

(19)日本国特許庁(JP)

(12)公開特許公報(A)

(11)公開番号

特開2025-37795
(P2025-37795A)

(43)公開日 令和7年3月18日(2025.3.18)

(51)国際特許分類		F I			
A 6 1 B	5/055(2006.01)	A 6 1 B	5/055	3 3 1	
H 0 1 F	6/06 (2006.01)	A 6 1 B	5/055	3 6 0	
		H 0 1 F	6/06	1 3 0	

審査請求 未請求 請求項の数 15 O L 外国語出願 (全23頁)

(21)出願番号	特願2024-112489(P2024-112489)	(71)出願人	522108529
(22)出願日	令和6年7月12日(2024.7.12)		シーメンス ヘルスケア リミテッド
(31)優先権主張番号	23275129		SIEMENS HEALTHCARE LIMITED
(32)優先日	令和5年8月30日(2023.8.30)		英国 ジーユー15 3ワイエル キャンパリー, ウォッチムアパーク, パークビュー
(33)優先権主張国・地域又は機関	欧州特許庁(EP)	(74)代理人	110003317
			弁理士法人山口・竹本知的財産事務所
		(74)代理人	100075166
			弁理士 山口 巖
		(74)代理人	100133167
			弁理士 山本 浩
		(74)代理人	100169627
			弁理士 竹本 美奈

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 シールド装置及び磁気共鳴デバイス

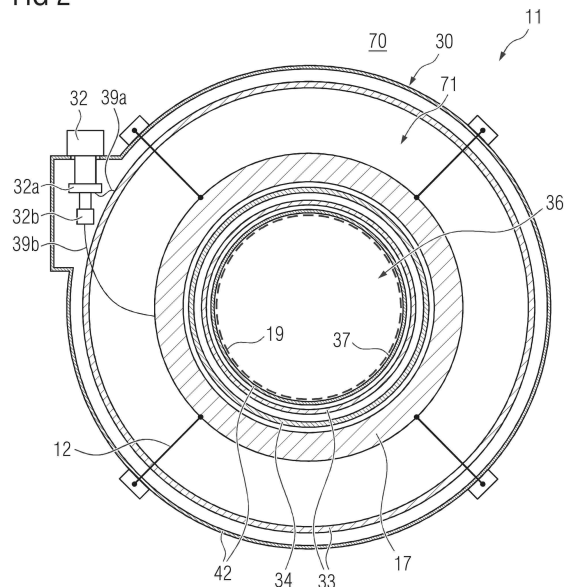
(57)【要約】 (修正有)

【課題】磁気共鳴デバイスのためのシールド装置を提供する。

【解決手段】シールド装置(30)は、少なくとも1つのソレノイドコイルを含む主磁石(17)と、外壁及び内壁を含む二重壁中空円筒として形成されたシールド構造(33)と、前記少なくとも1つのソレノイドコイルとシールド構造の内壁との間に入れられたシールド管(34)と、を含む。主磁石はシールド構造の外壁と内壁との間に配置され、シールド管はシールド構造によって機械的に支持される。本発明は、本発明に係るシールド装置を含んだ磁気共鳴デバイス(11)にも関連する。

【選択図】 図2

FIG 2



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

磁気共鳴デバイス(11)のためのシールド装置(30)であって、
少なくとも1つのソレノイドコイルを含む主磁石(17)と、
外壁及び内壁を含む二重壁中空円筒として形成されたシールド構造(33)と、
前記主磁石(17)の前記少なくとも1つのソレノイドコイルと前記シールド構造(33)の前記内壁との間に設けられたシールド管(34)と、を含み、
前記主磁石(17)は、前記シールド構造(33)の前記外壁と前記内壁との間に配置され、
前記シールド管(34)は、前記シールド構造(33)により機械的に支持されている
、シールド装置(30)。

【請求項 2】

前記シールド管(34)は、300Kの温度で120W/(m・K)より低い熱伝導率を有する材料を含む、請求項1に記載のシールド装置(30)。

【請求項 3】

前記シールド管(34)及び前記シールド構造(33)に熱的に接続された可撓性熱伝導体を含む、請求項1又は2に記載のシールド装置(30)。

【請求項 4】

前記シールド構造(33)及び前記シールド管(34)に機械的に接続された少なくとも1つのスペーサ(43)を含み、
前記少なくとも1つのスペーサ(43)は、前記シールド構造(33)の前記内壁と前記シールド管(34)との間に所定の間隔を維持するように構成される、
請求項1～3のいずれか1項に記載のシールド装置(30)。

【請求項 5】

前記少なくとも1つのスペーサ(43)は、前記シールド構造(33)の前記内壁と前記シールド管(34)との間の全容積を占める、請求項4に記載のシールド装置(30)。

【請求項 6】

前記主磁石(17)の前記少なくとも1つのソレノイドコイルによって画定される軸方向に沿って離間した少なくとも2つのスペーサ(43)を含み、該スペーサが、前記シールド構造(33)の前記内壁と前記シールド管(34)との間に間隙を提供する、請求項4に記載のシールド装置(30)。

【請求項 7】

前記少なくとも1つのスペーサ(43)及び/又は前記シールド管(34)は、複数の層を含む、請求項4又は6に記載のシールド装置(30)。

【請求項 8】

前記複数の層のうちの少なくとも1つの層が、金属被覆から構成される、請求項7に記載のシールド装置(30)。

【請求項 9】

前記少なくとも1つのスペーサ(43)及び/又は前記シールド管(34)は、制振要素を含み、及び/又は
前記少なくとも1つのスペーサ(43)は、前記シールド構造(33)と前記シールド管(34)との間の機械的エネルギーの移送を低減するように配置される、
請求項4～8のいずれか1項に記載のシールド装置(30)。

【請求項 10】

前記少なくとも1つのスペーサ(43)及び/又は前記シールド管(34)は、剛性材料を含み、及び/又は
前記少なくとも1つのスペーサ(43)は、前記シールド構造(33)と前記シールド管(34)との間の機械的エネルギーの移送を改善するように配置される、
請求項4～8のいずれか1項に記載のシールド装置(30)。

10

20

30

40

50

【請求項 1 1】

前記シールド構造 (3 3) は、複数の層を含み、

前記複数の層のうちの少なくとも 1 つの層は、前記シールド管 (3 4) の機械的共鳴挙動に応じて前記シールド構造 (3 3) の機械的共鳴挙動を修正するように構成される、請求項 4 ~ 1 0 のいずれか 1 項に記載のシールド装置 (3 0) 。

【請求項 1 2】

前記シールド構造 (3 3) の前記少なくとも 1 つの層は、前記シールド構造 (3 3) の剛性を増加させるように構成される、請求項 1 1 に記載のシールド装置 (3 0) 。

【請求項 1 3】

前記シールド構造 (3 3) の前記内壁によって円周方向に包囲されるポリウム内に勾配磁場を生成するように構成された少なくとも 1 つの勾配コイルを含む勾配システム (1 9) を含み、

前記シールド管 (3 4) は、前記勾配磁場の浮遊磁場を介して前記シールド管 (3 4) に誘起される遮蔽電流を低減するように、前記勾配コイルから離して配置される、請求項 1 ~ 1 2 のいずれか 1 項に記載のシールド装置 (3 0) 。

【請求項 1 4】

前記主磁石 (1 7) を内包するクライオジェン容器 (3 1) を含み、

前記クライオジェン容器 (3 1) の内径が前記シールド管 (3 4) の直径より大きく、前記クライオジェン容器 (3 1) は、前記シールド管 (3 4) を円周方向において包囲する、

請求項 1 ~ 1 3 のいずれか 1 項に記載のシールド装置 (3 0) 。

【請求項 1 5】

磁気共鳴デバイス (1 1) の撮像領域 (3 6) の中に位置する対象の磁気共鳴測定を実行するように構成された磁気共鳴デバイス (1 1) であって、

少なくとも 1 つの勾配コイルを含んだ勾配システム (1 9) と、請求項 1 ~ 1 4 のいずれか 1 項に記載のシールド装置 (3 0) と、を含む、磁気共鳴デバイス (1 1) 。

【発明の詳細な説明】

【背景技術】

【0 0 0 1】

文法上の用法とは関係無く、男性、女性、又はその他の性自認をもつ個々人が用語中に含まれる。

【0 0 0 2】

磁気共鳴デバイスは、通例、磁気共鳴測定で取得される磁気共鳴信号の空間エンコーディングに関し勾配システムを使用する。勾配システムは、通常、複数の勾配コイルを含み、この勾配コイルが、該勾配コイルによって包囲される撮像ポリウム内に急速に変化する勾配磁場を生成するように構成される。必然的に、勾配コイルは、勾配コイルの外側に急速に変化する浮遊磁場 (ストレイフィールド) も生成する。この浮遊磁場が、勾配コイルの周りに通常配置される磁気共鳴デバイスの主磁石と相互作用し得る。

【0 0 0 3】

クライオジェン容器 (ベッセル) 又は熱シールドなど、主磁石を囲むシールド構造は、通常、導電性金属 (例えば、アルミニウム又はステンレススチール) から作製される。勾配コイルからの急速に変化する浮遊磁場が導電性材料を通過すると、渦電流が発生する。この渦電流は、シールド構造の導電性表面にオーム加熱を生じさせ、極低温冷凍システムにより提供される冷却の需要を増大させる。渦電流は主磁石を勾配コイルの急速に変化する浮遊磁場から守るが、渦電流とクライオジェン容器の導電性表面との磁気機械的相互作用が二次磁場を生成し、主磁石と磁気共鳴デバイスの他の低温表面とに高レベルの加熱をもたらす。

【0 0 0 4】

従来、磁気共鳴デバイスは、2 つの個別の冷却ステージ、すなわち、熱シールドを冷却するための約 5 0 K の第 1 の冷却ステージと、クライオジェン容器内に収容されたクライ

