

(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. F I  
**A 6 1 B 5/055 (2006.01)**  
 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)	(73) 特許権者	590000248
(86) (22) 出願日	平成24年10月3日(2012.10.3)		コーニンクレッカ フィリップス エヌ ヴェ
(65) 公表番号	特表2014-530079 (P2014-530079A)		KONINKLIJKE PHILIPS N. V.
(43) 公表日	平成26年11月17日(2014.11.17)		オランダ国 5656 アーエー アイン ドーフエン ハイテック キャンパス 5
(86) 国際出願番号	PCT/IB2012/055289		High Tech Campus 5, NL-5656 AE Eindhoven
(87) 国際公開番号	W02013/057612		
(87) 国際公開日	平成25年4月25日(2013.4.25)	(74) 代理人	100107766
審査請求日	平成27年10月2日(2015.10.2)		弁理士 伊東 忠重
(31) 優先権主張番号	61/548,287	(74) 代理人	100070150
(32) 優先日	平成23年10月18日(2011.10.18)		弁理士 伊東 忠彦
(33) 優先権主張国	米国 (US)		

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MRI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け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氣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氣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に構成され、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に構成され、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に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に、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ボリュウムコイル、TEMコイル、及びパ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、

コンピュータプログラム。

40

【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B<sub>0</sub>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、B 0 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できる。核スピンの放射される無線周波数 ( R F ) 信号が受信器コイルによって検出され、これらの R F 信号を用いて M R I 画像が構築される。

【 0 0 0 3 】

これまでの大抵の M R 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 ; Q B C ) が使用されている。全身撮像の場合、これは 3 T 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 7 T 以上で適用される。

【 0 0 0 4 】

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

【 0 0 0 5 】

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 】

【 0 0 0 6 】

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 】

【 0 0 0 7 】

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。

【 0 0 0 8 】

本発明の実施形態は、送信 / 受信 ( T x - R x ) 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 R F スクリーンを使用し得る。これは、T x - R x 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、R F スクリーンは、従来からの R F 阻止モードに切り換えられ、故に、コイル素子とその駆動 R F 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

【 0 0 0 9 】

受信フェーズ中、好適なスイッチ ( 例えば、P I N ダイオード ) が R F 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 S A R 性能をもたらす。

【 0 0 1 0 】

一部の実施形態は、局所的な T x R x コイルに局所的な R F スクリーンを、電気的スイッチ ( 例えば、P I N 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、R F 阻止動作が達成されるように、R F 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 S A R 挙動が改善される。電磁放射線が、要求される視野 ( F O V ) に閉じ込められる。

40

【 0 0 1 1 】

受信モード中、スイッチは R F スクリーンを開き、R F 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、T x 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、S E N S E ) を可能にする。

【 0 0 1 2 】

50

本発明の実施形態は、特に高磁場用途（３Ｔ、７Ｔ）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；
- ・ＦＯＶの外側の人体部分への放射線（バックフォールディング、ＳＡＲ、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、ＵＳＢサムドライブ、ランダムアクセスメモリ（ＲＡＭ）、読み出し専用メモリ（ＲＯＭ）、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ＣＤ－ＲＯＭ、ＣＤ－ＲＷ、ＣＤ－Ｒ、ＤＶＤ－ＲＯＭ、ＤＶＤ－ＲＷ、又はＤＶＤ－Ｒといった、コンパクトディスク（ＣＤ）及びデジタル多用途ディスク（ＤＶＤ）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、ＲＡＭ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、ＵＳＢ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、ＤＶＤ、ＣＤ－ＲＯＭ、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。

## 【 0 0 1 6 】

‘ 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

## 【 0 0 1 7 】

‘ ユーザインタフェース ’ 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フェースである。 ‘ ユーザインタフェース ’ はまた、 ‘ ヒューマンインタフェース装置 ’ とも呼ばれ得る。ユーザインタフェースは、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し示す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フェースコンポーネントの例である。

20

## 【 0 0 1 8 】

‘ ハードウェアインタフェース ’ 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フェースを包含するものである。ハードウェアインタフェースは、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、IEEE 1394ポート、パラレルポート、IEEE 1284ポート、RS - 232ポート、IEEE - 488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、TCP / IP接続、イーサネット（登録商標）接続、制御電圧インタフェース、MIDIインタフェース、アナログ入力インタフェース、及びデジタル入力インタフェースを含む。

30

40

## 【 0 0 1 9 】

磁気共鳴（MR）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、原子スピン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（MRI）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されることができる。

## 【 0 0 2 0 】

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に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に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に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に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。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氣的に接続するように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氣的に切断するように構成される。

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に構成される。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することができ、コイルアセンブリは例えば、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ため、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。

#### 【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。

#### 【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。

#### 【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



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。

【 0 0 4 0 】

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 T E M 送信コイルである。

【 0 0 4 1 】

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 T E M ボリュームコイルである。

【 0 0 4 2 】

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 T E M コイルである。

【 0 0 4 3 】

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。

10

【 0 0 4 4 】

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

20

【 0 0 4 5 】

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は既に説明した。

30

【 0 0 4 6 】

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。

40

【図面の簡単な説明】

【 0 0 4 7 】

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。

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に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 8 a】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 8 b】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 8 c】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 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す図である。

【図 10】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す図である。

【図 11】図 8 a、8 b 及び 8 c に示した幾何学構成を変更したものを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 8 a、8 b 及び 8 c に示した幾何学構成を変更したものを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】

