

【公報種別】特許法第 17 条の 2 の規定による補正の掲載
【部門区分】第 6 部門第 1 区分
【発行日】平成 24 年 10 月 25 日 (2012.10.25)

【公開番号】特開 2011-232277 (P2011-232277A)
【公開日】平成 23 年 11 月 17 日 (2011.11.17)
【年通号数】公開・登録公報 2011-046
【出願番号】特願 2010-104919 (P2010-104919)
【国際特許分類】

G 0 1 R 33/26 (2006.01)

G 0 1 R 33/02 (2006.01)

【F I】

G 0 1 R 33/26

G 0 1 R 33/02 R

【手続補正書】

【提出日】平成 24 年 9 月 10 日 (2012.9.10)

【手続補正 1】

【補正対象書類名】特許請求の範囲

【補正対象項目名】全文

【補正方法】変更

【補正の内容】

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

円偏光により励起される複数の原子からなる原子群を内部に含むセルを複数有するセルアレイと、

前記各セルに対し、円偏光成分を有するポンプ光を照射するポンプ光照射部と、

前記ポンプ光の照射方向と直交するように前記各セルに対して直線偏光成分を有するプローブ光を照射するプローブ光照射部と、

前記プローブ光照射部によって前記各セルに照射されたプローブ光を検出する検出部とを備え、

前記複数のセルは隣接する 1 以上のセルと孔によって接続されており、前記各セルのうち隣接する 2 以上のセルと接続されるセルは、隣接する一のセルに連通する前記孔を出入りする前記原子の移動方向の延長線と、隣接する他のセルに連通する前記孔に出入りする前記原子の移動方向の延長線とが一致しないように前記孔が設けられていることを特徴とする磁気計測装置。

【請求項 2】

前記孔は、管路により形成されることを特徴とする請求項 1 に記載の磁気計測装置。

【請求項 3】

前記孔は、管軸方向に直線状に伸びる管路であることを特徴とする請求項 2 に記載の磁気計測装置。

【請求項 4】

前記管路は、管軸が屈曲する部分を有する管路であることを特徴とする請求項 3 に記載の磁気計測装置。

【手続補正 2】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】全文

【補正方法】変更

【補正の内容】

【発明の詳細な説明】

【発明の名称】磁気計測装置

【技術分野】

【0001】

本発明は、磁気計測装置に関する。

【背景技術】

【0002】

生体の心臓等から発せられる磁場を検出する生体磁気計測装置等において、光ポンピングを利用した磁気センサーが利用されている。このような磁気センサーとしては、ガスが封入された各セルに、円偏光成分を有するポンプ光と直線偏光成分を有するプローブ光とが直交するように照射され、生体から発せられる磁場をプローブ光によって検出するものがある。下記特許文献1には、そのような光ポンピング原子磁力計が開示されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献1】特開2009-236599号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

ところで、複数の独立したセルを並べて生体の広範囲な部分を測定する場合、各セル内のガスの圧力が均一でなければセルにおける磁気の測定感度にばらつきが生じる。

本発明は、複数のセルを並べて磁気を測定する磁気計測装置において、セル内の圧力を均一にして測定精度を向上させる技術を提供する。

【課題を解決するための手段】

【0005】

本発明の一態様に係る磁気計測装置は、円偏光により励起される複数の原子からなる原子群を内部に含むセルを複数有するセルアレイと、

前記各セルに対し、円偏光成分を有するポンプ光を照射するポンプ光照射部と、

前記ポンプ光の照射方向と直交するように前記各セルに対して直線偏光成分を有するプローブ光を照射するプローブ光照射部と、

前記プローブ光照射部によって前記各セルに照射されたプローブ光を検出する検出部とを備え、

前記複数のセルは隣接する1以上のセルと孔によって接続されており、前記各セルのうち隣接する2以上のセルと接続されるセルは、隣接する一のセルに連通する前記孔を出入りする前記原子の移動方向の延長線と、隣接する他のセルに連通する前記孔に出入りする前記原子の移動方向の延長線とが一致しないように前記孔が設けられていることを特徴とする。この構成によれば、各セル内のガスの圧力が均一になり、磁気の検出精度を向上させることができる。

【0006】

本発明に係る磁気計測装置は、別の好ましい態様において、前記孔は、管路により形成されることとしてもよい。この構成によれば、独立したセルを並べた場合においても各セル内のガスの圧力を均一にすることができる。

