

(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2013-164312

(P2013-164312A)

(43) 公開日 平成25年8月22日(2013.8.22)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
GO 1 R 33/032 (2006.01)	GO 1 R 33/032	2GO 1 7
A 6 1 B 5/05 (2006.01)	A 6 1 B 5/05	A 4CO 2 7
GO 1 R 33/26 (2006.01)	GO 1 N 24/00	P

審査請求 未請求 請求項の数 6 O L (全 9 頁)

(21) 出願番号 特願2012-26987 (P2012-26987)
 (22) 出願日 平成24年2月10日 (2012.2.10)

(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
 Fターム(参考) 2G017 AA02 AB04 AD12 BA05
 4C027 AA10 CC01 EE01

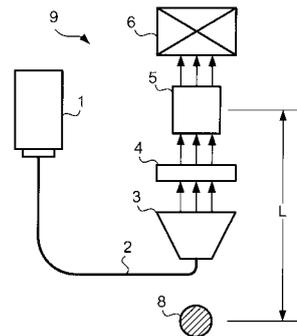
(54) 【発明の名称】 磁場測定装置

(57) 【要約】

【課題】測定対象とセルとを結ぶ方向の磁場の強度を測定する磁場測定装置において、測定対象とセルとの間が大きくなることを抑制する。

【解決手段】光ファイバー2は、光源1から出て、測定対象8とエキスパンダー3との間を結ぶ線分に対して横方向から導かれて曲げられ、エキスパンダー3に入っている。光ファイバー2を通ることで、光源1が照射したレーザー光は、その進行方向を曲げられてエキスパンダー3に入射する。エキスパンダー3は、入射したレーザー光の光束径を拡大して偏光子4に出射する。偏光子4は、拡大されたレーザー光を変換して、直線偏光を含む検出光を生成する。偏光子4によって生成された検出光は、セル5に入射する。セル5を透過した検出光は、検出器6に入射する。検出器6は、測定対象8が発する磁場のうち、セル5の位置においてセル5が受ける磁場の強度を検出する。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

光源と、
前記光源から照射される光を変換して、直線偏光を含む検出光を生成する偏光子と、
前記光源から照射される光の進行方向を曲げて、当該光を前記偏光子に導く光ファイバ
ーと、
直線偏光の偏光面を磁場の強度に応じて回転させる媒体を内部に收容し、測定対象に対
して所定の位置に配置され、前記偏光子によって生成された前記検出光を透過させるセル
と、
前記セルを透過した前記検出光に基づいて、当該セルが前記測定対象から受ける磁場の
強度を検出する検出器と
を具備することを特徴とする磁場測定装置。

10

【請求項 2】

光源と、
前記光源から照射される光を変換して、直線偏光を含む検出光を生成する偏光子と、
直線偏光の偏光面を磁場の強度に応じて回転させる媒体を内部に收容し、測定対象に対
して所定の位置に配置され、前記偏光子によって生成された前記検出光を透過させるセル
と、
前記セルを透過した前記検出光に基づいて、当該セルが前記測定対象から受ける磁場の
強度を検出する検出器と、
前記セルを透過した前記検出光の進行方向を曲げて、当該検出光を前記検出器に導く光
ファイバ
ーと
を具備することを特徴とする磁場測定装置。

20

【請求項 3】

光源と、
前記光源から照射される光を変換して、直線偏光を含む検出光を生成する偏光子と、
直線偏光の偏光面を磁場の強度に応じて回転させる媒体を内部に收容し、測定対象に対
して所定の位置に配置され、前記偏光子によって生成された前記検出光を透過させるセル
と、
前記セルを透過した前記検出光に基づいて、当該セルが前記測定対象から受ける磁場の
強度を検出する検出器と、
前記偏光子によって生成された前記検出光の進行方向を曲げて、当該検出光を前記セル
に導く光ファイバ
ーと
を具備することを特徴とする磁場測定装置。

30

【請求項 4】

前記光源および前記検出器は、前記測定対象と前記セルとの間を結ぶ線分上以外の位置
にそれぞれ配置されている
ことを特徴とする請求項 1 から 3 のいずれか 1 項に記載の磁場測定装置。

