

(21)申請案號：102100607

(22)申請日：中華民國 102 (2013) 年 01 月 08 日

(51)Int. Cl. : H03L7/26 (2006.01)

(30)優先權：2012/01/11 日本

2012-003273

(71)申請人：精工愛普生股份有限公司 (日本) SEIKO EPSON CORPORATION (JP)
日本

(72)發明人：西田哲朗 NISHIDA, TETSUO (JP)

(74)代理人：陳長文

申請實體審查：無 申請專利範圍項數：20 項 圖式數：9 共 29 頁

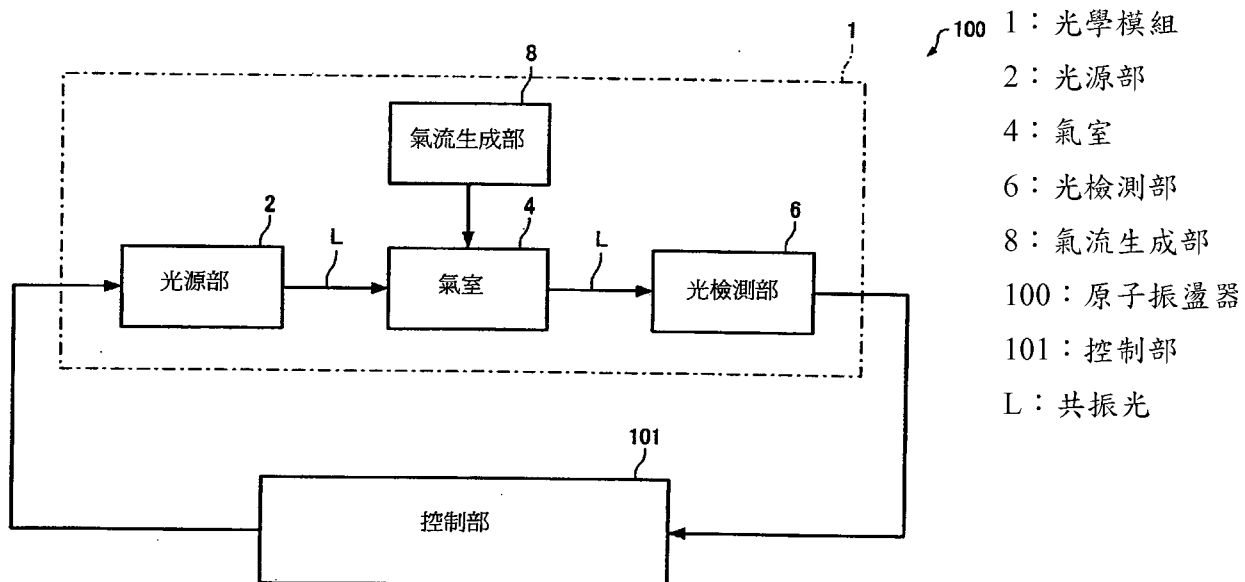
(54)名稱

原子振盪器用之光學模組及原子振盪器

OPTICAL MODULE FOR ATOMIC OSCILLATOR AND ATOMIC OSCILLATOR

(57)摘要

一種原子振盪器用之光學模組，其特徵在於其係利用量子干涉效應者，包括：光源部，其出射具有兩種不同波長之共振光；氣室，其封入有鹼金屬原子氣體，且被照射上述共振光；光檢測部，其對透過上述氣室之上述共振光之強度進行檢測；以及氣流生成部，其產生上述鹼金屬原子氣體之氣流。



(21)申請案號：102100607

(22)申請日：中華民國 102 (2013) 年 01 月 08 日

(51)Int. Cl. : H03L7/26 (2006.01)

(30)優先權：2012/01/11 日本

2012-003273

(71)申請人：精工愛普生股份有限公司 (日本) SEIKO EPSON CORPORATION (JP)
日本

(72)發明人：西田哲朗 NISHIDA, TETSUO (JP)

(74)代理人：陳長文

申請實體審查：無 申請專利範圍項數：20 項 圖式數：9 共 29 頁

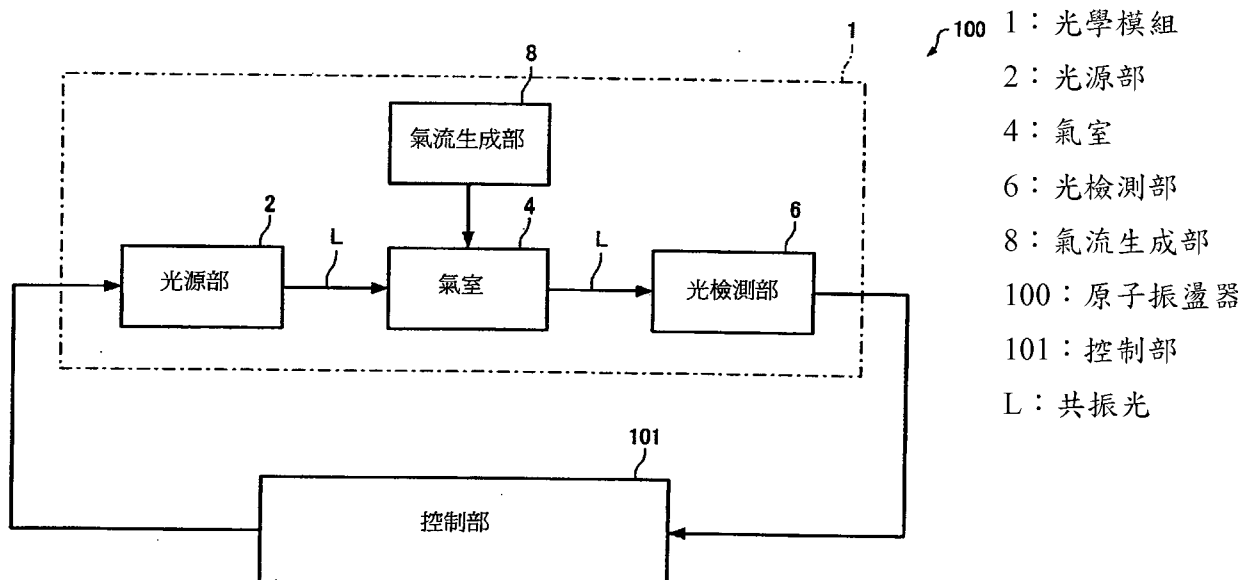
(54)名稱

原子振盪器用之光學模組及原子振盪器

OPTICAL MODULE FOR ATOMIC OSCILLATOR AND ATOMIC OSCILLATOR

(57)摘要

一種原子振盪器用之光學模組，其特徵在於其係利用量子干涉效應者，包括：光源部，其出射具有兩種不同波長之共振光；氣室，其封入有鹼金屬原子氣體，且被照射上述共振光；光檢測部，其對透過上述氣室之上述共振光之強度進行檢測；以及氣流生成部，其產生上述鹼金屬原子氣體之氣流。



發明摘要

※ 申請案號：102100607

※ 申請日：102.1.8

※IPC 分類：H3L 7/26 (2006.01)

【發明名稱】

原子振盪器用之光學模組及原子振盪器

OPTICAL MODULE FOR ATOMIC OSCILLATOR AND ATOMIC
OSCILLATOR

【中文】

一種原子振盪器用之光學模組，其特徵在於其係利用量子干涉效應者，包括：光源部，其出射具有兩種不同波長之共振光；氣室，其封入有鹼金屬原子氣體，且被照射上述共振光；光檢測部，其對透過上述氣室之上述共振光之強度進行檢測；以及氣流生成部，其產生上述鹼金屬原子氣體之氣流。

【英文】

An optical module for an atomic oscillator using a quantum interference effect includes a light source part to emit resonant light having two different wavelengths, a gas cell in which an alkali metal atom gas is enclosed and to which the resonant light is irradiated, a light detection part to detect an intensity of the resonant light transmitted through the gas cell, and a gas-flow generation part to generate a flow of the alkali metal atom gas.