【0007】

本発明に係る磁気計測装置は、別の好ましい態様において、前記管路は、管軸方向に直線状に伸びる管路であることとしてもよい。この構成によれば、各セル内のガスの圧力を均一にすることができ、また、セル間の接続構造が複雑にならない。

【0008】

本発明に係る磁気計測装置は、さらに別の好ましい態様において、前記管路は、管軸が屈曲する部分を有する管路であることとしてもよい。この構成によれば、各セル内のガスの圧力を均一にすることができ、管路を介して他のセルへ原子が移動することが抑制される。

【図面の簡単な説明】

【0009】

【図1】実施形態に係る磁気計測装置の構成例を示すブロック図である。

【図2】実施形態に係る磁気センサーアレイを示す模式図である。

【図3】図2中の矢印A方向から見た磁気センサーアレイの模式図である。

【図4】(a)及び(b)は、磁気センサーアレイにおける原子の移動を説明する図である。

【図5】(a)は、実施形態に係る磁気センサーアレイとポンプ光照射ユニット示す図である。(b)は、実施形態に係る磁気センサーアレイとプローブ光照射ユニット及び検出ユニットを示す図である。

【図6】変形例1に係る磁気センサーアレイを説明する図である。

【図7】(a)及び(b)は、変形例2に係る磁気センサーアレイを説明する図である。

【図8】変形例3に係る磁気センサーアレイを説明する図である。

【図9】変形例4に係る磁気センサーアレイを説明する図である。

【発明を実施するための形態】

【0010】

本発明に係る磁気計測装置は、生体の心臓等から発生される磁場を計測するものである。図1は、本発明に係る実施形態の磁気計測装置の構成を表すブロック図である。磁気計測装置1は、図1に示すように、磁気センサーアレイ10、ポンプ光照射ユニット20、プローブ光照射ユニット30、検出ユニット40を含んで構成されている。

【0011】

ここで、磁気センサーアレイ10の構成について図2及び図3を用いて説明する。図2は、磁気センサーアレイ10を表す模式図であり、図3は、図2中の矢印A方向から磁気センサーアレイ10を見た模式図である。図2及び図3に示すように、本実施形態に係る磁気センサーアレイ10は、一列に配列された3つのセル11、12、13で構成されている。以下、これらを区別しない場合には単にセルと呼ぶ。

【0012】

各セルは、光を透過するガラス等の素材で構成され、内部に所定の原子を含む立方体形状の物体である。セル内の所定の原子は、円偏光によって励起状態となり、スピン偏極する原子であり、例えば、リチウム(Li)、ナトリウム(Na)、カリウム(K)、ルビジウム(Rb)、セシウム(Cs)及びフランシウム(Fr)等のアルカリ金属である。

また、セル内には、これらのアルカリ金属原子の他に、ヘリウム(He)、窒素(N)などのバッファーガスが含まれていてもよい。所定の原子は、気体(ガス)の状態でセルに含まれており、セル内でスピン偏極している原子は、検体からの磁場の大きさに応じて歳差運動を行う。尚、アルカリ金属の原子は磁気を検出する際に気体の状態であればよく、常時気体の状態でなくてもよい。

また、各セルには、隣接するセルと向かい合う面に孔a(a11、a21、a22、a31)が設けられている。各孔aの部分、セルと同様の素材で形成された直線形状の管路である接続管b(b11、b12)で接続することで、セル11、12、13が接続される。このように、本実施形態では、各セルに設けた孔aを接続管bによって接続することで、各セル内におけるガスの圧力を一定にしている。

【0013】

また、図2及び図3に示すように、本実施形態の磁気センサーアレイ10は、接続管b11を出入りする原子の移動方向(破線矢印P1)の延長線と接続管b12を出入りする原子の移動方向(破線矢印P2)の延長線とが一致しないように構成されている。これは、各セルに孔aを設けることによって、セル内で歳差運動を行っている原子が接続管b(b11、b12)を経由して離れた位置にある他のセルへ移動すると、各セルにおける磁気を正確に測定できなくなるので、それを防止するための構成である。

例えば、図4(a)に示すように、接続管b11を出入りする原子の移動方向の延長線(破線矢印P1)と接続管b12を出入りする原子の移動方向(破線矢印P2)の延長線

とが一致するように接続管 b 1 1 及び b 1 2 が設けられている場合、即ち、接続管 b 1 1 を介して原子がセル 1 2 に流入する方向の延長線上に接続管 b 1 2 を設けた場合、セル 1 1 内の原子の一部は接続管 b 1 1 を通ってセル 1 2 に移動し、その移動方向の延長上にある接続管 b 1 2 を通ってセル 1 3 まで容易に移動できる。