【請求項 5】

前記光ファイバ
ーから入射した光の光束径を変化させて出射する光学機構
を具備することを特徴とする請求項 1 から 4 のいずれか 1 項に記載の磁場測定装置。

40

【請求項 6】

前記光ファイバ
ーは、入射された光の偏光状態を保持して出射する偏光保持特性を有す
る
ことを特徴とする請求項 2 または 3 に記載の磁場測定装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、磁場の強度を測定する際のノイズの影響を低減させる技術に関する。

【背景技術】

50

【 0 0 0 2 】

心臓や脳など、生体から発せられる磁場の強度を測定する磁場測定装置において、光ポンピングを利用した磁気センサーが採用されている。特許文献1には、ガス状態をとり得る原子群が封入されているセルと、原子群をスピン偏極させるためのポンプ光を発生するポンプ光源と、セルにプローブ光を照射するプローブ光源と、プローブ光の偏光面の回転を検出するための検出器と、プローブ光を反射させるための反射ミラーとを備えた光ポンピング磁力計が記載されている。

【 先行技術文献 】

【 特許文献 】

【 0 0 0 3 】

【 特許文献 1 】 特開 2 0 0 9 - 2 3 6 5 9 9 号 公 報

【 発明の概要 】

【 発明が解決しようとする課題 】

【 0 0 0 4 】

ところで、心臓などから発せられる磁場は、例えば、地磁気などと比較しても微弱である。このような微弱な磁場の強度を測定する磁場測定装置は、地磁気や、磁気センサーの近傍に置かれた金属、交流電源などによって生じるノイズの影響を受け易い。一般に、これらのノイズの影響を受け難くするため、磁気センサーは磁性体で構成された筒状のシールドなどに収容されて利用されるが、さらにこれらのノイズの影響を低減させるためには、測定対象と磁気センサーとの距離を短くすることが望ましい。

【 0 0 0 5 】

しかしながら、光ポンピングを利用して磁場の強度を測定する場合、光源から測定対象に向かって検出光（プローブ光）が照射され、その検出光の光路中に磁気センサーとして機能するセルが配置されていることが一般的である。この場合、セルを透過した検出光を受光して磁場の強度を算出する検出器を、この検出光の進行方向においてセルよりも下流側に置かなければならないため、測定対象とセルとの間を結ぶ線分上にこの検出器を配置するスペースを確保しなければならない。

【 0 0 0 6 】

なお、測定対象とセルとの間を結ぶ線分上に反射器（反射ミラーなど）を設けることにより、セルから見て測定対象のある側の反対側に検出器を配置することも試みられているが、反射器を経た後で偏光成分の割合が変化してしまうことや、検出光がセルを2度透過することなどによって、測定値に影響が生じる場合がある。

【 0 0 0 7 】

本発明の目的の一つは、測定対象とセルとを結ぶ方向の磁場の強度を測定する磁場測定装置において、測定対象とセルとの間が大きくなることを抑制することである。

【 課題を解決するための手段 】

【 0 0 0 8 】

本発明に係る磁場測定装置は、光源と、前記光源から照射される光を変換して、直線偏光を含む検出光を生成する偏光子と、前記光源から照射される光の進行方向を曲げて、当該光を前記偏光子に導く光ファイバーと、直線偏光の偏光面を磁場の強度に応じて回転させる媒体を内部に収容し、測定対象に対して所定の位置に配置され、前記偏光子によって生成された前記検出光を透過させるセルと、前記セルを透過した前記検出光に基づいて、当該セルが前記測定対象から受ける磁場の強度を検出する検出器とを具備することを特徴とする。

この構成によれば、測定対象とセルとの間が大きくなることを抑制することができる。

【 0 0 0 9 】

また、本発明に係る磁場測定装置は、光源と、前記光源から照射される光を変換して、直線偏光を含む検出光を生成する偏光子と、直線偏光の偏光面を磁場の強度に応じて回転させる媒体を内部に収容し、測定対象に対して所定の位置に配置され、前記偏光子によって生成された前記検出光を透過させるセルと、前記セルを透過した前記検出光に基づいて

