを、線形傾斜磁場と高次傾斜磁場との重み付け線形結合によって算出するよう構成されていることを特徴とする請求項 16 記載の MR 装置。

【請求項 18】

50

高周波ユニットが、少なくとも1つの高周波パルスを実1の期間にわたり照射するように構成されており、傾斜磁場ユニットが、ほぼ第1の期間に対応する補償期間の間、少なくとも1つのパルス状の補償傾斜磁場を印加するように構成されている請求項16または17記載のMR装置。

【請求項19】

傾斜磁場ユニット(16)が、MRイメージングシーケンスの期間にわたりほぼ常に第1の傾斜磁場(23, 24, 33~36)またはパルス状の補償傾斜磁場(25, 37, 38)を印加するように構成されていることを特徴とする請求項16乃至18の1つに記載のMR装置。

【請求項20】

傾斜磁場ユニット(16)が、第1の磁場不均一性の空間依存性を示すB0磁場マップを算出し、かつ第1の磁場不均一性を第2の磁場不均一性に低減するために少なくとも1つのパルス状の補償傾斜磁場により生成される空間依存性の補償磁場を算出するように構成されていることを特徴とする請求項16乃至19の1つに記載のMR装置。

【請求項21】

磁石(11)が、z方向の第1の磁石端部における2つの第1のコイル要素と、z方向の第2の磁石端部における2つの第2のコイル要素とからなり分極磁場B0をz方向に生成する4つのコイル要素を有する超電導磁石であることを特徴とする請求項16乃至20の1つに記載のMR装置。

【請求項22】

傾斜磁場ユニットが、分極磁場B0の方向に2つの互いに分離されたコイル部分を持つ1つの傾斜磁場コイル(50)を有することを特徴とする請求項16乃至21の1つに記載のMR装置。

【請求項23】

傾斜磁場ユニットが、分極磁場B0の方向において分極磁場を生成するコイル要素の両側に突出する大きさを有する1つの傾斜磁場コイル(50)を有することを特徴とする請求項21または22記載のMR装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、磁気共鳴(MR)イメージングシーケンスにより磁気共鳴(MR)装置の測定視野内の検査対象の検査範囲内のMR信号を検出する方法、ならびにこのためのMR装置に関する。

【背景技術】

【0002】

分極磁場B0を生成するために超電導磁石を使用する公知のMR装置は、一般に、ほぼ50cm直径の容積を有する球状または円筒状の測定視野を持つ。この測定視野内では、MR画像作成のために分極磁場B0の高い均一性が必要である。その分極磁場B0を提供するための磁石構造部は非常に高価である。例えば、多くの超電導要素が必要であり、更に分極磁場をMR装置内部に限定する遮蔽要素が必要である。超電導磁石はヘリウムで冷却されるので、存在する多くの超電導コイルを冷却するために高価な装置が必要である。各超電導要素は多数の巻線を持ち、それらの巻線の他の巻線に対する位置および間隔は、さまざまな基準に従って、例えば超電導線材の量を減らす狙いを持った基準に従って計算される。MR装置においてコストを高める他の要因は、超電導コイルの冷却用のヘリウムの消費にある。

【0003】

それにも拘らず、MR測定のために、静磁場均一性を更に改善することが時折必要である。このために、残留するB0不均一性を更に低減するべく、室温で一定の電流が供給される所謂シムコイルが使用される。被検者がMR装置内へ送り込まれたときに、所謂静的シムによってシムコイルの電流が決定され、その電流は撮像の間一定のままである。均一

10

20

30

40

50

性の更なる改善のために、各MRイメージングシーケンスの前にも、シム電流を調整することができる。しかし、シムコイルにおいて使用される電流は、イメージングシーケンスの期間にわたり一定である。これらのシムコイルは、通常、10ppm以下の範囲にある磁場不均一性を補償することができる。この補正は、主として、被検者がMR装置内に送り込まれたときに磁化率効果によって生じるB₀不均一性を補正するために行われる。

【0004】

MR装置自体の高いコストのほかに、測定視野にわたり均一な分極磁場を供給するためには被検者挿入用の開口をできるだけ小さくしなければならないという問題がある。MR磁石内の窮屈なスペース状態によって、多くの被検者にとって検査が不快であり、窮屈なスペース状態が原因で閉所恐怖症の患者によって検査が拒否されることもある。

10

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

従って、超電導磁石の場合にヘリウム使用量が少ない小型の磁石により全体として低い製造コストを有するMR装置を提供することが望まれている。それと同時に磁石内の被検者のために存在する空間を拡張することが望まれている。

【課題を解決するための手段】

【0006】

この課題は、本発明によれば、磁気共鳴(MR)イメージングシーケンスによりMR装置の測定視野内の検査対象の検査範囲内のMR信号を検出する方法であって、MR装置が、測定視野にわたる第1の磁場不均一性を持つ分極磁場を発生する磁石を有し、

20

(a) 分極磁場により検査対象内に磁化を生成するステップ、

(b) MR信号の生成に使用する磁化を偏向するために検査範囲内に少なくとも1つの高周波パルス照射するステップ、

(c) MR信号の空間エンコーディングのために少なくとも1つの第1の傾斜磁場を印加するステップ、

(d) MRイメージングシーケンスの期間にわたり変化する時間的に可変の電流によって生成される少なくとも1つのパルス状の補償傾斜磁場を、MRイメージングシーケンスの期間全体より短い補償期間にわたり印加することにより、その補償期間の間、第1の磁場不均一性をこの第1の磁場不均一性より少ない測定視野にわたる第2の磁場不均一性に低減するステップ、

30

(e) MR信号を検出するステップ

を含む検査対象の検査範囲内のMR信号の検出方法によって解決される(請求項1)。

【0007】

検査対象の検査範囲内のMR信号の検出方法に関する本発明の有利な実施態様は次の通りである。

・測定視野にわたる第1の磁場不均一性が、1mTよりも大きく、とりわけ10mTよりも大きく、更にとりわけ20mTよりも大きい(請求項2)。

・第2の磁場不均一性が、第1の磁場不均一性よりも100分の1、好ましくは500分の1、更に好ましくは1000分の1少ない(請求項3)。

40

・少なくとも1つの第1の傾斜磁場および少なくとも1つのパルス状の補償傾斜磁場が、それぞれ線形傾斜磁場と高次傾斜磁場との重み付け線形結合によって決定される(請求項4)。

