

(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2011-237362

(P2011-237362A)

(43) 公開日 平成23年11月24日(2011.11.24)

(51) Int.Cl.

G 0 1 R 33/032 (2006.01)

F 1

G 0 1 R 33/032

テーマコード (参考)

2 G 0 1 7

審査請求 未請求 請求項の数 4 O L (全 9 頁)

(21) 出願番号 特願2010-110884 (P2010-110884)
 (22) 出願日 平成22年5月13日 (2010. 5. 13)

(71) 出願人 000002369
 セイコーエプソン株式会社
 東京都新宿区西新宿 2 丁目 4 番 1 号
 (74) 代理人 100095728
 弁理士 上柳 雅誉
 (74) 代理人 100107261
 弁理士 須澤 修
 (74) 代理人 100127661
 弁理士 宮坂 一彦
 (72) 発明者 高橋 智
 長野県諏訪市大和 3 丁目 3 番 5 号 セイコーエプソン株式会社内
 (72) 発明者 長坂 公夫
 長野県諏訪市大和 3 丁目 3 番 5 号 セイコーエプソン株式会社内
 Fターム(参考) 2G017 AA01 AD11 BA05

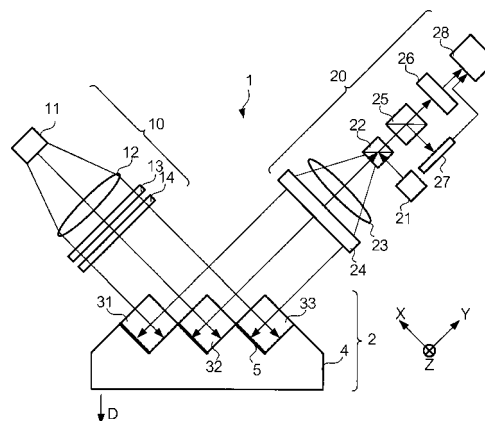
(54) 【発明の名称】 磁気計測装置

(57) 【要約】

【課題】複数のセルを用いた磁気計測装置を小型化する技術を提供する。

【解決手段】磁気計測装置 1 は、内部空間に円偏光によって励起する所定の原子を含み、光を透過させる第 1 の面及び第 2 の面と、第 2 の面から入射した光が通過する第 3 の面とを有する複数のセル 3 1 ~ 3 3 が、第 1 の面、第 2 の面、第 3 の面の向きが各セルにおいて同じになるように台座 4 に配置されて構成される。また、台座 4 には、各セルの第 3 の面を通過した光を第 2 の面方向に反射させる反射鏡 5 が設けられている。磁気計測装置 1 は、ポンプ光照射部 1 0 により各セルの第 1 の面にポンプ光の平行光を照射し、プローブ光検出部 2 0 によってセル内でポンプ光と交差するようにプローブ光の平行光を第 2 の面に照射し、反射鏡 5 で反射されたプローブ光を検出することでセル 3 1 ~ 3 3 における磁気を検出する。

【選択図】 図 1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

内部空間を有し、円偏光により励起される原子群が当該内部空間に封入され、光を透過させる第 1 の面及び第 2 の面と、前記第 2 の面から前記内部空間に入射した光が通過する第 3 の面とを有する多面体で構成された複数のセルと、

前記セルが有する前記第 1 の面、前記第 2 の面、前記第 3 の面の各々の向きが、前記複数のセルにおいて同じ方向となるように保持する台座と、

前記台座に保持されている各セルの前記第 1 の面に対してポンプ光の平行光を照射するポンプ光照射部と、

前記台座に保持されている各セルの前記第 2 の面に対し、当該セルに照射された前記ポンプ光と交差するように第 1 のプローブ光の平行光を照射する第 1 プローブ光照射部と、

前記各セルの第 2 の面から当該セルの内部空間に入射して前記第 3 の面を通過した前記第 1 のプローブ光を前記第 2 の面方向へ反射させ、反射光を当該セルの外部へ出射する第 1 反射部と、

