

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公 開 特 許 公 報(A)

(11) 特許出願公開番号
特開2021-69754
(P2021-69754A)

(43) 公開日 令和3年5月6日(2021.5.6)

(51) Int.Cl.
A 6 1 B 5/055 (2006.01)

F I
A 6 1 B 5/055 3 5 5

テーマコード (参考)
4 C 0 9 6

審査請求 未請求 請求項の数 24 O L (全 30 頁)

(21) 出願番号	特願2019-198867 (P2019-198867)	(71) 出願人	594164542
(22) 出願日	令和1年10月31日 (2019. 10. 31)		キヤノンメディカルシステムズ株式会社
			栃木県大田原市下石上1385番地
		(74) 代理人	100108855
			弁理士 蔵田 昌俊
		(74) 代理人	100103034
			弁理士 野河 信久
		(74) 代理人	100179062
			弁理士 井上 正
		(74) 代理人	100075672
			弁理士 峰 隆司
		(74) 代理人	100153051
			弁理士 河野 直樹
		(74) 代理人	100162570
			弁理士 金子 早苗

最終頁に続く

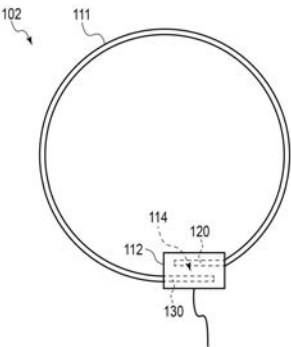
(54) 【発明の名称】 コイルエレメント、局所コイル装置、及び磁気共鳴イメージング装置

(57) 【要約】

【課題】伸縮可能なコイルエレメントを有する受信コイルにおいて、コイルエレメントの伸縮に起因する共振周波数の変動を抑制することである。

【解決手段】 実施形態に係るコイルエレメントは、伸縮可能なコイルと、キャパシタと、を具備する。キャパシタは、前記コイルに接続され、前記コイルの伸縮に応じた物理的变化により静電容量が変化する。

【選択図】 図 5



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

伸縮可能なコイルと、
前記コイルに接続され、前記コイルの伸縮に応じた物理的变化により静電容量が変化するキャパシタと、
を有するコイルエレメント。

【請求項 2】

前記コイルが伸長するにつれて、前記コイルのインダクタンスが大きくなるとともに、前記キャパシタの静電容量が小さくなる、
請求項 1 に記載のコイルエレメント。

10

【請求項 3】

前記キャパシタは、少なくとも一部が対向する一対の電極を有し、
前記コイルの伸縮に応じて前記一対の電極のうち少なくとも一方が物理的に変化する、
請求項 1 に記載のコイルエレメント。

【請求項 4】

前記コイルの伸縮に応じて前記キャパシタの静電容量が変化することにより、前記コイルの伸縮に起因する共振周波数の変動が抑制される、
請求項 1 に記載のコイルエレメント。

【請求項 5】

前記コイルは、内部に液体金属が充填された伸縮可能なチューブを有し、前記チューブの伸縮に応じて伸縮し、
前記キャパシタは、第 1 の電極と、前記第 1 の電極と対向する第 2 の電極とを有し、
前記第 1 の電極は、前記チューブと接続され、内部に前記液体金属が充填された中空の外装を有する、
請求項 1 に記載のコイルエレメント。

20

【請求項 6】

前記チューブの内部と前記外装の内部は、連通している、
請求項 5 に記載のコイルエレメント。

【請求項 7】

前記チューブが変形することにより、前記チューブの内部および前記外装の内部における圧力変化が生じ、前記外装の内部と前記チューブの内部との間で前記液体金属が移動する、
請求項 6 に記載のコイルエレメント。

30

【請求項 8】

前記外装は、前記チューブに比べて変形しやすい、
請求項 7 に記載のコイルエレメント。

【請求項 9】

前記外装の負圧に対する強度は、前記チューブの負圧に対する強度に比べて小さい、
請求項 8 に記載のコイルエレメント。

【請求項 10】

前記チューブが伸長することにより、前記外装が収縮する、
請求項 8 に記載のコイルエレメント。

40

【請求項 11】

前記外装は、前記液体金属よりも導電率が小さい、
請求項 7 に記載のコイルエレメント。

【請求項 12】

前記第 1 の電極は、前記第 2 の電極に対向する複数の対向部を有する、
請求項 7 に記載のコイルエレメント。

【請求項 13】

前記複数の対向部は、負圧に対する強度が異なる、

50

請求項 1 2 に記載のコイルエレメント。

【請求項 1 4】

前記コイルが伸長するにつれて、変形する対向部の数が増加する、
請求項 1 3 に記載のコイルエレメント。

【請求項 1 5】

前記外装は、前記第 2 の電極に対して対向する位置に応じて強度が異なり、
前記コイルが伸長するにつれて、前記第 1 の電極において変形する面積が増加する、
請求項 7 に記載のコイルエレメント。

【請求項 1 6】

前記第 2 の電極は、筒形状を有し、
前記第 1 の電極は、前記第 2 の電極の前記筒形状の内部に挿入され、前記第 2 の電極の
内壁に対向する対向面を有する、
請求項 7 に記載のコイルエレメント。

10

【請求項 1 7】

前記外装の内部から前記チューブの内部へ前記液体金属が流出することにより、前記外
装が収縮するとともに、前記第 1 の電極と前記第 2 の電極との間の距離が大きくなる、
請求項 1 6 に記載のコイルエレメント。

【請求項 1 8】

前記コイルが伸長することにより、前記第 1 の電極及び前記第 2 の電極のうち少なくと
も一方が移動し、前記第 1 の電極と前記第 2 の電極との間の対向面積が小さくなる、
請求項 1 6 に記載のコイルエレメント。

20

【請求項 1 9】

前記第 1 の電極及び前記第 2 の電極のうち少なくとも一方が移動することにより、前記
第 1 の電極と前記第 2 の電極の間に充填される誘電物質の量に変化する、
請求項 1 8 に記載のコイルエレメント。

【請求項 2 0】

前記コイルは、伸縮可能な中空のチューブを有するとともに前記チューブの伸縮に応じ
て伸縮し、

前記チューブは、

内部に液体金属が充填された第 1 の導体部と、

内部に液体金属が充填された第 2 の導体部と、

前記第 1 の導体部と前記第 2 の導体部との間に形成され、前記液体金属とは異なる流
体が充填された隙間部と、を備え、

30

前記第 1 の導体部及び前記第 2 の導体部は、前記一対の電極として機能する、

請求項 3 に記載のコイルエレメント。

【請求項 2 1】

前記流体は、空気である、

請求項 2 0 に記載のコイルエレメント。

【請求項 2 2】

前記チューブが伸長するにつれて、前記第 1 の導体部における前記隙間部との境界面の
面積及び前記第 2 の導体部における前記隙間部との境界面の面積が小さくなるとともに、
前記第 1 の導体部と前記第 2 の導体部との間の距離が大きくなる、

40

請求項 2 0 に記載のコイルエレメント。

【請求項 2 3】

請求項 1 乃至 2 2 のいずれか一項に記載のコイルエレメントと、

前記コイルエレメントから出力された MR 信号を受信する受信回路と、

を有する局所コイル装置。

【請求項 2 4】

請求項 2 3 に記載の局所コイル装置と、

前記受信回路から取得した MR 信号に基づいて画像を再構成する再構成部と、

50

を有する磁気共鳴イメージング装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明の実施形態は、コイルエレメント、局所コイル装置、及び磁気共鳴イメージング装置に関する。

【背景技術】

【0002】

磁気共鳴イメージング装置において、MR信号を検出する受信コイルとして、撮像部位に装着して用いられる局所コイル装置が用いられることがある。このような局所コイル装置は、伸縮可能なコイルエレメントを有する。コイルエレメントは、伸縮可能な中空のチューブと、チューブの内部に充填された液体金属とから構成される。撮像部位の動きによってコイルエレメントが伸縮すると、コイルエレメントの伸縮に伴いインダクタンスが変化し、受信コイルの共振周波数が変動してしまう。

10

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献1】米国特許第4960106号明細書

【非特許文献】

【0004】

20

【非特許文献1】ISMRM Annual Meeting 2019 Proceedings #1114 Liquid metal in stretchable tubes: A wearable 4-channel knee array Andreas Port, Loris Albisetti, Matija Varga, Josip Marjanovic, Jonas Reber, David Brunner, Klaas Pruessmann

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

本発明が解決しようとする課題は、伸縮可能なコイルエレメントを有する受信コイルにおいて、コイルエレメントの伸縮に起因する共振周波数の変動を抑制することである。

【課題を解決するための手段】

【0006】

30

実施形態に係るコイルエレメントは、伸縮可能なコイルと、キャパシタと、を具備する。キャパシタは、前記コイルに接続され、前記コイルの伸縮に応じた物理的变化により静電容量が変化する。

【図面の簡単な説明】

【0007】

【図1】図1は、第1の実施形態に係る磁気共鳴イメージング装置の構成を示す図である。

【図2】図2は、第1の実施形態に係る局所コイル装置が被検体に装着された様子を示す概略図である。

【図3】図3は、第1の実施形態に係る局所コイル装置が被検体に装着された様子を示す概略図である。

40

【図4】図4は、第1の実施形態に係る局所コイル装置の回路構成を示す図である。

【図5】図5は、第1の実施形態に係るコイルエレメントの構成を示す概略図である。

【図6】図6は、第1の実施形態に係るキャパシタの構成の一例を示す図である。

【図7】図7は、第1の実施形態に係るキャパシタの構成の一例を示す図である。

【図8】図8は、第1の実施形態の第1の変形例に係るキャパシタの構成の一例を示す図である。

【図9】図9は、第1の実施形態の第1の変形例に係るキャパシタの構成の一例を示す図である。

【図10】図10は、第2の実施形態に係るキャパシタの構成の一例を示す図である。

50

【図 1 1】図 1 1 は、第 2 の実施形態に係るキャパシタの構成の一例を示す図である。

【図 1 2】図 1 2 は、第 2 の実施形態の第 1 の変形例に係るキャパシタの構成の一例を示す図である。

【図 1 3】図 1 3 は、第 2 の実施形態の第 1 の変形例に係るキャパシタの構成の一例を示す図である。

【図 1 4】図 1 4 は、第 2 の実施形態の第 1 の変形例に係るキャパシタの構成の一例を示す図である。

【図 1 5】図 1 5 は、第 2 の実施形態の第 2 の変形例に係るキャパシタの構成の一例を示す図である。

【図 1 6】図 1 6 は、第 3 の実施形態に係る局所コイル装置の回路構成を示す図である。

【図 1 7】図 1 7 は、第 3 の実施形態に係るコイルエレメントの構成を示す概略図である。

【図 1 8】図 1 8 は、第 3 の実施形態に係るキャパシタの構成の一例を示す図である。

【図 1 9】図 1 9 は、第 3 の実施形態に係るキャパシタの構成の一例を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0008】

以下、図面を参照しながら、コイルエレメント、コイルエレメントを備える局所コイル装置、及び局所コイル装置を備える磁気共鳴イメージング（MRI：Magnetic Resonance Imaging）装置の実施形態について詳細に説明する。以下の説明において、略同一の機能及び構成を有する構成要素については、同一符号を付し、重複説明は必要な場合にのみ行う。なお、以下の説明中、「磁気共鳴イメージング装置」は「MRI装置」と呼んでもよい。

【0009】

（第 1 の実施形態）

図 1 は、本実施形態に係る磁気共鳴イメージング装置 1 の構成を示す図である。図 1 に示すように、磁気共鳴イメージング装置 1 は、架台 1 1、寝台 1 3、傾斜磁場電源 2 1、送信回路 2 3、受信回路 2 5、寝台駆動装置 2 7、シーケンス制御回路 2 9 及びホストコンピュータ（Host Computer）5 0 を有する。ホストコンピュータは、データ処理装置の一例である。

【0010】

架台 1 1 は、静磁場磁石 4 1 と傾斜磁場コイル 4 3 とを有する。静磁場磁石 4 1 と傾斜磁場コイル 4 3 とは架台 1 1 の筐体に収容されている。架台 1 1 の筐体には中空形状を有するボアが形成されている。架台 1 1 のボア内には送信コイル 4 5 と局所コイル装置 1 0 0 とが配置される。

