

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6033320号
(P6033320)

(45) 発行日 平成28年11月30日(2016.11.30)

(24) 登録日 平成28年11月4日(2016.11.4)

(51) Int.Cl.

A 6 1 B 5/055 (2006.01)

F 1

A 6 1 B 5/05 3 5 1
A 6 1 B 5/05 3 5 5

請求項の数 13 (全 26 頁)

(21) 出願番号 特願2014-536357 (P2014-536357)
 (86) (22) 出願日 平成24年10月3日 (2012.10.3)
 (65) 公表番号 特表2014-530079 (P2014-530079A)
 (43) 公表日 平成26年11月17日 (2014.11.17)
 (86) 國際出願番号 PCT/IB2012/055289
 (87) 國際公開番号 WO2013/057612
 (87) 國際公開日 平成25年4月25日 (2013.4.25)
 審査請求日 平成27年10月2日 (2015.10.2)
 (31) 優先権主張番号 61/548,287
 (32) 優先日 平成23年10月18日 (2011.10.18)
 (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 エヌ
 ヴェ
 KONINKLIJKE PHILIPS
 N. V.
 オランダ国 5656 アーネー 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】 阻止状態と透過状態との間で切換可能な無線周波数シールドを備えたMR1コイルアセンブリ

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

磁気共鳴データの収集中に、無線周波数エネルギーを放射し、且つ／或いは無線周波数エネルギーを受信するコイルアセンブリであって、

当該コイルアセンブリは、磁気共鳴撮像システムの撮像ゾーンの方に向かられるようにされた第1表面を有し、当該コイルアセンブリは更に、少なくとも1つのコイル素子を有し、当該コイルアセンブリは更に、無線周波数阻止状態と無線周波数透過状態との間で切換可能な無線周波数シールドを有し、前記少なくとも1つのコイル素子は、前記第1表面と前記無線周波数シールドとの間にあり、前記無線周波数シールドは、少なくとも2つの導電性素子を有し、前記無線周波数シールドは、前記無線周波数シールドが前記無線周波数阻止状態にあるときに前記少なくとも2つの導電性素子を電気的に接続するように構成された無線周波数スイッチを有し、前記無線周波数スイッチは更に、前記無線周波数シールドが前記無線周波数透過状態にあるときに前記少なくとも2つの導電性素子を電気的に切断するように構成され、当該コイルアセンブリは更に、前記磁気共鳴データの収集中に前記撮像ゾーン内の原子スピニから無線周波数送信を受信するように構成された少なくとも1つの受信器コイルを有し、前記少なくとも1つのコイル素子は、前記無線周波数シールドと前記少なくとも1つの受信器コイルとの間に配置され、当該コイルアセンブリは、被検体の一部を受けるように構成された第2表面を有し、前記第2表面は、前記撮像ゾーンから離れる方に向けられ、前記無線周波数シールドは、前記第2表面と前記少なくとも1つのコイル素子との間にある、

10

20

コイルアセンブリ。

【請求項 2】

被検体から磁気共鳴データを収集する磁気共鳴撮像システムであって、撮像ゾーンを提供する磁石と、前記磁気共鳴データの収集中に、前記撮像ゾーン内に無線周波数エネルギーを放射し、且つ／或いは前記撮像ゾーンから無線周波数エネルギーを受信するように構成された、請求項 1 に記載のコイルアセンブリと、を有する磁気共鳴撮像システム。

【請求項 3】

前記コイルアセンブリは、前記磁気共鳴データの収集中に、前記撮像ゾーン内に無線周波数エネルギーを放射し、且つ前記撮像ゾーンから無線周波数エネルギーを受信するよう構成され、当該磁気共鳴撮像システムは更に、

当該磁気共鳴撮像システムの動作を制御するプロセッサと、

前記プロセッサによる実行のために機械実行可能命令を格納するメモリであり、前記命令の実行は、前記プロセッサに、

当該磁気共鳴撮像システムを制御することによって前記磁気共鳴データを収集させ、

前記コイルアセンブリによって無線周波数エネルギーを放射するときに前記無線周波数シールドを前記無線周波数阻止状態へと切り換えさせ、且つ

前記コイルアセンブリによる無線周波数エネルギーの受信中に前記無線周波数シールドを前記無線周波数透過状態へと切り換えさせる、

メモリと

を有する、請求項 2 に記載の磁気共鳴撮像システム。

【請求項 4】

前記コイルアセンブリは、前記磁気共鳴データの収集中に前記撮像ゾーン内に無線周波数エネルギーを放射するよう構成され、当該磁気共鳴撮像システムは更に、

前記磁気共鳴データの収集中に、前記撮像ゾーン内の原子スピンからの無線周波数信号を受信するよう構成された少なくとも 1 つの受信器コイルと、

当該磁気共鳴撮像システムの動作を制御するプロセッサと、

前記プロセッサによる実行のために機械実行可能命令を格納するメモリであり、前記命令の実行は、前記プロセッサに、

当該磁気共鳴撮像システムを制御することによって前記磁気共鳴データを収集させ、

前記コイルアセンブリによって無線周波数エネルギーを放射するときに前記無線周波数シールドを前記無線周波数阻止状態へと切り換えさせ、且つ

前記受信器コイルによる無線周波数エネルギーの受信中に前記無線周波数シールドを前記無線周波数透過状態へと切り換えさせる、

メモリと

を有する、請求項 2 に記載の磁気共鳴撮像システム。

【請求項 5】

少なくとも 1 つのコイル素子は、少なくとも 1 つのコイル素子のインピーダンス整合のための制御可能なマッチング回路素子を有し、前記命令の実行は前記プロセッサに更に、前記無線周波数シールドを前記無線周波数阻止状態と前記無線周波数透過状態との間で切り換えることによる前記少なくとも 1 つのコイル素子のインピーダンス変化の影響を補償するよう、前記制御可能なマッチング回路素子を調整させる、請求項 3 又は 4 に記載の磁気共鳴撮像システム。

【請求項 6】

前記メモリは更に、感度エンコーディングパルスシーケンスを有し、前記磁気共鳴データは、前記感度エンコーディングパルスシーケンスを実行することによって収集される、請求項 3 乃至 5 の何れか一項に記載の磁気共鳴撮像システム。

【請求項 7】

前記無線周波数スイッチは、前記無線周波数シールドが前記無線周波数阻止状態にある

10

20

30

40

50

ときに前記無線周波数シールドを阻止周波数に同調するように構成された少なくとも1つのキャパシタを有する、請求項2乃至6の何れか一項に記載の磁気共鳴撮像システム。

【請求項8】

前記無線周波数スイッチは、PINダイオード、微小電気機械スイッチ、及び機械式リレーのうちの何れか1つを有する、請求項2乃至7の何れか一項に記載の磁気共鳴撮像システム。

【請求項9】

前記コイルアセンブリは更に、前記無線周波数シールドが前記無線周波数阻止状態に切り換えられるときに前記少なくとも1つのコイル素子が第1の共鳴周波数に切り換えられるように構成され、且つ前記コイルアセンブリは更に、前記無線周波数シールドが前記無線周波数透過状態に切り換えられるときに前記少なくとも1つのコイル素子が第2の共鳴周波数に切り換えられるように構成される、請求項2乃至8の何れか一項に記載の磁気共鳴撮像システム。10

【請求項10】

前記コイルアセンブリは複数のコイル素子を有し、前記無線周波数シールドは、少なくとも2つの導電性素子を各々が有する複数のシールド素子を有し、前記複数のシールド素子の各々が、独立に前記無線周波数阻止状態と前記無線周波数透過状態との間で切り換えられるように構成される、請求項2乃至9の何れか一項に記載の磁気共鳴撮像システム。

【請求項11】

前記少なくとも1つのコイル素子は、ループコイル、バタフライコイル、ストリップラインコイル、TEM送信コイル、TEMボリュームコイル、TEMコイル、及びバードケイジコイルのうちの何れか1つである、請求項2乃至10の何れか一項に記載の磁気共鳴撮像システム。20

【請求項12】

前記コイルアセンブリは更に電子部品を有し、前記無線周波数シールドは、前記少なくとも1つのコイル素子と前記電子部品との間にあり、前記無線周波数シールドは、前記電子部品を前記少なくとも1つのコイル素子から遮蔽するように構成される、請求項2乃至11の何れか一項に記載の磁気共鳴撮像システム。

【請求項13】

磁気共鳴撮像システムを制御するプロセッサによる実行のために機械実行可能命令を有するコンピュータプログラムであって、前記磁気共鳴撮像システムは、撮像ゾーンを提供する磁石を有し、前記磁気共鳴撮像システムは更に、請求項1に記載のコイルアセンブリを有し、前記コイルアセンブリは、無線周波数エネルギーを放射し、且つ無線周波数エネルギーを受信するように構成され、前記命令の実行は、前記プロセッサに、30

当該磁気共鳴撮像システムを制御することによって前記磁気共鳴データを収集させ、

前記コイルアセンブリによって無線周波数エネルギーを放射するときに前記無線周波数シールドを前記無線周波数阻止状態へと切り換えさせ、且つ

前記コイルアセンブリによる無線周波数エネルギーの受信中に前記無線周波数シールドを前記無線周波数透過状態へと切り換えさせる、40

コンピュータプログラム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、磁気共鳴撮像に関し、特に、切換可能な無線周波数シールドを備えたコイルアセンブリに関する。

【背景技術】

【0002】

磁気共鳴(MR)撮像では、患者の体内の画像を作成する手順の一部として、原子の核スピンを揃えるために磁場が使用されている。この磁場はB0場と呼ばれている。MRスキャンにおいて、送信器又は増幅器とアンテナとによって生成される無線周波数(RF)50

パルスが、局所的な磁場に摂動を生じさせ、B0場に対する核スピンの向きを操作するために使用されることがある。核スピンにより放射される無線周波数(RF)信号が受信器コイルによって検出され、これらのRF信号を用いてMRI画像が構築される。

【0003】

これまでの大抵のMRシステムにおいては、スピン励起のための高電力信号を送信するために、ボリューム(体積)コイル(例えば、クワドラチャボディコイル; QBC)が使用されている。全身撮像の場合、これは3Tまでの標準的な設定である。頭部撮像の場合、ボリューム送信器は7T以上で適用される。

【0004】

大抵のこのような磁気共鳴撮像システムにおいて、改善された信号受信及び加速された撮像プロトコルのために、マルチチャネル受信アレイが採用されている。これは、全ての生体構造及び全ての磁場強度で当てはまる。10

【0005】

現在のマルチチャネルシステムの1つの欠点は、各チャネルのアンテナ又はアンテナ素子の間にカップリングが存在し得ることである。

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

本発明は、独立請求項にて、磁気共鳴撮像システム、コイルアセンブリ、及びコンピュータプログラムプロダクトを提供する。実施形態が従属請求項にて与えられる。20

【課題を解決するための手段】

【0007】

本発明の実施形態は、切換可能な無線周波数シールドを用いて、無線周波数エネルギーを送信するために使用されるアンテナ素子間のカップリングを低減することによって、この問題又はその他の問題に対処し得る。

【0008】

本発明の実施形態は、送信/受信(Tx-Rx)表面コイルの遮蔽及び/又はでカップリングを行うために、切換可能なRFスクリーンを使用し得る。これは、Tx-Rx動作に使用される従来のコイル又はコイルアレイに対する幾つかの改善をもたらし得る。送信フェーズ中、RFスクリーンは、従来からのRF阻止モードに切り換えられ、故に、コイル素子がその駆動RFパワーのうちの相当量を放射することを防止する。また、スクリーンの閉鎖は、隣接し合うコイル素子の一層容易なデカップリングを可能にし、これは並列送信に有利である。言及した双方の事項は、高磁場用途において特に重要である。30