10

20

30

40

50

、当該セルが前記測定対象から受ける磁場の強度を検出する検出器と、前記セルを透過した前記検出光の進行方向を曲げて、当該検出光を前記検出器に導く光ファイバーとを具備することを特徴とする。

この構成によれば、測定対象とセルとの間が大きくなることを抑制することができる。

【0010】

また、本発明に係る磁場測定装置は、光源と、前記光源から照射される光を変換して、直線偏光を含む検出光を生成する偏光子と、直線偏光の偏光面を磁場の強度に応じて回転させる媒体を内部に収容し、測定対象に対して所定の位置に配置され、前記偏光子によって生成された前記検出光を透過させるセルと、前記セルを透過した前記検出光に基づいて、当該セルが前記測定対象から受ける磁場の強度を検出する検出器と、前記偏光子によって生成された前記検出光の進行方向を曲げて、当該検出光を前記セルに導く光ファイバーとを具備することを特徴とする。

10

この構成によれば、測定対象とセルとの間が大きくなることを抑制することができる。

【0011】

好ましくは、前記光源および前記検出器は、前記測定対象と前記セルとの間を結ぶ線分上以外の位置にそれぞれ配置されているとよい。

この構成によれば、測定対象とセルとの間が大きくなることを抑制することができる。

【0012】

また、好ましくは、前記光ファイバーから入射した光の光束径を変化させて出射する光学機構を具備するとよい。

20

この構成によれば、セルの大きさに応じた光束径を有する検出光をセルに照射することができる。

【0013】

また、好ましくは、前記光ファイバーは、入射された光の偏光状態を保持して出射する偏光保持特性を有するとよい。

この構成によれば、磁場の測定を正確に行うことができる。

【図面の簡単な説明】

【0014】

【図1】本発明に係る第1実施形態の磁場測定装置の構成を示す図である。

【図2】従来の磁場測定装置の構成を示す図である。

30

【図3】本発明に係る第2実施形態の磁場測定装置の構成を示す図である。

【図4】本発明に係る第3実施形態の磁場測定装置の構成を示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0015】

1. 第1実施形態

図1は、本発明に係る第1実施形態の磁場測定装置9の構成を示す図である。磁場測定装置9は、光源1、光ファイバー2、エキスパンダー3、偏光子4、セル5、検出器6を備える。磁場測定装置9は、測定対象8に対してセル5が所定の位置に配置されるように設置され、測定対象8から発生する磁場の強度を測定する。

【0016】

40

光源1は、例えば磁場の測定に用いられるレーザー光を発生させるレーザー発振器である。光ファイバー2は、光源1の照射側に一端が接続され、エキスパンダー3の入射側に他端が接続されている。光ファイバー2は、光源1から出て、測定対象8とエキスパンダー3との間を結ぶ線分に対して横方向から導かれて曲げられ、エキスパンダー3に入っている。この光ファイバー2を通ることで、光源1が照射したレーザー光は、その進行方向を曲げられてエキスパンダー3に入射する。

【0017】

エキスパンダー3は、例えば平凹レンズと平凸レンズとを組み合わせ構成された光学機構であり、光ファイバー2を通るレーザー光の光束径を、セル5を透過させる検出光の光束径に合うように拡大させるものである。エキスパンダー3は、光ファイバー2を通

50

て入射したレーザー光の光束径を拡大して偏光子4に出射する。偏光子4は、エキスパンダー3によって拡大されたレーザー光を変換して、直線偏光を含む検出光を生成する。偏光子4は、例えば偏光フィルムなどであり、この偏光フィルムを経たレーザー光は所定の方向に向いた直線偏光が抽出された検出光となる。偏光子4によって生成された検出光は、セル5に入射する。セル5は、例えば光を透過させるガラスなどの素材で形成された四面体で構成され、内部に所定の原子からなる原子群が収容されている。

