

公 告 本**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： 92/05490

※ 申請日期： 92.9.16

※IPC 分類： H01S 360

壹、發明名稱：(中文/日文)

雷射光產生裝置及其製造方法

レーザ光発生装置及びその製造方法

貳、申請人：(共 1 人)

姓名或名稱：(中文/英文)

日商新力股份有限公司

SONY CORPORATION

代表人：(中文/英文)

安藤 國威

KUNITAKE ANDO

住居所或營業所地址：(中文/英文)

日本東京都品川區北品川六丁目七番35號

7-35, KITASHINAGAWA 6-CHOME, SHINAGAWA-KU, TOKYO,
JAPAN

國 籍：(中文/英文)

日本 JAPAN

參、發明人：(共 1 人)

姓 名：(中文/英文)

增田 久

HISASHI MASUDA

住居所地址：(中文/英文)

日本東京都品川區北品川六丁目七番35號

7-35, KITASHINAGAWA 6-CHOME, SHINAGAWA-KU, TOKYO,
JAPAN

國 籍：(中文/英文)

日本 JAPAN

肆、聲明事項：

☐ 本案係符合專利法第二十條第一項 ☐ 第一款但書或 ☐ 第二款但書規定之期間，其日期為： 年 月 日。

☒ 本案申請前已向下列國家（地區）申請專利：

1. 日本；2002年10月01日；特願2002-288765

2.

3.

4.

5.

☒ 主張國際優先權(專利法第二十四條)：

【格式請依：受理國家（地區）；申請日；申請案號數 順序註記】

1. 日本；2002年10月01日；特願2002-288765

2.

3.

4.

5.

☐ 主張國內優先權(專利法第二十五條之一)：

【格式請依：申請日；申請案號數 順序註記】

1.

2.

☐ 主張專利法第二十六條微生物：

☐ 國內微生物 【格式請依：寄存機構；日期；號碼 順序註記】

☐ 國外微生物 【格式請依：寄存國名；機構；日期；號碼 順序註記】

☐ 熟習該項技術者易於獲得，不須寄存。

玖、發明說明：

【發明所屬之技術領域】

本發明係針對具有含有雷射介質之固體雷射共振器的雷射光產生裝置，在技術上係關於能夠使該雷射光產生裝置在組裝時之微調更為簡便，且能夠提升其穩定性及耐振性，使其不易受到環境變化及經時變化影響。

【先前技術】

連續波激勵之被動Q開關或模式鎖相(mode lock)脈衝光源係具有包含雷射介質(Nd: YVO₄等)及可飽和吸收體(Saturable absorber)等之構造。特別在需要短脈衝時或欲提高重複頻率時，因為需要縮短共振器長度，多半的使用情況中，乃使雷射介質及可飽和吸收體之兩者緊密結合(例如，請參照專利文獻1)。

舉例來說，由雷射介質及可飽和吸收體所構成之小型脈衝雷射在為了縮短共振器長度以求穩定，由於可利用半導體之可飽和吸收體，例如SESAM(Semiconductor Saturable Absorber Mirror)或SBR(Saturable Bragg Reflector)等來減少元件的厚度，因此，適用於在欲得到高重複頻率及短脈衝化的情況。該種雷射的共振器一般係以零曲率的平面反射鏡組所構成，利用雷射介質內產生之熱透鏡效果來形成穩定的共振器。

圖8係以熱透鏡效果所致之透鏡焦距對於激勵光功率之依存性為示之例示圖：該圖係以橫軸為輸入功率「Pin」(單位：W)，縱軸為焦點距離「f」(單位：mm)來顯示兩者間

的關係。

如圖所示，可觀察到隨著 P_{in} 的增加， f 會隨之變小。

雷射介質中，做為激勵光的照射區域上之激勵光吸收的副產物而導致之非共振能量之聲子轉換及光的再吸收，將使激勵中心附近的升溫，因此，利用此升溫，可運用折射率之溫度依存性所致之熱透鏡效果來形成共振器。

