

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第5238689号

(P5238689)

(45) 発行日 平成25年7月17日 (2013. 7. 17)

(24) 登録日 平成25年4月5日 (2013. 4. 5)

(51) Int. Cl.

F I

A 6 1 B 5/055 (2006. 01)

A 6 1 B 5/05 3 5 1

G O 1 R 33/36 (2006. 01)

G O 1 N 24/04 5 3 O B

請求項の数 22 (全 16 頁)

(21) 出願番号 特願2009-506677 (P2009-506677)
 (86) (22) 出願日 平成19年4月3日 (2007. 4. 3)
 (65) 公表番号 特表2009-534118 (P2009-534118A)
 (43) 公表日 平成21年9月24日 (2009. 9. 24)
 (86) 国際出願番号 PCT/US2007/065844
 (87) 国際公開番号 W02007/124246
 (87) 国際公開日 平成19年11月1日 (2007. 11. 1)
 審査請求日 平成22年4月2日 (2010. 4. 2)
 (31) 優先権主張番号 60/745, 305
 (32) 優先日 平成18年4月21日 (2006. 4. 21)
 (33) 優先権主張国 米国 (US)

(73) 特許権者 590000248
 コーニンクレッカ フィリップス エレク
 トロニクス エヌ ヴィ
 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
 (74) 代理人 100087789
 弁理士 津軽 進
 (74) 代理人 100114753
 弁理士 宮崎 昭彦
 (74) 代理人 100122769
 弁理士 笛田 秀仙

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 Iチャネルリニア、Qチャネルリニア、直交及び反直交モード間をスイッチングする高速コイルモードを伴う磁気共鳴

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

Iチャネル入力ポートとQチャネル入力ポートとを有する直交コイルを駆動するために無線周波数駆動信号を前記直交コイルと動作可能に結合するように構成されたハイブリッド回路構成体であって、

前記無線周波数駆動信号を、Iチャネル用及びQチャネル用の2つの成分駆動信号に分割するハイブリッド回路と、

前記直交コイルを駆動するために、前記2つの成分駆動信号の一方又は両方を選択的に前記直交コイルと結合させる複数のスイッチを含む付加の回路と、

を有し、

前記スイッチは、(i) 前記Qチャネル入力ポートを駆動することなく前記Iチャネル入力ポートが駆動されるリニアIチャネルモード、(i i) 前記Iチャネル入力ポートを駆動することなく前記Qチャネル入力ポートが駆動されるリニアQチャネルモード、(i i i) 前記Iチャネル入力ポート及び前記Qチャネル入力ポートの両方が選択された正の位相差を伴って駆動される直交モード及び(i v) 前記Iチャネル入力ポート及び前記Qチャネル入力ポートの両方が選択された負の位相差を伴って駆動される反直交モードよりなる群から選択された少なくとも2つのコイルモードの間を高速に切り替えて前記直交コイルを駆動するように動作し、

前記選択される少なくとも2つのコイルモードは、当該少なくとも2つのコイルモードで生成されるB₁場分布が時間平均化されるように、その組み合わせ及び各コイルモード

の持続時間が選択される、当該ハイブリッド回路構成体。

【請求項 2】

前記正及び負の選択された位相差は、それぞれ $+90^\circ$ 及び -90° である請求項 1 記載のハイブリッド回路構成体。

【請求項 3】

前記少なくとも 2 つのコイルモードは、前記 4 つのコイルモード (i)、(ii)、(iii) 及び (iv) 全てを含む請求項 2 記載のハイブリッド回路構成体。

【請求項 4】

前記スイッチは、無線周波励起パルスの時間的变化の形成がコイル装荷を補償することを可能にするようにサブミリ秒の切り替え速度でコイルモード間を切り換え可能である請求項 1 記載のハイブリッド回路構成体。

【請求項 5】

第 1 の予め設定された倍率により前記 I チャンネル入力ポートの駆動をスケール変更し、第 2 の予め設定された倍率により前記 Q チャンネル入力ポートの駆動をスケール変更する請求項 1 記載のハイブリッド回路構成体。

【請求項 6】

前記第 1 の予め設定された倍率は、前記第 2 の予め設定された倍率に等しい請求項 5 記載のハイブリッド回路構成体。

【請求項 7】

請求項 1 の前記ハイブリッド回路構成体に関連してなされる方法であって、
被検体による前記直交コイルの B_1 不均一性を補償する無線周波励起を引き起こす前記少なくとも 2 つのコイルモードの時間シーケンスを決定することと、
前記直交コイルを用いて前記被検体における磁気共鳴を励起することと
を有し、前記励起は、前記少なくとも 2 つのコイルモードの決定された前記時間シーケンスに従って前記ハイブリッド回路構成体を動作させることを含む
当該方法。

【請求項 8】

前記直交コイルは、直交型のボディコイル及び直交型のヘッドコイルのうちの 1 つである請求項 7 記載の方法。

【請求項 9】

少なくとも走査領域において静磁場を発生させる主磁石と、
前記走査領域と結合される直交コイルであって、I チャンネル入力ポート及び Q チャンネル入力ポートを有する当該直交コイルと、
ほぼ磁気共鳴周波数において無線周波数駆動信号を生成するように構成された無線周波数増幅器と、

前記無線周波数駆動信号を、I チャンネル用及び Q チャンネル用の 2 つの成分駆動信号に分割する回路と、前記直交コイルを駆動するために、前記 2 つの成分駆動信号の一方又は両方を選択的に前記直交コイルと結合させる複数のスイッチを有する追加の回路構成体と、を含むハイブリッド回路構成体であって、前記スイッチは、(i) 前記 Q チャンネル入力ポートを駆動することなく前記 I チャンネル入力ポートが駆動されるリニア I チャンネルモード、(ii) 前記 I チャンネル入力ポートを駆動することなく前記 Q チャンネル入力ポートが駆動されるリニア Q チャンネルモード、(iii) 前記 I チャンネル入力ポート及び前記 Q チャンネル入力ポートの両方が選択された正の位相差を伴って駆動される直交モード及び (iv) 前記 I チャンネル入力ポート及び前記 Q チャンネル入力ポートの両方が選択された負の位相差を伴って駆動される反直交モードよりなる群から選択された少なくとも 2 つのコイルモードの間を高速に切り替えて前記直交コイルを駆動するために前記成分駆動信号を前記直交コイルと動作可能に結合するハイブリッド回路構成体と

を有し、前記選択される少なくとも 2 つのコイルモードは、当該少なくとも 2 つのコイルモードで生成される B_1 場分布が時間平均化されるように、その組み合わせ及び各コイルモードの持続時間が選択される、磁気共鳴断層撮影装置。

