

(21)申請案號：102100606

(22)申請日：中華民國 102 (2013) 年 01 月 08 日

(51)Int. Cl. : G04F5/14 (2006.01)

H03L7/26 (2006.01)

(30)優先權：2012/01/11 日本

2012-003274

(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：7 共 45 頁

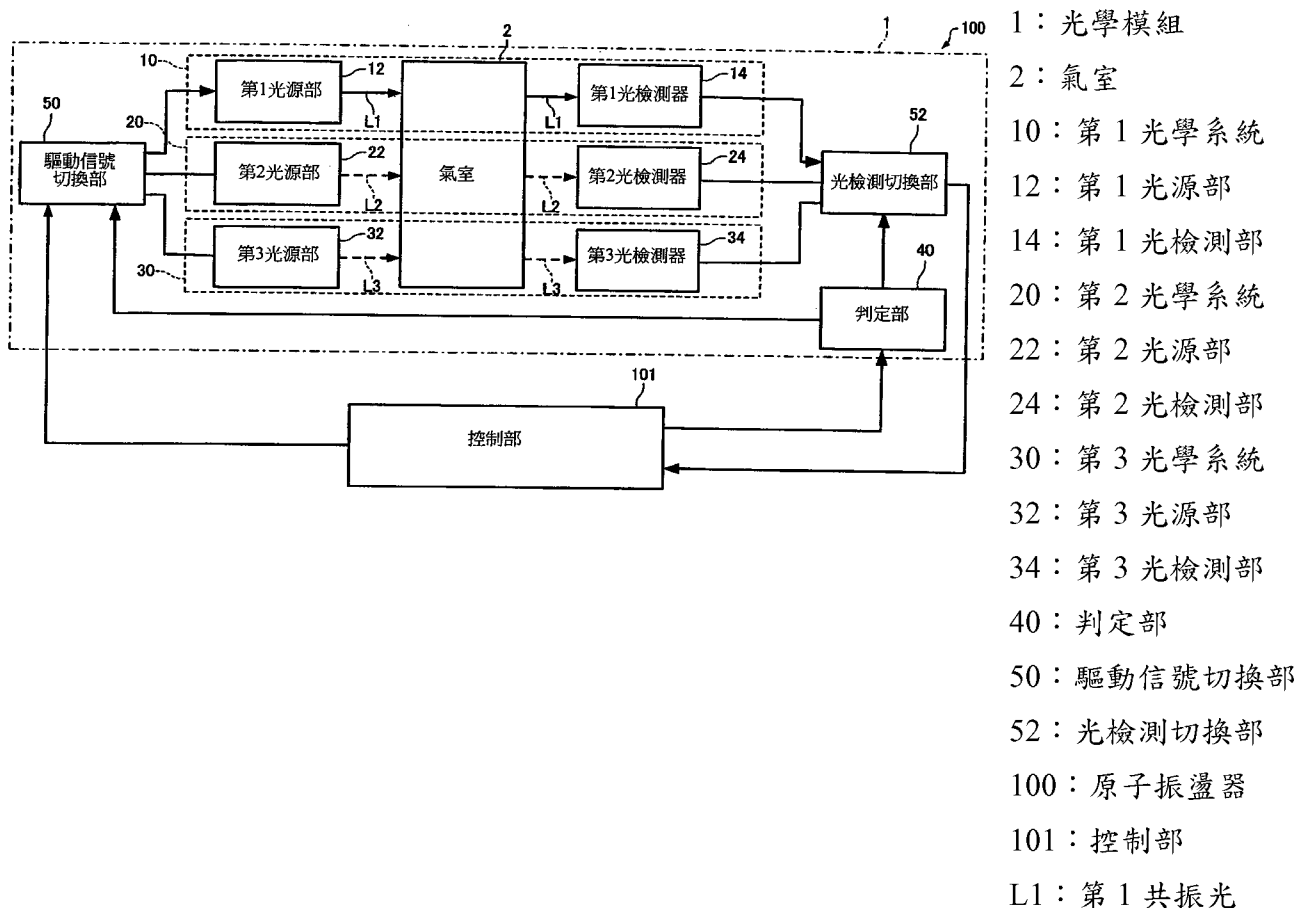
(54)名稱

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

本發明之原子振盪器用之光學模組，其係利用量子干涉效應者，其特徵在於包括：第 1 光源部，其出射第 1 共振光；氣室，其封入有鹼金屬原子；第 1 光檢測部，其對透過上述氣室之上述第 1 共振光之強度進行檢測；判定部，其對上述第 1 光源部是否發生故障進行判定；第 2 光源部，其於藉由上述判定部判定上述第 1 光源部發生故障之情形時，對上述氣室照射第 2 共振光；以及第 2 光檢測部，其對透過上述氣室之上述第 2 共振光之強度進行檢測；且上述氣室中之上述第 1 共振光之光程長度與上述氣室中之上述第 2 共振光之光程長度相等。



L2：第 2 共振光

L3：第 3 共振光

(21)申請案號：102100606

(22)申請日：中華民國 102 (2013) 年 01 月 08 日

(51)Int. Cl. : G04F5/14 (2006.01)

H03L7/26 (2006.01)

(30)優先權：2012/01/11 日本

2012-003274

(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：7 共 45 頁

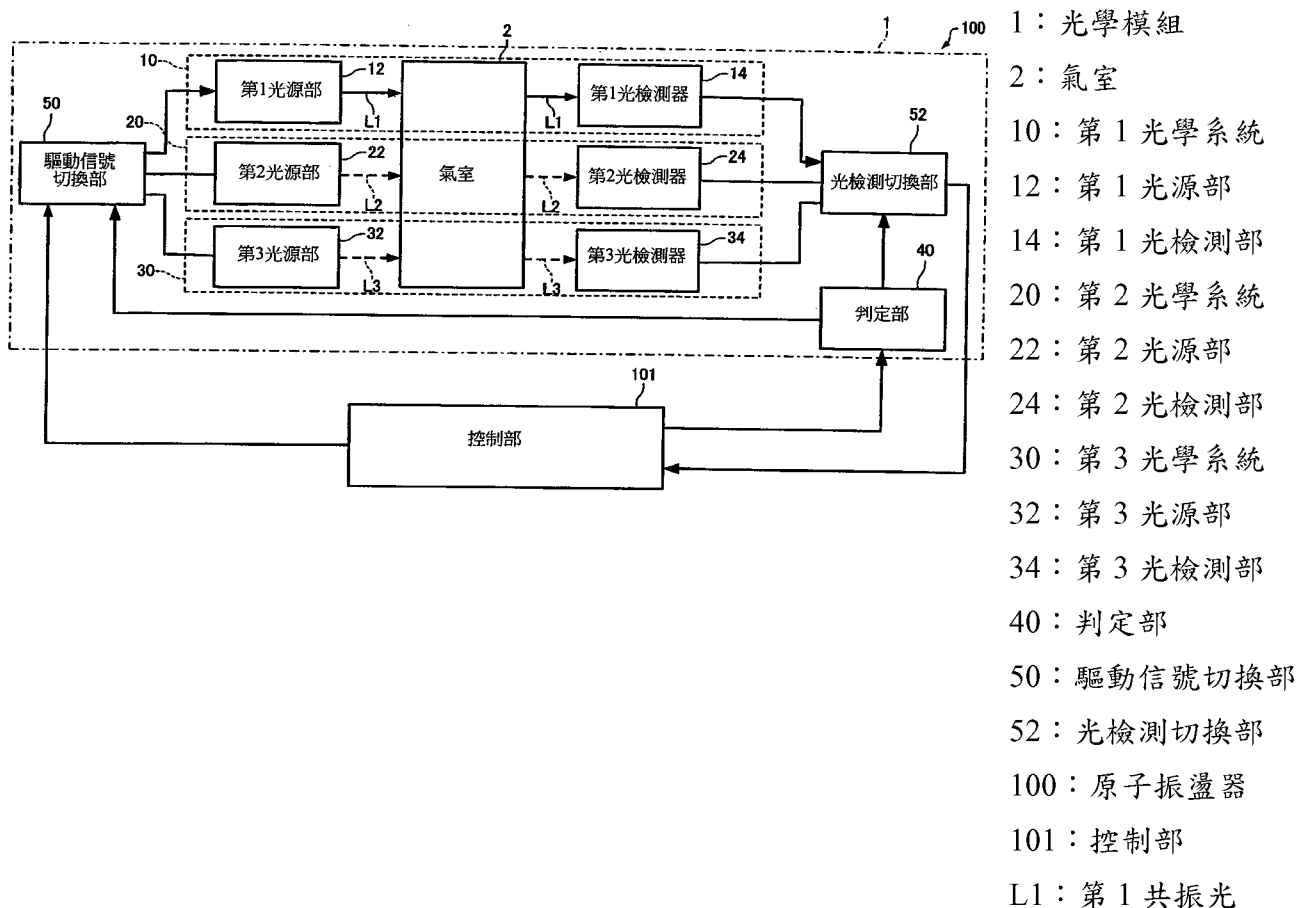
(54)名稱

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

本發明之原子振盪器用之光學模組，其係利用量子干涉效應者，其特徵在於包括：第 1 光源部，其出射第 1 共振光；氣室，其封入有鹼金屬原子；第 1 光檢測部，其對透過上述氣室之上述第 1 共振光之強度進行檢測；判定部，其對上述第 1 光源部是否發生故障進行判定；第 2 光源部，其於藉由上述判定部判定上述第 1 光源部發生故障之情形時，對上述氣室照射第 2 共振光；以及第 2 光檢測部，其對透過上述氣室之上述第 2 共振光之強度進行檢測；且上述氣室中之上述第 1 共振光之光程長度與上述氣室中之上述第 2 共振光之光程長度相等。



發明摘要

※ 申請案號：102100606

※ 申請日：102.11.8

※IPC 分類：G04F 5/14 (2006.1)
H03L 7/26 (2006.1)

【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】

本發明之原子振盪器用之光學模組，其係利用量子干涉效應者，其特徵在於包括：第1光源部，其出射第1共振光；氣室，其封入有鹼金屬原子；第1光檢測部，其對透過上述氣室之上述第1共振光之強度進行檢測；判定部，其對上述第1光源部是否發生故障進行判定；第2光源部，其於藉由上述判定部判定上述第1光源部發生故障之情形時，對上述氣室照射第2共振光；以及第2光檢測部，其對透過上述氣室之上述第2共振光之強度進行檢測；且上述氣室中之上述第1共振光之光程長度與上述氣室中之上述第2共振光之光程長度相等。

【英文】

An optical module for an atomic oscillator using a quantum interference effect includes a first light source unit that emits first resonance light, a gas cell in which an alkali metal atom is sealed, a first light detection unit that detects the intensity of the first resonance light having passed through the gas cell, a determination unit that determines whether or not the first light source unit has failed, a second light source unit that irradiates the gas cell with second resonance light when the determination unit determines that the first light source unit has failed, and a second light detection unit that detects the intensity of the second resonance light having passed through the gas cell, and the optical path length of the first resonance light in the gas cell and the optical path length of the second resonance light in the gas cell are equal to each other.

