



(19) 中華民國智慧財產局

(12) 發明說明書公開本

(11) 公開編號：TW 201814988 A

(43) 公開日：中華民國 107 (2018) 年 04 月 16 日

(21) 申請案號：105131875

(22) 申請日：中華民國 105 (2016) 年 10 月 03 日

(51) Int. Cl. :

*H01S5/10 (2006.01)**G02B26/00 (2006.01)**G01L1/24 (2006.01)*

(71) 申請人：國立交通大學 (中華民國) NATIONAL CHIAO TUNG UNIVERSITY (TW)

新竹市大學路 1001 號

(72) 發明人：盧贊文 LU, TSAN-WEN (TW)；王駿 WANG, CHUN (TW)；李柏聰 LEE, PO-TSUNG (TW)

(74) 代理人：葉璟宗；卓俊傑

申請實體審查：有 申請專利範圍項數：35 項 圖式數：12 共 66 頁

(54) 名稱

光學元件、壓力感測元件以及壓力感測裝置

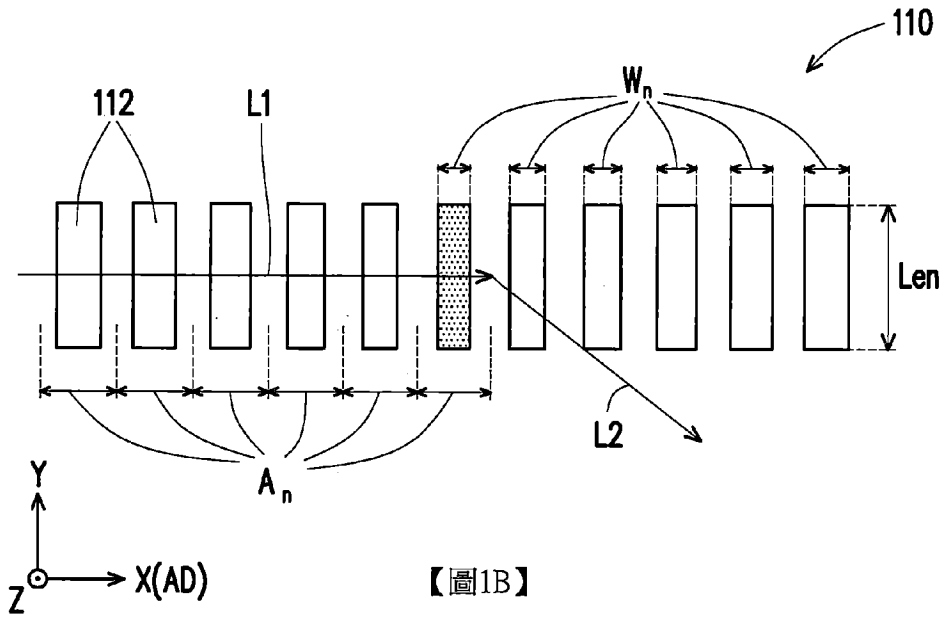
OPTICAL DEVICE, PRESSURE SENSING DEVICE AND PRESSURE SENSING APPARATUS

(57) 摘要

一種光學元件，包括一光源、至少一共振結構以及一包覆體。光源係提供一寬頻光予共振結構。共振結構係由多個半導體柱狀結構沿著單一方向間隔排成一行，且各半導體柱狀結構的長度以及寬度小於共振結構的共振波長。包覆體用以完全包覆共振結構，並在受到一外力施加時，致使所述共振結構發生對應於外力的形變。另外，一種壓力感測元件以及壓力感測裝置亦被提出。

An optical device including a light source, at least one resonant structure and a cladding body is provided. The light source is configured to provide a broadband light to the resonant structure. The resonant structure includes a plurality of semiconductor columnar structures arranged at intervals to form a row along a single direction, and a length and a width of each of the semiconductor columnar structures are less than the resonant wavelength of the resonant structure. The cladding body is configured to cover the resonant structure completely and cause the resonant structure deformed corresponding to an external force applied to the cladding body. Besides, a pressure sensing device and a pressure sensing apparatus are also provided.

指定代表圖：



符號簡單說明：

- 110 . . . 共振結構
- 112 . . . 半導體柱狀結構
- $A_n$  . . . 晶格常數
- AD . . . 排列方向
- Len . . . 長度
- L1 . . . 原始寬頻光線
- L2 . . . 共振光線
- $W_n$  . . . 寬度
- X . . . 第一軸
- Y . . . 第二軸
- Z . . . 第三軸



申請日: 105. 10. 3

IPC分類: H01S 5/10 (2006.01)  
G02B 26/00 (2006.01)

201814988

## 【發明摘要】

【中文發明名稱】光學元件、壓力感測元件以及壓力感測裝置 (101L 1/24 (2006.01))

【英文發明名稱】OPTICAL DEVICE, PRESSURE SENSING

DEVICE AND PRESSURE SENSING APPARATUS

## 【中文】

一種光學元件，包括一光源、至少一共振結構以及一包覆體。光源係提供一寬頻光予共振結構。共振結構係由多個半導體柱狀結構沿著單一方向間隔排成一行，且各半導體柱狀結構的長度以及寬度小於共振結構的共振波長。包覆體用以完全包覆共振結構，並在受到一外力施加時，致使所述共振結構發生對應於外力的形變。另外，一種壓力感測元件以及壓力感測裝置亦被提出。

## 【英文】

An optical device including a light source, at least one resonant structure and a cladding body is provided. The light source is configured to provide a broadband light to the resonant structure. The resonant structure includes a plurality of semiconductor columnar structures arranged at intervals to form a row along a single direction, and a length and a width of each of the semiconductor columnar structures are less than the resonant wavelength of the resonant structure. The cladding body is configured to cover the resonant structure completely and cause the

resonant structure deformed corresponding to an external force applied to the cladding body. Besides, a pressure sensing device and a pressure sensing apparatus are also provided.

【指定代表圖】圖1B。

【代表圖之符號簡單說明】

110：共振結構

112：半導體柱狀結構

$A_n$ ：晶格常數

AD：排列方向

Len：長度

L1：原始寬頻光線

L2：共振光線

$W_n$ ：寬度

X：第一軸

Y：第二軸

Z：第三軸

【特徵化學式】

無

## 【發明說明書】

【中文發明名稱】光學元件、壓力感測元件以及壓力感測裝置

【英文發明名稱】OPTICAL DEVICE, PRESSURE SENSING

DEVICE AND PRESSURE SENSING APPARATUS

### 【技術領域】

【0001】本發明是有關於一種共振波長可調的光學元件以及感測元件，特別是有關於一種具可調雷射的光學元件、壓力感測元件以及壓力感測裝置。

### 【先前技術】

【0002】具有光能帶與光能隙效應的折射率週期性人造超穎材料，透過於其中設計不同的缺陷，近年已被廣泛的用於在波長尺度下，以具有極低光學損耗的方式導引、禁制或侷限光波。相較於傳統以全反射效應為基礎的微光學系統，基於上述人造超穎材料的各種奈米光學元件在建構晶片化積體光路上具有更低損耗、高元件密度與更小的集成尺寸等優勢。

【0003】透過於此類人造超穎材料中設計封閉型缺陷，可形成具有極低光學損耗的奈米共振腔。此共振腔所形成的共振模態具有單一波長、高同調性、高指向性輻射等特性。目前而言，此種奈米共振腔已被用於實現濾波器、開關、緩衝器、發光二極體、雷射、太陽能電池等光學元件。

【0004】然而，由於妥協於製程上的簡易度與良率要求，這類共振腔元件多半製作於以半導體或其他介電質材料為基礎的二維薄板上。雖然奈米共振腔本身具有接近波長尺度的大小，但由於超穎材料的排列方式係以二維拓展的方式呈現，使得整體來看這類共振腔元件有著極大元件圖形尺寸的缺點。

【0005】此外，這類共振腔元件係基於具有空間週期性變化之超穎材料，與一般積體光路晶片中常用的光學波導有圖形及結構上之差異。一般而言，要達成低光學損耗的橋接需透過較複雜的圖形設計，亦即，這類共振腔元件具有與傳統光學波導間低相容的缺點存在。

【0006】另一方面，在過去的研究上已探討許多針對這類共振腔元件的共振波長可調的課題。要特別指出的是，這裡所指的波長可調係指「可回復、可反覆執行的波長可調」。調整共振波長的原則在於，透過外在施加變因改變共振腔之共振條件。目前而言，可粗略分為兩種方式以調整共振波長。

【0007】第一種方式為改變共振腔本身或周遭環境材料之折射率。關於改變共振腔的折射率，可以透過改變共振腔溫度、注入自由載子濃度等方式來進行。關於改變周遭環境材料之折射率，可以透過調整可受濃度影響之折射率可調氣體與液體，或是受電壓控制改變之液態晶體來達成。然而上述的方法中，共振波長可調範圍往往明顯受限於材料折射率可變動的範圍。

【0008】第二種方式則是透過直接改變共振腔結構來達成波長可

調的目的。舉例而言，以外加微擾（如奈微米探針、微光纖）接近共振腔，或者是利用微機電系統改變共振耦合長度等方式皆可以實現波長可調。雖然上述的方法可以得到較大範圍的波長可調，但由於牽涉到微結構之變化，往往需要搭配設計複雜的機構，使得積體光路晶片之整合困難度大為增加。

**【0009】** 因此，如何開發出具有較小圖形尺寸、高相容於傳統光波導與高波長可調率等特點的共振波長可調的光學元件，實為本領域的發展重點之一。

#### **【發明內容】**

**【0010】** 本發明提供一種光學元件，其可以可靠地進行大範圍的光波長調變，且其具有小的圖形尺寸而適於光波導的整合。

**【0011】** 本發明提供一種壓力感測元件，其感測靈敏度佳且具有較小的體積。

**【0012】** 本發明提供一種壓力感測裝置，其感測靈敏度佳且具有較小的體積。

**【0013】** 本發明的實施例的光學元件包括光源、至少一共振結構以及包覆體。光源用以提供原始寬頻光線。共振結構包括多個半導體柱狀結構僅沿著單一排列方向間隔排成一列。原始寬頻光線傳遞於這些半導體柱狀結構之間，並產生共振光線。各半導體柱狀結構具有一長度垂直於排列方向且具有一寬度平行於排列方向，且此長度以及此寬度小於調變光線的波長。包覆體係用以完

全包覆至少一共振結構的這些半導體柱狀結構。當外力施加於包覆體時，包覆體以及這些半導體柱狀結構發生對應於外力的形變。

【0014】 在本發明的一實施例中，上述的各半導體柱狀結構在排列方向上具有晶格常數，且這些半導體柱狀結構的這些寬度以及這些晶格常數由此列的中央朝向此列的二側呈線性增加。

【0015】 在本發明的一實施例中，上述的各半導體柱狀結構在排列方向上具有晶格常數。包覆體以及這些半導體柱狀結構的形變使得這些晶格常數的大小改變，且共振光線的波長係根據這些晶格常數變化而改變。

【0016】 在本發明的一實施例中，上述的這些半導體柱狀結構的材料包括光激發光的半導體材料。

【0017】 在本發明的一實施例中，上述的這些半導體柱狀結構的材料包括具有直接能隙的半導體材料。

【0018】 在本發明的一實施例中，上述的這些半導體柱狀結構包括具有量子侷限結構的磊晶結構。

【0019】 在本發明的一實施例中，上述的光學元件係為雷射元件。

【0020】 在本發明的一實施例中，上述的包覆體的折射率小於等於 2。

【0021】 在本發明的一實施例中，上述的形變包括拉伸、壓縮或撓曲。

【0022】 在本發明的一實施例中，上述的共振結構包括第一共振結構以及第二共振結構。第一共振結構的這些半導體柱狀結構沿



著第一方向排列，且第二共振結構的這些半導體柱狀結構沿著與第一方向垂直的第二方向排列。

【0023】 在本發明的一實施例中，上述的第一共振結構與第二共振結構於空間上不重疊。

【0024】 在本發明的一實施例中，上述的第一共振結構與第二共振結構交會以形成交會位置，且光學元件更包括位於交會位置上的共用共振腔結構。

【0025】 在本發明的一實施例中，上述的共用共振腔結構存在至少二種具有不同共振性質的共振模態。

【0026】 在本發明的一實施例中，上述的共振性質係為共振波長或共振極化。

【0027】 在本發明的一實施例中，上述的光學元件更包括偵測器以及耦接偵測器的處理器。偵測器接收由第一共振結構發出的共振光線以產生第一光譜訊號，且偵測器接收由第二共振結構發出的共振光線以產生第二光譜訊號。處理器根據第一光譜訊號以及第二光譜訊號之變化計算形變的形變量。

【0028】 本發明的實施例的壓力感測元件包括光源、至少一共振結構、包覆體、第一基板以及第二基板。光源用以提供原始寬頻光線。一共振結構包括多個半導體柱狀結構沿著單一排列方向間隔排成一行，且各半導體柱狀結構在排列方向上具有晶格常數。原始寬頻光線傳遞於這些半導體柱狀結構之間，並產生共振光線。各半導體柱狀結構具有一長度垂直於排列方向且具有一寬度

平行於排列方向。此長度以及此寬度小於共振光線的波長。包覆體完全包覆至少一共振結構的這些半導體柱狀結構。包覆體與至少一共振結構夾設於第一基板以及第二基板之間。當壓力施加於第一基板以及第二基板的至少其中之一上，壓力由垂直於排列方向的方向傳遞於包覆體。包覆體以及這些半導體柱狀結構於排列方向上發生對應於壓力的形變。所述共振光線的波長係根據此形變而變化。

【0029】 在本發明的一實施例中，上述的壓力感測元件更包括偵測器以及處理器。偵測器接收共振光線以產生光譜訊號。處理器根據光譜訊號之變化計算形變的形變量。

【0030】 在本發明的一實施例中，上述的壓力感測元件更包括第一光導部與第二光導部。第一光導部與第二光導部沿著排列方向配置於包覆體中。第一光導部用以將原始寬頻光線導入一共振結構中，且第二光導部用以將共振光線導入偵測器中。

【0031】 在本發明的一實施例中，上述的第一光導部、一共振結構的這些半導體柱狀結構以及第二光導部沿著排列方向排成一列。第一光導部的一端面對光源且第一光導部的另一端面對這些半導體柱狀結構。第二光導部的一端面對這些半導體柱狀結構且第二光導部的另一端面對偵測器。

【0032】 在本發明的一實施例中，上述的第一光導部以及第二光導部相連而形成光導結構，配置於沿著排列方向排列的一共振結構的這些半導體柱狀結構旁。

【0033】 在本發明的一實施例中，上述的至少一共振結構的數量為二。這些共振結構包括第一共振結構以及第二共振結構。第一共振結構的這些半導體柱狀結構排成第一列，第二共振結構的這些半導體柱狀結構排成與第一列平行且相鄰的第二列，且第一列的這些半導體柱狀結構與第二列的這些半導體柱狀結構在與排列方向垂直的間隔方向上具有間隔。

【0034】 在本發明的一實施例中，當上述的壓力由同時垂直於排列方向以及垂直於間隔方向的方向傳遞至包覆體時，包覆體以及這些共振結構的這些半導體柱狀結構於間隔方向上發生形變，使得間隔改變。共振光線的波長根據間隔之改變而變化。

【0035】 在本發明的一實施例中，上述的光源為背光源，配置於包覆體的一側，且這些半導體柱狀結構的材料包括具有直接能隙的半導體材料。

【0036】 在本發明的一實施例中，上述的壓力感測元件更包括光導結構，配置於包覆體中。一共振結構的這些半導體柱狀結構以及光導結構沿著排列方向排成一列。光導結構的一端面對這些半導體柱狀結構且光導結構的另一端面對偵測器。光導結構用以將共振光線導入偵測器中。

【0037】 在本發明的一實施例中，上述的壓力感測元件更包括光導結構，配置於沿著排列方向排列的一共振結構的這些半導體柱狀結構旁，且光導結構的一端面對偵測器。共振光線藉由耦合進入光導結構中，且光導結構用以將共振光線導入偵測器中。

