

發明專利說明書

(本說明書格式、順序及粗體字，請勿任意更動，※記號部分請勿填寫)

※申請案號：93114389

※申請日期：93-5-21

※IPC 分類：H01S 5/14

G02B 6/34

一、發明名稱：(中文/英文)

外腔型半導體雷射及其製法

EXTERNAL CAVITY SEMI-CONDUCTOR LASER AND METHOD FOR FABRICATION THEREOF

二、申請人：(共 1 人)

姓名或名稱：(中文/英文)

羅門哈斯電子材料有限公司

ROHM AND HAAS ELECTRONIC MATERIALS, L.L.C.

代表人：(中文/英文) 弗里基 達瑞爾 P / FRICKEY, DARRYL P.

住居所或營業所地址：(中文/英文)

美國·麻州 01752·馬爾柏洛·森林街 455 號

455 Forest Street, Marlborough, MA 01752, United States of America

國籍：(中文/英文) 美國 / U.S.A.

三、發明人：(共 2 人)

姓名：(中文/英文)

1. 雪羅 大衛 W / SHERRER, DAVID W.

2. 羅慧 / LUO, HUI

國籍：(中文/英文) 1. 美國/U.S.A. 2. 加拿大/CA

四、聲明事項：

☐ 主張專利法第二十二條第二項 ☐ 第一款或 ☐ 第二款規定之事實，其事實發生日期為： 年 月 日。

☒ 申請前已向下列國家（地區）申請專利：

【格式請依：受理國家（地區）、申請日、申請案號 順序註記】

☒ 有主張專利法第二十七條第一項國際優先權：

1. 美國 2003 年 5 月 23 日 60/472,692(主張優先權)
2. 美國 2003 年 5 月 23 日 60/472,873(主張優先權)
3. 美國 2003 年 5 月 23 日 60/472,914(主張優先權)

☐ 無主張專利法第二十七條第一項國際優先權：

☐ 主張專利法第二十九條第一項國內優先權：

【格式請依：申請日、申請案號 順序註記】

☐ 主張專利法第三十條生物材料：

☐ 須寄存生物材料者：

國內生物材料 【格式請依：寄存機構、日期、號碼 順序註記】

國外生物材料 【格式請依：寄存國家、機構、日期、號碼 順序註記】

☐ 不須寄存生物材料者：

所屬技術領域中具有通常知識者易於獲得時，不須寄存。

九、發明說明：

相關申請案：

本申請案主張在 2003 年 5 月 23 日所提出美國臨時申請案第 60/472,914 號；2003 年 5 月 23 日所提出美國臨時申請案第 60/472,873 號以及 2003 年 5 月 23 日所提出美國臨時申請案第 60/472,692 號之優先權，其申請書之全部內容在此合併作為參考文獻。

【發明所屬之技術領域】

本發明大體而言與經光學耦合至外部光學共振腔之雷射相關，且尤其與雷射二極體相關，該雷射二極體可藉由從一組不連續之發射波長中選擇一特定發射波長來調諧，而此不連續之發射波長即為耦合雷射及外部光學共振腔之特徵。更特定地，本發明與使用於外腔型雷射系統中用以選擇期望之雷射放射模式的微機械式法布立-拍若 (Fabry-Perot) 標準具相關，因此證明其對分波多工 (WDM) 光纖通訊系統係有所助益。

【先前技術】

如其他普遍使用於電信之光纖通訊系統，係由三個基本組件所組成：發送器/光源，光纖鏈路或通道，以及偵測器/接收器。相對於發光二極體 (LED)，如果使用雷射作為光源，則此類系統可獲得其大部分有關於數據傳輸容量、速度以及距離的優勢；以及如果特別使用半導體雷射二極體作為發送器光源，則可更進一步獲得有關成本、緊密度、可靠性及功率消耗量的優勢。

雖然名義上雷射係為單色光源，但事實上雷射可產生數種放射波長(亦指模態)下之光，除非特別抑制除了一個以外之全部模態，在此事例中之雷射亦指單模雷射。該單模雷射在光纖系統中提供了更高效能係因其降低分散損失，並因此允許較高資料率及較長傳輸距離。光纖鏈路之傳輸容量及功能可藉由分波多工(WDM)技術顯著增加。一般而言，多工一詞係指在相同電路或通道上同時傳輸數種信號或訊息。例如，在同軸電纜系統中，分頻多工係藉由提供數個獨立的載波訊號而實現，每一個都具有清楚的頻率指定，且每一個都是以獨立訊息信號調變。在同軸電纜的接收端，選擇性帶通濾波器將數個載波頻率分開，因此每一個載波經解調而產生原始訊息信號。如另一實例，在數位數據傳輸系統中，分時多工係藉由來自數個來源之位元流交插形成一混合的高速率位元流而完成。在接收端，位元流可以時段及同步化之適當處理而去混合(demixed)。

使用於光纖通訊系統之類似的多工技術，稱為分波多工(WDM)。WDM是以同時傳輸分配於不同載波波長之光信號為基礎。數個具有不連續且清楚分離之發射波長的雷射分別受數個訊息信號所調變。WDM系統中經分配的載波波長亦指「通道」(channel)。經調變之雷射輸出送出至共同的光纖，且在鏈路接收端藉由對波長敏感之濾波器將其解多工。依其載波波長而分離之信號耦合至偵測器，其中偵測器係用於特定通道波長之分配。目前使用 WDM 之光纖系統為電信基礎建設中一建立完善的部分。

分波多工系統至少需要數個-有時候如 50 至 100 一樣多的雷射發送器，而每一個都於不同發射波長下運作。因為放射波長大體而言為傳統雷射的固有性質，因此 WDM 系統表面上似乎是需要數種或更多不同型式的雷射二極體，且每一個雷射二極體都具有特定的放射波長。相反的，WDM 系統的較佳之實施在於換成只使用一種形式之雷射，但其可經由使用者立即調節且設定成於數種規定之可用放射波長之任一種下運作。該雷射亦指「可調」，因為發射波長可根據特殊應用及系統需要受到調節。在具有多通道之 WDM 光纖系統中，每一個通道(channel)發送器皆可使用相同型式之雷射，但其單一的放射波長經調諧及校正成分配於該特定通道之波長。換句話說，只使用一種可調雷射而不使用許多不同種類之具有唯一發射波長的單模雷射，可解決一般稱為供貨問題，因其顯著地精簡 WDM 系統的庫存、配置、裝配與維護。例如，使用一般可調雷射作為所有發送器光源，而不是貯存、安裝並維護許多不同型式的雷射，且可調雷射之放射波長是根據其插入 WDM 系統之位置所選擇。當發送器藉由選擇新的放射波長而可很快地再指定至新的通道，則使用可調雷射二極體亦幫助了 WDM 系統的重組。因此，提供一特別精簡之架構以實現緊密外腔型雷射之模式轉換，對於 WDM 光纖通訊系統係有所幫助，且於雷射技術的範疇亦提供重要進展。

【發明內容】

本發明亦提供外腔型半導體雷射，包括：作為提供光

輻射來源之雷射增益介質；配置成與該增益介質光學通訊之外部光學共振腔，此共振腔按照規格切割至足夠短以允許單一波長選擇裝置選擇並維持單一縱向雷射發光模態；以及配置於外部光學共振腔之單一波長選擇裝置以選擇並維持單一縱向雷射發光模態。在一令人滿意的結構中，波長選擇裝置包括一微組裝標準具。例如，本發明提供一種微組裝標準具，包括：具有第一及第二相對表面之結晶基材(crystalline substrate)；配置於基材的第一表面上之間隔層，該間隔層具有一外表面(exterior surface)；由第一表面延伸通過基材至第二表面的孔洞，此孔洞具有基部(base)鄰近於間隔層之暴露部分；以及配置於間隔層外表面上之第一干涉濾波器及配置於間隔層暴露部分上之第二干涉濾波器以提供一標準具於該兩個干涉濾波器之間。

本發明亦提供製造微組裝標準具之方法，包括：提供具有第一及第二相對表面之結晶基材；提供位於基材第一表面上之間隔層，該間隔層具有一外表面；形成一個由第一表面延伸通過基材至第二表面的孔洞，此孔洞具有基部鄰近於間隔層之暴露部分；以及提供位於間隔層外表面上之第一干涉濾波器及提供位於間隔層暴露部分上之第二干涉濾波器以提供一標準具於該兩個干涉濾波器之間。

【實施方式】

本發明係關於外腔型單模雷射 100 之設計，其中光學共振腔 103 之短光學路徑長(~3 至 25 毫米)提供了縱向模態之足夠間距而允許單一波長選擇性元件，如微組裝標準

具 120，提供單模操作及非必須地提供可選擇性操作模態。雷射光學共振腔 103 之總路徑長係為雷射共振腔 103 之反射器 108、110 之間的路徑長，典型地，反射器 110 包含位於雷射發光元件 102 之外表面上的塗層，而反射器 108 則為外鏡(external mirror)。微組裝標準具 120 係一波長敏感裝置，包括一對藉由通透板(transparent slab)或空氣間隙 124 分隔開之反射面，其如薄膜之多層介電質堆疊 202、204，可使用來選擇性地傳送或反射特定波長的光。因此，使用標準具 120 來優先地抑制或維持光學共振腔 103 中之雷射發光模態。

外腔型雷射 100 經安裝與標準具 120 合作，因此微組裝標準具 120 可將雷射輸出切換於數個或更多個藉由雷射光學共振腔 103 之總路徑長所界定的離散波長發射模態之間。該標準具 120 可經調諧，換言之其因波長而定的傳送特性可藉由改變光入射至標準具的角度，例如傾斜該標準具 120，而經修改。二擇一地，該標準具可設計具有可變空氣間隙間隔，而此標準具可經由改變多層介電質堆疊 202、204 之間的標準具間隙寬度而調整。例如，標準具 120 可藉由使用施加於在標準具 120 上之電極的電壓控制信號來調諧，而該電極形成於標準具上方以改變空氣間隙之間隔。微機械式標準具 120 的小尺寸允許比較縮小的外部光學共振腔長度，依次導致更寬的間隔雷射模態而更快地產生由簡單設計之標準具所完成的模態選擇。因為模態經更寬地間隔，所以標準具上的過濾需求則降低(通過帶寬不需

要如此窄)，因而在此揭示了微機械式標準具更進一步的便利使用以供雷射模態選擇。

本發明更進一步考慮到使用波長選擇元件謹慎地模態跳躍於雷射共振腔 103 之縱向模態之間的能力，因此允許機制簡單如計算由參考或「起始」(“home”)，雷射發光或非雷射發光態之間的跳躍計數，以決定操作波長之改變。

現在參照圖式，相同的元件從頭至尾都給予相同的編號，尤其是第 1a 至 1c 圖，係顯示本發明的三個示範結構。外部光學共振腔雷射 100 係由沿著共同光軸 A-A' 分散之包括光學及光電零組件所提供。光學來源包括雷射發光元件 102 其可為光學增益材料/介質或顯示出光學增益之光學材料的組合，且就其本身而論係有助於光學限制之波導管內或共振腔模態內之受激輻射發射。例如，雷射發光元件 102 可包括一電偏壓之邊射型半導體二極體雷射，用於 WDM 光纖系統。亦可使用其他型式之雷射，如表面發射雷射，其包括垂直共振腔表面發射雷射 (VCSELs)。適合之雷射介質包括各種不同的合成半導體，其包括 InP、GaAs 與 InAs 之合金。雷射發光元件 102 係經光學耦合至以沿著光學軸 A-A' 縱向地定位之外部光學共振腔 105。雷射發光元件 102 之長度加上外部共振腔 105 的長度結合定義為總光學共振腔長度 103。光學路徑長，如果藉由每個物理元件沿著 A-A' 之物理路徑長以及在其有關波長下的有效折射率相乘之總合而得到，則其決定了縱向模態之間隔。元件之間隙亦包含於計算結果內，其中空氣折射率為

~1.0，或者不然即是如果光學封包佔用了該空間。雷射發光元件 102 係由第一端表面 104 與第二端表面 106 所界定，且兩者都垂直於光軸 A-A'。如果雷射發光元件 102 形成於單晶樣本上，則末端表面 104 與 106 可藉由劈開晶體以揭露平坦、平行之表面而形成，稱之為邊琢面(edge facets)。