【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	氣室
10	第1光學系統
12	第1光源部
14	第1光檢測部
20	第2光學系統
22	第2光源部
24	第2光檢測部
30	第3光學系統
32	第3光源部
34	第3光檢測部
40	判定部
50	驅動信號切換部
52	光檢測切換部
100	原子振盪器
101	控制部
L1	第1共振光
L2	第2共振光
L3	第3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，同調居量補獲)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。

原子振盪器作為高精度之振盪器，廣泛地用於通信基地台等中。於此種通信基地台等中，由於要求較高之可靠性，故而具備複數個備用之原子振盪器，於發生故障之情形時，立即組成切換為代替機之系統。

然而，於上述般之切換為代替機之系統中，有如下之問題：即便構成原子振盪器之構件之一部分發生故障，亦必須更換原子振盪器整體，從而花費了更換成本。

例如，於專利文獻1中所揭示之原子振盪器用之光學模組中，藉由具備使一體地構成氣室與加熱器而成之氣室組件可插拔的支架，而使氣室之更換為可能，且降低了更換成本。

[先前技術文獻]

[專利文獻]

[專利文獻1]日本專利特開2009-231688號公報

【發明內容】

[發明所欲解決之問題]

然而，就專利文獻1之原子振盪器用之光學模組而言，於光源發生故障之情形時，有無法應對之問題。

本發明之若干態樣之目的之一在於提供一種可降低更換成本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的原子振盪器。

[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：

第1光源部，其出射具有兩種不同波長的第1共振光；

氣室，其封入有鹼金屬原子；

第1光檢測部，其對透過上述氣室之上述第1共振光之強度進行檢測；

判定部，其對上述第1光源部是否發生故障進行判定；

第2光源部，其於藉由上述判定部判定上述第1光源部發生故障之情形時，對上述氣室照射具有兩種不同波長的第2共振光；以及

第2光檢測部，其對透過上述氣室之上述第2共振光之強度進行檢測；且

上述氣室中之上述第1共振光的光程長度與上述氣室中之上述第2共振光的光程長度相等。

根據此種原子振盪器用之光學模組，於判定第1光源部發生故障之情形時，第2光源部可對氣室照射共振光。因此，即便第1光源部發

生故障，亦無需更換光學模組整體，故而可降低更換成本。

於本發明之原子振盪器用之光學模組中，

上述氣室之形狀亦可為具有6個以上之偶數個面之多面體。

根據此種原子振盪器用之光學模組，即便第1光源部發生故障，亦無需更換光學模組整體，故而可降低更換成本。

於本發明之原子振盪器用之光學模組中，

上述氣室包含：

第1面；

與上述第1面相對向之第2面；

第3面；

與上述第3面相對向之第4面；且

上述第1面與上述第2面之間的距離和上述第3面與上述第4面之間的距離相等，

上述第1共振光亦可入射至上述第1面，且

上述第1光檢測部可對自上述第2面出射之上述第1共振光進行檢測，

上述第2共振光可入射至上述第3面，

上述第2光檢測部可對自上述第4面出射之上述第2共振光進行檢測。

根據此種原子振盪器用之光學模組，可容易地使氣室中之第1共振光之光程長度與氣室中之第2共振光之光程長度相等。

於本發明之原子振盪器用之光學模組中，

上述第1共振光亦可相對於上述第1面垂直地入射，且

上述第2共振光可相對於上述第3面垂直地入射。

根據此種原子振盪器用之光學模組，例如於氣室中設置有抗反射膜之情形時，抗反射膜之設計變得容易。

於本發明之原子振盪器用之光學模組中，

上述氣室之形狀為長方體，

上述第1共振光及第2共振光亦能夠以通過上述氣室之中心的方式入射至上述氣室內。

根據此種原子振盪器用之光學模組，可減少因鹼金屬原子碰撞氣室壁面而產生之影響。

於本發明之原子振盪器用之光學模組中，

上述氣室之形狀亦可為圓柱。

根據此種原子振盪器用之光學模組，例如與氣室之形狀為長方體之情形相比，第1光源部、第1光檢測部、第2光源部、及第2光檢測部之配置之自由度較高。

於本發明之原子振盪器用之光學模組中，

上述第1共振光及上述第2共振光亦可入射至上述氣室之圓柱面。

根據此種原子振盪器用之光學模組，可容易地使氣室中之第1共振光之光程長度與氣室中之第2共振光之光程長度相等。

於本發明之原子振盪器用之光學模組中，

上述第1共振光及上述第2共振光亦能夠以與上述氣室之上述圓柱之中心軸正交之方式入射至上述氣室。

根據此種原子振盪器用之光學模組，可減少因鹼金屬原子碰撞氣室壁面而產生之影響。

於本發明之原子振盪器用之光學模組中，

上述氣室之形狀亦可為球體。

根據此種原子振盪器用之光學模組，例如與氣室之形狀為長方體之情形相比，第1光源部、第1光檢測部、第2光源部、及第2光檢測部之配置之自由度較高。

於本發明之原子振盪器用之光學模組中，

上述第1共振光及上述第2共振光亦能夠以通過上述氣室之中心之方式入射至上述氣室。

根據此種原子振盪器用之光學模組，可減少因鹼金屬原子碰撞氣室壁面而產生之影響。

於本發明之原子振盪器用之光學模組中，

上述判定部亦可根據由上述第1光檢測部所檢測出之上述第1共振光之強度，對第1光源部是否發生故障進行判定。

根據此種原子振盪器用之光學模組，可不設置用以對故障進行判定之附加構成，而藉由簡單之構成對故障進行判定。

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，由於包含本發明之原子振盪器用之光學模組，故而可降低更換成本。

【圖式簡單說明】

圖1係第1實施形態之原子振盪器的功能方塊圖。

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處理之流程圖之一例的圖。

圖4係表示第1實施形態之原子振盪器之構成的圖。

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立體圖。

圖6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7係模式性地表示第3實施形態之原子振盪器之光學模組的立體圖。

【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係包含第1光學系統10、第2光學系統20、第3光學系統30、判定部40、驅動信號切換部50、以及光檢測切換部52而構成。

於光學模組1中，藉由判定部40判定第1光學系統10之第1光源部12發生故障之情形時，第2光學系統20之第2光源部22對氣室2照射第2共振光L2，第2光檢測部24對透過氣室2之第2共振光L2進行檢測。又，藉由判定部40判定第2光源部22發生故障之情形時，第3光學系統30之第3光源部32對氣室2照射第3共振光L3，第3光檢測部34對透過氣室2之第3共振光L3進行檢測。再者，圖1表示使用第1光學系統10之狀態(第1光源部12出射第1共振光L1之狀態)。

第1光學系統10係包含第1光源部12、氣室2、及第1光檢測部14而構成。

第1光源部12係出射具有兩種不同波長的第1共振光L1。於第1光源部12中產生之第1共振光L1，包含相對於中心頻率 f_0 於上邊帶(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 於下邊帶具有頻率 $f_2=f_0-f_m$ 之第2邊帶波W2(參照圖2)。

氣室2係於容器中封入有氣體狀之鹼金屬原子(鈉(Na)原子、鉀(Rb)原子、銫(Cs)原子等)者。氣室2為第1光學系統10、第2光學系統20、及第3光學系統30中共用之構件。

第1光檢測部14係對透過氣室2之第1共振光L1之強度進行檢測。

第2光學系統20係包含第2光源部22、氣室2、及第2光檢測部24而構成。

第2光源部22係於藉由判定部40判定第1光源部12發生故障之情形時，對氣室2照射具有兩種不同波長的第2共振光L2。於第2光源部22中產生之第2共振光L2係與第1共振光L1同樣地包含具有頻率 $f_1=f_0+f_m$ 之第1邊帶波W1、及具有頻率 $f_1=f_0-f_m$ 之第2邊帶波W2。此處，氣室2中之第2共振光L2之光程長度與氣室2中之第1共振光L1之光程長度相等。再者，所謂氣室2中之光程長度係指各共振光於氣室2內前進之光軸上之距離。

第2光檢測部24係對透過氣室2之第2共振光L2之強度進行檢測。

第3光學系統30係包含第3光源部32、氣室2、及第3光檢測部34而構成。

第3光源部32係於藉由判定部40判定第2光源部22發生故障之情形時，對氣室2照射具有兩種不同波長之第3共振光L3。於第3光源部32中產生之第3共振光L3係與第1共振光L1及第2共振光L2同樣地包含具有頻率 $f_1=f_0+f_m$ 之第1邊帶波W1、及具有頻率 $f_1=f_0-f_m$ 之第2邊帶波W2。此處，氣室2中之第1共振光L1之光程長度、氣室2中之第2共振光L2之光程長度、及氣室2中之第3共振光L3之光程長度相等。

第3光檢測部34係對透過氣室2之第3共振光L3之強度進行檢測。

判定部40係根據藉由第1光檢測部14所檢測出之第1共振光L1之強度，進行第1光源部12是否發生故障之判定。又，判定部40係根據

藉由第2光檢測部24所檢測出之第2共振光L2之強度，進行第2光源部22是否發生故障之判定。

例如，判定部40係於第1共振光L1之強度較特定之閾值小之情形時，判定第1光源部12發生故障。又，判定部40係於第1共振光L1之強度為特定之閾值以上之情形時，判定第1光源部12未發生故障。判定部40係於判定第1光源部12未發生故障之情形時，繼而，根據藉由第1光檢測部14所檢測出之第1共振光L1之強度進行判定。