【0009】

受信フェーズ中、好適なスイッチ(例えば、PINダイオード)がRFスクリーンを開き、各素子の受信感度を向上させる。副産物として、送信フェーズちゅうに存在する電場が首尾良く抑圧され、軽減されたSAR性能をもたらす。

【0010】

一部の実施形態は、局所的なTxRxコイルに局所的なRFスクリーンを、電気的スイッチ(例えば、PINダイオード)が該スクリーンの挙動を変化させることを可能にするようにして使用し得る。送信モード中、スイッチは、RF阻止動作が達成されるように、RFスクリーンのピース(断片)同士を接続する。これらは、送信中のコイルの放射損失の抑制をもたらすとともに、並列送信アレイに必須の、隣接素子へのカップリングの抑制をもたらす。さらに、電場が有意に抑圧され、このようなコイルのSAR挙動が改善される。電磁放射線が、要求される視野(FOV)に閉じ込められる。40

【0011】

受信モード中、スイッチはRFスクリーンを開き、RFスクリーンを、互いに電気的に分離された幾つかの小ピースに分割する。故に、コイル素子の感度が、Txフェーズと比較して有意に向上され、加速された撮像(例えば、SENSE)を可能にする。

【0012】

10

30

40

50

本発明の実施形態は、特に高磁場用途（3 T、7 T）において、以下の問題に対処し得る：

- ・コイルの放射損失が主要な問題になりつつある；
- ・F O V の外側の人体部分への放射線（バックフォールディング、S A R、追加損失、腕部や肩部や頭部に位置する局所ホットスポット）；
- ・コイル素子間のカップリングは、特に並列送信用途において、常に大きい問題である。

【0013】

‘コンピュータ読み取り可能記憶媒体’は、ここでは、コンピューティング装置のプロセッサによって実行可能な命令を格納し得る如何なる有形記憶媒体をも包含するものである。コンピュータ読み取り可能記憶媒体は、コンピュータ読み取り可能持続的記憶媒体とも呼ばれ得る。コンピュータ読み取り可能記憶媒体はまた、有形コンピュータ読み取り可能媒体とも呼ばれ得る。一部の実施形態において、コンピュータ読み取り可能記憶媒体はまた、コンピューティング装置のプロセッサによってアクセスされることが可能なデータを格納し得る。コンピュータ読み取り可能記憶媒体の例は、以下に限られないが、フロッピー（登録商標）ディスク、穿孔テープ、穿孔カード、磁気ハードディスクドライブ、ソリッドステートハードディスク、フラッシュメモリ、U S Bサムドライブ、ランダムアクセスメモリ（R A M）、読み出し専用メモリ（R O M）、光ディスク、磁気光ディスク、プロセッサのレジスタファイルを含む。光ディスクの例は、例えばC D - R O M、C D - R W、C D - R、D V D - R O M、D V D - R W、又はD V D - Rといった、コンパクトディスク（C D）及びデジタル多用途ディスク（D V D）を含む。コンピュータ読み取り可能記憶媒体なる用語はまた、ネットワーク又は通信リンクを介してコンピュータ装置によってアクセスされることが可能な様々な種類の記録媒体をも意味する。例えば、データは、モデム上、インターネット上、又はローカルエリアネットワーク上で取り出され得る。コンピュータ読み取り可能記憶媒体への言及は、複数のコンピュータ読み取り可能記憶媒体であり得るとして解釈されるべきである。1つ又は複数のプログラムの様々な実行可能コンポーネントが、複数の異なる位置に格納され得る。コンピュータ読み取り可能記憶媒体は、例えば、同一のコンピュータシステム内の複数のコンピュータ読み取り可能記憶媒体とし得る。コンピュータ読み取り可能記憶媒体はまた、複数のコンピュータシステム又はコンピューティング装置の間で分散されたコンピュータ読み取り可能記憶媒体であってもよい。

【0014】

‘コンピュータメモリ’又は‘メモリ’はコンピュータ読み取り可能記憶媒体の一例である。コンピュータメモリは、プロセッサにとって直接的にアクセス可能なメモリである。コンピュータメモリの例は、以下に限られないが、R A Mメモリ、レジスタ、及びレジスタファイルを含む。‘コンピュータメモリ’又は‘メモリ’への言及は、複数のメモリであり得るとして解釈されるべきである。メモリは、例えば、同一のコンピュータシステム内の複数のメモリとし得る。メモリはまた、複数のコンピュータシステム又はコンピューティング装置の間で分散された複数のメモリであってもよい。

【0015】

‘コンピュータストレージ’又は‘ストレージ’はコンピュータ読み取り可能記憶媒体の一例である。コンピュータストレージは不揮発性コンピュータ読み取り可能記憶媒体である。コンピュータストレージの例は、以下に限られないが、ハードディスクドライブ、U S Bサムメモリ、フロッピー（登録商標）ドライブ、スマートカード、D V D、C D - R O M、及びソリッドステートハードドライブを含む。一部の実施形態において、コンピュータストレージはコンピュータメモリであってもよく、その逆もまた然りである。‘コンピュータストレージ’又は‘ストレージ’への言及は、複数の記憶媒体又は記憶装置であり得るとして解釈されるべきである。ストレージは、例えば、同一のコンピュータシステム又はコンピューティング装置内の複数の記憶装置とし得る。ストレージはまた、複数のコンピュータシステム又はコンピューティング装置の間で分散された複数のストレージであってもよい。

10

20

30

40

50

【0016】

‘プロセッサ’は、ここでは、プログラム又は機械実行可能命令を実行することができる電子部品を包含するものである。“プロセッサ”を有するコンピューティング装置への言及は、2つ以上のプロセッサ又は処理コアを含む場合があるものとして解釈されるべきである。プロセッサは例えばマルチコアプロセッサとし得る。プロセッサはまた、単一のコンピュータシステム内の、あるいは複数のコンピュータシステム間で分散された、複数のプロセッサの集合を意味し得る。コンピューティング装置なる用語も、各々が1つ以上のプロセッサを有する複数のコンピューティング装置の集合若しくはネットワークを意味する場合があるとして解釈されるべきである。多くのプログラムは、同一のコンピューティング装置内とし得る複数のプロセッサ、又は複数のコンピューティング装置にまたがって分散され得る複数のプロセッサ、によって実行される命令を有する。

10

【0017】

‘ユーザインターフェース’は、ここでは、ユーザ又はオペレータがコンピュータ又はコンピュータシステムとインタラクトすることを可能にするインターフェースである。‘ユーザインターフェース’はまた、‘ヒューマンインターフェース装置’とも呼ばれ得る。ユーザインターフェースは、オペレータに情報又はデータを提供し、且つ／或いはオペレータから情報又はデータを受信し得る。ユーザインターフェースは、オペレータからの入力がコンピュータによって受信されることを可能にし得るとともに、コンピュータからの出力をユーザに提供し得る。換言すれば、ユーザインターフェースは、オペレータがコンピュータを制御あるいは操作することを可能にし得るとともに、コンピュータがオペレータの制御又は操作の効果を指示することを可能にし得る。ディスプレイ又はグラフィカルユーザインターフェース上でのデータ又は情報の表示は、オペレータに情報を提供することの一例である。キーボード、マウス、トラックボール、タッチパッド、ポインティングスティック、グラフィックタブレット、ジョイスティック、ゲームパッド、ウェブカム、ヘッドセット、ギアスティック、ステアリングホイール、ペダル、配線付きグローブ、ダンスパッド、リモートコントローラ、1つ以上のスイッチ、1つ以上のボタン、及び加速度計を介したデータの受信は全て、オペレータからの情報又はデータの受信を可能にするユーザインターフェースコンポーネントの例である。

20

【0018】

‘ハードウェアインターフェース’は、ここでは、コンピュータシステムのプロセッサが外部のコンピューティング装置及び／又は機器とインタラクトする、あるいはそれらを制御する、ことを可能にするインターフェースを包含するものである。ハードウェアインターフェースは、プロセッサが外部コンピューティング装置及び／又は機器に制御信号又は命令を送信することを可能にし得る。ハードウェアインターフェースはまた、プロセッサが外部コンピューティング装置及び／又は機器とデータを交換することを可能にし得る。ハードウェアインターフェースの例は、以下に限られないが、ユニバーサルシリアルバス、I E E E 1 3 9 4 ポート、パラレルポート、I E E E 1 2 8 4 ポート、R S - 2 3 2 ポート、I E E E - 4 8 8 ポート、ブルートゥース（登録商標）接続、無線ローカルエリアネットワーク接続、T C P / I P 接続、イーサネット（登録商標）接続、制御電圧インターフェース、M I D Iインターフェース、アナログ入力インターフェース、及びデジタル入力インターフェースを含む。

30

【0019】

磁気共鳴（M R）データは、ここでは、磁気共鳴撮像スキャン中に磁気共鳴装置のアンテナによって記録される、原子スピニにより放射される無線周波数信号の測定結果として定義される。磁気共鳴撮像（M R I）画像は、ここでは、磁気共鳴撮像データ内に含まれる解剖学的データの、再構成された2次元又は3次元の視覚化として定義される。この視覚化は、コンピュータを用いて実行ができる。

40

【0020】

一態様において、本発明は、被検体から磁気共鳴データを収集する磁気共鳴撮像システムを提供する。当該磁気共鳴撮像システムは、撮像ゾーンを提供する磁石を有する。当該

50

磁気共鳴撮像システムは更に、磁気共鳴撮像データの収集中に、撮像ゾーン内に無線周波数エネルギーを放射し、且つ／或いは撮像ゾーンから無線周波数エネルギーを受信するよう構成されたコイルアセンブリを有する。コイルアセンブリは、撮像ゾーンの方に向けられるようにされた第1表面を有する。第1表面は、例えば、被検体と接触するコイルアセンブリの外表面とし得る。コイルアセンブリは更に、少なくとも1つのコイル素子を有する。コイル素子は、無線周波数エネルギーを放射し且つ／或いは無線周波数エネルギーを受信するよう構成された無線周波数コイル又はアンテナ素子である。一部の実施形態において、複数のコイル素子が存在する。複数のコイル素子が存在する場合、それらコイル素子の各々が無線周波数エネルギーの放射及び／又は受信を行うように構成されてもよいし、無線周波数エネルギーを放射するよう構成された幾つかのコイル素子の組み合わせと、無線周波数エネルギーを受信するよう構成された他のコイル素子とが存在してもよい。

10

【0021】

コイルアセンブリは更に、阻止状態と透過状態との間で切換可能な無線周波数シールドを有する。この少なくとも1つのコイル素子は、第1表面と切換可能な無線周波数シールドとの間に有する。切換可能な無線周波数シールドは、少なくとも2つの導電性素子を有する。導電性素子は例えば、導電材料の表面とし得る。それらは例えば、導電性のフォイルの薄膜又は層（レイヤ）であってもよいし、導電性のスクリーンの区画であってもよい。無線周波数シールドは、無線周波数シールドが阻止状態にあるときに上記少なくとも2つの導電性素子を電気的に接続するよう構成された少なくとも1つの無線周波数スイッチを有する。この少なくとも1つの無線周波数スイッチは更に、無線周波数シールドが透過状態にあるときに上記少なくとも2つの導電性素子を電気的に切断するよう構成される。