光學共振腔 103 係由兩個位於沿著軸 A-A' 上之反射器 110、108 以及置於其中之雷射發光元件 102 所形成。光學共振腔 103 包括雷射發光元件 102 內之共振腔部分以及外部的共振腔部分 105。末端的反射器 108 可為雷射發光元件 102 外部的獨立鏡子用以定義光學共振腔之一端。反射器 108 的面係經合意地定位因此其係垂直於光軸 A-A'。相對於由反射器 108 所定義的一端，光學共振腔的另一端係藉由形成於雷射發光元件 102 之第一表面 104 上提供作為反射塗層 110 之反射器所定義。第二雷射發光元件表面 106，其亦為邊琢面，可使用防反射(Anti-Reflective；AR)塗層 112 塗覆於其上以避免反射於第二表面 106，因此共振腔並非於雷射發光元件 102 之第一及第二表面 104、106 之間所提供。

在操作上，係藉由 pn 接合(pn junction)內少數載子之注射以電力傾注雷射介質，或者藉由光吸收以光學方式傾注，兩者其中之任一種皆會導致電荷載子之非平衡狀態分布。在此狀態，雷射材料可顯出光學增益，藉此於某光譜增益帶寬範圍之光子的吸收導致光子的受激發射。雷射發

光係由於與非平衡條件下過量的電荷載子再結合而發射光子，其中部分光子藉由反射器 108 及反射塗層 110 而侷限於光學共振腔 103 內。此種光發射之一部份具有某波長及傳波方向(共同稱為模態)，光學共振腔 103 提供足夠的反饋產生建設性的干涉效應，以致於可使雷射震盪模態維持。事實上，反射塗層 110 並非完全反射，因此一部份藉由受激發射所產生的光子經傳送通過末端表面 104 及塗層 110 而自光學共振腔 103 離開。此光構成雷射輸出光束 114。已知可使用的腔型雷射之其他構造，例如半導體雷射發光元件 102 的兩表面可為 AR 塗覆並且使用兩外鏡，琢面鏡(facet mirror)可輪流反射大部分的光且外鏡 108 可與次要的反射器一起使用以於系統外耦合。

當光學共振腔 103 可廣泛地支持多模態以及當雷射具有有限的增益帶寬，則雷射 100 將會以數種波長發射出光。該經允許的多模雷射發射波長係藉由共振腔 103 之有效光學長度所決定：當光學共振腔長度減少，則雷射 100 顯現出較少且較寬間隔的發射波長模態。光學共振腔模態係為反射器 108、110 之間的總光學共振腔長度之模態，一端上為琢面塗層 110 而另一端則為外腔鏡 108。因此光學共振腔模態包括雷射發光元件 102 之光學路徑長以及外部共振腔 105 之光學路徑長的結合。就 WDM 的應用而言，其係有助於使雷射發射變為單一模態，且更進一步具有選擇特定單一模態的能力。

外部光學共振腔 105 可包含其他光學零組件，如透鏡

116，以充分地準直或聚焦由半導體雷射發光元件 102 而來的光，允許其傳輸通過標準具 120、由反射器 108 反射以及以適當地低損失回歸至雷射發光元件 102，而達到淨雷射增益以允許雷射作用。其他構造可達到此作用，如以彎曲鏡作為反射器 108，或是透鏡與彎曲鏡的組合體。附加的光學零組件可包括濾波器、光柵以及稜鏡等等。還有其他光學零組件，例如可準直雷射輸出之準直透鏡 118，其可置於光學共振腔 103 之外部。

例如，第 1a 圖顯示微機械式標準具 120 依照本發明沿著光軸 A-A' 配置於外部光學共振腔 103 內。微機械式標準具 120 可經使用以排除一可容許雷射模態子集。在根本上，微機械式標準具 120 損壞以該些微機械式標準具 120 不透射的波長為特徵之光學共振模態的共振狀態。微機械式標準具 120 維持那些可透射之波長的模態。希望微機械式標準具 120 經安裝僅允許單一(可選擇的)雷射共振模態共振，其結構係經由依照本發明下面提出的組裝過程而成為可能。

將注意力轉移至本發明之模態選擇，如第 1b 圖中所示，微機械式標準具 120 為可傾斜的，因此更改入射角的角度以及相關於共振腔模態之光譜透射特性，而由於此作用則經選擇以維持雷射作用之模態可受改變。二擇一地，第 1c 圖說明微機械式標準具 120 包含空氣或真空間隙 124 其可經改變以修改微機械式標準具 120 的光譜透射特性，且通過該標準具則可選擇光學共振腔之特定雷射模態。

經如此詳細的說明，外腔型雷射 100 可作為光源，因此使用者可從藉由共振腔長度所廣泛定義之許多可用的離散發射波長帶中選擇單一且窄帶的發射波長。

依照本發明，已實現可調雷射 10 之構成零件複雜性的大量降低，因為光學共振腔 103 具有比較短的光學路徑長，所以縱向模態可相對較寬地間隔。依次，藉由模態選擇方法調諧雷射輸出可經由使用較簡單之波長判別裝置如微機械式標準具而達到，其例如可由比典型干涉濾波器相對較少的電介電質層所組成。此外，寬間隔之發射波長的選擇與過濾提供了簡單化，因為較短之外部光學共振腔長度允許了一般於傳統 WDM 雷射系統中發現之附屬組成零件及裝置的去除。例如，典型的可調雷射通常需要數個複雜的反饋機制，包括壓力可調節之共振腔長度、熱調諧以及可調式光柵或其他濾波器，其每一個裝置都具有控制迴路提供資訊以維持單一已知的頻率。本發明提供較簡單之反饋機制，例如，如果系統溫度固定，接著以充分的準確性知道縱向模態的位置，而允許簡單的可調式元件藉由謹慎地計算經由調節期間所觀察到光功率之調變由縱向模態至縱向模態之跳躍次數，而選擇想要的模態。

現在將注意力轉移至標準具結構，標準具 120 的概要顯示於第 2 圖，標準具 120 包括一對反射的薄膜介電質堆疊 202、204，其係藉由通透板(transparent slab)206 或介於中間之空氣間隙或以氣體材料填滿之間隙所分隔，分隔寬度為 d_0 。堆疊層 202、204 代表薄金屬或是以期望之寬帶

介電質反射器，而該寬帶介電質反射器則是以交替輪流之高和低指數材料的 $1/4$ 波光學厚度層為基礎。作為介電質反射器設計之中心波長係典型地選擇接近雷射操作頻率之想要範圍的中心。標準具 120 之波長判別能力隨著結合入多層介電質堆疊的層數而改善。每一個堆疊 202、204 中的層數之範圍可視需要達 50 或以上。

依據入射光之波長及角度 θ ，標準具 120 可以高對比程度反射或是透射入射輻射。可利用此作用藉由透射某波長範圍以及反射其他波長範圍以選擇入射輻射的波長。標準具 120 之典型透射光譜顯示於第 3 圖。波長間隔及透射帶寬度，以及透射峰 302 與反射基線 304 之間的對比可適特定應用之特殊需要而調整。微機械式標準具 120 的透射特性可經精確地做出模型且運用電腦的模擬而幫助設計最佳化。微機械式標準具 120 的調諧可經由數種方式達成，即改變第 3 圖的透射峰之波長相依性(wavelength dependence)。介電質堆疊之間的間隔 d_0 可改變。在具有空氣間隙之標準具的事例中，其可藉由改變空氣間隙之間隔距離而完成，如第 1c 圖所示。調諧之第二個方法係相對於光束軸而傾斜標準具 120，其會改變入射角，且相應地更改通過微機械式標準具 120 之光束的透射。標準具調諧的另一個方法係使其具有一個以材料填滿的間隙 206，此材料之折射率可藉由例如電場的運用而經更改。

現在將注意力轉移至外腔型雷射 100 的操作，於計算雷射 100 之性能時，整個共振腔光學路徑長須重要地計算

在內。裝置之有效光學路徑長 λ_{eff} 可定義為

$$\lambda_{eff} = \sum_i d_i \cdot n_i$$

其中 d_i 及 n_i 係裝置之構成成分的厚度及折射率

在標準具 120 的事例中，其需要計算介電質堆疊之每一個組成層 i 的折射率 n_i 與其厚度 d_i 之乘積的總和，加上通透板或空氣 ($n=1$) 的折射率 n_0 與該板或各空氣間隙的厚度 d_0 之乘積，包括物理元件之間的每個間隙。在使用凝膠或封膠填滿元件之間的間隔，則使用該材料的折射率代替 $n=1$ 。更明確地，一標準具由兩個具有總共 N 層的介電質堆疊所組成，則其標準具 120 的有效光學路徑長 $\lambda_{eta,eff}$ 係為

$$\lambda_{eta,eff} = d_0 \cdot n_0 + \sum_{i=1}^N d_i \cdot n_i$$

關於本發明及將予以說明者，有許多動機希望能將該光學路徑長減到最小，此可藉由本發明之微組裝微機械式標準具 120 而實行。

光學共振腔 103 之總光學路徑長 $\lambda_{cav,eff}$ 決定雷射之模態間隔。對於標準發射波長 λ_0 而言，相鄰發射模態之間的波長間隔 $\Delta\lambda$ 可由下式約算

$$\Delta\lambda \approx \frac{(\lambda_0)^2}{2 \cdot \lambda_{cav,eff}}$$

因此，縮短光學共振腔長度 $\lambda_{cav,eff}$ 則產生更寬間隔之發射模態，即 $\Delta\lambda$ 增加。模態間隔將限制與要求加模態選

擇之方法與裝置，其中近間隔雷射放射模態需要具有高光譜解析度的模態選擇。

關於本發明且參照第 1a 至 1c 圖，光學共振腔的有效長度 $\lambda_{cav,eff}$ 係為

$$\lambda_{cav,eff} = d_{las} \cdot n_{las} + d_1 + d_{lens} \cdot n_{lens} + d_2 + \lambda_{eta,eff} + d_3$$

其中 d_{las} 係雷射發光元件 102 之第一與第二端表面 104、106 之間所測得的雷射長度， n_{las} 係雷射材料之折射率， d_{lens} 係軸上透鏡 116 的厚度以及 n_{lens} 係透鏡之折射率。有效光學共振腔長度可藉由使用微組裝零組件作為透鏡及標準具而維持小值。藉此方法，小型化之零組件及系統，加上其緊密系統整合之優點，也提供於修改外腔型雷射 100 之模態間隔上更大的自由。

光學共振腔模態之間隔及其與雷射調諧之關係圖式說明於第 4a 至 4c 圖及第 5a 至 5h 圖。第 4a 圖顯示半導體雷射 102 之增益光譜 402。如果提供光反饋，則藉由在增益光譜 402 內之波長的輻射躍遷產生之光子可促成雷射發光，因此雷射發光介質之內部增益超過光損失。與雷射發光元件 102 之光路徑共同考量之光學共振腔 103，提供此反饋以維持具有模態間隔 $\Delta \lambda$ 的離散集或「櫛梳狀」(comb) 之波長模態 404(第 4b 圖)。所提供與雷射 102 之增益帶寬 402 重疊之允許的光學共振腔模態 404 決定了共振腔雷射發射波長。外腔型雷射 100 之輸出光譜係由第 4c 圖提供，其係第 4a 與 4b 圖之光譜的捲積(convolution)。第 4d 圖的

實線顯示標準具之透射帶光譜回應 403，該標準具如第 1 圖之微機械式標準具，可提供以抑制除了一個以外之所有發射模態並因此產生如第 4e 圖中顯示之單模雷射輸出 405。請注意在此希望自由光譜範圍(FSR)，即波長判別微機械式標準具 120 之透射峰 403 之間的距離，比雷射增益帶寬(如第 4a 圖所示)還大，否則將會維持一個以上的雷射發光模態。同樣地，藉由微機械式標準具 120 之半峰全幅值所測量之鑑別帶寬必須足夠窄以避免選擇由光學共振腔 103 所支持之鄰接雷射模態 401，相對於產生期望模態的選擇增益之期望的操作模態，如果沒有達到模態 401 之不足的抑制，則會發生上述情況。