又，例如，判定部40係於第2共振光L2之強度較特定之閾值小之情形時，判定第2光源部22發生故障。又，判定部40係於第2共振光L2之強度為特定之閾值以上之情形時，判定第2光源部22未發生故障。判定部40係於判定第2光源部22未發生故障之情形時，繼而，根據藉由第2光檢測部24所檢測出之第2共振光L2之強度進行判定。

再者，如上所述，所謂光源部是否發生故障之判定係指光源部是否出射特定之強度以上之共振光的判定。換言之，無法出射特定之強度以上之共振光的光源部被判定為故障。於上述之例中，藉由各檢測部對透過氣室2之各共振光之強度進行檢測並進行判定，但亦可藉由與各檢測部分開設置之光檢測器對向氣室2入射前之各共振光進行檢測並判定。又，若可檢測到光源部之異常，則亦可使用除檢測共振光之強度外之方法進行故障之判定。例如，亦可藉由檢測各光源部之電流值或電壓值之異常，對故障進行判定。

驅動信號切換部50係根據判定部40之判定結果，選擇性地將光源部12、22、32與控制部101連接。具體而言，如圖1所示般，驅動信號切換部50係將第1光源部12與控制部101連接，直至藉由判定部40判定第1光源部12發生故障為止。藉此，控制部101之輸出信號(驅動信號)輸入至第1光源部12。其後，於藉由判定部40判定第1光源部12發生故障之情形時，驅動信號切換部50係將連接自第1光源部12切換至

第2光源部22，從而將第2光源部22與控制部101連接。藉此，驅動信號輸入至第2光源部22。其後，藉由判定部40判定第2光源部22發生故障之情形時，驅動信號切換部50係將連接自第2光源部22切換至第3光源部32，從而將第3光源部32與控制部101連接。藉此，驅動信號輸入至第3光源部32。

光檢測切換部52係根據判定部40之判定結果，選擇性地將光檢測部14、24、34與控制部101連接。具體而言，如圖1所示般，光檢測切換部52係將第1光檢測部14與控制部101連接，直至藉由判定部40判定第1光源部12發生故障為止。藉此，第1光檢測部14之輸出信號輸入至控制部101。其後，藉由判定部40判定第1光源部12發生故障之情形時，光檢測切換部52係將連接自第1光檢測部14切換至第2光檢測部24，從而將第2光檢測部24與控制部101連接。藉此，第2光檢測部24之輸出信號輸入至控制部101。其後，藉由判定部40判定第2光源部22發生故障之情形時，光檢測切換部52係將連接自第2光檢測部24切換至第3光檢測部34，從而將第3光檢測部34與控制部101連接。藉此，第3光檢測部34之輸出信號輸入至控制部101。

控制部101係根據光檢測部14、24、34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14、24、34之檢測結果，產生包含調變頻率 f_m 的驅動信號。而且，該驅動信號係經由驅動信號切換部50輸入至光源部12、22、32。具體而言，如下所述。

若藉由光檢測切換部52將第1光檢測部14與控制部101連接，則控制部101係根據第1光檢測部14之檢測結果，產生包含調變頻率 f_m 之驅動信號。而且，該驅動信號係經由驅動信號切換部50輸入至第1光源部12。第1光源部12係根據驅動信號對具有特定之頻率 f_0 之基波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。

又，若藉由光檢測切換部52將第2光檢測部24與控制部101連接，則控制部101係根據第2光檢測部24之檢測結果，產生包含調變頻率 f_m 之驅動信號。而且，該驅動信號係經由驅動信號切換部50輸入至第2光源部22。第2光源部22係根據驅動信號對具有特定之頻率 f_0 之基波F進行調變，產生具有頻率 f_1 之第1邊帶波W1、及具有頻率 f_2 之第2邊帶波W2。

又，若藉由光檢測切換部52將第3光檢測部34與控制部101連接，則控制部101係根據第3光檢測部34之檢測結果，產生包含調變頻率 f_m 之驅動信號。而且，該驅動信號係經由驅動信號切換部50輸入至第3光源部32。第3光源部32係根據驅動信號對具有特定之頻率 f_0 之基波F進行調變，產生具有頻率 f_1 之第1邊帶波W1、及具有頻率 f_2 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。

於光源部12、22、32中產生之共振光L1、L2、L3包含如圖2(B)所示之具有中心頻率 $f_0(=v/\lambda_0)$ ： 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、以及相對於中心頻率 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 的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。

圖3係表示本實施形態之原子振盪器100之處理之流程圖之一例的圖。

驅動信號切換部50將第1光源部12與控制部101連接(S100)。藉此，驅動信號被供給至第1光源部12。第1光源部12接收該驅動信號並出射第1共振光L1。第1共振光L1透過氣室2，並入射至第1光檢測部14。第1光檢測部14對第1共振光L1之強度進行檢測。

光檢測切換部52將第1光檢測部14與控制部101連接(S102)。控制部101根據第1光檢測部14之檢測結果，生成包含調變頻率 f_m 之驅動信號。該驅動信號經由驅動信號切換部50輸入至第1光源部12。

再者，亦可於光檢測切換部52將第1光檢測部14與控制部101連接之後，驅動信號切換部50將第1光源部12與控制部101連接。

判定部40係根據第1共振光L1之強度，進行第1光源部12是否發生故障之判定(S104)。重複地進行步驟S104之判定處理，直至判定部

40判定第1光源部12發生故障為止(於S106中變為Yes為止)。

而且，於藉由判定部40判定第1光源部12發生故障之情形時(於S106中為Yes)，驅動信號切換部50將連接自第1光源部12切換至第2光源部22，從而將第2光源部22與控制部101連接(S108)。藉此，驅動信號經由驅動信號切換部50輸入至第2光源部22。

第2光源部22接收驅動信號並出射第2共振光L2。第2共振光L2係透過氣室2入射至第2光檢測部24。第2光檢測部24係對第2共振光L2進行檢測。

藉由判定部40判定第1光源部12發生故障之情形(於S106中為Yes)時，光檢測切換部52將連接自第1光檢測部14切換至第2光檢測部24，從而將第2光檢測部24與控制部101連接(S110)。控制部101根據第2光檢測部24之檢測結果，生成包含調變頻率 f_m 之驅動信號。該驅動信號係經由驅動信號切換部50輸入至第2光源部22。

判定部40係根據第2共振光L2之強度，進行第2光源部22是否發生故障之判定(S112)。重複進行步驟S112之判定處理，直至判定部40判定第2光源部22發生故障為止(於S114中成為Yes為止)。

而且，藉由判定部40判定第2光源部22發生故障之情形(於S114中為Yes)時，驅動信號切換部50將連接自第2光源部22切換至第3光源部32，從而將第3光源部32與控制部101連接(S116)。

第3光源部32接收驅動信號並出射第3共振光L3。第3共振光L3透過氣室2而入射至第3光檢測部34。第3光檢測部34對第3共振光L3進行檢測。

藉由判定部40判定第2光源部22發生故障之情形(於S114中為Yes)時，光檢測切換部52將連接自第2光檢測部24切換至第3光檢測部34，從而將第3光檢測部34與控制部101連接(S118)。控制部101根據第3光檢測部34之檢測結果，生成包含調變頻率 f_m 之驅動信號。該驅動信號

經由驅動信號切換部50輸入至第3光源部32。

例如，藉由對控制部101輸入用以使處理結束之信號，原子振盪器100結束處理。

以下，對第1實施形態之原子振盪器之更具體的構成進行說明。

圖4係表示第1實施形態之原子振盪器100之構成的圖。再者，於圖4中，表示使用第1光學系統10之狀態。

如圖4所示般，原子振盪器100係包含第1半導體雷射112、氣室2、第1光檢測器114、第2半導體雷射122、第2光檢測器124、第3半導體雷射132、第3光檢測器134、判定電路140、驅動信號切換電路150、光檢測切換電路152、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112、122、132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112、122、132亦可為端面發光型雷射。

第1半導體雷射112可出射第1共振光L1。第1半導體雷射112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，藉此可對第1半導體雷射112所出射之雷射光實施調變。藉此，第1半導體雷射112可出射包含第1邊帶波W1及第2邊帶波W2之第1共振光L1。

第2半導體雷射122可出射第2共振光L2。與上述第1半導體雷射112之情形同樣地，藉由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，而可對第2半導體雷射122所出射之雷射光實施調變。藉此，第2半導體雷射122可出射包含第1邊帶波W1及第2邊帶波W2之第2共振光L2。

第3半導體雷射132可出射第3共振光L3。與上述半導體雷射112、122之情形同樣地，藉由將具有調變信號之頻率成分之交流電流重疊於由電流驅動電路164產生之驅動電流，而可對第3半導體雷射132所出射之雷射光實施調變。藉此，第3半導體雷射132可出射包含第1邊帶波W1及第2邊帶波W2之第3共振光L3。

氣室2係於容器中封入有氣體狀之鹼金屬原子(鈉(Na)原子、鉀(Rb)原子、銫(Cs)原子等)而成者。若對該氣室2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，則鹼金屬原子產生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。

第1光檢測器114、第2光檢測器124、及第3光檢測器134例如為光電二極體。

第1光檢測器114係對透過氣室2之第1共振光L1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。

第2光檢測器124係對透過氣室2之第2共振光L2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。

第3光檢測器134係對透過氣室2之第3共振光L3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。

光檢測切換電路152係根據判定電路140之判定結果，對光檢測器114、124、134與檢波電路160、170之連接進行切換。具體而言，光檢測切換電路152係將第1光檢測器114與檢波電路160、170連接，直至藉由判定電路140判定第1半導體雷射112發生故障為止。藉此，