【代表圖】

【本案指定代表圖】：第（ 1 ）圖。

【本代表圖之符號簡單說明】：

1	光學模組
2	光源部
4	氣室
6	光檢測部
8	氣流生成部
100	原子振盪器
101	控制部
L	共振光

【本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式】：

（無）

發明專利說明書

(本說明書格式、順序，請勿任意更動)

【發明名稱】

原子振盪器用之光學模組及原子振盪器

OPTICAL MODULE FOR ATOMIC OSCILLATOR AND ATOMIC
OSCILLATOR

【技術領域】

本發明係關於一種原子振盪器用之光學模組及原子振盪器。

【先前技術】

近年來，業界提出有利用作為量子干涉效應之一的CPT (Coherent Population Trapping，同調居量捕獲)之原子振盪器，且期待裝置之小型化及低耗電化。利用CPT之原子振盪器係利用如下之現象(EIT現象：Electromagnetically Induced Transparency，電磁誘導透明)者：若對鹼金屬原子照射具有兩種不同波長(頻率)的同調光，則同調光之吸收停止。

於原子振盪器中，通常，銣或鉍等鹼金屬原子係封入於包含氧化矽等之容器(氣室)中，藉由對該氣室照射同調光，顯現EIT現象。於氣室內，鹼金屬原子為氣體狀(Gas狀)。於此種原子振盪器中，為了防止氣室內之原子密度之變化，氣室之溫度係控制為固定(例如參照專利文獻1)。

[先前技術文獻]

[專利文獻]

[專利文獻1]日本專利特開2007-336136號公報

【發明內容】

[發明所欲解決之問題]

然而，於此種氣室中，構成鹼金屬原子氣體之各個鹼金屬原子朝向隨機之方向運動。因此，構成鹼金屬原子氣體之各個鹼金屬原子於與同調光之前進方向為相同方向之速度分量中具有分佈。若鹼金屬原子於與同調光之前進方向為相同方向之速度分量中具有分佈，則由於光之都卜勒效應(都卜勒位移)，於同調光之表觀上之波長(頻率)，即自鹼金屬原子觀察到之同調光之波長(頻率)上產生分佈。由此，有所獲得之EIT信號之線寬(光吸收寬度)擴寬，且頻率精度降低之情形。

本發明之若干態樣之目的之一在於提供一種具有較高之頻率精度之原子振盪器用之光學模組。又，本發明之若干態樣之目的之一在於提供一種具有上述原子振盪器用之光學模組之原子振盪器。

[解決問題之技術手段]

本發明之原子振盪器用之光學模組係利用量子干涉效應者，且其包括：

光源部，其出射具有兩種不同波長之共振光；

氣室，其封入有鹼金屬原子氣體，且被照射上述共振光；

光檢測部，其對透過上述氣室之上述共振光之強度進行檢測；

以及

氣流生成部，其產生上述鹼金屬原子氣體之氣流。

根據此種原子振盪器用之光學模組，藉由產生鹼金屬原子氣體之氣流，與鹼金屬原子向隨機之方向運動之情形相比，可使鹼金屬原子之與共振光之前進方向為相同方向之速度分量之差異減少。藉此，可抑制因光之都卜勒效應(都卜勒位移)而引起EIT信號之線寬擴寬之情況。因此，可具有較高之頻率精度。

於本發明之原子振盪器用之光學模組中，

上述氣流生成部亦可於上述氣室內產生溫度梯度。

根據此種原子振盪器用之光學模組，可藉由簡單之構成使鹼金屬原子氣體產生氣流。

於本發明之原子振盪器用之光學模組中，

上述氣流生成部亦可包括對上述氣室供給熱之加熱器。

根據此種原子振盪器用之光學模組，可藉由簡單之構成使鹼金屬原子氣體產生氣流。

於本發明之原子振盪器用之光學模組中，

上述氣流生成部亦可包括對上述氣室照射光之發光部、及對自上述發光部照射之光進行吸收並產生熱之光吸收部。

根據此種原子振盪器用之光學模組，可藉由簡單之構成使鹼金屬原子氣體產生氣流。

於本發明之原子振盪器用之光學模組中，

上述氣流生成部亦可使上述鹼金屬原子氣體產生與上述共振光之前進方向為平行之方向之氣流。

根據此種原子振盪器用之光學模組，可提高EIT之表現效率。

於本發明之原子振盪器用之光學模組中，

上述氣流生成部亦可於上述鹼金屬原子氣體中產生相對於上述共振光之前進方向為垂直之方向的氣流。

根據此種原子振盪器用之光學模組，藉由使鹼金屬原子氣體產生氣流，與鹼金屬原子向隨機之方向運動之情形相比，可使鹼金屬原子之與共振光之前進方向為相同方向之速度分量之差異減少。

於本發明之原子振盪器用之光學模組中，

上述氣室為長方體，且

上述氣流生成部包含：

第1加熱器，其設置於上述氣室之第1面；

第2加熱器，其設置於上述氣室之與上述第1面對向之第2面；

且

使用時之上述第1加熱器之溫度亦可較上述使用時之上述第2加熱器之溫度高。

根據此種原子振盪器用之光學模組，可藉由簡單之構成使鹼金屬原子氣體產生氣流。

本發明之原子振盪器包括：

本發明之原子振盪器用之光學模組。

根據此種原子振盪器，由於包括本發明之原子振盪器用之光學模組，故而可具有較高之頻率精度。

【圖式簡單說明】

圖1係第1實施形態之原子振盪器之功能方塊圖。

圖2(A)係表示鹼金屬原子之 Λ 型3能階模型與第1邊帶波及第2邊帶波之關係的圖，圖2(B)係表示於光源部產生之共振光之頻率頻譜的圖。

圖3係表示第1實施形態之原子振盪器之構成的圖。

圖4係模式性地表示第1實施形態之原子振盪器之光學模組的立體圖。

圖5係模式性地表示第1實施形態之原子振盪器之光學模組的剖面圖。

圖6(A)係模式性地表示鹼金屬原子隨機地運動之情形之氣室內的圖，圖6(B)係表示鹼金屬原子隨機地運動之情形之鹼金屬原子之X方向之速度分量之分佈的圖表。

圖7(A)係模式性地表示使鹼金屬原子氣體產生氣流之情形之氣室內的圖，圖7(B)係表示使鹼金屬原子氣體產生氣流之情形之鹼金屬原子之X方向之速度分量之分佈的圖表。

圖8係模式性地表示第2實施形態之原子振盪器之光學模組的立

體圖。

圖9係模式性地表示第2實施形態之原子振盪器之光學模組的剖面圖。

【實施方式】

以下，使用圖式對本發明之較佳實施形態進行詳細說明。再者，於以下說明之實施形態，並非不合理地限定申請專利範圍中所記載之本發明之內容者。又，以下所說明之構成之全部並非均為本發明之必需構成要件。

1.第1實施形態

首先，對於第1實施形態之原子振盪器，一面參照圖式一面進行說明。圖1係第1實施形態之原子振盪器100之功能方塊圖。

原子振盪器100係利用量子干涉效應(EIT現象)之振盪器。原子振盪器100係包含光學模組1、控制部101而構成。

光學模組1係包含光源部2、氣室4、光檢測部6、以及氣流生成部8而構成。

光源部2係出射具有兩種不同波長之共振光L。於光源部2中產生之共振光L包含相對於中心頻率 f_0 於上側邊帶(sideband)具有頻率 $f_1=f_0+f_m$ 之第1邊帶波(sideband wave) W1、以及相對於中心頻率 f_0 於下側邊帶具有頻率 $f_2=f_0-f_m$ 之第2邊帶波W2(參照圖2)。

對氣室4照射共振光L。氣室4係於容器中封入氣體狀之鹼金屬原子(鹼金屬原子氣體)者。作為封入於氣室4中之鹼金屬，可列舉鈉(Na)原子、鉀(Rb)原子、銫(Cs)原子等。

