

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号  
特許第6929329号  
(P6929329)

(45) 発行日 令和3年9月1日 (2021.9.1)

(24) 登録日 令和3年8月12日 (2021.8.12)

(51) Int.Cl.

F I

A 6 1 N 5/01 (2006.01)

A 6 1 N 5/10 (2006.01)

A 6 1 B 5/055 (2006.01)

A 6 1 N 5/01 A

A 6 1 N 5/10 F

A 6 1 B 5/055 3 9 0

請求項の数 8 外国語出願 (全 13 頁)

(21) 出願番号	特願2019-160762 (P2019-160762)	(73) 特許権者	512129837
(22) 出願日	令和1年9月3日 (2019.9.3)		ビューレイ・テクノロジーズ・インコーポ
(62) 分割の表示	特願2016-502898 (P2016-502898)		レイテッド
原出願日	平成26年3月14日 (2014.3.14)		ViewRay Technologies, Inc.
(65) 公開番号	特開2020-11078 (P2020-11078A)		アメリカ合衆国 4 4 1 4 6 オハイオ州オー
(43) 公開日	令和2年1月23日 (2020.1.23)		クウッド・ビレッジ、サーモ・フィッシャ
審査請求日	令和1年9月17日 (2019.9.17)		ー・ウェイ 2 番
(31) 優先権主張番号	13/841, 478	(74) 代理人	100126572
(32) 優先日	平成25年3月15日 (2013.3.15)		弁理士 村越 智史
(33) 優先権主張国・地域又は機関	米国 (US)	(72) 発明者	ジェイムズ・エフ・デンプシー
			アメリカ合衆国 4 4 1 4 6 オハイオ州
			オークウッド・ビレッジ、サーモ・フィ
			ッシャー・ウェイ 2 番
			最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 磁気共鳴画像化を用いる線形加速器放射線治療のためのシステム及び方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

放射線治療のためのシステムであって、  
構台と、  
前記構台に取り付けられた線形加速器の第 1 のコンポーネントと、  
前記構台の周りの異なる位置で前記構台に取り付けられた線形加速器の第 2 のコンポーネントと、  
前記構台に取り付けられた線形加速器の少なくとも 2 つのコンポーネントを連結する無線周波 ( R F ) 導波管と、  
前記線形加速器の第 1 のコンポーネントの周りに配置され、前記線形加速器の第 1 のコンポーネントから周囲に漏出する R F エネルギーを低減するように構成された、第 1 の R F シールドと、  
前記線形加速器の第 2 のコンポーネントの周りに配置され、前記線形加速器の第 2 のコンポーネントから周囲に漏出する R F エネルギーを低減するように構成された、第 2 の R F シールドと、  
を備えるシステム。

【請求項 2】

前記第 1 の R F シールドが第 1 のシェルを含み、前記第 2 の R F シールドが第 2 のシェルを含む、請求項 1 に記載のシステム。

【請求項 3】

前記第 1 のシェルが R F 電源コンポーネントを含み、前記第 2 のシェルが加速共振キャピティを含む、請求項 2 に記載のシステム。

【請求項 4】

サーキュレータを含む第 3 のシェルをさらに備える、請求項 3 に記載のシステム。

【請求項 5】

前記第 1 の R F シールドまたは前記第 2 の R F シールドは、R F 吸収材料と、R F 反射材料と、R F 反射材料および R F 吸収材料の複数の層とのうちの少なくとも 1 つを備える、請求項 1 に記載のシステム。

【請求項 6】

前記第 1 の R F シールドまたは前記第 2 の R F シールドは、銅と、アルミニウムと、銅とアルミニウムの合金と、銅とアルミニウムの酸化物と、炭素繊維と、炭化ケイ素とのうちの少なくとも 1 つを備える、請求項 1 に記載のシステム。

【請求項 7】

前記第 1 の R F シールドまたは前記第 2 の R F シールドは、水冷と、空冷とのうちの少なくとも 1 つを備える、請求項 1 に記載のシステム。

【請求項 8】

磁気共鳴画像化システムをさらに備える、請求項 1 に記載のシステム。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、磁気共鳴画像化と関連して直線加速器の放射線治療を行うためのシステム及び方法に関する。

【0002】

関連出願の相互参照

本 P C T 出願は、2013 年 3 月 15 日付けで出願され、「磁気共鳴画像化を用いる線形加速器放射線治療のためのシステム及び方法」と題する米国特許出願番号 13 / 841 478 号の優先権を主張し、出願日及び完全な開示はその全体が参照によりここに組み込まれる。

【背景技術】

【0003】

近傍の健康な組織を温存しながら、よりよい治療標的を特定し、治療するために磁気共鳴画像化装置 ( M R I ) を用いて繰り返しのリアルタイム画像化と放射線治療を組み合わせることが望ましい。このような線形加速器 ( L I N A C ) などの M R I の放射線治療システムは、かなりの時間互いに別々に動作しているが、2 つの技術を組み合わせることは、多くの重要な技術課題を提示する。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献 1】米国特許第 8190233 号明細書 ( デンプシー、発明の名称「同時に軟組織を画像化しながらコンフォーマル放射線治療を提供するためのシステム」)

