

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第4853704号
(P4853704)

(45) 発行日 平成24年1月11日 (2012. 1. 11)

(24) 登録日 平成23年11月4日 (2011. 11. 4)

(51) Int. Cl.

F I

G O 4 F 5/14 (2006. 01)
H O 1 S 3/00 (2006. 01)G O 4 F 5/14
H O 1 S 3/00 A

請求項の数 4 (全 6 頁)

(21) 出願番号 特願2005-377485 (P2005-377485)
 (22) 出願日 平成17年12月28日 (2005. 12. 28)
 (65) 公開番号 特開2007-178273 (P2007-178273A)
 (43) 公開日 平成19年7月12日 (2007. 7. 12)
 審査請求日 平成20年9月29日 (2008. 9. 29)

(73) 特許権者 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 100079108
 弁理士 稲葉 良幸
 (74) 代理人 100080953
 弁理士 田中 克郎
 (74) 代理人 100093861
 弁理士 大賀 眞司
 (72) 発明者 小山 智子
 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
 審査官 藤田 憲二

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 原子周波数取得装置および原子時計

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

レーザ光源と原子ガスが封入された空洞部を有し、かつ当該空洞部に前記レーザ光源からの光が照射されるセルと、前記セルに照射された光のうち前記セルを通過した光を受光する受光部と、前記レーザ光源からの光を前記空洞部に導入する第 1 の導波路と、前記セルを通過した光を前記受光部に導入する第 2 の導波路と、を備え、前記第 1 および第 2 の導波路の各々は、当該導波路に入射した光の進行方向を変える少なくとも 1 つの光反射部を備えたことを特徴とする原子周波数取得装置。

【請求項 2】

前記第 1 の導波路は、前記レーザ光源からの光が、45度の入射角で入射する第 1 の反射部を備え、前記第 2 の導波路は、前記セルを通過した光が、45度の入射角で入射する第 2 の反射部を備えたことを特徴とする請求項 1 に記載の原子周波数取得装置。

【請求項 3】

前記レーザ光源は、面発光レーザの光源であることを特徴とする請求項 1 または請求項 2 に記載の原子周波数取得装置。

【請求項 4】

請求項 1 から請求項 3 のいずれかに記載の原子周波数取得装置を備えた原子時計。

10

20

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、原子周波数取得装置および原子時計に関する。

【背景技術】

【0002】

原子の固有振動数を基準として発振器の周波数制御を行う原子時計が、従来の水晶振動子に代わって様々な場面で利用されるようになってきている。中でもCPT (Coherent Population Trapping) 方式の原子時計は小型化、省電力化に適しており、今後携帯電話などへの適用も見込まれている。

10

【0003】

【特許文献1】米国特許第6,900,702号明細書

【特許文献2】米国特許第6,570,459号明細書

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

本発明の目的は、原子時計の精度を維持しつつ、さらに小型化を図ることである。

【課題を解決するための手段】

【0005】

本発明の原子周波数取得装置は、レーザ光源と原子ガスが封入された空洞部を有し、かつ当該空洞部に前記レーザ光源からの光が照射されるセルと、前記セルに照射された光のうち前記セルを通過した光を受光する受光部と、前記レーザ光源からの光を前記空洞部に導入する第1の導波路と、前記セルを通過した光を前記受光部に導入する第2の導波路と、を備え、前記第1および第2の導波路の各々は、当該導波路に入射した光の進行方向を変える少なくとも1つの光反射部を備えたものである。

20

【0006】

これにより、第1および第2の導波路により、レーザ光がセル内で最長の光路をとるようにレーザ光を導くことができるので、セル内でレーザ光が原子ガス中を通過する距離を長くすることが可能となり、装置の精度を落とさずに小型化を図ることができる。

また、前記第1および第2の導波路の各々に備えられたレーザ光反射部によって光路を変えることによりレーザ光を導くことができる。

30

【0007】

また、前記第1の導波路は、前記レーザ光源からの光が、45度の入射角で入射する第1の反射部を備え、前記第2の導波路は、前記セルを通過した光が、45度の入射角で入射する第2の反射部を備えることにより、レーザ光源からの出射方向がセル内の最長の光路方向と直交する場合に対応できる。

この場合、レーザ光源には、例えば面発光レーザの光源を用いることができる。

【0008】

本発明による原子周波数取得装置は、原子時計において時間標準周波数を取得するために用いることができる。

40

【発明を実施するための最良の形態】

【0009】

以下、本発明の実施の形態について図面を参照して説明する。

実施の形態1.