期望模態與側模態之間的功率比可如側模態抑制比般測量，且可接受值因應用而定。對許多 WDM 應用而言其值係由 20 至 45dB。

除此之外，微機械式標準具 120 之透射通帶可藉由傾斜微機械式標準具或調整間隙間隔而位移至新的波長範圍，參照第 1b 及 1c 圖解釋。此位移藉由第 4d 圖的虛線 403a 表示以作為例子，在此事例中選擇了雷射 100 之不同模態，結果導致雷射發射輸出位移至對應的發射波長 403a(第 4e 圖中的虛線)。在此方法，雷射系統係為不連續可調的，因為明確且清楚分離的波長可從分配至 WDM 通道之一組定義良好且穩定的發射波長中選擇。值得注意的是溫度穩定性之程度係需要的且其係藉由可能操作模態之櫛梳(comb)的可允許漂移(allowable drift)來決定。可允許

漂移係依通道間隔而定且係不同於 CWDM 及 DWDM，以及依柵(grid)的狹窄亦有所不同。例如設計為 50GHz 間隔通道之 DWDM 系統係典型地比設計為 200GHz 之 DWDM 系統需要更多操作波長的穩定性。溫度的漂移主要藉由雷射發光元件 102 之隨溫度指數的改變，接著為使用於系統之光學元件，以及於其上裝配了元件之基材的物理長度隨著溫度(熱膨脹係數，CTE)的改變而定。使波長之櫛梳(comb)具不透輻射熱性可使用各種不同方法，如建構於結合低 dN/dT 的光學元件或結合具有負 dN/dT 或負 CTE 的補償元件之低 CTE 基材上。對於期望之應用而言如果需要比藉由例如熱電冷卻器更多的溫度控制，則可隨意地使用此建構技術。

由關於第 4 圖所描繪之例子而言，指出對於具有充足光譜解析度以選擇單一共振腔雷射模態之標準具的需求。作為一反例，第 5 圖顯示具有較近間隔之發射模態的外腔型雷射事例。因模態間隔與共振腔長度近乎反比時，當外部共振腔長度由比第 4 圖中所示長度更長時，則產生較近模態。具有比附屬於第 4 圖更長長度之外部光學共振腔 105 顯現出更密集地間隔模態，藉由比較第 5b 圖與第 4b 圖提供的共振腔模態，此情況是相當明顯的。當共振腔模態經更近地間隔，即 $\Delta\lambda$ 減小，則為了防止不慎地選擇到與選擇之目標模態在一起的鄰接模態，標準具 120 必須具有更佳的判別能力，即經充分減小的 FWHM。更明白地，標準具透射回應 503 具有一 FWHM 其係比光學共振腔模態間隔

還寬，將選擇一個以上的模態，如第 5f 圖之兩實線輸出發射峰 502 及 504 所示。相同的，當標準具透射帶 503a 經移動以選擇另一個雷射模態時，則會不慎地選擇如第 5f 圖中兩虛線雷射輸出峰 506 及 508 所示的額外相鄰峰。此問題可能藉由使用具有較佳判別力之標準具補救，較佳判別力即較窄的 FWHM，如藉由具有示於第 5g 圖之透射帶光譜回應的假設標準具舉例，其導致顯示於第 5h 圖的單模雷射輸出。如前述，波長選擇器的自由光譜範圍亦必須大於雷射之增益帶寬以避免此應用不足的判別力選擇一個以上之模態。

另一個解決近間隔模態的方法係將干涉濾波器、標準具或類似之波長判別裝置插入外部光學共振腔 105 中以達到去除子集模態的目的。結果為，可獲得共振腔模態之較低密集櫛梳。第 5d 圖顯示干涉濾波器通帶回應會減弱，例如，每隔一個的共振腔模態。附加的組件會降低波長判別模態選擇器的解析度需求，但是需付出額外複雜性的代價以及更進一步為了允許有足夠的空間讓其插入共振腔內則亦需要增加的外部共振腔的長度。本發明提供獲得具有足夠解析度的可調標準具以選擇單一雷射模態的能力，以及此外不需為了容納更大或附加的模態選擇組件(因此不會藉由產生更密集間隔之模態而惡化模態解析度的問題)而加長外部共振腔的標準具。

與雷射發射模態有關之有效光學路徑長的另一方面係與標準具調諧有關。為了調整其光譜透射特性，傾斜微機

械式標準具 120 或改變其間隙距離 d_0 的過程改變了外部光學共振腔 105 之有效光學路徑長。結果雷射發射波長亦位移。理想地，為了穩定發射模態光譜，此影響希望減到最小，且微機械式標準具 120 之設計標準係減低標準具調諧活動對外部光學共振腔 105 之有效光學路徑長之影響。對於設計上藉由在標準具 120 中加上空氣間隙取代固體介電質而很快地達成此目標，這是由於間隙組成標準具有效光學路徑長之絕大部份，因此當標準具傾斜時間隙 124 並不會促進總光學路徑長的改變。隨意地，可合併反饋控制、外加的波長鎖定標準具或幾何調節裝置以改善這些擾亂的影響。

本發明對使用於調諧外部共振腔雷射之標準具 120 帶來數種重要的特色。第一，微機械式標準具 120 可藉由微機械加工方式製造且因此其係相對地較緊密也可與微光學裝置並存。第二，微機械式標準具 120 可藉由機電作用調諧，其中電壓信號調整微機械式標準具 120 之透射特性。第三，微機械式標準具 120 的光學路徑長相較於傳統標準具係相對較小。第四，調諧微機械式標準具 120 對於總共振腔光學路徑長改變的貢獻係微小的。如下述所討論，利用這些特色於外腔型雷射之模態選擇應用中可產生很大的優勢。

就本發明的目的而言，係期望微機械式法布立-拍若標準具 120 為緊密、具有高精確、可再現之光透射特性，以及更進一步，提供某些工具以調諧微機械式標準具 120 之

光譜透射特性因此可實現雷射模態選擇。期望地，微機械式標準具 120 的調諧係處於電的控制之下。為此目的，則可例如藉由一個或以上之數種機電作用以調整微機械式標準具 120 之透射特性，結果為可調微機械式標準具 120 的透射通帶所集中之波長為此施加電壓的函數。

與本發明一致之特定標準具結構 600 的橫截面圖係顯示於第 6a 圖。標準具 600 可組裝於薄板或基材 602 中，如一般用於微電子工業之型式的矽晶圓。具有形成斜面之側壁 605 的凹處 604 係形成於基材 602 之一側。此特殊結構係典型的藉由對矽的 $\langle 100 \rangle$ 面進行濕式非等向性蝕刻所製造的共振腔，其中蝕刻停止於蝕刻終止層如氧化的或重摻的矽。可使用其他蝕刻方法如反應性離子深蝕刻。於基材 602 形成凹處 604 之該側面將稱為標準具之「背面」606。以與基材 602 不同材料製成之間隔層 608 形成於在凹處 604 對面之基材 602 的一側。間隔層之外表面 607 係稱為標準具 600 之「前面」607。多層薄膜堆疊之介電質堆疊被覆 612、614 分別覆蓋標準具前面與背面之表面 607、606。形成於基材 602 之平坦前表面的前側被覆 612 係高度平坦的。背側被覆 614 係保形的且均勻地覆蓋凹處側壁 605、基部 603 以及背面 606。空氣間隙 616 係提供於兩介電質堆疊被覆 612、614 之間，集中處於凹處 604 之上方。空氣間隙 616 係藉由蝕刻間隔層 608 通過形成於頂部介電質堆疊被覆 612 之蝕刻孔所產生。多層介電質堆疊被覆 612、614 組成係有關於層數、層的順序、層的折射率及層的厚

度，以作為介電質反射器，這在薄膜光學技術中為習知，且常利用於光學零組件上反射及防反射被覆之製造。例如，被覆 612、614 可由交替的二氧化矽(折射率大約 1.46)及矽氮化物(折射率大約 2.0)層所組成。干涉濾波器之組成層的光學厚度(即於所關心之波長的材料層折射率乘上實際物理厚度)可經製造而相當於雷射光發射波長四分之一或其倍數之波長。前面與背面的介電質堆疊被覆 612、614 係均可以相同製程沉積，因此前側與背側被覆 612、614 都具有幾乎相同的光學性質及透射特性。沉積介電質層的適合方式包括熱蒸鍍、電子束蒸鍍、濺鍍沉積以及化學氣相沉積。化學氣相沉積(CVD)包括低壓化學氣相沉積、電漿輔助化學氣相沉積以及原子層沉積，係具吸引力的選擇，因為其係保形的並且可使用於同時沉積前面及背面被覆 612、614 兩者。於第 6a 圖可見微機械式標準具 120 之結構將顯示於第 2 圖中之標準具的基本特徵具體化，即兩個干涉濾波器藉由一空氣間隙或通透材料之平板分隔。

現在將注意力轉移至標準具 600 的製造，本發明亦提供製造標準具 600 的方法，如描繪於第 6b 至 6h 圖中之順序所示。第 6a 至 6f 圖及第 6h 圖係橫截面的側視圖，以及第 6g 圖係俯視圖。可了解在此所描述之技巧說明了步驟之順序，其可合意地使用已建立且便利的微加工技術，但熟悉該項技藝者明顯知道這些步驟可有許多變化，而代替這些步驟變化亦可產生本質上具有相同性質及功能的結構。

於第 6b 圖，間隔材料層 608 係以沉積或用其他方法形

成於基材 602 如矽晶圓上。兩面經磨光之單晶矽晶圓，因為其表面的平滑與平坦以及可控制的蝕刻性質，係作為基材 602 之良好選擇。其他候補的基材包括玻璃，陶瓷的、熔凝矽石、石英或其他型式之半導體晶圓。典型地矽基材 602 具有約 0.5 毫米的厚度且間隔層 608 具有範圍由 2 微米至 30 微米的厚度。取而代之，基材 602 可為絕緣體上覆矽(SOI)結構，具有一 0.1 至 2 微米厚經掩埋的二氧化矽層，隔離了~0.5 毫米厚的矽晶圓與 2 至 30 微米厚的沉積矽層。值得注意的是基材對雷射波長而言不需要是通透的因為凹處 604 的形成將所有基材材料由雷射光束之光學路徑上移除。選擇材料之主要標準之一為相對於間隔層材料可選擇性蝕刻基材材料。許多材料的結合滿足此要求包括摻硼或摻其他不純物之矽間隔層 608，沉積於未摻或低摻雜矽基材晶圓上作為基材，或者矽間隔層 608 沉積於藍寶石基材 602 上。於先前的事例中，在間隔層之摻雜可抗蝕刻否則會蝕刻於未摻或低摻雜矽。

於期望的具體實施例中，基材 602 係單晶矽晶圓且間隔材料 608 為重摻硼矽。摻硼矽層 608 可藉由磊晶生長而形成，或將摻硼層以離子佈植入矽晶圓 602 中。

如第 6c 圖所示，凹處 604 通過基材 602 形成一錐形孔洞之形狀，係經蝕刻通過基材 602，以間隔層 608 作為蝕刻終止阻障層(或於 SOI 矽晶圓之事例中與間隔層接觸之氧化物提供蝕刻終止)。於矽晶體 602 之事例中，如(100)矽，可使用氫氧化鉀(KOH)溶液作為非等向性蝕刻劑以提

供凹處 604 的側壁之一端逐漸變尖細。其他可使用供作此目的之矽蝕刻劑包括聯胺及 EDP(乙二胺鄰苯二酚)。此外，典型地當使用其他基材材料如陶器時，亦可使用等向蝕刻劑。蝕刻劑期望的性質係其移除基材材料比移除間隔層材料還快。取代地，於 SOI 晶圓事例中，蝕刻劑對於經掩埋氧化層的選擇性係需要的。凹處 604 於間隔層 608 之典型直徑係 100 至 500 微米，雖然此尺寸大小可根據應用及光學共振腔中 103 雷射發光元件 102 之光束腰部大小而作相當程度的改變。