【特許文献 2】米国特許出願シリアル番号 12 / 837309 号明細書 ( シュバルツマンほか、発明の名称「線形加速器と磁気共鳴画像化装置とを互いに遮蔽するための方法及び装置」)

【特許文献 3】米国特許出願シリアル番号 13 / 801680 号明細書 ( シュバルツマンほか、発明の名称「磁気共鳴画像化を用いる放射線治療のためのシステム及び方法」)

【特許文献 4】米国特許出願シリアル番号 13 / 324850 号明細書 ( シュバルツマンほか、発明の名称「M R I 装置のためのアクティブ抵抗性シミング」)

【非特許文献】

【0005】

10

20

30

40

50

【非特許文献1】E. MARK HAACKE ET AL., MAGNETIC RESONANCE IMAGING: PHYSICAL PRINCIPLES AND SEQUENCE DESIGN, Wiley-Liss 1999

【非特許文献2】C. J. KARZMARK ET AL., MEDICAL ELECTRON ACCELERATORS, McGraw-Hill, Inc., Health Professions Division 1993

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

このような課題は、MRIの主磁石と傾斜磁界コイルを介して強磁性体と導電性の放射線治療機器で発生する磁界と渦電流を含み、それらの両方は、高品質の画像化を提供するMRIの能力を破壊することができる。さらに、MRIの主磁界は、線形加速器のコンポーネントの多くを妨害する可能性があり、LINACのコンポーネントによって生成された高電力無線周波(RF)は、同様にMRIの画像化能力を破壊する可能性がある。

【課題を解決するための手段】

【0007】

ここに開示された磁気共鳴画像化を用いて放射線治療を組み合わせるためのシステム及び方法であり、開示されたシステムの一実施形態は、磁気共鳴画像化装置と、構台と、構台に取り付けられた2つ以上の遮蔽容器と、線形加速器のコンポーネントを含む2つ以上の遮蔽容器のうちの少なくとも2つと、2つ以上の遮蔽容器のうちの少なくとも2つにおいて含まれるコンポーネントを連結する少なくとも1つの無線周波導波管とを含んでもよい。

【0008】

別の実施形態において、少なくとも1つの無線周波導波管は、磁気共鳴画像化システムの主磁石の磁力線に対して実質的に直交するように配向され、及び/又は磁気シールドを含んでもよい。

【0009】

さらなる実施形態において、2つ以上の遮蔽容器は、構台の周囲に互いに実質的に等距離に離間する。

【0010】

さらに別の実施形態では、システムは、線形加速器のコンポーネントを含まない少なくとも1つの遮蔽容器を含んでもよい。

【0011】

一実施形態では、システムは複数の無線周波導波管を含んでもよく、前記複数の無線周波導波管は、構台の全周に実質的に延在する。いくつかの例において、複数の無線周波導波管のうちの1つは無線電磁波を送信しないであろう。

【0012】

特定の実施形態において、システムは3つの遮蔽容器を含み、前記3つの遮蔽容器は、第1の遮蔽容器においてRF電源コンポーネントを含み、第2の遮蔽容器において計算機及びAFCコンポーネントを含み、第3の遮蔽容器において線形加速器コンポーネントを含むように適合される。

【0013】

さらに別の実施形態では、少なくとも1つの無線周波導波管はRFシールドを含む。RFシールドは、RF吸収材料、RF反射材料、又は、RF吸収材料及びRF反射材料の複数の層であってもよい。また、炭素繊維と、炭化ケイ素と、銅と、アルミニウムと、もしくは、銅又はアルミニウム合金又は酸化物を含んでもよい。

【0014】

いくつかの実施形態では、RFシールドは、水冷又は空冷を含んでもよい。

【0015】

本開示の実施形態に係る方法は、

10

20

30

40

50

磁気共鳴画像化システムのカウチの周りの異なる位置に対して回転可能な構台に複数の遮蔽容器を固着することと、

線形加速器のコンポーネントを前記複数の遮蔽容器のうちの少なくとも2つに配置することと、

前記複数の遮蔽容器のうちの少なくとも2つに含まれるコンポーネントを少なくとも1つの無線周波導波管に連結することとを含んでもよい。

#### 【0016】

方法のいくつかの実施形態において、少なくとも1つの無線周波導波管は、磁気共鳴画像化システムの主磁石の磁力線に対して実質的に直交するように配向されてもよい。他の実施形態では、少なくとも1つの無線周波導波管は、磁気シールドを含んでもよい。

10

#### 【0017】

方法の他の実施形態では、構台の全周の周りに実質的に延在する複数の無線周波導波管を含んでもよい。いくつかの実施形態では、少なくとも1つの無線周波導波管は、RFシールドを含んでもよく、RFシールドは、RF吸収材料、RF反射材料、もしくはRF吸収材料及びRF反射材料の複数の層であってもよく、空冷又は水冷を含んでもよい。