オジェン（冷却剤）を冷却するため及び／又は主磁石を超伝導温度に維持するための約 4 K の第 2 の冷却ステージと、を有するクライオクーラを備える。そのクライオクーラの第 2 の冷却ステージは、通例、非常に低い冷却能力、例えば 1 W ~ 2 W を提供する。超伝導温度を維持することが困難となる場合があるので、第 2 の冷却ステージにおける熱負荷の増加が重大になり得る。超伝導温度からのわずかな逸脱であっても、特に、熱緩衝剤として作用する相当量のクライオジェンを含まない「ドライ」システムにおいて、磁石のクエンチを引き起こす可能性がある。一方、「ウェット」システムでは、熱負荷の増加が高レベルのクライオジェンボイルオフにつながる可能性があり、これもまた望ましくない。

【 0 0 0 5 】

以上のことから、渦電流に関連した熱負荷は、許容可能な勾配性能を制限し得る。また、導電性表面の渦電流は、磁気共鳴デバイスの撮像ボリューム内に磁場（すなわち、二次磁場）を生成もし得る。この二次磁場は、主磁場の均一性を乱し、取得された磁気共鳴画像の品質を損なう可能性がある。

【 発 明 の 概 要 】

【 0 0 0 6 】

本発明は、画像品質を損なうことなく、磁気共鳴デバイスの極低温冷却要素の熱負荷を低減することを目的とする。

【 0 0 0 7 】

この目的は、本発明に係るシールド装置及び磁気共鳴デバイスによって達成される。さらなる効果的な実施形態が従属請求項に記載されている。

【 0 0 0 8 】

本発明に係る、磁気共鳴デバイスのシールド装置は、少なくとも 1 つのソレノイドコイルを含む主磁石と、外壁及び内壁を含んだ二重壁中空円筒として形成されたシールド構造と、主磁石の少なくとも 1 つのソレノイドコイルとシールド構造の内壁との間に入れられたシールド管と、を含む。

【 0 0 0 9 】

主磁石は、1 つ以上の超伝導磁石を含む。好ましい態様において、主磁石は、1 つ以上のソレノイド又は円筒形超伝導コイルを含む。1 つ以上のソレノイド又は円筒形超伝導コイルは、回転対称であるか又は回転対称胴体を含む。一態様によれば、ソレノイド又は円筒形超伝導コイルの各々は、主磁石の回転対称軸上に配置された回転対称軸をもつ。主磁石は、主磁石を担持し及び／又は主磁石に支持を提供するように構成された専用支持構造を含む。ここで使用する用語「主磁石」は、1 つ以上のソレノイド超伝導コイルと共に専用支持構造を含み得る。

【 0 0 1 0 】

シールド構造は、勾配システムにより発生する浮遊磁場から主磁石をシールドするように構成される。シールド構造は、主磁石への熱エネルギーの伝達を低減するようにも構成される。熱エネルギーの伝達は、熱放射、熱伝導、さらには熱対流などの熱伝達機構によって特徴付けられ得る。シールド構造、特にシールド構造の外壁は、例えば主磁石を円周方向に取り囲む。

【 0 0 1 1 】

シールド構造は、主磁石及びシールド管を囲む容器を形成する。好ましい態様において、熱シールドは、外壁と、内壁と、これら外壁と内壁とを接続する環状端壁と、を含む。具体的に、熱シールドは、外壁、内壁、及び環状端壁の中に主磁石及びシールド管を包み込む二重壁中空円筒を形成する。シールド構造は、主磁石の少なくとも 1 つのソレノイドコイルによって画定される回転対称軸と平行に配向されるか又は一致する回転対称軸を含む。

【 0 0 1 2 】

好ましくは、シールド構造は、高い導電率及び／又は高い熱伝導率を有する材料を含むか又はこれら材料から構成される。例えば、シールド構造は、銅又はアルミニウム、特に高純度アルミニウム、から構成することができる。シールド構造は、金、白金、銀、又は

10

20

30

40

50

高い導電率を有する他の金属を含んでもよい。一態様において、シールド構造は、高い導電率及び/又は高い熱伝導率を有する材料で被覆又はメッキされる。

【0013】

シールド構造は、磁場（電磁場）、具体的には勾配システムにより生じる電磁場、から主磁石をシールドするように構成される。例えば、シールド構造は、電磁場に応じてシールド構造の導電性表面に沿う渦電流又は遮蔽電流（スクリーニング電流）が生じることを可能にするように構成される。具体的には、シールド構造は、一次電磁場、例えば勾配磁場、特に勾配磁場の浮遊磁場、に応じた渦電流の発生を可能にする導電層を含む。発生する渦電流により、第1の電磁場と反対の二次磁場（電磁場）が発生する。もっと言えば、第1の電磁場と二次電磁場とがある程度相殺し、遮蔽効果が得られる。

10

【0014】

シールド構造の外壁及び内壁は、それぞれ、連続表面又はコヒーレント表面を含む。別の態様では、シールド構造の外壁及び/又は内壁は、複数の離間シールド要素又はリングを含むか又はそれらから構成される。シールド構造は、1つ以上のコイル状ワイヤの区域をさらに含むことができる。

【0015】

好ましい態様において、シールド構造は、主磁石の形状に適合するように成形される。例えば、シールド構造の表面輪郭は、主磁石の表面輪郭を模倣するか又はそれに適合（一致）する。

【0016】

一態様によれば、本発明に係るシールド装置は、外殻真空チャンバを含む。外殻真空チャンバは、液体又は気体のクライオジェンなどの流体に対して実質的に不透過性である容器の一例である。外殻真空チャンバは、クライオジェン容器、シールド構造、シールド管、主磁石などのシールド装置の他の構成要素を包囲する。

20

【0017】

一態様によれば、外殻真空チャンバは、外側シェルと、内側シェルと、外側シェルと内側シェルとを接続する環状端壁と、を含む。具体的に、外殻真空チャンバは、外側シェル、内側シェル、及び環状端壁の中に主磁石とシールド構造とを包み込む二重壁中空円筒を形成する。外殻真空チャンバは、主磁石の少なくとも1つのソレノイドコイルによって画定される回転対称軸と平行に配向されるか又は一致する回転対称軸を含む。外殻真空チャンバの内側シェルは、磁気共鳴デバイスの患者ポアに対応する。

30

【0018】

好ましい態様において、外殻真空チャンバは、シールド構造及び/又は主磁石に機械的支持を提供するように構成される。例えば、主磁石及び/又はシールド構造は、外殻真空チャンバに吊り下げられ又は外殻真空チャンバにより運搬される。

【0019】

シールド構造は、外殻真空チャンバの外側シェル、内側シェル、及び環状端壁の方向からの熱放射を遮断するように構成される。

【0020】

シールド管は、管状又は円筒状の形状をもつ。例えば、シールド管は、中空円筒の形状である。好ましくは、シールド管は、主磁石を包囲するベッセル又はコンテナを形成しない。

40

【0021】

シールド管は、300 Kの温度で中間の電気伝導率を有する材料を含むか又は該材料から構成される。一態様によれば、シールド管は、300 Kの温度で $120\text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ 、 $100\text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ 、又は $80\text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ より低い熱伝導率を有する材料を含むか又は該材料から構成される。例えば、シールド管は、スチール又はステンレススチールから構成される。あるいは、シールド管は、他の材料、特に、銅やアルミニウムなどの高い導電率を有する金属、を含むか又は該材料から構成することもできる。

【0022】

50

中間の電気伝導率を有する材料を含むか又は該材料から構成されるシールド管を提供する場合、シールド装置の製造コストが低減されて有利である。さらに、画質に影響し得る長い時定数の渦電流の発生が回避されて有利である。

【0023】

好ましい態様において、シールド管は、主磁石とシールド構造の内壁との間に配置される。あるいは、シールド管は、クライオジェン容器の内壁とシールド構造の内壁との間に配置されてもよい。

【0024】

本発明によれば、主磁石は、シールド構造の外壁と内壁との間に配置される。例えば、主磁石は、シールド構造の外壁、内壁、及び環状端壁によって形成される容器内に入れられる。あるいは、主磁石は、シールド構造の外壁と内壁との間に入れられるクライオジェン容器の中に入れられてもよい。

10

【0025】

シールド管は、シールド構造によって機械的に支持される。好ましくは、シールド管は、シールド構造の内壁によって機械的に支持される。

【0026】

一態様によれば、本発明に係るシールド装置は、シールド構造及びシールド管に機械的に接続された少なくとも1つのスペーサを備える。少なくとも1つのスペーサは、シールド構造の内壁とシールド管との間に所定の間隔を維持するように構成される。

【0027】

少なくとも1つのスペーサが、シールド構造の内壁とシールド管との間に配置される。好ましくは、少なくとも1つのスペーサは、シールド構造に対して所定の相対位置にシールド管を固定するように構成される。

20

【0028】

少なくとも1つのスペーサは、シールド構造の内壁又は内管を、少なくとも内管又は内壁の円周の一部分にわたって円周方向に包囲する。例えば、少なくとも1つのスペーサは、1つのリング、複数のリング、1つの中空円筒、複数の中空円筒、又は、リングもしくは中空円筒の一切片として実施される。

【0029】

一態様によれば、少なくとも1つのスペーサの半径方向外側表面は、シールド管に接続され、一方、少なくとも1つのスペーサの半径方向内側表面は、シールド構造の内管又は内壁に接続される。

30

【0030】

少なくとも1つのスペーサは、シールド管とシールド構造との間に圧力ロック機械接続を提供するように構成される。例えば、少なくとも1つのスペーサの半径方向寸法は、シールド管の内径に対してオーバーサイズとすることができる。すなわち、少なくとも1つのスペーサは、シールド構造及びシールド管に対して力を加え、シールド管をシールド構造に対して所定の相対位置に固定する。あるいは、少なくとも1つのスペーサは、シールド管の一区域を収容し、シールド管との形状ロック接続を提供するように構成された凹部又は切り欠きを含んでもよい。少なくとも1つのスペーサは、接着剤、好ましくは熱伝導性接着剤、により、シールド管及び/又はシールド構造に物質的に結合することも考えられる。あるいは、シールド構造、少なくとも1つのスペーサ、及びシールド管は、形状ロック、圧力ロック、及び/又は物質的のいずれか適切な接続により機械的に接続され得る。