【0018】

所定の原子は、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)などのアルカリ金属原子である。セル5内には、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。アルカリ金属原子は、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。この所定の原子は、磁場の強度に応じて光の偏光面を回転させる媒体として機能する。

10

【0019】

偏光子4によって生成された検出光がセル5を透過すると、セル5内の原子群はアライメントされ、線形二色性が生じる。この原子群は、セル5が配置された位置における測定対象8からの磁場に応じて歳差運動を行う。その結果、検出光に含まれる直線偏光の偏光面はセル5が受ける磁場の強度に応じて回転する。この偏光面の回転の大きさは、測定対象8が発する磁場のうち、セル5の位置において検出光の進む方向の磁場の強度に応じたものである。セル5を透過した検出光は、検出器6に入射する。

20

【0020】

検出器6は、ビームスプリッターと2つのフォトディテクター、および信号処理装置とを備える。ビームスプリッターは、入射した検出光をP波成分とS波成分とに分離する。2つのフォトディテクターはP波検出用フォトディテクターとS波検出用フォトディテクターとであり、ビームスプリッターで分離されたP波成分の光はP波検出用フォトディテクターに、S波成分の光はS波検出用フォトディテクターに、それぞれ入射する。各フォトディテクターは、P波成分とS波成分の各光量に応じた電気信号を信号処理装置に各々出力する。信号処理装置は、各フォトディテクターが出力した電気信号に基づいて、検出光の偏光面の回転角度を求め、この回転角度から測定対象8が発する磁場の強度を算出する。以上の構成により磁場測定装置9の検出器6は、測定対象8が発する磁場のうち、セル5の位置においてセル5が受ける磁場の強度を検出する。

30

【0021】

ここで、第1実施形態の磁場測定装置9の特徴を説明するため、従来に用いられている磁場の測定装置の一例を説明する。図2は、従来の磁場測定装置900の構成を示す図である。磁場測定装置900は、光源100と、偏光子400と、セル500と、検出器600とを有する。光源100はレーザー発振器などであり、磁場の測定に用いられるレーザー光を発生させる。偏光子400は光源100が発生させたレーザー光を変換して、直線偏光を含む検出光を生成する。セル500には、磁場の強度に応じて光の偏光面を回転させる媒体が内部に封入されている。セル500は、偏光子400によって生成された検出光を透過せ、この検出光の偏光面を回転させる。検出器600は、セル500を透過した検出光をP波成分とS波成分とに分離してそれぞれの光量を計測し、各光量に基づいて上記の偏光面の回転角度を求める。そして、求めたその回転角度を用いて測定対象800が発する磁場の強度を算出する。これにより、磁場測定装置900は、測定対象800から発生する磁場の強度を測定する。

40

【0022】

磁場測定装置900において、光ファイバーは用いられていないため、磁場測定装置の各構成は光の進行方向に沿って配置されている必要がある。そのため、測定対象800とセル500との間を結ぶ線分上に検出器600が配置されており、この検出器600の大きさに応じて測定対象800とセル500との間の距離L0を確保しなければならない。

【0023】

50

一方、磁場測定装置 9 は、光ファイバー 2 によってレーザー光の進行方向を曲げて、このレーザー光をエキスパンダー 3 および偏光子 4 に導くので、光源 1 を測定対象 8 とセル 5 との間を結ぶ線分上に置く必要がない。したがって、この磁場測定装置 9 において測定対象 8 とセル 5 との間の距離 L は、光ファイバー 2 を用いない場合に比べて短くなる。また検出光は、測定対象 8 に近づく方向に進んでセル 5 を透過するのではなく、測定対象 8 から遠ざかる方向に進んでセル 5 を透過するので、セル 5 を透過した後の構成である検出器 6 を、測定対象 8 とセル 5 との間を結ぶ線分上に置く必要がない。したがって、この磁場測定装置 9 において測定対象 8 とセル 5 との間の距離 L は、上述した磁場測定装置 9 0 0 のように、検出光を測定対象 8 に近づく方向に進ませてセル 5 を透過させる場合に比べて短くなる。