【0038】 本發明的實施例的壓力感測元件包括光源、多個共振結構、包覆體、第一基板以及第二基板。光源用以提供原始寬頻光線。各共振結構包括多個半導體柱狀結構沿著單一排列方向間隔排成一列，且各半導體柱狀結構在排列方向上具有晶格常數。至少部分這些共振結構沿著第一方向排列，且至少部分這些共振結構沿著不同於第一排列方向的第二方向排列。原始寬頻光線進入至少部分這些共振結構中且傳遞於這些半導體柱狀結構之間，並產生多個共振光線。一共振結構的各半導體柱狀結構具有一長度垂直於排列方向且具有一寬度平行於排列方向，且此長度以及此寬度小於共振光線的波長。包覆體完全包覆這些共振結構的這些半導體柱狀結構。包覆體與這些共振結構夾設於第一基板以及第二基板之間。一壓力施加於第一基板以及第二基板的至少其中之一上，且此壓力由垂直於排列方向的方向傳遞於包覆體時，包覆體以及這些共振結構的這些半導體柱狀結構於排列方向上發生對應於此壓力的形變，使得這些晶格常數的大小改變。這些共振光線的波長根據這些晶格常數之改變而變化。

【0039】 在本發明的一實施例中，上述的壓力感測裝置更包括偵測器以及處理器。偵測器接收至少部分這些共振結構的這些共振光線以產生多個光譜訊號。處理器根據這些光譜訊號計算形變的發生位置以及形變的形變量。

【0040】 在本發明的一實施例中，上述的壓力感測裝置更包括多個第一光導部與多個第二光導部。一第一光導部與一第二光導部

沿著排列方向配置於包覆體中。一第一光導部用以將原始寬頻光線導入一共振結構中，且一第二光導部用以將共振光線導入偵測器中。

**【0041】** 在本發明的一實施例中，上述的一第一光導部、一共振結構的這些半導體柱狀結構以及一第二光導部沿著排列方向排成一行。第一光導部的一端面對光源且第一光導部的另一端面對這些半導體柱狀結構，第二光導部的一端面對這些半導體柱狀結構且第二光導部的另一端面對偵測器。

在本發明的一實施例中，上述的一第一光導部以及一第二光導部相連而形成一光導結構，配置於沿著排列方向排列的一共振結構的這些半導體柱狀結構旁。光導結構的一端面對光源且光導結構的另一端面對偵測器。

**【0042】** 在本發明的一實施例中，上述的這些共振結構包括多個第一共振結構以及多個第二共振結構。一第一共振結構的這些半導體柱狀結構排成第一列，一第二共振結構的這些半導體柱狀結構排成與第一列平行且相鄰的第二列，且第一列的這些半導體柱狀結構與第二列的這些半導體柱狀結構在與排列方向垂直的間隔方向上具有間隔。

**【0043】** 在本發明的一實施例中，當上述的壓力由同時垂直於排列方向以及垂直於間隔方向的方向傳遞至包覆體時，包覆體以及這些共振結構的這些半導體柱狀結構於間隔方向上發生形變，使得間隔改變。共振光線的波長根據間隔改變而變化。

【0044】 在本發明的一實施例中，上述的光源為背光源，配置於包覆體的一側，且這些共振結構的這些半導體柱狀結構的材料包括具有直接能隙的半導體材料。

【0045】 在本發明的一實施例中，上述的壓力感測裝置更包括多個光導結構，配置於包覆體中。一共振結構的這些半導體柱狀結構以及一光導結構沿著排列方向排成一行。光導結構的一端面對這些半導體柱狀結構且光導結構的另一端面對偵測器。光導結構用以將共振光線導入偵測器中。

【0046】 在本發明的一實施例中，上述的壓力感測裝置更包括多個光導結構。一光導結構配置於沿著排列方向排列的一共振結構的這些半導體柱狀結構旁，且光導結構的一端面對偵測器。共振光線藉由耦合進入光導結構中，且光導結構用以將共振光線導入偵測器中。

【0047】 基於上述，在本發明一實施例的光學元件、壓力感測元件以及壓力感測裝置中，一共振結構包括多個半導體柱狀結構沿著排列方向間隔排成一行。原始寬頻光線傳遞於這些半導體柱狀結構之間，並產生共振光線。另外，包覆體係用以完全包覆共振結構的這些半導體柱狀結構。當外力或壓力施加於包覆體時，包覆體以及這些半導體柱狀結構發生對應於外力的形變。因此，本發明實施例的光學元件可以透過外力施加所造成的上述形變，來進行共振結構的結構調整，從而實現可靠地而大範圍的光波長的調變。另外，光學元件具有小的圖形尺寸且其圖形適於光波導的

整合。此外，在本發明實施例的壓力感測元件以及壓力感測裝置中，共振光線的波長係根據壓力所對應的形變而變化，而壓力感測元件以及壓力感測裝置根據共振光線的波長來感測所施加之壓力，進而實現壓力感測，其感測靈敏度佳且具有較小的體積。

【0048】 為讓本發明的上述特徵和優點能更明顯易懂，下文特舉實施例，並配合所附圖式作詳細說明如下。

### 【圖式簡單說明】

#### 【0049】

圖 1A 繪示本發明一實施例的光學元件的透視圖。

圖 1B 繪示圖 1A 實施例的共振結構的俯視圖。

圖 2A 至圖 2F 繪示圖 1A 實施例的光學元件的製作流程圖。

圖 3A 繪示本發明一實施例的光學元件中，這些半導體柱狀結構在尚未包覆於所述包覆體中的電子顯微影像。

圖 3B 繪示圖 3A 實施例的光學元件可受一外力而產生形變。

圖 3C 繪示圖 1A 實施例的光學結構，在做為奈米雷射元件時，於不同拉伸量下的歸一化雷射輻射光強度對波長的作圖。

圖 3D 繪示圖 1A 實施例的光學元件其雷射光的波長對拉伸量的作圖。

圖 4 繪示本發明另一實施例的光學元件的俯視示意圖。

圖 5 繪示圖 4 實施例的光學元件在單一方向拉伸下的雷射差分頻譜。

圖 6 繪示本發明又一實施例的光學元件的俯視示意圖。

圖 7A 繪示本發明一實施例的壓力感測元件的剖面示意圖。

圖 7B 繪示圖 7A 實施例的壓力感測元件於另一方向的剖面示意圖。

圖 7C 繪示本發明另一實施例的壓力感測元件的剖面示意圖。

圖 7D 是圖 7C 實施例之壓力感測元件沿著 I-I 線的剖面示意圖。

圖 7E 繪示本發明又一實施例的壓力感測元件的剖面示意圖。

圖 8A 至圖 8F 繪示圖 7A 實施例的壓力感測元件的製作流程圖。

圖 9A 繪示本發明再一實施例的壓力感測元件的剖面示意圖。

圖 9B 是圖 9A 實施例之壓力感測元件沿著 II-II 線的剖面示意圖。

圖 10 繪示圖 9A 實施例的壓力感測元件其兩種光學模態在雷射光的波長對耦合間距的作圖。

圖 11A 繪示本發明另一實施例的壓力感測元件的剖面示意圖。

圖 11B 繪示圖 11A 實施例的壓力感測元件於另一方向的剖面示意圖。

圖 11C 繪示本發明又一實施例的壓力感測元件的剖面示意圖。

圖 11D 是圖 11C 實施例之壓力感測元件沿著 III-III 線的剖面



示意圖。

圖 12 繪示本發明一實施例的壓力感測裝置的俯視示意圖。

**【實施方式】**

**【0050】** 圖 1A 繪示本發明一實施例的光學元件的透視圖，請參考圖 1A。在本實施例中，光學元件 100 包括至少一共振結構 110 以及包覆體 120，所述共振結構 110 係包括多個半導體柱狀結構 112，這些半導體柱狀結構係沿著排列方向 AD 週期性間隔排成一列，並於該排列方向上具有晶格常數  $A_n$ ， $A_n$  係表示由中央向二側數來第  $n$  個半導體柱狀結構 112 的晶格常數。包覆體 120 完全包覆至少一共振結構 110 的這些半導體柱狀結構 112。

**【0051】** 在本實施例中，光學結構 100 例如是處於由第一軸 X、第二軸 Y 以及第三軸 Z 所建構的空間中，其中第一軸 X 與排列方向 AD 平行。第一軸 X 垂直於第二軸 Y 也垂直於第三軸 Z，且第二軸 Y 垂直於第三軸 Z。

**【0052】** 圖 1B 繪示圖 1A 實施例的共振結構的俯視圖，請參考圖 1B，具體而言，各半導體柱狀結構 112 具有長度  $L_n$  垂直於排列方向 AD 且具有相同寬度或不相同寬度  $W_n$  平行於排列方向 AD。其中， $W_n$  表示由中央向二側數來第  $n$  個半導體柱狀結構 112 的寬度。

**【0053】** 在本實施例中，光學元件 100 更包括一光源（未繪示），用以提供一原始寬頻光線 L1。所述原始寬頻光線 L1 進入所述共

振結構 110 且傳遞於所述半導體柱狀結構 112 之間，其中包括至少一共振光線 L2 於所述半導體柱狀結構 112 之間沿方向 AD 形成駐波而被共振放大，該共振光線 L2 係被包含於所述原始寬頻光線 L1 中，且該共振光線 L2 於光譜上的半高寬小於該原始光線 L1 於光譜上的半高寬；所述半導體柱狀結構 112 長度  $L_{en}$  以及寬度  $W_n$  係小於所述共振光線 L2 的波長，且所述共振光線 L2 的波長係可透過改變所述寬度  $W_n$ 、晶格常數  $A_n$ 、長度  $L_{en}$  來加以調整。具體而言在一些實施例中，所述各半導體柱狀結構 112 之寬度  $W_n$  係為相同。然而，在一些實施例中，所述共振結構 110 的這些半導體柱狀結構 112 可以被設計成具有不同寬度  $W_n$ ，以形成光能隙與模隙效應來進一步對於所述共振光線 L2 產生侷域性之光學侷限效果，並使所述共振光線 L2 在光譜上之半高寬進一步被窄化。

【0054】 具體而言，請繼續參考圖 1B，所述半導體柱狀結構 112 的這些寬度  $W_n$  以及這些晶格常數  $A_n$  係由這些半導體柱狀結構 112 排成一列的列中央朝向此列的二側呈線性增加。具體而言，此線性增加遵守以下關係式：

$$W_{n+1} = W_n + x \text{-----}(1)$$

$$A_{n+1} = A_n + y \text{-----}(2)$$

其中， $W_{n+1}$  表示由中央向二側數來第  $n+1$  個半導體柱狀結構 112 的寬度。另外， $A_{n+1}$  表示由中央向二側數來第  $n+1$  個半導體柱狀結構 112 的晶格常數。

【0055】 在本實施例中， $x$  例如是 10 奈米，且  $y$  例如也是 10 奈米。

然而在一些實施例中， $x$  與  $y$  亦可以小於 10 奈米，以增加共振結構 110 的光侷限能力，或者  $x$  與  $y$  亦可以大於 10 奈米，以降低製成難度，本發明並不以此為限。

【0056】 另外，在前述實施例中，包覆體 120 係完全包覆共振結構 110 的這些半導體柱狀結構 112，使得包覆體 120 以及其中的這些半導體柱狀結構 112 形成三維方向（例如是第一軸  $X$  方向、第二軸  $Y$  方向以及第三軸  $Z$  方向）上皆為對稱的結構，且此對稱的結構可實現對稱性分布的共振模態，其具有較低的光學損耗。然而在一些實施例中，包覆體 120 亦可以選擇性地不包覆這些半導體柱狀結構 112。在這些實施例中，包覆體 120 以及其中的這些半導體柱狀結構 112 具有不對稱分布的共振模態。另外，由於這些實施例的這些半導體柱狀結構 112 部分暴露於空氣中，其導熱較差，且由於這些半導體柱狀結構 112 未被包覆體 120 完全包覆，當包覆體 120 產生對應於外力的形變時，這些半導體柱狀結構 112 可能會產生脫落。

【0057】 在前述實施例中，當一外力施加於包覆體時 120，包覆體 120 係用以帶動這些半導體柱狀結構 112 產生對應於此外力的形變，其中所述形變包括拉伸、壓縮或撓曲。所述包覆體 120 例如是可產生對應於外力產生形變的高分子材料，其係相對於所述共振光線  $L2$  波長而言為透明，以避免由材料吸收所造成的光學損耗；再者，所述包覆體係具有低的光學折射率，確保包覆體 120 及這些半導體柱狀結構 112 之間具有足夠大的折射率差異，以減

少所述光學共振腔在光能隙、模隙以外方向的光學耗損。具體而言，包覆體 120 的折射率例如是小於等於 2，較佳地，小於等於 1.6。舉例而言，包覆體 120 的材料例如是包括甲基矽烷 (polydimethylsiloxane, PDMS)，本發明並不以此為限。

【0058】 在本實施例中，所述光源產生手段係可透過可受光激發放光 (photoluminescence) 的半導體材料做為所述半導體柱狀結構 112 來提供，致使該光學結構由前述共振過程而形成一奈米雷射元件；這些半導體材料例如是具有直接能隙的半導體材料，或是具有量子侷限 (quantum confinement) 結構的磊晶結構。舉例而言，這些半導體柱狀結構 112 的材料為具有量子井或量子點結構的材料，本發明並不以此為限。

【0059】 圖 2A 至圖 2F 繪示圖 1A 實施例的光學元件的製作流程圖。請先參考圖 2A，首先，準備半導體晶圓 20，其包括半導體基板 201 以及磊晶層 202，其中磊晶層 202 包括受光激發放光或受光激發不放光的半導體材料，且磊晶層 202 形成於半導體基板 201 上。接著，於磊晶層 202 上依序形成第一遮罩層 203 以及第二遮罩層 204。接著，請先參考圖 2B，利用微影技術將半導體柱狀結構互補圖形 205 定義於第二遮罩層 204 後進行顯影與定影，這裡所指稱之微影技術係指可達次波長解析度者，例如電子束微影、DUV 或 EUV 光學微影技術。之後，利用乾式蝕刻製程將半導體柱狀結構互補圖形 205 轉移至該第一遮罩層 203 上，並同時除去殘留的第二遮罩層 204。請參考圖 2C，接著，利用乾式蝕刻製程將

第一遮罩層 203 上的半導體柱狀結構互補圖形 205 轉移至磊晶層 202，以形成這些半導體柱狀結構 112。之後，以化學蝕刻的方式除去殘留於這些半導體柱狀結構 112 上的第一遮罩層 203。

【0060】 接著，請參考圖 2D，提供可產生對應於外力的形變的高分子基板 21，並分別旋塗一層未硬化之高分子材料黏合層 211 於高分子基板 21 表面以及半導體晶圓 20 表面（即半導體基板 201 的一部分表面以及這些半導體柱狀結構 112 的表面）。之後，將高分子基板 21 與半導體晶圓 20 靜置於負壓環境下半小時後，將兩者進行接合，並在 60°C 下烘烤 12 小時。此時，高分子基板 21 以及高分子材料黏合層 211 形成硬化之高分子包覆層 212（如圖 2E 所示）。接著，請參考圖 2E 以及圖 2F，於室溫下，利用化學選擇性濕式蝕刻去除半導體基板 201。另外，旋塗另一層未硬化之高分子包覆層 213 於這些半導體柱狀結構 112 的表面以及高分子包覆層 212 的表面，以完全覆蓋這些半導體柱狀結構 112。接著，在 60°C 下烘烤 12 小時，以形成硬化之包覆體 120。

【0061】 圖 3A 繪示本發明一實施例的光學元件中，這些半導體柱狀結構在尚未包覆於所述包覆體中的電子顯微影像，圖 3B 則繪示圖 3A 實施例的光學元件可受一外力而產生形變。在本實施例中，光學元件 300 類似於圖 1A 至圖 1B 實施例的光學元件 100，其構件以及相關敘述可以參考圖 1A 至圖 1B 實施例的光學元件 100，在此不再贅述。在本實施例中，光學元件 300 包括共振結構 310 以及包覆體 320，且包覆體 320 完全包覆共振結構 310。另外，請

參考圖 3B，當外力（如以手指提供的撓曲、拉伸與壓縮等力）施加於包覆體 320 時，包覆體 320 以及共振結構 310 的這些半導體柱狀結構（未繪示）發生對應於此外力的形變。

【0062】圖 3C 繪示圖 1A 實施例的光學結構，在做為奈米雷射元件時，於不同拉伸量下的歸一化雷射輻射光強度對波長的作圖。請先參考圖 3C，在圖 3C 中，橫軸的「波長」表示共振光線 L2 的波長，而縱軸的「歸一化雷射輻射光強度」表示該雷射元件之共振光線 L2 光強度的歸一化數值。