40

【0031】

好ましい態様において、少なくとも1つのスペーサは、熱伝導性材料を含むか又は熱伝導性材料から構成される。特に、少なくとも1つのスペーサは、熱伝導によりシールド管とシールド構造との間で熱エネルギーを伝達するように構成される。

【0032】

シールド管とシールド構造との間に配置される少なくとも1つのスペーサは、シールド

50

装置の、特にシールド構造の、機械的共鳴挙動又は機械的共鳴プロファイルの調整を可能にするので有利である。例えば、少なくとも1つのスペーサは、シールド管とシールド構造との間の機械的エネルギーの移送を向上又は減衰させるように構成される。すなわち、シールド構造の設計とは別に、シールド構造の共鳴周波数を必要に応じて調節することができ有利である。

【0033】

さらに、少なくとも1つのスペーサは、シールド管とシールド構造との間の熱エネルギーの交換の調整を可能にするので有利である。特に、少なくとも1つのスペーサは、シールド管とシールド構造との間に熱的及び機械的接続を提供するように構成される。すなわち、シールド管の機械的支持及び/又はシールド構造とシールド管との間の熱接触を提供するために構成要素を追加することが避けられるので有利である。

10

【0034】

好ましい態様において、シールド管は、主磁石の少なくとも1つのソレノイドコイルにおける熱負荷を低減するように構成される。

【0035】

シールド管は好ましくは中間の電気伝導率を有する材料を含むか又は該材料から構成されるといっても、シールド管は、一次磁場（電磁場）、特に勾配磁場の浮遊磁場、に 응답して、シールド管の導電性表面に沿う渦電流（又は遮蔽電流）の発生を依然として可能とする。シールド管に発生する遮蔽電流は、主磁石及び/又はクライオジェン容器の導電性表面に発生する渦電流を置換することができて有利であり、したがって、超伝導温度に近い温度レベルの冷却要求を低減することができる。

20

【0036】

一態様によれば、シールド管は、5 mm、4 mm、又は3 mmより薄い壁厚を有する。シールド管の壁厚は、1 mmを超えてよい。好ましくは、シールド管は、約2 mmの壁厚を有する。

【0037】

シールド管は、二次シールドとして機能するように構成され、主磁石及び/又はクライオジェン容器を磁場（電磁場）から、特に勾配磁場の浮遊磁場から、加えて熱放射からも、遮蔽する。したがって、主磁石及び/又はクライオジェン容器の熱負荷を低減することができ、このことが、冷却の効率が特に低い非常に低い温度レベル（すなわち、超伝導温度に近い温度レベル）の冷却要件を低減するので有利である。その結果、本発明に係るシールド装置を含んだ磁気共鳴デバイスのエネルギー効率が、従来の磁気共鳴デバイスと比較して増大され、有利である。

30

【0038】

中間の電気伝導率を有する材料から構成されるシールド管を提供することにおいて、シールド管の導電性表面における遮蔽電流は、高い電気伝導率を有する材料と比較して、より低くなるか又は縮小される。したがって、主磁石及び/又は撮像ボリューム内の主磁場に到達するか又はと相互作用する二次磁場が、低減又は減衰される。結果として、撮像ボリューム内の二次磁場に起因する撮像アーチファクトが、低減又は回避されるので有利である。

40

【0039】

一態様によれば、本発明に係るシールド構造は、複数のシールド管を含む。複数のシールド管は、シールド構造を利用して機械的に支持される。複数のシールド管のうちの第1のシールド管が、複数のシールド管のうちの第2のシールド管に対する機械的支持を提供することも考えられる。例えば、第2の直径を有する第2のシールド管が、第2の直径よりも小さい第1の直径を有する第1のシールド管により機械的に支持される。好ましくは、高い磁場強度、例えば3 Tを超える磁場強度、を有する磁石を含んだシールド装置において、複数のシールド管は使用される。

【0040】

本発明に係るシールド装置は、シールド構造として複数の封入容器を含むシールド装置

50

と比較して、構造を単純化し及び/又は製造コストを低減することができ有利である。例えば、シールド管は、従来のクライオジェン容器又は同様の封入容器よりも小さく半径方向空間を占めるし、製造することが容易で及び/又はシールド装置の中に設置することが容易でもある。さらに、上述の態様に係るシールド管は、シールド構造の機械的共鳴挙動に僅かな影響しか与えない。すなわち、シールド管は、シールド構造の修正を必要とすることなく、各種の磁石に対するシールド装置に設置でき有利である。

【0041】

本発明に係るシールド装置は、望ましくない二次磁場の発生に関して、提供されるシールド効果の最適化又は調整を可能にするので有利である。

【0042】

さらなる利点として、本発明に係るシールド装置は、クライオジェンボイルオフ又は主磁石のクエンチのリスクを増加させることなく、高性能勾配システムを使用することを可能にする。

【0043】

一態様によれば、本発明に係るシールド装置は、シールド管及びシールド構造と熱的に接続される可撓性熱伝導体を含む。

【0044】

可撓性熱伝導体は、可塑的又は弾性的に変形可能である。特に、可撓性熱伝導体は、手で変形可能とできる。好ましい態様において、可撓性熱伝導体は、金属編物（メタルブレイド）、金属メッシュ、又は金属織物（メタルウイーブ）などの可撓性金属布地を含む。可撓性金属布地は、銅、金、アルミニウム、白金、銀などの高い熱伝導率を有する金属を含むか又は該金属から構成される。あるいは、可撓性熱伝導体は、可撓性炭素布地又は他の高導電性材料を含んだ布地を含むことも考えられる。好ましい態様では、可撓性熱伝導体は、銅編物（カッパーブレイド）から構成される。

【0045】

可撓性熱伝導体は、シールド管とシールド構造との間の熱接触の単純な及び/又は費用効果の高い実施を可能にする。

【0046】

本発明に係るシールド装置の一態様によれば、少なくとも1つのスペーサは、シールド構造の内壁とシールド管との間の全容積を占める。

【0047】

少なくとも1つのスペーサは、シールド構造とシールド管との間の間隙又は空き容積を満たすことができる。例えば、少なくとも1つのスペーサの形状は、シールド構造とシールド管との間の間隙又は空き容積の形状に対応する。あるいは、シールド装置は、シールド構造とシールド管との間の間隙又は空き容積を一緒になって満たす複数のスペーサを含むこともできる。

【0048】

好ましい態様において、少なくとも1つのスペーサ又は複数のスペーサは、形状が中空円筒に相当する。

【0049】

シールド構造とシールド管との間の全容積を占める少なくとも1つのスペーサを設ける場合、シールド管は、シールド管の軸方向寸法全体にわたって機械的に支持される。この場合、シールド構造とシールド管との間の相対的な動きを減らす又は回避することができ有利である。さらに、シールド管からシールド構造への機械的エネルギーの伝達が向上し有利である。

【0050】

好ましい態様において、本発明に係るシールド装置は、主磁石の少なくとも1つのソレノイドコイルによって画定される軸方向に沿って離間した少なくとも2つのスペーサを含み、シールド構造の内壁とシールド管との間に間隙が提供される。

【0051】

10

20

30

40

50

シールド装置は、少なくとも2つのスペーサを含むことができる。その第1のスペーサは、シールド管の第1の端区域に配置することができ、第2のスペーサは、シールド管の第2の端区域に配置することができる。あるいは、シールド管は、シールド管の中央区域又は円筒軸と直交する向きのシールド管の対称面がその近辺に配置された追加のスペーサによって支持されてもよい。

【0052】

少なくとも2つのスペーサは、主磁石の少なくとも1つのソレノイドコイルによって画定される軸方向に沿って離間配置される。例えば、第1のスペーサは、主磁石の軸方向に沿って、第2のスペーサから離して又はとは別個に配置される。あるいは、第1のスペーサ及び第2のスペーサは、主磁石の円筒軸に対して別々の回転角度で配置される。例えば、第1のスペーサ及び第2のスペーサは、シールド管の円周に沿って異なる位置に配置される。

10

【0053】

少なくとも2つのスペーサの間隔は、シールド構造とシールド管との間の機械的結合に影響を及ぼし得る。本発明に係るシールド装置は、その間隔の寸法及び/又は少なくとも2つのスペーサの寸法に応じて、シールド構造とシールド管との間の機械的エネルギーの移送の調整が可能であって有利である。

【0054】

本発明に係るシールド装置の好ましい態様によれば、少なくとも1つのスペーサ及び/又はシールド管は、複数の層を含む。

20

【0055】

この複数の層は、シールド構造の内壁とシールド管との間に配置される。あるいは、シールド管の少なくとも1つの層が、シールド構造の内壁とは反対を向いたシールド管の表面に配置される。

【0056】

複数の層は、2つ以上の層、例えば第1の層及び第2の層を含むか又は該層から構成される。第1の層の材料組成は、第2の層の材料組成と異なるものにできる。少なくとも1つのスペーサ及び/又はシールド管は、第1の層の材料組成及び/又は第2の層の材料組成とは異なる材料組成を有する1つ以上のさらなる層を含む。例えば、複数の層の1つの層は、金属、金属被覆、ガラス強化プラスチック(GRP)、エポキシ樹脂、制振材料、セラミック、金属合金、又は複合材料から構成され得る。適切な金属は、ステンレススチール、スチール、アルミニウム、銅などである。適切な金属被覆の例は、アルミニウム、銅、銀、金、及び白金である。

30

【0057】

好ましくは、複数の層の各層は、シールド装置の半径方向に積層される。例えば、複数の層は、シールド管の半径方向に互い違いに積層された多重層を有するサンドイッチ構造を形成することができる。あるいは、少なくとも1つのスペーサ及び/又はシールド管の複数の層は、シールド管の軸方向に沿って分布させることも考えられる。このように、シールド管の機械的支持だけでなく、シールド管とシールド構造との間の機械的結合も、例えばシールド管の軸方向に沿った特定の箇所などで局所的に、調整することができる。