10

【 0 0 2 4 】

2. 第 2 実施形態

図 3 は、本発明に係る第 2 実施形態の磁場測定装置 9 a の構成を示す図である。磁場測定装置 9 a は、光源 1 a、光ファイバー 2 a、エキスパンダー 3 a、偏光子 4 a、セル 5 a、検出器 6 a、コンプレッサー 7 a を備える。磁場測定装置 9 a は、測定対象 8 a に対してセル 5 a が所定の位置に配置されるように設置され、測定対象 8 a から発生する磁場の強度を測定する。光源 1 a、偏光子 4 a、セル 5 a、検出器 6 a はそれぞれ、第 1 実施形態における磁場測定装置 9 に備えられた光源 1、偏光子 4、セル 5、検出器 6 に相当する構成であり、その接続順序が異なっている。

20

【 0 0 2 5 】

また、光ファイバー 2 a およびエキスパンダー 3 a は、偏光保持特性を有する点が光ファイバー 2 およびエキスパンダー 3 と異なっている。偏光保持特性とは、入射光の偏光状態（偏波状態）を保持して出射させる特性である。コンプレッサー 7 a は、エキスパンダー 3 a と共通する構造を有しており、光の進行方向をエキスパンダー 3 a と逆にすることで、入射光の光束径を絞って出射光にするものである。

【 0 0 2 6 】

光源 1 a から照射されたレーザー光は、偏光子 4 a に出射される。偏光子 4 a は、光源 1 a から照射されたレーザー光を変換して、直線偏光を含む検出光を生成する。偏光子 4 a によって生成された検出光は、セル 5 a に入射する。偏光子 4 a によって生成された検出光がセル 5 a を透過すると、セル 5 a 内の原子群はアライメントされ、線形二色性が生じる。この原子群は、セル 5 a が配置された位置における測定対象 8 a からの磁場に応じて歳差運動を行う。その結果、検出光に含まれる直線偏光の偏光面はセル 5 a が受ける磁場の強度に応じて回転する。この偏光面の回転の大きさは、測定対象 8 a が発する磁場のうち、セル 5 a の位置において検出光の進む方向の磁場の強度に応じたものである。セル 5 a を透過した検出光は、コンプレッサー 7 a に入射する。

30

【 0 0 2 7 】

コンプレッサー 7 a は、セル 5 a を透過した検出光の光束径を、光ファイバー 2 a を通る光の光束径に合うように縮小させるものである。コンプレッサー 7 a は、セル 5 a を透過した検出光の光束径を縮小して光ファイバー 2 a に出射する。光ファイバー 2 a は、コンプレッサー 7 a から出て、測定対象 8 a とエキスパンダー 3 a との間を結ぶ線分に対して横方向から導かれて曲げられ、エキスパンダー 3 a に入っている。この光ファイバー 2 a を通ることで、コンプレッサー 7 a によって光束径を縮小された検出光は、その進行方向を曲げられてエキスパンダー 3 a に入射する。

40

【 0 0 2 8 】

エキスパンダー 3 a は、光ファイバー 2 a を通って入射した検出光の光束径を拡大して検出器 6 a に出射する。検出器 6 a は、エキスパンダー 3 a から出射された検出光をビームスプリッターで P 波成分と S 波成分とに分離して、各成分の光量に応じて検出光の偏光面の回転角度を求める。そして、検出器 6 a は、求めた回転角度を用いて、測定対象 8 a が発する磁場のうち、セル 5 a の位置においてセル 5 a が受ける磁場の強度を検出する。

【 0 0 2 9 】

50

以上の構成により、磁場測定装置 9 a は、セル 5 から出射してコンプレッサー 7 a を経た検出光の進行方向を光ファイバー 2 a によって曲げて、エキスパンダー 3 および検出器 6 a に導くので、検出器 6 a を測定対象 8 a とセル 5 a との間を結ぶ線分上に置く必要がない。したがって、この磁場測定装置 9 a において測定対象 8 a とセル 5 a との間の距離 $L a$ は、光ファイバー 2 a を用いない場合に比べて短くなる。

