

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第5228275号  
(P5228275)

(45) 発行日 平成25年7月3日 (2013.7.3)

(24) 登録日 平成25年3月29日 (2013.3.29)

(51) Int.Cl.

F I

G O 4 F 5/14 (2006.01)

G O 4 F 5/14

H O 1 S 5/183 (2006.01)

H O 1 S 5/183

請求項の数 5 (全 7 頁)

(21) 出願番号 特願2005-377488 (P2005-377488)  
 (22) 出願日 平成17年12月28日 (2005.12.28)  
 (65) 公開番号 特開2007-178274 (P2007-178274A)  
 (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)

前置審査

(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  
 (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、

前記セル及び前記受光部を加熱するヒータと、を備え、

前記レーザ光源は前記セルの第1の面上に貼付され、前記受光部は、前記第1の面に対向する第2の面上に貼付され、

前記ヒータは、前記第2の面上に貼付され、前記受光部の少なくとも一部と接することを特徴とする原子周波数取得装置。 10

【請求項 2】

前記セルは、2つの突起部を介して基板上に設置され、

前記第1の面は、前記基板に対向する面であり、

前記レーザ光源は方形であり、前記第1の面上の前記2つの突起部に挟まれた領域に貼付され、

前記受光部は方形であり、前記受光部と前記ヒータの厚さは略等しく、

前記ヒータは前記受光部の3辺に接する、請求項1に記載の原子周波数取得装置。

【請求項 3】

前記レーザ光源および前記受光部は、エピタキシャルリフトオフ法により形成されたチ 20

ップ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】

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 から請求項 3 のいずれかに記載の原子周波数取得装置。

【請求項 5】

請求項 1 から請求項 4 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。

【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。

10

【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 C P T ( C o h e r e n t P o p u l a t i o n T r a p p i n g ) 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。原子時計は、基板上で、原子ガスを封入するガスセルと、レーザ発光部および受光部の位置合わせが正確に行われていないと精度が悪くなる。この位置合わせ作業の煩雑さが、原子時計を組み込んだ電子機器の量産性を低下させる原因の 1 つとなっている。

【0003】

20

【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、原子時計の小型化を図りつつ、量産性を向上させることである。

【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、前記セルを加熱するヒータと、を備え、前記レーザ光源は前記セルの第 1 の面上に貼付され、前記受光部は、前記第 1 の面に対向する第 2 の面上に貼付され、前記ヒータは、前記第 2 の面上に貼付され、前記受光部の少なくとも一部と接するものである。

30

【0006】

また、前記セルは、2 つの突起部を介して基板上に設置され、前記第 1 の面は、前記基板に対向する面であり、前記レーザ光源は方形であり、前記第 1 の面上の前記 2 つの突起部に挟まれた領域に貼付され、前記受光部は方形であり、前記受光部と前記ヒータの厚さは略等しく、前記ヒータは前記受光部の 3 辺に接することが望ましい。

【0007】

40

これにより、セルとレーザ光源と受光部が一体化されるので、装置の小型化が図れると共に、基板上にそれぞれの部品を別々に組み込まなくてよいので、部品同士の位置合わせをする必要がなく、装置の量産性を向上させることができる。また、前記レーザ光源には、例えば面発光レーザの光源を用いることができる。

【0008】

前記レーザ光源および前記受光部は、エピタキシャルリフトオフ法により形成されたチップとすることができる。

【0009】

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。

50

## 【発明を実施するための最良の形態】

## 【0010】

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方式の原子時計の時間標準周波数発生システムとして用いられる。

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、セル110の基板200に対向する面(第1の面)112に貼付されたレーザダイオード(レーザ光源)120、面112に対向する面(第2の面)113に貼付されたフォトディテクタ(受光部)130を備えている。レーザダイオード120、フォトディテクタ130は、配線(図示せず)によって駆動回路に接続されている。

10

## 【0011】

セル110は、突起部114によって基板200に設置されている。

セル110の外側は、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、内側のシリコン部分117中にキャビティ(空洞)111が形成されている。なお、シリコン部分117の代わりに、光の透過部をガラスで、その他の部分を金属などで形成してもよい。また、セルの材料としては、ガラスやシリコンの他にも、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。