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。

【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。

【0052】

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】

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】

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 3 1 7 は、各々がトランシーバ 3 1 6 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 3 2 2 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 3 2 4 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 3 1 2、トランシーバ 3 1 6、及び無線周波数シールドコントローラ 3 2 5 は全て、コンピュータシステム 3 2 6 のハードウェアインタフェース 3 2 8 に接続されている。コンピュータシステム 3 2 6 は更にプロセッサ 3 3 0 を有している。プロセッサ 3 3 0 は、ハードウェアインタフェース 3 2 8、ユーザインタフェース 3 3 2、コンピュータストレージ 3 3 6 及びコンピュータメモリ 3 3 8 に接続されている。プロセッサは、ハードウェアインタフェース 3 2 8 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

#### 【 0 0 5 5 】

コンピュータストレージ 3 3 6 は、パルスシーケンス 3 4 0 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 3 4 2 を収集するように磁気共鳴撮像システム 3 0 0 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 3 3 6 は更に、パルスシーケンス 3 4 0 を用いて収集された磁気共鳴データ 3 4 2 を格納しているとして示されている。パルスシーケンス 3 4 0 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 S E N S E パルスシーケンスとし得る。コンピュータストレージ 3 3 6 は更に、磁気共鳴データ 3 4 2 から再構成された磁気共鳴画像 3 4 4 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 3 3 8 は、制御モジュール 3 5 0 を格納しているとして示されている。制御モジュール 3 5 0 は、磁気共鳴撮像システム 3 0 0 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 3 4 0 を用いて、磁気共鳴データ 3 4 2 を収集するように磁気共鳴撮像システム 3 0 0 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 3 3 8 は更に、磁気共鳴データ 3 4 2 から磁気共鳴画像 3 4 4 を再構成するための画像再構成モジュール 3 5 2 を格納しているとして示されている。

20

#### 【 0 0 5 6 】

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 4 0 0 を示している。図 4 に示される磁気共鳴撮像システム 4 0 0 は、図 3 の磁気共鳴撮像システム 3 0 0 に似ている。この例においては、コイルアセンブリ 3 1 4 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 3 1 7 を有するものとして示されている。これらのコイル素子 3 1 7 は送信器 4 1 6 に接続されている。コイル素子 3 1 7 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 3 1 7 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 3 1 7 はまた、個々の送信器に接続されることができてよい。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 R F エネルギーを分配する。

30

40

#### 【 0 0 5 7 】

無線周波数シールド 3 1 9 も、無線周波数スイッチ 3 2 4 によって接続された 3 つの導電性素子 3 2 2 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 3 1 7 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 3 2 2 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 3 2 4 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 3 0 4 のボア 3 0 6 内に、受信器コイル 4 2 0 が取り付けられている。受信器コイル 4 2 0 は受信器 4 1 8 に接続されている。送信器 4 1 6 及び受信器 4 1 8 はどちらもハードウェアインタフェース 3 2 8 に接続されている。送信器 4 1 6 がコイル素子 3 1 7 を用いて送信しているとき、スイッチ 3 2 4 が閉じられて導電性素子

50

3 2 2 同士が接続される。受信器 4 1 8 が受信器コイル 4 2 0 を用いて受信しているときには、スイッチ 3 2 4 が開かれて無線周波数シールド 3 1 9 が透過状態になる。受信器コイル 4 2 0 は例えば、ボディコイル又は全身コイルとし得る。

【 0 0 5 8 】

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 5 0 0 の外表面は第 1 表面 5 1 4 及び第 2 表面 5 1 6 を有している。コイルアセンブリ 5 0 0 内に、一組の受信器コイル素子 5 0 2 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 5 0 4 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 5 0 2 は送信器コイル素子と第 1 表面 5 1 4 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 5 0 6 が示されている。無線周波数シールド 5 0 6 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 5 0 4 は無線周波数シールド 5 0 6 と受信器コイル素子 5 0 2 との間にある。受信器コイル素子 5 0 2 は、受信器への接続 5 0 8 に接続されるように示されている。送信器コイル素子 5 0 4 は、送信器への接続 5 1 0 に接続されるように示されている。無線周波数シールド 5 0 6 は、無線周波数シールドコントローラへの接続 5 1 2 に接続されるように示されている。

10

【 0 0 5 9 】

図 6 は、本発明の一実施形態に係るコイルアセンブリ 6 0 0 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 5 1 4 及び第 2 表面 5 1 6 を有している。第 1 表面 5 1 4 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 6 0 0 内に、一群のコイル素子 3 1 7 が存在している。コイル素子 3 1 7 の各々は、それ自身の個別のマッチング（整合）回路素子 6 0 2 に接続されている。マッチング回路素子 6 0 2 は、トランシーバへの接続 6 0 4 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 6 0 2 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 6 0 0 内に、複数の無線周波数スイッチ 3 2 4 によって接続される一群の導電性素子 3 2 2 が存在している。無線周波数スイッチ 3 2 4 は、無線周波数シールドコントローラへの接続 5 1 2 に接続されている。コイル素子 3 1 7 は、第 1 表面と導電性素子 3 2 2 との間にある。