第1光檢測器114之輸出信號被輸入至檢波電路160、170。其後，於藉由判定電路140判定第1半導體雷射112發生故障之情形時，光檢測切換電路152將連接切換，將第2光檢測器124與檢波電路160、170連接。藉此，第2光檢測器124之輸出信號被輸入至檢波電路160、170。其後，藉由判定電路140判定第1半導體雷射112發生故障之情形時，光檢測切換電路152將連接切換，將第3光檢測器134與檢波電路160、170連接。藉此，第3光檢測器134之輸出信號被輸入至檢波電路160、170。

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的振盪信號，對經由光檢測切換電路152而輸入之光檢測器114、124、134(於圖示之例中為第1光檢測器114)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。

驅動信號切換電路150係根據判定電路140之判定結果，對半導體雷射112、122、132與電流驅動電路164及檢波用調變電路174之連接進行切換。具體而言，驅動信號切換電路150係將第1半導體雷射112與電流驅動電路164及檢波用調變電路174連接，直至藉由判定電路140判定第1半導體雷射112發生故障為止。藉此，電流驅動電路164及檢波用調變電路174之輸出信號被輸入至第1半導體雷射112。其後，於藉由判定電路140判定第1半導體雷射112發生故障之情形時，驅動信號切換電路150將連接切換，將第2半導體雷射122與電流驅動電路164及檢波用調變電路174連接。藉此，電流驅動電路164及檢波

用調變電路174之輸出信號被輸入至第2半導體雷射122。其後，藉由判定電路140判定第2半導體雷射122發生故障之情形時，驅動信號切換電路150將連接切換，且將第3半導體雷射132與電流驅動電路164及檢波用調變電路174連接。藉此，電流驅動電路164及檢波用調變電路174之輸出信號被輸入至第3半導體雷射132。

於圖4之例中，藉由通過第1半導體雷射112、氣室2、第1光檢測器114、光檢測切換電路152、第1檢波電路160、電流驅動電路164、以及驅動信號切換電路150之反饋電路，使雷射光之中心頻率 f_0 (中心波長 λ_0)經微調整而穩定。又，藉由判定電路140判定第1半導體雷射112發生故障之情形時，藉由通過第2半導體雷射122、氣室2、第2光檢測器124、光檢測切換電路152、第1檢波電路160、電流驅動電路164、以及驅動信號切換電路150之反饋電路，使雷射光之中心頻率 f_0 (中心波長 λ_0)經微調整而穩定。又，藉由判定電路140判定第2半導體雷射122發生故障之情形時，藉由通過第3半導體雷射132、氣室2、第3光檢測器134、光檢測切換電路152、第1檢波電路160、電流驅動電路164、以及驅動信號切換電路150之反饋電路，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左右之較低之頻率進行振盪之第2低頻振盪器172的振盪信號，對經由光檢測切換電路152而輸入之光檢測器114、124、134(於圖示之例中為第1光檢測器114)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，且被供給至連接於檢波用調變電路174之半導體雷射112、122、132。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，以使連接於第2檢波電路170之光檢測器114、124、134之輸出信號成為最大之方式對調變頻率 f_m 進行微調整。

於圖4之例中，若第1半導體雷射112產生之共振光L1的第1邊帶波W1與第2邊帶波W2之頻率差未與相當於氣室2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，故而第1光檢測器114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，藉由通過第1半導體雷射112、氣室2、第1光檢測器114、光檢測切換電路152、第2檢波電路170、調變頻率產生電路176、檢波用調變電路174、及驅動信號切換電路150之反饋電路，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)。

又，於使用第2光學系統20之情形時，藉由通過第2半導體雷射122、氣室2、第2光檢測器124、光檢測切換電路152、第2檢波電路170、調變頻率產生電路176、檢波用調變電路174、及驅動信號切換電路150之反饋電路，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。

又，於使用第3光學系統30之情形時，藉由通過第3半導體雷射132、氣室2、第3光檢測器134、光檢測切換電路152、第2檢波電路170、調變頻率產生電路176、檢波用調變電路174、及驅動信號切換電路150之反饋電路，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。

判定電路140係根據調變頻率產生電路176之輸出信號(調變頻率 f_m)，進行半導體雷射112、122是否發生故障之判定。於圖示之例中，判定電路140係於調變頻率產生電路176產生之調變頻率 f_m 自特定之範圍偏離之情形時，判定第1半導體雷射112發生故障。特定之範圍於例如上述反饋控制良好地進行情形時，為調變頻率 f_m 變動之範圍。即，所謂調變頻率 f_m 自特定之範圍偏離之情形，亦可認為係指上述反饋控制失敗之情形。於第1半導體雷射112發生故障，第1共振光L1之強度降低之情形，或者第1共振光L1未出射之情形時，於上述反饋控制中無法進行控制，調變頻率 f_m 自特定之範圍偏離。因此，判定電路140可根據調變頻率產生電路176之輸出信號(調變頻率 f_m)，對第1半導體雷射112是否發生故障進行判定。再者，關於判定電路140對第2半導體雷射122是否發生故障進行判定之情形，亦與第1半導體雷射112之情形進行同樣之處理。

判定電路140判定半導體雷射112、122發生故障之情形時，輸出判定信號。該判定信號係輸入至驅動信號切換電路150及光檢測切換電路152。

再者，半導體雷射是否發生故障之判定方法並不限定於上述例。

半導體雷射112、122、132；光檢測器114、124、134；驅動信號切換電路150；光檢測切換電路152；及判定電路140分別與圖1所示之光源部12、22、32；光檢測部14、24、34；驅動信號切換部50；光檢測切換部52；及判定部40對應。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所構成之電路與圖1所示之控制部101對應。

圖5係模式性地表示光學模組1之立體圖。再者，於圖5中，為方

便起見，省略判定電路140、驅動信號切換電路150、及光檢測切換電路152之圖示。

構成第1光學系統10之第1半導體雷射112、準直透鏡113、氣室2、及第1光檢測器114係配置於第1軸A1軸上。構成第2光學系統20之第2半導體雷射122、準直透鏡123、氣室2、及第2光檢測器124係配置於第2軸A2軸上。構成第3光學系統30之第3半導體雷射132、準直透鏡133、氣室2、及第3光檢測器134係配置於第3軸A3軸上。

第1軸A1係通過氣室2之第1側面2a之中心、氣室2之中心(立方體之中心)、及第2側面2b之中心的軸。第2軸A2係通過氣室2之第3側面2c之中心、氣室2之中心、及氣室2之第4側面2d之中心的軸。第3軸A3係通過氣室2之下表面2e之中心、氣室2之中心、及上表面2f之中心的軸。第1軸A1、第2軸A2、及第3軸A3係相互於氣室2之中心(立方體之中心)正交。第1軸A1、第2軸A2、及第3軸A3係分別與第1共振光L1之光軸、第2共振光L2之光軸、及第3共振光L3之光軸一致之軸。

氣室2之形狀為多面體。氣室2之形狀於圖示之例中為長方體(立方體)。氣室2之形狀亦可為六稜柱或八稜柱等稜柱、或正多面體。氣室2具有第1側面2a、與第1側面2a相對向之第2側面2b、連接第1側面2a與第2側面2b之第3側面2c、與第3側面2c相對向之第4側面2d、下表面2e、以及與下表面2e相對向之上表面2f。於氣室2中，第1側面2a與第2側面2b之間的距離、第3側面2c與第4側面2d之間的距離、以及下表面2e與上表面2f之間的距離相等。

第1半導體雷射112係例如使第1共振光L1以通過氣室2之中心(立方體之中心)之方式出射。第1半導體雷射112係使第1共振光L1相對於第1側面2a垂直地入射。自第1半導體雷射112出射之第1共振光L1係相對於第1側面2a垂直地入射，通過氣室2之中心，自第2側面2b出射。第1光檢測器114係對自第2側面2b出射之第1共振光L1進行檢測。

第2半導體雷射122係例如使第2共振光L2以通過氣室2之中心之方式出射。第2半導體雷射122係使第2共振光L2相對於第3側面2c垂直地入射。自第2半導體雷射122出射之第2共振光L2係相對於第3側面2c垂直地入射，通過氣室2之中心，自第4側面2d出射。第2光檢測器124係對自第4側面2d出射之第2共振光L2進行檢測。

第3半導體雷射132係例如使第3共振光L3以通過氣室2之中心之方式出射。第3半導體雷射132係使第3共振光L3相對於下表面2e垂直地入射。自第3半導體雷射132出射之第3共振光L3係相對於下表面2e垂直地入射，通過氣室2之中心，自上表面2f出射。第3光檢測器134係對自上表面2f出射之第3共振光L3進行檢測。

第1光學系統10亦可於第1半導體雷射112與氣室2之間，具有用以將第1共振光L1轉換為平行光之準直透鏡113。又，第2光學系統20亦可於第2半導體雷射122與氣室2之間，具有用以將第2共振光L2轉換為平行光之準直透鏡123。又，第3光學系統30亦可於第3半導體雷射132與氣室2之間，具有用以將第3共振光L3轉換為平行光之準直透鏡133。

第2光學系統20中之各構件(第2半導體雷射122、準直透鏡123、氣室2、及第2光檢測器124)間之距離例如與第1光學系統10中之相應之各構件(第1半導體雷射112、準直透鏡113、氣室2、及第1光檢測器114)間之距離相等。又，第3光學系統30中之各構件(第3半導體雷射132、準直透鏡133、氣室2、及第3光檢測器134)間之距離例如與第1光學系統10中之相應之各構件間之距離相等。

各半導體雷射112、122、132例如具有相同之性能，各半導體雷射112、122、132可出射分別具有相同之光束徑及相同之光束強度的共振光L1、L2、L3。

如上述般，第1共振光L1、第2共振光L2、及第3共振光L3係相對

於立方體之氣室2之各面2a，2c，2e垂直地入射，故而氣室2中之第1共振光L1之光程長度、氣室2中之第2共振光L2之光程長度、及氣室2中之第3共振光L3之光程長度相等。又，於圖示之例中，第1共振光L1之光軸、第2共振光L2之光軸、及第3共振光L3之光軸係於氣室2之中心(立方體之中心)正交。