光檢測部6係對透過氣室4之共振光L之強度進行檢測。

氣流生成部8係使鹼金屬原子氣體產生氣流。此處，所謂使鹼金屬原子氣體產生氣流，係指使鹼金屬原子氣體發生運動。即，係指於觀察氣室內之鹼金屬原子整體時，使鹼金屬原子之運動產生固定之傾

向。氣流生成部8使鹼金屬原子氣體產生氣流，藉此與鹼金屬原子向隨機之方向運動之情形相比，可使鹼金屬原子之與共振光之前進方向為相同方向之速度分量之差異減小。下文對其理由進行敘述。

控制部101係根據光檢測部6之檢測結果，以第1邊帶波W1及第2邊帶波W2之波長(頻率)差與相當於封入於氣室2中之鹼金屬原子之2個基底能階之能量差的頻率成為相等之方式進行控制。控制部101係根據光檢測部6之檢測結果，產生包含調變頻率 f_m 的驅動信號。而且，光源部2係根據包含該調變頻率 f_m 之信號對具有特定之頻率 f_0 的基波F進行調變，產生具有頻率 $f_1=f_0+f_m$ 之第1邊帶波W1、及具有頻率 $f_2=f_0-f_m$ 之第2邊帶波W2。

圖2(A)係表示鹼金屬原子之 Λ 型3能階模型與第1邊帶波W1及第2邊帶波W2之關係的圖。圖2(B)係表示共振光之頻率頻譜的圖。

如圖2(B)所示般，於光源部2中產生之共振光L包含具有中心頻率 $f_0(=v/\lambda_0$ ： v 為光之速度、 λ_0 為雷射光之中心波長)之基波F、相對於中心頻率 f_0 於上邊帶具有頻率 f_1 之第1邊帶波W1、及相對於中心頻率 f_0 於下邊帶具有頻率 f_2 之第2邊帶波W2。第1邊帶波W1之頻率 f_1 為 $f_1=f_0+f_m$ ，第2邊帶波W2之頻率 f_2 為 $f_2=f_0-f_m$ 。

如圖2(A)及圖2(B)所示般，第1邊帶波W1之頻率 f_1 與第2邊帶波W2之頻率 f_2 之頻率差與相當於鹼金屬原子之基底能階GL1與基底能階GL2之能量差 ΔE_{12} 的頻率一致。因此，鹼金屬原子藉由具有頻率 f_1 之第1邊帶波W1與具有頻率 f_2 之第2邊帶波W2而產生EIT現象。

此處，對EIT現象進行說明。眾所周知鹼金屬原子與光之相互作用可藉由 Λ 型3能階系模型進行說明。如圖2(A)所示般，鹼金屬原子具有2個基底能階，若使具有相當於基底能階GL1與激發能階之能量差之波長(頻率 f_1)的第1邊帶波W1、或者具有相當於基底能階GL2與激發能階之能量差之波長(頻率 f_2)的第2邊帶波W2分別單獨地照射鹼金屬

原子，則引起光吸收。然而，如圖2(B)所示般，若對該鹼金屬原子同時照射頻率差 f_1-f_2 與相當於基底能階GL1與基底能階GL2之能量差 ΔE_{12} 的頻率精確地一致之第1邊帶波W1與第2邊帶波W2，則成為2個基底能階之重合狀態，即量子干涉狀態，從而產生向激發能階之激發停止且第1邊帶波W1與第2邊帶波W2透過鹼金屬原子的透明化現象(EIT現象)。利用該EIT現象，藉由對第1邊帶波W1與第2邊帶波W2之頻率差 f_1-f_2 自相當於基底能階GL1與基底能階GL2之能量差 ΔE_{12} 之頻率偏離時之光吸收行為的急劇變化進行檢測並控制，可製作高精度之振盪器。

以下，對第1實施形態之原子振盪器之更具體之構成進行說明。

圖3係表示第1實施形態之原子振盪器100之構成的圖。

如圖3所示般，原子振盪器100係包含半導體雷射102、氣室4、光檢測器106、氣流生成部108、第1檢波電路160、第1低頻振盪器162、電流驅動電路164、第2檢波電路170、第2低頻振盪器172、檢波用調變電路174、以及調變頻率產生電路176而構成。

半導體雷射102可對氣室4中所含之鹼金屬原子照射共振光L。半導體雷射102所出射之雷射光係藉由電流驅動電路164所輸出之驅動電流而得以控制中心頻率 f_0 (中心波長 λ_0)，且藉由調變頻率產生電路176之輸出信號(調變信號)而得以實施調變。即，將具有調變信號之頻率成分的交流電流重疊於由電流驅動電路164產生之驅動電流，藉此可對半導體雷射102所出射之雷射光實施調變。藉此，半導體雷射102可出射包含第1邊帶波W1及第2邊帶波W2之共振光L。

半導體雷射102例如為面發光型半導體雷射(VCSEL (Vertical Cavity Surface Emitting Laser，垂直共振腔面射型雷射))。於面發光型半導體雷射中產生之光具有可干涉性，故而適於用以獲得量子干涉效應。再者，半導體雷射102亦可為端面發光型雷射。

氣室4係於容器中封入有氣體狀之鹼金屬原子(鹼金屬原子氣體)者。若對氣室4照射具有相當於鹼金屬原子之2個基底能階之能量差之頻率(波長)的兩種光波，則鹼金屬原子發生EIT現象例如，若鹼金屬原子為鉀原子則相當於D1射線中之基底能階GL1與基底能階GL2之能量差的頻率為9.19263...GHz，故而若照射頻率差為9.19263...GHz之兩種光波則產生EIT現象。

光檢測器106係對透過氣室4之共振光L進行檢測，且輸出與檢測所得之光量對應之信號強度的信號。光檢測器106例如為光電二極體。

氣流生成部108係對氣室4供給熱，使氣室4產生溫度梯度。藉此，藉由對流，使氣室4內之鹼金屬原子氣體中產生氣流。

第1檢波電路160係使用以數Hz～數百Hz左右之較低之頻率進行振盪之第1低頻振盪器162之振盪信號，對光檢測器106之輸出信號進行同步檢波。

電流驅動電路164係產生與第1檢波電路160之輸出信號對應之大小的驅動電流，控制雷射光之中心頻率 f_0 (中心波長 λ_0)。再者，為了使第1檢波電路160之同步檢波為可能，將第1低頻振盪器162之振盪信號(與對第1檢波電路160供給之振盪信號相同)重疊於藉由電流驅動電路164而產生之驅動電流。

藉由通過半導體雷射102、氣室4、光檢測器106、第1檢波電路160、及電流驅動電路164之反饋迴路，使雷射光之中心頻率 f_0 (中心波長 λ_0)經微調整而穩定。

第2檢波電路170係使用以數Hz～數百Hz左右之較低頻率進行振盪之第2低頻振盪器172的振盪信號，對光檢測器106之輸出信號進行同步檢波。

調變頻率產生電路176係產生具有與第2檢波電路170之輸出信號

之電壓對應之調變頻率 f_m 的調變信號。

該調變信號係藉由檢波用調變電路174，由第2低頻振盪器172之振盪信號(與對第2檢波電路170供給之振盪信號相同)實施調變，且被供給至半導體雷射102。藉此，一面使調變頻率 f_m 稍微進行擺動(sweep)一面進行第2檢波電路170之同步檢波，以使光檢測器106之輸出信號成為最大之方式對調變頻率 f_m 進行微調整。

於原子振盪器100中，若共振光L之第1邊帶波W1與第2邊帶波W2之頻率差未與相當於氣室4中所含之鹼金屬原子之2個基底能階之能量差的頻率精確地一致，則鹼金屬原子不產生EIT現象，故而光檢測器106之檢測量係相應於第1邊帶波W1與第2邊帶波W2之頻率而極其敏感地改變。因此，藉由通過半導體雷射102、氣室4、光檢測器106、第2檢波電路170、調變頻率產生電路176、以及檢波用調變電路174之反饋迴路，以第1邊帶波W1與第2邊帶波W2之頻率差與相當於鹼金屬原子之2個基底能階之能量差的頻率極其精確地一致之方式實施反饋控制。其結果，調變頻率變成極其穩定之頻率，故而可將調變信號作為原子振盪器100之輸出信號(時脈輸出)。