前記各セルの前記第 1 反射部から出射された前記反射光を受光し、セル毎の反射光の偏光成分を検出する第 1 検出部と

を備えることを特徴とする磁気計測装置。

【請求項 2】

前記各セルの第 1 の面及び前記第 2 の面の各々は、各面を構成する各辺から予め定められた距離だけ当該面の内側に設けられた前記ポンプ光及び前記プローブ光の各平行光を透過させる透過可能領域と、前記透過可能領域を除く領域であって、前記ポンプ光及び前記プローブ光を吸収する非透過領域とを有すること

を特徴とする請求項 1 に記載の磁気計測装置。

【請求項 3】

前記複数のセルは、第 2 のプローブ光を透過させる第 4 の面と、当該第 4 の面から当該セルの内部空間に入射された前記第 2 のプローブ光が通過する第 5 の面とを有し、

前記台座は、前記複数のセルの前記第 1 の面、前記第 2 の面、前記第 3 の面、前記第 4 の面の各々の向きが同じ方向となるように前記複数のセルを保持し、

前記台座に保持されている前記各セルの第 4 の面に対して前記第 2 のプローブ光の平行光を照射する第 2 プローブ光照射部と、

前記第 2 プローブ光照射部により前記各セルの第 4 の面に照射されて当該セルの前記第 5 の面を通過した前記第 2 のプローブ光を当該セルの前記第 4 の面方向へ反射させ、反射光を当該セルの外部へ出射する第 2 反射部と、

前記各セルの前記第 2 反射部から出射された前記反射光を受光し、セル毎の反射光の偏光成分を検出する第 2 検出部とを備えること

を特徴とする請求項 2 に記載の磁気計測装置。

【請求項 4】

前記各セルの前記第 4 の面は、前記透過可能領域と前記非透過領域とを有すること

を特徴とする請求項 3 に記載の磁気計測装置。

【発明の詳細な説明】

【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においては、所定の原子が封入された各セルに対して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し、各セルにおける生体から発する磁場をプローブ光によって検出する。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

10

20

30

40

50

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】

多数のセルを並べて配置して心臓等の生体から発する磁場を広範囲に測定する場合、磁気センサーの構成はできるだけ小さい方が望ましい。

10

本発明は、複数のセルを用いた磁気計測装置を小型化する技術を提供する。

【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、内部空間を有し、円偏光により励起される原子群が当該内部空間に封入され、光を透過させる第1の面及び第2の面と、前記第2の面から前記内部空間に入射した光が通過する第3の面とを有する多面体で構成された複数のセルと、前記セルが有する前記第1の面、前記第2の面、前記第3の面の各々の向きが、前記複数のセルにおいて同じ方向となるように保持する台座と、前記台座に保持されている各セルの前記第1の面に対してポンプ光の平行光を照射するポンプ光照射部と、前記台座に保持されている各セルの前記第2の面に対し、当該セルに照射された前記ポンプ光と交差するように第1のプロープ光の平行光を照射する第1プロープ光照射部と、前記各セルの第2の面から当該セルの内部空間に入射して前記第3の面を通過した前記第1のプロープ光を前記第2の面方向へ反射させ、反射光を当該セルの外部へ出射する第1反射部と、前記各セルの前記第1反射部から出射された前記反射光を受光し、セル毎の反射光の偏光成分を検出する第1検出部とを備えることを特徴とする。

20

この構成によれば、ポンプ光とプロープ光の各平行光が全てのセルに対して一度に照射されるようにセルが配置されるので、磁気計測装置を小型化することができる。

【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、前記各セルの第1の面及び前記第2の面の各々は、各面を構成する各辺から予め定められた距離だけ当該面の内側に設けられた前記ポンプ光及び前記プロープ光の各平行光を透過させる透過可能領域と、前記透過可能領域を除く領域であって、前記ポンプ光及び前記プロープ光を吸収する非透過領域とを有することとしてもよい。