20

30

【 0 0 6 0 】

図 7 は、コイル素子 7 0 2 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 7 0 8 を遮蔽するために無線周波数シールド 7 0 4 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 7 0 0 が存在している。コイルアセンブリ 7 0 0 は、磁気共鳴撮像システムの撮像ゾーン 3 0 8 の方に向けられた第 1 表面 5 1 4 を有する。コイルアセンブリ 7 0 0 は、撮像ゾーン 3 0 8 から離れる方に向けられた第 2 表面 5 1 6 を有する。被検体 3 1 8 は部分的 7 0 6 に撮像ゾーン内にある。このコイルアセンブリ 7 0 0 には、第 1 表面 5 1 4 と無線周波数シールド 7 0 4 との間に 1 つ以上のコイル素子 7 0 2 が存在する。無線周波数シールド 7 0 4 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 7 0 6 が、磁気共鳴撮像システムにて撮像され得る。被検体 3 1 8 の領域 7 0 8 は、無線周波数シールド 7 0 4 によって、コイル素子 7 0 2 から遮蔽される。

40

【 0 0 6 1 】

図 8 a、8 b 及び 8 c 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 8 0 0 が存在している。これは図 8 a、8 b 及び 8 c に示されている。図 8 b はまた、4 つの導電性素子 8 0 2 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 8 c において、4 つの導電性素子 8 0 2 は共に接続されて、阻止状態にある無線周波数シールド 8 0 4 を作り出している。

【 0 0 6 2 】

50

本発明の実施形態は、一般的なPCBベースのコイル技術を用いて容易に実現されることが出来る。コイル素子自体に変更がないことに加え、RF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、RFスクリーンは、例えばF4のような銅被覆された低損失PCB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PIN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RFスクリーンが形成される。受信モード中、PIN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

#### 【0063】

図8a、8b及び8cに示したものと別の一実施形態において、RFスクリーン内のスロットは、PINダイオードとともにアクティブ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RF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、RF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、B1場及びE場の挙動を調整することを可能にする。図8a、8b及び8cにおいて、コイルから100mmの距離に同じB1に関するRFシールドを有し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10mm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。RF電流は、469A/mから1237A/mに増大し、これは2.638倍に相当する。電場は、キャパシタの10mm上方で、3.98kV/mから6.54kV/mに増大するが、これは1.64倍に過ぎない。これらの結果を図9、10に示す。

20

#### 【0064】

図9及び10は、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している。図9には、無線周波数スクリーンなし904、オープンすなわち透過性の無線周波数スクリーンあり906、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908という3つの場合について、磁場成分902が距離900の関数として示されている。図9には、1W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RF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RFシールドは、受信中に使用され得る。図10は、z軸に沿った対応するE場を示している。送信中、RFシールドは、例えばPINダイオードを用いて閉じられ、E場を有意に抑制し得る。RFスクリーンは、中央の開口（図8を参照、20×20mmである）を有し、コイルの下方20mmに配置されている。

30

#### 【0065】

図11及び12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10mmまで短縮し、且つ図8b及び8c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10に示したのと同様の結果を示している。図9及び10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

#### 【0066】

図11及び12には、異なる幾何学構成を用いた図9及び10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。RFスクリーンまでの距離が10mmに短縮されるとともに、RF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。TxにおけるE場の抑制が、図9及び10と比較して更に良好である。

#### 【0067】

図13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800及び切換可能な無線周波数スクリーン804が誘電体ボディ1300を搭載していることを除いて、ここでも図8a、8b及び8cに示した幾何学構成を用いる。コイル80

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が閉鎖状態す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を使用される。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は標的形狀に配置されている。

【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。パターン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、パターンニングされた銅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 2 2 は、本発明の他の一実施形態に係る無線周波数シールド 2 2 0 0 を示している。この例には、4 つの導電性素子 3 2 2 が存在している。これら導電性素子は、行を成す p i n ダイオード 2 2 0 2 で共に接続されている。p i n ダイオード 2 2 0 2 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換えのために例示の p i n 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 2 2 0 0 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、キャ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。

【 0 0 7 8 】

図 2 3 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 2 3 0 4 を有している。分離した無線周波数シールド 2 3 0 4 の各々は、p i n ダイオード 2 2 0 2 によって接続される 4 つの導電性素子 3 2 2 を有している。分離した無線周波数シールド 2 3 0 4 の各々に対して、T E M 送信コイル 2 3 0 2 が存在している。T E M 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 2 3 0 4 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。受信時、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。T E M 送信コイルは、p i n ダイオード 2 2 0 2 を介してスクリーンに接続されている。

【 0 0 7 9 】

図 2 4 は、本発明の他の一実施形態に係るコイルアセンブリ 2 4 0 0 を示している。図 2 4 に示される実施形態は、T E M 送信コイルに代えてバタフライコイル 2 4 0 2 が用いられていることを除いて、図 2 3 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 2 4 0 2 は、p i n ダイオード 2 2 0 2 で分割されている。バタフライコイル 2 4 0 2 が送信又は受信に使用されるとき、バタフライコイル 2 4 0 2 の 2 つのセクションを接続するために p i n ダイオードが使用される。

【 0 0 8 0 】

図 2 5 は、本発明の他の一実施形態に係るコイルアセンブリ 2 5 0 0 を示している。図 2 5 の例は、図 2 4 及び 2 3 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、T E M コイル又はバタフライコイルがループコイル 2 5 0 2 で置き換えられている。