#### 【0018】

これら及びその他の特徴、態様、及び本発明の利点は以下の説明及び特許請求の範囲を参照して理解されるであろう。

#### 【0019】

特徴、態様、及び本開示の実施例は、ここで、添付の図面に関連して記載されている。

20

#### 【図面の簡単な説明】

#### 【0020】

【図1】本願要旨の実施例と一致する磁気共鳴画像化システムと連動して動作する放射線治療装置の態様を示す概略図である。

【図2】図1に示した装置の上面図である。

【図3】例示的な線形加速器の様々なコンポーネントを示す概略図である。

【図4】図1に示されている構台と例示的な装置の関連するコンポーネントの断面図である。

【図5】本願要旨の実施例に係る例示的なMRIの周りの磁界強度のマップを示す図である。

30

#### 【発明を実施するための形態】

#### 【0021】

磁気共鳴画像化を用いて放射線治療を組み合わせるためのシステム及び方法がここで開示される。図1は、構台106上に装着された複数の遮蔽容器104を含む放射線治療システムの一例の単純化された概略図であり、構台106は様々な角度からの放射線照射を可能にするために異なる位置に回転できる。図1に示された例示的なシステムはまた、MRI102を含み、MRI102は放射線治療中のリアルタイム画像化のために使用することができ、(放射線ビームはMRIの側面を介して送信する必要がないので、有利であるので)分割タイプ又はオープンタイプのMRIであってもよい。放射線治療装置は、遮蔽容器104の内部に配置されてもよく、寝台110の上に横たわる患者108内の標的に治療ビームを向けるために使用することができる。導波管112がまた図示され、以下にさらに説明するように、導波管112は、放射線治療装置のコンポーネントを連結するために使用することができる。図2は、図1に示した概略化した例示的なシステムの平面図を示す。同様のシステムは特許文献1において開示され、これは参照によりここに組み込まれる。本開示のシステムは、特許文献1において開示されたシステムと多くの点で異なっており、大きな相違点は、本開示の放射線治療システムは、具体的にLINACを含むことである。

40

#### 【0022】

磁気共鳴画像化は、主に、最も一般的に身体の内臓構造及び機能を可視化するために使用される放射線医学的画像化技術である。MRIは、例えば、非特許文献1に記載されて

50

おり、これは参照によりここに組み込まれる。図 1 に示される分割磁石システムは、1 対の主磁石を含み、また、分割勾配コイル、シムコイルと R F システムとして図示されていない従来の M R I のコンポーネントを含むことができる。主磁石が発生する磁界の強さを変えることができるが、開示されたシステムの実施形態では主磁界強度が 0 . 3 5 T である。

#### 【 0 0 2 3 】

( L I N A C と もいう ) 線形粒子加速器は、高速で亜原子イオンを加速するために使用される粒子加速器の一種である。L I N A C は、非特許文献 2 によって、例えば、記載されており、これは参照によりここに組み込まれる。L I N A C は、潜在的に加速 4 ~ 6 メガ電子ボルト ( M V ) の範囲内で、比較的低エネルギーの電子を加速するように設計され、それをコンパクトに保持する定在波導波管を有し、例えば、S バンド又は X バンドの周波数で動作することができる。

10

#### 【 0 0 2 4 】

図 3 は、線形加速器 3 0 0 の主要なコンポーネントの一部の概略図を含む。簡単化された典型的な L I N A C はパルス変調器 3 0 4 を含んでもよく、パルス変調器 3 0 4 は電源 3 0 2 からの交流電力を増幅して直流電力に整流し、電力を電子銃 3 1 2 及び R F 電源 3 0 6 に供給するように使用される高電圧 D C パルスを生成することができる。高電圧ケーブルは、電子銃 3 1 2 及び R F 電源 3 0 6 にパルス変調器 3 0 4 を電氣的に接続する。R F 電源 3 0 6 は、例えば、マグネトロンやクライストロンであってもよい。

#### 【 0 0 2 5 】

20

R F 電源 3 0 6 は、パルスパワーとともに、マイクロ波のパルスを生成して送信し、当該パルスパワーは、導波管 3 0 7 を介して共振キャビティ 3 1 6 を加速するために、約 2 . 5 メガワット ( M W ) とすることができる。導波管 3 0 7 は、導波管ガスシステム 3 0 8 によって加圧されてもよい。加速共振キャビティ 3 1 6 は、真空ポンプ 3 1 8 により排気され、電子銃 3 1 2 によって生成された電子ビーム 3 1 4 を加速するために、R F 電源 3 0 6 から R F パルスを利用することができる。電子銃 3 1 2 は、電子のバーストを生成し、共振キャビティ 3 1 6、R F 電源 3 0 6 から R F パルスにより励起された共振キャビティを加速して入り、光速近くに電子ビームを加速する。