30

この構成によれば、各セルに対して位照射された光が、セルの面を構成する辺等にあたった際の散乱光を軽減し、磁気の検出精度を向上させることができる。

【0007】

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、前記複数のセルは、第2のプロープ光を透過させる第4の面と、当該第4の面から当該セルの内部空間に入射された前記第2のプロープ光が通過する第5の面とを有し、前記台座は、前記複数のセルの前記第1の面、前記第2の面、前記第3の面、前記第4の面の各々の向きが同じ方向となるように前記複数のセルを保持し、前記台座に保持されている前記各セルの第4の面に対して前記第2のプロープ光の平行光を照射する第2プロープ光照射部と、前記第2プロープ光照射部により前記各セルの第4の面に照射されて当該セルの前記第5の面を通過した前記第2のプロープ光を当該セルの前記第4の面方向へ反射させ、反射光を当該セルの外部へ出射する第2反射部と、前記各セルの前記第2反射部から出射された前記反射光を受光し、セル毎の反射光の偏光成分を検出する第2検出部とを備えることとしてもよい。

40

この構成によれば、2つのプロープ光の各平行光が各セルに対して照射されるようセルが配置されるので、2つのプロープ光の照射方向に応じた異なる2方向の磁気を計測することができる。

【0008】

50

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、前記各セルの前記第4の面は、前記透過可能領域と前記非透過領域とを有することとしてもよい。

この構成によれば、各セルに対して照射された光が、セルの面を構成する辺等にあたった際の散乱光を軽減し、磁気の検出精度を向上させることができる。

【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図である。

【図2】(a)は、実施形態に係るセルを示す模式図である。(b)は、実施形態に係る磁気センサーアレイの構成を説明する図である。

【図3】プローブ光の受光イメージを表す図である。

【図4】(a)は、変形例1に係るセルを示す模式図である。(b)は、変形例1に係るセルの配置例を説明する図である。

【発明を実施するための形態】

【0010】

(構成)

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図である。図1において、磁気計測装置1は、矢印D方向に位置する検体から発せられる磁場を計測するものであり、この例においては、直交する3軸(XYZ軸)のZ軸方向における磁場が計測される。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2、ポンプ光照射部10、プローブ光検出部20を含んでいる。以下、本実施形態に係る磁気計測装置1の各部について説明する。

【0011】

磁気センサーアレイ2は、一列に配列された各セル31~33と各セルを配置する台座4を備える。以下、各セルを区別しない場合はセル3と言う。ここで、磁気センサーアレイ2の各部について図2を用いて説明する。図2(a)は、セル3を模式的に表した図である。セル3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。

図2(a)に示すように、セル3の第1の面3Aと第2の面3Bは、光を透過させるための円形状の部分3p(以下、透過領域と言う)と斜線で示す光を吸収する領域3q(以下、非透過領域と言う)を有し、非透過領域3qは、黒色の樹脂が接着されて形成されている。本実施形態では、第1の面3Aにポンプ光が照射され、第2の面3Bにポンプ光と直交するようにプローブ光が照射される。

なお、上記セル3は立方体の例を用いたが、セル3の形状は、所定の誤差範囲であれば必ずしも隣り合う全ての面の間の角度が直角でなくてもよい。また、セル内においてポンプ光とプローブ光は直交するように照射されることが好ましいが、ポンプ光とプローブ光はセル内で交差していればよい。また、上記非透過領域3qは、黒色の樹脂が接着されている例を用いたが、光を吸収する色であって、ポンプ光及びプローブ光の熱に耐えうる素材で形成されていればよい。また、上記透過領域3Pは、円形状である例を用いたが第1の面3A及び第2の面3Bを構成する各辺から一定の距離の内側に設けられた領域であれば円形以外の形状でもよい。

【0012】

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り、気体(ガス)の状態でセル3に含まれている。セル3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。セル3内部のアルカリ金属の原子は、磁気センサーアレイ2により磁気を検出する際に気体の状態であればよく、常時気体の状態である必要はない。また、ヘリウム(He)、窒素(N)などのバッファーガスも含まれていてもよい。