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，於藉由判定部40判定第1光源部12發生故障之情形時，第2光源部22可對氣室2照射共振光L2。藉此，即便第1光源部12發生故障，亦無需更換光學模組整體，故而與更換光學模組整體之情形相比，可降低更換成本。進而，根據光學模組1，於藉由判定部40判定第2光源部22發生故障之情形時，第3光源部32可對氣室2照射共振光L3。藉此，即便第2光源部22發生故障，亦無需更換光學模組整體，故而與更換光學模組整體之情形相比，可降低更換成本。

進而，根據光學模組1，對於第2光學系統20及第3光學系統30，可預先進行共振光L2、L3之光束徑及光程長度等之調整。因此，即便自第1光學系統10切換至第2光學系統20，亦可獲得與使用第1光學系統10之情形相同之振盪特性。又，對於自第2光學系統20切換至第3光學系統30之情形亦同樣地，可獲得與第1光學系統10及第2光學系統20相同之振盪特性。因此，例如，即便第1光源部12及第2光源部22發生故障，亦無振盪特性之變化，能夠組成可瞬時恢復之系統。

進而，根據光學模組1，可電性地進行光學系統之切換，故而例如與機械性地進行光學系統之切換之情形相比，於光學系統中不易發生軸之偏移。

於光學模組1中，氣室2為多面體，第1光源部12係使第1共振光L1入射至第1側面2a，第1光檢測部14係對自第2側面2b出射之第1共振

光L1進行檢測，第2光源部22係使第2共振光L2入射至第3側面2c，第2光檢測部24係對自第4側面2d出射之第2共振光L2進行檢測。藉此，可容易地使氣室2中之第1共振光L1之光程長度與氣室2中之第2共振光L2之光程長度相等。因此，相對於1個氣室2，可容易地獲得能夠獲得相同之振盪特性之2個光學系統10、20。進而，根據光學模組1，第3光源部32係使第3共振光L3入射至下表面2e，第3光檢測部34係對自上表面2f出射之第3共振光L3進行檢測。因此，相對於1個氣室2，可容易地獲得能夠獲得相同之振盪特性的3個光學系統10、20、30。

根據光學模組1，第1光源部12係使第1共振光L1相對於第1側面2a垂直地入射，第2光源部22係使第2共振光L2相對於第3側面2c垂直地入射。藉此，例如，於氣室2之第1側面2a及第3側面2c設置有抗反射膜(未圖示)之情形時，抗反射膜之設計變得容易。例如，於使共振光相對於氣室之面斜向地入射之情形時，抗反射膜之設計變難。

根據光學模組1，氣室2為長方體，第1光源部12係使第1共振光L1以通過氣室2之中心之方式出射，第2光源部22係使第2共振光L2以通過氣室2之中心之方式出射，第3光源部32係使第3共振光L3以通過氣室2之中心之方式出射。藉此，可減少因金屬原子碰撞氣室壁面而產生之影響。藉由氣室內之金屬原子碰撞氣室之壁面，氣室之壁面附近與氣室之中心原子密度不同。因此，於共振光未通過氣室之中心而是通過氣室之壁面附近之情形、及共振光通過氣室之中心之情形中，例如吸收特性產生差異。根據本實施形態，由於各共振光L1、L2、L3通過氣室2之中心，故而與各共振光未通過氣室之中心之情形相比，可減少此種影響。

於光學模組1中，判定部40係根據由光檢測部14、24所檢測出之共振光L1、L2之強度，進行光源部12、22是否發生故障之判定。藉此，為了對光源部是否發生故障進行判定無需追加必需之資訊、及新

的構件便可獲得，故而可容易地對光源部是否發生故障進行判定。

由於原子振盪器100包含上述光學模組1，故而可降低更換成本。進而，可提高可靠性。

2.第2實施形態

其次，對於第2實施形態之原子振盪器，一面參照圖式一面進行說明。圖6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。以下，於第2實施形態之光學模組201中，對與第1實施形態之光學模組1之構成構件具有相同之功能的構件附上相同之符號，省略其詳細之說明。

於上述圖5所示之光學模組1中，氣室2之形狀為多面體(立方體)。與此相對，於本實施形態之光學模組201中，如圖6所示般，氣室2之形狀為圓柱。

如圖6所示般，氣室2具有上表面202a、下表面202b、及側面202c。

配置有第1光學系統10之第1軸A1、配置有第2光學系統20之第2軸A2、及配置有第3光學系統30之第3軸A3係相對於氣室2之中心軸(圓柱之中心軸)C正交。於圖示之例中，第1軸A1、第2軸A2、及第3軸A3係於氣室2之中心(圓柱之中心)相交。第1軸A1與第2軸A2所成之角度例如為 60° 。又，第2軸A2與第3軸A3所成之角度例如為 60° 。

第1半導體雷射112係例如以與氣室2之中心軸C正交之方式出射第1共振光L1。第1半導體雷射112係使第1共振光L1入射至氣室2之側面202c。自第1半導體雷射112出射之第1共振光L1係入射至側面202c，且相對於氣室2之中心軸C正交，且自與側面202c之入射位置為相反側之位置出射。第1光檢測器114係對自側面202c出射之第1共振光L1進行檢測。

第2半導體雷射122係例如以與氣室2之中心軸C正交之方式出射

第2共振光L2。第2半導體雷射122係使第2共振光L2入射至氣室2之側面202c。自第2半導體雷射122出射之第2共振光L2係入射至側面202c，且相對於氣室2之中心軸C正交，且自與側面202c之入射位置為相反側之位置出射。第2光檢測器124係對自側面202c出射之第2共振光L2進行檢測。

第3半導體雷射132係例如以與氣室2之中心軸C正交之方式出射第3共振光L3。第3半導體雷射132係使第3共振光L3入射至氣室2之側面202c。自第3半導體雷射132出射之第3共振光L3係入射至側面202c，且相對於氣室2之中心軸C正交，且自與側面202c之入射位置為相反側之位置出射。第3光檢測器134係對自側面202c出射之第3共振光L3進行檢測。

如上述般，第1共振光L1、第2共振光L2、及第3共振光L3係相對於氣室2之中心軸C正交，故而氣室2中之第1共振光L1之光程長度、氣室2中之第2共振光L2之光程長度、及氣室2中之第3共振光L3之光程長度相等。

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201係例如具有以下之特徵。

根據光學模組201，氣室2之形狀為圓柱。因此，例如與氣室之形狀為長方體之情形相比，光學系統10、20、30之配置之自由度較高。

根據光學模組201，氣室2之形狀為圓柱，第1半導體雷射112可使第1共振光L1入射至氣室2之側面202c，第2半導體雷射122可使第2共振光L2入射至氣室2之側面202c。藉此，可容易地使氣室2中之第1共振光L1之光程長度與氣室2中之第2共振光L2之光程長度相等。因此，相對於1個氣室2，可容易地獲得能夠獲得相同之振盪特性的2個

光學系統10、20。同樣地，根據光學模組201，第3半導體雷射132可使第3共振光L3入射至氣室2之側面202c。藉此，相對於1個氣室2，可容易地獲得能夠獲得相同之振盪特性的3個光學系統10、20、30。

根據光學模組201，半導體雷射112、122、132係以與氣室2之中心軸(圓柱之中心軸C)正交之方式出射共振光L1、L2、L3。藉此，可減少因金屬原子碰撞氣室壁面而產生之影響。

再者，此處，對氣室2之形狀為上表面202a及下表面202b之形狀為圓之圓柱的情形進行了說明，雖然未圖示，但氣室2之形狀亦可為上表面202a及下表面202b之形狀為橢圓之橢圓柱。

又，此處，對光學模組201具有3個光學系統10、20、30之情形進行了說明，雖然未圖示，但光學模組亦可具有3個以上之光學系統。

3.第3實施形態

其次，對於第3實施形態之原子振盪器，一面參照圖式一面進行說明。圖7係模式性地表示第3實施形態之原子振盪器之光學模組301的立體圖。以下，於第3實施形態之光學模組301中，對與第1實施形態之光學模組1之構成構件具有相同功能之構件附上相同之符號，且省略其詳細之說明。

於上述圖5所示之光學模組1中，氣室2之形狀為多面體(立方體)。與此相對，於本實施形態之光學模組301中，如圖7所示般，氣室2之形狀為球體。

如圖7所示般，氣室2具有球面302a。

配置有第1光學系統10之第1軸A1、配置有第2光學系統20之第2軸A2、及配置有第3光學系統30之第3軸A3係通過氣室2之中心(球體之中心)。於圖示之例中，第1軸A1、第2軸A2、及第3軸A3係相互於氣室2之中心正交。

第1半導體雷射112係例如以通過氣室2之中心(球體之中心)之方式出射第1共振光L1。第1半導體雷射112係使第1共振光L1入射至氣室2之球面302a。自第1半導體雷射112出射之第1共振光L1係入射至球面302a，且通過氣室2之中心(球體之中心)，自與球面302a之入射位置相反側之位置出射。第1光檢測器114係對自球面302a出射之第1共振光L1進行檢測。

第2半導體雷射122係例如以通過氣室2之中心之方式出射第2共振光L2。第2半導體雷射122係使第2共振光L2入射至氣室2之球面302a。自第2半導體雷射122出射之2共振光L2係入射至球面302a，且通過氣室2之中心，自與球面302a之入射位置相反側之位置出射。第2光檢測器124係對自球面302a出射之第2共振光L2進行檢測。

第3半導體雷射132係例如以通過氣室2之中心之方式出射第3共振光L3。第3半導體雷射132係使第3共振光L3入射至氣室2之球面302a。自第3半導體雷射132出射之第3共振光L3係入射至球面302a，且通過氣室2之中心，自與球面302a之入射位置相反側之位置出射。第3光檢測器134係對自球面302a出射之第3共振光L3進行檢測。

如上述般，由於第1共振光L1、第2共振光L2、及第3共振光L3通過氣室2之中心，故而氣室2中之第1共振光L1之光程長度、氣室2中之第2共振光L2之光程長度、及氣室2中之第3共振光L3之光程長度相等。