#### 【 0 0 2 6 】

電子ビーム 3 1 4 は、必要に応じて、X 線 / 光子線治療のための制動放射 X 線を生成するために、一般的にタングステンからなるターゲット 3 2 0 を標的とすることができ、もしくは、ターゲットは電子ビーム治療のために除去することができる。結果として得られるビームは、必要に応じて、コリメータ 3 2 6 の前段にあるヘッド 3 2 4 におけるフィルタ 3 2 2 を平坦化を通過することができ、これは以下にさらに記載されるようにマルチリーフコリメータであってもよい。

30

#### 【 0 0 2 7 】

図 3 に示されている典型的で簡単化された線形加速器 3 0 0 は、サーキュレータ 3 1 0 及び自動周波数制御システム ( A F C ) 3 2 8 を含む。サーキュレータ 3 1 0 は、R F 波の流れを制御することができる。例えば、R F 電源 3 0 6 にそれを戻すことを可能にすることに代えて、R F ダンプに対して導波管によって反射されたエネルギーを送ることができる、このことは干渉や損傷を引き起こす可能性がある。サーキュレータ 3 1 0 はまた、反射された R F 波を用いて A F C 3 2 8 と通信を行ってもよい。A F C 3 2 8 は、例えば加熱のために、加速共振キャビティ 3 1 6 の共振周波数が変化したかを決定するために反射波をモニタしてもよい。次いで、A F C 3 2 8 は R F 電源 3 0 6 によって放射される R F 波の周波数を調整するために、制御部 3 3 2 と通信を行い、もしくは、R F 電源 3 0 6 と直接に通信してもよい。

40

#### 【 0 0 2 8 】

本開示の一実施形態において、図 3 に示す L I N A C コンポーネントを含むがこれに限定されるものではない線形加速器の種々のコンポーネントは、構台 1 0 6 に取り付けることができるコンポーネントのうちの 2 つ以上のコンポーネントに分割することができる。

50

図4は、このような構成の一実施形態を示す。ここで、線形加速器コンポーネントをグループ化することができ、構台106の周りの遮蔽容器104内に配置してもよい。線形加速器コンポーネントの特定のグループができるかぎり大きなものを必要とする場合、RF導波管112は、構台106の周囲に配置することができ、これにより、その中の様々な遮蔽容器104と線形加速器のコンポーネントを連結する。例えば、RF導波管112は以下の場合において必要とされる。RF電源306が1つの遮蔽容器内に載置され、電子銃312、加速共振キャビティ316、ターゲット320及びヘッド324を含む線形加速器が別の遮蔽容器104に載置された場合である(図3に示すように、導波管307は、加速共振キャビティ316にRF電源306からRFエネルギーを送信する必要がある)。

10

#### 【0029】

本開示は、線形加速器コンポーネントの可能性のある任意数の分割又は任意数のグループ化を意図し、並びに、構台106の周りに間隔を置いた遮蔽容器104の任意の数を意図する。さらに、複数の放射線治療ビームを所望された場合においては、複数の線形加速器を作成するためのコンポーネントは、遮蔽容器に構台106の周りに104を分割してグループ化することができる。

#### 【0030】

図4に図示された一実施形態では、複数の遮蔽容器104を直接に連結する複数の導波管112とともに、構台106の周囲に互いにほぼ等距離に間隔をあけられた3つの遮蔽容器を有してもよい。線形加速器コンポーネントの種々のグループ分けは、遮蔽容器104のそれぞれに配置することができる。例示的な実施形態では、線形加速器の主要なコンポーネントは以下のように分割することができる。RF電源コンポーネント404を1つの遮蔽容器104内に配置されてもよく、サーキュレータ及びAFCコンポーネント406は他の遮蔽容器104内に配置してもよい。また線形加速器コンポーネント402(例えば、電子銃312、加速共振キャビティ316、ターゲット320、ヘッド324及びコリメート装置326)は第3の遮蔽容器104内に配置することができる。本実施形態では、便利であるだけでなく、他の企図される実施形態と同様に、追加の線形加速器のコンポーネントは、遮蔽容器104の中に分散してもよい。加えて、特定の線形加速器のコンポーネントは、構台106の外に配置することができる。例えば、パルス変調器304は構台106上に配置してもよく、構台支持台の上に配置してもよく、構台106の外にある別のキャビネットにおいて配置してもよく、もしくは、システムのRFシールドルームの外側に配置することもできる。本開示のシステム及び方法は、特定の数の遮蔽容器104を必要とせず、もしくは、線形加速器コンポーネントの特定のグループ化又は位置を必要としない。ここで記載の実施形態は、単に説明された要旨に関連する側面と一致する複数の例であり、特定の構成上の制限は、特許請求の範囲のみで行うことができる。