・測定視野にわたる第2の磁場不均一性が、少なくとも1つのパルス状の補償傾斜磁場の印加中に20μT以下、好ましくは10μT以下である(請求項5)。

・少なくとも1つの高周波パルスが第1の期間にわたり照射され、ほぼ第1の期間に対応する補償期間の間、少なくとも1つのパルス状の補償傾斜磁場が印加される(請求項6)

。

・MRイメージングシーケンスの期間にわたりほぼ常に第1の傾斜磁場またはパルス状の補償傾斜磁場が印加されている(請求項7)。

50

・第1の磁場不均一性の空間依存性を示すB0磁場マップが算出され、第1の磁場不均一性を第2の磁場不均一性に低減するために、少なくとも1つのパルス状の補償傾斜磁場により生成される空間依存性の補償磁場が算出される(請求項8)。

・MR信号がスピンエコーであり、90°高周波パルスが第1の期間にわたり検査範囲内に照射され、180°高周波パルスが第2の期間にわたり照射され、パルス状の補償傾斜磁場が第1の期間および第2の期間に対応する補償期間にわたり印加される(請求項9)。

・MR信号がグラジエントエコーであり、パルスが第1の期間にわたり検査範囲内に照射され、90°であり、パルス状の補償傾斜磁場が第1の期間に対応する補償期間にわたり印加される(請求項10)。

・少なくとも1つの第1の傾斜磁場と少なくとも1つのパルス状の補償傾斜磁場とが複数の傾斜磁場コイルによって生成され、第1の傾斜磁場とパルス状の補償傾斜磁場とを同時に印加する際に、異なる傾斜磁場コイルにおいて必要とされる電流強さを算出するために、個々の傾斜磁場コイルのための重み付け線形結合の重み係数が個別に算出されて算術加算される(請求項11)。

・検査範囲内の磁化の所望の偏向を発生させるべく、磁化偏向のために複数の高周波送信チャンネルが同時に使用される(請求項12)。

・第1の傾斜磁場が、線形傾斜磁場と高次傾斜磁場との重み付け線形結合であるスライス選択傾斜磁場または読み出し傾斜磁場である(請求項13)。

・第1の磁場不均一性が、式

$$G(x, y, z) = z^2 - (x^2 + y^2) / 2$$

で記述される空間的形狀を有する非線形傾斜磁場波形によって表される(請求項14)。

・複数の受信コイルがMR信号が同時に検出され、それらの受信コイルがそれぞれ受信コイル感度を有し、受信コイル感度と、補償傾斜磁場と、MR信号の空間エンコーディングのための第1の傾斜磁場とが0空間法または零空間法に基づいて算出される(請求項15)。

【0008】

前記課題は、本発明によれば、磁気共鳴(MR)イメージングシーケンスにより検査対象の検査範囲内のMR信号を生成するMR装置であって、

測定視野にわたり分極磁場の第1の磁場不均一性を有する分極磁場を生成して検査対象内に磁化を生成する磁石と、

MR信号の生成に使用される磁化を偏向するために検査範囲に少なくとも1つの高周波パルスを照射するように構成されている高周波ユニットと、

MR信号の空間エンコーディングのための少なくとも1つの第1の傾斜磁場を印加すると共に、MRイメージングシーケンスの期間にわたり変化する時間的に可変の電流によって生成される少なくとも1つのパルス状の補償傾斜磁場を、MRイメージングシーケンスの期間全体より短い補償期間にわたり印加することにより、その補償期間の間、第1の磁場不均一性をこの第1の磁場不均一性より少ない測定視野にわたる第2の磁場不均一性に低減するように構成されている傾斜磁場ユニットとを有するMR装置によっても解決される(請求項16)。

【0009】

MR装置に関する本発明の有利な実施態様は次の通りである。

・傾斜磁場ユニットが、少なくとも1つの第1の傾斜磁場と、少なくとも1つのパルス状の補償傾斜磁場とを、線形傾斜磁場と高次傾斜磁場との重み付け線形結合によって算出するよう構成されている(請求項17)。

・高周波ユニットが、少なくとも1つの高周波パルスを第1の期間にわたり照射するように構成されており、傾斜磁場ユニットが、ほぼ第1の期間に対応する補償期間の間、少なくとも1つのパルス状の補償傾斜磁場を印加するように構成されている(請求項18)。

・傾斜磁場ユニットが、MRイメージングシーケンスの期間にわたりほぼ常に第1の傾斜磁場またはパルス状の補償傾斜磁場を印加するように構成されている(請求項19)。

・傾斜磁場ユニットが、第1の磁場不均一性の空間依存性を示す分極磁場マップを算出し

10

20

30

40

50

、かつ第1の磁場不均一性を第2の磁場不均一性に低減するために少なくとも1つのパルス状の補償傾斜磁場により生成される空間依存性の補償磁場を算出するように構成されている(請求項20)。

・磁石が、z方向の第1の磁石端部における2つの第1のコイル要素と、z方向の第2の磁石端部における2つの第2のコイル要素とからなり分極磁場をz方向に生成する4つのコイル要素を有する超電導磁石である(請求項21)。

・傾斜磁場ユニットが、分極磁場の方向に2つの互いに分離されたコイル部分を持つ1つの傾斜磁場コイルを有する(請求項22)。

・傾斜磁場ユニットが、分極磁場の方向において分極磁場を生成するコイル要素の両側に突出する大きさを有する1つの傾斜磁場コイルを有する(請求項23)。

10

【0010】

本発明の第1の観点によれば、磁気共鳴(MR)イメージングシーケンスによりMR装置の測定視野内の検査対象の検査範囲内のMR信号を検出する方法が提供される。MR装置は、測定視野にわたる第1の磁場不均一性を持った分極磁場B₀を生成する磁石を有する。この方法の1つのステップにおいて、分極磁場B₀により検査対象内に磁化が生成される。更に、その磁化を偏向するために検査範囲内に少なくとも1つの高周波パルスが照射され、この偏向された磁化がMR信号の生成に使用される。更に、MR信号の空間エンコーディングのために少なくとも1つの第1の傾斜磁場が印加される。付加的に、MRイメージングシーケンスの期間にわたり変化する時間的に可変の電流によって生成される少なくとも1つのパルス状の補償傾斜磁場が印加される。更に、その補償傾斜磁場はイメージングシーケンスの期間全体より短い補償期間にわたり印加され、それによりその補償期間の間、第1の磁場不均一性がこの第1の磁場不均一性より少ない測定視野にわたる第2の磁場不均一性に低減される。引き続きMR信号が検出される。