【請求項 10】

前記直交コイルは、直交型のボディコイル及び直交型のヘッドコイルのうちの1つである請求項9記載の磁気共鳴断層撮影装置。

【請求項 11】

前記少なくとも2つのコイルモードは、前記4つのコイルモード(i)、(ii)、(iii)及び(iv)全てを含む請求項9記載の磁気共鳴断層撮影装置。

【請求項 12】

前記選択された正の位相差は $+90^\circ$ であり、前記選択された負の位相差は -90° である請求項9記載の磁気共鳴断層撮影装置。

【請求項 13】

前記分割する回路が、前記無線周波数駆動信号をそれらの間に 90° の位相差を伴う前記2つの成分駆動信号に分割する、請求項12記載の磁気共鳴断層撮影装置。

【請求項 14】

前記追加の回路構成体は、1つ又はそれ以上の位相シフタを追加として含む請求項13記載の磁気共鳴断層撮影装置。

【請求項 15】

磁気共鳴励起中に対応する B_1 不均一性を補正するために前記ハイブリッド回路構成体により実行可能なスイッチ設定シーケンスを生成するスイッチ設定シーケンス発生器を更に含む請求項9記載の磁気共鳴断層撮影装置。

【請求項 16】

前記スイッチ設定シーケンス発生器は、対応する B_1 不均一性を補正するために前記ハイブリッド回路構成体に関するスイッチ設定シーケンスを指定するローディングルックアップテーブルを含む請求項15記載の磁気共鳴断層撮影装置。

【請求項 17】

I及びQチャンネル入力ポートを有する直交コイルを用いて磁気共鳴を励起する方法であって、

無線周波数駆動信号をIチャンネル用及びQチャンネル用の2つの駆動信号成分に分割することと、

機能する駆動信号成分を生成するように前記駆動信号成分の少なくとも1つを選択的に変更することであって、(i) 90° の正又は負の倍数だけ前記駆動信号成分の少なくとも1つを位相シフトさせること及び(ii) 前記駆動信号成分の1つを終端することの少なくとも1つを含む当該変更することと、

磁気共鳴を励起するために前記機能する駆動信号成分を前記直交コイルの前記Iチャンネル及びQチャンネル入力ポートに与えることと

を有し、(i) 前記Qチャンネル入力ポートを駆動することなく前記Iチャンネル入力ポートが駆動されるリニアIチャンネルモード、(ii) 前記Iチャンネル入力ポートを駆動することなく前記Qチャンネル入力ポートが駆動されるリニアQチャンネルモード、(iii) 前記Iチャンネル入力ポート及び前記Qチャンネル入力ポートの両方が選択された正の位相差を伴って駆動される直交モード及び(iv) 前記Iチャンネル入力ポート及び前記Qチャンネル入力ポートの両方が選択された負の位相差を伴って駆動される反直交モードよりなる群から選択された少なくとも2つのコイルモードの間が高速に切り替えられて前記直交コイルが駆動され、

前記選択される少なくとも2つのコイルモードは、当該少なくとも2つのコイルモードで生成される B_1 場分布が時間平均化されるように、その組み合わせ及び各コイルモードの持続時間が選択される、当該方法。

【請求項 18】

被検体による前記直交コイルの装荷を補償するように構成される時間的に変化するスイッチ設定シーケンスを決定することと、

前記直交コイルを用いて前記被検体における磁気共鳴を励起するように決定された前記時間的に変化するスイッチ設定シーケンスに従って選択的な変更及び適用を行うことと

10

20

30

40

50

を更に含む請求項 17 記載の方法。

【請求項 19】

磁気共鳴を励起するために I 及び Q チャネル入力ポートを有する直交コイルを動作させる際に用いるための装置であって、

無線周波駆動信号を I チャネル用及び Q チャネル用の 2 つの駆動信号成分に分割するように構成された回路と、

2 つ又はそれ以上のコイル動作モードの 1 つを生成するために前記駆動信号成分を選択的に変更するための複数のスイッチを有する追加の回路構成体と

を有し、前記スイッチは、(i) 前記 Q チャネル入力ポートを駆動することなく前記 I チャネル入力ポートが駆動されるリニア I チャネルモード、(i i) 前記 I チャネル入力ポートを駆動することなく前記 Q チャネル入力ポートが駆動されるリニア Q チャネルモード、(i i i) 前記 I チャネル入力ポート及び前記 Q チャネル入力ポートの両方が選択された正の位相差を伴って駆動される直交モード及び (i v) 前記 I チャネル入力ポート及び前記 Q チャネル入力ポートの両方が選択された負の位相差を伴って駆動される反直交モードよりなる群から選択された少なくとも 2 つのコイルモードの間を高速に切り替えて前記直交コイルを駆動するように動作し、

前記選択される少なくとも 2 つのコイルモードは、当該少なくとも 2 つのコイルモードで生成される B₁ 場分布が時間平均化されるように、その組み合わせ及び各コイルモードの持続時間が選択される、当該装置。

【請求項 20】

前記追加の回路構成体は、

90°の正又は負の倍数だけ前記駆動信号成分の 1 つを位相シフトさせる位相シフトと

前記駆動信号成分の 1 つを選択的に終端する切り換え可能なインピーダンスと

を含む請求項 19 記載の装置。

【請求項 21】

前記位相シフトは、少なくとも 1 つの位相シフトが前記 2 つの駆動信号成分のそれぞれに関して選択的に動作する状態で少なくとも 2 つの位相シフトを含むとともに、前記切り換え可能なインピーダンスは、1 つの切り換え可能なインピーダンスが前記 2 つの駆動信号成分のそれぞれを選択的に終端する状態で 2 つの切り換え可能なインピーダンスを含む請求項 20 記載の装置。

【請求項 22】

前記回路は、前記無線周波数駆動信号をそれらの間に 90°の位相シフトを伴う I 及び Q 駆動信号成分に分割するように構成されたハイブリッド回路を含む請求項 19 記載の装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本出願は、磁気共鳴技術に関する。本出願は、磁気共鳴映像法に関して特定のアプリケーションを用いて説明される。しかしながら、本出願は、概して、磁気共鳴映像法、磁気共鳴分光法等を含む磁気共鳴プロセスにおけるより広いアプリケーションを見いだす。

【背景技術】

【0002】

直交型のボディコイルは、映像化被検者の胴部、脚部又は他の部分のような対象である大きな領域と結合する効率的な無線周波数 (radio frequency) を与えるために、磁気共鳴断層撮影装置 (magnetic resonance scanner) において一般的に用いられている。直交型のボディコイルは、典型的には、該して円筒形状であり、放射状の対称性を有している。例は、直交型のバードケージボディコイル及び直交型の TEM (transverse-electromagnetic) ボディコイルを含んでいる。上記直交型のボディコイルは、磁気共鳴を励起する回転 B₁ 磁場を生成するために 90°の位相差で無線周波数エネルギーにより駆動される