20

30

#### 【0031】

本開示の一実施形態では、ここで記載のように1つ又は複数の遮蔽容器104を含み、もしくは、線形加速器のコンポーネントを含まない構台106の周りに配置され、単に遮蔽容器の強磁性導電性の側面を模倣する材料からなる遮蔽容器104を含んでもよい。そのような追加の遮蔽容器は線形加速器のコンポーネントを保持し及び/又は遮蔽するために必要とされない場合含まれていてもよいが、MRI102による品質画像化のために必要な磁界均一性のためにシステム全体をシムする能力を簡単化するのに有益である。同様に、本開示の実施形態は、1つ又はそれ以上の導波管112を含むことができ、これは単に、他の導波管112の強磁性体と導電性の側面を模倣する類似の材料で形成できる。このことは、別の遮蔽容器104からRF電波を送信する必要がない場合である(遮蔽容器内のコンポーネントは、RF波の送信を伴わないため、コンテナは、線形加速器のコンポーネントを含むか、していないため)。

40

#### 【0032】

遮蔽容器104の実施形態は、特許文献2に記載されており、これは参照によりここに組み込まれる。遮蔽容器104は、MRI102の磁界からの様々な線形加速器コンポー

50

ネットを遮蔽するように設計することができる。このようなシールドの一例は、高透磁率材料からなるシェルを含み、シェルは、当該シェル的一端又は両端がオープンである円筒形状であってもよい。円筒形状が好ましい場合、開示された遮蔽シェルが、他の形状であってもよい。シェルは遮蔽されているシェル材料及び磁界の特性に応じて選択された厚さを有することができる。シェルは、例えば、「530-50 AP」の商標名でティッセンクルップスチールにより販売されている商業利用可能であって、例えば約5 mmの厚さを有する材料であり、例えばニッケルと鉄の合金である、非方向性珪素鋼で形成することができる。その他の材料の選択肢は、M19鋼、M45鋼、及びカーペンター高透過性「49」鋼が含まれる。シェルの外径及び長さを変えることができ、一実施形態では、外径は約30 cmで、長さは約70 cmである。

10

#### 【0033】

いくつかの実施形態では、遮蔽容器104は、複数のシールドシェルを含むことができる。複数のシールドシェルは、鋼の同心層/同軸層であってもよい。ここで、空気又は他の絶縁材料の層によって分離することができる。このような実施形態では、外殻は、すでに大きくMRI102からの磁界が減少しているように、内側シェル(単数又は複数)は、高い透磁率が、外殻よりも低い飽和磁束密度であることができる。別の実施形態では、通電コイルは残留磁界を相殺するために、外殻の内殻の内部又は外部で使用する

#### 【0034】

遮蔽容器104の実施形態はまた、周囲の線形加速器のコンポーネントからのRFエネルギーの漏出を減少させるためにRFシールドを含んでもよい。さらに、特許文献2に詳述して後述するように、このようなシールドは、RF吸収材料及び/又はRF反射材料の追加のシェルの形状をとることができる。

20

#### 【0035】

上述したように、無線周波導波管112は、例えばRF電源306からサーキュレータ310にRF波エネルギーを送信し、共振キャビティ316を加速させることができる構造である。本開示の実施形態において、少なくとも1つの導波管112は、線形加速器のコンポーネントを含む2つの遮蔽容器104を連結することが企図される。他の実施形態では、導波管112は、複数対の遮蔽容器104を連結する。例示的な実施形態では、導波管112は、構台106上に配置された複数の遮蔽容器104のそれぞれを連結して、構台106の全周にわたって実質的に架設される。以上詳述したように、このような実施形態は、遮蔽容器104のそれぞれに含まれる線形加速器のコンポーネントは、導波管によって連結する必要がない場合でも実施することができる。本実施形態では、最適な磁界均一性のためにMRI102のシミングを容易にするために有益である。

30

#### 【0036】

一実施形態では、図4に示すように、導波管112は、RF電源コンポーネント404からサーキュレータ及びAFCコンポーネント406に延在し、また線形加速器コンポーネント402に延在し、RF電源コンポーネント404に戻る。必要に応じて、複数のRF導波管112は、遮蔽容器104との間に延在することができる。例えば、内部に含まれる線形加速器のコンポーネントに基づいて、2つの遮蔽容器104との間の両方向にRF電波を送信する必要があった。そのような実施形態では、同一数の導波管は好ましくは、実質的な対称性が構台106の全周の周りに存在するように、遮蔽容器104の各対の間に配置される。

40

#### 【0037】

一実施形態では、導波管112は銅から形成してもよい。他の実施形態では、導波管112は、例えば、銅、銀、金又は他の導電性金属との内側にコーティングされた非強磁性金属などの複数の材料から形成することができる。例示的な実施形態では、導波管112は、絶縁破壊を防止するために、例えば、SF<sub>6</sub>のような不活性ガスを用いて、導波管ガスシステム308によって加圧されるとき以下の仕様を有することができる。中空方形導波管、EIA:WR284、RCS:WG10、IEC:R32、Sバンド、推奨周