圖9為激勵光在雷射介質(Nd:YVO₄)的半徑方向上而造成之升溫情況為例示之曲線圖：該圖係以激勵中心位置為基準之半徑「 r 」(單位：mm)為橫軸，以 $r=0$ 時之溫度為基準之相對溫度變化「 ΔT 」(單位：K)為縱軸，藉此顯示兩者間的關係(沿著激勵中心部向周邊部位的方向，溫度會愈來愈低。)

藉由聚光於雷射介質上之約1W的激勵光，可知激勵中心部($r=0$)會產生約200K的升溫。

由於上述之升溫，密接於雷射介質上之可飽和吸收體的溫度會上升，使其性能有產生變化之疑慮，結果難以加大輸出。亦即，問題在於雷射介質上產生的熱及其高溫部會對可飽和吸收體帶來影響。

為了避免上述問題，已知有在雷射介質及可飽和吸收體間夾置空氣層或中間膜的方式(參照例如：專利文獻2、專利文獻3、及專利文獻4)，藉此可減少雷射介質升溫對可飽和吸收體造成的影響(熱傳導的程度)。

圖10所示為上述構造例a的概略內容，可以看出雷射介質及可飽和吸收體間係呈分離的構造。

激勵光源b所射出的激勵光係介以光學系統c射入基板d後，照射在雷射介質e上。

與雷射介質e相對之可飽和吸收體f係形成於基板g上，雷射介質e與可飽和吸收體f間形成有空隙h而存在有空氣層。尚且，雷射介質e與可飽和吸收體f間之相對面係呈平行，可藉由調整空隙h的長度來改變共振器(光路長度)。

專利文獻1：特開2001-185794號(第4至7頁，圖1及圖7)；

專利文獻2：特開2000-101175號(第7至8頁，圖4)；

專利文獻3：特開2001-358394號(第3至5頁，圖1及圖3至圖5)；

專利文獻4：特開平11-261136號(第6至8頁，圖1及圖2)。

然而，在上述構造中，問題在於穩定性會因為振動及經年變化而受到破壞。

在雷射介質及可飽和吸收體分別固定於獨立之基板上的構造中，例如因為振動及伴隨溫度變化而生之接著劑膨脹等，使得共振器長度出現振盪波長四分之一左右的變化時，由於實值增益會因為振盪波長及增益頻譜的相對變化而變化，因此，將致使輸出及脈衝波重複頻率等之特性產生大幅的變化。此外，也會隨之發生易於受到機械性振動的影響而產生顫動的情況、及因為共振器長度經年變化所產生之些微變化致使輸出及重複頻率等之動作點產生大幅的變化等之損害(穩定性下滑)。

此外，雷射介質及可飽和吸收體間夾置隔板及墊片(shim)等之中間物的構造方式中，雖然，熱不會直接由雷射介質

傳導至可飽和吸收體，然而，熱仍會介以中間物而傳達至可飽和吸收體，因此，仍會有熱傳導率一般而言偏低之雷射介質及可飽和吸收體的溫度上升的問題。此外，由於必須採用厚度薄的隔板，因此，在進行接著之際，接著劑的表面張力會導致問題(滲入等)，增加製造上的困難度。

本發明的課題為在雷射光產生裝置中，提高相對於振動及經年變化的穩定性，以及減少溫度變化對共振器的影響。

【發明內容】

本發明為了解決上述課題，乃在具有激勵光源(其能夠產生連續波)、及固體雷射共振器(其利用在激勵位置上藉由發熱產生之熱透鏡效果)的雷射光產生裝置中，賦予如下事項者：

- 在構造上，固體雷射共振器之各構件係藉由將各構件之基板相結合而一體化，共振器之反射裝置或可飽和吸收體與雷射介質係以中間介質而相對而設；

- 固體雷射共振器之構件具有相對於激勵光光軸之垂直平面呈傾斜的界面，而在激勵光光軸之平行方向上之固體雷射共振器的光路長度係依激勵位置而有所差異。亦即，可依在激勵光光軸垂直方向上之激勵位置的設定來規定或調整共振器的光路長度。