【0013】

図2(b)は、本実施形態に係る磁気センサーアレイ2の断面を示す図である。この例に

10

20

30

40

50

において、台座 4 は、セル 3 の第 1 の面 3 A に対向する面(図示略)と、第 2 の面 3 B に対向し、第 2 の面 3 B に照射されたプローブ光を透過する第 3 の面(図示略)が台座 4 に接するように凹凸が形成されており、3 つのセル 3 が一列に配置される。このようにセル 3 を台座 4 に配置することで、第 1 の面 3 A、第 2 の面 3 B、第 3 の面のそれぞれの向きが各セル 3 において同じ方向となる。また、各セル 3 における第 3 の面が接する台座 4 の部分には、第 3 の面を透過したプローブ光を第 2 の面 3 B 方向へ反射させる反射鏡 5 が接着されている。なお、上記の例では 3 つのセル 3 を一列に配置する台座 4 であるが、複数のセル 3 を上記のように配置する構成であればセル 3 の数はこれに限定されない。

【0014】

以上が、本実施形態に係る磁気センサーアレイ 2 の構成である。次に、図 1 に戻り、ポンプ光照射部 10 及びプローブ光検出部 20 の構成について説明する。ポンプ光照射部 10 は、円偏光成分を有するポンプ光を出力する手段であり、ポンプ光光源 11、コリメートレンズ 12、偏光板 13、1/4 波長板 14 を含んで構成されている。ポンプ光光源 11 は、無偏光のレーザー光であって、セル 3 内部のアルカリ金属原子を励起させる波長のレーザー光を発生させる光源である。ポンプ光源 11 から出射されたレーザー光は、コリメートレンズ 12 によって平行光にされ、偏光板 13 で直線偏光にされて 1/4 波長板 14 に入射され、1/4 波長板 14 で円偏光に変換されて出力される。これにより、円偏光成分を有するポンプ光が磁気センサーアレイ 2 における各セル 3 の第 1 の面 3 A に照射される。

【0015】

プローブ光検出部 20 は、直線偏光成分を有するプローブ光をセル 3 の第 2 の面 3 B に向けて照射し、セル 3 を透過して反射されたプローブ光を検出する。プローブ光検出部 20 は、プローブ光源 21、ビームスプリッター 22、コリメートレンズ 23、半波長板 24、偏光ビームスプリッター 25、P 偏光受光素子 26、S 偏光受光素子 27、演算部 28 を含んでいる。プローブ光源 21 は、無偏光のレーザー光を出力する。ビームスプリッター 22 は、プローブ光源 21 から出力されたレーザー光を反射してコリメートレンズ 23 に入射させる。コリメートレンズ 23 に入射された光は平行光にされ、半波長板 24 により偏光面が回転されて各セル 3 の第 2 の面 3 B に向けて照射される。なお、プローブ光は、各セル 3 内においてポンプ光と直交し、各セル 3 の第 3 の面と対応する位置に設けられている反射鏡 5 に対して垂直に透過するように第 2 の面 3 B に照射される。

【0016】

各セル 3 の第 2 の面 3 B に照射されたプローブ光はセル 3 内に入射すると、セル 3 内のスピン偏極された原子の歳差運動による回転力に応じて、偏光面が回転されて当該セル 3 の第 3 の面(第 2 の面 3 B に対向する面)を透過し、台座 4 に設けられた反射鏡 5 によって第 2 の面 3 B 方向に反射されてセル 3 の外部へ出力される。各セル 3 から出力されたプローブ光は、再び、半波長板 24 とコリメートレンズ 23 を透過し、コリメートレンズ 23 で集光されたプローブ光はビームスプリッター 22 に入射され、ビームスプリッター 22 を透過したプローブ光は偏光ビームスプリッター 25 に向かう。

偏光ビームスプリッター 25 は、反射光であるプローブ光を P 偏光成分と S 偏光成分に分離し、P 偏光成分のプローブ光は直進して P 偏光受光素子 26 に向かい、S 偏光成分のプローブ光は P 偏光成分と直交する S 偏光受光素子 27 の方へ向かう。P 偏光受光素子 26 及び S 偏光受光素子 27 は、入射光に応じた電気信号を出力するフォトダイオード等で構成されており、P 偏光成分のプローブ光と S 偏光成分のプローブ光を各々受光し、受光した光量に応じた電気信号を出力する。演算部 28 は、P 偏光受光素子 26 から出力された電気信号と、S 偏光受光素子 27 から出力された電気信号との差分を求めることによりプローブ光の偏光面の回転角度を求め、検体が発した磁場の大きさを回転角に基づいて検出する。