図1は、本発明の実施の形態1による原子周波数取得装置100の構造を示す斜視図、図2(a)は図1のA-A'線での断面図、図2(b)は上面図である。原子周波数取得装置100は、CPT方式の原子時計において、時間標準周波数を取得するために用いられる。

図1および図2に示すように、原子周波数取得装置100は、基板200上に設置された、セル110、レーザダイオード(レーザ光源)120、フォトディテクタ(受光部)

50

１３０、第１の導波路１４０および第２の導波路１５０を備えている。セル１１０の上面には、ヒータ３００が設置されている。レーザダイオード１２０、フォトディテクタ１３０、およびヒータ３００は、配線（図示せず）によって駆動回路に接続されている。

【００１０】

セル１１０は、突起部１１４によって基板２００に設置されている。レーザダイオード１２０とフォトディテクタ１３０は、基板２００上にセル１１０を挟んで配置されている。

レーザダイオード１２０はここではＶＣＳＥＬ（Vertical Cavity Surface-emitting Laser：垂直面発光レーザダイオード）である。

【００１１】

セル１１０は、光の透過部のみガラスで、他は、例えば金属などで形成されており、内部にキャビティ（空洞）１１１を有している。セルの材料としては、ガラスの他にも、レーザダイオード１２０から発振されるレーザ光（ここではＶＣＳＥＬの波長８５２nm）を透過するものを用いることができる。キャビティ１１１には、セシウム原子ガスが封入されている。

【００１２】

第１の導波路１４０は、一面がレーザダイオード１２０に接し、他の面がセル１１０の入射面１１２に接している。第１の導波路１４０はレーザダイオード１２０から出力されたレーザ光が４５度の入射角で入射する反射部１４１を有している。反射部１４１には金属膜等が形成されており、レーザ光を反射する。

第２の導波路１５０は、一面がフォトディテクタ１３０に接し、他の面がセル１１０の出射面１１３に接している。第２の導波路１５０は出射面１１３から出力されたレーザ光が４５度の入射角で入射する反射部１５１を有している。反射部１５１には金属膜等が形成されており、レーザ光を反射する。

第１の導波路１４０および第２の導波路１５０は、例えばインクジェット法によって形成することができる。

【００１３】

ヒータ３００は、キャビティ１１１内の温度を一定（８０度～１３０度）に保つための加熱ヒータであり、セル１１０内を加熱することにより、セシウム原子密度を増やし、レーザ光により励起される原子数を高めている。励起される原子数が増えることにより、感度が向上し原子周波数取得装置１００の精度があがる。

【００１４】

次に、原子周波数取得装置１００の動作について説明する。

レーザダイオード１２０から出射されたレーザ光（Ｌ）は、図２（a）に示すように第１の導波路１４０を進行し、反射部１４１で反射されて光路を９０度回転させ、セル１１０の入射面１１２を透過してセル１１０に入射する。

【００１５】

レーザ光はセル１１０内を基板２００に平行に直進し、出射面１１３からセル１１０の外へ出ると、第２の導波路１５０を通る。レーザ光は反射部１５１で反射されて光路を９０度回転させ、フォトディテクタ１３０に導入される。

【００１６】

レーザ光はセル１１０内を通過する間にセシウム原子を励起する。励起されたセシウム原子ガスを通るレーザ光の強度が最大になる時のレーザ光の上側と下側のサイドバンド周波数差が、セシウム原子の固有周波数と一致する。よって、フォトディテクタ１３０に受光されるレーザ光の強度が最大となるように外部回路でフィードバック制御することにより、レーザダイオード１２０の変調周波数が調整される。

フィードバック制御系は、原子周波数取得装置１００に接続された制御回路およびローカルオシレータを備えて構成され、フォトディテクタ１３０の出力が制御回路を経由してローカルオシレータに供給されてフィードバック制御を行い、ローカルオシレータの発振周波数を上述のセシウム原子の固有周波数を基準として安定化している。

10

20

30

40

50

上記のようにして調整された発振周波数がローカルオシレータから取得され、原子時計の標準信号として利用される。

【 0 0 1 7 】

実施の形態 1 によれば、レーザダイオード 1 2 0 から出力されたレーザ光を、第 1 の導波路 1 4 0 の反射部 1 4 1 において進行方向を変えることによりセル 1 1 0 に導入し、さらにセル 1 1 0 を通過したレーザ光を第 2 の導波路 1 5 0 の反射部 1 5 1 において進行方向を変えることによりフォトディテクタ 1 3 0 に導入するようにしたので、レーザダイオード 1 2 0 の出射方向に関わりなく、レーザ光がセル 1 1 0 内の最長の光路を通ることができる。よって、セル 1 1 0 自体の容積が小さくても、レーザ光がセシウム原子ガス中を通過する距離を長くできるので、より多くのセシウム原子を励起することが可能となり、原子周波数取得装置 1 0 0 の精度を保つことができる。