如第 6d 圖所示，形成於基材前面 607 上之多層薄膜介電質堆疊被覆 612 形成一光學干涉濾波器，以及介電質堆疊被覆 614 形成於基材後面 606 上。具有交替之高及低折射率且為四分之一波長厚度的多層結構可根據廣泛使用於薄膜光學之方法來設計或沉積。雷射可包括，例如，二氧化矽、矽氮化物或其他介電質材料，包括金屬氧化物以及寬頻間隙半導體如氮化鎵或矽碳化物。前或後側之介電質堆疊的典型總厚度依層數及設計之中心波長而定係 2 至 15 微米。

如第 6e 圖所示，一組孔洞 618 形成於前面的介電質堆疊被覆 612 內。孔洞暴露出下方的間隔層 608 使其可受到蝕刻。孔洞 618 可藉由光蝕刻協同濕式及乾式蝕刻(如反應性離子蝕刻)，或者藉由其他如雷射鑽孔方法而界定。孔洞 618 可設置於凹處 604 上，或凹處 604 的周圍以及基材 602 上方。典型的孔洞直徑係 10 至 50 微米。如第 6f 圖所示，

直接地位於凹處 604 上方之間隔層 608 的部分經蝕刻移除，留下於前面介電質堆疊被覆 612 以及後面介電質堆疊被覆 614 之間的空氣間隙 616，以及其中間隙 616 係與凹處 604 對齊。

所描述之間隔層 608 之蝕刻可以數種材料組合作為基材 602 與介電質層 608 以及以許多形式之蝕刻劑而可行的。例如，如果間隔層 608 係未摻或摻硼矽以及基材 602 為矽，則間隔層 608 可以二氟化氫蝕刻。二氟化氫氣體會快速地等向蝕刻矽，但當基材 602 以介電質層如氮化物或氧化物覆蓋則留下未損害之基材。亦可使用液態蝕刻劑。蝕刻劑不會顯著地蝕刻或使介電質堆疊披覆 612、614 粗糙，雖然基材的某些輕微蝕刻係可容忍的。蝕刻間隔層 608 部分的結果為，前面介電質堆疊被覆 612 的一部分係懸於空氣間隙 616 上方。

作為蝕刻間隔層 608 之示範的孔洞圖案俯視圖顯示於第 6g 圖，於此事例中八個孔洞 618 排列於方形圖案四周。第 6g 圖之虛線矩形顯示藉由間隙 616 所分隔之兩平行介電質堆疊反射器被覆 612、614 面積的大約範圍，其中間隙 616 係從間隔層 608 經蝕刻所挖掘。第 6g 圖中，虛線矩形亦大約相當於懸於空氣間隙 616 上方之前面薄膜介電質堆疊被覆 612 部分的俯視且於第 6f 圖中以 620 符號表示。該區域供作為標準具 600 之光學功能部分，提供雷射光束之光學干涉作用。圍繞凹處 604 之未經蝕刻的基材部分(即於第 6g 圖之俯視中矩形虛線區域的外部面積，或相應地於第

6f 圖的橫截面側視中以(622)符號表示之基材部分)提供標準具 600 機械穩定度且亦提供作為於光學共振腔 103 內操作及設置標準具 600 的便利操縱處。基材 602 亦可支撐架設且校準參考表面以促進標準具 600 之精確的定位以及定向。由於微機械式標準具 600 之幾何設計，基材 602 相對於大塊的部分，於凹處 604 周圍以 622 之符號表示部分，對於標準具 600 之光學路徑長並無貢獻。於該設計，被覆層需要之淨應力期望應該典型地以小淨張應力控制。

標準具 600 可裝有其他附加的構造以允許其調諧。如靜電引動標準具 600 之第 6h 圖的橫截面概要圖所示，導電電極 624 係形成於懸於空氣間隙 616 上方之前面介電質堆疊區域 620 的外側上。此組電極係共通的，即經電路連結的。如果基材 602 係充足地電傳導性，則其可作為對立電極。或者，以例如由氧化銦錫(ITO)層組成之第二導電墊形式存在之對立電極 626，可經沉積於後面介電質堆疊層 614 之外表面上而作為對立電極 626。氧化銦及 ITO 具有之優點係於光纖通訊應用之所關心的可能波長下為透明的，因此可避免光路徑之遮蔽。用於電極 624 與對立電極 626 之間的電壓提供一靜電力以吸引或排斥懸吊之介電質堆疊區域 620，因此改變了空氣間隙 616 於介電質堆疊被覆 614 與介電質堆疊區域 620 間之間隔。其改變了標準具 600 之透射特性，且尤其，位移了窄透射帶之波長(於第 3 圖中以符號 302 表示)。標準具結構因此提供透射帶之調整，以及因此可藉由施用之電信號調諧波長。

標準具 700 之另一個具體實施例，作為使用於外腔形雷射 100 中之微機械式標準具 120，係顯示於第 7d 圖，以第 7a 至 7d 圖顯示其製造步驟之示範順序。第 7a 圖顯示基材 702，其一側 703 上形成有介電質堆疊 704。介電質堆疊 704 在結構上、組成上與功能上係相似於描繪於第 6 圖之介電質堆疊被覆 612、614。第 7 圖顯示另一獨立之基材 706，其中淺凹處 708 係藉由遮罩與蝕刻或研磨(milling)控制形成於基材一側 705，且基材之同側 705 係已保形地以介電質堆疊 710 覆蓋。如第 7c 圖所示，兩基材 702、706 係經校準排列並安裝或結合在一起，因此凹處 708 提供一內部空隙或空氣間隙 712 藉由介電質堆疊 704 及 710 界定於間隙兩側。此結構提供一具有空氣間隙間隔為 d 之標準具 700，如第 7c 圖所示。如第 7d 圖所示，基材 702 與 706 之部分經移除以形成對齊之凹處 714 及 716，其暴露出兩獨立式介電質堆疊 718 與 720，界定一空氣間隙 712。如關於第 6g 圖之說明，以導電墊或以導電氧化膜形式存在之電極可用作為靜電引動之獨立式堆疊以及標準具間隙 712 之電控制調諧。

範例

本發明之重要特色係微機械式標準具之緊密小巧以及光學共振腔 103 之光學路徑長相關之縮短而促進更理想之膜態間隔以及更簡易之膜態選擇的方法。這些本發明的觀點更進一步係具體實施於下列模型及模擬範例中。

第 8a 圖顯示於一有效總光學共振腔長度 $l_{cav,eff}$ 為 24

毫米之縱向波長膜態的計算過之櫛梳，於以 1550 奈米波長為中心的光譜範圍中。膜態間隔係大約 0.5 奈米。第 8b 圖顯示由相似模擬所得之結果，但雷射共振腔之總光學路徑長縮短為 12 奈米。如預期地，膜態間隔由第一範例中之值增加至大約 1 奈米。第 8a 及 8b 圖圖式說明光學共振腔長度於膜態間隔上之影響，以及較短光學共振腔導致較寬間隔膜態，而使波長判別與膜態選擇裝置需要較不嚴格的解析度要求。

第 8c 圖(粗糙的細部)與第 8d 圖(細微的細部)顯示標準具經計算之光譜透射，該標準具包括兩個具有 20 層交替之矽氮化物及二氧化矽的介電質堆疊，每一層為四分之一波長厚度($= \lambda / 4n$ ，其中 $\lambda = 1550$ 奈米，且 n 係二氧化矽或矽氮化物相應的折射率)，藉由 5.8 微米之空氣間隙所分隔。透射通帶之 FWHM 係大約 0.3 奈米。該標準具之自由光譜區 FSR(free spectral range)，即鄰接的透射通帶峰之間的波長間隔，係大約 90 奈米。此 FSR 係充分地大於典型的 1550 奈米波長發射雷射之增益帶寬，此要求係從有關第 4 及 5 圖的討論中所規定，以避免維持一個以上之雷射膜態。進一步，示範的微機械式標準具之解析度係足以分辨此 12 毫米長光學共振腔之事例中的相鄰的峰。如第 8d 圖所示，對於在透射峰 1 奈米範圍內之膜態有約 15dB 的衰減。這些所有範例皆係單通計算(single pass calculation)，而雙程計算(double pass calculation)將可顯著地增加通帶間的衰減。對特定應用所需之衰減係依數種變數而定，包

括所使用雷射發光元件之增益曲線。達到之抑制可立即地藉由增加或減少介電質反射器中的層數而調整。

上述關有於間隙調整裝置之標準具的潛在調諧能力係藉由顯示於第 8e 圖中三個光譜透射曲線來表明。5.8 微米之空氣間隙係經由以 8 奈米之增加量縮短，結果導致透射峰可察覺的移動至較短波長，其分別顯示如曲線 802、804 及 806。曲線 802 代表具有 5.820 微米之間隙的標準具。曲線 804 代表間隙經縮短 8 奈米後至 5.812 微米，而曲線 806 係代表間隙更進一步縮短至 5.804 微米。該模擬因此顯示當藉由靜電制動作用容易地達到對空氣間隙之相對適度的修改，則產生對 1 微米之膜態間隔有益的波長判別，其中 1 微米之膜態間隔係出現於具有 12 毫米之有效光學長度的光學共振腔 103。以 1 至 35 度的角度傾斜微機械式標準具 120 會產生相似之透射特性的改變。

於本發明之一特殊範例，對光學路徑長之典型貢獻係：

i. 具有 $d_{las} = 250$ 微米之物理長度的邊射型雷射 102，以及大約 850 微米之光學長度。

ii. 直徑 400 微米之抗反射塗覆的球形透鏡 116，以尖晶石為材料製成且具有約 720 微米之光學路徑長。

iii. 可調標準具 120 包括 10 至 20 層之矽氮化物以及二氧化矽支撐於一架構上，該架構形成於晶圓的周圍區域外，此標準具 120 之形成如第 6g 圖範例所示。最終之標準具光學路徑長係約 500 微米，且值得注意的是該厚度係以可允許矽晶圓插入之間隔為基礎，其中該矽晶圓內形成該

標準具。當雷射光束路徑局限在形成於矽基材內之凹處，則光學路徑不會藉由透射通過矽而增加。

此三個元件(雷射發光元件 102、標準具 120 以及透鏡 116)之間的間隔經估計總計少於 1 毫米。

計算如下之光學路徑的總和：850 微米(雷射)+720 微米(透鏡)+515 微米(標準具)+1 毫米(間隙間隔)=~3 毫米，提供一大約 3 毫米之最小總光學路徑長。因此，元件可依據期望之櫛梳間隔以更寬鬆或空曠的間隔放置。

本發明亦藉由以光偵測器監測雷射輸出而提供使用微機械式可調標準具之雷射發射波長簡單且精確的控制，該示範的施行係圖表顯示於第 9a 圖。顯示於第 9a 圖之系統包含雷射 902、與鏡子 906 一齊之準直透鏡 904 以及高反射性被覆面 908，於其間界定了光學共振腔 910。雷射光束輸出 912 經透射通過被覆面 908。該系統亦包含配置於光束輸出 912 上之光束分光鏡 914、接收光束輸出 912 之分裂部分的光偵測器 916、脈衝計數器電路 918、控制器 920 以及用以引動微機械式標準具 924 之電路 922。光偵測器 916 經如此配置可不停地偵測雷射輸出。當雷射於模態間轉換或跳躍時，於其光學輸出會有短暫的中斷，可偵測到此中斷並標記為脈衝。當控制器 920 掃視電引動之標準具通過一光譜範圍，計數器電路 918 可感測模態跳躍的發生並計算模態跳躍的數目，此意味著具有固定波長發射模態之系統的發射波長。偵測器 916 接著可提供反饋以將標準具 924 理想地放於適當位置而於期望之操作模式下獲得最

理想的功率。模態櫛梳的絕對定位可於裝配過程期間設定或藉由在 TEC 上對系統作溫度調諧至一溫度，以將此縱向模態之模態櫛梳則如期望的集中。

如第 9a 圖所描繪之系統，某些故障、雜訊效應或其他不幸之事可能造成模態跳躍計數器丟失模態的軌跡，導致模態偏移之誤差。或者，於總光學路徑長製造變化性可於起動模態上產生變化。這可藉由設立起始頻道(home channel)波長而補救，其中該系統可用於設立一固定的參考點如第 9b 圖所示。第 9b 圖之系統，係相似於第 9a 圖之系統，但其具有附加之第二光束分光鏡 926、經調整至「起始」頻道之濾光器 928、以及第二光偵測器 930。繞射光柵、稜鏡、標準具或相似之裝置可提供作為濾光器 928。第二光束分光鏡 926 不停地取樣雷射輸出，經過濾通過窄通(narrow-pass)光學干涉濾波器 928，其中光學干涉濾波器只傳送參考波長之雷射輸出至第二光偵測器 930。經由第二光偵測器 930 紀錄之信號顯示雷射 902 係於相當於參考波長之模態下操作。控制器 920 因此可藉由以斜波電壓引動標準具 924 而掃視通過模態，且於掃視中穿越過之模態數可藉由光偵測器 916 及計數電路 918 計算。因此，雷射 902 藉由計算由參考模態跳躍之模態數目而經調諧為任何期望之模態。