【0011】

静磁場磁石 4 1 は、中空の略円筒形状を有し、略円筒内部に静磁場を発生する。静磁場磁石 4 1 としては、例えば、永久磁石、超伝導磁石または常伝導磁石等が使用される。ここで、静磁場磁石 4 1 の中心軸を Z 軸に規定し、Z 軸に対して鉛直に直交する軸を Y 軸に規定し、Z 軸に水平に直交する軸を X 軸に規定する。X 軸、Y 軸及び Z 軸は、直交 3 次元座標系を構成する。

【0012】

傾斜磁場コイル 4 3 は、静磁場磁石 4 1 の内側に取り付けられ、中空の略円筒形状に形成されたコイルユニットである。傾斜磁場コイル 4 3 は、傾斜磁場電源 2 1 からの電流の供給を受けて傾斜磁場を発生する。より詳細には、傾斜磁場コイル 4 3 は、互いに直交する X 軸、Y 軸、Z 軸に対応する 3 つのコイルを有する。当該 3 つのコイルは、X 軸、Y 軸、Z 軸の各軸に沿って磁場強度が変化する傾斜磁場を形成する。X 軸、Y 軸、Z 軸の各軸に沿う傾斜磁場は合成されて互いに直交するスライス選択傾斜磁場 G_s、位相エンコード傾斜磁場 G_p 及び周波数エンコード傾斜磁場 G_r が所望の方向に形成される。スライス選択傾斜磁場 G_s は、任意に撮像断面（スライス）を決めるために利用される。位相エンコード傾斜磁場 G_p は、空間的位置に応じて磁気共鳴信号（以下、MR 信号と呼ぶ）の位相

を変化させるために利用される。周波数エンコード傾斜磁場 G_r は、空間的位置に応じて MR 信号の周波数を変化させるために利用される。なお、以下の説明においてスライス選択傾斜磁場 G_s の傾斜方向は Z 軸、位相エンコード傾斜磁場 G_p の傾斜方向は Y 軸、周波数エンコード傾斜磁場 G_r の傾斜方向は X 軸であるとする。

【 0 0 1 3 】

傾斜磁場電源 2 1 は、シーケンス制御回路 2 9 からのシーケンス制御信号に従い傾斜磁場コイル 4 3 に電流を供給する。傾斜磁場電源 2 1 は、傾斜磁場コイル 4 3 に電流を供給することにより、 X 軸、 Y 軸及び Z 軸の各軸に沿う傾斜磁場を傾斜磁場コイル 4 3 により発生させる。当該傾斜磁場は、静磁場磁石 4 1 により形成された静磁場に重畳されて被検体 P に印加される。

10

【 0 0 1 4 】

送信コイル 4 5 は、例えば、傾斜磁場コイル 4 3 の内側に配置され、送信回路 2 3 から電流の供給を受けて高周波パルス（以下、 RF パルスと呼ぶ）を発生する。

【 0 0 1 5 】

送信回路 2 3 は、被検体 P 内に存在する対象プロトンを励起するための RF パルスを、送信コイル 4 5 を介して被検体 P に印加するために、送信コイル 4 5 に電流を供給する。 RF パルスは、対象プロトンに固有の共鳴周波数で振動し、対象プロトンを励起させる。励起された対象プロトンから MR 信号が発生され、局所コイル装置 1 0 0 により検出される。送信コイル 4 5 は、例えば、全身用コイル（ WB コイル）である。全身用コイルは、送受信コイルとして使用されても良い。

20

【 0 0 1 6 】

局所コイル装置 1 0 0 は、被検体 P の撮像部位に装着される、サポーター型のコイルである。被検体 P の撮像部位に装着された状態では、局所コイル装置 1 0 0 は、被検体 P の撮像部位に隙間なく密着する。撮像部位は、例えば、肘、膝、足首等である。局所コイル装置 1 0 0 は、 RF パルスの作用を受けて撮像部位の内部に存在する対象プロトンから発生される MR 信号を受信する。受信した MR 信号は、有線又は無線を介して受信回路 2 5 に供給される。局所コイル装置 1 0 0 は、受信コイルと呼ばれてもよい。局所コイル装置 1 0 0 の詳細については、後述する。

【 0 0 1 7 】

受信回路 2 5 は、後述する図 2 又は図 3 に示すコイルエレメント 1 0 2 のそれぞれから出力された MR 信号を受信する。励起された対象プロトンから発生される MR 信号を局所コイル装置 1 0 0 を介して受信する。受信回路 2 5 は、受信された MR 信号を信号処理してデジタルの MR 信号を発生する。デジタルの MR 信号は、空間周波数により規定される k 空間にて表現することができる。よって、以下、デジタルの MR 信号を k 空間データと呼ぶことにする。 k 空間データは、画像再構成に供される生データの種類である。 k 空間データは、有線又は無線を介してホストコンピュータ 5 0 に供給される。

30

【 0 0 1 8 】

なお、上記の送信コイル 4 5 と局所コイル装置 1 0 0 とは一例に過ぎない。局所コイル装置 1 0 0 は、受信機能に加えて、送信コイル 4 5 の送信機能を備えた送受信コイルであってもよい。

40

【 0 0 1 9 】

架台 1 1 に隣接して寝台 1 3 が設置される。寝台 1 3 は、天板 1 3 1 と基台 1 3 3 とを有する。天板 1 3 1 には被検体 P が載置される。基台 1 3 3 は、天板 1 3 1 を X 軸、 Y 軸、 Z 軸各々に沿ってスライド可能に支持する。基台 1 3 3 には寝台駆動装置 2 7 が収容される。寝台駆動装置 2 7 は、シーケンス制御回路 2 9 からの制御を受けて天板 1 3 1 を移動する。寝台駆動装置 2 7 は、例えば、サーボモータやステッピングモータ等の如何なるモータ等を含んでも良い。

【 0 0 2 0 】

シーケンス制御回路 2 9 は、ハードウェア資源として、 CPU （Central Processing Unit）あるいは MPU （Micro Processing Unit）のプロセッサと ROM （Read Only Memo

50

ry)やRAM(Random Access Memory)等のメモリとを有する。シーケンス制御回路29は、処理回路51の撮像プロトコル設定機能511により決定された撮像プロトコルに基づいて傾斜磁場電源21、送信回路23及び受信回路25を同期的に制御し、当該撮像プロトコルに応じたパルスシーケンスに従い被検体Pに磁気共鳴イメージングを実行し、被検体Pに関するk空間データを収集する。

【0021】

図1に示すように、ホストコンピュータ50は、処理回路51、メモリ52、ディスプレイ53、入力インタフェース54及び通信インタフェース55を有するコンピュータである。

【0022】

処理回路51は、ハードウェア資源としてCPU等のプロセッサを有する。処理回路51は、磁気共鳴イメージング装置1の中核として機能する。例えば、処理回路51は、各種プログラムの実行により撮像プロトコル設定機能511、データ取得機能512、画像生成機能513、画像処理機能514、及び表示制御機能515を有する。

【0023】

撮像プロトコル設定機能511において処理回路51は、磁気共鳴イメージングに関する撮像プロトコルを、入力インタフェース54を介したユーザ指示に応じて又は自動的に設定する。撮像プロトコルは、一の磁気共鳴イメージングに関する各種の撮像パラメータの集合である。撮像パラメータとしては、パルスシーケンスの種別、k空間充填方式の種別、撮像時間、繰り返し時間(TR)、エコー時間(TE)等の磁気共鳴イメージングを行うために直接又は間接に設定される種々のパラメータが適用可能である。

【0024】

データ取得機能512において処理回路51は、被検体P等の処理対象に関するMRデータを取得する。MRデータは、k空間データ、MR画像データ及びハイブリッドデータの総称である。k空間データは、オリジナルのk空間データでもよいし、オリジナルのk空間データに対してデータ圧縮処理や解像度分解処理、データ補間処理、解像度合成処理等の任意のデータ処理がなされたデータであってもよい。ハイブリッドデータは、k空間データの少なくとも1軸に沿ってフーリエ変換又は逆フーリエ変換等が実行されたデータである。

【0025】

画像生成機能513において処理回路51は、受信回路25から取得したMRデータに基づいて、被検体Pに関するMR画像を再構成する。処理回路51は、例えば、k空間または周波数空間に配置されたMRデータにフーリエ変換を施して、実空間で定義されたMR画像を生成する。フーリエ変換の代わり又はフーリエ変換と組み合わせて、逐次近似再構成法や機械学習モデルを使用した再構成法が行われてもよい。画像生成機能513を実現する処理回路51は、再構成部の一例である。

【0026】

画像処理機能514において処理回路51は、MR画像に種々の画像処理を施す。例えば、処理回路51は、ボリュームレンダリングや、サーフェスレンダリング、画素値投影処理、MPR(Multi-Planer Reconstruction)処理、CPR(Curved MPR)処理等の画像処理を施す。

【0027】

表示制御機能515において処理回路51は、種々の情報をディスプレイ53に表示する。例えば、処理回路51は、画像生成機能513により生成されたMR画像、画像処理機能514により生成されたMR画像、撮像プロトコルの設定画面等をディスプレイ53に表示する。

【0028】

メモリ52は、種々の情報を記憶するHDD(Hard Disk Drive)やSSD(Solid State Drive)、集積回路記憶装置等の記憶装置である。また、メモリ52は、CD-ROMドライブやDVDドライブ、フラッシュメモリ等の可搬性記憶媒体との間で種々の情報を

10

20

30

40

50

読み書きする駆動装置等であっても良い。例えば、メモリ 5 2 は、学習済モデルや k 空間データ、MR 画像データ、制御プログラム等を記憶する。

【0029】

ディスプレイ 5 3 は、表示制御機能 5 1 5 により種々の情報を表示する。例えば、ディスプレイ 5 3 は、画像生成機能 5 1 3 により生成された MR 画像、画像処理機能 5 1 4 により生成された MR 画像、撮像プロトコルの設定画面等を表示する。ディスプレイ 5 3 としては、例えば、CRT ディスプレイや液晶ディスプレイ、有機 EL ディスプレイ、LED ディスプレイ、プラズマディスプレイ、又は当技術分野で知られている他の任意のディスプレイが適宜利用可能である。

【0030】

入力インタフェース 5 4 は、ユーザからの各種指令を受け付ける入力機器を含む。入力機器としては、キーボードやマウス、各種スイッチ、タッチスクリーン、タッチパッド等が利用可能である。なお、入力機器は、マウス、キーボードなどの物理的な操作部品を備えるものだけに限らない。例えば、磁気共鳴イメージング装置 1 とは別体に設けられた外部の入力機器から入力操作に対応する電気信号を受け取り、受け取った電気信号を種々の回路へ出力するような電気信号の処理回路も入力インタフェース 5 4 の例に含まれる。

【0031】

通信インタフェース 5 5 は、LAN (Local Area Network) 等を介して磁気共鳴イメージング装置 1 と、ワークステーションや PACS (Picture Archiving and Communication System)、HIS (Hospital Information System)、RIS (Radiology Information System) 等とを接続するインタフェースである。通信インタフェース 5 5 は、各種情報を接続先のワークステーション、PACS、HIS 及び RIS との間で送受信する。

【0032】

なお、上記の構成は一例であって、これに限定されない。例えば、シーケンス制御回路 2 9 は、ホストコンピュータ 5 0 に組み込まれても良い。また、シーケンス制御回路 2 9 と処理回路 5 1 とが同一の基板に実装されても良い。

【0033】

以下、局所コイル装置 1 0 0 の構成について説明する。ここでは、一例として、被検体 P の膝に装着される局所コイル装置 1 0 0 の構成について述べる。局所コイル装置 1 0 0 は、被検体 P の肘、足首等に装着される構成であってもよい。

【0034】

図 2 及び図 3 は、局所コイル装置 1 0 0 が被検体 P の膝に装着された様子を示す概略図である。図 4 は、局所コイル装置 1 0 0 の回路構成を示す図である。局所コイル装置 1 0 0 は、装着部 1 0 1 と、並列的に実装された複数の受信経路を有している。装着部 1 0 1 は、例えば、伸縮可能な布製の材料が複数枚重ねられることにより形成される。装着部 1 0 1 は、撮像部位の形状に応じた形状に形成され、局所コイル装置 1 0 0 が被検体 P の膝に装着された状態において、被検体 P の膝に外側から密着する。装着部 1 0 1 の内部には、複数の受信経路が収納されている。装着部 1 0 1 は、被検体 P の膝が伸びる又は曲がることにより、伸縮する。