10

また、反射部 1 4 1 および反射部 1 5 1 が曲面状の反射面を形成することで、レーザ光が広がり角度を持って入射した場合にも、反射面の集光作用によって広がりを抑えることができ、フォトディテクタ 1 3 0 での受光量を上げて、原子周波数取得装置 1 0 0 の精度を上げることができる。

【 0 0 1 8 】

なお、入射面 1 1 2 および出射面 1 1 3 をレーザ光の光軸に垂直な面から傾斜させてもよい。これにより、レーザ光の一部が入射面 1 1 2 および出射面 1 1 3 において反射されることにより、光路を逆に進んでレーザダイオード 1 2 0 に戻る（戻り光）を防止することができる。

20

【 0 0 1 9 】

図 3 は、実施の形態 1 による原子周波数取得装置 1 0 0 の変形例である。図に示すように、第 1 の導波路 1 4 0 の反射部 1 4 1 および第 2 の導波路 1 5 0 の反射部 1 5 1 に対応する部分の外側の壁面に、レーザ光の反射率をあげるための反射膜 1 4 2 , 1 5 2 を設けている。図 1 および図 2 と同一の符号は同一の構成要素を表している。反射膜 1 4 2 , 1 5 2 は、たとえば A l 合金や A g 合金など、レーザ光（ここでは V C S E L の波長 8 5 2 n m ）を反射するものを用いることができる。

また、反射膜 1 4 2 , 1 5 2 が曲面状の反射面を形成することで、レーザ光が広がり角度を持って入射した場合にも、反射面の集光作用によって広がりを抑えることができ、フォトディテクタ 1 3 0 での受光量を上げて、原子周波数取得装置 1 0 0 の精度を上げることができる。

30

【図面の簡単な説明】

【 0 0 2 0 】

【図 1】図 1 は、本発明の実施の形態 1 による原子周波数取得装置の構造を示す斜視図である。

【図 2】図 2 (a) は、図 1 の A - A ' 線での断面図、図 2 (b) は原子周波数取得装置の上面図である。

【図 3】図 3 は、実施の形態 1 による原子周波数取得装置の変形例の断面図である。

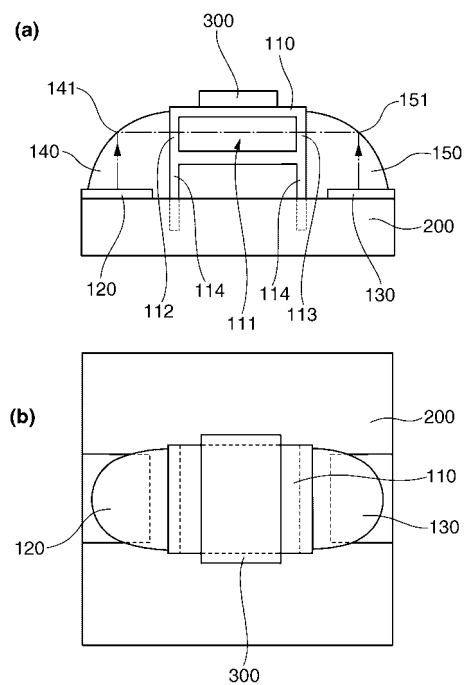
【符号の説明】

【 0 0 2 1 】

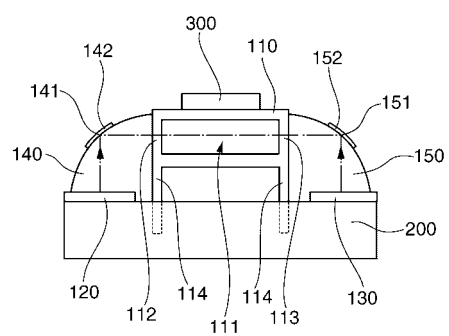
1 0 0 原子周波数取得装置、1 1 0 セル、1 1 1 キャビティ、1 1 2 入射面、1 1 3 出射面、1 1 4 突起部、1 2 0 レーザダイオード、1 3 0 フォトディテクタ、1 4 0 第 1 の導波路、1 5 0 第 2 の導波路、1 4 1 , 1 5 1 反射部、1 4 2 , 1 5 2 反射膜、2 0 0 基板、3 0 0 ヒータ

40

【圖 2】



【 図 3 】



フロントページの続き

(56)参考文献 米国特許出願公開第2005/0046851(US, A1)

特開平06-037384(JP, A)

特開平06-076349(JP, A)

特開平04-158591(JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G04F 5/14

H01S 3/00, 5/068

H03L 7/26