【 0 0 8 1 】

図 2 6 は、本発明の他の一実施形態に係るコイルアセンブリを示している。図 2 6 に示されるコイルアセンブリ 2 6 0 0 は、全ての導電性素子 3 2 2 が p i n ダイオード 2 2 0 2 によって接続されることを除いて、図 2 5 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。

【 0 0 8 2 】

図 2 7 は、本発明の一実施形態に係るコイルアセンブリ 2 7 0 0 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 2 7 0 2 が存在している。また、コイル素子 2 7 0 2 に隣接して、切換可能な無線周波数スクリーン 2 7 0 4 が存在している。感度を有する一群の電子部品 2 7 0 6 も示されている。切換可能な無線周波数スクリーン 2 7 0 4 は、電子部品 2 7 0 6 とコイル素子 2 7 0 2 との間にある。コイル素子 2 7 0 2 が無線周波数エネルギーをブ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 2 7 0 4 は、電子部品 2 7 0 6 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、P E T 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。切換可能なスクリーンは、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。

【 0 0 8 3 】

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ＲＦスクリーン又は導電体パターンであり、これは、ＲＦ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．ＲＦスクリーンはＰＣＢ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でき。これは、直列キャパシタ（ディスクリットであるか、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でき；
- 6．個々のＲＦ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）、導波路効果ひいては制御不能なモードパターン及びＳＡＲ値が抑制される；
- 7．ＰＩＮ型又はＭＥＭ型のスイッチングエレクトロニクス；
- 8．送信ｔｘ／ｒｘアレイとして例えばＦｌｅｘ　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ＴＥＭストリップライン構造で構成される結合型Ｔｘ／Ｒｘ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。ＭＲ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ＰＩＮスイッチを必要としない。

#### 【００８４】

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は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。

#### 【００８５】

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“an”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単なる事実は、それらの手段の組合せが有利に使用され得ない、ということを指し示すものではない。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】

#### 【００８６】

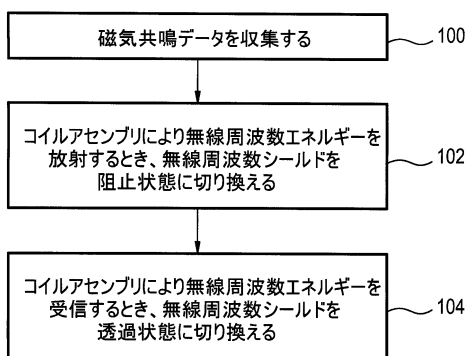
- 300 磁気共鳴撮像システム
- 304 磁石
- 306 磁石のボア
- 308 撮像ゾーン
- 310 傾斜磁場コイル
- 312 傾斜磁場コイル電源
- 314 コイルアセンブリ
- 315 第１表面
- 316 トランシーバ（送受信器）
- 317 コイル素子
- 318 被検体
- 320 被検体支持台

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フェース	
3 3 0	プロセッサ	
3 3 2	ユーザインタフェース	
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	20
5 0 4	送信器コイル素子	
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

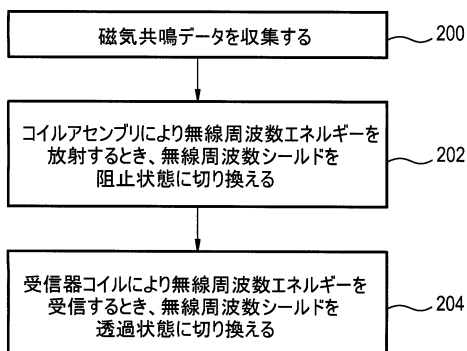
2 0 0 0 無線周波数シールド  
 2 1 0 0 パターン形成された印刷回路基板  
 2 1 0 2 低損失基板  
 2 1 0 4 銅  
 2 2 0 0 無線周波数シールド  
 2 2 0 2 P I Nダイオード  
 2 3 0 0 コイルアセンブリ  
 2 3 0 2 T E M送信コイル  
 2 3 0 4 分離した無線周波数シールド  
 2 4 0 0 コイルアセンブリ  
 2 4 0 2 バタフライコイル  
 2 5 0 0 コイルアセンブリ  
 2 5 0 2 ループコイル  
 2 6 0 0 コイルアセンブリ  
 2 7 0 0 コイルアセンブリ  
 2 7 0 2 コイル素子  
 2 7 0 4 切換可能 R F スクリーン  
 2 7 0 6 電子部品