【0063】在本實施例中，係對於光學元件 100 在以共振光線 L2 產生雷射時提供沿著如圖 1A 中第一軸 X 方向之一外力，將包覆體 120 進行拉伸以帶動光學元件 100 結構之改變。在圖 3C 中，「第一實驗條件」表示包覆體 120 受所述外力之拉伸量為 0（即不進行拉伸）時，共振光線 L2 的歸一化雷射輻射光強度對波長的作圖；「第二實驗條件」則表示包覆體 120 拉伸量為 2.6%時共振光線 L2 的歸一化雷射輻射光強度對波長的作圖。此處所指拉伸量係由光學元件 100 或所述包覆體 120 受外力拉伸時，其長度之變化量而定義。另外，所述「第一實驗條件」與「第二實驗條件」之間亦包括其他實驗條件下，共振光線 L2 的歸一化雷射輻射光強度對波長的作圖，這些實驗條件係指介於 0 至 2.6%間之拉伸量。

【0064】在本實施例中，包覆體 120 以及這些半導體柱狀結構（未繪示）發生對應於外力的形變，使得這些半導體柱狀結構的這些晶格常數產生改變，而所述共振光線 L2 的波長係隨著這些晶格常

數的變動而調整。具體而言，在包覆體 120 拉伸量由 0 逐漸增加至 2.6 % 的過程中，這些晶格常數逐漸增加，使得光學元件 100 的發光頻譜線性地紅移。舉例而言，「第二實驗條件」的發光頻譜明顯相較於「第一實驗條件」的發光頻譜有紅移的現象。請參考圖 3D，在圖 3D 中，橫軸的「拉伸量」表示光學元件 100 的包覆體 120 所受到外力後沿所述方向 AD 在長度上所產生的拉伸量；另外，縱軸的「波長」表示共振光線 L2 的波長。在本實施例中，光學元件 100 的包覆體 120 在受到 1 % 拉伸量時，其輻射波長可例如是紅移 7.65 nm。

【0065】 在本實施例中，光學元件 100 可以透過外力的施加，使包覆體 120 以及這些半導體柱狀結構（未繪示）發生對應於此外力的形變。藉此，光學元件 100 的共振結構 110 其結構因外力而受到調整，並能反映出共振光線 L2 波長的調變。另外，當外力移除時，光學元件 100 的共振結構 110 係可以回到受外力施加之前的狀態，而使得共振光線 L2 之波長調整回受外力施加之前的狀態。

【0066】 在本實施例中，共振光線 L2 之波長可藉由外力對包覆體 120 在第一軸 X 方向上的拉伸而受到調整，而可以完全或者部分涵蓋不同通訊波長範圍下的波長調變範圍，包括 S、S+C+L、與 C+L 通訊頻帶。

【0067】 圖 4 繪示本發明另一實施例的光學元件的俯視示意圖，請參考圖 4。圖 4 實施例的光學元件 400 類似於圖 1A 至圖 1B 實

施例的光學元件 100，其構件以及相關敘述可以參考圖 1A 至圖 1B 實施例的光學元件 100，在此不再贅述。光學元件 400 與光學元件 100 的差異如下所述。在本實施例中，光學元件 400 除了可以作為波長可調雷射元件外，亦可以作為主動式的結構力學拉伸感測器。具體而言，光學元件 400 的至少一共振結構 410 的數量為二，且這些共振結構 410 包括第一共振結構 412 以及第二共振結構 414。第一共振結構 412 的這些半導體柱狀結構沿著第一方向 D1 排列，且第二共振結構 414 的這些半導體柱狀結構沿著與第一方向 D1 垂直的第二方向 D2 排列。此外，在本實施例中，第一方向 D1 例如與第一軸 X 方向平行，且第二方向 D2 例如與第二軸 Y 方向平行。另外，光學元件 400 的包覆體 420 完全包覆這些共振結構 410 的這些半導體柱狀結構。除此之外，光學元件 400 更包括偵測器（未繪示）以及耦接偵測器的處理器（未繪示）。偵測器接收由第一共振結構 412 的共振光線以產生第一光譜訊號，且偵測器接收由第二共振結構 414 的共振光線以產生第二光譜訊號。當一外力施加於包覆體 420 時，包覆體 420 以及這些共振結構 410 的這些半導體柱狀結構發生對應於此外力的形變，而處理器根據第一光譜訊號以及第二光譜訊號之變化量計算此形變的形變量。

**【0068】** 在本實施例中，光學元件 400 例如可以用於環境力學的應變感測。微小晶片化的環境力學應變感測元件其最小可偵測拉伸量  $\Delta S_{\text{det}}$  可由  $\Delta S_{\text{det}} = R_s / \delta\lambda$  描述，其中  $R_s$  代表 1% 拉伸量下的共振腔波長響應， $\delta\lambda$  則代表其共振模態在光譜上的最小可靠解析



度，亦即光學元件 400 其輻射訊號的頻譜半高寬。舉例而言，圖 1A 實施例的光學元件 100 的包覆體 120 在受到 1 % 拉伸量時，其輻射波長可例如是紅移 7.65 nm，則其  $R_s$  即為 7.65 nm/%。另外， $\delta\lambda$  則為光學元件 100 進行反覆操作測試所得的波長不確定量。舉例而言，圖 1A 實施例的光學元件 100 其波長不確定量例如是 0.55 nm。在本實施例中，當光學元件 400 用於應變感測時，其最小可偵測拉伸量  $\Delta S_{det}$  可通過 1 % 拉伸量下的共振腔波長響應  $R_s$  以及波長不確定量  $\delta\lambda$  進行推算。舉例而言，光學元件 400 的最小可偵測拉伸量  $\Delta S_{det}$  例如是 0.072%。

【0069】圖 5 繪示圖 4 實施例的光學元件在單一方向拉伸下的雷射差分頻譜。請參考圖 5，在本實施例中，光學元件 400 的包覆體 420 的材料具有正泊松比 (Poisson Ratio)。包覆體 420 在第一軸 X 方向上受到外力而被拉伸時，其於第二軸 Y 方向上將產生比值約 0.33 的壓縮應變。因此，包覆體 420 中所設置的第一共振結構 412 以及第二共振結構 414，其所產生的共振光線會分別展現因結構拉伸與壓縮造成的波長改變。具體而言，當包覆體 420 在第一軸 X 方向上受到外力而被拉伸時，第一共振結構 412 所產生的共振光線會產生如圖 5 中的輻射光波長紅移 501，而第二共振結構 414 所產生的共振光線會產生如圖 5 中的輻射光波長藍移 502。舉例而言，在施以光學元件 400 的包覆體 420 沿著第一軸 X 方向上 2.5% 的拉伸量下，輻射光波長紅移 501 與輻射光波長藍移 502 之間訊號差分的變化量例如是達到 24.7 nm。也就是說，其 1 % 拉伸量下

的共振腔波長響應  $R_s$  明顯增加為 9.9 nm/%，而最小可偵測拉伸量  $\Delta S_{det}$  則減小為 0.056 %。在本實施例中，由於第一共振結構 412 與第二共振結構 414 彼此垂直，當包覆體受到單一方向拉伸時，兩者所受到的形變係為不同，亦即各該共振光線波長變化趨勢亦不同，因此當光學元件 400 用以作為應變感測元件時，其可以透過訊號差分實現較高的元件感測靈敏度。

【0070】圖 6 繪示本發明又一實施例的光學元件的俯視示意圖。圖 6 實施例的光學元件 600 類似於圖 4 實施例的光學元件 400，其構件以及相關敘述可以參考圖 4 實施例的光學元件 400，在此不再贅述。光學元件 600 與光學元件 400 的差異如下所述。在本實施例中，光學元件 600 包括多個共振結構 610，且這些共振結構 610 包括第一共振結構 612 以及第二共振結構 614。第一共振結構 612 以及第二共振結構 614 交會以形成交會位置 IP，且光學元件 600 更包括位於交會位置 IP 上的共用共振腔結構 630。具體而言，第一共振結構 612 與第二共振結構 614 共用同一共用共振腔結構 630，且此共用共振腔結構 630 存在至少二種具有不同共振性質的共振模態。由於第一共振結構 612 與第二共振結構 614 在共用共振腔結構 630 時，其共振模態分別具有極高的單一極化特性（第一共振結構 612 與第二共振結構 614 其共振模態分別為第二軸 Y 方向上的極化與第一軸 X 方向上的極化），因此兩者的共振模態彼此不會互相影響。因此，第一共振結構 612 與第二共振結構 614 的共振模態可以由同一共用共振腔結構 630 射出。在本實施例中，

類似於圖 4 的光學元件 600，由於第一共振結構 612 與第二共振結構 614 彼此垂直，當包覆體受到單一方向拉伸時，兩者所受到的形變係為不同，亦即各該共振光線波長變化趨勢亦不同，因此當光學元件 600 用以作為應變感測元件時，其可以透過訊號差分實現較高的元件感測靈敏度。此外，光學元件 600 具有較對稱的結構佈局，在積體光路設計上具有較佳的設計彈性，且共用單一共用共振腔結構 630 實現單一共振腔兩模態的操作方式，使得光學元件 600 具有設計複雜度較低，且易於製作之功效。

【0071】圖 7A 繪示本發明一實施例的壓力感測元件的剖面示意圖，且圖 7B 繪示圖 7A 實施例的壓力感測元件於另一方向的剖面示意圖，請參考圖 7A 以及圖 7B。在本實施例中，壓力感測元件 700A 包括光源 LS、至少一共振結構 710 以及包覆體 720。光源 LS 用以提供原始寬頻光線 L1。一共振結構 710 包括多個半導體柱狀結構 712 沿著排列方向 AD 間隔排成一列。原始光線 LS 進入一共振結構 710 中且傳遞於這些半導體柱狀結構 712 以及這些半導體柱狀結構 712 之間。另外，共振結構 710 接收原始寬頻光線 L1 後以產生共振光線 L2，且共振光線 L2 的半高寬小於原始寬頻光線 L1 的半高寬。在本實施例中，各半導體柱狀結構 712 具有長度垂直於排列方向 AD 且具有寬度平行於排列方向 AD。舉例而言，各半導體柱狀結構 712 的長度例如是平行於第二軸 Y 方向，且各半導體柱狀結構 712 的寬度例如是平行於第一軸 X 方向。具體而言，各半導體柱狀結構 712 的長度以及寬度小於共振光線 L2 的波

長。此外，各半導體柱狀結構 712 在排列方向 AD 上具有晶格常數（未標示）。

**【0072】** 在本實施例中，包覆體 720 完全包覆至少一共振結構 710 的這些半導體柱狀結構 712。當壓力 P 由垂直於排列方向 AD 的方向傳遞至包覆體 720 時，包覆體 720 以及這些半導體柱狀結構 712 於排列方向 AD 上發生對應於壓力 P 的形變，使得這些半導體柱狀結構 712 的這些寬度以及這些晶格常數的大小改變。共振光線 L2 的波長則根據這些寬度以及這些晶格常數而調整。此外，具體而言，壓力感測元件 700A 更包括偵測器 730 以及處理器 740。偵測器 730 接收共振光線 L2 以產生光譜訊號，而處理器 740 根據光譜訊號計算上述形變的形變量。另外，壓力感測元件 700A 更包括第一基板 750 以及第二基板 760。包覆體 720 與至少一共振結構 710 夾設於第一基板 750 以及第二基板 760 之間。在本實施例中，上述壓力 P 係施加於第一基板 750 以及第二基板 760 的至少其中之一上，且壓力 P 由垂直於排列方向 AD 的方向（如第三軸 Z 方向）傳遞於包覆體 720。

**【0073】** 請繼續參考圖 7B，在本實施例中，壓力感測元件 700A 更包括第一光導部 772A 與第二光導部 774A。第一光導部 772A 與第二光導部 774A 沿著排列方向 AD 配置於包覆體 720 中。第一光導部 772A 用以將原始寬頻光線 L1 導入一共振結構 710 中，且第二光導部 774A 用以將共振光線 L2 導入偵測器 730 中。具體而言，第一光導部 772A、共振結構 710 的這些半導體柱狀結構 712

以及第二光導部 774A 沿著排列方向 AD 排成一列。第一光導部 772A 的一端面對光源 LS 且第一光導部 772A 的另一端面對這些半導體柱狀結構 712。第二光導部 774A 的一端面對這些半導體柱狀結構 712 且第二光導部 774A 的另一端面對偵測器 730。原始光線 L1 藉由耦合進入共振結構 710 中，且共振光線 L2 藉由耦合進入第二光導部 774A 中。

【0074】 在本實施例中，這些半導體柱狀結構 712 可以例如是非直接能隙的半導體材料或是不具有量子結構的半導體材料。另外，第一光導部 772A、這些半導體柱狀結構 712 以及第二光導部 774A 連結為一直線以實現直接耦合。具體而言，光源 LS 所發出的原始寬頻光線 L1 係藉由直接耦合的方式進入共振結構 710 中，並且共振結構 710 接收原始寬頻光線 L1 後產生共振光線 L2。接著，共振光線 L2 亦經由直接耦合的方式傳輸至第二光導部 774A 中，且傳輸至第二光導部 774A 的共振光線 L2 則由偵測器 730 所接收。

【0075】 在本實施例中，第一基板 750 以及第二基板 760 的材料例如是包括半導體材料、半導體氧化物材料或剛性係數遠大於包覆體 720 的材料，本發明並不以此為限。具體而言，本實施例的壓力 P 係施加於第二基板 760，而第一基板 750 作為壓力感測元件 700B 的支撐部，且其厚度例如是遠大於包覆體 720 的厚度以及第二基板 760 的厚度，本發明亦不以此為限。另外，第二基板 760 的材料例如是相對於原始寬頻光線 L1 而言透明的材料。也就是

說，當原始寬頻光線 L1 通過第二基板 760 時，第二基板 760 不會對原始寬頻光線 L1 吸收，或者第二基板 760 對於原始寬頻光線 L1 的吸收量是可忽略的。具體而言，第二基板 760 的材料可以例如是包括玻璃或石英，本發明並不以此為限。

【0076】 在本實施例中，第二基板 760 用以承受在第三軸 Z 方向上的壓力 P。此壓力 P 致使夾設於第一基板 750 以及第二基板 760 之間的包覆體 720 產生沿著第一軸 X 方向以及第二軸 Y 方向上的擴張形變。此擴張形變可致使這些半導體柱狀結構 712 產生晶格擴張，進而改變共振光線 L2 的波長。具體而言，共振光線 L2 的波長的變化可用以量度壓力 P 的大小。此外，第一光導部 772A 以及第二光導部 774A 相對於這些半導體柱狀結構 712 而言為連續性介電質結構。因此，當包覆體 720 承受壓力 P 而產生形變時，第一光導部 772A 以及第二光導部 774A 並不會產生形變。也就是說，光學訊號於第一光導部 772A 以及第二光導部 774A 的導入效率以及導出效率並不會因為壓力 P 的施加而受到影響。在本實施例中，偵測器 730 接收受壓前後之共振光線 L2 以量度其光譜訊號變化，且處理器 740 根據此光譜訊號變化量計算形變的形變量。因此，壓力 P 的大小便可以藉由形變量而量度出來，藉以實現壓力 P 的感測。在本實施例中，壓力感測元件 700A 根據波長調變後的光線來計算所施加之壓力 P 所對應的形變，來實現壓力感測。

【0077】 圖 7C 繪示本發明另一實施例的壓力感測元件的剖面示意圖，且圖 7D 是圖 7C 實施例之壓力感測元件沿著 I-I 線的剖面

示意圖。請參考圖 7C 以及圖 7D。圖 7C 實施例的壓力感測元件 700B 類似於圖 7A 至圖 7B 實施例的壓力感測元件 700A，其構件以及相關敘述可以參考圖 7A 至圖 7B 實施例的壓力感測元件 700A，在此不再贅述。壓力感測元件 700B 與壓力感測元件 700A 的差異如下所述。在本實施例中，壓力感測元件 700B 的第一光導部 772B 以及第二光導部 774B 相連而形成光導結構 770B。光導結構 770B 配置於沿著排列方向 AD 排列的一共振結構 710 的這些半導體柱狀結構 712 旁。光導結構 770B 的一端面對光源 LS 且光導結構 770B 的另一端面對偵測器 730。光源 LS 的原始寬頻光線 L1 藉由耦合進入共振結構 710 中，且共振光線 L2 藉由耦合進入光導結構 770B 中。具體而言，原始寬頻光線 L1 藉由側向耦合的方式進入共振結構 710 中，且共振光線 L2 亦藉由側向耦合的方式進入光導結構 770B 中。本實施例的原始寬頻光線 L1 在側向耦合的過程中可以直接由側邊進入共振結構 710（如圖 7D 所示），而不必如直接耦合（正向耦合）先通過多個半導體柱狀結構 712。此外，共振光線 L2 在側向耦合的過程中也可以直接由側邊離開共振結構 710。因此，本實施例的壓力感測元件 700B 光能的耗損較小，其具有較佳的光耦合效率。