20

## 【0012】

レーザダイオード120とフォトディテクタ130は、エピタキシャルリフトオフ法(以下ELO法と記す。)により形成されたチップである。ELO法は、素子(レーザダイオード120、フォトディテクタ130)を形成する際に、基板と素子との間にアルミニウム、ガリウム、ヒ素等で犠牲層を形成しておき、その犠牲層をエッチングすることで素子部分を基板から切り離す方法である。実施の形態1では、レーザダイオード120とフォトディテクタ130をELO法で製造し、両素子をELOチップとして得ることによりセル110に貼付する際に扱いやすくすることができる。

## 【0013】

なお、レーザダイオード120とフォトディテクタ130の設置位置は逆であっても良い。すなわち、レーザダイオード120が面113に貼付され、フォトディテクタ130が面112に貼付されていてもよい。

30

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。

## 【0014】

セル110の上面(面113)には、ヒータ300が設置されている。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。

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。

40

## 【0015】

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)に示すように面112からセル110内部へ透過し、面113から外部へ透過してフォトディテクタ130に受光される。レーザ光はキャビティ111内を通過する間にキャビティ111内の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過す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

50

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。

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。

#### 【0016】

実施の形態 1 によれば、セル 110 とレーザダイオード 120 とフォトディテクタ 130 が一体化して形成されるので、原子周波数取得装置 100 の小型化が図れると共に、基板 200 上にそれぞれの部品を別々に組み込まなくてよいため、位置合わせをする必要がなく原子周波数取得装置 100 の量産性を向上させることができる。

10

#### 【0017】

なお、レーザダイオード 120 とフォトディテクタ 130 の取り付け面は、互いに対向する面であればよく、面 112, 113 に垂直な 2 面に貼付してもよい。

#### 【0018】

実施の形態 2 .

図 3 は、本発明の実施の形態 2 による原子周波数取得装置 100 の構造を示す斜視図、図 4 (a) は図 3 の A - A' 線での断面図、図 4 (b) は原子周波数取得装置 100 の上面図である。実施の形態 2 では、レーザダイオード 120 とフォトディテクタ 130 は共にセル 110 の上面 (面 113) に設置されている。

20

また、セル 110 は、シリコン部分 117 内に形成されたキャビティ 111 の壁面に反射面 115, 116 (第 1、第 2 の反射部) を有している。反射面 115, 116 には金属膜等が形成されており、レーザ光を反射する。

反射面 115 は、レーザダイオード 120 から発振され、セル 110 に入射したレーザ光が、45 度の入射角で入射するように形成されている。また、反射面 116 は、反射面 115 で反射されたレーザ光が、45 度の入射角で入射するように形成されている。

#### 【0019】

レーザダイオード 120 から出射されたレーザ光 (L) は、図 4 (a) に示すようにセル 110 内部へ透過し、反射面 115 で反射されて光路を 90 度回転させ、反射面 116 で反射されて光路を再度 90 度回転させた後、セル 110 の壁を透過してフォトディテクタ 130 に受光される。

30

#### 【0020】

実施の形態 2 も実施の形態 1 と同様に、セル 110 とレーザダイオード 120 とフォトディテクタ 130 が一体化して形成されるので、原子周波数取得装置 100 の小型化が図れると共に、基板 200 上にそれぞれの部品を別々に組み込まなくてよいため、位置合わせをする必要がなく原子周波数取得装置 100 の量産性を向上させることができる。

また、実施の形態 1 よりも、セル 110 内の光路長を長く確保することができ、装置の精度を上げることが可能である。また、反射金属を形成することで、反射率が上がり、装置の精度を上げることが可能である。

40

#### 【0021】

なお、レーザダイオード 120 とフォトディテクタ 130 は共に面 112 に設置されていてもよい。この場合には、セル 110 のキャビティ 111 の形状は図 4 (a) とは上下逆となる。

#### 【0022】

また、キャビティ 111 の形状は図 4 (a) のような形状に限らず、レーザダイオード 120 から発振され、セル 110 に入射したレーザ光が、45 度の入射角で入射するように形成された第 1 の反射部と、第 1 の反射部で反射されたレーザ光が、45 度の入射角で入射する第 2 の反射部を有するものであればよい。

#### 【図面の簡単な説明】

50

## 【 0 0 2 3 】

【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、本発明の実施の形態 2 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 4】図 4 ( a ) は、図 3 の A - A ' 線での断面図、図 4 ( b ) は原子周波数取得装置の上面図である。