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301係例如具有以下之特徵。

根據光學模組301，氣室2之形狀為球體。因此，例如與氣室之形狀為長方體之情形相比，光學系統10、20、30之配置之自由度較高。

根據光學模組301，氣室2之形狀為球體，且半導體雷射112、122、132係使共振光L1、L2、L3以通過氣室2之中心之方式出射。藉此，可減少因金屬原子碰撞氣室壁面而產生之影響。

再者，此處，對光學模組301具有3個光學系統10、20、30之情形進行了說明，雖未圖示，但光學模組亦可具有3個以上之光學系統。

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公知技術而成之構成。

【符號說明】

1	光學模組
2	氣室
2a	第1側面
2b	第2側面
2c	第3側面
2d	第4側面
2e	下表面
2f	上表面
10	第1光學系統
12	第1光源部
14	第1光檢測部
20	第2光學系統
22	第2光源部

24	第2光檢測部
30	第3光學系統
32	第3光源部
34	第3光檢測部
40	判定部
50	驅動信號切換部
52	光檢測切換部
100	原子振盪器
101	控制部
101	控制部
112	第1半導體雷射
113	準直透鏡
114	第1光檢測器
122	第2半導體雷射
123	準直透鏡
124	第2光檢測器
132	第3半導體雷射
133	準直透鏡
134	第3光檢測器
140	判定電路
150	驅動信號切換電路
152	光檢測切換電路
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
202a	上表面
202b	下表面
202c	側面
301	光學模組
302a	球面
A1	第1軸
A2	第2軸
A3	第3軸
F	基波
L1	第1共振光
L2	第2共振光
L3	第3共振光
W1	第1邊帶波
W2	第2邊帶波

申請專利範圍

1. 一種原子振盪器用之光學模組，其係利用量子干涉效應者，其特徵在於包括：

第1光源部，其出射具有兩種不同波長之第1共振光；

氣室，其封入有鹼金屬原子；

第1光檢測部，其對透過上述氣室之上述第1共振光之強度進行檢測；

判定部，其對上述第1光源部是否發生故障進行判定；

第2光源部，其於藉由上述判定部判定上述第1光源部發生故障之情形時，對上述氣室照射具有兩種不同波長之第2共振光；以及

第2光檢測部，其對透過上述氣室之上述第2共振光之強度進行檢測；且

上述氣室中之上述第1共振光之光程長度與上述氣室中之上述第2共振光之光程長度相等。

2. 如請求項1之原子振盪器用之光學模組，其中上述氣室之形狀為具有6個以上之偶數個面之多面體。

3. 如請求項1之原子振盪器用之光學模組，其中上述氣室包含：

第1面；

與上述第1面對向之第2面；

第3面；

與上述第3面對向之第4面；且

上述第1面與上述第2面之間的距離和上述第3面與上述第4面之間的距離相等，

上述第1共振光係入射至上述第1面，

上述第1光檢測部係對自上述第2面出射之上述第1共振光進行檢測，

上述第2共振光係入射至上述第3面，

上述第2光檢測部係對自上述第4面出射之上述第2共振光進行檢測。

4. 如請求項3之原子振盪器用之光學模組，其中上述第1共振光係相對於上述第1面垂直地入射；

上述第2共振光係相對於上述第3面垂直地入射。

5. 如請求項1之原子振盪器用之光學模組，其中上述氣室之形狀為長方體；

上述第1共振光及第2共振光係以通過上述氣室之中心之方式入射至上述氣室。

6. 如請求項1之原子振盪器用之光學模組，其中上述氣室之形狀為圓柱。

7. 如請求項6之原子振盪器用之光學模組，其中上述第1共振光及上述第2共振光係入射至上述氣室之圓柱面。

8. 如請求項7之原子振盪器用之光學模組，其中上述第1共振光及上述第2共振光係以與上述氣室之上述圓柱之中心軸正交之方式入射至上述氣室。

9. 如請求項1之原子振盪器用之光學模組，其中上述氣室之形狀為球體。

10. 如請求項9之原子振盪器用之光學模組，其中上述第1共振光及上述第2共振光係以通過上述氣室之中心之方式入射至上述氣室。

11. 如請求項1之原子振盪器用之光學模組，其中上述判定部係根據由上述第1光檢測部所檢測出之上述第1共振光之強度，進行第1

光源部是否發生故障之判定。

12. 一種原子振盪器，其特徵在於包含如請求項1之原子振盪器用之光學模組。
13. 一種原子振盪器，其特徵在於包含如請求項3之原子振盪器用之光學模組。
14. 一種原子振盪器，其特徵在於包含如請求項4之原子振盪器用之光學模組。
15. 一種原子振盪器，其特徵在於包含如請求項5之原子振盪器用之光學模組。
16. 一種原子振盪器，其特徵在於包含如請求項6之原子振盪器用之光學模組。
17. 一種原子振盪器，其特徵在於包含如請求項7之原子振盪器用之光學模組。
18. 一種原子振盪器，其特徵在於包含如請求項8之原子振盪器用之光學模組。
19. 一種原子振盪器，其特徵在於包含如請求項9之原子振盪器用之光學模組。
20. 一種原子振盪器，其特徵在於包含如請求項11之原子振盪器用之光學模組。

圖式

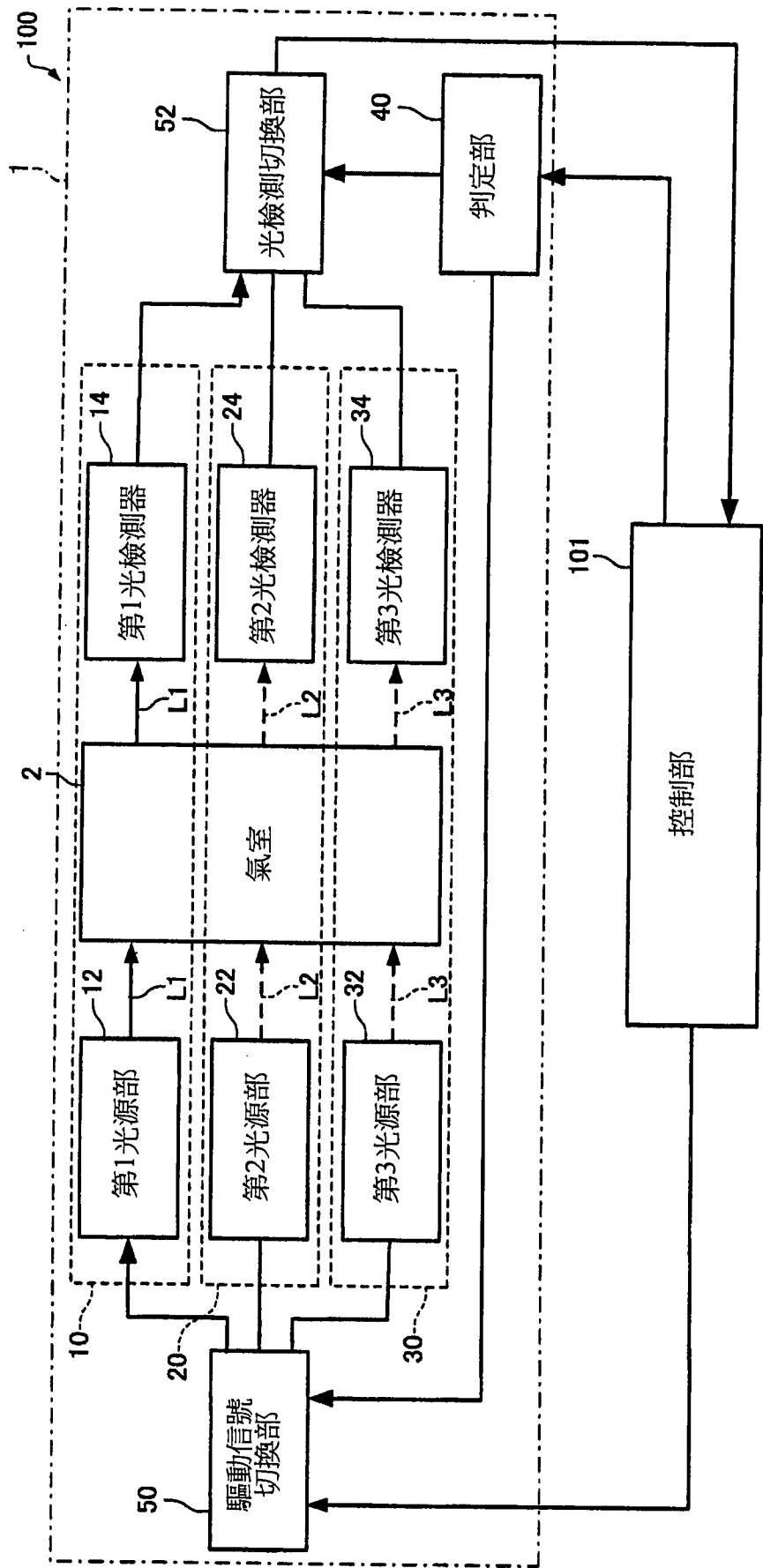
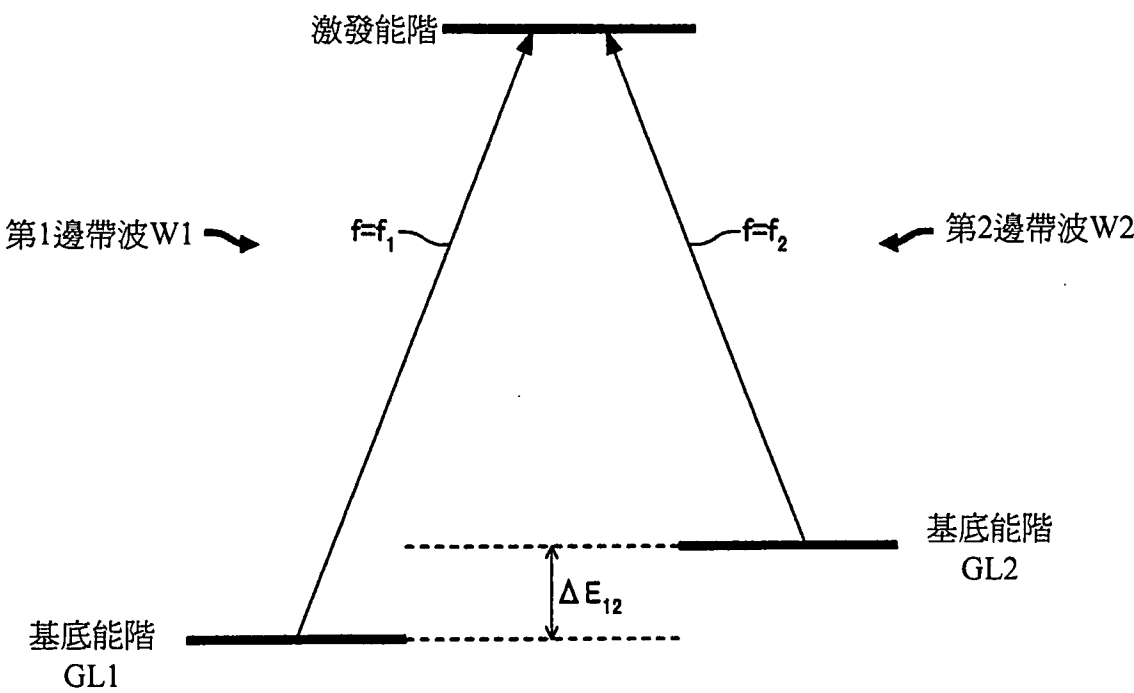