【 0 0 3 0 】

3 . 第 3 実施形態

図 4 は、本発明に係る第 3 実施形態の磁場測定装置 9 b の構成を示す図である。磁場測定装置 9 b は、光源 1 b、光ファイバー 2 b、エキスパンダー 3 b、偏光子 4 b、セル 5 b、検出器 6 b、コンプレッサー 7 b を備える。磁場測定装置 9 b は、測定対象 8 b に対してセル 5 b が所定の位置に配置されるように設置され、測定対象 8 b から発生する磁場の強度を測定する。光源 1 b、光ファイバー 2 b、エキスパンダー 3 b、偏光子 4 b、セル 5 b、検出器 6 b、コンプレッサー 7 b はそれぞれ、第 2 実施形態における磁場測定装置 9 a に備えられた光源 1 a、光ファイバー 2 a、エキスパンダー 3 a、偏光子 4 a、セル 5 a、検出器 6 a、コンプレッサー 7 a に相当する構成であり、その接続順序が異なっている。

10

【 0 0 3 1 】

光源 1 b から照射されたレーザー光は、偏光子 4 b に出射される。偏光子 4 b は、光源 1 b から照射されたレーザー光を変換して、直線偏光を含む検出光を生成する。偏光子 4 b によって生成された検出光は、コンプレッサー 7 b に入射する。コンプレッサー 7 b は、偏光子 4 b によって生成された検出光の光束径を、光ファイバー 2 b を通る光の光束径に合うように縮小させるものである。コンプレッサー 7 b は、偏光子 4 b によって生成された検出光の光束径を縮小して光ファイバー 2 b に出射する。光ファイバー 2 b は、コンプレッサー 7 b から出て、測定対象 8 b とエキスパンダー 3 b との間を結ぶ線分に対して横方向から導かれて曲げられ、エキスパンダー 3 b に入っている。この光ファイバー 2 b を通ることで、コンプレッサー 7 b によって光束径を縮小された検出光は、その進行方向を曲げられてエキスパンダー 3 b に入射する。

20

【 0 0 3 2 】

エキスパンダー 3 b は、光ファイバー 2 b を通って入射した検出光の光束径を拡大して、その検出光をセル 5 b に入射する。エキスパンダー 3 b により光束径を拡大された検出光がセル 5 b を透過すると、セル 5 b 内の原子群はアライメントされ、線形二色性が生じる。この原子群は、セル 5 b が配置された位置における測定対象 8 b からの磁場に依りて歳差運動を行う。その結果、検出光に含まれる直線偏光の偏光面はセル 5 b が受ける磁場の強度に依りて回転する。この偏光面の回転の大きさは、測定対象 8 b が発する磁場のうち、セル 5 b の位置において検出光の進む方向の磁場の強度に依りたものである。

30

【 0 0 3 3 】

セル 5 b を透過した検出光は、検出器 6 b に入射する。検出器 6 b は、セル 5 b を透過した検出光をビームスプリッターで P 波成分と S 波成分とに分離して、各成分の光量に依りて検出光の偏光面の回転角度を求める。そして、検出器 6 b は、求めた回転角度を用いて、測定対象 8 b が発する磁場のうち、セル 5 b の位置においてセル 5 b が受ける磁場の強度を検出する。

40

【 0 0 3 4 】

以上の構成により、磁場測定装置 9 b は、コンプレッサー 7 b を経た検出光の進行方向を光ファイバー 2 b によって曲げて、エキスパンダー 3、セル 5 b、および検出器 6 b に導くので、光源 1 b や偏光子 4 b を、測定対象 8 b とセル 5 b との間を結ぶ線分上に置く必要がない。したがって、この磁場測定装置 9 b において測定対象 8 b とセル 5 b との間の距離 $L b$ は、光ファイバー 2 b を用いない場合に比べて短くなる。