由前面之詳述，熟悉該項技藝者將更明瞭本發明之此些及其他優點。因此，熟悉該項技藝者應了解可對上述具體實施例做出改變或修改但並不背離本發明之主要發明概

念。因此應了解本發明並不受限於此文所描述之特定具體實施例，而是預計包括所有包含本發明之領域及精神在內的改變及修改，如於後述之申請專利範圍所列。

【圖式簡單說明】

第 1a 至 1c 圖說明外腔型雷射之各種不同實施例，其使用根據本發明之標準具作為模態過濾或模態選擇裝置包括 1a 具有固定標準具，1b 具有可傾斜之標準具，以及 1c 具有可變間隙之標準具。

第 2 圖說明傳統標準具，其兩側上覆有由具有多層介電質堆疊之介質平板，其多層介電質堆疊之功能係作為干涉反射器。

第 3 圖顯示標準具之典型光譜透射特性。

第 4a 至 4e 圖顯示外腔邊射型雷射之相關光譜特性，尤其特別以具有相對較短之外部光學共振腔長度而導致寬距模態之個案為例，包括：4a 雷射增益帶寬，4b 光學共振腔模態，4c 允許之雷射發射模態，4d 模態選擇裝置之特定設定的頻譜回應，以及 4e 顯示於 4d 中之模態選擇的選擇雷射發射輸出。

第 5a 至 5h 圖顯示外腔邊射型雷射之相關光譜特性，尤其特別以具有相對較長之外部光學共振腔長度而導致近距模態之個案為例，包括：5a 雷射增益帶寬，5b 光學共振腔模態，5c 允許之雷射發射模態，5d 濾模器降低模態數目，5e 具有適度解析度之模態選擇裝置之特定設定的頻譜回應，5f 由使用 5e 之模態選擇器產生的選擇雷射發射輸

出並顯示鄰近模態的無意選擇(inadvertent selection)，5g 具有相對於顯示在 5e 中經改善之解析度的模態選擇裝置之特定設定的頻譜回應，以及 5h 顯示於 5g 中之模態選擇器的雷射發射輸出。

第 6a 圖說明由具有一凹處且以多層介電質堆疊保形地覆蓋於兩側上之基材所組成的微機械式標準具。

第 6b 至 6h 圖說明使用於製造顯示於第 6a 圖中之微機械式標準具的製造步驟之順序，以及包括：6b 其上形成間隔層之基材，6c 於所述基材內形成凹處，6d 標準具之兩表面上均形成多層介電質堆疊的保形被覆，6e 蝕刻間隔層形成孔洞，6f 蝕刻間隔層以形成空氣間隙，6g 微機械式標準具的俯視圖顯示孔洞及間隔層去除的區域，6h 施加電極以藉由改變空氣間隙而引動調諧。

第 7a 至 7d 圖說明微機械式標準具之可替換的具體實施例，其包括以薄的多層介電質堆疊覆蓋於其一側上之基材(7a)，另一個具有形成斜面之凹處且亦以多層介電質堆疊覆於其一側上之基材(7b)，藉由將上述兩基材共同結合而形成一合成結構(7c)，以及於所述之合成物的兩側上均形成凹處(7d)。

第 8a 圖係說明一模擬，其顯示 24-毫米長法布立-拍若光學共振腔之模態。

第 8b 圖係說明一模擬，其顯示 12-毫米長法布立-拍若光學共振腔之模態。

第 8c 圖係說明一模擬，其顯示微機械式標準具之光譜

透射。

第 8d 圖係說明一模擬，其顯示微機械式標準具之一光譜透射峰更細節者。

第 8e 圖係說明一模擬，其顯示微機械式標準具之光譜透射，其中空氣間隙之間隔經改變而導致透射峰位移。

第 9a 圖說明具有模態計數及選擇能力之可調外部光學共振腔雷射系統。

第 9b 圖說明具有模態計數與選擇能力以及具有感測參考頻率以建立雷射發射模態之工具的可調外部光學共振腔雷射系統。

【主要元件符號說明】

100	外腔型單模雷射	102	雷射發光元件
103	光學共振腔	104	第一端表面
105	外部光學共振腔	106	第二端表面
108	反射器	110	反射器
112	防反射塗層	114	雷射輸出光束
116	透鏡	118	準直透鏡
120	微組裝標準具	124	空氣或真空間隙
202	堆疊	204	堆疊
206	通透板或空氣間隙	302	透射峰
304	反射基線	401	雷射模態
402	增益光譜	403	透射帶光譜回應
403a	對應之發射波長	404	波長模態

405	單模雷射輸出	405a	對應之單模雷射輸出
501	鄰接的雷射模態	502	波長模態
503	標準具透射回應	503a	對應之發射波長
504	波長模態	506	波長模態
508	波長模態	600	標準具的橫截面圖
602	基材	603	凹處基部
604	凹處	605	側壁
606	背面	607	間隔層表面
608	間隔層	610	間隔層表面
611	背面	612	被覆
614	被覆	616	空氣間隙
618	孔洞	620	介電質堆疊區域
622	基材部分	624	導電電極
626	輔助電極	700	標準具
702	分離之基材	703	基材單側
704	介電質堆疊	705	基材單側
706	分離之基材	708	淺凹處
710	介電質堆疊	712	空氣間隙
714	凹處	716	凹處
718	介電質堆疊	720	介電質堆疊
802	透射峰	804	透射峰
806	透射峰	902	雷射
904	準直透鏡	906	鏡子

908	高反射性被覆面	910	光學共振腔
912	雷射光束輸出	914	分光鏡
916	光偵測器	918	脈衝計數器電路
920	控制器	924	微機械式標準具
922	電路	926	分光鏡
928	濾光器	930	光偵測器

五、中文發明摘要：

本發明與外腔型單模雷射之設計相關，其中光學共振腔之較短的光學路徑長(例如~3 至 25 毫米)提供了縱向模態之足夠間隔而允許單波長選擇性元件，如微組裝標準具，提供單模操作及非必須地提供可選擇性操作模態。

六、英文發明摘要：

The present invention concerns a design for an external cavity single mode laser wherein a short optical path length for the optical cavity (e.g., ~3 to 25 mm) provides sufficient spacing of the longitudinal modes allowing a single wavelength selective element, such as a microfabricated etalon, to provide a single mode of operation, and optionally a selectable mode of operation.

七、指定代表圖：

(一)本案指定代表圖為：第 (6a) 圖。

(二)本代表圖之元件代表符號簡單說明：

600 標準具的橫截面圖

602 基材

603 凹處基部

604 凹處

605 側壁

606 背面

607 間隔層表面

608 間隔層

610 間隔層表面

612 被覆

614 被覆

616 空氣間隙

八、本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式：

本案無化學式。

第 93114389 號專利申請案

申請專利範圍修正本

(95 年 6 月 20 日)