此處，對光學模組1之構成進行更具體之說明。

圖4係模式性地表示光學模組1之立體圖。圖5係模式性地表示光學模組1之剖面圖。再者，圖5為圖4之V-V線剖面圖。於圖4及圖5中，為方便起見，對相互正交之X軸、Y軸、Z軸進行圖示。

如圖4所示般，於光學模組1中，半導體雷射102、準直透鏡103、氣室4、及光檢測器106係沿X軸配置。

自半導體雷射102出射之共振光L係沿X軸前進。即，此處，共振光L之光軸係平行於X軸，且所謂共振光L之前進方向(光軸方向)係指X方向。

光學模組1亦可於半導體雷射102與氣室4之間，具有用以將共振

光L轉換為平行光之準直透鏡103。

自半導體雷射102出射之共振光L係經由準直透鏡103入射至氣室4。半導體雷射102係避開氣室4之中心照射共振光L。於圖示之例中，氣室4為長方體，共振光L係避開氣室4之中心(長方體之中心)，通過較氣室4之中心更偏移至第2加熱器108b側(+Y方向)之位置。其原因在於：氣室4之中心附近鹼金屬原子氣體之氣流S較弱，故而與氣室4之外側附近相比，鹼金屬原子之X方向(前進方向)之速度分量之差異較大。

於圖示之例中，氣室4為長方體。氣室4之形狀並不限定於長方體，亦可為其他多面體、或圓柱、球體。

氣流生成部108包括第1加熱器108a、第2加熱器108b。第1加熱器108a係設置於氣室4之第1側面(第1面)4a。又，第2加熱器108b係設置於與第1側面4a相對向之第2側面(第2面)4b。第1側面4a及第2側面4b為與共振光L之光軸無公差之面(即未入射共振光L之面)，於本實施形態中，垂線為與Y軸平行之面。第1加熱器108a及第2加熱器108b可對氣室4供給熱。

氣流生成部108例如具有用以控制第1加熱器108a及第2加熱器108b之控制部(未圖示)。控制部係例如以第1加熱器108a之溫度較第2加熱器108b之溫度高之方式進行控制。藉此，於氣室4內產生溫度梯度，藉由對流，使鹼金屬原子氣體產生固定之氣流S。

於圖5所示之例中，自共振光L之前進方向(X方向)觀察，使鹼金屬原子氣體產生向右旋轉之氣流S。因此，於共振光L照射之區域中，鹼金屬原子氣體之氣流S係自氣室4之下表面側朝向上表面側產生。即，於共振光L照射之區域中，鹼金屬原子氣體之氣流S係相對於共振光L之前進方向(X方向)，於垂直之方向(Z方向)產生。

圖6(A)係模式性地表示鹼金屬原子隨機地運動之情形之氣室內的

圖。圖6(B)係表示鹼金屬原子隨機地運動之情形時之鹼金屬原子之X方向之速度分量之分佈的圖表。圖7(A)係模式性地表示使鹼金屬原子氣體產生氣流之情形之氣室內的圖。圖7(B)係表示使鹼金屬原子氣體產生氣流之情形之鹼金屬原子之X方向之速度分量之分佈的圖表。圖6(B)及圖7(B)之橫軸為鹼金屬原子之X方向之速度。再者，X方向為共振光L之前進方向。

如圖6所示般，於氣室內，鹼金屬原子隨機地運動之情形(於鹼金屬原子氣體中未產生氣流之情形)時，鹼金屬原子之X方向之速度分量差異較大。與此相對，如圖7所示般，於氣室內產生Z方向之氣流之情形時，鹼金屬原子之X方向之速度分量與鹼金屬原子隨機地運動之情形相比，差異較小。

再者，於圖7之例中，使鹼金屬原子氣體產生Z方向之氣流，但對於在鹼金屬原子氣體中產生其他方向(例如X方向或Y方向)之氣流之情形亦同樣地，鹼金屬原子之X方向之速度分量與鹼金屬原子隨機地運動之情形相比差異較小。

如此，藉由使鹼金屬原子氣體產生氣流，與鹼金屬原子隨機地運動之情形相比，可使鹼金屬原子之X方向(共振光L之前進方向)之速度分量之大小的差異減小。藉由減小鹼金屬原子之X方向(共振光L之前進方向)之速度分量之差異，可抑制因光之都卜勒效應(都卜勒位移)而引起EIT信號之線寬(光吸收寬度、EIT現象所產生之頻率差之範圍)擴寬之情況。即，可抑制頻率精度之降低。因此，藉由使鹼金屬原子氣體產生氣流，可抑制頻率精度之降低。

再者，半導體雷射102、光檢測器106、氣流生成部108分別對應於圖1所示之光源部2、光檢測部6、氣流生成部8。又，由第1檢波電路160、第1低頻振盪器162、電流驅動電路164、第2檢波電路170、第2低頻振盪器172、檢波用調變電路174、及調變頻率產生電路176所構

成之電路係對應於圖1所示之控制部101。

本實施形態之光學模組1及原子振盪器100例如具有以下之特徵。

根據光學模組1，如上述般，藉由氣流生成部108使鹼金屬原子氣體產生氣流，藉此可抑制因光之都卜勒效應而引起之頻率精度之降低。因此，光學模組1可具有較高之頻率精度。

根據光學模組1，氣流生成部108可藉由使氣室4內產生溫度梯度，而使鹼金屬原子氣體產生氣流S。藉此，例如，如上述般可藉由使用有加熱器108a、108b等的簡單之構成而使鹼金屬原子氣體產生氣流。因此，可謀求裝置之簡化。進而，藉由使鹼金屬原子氣體產生對流，可使鹼金屬原子氣體之氣流S固定。藉此，可更減小鹼金屬原子之X方向(共振光L之前進方向)之速度分量之大小差異。

由於本實施形態之原子振盪器100包含光學模組1，故而可具有較高之頻率精度。

再者，於上述實施形態中，氣流生成部108係使用兩個加熱器108a、108b而使鹼金屬原子氣體產生氣流，只要可使鹼金屬原子氣體中產生氣流則加熱器之數量並無特別限定。

2.第2實施形態

其次，關於第2實施形態之原子振盪器，一面參照圖式一面進行說明。圖8係模式性地表示第2實施形態之原子振盪器之光學模組201的立體圖。圖9係模式性地表示光學模組201之剖面圖。再者，圖9為圖8之IX-IX線剖面圖。以下，於第2實施形態之光學模組201中，對於與第1實施形態之光學模組1之構成構件具有相同之功能之構件附上相同之符號，且省略其詳細之說明。

於光學模組201中，如圖8及圖9所示般，氣流生成部108係包含發光部210、及對自發光部210出射之光進行吸收之光吸收部220而構

成。

發光部210可藉由對氣室4照射光而供給熱。發光部210例如出射紅外線IR，光吸收部220係藉由可吸收紅外線IR之材料而形成。自發光部210出射之紅外線IR係照射光吸收部220。作為發光部210，例如可使用紅外線燈、半導體雷射等發光裝置。

光吸收部220係吸收自發光部210出射之紅外線IR而發熱。藉此，可對氣室4供給熱。於圖示之例中，光吸收部220係設置於氣室4之下表面。於氣室4中，設置有自第1側面4a貫通至第2側面4b之貫通孔5。因此，藉由利用光吸收部220自氣室4之下表面側供給熱，而可使鹼金屬原子氣體產生環繞貫通孔5之周圍的氣流S。