【0078】 圖 7E 繪示本發明又一實施例的壓力感測元件的剖面示意圖，請參考圖 7E。圖 7E 實施例的壓力感測元件 700C 類似於圖 7C 實施例的壓力感測元件 700B，其構件以及相關敘述可以參考圖 7C 實施例的壓力感測元件 700B，在此不再贅述。壓力感測元件 700C

與壓力感測元件 700B 的差異如下所述。在本實施例中，壓力感測元件 700C 的第一光導部 772C 以及第二光導部 774C 相連而形成光導結構 770C。光導結構 770C 配置於沿著排列方向 AD 排列的一共振結構 710 的這些半導體柱狀結構 712 旁。不同於前述壓力感測元件 700B，本實施例中所述光導結構 770C 與共振結構 710 係位於不同的 XY 平面上（也就是在第三軸 Z 方向上位於不同的位置），亦即，壓力感測元件 700C 的線路佈局不限於二維的平面上，而是可以拓展至三維的線路佈局。相較於前述實施例的壓力感測元件 700B，本實施例的壓力感測元件 700C 具有增加線路密度之功效。

**【0079】** 圖 8A 至圖 8F 繪示圖 7A 實施例的壓力感測元件（壓力感測元件 700B）的製作流程圖。請先參考圖 8A，首先，準備半導體晶圓 80，其包括半導體基板 801 以及磊晶層 802，其中磊晶層 802 包括非直接能隙或直接能隙之半導體材料，且磊晶層 802 形成於半導體基板 801 上。接著，於磊晶層 802 上依序形成第一遮罩層 803 以及第二遮罩層 804。接著，請先參考圖 8B，利用微影技術將半導體柱狀結構互補圖形 805 定義於第二遮罩層 804 後進行顯影與定影。之後，利用乾式蝕刻製程將半導體柱狀結構互補圖形 805 轉移至該第一遮罩層 803 上，並同時除去殘留的第二遮罩層 804。請參考圖 8C，接著，利用乾式蝕刻製程將第一遮罩層 803 上的半導體柱狀結構互補圖形 805 轉移至磊晶層 802，以形成這些半導體柱狀結構 712。之後，以化學蝕刻的方式除去殘留於這些半



導體柱狀結構 712 上的第一遮罩層 803。

【0080】 接著，請參考圖 8D，提供第一基板 750，其中第一基板 750 的材料例如包括半導體材料或是半導體氧化物材料。另外，分別旋塗一層未硬化之高分子材料黏合層 811 於第一基板 750 表面以及半導體晶圓 80 表面（即半導體基板 801 的一部分表面以及這些半導體柱狀結構 712 的表面）。之後，將第一基板 750 與半導體晶圓 80 靜置於負壓環境下半小時後，將兩者進行接合，並在 60°C 下烘烤 12 小時。此時，高分子材料黏合層 811 形成硬化之高分子包覆層 812（如圖 8E 所示）。接著，請參考圖 8E 以及圖 8F，於室溫下，利用化學選擇性濕式蝕刻去除半導體基板 801。另外，旋塗一層未硬化之高分子包覆層於這些半導體柱狀結構 712 的表面以及高分子包覆層 812 的表面，以完全覆蓋這些半導體柱狀結構 712。此外，提供旋塗有一層未硬化之高分子包覆層的第二基板 760，且將此第二基板 760 與第一基板 750 進行黏合。接著，將整體元件在 60°C 下烘烤 12 小時，以形成硬化之包覆體 720。另外，提供適當之光源 LS，用以提供一原始寬頻光線至包覆體 720 之中。藉此，完成本實施例之光學元件的製作。

【0081】 此外，上述圖 7E 實施例的壓力感測元件 700C 可由類似於圖 8A 至圖 8D 所揭示之製作流程而得到。具體而言，首先，製作出兩個類似於圖 8E 所繪示的結構，其中一者具有光導結構 770C 與第一基板 750，另一者具有共振結構 710 與第二基板 760。接著，將兩者在透過奈微米等級解析度之光學對位系統之觀測與對準下

接合。詳細而言，所述光學對位系統例如是光學顯微鏡。

【0082】圖 9A 繪示本發明再一實施例的壓力感測元件的剖面示意圖，而圖 9B 是圖 9A 實施例之壓力感測元件沿著 II-II 線的剖面示意圖。圖 9A 以及圖 9B 實施例的壓力感測元件 900 類似於圖 7A 至圖 7B 實施例的壓力感測元件 700A，其構件以及相關敘述可以參考圖 7A 至圖 7B 實施例的壓力感測元件 700A，在此不再贅述。壓力感測元件 900 與壓力感測元件 700A 的差異如下所述。在本實施例中，壓力感測元件 900 的至少一共振結構 910 的數量為二，且這些共振結構 910 包括第一共振結構 910A 以及第二共振結構 910B。第一共振結構 910A 的這些半導體柱狀結構 912A 排成第一列，第二共振結構 910B 的這些半導體柱狀結構 912B 排成與第一列平行且相鄰的第二列。另外，來自光源 LS 的原始寬頻光線 L1 進入第一共振結構 910A 以及第二共振結構 910B 的其中之一中。具體而言，第一列的這些半導體柱狀結構 912A 與第二列的這些半導體柱狀結構 912B 在與排列方向 AD 垂直的間隔方向 GD 上具有間隔 G。在本實施例中，當壓力 P 由同時垂直於排列方向 AD 傳遞至包覆體 720 時，包覆體 720 以及這些共振結構 910 的這些半導體柱狀結構 912A、912B 於排列方向 AD 上發生晶格常數擴張以及在間隔方向 GD 上發生間隔 G 之增加，而共振光線 L2 的波長將會根據晶格常數與間隔 G 之增加而改變。

【0083】圖 10 繪示圖 9A 實施例的壓力感測元件其兩種光學模態在雷射光的波長對耦合間距的作圖，請參考圖 10。具體而言，二

個共振腔系統可類比於雙原子系統，其中，二個共振腔系統的二光學模態則可以類比於雙原子系統中的鍵合（Bonding）、反鍵合（Anti-Bonding）能態。圖 9A 實施例的第一共振結構 910A 以及第二共振結構 910B 例如是形成一雙原子架構的光學類比結構，且此結構形成一耦合共振腔，並由原本單一共振腔時的模態耦合分裂成類似雙原子系統中的鍵合與反鍵合光學耦合共振模態。在本實施例中，此二個模態分別具有一高能量位階（短波長）以及一低能量位階（長波長）。當第一列的這些半導體柱狀結構 912A 與第二列的這些半導體柱狀結構 912B 之間の間隔  $G$  發生變化時，其所對應於第一共振結構 910A 以及第二共振結構 910B 的光學耦合共振模態波長也會隨之變化。

【0084】在圖 10 中，縱軸表示壓力感測元件 900 其共振光線  $L2$  的波長，橫軸表示第一列的這些半導體柱狀結構 912A 與第二列的這些半導體柱狀結構 912B 之間の間隔  $G$ 。另外，「第一光學模態」表示共振光線  $L2$  於鍵合模態下其波長對應間隔  $G$  的作圖，而「第二光學模態」表示共振光線  $L2$  於反鍵合模態下其波長對應間隔  $G$  距的作圖。在本實施例中，當間隔  $G$  遠大於適當的耦合距離時，第一共振結構 910A 以及第二共振結構 910B 幾乎沒有交互作用，亦即未發生耦合。此外，鍵合模態以及反鍵合模態各自具有相同的共振模態波長。然而，隨著間隔  $G$  的減小，鍵合模態的共振模態波長以及反鍵合模態的共振模態波長產生差異。當間隔  $G$  小於光學近場耦合長度時，其耦合效應變得十分顯著，且鍵合模態的

共振模態波長以及反鍵合模態的共振模態波長產生明顯的差異。在本實施例中，此波長與間隔  $G$  之依存性係可以例如是用於應力（壓力  $P$ ）感測之量度手段之一。

**【0085】** 在本實施例中，當施加壓力  $P$  於第二基板 760 而造成包覆體 720 產生第一軸  $X$  方向以及第二軸  $Y$  方向的擴張時，由於第一列的這些半導體柱狀結構 912A 的這些晶格常數與第二列的這些半導體柱狀結構 912B 的這些晶格常數在第一軸  $X$  方向上增加，因此反鍵合模態的共振模態波長增加一波長紅移量。此外，由於在第二軸  $Y$  方向上的間隔  $G$  增加，使得第一共振結構 910A 與第二共振結構 910B 之間的耦合距離增加，因此反鍵合模態的共振模態波長增加另一波長紅移量。具體而言，相較於圖 7A 的壓力感測元件 700A 而言，本實施例的壓力感測元件 900 在同樣的施加壓力下可得到更大的波長響應量，因此具有更高的感測響應與靈敏度。

**【0086】** 圖 11A 繪示本發明另一實施例的壓力感測元件的剖面示意圖，而圖 11B 繪示圖 11A 實施例的壓力感測元件於另一方向的剖面示意圖，請參考圖 11A 以及圖 11B。圖 11A 實施例的壓力感測元件 1100A 類似於圖 7A 至圖 7B 實施例的壓力感測元件 700A，其構件以及相關敘述可以參考圖 7A 至圖 7B 實施例的壓力感測元件 700A，在此不再贅述。壓力感測元件 1100A 與壓力感測元件 700A 的差異如下所述。在本實施例中，壓力感測元件 1100A 的光源為背光源 1180，配置於包覆體 720 的一側。具體而言，背光源 1180 例如是配置於第一基板 750 遠離包覆體 720 的一側。另外，

共振結構 1110 包括多個半導體柱狀結構 1112，且這些半導體柱狀結構 1112 的材料包括具有直接能隙的半導體材料，或是或具有量子結構的材料，所述背光源 1180 用以激發共振結構 1110 以產生一原始寬頻光線 L1。在本實施例中，壓力感測元件 1100A 更包括光導結構 1170A，配置於包覆體 720 中。共振結構 1110 的這些半導體柱狀結構 1112 以及光導結構 1170A 沿著排列方向 AD 於同一 XY 平面上（例如是由第一軸 X 與第二軸 Y 所構成的平面）排成一行。另外，光導結構 1170A 的一端面對這些半導體柱狀結構 1112 且光導結構 1170A 的另一端面對偵測器 730。光導結構 1170A 用以將共振光線導入偵測器中。具體而言，這些半導體柱狀結構 1112 以及光導結構 1170A 連結為一直線以實現直接耦合，且共振結構 1110 產生原始寬頻光線 L1 而產生的共振光線 L2 藉由耦合進入光導結構 1170A 中。接著，傳輸至光導結構 1170A 的共振光線 L2 則由偵測器 730 所接收。在本實施例中，所述共振結構 1110 與光導結構 1170A 亦可如圖 7E 之配置，位於不同 XY 平面上（亦即，位於第三軸 Z 方向上的不同位置）。

**【0087】** 在本實施例中，這些半導體柱狀結構 1112 的材料包括具有直接能隙的半導體材料或是或具有量子結構的材料，背光源 1180 係可激發共振結構 1110 而產生一原始寬頻光線 L1，並有效地於共振結構 1110 中共振而產生共振光線 L2。因此，壓力感測元件 1100A 可以不必設置如圖 7A 至圖 7B 實施例的第一光導部 772A 來將原始寬頻光線 L1 耦合進入共振結構 1110 中，使得壓力感測

元件 1100A 具有較為簡化的元件架構。相較於圖 7A 至圖 7B 實施例的壓力感測元件 700A 而言，壓力感測元件 1100A 係具有較為簡單的線路佈局以及較低的原始寬頻光線給定精密度要求。

【0088】圖 11C 繪示本發明又一實施例的壓力感測元件的剖面示意圖，而圖 11D 是圖 11C 實施例之壓力感測元件沿著 III-III 線的剖面示意圖。請參考圖 11C 以及圖 11D。圖 11C 以及圖 11D 實施例的壓力感測元件 1100B 類似於圖 11A 以及圖 11B 實施例的壓力感測元件 1100A，其構件以及相關敘述可以參考圖 11A 以及圖 11B 實施例的壓力感測元件 1100A，在此不再贅述。壓力感測元件 1100B 與壓力感測元件 1100A 的差異如下所述。在本實施例中，壓力感測元件 1100B 的光導結構 1170B 配置於沿著排列方向 AD 排列的共振結構 1110 的這些半導體柱狀結構 1112 旁，且光導結構 1170B 的一端面對偵測器 730。共振光線 L2 藉由耦合進入光導結構 1170B 中，且光導結構 1170B 用以將共振光線 L2 導入偵測器 730 中。具體而言，本實施例的共振光線 L2 可以藉由側向耦合，直接由側邊離開共振結構 1110。因此，本實施例的壓力感測元件 1100B 光能的耗損較小，其具有較佳的光耦合效率。

【0089】圖 12 繪示本發明一實施例的壓力感測裝置的俯視示意圖，請參考圖 12。在本實施例中，壓力感測裝置 1200 包括沿著第一軸 X 方向周期性排列的多個第一感測單元 SA1 以及沿著第二軸 Y 方向周期性排列的多個第二感測單元 SA2。這些第一感測單元 SA1 以及這些第二感測單元 SA2 的每一個例如包括共振結構 1210

以及光導結構。這些共振結構 1210 包括位於這於第一感測單元 SA1 的多個共振結構 1210A 以及位於這些第二感測單元 SA2 的多個共振結構 1210B。另外，這些共振結構 1210 以及這些光導結構可以選自前述實施例的這些共振結構以及這些光導結構，或者是其他類型的共振結構以及光導結構。具體而言，這些第一感測單元 SA1 以及這些第二感測單元 SA2 的每一個例如包括如圖 7A 至圖 7B 實施例的第一光導部 772A、共振結構 710 以及第二光導部 774A，或是如圖 7C 實施例的光導結構 770B 以及共振結構 710，或是如圖 9 實施例的第一光導部 772A、共振結構 910 以及第二光導部 774A，或是如圖 11A 至圖 11B 實施例的共振結構 1110 以及光導結構 1170A，或是如圖 11C 實施例的共振結構 1110 以及光導結構 1170B。或者，在一些實施例中，依據實際設計需求，這些第一感測單元 SA1 以及這些第二感測單元 SA2 的每一個例如包括圖 7A 至圖 7B、圖 7C 至圖 7D、圖 7E、圖 9A 至圖 9B、圖 11A 至圖 11B 以及圖 11C 的這些實施例所述的共振結構以及光導結構(第一光導部、第二光導部)的組合，本發明並不以此為限。

**【0090】** 在本實施例中，至少部分這些第一感測單元 SA1 以及至少部分這些第二感測單元 SA2 位於包覆體 1220 中在第三軸 Z 方向上不同的位置，亦即位於不同 XY 平面上。具體而言，包覆體 1220 完全包覆這些共振結構 1210 的這些半導體柱狀結構。這些第一感測單元 SA1 的這些共振結構 1210A 沿著第一方向排列（如圖 12 中這些共振結構 1210A 的斜向排列），且這些第二感測單元 SA2

的這些共振結構 1210B 沿著不同於第一排列方向的第二方向排列（如圖 12 中這些共振結構 1210B 的斜向排列）。另外，各共振結構 1210A 的這些半導體柱狀結構例如是沿著第二軸 Y 方向間隔排列，且各共振結構 1210B 的這些半導體柱狀結構例如是沿著第一軸 X 方向間隔排列，本發明並不以此為限。

**【0091】** 在本實施例中，當壓力由垂直於這些共振結構 1210 的這些半導體柱狀結構的排列方向的方向傳遞至包覆體 1220 時，包覆體 1220 以及這些共振結構 1210 的這些半導體柱狀結構於其排列方向上發生對應於此壓力的形變。因此，這些半導體柱狀結構的這些晶格常數的大小或/及間隔 G（如圖 9B 所示的間隔 G）發生改變。至少部分這些共振結構 1210 接收光源 LS 所輸入之原始寬頻光線（未繪示）以產生共振光線（未繪示），且共振光線的波長根據這些晶格常數或/及間隔 G 的改變而變化。