10

【図 1】

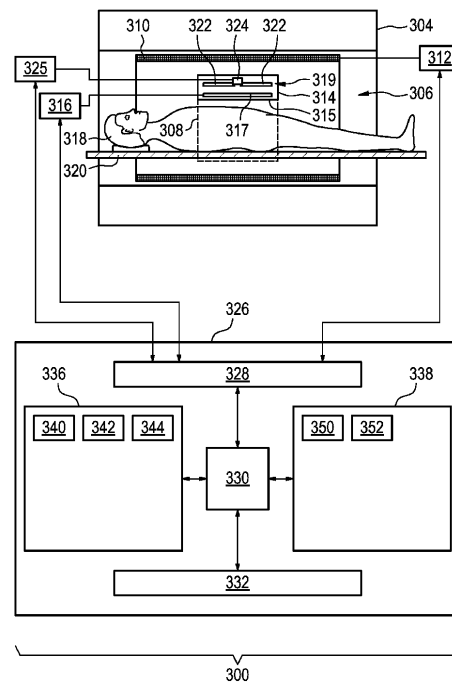


【図 2】



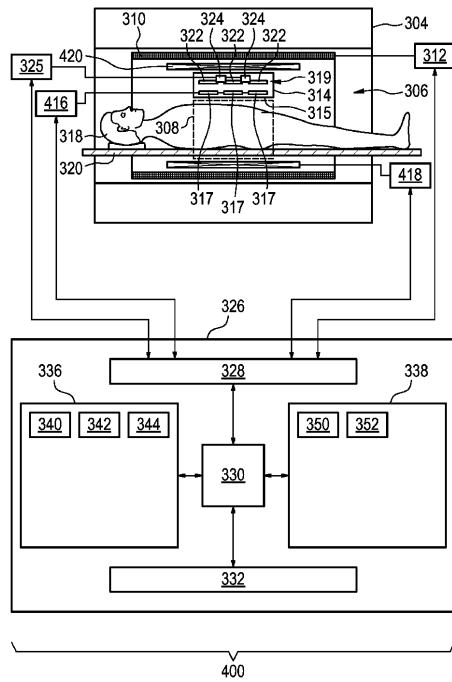
【図 3】

FIG. 3



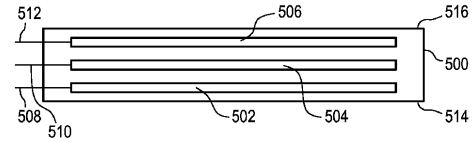
【図 4】

FIG. 4



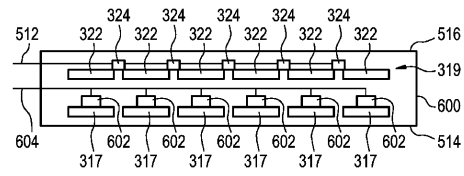
【図 5】

FIG. 5



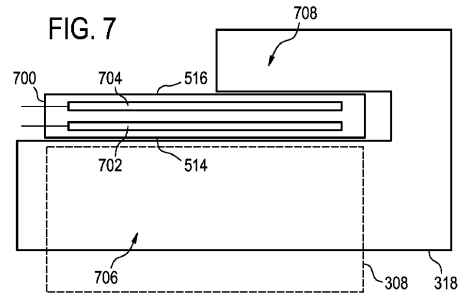