【0035】

受信経路のそれぞれは、対象プロトンから発せられる MR 信号を受信可能なコイルエレメント 1 0 2 とコイルエレメント 1 0 2 の出力信号を増幅する増幅器 1 1 5 とを有する。コイルエレメント 1 0 2 は、MR 信号を検出する。コイルエレメント 1 0 2 は、ループ形状 (輪形状) に形成されている。なお、コイルエレメント 1 0 2 は、矩形等の四角形状を有してもよく、十二角形等の多角形状に形成されていてもよい。受信経路のそれぞれで取得された MR 信号は、増幅器 1 1 5 を介して受信経路毎に出力され、有線又は無線を介して受信回路 2 5 に供給される。受信経路の総数とコイルエレメント 1 0 2 の総数とは、同一であってもよく、異なってもよい。また、コイルエレメント 1 0 2 は、インダクタ 1 1 3 とキャパシタ 1 1 4 とを有する。インダクタ 1 1 3 とキャパシタ 1 1 4 により、コイルエレメント 1 0 2 において並列共振回路 (以下、LC 回路と呼ぶ) が形成される。キ

10

20

30

40

50

ャパシタ 114 は、コンデンサと呼ばれてもよい。

【0036】

局所コイル装置 100 は、被検体 P の撮像部位の動作により、伸縮する。例えば、図 2 に示すように、被検体 P の膝が伸びた状態では、コイルエレメント 102 は、後述する導体部 111 が自然長から伸縮していない状態（以下、基準状態と呼ぶ）となる。基準状態は、定常状態と呼ばれてもよい。基準状態では、LC 回路の静電容量 C、インダクタンス L、及び共進周波数が所定の範囲内になるようにコイルエレメント 102 の各要素が調整されている。一方、図 3 に示すように、被検体 P の膝が曲がった状態では、コイルエレメント 102 は、自然長から伸びた状態（以下、伸長状態と呼ぶ）となる。伸長状態では、インダクタ 113 のインダクタンス L が、基準状態よりも大きくなる。

10

【0037】

図 5 は、コイルエレメント 102 の構成を示す概略図である。図 5 に示すように、コイルエレメント 102 は、導体部 111 と、ケース 112 とを備える。

【0038】

導体部 111 は、環状に湾曲したチューブにより形成されている。導体部 111 の両端部は、反対側からケース 112 の内部に挿入されている。

【0039】

また、導体部 111 は、可撓性を有し、伸縮可能なチューブを有する。チューブは、例えば、シリコンによって形成されている。チューブの内部には、液体金属が充填されている。液体金属は、例えば、ガリウムインジウムであるが、これに限定されない。導体部 111 は、LC 回路のインダクタ 113 として機能する。導体部 111 は、コイルの一例である。

20

【0040】

導体部 111 は、チューブの伸縮に応じて伸縮する。例えば、局所コイル装置 100 が基準状態から伸長すると、チューブが伸長することにより、導体部 111 が伸長する。一方、例えば、局所コイル装置 100 が伸長状態から収縮すると、チューブが収縮することにより、導体部 111 が収縮する。

【0041】

コイルエレメント 102 では、導体部 111 の伸縮に応じて、インダクタ 113 のインダクタンス L が変化する。例えば、局所コイル装置 100 が伸長すると、導体部 111 が伸長し、コイルエレメント 102 が形成する円形ループの断面積が広がることから、インダクタ 113 のインダクタンス L が大きくなる。一方、局所コイル装置 100 が収縮すると、導体部 111 が収縮し、前述した円形ループの断面積が狭まることから、インダクタ 113 のインダクタンス L が小さくなる。

30

【0042】

ケース 112 は、例えば、金属製、樹脂製、又はプラスチック製の筐体である。ケース 112 の内部には、第 1 の電極 120、第 2 の電極 130、及び増幅器 115 が配置されている。受信回路 25 の機能の一部である AD 変換機能を実行する回路がケース 112 の内部に配置されてもよい。

【0043】

40

第 1 の電極 120 及び第 2 の電極 130 は、キャパシタ 114 の一対の電極として機能する。キャパシタ 114 は、導体部 111 に接続され、導体部 111 の伸縮に応じた物理的变化により、静電容量 C が変化する。例えば、局所コイル装置 100 が伸長し、インダクタ 113 のインダクタンス L が大きくなると、キャパシタ 114 の静電容量 C は小さくなる。一方、局所コイル装置 100 が収縮し、インダクタ 113 のインダクタンス L が小さくなると、キャパシタ 114 の静電容量 C は大きくなる。このような静電容量 C の変化は、例えば、導体部 111 の伸縮に応じて液体金属が第 1 の電極 120 から流出又は流入し、キャパシタ 114 の面積が変わることに対応している。静電容量 C は、キャパシタンスと呼ばれてもよい。

【0044】

50

増幅器 115 は、導体部 111 と受信回路 25 のそれぞれに接続される。増幅器 115 は、導体部 111 で受信した MR 信号を増幅し、受信回路 25 へ出力する。

【0045】

以下、キャパシタ 114 を構成する第 1 の電極 120 及び第 2 の電極 130 の構成について詳しく説明する。

【0046】

図 6 及び図 7 は、キャパシタ 114 の構成の一例を示す図である。図 6 は、コイルエレメント 102 が基準状態である場合に対応し、図 7 は、コイルエレメント 102 が伸長状態である場合に対応している。

【0047】

キャパシタ 114 は、第 1 の電極 120 と第 2 の電極 130 により構成されている。第 1 の電極 120 及び第 2 の電極 130 は、ケース 112 の内部に固定されている。

【0048】

第 1 の電極 120 は、ケース 112 の内部において導体部 111 のチューブの一端に接続されている。第 2 の電極 130 は、ケース 112 の内部において導体部 111 のチューブの他端に接続されている。第 1 の電極 120 と第 2 の電極 130 とは、少なくとも 1 部が対向している。

【0049】

第 2 の電極 130 は、例えば、導電性を有する金属板である。第 2 の電極 130 は、第 1 の電極 120 に対して略平行に固定されている。

【0050】

第 1 の電極 120 は、少なくとも一部が導電性を有する。第 1 の電極 120 は、導体部 111 のチューブに接続された中空の外装を備える。外装の内部には、液体金属が充填されている。外装は、液体金属よりも導電率が小さい材料により形成される。外装は、例えば、電氣的絶縁性を有するシリコン製の袋状部材であり、櫛状の輪郭を維持しつつ、複数の櫛歯の部分が個別に膨張 / 収縮可能な平板形状を有している。

【0051】

第 1 の電極 120 の外装の内部と導体部 111 のチューブの内部は、連通している。したがって、第 1 の電極 120 の内部は、導体部 111 の内部と連通している。このため、液体金属は、第 1 の電極 120 の内部と導体部 111 の内部との間で流通可能である。また、導体部 111 及び第 1 の電極 120 は、液体金属が外部に流出しないように構成されている。すなわち、第 1 の電極 120 の内部及び導体部 111 の内部は、密閉されている。このため、導体部 111 が伸長すると、第 1 の電極 120 の内部において負圧が作用する。

【0052】

また、第 1 の電極 120 の外装は、導体部 111 のチューブに比べて、導体部 111 の伸長に起因して作用する負圧に対する強度が小さくなるように形成されている。例えば、第 1 の電極 120 の外装は、導体部 111 のチューブよりも薄く形成されている。このため、第 1 の電極 120 の外装は、導体部 111 のチューブに比べて、導体部 111 の伸長に起因して作用する負圧に対して変形しやすい。

【0053】

なお、これに限らず、第 1 の電極 120 の外装の強度は、キャパシタ 114 の各種設計値に応じて適宜調整してもよい。例えば、第 1 の電極 120 と第 2 の電極 130 の間の対向面積が小さい場合、第 1 の電極 120 内の液体金属が少ないことから、変形しにくい強度に外装を形成しなければ、外装の変化に伴う対向面積の変化に応じた静電容量の変化が過大になる可能性がある。したがって、対向面積が小さい場合、第 1 の電極 120 の外装の強度は、導体部 111 のチューブに比べて、導体部 111 の伸長に起因して作用する負圧に対する強度が大きくなるように形成されてもよい。この場合、第 1 の電極 120 の外装は、導体部 111 のチューブよりも厚く形成され、第 1 の電極 120 の外装は、導体部 111 の伸長に起因して作用する負圧に対して変形しにくい。

10

20

30

40

50

【 0 0 5 4 】

上記構成により、導体部 1 1 1 のチューブが変形することにより、チューブ内および外装の内部における圧力変化が生じ、外装の内部とチューブの内部との間で液体金属が移動する。例えば、導体部 1 1 1 のチューブが伸長し、第 1 の電極 1 2 0 の内部において所定の大きさ以上の負圧が作用すると、第 1 の電極 1 2 0 の一部において外装が収縮するとともに、外装が収縮した領域に充填された液体金属が、導体部 1 1 1 の内部へ流出する。一方、導体部 1 1 1 のチューブが収縮し、第 1 の電極 1 2 0 の内部において作用する負圧が所定の大きさよりも小さくなると、導体部 1 1 1 の内部へ流出した液体金属は、第 1 の電極 1 2 0 の内部へ再び移動し、第 1 の電極 1 2 0 において外装が収縮した領域が元の状態に戻る。すなわち、第 1 の電極 1 2 0 は、導体部 1 1 1 の伸縮に応じて、物理的に変化する。第 1 の電極 1 2 0 では、外装の内部から液体金属が流出した領域は、キャパシタ 1 1 4 の電極として機能しなくなる。すなわち、第 1 の電極 1 2 0 では、外装の内部に液体金属が充填された部分のみが、キャパシタ 1 1 4 の電極として機能する。

10

【 0 0 5 5 】

また、第 1 の電極 1 2 0 は、櫛状に形成されている。第 1 の電極 1 2 0 は、支持部 1 2 1 と、第 1 の延出部 1 2 2 と、第 2 の延出部 1 2 3 と、第 3 の延出部 1 2 4 と、第 4 の延出部 1 2 5 とを備える。支持部 1 2 1、及び、第 1 の延出部 1 2 2 乃至第 4 の延出部 1 2 5 は、第 2 の電極 1 3 0 に対向する複数の対向部の一例である。

【 0 0 5 6 】

支持部 1 2 1 は、導体部 1 1 1 のチューブの一端に接続されている。支持部 1 2 1 は、第 2 の電極 1 3 0 と対向する対向面 1 2 1 1 を有する。また、支持部 1 2 1 は、導体部 1 1 1 との接続部 1 2 1 2 を備える。支持部 1 2 1 の内部は、チューブの内部と連通している。このため、液体金属は、支持部 1 2 1 の内部と導体部 1 1 1 のチューブの内部との間で流通可能である。

20

【 0 0 5 7 】

第 1 の延出部 1 2 2 乃至第 4 の延出部 1 2 5 のそれぞれは、支持部 1 2 1 から延出している。第 1 の延出部 1 2 2 は、第 2 の電極 1 3 0 と対向する対向面 1 2 2 1 を備える。第 2 の延出部 1 2 3 は、接続部 1 2 1 2 に対して第 1 の延出部 1 2 2 よりも離れた位置に位置する。第 2 の延出部 1 2 3 は、第 2 の電極 1 3 0 と対向する対向面 1 2 3 1 を備える。第 3 の延出部 1 2 4 は、接続部 1 2 1 2 に対して第 2 の延出部 1 2 3 よりも離れた位置に位置する。第 3 の延出部 1 2 4 は、第 2 の電極 1 3 0 と対向する対向面 1 2 4 1 を備える。第 4 の延出部 1 2 5 は、接続部 1 2 1 2 に対して第 3 の延出部 1 2 4 よりも離れた位置に位置する。第 4 の延出部 1 2 5 は、第 2 の電極 1 3 0 と対向する対向面 1 2 5 1 を備える。

30

【 0 0 5 8 】

また、第 1 の延出部 1 2 2 乃至第 4 の延出部 1 2 5 のそれぞれの内部は、支持部 1 2 1 の内部と連通している。液体金属は、第 1 の延出部 1 2 2 乃至第 4 の延出部 1 2 5 のそれぞれの内部と支持部 1 2 1 の内部との間で流通可能である。第 1 の延出部 1 2 2 乃至第 4 の延出部 1 2 5 のそれぞれでは、所定の大きさ以上の負圧が作用することにより、支持部 1 2 1 の内部へ液体金属が流出するとともに、外装が収縮する。