**【0092】** 具體而言，這些共振結構 1210 的這些半導體柱狀結構位於第一軸 X 方向與第二軸 Y 方向所構成之平面上的不同區域，用以量度此平面上不同區域的受力。在本實施例中，壓力感測裝置 1200 的光源 LS 包括第一光源 LS1 以及第二光源 LS2，且第一光源 LS1 以及第二光源 LS2 例如是多輸出的光源裝置。第一光源 LS1 用以提供原始寬頻光線至這些第一感測單元 SA1 的這些共振結構 1210A 中，且第二光源 LS2 用以提供原始寬頻光線至這些第二感測單元 SA2 的這些共振結構 1210B 中。

**【0093】** 在一些實施例中，壓力感測裝置 1200 的光源為背光源，



配置於包覆體 1220 的一側。具體而言，這些實施例的背光源例如是位於包覆體 1220 在第三軸 Z 方向上的一側，且此背光源用以激發這些第一感測單元 SA1 以及這些第二感測單元 SA2 的這些共振結構 1210 以產生原始寬頻光線。

【0094】另外，在本實施例中，壓力感測裝置 1200 還包括偵測器（未繪示）以及處理器 1240。偵測器分別接收至少部分這些共振結構 1210 所產生的共振光線以產生多個光譜訊號，而處理器 1240 根據這些光譜訊號變化量計算對應於所施加之壓力產生的形變的發生位置以及此形變的形變量，藉以量度所施加之壓力的位置、壓力的大小或是其他資訊。具體而言，處理器 1240 包括第一多工分析器 1242 以及第二多工分析器 1244，第一多工分析器 1242 以及第二多工分析器 1244 例如是分別分析來自於這些第一感測單元 SA1 以及這些第二感測單元 SA2 的這些共振結構 1210 的這些光譜訊號。然而在一些實施例中，處理器 1240 亦可以包括其他數量的多工分析器，或具有其他類型的多工分析架構，本發明並不以此為限。

【0095】具體而言，關於壓力感測裝置 1200 的光源 LS、這些共振結構 1210、包覆體 1220、偵測器（未繪示）以及處理器 1240 等構件，可以由圖 1A 至圖 11C 實施例之敘述中獲致足夠的教示、建議與實施說明，因此不再贅述。在本實施例中，壓力感測裝置 1200 可以根據經波長調變後的光線來計算所施加之壓力所對應的形變，來實現壓力感測，其感測靈敏度佳且具有較小的體積。

**【0096】** 綜上所述，本發明實施例的光學元件、壓力感測元件以及壓力感測裝置中，一共振結構包括多個半導體柱狀結構沿著排列方向間隔排成一行。光源提供原始寬頻光線由外部進入共振結構中或由共振結構所產生，且傳遞於這些半導體柱狀結構以及這些半導體柱狀結構之間。共振結構接收原始寬頻光線以產生共振光線，且共振光線的半高寬小於原始寬頻光線的半高寬。另外，包覆體完全包覆共振結構的這些半導體柱狀結構。當外力或壓力施加於包覆體時，包覆體以及這些半導體柱狀結構發生對應於外力的形變。因此，本發明實施例的光學元件可以透過外力施加所造成的上述形變，來進行共振結構的結構調整，從而實現可靠地而大範圍的光波長的調變。另外，光學元件具有小的圖形尺寸且其圖形適於光波導的整合。此外，在本發明實施例的壓力感測元件以及壓力感測裝置中，共振光線的波長係根據壓力所對應的形變而變化，而壓力感測元件以及壓力感測裝置根據共振光線的波長來感測所施加之壓力，進而實現壓力感測，其感測靈敏度佳且具有較小的體積。

**【0097】** 雖然本發明已以實施例揭露如上，然其並非用以限定本發明，任何所屬技術領域中具有通常知識者，在不脫離本發明的精神和範圍內，當可作些許的更動與潤飾，故本發明的保護範圍當視後附的申請專利範圍所界定者為準。

#### **【符號說明】**

## 【0098】

20、80：半導體晶圓

21：高分子基板

100、300、400、600：光學元件

110、310、410、610、710、910、1110、1210、1210A、1210B：

## 共振結構

112、712、912A、912B、1112：半導體柱狀結構

120、320、420、720、1220：包覆體

201、801：半導體基板

202、802：磊晶層

203、803：第一遮罩層

204、804：第二遮罩層

205、805：半導體柱狀結構互補圖形

211、811：高分子材料黏合層

212、213、812：高分子包覆層

412、612、910A：第一共振結構

414、614、910B：第二共振結構

501：輻射光波長紅移

502：輻射光波長藍移

601、602：波長位移

630：共用共振腔結構

700A、700B、700C、900、1100A、1100B：壓力感測元件

- 730：偵測器
- 740、1240：處理器
- 750：第一基板
- 760：第二基板
- 770B、770C、1170A、1170B：光導結構
- 772A、772B、772C：第一光導部
- 774A、774B、774C：第二光導部
- 1180：背光源
- 1200：壓力感測裝置
- 1242：第一多工分析器
- 1244：第二多工分析器
- $A_n$ ：晶格常數
- AD：排列方向
- D1：第一方向
- D2：第二方向
- G：間隔
- GD：間隔方向
- I-I、II-II、III-III：線
- IP：交會位置
- Len：長度
- L1：原始寬頻光線
- L2：共振光線

LS：光源

LS1：第一光源

LS2：第二光源

P：壓力

SA1：第一感測單元

SA2：第二感測單元

SS：光譜訊號

$W_n$ ：寬度

X：第一軸

Y：第二軸

Z：第三軸

## 【發明申請專利範圍】

【第1項】 一種光學元件，包括：

一光源，用以提供一原始寬頻光線；

至少一共振結構，該共振結構包括多個半導體柱狀結構僅沿著單一排列方向間隔排成一列，該原始寬頻光線傳遞於該些半導體柱狀結構之間，並產生一共振光線，其中各該半導體柱狀結構具有一長度垂直於該排列方向且具有一寬度平行於該排列方向，該長度以及該寬度小於該調變光線的波長；以及

一包覆體，係用以完全包覆該至少一共振結構的該些半導體柱狀結構，其中當一外力施加於該包覆體時，該包覆體以及該些半導體柱狀結構發生對應於該外力的一形變。

【第2項】 如申請專利範圍第1項所述的光學元件，其中各該半導體柱狀結構在該排列方向上具有一晶格常數，且該些半導體柱狀結構的該些寬度以及該些晶格常數由該列的中央朝向該列的二側呈線性增加。

【第3項】 如申請專利範圍第1項所述的光學元件，其中各該半導體柱狀結構在該排列方向上具有一晶格常數，該包覆體以及該些半導體柱狀結構的形變使得該些晶格常數的大小改變，且該共振光線的波長係根據該些晶格常數變化而改變。

【第4項】 如申請專利範圍第1項所述的光學元件，其中該些半導體柱狀結構的材料包括光激發光的半導體材料。

【第5項】 如申請專利範圍第4項所述的光學元件，其中該些半導體柱狀結構的材料包括具有直接能隙的半導體材料。

【第6項】 如申請專利範圍第4項所述的光學元件，其中該些半導體柱狀結構包括具有量子侷限結構的磊晶結構。

【第7項】 如申請專利範圍第1項所述的光學元件，該光學元件係為一雷射元件。

【第8項】 如申請專利範圍第1項所述的光學元件，其中該包覆體的折射率小於等於2。

【第9項】 如申請專利範圍第1項所述的光學元件，其中該形變包括拉伸、壓縮或撓曲。

【第10項】 如申請專利範圍第1項所述的光學元件，其中該共振結構包括一第一共振結構以及一第二共振結構，該第一共振結構的該些半導體柱狀結構沿著一第一方向排列，且該第二共振結構的該些半導體柱狀結構沿著與該第一方向垂直的一第二方向排列。

【第11項】 如申請專利範圍第10項所述的光學元件，其中該第一共振結構與該第二共振結構於空間上不重疊。

【第12項】 如申請專利範圍第10項所述的光學元件，其中該第一共振結構與該第二共振結構交會以形成一交會位置，且該光學元件更包括位於該交會位置上的一共用共振腔結構。

【第13項】 如申請專利範圍第12項所述的光學元件，其中該共用共振腔結構存在至少二種具有不同共振性質的共振模態。

【第14項】如申請專利範圍第13項所述的光學元件，其中所述共振性質係為共振波長或共振極化。

【第15項】如申請專利範圍第10~12項任一項所述的光學元件，其中該光學元件更包括一偵測器以及耦接該偵測器的一處理器，該偵測器接收由該第一共振結構發出的該共振光線以產生一第一光譜訊號，且該偵測器接收由該第二共振結構發出的該共振光線以產生一第二光譜訊號，其中該處理器根據該第一光譜訊號以及該第二光譜訊號之變化計算該形變的形變量。

【第16項】一種壓力感測元件，包括：

一光源，用以提供一原始寬頻光線；

至少一共振結構，一該共振結構包括多個半導體柱狀結構沿著單一排列方向間隔排成一列，且各該半導體柱狀結構在該排列方向上具有一晶格常數；該原始寬頻光線傳遞於該些半導體柱狀結構之間，並產生一共振光線，其中各該半導體柱狀結構具有一長度垂直於該排列方向且具有一寬度平行於該排列方向，該長度以及該寬度小於該共振光線的波長；

一包覆體，完全包覆該至少一共振結構的該些半導體柱狀結構；

一第一基板以及一第二基板，該包覆體與該至少一共振結構夾設於該第一基板以及該第二基板之間；

其中當一壓力施加於該第一基板以及該第二基板的至少其中之一上，該壓力由垂直於該排列方向的一方向傳遞於該包覆體，



該包覆體以及該些半導體柱狀結構於該排列方向上發生對應於該壓力的一形變，所述共振光線的波長係根據該形變而變化。

【第17項】如申請專利範圍第16項所述的壓力感測元件，更包括一偵測器，接收該共振光線以產生一光譜訊號；以及一處理器，根據該光譜訊號之變化計算該形變的形變量。

【第18項】如申請專利範圍第17項所述的壓力感測元件，更包括一第一光導部與一第二光導部，該第一光導部與該第二光導部沿著該排列方向配置於該包覆體中，該第一光導部用以將該原始寬頻光線導入一該共振結構中，且該第二光導部用以將該共振光線導入該偵測器中。

【第19項】如申請專利範圍第18項所述的壓力感測元件，其中該第一光導部、一該共振結構的該些半導體柱狀結構以及該第二光導部沿著該排列方向排成一行，該第一光導部的一端面對該光源且該第一光導部的另一端面對該些半導體柱狀結構，該第二光導部的一端面對該些半導體柱狀結構且該第二光導部的另一端面對該偵測器。

【第20項】如申請專利範圍第18項所述的壓力感測元件，其中該第一光導部以及該第二光導部相連而形成一光導結構，配置於沿著該排列方向排列的一該共振結構的該些半導體柱狀結構旁。

【第21項】如申請專利範圍第16項所述的壓力感測元件，其中該至少一共振結構的數量為二，該些共振結構包括一第一共振結構以及一第二共振結構，該第一共振結構的該些半導體柱狀結構排

成一第一列，該第二共振結構的該些半導體柱狀結構排成與該第一列平行且相鄰的一第二列，且該第一列的該些半導體柱狀結構與該第二列的該些半導體柱狀結構在與該排列方向垂直的一間隔方向上具有一間隔。

【第22項】如申請專利範圍第21項所述的壓力感測元件，其中當該壓力由同時垂直於該排列方向以及垂直於該間隔方向的一方向傳遞至該包覆體時，該包覆體以及該些共振結構的該些半導體柱狀結構於該間隔方向上發生一形變，使得該間隔改變，其中該共振光線的波長根據該間隔之改變而變化。

【第23項】如申請專利範圍第16項所述的壓力感測元件，其中該光源為一背光源，配置於該包覆體的一側，且該些半導體柱狀結構的材料包括具有直接能隙的半導體材料。

【第24項】如申請專利範圍第17項所述的壓力感測元件，更包括一光導結構，配置於該包覆體中，一該共振結構的該些半導體柱狀結構以及該光導結構沿著該排列方向排成一列，該光導結構的一端面對該些半導體柱狀結構且該光導結構的另一端面對該偵測器，其中該光導結構用以將該共振光線導入該偵測器中。

【第25項】如申請專利範圍第17項所述的壓力感測元件，更包括一光導結構，配置於沿著該排列方向排列的一該共振結構的該些半導體柱狀結構旁，且該光導結構的一端面對該偵測器，其中該共振光線藉由耦合進入該光導結構中，且該光導結構用以將該共振光線導入該偵測器中。

【第26項】 一種壓力感測裝置，包括：

一光源，用以提供一原始寬頻光線；

多個共振結構，各該共振結構包括多個半導體柱狀結構沿著單一排列方向間隔排成一行，各該半導體柱狀結構在該排列方向上具有一晶格常數；至少部分該些共振結構沿著一第一方向排列，且至少部分該些共振結構沿著不同於該第一排列方向的一第二方向排列；該原始寬頻光線進入至少部分該些共振結構中且傳遞於該些半導體柱狀結構之間，並產生多個共振光線，其中一該共振結構的各該半導體柱狀結構具有一長度垂直於該排列方向且具有一寬度平行於該排列方向，該長度以及該寬度小於該共振光線的波長；

一包覆體，完全包覆該些共振結構的該些半導體柱狀結構；

一第一基板以及一第二基板，該包覆體與該些共振結構夾設於該第一基板以及該第二基板之間；

其中一壓力施加於該第一基板以及該第二基板的至少其中之一上，且該壓力由垂直於該排列方向的一方向傳遞於該包覆體時，該包覆體以及該些共振結構的該些半導體柱狀結構於該排列方向上發生對應於該壓力的一形變，使得該些晶格常數的大小改變，且該些共振光線的波長根據該些晶格常數之改變而變化。

【第27項】 如申請專利範圍第26項所述的壓力感測裝置，更包括一偵測器，接收至少部分該些共振結構的該些共振光線以產生多

個光譜訊號；以及一處理器，根據該些光譜訊號計算該形變的發生位置以及該形變的形變量。

【第28項】如申請專利範圍第27項所述的壓力感測裝置，更包括多個第一光導部與多個第二光導部，一該第一光導部與一該第二光導部沿著該排列方向配置於該包覆體中，一該第一光導部用以將該原始寬頻光線導入一該共振結構中，且一該第二光導部用以將該共振光線導入該偵測器中。

【第29項】如申請專利範圍第28項所述的壓力感測裝置，其中一該第一光導部、一該共振結構的該些半導體柱狀結構以及一該第二光導部沿著該排列方向排成一列，該第一光導部的一端面對該光源且該第一光導部的另一端面對該些半導體柱狀結構，該第二光導部的一端面對該些半導體柱狀結構且該第二光導部的另一端面對該偵測器。

【第30項】如申請專利範圍第28項所述的壓力感測裝置，其中一該第一光導部以及一該第二光導部相連而形成一光導結構，配置於沿著該排列方向排列的一該共振結構的該些半導體柱狀結構旁，該光導結構的一端面對該光源且該光導結構的另一端面對該偵測器。

【第31項】如申請專利範圍第26項所述的壓力感測裝置，其中該些共振結構包括多個第一共振結構以及多個第二共振結構，一該第一共振結構的該些半導體柱狀結構排成一第一列，一該第二共振結構的該些半導體柱狀結構排成與該第一列平行且相鄰的一第