これに対し、図 4 (b) に示すように、本実施形態では、接続管 b 1 1 を出入りする原子の移動方向破線矢印 P 1 の延長線と接続管 b 1 2 を出入りする原子の移動方向破線矢印 P 2 の延長線とが一致しないように接続管 b 1 1 及び b 1 2 が設けられ、セル 1 1、1 2、1 3 が接続されている。即ち、接続管 b 1 1 を介して原子がセル 1 2 に流入する方向の延長線上ではない位置に接続管 b 1 2 が設けられた構成となっている。従って、セル 1 1 内の一部の原子が接続管 b 1 1 を通ってセル 1 2 に移動しても、その移動方向と一致しない位置に接続管 b 1 2 が設けられていることから、セル 1 2 に移動した原子は接続管 b 1 2 の管路を容易に通過することができない。

このように、接続管 b 1 1 及び接続管 b 1 2 を出入する原子の移動方向の延長線が一致しないようにセルを接続することで、図 4 (a) の場合と比べて、セル 1 1 内の原子がセル 1 3 まで移動したり、セル 1 3 内の原子がセル 1 1 まで移動したりする等、セル 1 1 から離れた隣接していないセルへの移動を抑制することができる。その結果、各セルにおける磁気の測定において、測定対象領域から離れた位置において磁化された原子の影響を受けにくくすることができる。

【 0 0 1 4 】

なお、本実施形態では、磁気センサーアレイ 1 0 のセルの数は一列に 3 つ並べられている例であるが、セルの数は複数であればこれに限らない。また、図 2 に示すように接続した一列のセル群を複数列並べたものを磁気センサーアレイとして用いてもよい。また、セルは立方体形状である場合について説明するが、セルの形状はこの形状には限らない。

【 0 0 1 5 】

以上が、本実施形態に係る磁気センサーアレイ 1 0 の構成である。次に、図 4 を参照して、ポンプ光照射ユニット 2 0 について説明する。図 5 (a) は、図 2 に示した磁気センサーアレイ 1 0 とポンプ光照射ユニット 2 0 を示す図である。ポンプ光照射ユニット 2 0 は、磁気センサーアレイ 1 0 の各セルに対して円偏光成分を有するポンプ光を照射するポンプ光照射手段として機能する。

図 5 (a) に示すように、ポンプ光照射ユニット 2 0 は、セル 1 1、1 2、1 3 の下面方向からポンプ光を各々照射するポンプ光照射部 2 1、2 2、2 3 を備えて構成されている。ポンプ光照射部 2 1、2 2、2 3 は、円偏光成分を有するレーザー光をポンプ光として出力する光源を各々有し、円偏光成分を有するポンプ光をセル 1 1、1 2、1 3 に対して各々照射する。ポンプ光照射部 2 1、2 2、2 3 の各々から照射されたポンプ光がセル 1 1、1 2、1 3 に入射すると、セル内の原子はポンプ光によってスピン偏極し、検体からの磁気の影響を受けて歳差運動を行う。

【 0 0 1 6 】

次に、図 5 (b) を参照して、プローブ光照射ユニット 3 0 及び検出ユニット 4 0 について説明する。図 5 (b) は、図 2 に示した磁気センサーアレイ 1 0 とプローブ光照射ユニット 3 0 及び検出ユニット 4 0 を示す図である。

プローブ光照射ユニット 3 0 は、磁気センサーアレイ 1 0 の各セルに対して直線偏光成分を有するプローブ光を照射するプローブ光照射手段として機能する。図 5 (b) に示すように、プローブ光照射ユニット 3 0 は、プローブ光照射部 3 1、3 2、3 3 を備えて構成されている。プローブ光照射部 3 1、3 2、3 3 は、直線偏光成分を有するレーザー光をプローブ光として出力する光源を各々有し、直線偏光成分を有するプローブ光をセル 1 1、1 2、1 3 に対して矢印方向に照射する。セル 1 1、1 2、1 3 に照射されたプローブ光は、各々のセル内の原子による歳差運動の回転力に応じて偏光面が回転され、セル 1 1、1 2、1 3 を透過して検出ユニット 4 0 に入射する。