40

【 0 0 5 9 】

支持部 1 2 1、及び、第 1 の延出部 1 2 2 乃至第 4 の延出部 1 2 5 のそれぞれは、外装の内部に液体金属が充填されている場合に、キャパシタ 1 1 4 の電極の一部として機能する。また、対向面 1 2 2 1 ~ 1 2 5 1 のそれぞれは、キャパシタ 1 1 4 の電極として機能する場合に、第 1 の電極 1 2 0 においてキャパシタ 1 1 4 の電極として機能する領域における第 2 の電極 1 3 0 に対向する面（以下、対向電極面と呼ぶ）の一部として機能する。また、全ての対向電極面の面積の総和（以下、対向電極面積と呼ぶ） S の変化に応じて、キャパシタ 1 1 4 の静電容量 C が変化する。

【 0 0 6 0 】

第 1 の延出部 1 2 2 乃至第 4 の延出部 1 2 5 は、外装の厚さが互いに対して異なる。第

50

1の延出部122乃至第4の延出部125は、外装の厚さが互いに異なるため、導体部111の伸長に起因して生じる負圧に対する強度が互いに異なる。言い換えると、第1の延出部122乃至第4の延出部125は、液体金属が十分に充填された状態から液体金属が流出することにより電極として機能しなくなる際に作用する負圧の大きさが、互いに異なる。

【0061】

具体的には、第2の延出部123は第1の延出部122よりも外装が厚く、第3の延出部124は第2の延出部123よりも外装が厚く、第4の延出部125は第3の延出部124よりも外装が厚く形成されている。このため、第2の延出部123は第1の延出部122よりも外装の強度が高く、第3の延出部124は第2の延出部123よりも外装の強度が高く、第4の延出部125は第3の延出部124よりも外装の強度が高い。

10

【0062】

上記構成により、導体部111の伸長に伴って第1の電極120の内部に作用する負圧が大きくなるにつれて、第1の延出部122乃至第4の延出部125のうち外装が収縮する部分の数が増加する。これにより、第1の電極120において変形する領域が大きくなるにつれて、第1の電極120の内部から導体部111の内部へ流出する液体金属の量が増加する。この時、導体部111が伸長するにつれて、第1の電極120のうち負圧に対する外装の強度が低い部分から順に、外装が収縮する。したがって、導体部111が伸長するにつれて、第1の電極120においてキャパシタ114の電極として機能する領域が減少するとともに、キャパシタ114の対向電極面の対向電極面積 S が小さくなる。そして、対向電極面積 S が小さくなるにつれて、キャパシタ114の静電容量 C が大きくなる。

20

【0063】

また、第1の延出部122乃至第4の延出部125は、接続部1212から離れるにつれて外装が厚くなるように形成されている。したがって、第1の延出部122乃至第4の延出部125は、接続部1212から離れるにつれて、導体部111の伸長に起因して生じる負圧に対する強度が高くなる。

【0064】

また、支持部121は、第1の延出部122乃至第4の延出部125のそれぞれよりも、外装の厚さが厚い。このため、支持部121は、第1の延出部122乃至第4の延出部125のそれぞれよりも、導体部111の伸長に起因して内部に生じる負圧に対する強度が高い。したがって、支持部121は、第1の延出部122乃至第4の延出部125よりも、導体部111の伸長に起因して内部に生じる負圧に対して変形しにくい。

30

【0065】

なお、外装を形成する材料の組成の変更、外装を積層する枚数の変更、外装の物理的構造の変更、及び、外装の変形を防止する補強材を設けること等により、支持部121、及び、第1の延出部122乃至第4の延出部125において外装の強度が互いに異なるように形成されていてもよい。

【0066】

以下、磁気共鳴イメージング装置1の動作について説明する。

【0067】

図2及び図6に示すように、コイルエレメント102が基準状態である場合は、第1の電極120の内部において導体部111の伸長に起因する負圧の大きさは0に近くなる。したがって、コイルエレメント102が基準状態である場合は、第1の電極120の外装は収縮せず、第1の電極120の内部から導体部111の内部へ液体金属は流出しない。このため、第1の電極120では、支持部121及び第1の延出部122乃至第4の延出部125の全てがキャパシタ114の電極として機能し、対向面1211、1221～1251の全てがキャパシタ114の対向電極面として機能する。ここで、対向面1211の面積を S_1 とし、対向面1221の面積を S_2 とし、対向面1231の面積を S_3 とし、対向面1241の面積を S_4 とし、対向面1251の面積を S_5 とする。コイルエレメント102が基準状態である場合の対向電極面積（以下、基準電極面積と呼ぶ） S_a は、

40

50

$S_1 + S_2 + S_3 + S_4 + S_5$ となる。また、第1の電極120と第2の電極130との間の距離を d とする。そして、コイルエレメント102が基準状態である場合のキャパシタ114の静電容量（以下、基準静電容量と呼ぶ） C_a は、 $\epsilon_0 \cdot S_a / d$ となる。ここで、 ϵ_0 は、真空の誘電率である。なお、真空の誘電率 ϵ_0 は、空気の誘電率と略同一のため、空気の誘電率として用いてもよい。

【0068】

コイルエレメント102が基準状態から伸長すると、第1の電極120の内部において導体部111の伸長に起因する負圧が作用し、第1の電極120が収縮するとともに、液体金属が支持部121の内部及び接続部1212の内部を通して、導体部111の内部へ流出する。そして、例えば、図3及び図7に示すように、第1の延出部122及び第2の延出部123が収縮し、第1の延出部122及び第2の延出部123の内部に充填された液体金属が、支持部121の内部及び接続部1212の内部を通して、導体部111の内部へ流出する。第1の延出部122及び第2の延出部123は、液体金属が流出することにより、キャパシタ114の電極として機能しなくなる。したがって、支持部121、第3の延出部124、及び第4の延出部125のみがキャパシタ114の電極として機能し、対向面1221、対向面1241、及び対向面1251がキャパシタ114の対向電極面として機能する。このため、コイルエレメント102が伸長状態である場合のキャパシタ114の対向電極面積（以下、伸長電極面積と呼ぶ） $S_b (= S_1 + S_4 + S_5)$ は、基準電極面積 $S_a (= S_1 + S_2 + S_3 + S_4 + S_5)$ よりも小さくなる。そして、コイルエレメント102が伸長状態である場合のキャパシタ114の静電容量（以下、伸長静電容量と呼ぶ） $C_b (= \epsilon_0 \cdot S_b / d)$ は、基準静電容量 $C_a (= \epsilon_0 \cdot S_a / d)$ よりも小さくなる。

【0069】

また、コイルエレメント102が伸長状態から収縮すると、第1の電極120の内部及び導体部111の内部における圧力変化が生じ、導体部111には、内部に充填された液体金属を第1の電極120の内部へ流出させる力が作用する。このため、導体部111が収縮するとともに、導体部111の内部の液体金属が支持部121の内部及び接続部1212の内部を通して第1の電極120の内部へ流出する。これにより、第1の電極120において、液体金属が内部に充填された領域が大きくなり、キャパシタ114の電極として機能する領域が大きくなる。そして、キャパシタ114の対向電極面積が大きくなるとともに、キャパシタ114の静電容量が大きくなる。

【0070】

以上のように、コイルエレメント102では、インダクタンス L が大きくなると、導体部111の伸長に起因する負圧が大きくなるにつれて、キャパシタ114の静電容量 C が小さくなる。また、インダクタンス L が小さくなると、導体部111が収縮するとともに、キャパシタ114の静電容量 C が大きくなる。

【0071】

以下、本実施形態に係るコイルエレメント102を備える局所コイル装置100及び磁気共鳴イメージング装置1の効果について説明する。

【0072】

本実施形態のコイルエレメント102は、伸縮可能な導体部111と、導体部111に接続され、導体部111の伸縮に応じた物理的变化により静電容量 C が変化するキャパシタ114と、を有する。導体部111は、コイルに相当する。導体部111が伸長するにつれて、導体部111のインダクタンス L が大きくなるとともに、キャパシタ114の静電容量 C が小さくなる。

【0073】

すなわち、上記の構成及び動作により、本実施形態のコイルエレメント102を備える局所コイル装置100及び磁気共鳴イメージング装置1によれば、コイルエレメント102及び導体部111が伸長すると、導体部111のインダクタンス L が大きくなるとともに、キャパシタ114の静電容量 C が小さくなる。インダクタンス L 、静電容量 C 及び共

10

20

30

40

50

振周波数 f の関係は、 $f = 1 / \{ 2 \pi (L C) ^{(1/2)} \}$ (但し、「 $\wedge$ 」は、べき乗を示す記号) で表される。このため、静電容量 C の減少は、インダクタンス L の増大による共振周波数 f の低下を打ち消すように作用する。したがって、導体部 111 の伸縮に応じてキャパシタ 114 の静電容量 C が変化することにより、コイルエレメント 102 の伸縮に起因する共振周波数 f の変動を抑制することができる。そして、共振周波数 f の変動が抑制されることにより、コイルエレメント 102 の伸縮に起因する MR 画像の画質の低下を抑制することができる。

【0074】

(第1の実施形態の第1の変形例)

第1の実施形態の第1の変形例について説明する。本変形例は、第1の実施形態の構成を以下の通りに変形したものである。本変形例では、第1の実施形態と比べて、第1の電極 120 の構成が異なる。第1の実施形態と同様の構成、動作、及び効果については、説明を省略する。

【0075】

図8及び図9は、キャパシタ 114 の構成の一例を示す図である。図8は、コイルエレメント 102 が基準状態である場合に対応し、図9は、コイルエレメント 102 が伸長状態である場合に対応する。

【0076】

第1の電極 120 は、支持部 121 と、延出部 126 とを備える。

【0077】

支持部 121 は、第1の実施形態と同様の構成を有する。

【0078】

延出部 126 は、支持部 121 から延出している。延出部 126 は、第2の電極 130 と対向する対向面 1261 を備える。

【0079】

また、延出部 126 の内部は、支持部 121 の内部と連通している。液体金属は、延出部 126 の内部と支持部 121 の内部との間で流通可能である。延出部 126 の内部に所定の大きさ以上の負圧が作用することにより、延出部 126 の内部から支持部 121 の内部へ液体金属が流出するとともに、延出部 126 の外装が収縮する。

【0080】

延出部 126 は、外装の内部に液体金属が充填されている場合に、キャパシタ 114 の電極の一部として機能する。また、対向面 1261 は、キャパシタ 114 の電極として機能する場合に、対向電極面の一部として機能する。

【0081】

延出部 126 は、第2の電極 130 に対向する位置に応じて、外装の厚さが異なる。延出部 126 は、外装の厚さが位置に応じて異なるため、導体部 111 の伸長に起因して生じる負圧に対する強度が位置に応じて異なる。言い換えると、延出部 126 は、液体金属が十分に充填された状態から液体金属が流出することにより電極として機能しなくなる際に作用する負圧の大きさが、位置に応じて異なる。例えば、支持部 121 に近い位置では、支持部 121 から遠い位置よりも外装が厚く形成される。この場合、支持部 121 に近い位置における負圧に対する強度は、支持部 121 から遠い位置における負圧に対する強度よりも高い。

【0082】

上記構成により、導体部 111 の伸長に伴って第1の電極 120 の内部に作用する負圧が大きくなるにつれて、延出部 126 において外装が収縮する部分の面積が増加する。これにより、第1の電極 120 において変形する領域が大きくなるにつれて、第1の電極 120 の内部から導体部 111 の内部へ流出する液体金属の量が増加する。この時、導体部 111 が伸長するにつれて、第1の電極 120 のうち負圧に対する外装の強度が低い部分から順に、外装が収縮する。したがって、導体部 111 が伸長するにつれて、第1の電極 120 においてキャパシタ 114 の電極として機能する領域が減少するとともに、キャパシ

10

20

30

40

50

タ 1 1 4 の対向電極面の対向電極面積 S が小さくなる。そして、対向電極面積 S が小さくなるにつれて、キャパシタ 1 1 4 の静電容量 C が大きくなる。

【 0 0 8 3 】

なお、延出部 1 2 6 の外装を形成する材料の組成等を位置に応じて変更することにより、延出部 1 2 6 外装の強度が位置に応じて異なるように形成されていてもよい。