【図 6】

FIG. 6



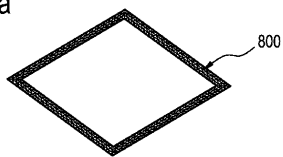
【図 7】

FIG. 7



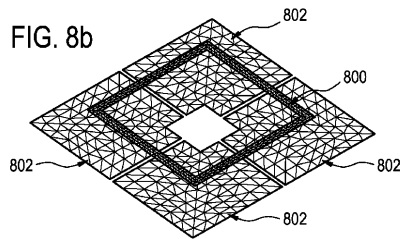
【図 8 a】

FIG. 8a



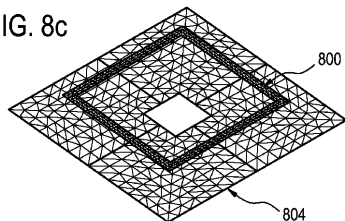
【図 8 b】

FIG. 8b

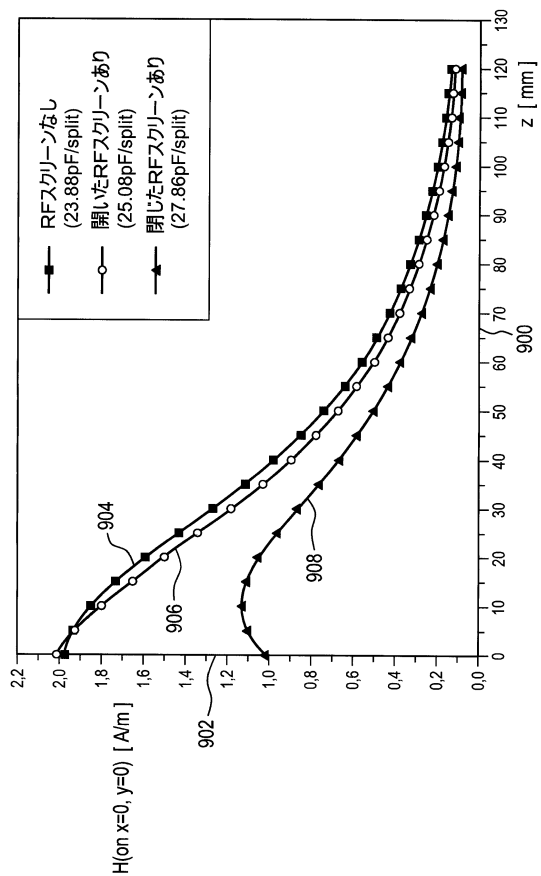


【図 8 c】

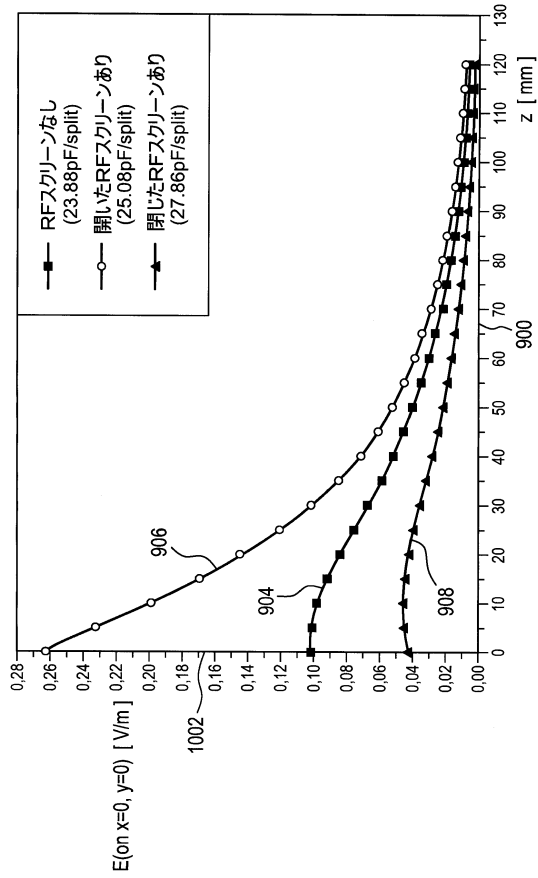