二列，且該第一列的該些半導體柱狀結構與該第二列的該些半導體柱狀結構在與該排列方向垂直的一間隔方向上具有一間隔。

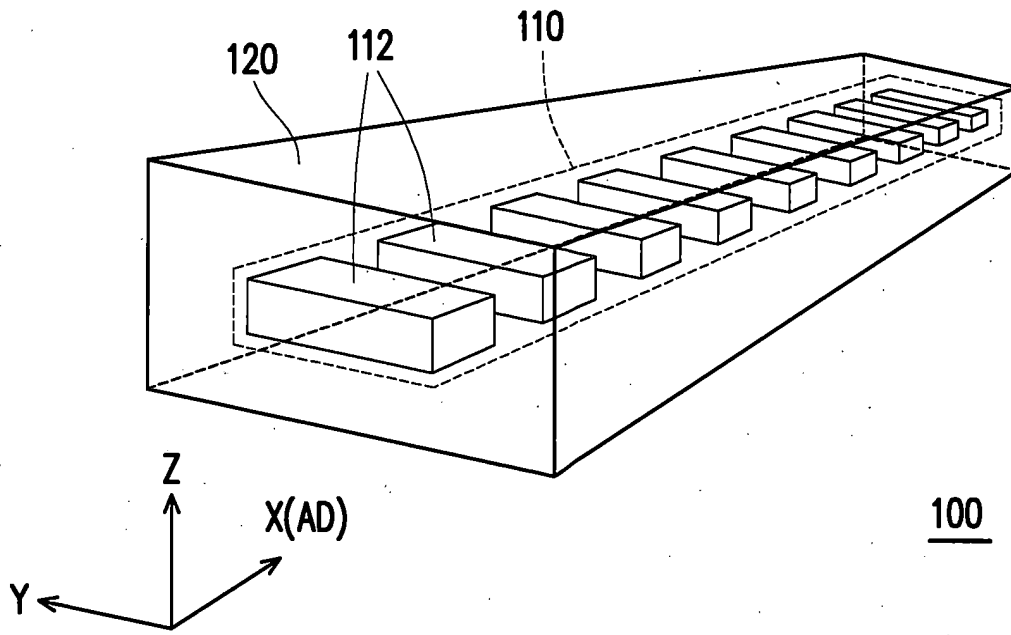
【第32項】如申請專利範圍第31項所述的壓力感測裝置，其中當該壓力由同時垂直於該排列方向以及垂直於該間隔方向的一方向傳遞至該包覆體時，該包覆體以及該些共振結構的該些半導體柱狀結構於該間隔方向上發生一形變，使得該間隔改變，其中該共振光線的波長根據該間隔改變而變化。

【第33項】如申請專利範圍第27項所述的壓力感測裝置，其中該光源為一背光源，配置於該包覆體的一側，且該些共振結構的該些半導體柱狀結構的材料包括具有直接能隙的半導體材料。

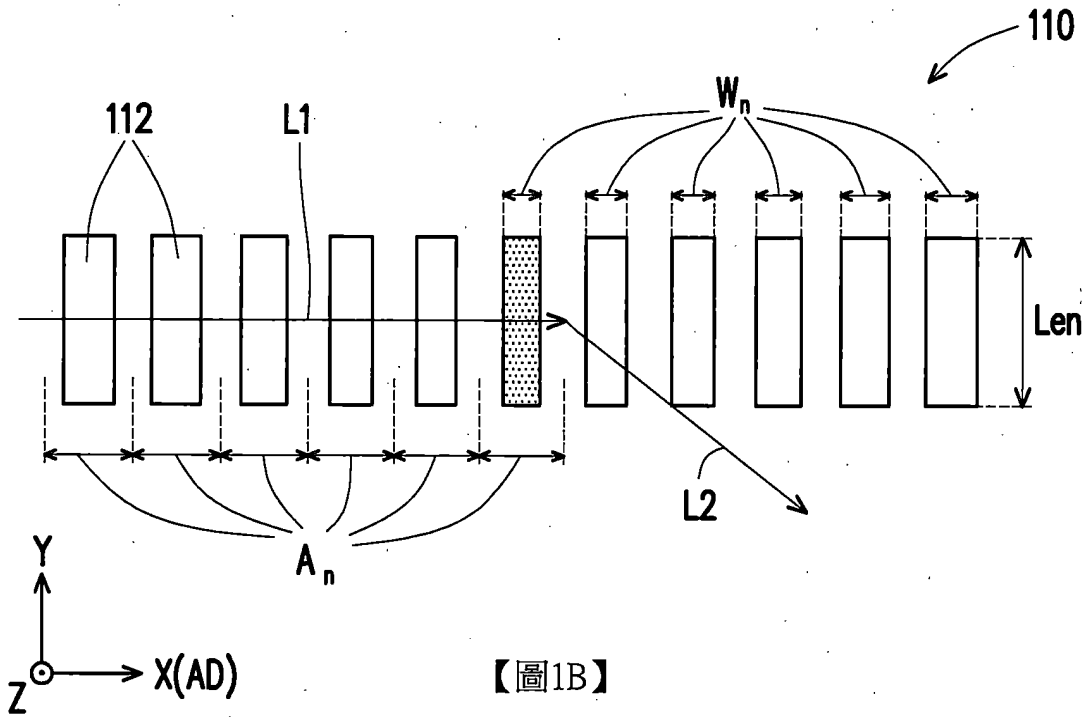
【第34項】如申請專利範圍第33項所述的壓力感測裝置，更包括多個光導結構，配置於該包覆體中，一該共振結構的該些半導體柱狀結構以及一該光導結構沿著該排列方向排成一列，該光導結構的一端面對該些半導體柱狀結構且該光導結構的另一端面對該偵測器，其中該光導結構用以將該共振光線導入該偵測器中。

【第35項】如申請專利範圍第33項所述的壓力感測裝置，更包括多個光導結構，一該光導結構配置於沿著該排列方向排列的一該共振結構的該些半導體柱狀結構旁，且該光導結構的一端面對該偵測器，其中該共振光線藉由耦合進入該光導結構中，且該光導結構用以將該共振光線導入該偵測器中。