於圖9所示之例中，自與共振光L之前進方向(X方向)正交之方向(Y方向)觀察，使鹼金屬原子氣體產生向右旋轉之氣流S。共振光L通過貫通孔5之上方(較貫通孔5更位於+Z方向側)。因此，於照射有共振光L之區域中，鹼金屬原子氣體之氣流S產生於與共振光L之前進方向(X方向)平行之方向。因此，與鹼金屬原子向隨機之方向運動之情形相比，可使鹼金屬原子之X方向(共振光L之前進方向)之速度分量之差異減小。進而，由於共振光L之前進方向與鹼金屬原子氣體之氣流S之方向相同，故而與共振光L之前進方向與鹼金屬原子氣體之氣流S之方向不同之情形相比，可提高EIT之表現效率。其原因在於：共振光L之前進方向與鹼金屬原子氣體之氣流S之方向相同之情形，與共振光L之前進方向與鹼金屬原子氣體之氣流S之方向不同之情形相比，鹼金屬原子與共振光L之相互作用時間變長。

再者，本實施形態之原子振盪器之其他構成與上述原子振盪器100相同，省略其說明。

本實施形態之光學模組例如具有以下之特徵。

根據本實施形態之光學模組201，與第1實施形態之光學模組1同

樣地，藉由氣流生成部108使鹼金屬原子氣體產生氣流，藉此可抑制因光之都卜勒效應而引起之頻率精度之降低。因此，光學模組201可具有較高之頻率精度。

根據光學模組201，氣流生成部108可藉由使氣室內產生溫度梯度，而使鹼金屬原子氣體產生氣流。藉此，例如，如上述般可藉由使用有發光部210及光吸收部220等之簡單之構成而使鹼金屬原子氣體產生氣流。因此，可謀求裝置之簡單化。

根據本實施形態之光學模組201，由於共振光L之前進方向與鹼金屬原子氣體之氣流S之方向相同，故而與共振光L之前進方向與鹼金屬原子氣體之氣流S之方向不同之情形相比，可提高EIT之表現效率。

再者，本發明並不限定於上述實施形態，可於本發明之要旨之範圍內進行各種變形實施。

例如，於上述第1實施形態中，如圖5所示般，對於在共振光L照射之區域中，鹼金屬原子氣體之氣流S相對於共振光L之前進方向(X方向)，於垂直之方向(Z方向)產生之情形進行說明。又，於上述第2實施形態中，如圖9所示般，於共振光L照射之區域中，鹼金屬原子氣體之氣流S產生於與共振光L之前進方向(X方向)相同之方向的情形進行了說明，共振光L照射之區域中之鹼金屬原子氣體之氣流S之方向並無特別限定。無論鹼金屬原子氣體之氣流S之方向相對於共振光L之前進方向為何種方向，如上述般，鹼金屬原子之X方向之速度分量與鹼金屬原子向隨機之方向運動之情形相比，差異較小。因此，於共振光L照射之區域中，只要使鹼金屬原子氣體產生氣流S，則無論其氣流S之方向如何，均可使原子振盪器之頻率精度提高。

又，例如，於上述第1實施形態中，如圖4所示般，氣流生成部108係包含加熱器108a、108b而構成，於上述第2實施形態中，如圖8

所示般，包含發光部210及光吸收部220而構成，但氣流生成部之構成並不限定於此。氣流生成部只要可使氣室內之鹼金屬原子氣體中產生氣流，則其構成並不限定於此。

本發明包含與實施形態中所說明之構成實質上相同之構成(例如，功能、方法及結果相同之構成，或者目的及效果相同之構成)。又，本發明包含對實施形態中所說明之構成之非本質之部分進行置換而成之構成。又，本發明包含與實施形態中所說明之構成發揮相同之作用效果之構成或可達成相同之目的之構成。又，本發明包含對在實施形態中所說明之構成附加周知技術而成之構成。

【符號說明】

1	光學模組
2	光源部
4	氣室
4a	第1側面
4b	第2側面
5	貫通孔
6	光檢測部
8	氣流生成部
100	原子振盪器
101	控制部
102	半導體雷射
103	準直透鏡
106	光檢測器
108	氣流生成部
108a	第1加熱器
108b	第2加熱器

160	第1檢波電路
162	第1低頻振盪器
164	電流驅動電路
170	第2檢波電路
172	第2低頻振盪器
174	檢波用調變電路
176	調變頻率產生電路
201	光學模組
L	共振光
S	氣流

申請專利範圍

1. 一種原子振盪器用之光學模組，其特徵在於其係利用量子干涉效應者，包括：
光源部，其出射具有兩種不同波長之共振光；
氣室，其封入有鹼金屬原子氣體，且被照射上述共振光；
光檢測部，其對透過上述氣室之上述共振光之強度進行檢測；以及
氣流生成部，其產生上述鹼金屬原子氣體之氣流。
2. 如請求項1之原子振盪器用之光學模組，其中上述氣流生成部係使上述氣室內產生溫度梯度。
3. 如請求項1之原子振盪器用之光學模組，其中上述氣流生成部包括對上述氣室供給熱之加熱器。
4. 如請求項1之原子振盪器用之光學模組，其中，
上述氣室為長方體，且
上述氣流生成部包括：
第1加熱器，其設置於上述氣室之第1面；
第2加熱器，其設置於上述氣室之與上述第1面對向之第2面；且
使用時之上述第1加熱器之溫度較上述使用時之上述第2加熱器之溫度高。
5. 如請求項1之原子振盪器用之光學模組，其中上述氣流生成部包括對上述氣室照射光之發光部、及吸收自上述發光部照射之光並產生熱之光吸收部。
6. 如請求項1之原子振盪器用之光學模組，其中上述氣流生成部係使上述鹼金屬原子氣體產生與上述共振光之前進方向平行之方

向之氣流。

7. 如請求項2之原子振盪器用之光學模組，其中上述氣流生成部係使上述鹼金屬原子氣體產生與上述共振光之前進方向平行之方向的氣流。
8. 如請求項3之原子振盪器用之光學模組，其中上述氣流生成部係使上述鹼金屬原子氣體產生與上述共振光之前進方向平行之方向的氣流。
9. 如請求項4之原子振盪器用之光學模組，其中上述氣流生成部係使上述鹼金屬原子氣體產生與上述共振光之前進方向平行之方向的氣流。
10. 如請求項1之原子振盪器用之光學模組，其中上述氣流生成部係使上述鹼金屬原子氣體產生相對於上述共振光之前進方向為垂直之方向的氣流。
11. 如請求項2之原子振盪器用之光學模組，其中上述氣流生成部係使上述鹼金屬原子氣體產生相對於上述共振光之前進方向為垂直之方向的氣流。
12. 如請求項3之原子振盪器用之光學模組，其中上述氣流生成部係使上述鹼金屬原子氣體產生相對於上述共振光之前進方向為垂直之方向的氣流。
13. 如請求項4之原子振盪器用之光學模組，其中上述氣流生成部係使上述鹼金屬原子氣體產生相對於上述共振光之前進方向為垂直之方向的氣流。
14. 一種原子振盪器，其特徵在於包括如請求項1之原子振盪器用之光學模組。
15. 一種原子振盪器，其特徵在於包括如請求項2之原子振盪器用之光學模組。

16. 一種原子振盪器，其特徵在於包括如請求項3之原子振盪器用之光學模組。
17. 一種原子振盪器，其特徵在於包括如請求項4之原子振盪器用之光學模組。
18. 一種原子振盪器，其特徵在於包括如請求項5之原子振盪器用之光學模組。
19. 一種原子振盪器，其特徵在於包括如請求項6之原子振盪器用之光學模組。
20. 一種原子振盪器，其特徵在於包括如請求項10之原子振盪器用之光學模組。