40

【0058】

複数の層を含んだ少なくとも1つのスペーサ及び/又はシールド管を設ける場合、シールド管とシールド構造との間の機械的結合だけでなく、シールド構造の機械的共鳴挙動も、シールド構造の設計に対する修正を必要とすることなく調整することができ有利である。

【0059】

本発明に係るシールド装置の好ましい態様において、複数の層のうちの少なくとも1つの層が金属被覆から構成される。

【0060】

金属被覆は、上述の金属のいずれかから構成される。好ましくは、金属被覆は、銅、ア

50

ルミニウム、金、銀、又は白金などの高い電気伝導率を有する金属から構成される。金属被覆の厚さは、1.5 mm、1 mm、0.5 mm、又は0.25 mmよりも薄くする。

【0061】

好ましい態様において、シールド管の少なくとも1つの表面は、金属被覆を含む。あるいは、少なくとも1つのスペーサの少なくとも1つの層を金属被覆から構成することも考えられる。

【0062】

金属被覆を含むシールド管及び/又は少なくとも1つのスペーサを設ける場合、シールド装置のシールド効果を向上させることができ有利である。具体的には、金属被覆は、遮蔽電流の発生を容易にし、したがって、主磁石及び/又はクライオジェン容器の熱負荷と同時に超伝導温度に近い温度レベルの冷却要求を減少させることができる。さらに、金属被覆の厚さは、金属被覆内に誘導される渦電流の時定数を制限するように調整されるので有利である。

10

【0063】

本発明に係るシールド装置の一態様によれば、少なくとも1つのスペーサ及び/又はシールド管は、制振要素を含む。代替的に又は追加的に、少なくとも1つのスペーサは、シールド構造とシールド管との間の機械的エネルギーの移送を低減するように配置される。

【0064】

シールド構造とシールド管との間の機械的エネルギーの移送を低減することは、シールド構造とシールド管との間の機械的結合を低減又は緩和することを含む。

20

【0065】

少なくとも1つのスペーサは、シールド管と接触する領域又は表面を制限するように構成される。例えば、シールド管と接触する少なくとも1つのスペーサの半径方向外側領域は、シールド管に向かって薄くなるリッジ（畝/尾根）を含むことができる。また、少なくとも1つのスペーサが、シールド管の外面又は外周に沿った別個の箇所ではシールド管を機械的に支持する1つ以上のピン、ノブ、又はボタンを含むことも考えられる。さらに、少なくとも2つのスペーサは、1つ以上の間隙が少なくとも2つのスペーサの間に形成されるように離して置かれる。その1つ以上の間隙は、機械的変動、特に望ましくない機械的振動、をシールド構造に伝達することなくシールド管が振動することのできる区域の一例である。

30

【0066】

一態様によれば、少なくとも1つのスペーサ及び/又はシールド管は、機械的エネルギーを吸収する又は消散させるように構成された制振要素を含む。例えば、少なくとも1つのスペーサは、機械的変動を吸収するように構成された、制振材料、制振材料の多重層、弾性要素、又は複数の弾性要素を含む。一態様において、少なくとも1つのスペーサは、機械的変動を弾性変形及び/又は熱エネルギーに変換するように構成されたバネ及び/又は弾性材料（例えば、エラストマー及び/又は弾性発泡材料）を含む。少なくとも1つのスペーサの弾性変形によって放出される熱エネルギーはいずれも、超伝導温度を十分に上回る温度レベルで、シールド構造に接続された冷熱源に伝達され有利である。

【0067】

シールド管は、上述の態様に係る制振要素を含むことが考えられる。

40

【0068】

シールド管とシールド構造との間の機械的エネルギーの移送を低減するように構成されたシールド管及び/又は少なくとも1つのスペーサを設ける場合、シールド構造の機械的共鳴挙動に対するシールド管の影響を低減又は回避することができ有利である。

【0069】

本発明に係るシールド装置の一態様によれば、少なくとも1つのスペーサ及び/又はシールド管は、剛性材料を含む。代替的に又は追加的に、少なくとも1つのスペーサは、シールド構造とシールド管との間の機械的エネルギーの移送を改善するように配置される。

【0070】

50

少なくとも1つのスペーサ及び/又はシールド管は、シールド管からシールド構造へ機械的変動を伝達するように構成される。少なくとも1つのスペーサは、スチール、ステンレススチール、又はガラス強化プラスチックなどの剛性又は非弾性材料から構成される。少なくとも1つのスペーサの剛性材料は、シールド管及びシールド構造と機械的に接触する。シールド管は、スチールやステンレススチールなどの剛性材料から構成される。好ましい態様において、少なくとも1つのスペーサの1つの層及び/又はシールド管の1つの層が、剛性材料から構成される。

【0071】

少なくとも1つのスペーサは、シールド構造とシールド管との間の機械的エネルギーの移送を改善するように配置される。一態様によれば、シールド管の外面の大部分が、少なくとも1つのスペーサと接触する。例えば、シールド管の外面又は外周の50%、60%、70%、又は80%より広い部分が、少なくとも1つのスペーサと接触する。

10

【0072】

好ましい態様において、少なくとも1つのスペーサは、選択された機械的周波数の機械的変動及び/又は選択された機械的振動をシールド管からシールド構造へ伝達するように構成される。例えば、少なくとも1つのスペーサは、シールド管の外周に沿う1つ以上の選択されたノード(節)に配置される。1つ以上の選択ノードは、シールド管の機械的変動によって引き起こされるシールド管の壁の一区域の特定の振動周波数及び/又は振動振幅によって特徴付けらる。少なくとも1つのスペーサをシールド管の外周に沿う1つ以上の選択ノードに配置する場合、選択された機械的変動及び/又は選択された機械的周波数がシールド管からシールド構造へ伝達されるので有利である。

20

【0073】

シールド管の機械的変動は、例えばシールド構造のピーク機械的共鳴を修正又は低減するなどシールド構造の機械的共鳴挙動を調整するために使用できて有利である。さらに、シールド管とシールド構造との間の機械的結合を改善又は強化する場合、シールド管の望ましくない共鳴周波数を減衰させ得るので有利である。

【0074】

本発明に係るシールド装置の一態様において、シールド構造は、複数の層を含み、この複数の層のうち少なくとも1つの層が、シールド管の機械的共鳴挙動に応じてシールド構造の機械的共鳴挙動を修正するように構成される。

30

【0075】

シールド構造の内壁は、シールド構造の層の一例である。一態様によれば、シールド構造の少なくとも1つの層が、少なくとも1つのスペーサ及び/又はシールド構造の内壁を介してシールド管と機械的に結合される。好ましくは、そのシールド構造の少なくとも1つの層は、シールド構造の表面、例えば、シールド構造の内壁の内面及び/又は外面、に機械的に接続された追加の材料の層を示す。シールド構造の少なくとも1つの層の材料は、シールド構造の材料とは異なっている。例えば、シールド構造は、アルミニウム、銅などの高導電性材料から構成される。当該少なくとも1つの層は、スチール又はステンレススチールなどの高い剛性を有する材料から構成される。

【0076】

一態様によれば、シールド構造の少なくとも1つの層は、シールド構造に機械的に接続された少なくとも1つのスペーサの一部を形成することができる。あるいは、シールド構造の少なくとも1つの層は、シールド構造の内壁の表面、特にシールド管とは反対を向いたシールド構造の内壁の表面、にも機械的に接続される。

40

【0077】

好ましくは、シールド構造の少なくとも1つの層は、シールド管の機械的共鳴挙動を緩和又は補償するように構成される。例えば、シールド構造の少なくとも1つの層は、上述の態様のように、シールド構造とシールド管との間の機械的エネルギーの伝達を改善するように、及び/又は、選択された機械的周波数の機械的変動及び/又は選択された機械的振動をシールド管からシールド構造へ伝達するように、構成された少なくとも1つのスペ

50

ーサに応じて構成される。

【0078】

シールド構造の少なくとも1つの層は、シールド構造の剛性を増加させるように構成される。具体的に、シールド構造の少なくとも1つの層は、シールド構造の内壁又は内管の剛性を増加させるように構成される。シールド構造の剛性は、シールド管によって引き起こされる機械的変動などの印加力に反応した変形にシールド構造が抵抗する程度で特徴付けられる。好ましくは、シールド構造の少なくとも1つの層は、スチール又はステンレススチールを含むか又はこれらから構成される。

【0079】

シールド構造及び/又はシールド管の機械的共鳴挙動は、特定の動作条件下での、例えば、本発明に係るシールド装置を含んだ磁気共鳴デバイスを利用して実行される磁気共鳴測定下でのシールド構造及び/又はシールド管の共鳴周波数で特徴付けられる。好ましい態様において、シールド構造の少なくとも1つの層の厚さ及び/又は材料は、シールド管の1つ以上のピーク機械的共鳴周波数を補償するように選択される。

10

【0080】

シールド構造の剛性を増加させるように構成された少なくとも1つの層を含むシールド構造を提供する場合、シールド管によって導入される又は引き起こされる機械的変動を減衰させられるので有利である。さらに、シールド構造の剛性を増大させることは、シールド構造の壁厚の削減が可能になるので有利である。これによると、シールド構造は、シールド装置の半径方向に占める空間をより小さくすることができる。

20

【0081】

一態様によれば、シールド構造の少なくとも1つの層は、機械的エネルギーを消散させるように構成された制振材料を含む。例えば、シールド構造の少なくとも1つの層は、上述の態様による弾性材料を含むことができる。

【0082】

シールド構造の機械的共鳴挙動を修正するように構成された少なくとも1つの層を含んだシールド構造を提供する場合、シールド管によって導入される又は引き起こされる機械的変動についてバランスをとるか又は補償することができ有利である。