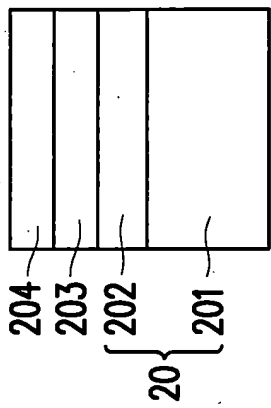
【發明圖式】



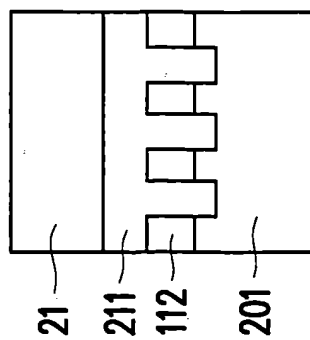
【圖1A】



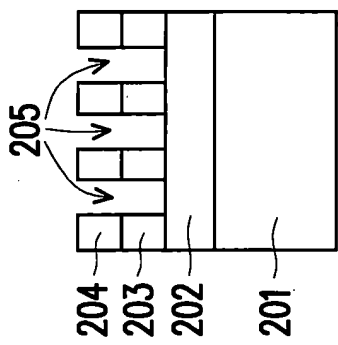
【圖1B】



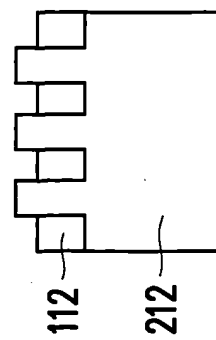
【圖2A】



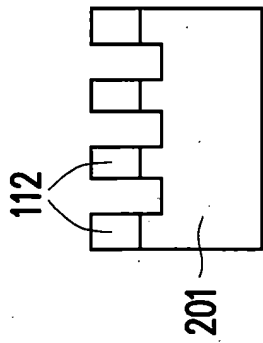
【圖2D】



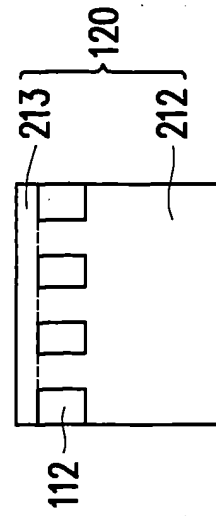
【圖2B】



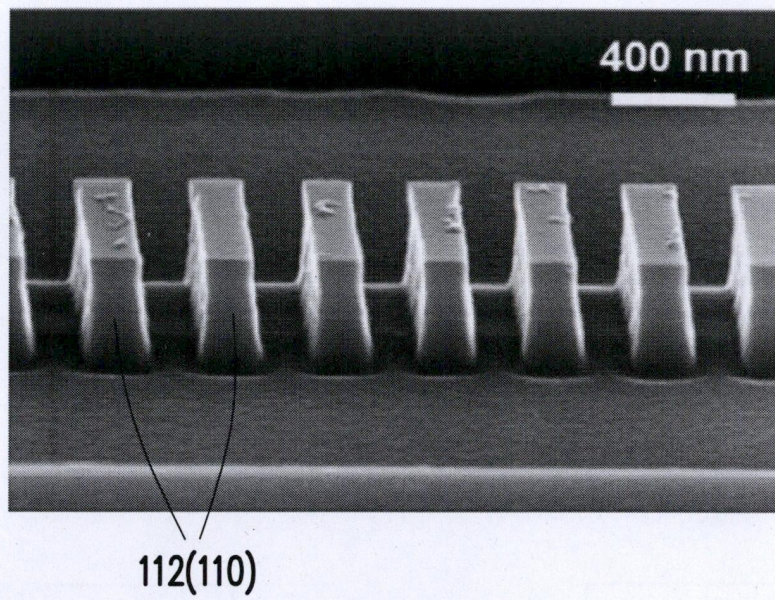
【圖2E】



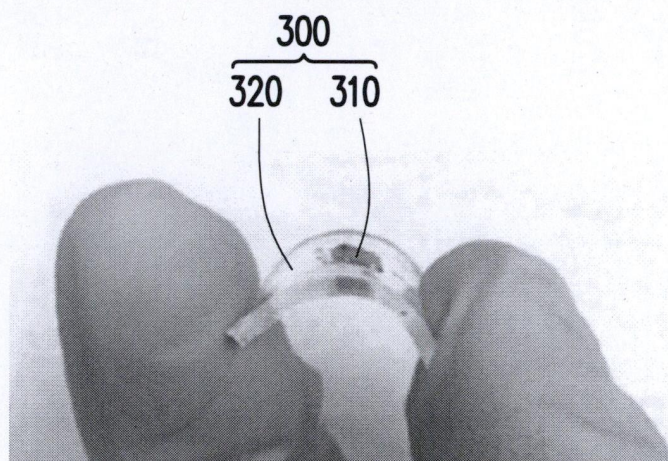
【圖2C】



【圖2F】

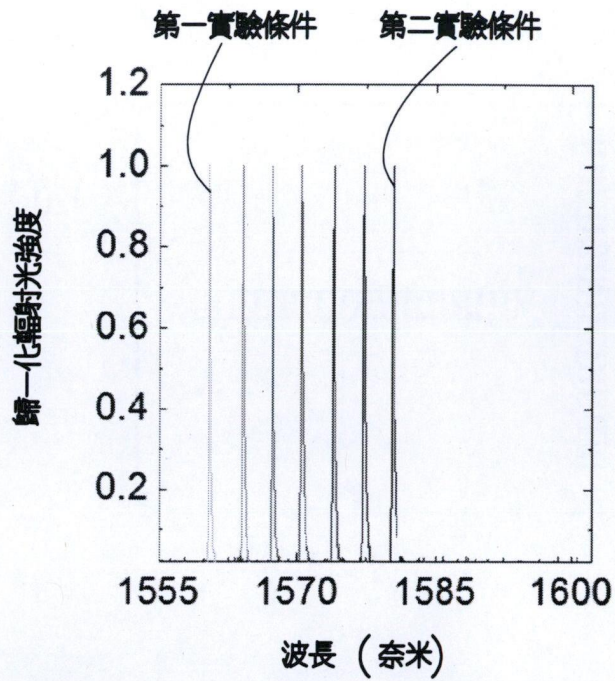


【圖3A】

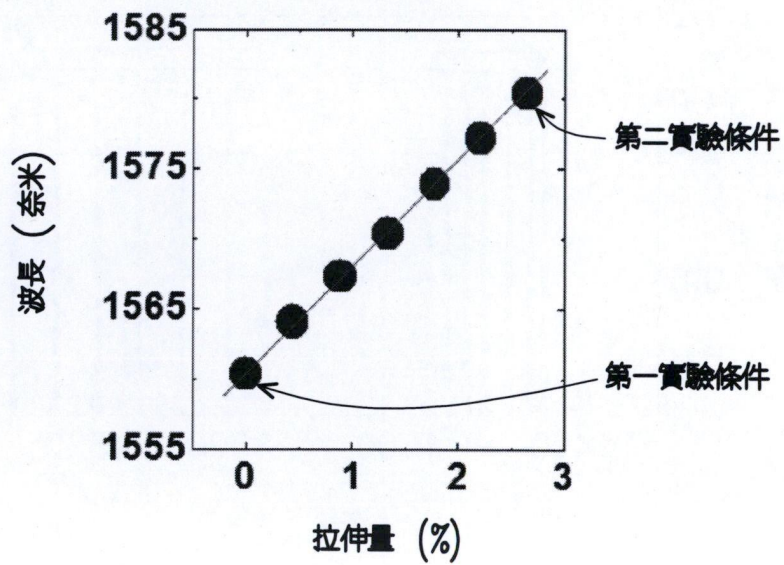


【圖3B】

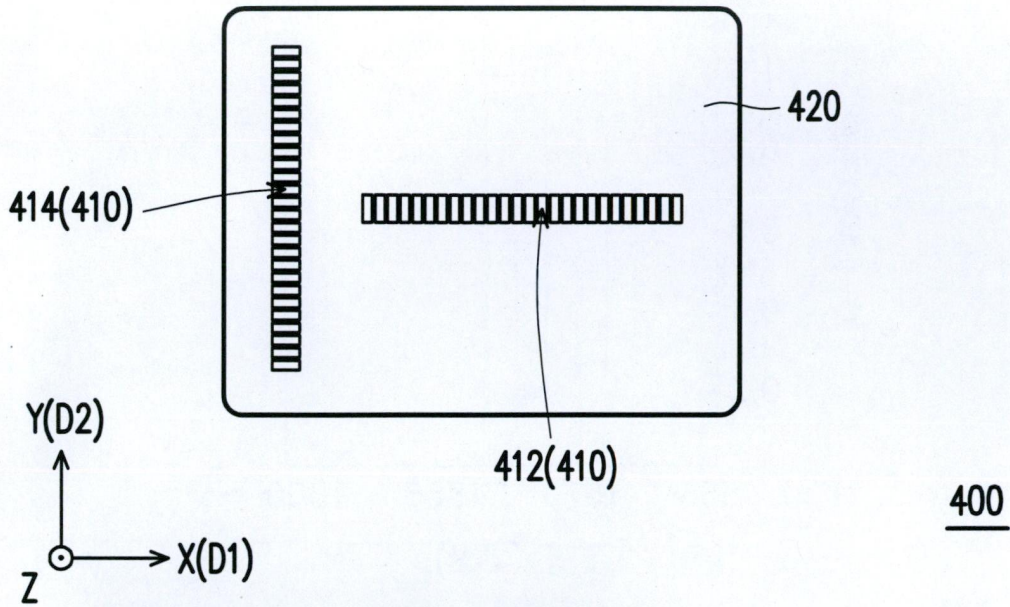




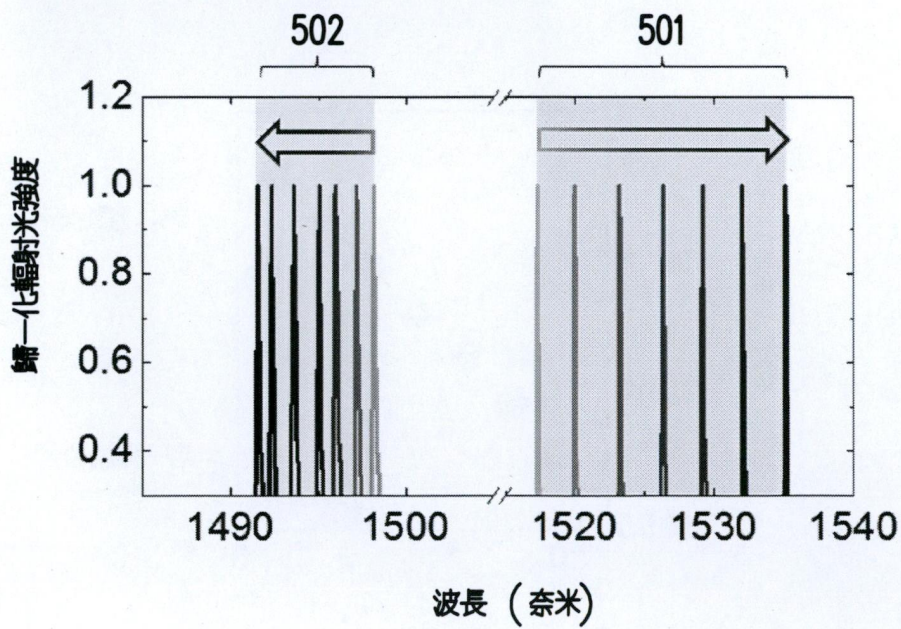
【圖3C】



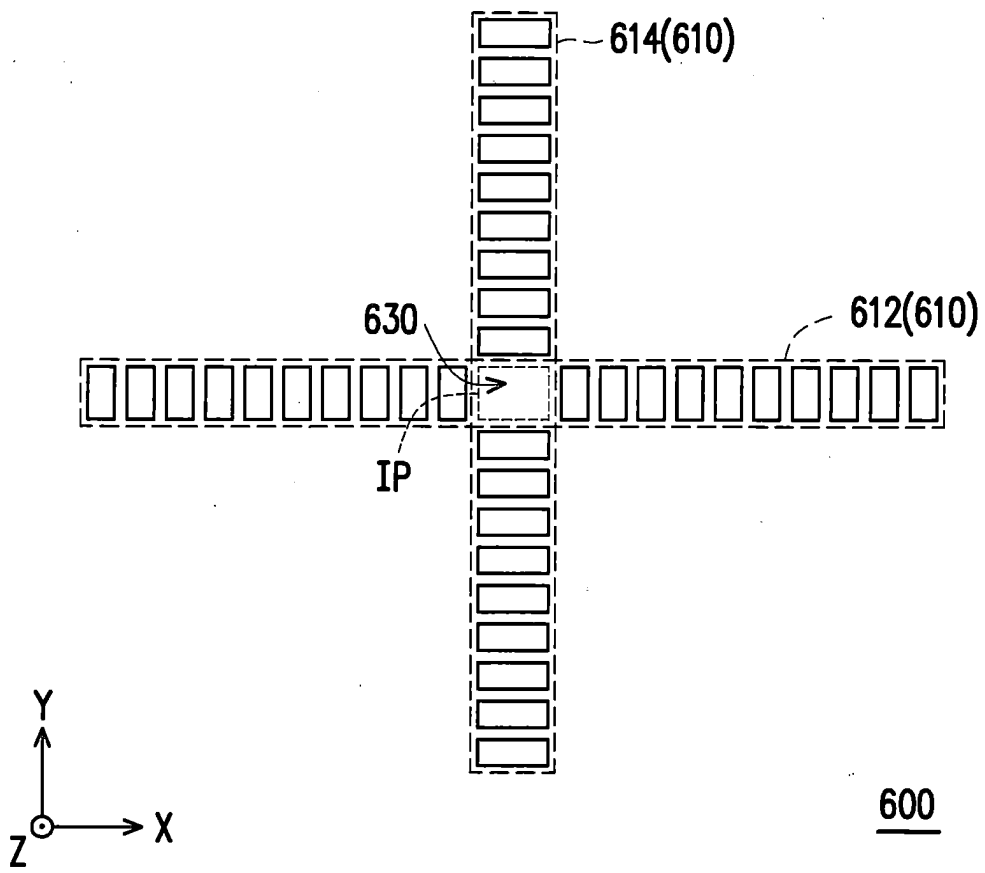
【圖3D】



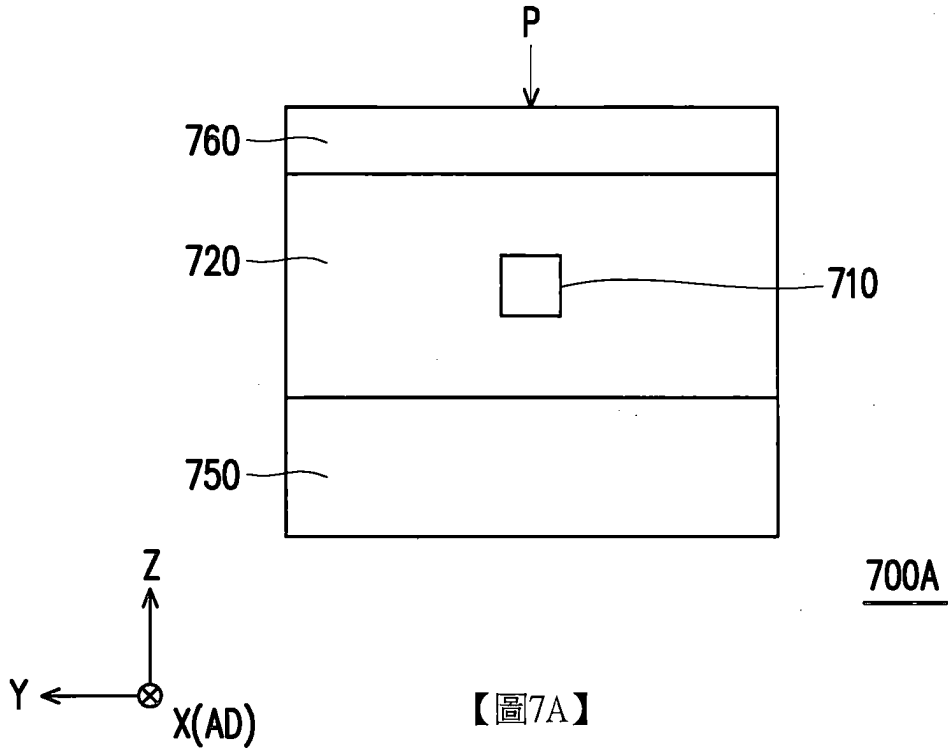
【圖4】



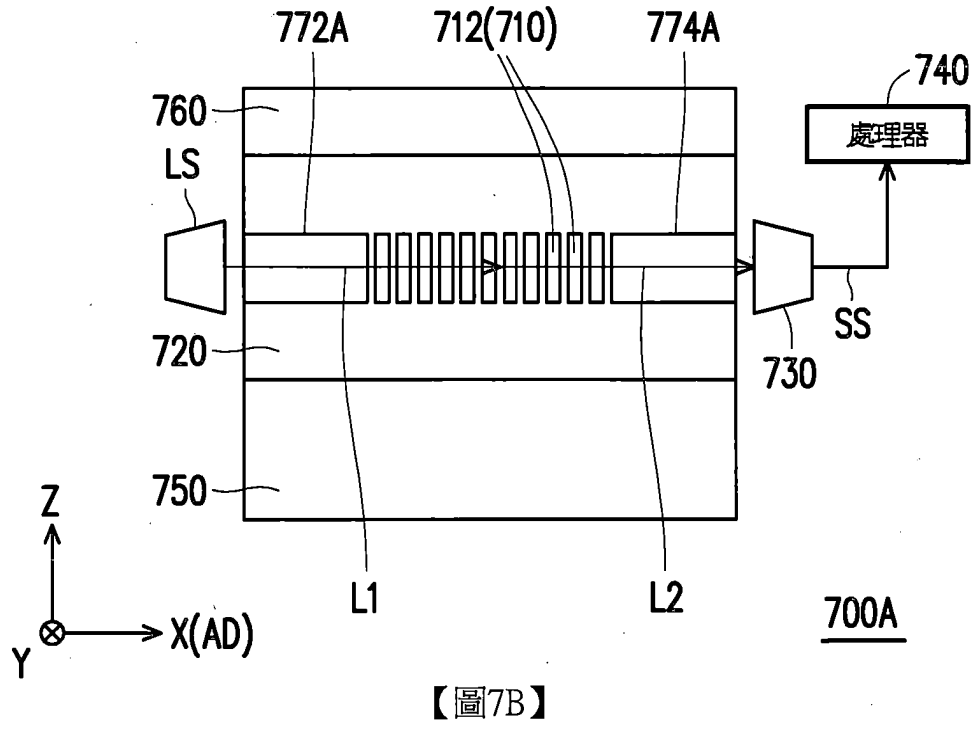
【圖5】



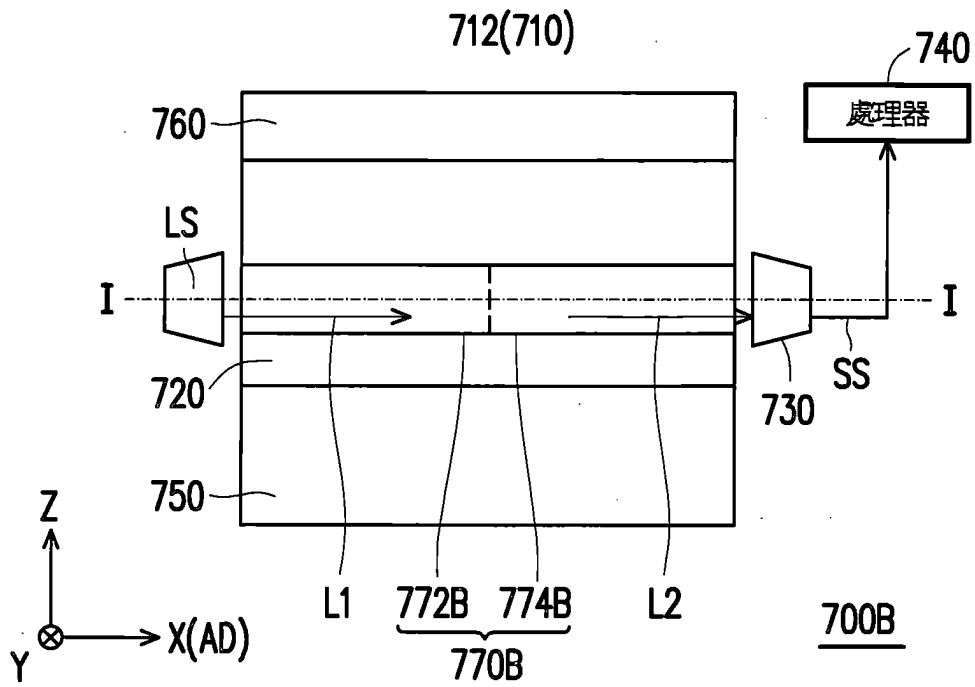
【圖6】