50

波数帯域 (GHz) : 2.60 から 3.95 まで、より低いカットオフ周波数 GHz : 2.078、より高いカットオフ周波数 GHz : 4.156、内部導波管の寸法 (インチ) : 2.840 × 1.340 インチ、このときの壁厚 WG10 : 0.08 インチ。導波管 112 は、当技術分野で知られているように、曲げ半径の制限内で設計されるべきである。  
【0038】

複数の導波管 112 は、RF 波を送信するために必要とされない実施形態では、単に他の導波管 112 の強磁性体と導電性の性質を模倣する材料で形成できる。

【0039】

一実施形態では、複数の導波管 112 は、例えば、遮蔽容器 104 に関して上述した概念、材料及び設計を利用して、磁氣的に遮蔽することができる。また、使用することができるシールドの概念及び設計は、特許文献 3 に開示され、これは参照によりここに組み込まれる。

【0040】

例示的な実施形態では、導波管 112 は、磁気シールドを必要としない。代わりに主 MRI 磁石の磁力線に実質的に垂直になるように配向されている。図 5 は、0.35 T の主磁石を有する分割 MRI 102 のための磁界強度の大きさの輪郭 502 の典型的なマップを示す。図 5 は、磁石半部 102 として、図 2 に示されているように、例示的な主磁石 504 の上面図を示す。図 5 の等高線マップにおける直角の指示子 506 は、図 2 に示した複数の導波管 112 の好ましい位置における MRI 102 のための磁力線が、磁力線に実質的に垂直である導波管 112 にもたらすことを示す。

【0041】

本開示のシステム及び方法は、無線周波数の遮蔽材料及び吸収材料の多数の種類及び配置を含む。上述したように、線形加速器の RF 電源 306 及び電子銃 312 は、多大の無線周波数エネルギーの生成を伴いる。このようなエネルギーはまた、サーキュレータ 310 や AFC 328 として導波管を経由して、追加の線形加速器コンポーネント内にシステム全体に伝達される。ここで開示された無線周波シールドの実施形態は、RF エネルギーの分散及び送信に対して、MRI の能力に負の影響を制限して、渦電流又は MRI の無線周波数コイルとの干渉に起因する品質の画像を取得するように制御する。

【0042】

上述したように、本開示の一実施形態は、例えば、銅やアルミニウムのような RF 反射材料、及び / 又は、炭素繊維又はシリコンカーバイド (SiC) などの RF 吸収材料の 1 つ又は複数のシェルを複数の遮蔽容器 104 の一部の形態として RF シールドを含めることを含む。いくつかの実施形態では、シェルの層は、異なる材料又は同じ材料の組み合わせから形成できる。例えば、いくつかの実施形態では、複数の遮蔽シェル層は RF 吸収材料及び RF 反射材料で形成された交互の複数のを含むことが可能である。そのような実施形態では、シールドシェルの層の間のエアギャップを提供することが望ましい。

【0043】

遮蔽容器 104 は、RF エネルギーの実質的な発生を伴う線形加速器コンポーネントを含む場合、容器 104 はまた、必要に応じて上部及び開放円筒状のシールドの底部をカバーする RF シールドを含むことができる。遮蔽容器 104 は、線形加速器自体を含む場合、治療ビームは、このように RF シールドを通過する。このような場合には、RF シールド材料は、好ましくは均一であり、最小限の放射線ビームを減衰させる。

【0044】

複数の遮蔽容器 104 とともに RF シールドを含むことに加えて、本開示の特定の実施形態では、複数の導波管 112 の周囲に、例えば、追加の RF シールドを提供する。複数の導波管 112 からの RF エネルギーの漏洩量は小さい可能性が高いが、必ずしもシールドを必要としない。しかしながら、RF シールドは、好ましくは、例えば複数のフランジ、複数の導波管のための連結点、複数の RF シンク、複数のカブラなどの漏れがある可能性がある任意の点で含まれる。

【0045】

10

20

30

40

50



遮蔽材料は、炭素繊維又は炭化シリコン（S I C）などのR F吸収材料、及び／又は、銅やアルミニウムなどのR F反射材料を含んでもよい。いくつかの実施形態において、R F反射材料及びR F吸収材料の交互の複数層を提供することが有利である。

#### 【0046】

さらに、そのようなR F吸収材料及びR F遮蔽材料は、本開示のシステムが配置されている室の内面を裏打ちするために使用することができ、部屋の壁、天井、床は、メッシュ化され又はチョップ化された炭素繊維、炭素繊維壁紙、炭素繊維パネル、炭素繊維塗料で裏打ちすることができる。また、R F吸収材料およびR F遮蔽材料は、M R I 1 0 2の外面上、構台1 0 6上に配置され、並びに、任意の線形加速器コンポーネント上、もしくは（例えばパルス変調器3 0 4が構台上に配置されていない場合）構台1 0 6又はM R I 1 0 2上に配置されていない他のコンポーネント上に配置される。