【0083】

一態様によれば、本発明に係るシールド装置は、シールド構造の内壁によって円周方向において包囲されるボリューム内に勾配磁場を生成するように構成された少なくとも1つの勾配コイルを含む勾配システムを含む。シールド管が、勾配磁場の浮遊磁場によりシールド管に誘起される遮蔽電流を低減するように、勾配コイルから離して配置される。

30

【0084】

勾配システムは、1つ以上の勾配コイルを含む。勾配コイルは、シールド装置、具体的にはシールド構造の内壁及び/又は勾配コイル、により円周方向において包囲される撮像領域に勾配磁場を発生するように構成される。好ましい態様において、勾配システムは、少なくとも、第1の勾配コイル及び第2の勾配コイルを含む。第1の勾配コイルは、撮像領域に第1の勾配磁場を生成するように構成される。同様に、第2の勾配コイルは、撮像領域に第2の勾配磁場を生成するように構成される。第1の勾配磁場は、第2の勾配磁場に対して本質的に直交する向きである。勾配システムは、撮像領域に第3の勾配磁場を生成するように構成された第3の勾配コイルをさらに含むことができる。第3の勾配磁場は、第1の勾配磁場及び第2の勾配磁場に対して実質的に直交する向きとすることが考えられる。

40

【0085】

シールド管は、勾配システムを円周方向に取り囲む。好ましい態様において、勾配システムは、管状又は円筒状の形態で配置される。シールド管の直径は、勾配システムの直径を上回る。

【0086】

好ましくは、シールド管は、勾配磁場に応じる、シールド管の導電性表面に沿った遮蔽

50

電流の発生を低減するように、勾配システムに対して配置される。例えば、シールド管の内面の面法線に沿ったシールド管の内面上のポイントと勾配システムの外面上のポイントとの間の間隔が、1 cm、2 cm、4 cm、6 cm、8 cm、あるいは10 cmを上回る。当然ながら、シールド管と勾配システムとの間の間隔は、主磁石の磁場強度に加えて勾配コイルの磁場強度によっても決まる。

【0087】

上述の態様のように勾配システムからシールド管を離して配置する場合、シールド管の機械的変動が低減又は制限されるので有利である。さらに、シールド管の導電性表面における遮蔽電流の低減は、主磁石及び/又は撮像ポリウム内の主磁場に達する又はと相互作用する二次磁場を低減又は減衰させることもできる。したがって、撮像ポリウム内の二次磁場に起因する撮像アーチファクトが低減又は回避されるので有利である。

10

【0088】

一態様によれば、本発明に係るシールド装置は、主磁石を内包するクライオジェン容器を含む。クライオジェン容器の内径はシールド管の直径より大きく、クライオジェン容器はシールド管を円周方向において包囲する。

【0089】

クライオジェン容器（ベッセル）は、主磁石及び流体、具体的にはクライオジェン、を入れるように構成された液密コンテナである。主磁石の少なくとも一部は、クライオジェン容器の中の流体の液体部分に浸される。好ましい態様において、クライオジェン容器は、クライオジェン容器の外壁と内壁との間に主磁石を入れる二重壁中空円筒を形成する。外側管及び内側管が、環状端壁を介して機械的に接続される。クライオジェン容器の円筒軸又は回転対称軸は、主磁石のソレノイドコイルによって画定される回転対称軸と平行に配向されるか又は一致する。

20

【0090】

クライオジェン容器は、シールド効果を提供するように構成される。好ましくは、クライオジェン容器は、主磁石の超伝導温度に近い温度レベルに維持される。一態様において、クライオジェン容器及び/又はクライオジェン容器の中に収容されたクライオジェンは、クライオクーラの第2のステージに熱的に接続される。すなわち、クライオクーラを介してクライオジェン容器から吸収される熱エネルギーは、低効率で非常に低い温度レベルで吸収されなければならない。

30

【0091】

シールド管は、クライオジェン容器、具体的にはクライオジェン容器の内壁、によって形成される管状空間又はキャビティの中に配置される。好ましい態様において、シールド管は、クライオジェン容器の内壁とシールド構造の内壁又は内管との間に配置される。

【0092】

上述の態様による本発明に係るシールド装置のシールド効果は、シールド管の無い従来のシールド装置のシールド効果を上回るか又はより優れているので有利である。クライオジェン容器の内壁と勾配システムとの間にシールド管を配置する場合、勾配磁場の浮遊磁場は、シールド管の導電性表面において発生する渦電流によって少なくとも部分的に相殺される。したがって、渦電流と結びついた機械的変動及び/又は熱負荷は、少なくとも部分的にシールド管へシフトされ、このシールド管は、クライオジェン容器と比較してより高い温度に冷却可能である。クライオクーラの冷却効率は、通常、温度レベルの上昇に伴って増大するので、シールド管は、超伝導温度のレベルの低い冷却要求及びクライオクーラの電力低減要求を可能にし有利である。

40

【0093】

本発明に係る磁気共鳴デバイスは、磁気共鳴デバイスの撮像領域内に位置した対象の磁気共鳴測定を実行するように構成される。磁気共鳴デバイスは、上述の態様による、少なくとも1つの勾配コイルとシールド装置とを含む勾配システムを有する。

【0094】

本発明に係る磁気共鳴デバイスは、磁気共鳴デバイスの撮像領域内に位置した対象から

50

磁気共鳴データを取得するように構成される。好ましくは、磁気共鳴デバイスは、撮像領域内に位置した対象から、磁気共鳴画像データ、特に診断用磁気共鳴画像データ、を取得するように構成される。対象は、患者、特にヒト又は動物である。

【0095】

好ましくは、本発明に係る磁気共鳴デバイスは、閉鎖（クローズド）ボアスキャナである。閉鎖ボアスキャナは、撮像領域を円周方向において囲む実質的に円筒形のボアを含む。閉鎖ボアスキャナの主磁石は、円筒形ボアの軸方向又は回転対称軸に沿って撮像領域を円周方向に取り囲む1つ以上のソレノイドコイルを含む。1つ以上のソレノイドコイルは、超伝導温度（又はそれより下）で無視できる電気抵抗を有するワイヤを含む。主磁石により提供される主磁場の方向は、撮像領域に対する対象のアクセスの方向及び/又は円筒形ボアの軸方向に実質的に平行に配向される。

10

【0096】

磁気共鳴デバイスは、少なくとも1つのクライオクーラを含む。少なくとも1つのクライオクーラは、磁気共鳴デバイスの構成要素を冷却するように構成される。例えば、少なくとも1つのクライオクーラは、主磁石、シールド構造、シールド管、クライオジェン容器などを冷却するように構成される。

【0097】

少なくとも1つのクライオクーラは、主磁石の超伝導材料の超伝導温度に近い温度以下の温度を提供するように構成される。例えば、主磁石の超伝導温度は、3 K ~ 100 K の範囲、好ましくは3 K ~ 6 K、5 K ~ 10 K、30 K ~ 60 K、又は60 K ~ 90 K の範囲である。少なくとも1つのクライオクーラは、パルスチューブ冷凍機、ギフォード・マクマホン冷凍機、スターリングクライオクーラ、ジュール・トムソンクライオクーラなどにより実施される。

20

【0098】

好ましい態様において、少なくとも1つのクライオクーラは、主磁石、シールド構造、及びシールド管に熱的及び機械的に接続される。少なくとも1つのクライオクーラは、主磁石及びシールド構造を、さらにはシールド管も、異なる温度レベルに維持するように構成される。

【0099】

少なくとも1つのクライオクーラは、1つ以上の冷却ステージを有するコールドヘッドを含む。コールドヘッドが複数の冷却ステージを含む場合、冷却ステージの各々は、異なる温度レベルをもち得る。あるいは、本発明に係る磁気共鳴デバイスは、主磁石を冷却するように構成された第1のクライオクーラと、シールド構造及び/又はシールド管を冷却するように構成された第2のクライオクーラと、を含む。好ましくは、第2のクライオクーラによって提供される温度レベルが第1のクライオクーラによって提供される温度レベルよりも高い。

30

【0100】

一態様によれば、少なくとも1つのクライオクーラは、少なくとも第1の冷却ステージと第2の冷却ステージとを含む。第1の冷却ステージは、シールド構造及びシールド管に熱的及び機械的に接続される。第2の冷却ステージは、主磁石に熱的及び機械的に接続される。好ましくは、第1の冷却ステージの温度レベルが第2の冷却ステージの温度レベルよりも高い。例えば、第1の冷却ステージは、40 K ~ 180 K の範囲、好ましくは40 K ~ 60 K、60 K ~ 100 K、又は100 K ~ 180 K の範囲の温度を提供するように構成される。第2の冷却ステージは、主磁石の超伝導温度に近い温度レベルを提供するように構成される。

40

【0101】

本発明に係る磁気共鳴デバイスは、「ドライ」システムとして構成することができる。「ドライ」システムは、少量のクライオジェンを含むか又はクライオジェンをまったく含まない。例えば、本発明に係る磁気共鳴システムは、固体熱伝導体を介して主磁石に熱的に接続された1つ以上の小型クライオジェン容器を含み得る。小型クライオジェン容器は

50

、10L、5L、又は1Lより少ない容量のクライオジェンを含む。一態様において、クライオジェン容器は省略される。すなわち、主磁石は、全体的に熱伝導によって冷却される。

【0102】

代替の態様において、本発明に係る磁気共鳴デバイスは、「ウェット」システムとして構成される。「ウェット」システムは、アルゴン、窒素、ネオン、ヘリウムなどのような低沸点を有する流体又はクライオジェンの入ったクライオジェン容器を含む。所定の温度レベルは、主磁石の超伝導温度に実質的に相当する。

【0103】

主磁石、クライオジェン容器、シールド構造、シールド管などの磁気共鳴デバイスの構成要素は、クライオクーラに熱的に接続することが考えられる。好ましくは、磁気共鳴デバイスの構成要素は、固体熱伝導体、対流ループ、及び/又はヒートパイプを介してクライオクーラに熱的に接続される。