【 0 0 8 4 】

以下、磁気共鳴イメージング装置 1 の動作について説明する。

【 0 0 8 5 】

図 2 及び図 8 に示すように、コイルエレメント 1 0 2 が基準状態である場合は、第 1 の電極 1 2 0 の内部において導体部 1 1 1 の伸長に起因する負圧の大きさは 0 に近くなる。したがって、コイルエレメント 1 0 2 が基準状態である場合は、第 1 の電極 1 2 0 の外装は収縮せず、第 1 の電極 1 2 0 の内部から導体部 1 1 1 の内部へ液体金属は流出しない。このため、第 1 の電極 1 2 0 では、支持部 1 2 1 及び延出部 1 2 6 の全てがキャパシタ 1 1 4 の電極として機能し、対向面 1 2 2 1、1 2 6 1 の全てがキャパシタ 1 1 4 の対向電極面として機能する。このため、対向面 1 2 6 1 の面積を S_6 とすると、基準電極面積 S_a は、 $S_1 + S_6$ となる。そして、基準静電容量 C_a は、 $\epsilon_0 \cdot S_a / d$ となる。

【 0 0 8 6 】

コイルエレメント 1 0 2 が基準状態から伸長すると、第 1 の電極 1 2 0 の内部において導体部 1 1 1 の伸長に起因する負圧が作用し、第 1 の電極 1 2 0 が収縮するとともに、液体金属が支持部 1 2 1 の内部及び接続部 1 2 1 2 の内部を通して、導体部 1 1 1 の内部へ流出する。そして、例えば、図 3 及び図 9 に示すように、延出部 1 2 6 の一部が収縮し、延出部 1 2 6 の内部に充填された液体金属の一部が、支持部 1 2 1 の内部及び接続部 1 2 1 2 の内部を通して、導体部 1 1 1 の内部へ流出する。延出部 1 2 6 において液体金属が流出した領域は、キャパシタ 1 1 4 の電極として機能しなくなる。したがって、対向面 1 2 6 1 の面積は小さくなる。第 1 の電極 1 2 0 では、支持部 1 2 1 及び延出部 1 2 6 の一部のみがキャパシタ 1 1 4 の電極として機能し、対向面 1 2 2 1 及び対向面 1 2 6 1 の一部のみがキャパシタ 1 1 4 の対向電極面として機能する。このため、伸長電極面積 S_b は、基準電極面積 S_a よりも小さくなる。これにより、伸長静電容量 C_b ($= \epsilon_0 \cdot S_b / d$) は、基準静電容量 C_a ($= \epsilon_0 \cdot S_a / d$) よりも小さくなる。

【 0 0 8 7 】

また、コイルエレメント 1 0 2 が伸長状態から収縮すると、第 1 の電極 1 2 0 の内部及び導体部 1 1 1 の内部において圧力変化が生じ、導体部 1 1 1 には、内部に充填された液体金属を第 1 の電極 1 2 0 の内部へ流出させる力が作用する。このため、導体部 1 1 1 が収縮するとともに、導体部 1 1 1 の内部の液体金属が支持部 1 2 1 の内部及び接続部 1 2 1 2 の内部を通して第 1 の電極 1 2 0 の内部へ流出する。これにより、第 1 の電極 1 2 0 において、液体金属が内部に充填された領域が大きくなり、キャパシタ 1 1 4 の電極として機能する領域が大きくなる。そして、キャパシタ 1 1 4 の対向電極面積が大きくなるとともに、キャパシタ 1 1 4 の静電容量が大きくなる。

【 0 0 8 8 】

以上のように、本変形例のコイルエレメント 1 0 2 においても、第 1 の実施形態と同様に、導体部 1 1 1 が伸長するにつれて、導体部 1 1 1 のインダクタンス L が大きくなるとともに、キャパシタ 1 1 4 の静電容量 C が小さくなる。静電容量 C の減少は、インダクタンス L の増大による共振周波数 f の低下を打ち消すように作用する。したがって、本変形例に係るコイルエレメント 1 0 2 を備える局所コイル装置 1 0 0 及び磁気共鳴イメージング装置 1 においても、第 1 の実施形態と同様に、導体部 1 1 1 の伸縮に応じてキャパシタ 1 1 4 の静電容量 C が変化することにより、コイルエレメント 1 0 2 の伸縮に起因する共振周波数 f の変動を抑制することができる。

【 0 0 8 9 】

(第 2 の実施形態)

第 2 の実施形態について説明する。本実施形態は、第 1 の実施形態の構成を以下の通り

に変形したものである。本実施形態では、第１の実施形態と比べて、キャパシタ１１４の構成が異なる。第１の実施形態と同様の構成、動作、及び効果については、説明を省略する。

【００９０】

図１０及び図１１は、キャパシタ１１４の構成の一例を示す図である。図１０は、コイルエレメント１０２が基準状態である場合に対応し、図１１は、コイルエレメント１０２が伸長状態である場合に対応する。

【００９１】

キャパシタ１１４は、第１の電極１４０と第２の電極１５０とを備える。

【００９２】

第１の電極１４０は、ケース１１２の内部に固定されている。第１の電極１４０は、ケース１１２の内部において導体部１１１のチューブの一端に接続されている。第１の電極１４０は、円柱形状に形成されている。

【００９３】

第２の電極１５０は、ケース１１２の内部に固定されている。第２の電極１５０は、ケース１１２の内部において導体部１１１のチューブの他端に接続されている。第２の電極１５０は、有底の円筒形状に形成されている。第２の電極１５０は、例えば、金属によって形成されている。

【００９４】

第１の電極１４０は、一方の端部が導体部１１１のチューブに接続され、反対側の端部は、第２の電極１５０の円筒形状の内部に挿入されている。第１の電極１４０の外壁と第２の電極１５０の内壁は、一部が対向している。第１の電極１４０及び第２の電極１５０は、キャパシタ１１４の一对の電極として機能する。

【００９５】

なお、第１の電極１４０及び第２の電極１５０の形状は、上述の形状に限られない。第１の電極１４０の形状は、例えば、角柱形状、棒形状等であってもよい。

【００９６】

第１の電極１２０は、少なくとも一部が導電性を有する。第１の実施形態と同様に、第１の電極１２０は、内部に液体金属が充填された中空の外装を備え、外装は、導体部１１１のチューブと接続されている。したがって、本実施形態においても、第１の電極１２０の内部において所定の大きさ以上の負圧が作用すると、第１の電極１２０の一部において外装が収縮するとともに、外装が収縮した領域に充填された液体金属が、導体部１１１の内部へ流出する。そして、第１の電極１２０の内部において作用する負圧が所定の大きさよりも小さくなると、導体部１１１の内部へ流出した液体金属は、第１の電極１２０の内部へ再び移動し、第１の電極１２０において外装が収縮した領域が元の状態に戻る。すなわち、第１の電極１２０は、導体部１１１の伸縮に応じて、物理的に変化する。第１の電極１２０では、外装の内部から液体金属が流出した領域は、キャパシタ１１４の電極として機能しなくなる。すなわち、第１の電極１２０では、外装の内部に液体金属が充填された部分のみが、キャパシタ１１４の電極として機能する。

【００９７】

第１の電極１４０は、支持部１４１と、延出部１４２とを備える。

【００９８】

支持部１４１は、導体部１１１のチューブの一端に接続されている。支持部１４１は、第２の電極１３０と対向する対向面１４１１を有する。支持部１４１の内部は、チューブの内部と連通している。このため、液体金属は、支持部１４１の内部と導体部１１１のチューブの内部との間で流通可能である。

【００９９】

延出部１４２は、支持部１４１よりも先端側に位置する。このため、延出部１４２は、支持部１４１よりも第２の電極１５０の底面に近い位置に固定されている。延出部１４２は、第２の電極１３０と対向する対向面１４２１を備える。

10

20

30

40

50

【 0 1 0 0 】

また、延出部 1 4 2 の内部は、支持部 1 4 1 の内部と連通している。液体金属は、延出部 1 4 2 の内部と支持部 1 4 1 の内部との間で流通可能である。延出部 1 4 2 の内部に所定の大きさ以上の負圧が作用することにより、延出部 1 4 2 の内部から支持部 1 4 1 の内部へ液体金属が流出するとともに、延出部 1 4 2 の外装が収縮する。

【 0 1 0 1 】

支持部 1 4 1 及び延出部 1 4 2 は、外装の内部に液体金属が充填されている場合に、キャパシタ 1 1 4 の電極の一部として機能する。また、対向面 1 4 1 1、1 4 2 1 のそれぞれは、キャパシタ 1 1 4 の電極として機能する場合に、対向電極面の一部として機能する。

10

【 0 1 0 2 】

支持部 1 4 1 は、延出部 1 4 2 よりも、外装の厚さが厚い。このため、支持部 1 4 1 は、延出部 1 4 2 よりも、導体部 1 1 1 の伸長に起因して内部に生じる負圧に対する強度が高い。したがって、支持部 1 4 1 は、延出部 1 4 2 よりも、導体部 1 1 1 の伸長に起因して内部に生じる負圧に対して変形しにくい。

【 0 1 0 3 】

以下、磁気共鳴イメージング装置 1 の動作について説明する。

【 0 1 0 4 】

図 2 及び図 1 0 に示すように、コイルエレメント 1 0 2 が基準状態である場合は、第 1 の電極 1 4 0 の内部において導体部 1 1 1 の伸長に起因する負圧の大きさは 0 に近くなる。したがって、コイルエレメント 1 0 2 が基準状態である場合は、第 1 の電極 1 4 0 の外装は収縮せず、第 1 の電極 1 4 0 の内部から導体部 1 1 1 の内部へ液体金属は流出しない。このため、コイルエレメント 1 0 2 が基準状態である場合の第 1 の電極 1 4 0 と第 2 の電極 1 5 0 との間の距離（以下、基準電極間距離と呼ぶ） d_a は、変化しない。そして、基準静電容量と呼ぶ） C_a は、 $\epsilon_0 \cdot S / d_a$ となる。

20

【 0 1 0 5 】

コイルエレメント 1 0 2 が基準状態から伸長すると、第 1 の電極 1 4 0 の内部において導体部 1 1 1 の伸長に起因する負圧が作用し、第 1 の電極 1 4 0 が収縮するとともに、液体金属が支持部 1 4 1 の内部を通して、導体部 1 1 1 の内部へ流出する。そして、例えば、図 3 及び図 1 1 に示すように、延出部 1 4 2 の一部が収縮し、延出部 1 4 2 の内部に充填された液体金属の一部が、支持部 1 4 1 の内部を通して、導体部 1 1 1 の内部へ流出する。そして、延出部 1 4 2 が収縮することにより、延出部 1 4 2 と第 2 の電極 1 5 0 との間において、対向面 1 4 2 1 との対向面 1 5 1 との間の距離が大きくなる。すなわち、コイルエレメント 1 0 2 が伸長状態である場合の延出部 1 4 2 と第 2 の電極 1 5 0 との間の距離（以下、伸長電極間距離と呼ぶ） d_b は、基準電極間距離 d_a よりも大きくなる。このため、伸長静電容量 C_b （ $= \epsilon_0 \cdot S / d_b$ ）は、基準静電容量 C_a （ $= \epsilon_0 \cdot S / d_a$ ）よりも小さくなる。

30

【 0 1 0 6 】

また、コイルエレメント 1 0 2 が伸長状態から収縮すると、第 1 の電極 1 4 0 に対する導体部 1 1 1 の内部の圧力が変化し、導体部 1 1 1 には、内部に充填された液体金属を第 1 の電極 1 4 0 の内部へ流出させる力が作用する。このため、導体部 1 1 1 が収縮するとともに、導体部 1 1 1 の内部の液体金属が支持部 1 4 1 の内部を通して、第 1 の電極 1 4 0 の内部へ流出し、第 1 の電極 1 4 0 において液体金属が内部に充填された領域が大きくなる。これにより、延出部 1 4 2 と第 2 の電極 1 5 0 との間において、対向面 1 4 2 1 との対向面 1 5 1 との間の距離が小さくなるとともに、静電容量が大きくなる。

40

【 0 1 0 7 】

以上のように、導体部 1 1 1 が伸長するにつれて、第 1 の電極 1 4 0 の外装の内部から導体部 1 1 1 のチューブの内部へ液体金属が流出することにより、第 1 の電極 1 4 0 の外装が収縮するとともに、第 1 の電極 1 4 0 と第 2 の電極 1 5 0 との間の距離 d が大きくなる。したがって、導体部 1 1 1 のインダクタンス L が大きくなるとともに、キャパシタ 1

50

14の静電容量Cが小さくなる。静電容量Cの減少は、インダクタンスLの増大による共振周波数fの低下を打ち消すように作用する。このため、本実施形態に係るコイルエレメント102を備える局所コイル装置100及び磁気共鳴イメージング装置1においても、第1の実施形態と同様に、導体部111の伸縮に応じてキャパシタ114の静電容量Cが変化することにより、コイルエレメント102の伸縮に起因する共振周波数fの変動を抑制することができる。