10

#### 【0047】

ここで開示されたR F遮蔽材料は、柔軟でかつ様々なコンポーネントに巻回してもよく、もしくはコンポーネントの形状に適合するように成形することができる。

#### 【0048】

R F吸収材料及びR F遮蔽材料に必要な冷却を提供することができる。既知の冷却の様々な方法を用いることができる。冷却システムは、遮蔽材料及び吸収材料の近傍に流体を循環させるための、例えば、流体伝送導管を含むことができる。また、空冷装置は、R F遮蔽材料及びR F吸収材料の表面を横切る空間を移動するためのシステムを含むことにより提供される。

20

#### 【0049】

図4はまた、構台1 0 6に取り付けられた遮蔽容器1 0 4のそれぞれに関連するコリメータデバイス4 0 8を示す。コリメータデバイス4 0 8は、例えば、複数のマルチリーフコリメータ（M L C）であってもよい。マルチリーフコリメータは、典型的には独立して動くリーフの対向ペアの2つのバンクを有し、様々な形状及び大きさの開口部を形成するために開くことができる。複数のリーフは、放射線を遮断するため、タングステン又は任意の適切な材料もしくは放射をブロックする材料で形成できる。複数のM L Cはまた、リーフ間の放射漏れを制限するために、複数のリーフの長辺及び前面上に舌部と溝部の配置を採用してもよく、閉位置にあるリーフ間の指状突起のために構成することができる。複数のリーフの各バンクの各リーフは、独立して移動可能であってもよく、連結棒を介してリーフモータによって駆動することができる。M L C制御システムは、独立して指定された場所に各リーフの縁部を位置決めすることで放射ビームを遮断して特定の形状のフィールドサイズを形成するためにリーフの対向する2つのバンクを制御することができる。複数のM L Cリーフ、複数のモータ及び他のコンポーネントは構台1 0 6に取り付けられるハウジングによって支持されてもよい。ハウジングは、例えばアルミニウムから形成されてよい。

30

#### 【0050】

一実施形態では、実際の治療ビームを生成する線形加速器コンポーネントを含む1つの遮蔽コンテナ1 0 4に関連する唯一のコリメータデバイス4 0 8を設けてもよい。追加のデバイス4 0 8は、単に、M R Iの傾斜磁界コイルの動作中に発生する渦電流の負の画像化の影響を低減するために利用される追加の導電性素子であってもよい。特許文献3に記載されているような装置を設計することができ、これは参照によりここで組み込まれる。組み込まれた出願の教示と一致して、本開示のシステムの実施形態は、例えば、追加の導電性素子を含むことができる。一実施形態では、マルチリーフコリメータは、線形加速器を含む4 0 8に隣接する遮蔽容器1 0 4として示される領域を占有する一方、5つの追加の等間隔導体素子は、構台1 0 6の残りの周囲に取り付けられている。

40

#### 【0051】

特許文献3及び特許文献2に開示されている追加のシミングシールド概念はまた、ここに開示されたシステム及び方法に適用可能であり、また、完全に援用される。例えば、磁界の均一性のための追加のシムは、任意にネオジム（N d F e B磁石）から作られた永久

50

磁石によって提供することができる。永久磁石の極性配向は、MRIの主磁界及びMRI 102の周辺に様々な強磁性体に誘導磁界を打ち消すように設定する必要がある。磁石設計時の強度、磁界配向、及び位置の相殺効果は、統合されたエンジニアリングソフトウェアのようなファラデーとして利用するモデリングソフトウェア、利用可能に決定することができ、あるいはベクトル場のような任意の他の適切なソフトウェア、例えば、結果をさらに分析して、潜在的にMATLABなどのプログラムで実行され、又は、例えばFORTRAN、任意の他の適切なソフトウェアで計算することができる。永久磁石の代わりに、アクティブな巻線を使用することもできる。このような活性シミングの概念はまた、参照によりここに組み込まれる特許文献4に開示されている。

#### 【0052】

ここに記載の要旨は、所望の構成に応じてシステム、装置、方法、及び/又は物品において具体化することができる。前述の説明に記載の実施態様は、ここに記載の要旨に一致するすべての実施例を表すものではない。代わりに、彼らは単に説明の要旨に関連する側面と一致していくつかの例である。いくつかの変形例は、上記で詳細に説明したが、他の修正や追加が可能である。具体的には、さらなる特徴及び/又は変形は、ここに記載されたものに加えて提供することができる。例えば、上述の実施態様は、種々の組み合わせ及び開示された特徴のサブコンビネーション及び/又はそれらの組み合わせ、及び上記に開示したいくつかの他の特徴群のサブコンビネーションを対象とすることができる。従って、本発明（単数又は複数）の広さ及び範囲は、上述の例示的な実施態様のいずれによっても限定されるべきではなく、本開示から生じる特許請求の範囲及びその均等物によってのみ定義されるべきである。また、添付の図面に示されかつ/又はここに記載されたロジックフローは、必ずしも望ましい結果を達成するために、示された特定の順序、又はシーケンシャルな順序を必要としない。