【0104】

本発明に係る磁気共鳴デバイスは、本発明に係るシールド装置の利点を共有する。

【0105】

本発明のさらなる利点及び詳細は、以下に記載される実施形態と図面から認識され得る。

【図面の簡単な説明】

【0106】

【図1】本発明に係る磁気共鳴デバイスの実施形態を示す概略図。

【図2】本発明に係る磁気共鳴デバイスの実施形態を示す概略図。

【図3】本発明に係るシールド装置の実施形態を示す概略図。

【図4】本発明に係るシールド装置の実施形態を示す概略図。

【図5】本発明に係るシールド装置の実施形態における一部を示す概略図。

【図6】本発明に係るシールド装置の実施形態におけるシールド管及びスペーサを示す概略図。

【図7】本発明に係るシールド装置の実施形態における一部を示す概略図。

【図8】本発明に係るシールド装置の実施形態を示す概略図。

【図9】本発明に係るシールド装置の実施形態を示す概略図。

【図10】シールド装置の各実施形態の機械的共鳴挙動の比較。

【発明を実施するための形態】

【0107】

図1は、本発明に係る磁気共鳴デバイス11の一実施例を示す。図示の例において、磁気共鳴デバイス11は、撮像ボリューム38を内包する均一な静磁場18(B0磁場)を提供するように構成された静磁場磁石17(主磁石)を含む。静磁場18は、患者15などの撮像対象を受け入れるように構成された撮像領域36を透過する。撮像領域36は、磁気共鳴測定時に患者を収容するように構成された患者ポアに相当する。撮像領域36は、円周方向においてシールド装置30によって包囲される。

【0108】

図示の例において、磁気共鳴デバイス11は、患者15を撮像領域36の中へ搬送するように構成された患者支持体16を含む。具体的に、患者支持体16は、患者15の診断対象の身体領域を磁気共鳴デバイス11の撮像ボリューム38又はアイソセンタの中に搬送するように構成される。通常、磁気共鳴デバイス11のシールド装置30は、ハウジング41内に隠されている。

【0109】

磁気共鳴デバイス11は、磁気共鳴測定時に取得される磁気共鳴信号の空間エンコーディングに使用される勾配磁場を提供するように構成された勾配システム19を含む。勾配システム19は、適切な電流信号を利用して勾配コントローラ28により作動又は制御が行われる。勾配システム19は、異なる、好ましくは直交配向の、空間方向において勾配

10

20

30

40

50

磁場を生成するように構成された１つ以上の勾配コイルを含むことが考えられる。

【 0 1 1 0 】

磁気共鳴デバイス 1 1 は、組み込み型無線周波数アンテナ 2 0（すなわち、ボディコイル）を含んでもよい。無線周波数アンテナ 2 0 は、高周波磁場を生成すると共に無線周波数励起パルスを送信領域 3 6 内に放出するように無線周波数アンテナ 2 0 を制御する無線周波数コントローラ 2 9 により操作される。磁気共鳴デバイス 1 1 は、局所コイル 2 1 をさらに含む。局所コイル 2 1 は、患者 1 5 の診断対象領域に又はその近傍に配置することができる。局所コイル 2 1 は、患者 1 5 に無線周波数励起パルスを放射し及び／又は患者 1 5 から磁気共鳴信号を受信するように構成される。局所コイル 2 1 は、無線周波数コントローラ 2 9 により制御することが考えられる。

10

【 0 1 1 1 】

好ましくは、磁気共鳴デバイス 1 1 は、磁気共鳴デバイス 1 1 を制御するように構成された制御ユニット 2 3 を含む。制御ユニット 2 3 は、磁気共鳴信号を処理し、磁気共鳴画像を再構成するように構成された処理ユニット 2 4 を含む。処理ユニット 2 4 は、磁気共鳴デバイス 1 1 のユーザによる入力を処理し及び／又はユーザに出力を提供するように構成される。この目的のために、処理ユニット 2 4 及び／又は制御ユニット 2 3 は、適切な信号接続を介して表示ユニット 2 5 及び入力ユニット 2 6 に接続され得る。磁気共鳴測定の準備に際し、撮像パラメータや患者情報などの準備情報が、表示ユニット 2 5 を介してユーザに提供される。入力ユニット 2 6 は、ユーザから情報及び／又は撮像パラメータを受信するように構成される。

20

【 0 1 1 2 】

言うまでもないが、磁気共鳴デバイス 1 1 は、磁気共鳴デバイスが通常提供するさらなる構成要素を含み得る。磁気共鳴デバイス 1 1 の全体的な作動は当分野で通常の知識を有する者なら良く知っているもので、詳細な説明は省略する。

【 0 1 1 3 】

図 2 は、図 1 に示す本発明に係る磁気共鳴デバイス 1 1 の断面図を示す。図示の例において、シールド装置 3 0 は、シールド装置 3 0 の構成要素のための外囲いを提供する外殻真空チャンバ 4 2 を含む。外殻真空チャンバ 4 2 は、周囲環境 7 0 を、外殻真空チャンバ 4 2 によって包み込まれた真空領域 7 1 から分離する。好ましい実施例において、外殻真空チャンバ 4 2 は、外側シェルと内側シェルとを含んだ二重壁中空円筒を形成する。シールド装置 3 0 の構成要素は、外殻真空チャンバ 4 2 の外側シェル及び内側シェルの中に収容されるか又はこれらによって包囲される。外殻真空チャンバ 4 2 の内側シェルは、撮像領域 3 6 を円周方向において取り囲む患者ボア 3 7 を形成する。

30

【 0 1 1 4 】

図示の実施例において、シールド装置 3 0 は、シールド構造 3 3 及びシールド管 3 4 を含む。シールド構造 3 3 は、二重壁中空円筒として実施され、シールド管 3 4 は、単管又は中空円筒として実施される。シールド管 3 4 及び主磁石 1 7 は、シールド構造 3 3 の外壁と内壁との間に入れられる。これにより、主磁石 1 7 は、シールド構造 3 3 の外壁とシールド管 3 4 とによって閉じ込められる。

【 0 1 1 5 】

好ましくは、シールド装置 3 0 は、外殻真空チャンバ 4 2 の外側シェル及び主磁石 1 7 に機械的に接続された１つ以上のサスペンションロッド 1 2 を含む。サスペンションロッド 1 2 は、外殻真空チャンバ 4 2 の外側シェルと主磁石 1 7 との間に機械的接続を提供するために、シールド構造 3 3 の通路又は孔を通して延伸する。

40

【 0 1 1 6 】

磁気共鳴デバイス 1 1 は、外殻真空チャンバ 4 2 に取り付けられたクライオクーラ 3 2 をさらに含む。クライオクーラ 3 2 は、主磁石 1 7、シールド構造 3 3、シールド管 3 4 に加えて、冷媒容器 3 1（図 4 参照）などのシールド装置 3 0 の他の構成要素も冷却するように構成される。

【 0 1 1 7 】

50

クライオクーラ 3 2 は、一例として、クライオクーラ 3 2 に加圧ガスを供給するコンプレッサ（図示せず）を含む。図 2 に図示の実施例によれば、クライオクーラ 3 2 は、1 つ以上の冷却ステージ 3 2 a , 3 2 b を備えたコールドヘッドを含む。好ましくは、コールドヘッドの第 1 の冷却ステージ 3 2 a がシールド構造 3 3 に熱的に接続され、一方、コールドヘッドの第 2 の冷却ステージ 3 2 b が主磁石 1 7 に熱的に接続される。好ましい実施例において、第 1 の冷却ステージ 3 2 a は、約 5 0 K の温度レベルを提供し、第 2 の冷却ステージ 3 2 b は、約 4 K の温度レベルを提供する。「ドライ」システムの場合、クライオクーラ 3 2 の冷却ステージ 3 2 a , 3 2 b は、固体熱伝導体 3 9 a , 3 9 b を介してシールド装置 3 0 の構成要素に熱的に接続される。磁気共鳴デバイス 1 1 は、固体熱伝導体、ヒートパイプ、及び / 又は対流ループを介してクライオクーラ 3 2 に熱的に接続される 1 つ以上の小型クライオジェン容器（図示せず）を含むことも考えられる。1 つ以上のクライオジェン容器が熱交換器及び / 又は固体熱伝導体 3 9 を介して主磁石 1 7 に熱的に接続され得る。

10

【 0 1 1 8 】

一実施例によれば、シールド管 3 4 は、固体熱伝導体、例えば銅編物（図示せず）、を介してシールド構造 3 3 に熱的に接続される。あるいは、シールド管 3 4 は、固体熱伝導体 3 9 を介してクライオクーラ 3 2 の第 1 の冷却ステージ 3 2 a に熱的に接続されてもよい。

【 0 1 1 9 】

磁気共鳴デバイス 1 1 の作動時、シールド構造 3 3 は、中間温度、例えば、4 0 K ~ 6 0 K、好ましくは約 5 0 K、に維持される。シールド構造 3 3 は、主磁石 1 7 を、熱放射からシールドするだけでなく、勾配システム 1 9 により発生される勾配磁場の浮遊磁場からもシールドするように構成された導電性材料を含む。

20

【 0 1 2 0 】

代替実施例において、シールド構造 3 3 及び主磁石 1 7 は、クライオクーラ 3 2 の同じステージに熱的に接続される。シールド構造 3 3 及び主磁石 1 7 は、異なる又は別個のクライオクーラ 3 2 に接続することも考えられる。

【 0 1 2 1 】

図 3 は、本発明に係るシールド装置 3 0 の一実施例の断面図を示す。図示の例において、シールド装置 3 0 は、外殻真空チャンバ 4 2 と、主磁石 1 7 と、シールド構造 3 3 と、シールド管 3 4 と、を含む。シールド管 3 4 は、シールド構造 3 3 に載置されたスペーサ 4 3 a , 4 3 b を介して機械的に支持されている。スペーサ 4 3 a , 4 3 b は、シールド装置 3 0 の軸方向に沿って離間している。例えば、スペーサ 4 3 a は、シールド装置 3 0 の回転対称軸 8 0 と平行に配向された軸方向において、スペーサ 4 3 b から離して配置される。図示の実施例において、スペーサ 4 3 a , 4 3 b は、シールド構造 3 3 の内壁を円周方向に取り囲むリング又は中空円筒として実施される。