20

【0022】

無線周波数シールドが透過状態にあるとき、これが阻止状態にあるときより、無線周波数エネルギーの減衰が小さい。基本的に、透過状態における導電性素子は、フローティング状態すなわち非接続状態にされる。それらは、無線周波数エネルギーを有意に減衰しない程度に十分に小さい。しかしながら、スイッチが接続されると、これらの導電性素子は、より大きい1つの導電性素子として機能あるいは作用する。これは、より効果的に無線周波数エネルギーを阻止し、無線周波数エネルギーの減衰を、透過状態にあるときより大きくさせる。一部の実施形態において、無線周波数シールドが透過状態にあるときにもなお、幾らかの無線周波数エネルギー減衰が存在する。

30

【0023】

この実施形態は、幾つかの異なるケースで有利となり得る。無線周波数シールドは、撮像ゾーンから離れた敏感な組織、又は電子装置を保護するために使用され得る。無線周波数シールドが阻止状態にあるときに、組織及び／又は電子装置が保護される。複数のコイル素子が存在する場合、無線周波数シールドを使用することが有利となり得る。何故なら、無線周波数シールドは、様々なコイル素子の、より大きなデカップリングをもたらし得るからである。

【0024】

40

他の一実施形態において、コイルアセンブリは、磁気共鳴撮像データの収集中に、撮像ゾーン内に無線周波数エネルギーを放射し、且つ撮像ゾーンから無線周波数エネルギーを受信するよう構成される。一部の実施形態において、双方に同じコイル素子が使用され、他の実施形態において、送信用と受信用とに別々のコイル素子が存在する。磁気共鳴撮像システムは更に、当該磁気共鳴撮像システムの動作を制御するプロセッサを有する。磁気共鳴撮像システムは更に、プロセッサによる実行のために機械実行可能命令を格納するメモリを有する。命令の実行は、プロセッサに、磁気共鳴撮像システムを制御することによって磁気共鳴データを収集させる。命令の実行は、プロセッサに更に、コイルアセンブリによって無線周波数エネルギーを放射するときに無線周波数シールドを阻止状態へと切り換えさせる。命令の実行は、プロセッサに更に、コイルアセンブリによる無線周波数送

50

信の受信中に無線周波数シールドを透過状態へと切り換えさせる。この実施形態は、コイルアセンブリが無線周波数エネルギーを放射しているときに、コイルアセンブリによって放射されている領域をRFシールドが包含するので、有利となり得る。コイルアセンブリを透過状態に切り換えることは、コイルアセンブリを無線周波数送信に対して更に高感度にし得る。

【0025】

他の一実施形態において、コイルアセンブリは、磁気共鳴撮像データの収集中に撮像ゾーン内に無線周波数エネルギーを放射するように構成される。磁気共鳴撮像システムは更に、磁気共鳴データの収集中に撮像ゾーン内の原子スピンからの無線周波数信号を受信するように構成された少なくとも1つの受信器コイルを有する。一部の実施形態において、受信器コイルは、コイルアセンブリから離隔される。例えば、受信器コイルは、磁気共鳴磁石のボアの内側に取り付けられたボディコイルと/orして構成される。コイルアセンブリは、被検体に接触するように配置される表面コイルとし得る。磁気共鳴撮像システムは更に、当該磁気共鳴撮像システムの動作を制御するプロセッサを有する。磁気共鳴撮像システムは更に、プロセッサによる実行のために機械実行可能命令を格納するメモリを有する。命令の実行は、プロセッサに、磁気共鳴撮像システムを制御することによって磁気共鳴データを収集させる。命令の実行は、プロセッサに更に、コイルアセンブリによって無線周波数エネルギーを放射するときに無線周波数シールドを阻止状態へと切り換えさせる。命令の実行は、プロセッサに更に、受信器コイルによる無線周波数エネルギーの受信中に無線周波数シールドを透過状態へと切り換えさせる。無線周波数シールドは受信器コイルによる無線周波数エネルギーの受信と干渉し得るものであるので、この実施形態は有利となり得る。無線周波数シールドを透過状態に切り換えることにより、無線周波数シールドを通しての無線周波数エネルギーの伝送が高められる。10

【0026】

他の一実施形態において、磁気共鳴撮像システムのメモリはパルスシーケンスを含んでいる。ここで使用されるパルスシーケンスは、磁気共鳴データを収集するように磁気共鳴撮像システムを動作させるために、或る特定の時間系列で実行される命令セットを有する。パルスシーケンスは、無線周波数シールドが透過状態に切り換えられる時と、それが阻止状態に切り換えられる時とを詳述し得る。20

【0027】

他の一実施形態において、少なくとも1つのコイル素子は、少なくとも1つのコイル素子のインピーダンス整合のための制御可能なマッチング回路素子を有する。制御可能なマッチング回路素子は、コイル素子をインピーダンス整合するための整合回路又はその一部とし得る。整合回路は、2つの異なるインピーダンスの間で切り換えられることができ、あるいは連続的に調整可能にされ得る。命令の実行は、プロセッサに更に、無線周波数シールドを阻止状態と透過状態との間で切り換えることによる少なくとも1つのコイル素子のインピーダンス変化の影響を補償するように、制御可能なマッチング回路素子を調整させる。

【0028】

他の一実施形態において、メモリは更に、感度エンコーディングパルスシーケンスを有する。磁気共鳴データは、感度エンコーディングパルスシーケンスを実行することによって収集される。無線周波数シールドがコイルアセンブリ内の複数の素子間のカップリングを低減するので、この実施形態は有益となり得る。感度エンコーディングパルスシーケンスは、マルチエレメント(複数素子)コイルの個々のコイル素子の感度を決定することによって機能する。個々のコイル素子間のカップリングを低減することにより、感度エンコーディングパルスシーケンスを用いて収集される磁気共鳴データは、更に正確になり得る。40

【0029】

他の一実施形態において、コイルアセンブリは更に、磁気共鳴データの収集中に撮像ゾーン内の原子スピンからの無線周波数送信を受信するように構成された少なくとも1つの50

受信器コイルを有する。無線周波数シールドは、上記少なくとも1つのコイル素子とこの少なくとも1つの受信器コイルとの間に配置される。

【0030】

他の一実施形態において、コイルアセンブリは、被検体の一部を受けるように構成された第2表面を有する。第2表面は、撮像ゾーンから離れる方に向けられる。無線周波数シールドは、第2表面と上記少なくとも1つのコイル素子との間にある。1つの表面が撮像ゾーンの方に向けられ、1つの表面が撮像ゾーンから離れる方に向けられる。第2表面と接触するか、第2表面の方にあるかである被検体の部分が、コイルアセンブリによって生成される無線周波数エネルギーから遮蔽されることになる。これは、無線周波数シールドによって遮蔽される被検体部分における無線周波数加熱を抑制する助けとなり得る。

10

【0031】

他の一実施形態において、無線周波数スイッチは、無線周波数シールドが阻止状態にあるときに無線周波数シールドを阻止周波数に同調するように構成された少なくとも1つのキャパシタを有する。これは例えば、導電性素子と接地面との間に、あるいは2つの異なる導電性素子の間にさえ、キャパシタを接続することによって達成され得る。特定の周波数又は周波数帯域を非常に効率的に吸収するように無線周波数シールドを設計することができるので、この実施形態は有利となり得る。これは、より良好に機能する無線周波数シールドをもたらし得る。

【0032】

他の一実施形態において、無線周波数スイッチはPINダイオードを有する。

20

【0033】

他の一実施形態において、無線周波数スイッチは微小電気機械スイッチすなわちMEMSスイッチを有する。

【0034】

他の一実施形態において、無線周波数スイッチは機械式リレーを有する。

【0035】

他の一実施形態において、コイルアセンブリは更に、無線周波数シールドが阻止状態に切り換えられるときに上記少なくとも1つのコイル素子が第1の共鳴周波数に切り換えられるように構成される。コイルアセンブリは更に、無線周波数シールドが透過状態に切り換えられるときに上記少なくとも1つのコイル素子が第2の共鳴周波数に切り換えられるように構成される。コイル素子と導電性素子との間には容量結合が存在する。キャパシタンス量は、当然ながら、阻止状態と透過状態との間で変化することになる。結果として、コイル素子の各々を、2つの切換状態に対応する2つの特定の周波数にチューニング（同調）することができる。これが特に当てはまるのは、キャパシタが無線周波数スイッチに組み込まれて、導電性素子及び／又はコイル素子をチューニングするために使用されるときである。

30

【0036】

他の一実施形態において、コイルアセンブリは複数のコイル素子を有する。無線周波数シールドは、少なくとも2つの導電性素子を各々が有する複数のシールド素子を有する。複数のシールド素子の各々が、独立に阻止状態と透過状態との間で切り換えられるように構成される。複数のコイル素子を独立に使用することができ、導電性素子の各々に隣接する無線周波数シールドの部分について阻止及び透過状態間の切り換えを行うことによって様々なコイル素子間のカップリング度合いを制御することができるので、この実施形態は特に有利となり得る。

40

【0037】

他の一実施形態において、少なくとも1つのコイル素子はループコイルである。

【0038】

他の一実施形態において、少なくとも1つのコイル素子はバタフライコイルである。

【0039】

他の一実施形態において、少なくとも1つのコイル素子はストリップラインコイルであ

50

る。

【0040】

他の一実施形態において、少なくとも1つのコイル素子はTEM送信コイルである。

【0041】

他の一実施形態において、少なくとも1つのコイル素子はTEMボリュームコイルである。

【0042】

他の一実施形態において、少なくとも1つのコイル素子はTEMコイルである。

【0043】

他の一実施形態において、少なくとも1つのコイル素子はバードケイジコイルである。
この少なくとも1つのコイル素子はまた、バードケイジボリュームコイルであってもよい。
。

【0044】

他の一実施形態において、コイルアセンブリは更に電子部品を有する。無線周波数シールドは、上記少なくとも1つのコイル素子と電子部品との間にある。無線周波数シールドは、当該無線周波数シールドが阻止状態にあるとき、電子部品を上記少なくとも1つのコイル素子から遮蔽するように構成される。上記少なくとも1つのコイル素子によって放射される無線周波数エネルギーから、影響を受けやすい電子装置を保護し得るので、この実施形態は有利となり得る。電子部品は、陽電子放出型トモグラフィ検出器、同調・整合回路、インピーダンス整合回路、前置増幅器、アナログ・デジタル変換器、及び／又はパワー・アンプとし得る。

【0045】

他の一態様において、本発明は、磁気共鳴撮像データの収集中に、無線周波数エネルギーを放射し、且つ／或いは無線周波数エネルギーを受信するコイルアセンブリを提供する。コイルアセンブリは、磁気共鳴撮像システムの撮像ゾーンの方に向けられるようにされた第1表面を有する。コイルアセンブリは更に、少なくとも1つのコイル素子を有する。コイルアセンブリは更に、阻止状態と透過状態との間で切換可能な無線周波数シールドを有する。上記少なくとも1つのコイル素子は、第1表面と切換可能な無線周波数シールドとの間にある。切換可能な無線周波数シールドは、少なくとも2つの導電性素子を有する。無線周波数シールドは、当該無線周波数シールドが阻止状態にあるときに上記少なくとも2つの導電性素子を電気的に接続するように構成された無線周波数スイッチを有する。無線周波数スイッチは更に、無線周波数シールドが透過状態にあるときに上記少なくとも2つの導電性素子を電気的に切断するように構成される。この実施形態の利点について既に説明した。