圖1

(A)



(B)

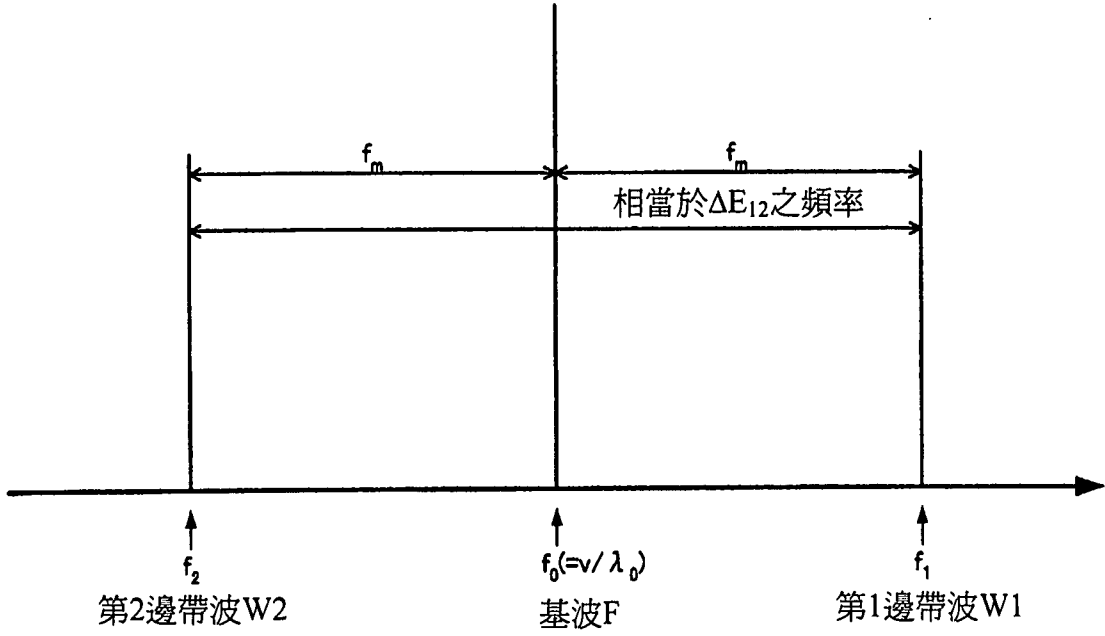


圖2

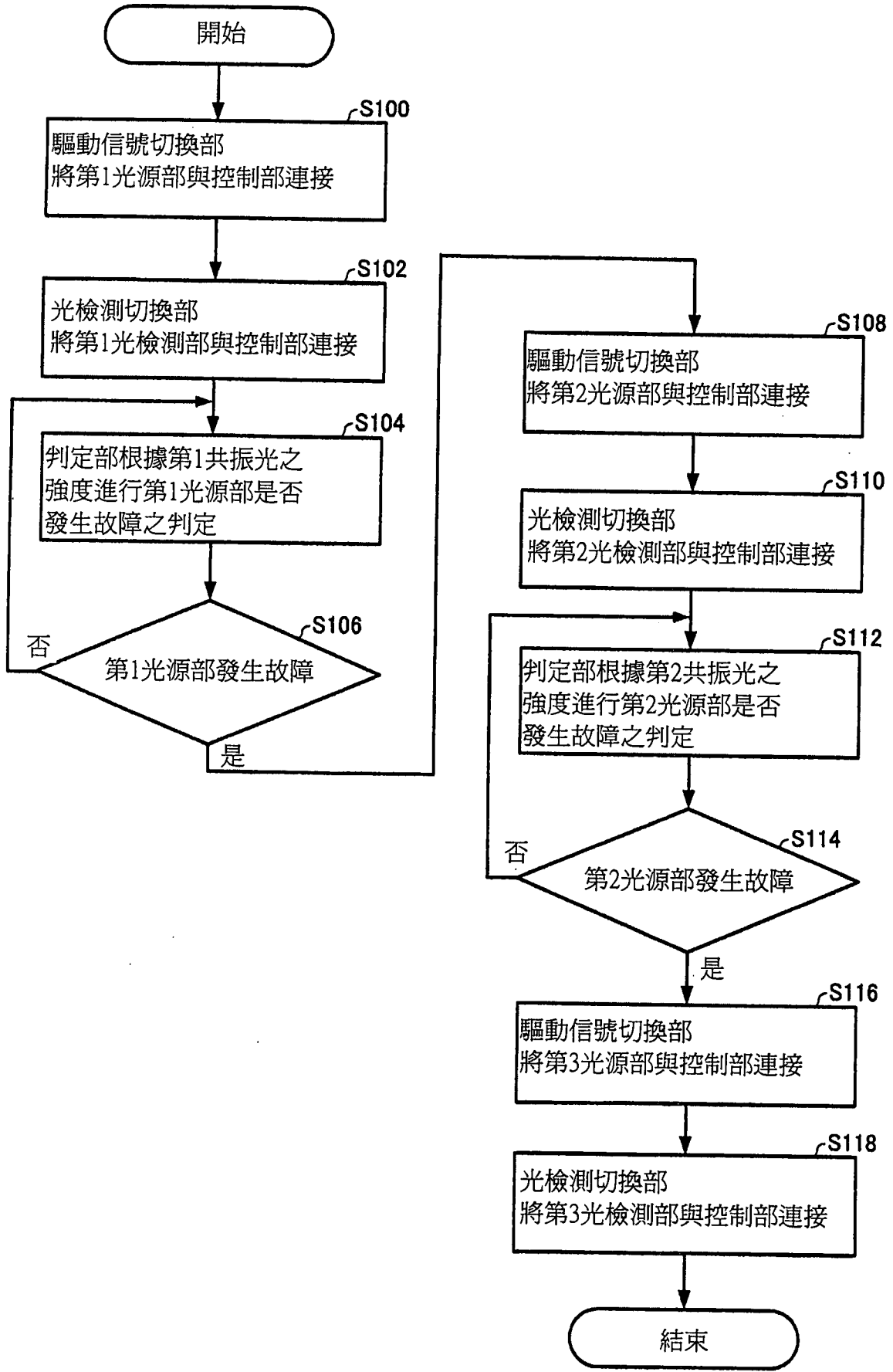


圖3

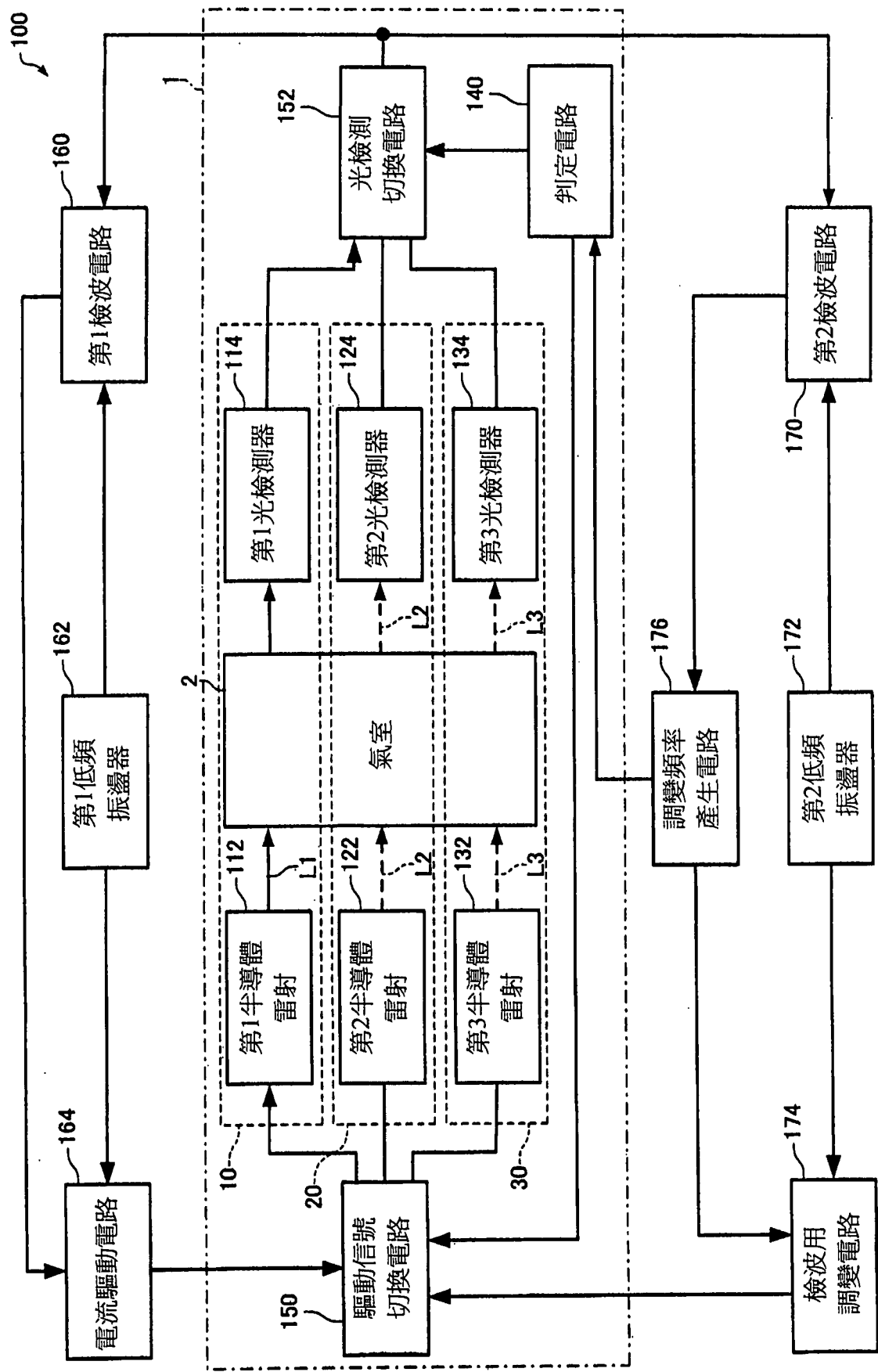