I 及び Q チャネル入力ポートを含んでいる。駆動回路構成体 (circuitry) は、典型的には、ハイブリッド回路 (circuit) により I チャネル及び Q チャネル用の 2 つの成分にそれぞれ分割される駆動信号を生成する単一の無線周波数増幅器を含んでいる。上記ハイブリッド回路は、また、Q チャネル用の上記成分を 90° 位相シフトする。

【0003】

上記直交型のボディコイルの放射状の対称性は、大きな体積 (volume) にわたってほぼ均一な B_1 磁場をもたらすように構成され得るので、従来よりかなり有利な点と考えられている。しかしながら、コイルがロードされると、入力無線周波数エネルギーの (人間が画像化被検体の場合には、組織、骨、血液等のような) 画像化被検体の誘電体との相互作用は、スライス又は他の画像化領域全体にわたっての大きな B_1 磁場の不均一性を引き起こし得る。これは、コイル装荷 (coil loading) と呼ばれ、画像化被検体の非対称性が大きくなるに従って (例えば、「肩幅の広い」又はそうでなければ非対称な画像化被験者の場合) 及び静 (すなわち B_0) 磁場の強度が増大するに従って、ますます問題になっている。そのため、商用の磁気共鳴断層撮影装置が低い磁場 (例えば、0.23 テスラ、1.5 テスラ) から累進的に高い静磁場 (例えば、3 テスラ、7 テスラ等) に進歩しているので、 B_1 不均一性がますます問題になっている。

【0004】

直交型のボディコイルの B_1 不均一性に対処するために種々の手法が用いられている。しかしながら、これらの手法のそれぞれは、何らかの欠点を有している。

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

幾つかの手法では、局所送信コイル又はコイルアレイが磁気共鳴の励起のために用いられている。これらの手法は、磁気共鳴の励起を引き起こす際に直交型のボディコイルを不用し、これは、(大きな体積の励起、固定物として又はスライド自在に挿入可能な環状の巻型に取り付けられる内腔部における簡便な取付け、明確なロードされていない B_1 磁場分布、回転 B_1 磁場等のような) 直交型のボディコイルを普及させてきた利点が失われることを意味する。

【0006】

他の手法では、2 つの別個の無線周波数増幅器が、I チャネル及び Q チャネル入力ポートを駆動するために用いられている。幾つかの異なる手法では、直交型のボディコイルのリング又はロッドが、縮退するように構成され、異なる無線周波数増幅器により別々に又はグループで駆動される。これらの手法は、 B_1 磁場分布のかなり正確な調整 (tailoring) を可能にするが、追加の無線周波数増幅器の費用の負担がある。既存の磁気共鳴断層撮影装置は、典型的には単一の無線周波数増幅器を含んでいるので、他の増幅器又は増幅器群の追加及び付随する無線周波ケーブルの布線は、かなりの後付けの費用及び複雑さを意味する。

【課題を解決するための手段】

【0007】

1 つの観点によれば、ハイブリッド構成体が、I チャネル入力ポートと Q チャネル入力ポートとを有する直交コイルを駆動するために無線周波数駆動信号を上記直交コイルと動作可能に結合するように構成される。このハイブリッド構成体は、(i) 上記 Q チャネル入力ポートを駆動することなく上記 I チャネル入力ポートが駆動されるリニア I チャネルモード、(i i) 上記 I チャネル入力ポートを駆動することなく上記 Q チャネル入力ポートが駆動されるリニア Q チャネルモード、(i i i) 上記 I チャネル入力ポート及び上記 Q チャネル入力ポートの両方が選択された正の位相差を伴って駆動される直交モード及び (i v) 上記 I チャネル入力ポート及び上記 Q チャネル入力ポートの両方が選択された負の位相差を伴って駆動される反直交モードよりなる群から選択された少なくとも 2 つのコイルモードの 1 つにおいて構成可能である。

【0008】

他の観点によれば、先の段落のハイブリッド回路構成体に関連してなされる方法が開示される。被検体による上記直交コイルの B_1 不均一性を補償する無線周波励起を引き起こす前記少なくとも2つのコイルモードの時間シーケンスが決定される。上記直交コイルを用いて上記被検体における磁気共鳴が励起される。上記励起は、上記少なくとも2つのコイルモードの決定された上記時間シーケンスに従って上記ハイブリッド回路構成体を動作させることを含んでいる。

【0009】

他の観点によれば、磁気共鳴断層撮影装置が開示される。主磁石が少なくとも走査領域において静磁場を発生させる。直交コイルが上記走査領域と結合される。この直交コイルは、Iチャネル入力ポート及びQチャネル入力ポートを有している。無線周波数増幅器は、ほぼ磁気共鳴周波数において無線周波数駆動信号を生成するように構成されている。ハイブリッド回路構成体は、(i) 上記Qチャネル入力ポートを駆動することなく上記Iチャネル入力ポートが駆動されるリニアIチャネルモード、(ii) 上記Iチャネル入力ポートを駆動することなく上記Qチャネル入力ポートが駆動されるリニアQチャネルモード、(iii) 上記Iチャネル入力ポート及び上記Qチャネル入力ポートの両方が選択された正の位相差を伴って駆動される直交モード及び(iv) 上記Iチャネル入力ポート及び上記Qチャネル入力ポートの両方が選択された負の位相差を伴って駆動される反直交モードよりなる群から選択された少なくとも2つのコイルモードの選択可能な1つにおいて上記直交コイルを駆動するために上記無線周波数駆動信号を上記直交コイルと動作可能に結合する。

【0010】

他の観点によれば、I及びQチャネル入力ポートを有する直交コイルを用いて磁気共鳴を励起する方法が開示される。無線周波数駆動信号が2つの駆動信号成分に分割される。前記駆動信号成分の少なくとも1つが機能する駆動信号成分を生成するように選択的に変更され、上記選択的に変更することは、(i) 90° の正又は負の倍数だけ上記駆動信号成分の少なくとも1つを位相シフトさせること及び(ii) 上記駆動信号成分の1つを終端することの少なくとも1つを含んでいる。上記機能する駆動信号成分は、磁気共鳴を励起するために上記直交コイルの上記Iチャネル及びQチャネル入力ポートに与えられる。

【0011】

他の観点によれば、磁気共鳴を励起するためにI及びQチャネル入力ポートを有する直交コイルを動作させる際に用いるための装置が開示される。回路は、無線周波数駆動信号を2つの駆動信号成分に分割するように構成される。追加の回路構成体は、2つ又はそれ以上のコイル動作モードの離散的な数のうちの1つを生成するために前記駆動信号成分を選択的に変更するように構成される。

【0012】

1つの利点は、追加の単数又は複数の無線周波数増幅器及び関連する無線周波ケーブルの布線の更なる費用を伴うことなく、直交型のボディコイルの B_1 不均一性を説明するために向上した柔軟性を与えることの中に存在する。