FIG. 8c



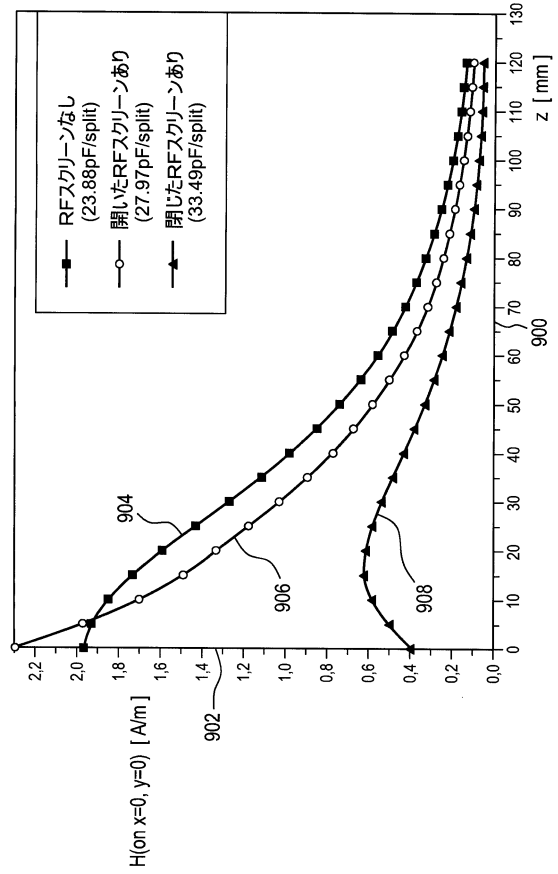
【図 9】



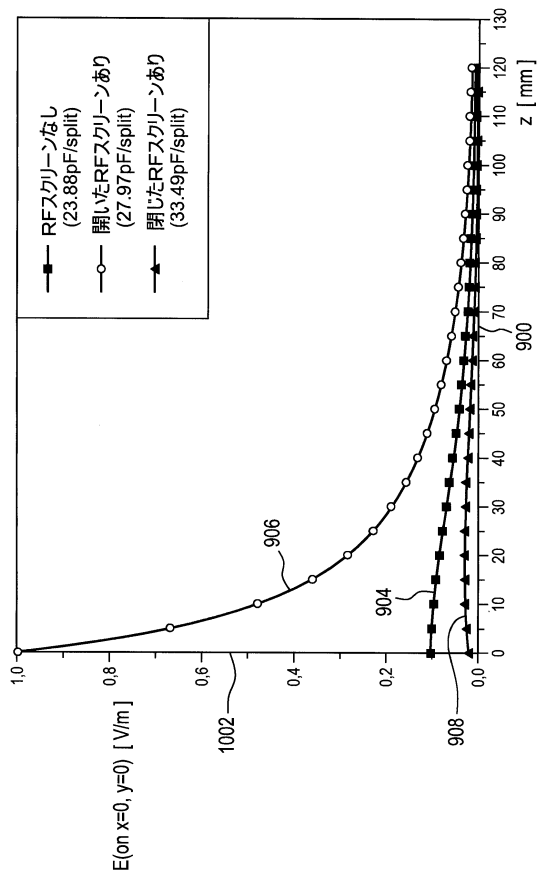
【図 10】



【図 11】



【図 12】



【図 13】

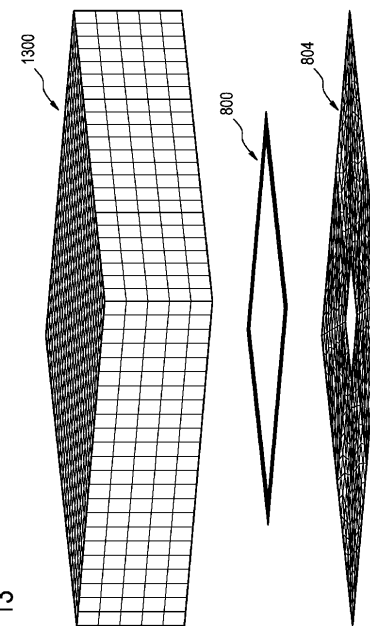
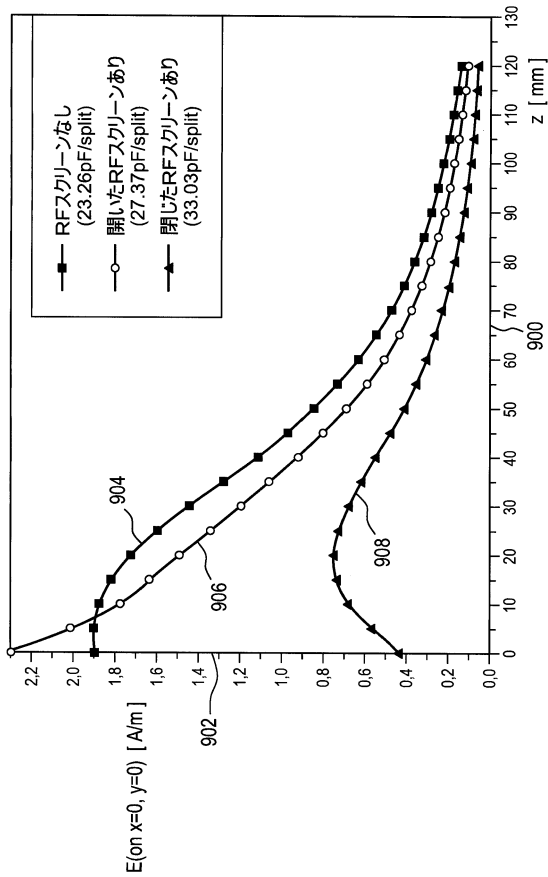
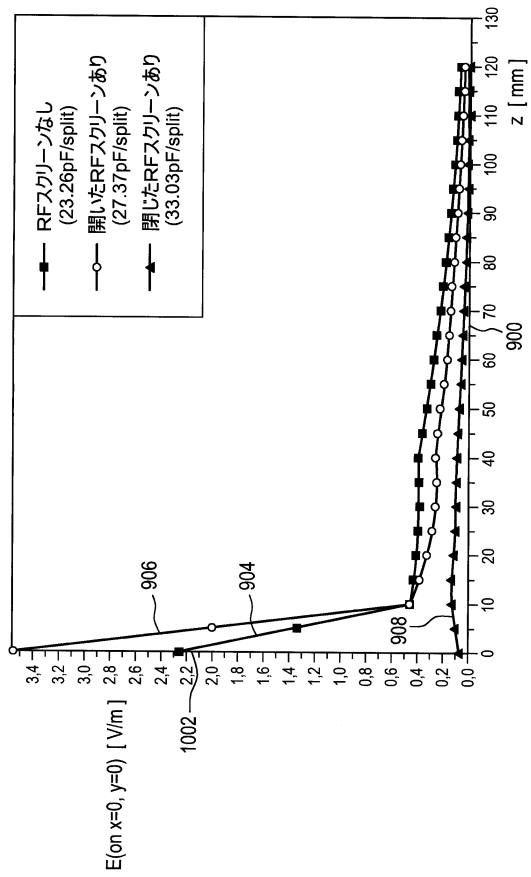