【0108】

(第2の実施形態の第1の変形例)

第2の実施形態の第1の変形例について説明する。本変形例は、第2の実施形態の構成を以下の通りに変形したものである。本変形例では、第1の電極140は第2の電極150に対して移動可能である。第2の実施形態と同様の構成、動作、及び効果については、説明を省略する。

10

【0109】

図12及び図13は、キャパシタ114の構成の一例を示す図である。図12は、コイルエレメント102が基準状態である場合に対応し、図13は、コイルエレメント102が伸長状態である場合に対応する。

【0110】

第1の電極140は、第2の電極150の円筒形状の内側において、円筒形状の延設方向に沿って第2の電極150に対して移動可能な状態で、ケース112の内部に取り付けられている。

20

【0111】

第1の電極140は、導体部111の伸縮に応じて、第2の電極150の延設方向に沿って、第2の電極150に対して移動する。例えば、コイルエレメント102が基準状態から伸長すると、導体部111が伸長し、第1の電極140を第2の電極150から離れる方向へ引っ張る応力が導体部111から第1の電極140に作用する。これより、第1の電極140は、導体部111が伸長するにつれて、第2の電極150から離れる方向へ移動する。一方、例えば、コイルエレメント102が伸長状態から収縮し、導体部111が収縮すると、第1の電極140を第2の電極150に近づく方向へ移動させる応力が導体部111から第1の電極140に作用する。これより、第1の電極140は、導体部111が収縮するにつれて、第2の電極150に近づく方向へ移動する。

30

【0112】

なお、ケース112の内部には、第1の電極140が移動することにより第1の電極140と第2の電極150との位置関係が変化した場合に、第1の電極140と第2の電極150との位置関係を元の状態に戻すための力を第1の電極140に作用させる構成(以下、復元力生成機構と呼ぶ)が設けられることが好ましい。

【0113】

以下、磁気共鳴イメージング装置1の動作について説明する。

【0114】

図2及び図12に示すように、コイルエレメント102が基準状態である場合は、第1の電極140には、導体部111の伸長に起因する応力の大きさは0に近くなる。したがって、コイルエレメント102が基準状態である場合は、第1の電極140は、コイルエレメント102が基準状態である場合の第1の電極140の位置(以下、基準位置と呼ぶ)から移動しない。

40

【0115】

コイルエレメント102が基準状態から伸長すると、第1の電極140の内部において、第1の電極140を第2の電極150から離れる方向へ引っ張る応力が、導体部111から第1の電極140に作用し、第1の電極140は第2の電極150から離れる方向へ基準位置から移動する。そして、例えば、図3及び図13に示すように、第1の電極140の位置が基準位置からずれ、キャパシタ114の構成が物理的に変形する。そして、第1の電極140が第2の電極150から離れる方向へ移動することにより、第1の電極1

50

40と第2の電極150との対向面積が小さくなり、キャパシタ114全体における第1の電極140と第2の電極150との間の距離が大きくなる。したがって、伸長電極面積 S_b は、基準電極面積 S_a よりも小さくなり、伸長電極間距離 d_b は、基準電極間距離 d_a よりも大きくなる。このため、伸長静電容量 $C_b (= \epsilon_0 \cdot S_b / d_b)$ は、基準静電容量 $C_a (= \epsilon_0 \cdot S_a / d_a)$ よりも小さくなる。

【0116】

また、コイルエレメント102が伸長状態から収縮すると、第1の電極140の内部において、第1の電極140を第2の電極150に近づく方向へ移動させる応力が、導体部111から第1の電極140に作用し、第1の電極140は第2の電極150に近づく方向へ移動する。これにより、第1の電極140と第2の電極150との対向面積が大きくなり、キャパシタ114全体における第1の電極140と第2の電極150との間の距離が小さくなる。

【0117】

以上のように、本変形例のコイルエレメント102においても、第1の実施形態と同様に、導体部111が伸長するにつれて、導体部111のインダクタンス L が大きくなるとともに、キャパシタ114の静電容量 C が小さくなる。静電容量 C の減少は、インダクタンス L の増大による共振周波数 f の低下を打ち消すように作用する。したがって、本変形例に係るコイルエレメント102を備える局所コイル装置100及び磁気共鳴イメージング装置1においても、第1の実施形態と同様に、導体部111の伸縮に応じてキャパシタ114の静電容量 C が変化することにより、コイルエレメント102の伸縮に起因する共振周波数 f の変動を抑制することができる。

【0118】

なお、本変形例では、一例として、第2の電極150が固定され、第1の電極140が第2の電極150に対して移動可能な構成を説明したが、これに限られない。例えば、第1の電極140がケース112の内部に固定され、第2の電極150が第1の電極140に対して移動可能な構成であってもよい。この場合、第2の電極150は、導体部111が伸長するにつれて、第1の電極140から離れる方向へ移動し、導体部111が収縮するにつれて、第1の電極140に近づく方向へ移動する。また、例えば、第1の電極140及び第2の電極150の両方が、ケース112の内部において移動可能であってもよい。この場合、第1の電極140及び第2の電極150の両方が、導体部111が伸長するにつれて他方の電極から離れる方向へ移動し、導体部111が収縮するにつれて他方の電極に近づく方向へ移動する。すなわち、導体部111が伸長することにより、キャパシタ114の一对の電極として機能する第1の電極140及び第2の電極150のうちの少なくとも一方が移動し、第1の電極140と第2の電極150との間の対向面積が小さくなる構成であればよい。

【0119】

(第2の実施形態の第2の変形例)

第2の実施形態の第2の変形例について説明する。本変形例は、第2の実施形態の第1の変形例の構成を以下の通りに変形したものである。本変形例では、第1の電極140が第2の電極150に対する移動に応じて、キャパシタ114の第1の電極140と第2の電極150との間に投入される誘電物質160の量が変化する。第2の実施形態の第1の変形例と同様の構成、動作、及び効果については、説明を省略する。

【0120】

図14及び図15は、キャパシタ114の構成の一例を示す図である。図14は、コイルエレメント102が基準状態である場合に対応し、図15は、コイルエレメント102が伸長状態である場合に対応する。

【0121】

第2の電極150の円筒形状の内部には、液体状の誘電物質160が挿入されている。誘電物質160は、第1の電極140と第2の電極150との間に挿入されることにより、キャパシタ114の誘電体として機能する。この場合、静電容量 C は、電極間に空気が

存在する第 1 の部分の静電容量 C_1 と、電極間に誘電体が存在する第 2 の部分の静電容量 C_2 とを並列接続した場合と同様の値となる。このとき、第 1 の部分の誘電率として真空の誘電率 ϵ_0 が用いられ、第 2 の部分の誘電率として誘電物質の誘電率 ϵ が用いられる。

【0122】

局所コイル装置 100 には、液溜めがさらに設けられる。液溜めには、液体状の誘電物質 160 が格納される。液溜めは、例えば、ケース 112 の内部において、キャパシタ 114 の外部に配置される。液溜めは、チューブ等の接続部材を介して、キャパシタ 114 に接続される。誘電物質 160 は、接続部材を介して、第 2 の電極 150 の内部と液溜めの内部との間で移動可能である。

【0123】

誘電物質 160 は、導体部 111 の伸縮に応じて、第 2 の電極 150 の内部と液溜めの内部との間で移動する。例えば、導体部 111 が伸長するにつれて、第 1 の電極 140 が第 2 の電極 150 から離れる方向へ移動するとともに、液溜めの内部から第 2 の電極 150 の内部へ誘電物質 160 が供給される。一方、導体部 111 が収縮するにつれて、第 1 の電極 140 が第 2 の電極 150 に近づく方向へ移動するとともに、第 2 の電極 150 の内部から液溜めの内部へ誘電物質 160 が移動する。すなわち、第 1 の電極 140 及び第 2 の電極 150 のうち少なくとも一方が移動することにより、第 1 の電極 140 と第 2 の電極 150 の間に充填される誘電物質 160 の量が変化する。

【0124】

以下、磁気共鳴イメージング装置 1 の動作について説明する。

【0125】

図 2 及び図 14 に示すように、例えば、コイルエレメント 102 が基準状態である場合は、第 1 の電極 140 は、基準位置から移動しない。このため、キャパシタ 114 に投入される誘電物質 160 の量は、コイルエレメント 102 が基準状態である場合の量（以下、基準投入量と呼ぶ）から変化しない。

【0126】

コイルエレメント 102 が基準状態から伸長すると、第 1 の電極 140 は、第 2 の電極 150 から離れる方向へ基準位置から移動する。そして、第 2 の電極 150 の内部において、誘電物質 160 の液面が、第 2 の電極 150 の円筒形状の底面に近づく。このとき、第 1 の電極 140 が第 2 の電極 150 から離れる方向へ移動するにつれて、誘電物質 160 が液溜めの内部から第 2 の電極 150 の内部へ供給される。そして、例えば、図 3 及び図 15 に示すように、誘電物質 160 が第 2 の電極 150 の内部に供給されることにより、コイルエレメント 102 が伸長状態である場合にキャパシタ 114 に投入される誘電物質 160 の量（以下、伸長投入量）は、基準投入量に比べて大きくなり、下降した誘電物質 160 の液面が再び上昇する。

【0127】

また、コイルエレメント 102 が伸縮状態から収縮すると、第 1 の電極 140 は、第 2 の電極 150 に近づく方向へ移動する。そして、第 2 の電極 150 の内部において、誘電物質 160 の液面が、第 2 の電極 150 の円筒形状の底面から離れる。このとき、第 1 の電極 140 が第 2 の電極 150 に近づく方向へ移動するにつれて、誘電物質 160 が第 2 の電極 150 の内部から液溜めの内部へ流出する。これにより、キャパシタ 114 に投入される誘電物質 160 の量が小さくなる。

【0128】

以下、本実施形態に係るコイルエレメント 102 を備える局所コイル装置 100 及び磁気共鳴イメージング装置 1 の効果について説明する。

【0129】

本変形例のコイルエレメント 102 では、導体部 111 が伸長するにつれて、第 1 の電極 140 が移動することにより、第 1 の電極 140 と第 2 の電極 150 の間に充填される誘電物質 160 の量が変化する。具体的には、導体部 111 が伸長するにつれて、誘電物質 160 が第 2 の電極 150 の内部に供給される。

【0130】

すなわち、上記の構成及び動作により、本変形例のコイルエレメント102を備える局所コイル装置100及び磁気共鳴イメージング装置1によれば、コイルエレメント102及び導体部111が伸長するにつれて、誘電物質160の第2の電極150の内部への供給量が大きくなる。誘電物質160の供給量の増加は、第1の電極140が第2の電極150から離れることによる誘電物質160の液面の下降を打ち消すように作用する。このため、誘電物質160の液面の下降が抑制されることにより、第1の電極140及び第2の電極150の位置関係がずれた場合であっても、適量の誘電物質160が第1の電極140と第2の電極150の間に充填されることにより、キャパシタ114の静電容量Cの意図しない変動を抑制することができる。そして、キャパシタ114の静電容量Cの意図しない変動が抑制されることにより、共振周波数fの変動を抑制することができる。

10

【0131】

(第3の実施形態)

第3の実施形態について説明する。本実施形態は、第1の実施形態の構成を以下の通りに変形したものである。本実施形態では、コイルエレメント102には、複数のインダクタと複数のキャパシタを有するLC回路が形成される。第1の実施形態と同様の構成、動作、及び効果については、説明を省略する。

【0132】

図16は、局所コイル装置100の回路構成を示す図である。コイルエレメント102のそれぞれは、第1のインダクタ113A、第2のインダクタ113B、第1のキャパシタ114A、及び第2のキャパシタ114Bを有する。

20

【0133】

図17は、コイルエレメント102の構成を示す概略図である。

【0134】

導体部111は、可撓性を有するチューブが環状に湾曲した形状に形成されている。導体部111の一部は、ケース112の内部に挿入されている。導体部111は、ケース112の内部において連続している。

【0135】

また、導体部111は、可撓性を有し、伸縮可能なチューブを有する。チューブの内部には、液体金属が充填されている。導体部111のチューブ及び液体金属については、第1の実施形態等と同様のため、説明を省略する。