30

【 0 1 2 2 】

図 3 に示すシールド装置 3 0 は、主に熱伝導による冷却に依存する「ドライ」磁気共鳴デバイスに使用することができる。ただし、「ドライ」磁気共鳴デバイスは、熱緩衝剤として作用する小型クライオジェン容器をさらに含むこともできる。当該クライオジェン容器は、固体熱伝導体を介して主磁石 1 7 に熱的に接続される。

40

【 0 1 2 3 】

図 4 は、本発明に係るシールド装置 3 0 の別の実施例の断面図を示す。図示の例において、シールド装置 3 0 は、主磁石 1 7 を囲い込んだクライオジェン容器 3 1 を含む。クライオジェン容器 3 1 は、クライオジェン（図示せず）を収容する液密容器を形成する。主磁石 1 7 の一部がクライオジェンの液体部分に浸される。クライオジェン容器 3 1 の中のクライオジェンは、クライオクーラ 3 2 の第 2 の冷却ステージ 3 2 b と直接接触している。あるいは、クライオジェン容器 3 1 の壁が、固体熱伝導体及び / 又はヒートパイプを介してクライオクーラの第 2 の冷却ステージ 3 2 b に熱的に接続される。シールド装置 3 0 のクライオジェン容器 3 1、シールド管 3 4、及びシールド構造 3 3 は、シールド装置 3

50

0のシールド効果に寄与するように構成される。図4に示すシールド装置30は、好ましくは「ウェット」磁気共鳴デバイスに使用される。

【0124】

図5は、複数のスペーサ43を含む本発明に係るシールド装置30の実施例の断面を示す。図示の例において、スペーサ43aは、シールド管34の端の区域、特に軸方向端部に配置されている。スペーサ43cは、シールド管34の中央区域に配置されている。スペーサ43aは、シールド管34の端部を支持するように構成され、スペーサ43cは、シールド管34の中央区域のたるみを防止するように構成される。スペーサ43b、及びさらに追加され得るスペーサ43（図示せず）も、シールド管34に追加の支持を提供するように構成される。1つ以上のスペーサ43が、シールド管34及び/又はシールド構造33の機械的共鳴挙動を調整するようにしても配置され得る。

10

【0125】

図3～図5に示すスペーサ43は、シールド構造33をシールド管34から機械的に切り離すように構成されたボタン又はピンとして実施することができる。スペーサ43は、互いに離して配置される。好ましくは、スペーサ43は、シールド構造33の端部スピニング又は環状端壁及び/又はシールド管34の端区域にボルト止め又は接着される。スペーサ43は、シールド管34の外周にわたって規則的又は不規則なパターンで分布していることも考えられる。あるいは、スペーサ43は、リング、リング切片、プレート、中空円筒、及び/又は中空円筒の切片として実施される。一実施例によれば、スペーサ43は、主磁石17のソレノイドコイルを含むシールド装置30の横断面に配置される。

20

【0126】

一実施例によれば、スペーサ43は、ガラス強化プラスチックを含むか又はガラス強化プラスチックから構成される。あるいは、1つ以上のスペーサ43が、アルミニウム、スチール、ステンレススチール、エポキシ樹脂、制振要素、及び/又は制振材料を含むか又はこれらから構成される。好ましい実施例によれば、1つ以上のスペーサ43は、複数の層から構成される。

【0127】

図6に示す実施例によれば、スペーサ43は、シールド管34の一部を収容するように構成された凹部又は切り欠きを含み、これにより、スペーサ43とシールド管34との間の形状ロック機械的接続を提供する。

30

【0128】

図7は、本発明に係るシールド装置30の別の実施例を示す。図示の例において、スペーサ43は、シールド構造33とシールド管34との間の間隙全体又は空き容積を埋める。スペーサ43は、ガラス強化プラスチック、アルミニウム、ステンレススチール、又はエポキシ樹脂などの材料の単一層から構成される。あるいは、スペーサ43は、異なる材料からなる複数の層を含むこともできる。例えば、図7に示されるスペーサ43は、シールド装置30の半径方向に積層された一連の層から構成される。一実施例によれば、シールド装置30は、複数のスペーサ43を含み、これらスペーサ43が一緒になってシールド構造33とシールド管34との間の間隙全体又は空き容積を満たす。

【0129】

40

図8は、クライオジェン容器31を含む本発明に係るシールド装置30の実施例の半径方向断面を示す。図示の例において、シールド構造33は、シールド構造33の内壁又は内管の剛性を増加させるように構成された層33aを含む。好ましくは、シールド構造33は、アルミニウム、特にアルミニウム5005、から構成され、シールド構造33の層33aは、ステンレススチールから構成される。シールド構造33及び層33aは、クライオクーラ32の第1の冷却ステージ32aに熱的に接続され、約50Kの温度レベルに維持される。

【0130】

シールド管34は、上述の実施例による1つ以上のスペーサ43を介して支持される。軸80に沿って、半径方向断面のある位置に応じ、シールド管34とシールド構造33の

50

内壁との間の間隙又は空き容積は、上述の実施例によるスペーサ 4 3 によって埋められる。ただし、間隙は、シールド装置 3 0 のいずれかの構造又は構成要素を欠いていてもよい。例えば、シールド管 3 4 とシールド構造 3 3 の内壁との間に 1 つ以上の真空領域があってもよい。

【0131】

シールド管 3 4 は、別個の熱伝導体（図示せず）を介して及び/又は 1 つ以上のスペーサ 4 3 を介して、シールド構造 3 3 に熱的に接続される。したがって、シールド管 3 4 は、クライオクーラに間接的に接続され、シールド構造 3 3 と比較して高い温度を示し得る。例えば、シールド管 3 4 は、磁気共鳴デバイス 1 1 におけるシールド装置 3 0 の作動時、60 K ~ 70 K の温度レベルに維持される。好ましくは、シールド管 3 4 は、約 2 mm の厚さを有するステンレススチールから構成される。

10

【0132】

図 8 に図示の実施例において、主磁石 1 7 を囲むクライオジェン容器 3 1 は、ステンレススチールから構成される。好ましくは、クライオジェン容器 3 1 は、クライオクーラ 3 2 の第 2 の冷却ステージ 3 2 b に熱的に接続され、磁気共鳴デバイス 1 1 におけるシールド装置 3 0 の作動時、約 4 K の温度に維持される。

【0133】

外殻真空チャンバ 4 2 の内側シェル及び外側シェルは、好ましくは、スチール、ステンレススチール、又は別の弾性金属から構成される。

【0134】

図 9 は、本発明に係るシールド装置 3 0 の別の実施例の半径方向断面を示す。図示の実施例において、スペーサ 4 3 は、3 つの層 4 3 a , 4 3 , 4 3 c から構成される。図 8 に示した実施例とは違って、層 4 3 c が、シールド構造 3 3 の内壁の外面に機械的に接続される。層 4 3 c は、ステンレススチールから構成され、シールド構造 3 3 の剛性を高めることができる。好ましくは、層 4 3 c は、例えばエポキシ樹脂などの接着剤を利用して、シールド構造 3 3 の内管に物質的に接合される。

20

【0135】

スペーサ 4 3 は、層 4 3 b をさらに含む。層 4 3 b は、ガラス強化プラスチックの連続片又は複数の分離片を含む。あるいは、層 4 3 b は、上述の実施例に従って実施されてもよい。

30

【0136】

層 4 3 a は、金属被覆によって形成される。金属被覆は、好ましくは、銅、アルミニウム、金、銀、又は白金などの、300 K で高い導電率を有する金属から構成される。好ましくは、層 4 3 a は、シールド管 3 4 の内面に被覆される。

【0137】

図 9 に示す実施例によれば、シールド管 3 4 の外面は、別の金属被覆 3 4 a を含む。この金属被覆 3 4 a は、上述の金属被覆に相当し得る。ただし、金属被覆 3 4 a は、シールド管 3 4 の外面に形成されているので、スペーサ 4 3 の一部を構成しない。

【0138】

シールド装置 3 0 の一実施例によれば、スペーサ 4 3（例えば、層 4 3 a 又は層 4 3 b）、シールド管 3 4（例えば、層 3 4 a）、加えてシールド構造 3 3（例えば、層 3 3 a）の 1 つ以上の層は、省くことができる。

40

【0139】

図 10 は、シールド構造 3 3 の機械的共鳴挙動のシミュレーション結果を示す。図中の X 軸に、機械的変動の周波数（Frequency）がプロットされている。Y 軸には、機械的変動のパワー（Power）がプロットされている。プロット S 1 は、シールド管 3 4 を備えていない従来のシールド装置を表している。シミュレートされた機械的周波数挙動は、シールド構造 3 3 が約 1800 Hz で有意な共鳴周波数を示すことを表す。本発明に係るシールド装置 3 0 のシミュレーション S 2 は、本発明に係るシールド管 3 4 の追加が、シールド構造 3 3 の機械的共鳴挙動に新たなピークを導入することなく、1800 Hz の主

50

ピークを減衰させることを示唆している。

【0140】

本発明に係るシールド装置30の別のシミュレーションS3は、パワーデポジションのピークが、シールド構造33の内管を補強するように構成された層33aを追加することによって、さらに低減されることを示唆する。