20

【0011】

パルス状の補償傾斜磁場を使用することによって、既存のMR装置よりも低い磁場均一性、即ち既存のMR装置よりも高い磁場不均一性を有するMR装置を使用することができる。MRイメージングシーケンスの期間中、測定視野にわたる高い均一性が必要である場合には、所望の時間にわたって、内在する高い磁場不均一性を十分に低減するパルス状の補償傾斜磁場を印加するとよい。それによって、簡単に構成された磁石を使用することができる。超電導磁石の場合には、使用するコイル要素が少なく済み、それによって必要な冷却液が少なく済み。更に、静磁場均一性に対する要求が少ないので、開放的な構造形態を使用することができる。

30

【0012】

更に、本発明は、MRイメージングシーケンスによりMR信号を生成するMR装置に関する。このMR装置は、第1の磁場不均一性を有する分極磁場B₀を生成する磁石を有する。更に、磁化を偏向するために検査範囲内に少なくとも1つの高周波パルスを照射するように構成されている高周波ユニットが設けられている。偏向された磁化により、MR信号が生成される。そのMR信号を空間エンコーディングするための少なくとも1つの第1の傾斜磁場と、少なくとも1つのパルス状の補償傾斜磁場とを印加するように構成されている傾斜磁場ユニットが設けられている。このパルス状の補償傾斜磁場は、イメージングシーケンスの期間にわたり変化する時間的に可変の一定でない電流によって生成されて、イメージングシーケンスの期間全体より短い補償時間にわたり印加される。傾斜磁場ユニットは、既により詳しく述べたように、第1の傾斜磁場およびパルス状の補償傾斜磁場を印加するよう構成することができる。

40

【0013】

例えば、測定視野にわたる、即ちMR画像を生成し得るMR磁石の内部の領域にわたる第1の磁場不均一性が、1mT(ミリテスラ)よりも大きくよく、とりわけ10mTよりも大きくよく、更にとりわけ20mTよりも大きくよい。

【0014】

更に、第2の磁場不均一性が第1の磁場不均一性よりも係数100だけ少ないとよい。

50

これは、第2の磁場不均一性が第1の磁場不均一性の100分の1であることを意味する。しかし、その係数は500または1000の値も取り得る。つまり、第2の磁場不均一性は第1の磁場不均一性の1/500または1/1000である。これは、パルス状の補償傾斜磁場によって、磁場不均一性が100から1000までの間の係数だけつまり1/100から1/1000まで低減することを意味する。

【0015】

少なくとも1つの第1の傾斜磁場および少なくとも1つのパルス状の補償傾斜磁場は、それぞれ線形傾斜磁場と高次傾斜磁場との重み付け線形結合によって決定することができる。パルス状の補償傾斜磁場も、空間エンコーディングもしくは信号読み出しのための第1の傾斜磁場も、級数展開として捉えることができ、その際に正確な傾斜磁場波形（傾斜磁場形状）を記述するために、線形項のみならず高次項も使用される。使用される傾斜磁場は、即ち空間エンコーディングのための傾斜磁場もパルス状の補償傾斜磁場も、例えば $G_x G_y G_z$ 方向の線形傾斜磁場と、例えば G_z^2 , $G_z x$, $G_z y$, $G_x^2 - Y^2$, $G_x z$, $G_z^2 x$, $G_z^2 y$, G_x^3 , G_y^3 , ... のような高次傾斜磁場との線形結合であってよい。

10

【0016】

少なくとも1つのパルス状の補償傾斜磁場が印加されるときに、測定視野にわたり支配的である第2の磁場不均一性が、少なくとも1つのパルス状の補償傾斜磁場の印加中に、 $20 \mu T$ （マイクロテスラ）以下であることが好ましい。更に、その第2の磁場不均一性が $10 \mu T$ 以下、または $5 \mu T$ 以下であるとよい。

20

【0017】

少なくとも1つの高周波パルスが第1の期間にわたり照射され、ほぼ第1の期間に対応する補償期間の間パルス状の補償傾斜磁場を印加することができる。この実施形態では、高周波パルスが照射される期間にほぼ同時にパルス状の補償傾斜磁場が印加される。例えばある特定のスライスを励起するためには、所望の励起すべきスライス内のスピニングが、高周波パルスのバンド幅内にある周波数を持つことが必要である。これは、高周波パルスの照射の間、分極磁場の所望の均一性を得るために、パルス状の補償傾斜磁場が印加されることによって達成される。それにより、検査対象内において予め規定されたスライス形状を励起させることができる。このスライス形状は平らであってよいし、あるいは、例えば特定の解剖学的構造を励起させるために曲がっていてもよい。

30

【0018】

更に、MRイメージングシーケンスの期間にわたりほぼ常に第1の傾斜磁場および/またはパルス状の補償傾斜磁場を印加することができる。静磁場均一性が従来の磁石の場合よりも非常に低いので、イメージングシーケンスの期間中には、横磁化の強すぎる信号減衰を防止するために、空間エンコーディングのための傾斜磁場または補償傾斜磁場が印加されていることが必要である。

【0019】

例えば、イメージングシーケンスにおいて複数の高周波パルスが照射される場合には、これらの補償傾斜磁場が複数の高周波パルスの照射と同時に印加されるとよい。しかし、印加される補償傾斜磁場は、イメージングシーケンスの期間全体にわたって持続的に一定ではない。しかし、パルス状の補償傾斜磁場の印加は、MRイメージングシーケンスにおいて高周波パルスが照射される期間に限定されない。高周波パルスと信号読み出しとの間に、ある程度の可変の遅れ時間を必要とするイメージングシーケンスの場合には、信号読み出し前のある程度の遅れ時間を得るために、時間的に可変の補償傾斜磁場を印加してもよい。