【0017】

(動作)

以上が、本実施形態に係る磁気計測装置 1 の構成である。この磁気計測装置 1 を用いて

、図 1 に示す台座 4 の下方に配置された検体から発せられる磁場を測定する動作を説明する。

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 10 のポンプ光光源 11 からレーザー光が出力される。ポンプ光光源 11 から出力されたレーザー光は、コリメートレンズ 12、偏光板 13、1/4 波長板 14 を透過し、円偏光成分を有する平行光のポンプ光として出力される。出力されたポンプ光は各セル 3 の第 1 の面 3A に照射され、第 1 の面 3A の透過領域 3p を通過したポンプ光のみが各セル 3 内に入射し、それ以外のポンプ光は各セル 3 の第 1 の面 3A に設けられている非透過領域 3q で吸収される。

【0018】

各セル 3 内の原子は、セル 3 内に入射した円偏光成分を有するポンプ光により励起されてスピン偏極され、検体からの磁場に応じて歳差運動を始める。続いて、プローブ光検出部 20 のプローブ光光源 21 からレーザー光が出力される。出力されたレーザー光は、ビームスプリッター 22 によってコリメートレンズ 23 に導かれ、半波長板 24 を透過して直線偏光成分を有する平行光のプローブ光として出力される。出力されたプローブ光は、各セル 3 の第 2 の面 3B に照射され、第 2 の面 3B の透過領域 3p を透過したプローブ光が各セル 3 内に入射し、それ以外のプローブ光は各セル 3 の第 2 の面 3B に設けられている非透過領域 3q で吸収される。

【0019】

各セル 3 内に入射したプローブ光は、セル 3 内で磁化されている原子群を通過すると、ファラデー回転効果により偏光面が角度 θ だけ回転されて第 2 の面 3B と対向する第 3 の面の方へ進み、反射鏡 5 で反射される。反射鏡 5 で反射された反射光は、セル 3 の内部空間へ向けて進み、プローブ光の入射方向とは逆方向、即ち、入射時の磁界の方向とは逆方向に原子群を通過する。これにより、プローブ光の反射光の偏光面は、ファラデー回転の非相反性によって 1 回目の偏光面の回転方向と同じ方向に角度 θ だけ回転される。つまり、セル 3 から出力されたプローブ光は偏光面が角度 2θ だけ回転され、セル 3 の透過領域 3p を通過して外部へ出力される。

【0020】

各セル 3 の第 2 の面 3B から出力されたプローブ光の反射光は、半波長板 24、コリメートレンズ 23 を再び透過し、コリメートレンズ 23 によって集光されてビームスプリッター 22 に入射する。各セル 3 からの反射光は、偏光ビームスプリッター 25 によって P 偏光成分と S 偏光成分に分離され、反射光の P 偏光成分は P 偏光受光素子 26 に進み、反射光の S 偏光成分は S 偏光受光素子 27 に進む。P 偏光受光素子 26 は、偏光ビームスプリッター 25 から各セル 3 からの反射光の P 偏光成分を受光し、受光した光量に応じた電気信号をセル 3 毎に演算部 28 へ出力する。また、S 偏光受光素子 27 は、偏光ビームスプリッター 25 から各セル 3 からの反射光の S 偏光成分を受光し、受光した光量に応じた電気信号をセル 3 毎に演算部 28 へ出力する。

【0021】

図 3 は、P 偏光受光素子 26 及び S 偏光受光素子 27 において、図 1 のセル 31 ~ 33 の各々から出力されたプローブ光が受光される際の受光イメージを表す図である。P 偏光受光素子 26 及び S 偏光受光素子 27 では、図 3 に示すように、セル 31、セル 32、セル 3 の各第 2 の面 3B に設けられた円形状の透過領域 3p を透過したプローブ光の光量に応じた光の強度が検出される。