1. 一種用於製造微機械式標準具之方法，包括：

提供具有第一及第二相對表面之晶體基材；

提供位於基材第一表面上方之間隔層，該間隔層具有一外表面；

形成由第一表面延伸通過基材至第二表面之孔洞，該孔洞具有相鄰於間隔層之暴露部分的基部；並

提供位於間隔層外表面上方之第一干涉濾波器以及提供位於間隔層之暴露部分上方之第二干涉濾波器以提供標準具位於兩干涉濾波器之間。

2. 如申請專利範圍第 1 項之用於製造微機械式標準具之方法，包括移除緊鄰於孔洞之間隔層的一部份以於干涉濾波器之間提供一間隙。

3. 如申請專利範圍第 2 項之用於製造微機械式標準具之方法，包括提供緊鄰於間隙之導電電極，該電極經安裝以提供排斥或吸引力而改變間隙間隔。

4. 如申請專利範圍第 1 至 3 項中任一項之用於製造微機械式標準具之方法，其中孔洞之形成包括非等向性蝕刻該基材。

5. 一種微機械式標準具，包括：

具有相對第一及第二表面之晶體基材；

配置於基材之第一表面上方的間隔層，該間隔層具

有外表面；

從第一表面延伸通過基材至第二表面之孔洞，該孔洞具有相鄰於間隔層之暴露部分的基部；以及

配置於間隔層之外表面上的第一干涉濾波器及配置於間隔層之暴露部分上的第二干涉濾波器以提供標準具位於兩干涉濾波器之間。

6. 一種外腔型半導體雷射，包括：

作為提供光輻射來源之雷射增益介質；

配置於與增益介質光通訊的外部光學共振腔，該共振腔尺寸足夠短以允許信號波長選擇裝置選擇並維持單一縱向雷射發光模態；以及

配置於外部光學共振腔內之單波長選擇裝置以選擇及維持單一縱向雷射發光模態。

7. 如申請專利範圍第 6 項之外腔型半導體雷射，其中，波長選擇裝置包括微組裝標準具。

8. 如申請專利範圍第 7 項之外腔型半導體雷射，其中，該標準具包括可變的間隔間隙，可由第一尺寸調整至第二尺寸以提供雷射發光元件於第一縱向模態或於第二縱向模態。

9. 如申請專利範圍第 7 或 8 項之外腔型半導體雷射，其中，該標準具包括經放置鄰近於間隙之電極以提供排斥或吸引力而改變間隙間隔。

10. 如申請專利範圍第 6 項之外腔型半導體雷射，其中，該波長選擇裝置包括單晶矽。

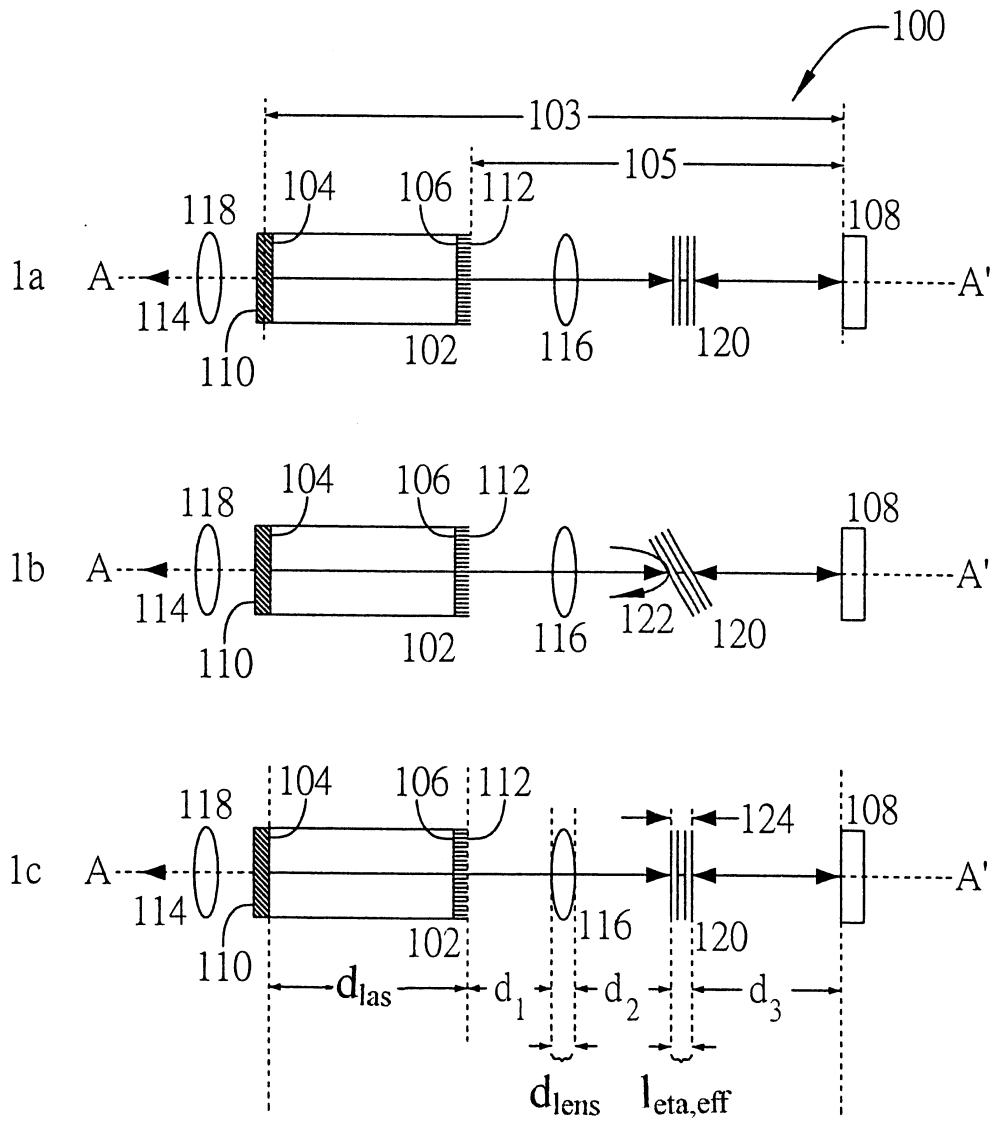
11.如申請專利範圍第 6 項之外腔型半導體雷射，其中，該波長選擇裝置包括：

具有第一及第二相對表面之晶體基材；

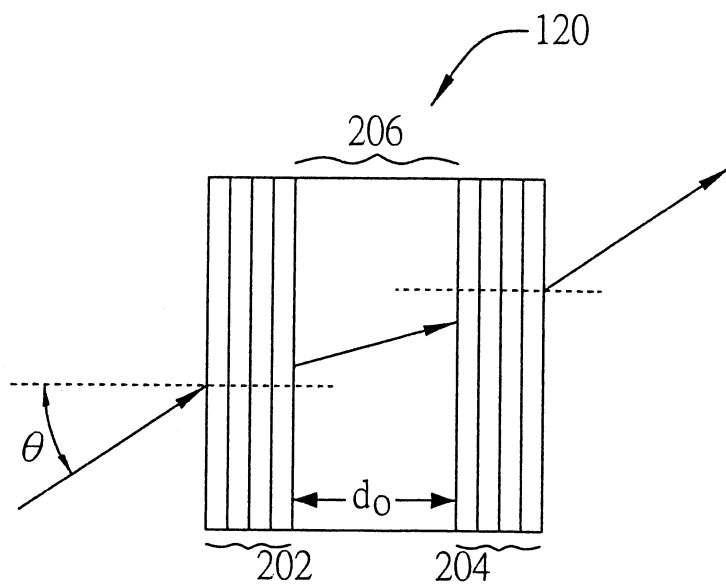
配置於基材第一表面上之間隔層，該間隔層具有外表面；

從第一表面延伸通過基材至第二表面之孔洞，該孔洞具有基部相鄰於間隔層之暴露部分；以及

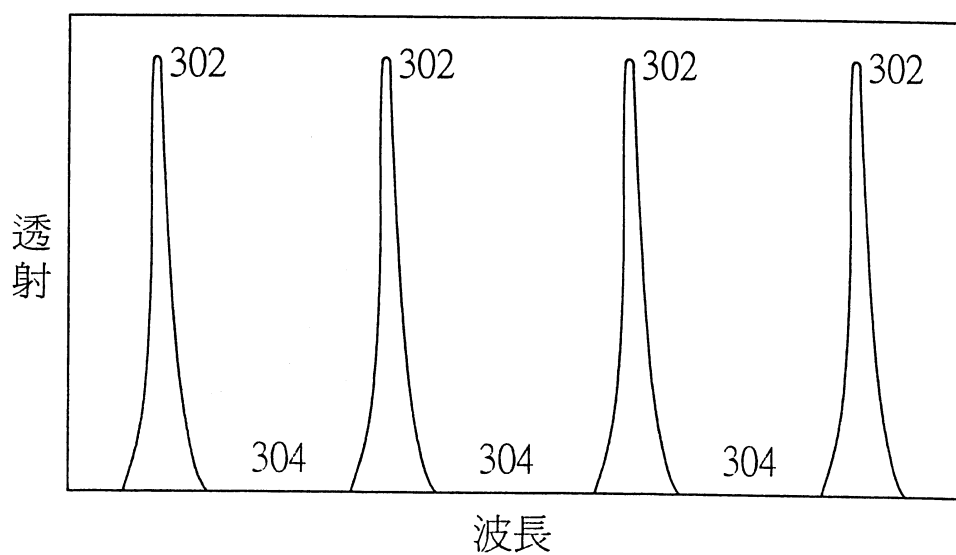
配置於間隔層之外表面上的第一干涉濾波器及配置於間隔層之暴露部分上的第二干涉濾波器以提供標準具位於兩干涉濾波器之間。