【 0 0 3 5 】

4 . 変形例

以上が実施形態（第 1 ~ 第 3 実施形態）の説明であるが、これらの実施形態の内容は以

50

下のように変形し得る。また、以下の変形例を組み合わせてもよい。

【0036】

(1) 上述した各実施形態において、磁場測定装置9(磁場測定装置9a, 9bを含む、以下同じ)は、検出光のみを用いて磁場を測定していたが、磁場測定装置9は、ポンプ光と検出光とを用いて磁場を測定してもよい。この場合、磁場測定装置9は、ポンプ光を照射するポンプ光照射ユニットを備える。このポンプ光照射ユニットは、光源と偏光子とを有する。光源は、レーザー光を放射する。偏光子は、光源から放射されたレーザー光を変換して、円偏光成分を有するポンプ光を生成する。生成されたポンプ光は、例えば光ファイバーにより導かれ、セル5(セル5a, 5bを含む、以下同じ)に対して検出光と直交する方向に照射される。ポンプ光が照射されると、セル5内のアルカリ金属原子の最外殻電子が励起され、スピン偏極が生じる。スピン偏極したアルカリ金属原子は、磁場により歳差運動をする。1つのアルカリ金属原子のスピン偏極は、時間の経過とともに緩和するが、ポンプ光がCW(Continuous Wave)光であるので、スピン偏極の形成と緩和は、同時平行的かつ連続的に繰り返される。その結果、原子の集団全体としてみれば、定常的なスピン偏極が形成される。セル5を透過した検出光は、検出器6, 6a, 6bにより受光され、その偏光面の回転角度が求められる。これにより、磁場測定装置9は磁場の強度を測定する。

10

【0037】

(2) 上述した各実施形態において、エキスパンダー3, 3a, 3bおよびコンプレッサー7a, 7bの光学機構は平凸レンズと平凹レンズとを組み合わせて構成されていたが、例えば、フライアイレンズを複数段組み合わせて構成されてもよい。要するに、エキスパンダーおよびコンプレッサーは、入射する光の光束径を変化(拡大または縮小)させて出射する光学機構であればよい。

20

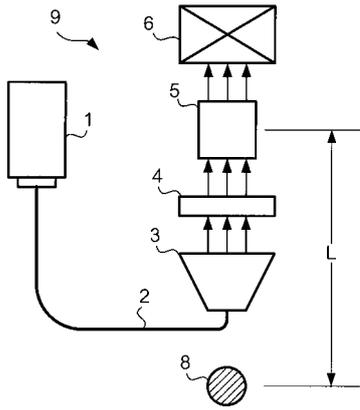
【符号の説明】

【0038】

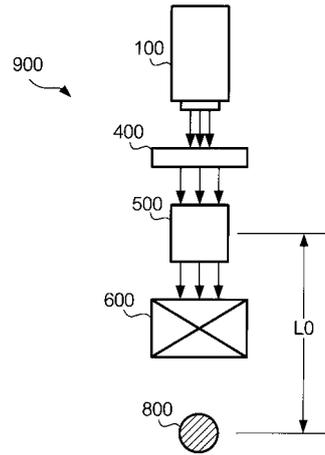
1...光源、100...光源、1a...光源、1b...光源、2...光ファイバー、2a...光ファイバー、2b...光ファイバー、3...エキスパンダー、3a...エキスパンダー、3b...エキスパンダー、4...偏光子、400...偏光子、4a...偏光子、4b...偏光子、5...セル、500...セル、5a...セル、5b...セル、6...検出器、600...検出器、6a...検出器、6b...検出器、7a...コンプレッサー、7b...コンプレッサー、8...測定対象、800...測定対象、8a...測定対象、8b...測定対象、9...磁場測定装置(第1実施形態)、900...磁場測定装置(従来技術)、9a...磁場測定装置(第2実施形態)、9b...磁場測定装置(第3実施形態)