【0046】

他の一態様において、本発明は、磁気共鳴撮像システムを制御するプロセッサによる実行のために機械実行可能命令を有するコンピュータプログラムを提供する。磁気共鳴撮像システムは、撮像ゾーンを提供する磁石を有する。磁気共鳴撮像システムは更に、本発明の一実施形態に係るコイルアセンブリを有する。コイルアセンブリは、無線周波数エネルギーを放射し、且つ無線周波数エネルギーを受信するように構成される。命令の実行は、プロセッサに、磁気共鳴撮像システムを制御することによって磁気共鳴データを収集させる。命令の実行は、プロセッサに更に、コイルアセンブリによって無線周波数エネルギーを放射するときに無線周波数シールドを阻止状態へと切り換えさせる。命令の実行は、プロセッサに更に、コイルアセンブリによる無線周波数送信の受信中に無線周波数シールドを透過状態へと切り換えさせる。この実施形態の利点については既に説明した。

【図面の簡単な説明】

【0047】

以下、以下の図を含む図面を参照して、単なる例として、本発明の好適実施形態を説明する。

【図1】本発明の一実施形態に係る方法を例示するフローチャートである。

10

20

30

40

50

- 【図2】本発明の更なる一実施形態に係る方法を例示するフローチャートである。
- 【図3】本発明の一実施形態に係る磁気共鳴撮像システムを例示する図である。
- 【図4】本発明の更なる一実施形態に係る磁気共鳴撮像システムを例示する図である。
- 【図5】本発明の一実施形態に係るコイルアセンブリの一例を示す図である。
- 【図6】本発明の一実施形態に係るコイルアセンブリの更なる一例を示す図である。
- 【図7】コイル素子によって生成される無線周波数エネルギーから被検体の一部を遮蔽するため無線周波数シールドがどのように使用され得るかを例示する図である。
- 【図8a】シミュレーションに使用した無線周波数シールドの幾何学構成を示す図である。
- 【図8b】シミュレーションに使用した無線周波数シールドの幾何学構成を示す図である 10
- 【図8c】シミュレーションに使用した無線周波数シールドの幾何学構成を示す図である。
- 【図9】図8a、8b及び8cに示した幾何学構成を用いたシミュレーション結果を示す図である。
- 【図10】図8a、8b及び8cに示した幾何学構成を用いたシミュレーション結果を示す図である。
- 【図11】図8a、8b及び8cに示した幾何学構成を変更したものを用いたシミュレーションでのシミュレーション結果を示す図である。
- 【図12】図8a、8b及び8cに示した幾何学構成を変更したものを用いたシミュレーションでのシミュレーション結果を示す図である 20
- 【図13】シミュレーションに使用した無線周波数シールドの他の幾何学構成を示す図である。
- 【図14】図13に示した幾何学構成を用いたシミュレーション結果を示す図である。
- 【図15】図13に示した幾何学構成を用いたシミュレーション結果を示す図である。
- 【図16】被検体の一部を保護するために本発明の一実施形態がどのように使用され得るかを例示する図である。
- 【図17】本発明の一実施形態に係る無線周波数シールドが取り得る一幾何学構成を示す図である。
- 【図18】本発明の更なる一実施形態に係る無線周波数シールドが取り得る一幾何学構成を示す図である 30
- 【図19】本発明の更なる一実施形態に係る無線周波数シールドが取り得る一幾何学構成を示す図である。
- 【図20】本発明の更なる一実施形態に係る無線周波数シールドが取り得る一幾何学構成を示す図である。
- 【図21】パターン形成された印刷回路基板を用いて無線周波数シールドがどのように構築され得るかを例示する図である。
- 【図22】本発明の一実施形態に係る無線周波数シールドの他の一例を示す図である。
- 【図23】本発明の一実施形態に係るコイルアセンブリを例示する図である。
- 【図24】本発明の更なる一実施形態に係るコイルアセンブリを例示する図である 40
- 【図25】本発明の更なる一実施形態に係るコイルアセンブリを例示する図である。
- 【図26】本発明の更なる一実施形態に係るコイルアセンブリを例示する図である。
- 【図27】本発明の一実施形態に係るコイルアセンブリの内部コンポーネントの一例を示す図である。
- 【発明を実施するための形態】
- 【0048】
- これらの図において似通った参照符号を付された要素は、等価な要素であるか、同じ機能を実行するかの何れかである。先述した要素は、機能が等価である場合、後の図においては必ずしも説明しない。
- 【0049】 50

図1は、本発明の一実施形態に係る方法を例示するフロー図を示している。ステップ100にて、磁気共鳴データが収集される。ステップ102にて、コイルアセンブリにより無線周波数エネルギーを放射するとき、無線周波数シールドが阻止状態へと切り換えられる。ステップ104にて、コイルアセンブリにより無線周波数エネルギーを受信するとき、無線周波数シールドが透過状態へと切り換えられる。なお、ステップ102及び104は各々、磁気共鳴データの収集100中に複数回実行され得る。

【0050】

図2は、本発明に係る方法の更なる一実施形態を例示するフロー図を示している。ステップ200にて、磁気共鳴データが収集される。ステップ202にて、コイルアセンブリにより無線周波数エネルギーを放射するとき、無線周波数シールドが阻止状態へと切り換えられる。ステップ204にて、受信器コイルにより無線周波数エネルギーを受信するとき、無線周波数シールドが透過状態へと切り換えられる。なお、ステップ202及び204は、磁気共鳴データの収集200中に複数回繰り返され得る。

10

【0051】

図3は、本発明の一実施形態に係る磁気共鳴撮像システム300の一例を示している。磁気共鳴撮像システム300は磁石304を有する。磁石304は、その中をボア306が貫通した円筒型超電導磁石304である。磁石304は、超電導コイルとともに、液体ヘリウム冷却されるクライオスタット（低温保持装置）を有する。永久磁石又は常伝導磁石を使用することも可能である。複数の異なる種類の磁石の使用も可能であり、例えば、分割円筒磁石と所謂オープンマグネットとの双方を使用することも可能である。分割円筒磁石は、磁石のアイソプレーンへのアクセスを可能にするためにクライオスタットが2つの部分に分割されていることを除いて、標準的な円筒磁石と同様であり、このような磁石は例えば荷電粒子ビーム療法とともに使用され得る。オープンマグネットは、被検体を受け入れるのに十分な空間を相互間に有するように一方が他方の上方にされた2つの磁石部分を有する。これら2つの部分領域の構成はヘルムホルツコイルの構成と同様である。オープンマグネットは、被検体の閉じ込められ具合が小さいので人気がある。円筒磁石のクライオスタットの内部に、超電導コイルの集合体が存在する。円筒磁石304のボア306内に撮像ゾーン308が存在する。撮像ゾーン308において、磁場は、磁気共鳴撮像を実行するのに十分な強さ及び均一性である。

20

【0052】

30

磁石のボア306内にはまた、磁気共鳴データの収集中に磁石304の撮像ゾーン308内の磁気スピンを空間的にエンコードするために使用される傾斜磁場コイル310が存在する。傾斜磁場コイル310は傾斜磁場コイル電源312に接続される。傾斜磁場コイル310は、代表的なものを意図したものである。傾斜磁場コイル310は典型的に、直交する3つの空間方向での空間エンコーディングのための3つの別々のコイルセットを含んでいる。傾斜磁場コイル電源は傾斜磁場コイルに電流を供給する。傾斜磁場コイル310に供給される電流は、時間の関数として制御され、傾斜変化あるいはパルス化され得る。

【0053】

40

被検体318が、磁石304のボア306内の被検体支持台320上で横になる。被検体318は部分的に撮像ゾーン308内にある。この実施形態において、コイルアセンブリ314が、撮像ゾーン308内にあるように示されている。他の実施形態において、コイルアセンブリは、撮像ゾーン308に面して撮像ゾーン308の外側にあってもよい。

【0054】

50

撮像ゾーン308の方に向けられたコイルアセンブリ314の第1表面315が存在する。コイルアセンブリ314は、1つ以上のコイル素子317と、無線周波数スイッチ324によって接続された2つの導電性素子322とを有している。導電性素子322と無線周波数スイッチ324との組み合わせが無線周波数シールドを形成する。コイル素子317はトランシーバ（送受信器）316に接続されている。1つ以上の無線周波数スイッチ324を切り換えるように構成された無線周波数シールドコントローラ325が存在し

ている。コイル素子 317 は、各々がトランシーバ 316 によって独立に駆動され得る複数のコイル素子を表し得る。同様に、上記 2 つの導電性素子 322 は、3 つ以上の導電性素子を表し得る。無線周波数スイッチ 324 も、複数の無線周波数スイッチを表す場合があることが意図される。傾斜磁場コイル電源 312、トランシーバ 316、及び無線周波数シールドコントローラ 325 は全て、コンピュータシステム 326 のハードウェアインターフェース 328 に接続されている。コンピュータシステム 326 は更にプロセッサ 330 を有している。プロセッサ 330 は、ハードウェアインターフェース 328、ユーザインターフェース 332、コンピュータストレージ 336 及びコンピュータメモリ 338 に接続されている。プロセッサは、ハードウェアインターフェース 328 を用いて磁気共鳴撮像システムの動作及び機能を制御するように構成される。

10

【0055】

コンピュータストレージ 336 は、パルスシーケンス 340 を格納しているとして示されている。ここで使用されるパルスシーケンスは、磁気共鳴データ 342 を収集するよう 20 に磁気共鳴撮像システム 300 を時間的に制御するために使用され得る命令セットを有する。コンピュータストレージ 336 は更に、パルスシーケンス 340 を用いて収集された磁気共鳴データ 342 を格納しているとして示されている。パルスシーケンス 340 は、一部の実施形態において、感度エンコーディングパルスシーケンスすなわち SENSE パルスシーケンスとし得る。コンピュータストレージ 336 は更に、磁気共鳴データ 342 から再構成された磁気共鳴画像 344 を格納しているとして示されている。また、コンピュータメモリ 338 は、制御モジュール 350 を格納しているとして示されている。制御モジュール 350 は、磁気共鳴撮像システム 300 の動作及び機能を制御するためのコンピュータ実行可能コードを有する。例えば、制御モジュールは、パルスシーケンス 340 を用いて、磁気共鳴データ 342 を収集するように磁気共鳴撮像システム 300 を制御するためのコマンドを生成し得る。コンピュータメモリ 338 は更に、磁気共鳴データ 342 から磁気共鳴画像 344 を再構成するための画像再構成モジュール 352 を格納しているとして示されている。

20

【0056】

図 4 は、本発明の更なる一実施形態に係る磁気共鳴撮像システム 400 を示している。図 4 に示される磁気共鳴撮像システム 400 は、図 3 の磁気共鳴撮像システム 300 に似ている。この例においては、コイルアセンブリ 314 が僅かに異なるように構築されている。このコイルアセンブリは、複数のコイル素子 317 を有するものとして示されている。これらのコイル素子 317 は送信器 416 に接続されている。コイル素子 317 は、故に、無線周波数エネルギーを放射あるいは送信するように適応されている。一部の実施形態において、送信器は、複数のコイル素子 317 の各々に別々に無線周波数エネルギーを供給する複数のチャンネルを有する。複数のチャンネルの各々は、個々に制御可能な、振幅、及び / 又は位相、及び / 又は周波数、及び / 又は波形、及び / 又はパルス形状を有し得る。他の例では、各コイル素子 317 はまた、個々の送信器に接続されることが可能である。それらの送信器の各々が、個々に制御可能な、振幅、及び / 又は位相、及び / 又は周波数、及び / 又は波形、及び / 又はパルス形状を有し得る。他の一実施形態においては、唯一の送信器が存在し、電力結合器が個々のコイル素子に RF エネルギーを分配する。