【0013】

他の利点は、既存の磁気共鳴断層撮影装置の簡便かつ効果的な改良を与えることの中に存在する。

【0014】

他の利点は、種々の体形により課される異なる B_1 不均一性を補償するための磁気共鳴断層撮影装置の簡易化された構成の中に存在する。

【0015】

本発明の更に他の利点は、以下の詳細な説明を読んで理解すると、当該分野において通常の技能を持つ者に理解されるであろう。

【発明を実施するための最良の形態】

【0016】

本発明は、種々の構成要素及び構成要素の取合わせ並びに種々のステップ及びステップ

10

20

30

40

50

の取合わせの形をとり得る。図面は専ら好ましい実施の形態を説明する目的のものであり、本発明を限定するように解釈されるべきではない。

【0017】

図1を参照すると、磁気共鳴断層撮影装置10は、患者16又は他の被検体が少なくとも部分的に載置される断層撮影装置筐体12を含んでいる。ボアタイプの断層撮影装置を参照して説明されるが、上記断層撮影装置は、オープン型の断層撮影装置又は他のタイプの磁気共鳴断層撮影装置でもあり得ることが理解されるべきである。断層撮影装置筐体12の保護用の絶縁ボアライナ18が、内部に被検体16が載置される断層撮影装置筐体12の一般的には円筒形の内腔部又は開口部の内側を任意に覆っている。断層撮影装置筐体12に配された主磁石20は、被検体16の少なくとも一部を含む少なくとも走査領域において静(B_0)磁場を生成するように主磁石コントローラ22により制御される。典型的には、主磁石20は、クライオシュローディング(cryoshrouding)24により囲まれた永続的な超伝導磁石である。幾つかの実施の形態では、主磁石20は、0.23テスラ、1.5テスラ、3テスラ、7テスラ等のような少なくとも約0.2テスラの主磁場を発生させる。選択された傾斜磁場を少なくとも走査領域における主磁場に重畳するために、筐体12内又は筐体12上に傾斜磁場コイル28が設けられている。典型的には、上記傾斜磁場コイルは、x方向の傾斜、y方向の傾斜及びz方向の傾斜のような3つの直交する傾斜磁場を発生させるコイルを含んでいる。

10

【0018】

一般的には円筒形の直交型のボディコイル30は、磁気共鳴断層撮影装置10の内腔部とほぼ同軸上に取り付けられる。幾つかの実施の形態では、直交型のボディコイル30は、断層撮影装置筐体12の内部に取り付けられた常置の固定物である。幾つかの実施の形態では、直交型のボディコイル30は、磁気共鳴断層撮影装置10の内腔部にスライド自在に挿入され得る若しくは磁気共鳴断層撮影装置10の内腔部からスライド可能に取り除かれ得るか、又は、断層撮影装置筐体12の環状のレセプタクルにスライド可能に挿入され得る若しくは断層撮影装置筐体12の環状のレセプタクルからスライド可能に取り除かれ得る誘電性の巻型又は他のホルダに装着される。幾つかの実施の形態では、直交コイル30は、頭部用の直交コイル又は膝用の直交コイルのような局所的な解剖の画像化のための局所的な直交型のボリュームコイルである。幾つかの実施の形態では、直交型のボディコイル30は複数のラングを含む直交型のバードケージコイルであり、上記複数のラングは、上記内腔部の軸と概して平行に配され、2つ又はそれ以上のエンドリング、エンドキャップ若しくは該ラングの両端又はその近傍に配された他の終端構造体により動作可能に相互接続されている。幾つかの実施の形態では、直交型のボディコイル30は複数のロッドを含む直交型のTEMコイルであり、上記複数のロッドは、上記内腔部の軸と概して平行に配され、該ロッドを実質的に囲む概して環状の高周波シールド又はスクリーンにより動作可能に相互接続されている。直交型のボディコイル30は、キャパシタンス、インダクタンス、抵抗、チョーク、抵抗器、リレー又は無線周波数のチューニング、デカップリング、電流の遮蔽若しくは閉じ込め或いは他の機能を与える他の部品を任意に含んでいる。

20

30

【0019】

幾つかの実施の形態では、直交型のボディコイル30は、送信及び受信の両方の機能を果たす。すなわち、直交型のボディコイル30は、被検体16において磁気共鳴を励起するように外部から励磁されるとともに、励起により生成される磁気共鳴信号を受け取るためにも用いられる。幾つかの実施の形態では、直交型のボディコイル30は送信機能を果たし、別個の受信コイル34が励起により生成される磁気共鳴信号を受け取る。上記の必須ではない別個の受信コイル34は、図示されているような表面コイル若しくは表面コイルアレイ、腕用コイル、脚用コイル又は他の局所コイルであり得る。送信機能を果たす直交型のボディコイル30を有するとともに、受信機能を果たす別個の直交型のボディコイル(図示せず)を有することも考えられる。幾つかの実施の形態では、断層撮影装置10は、幾つかの画像化アプリケーションでは直交型のボディコイル30が送信及び受信の両

40

50

方の機能を果たし、他の画像化アプリケーションでは、直交型のボディコイル30が送信機能を果たし、別個の受信コイルが受信機能を果たすように設定可能である。上記の必須ではない別個の受信コイルは、典型的には、該受信コイルの過負荷状態を避けるために送信フェーズの間受信コイルを離調する離調回路を含んでいる。

【0020】

引き続き図1を参照するとともに、更に図2及び図3を参照すると、磁気共鳴分光データの取得中、無線周波数増幅器38は、磁気共鳴周波数付近の無線周波数駆動信号を生成する。この駆動信号はハイブリッド回路構成体40に与えられ、ハイブリッド回路構成体40は、後に直交型のボディコイル30のI及びQチャンネル入力ポート42, 44に供給する。ハイブリッド回路構成体40は、上記無線周波数駆動信号を2つの成分駆動信号に分割し、通常の直交駆動信号成分を生成するように90°のような選択された位相シフトにより分割された上記成分駆動信号の一方の位相をシフトさせる通常のハイブリッド回路46を含んでいる。ハイブリッド回路構成体40は、また、(i) Qチャンネル入力ポート44を駆動することなくIチャンネル入力ポート42が基準位相において駆動されるリニアIチャンネルモード、(ii) Iチャンネル入力ポート42を駆動することなくQチャンネル入力ポート44が選択された位相オフセットを加えた基準位相において駆動されるリニアQチャンネルモード、(iii) Iチャンネル入力ポート42が基準位相において駆動され、Qチャンネル入力ポート44が選択された位相オフセットを加えた基準位相において駆動される直交モード、(iv) Iチャンネル入力ポート42が基準位相において駆動され、Qチャンネル入力ポート44が選択された位相オフセットを引いた基準位相において無線周波数増幅器により駆動される反直交(anti-quadrature)モードのような幾つかの個別のコイル動作モードのうちの選択された1つを実現する駆動信号を生成するためにハイブリッド回路46の出力を任意に変更する追加の回路構成体50を含んでいる。幾つかの実施の形態では、上記選択された位相オフセットは90°である。