P 偏光受光素子 26 及び S 偏光受光素子 27 は、各セル 3 に対応する受光領域で受光された反射光の P 偏光成分と S 偏光成分の光量に応じた電気信号を各々 A/D 変換したデータと、当該セル 3 を示す情報とを演算部 28 へ出力する。演算部 28 は、P 偏光受光素子 26 と S 偏光受光素子 27 から出力されたセル 31、セル 32、セル 33 の各 P 偏光成分と各 S 偏光成分のセル毎の差分に基づいてプローブ光の偏光面の回転角を求め、セル 31、セル 32、セル 33 における磁場の大きさを求める。

【0022】

本実施形態では、磁気センサーアレイ 2 は、ポンプ光とプローブ光の各平行光が各セル

10

20

30

40

50

3 に一度に照射されるように各セル 3 を隣接して台座 4 に配置する構造であるため、セル 3 毎にポンプ光照射部 10 及びプローブ光検出部 20 を設けなくても一方向の磁場を検出することができ、磁気計測装置 1 を小型化することができる。また、磁気計測装置 1 は、各セル 3 から出力されたプローブ光がセル 3 毎に P 偏光成分と S 偏光成分に分離されて受光されるように構成され、セル 3 毎の P 偏光成分と S 偏光成分のプローブ光の解析を行うことができるので、各セル 3 における磁場を計測することができる。また、本実施形態におけるセル 3 は、第 1 の面 3 A と第 2 の面 3 B に設けられた非透過領域 3 q において、セル 3 の辺や角の部分に照射されたレーザー光が吸収されるように構成されているので、セル 3 の辺や角の部分にあたった散乱光が除去され、プローブ光の検出精度を向上させることができる。

10

【0023】

< 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、1 方向の磁場を測定する例について説明したが、2 方向の磁場を測定するようにしてもよい。なお、この場合には、セル 3 は、図 4 (a) に示すように第 1 の面 3 A 及び第 2 の面 3 B に加えて、第 1 の面 3 A 及び第 2 の面 3 B に隣接する第 4 の面 3 C に透過領域 3 p と非透過領域 3 q を設けるように構成する。第 4 の面 3 C は、第 2 の面 3 B に照射するプローブ光 (以下、プローブ光 1 という) とは別のプローブ光 (以下、プローブ光 2 という) がポンプ光と直交するように照射される面である。このように構成されたセル 3 は、図 4 (b) に示すように、セル 3 の第 1 の面 3 A、第 2 の面 3 B、第 4 の面 3 C の向きが各セル 3 において同じ方向となるように台座 4 に配置される。なお、図 4 (b) においては、便宜上、台座 4 及びセル 3 の透過領域 3 p 及び非透過領域 3 q の図示を省略している。本変形例では、台座 4 (図示略) において、第 4 の面 3 C に対向する面 (図示略)、即ち、第 4 の面 3 C からセル 3 内に入射したプローブ光 2 が透過する第 5 の面と接する部分には、実施形態と同様の反射鏡 5 が設けられる。また、図 4 (b) に示すように、台座 4 は、前列 310 のセル 3 とセル 3 の間に後列 320 の各セル 3 を配置し、各セル 3 の第 1 の面 3 A にポンプ光の平行光が照射されるように構成される。

20

【0024】

この磁気センサーアレイ 2 の各セル 3 に対し、第 1 の面 3 A にポンプ光を照射し、第 2 の面 3 B にプローブ光 1 を照射すると、ポンプ光とプローブ光 1 の各方向に直交する Z1 方向の磁気を測定することができる。また、第 1 の面 3 A にポンプ光を照射し、第 4 の面 3 C にプローブ光 2 を照射すると、ポンプ光とプローブ光 2 の各方向に直交する Z2 方向の磁気を測定することができる。なお、本変形例では、実施形態と同様のポンプ光照射部 10 を備え、プローブ光 1 を照射してその反射光を検出する実施形態と同様のプローブ光検出部 (第 1 のプローブ光検出部) と、プローブ光 2 を照射してその反射光を検出する実施形態と同様のプローブ光検出部 (第 2 のプローブ光検出部) を備える。