#### 【0053】

本発明は、ここで開示された実施例の計算は、本明細書で教示する同じ概念を適用し、いくつかの方法で実施することができること、そのような計算は、開示された実施例に相当することを意図する。また、上述の利点は、利点のいずれか又はすべてを達成するプロセス及び構造体に対して、登録された特許請求の範囲の適用を制限するものではない。他の実施例は、以下の特許請求の範囲内に存在しうる。

#### 【0054】

また、セクションの見出しは、本開示から発行することができる任意の請求項に記載発明（複数可）を制限したり、特徴づけるものではない。具体的に、一例として、見出しは「技術分野」を参照するが、このような主張は、いわゆる技術分野を記述するために、この見出しの下に選択した言語によって限定されるべきではない。さらに、「背景」における技術の説明は、当該技術が本開示の任意の本発明（単数又は複数）の先行技術であるという承認として解釈されるべきではない。「概要」（発明を解決するための手段）は、登録された特許請求の範囲に記載の本発明の特徴として考慮されるべきではない。また、単数形の単語「発明」についての一般的なこの開示又は使用に対する参照は、以下に記載の特許請求の範囲に限定することを意図していない。複数発明はこの開示から、登録された請求項の制限に応じて定めることができ、従って、そのような請求項は、それに応じて、それによって保護される発明（複数可）及びその均等物を定義する。

#### 【0055】

上記の説明及び特許請求の範囲において、「のうちの少なくとも1つ」又は「1つ又はそれ以上」などの句は、そのような素子又は特徴の連言リストに続いて発生することができる。用語「及び/又は」は2つ以上の素子又は特徴のリストで起こり得る。それ以外の場合は暗黙的又は明示的に文脈と矛盾しない限り、その中では使用され、そのような語句は、列挙された素子のいずれかを意味することを意図し、又は他の列挙の素子又は特徴のいずれかと組み合わせ、又は個別に列挙の素子又は特徴の任意の特徴とされる。例えば、語句「A及びBのうちの少なくとも一つ」、「AとBの1つ又はそれ以上」及び「A及び/又はB」は、A単独、B単独、もしくはA及びBともにをそれぞれ意味することが意

図されている。同様の解釈は、3つ以上のアイテムを含むリストを対象とする。例えば、句「A、B及びCのうちの少なくとも1つ」、「A、B及びCのうちの1つ又はそれ以上」及び「A、B及び／又はC」は、A単独、B単独、C単独、A及びBともに、A及びCともに、B及びCともに、もしくはA、B及びCともにをそれぞれ意味する。

【0056】

上記及び特許請求の範囲における用語「に基づいて」の使用は、列挙されていない特徴又は素子も許容されるように、「少なくとも部分的に基づいて」を意味することを意図する。

【図1】

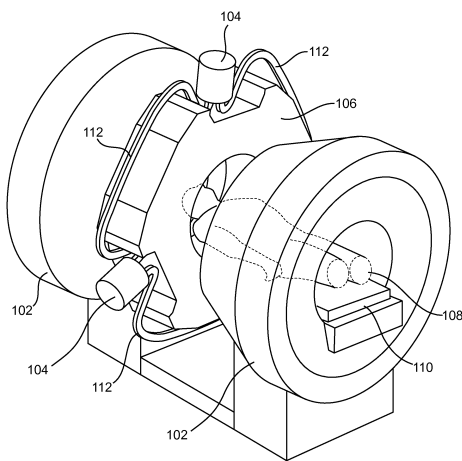


FIG. 1

【図2】

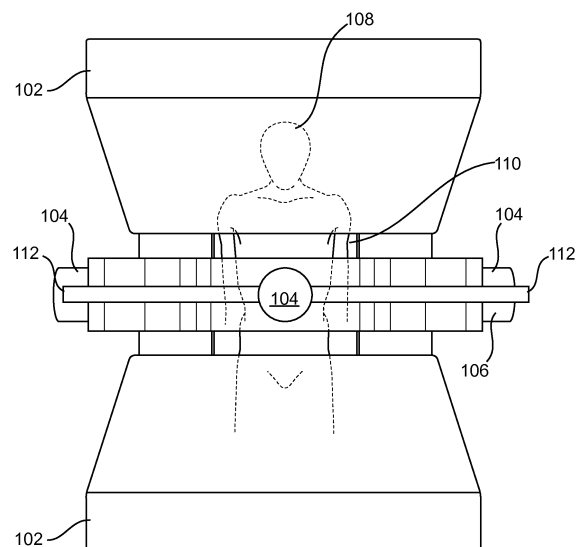


FIG. 2



---

フロントページの続き

(72)発明者 シュマリユ・エム・シュヴァルツマン

アメリカ合衆国 44146 オハイオ州 オークウッド・ビレッジ、サーモ・フィッシャー・ウ  
エイ 2番

審査官 寺澤 忠司

(56)参考文献 特表2012-533362(JP,A)

特表2011-525390(JP,A)

特表2009-511222(JP,A)

特開2009-106695(JP,A)

米国特許第7902530(US,B1)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

A61N 5/01, 5/10

A61B 5/055