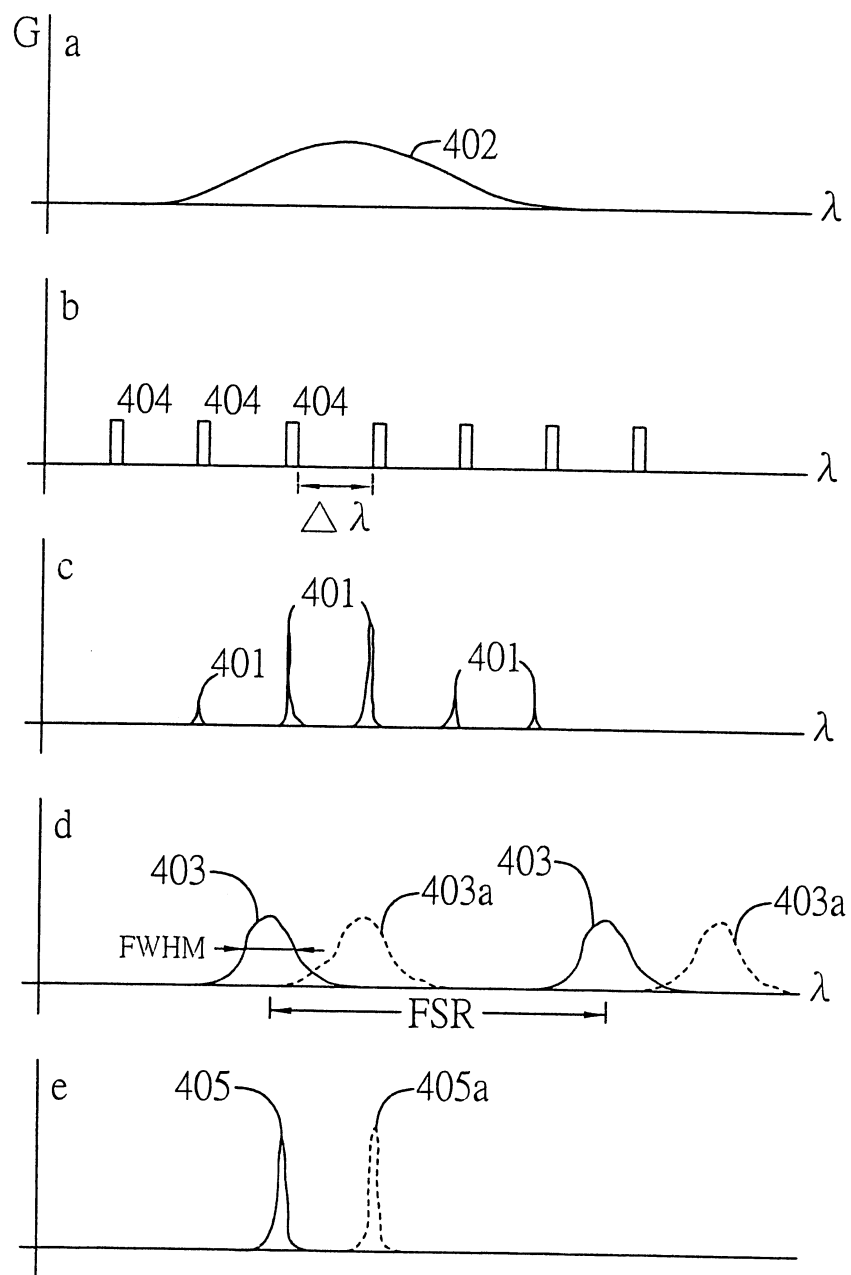
第 1 圖



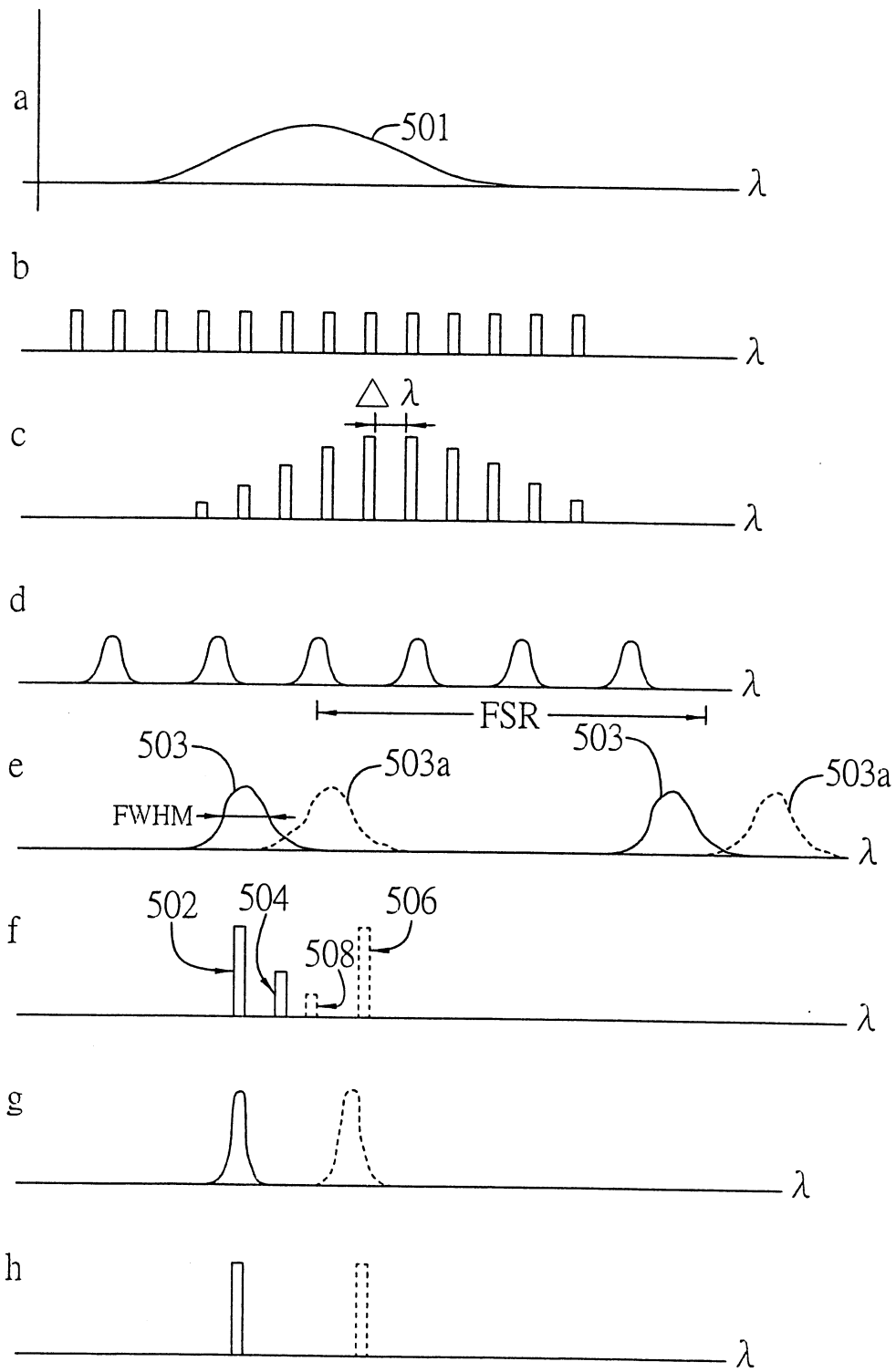
第 2 圖



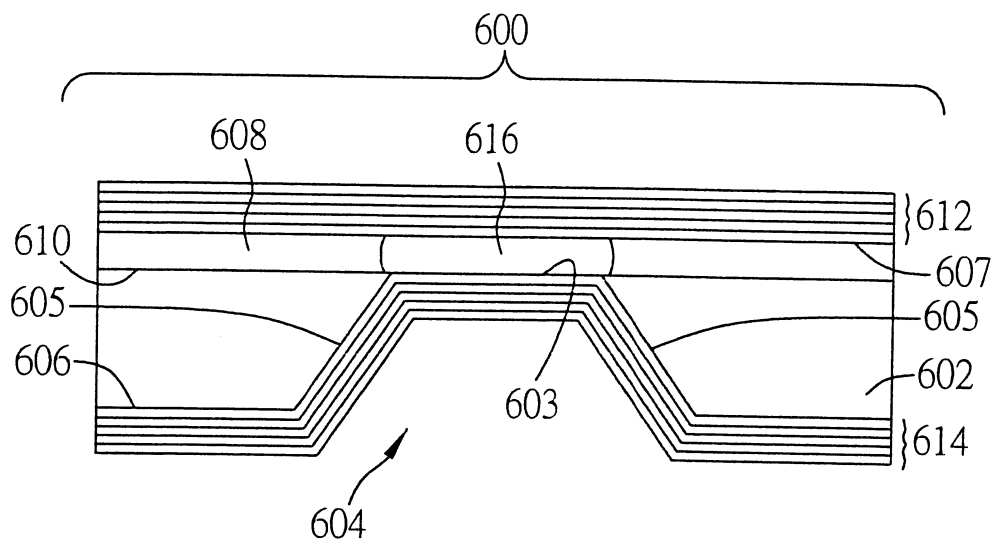
第 3 圖



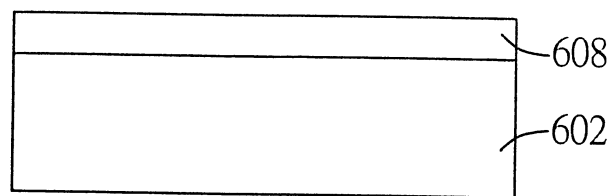
第 4 圖



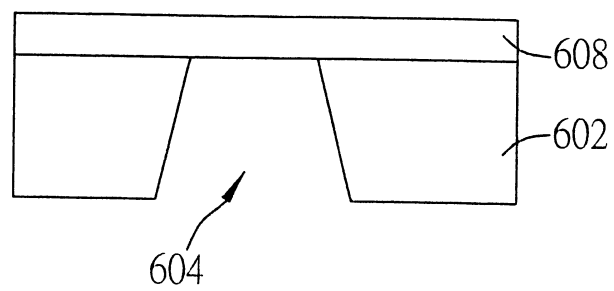
第 5 圖



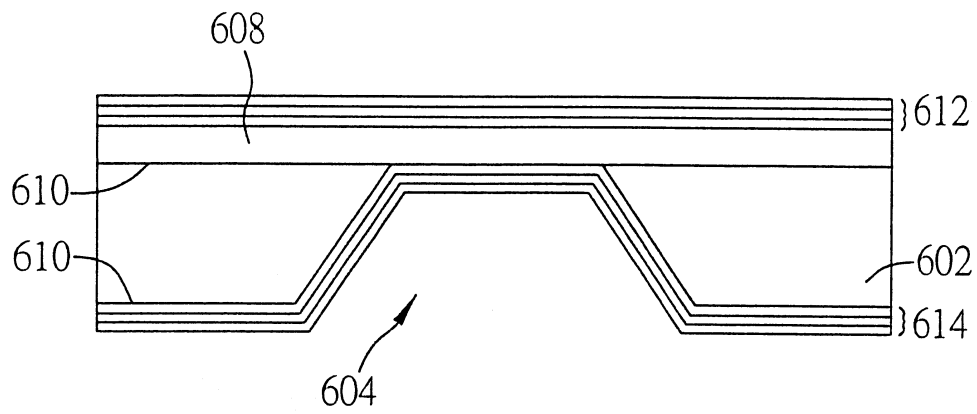
第 6a 圖



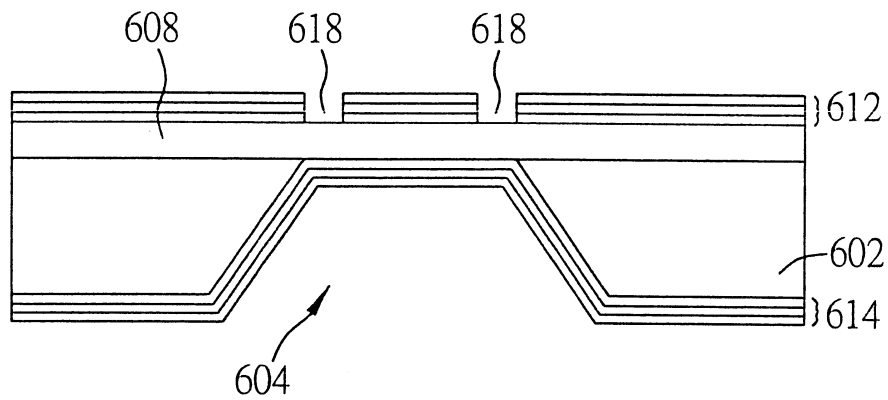
第 6b 圖



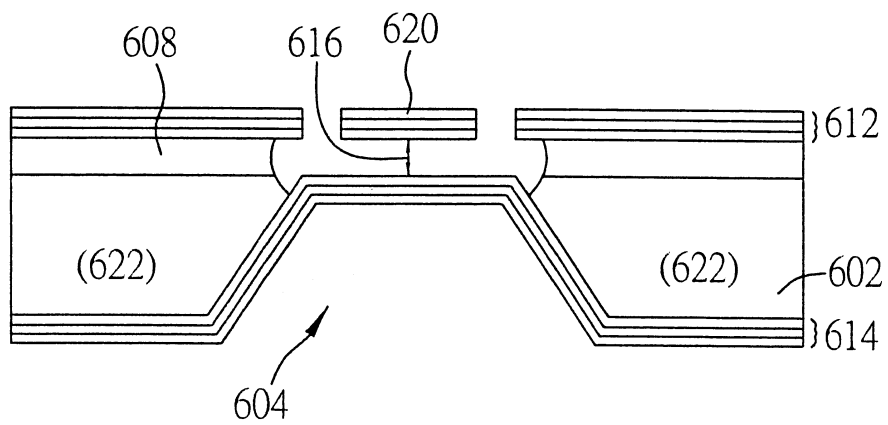
第 6c 圖



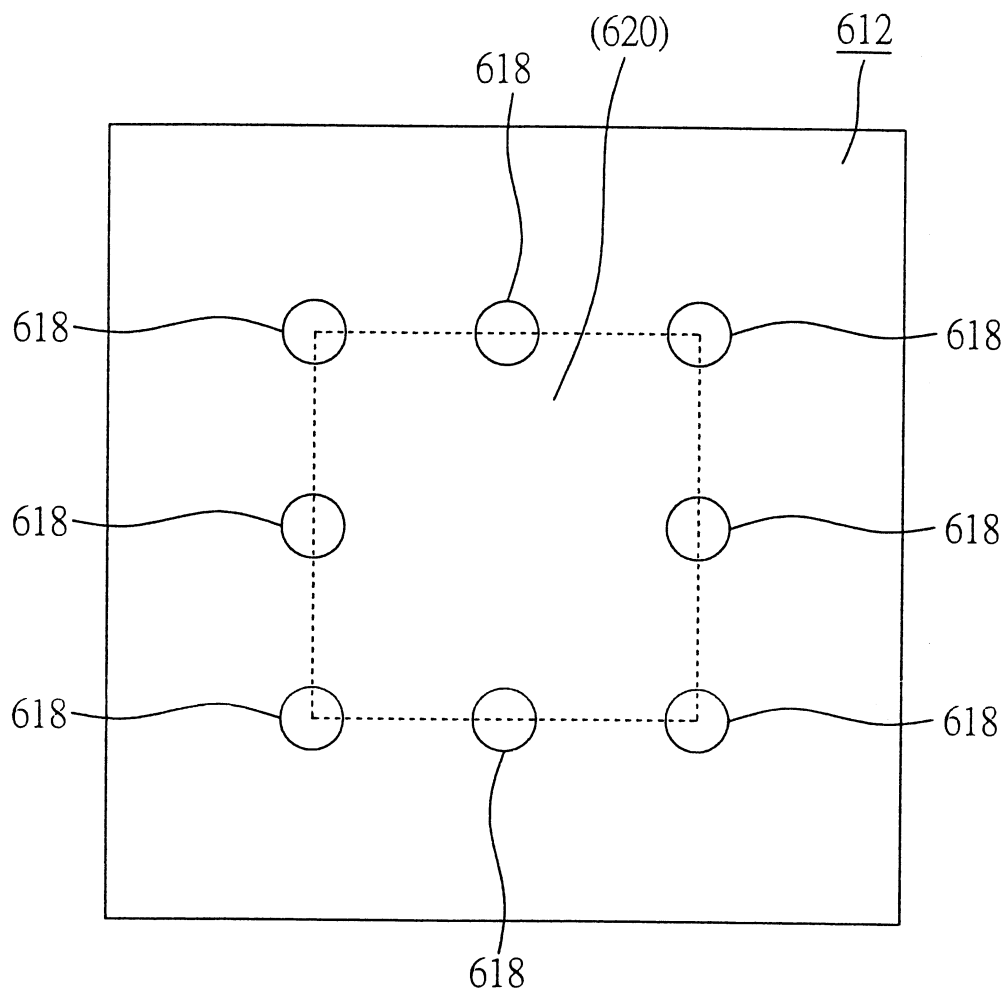
第 6d 圖



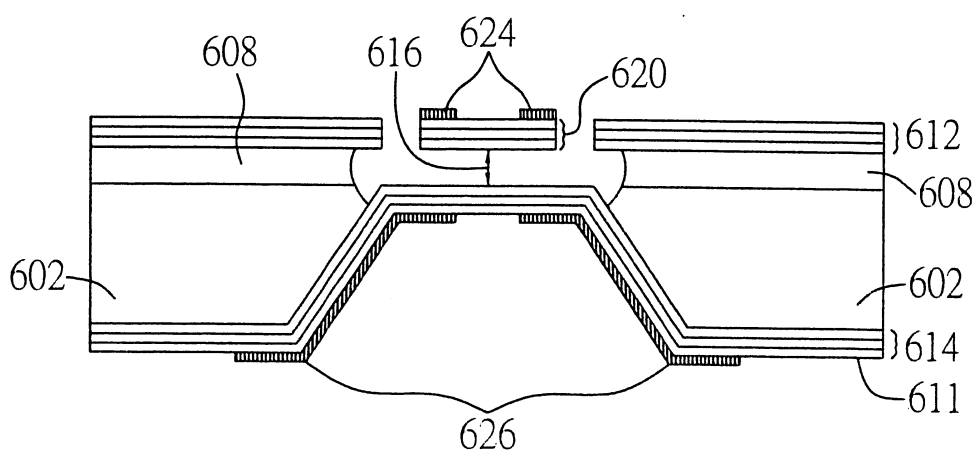
第 6e 圖



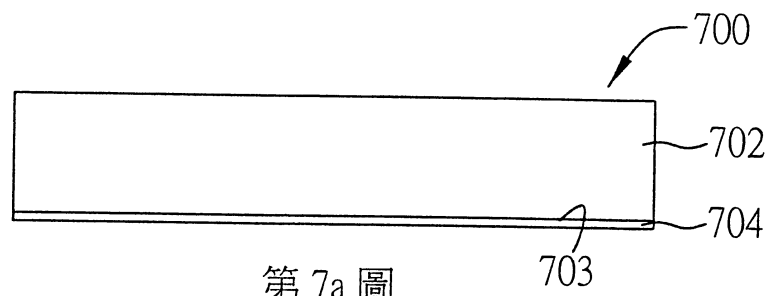
第 6f 圖



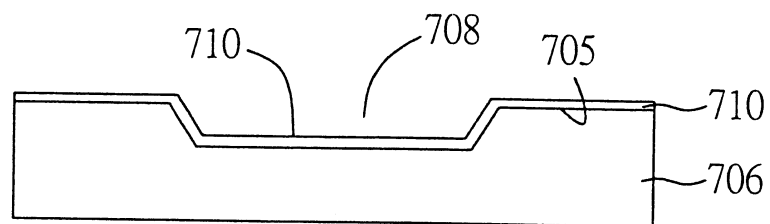