30

【0057】

無線周波数シールド 319 も、無線周波数スイッチ 324 によって接続された 3 つの導電性素子 322 を有するように示されている。この場合も、複数のコイル素子 317 の各々は、各々が複数のコイル素子を表してもよく、導電性素子 322 も、更に多くの導電性素子を表してもよい。同様に、無線周波数スイッチ 324 は、各々が複数の無線周波数スイッチを表してもよい。磁石 304 のボア 306 内に、受信器コイル 420 が取り付けられている。受信器コイル 420 は受信器 418 に接続されている。送信器 416 及び受信器 418 はどちらもハードウェアインターフェース 328 に接続されている。送信器 416 がコイル素子 317 を用いて送信しているとき、スイッチ 324 が閉じられて導電性素子

40

50

322同士が接続される。受信器418が受信器コイル420を用いて受信しているときには、スイッチ324が開かれて無線周波数シールド319が透過状態になる。受信器コイル420は例えば、ボディコイル又は全身コイルとし得る。

【0058】

図5は、本発明の一実施形態に係るコイルアセンブリの一例を示している。コイルアセンブリ500の外表面は第1表面514及び第2表面516を有している。コイルアセンブリ500内に、一組の受信器コイル素子502が存在している。個々のコイル素子は示していない。この実施形態において、さらに、一組の送信器コイル素子504が存在している。個々の送信器コイル素子は示していない。受信器コイル素子502は送信器コイル素子と第1表面514との間にある。この実施形態において、さらに、阻止状態と透過状態との間で切り換えられることが可能な無線周波数シールド506が示されている。無線周波数シールド506が有する個々の無線周波数スイッチ及び導電性素子は示していない。送信器コイル素子504は無線周波数シールド506と受信器コイル素子502との間にある。受信器コイル素子502は、受信器への接続508に接続されるように示されている。送信器コイル素子504は、送信器への接続510に接続されるように示されている。無線周波数シールド506は、無線周波数シールドコントローラへの接続512に接続されるように示されている。

【0059】

図6は、本発明の一実施形態に係るコイルアセンブリ600の更なる一例を示している。やはり、このコイルアセンブリは第1表面514及び第2表面516を有している。第1表面514は、磁気共鳴撮像システムの撮像ゾーンの方に向けられることが意図される。コイルアセンブリ600内に、一群のコイル素子317が存在している。コイル素子317の各々は、それ自身の個別のマッチング(整合)回路素子602に接続されている。マッチング回路素子602は、トランシーバへの接続604に接続されている。また他の例では、これらは各々、送信器又は受信器に接続されてもよい。各マッチング回路素子602からトランシーバ、送信器又は受信器まで別個の接続が存在してもよい。また、コイルアセンブリ600内に、複数の無線周波数スイッチ324によって接続される一群の導電性素子322が存在している。無線周波数スイッチ324は、無線周波数シールドコントローラへの接続512に接続されている。コイル素子317は、第1表面と導電性素子322との間にある。

【0060】

図7は、コイル素子702によって生成される無線周波数エネルギーから被検体の一部708を遮蔽するために無線周波数シールド704がどのように使用され得るかを例示している。この図において、コイルアセンブリ700が存在している。コイルアセンブリ700は、磁気共鳴撮像システムの撮像ゾーン308の方に向けられた第1表面514を有する。コイルアセンブリ700は、撮像ゾーン308から離れる方に向けられた第2表面516を有する。被検体318は部分的706に撮像ゾーン内にある。このコイルアセンブリ700には、第1表面514と無線周波数シールド704との間に1つ以上のコイル素子702が存在する。無線周波数シールド704の個々の導電性素子及びスイッチは、この例において図示されていない。被検体の領域706が、磁気共鳴撮像システムにて撮像され得る。被検体318の領域708は、無線周波数シールド704によって、コイル素子702から遮蔽される。

【0061】

図8a、8b及び8cは、シミュレーション用の幾何学構成(ジオメトリ)を示している。コイル素子として機能する単一のループコイル800が存在している。これは図8a、8b及び8cに示されている。図8bはまた、4つの導電性素子802を示している。この無線周波数スクリーンは開放(オープン)モードすなわち透過モードにある。最後に、図8cにおいて、4つの導電性素子802は共に接続されて、阻止状態にある無線周波数シールド804を作り出している。

【0062】

10

20

30

40

50

本発明の実施形態は、一般的な P C B ベースのコイル技術を用いて容易に実現されることが可能である。コイル素子自体に変更がないことに加え、R F スクリーンなしの場合と比較して適切なチューニングが存在する。その上、R F スクリーンは、例えばF 4のような銅被覆された低損失 P C B 基板といった、典型的なコイル材料を用いて導入される。このスクリーンは、例えば、図 8 に示されるように構築され、この実現例において、セグメント間のスロットが 1 つ以上の P I N ダイオードで好適にブリッジ（橋渡し）される。それらダイオードは、送信中に順バイアスされてスロットを短絡し、故に、複数の異なるパッチから 1 つの R F スクリーンが形成される。受信モード中、P I N ダイオードは、逆バイアスされてパッチを互いに分離（アイソレート）する。所与の周波数及びコイルジオメトリに対して必要なパッチの大きさ及び個数は、個々の事例に応じて適応されるべきである。

10

【 0 0 6 3 】

図 8 a、8 b 及び 8 c に示したものとは別の一実施形態において、R F スクリーン内のスロットは、P I N ダイオードとともにアクティプへと切り換えられる所定値の集中キャパシタンスを備える。そうすることは、共鳴 R F スクリーンをもたらす。スクリーンの共鳴周波数は、例えばバラクタといった同調キャパシタ又はプリセットされた固定値を用いてシフトされ得る。この構成は、R F スクリーンとコイル素子との間のカップリング量を調整することを可能にし、そしてこの調整を介して、B 1 場及びE 場の挙動を調整することを可能にする。図 8 a、8 b 及び 8 c において、コイルから 1 0 0 m m の距離に同じ B 1 に関する R F シールドを有り及び無しとした場合の表面コイル（誘電体なし）に関して、或るキャパシタの上方 1 0 m m の代表的な三角形内の局所電場を、図 8 に示した幾何学構成を用いて計算した。R F 電流は、4 6 9 A / m から 1 2 3 7 A / m に増大し、これは 2 . 6 3 8 倍に相当する。電場は、キャパシタの 1 0 m m 上方で、3 . 9 8 k V / m から 6 . 5 4 k V / m に増大するが、これは 1 . 6 4 倍に過ぎない。これらの結果を図 9、1 0 に示す。

20

【 0 0 6 4 】

図 9 及び 1 0 は、図 8 a、8 b 及び 8 c に示した幾何学構成を用いたシミュレーション結果を示している。図 9 には、無線周波数スクリーンなし 9 0 4 、オープンすなわち透過性の無線周波数スクリーンあり 9 0 6 、及びクローズすなわち阻止性の無線周波数スクリーンあり 9 0 8 という 3 つの場合について、磁場成分 9 0 2 が距離 9 0 0 の関数として示されている。図 9 には、1 W という等しい励起パワーで、上述の 3 つの異なる状況について、z 軸上の H 場の大きさをプロットしている。図 9 は、スリットのある R F スクリーンは、達成可能な H 場の大きさを有意に抑圧してしまわないことを例証している。このオープンにされた R F シールドは、受信中に使用され得る。図 1 0 は、z 軸に沿った対応する E 場を示している。送信中、R F シールドは、例えば P I N ダイオードを用いて閉じられ、E 場を有意に抑制し得る。R F スクリーンは、中央の開口（図 8 を参照、2 0 × 2 0 m m である）を有し、コイルの下方 2 0 m m に配置されている。

30

【 0 0 6 5 】

図 1 1 及び 1 2 は、シミュレーションで無線周波数スクリーンまでの距離を 1 0 m m まで短縮し、且つ図 8 b 及び 8 c に示されるような穴を含まないように無線周波数スクリーンを完全に閉じたことを除いて、図 9 及び 1 0 に示したのと同様の結果を示している。図 9 及び 1 0 に示した結果と比較して、送信状態での電場の抑制が更に良好になっている。

40

【 0 0 6 6 】

図 1 1 及び 1 2 には、異なる幾何学構成を用いた図 9 及び 1 0 においてのようなシミュレーションによる結果が示されている。R F スクリーンまでの距離が 1 0 m m に短縮されるとともに、R F スクリーンが中央の穴（図 8 参照）を含まないように完全に閉じられている。T x における E 場の抑制が、図 9 及び 1 0 と比較して更に良好である。

【 0 0 6 7 】

図 1 3 は、異なるシミュレーションジオメトリを示している。このケースではコイル 8 0 0 及び切換可能な無線周波数スクリーン 8 0 4 が誘電体ボディ 1 3 0 0 を搭載していることを除いて、ここでも図 8 a、8 b 及び 8 c に示した幾何学構成を用いる。コイル 8 0

50

0は誘電体ボディ1300に隣接配置される。誘電体ボディ1300は、無線周波数コイルの周り10mmに位置するヒト組織の影響を模擬するものである。

【0068】

図14及び15は、図8a、8b及び8cのシミュレーションジオメトリに代えて図13のシミュレーションジオメトリが使用されたことを除いて、図9及び10と類似である。これらの結果は、ヒト組織の特性を有する等方的な誘電体がRFコイルの上方10mmに位置する上述のシミュレーションを示している。等しい磁場に必要な電力が倍増される一方で、送信中のコイル付近のE場の抑制が有意に低減されている。

【0069】

図16は、被検体の一部1608を保護するために本発明の一実施形態がどのように使用され得るかを例示している。この図には被検体1600が示されており、被検体1600は受信コイルセグメント1602に隣接している。受信コイルセグメント1602は、被検体と送信コイルセグメント1604との間にある。送信コイルセグメント1604の、受信コイルセグメント1602とは反対側に、切換可能な無線周波数スクリーン1606が配置されている。切換可能な無線周波数スクリーン1606は、被検体の一部1608と送信コイルセグメント1604との間に位置している。切換可能な無線周波数スクリーン1606が閉鎖状態なわち阻止状態へと切り換えられると、送信コイルセグメント1604からの放射線1610が被検体の遮蔽部分1608に到達するのが阻止される。

【0070】

図16に示した実施形態においては、送信(Tx)と受信(Rx)とに異なるコイル素子が使用される。Tx専用コイル1604が(上述のように)スクリーンの近くに配置される一方で、Rx専用コイルは撮像対象の被検体の近くに(故に、RFスクリーンから遠くに)配置される。これは、改善されたRx感度をもたらすが、より厚いコイル/スクリーン群という代償を伴う。

【0071】

図17は、本発明の一実施形態に係る無線周波数シールド1700が取り得る一幾何学構成を示している。この実施形態には、互いに隣り合わせて配置された4つの正方形の導電性素子322が存在している。

【0072】

図18は、他の構成の導電性素子322を示している。この図において、無線周波数シールド1800は、16個の正方形の導電性素子322によって形成される。

【0073】

図19は、本発明の更なる一実施形態に係る無線周波数シールド1900を示している。この実施形態において、無線周波数シールドは円形状であり、パイ形状の導電性素子322からなる。