40

【0020】

更に、測定視野にわたる第1の磁場不均一性の空間依存性を示す B_0 磁場マップが算出され、その算出の際に、第1の磁場不均一性を第2の磁場不均一性に低減するために、少なくとも1つのパルス状の補償傾斜磁場により生成される空間依存性の補償磁場が算出されるとよい。

50

【 0 0 2 1 】

上述の方法は、異なる空間方向に対して第1の傾斜磁場および補償傾斜磁場を生成するために複数の傾斜磁場コイルを使用する。第1の傾斜磁場とパルス状の補償傾斜磁場とが同時に印加される場合には、異なる傾斜磁場コイルにおいて必要とされる電流強さ全体を算出するために、個々の傾斜磁場コイルのための重み付け線形結合の重み係数が個別に算出されて算術加算されるとよい。即ち、重み付け線形結合から算出される傾斜磁場を個々の空間方向において決定するための重み係数が、それぞれ第1の傾斜磁場およびパルス状の補償傾斜磁場について算出されて算術加算されるとよい。上述の技術は複数の高周波送信チャンネルとも組み合わせることができる。線形項と高次項とを持つ傾斜磁場波形（傾斜磁場形状）を組み合わせると共に複数の高周波送信チャンネルを使用するならば、検査対象内に磁化の任意の励起プロフィール（励起形状）を達成することができる。

10

【 0 0 2 2 】

更に、第1の磁場不均一性が、次式で記述される空間的形状を有する非線形傾斜磁場波形によって表されるとよい。

$$G(x, y, z) = z^2 - (x^2 + y^2) / 2$$

【 0 0 2 3 】

補償傾斜磁場が上式に基づく波形を持つことができる。信号読み出し時における非線形傾斜磁場の使用は、所謂0空間エンコーディング法（0-Space encoding method）しても公知であり、国際公開第2010/0682991号に詳しく記載されている。本発明の場合には、この傾斜磁場波形が補償傾斜磁場において適用される。

20

【 0 0 2 4 】

更に、複数の受信コイルがMR信号を同時に検出し、それらの受信コイルがそれぞれ受信コイル感度を有し、受信コイル感度、補償傾斜磁場およびMR信号の空間エンコーディングをするための第1の傾斜磁場が、0空間法（0-space method）または零空間法（null space method）に基づいて使用され、もしくは算出されるよい。零空間法は、国際公開第2011/087847号に、2次および3次の傾斜磁場を用いて詳しく記載されている。

【 0 0 2 5 】

MR信号をスピンエコーとすることができ、第1の期間にわたり90°高周波パルスが検査範囲内に照射され、第2の期間にわたり180°高周波パルスが照射される。その際に、パルス状の補償傾斜磁場が、第1の期間および第2の期間に対応する補償期間にわたり印加されるとよい。その補償期間は、信号励起と読み出しとの間で特定の遅れ時間を達成するために補償傾斜磁場がもう一度印加されることがなければ、これらの第1の期間および第2の期間に限定することができる。

30

【 0 0 2 6 】

MR信号をグラジエントエコーとすることもでき、第1の期間にわたりパルスが検査範囲内に照射される。パルス状の補償傾斜磁場が第1の期間に対応する補償期間にわたり印加される。

【 0 0 2 7 】

磁石が、z方向の第1の磁石端部における2つの第1のコイル要素と、z方向の第2の磁石端部における2つの第2のコイル要素とからなり分極磁場をz方向に生成する全部で4つのみのコイル要素を有する超電導磁石であるとよい。全部で4つのコイル要素のうちには、主に分極磁場B0を生成する2つのコイル要素が存在し、かつ外側に対して磁場の能動的シミングを行う2つの他のコイル要素が設けられているとよい。

40

【 0 0 2 8 】

更に、傾斜磁場ユニットが、分極磁場B0の方向において2つの互いに分離されたコイル部分を有する1つの傾斜磁場コイルを使用するよい。傾斜磁場コイルのこれらの2つの部分によって、被検者の視界が更に広げられる。それによって、場合によっては起こり得る磁石内での閉所恐怖症を大いに軽減することができる。更に、磁石が分極磁場の方向において短い構造形態を有することもできる。それによって生じる分極磁場の高い不均一性

50

は、分極磁場の方向において分極磁場を生成するコイル要素の両側に突出する大きさを有する1つの傾斜磁場コイルによって補償される。磁場 B_0 の比較的大きな磁場不均一性が可能になることによって、被検者用の開口を拡張することができる。それによって、閉所恐怖症を持った被検者も良好に検査することができる。