圖式

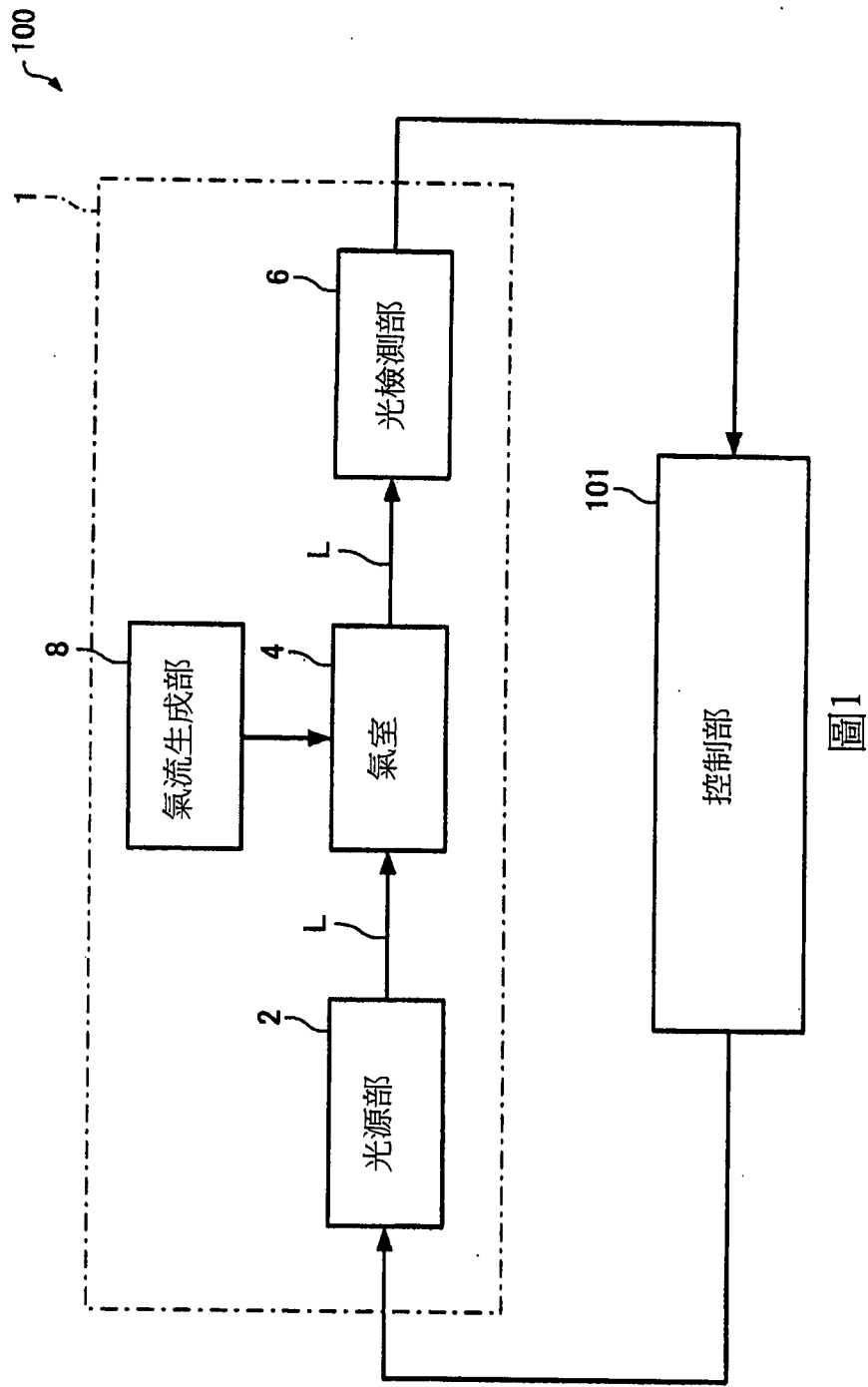
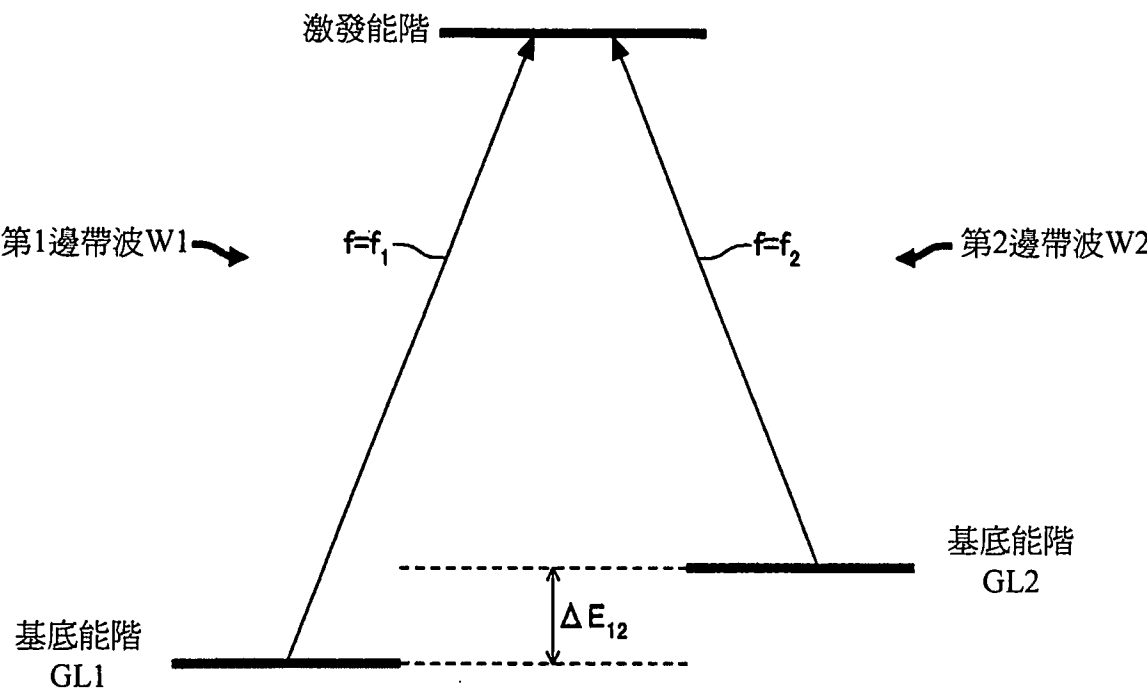


圖1

(A)



(B)