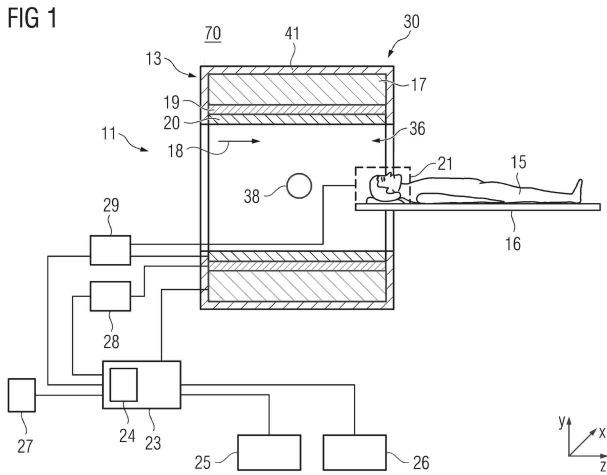
【0141】

以上説明した実施例は、一例として認識されるべきである。個々の実施例は、別段の記載がない限り、他の実施例の特徴によって拡張されてもよいし、それら特徴と組み合わせてもよいことは、当然理解される。図1～図9に示される実施例は、必ずしも縮尺通りである必要はない表現である。

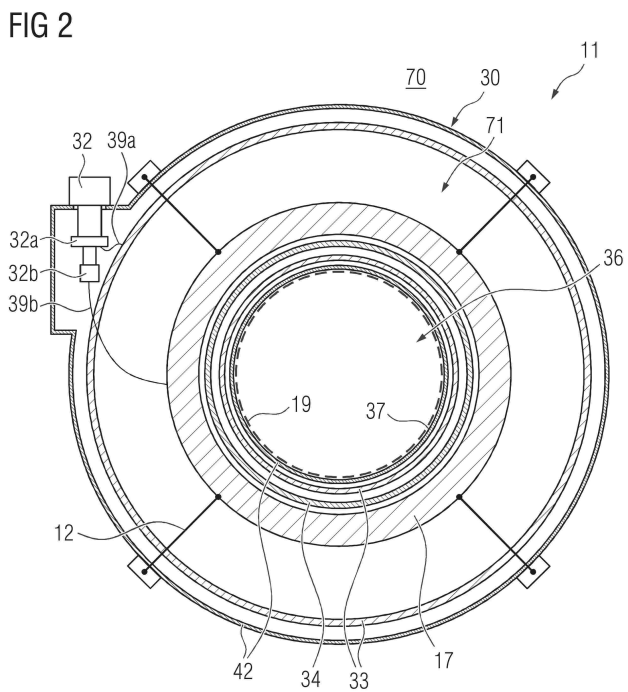
10

【図面】

【図1】



【図2】



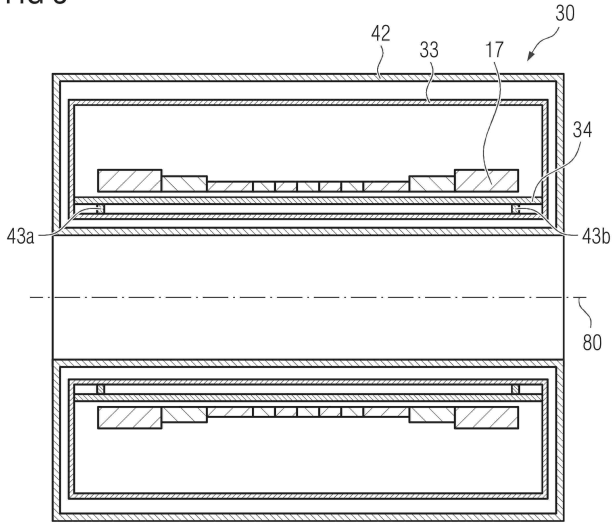
20

30

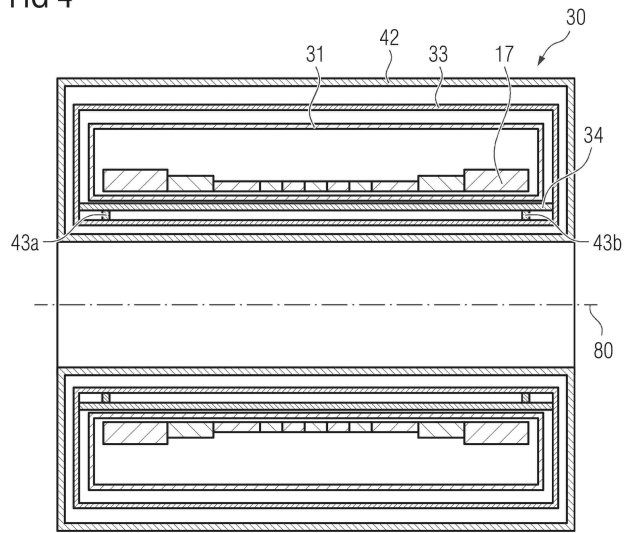
40

50

【 図 3 】
FIG 3

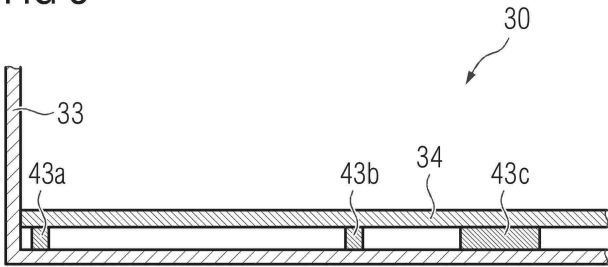


【 図 4 】
FIG 4

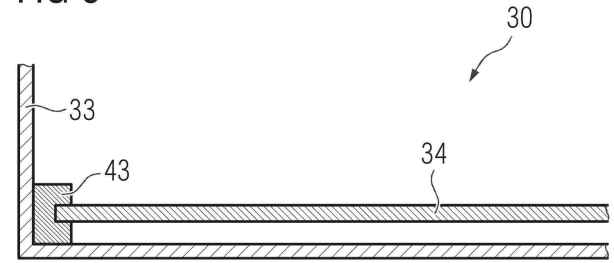


10

【 図 5 】
FIG 5



【 図 6 】
FIG 6



20

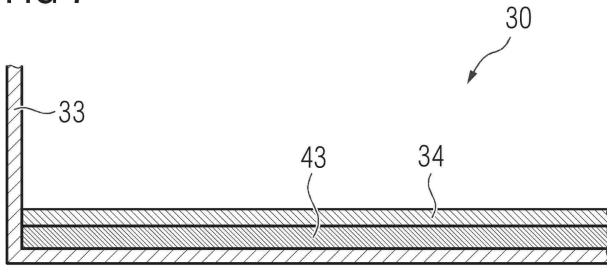
30

40

50

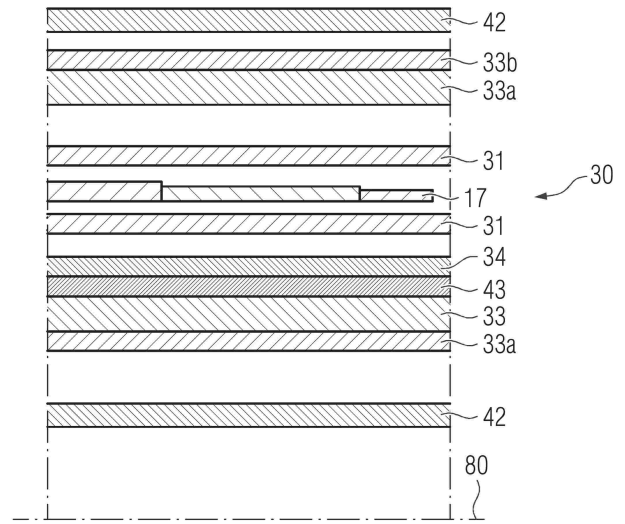
【 図 7 】

FIG 7



【 図 8 】

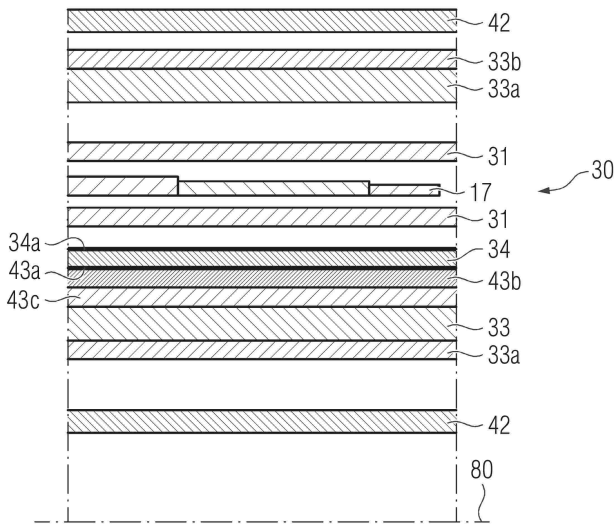
FIG 8



10

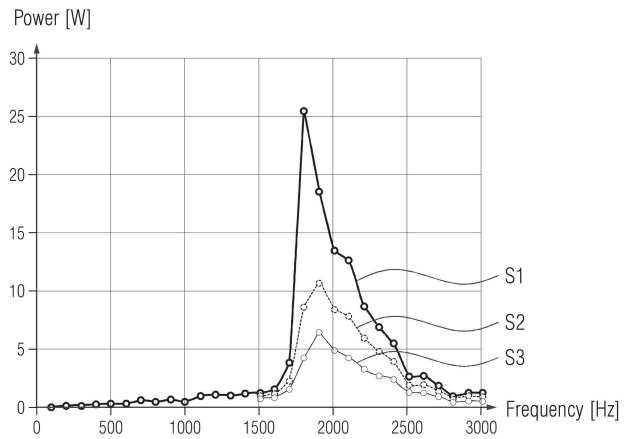
【 図 9 】

FIG 9



【 図 10 】

FIG 10



20

30

【 外国語明細書 】

2025037795000012.pdf

40

50

フロントページの続き

- (72)発明者 ニコラス アレイ
英国 シーエム 9 6 エヌエフ マルドン / エセックス, ウッドムウォルター, コモンレーン, グロー
ブコテージ
- (72)発明者 クリストファー シュトレーライン
ドイツ連邦共和国 9 0 4 8 0 ニュルンベルク, アイゼンシュタイナーシュトラッセ 4 8
- (72)発明者 ブルーノ ピニョ メネセス
英国 オーエックス 2 8 6 エーキュー ウィットニー, バシングプレイスレーン 2 5