【0074】

図20は、本発明の他の一実施形態に係る無線周波数シールド2000を示している。この実施形態において、導電性素子322は標的形状に配置されている。

【0075】

図17、18、19及び20に示した例は、スクリーンの上方に位置する無線周波数コイルへの所望の影響に応じての、構築される無線周波数スクリーンの幾つかの取り得る設計に過ぎない。不規則な形状も可能であり、特定の用途で望ましいものとなり得る。

【0076】

図21は、パターン形成された印刷回路基板2100を用いて無線周波数シールドがどのように構築され得るかを例示している。パターニングされた印刷回路基板2100の2つのピース(断片)が示されている。各ピースは低損失基板2102で構成されている。各基板2100上で低損失基板2102に、パターニングされた銅2104が付着されている。これらの銅ストリップ2104が、コイルアセンブリのアンテナ素子及び/又は導電性素子を構築するために使用され得る。

【0077】

10

20

30

40

50

図22は、本発明の他の一実施形態に係る無線周波数シールド2200を示している。この例には、4つの導電性素子322が存在している。これら導電性素子は、行を成すpinダイオード2202と共に接続されている。pinダイオード2202は無線周波数スイッチとして機能する。この例は、オン及びオフの切り替えのために例示のpinダイオードを備えた印刷回路基板を用いて構築され得る。一部の実施形態において、無線周波数シールド2200のチューニング可能性を更に拡張するため、これらのスイッチは、キヤパシタのような集中部品によって置き換えられ、あるいはそれによって達成され得る。

【0078】

図23は、本発明の一実施形態に係るコイルアセンブリを例示している。このコイルアセンブリは、3つの分離した無線周波数シールド2304を有している。分離した無線周波数シールド2304の各々は、pinダイオード2202によって接続される4つの導電性素子322を有している。分離した無線周波数シールド2304の各々に対して、TEM送信コイル2302が存在している。TEM送信コイルは、デカップリングされずに、分離した切換可能な無線周波数スクリーン2304を有する。送信中、これらのコイルはスクリーンと接続され、送信コイルが共鳴する。受信中、スクリーンの下に別個のループコイル(図示せず)が配置される。例えば重なりを介したコイルの幾何学的なデカップリングの場合に備えて、好適なスクリーン設計が更に進化され得る。TEM送信コイルは、pinダイオード2202を介してスクリーンに接続されている。

【0079】

図24は、本発明の他の一実施形態に係るコイルアセンブリ2400を示している。図24に示される実施形態は、TEM送信コイルに代えてバタフライコイル2402が用いられていることを除いて、図23に示された実施形態と非常に似通っている。バタフライコイル2402は、pinダイオード2202で分割されている。バタフライコイル2402が送信又は受信に使用されるとき、バタフライコイル2402の2つのセクションを接続するためにpinダイオードが使用される。

【0080】

図25は、本発明の他の一実施形態に係るコイルアセンブリ2500を示している。図25の例は、図24及び23の例と似通っている。しかしながら、このケースにおいては、TEMコイル又はバタフライコイルがループコイル2502で置き換えられている。

【0081】

図26は、本発明の他の一実施形態に係るコイルアセンブリ2600は、全ての導電性素子322がpinダイオード2202によって接続されることを除いて、図25のものと似通っている。この例では、分離した無線周波数シールドは存在せず、1つの大きい無線周波数シールドが存在する。

【0082】

図27は、本発明の一実施形態に係るコイルアセンブリ2700の内部コンポーネントの一例を示している。一群のコイル素子2702が存在している。また、コイル素子2702に隣接して、切換可能な無線周波数スクリーン2704が存在している。感度を有する一群の電子部品2706も示されている。切換可能な無線周波数スクリーン2704は、電子部品2706とコイル素子2702との間にある。コイル素子2702が無線周波数エネルギーをプロードキャストあるいは送信するために使用される場合、切換可能な無線周波数スクリーン2704は、電子部品2706を保護するために、閉鎖状態すなわち阻止状態に置かれることができる。無線周波数コイルはデカップリングされず、別個の切換可能な無線周波数スクリーンを有し得る。例えばS/Rスイッチ、前置増幅器、ローカルな無線周波数増幅器、PET検出器すなわち陽電子放出型トモグラフィ検出器などの電子部品又は電子デバイスが、スクリーンの上方に配置される。切換可能スクリーンは、送信中に電子部品を保護する。例えば重なりを介してなどの、コイルの幾何学的なデカップリングの場合に備えて、好適なスクリーン設計が更に進化され得る。

【0083】

本発明の実施形態は、以下の特徴のうちの1つ以上を有し得る：

10

20

30

40

50

1. 切換可能な R F スクリーン又は導電体パターンであり、これは、 R F コイルのフィールド（場）パターンに対して影響をもたらすものである；
2. R F スクリーンは P C B 又は導電体材料で構成され、構造化される；
3. 遮蔽する導電性素子は受動的であり、より高い遮蔽効果を提供するために部分的に共鳴するようにされることが可能。これは、直列キャパシタ（ディスクリートであるか、分散されるか）；
4. コイル構成は追加の受信コイル層を有することができる；
5. 受信コイル層は、一般的な電気接続、光接続、誘導接続、無線接続を介して、外付けで機械的に接続されて供給されることがある；
6. 個々の R F スクリーン素子同士が電磁的に分離されることで（低インピーダンス）、10
導波路効果ひいては制御不能なモードパターン及び S A R 値が抑制される；
7. P I N 型又は M E M 型のスイッチングエレクトロニクス；
8. 送信 t x / r x アレイとして例えば F l e x L 、 M 、 S などの記載の特性を有する構成；
9. ループ構造及び T E M ストリップライン構造で構成される結合型 T x / R x アレイに関する記載の特性を有する構成；
10. 切換式の遮蔽効果を補償するための電子的な再調整デバイスを備えたコイル素子；
11. 切換可能スクリーンを備えた二重共鳴コイル素子。 M R 共鳴周波数に対する遮蔽によって二次共振が調整されるので、コイル素子は P I N スイッチを必要としない。

【 0 0 8 4 】

20

図面及び以上の記載にて本発明を詳細に図示して説明したが、これらの図示及び説明は、限定的なものではなく、例示的あるいは典型的なものと見なされるべきであり、本発明は開示した実施形態に限定されるものではない。

【 0 0 8 5 】

30

図面、明細書及び特許請求の範囲の学習から、請求項に記載の発明を実施使用とする当業者によって、開示した実施形態へのその他の変形が理解・達成され得る。請求項において、用語“有する”はその他の要素又はステップを排除するものではなく、不定冠詞“ a ”若しくは“ a n ”は複数であることを排除するものではない。単一のプロセッサ又はその他のユニットが、請求項に記載された複数のアイテムの機能を果たしてもよい。特定の複数の手段が相互に異なる従属請求項に記載されているという单なる事実は、それらの手段の組合せが有利に使用され得ない、ということを指示するものではない。コンピュータプログラムは、他のハードウェアとともに供給されるか、あるいは他のハードウェアの部分として供給されるかする例えば光記憶媒体又は半導体媒体などの好適な媒体上で格納／配信され得るが、例えばインターネット又はその他の有線若しくは無線の遠隔通信システムを介してなど、その他の携帯で配信されてもよい。請求項中の参照符号は、範囲を限定するものとして解されるべきでない。

【 符号の説明 】**【 0 0 8 6 】**

- 3 0 0 磁気共鳴撮像システム
- 3 0 4 磁石
- 3 0 6 磁石のボア
- 3 0 8 撮像ゾーン
- 3 1 0 傾斜磁場コイル
- 3 1 2 傾斜磁場コイル電源
- 3 1 4 コイルアセンブリ
- 3 1 5 第 1 表面
- 3 1 6 トランシーバ（送受信器）
- 3 1 7 コイル素子
- 3 1 8 被検体
- 3 2 0 被検体支持台

40

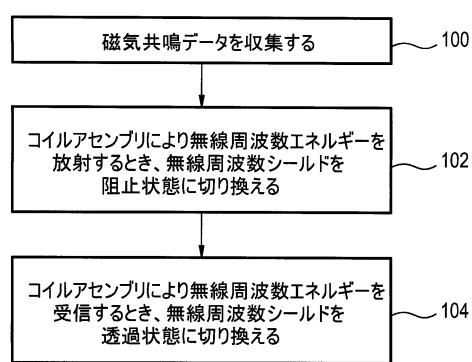
50

3 2 2	導電性素子	
3 2 4	無線周波数スイッチ	
3 2 5	無線周波数シールドコントローラ	
3 2 6	コンピュータシステム	
3 2 8	ハードウェアインターフェース	
3 3 0	プロセッサ	
3 3 2	ユーチューブインターフェース	
3 3 6	コンピュータストレージ	
3 3 8	コンピュータメモリ	
3 4 0	パルスシーケンス(感度エンコーディングパルスシーケンス)	10
3 4 2	磁気共鳴データ	
3 4 4	磁気共鳴画像	
3 5 0	制御モジュール	
3 5 2	画像再構成モジュール	
4 0 0	磁気共鳴撮像システム	
4 1 6	送信器	
4 1 8	受信器	
4 2 0	受信器コイル	
5 0 0	コイルアセンブリ	
5 0 2	受信器コイル素子	
5 0 4	送信器コイル素子	20
5 0 6	無線周波数シールド	
5 0 8	受信器への接続	
5 1 0	送信器への接続	
5 1 2	無線周波数シールドコントローラへの接続	
5 1 4	第1表面	
5 1 6	第2表面	
6 0 0	コイルアセンブリ	
6 0 2	マッチング回路素子	
6 0 4	トランシーバへの接続	30
7 0 0	コイルアセンブリ	
7 0 2	コイル素子	
7 0 4	無線周波数シールド	
7 0 6	撮像ゾーン内の被検体部分	
7 0 8	被検体の遮蔽される部分	
9 0 0	距離	
9 0 2	磁場成分	
9 0 4	R Fスクリーンなし	
9 0 6	開いた透過R Fスクリーンあり	
9 0 8	閉じたR Fスクリーンあり	40
1 0 0 2	電場成分	
1 6 0 0	被検体	
1 6 0 2	受信コイル素子	
1 6 0 4	送信コイル素子	
1 6 0 6	切換可能な無線周波数スクリーン	
1 6 0 8	被検体の遮蔽される部分	
1 6 1 0	R Fスクリーンによって阻止される放射線	
1 7 0 0	無線周波数シールド	
1 8 0 0	無線周波数シールド	
1 9 0 0	無線周波数シールド	50

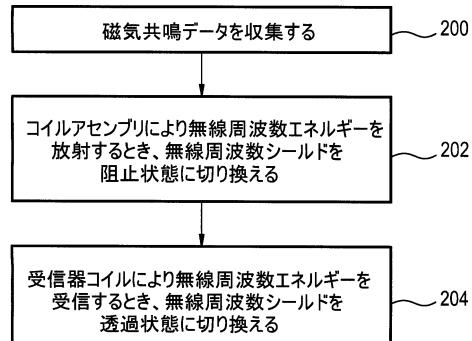
2000 無線周波数シールド
 2100 パターン形成された印刷回路基板
 2102 低損失基板
 2104 銅
 2200 無線周波数シールド
 2202 PINダイオード
 2300 コイルアセンブリ
 2302 TEM送信コイル
 2304 分離した無線周波数シールド
 2400 コイルアセンブリ
 2402 バタフライコイル
 2500 コイルアセンブリ
 2502 ループコイル
 2600 コイルアセンブリ
 2700 コイルアセンブリ
 2702 コイル素子
 2704 切換可能RFスクリーン
 2706 電子部品