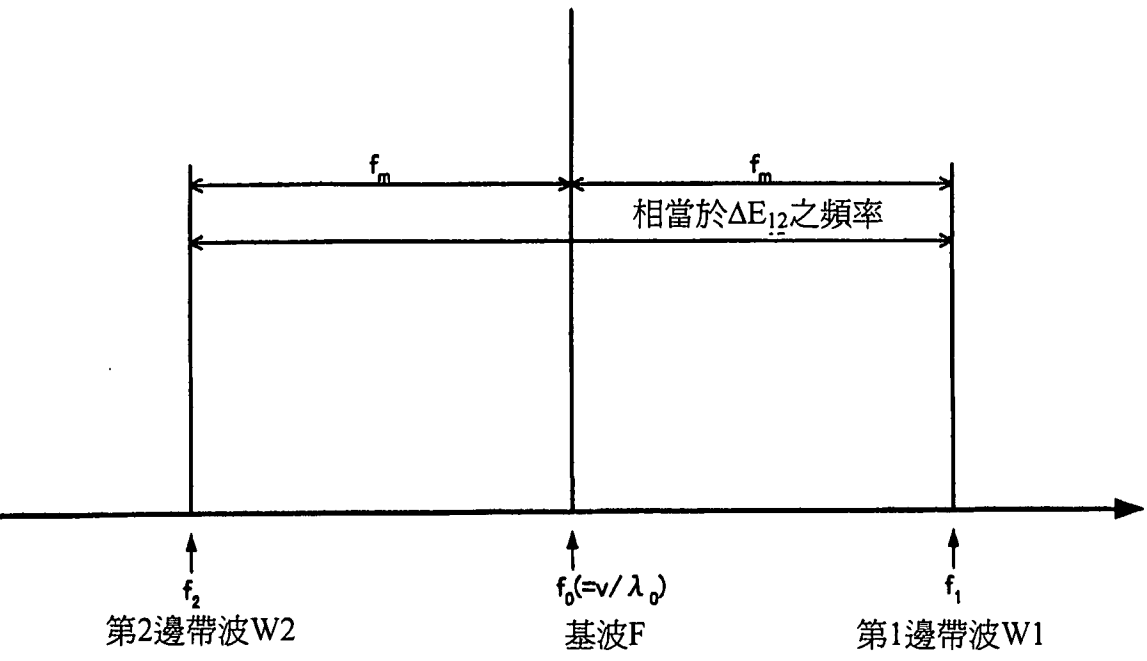


圖2

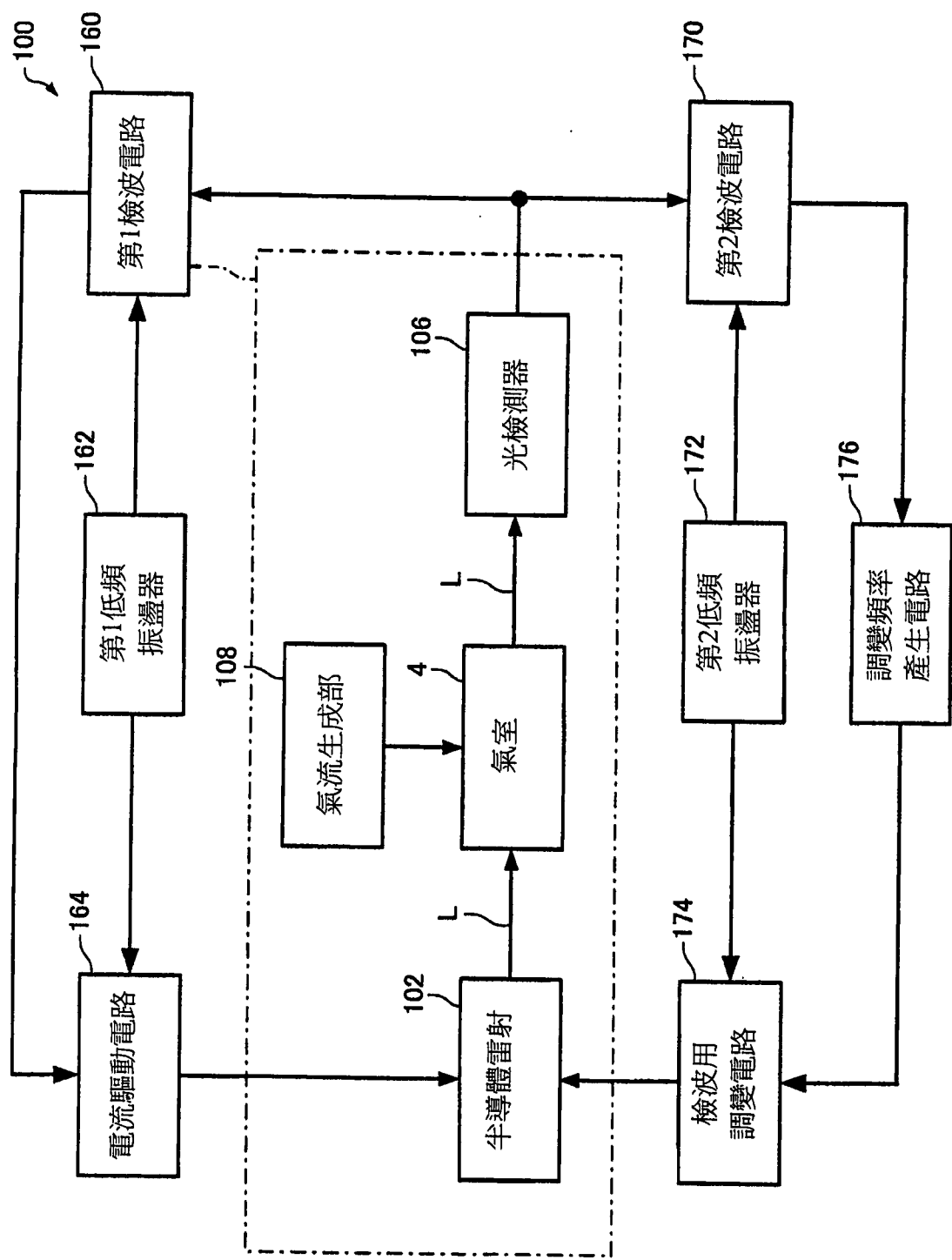


圖3

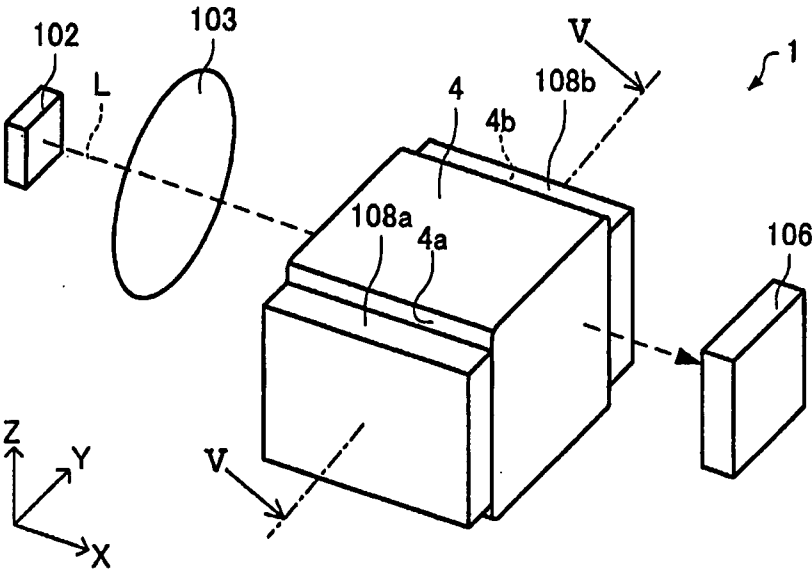


圖4

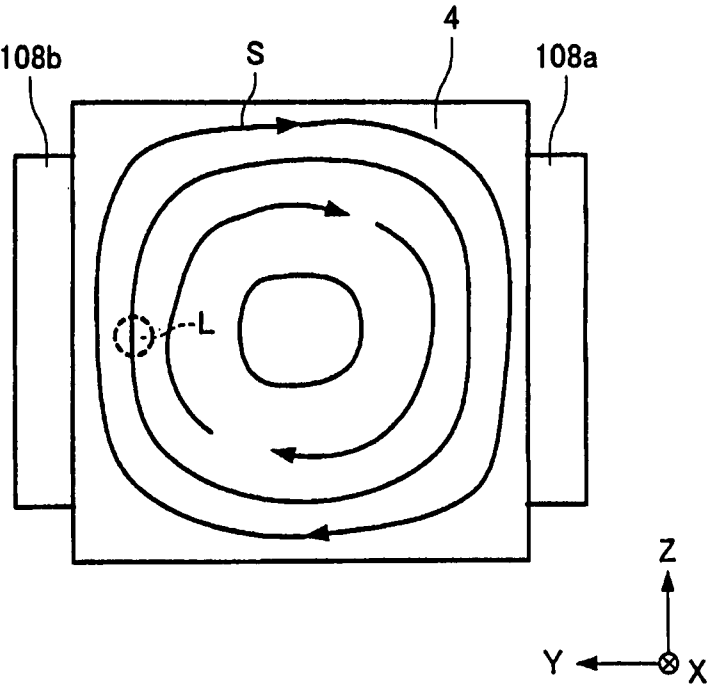


圖5