【0029】

以下において、添付図面を参照しながら本発明を更に詳細に説明する。

【図面の簡単な説明】

【0030】

【図1】図1はパルス状の補償傾斜磁場により動作するMR装置を概略的に示すブロック図である。

10

【図2】図2は補償傾斜磁場を用いたグラジエントエコーシーケンスを概略的に示すシーケンス図ある。

【図3】図3は補償傾斜磁場を用いたスピンエコーシーケンスを概略的に示すシーケンス図である。

【図4】図4はMR装置の本発明による実施形態の概略横断面図である。

【図5】図5はMR装置の本発明による他の実施形態の概略横断面図である。

【図6】図6はMR装置の本発明による他の実施形態の概略横断面図である。

【図7】図7はMR装置の本発明による他の実施形態の概略横断面図である。

【図8】図8はMR装置の本発明による他の実施形態の概略横断面図である。

【図9】図9は磁石がCアーム型であるMR装置の本発明による他の実施形態の概観図である。

20

【発明を実施するための形態】

【0031】

図1には、従来通常より大きい磁場不均一性を有する分極磁場が使用できる磁気共鳴(MR)装置1が示されている。この装置では、より高い磁場均一性が必要である時点で、付加的なパルス状の補償傾斜磁場を印加することによって、磁場不均一性の低減が行われる。MR装置1は1つの磁石11を有し、この磁石11は、例えば1つの磁石の前端部および後端部にそれぞれある2つのコイル要素から構成されている。それによって、その磁石は、例えば上方および側方に向けて開放された構造とすることができる。両コイル要素のために必要な冷却部を磁石の下方部分11cに設けるために、両コイル要素の下方部材は閉鎖されている。前方のコイル要素および後方のコイル要素は2つの分離された部分11aおよび11bに収納されている。被検者テーブル10に配置されている被検者12が磁石内にあり、従って分極磁場 B_0 によって被検者内に分極磁場 B_0 の方向に合成磁化が生成される。概略的に傾斜磁場コイル13が示されており、傾斜磁場コイル13により最初にMR信号の空間エンコーディングのための第1の傾斜磁場が印加される。傾斜磁場コイル13は、磁石11によって生成される分極磁場 B_0 をMR画像が発生できるように十分に均一にするパルス状の補償傾斜磁場を印加するためにも使用される。MR信号は、通常のように、図1に同様に概略的に示されている受信コイル14によって検出することができる。更に、MR装置は、高周波パルスを生成するための高周波ユニット15を有し、この高周波ユニット15により被検者12内の磁化が偏向される。傾斜磁場ユニット16は、MR信号の空間エンコーディングに必要な傾斜磁場を算出し、更に内在的な磁場不均一性を第1の磁場不均一性からこの第1の磁場不均一性より少ない第2の磁場不均一性に低減するために印加されるパルス状の補償傾斜磁場を算出する。傾斜磁場自体の生成は傾斜磁場コイル13によって行われる。画像シーケンス制御部17は、高周波パルスの照射および傾斜磁場の印加の時間的順序を調整するために、傾斜磁場ユニット16および高周波ユニット15の制御により、MRイメージングシーケンスの進行を制御する。入力ユニット18を介して、図示されていない操作者は、MR装置の操作、画像シーケンスの選択、画像化パラメータの設定、測定面の選択等を行うことができる。MR画像は表示ユニット19に表示可能である。記憶ユニット20は生成されたMR画像を記憶し、またイメージングシーケンスや、被検者のMR画像を作成するために必要な他の情報を記憶するこ

30

40

50

とができる。

【0032】

基本的にどのようにして、一連の高周波パルスおよびMR信号の空間エンコーディングのための傾斜磁場によって、MR画像を生成することができるかは当業者に知られているので、ここでは詳しい説明は省略する。しかし、傾斜磁場コイル13は、それがパルス化された動作モードで動作可能であり、測定視野にわたってミリテスラの範囲内にある磁場不均一性を補償することができるように設計されている。

【0033】

磁石11によって生成された分極磁場は、例えば、例えば図4の測定視野21の如きMR装置の測定視野にわたる20mT以上、50mT以上の磁場不均一性を有する第1の不均一性を有する。

10

【0034】

図4にはMR装置の横断面が例示されている。この図示の例において、MR装置は、磁場が超電導磁石によって生成されるMR装置である。しかし、後で図9に関連して説明するように、本発明は超電導磁石に限定されない。図4に示されている実施形態では、超電導磁石が2つのコイル要素または巻線、即ち分極磁場 B_0 を主に生成する主巻線40と、その磁場を外側に対して遮蔽する能動的な遮蔽巻線41とを有する。両巻線は、それぞれ2つの部分11aおよび11bと下側の共通部分11cとに収納されている。共通部分11cは、コイル要素40および遮蔽コイル要素41を冷却するための共通な真空領域42を有する。傾斜磁場コイル13は能動的に遮蔽される傾斜磁場コイルであり、この傾斜磁場コイルは、空間エンコーディングのための第1の傾斜磁場のほかに、パルス状の補償傾斜磁場を発生することができる。この補償傾斜磁場により分極磁場が十分に均一化され、不均一性が補償される。上述のように、もし付加的な補償傾斜磁場の印加がなければ、測定視野21にわたる磁場不均一性がミリテスラ範囲にある。これらの付加的な補償傾斜磁場の印加によって、そのミリテスラ範囲の磁場不均一性がマイクロテスラ範囲の第2の磁場不均一性に低減され、従って磁場不均一性は1000の範囲にある係数だけ低減される(即ち1000分の1に低減される)。勿論、その係数は、値100または500や、値2000にもなり得る(すなわち、磁場不均一性は1/100または1/500、もしくは1/2000に低減される)。

20

【0035】

図4において、公知の超電導磁石に比べて、少ない個数のコイル要素しか使用しないで済むことが分かる。何故ならば、静磁場均一性への要求が少ないからである。

30

【0036】

図2を参照しながら、内在的な第1の磁場不均一性を補償するために、図1または図4乃至9に示されているMR装置がどのように動作するかを説明する。図2にはグラジエントエコーシーケンスが示されている。知られているように、グラジエントエコーシーケンスの場合には、パルス22がスライス選択傾斜磁場23の印加中に照射される。信号読み出しのために、読み出し傾斜磁場24が印加される。

【0037】

印加される公知の傾斜磁場に加えて、同様にパルス化された補償傾斜磁場25が印加され、この補償傾斜磁場は G_H またはハイパーグラジエントと呼ばれている。グラジエントエコーシーケンスの図示の実施例では、パルス22が照射される期間に対応する補償期間27の間に、この補償傾斜磁場25が印加される。この補償傾斜磁場25の印加によって、例えば規定されたスライス形状のスピンを選択することができる。何故ならば、補償傾斜磁場25の印加によって、照射されたパルスのバンド幅によって規定されたスライス形状内のスピンの励起されるように、 B_0 磁場が均一化され、従ってラーモア周波数が均一化されるからである。傾斜磁場(G_H)25は、線形傾斜磁場成分のほかに高次傾斜磁場成分を有する関数の線形結合として記述することができる。同様に、その関数を一般に級数展開としてまたは n 次多項式として記述することができ、その際に各次数および方向について、個々の次数の重み付けのための係数が使用される。例えば、次数 x, y, z

40

50

、 z^2 、 zx 、 zy 、 $x^2 - y^2$ 、 xy 、 z^2x 、 z^2y 、 x^3 、 y^3 に関する12個の係数を使用することができる。

【表1】

1	m	次数	$fm^1(x, y, z)$
1	0	Z	z
1	1	X	x
1	-1	Y	y
2	0	Z^2	$z^2 - (x^2 + y^2) / 2$
2	1	ZX	zx
2	-1	ZY	zy
2	2	$X^2 - Y^2$	$x^2 - y^2$
2	-2	XY	2xy
3	1	Z^2X	$z^2x - x(x^2 + y^2) / 2$
3	-1	Z^2Y	$z^2y - y(x^2 + y^2) / 4$
3	3	X^3	$3x^3 - 3xy^2$
3	-3	Y^3	$3x^2y - y^3$