【 0 0 1 7 】

検出ユニット 4 0 は、磁気センサーアレイ 1 0 を透過したプローブ光を検出する検出手

段として機能する。図5(b)に示すように、検出ユニット40は、検出部41、42、43を備えて構成されている。検出部41、42、43は、セル11、12、13に対応するフォトディテクタを有し、セル11、12、13を透過したプローブ光を各々のフォトディテクタで受光し、光量に応じた電気信号を解析して各セルにおいて受光したプローブ光の偏光面の回転角度を求め、回転角度に応じた磁気を検出する。

【0018】

(動作)

次に、この磁気計測装置1を用い、検体から発せられる磁場を測定する場合の動作について説明する。磁気計測装置1において磁気の計測が開始されると、ポンプ光照射部21~23の各々から円偏光成分を有するポンプ光が、磁気センサーアレイ10のセル11~13の各々に対して照射される。これにより、セル11~13内の原子はポンプ光によって励起されて同一方向にスピン偏極され、検体からの磁場に応じて磁気モーメントの方向を変化させて歳差運動を行う。このとき、例えば、セル11内の原子の一部は、接続管b11を通してセル12へ移動するが、その移動方向の延長上でない位置に接続管b12が設けられているため、接続管b12を通してセル13まで直接的に移動することが制限される。この結果、各セルにおける原子は隣接しないセルへの移動が抑制される。また、各セルに設けられた孔aを接続する接続管b11、b12によって各セルが連通されているため、各セルにおけるガスの圧力は均一となっている。

【0019】

続いて、プローブ光照射ユニット30のプローブ光照射部31~33の各々から直線偏光成分を有するプローブ光が、セル11~13の各々に対し、ポンプ光と直交するように照射される。セル11~13の各々に入射されたプローブ光は、各セル内の原子が受けている磁場の大きさに応じて偏光面が回転されて各セルを透過する。セル11~13を透過したプローブ光は、各セルに対応する検出部41~43の各々に入射し、検出部41~43においてプローブ光が受光される。そして、検出部41~43において、プローブ光の光量に応じた電気信号を解析し、プローブ光の偏光面の回転角を求め、セル11、12、13における磁気を検出する。

【0020】

このように、上記実施形態に係る磁気センサーアレイ10は、各セルに設けた孔aを接続管bで接続して構成されているため、各セルにおけるガスの圧力を一定にすることができる。また、磁気センサーアレイ10は、接続管b11を出入りする原子の移動方向の延長線と接続管b12を出入りする原子の移動方向の延長線とが一致しないように、各セルを接続管b11及びb12によって接続して構成されているため、各セル内のガスの圧力が均一になり、各セルにおける磁気の測定感度を一定にすることができる。また、隣接しないセルへの原子の移動を最小限に抑制することができ、各セルにおける磁気の測定精度が向上する。

【0021】

<変形例>

本発明は、上述した実施形態に限定されるものではなく、以下のように変形させて実施してもよい。また、以下の変形例を組み合わせてもよい。

(1) 上述した実施形態では、磁気センサーアレイ10の各セルを接続する接続管bが隣接面に対して垂直に設けられている例であったが、隣接面に対して一定角度だけ傾斜するように接続管bを設けるように構成してもよい。このような例を図6に示す。図6は、本変形例に係る磁気センサーアレイ10を示す模式図である。この図において、セル11の孔a11はセル12の孔a21より上面側の高い位置に設けられ、また、セル12の孔a22はセル13の孔a31より上面側の高い位置に設けられており、これらの孔aを接続する接続管b11とb12は、セル11、12、13において接続された面に対して傾斜している。なお、セル12において、孔a21とa22をできるだけ離れた位置に設けるように構成することで、隣接しないセルへの原子の移動をより抑制することができる。

【0022】

(2) また、上述した実施形態では、接続管 b は管軸方向に直線状に伸びる直線形状である例について説明したが、接続管 b は、管軸が曲線部分を有してもよいし、屈曲する部分を有してもよい。このような例を図 7 に示す。図 7 は、本変形例に係る磁気センサーアレイ 10 を示す模式図である。図 7 (a) は、上述した変形例 1 の接続管 b 1 1 及び b 1 2 に代えて、管路が曲線形状の接続管 b 2 1 及び b 2 2 で各セルを接続した例である。

また、図 7 (b) は、上述した変形例 1 の接続管 b 1 1 及び b 1 2 に代えて、管路が屈曲した形状の接続管 b 3 1 及び b 3 2 によって各セルを接続した例である。このように、接続管 b を曲線形状や屈曲した形状にすることにより、直線形状の接続管と比べて原子の移動を抑制することができる。