30

【0025】

(2) 上述した実施形態では、反射鏡 5 は、台座 4 において、セル 3 の第 2 の面 3 B と対向する第 3 の面と接する部分に設けられている例であったが、第 1 の面 3 A と対向する面と接する部分にも設けられていてもよい。このような構成にすることで、右円偏光又は左円偏光のポンプ光は、第 1 の面 3 A からセル 3 内の原子群に入射し、第 1 の面 3 A と対向する面の位置に設けられた反射鏡で反射されて、左円偏光又は右円偏光の反射光となる。そして、この反射光は、入射方向とは逆方向に原子群を通過する。原子のスピン偏極の方向は、右円偏光の場合には光の伝搬方向となり、左円偏光の場合には光の伝搬方向とは逆方向となる。従って、原子群のスピン偏極は、ポンプ光がセル 3 に入射された入射方向に揃うこととなり、原子群のスピン偏極率を向上させることができる。

40

【0026】

(3) また、上述した実施形態では、プローブ光検出部 20 は演算部 28 を備える構成である例について説明したが、P 偏光受光素子 26 及び S 偏光受光素子 27 から出力された

50

電気信号を磁気計測装置 1 の外部の演算装置に出力し、当該演算装置においてプローブ光の回転角を算出し、回転角に応じた磁場の大きさを検出するようにしてもよい。

【 0 0 2 7 】

(4) 上述した実施形態では、黒色の樹脂を各セル 3 の第 1 の面 3 A 及び第 2 の面 3 B に接着させて非透過領域 3 q を形成する例であったが、台座 4 に配置した各セル 3 の透過領域 3 p を除く部分に、黒色等の光を透過させない色の樹脂で形成され、台座 4 に配置された各セル 3 の形状と一致する蓋状のものを被せるように構成してもよい。

【 0 0 2 8 】

(5) 上述した実施形態では、セル 3 の形状が立方体である例であったが、セル 3 の形状は立方体形状に限らない。各セルに対してポンプ光が同時に照射される第 1 の面と、ポンプ光と交差するように各セルに対してプローブ光が同時に照射される第 2 の面と、各セルの第 2 の面から入射したプローブ光が透過する第 3 の面を有する多面体であればよい。なお、ポンプ光とプローブ光が直交していない場合には、プローブ光の方向に生じるポンピングベクトルの成分を除去するように補正してもよい。また、このような多面体の形状を有するセル 3 を保持する台座 4 は、セルの第 1 の面、第 2 の面、第 3 の面の各々の向きが各セルにおいて同じ方向となるように保持する構成であればよい。また、磁気センサーアレイ 2 において、各セル 3 の第 3 の面が台座 4 と接している場合には、実施形態と同様に第 3 の面が接する台座 4 の部分に反射鏡 5 を接着し、反射鏡 5 と一体となって形成されていてもよい。また、セル 3 の第 3 の面の外側の部分に反射鏡 5 を接着して、セル 3 と反射鏡 5 とが一体となって形成されていてもよい。また、磁気センサーアレイ 2 において、反

10

20

【 符号の説明 】

【 0 0 2 9 】

1 . . . 磁気計測装置、 2 . . . 磁気センサーアレイ、 3 , 3 1 , 3 2 , 3 3 . . . セル、 3 A . . . 第 1 の面、 3 B . . . 第 2 の面、 3 C . . . 第 4 の面、 4 . . . 台座、 5 . . . 反射鏡、 1 0 . . . ポンプ光照射部、 1 1 . . . ポンプ光光源、 1 2 , 2 3 . . . コリメートレンズ、 1 3 . . . 偏光板、 1 4 . . . 1 / 4 波長板、 2 0 . . . プローブ光検出部、 2 1 . . . プローブ光源、 2 2 . . . ビームスプリッター、 2 4 . . . 半波長板、 2 5 . . . 偏光ビームスプリッター、 2 6 . . . P 偏光受光素子、 2 7 . . . S 偏光受光素子、 2 8 . . . 演算部

30