【0021】

引き続き図1を参照すると、必要に応じて、傾斜磁場コントローラ54は、磁気共鳴の励起をスラブ又は他の局在化領域に局在化するように傾斜磁場コイル28を動作させる。必要に応じて、傾斜磁場コントローラ54は、1つ又はそれ以上の空間符号化傾斜磁場パルスを与えるように傾斜磁場コイル28を動作させる。

【0022】

図1の実施の形態では、磁気共鳴シーケンスの読取りフェーズの間に磁気共鳴信号を読み取るために、無線周波数レシーバ56が図示されている局所コイル34と動作可能に接続されている。代替として、幾つかの実施の形態では、送信フェーズの間のハイブリッド回路構成体40との直交型ボディコイル30の動作可能な接続と、読取りフェーズの間の無線周波レシーバ56との動作可能な接続とを切り換えるための好適な無線周波回路構成体を与えられた状態で、無線周波レシーバ56は、読取りフェーズの間直交型のボディコイル30のI及びQチャンネル入力ポート42, 44と動作可能に結合される。必要に応じて、傾斜磁場コントローラ54は、磁気共鳴信号の追加の空間符号化(すなわち、読取り符号化)を与えるように読取りフェーズの間傾斜磁場コイル28を動作させる。

【0023】

上記読取りの間に得られる磁気共鳴サンプルは、データバッファ58に記憶される。磁気共鳴データプロセッサ60は、有用な情報を取り出すために得られた磁気共鳴データの処理を行う。画像化アプリケーションにおいて、データプロセッサ60は、高速フーリエ変換又は磁気共鳴データの生成の間に与えられる選択された空間符号化に適合する他の画像再構成アルゴリズムを用いて画像の再構成を適切に行う。分光学的アルゴリズムでは、データプロセッサ60により行われる処理は、例えば、化学シフト及びJカップリングデータを元に戻すためにスペクトル高速フーリエ変換操作を行うことを含み得る。結果として得られる処理データ(例えば、画像、スペクトル等)は、適切に、データ/画像メモリ62に記憶され、ユーザインターフェース64に表示され、印刷され、インターネット若しくはローカルエリアネットワークを通じて伝達され、不揮発性の記憶媒体に記憶される

か、又は、他の方法で用いられる。図1に示されている例の構成では、ユーザインターフェース64は、また、磁気共鳴断層撮影装置10を制御するために放射線科医又は他のオペレータを断層撮影装置コントローラ66と結びつけもする。他の実施の形態では、分離した断層撮影装置制御インターフェースが設けられ得る。

【0024】

図3を参照すると、切り替え可能なハイブリッド回路構成体40は、単一の無線周波数増幅器38によって出力される無線周波数駆動信号70を2つの成分駆動信号72、74（Qチャンネルを駆動するために指定される成分駆動信号74は90°位相シフトされている。）に分割することにより通常の直交駆動信号成分を出力する通常のハイブリッド回路46をベースとしている。追加の回路構成体50は、成分駆動信号72、74を受け取り、図3において「S1」、「S2」、「S3」及び「S4」と示されている4つの高速スイッチの適切な設定により4つのコイル動作モードのうちの1つを選択的に実現する。スイッチ「S1」及び「S3」は、Iチャンネルのために指定された駆動信号72に対して動作し、180°位相シフタの1つ76を選択的に与えるか、又は、Iチャンネル入力ポート42の通常の50オームの入力インピーダンスに対応する図示されている50オームのインピーダンス78、80のような適切なインピーダンスを用いて信号72及びIチャンネル入力ポート42を終端させる。（他のインピーダンスが用いられることが可能であり、典型的には、Iチャンネル入力ポートインピーダンスに対応するように選択される。）スイッチ「S2」及び「S4」は、Qチャンネルのために指定された駆動信号74に対して動作し、180°位相シフタ86、（必要に応じて簡単な有線接続により実現される）0°位相シフタ82の1つを選択的に与えるか、又は、Qチャンネル入力ポート44の通常の50オームの入力インピーダンスに対応する図示されている50オームのインピーダンス88、90のような適切なインピーダンスを用いて信号74及びQチャンネル入力ポート44を終端させる。（他のインピーダンスが用いられることが可能であり、典型的には、Qチャンネル入力ポートインピーダンスに対応するように選択される。）

【0025】

表1に詳述されているように、4つの高速スイッチ「S1」、「S2」、「S3」、「S4」の選択的な動作により、4つの選択可能なコイルのモードのうちの任意の1つが選択され得る。追加の回路構成体50に入力される成分駆動信号72、74は、位相0°（すなわち、基準位相）及び90°をそれぞれ有している。より一般的には、ハイブリッド回路46は、成分駆動信号72の基準位相と成分駆動信号74の位相との選択された位相シフトを与える。表1の位相差は、ハイブリッド回路46が成分駆動信号72の基準位相と成分駆動信号74の位相との間に90°の位相差を与えると仮定している。より一般的には、ハイブリッド回路46が成分駆動信号72の基準位相と成分駆動信号74の位相との間に選択された位相差を与えると、上記直交モードが上記選択された位相差を伴ってIチャンネル入力ポート及びQチャンネル入力ポートの両方を駆動するのに対して、上記反直交モードは180°を引いた上記選択された位相差に等しい位相差を伴ってIチャンネル入力ポート及びQチャンネル入力ポートの両方を駆動する。

【表1】

表1-図3のハイブリッド回路構成体に関するコイル動作モード

モード	S1	S2	S3	S4	Iチャンネルの位相	Qチャンネルの位相	位相差
リニアIチャンネル	180°	50Ω	180°	50Ω	180°	50Ω	---
リニアQチャンネル	50Ω	180°	50Ω	180°	50Ω	270°	---
直交	180°	180°	180°	180°	180°	270°	+90°
反直交	180°	0°	180°	0°	180°	90°	-90°

【0026】

必要に応じて、ハイブリッド回路46は、第1及び第2の選択された倍率だけ成分駆動

信号 7 2, 7 4 をそれぞれスケール変更する。そのようなスケール変更は、例えば、対象物の非等方的な体積、被検体の既知の典型的な非対称性（例えば、水平方向の内腔部の内側の支持部上に位置する被験者は、典型的には、肩のために垂直方向に対して水平方向に沿ってより大きい質量を持つ。）等の理由である。上記第 1 の選択された倍率と第 2 の選択された倍率とが等しい場合、空間的に等方的な B_1 磁場が、コイル装荷の無い状態で上記直交モード及び反直交モードの磁場において生成される。ハイブリッド回路 4 6 において上記第 1 及び第 2 の倍率を実現する代わりに、これらの振幅シフトは追加の回路構成体 5 0 において実現され得る。