10

【図1】

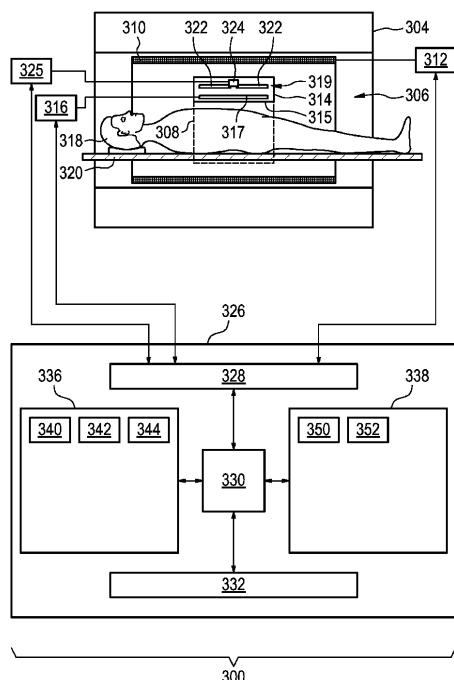


【図2】



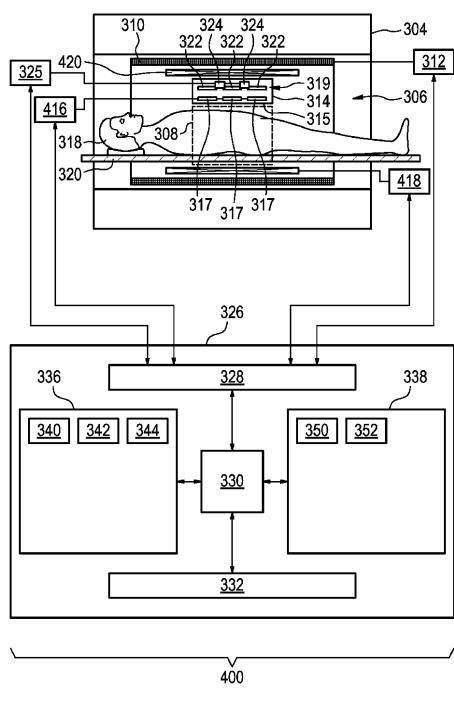
【図3】

FIG. 3



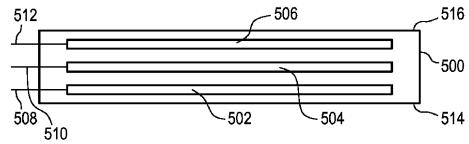
【 図 4 】

FIG. 4



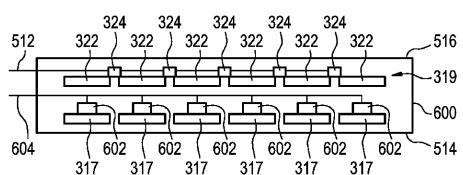
【 図 5 】

FIG. 5



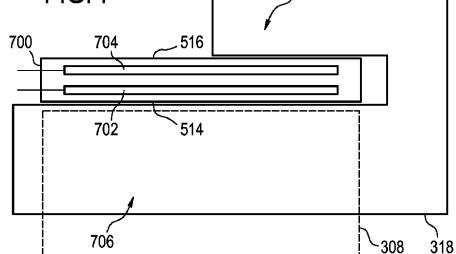
【 义 6 】

FIG. 6



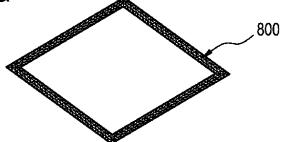
【圖 7】

FIG. 7



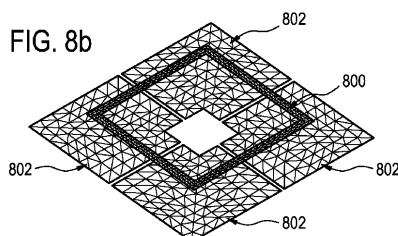
【図 8 a】

FIG. 8a



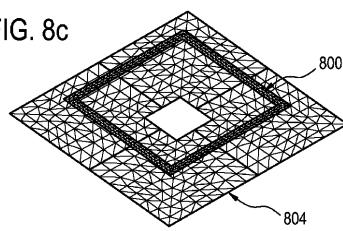
【図 8 b】

FIG. 8b

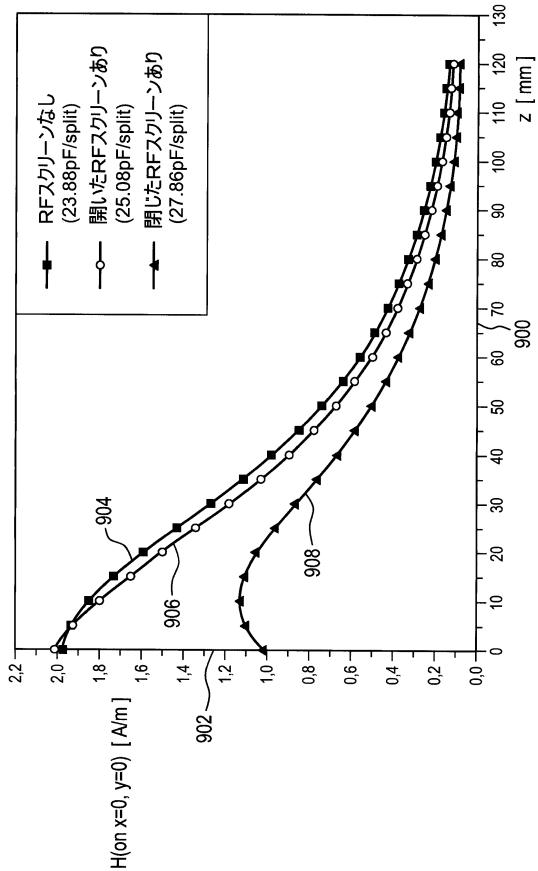


【図 8 c】

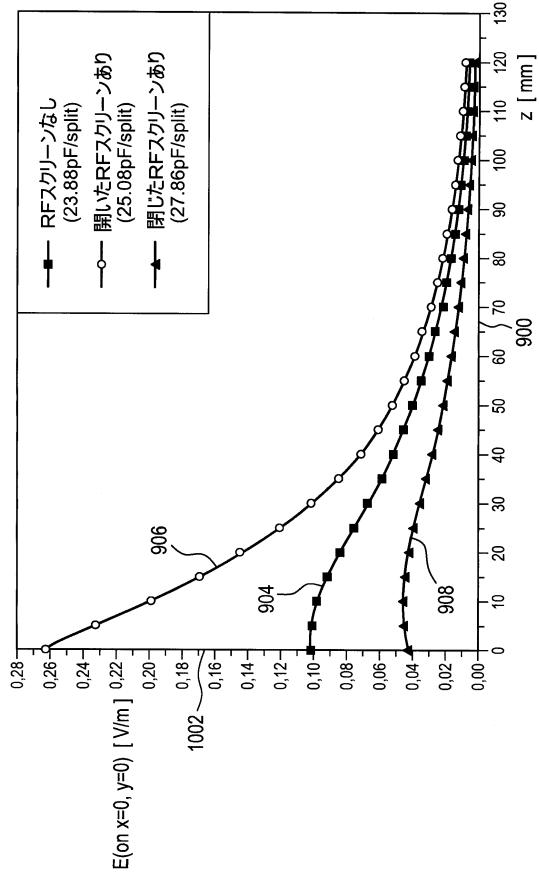
FIG. 8c



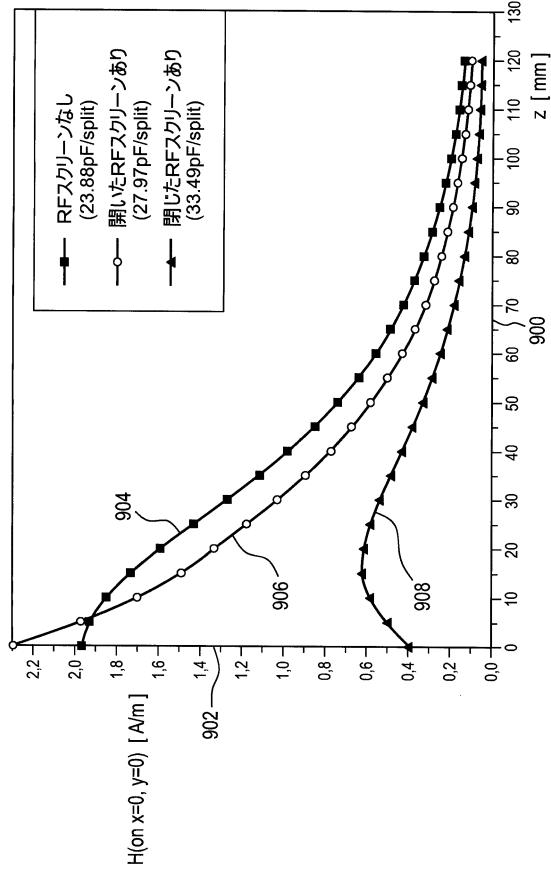
【 义 9 】



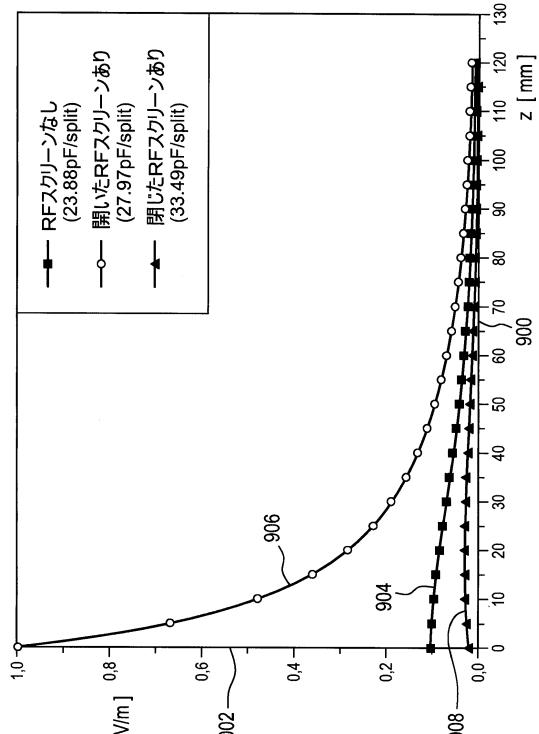
【図 1 0】



【図 1 1】



【図 1 2】



【図 1 3】

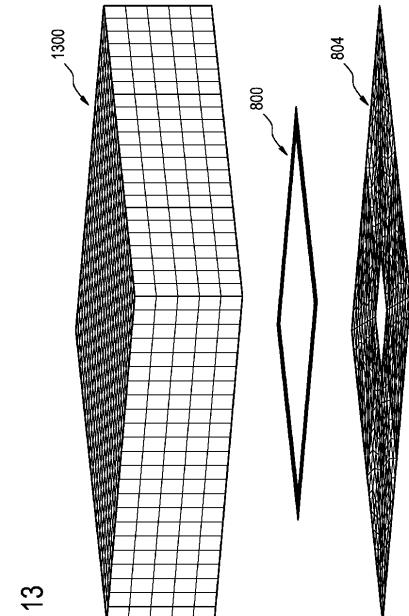
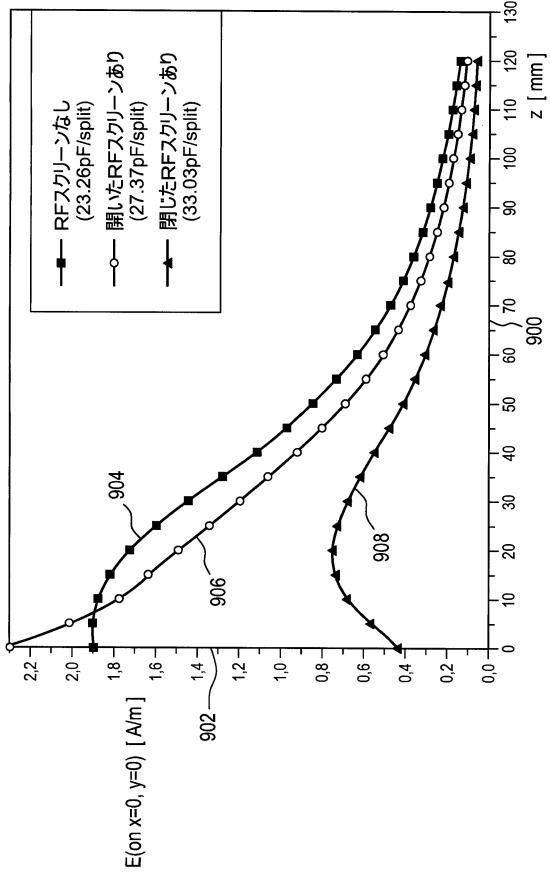
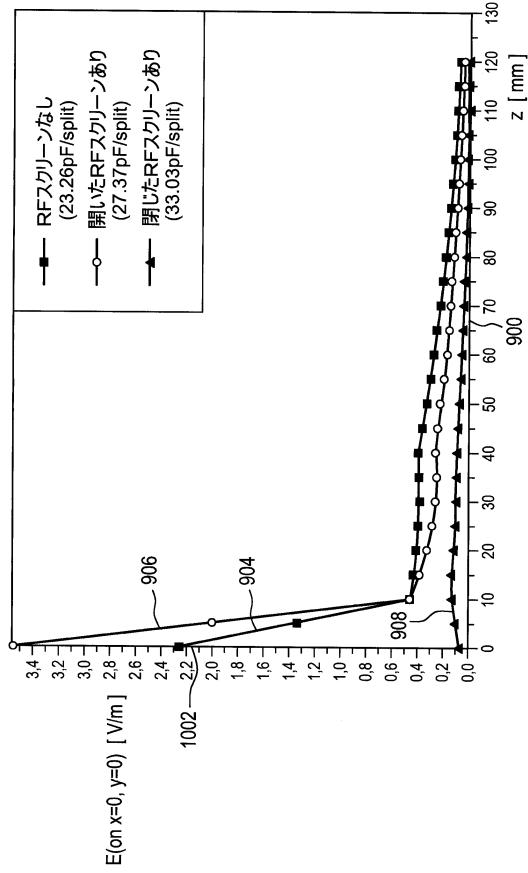


FIG. 13

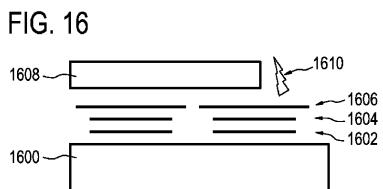
【図14】



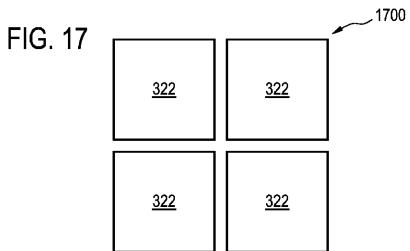
【図15】



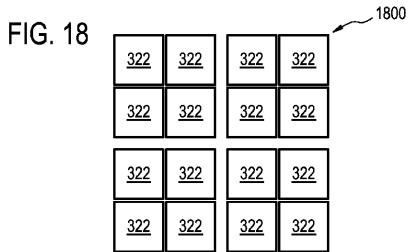
【図16】



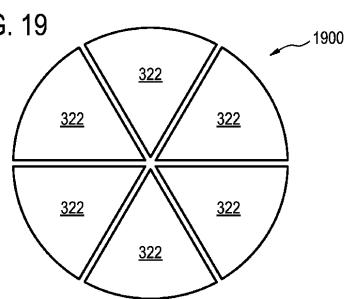
【図17】