圖4

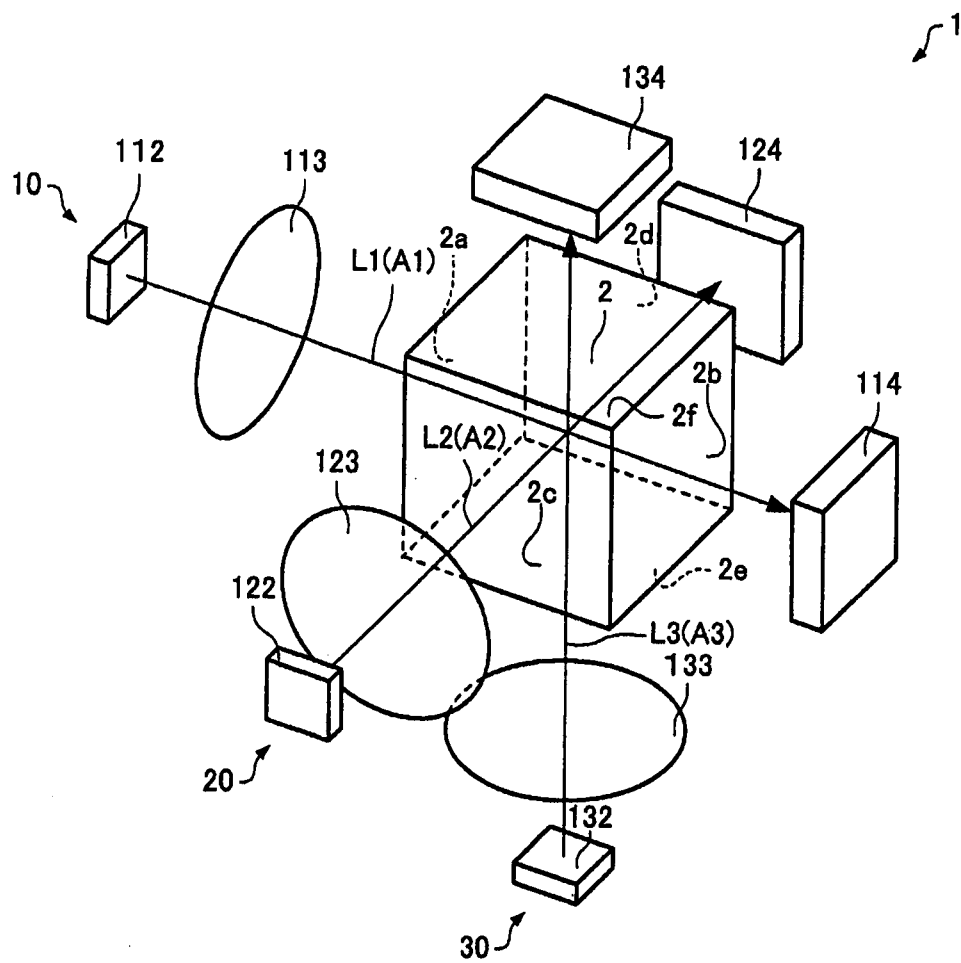


圖5

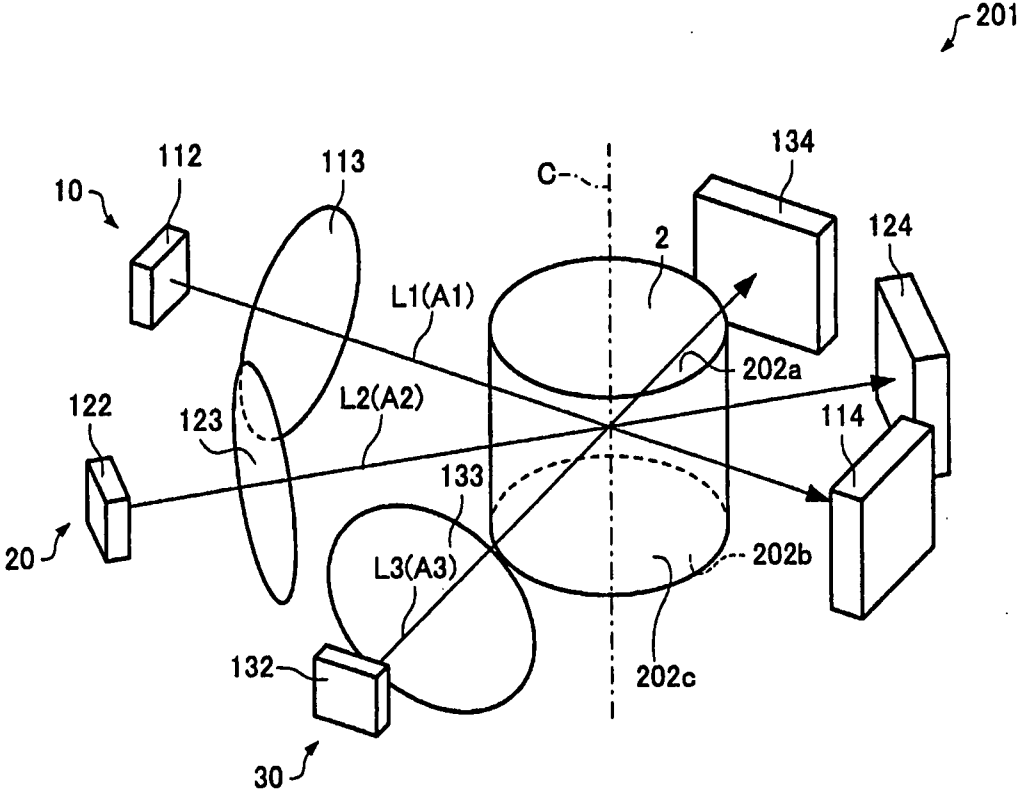


圖6

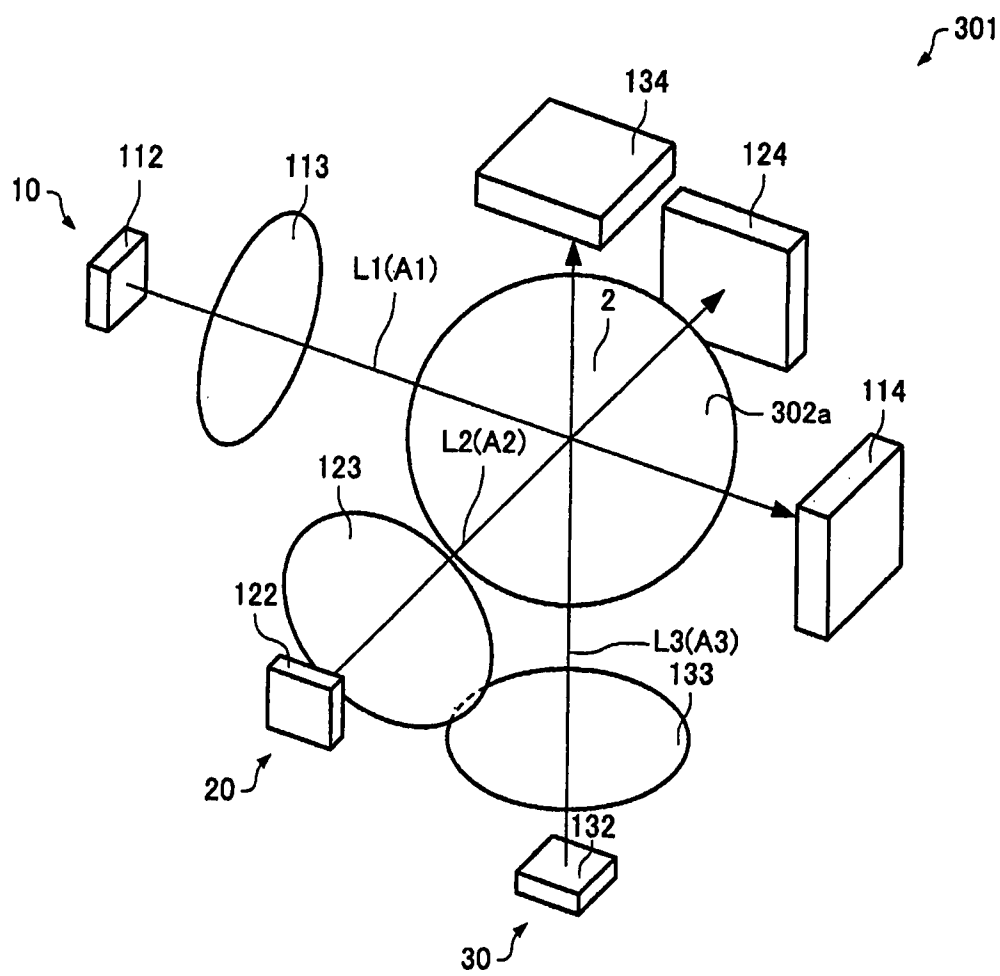


圖 7