10

20

【0038】

傾斜磁場コイルは、主として、それぞれこれらの係数の1つに、つまりこれらの次数の1つに影響を与えるように、即ちこれらの係数に対応する磁場乱れを補償するように構成することができる。

【0039】

この線形結合により磁場分布を算出することができ、この磁場分布は、補償傾斜磁場の印加によって磁場不均一性が低減され、理想的な場合には消滅するように算出される。MR装置は、例えば初めに、内在的な第1の磁場不均一性の空間依存性を示すB0磁場マップを算出するか、またはそのB0磁場マップがMR装置に明確に記憶されるとよい。これは、被検者が磁石内にあって、従って検査対象に起因する歪みが考慮されている場合にも算出することができる。傾斜磁場ユニット16は、傾斜磁場コイルにより生成される空間依存性の補償傾斜磁場を算出することができる。

30

【0040】

図2に示されている全ての傾斜磁場は、線形傾斜磁場と高次傾斜磁場との線形結合によって決定することができる。スライス選択傾斜磁場23も、線形傾斜磁場を発生するだけでなく、高次傾斜磁場波形も発生する傾斜磁場である。それによって被検者内においても任意のスライス形状を励起させることができる。これは読み出し傾斜磁場24にも当てはまる。非線形読み出し傾斜磁場の使用によって、本発明によるMR装置を所謂0空間技術と組み合わせることができる。この0空間技術では、空間的な信号エンコーディングが並列撮像技術により行われ、この並列撮像技術では傾斜磁場コイルが例えば付加的な Z^2 巻線を有する。本発明において、この Z^2 傾斜磁場は、内在的な第1の磁場不均一性の Gz^2 部分であってよい。更に、MR装置を零空間技術と組み合わせることができる。使用される複数の受信コイルの感度および傾斜磁場は、国際公開第2011/087847号に記載されているように算出され、空間的な信号エンコーディングは2次および3次の非線形読み出し傾斜磁場により上記の表に記載されているように算出される。

40

【0041】

図3には、スピンエコーの場合の補償傾斜磁場を用いた傾斜磁場印加が示されている。

50

知られているように90°励起パルス31および180°リフォーカスパルス32が被検者内に照射される。スライス選択傾斜磁場33および34が時間的に図示のとおり印加される。同様に読み出し傾斜磁場35, 36が印加される。付加的に、図3に示すように、補償傾斜磁場37および38が、補償期間43もしくは44の間、高周波パルス31および32の照射とほぼ同時に印加される。これらの傾斜磁場37および38は、高周波パルスの照射時にスピンの予め規定されたジオメトリの励起を可能にするために必要である均一磁場分布を生成する。スピンエコー39は、通常の如く、読み出し傾斜磁場36の期間中に読み出される。

【0042】

図2および図3に示された例では、補償傾斜磁場が高周波パルスの照射期間中にのみ印加される。しかし、例えば高周波パルスの照射と信号読み出しとの間に遅れ時間が望まれる場合には、高周波パルスを照射することなしに、補償傾斜磁場を印加することも可能である。

10

【0043】

図2および図3に示されているように、常に、スライス選択傾斜磁場またはパルス状の補償傾斜磁場が印加されていることが好ましい。これは、生じる横磁化が磁場不均一性に基いてほんの少ししか減少しないという利点を有する。

【0044】

イメージングシーケンスの期間として、MR画像を生成するために必要な時間、即ち所望の分解能を有するMR画像を生成するために十分に生データ空間を走査し終えるまでの時間が定められる。

20

【0045】

図2および図3における個々の傾斜磁場は、例えば次の式によって算出することができる。

【数1】

$$\begin{aligned} G_{SS} &= k_{SS,1}G_X + k_{SS,2}G_Y + k_{SS,3}G_Z + k_{SS,4}G_{Z^2} + k_{SS,5}G_{ZX} + k_{SS,6}G_{ZY} + k_{SS,7}G_{X^2-Y^2} + k_{SS,8}G_{XY} + \dots \\ G_{RO} &= k_{RO,1}G_X + k_{RO,2}G_Y + k_{RO,3}G_Z + k_{RO,4}G_{Z^2} + k_{RO,5}G_{ZX} + k_{RO,6}G_{ZY} + k_{RO,7}G_{X^2-Y^2} + k_{RO,8}G_{XY} + \dots \\ G_H &= k_{H,1}G_X + k_{H,2}G_Y + k_{H,3}G_Z + k_{H,4}G_{Z^2} + k_{H,5}G_{ZX} + k_{H,6}G_{ZY} + k_{H,7}G_{X^2-Y^2} + k_{H,8}G_{XY} + \dots \end{aligned} \quad (1)$$

30

【0046】

ここで傾斜磁場の幾つかが図2および図3に示すように同時に印加される場合には、各個別の傾斜磁場コイルについての式(1)の重み係数が算術加算され、各関数について最終の重み値を生じ、その最終の重み値が、所望の傾斜磁場を生成するために傾斜磁場コイルの該当巻線において必要である電流強度を算出するために使用される。

【0047】

勿論、本発明は、グラジエントエコーシーケンスおよびスピンエコーシーケンスのようなイメージングシーケンスに限定されず、むしろ全ての他の公知のイメージングシーケンスを使用することができる。この場合に補償傾斜磁場は、ここでもほかの傾斜磁場と同様に高周波パルスの照射期間に短期間印加されてよいし、あるいは磁化反転時に反転と信号読み出しとの間に遅れ時間が望まれるような場合には単独で印加されてもよい。

40

【0048】

図5は本発明による他の実施形態を示す。図5に示す実施形態は図4に示した実施形態に類似し、同じ構成要素には同じ参照符号が付されている。図示から分かるように、図5の実施形態では、2つの部分から構成されている傾斜磁場コイル50が使用されている。これは被検者のための撮像視野の更に別の開口を可能にする。2つに分割されたコイルによって、放射線治療装置のような他の治療装置または外科用器具を被検者に配置することもできる。

【0049】

50

図6は、またしても、例えば小型の傾斜磁場コイル61が使用される実施形態を示し、この小型の傾斜磁場コイル61は例えば頭部測定に使用することができる。全身傾斜磁場コイルは必要でなく、検査範囲用に作られた多数の小型のコイルを使用することができる。このコイル61は、更に高周波パルス照射のために組み込まれた高周波コイル装置を有する。