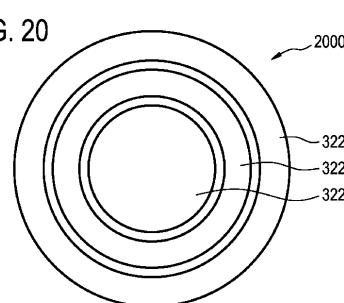
【図18】



【図19】



【図20】



【図21】

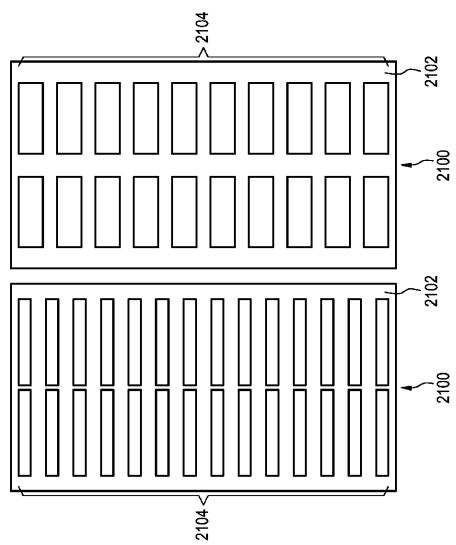
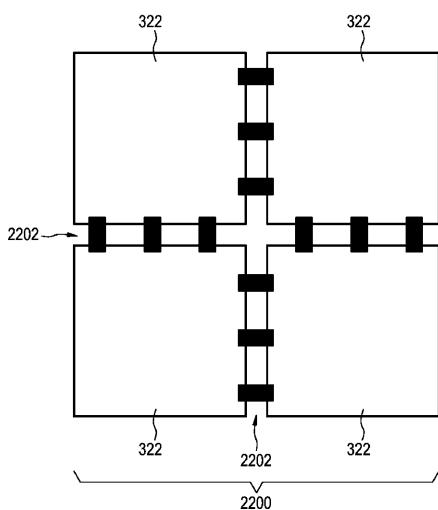


FIG. 21

【図22】

FIG. 22



【図23】

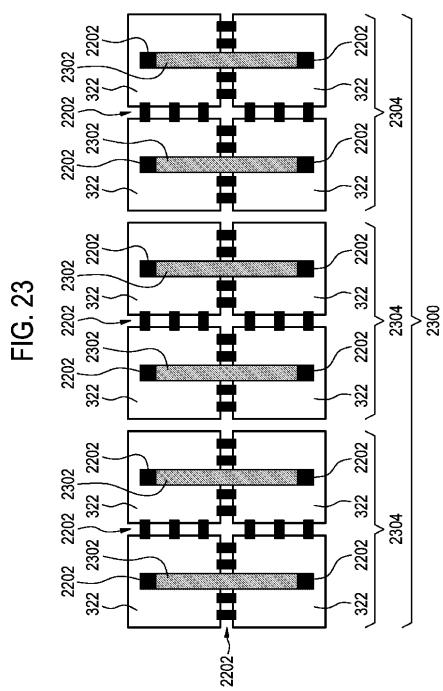


FIG. 23

【図24】

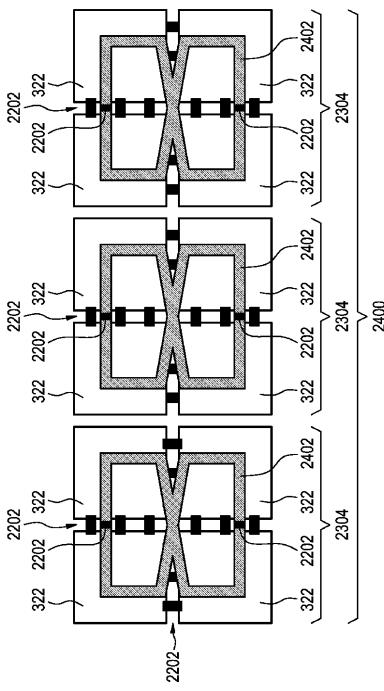
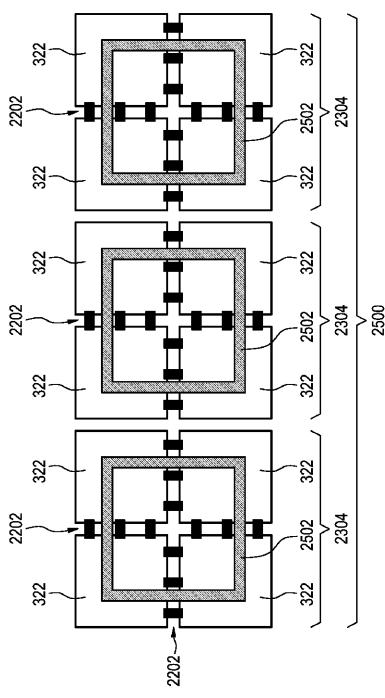


FIG. 24

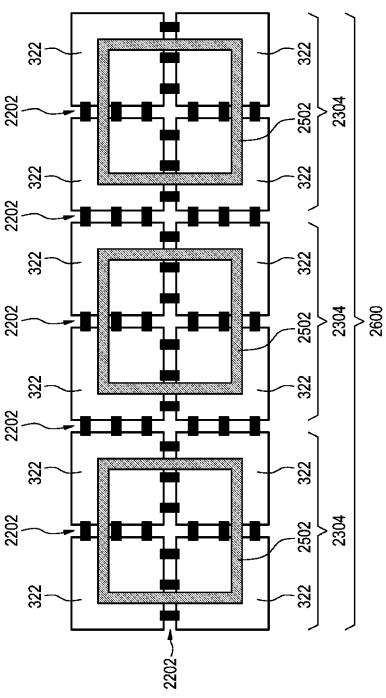
【図25】

FIG. 25



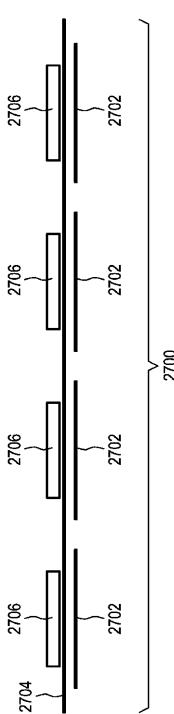
【図26】

FIG. 26



【図27】

FIG. 27



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 ロイスラー , クリストフ

オランダ国 , 5656 アーエー アンドーフェン , ハイ・テク・キャンパス 44 , フィリップ
ブス・アイピー・アンド・エス内

(72)発明者 ヴィルツ , ダニエル

オランダ国 , 5656 アーエー アンドーフェン , ハイ・テク・キャンパス 44 , フィリップ
ブス・アイピー・アンド・エス内

審査官 伊藤 昭治

(56)参考文献 特開2000-014658 (JP, A)

特開2007-260078 (JP, A)

米国特許出願公開第2010/0156412 (US, A1)

特開2006-346055 (JP, A)

特開平03-049737 (JP, A)

特開2008-259749 (JP, A)

特開平08-168472 (JP, A)

米国特許第05419325 (US, A)

特表2008-507335 (JP, A)

特開平07-155307 (JP, A)

特開平11-299754 (JP, A)

特開平08-252234 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl. , DB名)

A 61 B 5 / 055