30

【0136】

導体部111は、第1の導体部181と、第2の導体部182と、第1の隙間部183と、第2の隙間部184とを備える。第1の導体部181及び第2の導体部182では、チューブの内部には液体金属が充填されている。

【0137】

第1の隙間部183及び第2の隙間部184のそれぞれは、第1の導体部181と第2の導体部182との間に設けられる。第1の隙間部183は、導体部111が形成する円環において、例えば、第2の隙間部184に対して180度反対の位置に設けられる。第1の隙間部183及び第2の隙間部184では、チューブの内部には、空気が充填されている。空気は、液体金属とは異なる流体の一例である。

40

【0138】

第1の導体部181は、第1のインダクタ113Aとして機能する。第2の導体部182は、第2のインダクタ113Bとして機能する。

【0139】

第1の導体部181、第2の導体部182、及び第1の隙間部183により、第1のキャパシタ114Aが構成される。第1の導体部181及び第2の導体部182は、第1のキャパシタ114Aの一对の電極として機能する。第1の隙間部183は、第1のキャパシタ114Aにおける一对の電極間のギャップ部として機能する。

【0140】

50

同様に、第１の導体部１８１、第２の導体部１８２、及び第２の隙間部１８４により、第２のキャパシタ１１４Ｂが構成される。第１の導体部１８１及び第２の導体部１８２は、第２のキャパシタ１１４Ｂの一对の電極として機能する。第２の隙間部１８４は、第２のキャパシタ１１４Ｂにおける一对の電極間のギャップ部として機能する。

【０１４１】

図１８及び図１９は、コイルエレメント１０２の構成の一例を示す図である。図１８は、コイルエレメント１０２が基準状態である場合に対応し、図１９は、コイルエレメント１０２が伸長状態である場合に対応する。図１８及び図１９は、コイルエレメント１０２において、第１の隙間部１８３の周辺を拡大して示している。

【０１４２】

第１の導体部１８１は、第１の隙間部１８３との境界面１８１１を有する。境界面１８１１は、第１の導体部１８１の内部の液体金属における第１の隙間部１８３の内部の空気に対する境界面である。また、第２の導体部１８２は、第１の隙間部１８３との境界面１８２１を有する。境界面１８２１は、第２の導体部１８２の内部の液体金属における第１の隙間部１８３の内部の空気に対する境界面である。境界面１８１１及び境界面１８２１は、第１のキャパシタ１１４Ａにおける一对の対向電極面として機能する。境界面１８１１の面積又は境界面１８２１の面積は、第１のキャパシタ１１４Ａにおける対向電極面積Ｓである。

【０１４３】

以下、磁気共鳴イメージング装置１の動作について説明する。

【０１４４】

図２及び図１８に示すように、コイルエレメント１０２が基準状態である場合は、このため、境界面１８１１と境界面１８２１との距離は、コイルエレメント１０２が基準状態である場合の境界面１８１１と境界面１８２１との距離（以下、基準電極間距離と呼ぶ） d_a から変化しない。そして、基準静電容量 C_a は、 $\epsilon_0 \cdot S_a / d_a$ となる。

【０１４５】

導体部１１１が伸長することにより、導体部１１１には、導体部１１１を収縮させる内圧が作用する。液体金属は空気よりも変形しにくいいため、第１の隙間部１８３では、第１の導体部１８１及び第２の導体部１８２よりも大きく変形する。そして、導体部１１１が伸長するにつれて、境界面１８１１と境界面１８２１との距離が大きくなるとともに、境界面１８１１の面積及び境界面１８２１の面積が小さくなる。そして、例えば、図３及び図１９に示すように、第１のキャパシタ１１４Ａにおいて、伸長電極間距離 d_b は、基準電極間距離 d_a よりも大きくなり、伸長電極面積 S_b は、基準電極面積 S_a よりも小さくなる。このため、第１のキャパシタ１１４Ａにおいて、伸長静電容量 C_b （ $= \epsilon_0 \cdot S_b / d_b$ ）は、基準静電容量 C_a （ $= \epsilon_0 \cdot S_a / d_a$ ）よりも小さくなる。

【０１４６】

また、導体部１１１が伸長状態から収縮すると、境界面１８１１と境界面１８２１との距離が小さくなるとともに、境界面１８１１の面積及び境界面１８２１の面積が大きくなる。これにより、第１のキャパシタ１１４Ａにおいて、電極間距離が小さくなり、電極面積が大きくなる。そして、第１のキャパシタ１１４Ａにおいて、静電容量が大きくなる。

【０１４７】

第２のキャパシタ１１４Ｂにおいても、第１のキャパシタ１１４Ａと同様に、伸長静電容量 C_b は、基準静電容量 C_a よりも小さくなる。

【０１４８】

以上のように、本実施形態のコイルエレメント１０２においても、第１の実施形態と同様に、導体部１１１が伸長するにつれて、ＬＣ回路のインダクタンス L が大きくなるとともに、静電容量 C が小さくなる。静電容量 C の減少は、インダクタンス L の増大による共振周波数 f の低下を打ち消すように作用する。したがって、本変形例に係るコイルエレメント１０２を備える局所コイル装置１００及び磁気共鳴イメージング装置１においても、第１の実施形態と同様に、導体部１１１の伸縮に応じてキャパシタ１１４の静電容量 C が

変化することにより、コイルエレメント 102 の伸縮に起因する共振周波数 f の変動を抑制することができる。

【0149】

なお、第 1 の隙間部 183 及び第 2 の隙間部 184 には、空気の代わりに、液体状の誘電物質が充填されてもよい。誘電物質は、例えば、シリコンである。この場合、基準静電容量 C_a 及び伸長静電容量 C_b の各式において、真空の誘電率 ϵ_0 に代えて、誘電物質の誘電率 ϵ が用いられる。

【0150】

また、隙間部の形状の安定性を確保するため、例えば、導体部と隙間部との境界部には、仕切りが設けられていてもよい。

10

【0151】

以上説明した少なくとも 1 つの実施形態によれば、伸縮可能なコイルエレメントを有する受信コイルにおいて、コイルエレメントの伸縮に起因する共振周波数の変動を抑制することができる。

【0152】

上記説明において用いた「プロセッサ」という文言は、例えば、CPU、GPU、或いは、特定用途向け集積回路 (Application Specific Integrated Circuit: ASIC)、プログラマブル論理デバイス (例えば、単純プログラマブル論理デバイス (Simple Programmable Logic Device: SPLD)、複合プログラマブル論理デバイス (Complex Programmable Logic Device: CPLD)、及びフィールドプログラマブルゲートアレイ (Field Programmable Gate Array: FPGA)) 等の回路を意味する。プロセッサは記憶回路に保存されたプログラムを読み出し実行することで機能を実現する。なお、記憶回路にプログラムを保存する代わりに、プロセッサの回路内にプログラムを直接組み込むよう構成しても構わない。この場合、プロセッサは回路内に組み込まれたプログラムを読み出し実行することで機能を実現する。また、プログラムを実行するのではなく、論理回路の組合せにより当該プログラムに対応する機能を実現しても良い。なお、本実施形態の各プロセッサは、プロセッサごとに単一の回路として構成される場合に限らず、複数の独立した回路を組み合わせることで 1 つのプロセッサとして構成し、その機能を実現するようにしてもよい。さらに、図 1 における複数の構成要素を 1 つのプロセッサへ統合してその機能を実現するようにしてもよい。

20

30

【0153】

本発明のいくつかの実施形態を説明したが、これらの実施形態は、例として提示したものであり、発明の範囲を限定することは意図していない。これら実施形態は、その他の様々な形態で実施されることが可能であり、発明の要旨を逸脱しない範囲で、種々の省略、置き換え、変更を行うことができる。これら実施形態やその変形は、発明の範囲や要旨に含まれると同様に、特許請求の範囲に記載された発明とその均等の範囲に含まれるものである。

【符号の説明】

【0154】

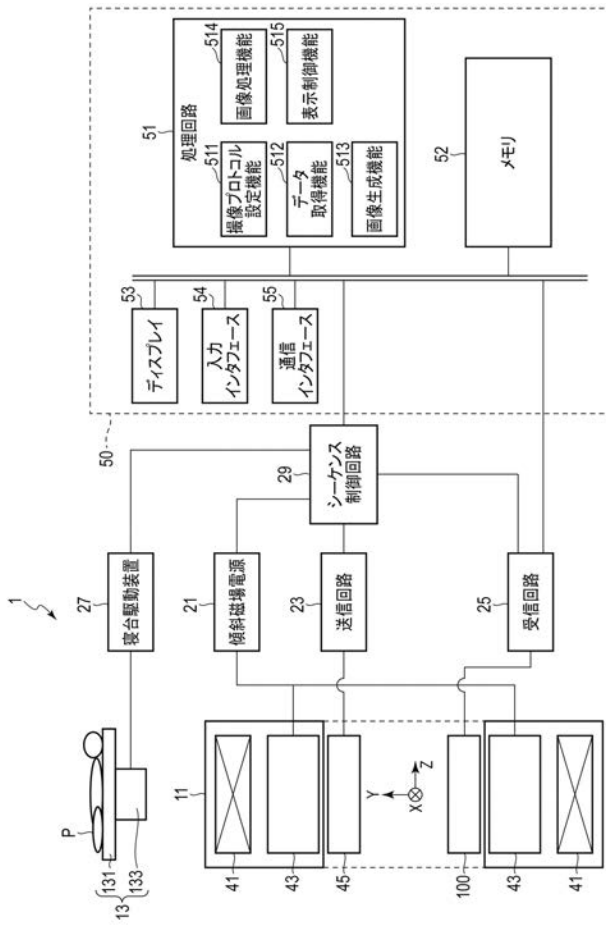
- 1 ... 磁気共鳴イメージング装置
- 11 ... 架台
- 13 ... 寝台
- 131 ... 天板
- 133 ... 基台
- 21 ... 傾斜磁場電源
- 23 ... 送信回路
- 25 ... 受信回路
- 27 ... 寝台駆動装置
- 29 ... シーケンス制御回路
- 41 ... 静磁場磁石

40

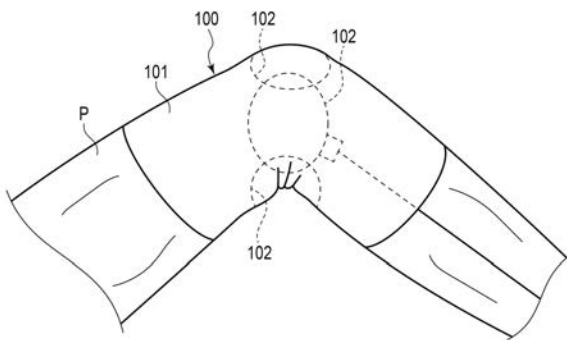
50

4 3 ... 傾斜磁場コイル	
4 5 ... 送信コイル	
5 0 ... ホストコンピュータ	
5 1 ... 処理回路	
5 1 1 ... 撮像プロトコル設定機能	
5 1 2 ... データ取得機能	
5 1 3 ... 画像生成機能	
5 1 4 ... 画像処理機能	
5 1 5 ... 表示制御機能	
5 2 ... メモリ	10
5 3 ... ディスプレイ	
5 4 ... 入力インタフェース	
5 5 ... 通信インタフェース	
1 0 0 ... 局所コイル装置	
1 0 1 ... 装着部	
1 0 2 ... コイルエレメント	
1 1 1 , 1 8 1 , 1 8 2 ... 導体部	
1 1 2 ... ケース	
1 1 3 , 1 1 3 A , 1 1 3 B ... インダクタ	
1 1 4 , 1 1 4 A , 1 1 4 B ... キャパシタ	20
1 1 5 ... 増幅器	
1 2 0 , 1 3 0 , 1 4 0 , 1 5 0 ... 電極	
1 2 1 , 1 4 1 ... 支持部	
1 2 2 , 1 2 3 , 1 2 4 , 1 2 5 , 1 2 6 , 1 4 2 ... 延出部	
1 2 1 2 ... 接続部	
1 6 0 ... 誘電物質	
1 8 3 , 1 8 4 ... 隙間部	