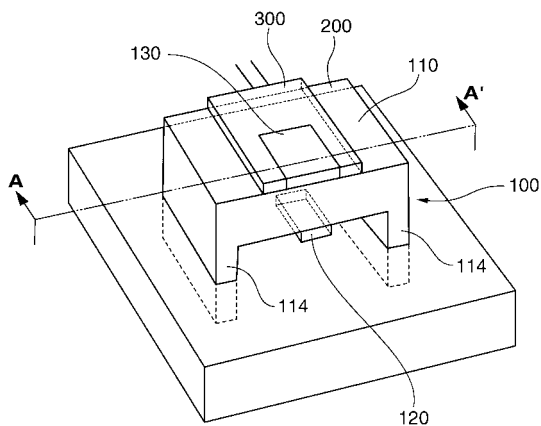
## 【符号の説明】

10

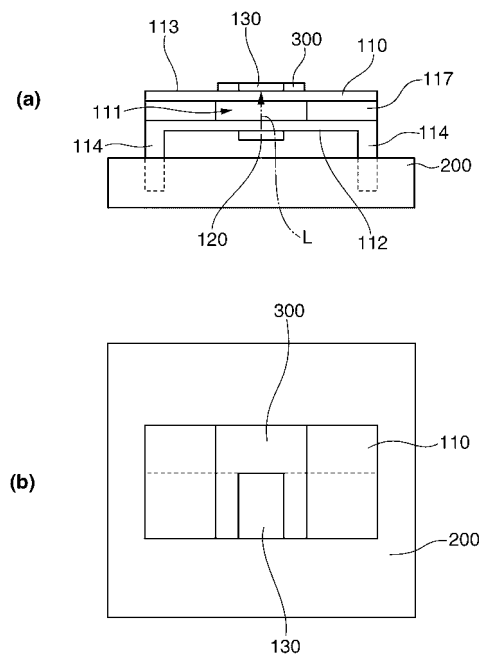
## 【 0 0 2 4 】

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 , 1 1 3 面、1 1 4 突起部、1 1 5 , 1 1 6 反射面、1 1 7 シリコン部分、1 2 0 レーザダイオード、1 3 0 フォトディテクタ、2 0 0 基板、3 0 0 ヒータ

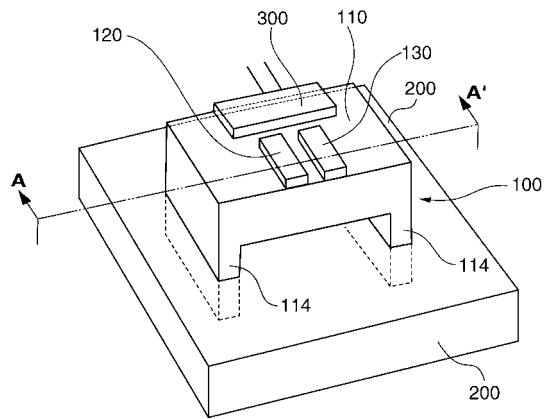
【図 1】



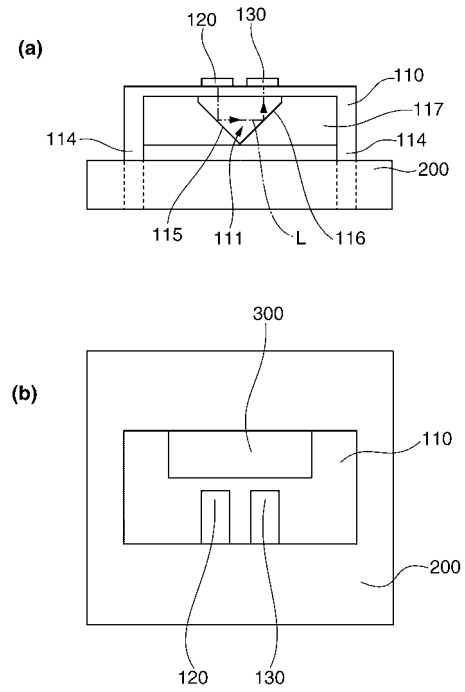
【図 2】



【図 3】



【図 4】



---

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)

特開昭56-069935(JP, A)

特開昭55-065484(JP, A)

特開平06-037384(JP, A)

特開平06-120584(JP, A)

特開平06-076349(JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G04F 5/14

H01S 3/00, 5/068, 5/183

H03L 7/26