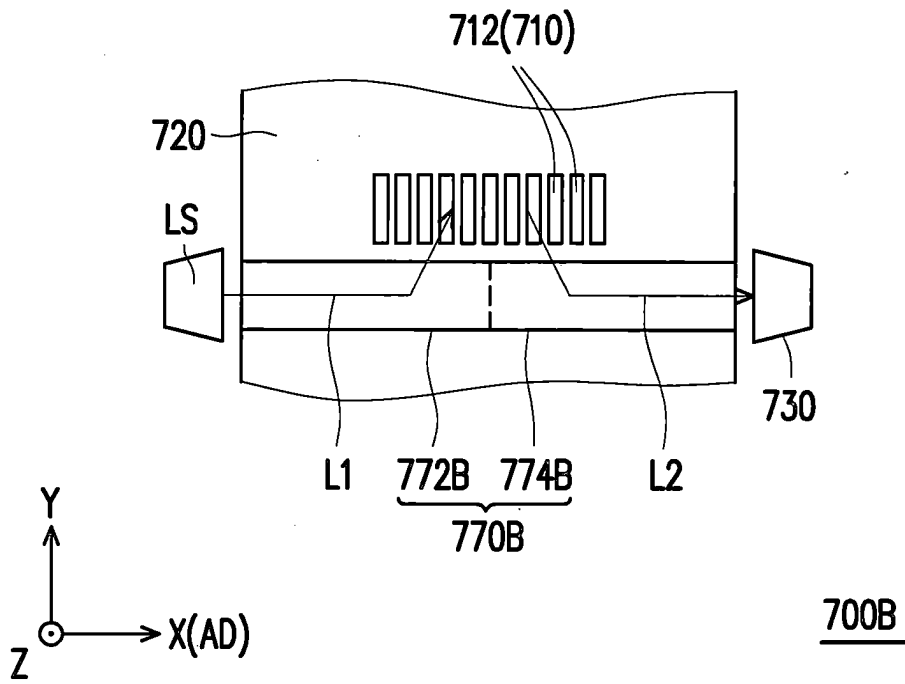
【圖7A】



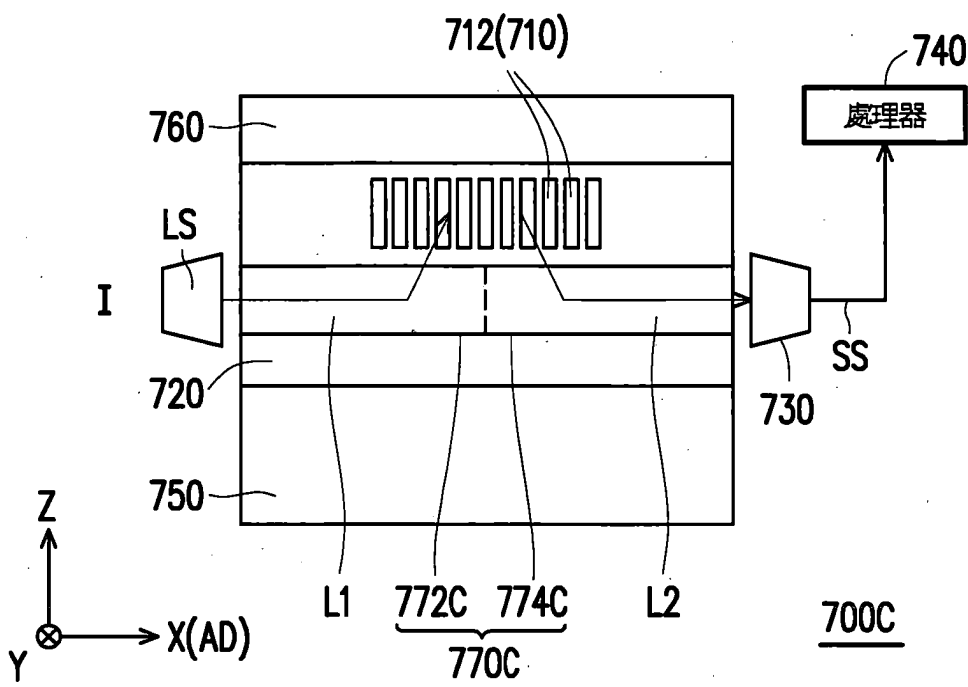
【圖7B】



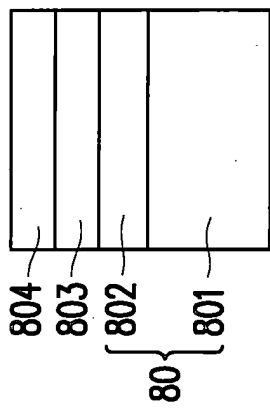
【圖7C】



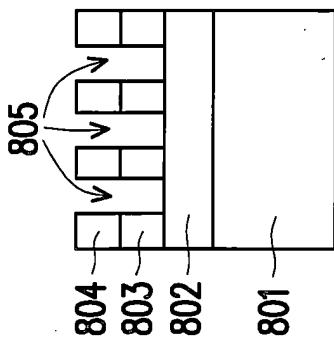
【圖7D】



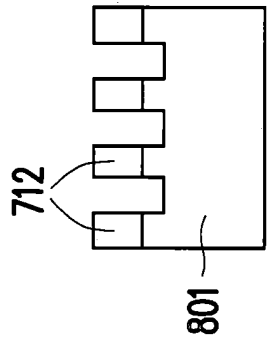
【圖7E】



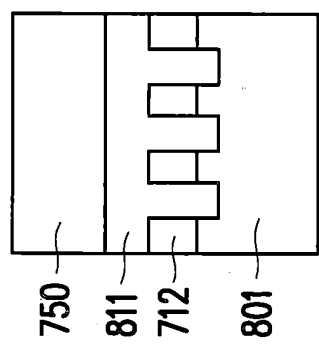
【圖8A】



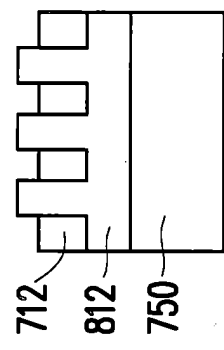
【圖8B】



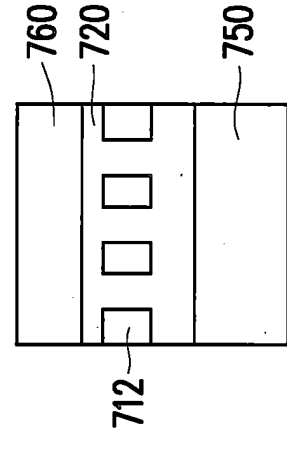
【圖8C】



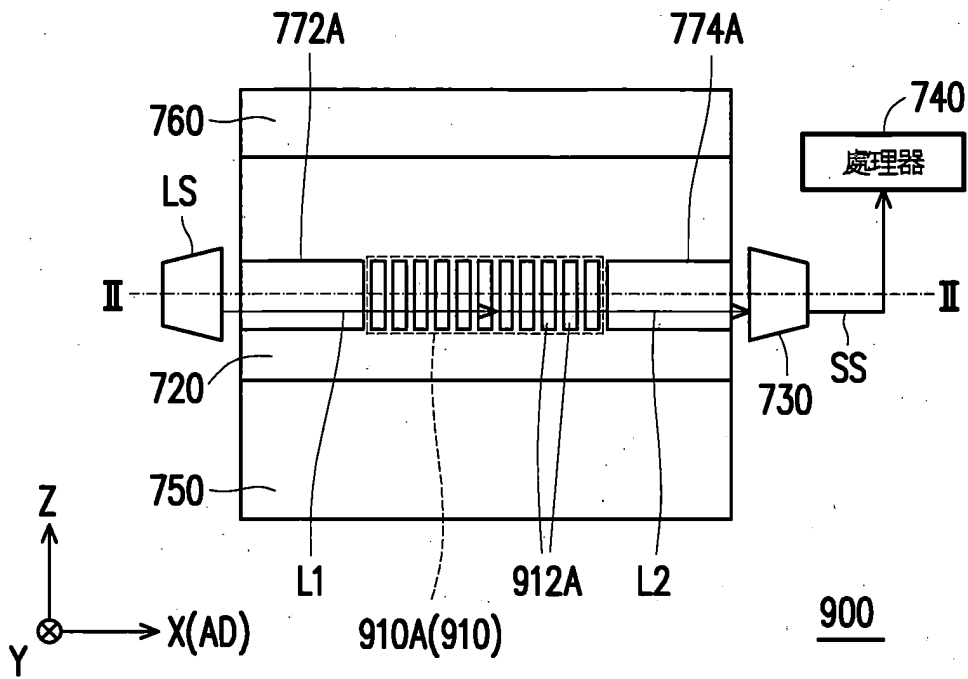
【圖8D】



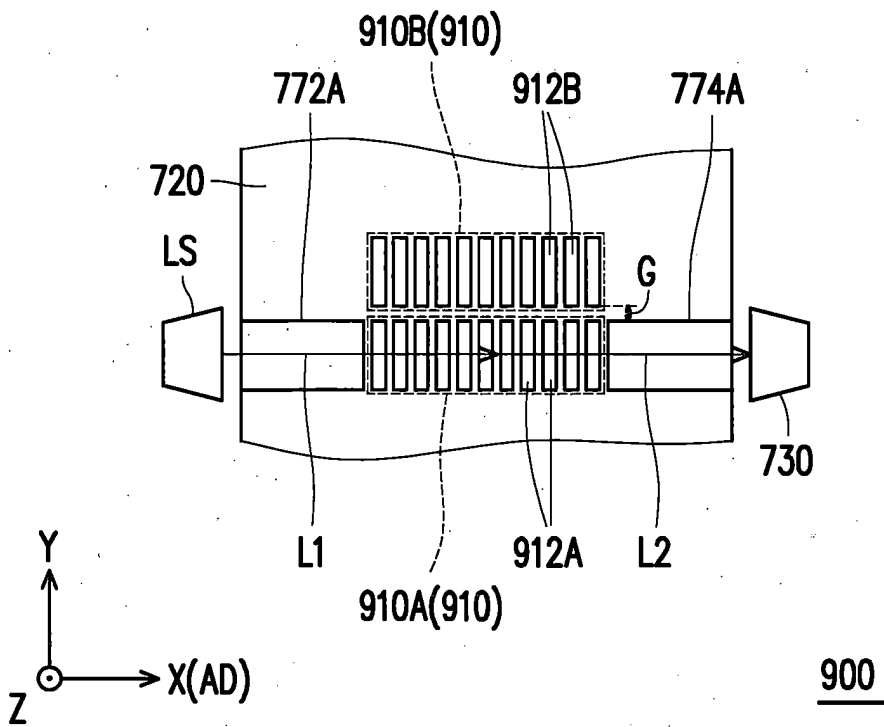
【圖8E】



【圖8F】

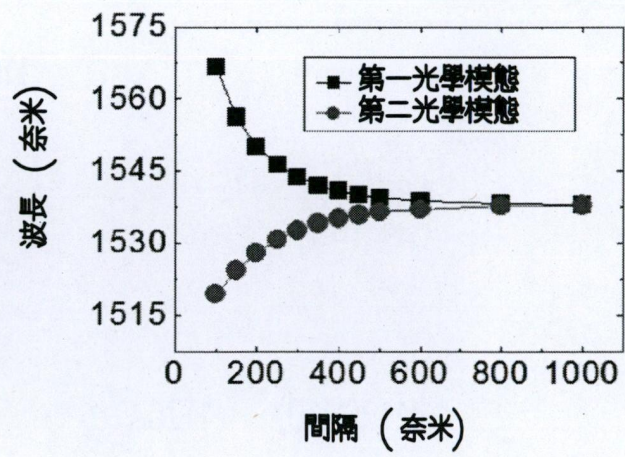


【圖9A】

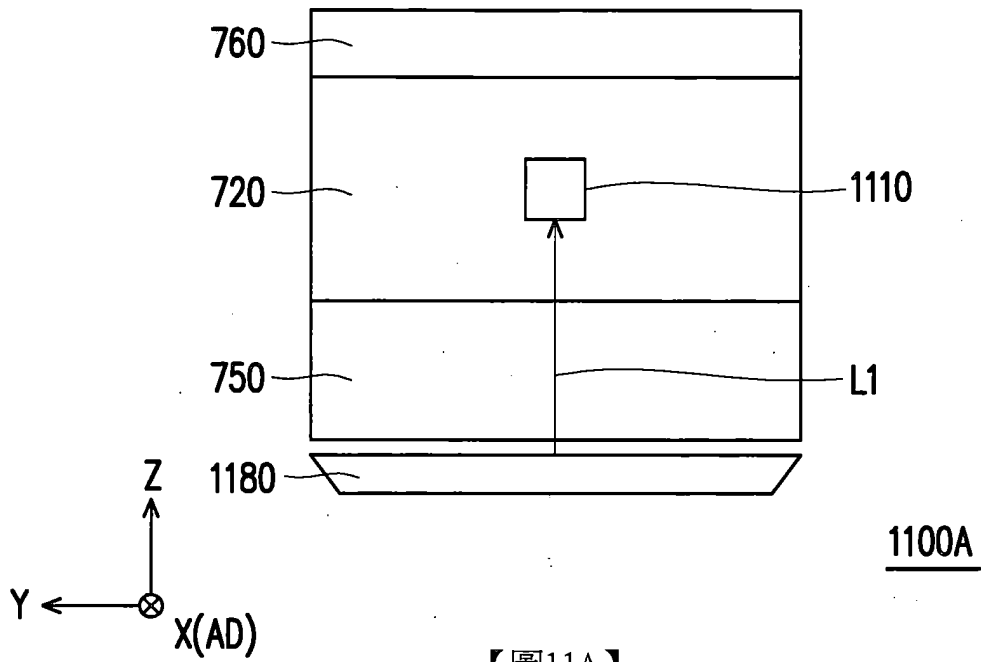


【圖9B】

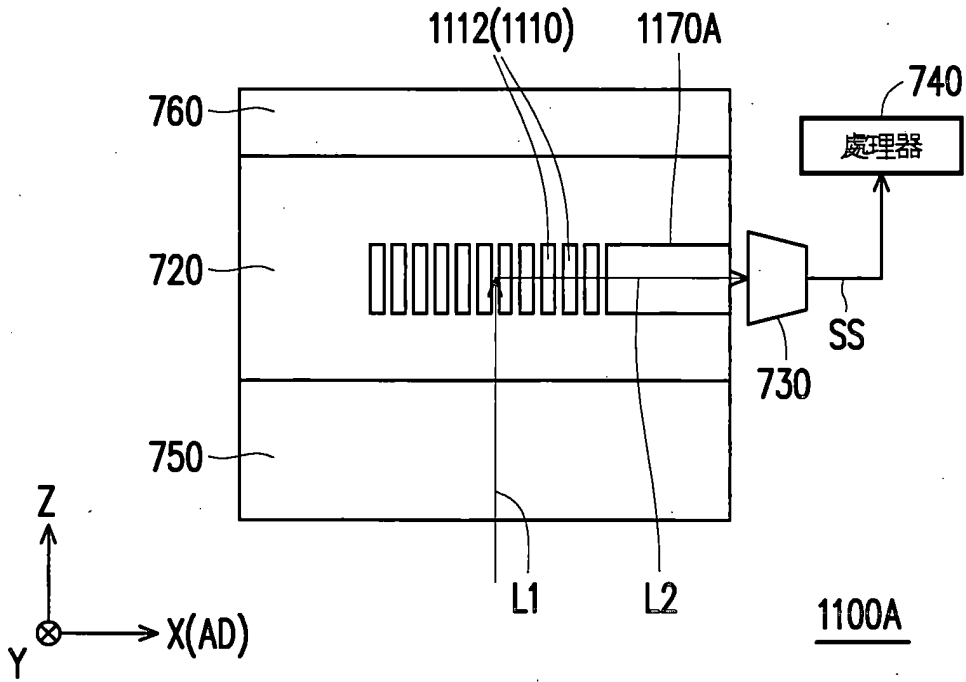




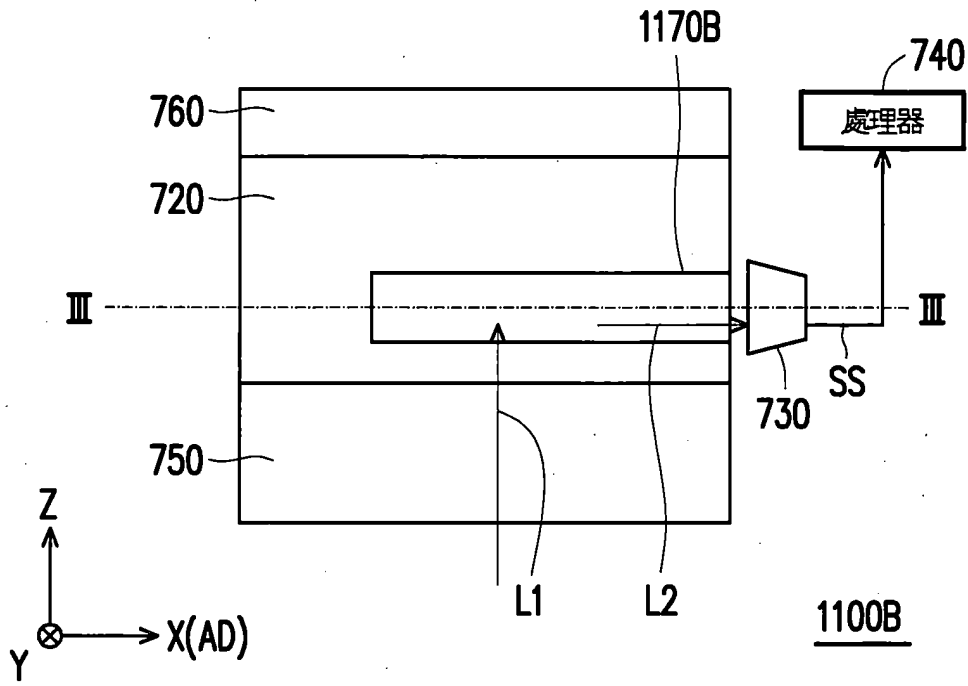
【圖10】



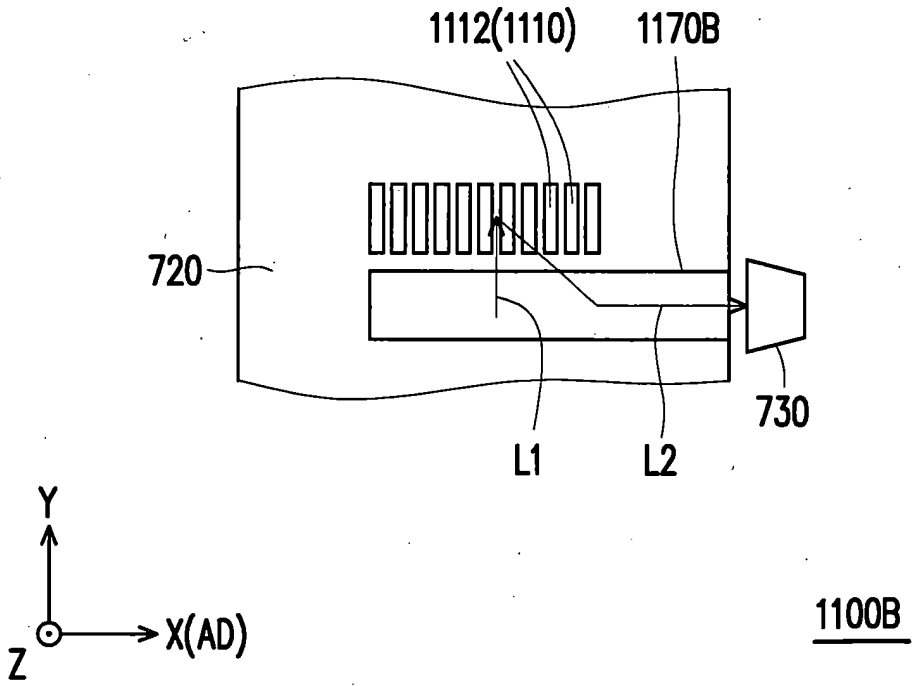
【圖11A】



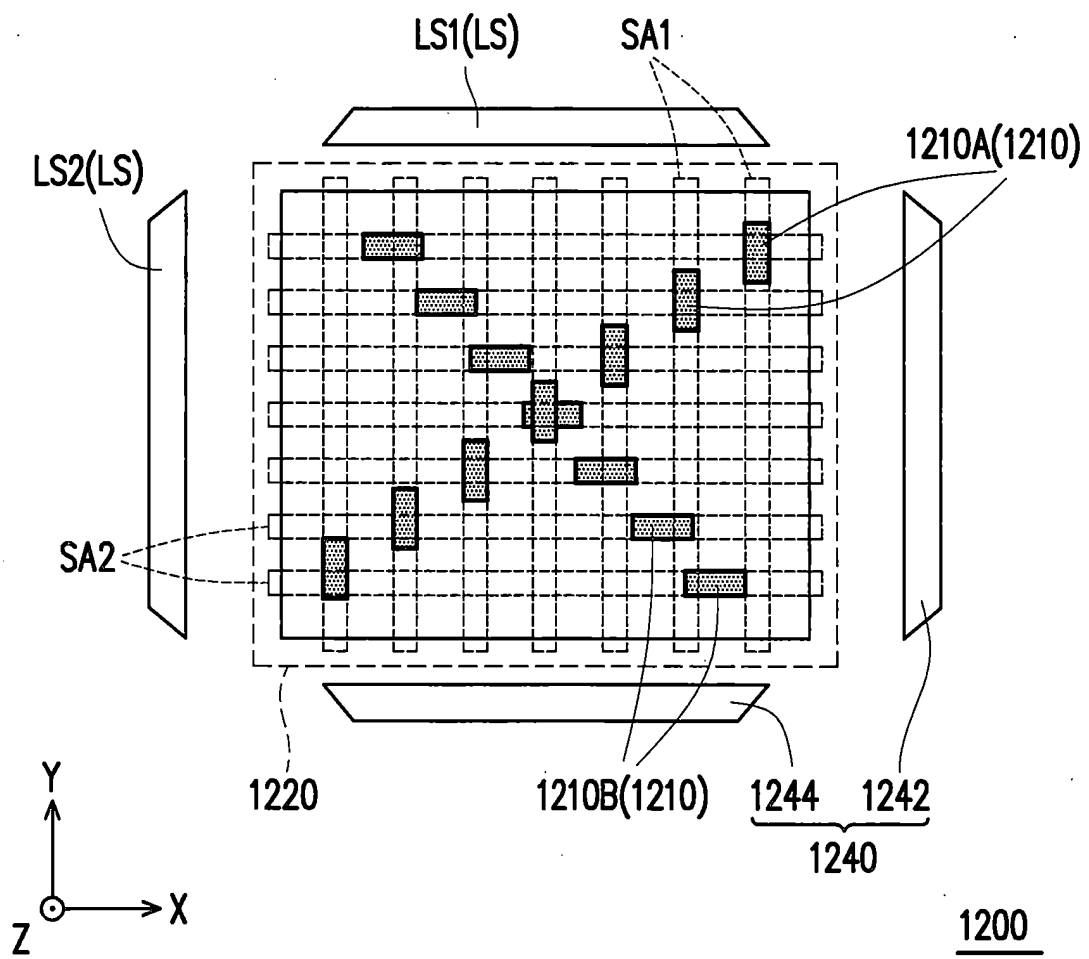
【圖11B】



【圖11C】



【圖11D】



【圖12】