【0023】

(3) また、上述した実施形態では、磁気センサーアレイ 10 において、各セルは接続管 b の長さ分だけ離れた位置に配置されて構成されている例であったが、セルの上面又は下面の一部分が隣接するセルと連結されて構成され、連結部分を接続管 b として機能させるように構成してもよい。このような例を図 8 に示す。図 8 は、本変形例に係る磁気センサーアレイ 10 を示す模式図である。図 8 の例では、セル 1 1 とセル 1 2 の隣接面における上部の一部に開口部 a 1 1、a 2 1 が設けられ、セル 1 2 とセル 1 3 の隣接面における下部の一部に開口部 a 2 2、a 3 1 が設けられており、開口部 a 1 1 と a 2 1 を接続管 b 4 1 で接続し、開口部 a 2 2 と a 3 1 を接続管 b 4 2 で接続している。これにより、セル 1 1 とセル 1 2 の上面の一部が連結され、セル 1 2 とセル 1 3 の下面の一部が連結された磁気センサーアレイ 10 が形成される。この場合も、実施形態と同様、接続管 b 4 1 を出入りする原子の移動方向の延長線と b 4 2 を出入りする原子の移動方向の延長線とが一致しないように構成されているため、例えば、セル 1 1 内の原子がセル 1 3 へ容易に移動することができず、隣接しないセルへの原子の移動を抑制することができる。また、セルの一部が隣接するセルと連結されているため、セルを高密度に配置することができる。

【0024】

(4) 上述した実施形態では、接続管 b によって各セルを接続する例であったが、例えば、図 9 に示すように、接続管 b を用いずに磁気センサーアレイ 100 を構成してもよい。図 9 の例では、例えば、セル 101 とセル 102 を仕切る壁には各セルに共通の孔 a 1 が設けられており、セル 101 とセル 103 を仕切る壁には共通の孔 a 2 が設けられている。またセル 102 とセル 104 とを仕切る壁には共通の孔 a 3 が設けられており、他のセルも同様に隣接するセルとの間を仕切る壁に共通の孔 a が少なくとも 2 つ設けられている。このように、全てのセルにおいて、隣接するセルとの間に孔 a を設けることで、各セル内のガスの圧力を一定にすることができる。また、図 9 に示すように、各セルにおける共通の孔は、当該セルにおける一の孔を原子が移動する移動方向と他の孔を原子が移動する移動方向とが一致しないように設けられている。

【0025】

つまり、例えば、セル 101 の孔 a 1 の位置に対し、セル 102 の孔 a 3 は、孔 a 1 が設けられている壁に対向する壁の下方方向に設けられており、孔 a 1 を出入りする原子の移動方向の延長線と、孔 a 3 を出入りする原子の移動方向の延長線とが一致していない。従って、セル 101 内の原子が孔 a 1 を通過してセル 102 に移動したとしても、その移動した原子が、その移動方向に沿ってセル 104 へ移動することはできないため、セル 101 からセル 104 へ容易に移動することができない。他のセルについても同様である。

【0026】

なお、この磁気センサーアレイ 100 の各セルに対してポンプ光及びプローブ光を照射する場合には、磁気センサーアレイ 100 の下面から矢印 X 方向にセル単位にポンプ光を照射するようにポンプ光照射部を設けると共に、A 1、A 2、A 3 の各列のセル群に対して矢印 Y 方向にプローブ光を照射するようにプローブ光照射部を設けるように構成する。そして、測定対象領域に対応するセル毎にポンプ光を照射するように、各ポンプ光照射部を制御するポンプ光照射制御部を備えると共に、ポンプ光を照射したセルの列に対してプローブ光を照射するプローブ光照射部の制御を行うプローブ光照射制御部を備えるように

構成する。ポンプ光が照射されたセル内の原子は、ポンプ光によって励起されて歳差運動を行うので、当該セルを透過したプローブ光を検出することにより各セルにおける磁気を検出することができる。なお、各セルにおける磁気を検出を行う場合、隣接するセルが連続しないようにセルを選択してポンプ光及びプローブ光を照射するようにポンプ光照射部及びプローブ光制御部を制御することで、測定対象のセルと隣接するセル内の原子の影響を受けずに磁気を測定することができる。

【符号の説明】

【 0 0 2 7 】

1・・・磁気計測装置、10, 100・・・磁気センサーアレイ、11, 12, 13・・・セル、20・・・ポンプ光照射ユニット、21, 22, 23・・・ポンプ光照射部、30・・・プローブ光照射ユニット、31, 32, 33・・・プローブ光照射部、40・・・検出ユニット、41, 42, 43・・・検出部