30

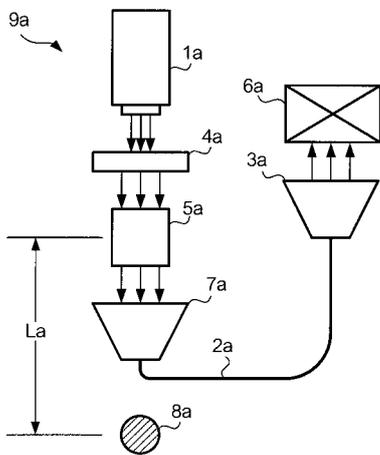
【 図 1 】



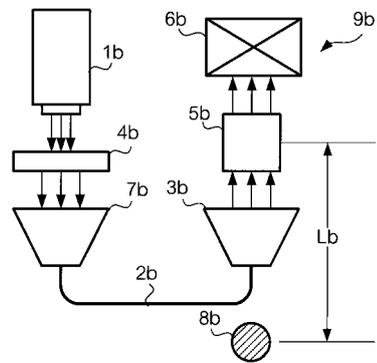
【 図 2 】



【 図 3 】



【 図 4 】



【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27年4月2日(2015.4.2)

【公開番号】特開2013-164312(P2013-164312A)
 【公開日】平成25年8月22日(2013.8.22)
 【年通号数】公開・登録公報2013-045
 【出願番号】特願2012-26987(P2012-26987)
 【国際特許分類】

G 0 1 R 33/032 (2006.01)

A 6 1 B 5/05 (2006.01)

G 0 1 R 33/26 (2006.01)

【F I】

G 0 1 R 33/032

A 6 1 B 5/05 A

G 0 1 N 24/00 P

【手続補正書】

【提出日】平成27年2月9日(2015.2.9)

【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】

光源と、

前記光源から照射される光を、直線偏光を含む検出光に変換する偏光子と、

前記光源から照射される光の進行方向を曲げて、当該光を前記偏光子に導く光ファイバ
 ーと、

直線偏光の偏光面を磁場の強度に応じて回転させる媒体を収容し、前記検出光を透過さ
 せるセルと、

前記セルを透過した前記検出光に基づいて、当該セルに於ける磁場の強度を検出する検
 出器と、

を具備することを特徴とする磁場測定装置。

【請求項2】

前記光源は、測定対象領域と前記セルとを結ぶ直線から外れた位置に配置されている
 ことを特徴とする請求項1に記載の磁場測定装置。

【請求項3】

前記光ファイバから入射した光の光束径を変化させて出射する光学機構
 を具備することを特徴とする請求項1又は2に記載の磁場測定装置。

【請求項4】

前記検出器は、測定対象領域と前記セルとを結ぶ直線から外れた位置に配置されている
 ことを特徴とする請求項1から3のいずれか1項に記載の磁場測定装置。

【請求項5】

光源と、

前記光源から照射される光を、直線偏光を含む検出光に変換する偏光子と、

直線偏光の偏光面を磁場の強度に応じて回転させる媒体を収容し、前記検出光を透過さ
 せるセルと、

前記セルを透過した前記検出光に基づいて、当該セルに於ける磁場の強度を検出する検

出器と、

前記セルを透過した前記検出光の進行方向を曲げて、当該検出光を前記検出器に導く光ファイバーと、

を具備することを特徴とする磁場測定装置。

【請求項 6】

光源と、

前記光源から照射される光を、直線偏光を含む検出光に変換する偏光子と、

直線偏光の偏光面を磁場の強度に応じて回転させる媒体を収容し、前記検出光を透過させるセルと、

前記セルを透過した前記検出光に基づいて、当該セルに於ける磁場の強度を検出する検出器と、

前記偏光子によって生成された前記検出光の進行方向を曲げて、当該検出光を前記セルに導く光ファイバーと、

を具備することを特徴とする磁場測定装置。

【請求項 7】

前記光源および前記検出器は、測定対象領域と前記セルとを結ぶ直線から外れた位置に配置されている

ことを特徴とする請求項 5 又は 6 に記載の磁場測定装置。

【請求項 8】

前記光ファイバーから入射した光の光束径を変化させて出射する光学機構

を具備することを特徴とする請求項 5 から 7 のいずれか 1 項に記載の磁場測定装置。

【請求項 9】

前記光ファイバーは、入射された光の偏光状態を保持して出射する偏光保持特性を有する

ことを特徴とする請求項 5 から 8 のいずれか 1 項に記載の磁場測定装置。