第 6g 圖



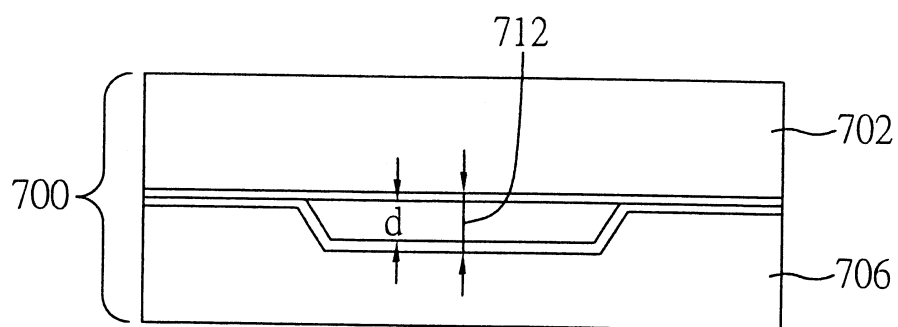
第 6h 圖



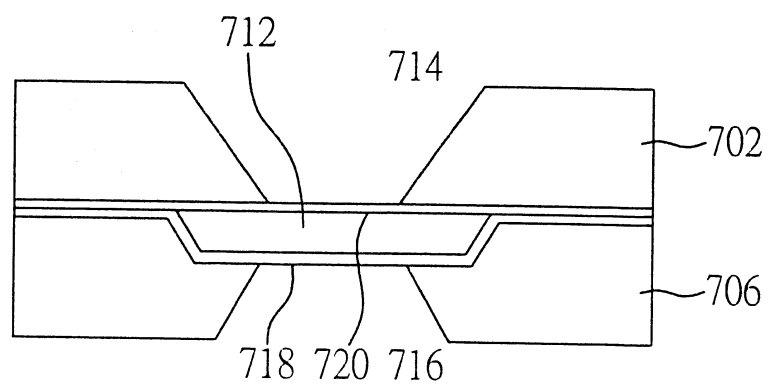
第 7a 圖



第 7b 圖



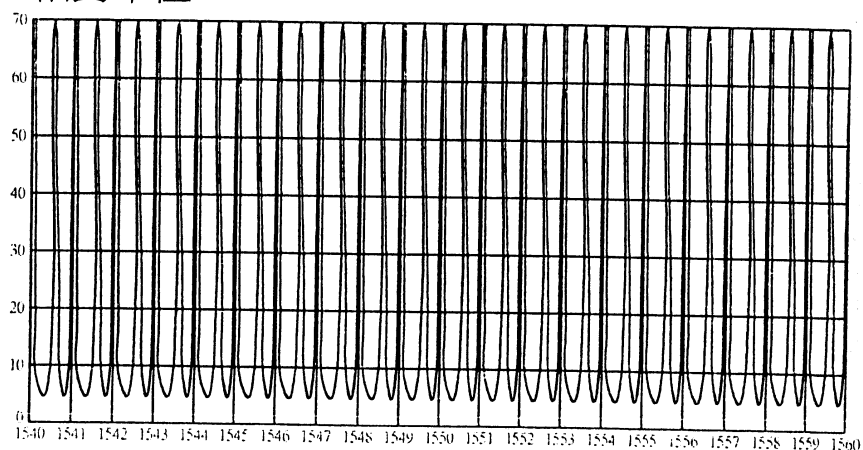
第 7c 圖



第 7d 圖

法布立-拍若共振腔，24毫米

相對單位

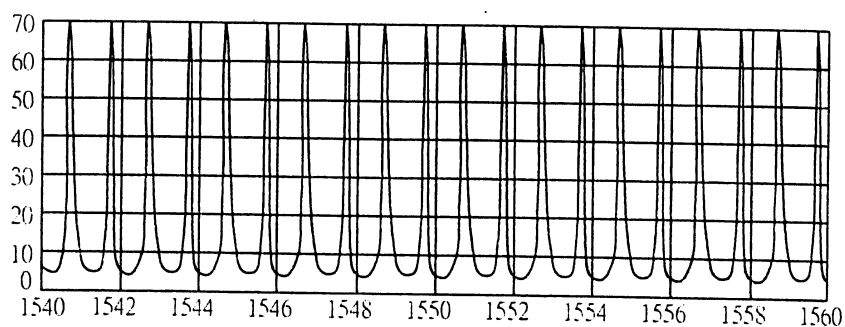


波長

第 8a 圖

法布立-拍若共振腔，12毫米

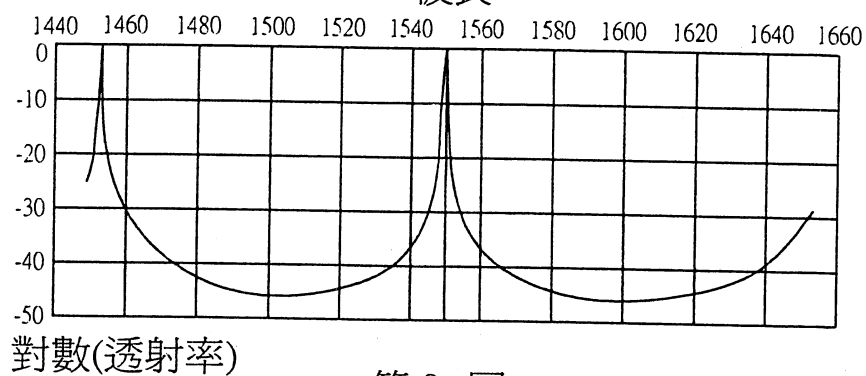
任意單位



波長

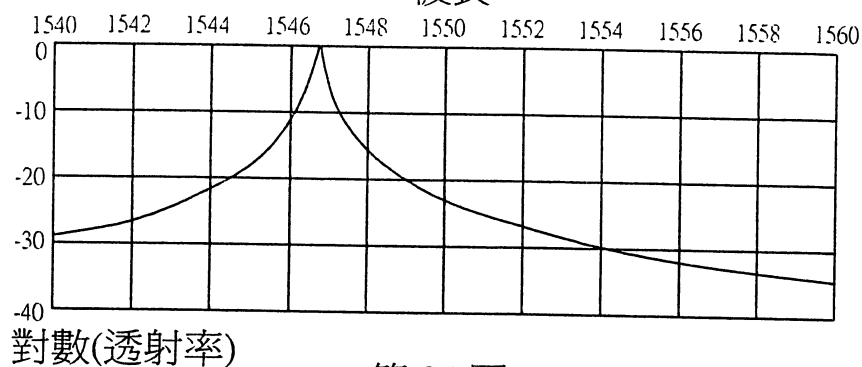
第 8b 圖

可調濾波器自由光譜區
波長



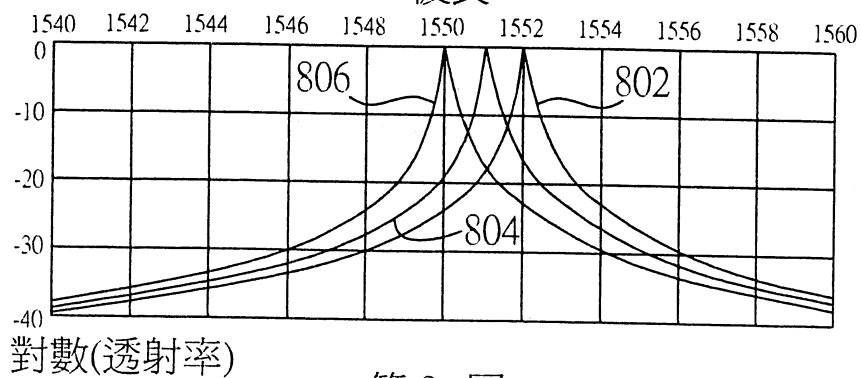
第 8c 圖

可調濾波器通帶
波長

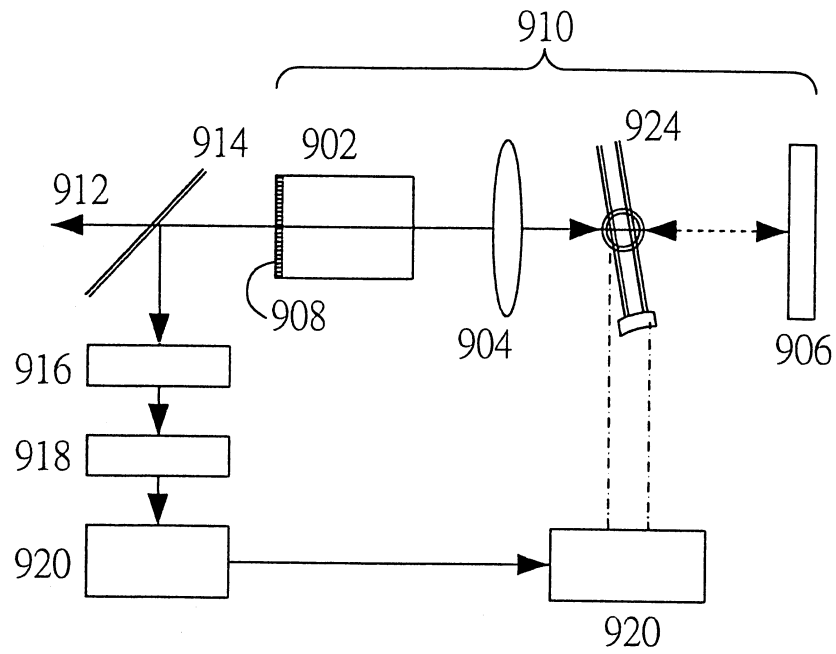


第 8d 圖

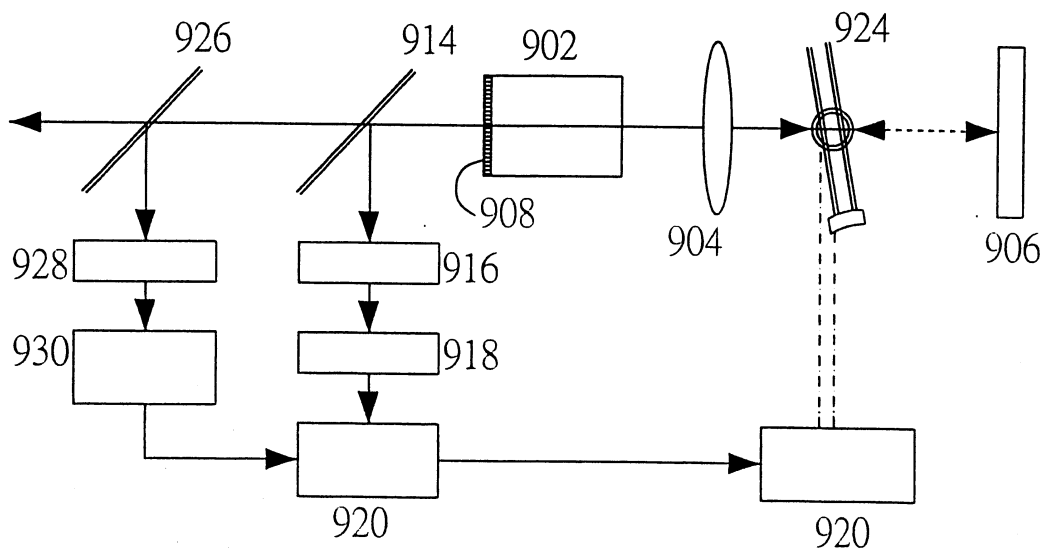
可調標準具・間隙調諧
波長



第 8e 圖



第 9a 圖



第 9b 圖