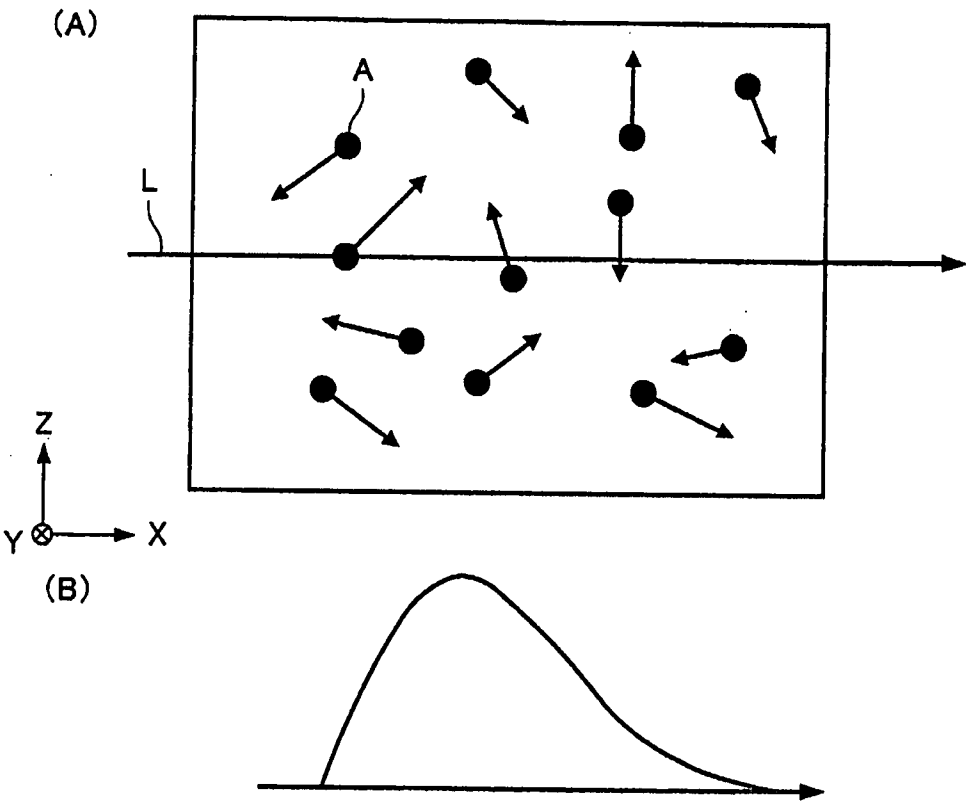


圖6

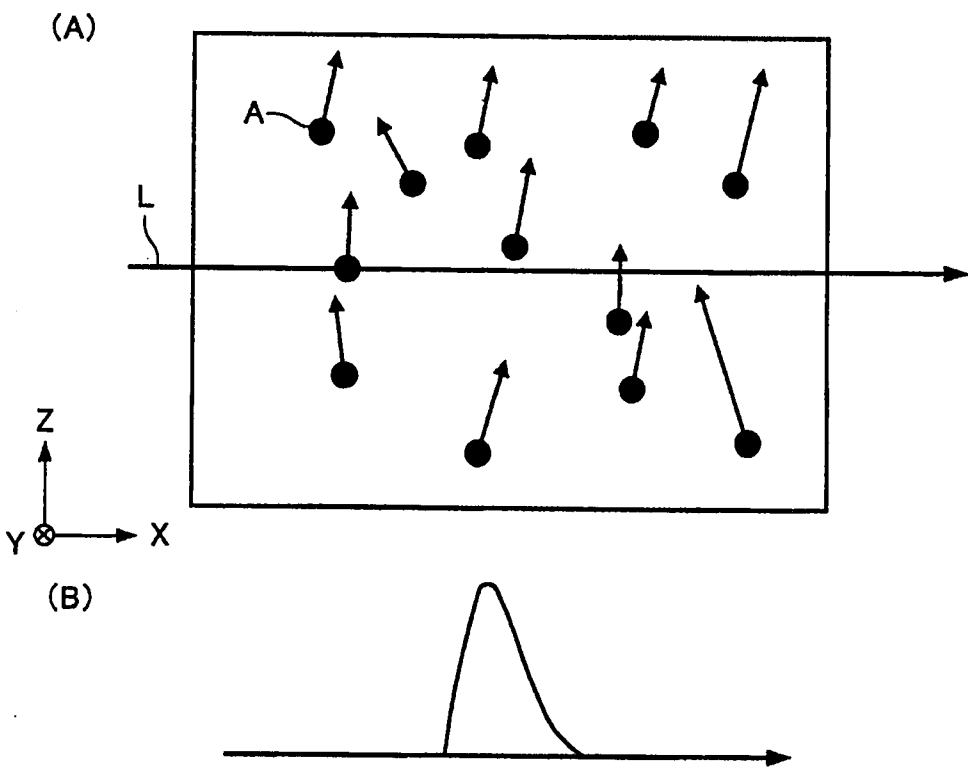


圖7

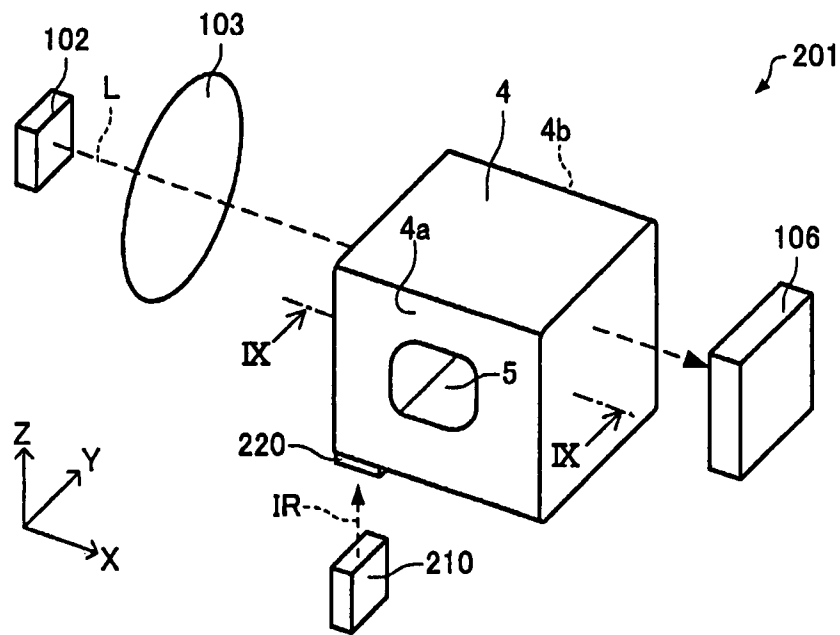


圖8

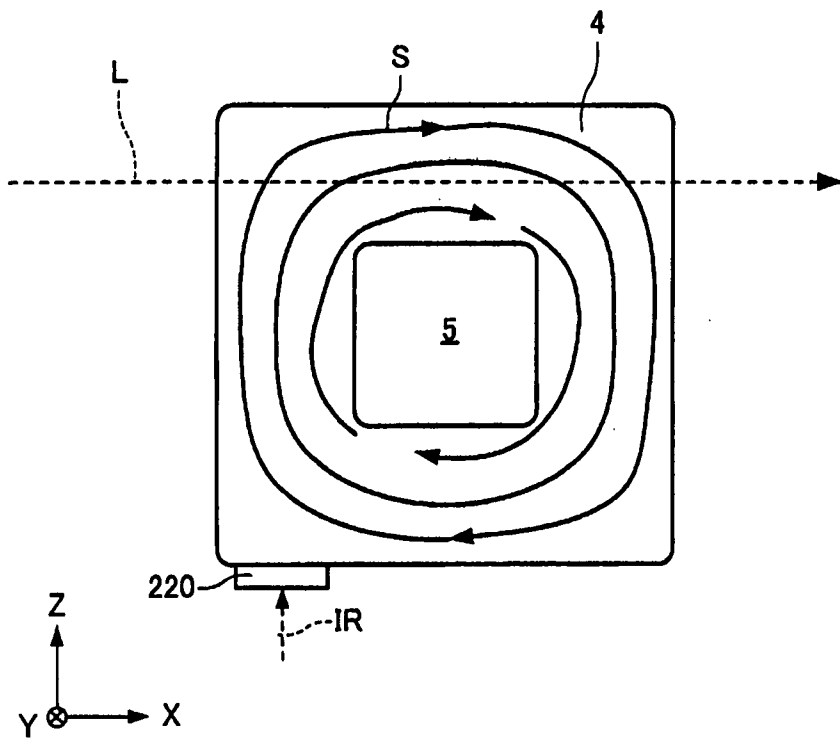


圖9