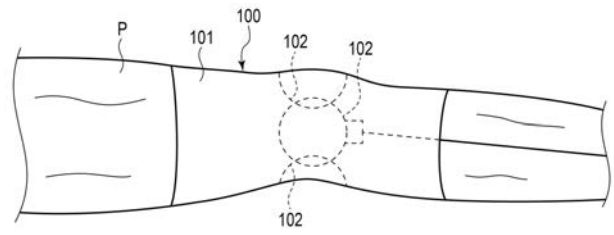
【図 1】



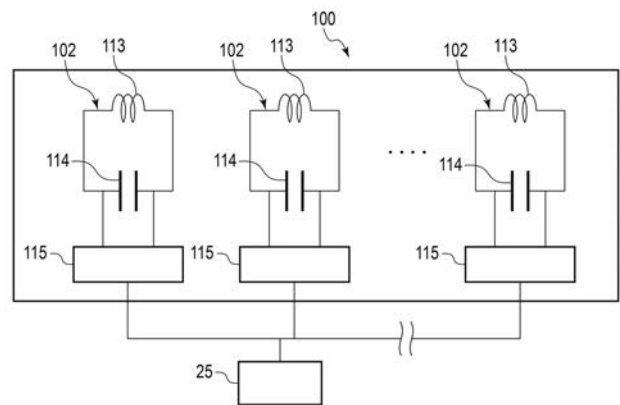
【図 3】



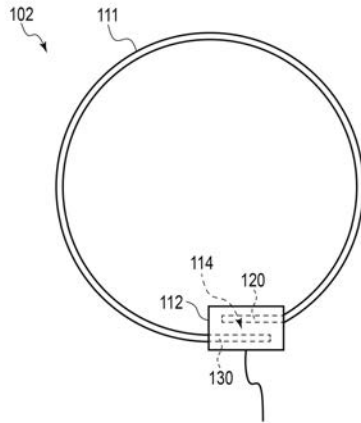
【図 2】



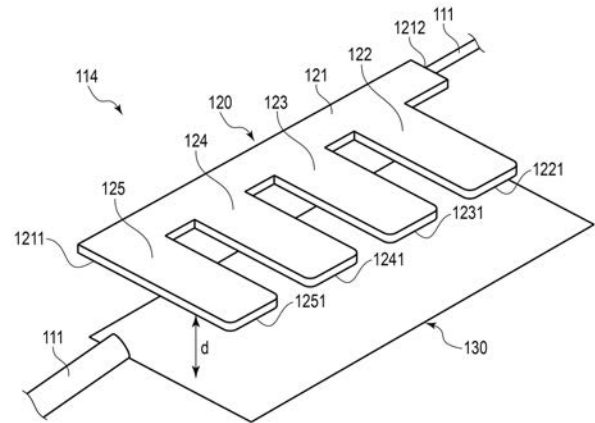
【図 4】



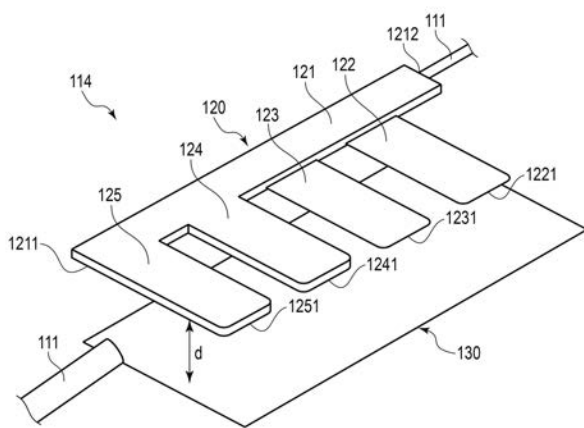
【図 5】



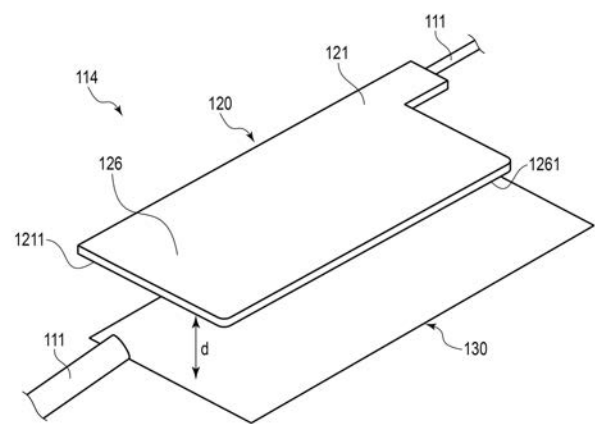
【図 6】



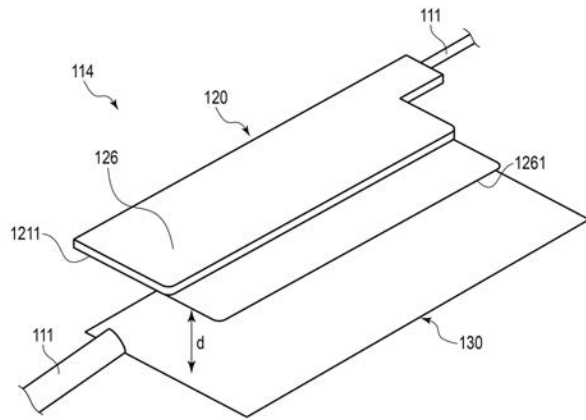
【図 7】



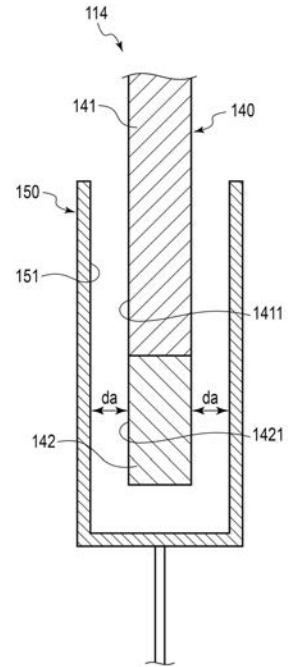
【図 8】



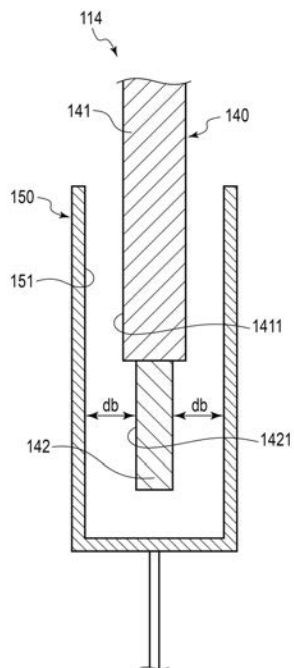
【図 9】



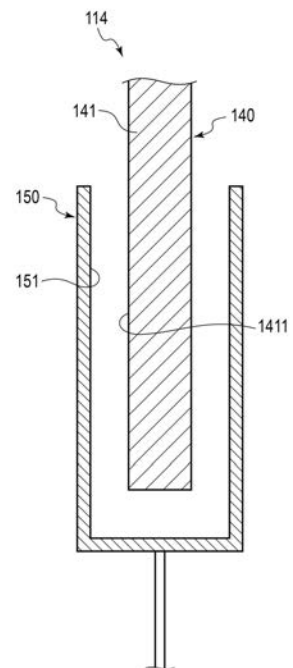
【図 10】



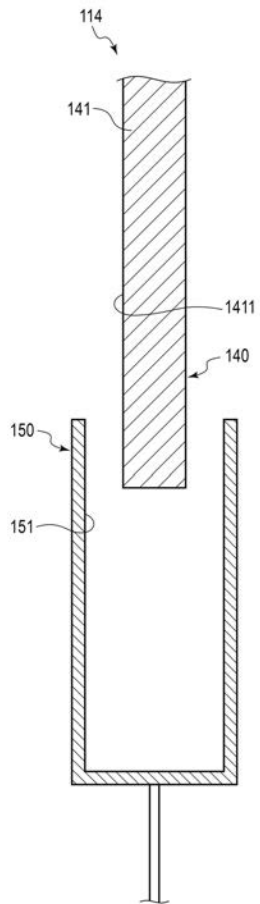
【図 11】



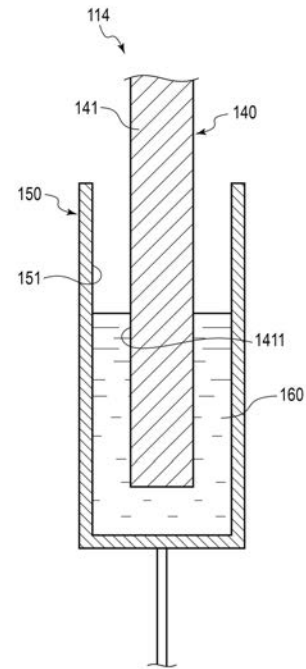
【図 12】



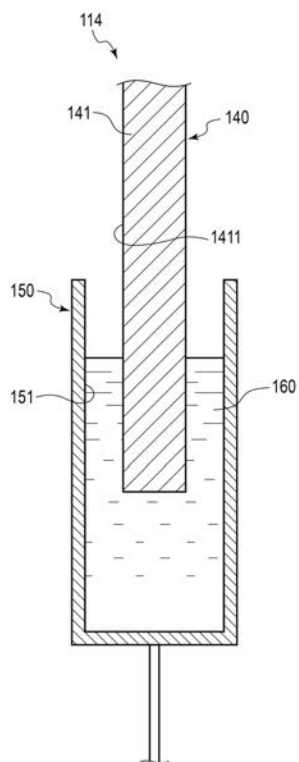
【図 13】



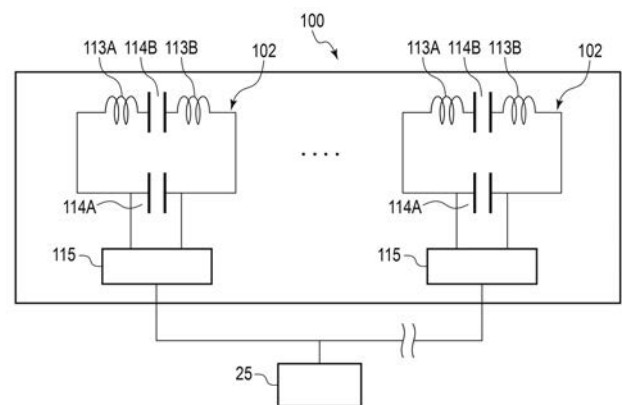
【図 14】



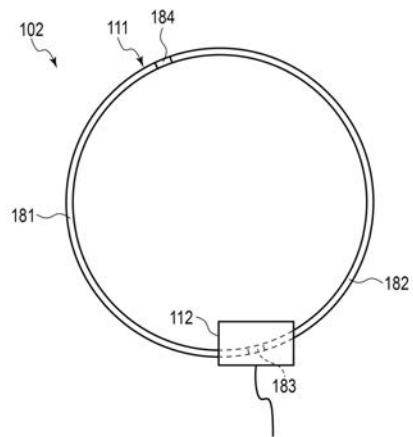
【図 15】



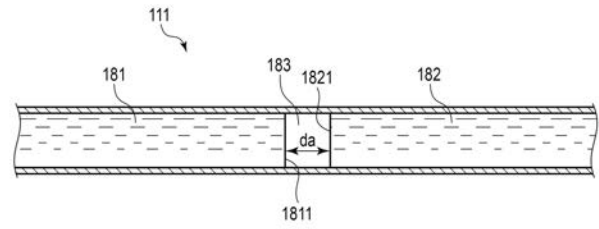
【図 16】



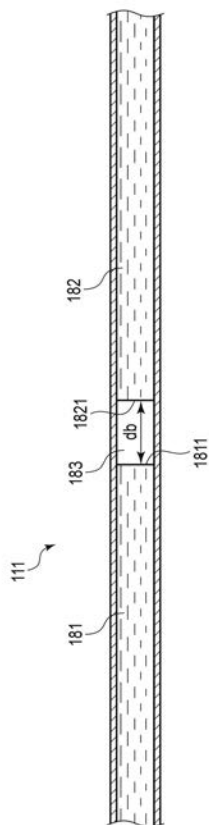
【図 17】



【図 18】



【図 19】



フロントページの続き

- (72)発明者 富羽 貞範
栃木県大田原市下石上 1 3 8 5 番地 キヤノンメディカルシステムズ株式会社内
- (72)発明者 大石 崇文
栃木県大田原市下石上 1 3 8 5 番地 キヤノンメディカルシステムズ株式会社内
- (72)発明者 川尻 将
栃木県大田原市下石上 1 3 8 5 番地 キヤノンメディカルシステムズ株式会社内
- (72)発明者 今井 聡志
栃木県大田原市下石上 1 3 8 5 番地 キヤノンメディカルシステムズ株式会社内
- F ターム(参考) 4C096 AD10 CC06 CC15 CC32