【0050】

図7は、本発明による他の実施形態を示し、この実施形態では、分極磁場 B_0 の方向において磁石構造形態が他の実施形態に比べて短く構成されている。磁場は、例えば遮蔽コイル要素72の使用により4つのコイル要素71によって生成される。この磁石構造形態は、図5の2分割の傾斜磁場コイル50と組み合わせることができる。短い構造形態によ

10

【0051】

図8に示す実施形態では、図7の磁石構造形態と図6の傾斜磁場コイル61とが組み合わされている。例えば頭部における撮像のみが重要である場合には、傾斜磁場コイル61は、送信コイルおよび受信コイルとしても利用される組み込みコイルであるとよい。図8において認識できるように、この種のMR装置の場合には磁石内に大きな提供空間が存在する。何故ならば、コイルユニット61のみが設けられ、しかしそれ以外には窮屈感を起こさせる幾何学的な制限が全くないからである。

20

【0052】

図9には、超電導磁石ではなくて所謂Cアーム磁石であるMR装置の磁石が概略的に示されている。このCアーム磁石では、分極磁場 B_0 が両磁極片91および92によって生成される。図示の実施形態では、 B_0 磁場が上記の表の Z^2 不均一性によって記述できる空間的分布を有する強い不均一性を持つ。本発明によれば、この不均一性を全身傾斜磁場コイル93によって補償することができ、この全身傾斜磁場コイル93は補償傾斜磁場としてこの Z^2 傾斜磁場波形を補償する。

【0053】

要約すると、本発明は、ミリテスラ範囲、例えば ± 25 ミリテスラ以上の範囲にある大きさの B_0 磁場不均一性を補正することを可能にする。しかし、可変電流が流れるこれらのコイルはイメージングシーケンスの期間にわたって一定でない。この磁場均一化は、補償傾斜磁場を発生する超電導でないコイル中の電流によって行われる。これらの電流は、空間エンコーディングに使用される電流と同様に、測定シーケンスの際に変動する。スピンドィフェージングを最小限にするために、傾斜磁場が印加されない期間、即ち第1の傾斜磁場かまたは補償傾斜磁場かのどちらかが印加されない期間が回避されるように、イメージングシーケンスを確定するとよい。

30

【0054】

更に、均一なフリップ角分布、または定められた励起プロフィール(励起形状)、または例えば選択スライス形状を得るために、複数の照射チャネルを使用するとよい。

【0055】

付加的に、所謂チャープ変調された高周波パルスを使用するとよい。第1の磁場不均一性の補償が、測定視野にわたり、例えば5~10ppmの如き範囲に達しない場合には、狭幅の高周波パルスの代わりに広幅の高周波パルスを使用するとよい。この高周波パルスはチャープ変調された高周波パルスであるとよい。

40

【符号の説明】

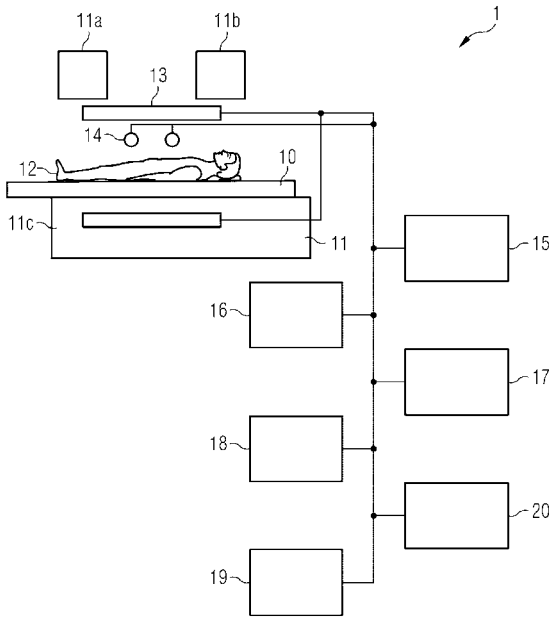
【0056】

- | | |
|----------|------------|
| 1 | MR装置 |
| 10 | 被検者テーブル |
| 11 | 磁石 |
| 11a, 11b | 磁石の分離された部分 |

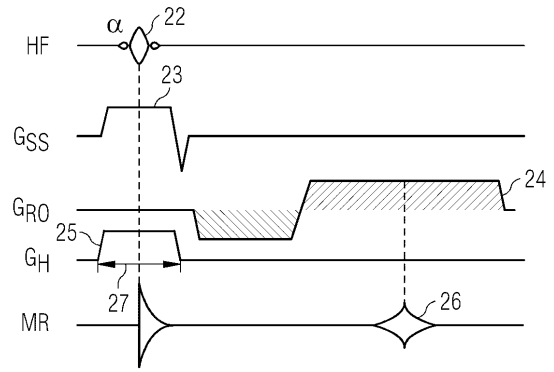
50

1 1 c	磁石の下側部分	
1 2	被検者	
1 3	傾斜磁場コイル	
1 4	受信コイル	
1 5	高周波ユニット	
1 6	傾斜磁場ユニット	
1 7	画像シーケンス制御部	
1 8	入力ユニット	
1 9	表示ユニット	
2 0	記憶ユニット	10
2 1	測定視野	
2 2	パルス	
2 3	スライス選択傾斜磁場	
2 4	読み出し傾斜磁場	
2 5	補償傾斜磁場	
2 7	補償期間	
3 1	90°励起パルス	
3 2	180°リフォーカスパルス	
3 3 , 3 4	スライス選択傾斜磁場	
3 5 , 3 6	読み出し傾斜磁場	20
3 7 , 3 8	補償傾斜磁場	
3 9	スピンエコー	
4 0	主巻線	
4 1	遮蔽巻線	
4 2	真空領域	
4 3 , 4 4	補償期間	
5 0	傾斜磁場コイル	
6 1	傾斜磁場コイル	
7 1	遮蔽コイル要素	
7 2	コイル要素	30
9 1 , 9 2	磁極片	
9 3	全身傾斜磁場コイル	