【0027】

図 3 の切り替え可能なハイブリッド回路構成体 4 0 は、一例である。2 つ又はそれ以上の選択可能なコイル動作モードを与えるように他の回路が生成され得る。図 3 の切り替え可能なハイブリッド回路構成体 4 0 は、直交型ボディコイルを使用する一般的な通常の無線周波励起システムの構成要素である通常のハイブリッド回路 4 6 を組み込んでいる。従って、そのような既存のシステムは、追加の回路構成体 5 0 を付加することにより、選択可能なリニア I チャンネル、リニア Q チャンネル、直交及び反直交の各コイル動作モードを与えるように容易に改良される。しかしながら、他の実施の形態ではハイブリッド回路 4 6 が既存のハイブリッド回路 4 6 を基礎としていないハイブリッド回路に置き換えられ得ることが理解されるべきである。

【0028】

図 4 を参照すると、例えば、変更された切り換え可能なハイブリッド回路構成体 4 0 ' は、通常のハイブリッド回路 4 6 が成分駆動信号 7 2, 7 4 ' 間に 90° の位相シフトを与えない信号スプリッタ 4 6 ' に置き換えられた（すなわち、成分駆動信号 7 4 ' は成分駆動信号 7 2 と同じ位相を有している。）ことを除き、図 3 のハイブリッド回路構成体 4 0 と同様である。この変化に適応させるために、変更された追加の回路構成体 5 0 ' は、 180° 位相シフタ 7 6 を省き（これを、公称 0° 位相シフトを与える直接的な有線接続に置き換えている）、図 3 の 0° 及び 180° 位相シフタ 8 2, 8 6 を -90° （すなわち 270° ）及び 90° 位相シフタ 8 2', 8 6' と置き換えている。図 4 のハイブリッド回路構成体に関するリニア I チャンネル、リニア Q チャンネル、直交及び反直交コイル動作モードのためのスイッチの設定が表 2 に示されている。

【表 2】

表2-図4のハイブリッド回路構成体に関するコイル動作モード

モード	S1	S2	S3	S4	Iチャンネルの位相	Qチャンネルの位相	位相差
リニア I チャンネル	0°	50Ω	0°	50Ω	0°	50Ω	---
リニア Q チャンネル	50Ω	90°	50Ω	90°	50Ω	90°	---
直交	0°	90°	0°	90°	0°	90°	$+90^\circ$
反直交	0°	-90°	0°	-90°	0°	-90°	-90°

【0029】

図 5 を参照すると、他の例のハイブリッド回路構成体 4 0 " が示されており、このハイブリッド回路構成体 4 0 " は、追加の回路構成体 5 0 が、図 5 では、 0° 位相シフタ 8 2 を省き、3 路スイッチ「S 2」及び「S 4」を 2 路スイッチ「S 2」及び「S 4」に置き換えた追加の回路構成体 5 0 " をもたらすように変更されたことを除き、図 3 のハイブリッド回路構成体 4 0 と同一である。これらの変化の結果は、上記反直交モードを省くことである。すなわち、図 5 のハイブリッド回路構成体 4 0 " の動作は、反直交モードがアクセス可能ではないことを除き、表 1 に記載されている通りである。

【0030】

上記の例のハイブリッド回路構成体 4 0, 4 0', 4 0" は、複数の個別のコイル動作モードを与える開示された切り替え可能なハイブリッド回路構成体を実現するための種々

のやり方が存在することを説明している。これらの例は網羅的ではなく、同一のコイル動作モード、リニア I チャンネル、リニア Q チャンネル、直交及び反直交動作モードのサブセット又は追加の若しくは他のコイル動作モードを与えるために他の回路構成が構築され得る。

【0031】

幾つかの実施の形態では、ハイブリッド回路構成体 40, 40', 40" のスイッチは、例えば、単一の無線周波励起パルス又はパルスパケットの時間枠内において利用可能なコイル動作モードの時間平均化を可能にするために、ミリ秒、サブミリ秒又はより早い範囲において動作する高速スイッチである。幾つかの好適な高速スイッチは、スイッチング FET デバイスのような半導体をベースとする電氣的に活性化されるスイッチである。例えば、それぞれが無線周波数増幅器 38 により出力される選択された無線周波電力又は振幅で動作するリニア I チャンネル、リニア Q チャンネル、直交及び反直交コイル動作モードの好適な時間平均化により、空間的な B_1 不均一性が補償され得る。

【0032】

図 6 を参照すると、 B_1 不均一性の時間平均化補償の原理が説明されている。図 6 は、3 テスラの静 (B_0) 磁場において直交型のボディコイル内に配された楕円形の心臓の模型 (アスペクト比 = $19 \text{ cm} / 35 \text{ cm} = 0.54$ 、長さ = 34 cm 、導電率 = 0.5 S/m 、比誘電率 = 78) のモデリングのためにハイブリッド回路構成体 40 により実現されたリニア I チャンネル、リニア Q チャンネル、直交及び反直交コイル動作モードのそれぞれに関する送信 $|B_1^+|$ 磁場を示している。図 6 の $|B_1^+|$ 磁場のマップ並びに図 7 及び図 8 の変更されたフリップ角の分布では、ほぼ平均の $|B_1^+|$ 磁場 (フリップ角) 強度の領域が白色のグレースケール値で示されているのに対して、低い又は高い $|B_1^+|$ 磁場 (フリップ角) 強度の領域は暗いグレースケール値で示されている。すなわち、かなり均一な領域は白く、不均一性の大きな原因となる領域は暗い。主に心臓の模型における誘電及び渦電流効果のために、上記コイル動作モードのそれぞれに関して大幅な空間的不均一性が見られる。時間平均化された B_1 磁場は、ハイブリッド回路構成体 40, 40', 40" を用いた単一の B_1 パルス又はパルスパケットの生成中に上記コイル動作モードの 2 つ又はそれ以上の間を切り換えることにより生成され得る。ある期間にわたってある B_1 磁場により与えられるフリップ角は

【数 1】

$$\theta = \int_0^{\tau} \gamma |B_1^+| dt \quad (1)$$

(γ は磁気回転比である。) により与えられる。無線周波数増幅器 38 により出力される一定の振幅のために、上記リニア I チャンネルコイル動作モードにより生成されるフリップ角は、 $\gamma |B_1^+|_0 \cdot \tau_0$ ($|B_1^+|_0$ はリニア I チャンネルモードに関する B_1 磁場の分布であり、 τ_0 はリニア I チャンネルモードが与えられる時間である。) として好適に表される。同様に、上記リニア Q チャンネルコイル動作モードにより生成されるフリップ角は、 $\gamma |B_1^+|_{90} \cdot \tau_{90}$ ($|B_1^+|_{90}$ はリニア Q チャンネルモードに関する B_1 磁場の分布であり、 τ_{90} はリニア Q チャンネルモードが与えられる時間である。) として好適に表される。上記直交コイル動作モードにより生成されるフリップ角は、 $\gamma |B_1^+|_q \cdot \tau_q$ ($|B_1^+|_q$ は直交モードに関する B_1 磁場の分布であり、 τ_q は直交モードが与えられる時間である。) として好適に表される。上記反直交コイル動作モードにより生成されるフリップ角は、 $\gamma |B_1^+|_{aq} \cdot \tau_{aq}$ ($|B_1^+|_{aq}$ は反直交モードに関する B_1 磁場の分布であり、 τ_{aq} は反直交モードが与えられる時間である。) として好適に表される。(高速切り換えに関する良好な見積もりであるいかなるスピン緩和も無視する) 上記リニア I チャンネル、リニア Q チャンネル、直交及び反直交コイル動作モードの連続的な時間平均化のための時間平均化出力は、線形結合により与えられる。