FIG. 13

【図 14】

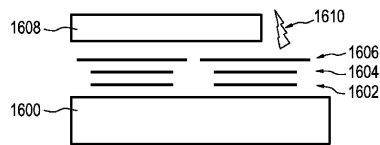


【図 15】



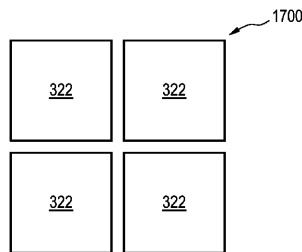
【図 16】

FIG. 16



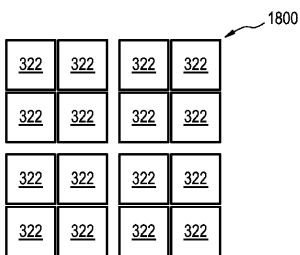
【図 17】

FIG. 17



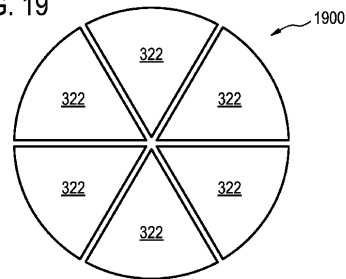
【図 18】

FIG. 18



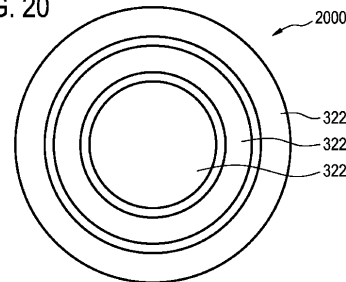
【図 19】

FIG. 19



【図 20】

FIG. 20



【図 2 1】

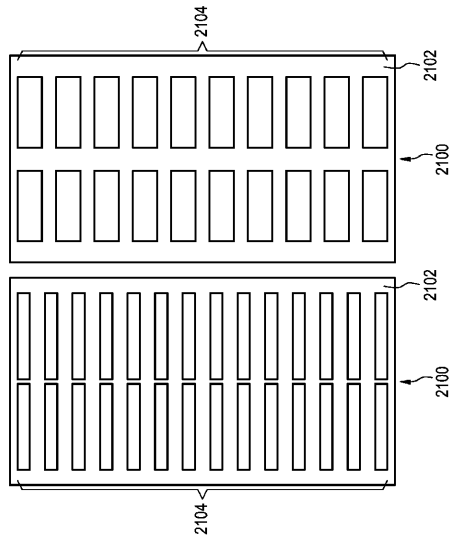
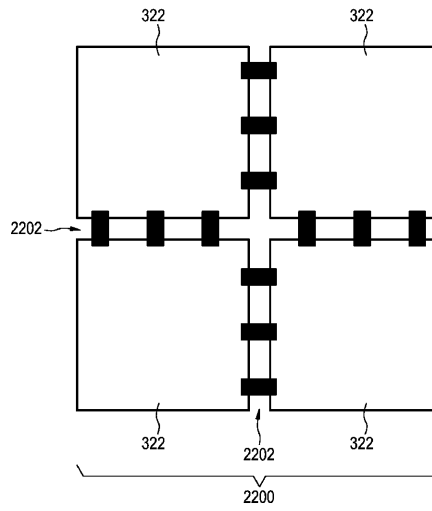


FIG. 21

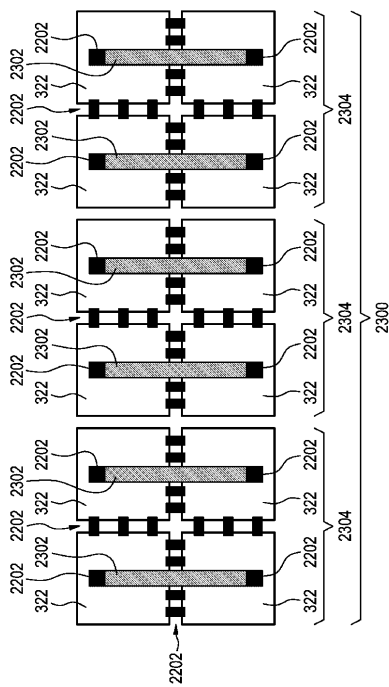
【図 2 2】

FIG. 22



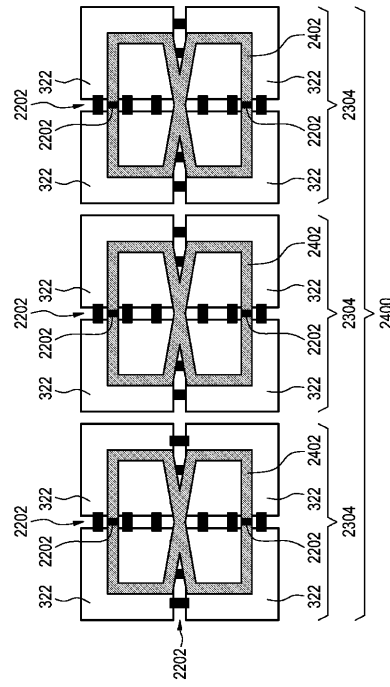
【図 2 3】

FIG. 23



【図 2 4】

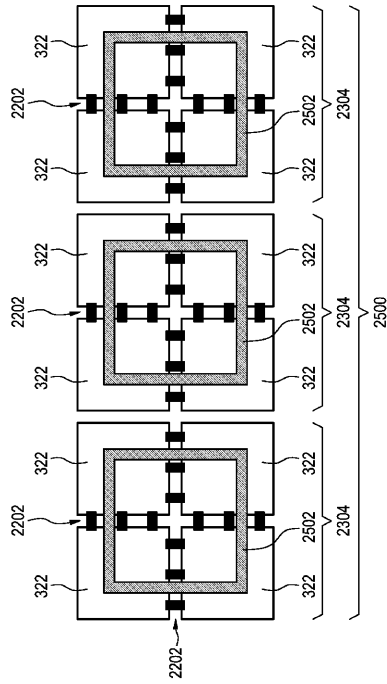
FIG. 24





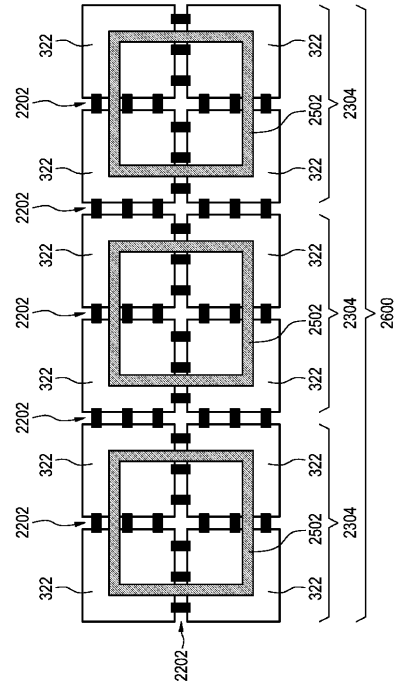
【図 25】

FIG. 25



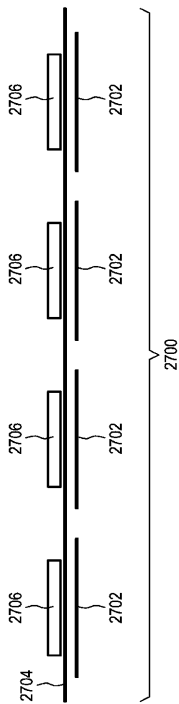
【図 26】

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, 5 6 5 6 アーエー アインドーフェン, ハイ・テク・キャンパス 4 4, フィリップス・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, 5 6 5 6 アーエー アインドーフェン, ハイ・テク・キャンパス 4 4, フィリップス・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 6 1 B 5 / 0 5 5