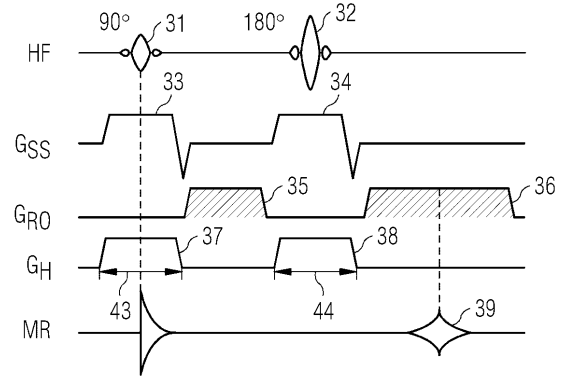
【図 1】



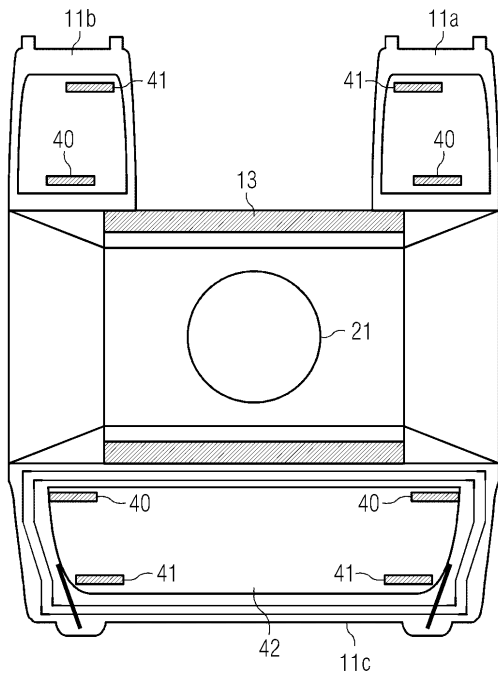
【図 2】



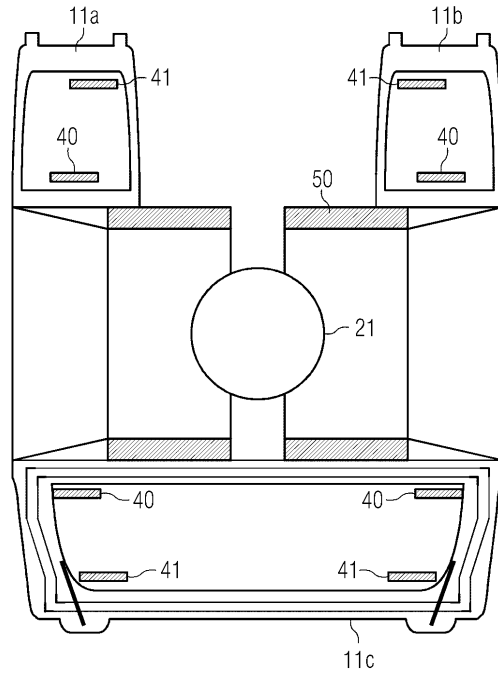
【図 3】



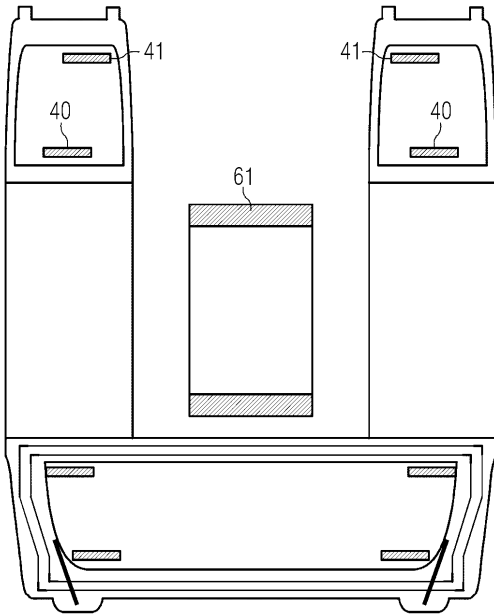
【図 4】



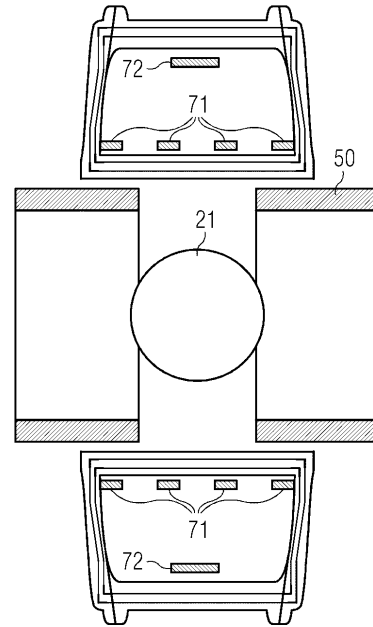
【図 5】



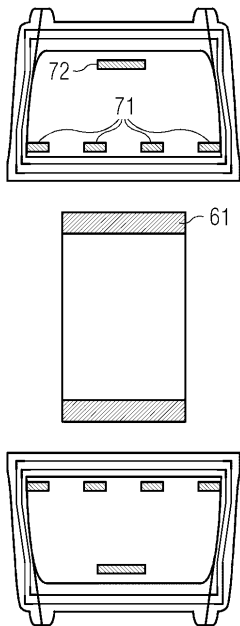
【 図 6 】



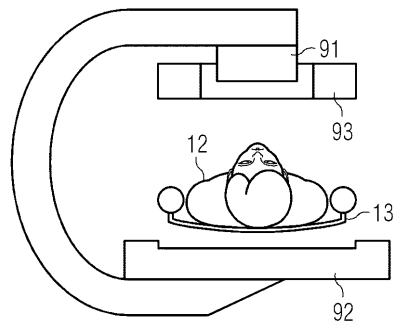
【 図 7 】



【 図 8 】



【 図 9 】



フロントページの続き

(72)発明者 シュテファン ポベスク

ドイツ連邦共和国 9 1 0 5 6 エアランゲン アルブレヒト - デュラー - シュトラッセ 1 9

Fターム(参考) 4C096 AB18 AB42 AB47 AC01 AD09 BA05 BA06 CA02 CA05 CA15

CA16 CA17 CA18 CB20