$$\theta = \gamma |B_1^+|_{0.} \cdot \tau_{0.} + \gamma |B_1^+|_{9.0.} \cdot \tau_{9.0.} + \gamma |B_1^+|_{q.} \cdot \tau_{q.} + \gamma |B_1^+|_{a.q.} \cdot \tau_{a.q.} \quad (2)$$

実際には、式(2)は、フリップ角 θ の効果的なパルス又はパルスパケットを生成するために図6に示されている4つの B_1 磁場のパターンの時間重み付けされた組み合わせを必要とする。

【0033】

図7を参照すると、フリップ角全体の均一性を改善する1つの手法では、リニアIチャネル及びリニアQチャネルモードが、 $\tau_{0.} = 0.953\tau$ 及び $\tau_{9.0.} = 0.753\tau$ (τ は、所望の無線周波励起パルスの持続時間に達するように選択される倍率である。)の持続時間で連続的に時間平均される。その場合、調整されたフリップ角 $\theta = \gamma |B_1^+|_{0.} \tau_{0.} + \gamma |B_1^+|_{9.0.} \tau_{9.0.}$ は、0.188のユニットレス標準偏差を伴って図7に示されている分布を有する。これは、標準偏差対純粋な直交モードを用いた動作において40%の減少である。

10

【0034】

図8を参照すると、 $\tau_a = 0.492\tau$ 及び $\tau_{a.q.} = 0.815\tau$ で直交及び反直交モードが連続的に時間平均された際の結果が示されている。その場合、調整されたフリップ角 $\theta = \gamma |B_1^+|_{a.} \tau_a + \gamma |B_1^+|_{a.q.} \tau_{a.q.}$ は、0.165のユニットレス標準偏差を伴って図8に示されている分布を有する。これは、標準偏差対純粋な直交モードを用いた動作において47%の減少である。

【0035】

20

図7及び図8の例はそれぞれ、専ら2つのコイル動作モードを組み合わせている。3つ、4つ又はそれ以上の異なるコイル動作モードを組み合わせることにより更なる均一性の改善が見込まれる。

【0036】

再び図1を参照すると、ある被検体の改善された空間的なスピンのフリップ角の均一性を実現するために時間平均化されたモードの適切な組み合わせを決定するため、種々の技術が用いられ得る。一般に、スイッチ設定シーケンス発生器94は、パラメータ $\tau_{0.}$ 、 $\tau_{9.0.}$ 、 τ_a 及び $\tau_{a.q.}$ を時間平均化するパラメータ(又は、コイル動作モードの全てが平均されるべきではない場合にはこれらのパラメータの何らかのサブセット、若しくは上記ハイブリッド回路構成体が他の動作モードを与えるように構成されている場合には同等のパラメータ)を適切に決定する。1つの手法では、スイッチ設定シーケンス発生器94は、種々の異なるサイズ及びアスペクト比のコイル装荷による対応する B_1 不均一性を補正するためにハイブリッド回路構成体40、40'、40"に関するスイッチ設定シーケンスを指定する所定の記憶されたローディングルックアップテーブルである。被検体の磁気共鳴映像のプレスキャンは、画像化対象物のサイズ及びアスペクト比を決定するように行われ、各個別のモードに関する対応するパラメータは、ルックアップテーブルを介して得られる。他の実施の形態では、スイッチ設定シーケンス発生器94は、被検体のプレスキャンから推定される誘電マップ(dielectric map)を用いる均一性のパラメータに対してそれぞれのパラメータ $\tau_{0.}$ 、 $\tau_{9.0.}$ 、 τ_a 及び $\tau_{a.q.}$ を最適化する有限要素シミュレータを含み得る。他の実施の形態では、局所コイル34又は専用プローブと接続されたアナライザ又は磁場センサが、複数のパイロットパルスのそれぞれを用いて得られる実際の B_1 フリップ角を分析又は測定し得る。上記パラメータは、目的とするフリップ角の均一性が実際に達成されるまで動的に又は反復して調整され得る。

30

40

【0037】

上記時間平均化された無線周波励起パルスにおけるリニアIチャネル、リニアQチャネル、直交及び／又は反直交モードの適用の順序付けは、重要ではない。切り替え動作の急激さ(abruptness)に依存して、あるモードから次のモードに徐々に又は滑らかに移行することを可能にするある順序付けを用いる何らかの利点が存在し得る。例えば、表1を参照すると、リニアIチャネル／反直交／直交／リニアQチャネルのモード配列は、各移行に関して4つのスイッチ「S1」、「S2」、「S3」、「S4」のうちの2つのみを変

50

化させることを伴うことが分かり、これは過渡現象を低減する際に有利であり得る。

【0038】

本発明が、好ましい実施の形態を参照して説明された。先の詳細な説明を読んで理解すると、別の物に改良及び変更が行われ得る。本発明は、添付の特許請求の範囲又はそれと同等のものの範囲内で成立する限りにおいて、全てのそのような改良及び変更を含むように構成されることを意図している。

【図面の簡単な説明】

【0039】

【図1】2つ又はそれ以上の異なるモードにおいて直交型のボディコイルを動作させる切り換え可能なハイブリッド回路構成体を含む磁気共鳴断層撮影装置を模式的に示している。

10

【図2】単一の無線周波数増幅器と、切り替え可能なハイブリッド回路構成体と、直交型のボディコイルとを含む図1の断層撮影装置の無線周波励起システムを模式的に示している。

【図3】図1及び図2の切り換え可能なハイブリッド回路構成体の詳細を模式的に示している。

【図4】既存の通常のハイブリッド回路を基礎としていない、異なる切り換え可能なハイブリッド回路を模式的に示している。

【図5】リニアIチャンネル、リニアQチャンネル及び直交モードのみを与える、異なる切り換え可能なハイブリッド回路構成体を模式的に示している。

20

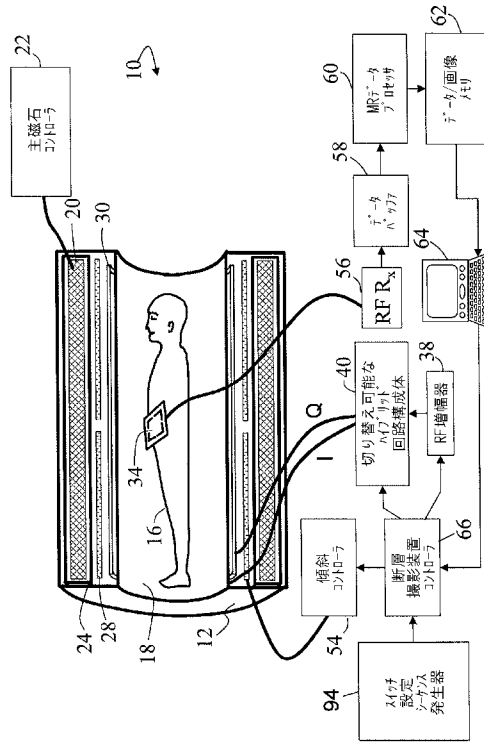
【図6】3テスラの静(B_0)磁場における楕円形の心臓のモデルのモデリングのためにリニアIチャンネル、リニアQチャンネル、直交及び反直交コイル動作モードのそれぞれに関する中心の横送信 $|B_1^+|$ 磁場を示している。

【図7】リニアIチャンネル及びリニアQチャンネルモードがそれぞれ $\tau_{0.} = 0.953\tau$ 及び $\tau_{9.0.} = 0.753\tau$ の持続時間で連続的に時間平均化される、時間平均化された無線周波励起パルスのための楕円形の心臓のモデルに関する中心の横方向の変更されたフリップ角の分布を示している。

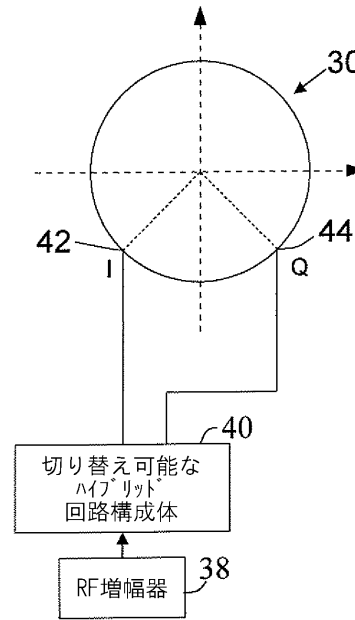
【図8】直交及び反直交モードがそれぞれ $\tau_a = 0.492\tau$ 及び $\tau_{a.q} = 0.815\tau$ の持続時間で連続的に時間平均化される、時間平均化された無線周波励起パルスのための楕円形の心臓のモデルに関する中心の横方向の変更されたフリップ角の分布を示している。

30

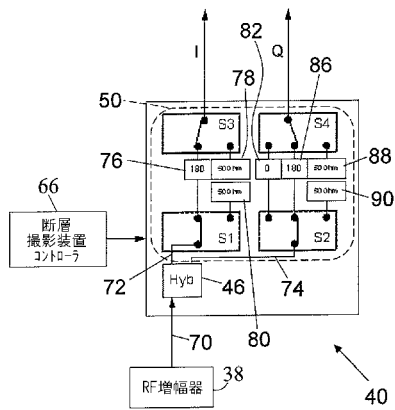
【図 1】



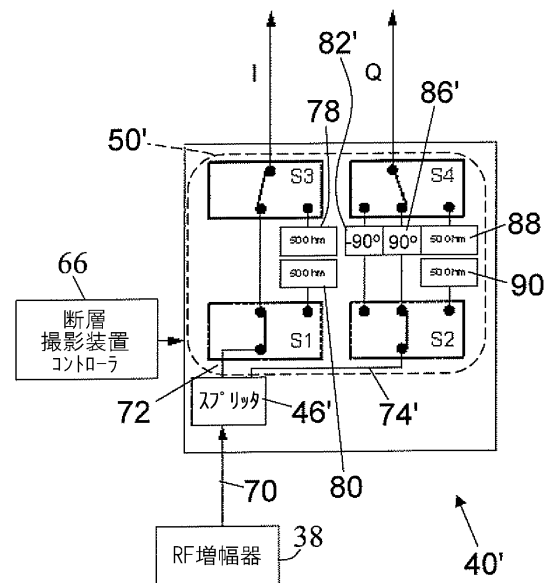
【図 2】



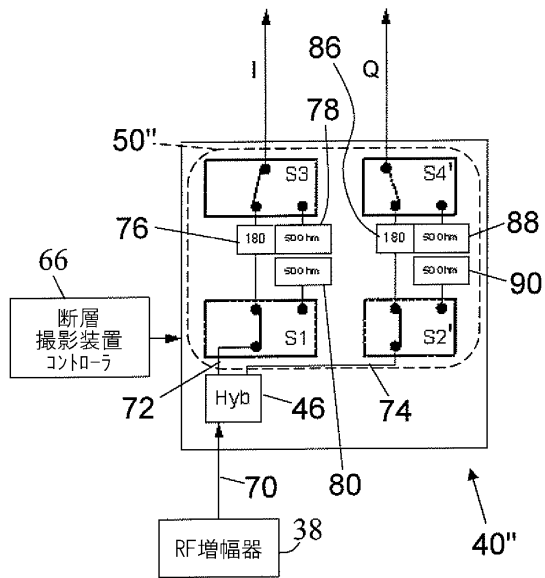
【図 3】



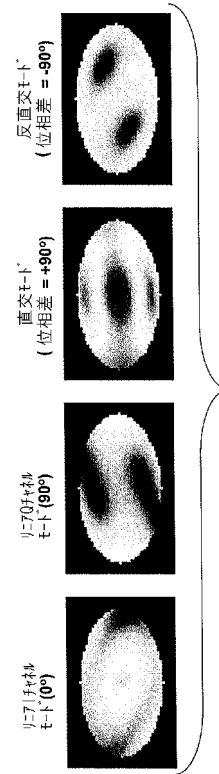
【図 4】



【図 5】



【図 6】



【図 7】



Fig. 7

【図 8】



Fig. 8

フロントページの続き

- (72)発明者 ツァイ ツィヨン
アメリカ合衆国 オハイオ州 44124 メイフィールド ハイツ アpartment 571 6
809 メイフィールド ロード
- (72)発明者 デ ミスター ゴードン ディー
アメリカ合衆国 オハイオ州 44092 ウィックリフ 30175 オーバールック ドライ
ブ
- (72)発明者 モリッチ マイケル エイ
アメリカ合衆国 オハイオ州 44060 メンター 7580 ジェレミー アベニュー
- (72)発明者 ハーフェイ パウル アール
オランダ国 5685 ビー シー ベスト ランドヘーフェル 5

審査官 伊藤 幸仙

- (56)参考文献 米国特許第06975114 (US, B1)
特開2001-346776 (JP, A)
米国特許第7990149 (US, B2)
欧州特許出願公開第2013637 (EP, A1)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
A61B 5/055