因此，相較於將固體雷射共振器之各構件所屬之基板分開來個別加以固定的構造，本發明之構造較不易因為振動等影響所發生共振器光路長度的變化。此外，本發明也可藉由改變雷射介質中之激勵位置來調整共振器光路長度，

以選擇特性上穩定的動作點。

【實施方式】

本發明係關於利用在連續波之激勵光照射下產生之熱透鏡效果之固體雷射共振器及具有該共振器之雷射光產生裝置，其適用於各種光源，例如適用於以GLV(Grating Light Valve；可調光柵閥)等做為一次元可調光元件之顯示裝置(二次元圖像顯示裝置)之光源。

圖1為本發明之雷射光產生裝置之基板構造例說明用之概略圖，且為應用於被動Q開關雷射之情況者。

雷射光產生裝置1具有產生連續波之激勵光用的激勵光源2，該激勵光源2產生之激勵光係介以光學系統3(圖中簡化成單透鏡。)而照射於固體雷射共振器4。尚且，激勵光源2係採例如適於小型化之半導體雷射(雷射二極體)。此外，配置於激勵光源2與固定雷射共振器4間之光學系統(聚光光學系統)3可為大致等倍率之光學系統或對激勵光源2產生之光線進行聚光用之縮小倍率之光學系統。

固體雷射共振器4具有吸收激勵光源2發出之光線用之雷射介質4a及可飽和吸收體4b，利用雷射介質4a中激勵位置上之發熱所產生之熱透鏡效果來形成共振器。

此外，雷射介質4a與可飽和吸收體4b之間的光路上設有中間介質4c，其為折射率大致為1之氣體層(空氣層等)：如果中間介質4c採用固體時，將會導致如同在雷射介質4a與可飽和吸收體4b間夾置有隔板時的問題(熱傳導之影響等)，此外，如採用液體時不容易進行處理，因此，中間介

質4c係以氣體為佳。再者，基於折射的影響及構造的簡化等之考量，該中間介質之氣體以空氣為佳。

用以形成共振器(光共振器)之反射裝置4d係採用在雷射介質4a及可飽和吸收體4b上形成之反射面或塗敷膜等。

由共振器輸出之脈衝光方面，在以固體雷射之典型振盪波長範圍為例的話，該波長「 λ 」的範圍為「 $700 \leq \lambda \leq 1600$ 」(單位nm：毫微米)。然而，本發明之適用範圍並不侷限於上述波長範圍。

此外，做為激勵光源及共振器用的溫度調整裝置在設置方式上，例如可為採用有Peltier元件等溫度控制元件之電子溫度調節器的構造方式，然而也可為了降低成本而採用不設置上述裝置的方式。

其他方面，如欲得到連續波之雷射輸出，則在圖1中不設置可飽和吸收體4b，而改採在雷射介質4a及與其相對之反射裝置4d之間夾置中間介質4c的構造即可。此外，藉由將圖1之可飽和吸收體4b以非線性光學結晶來替代，將可產生高頻波等。

本發明中，如後所述，共振器在與激勵光光軸平行方向上之光路長度並不固定而會沿著與激勵光光軸垂直方向變化，因此，可藉由調整該光路長度來選擇並設定出穩定的動作點。

在雷射介質4a及可飽和吸收體4b係分別設置於個自之基板上且各基板係個別固定的方式中，由於容易受到振動等之影響，因此在本發明中，乃使設有雷射介質4a之基板及

設有上述可飽和吸收體4b(或反射裝置4d)之基板相結合而一體化，得到雷射介質與飽和吸收體兩者係介以中間介質而相對的構造。舉例來說，有如下所示之方式：

(I)將可飽和吸收體之基板黏著於雷射介質之基板上時係黏著於該雷射介質之部份，藉此相結合的方式；

(II)將可飽和吸收體之基板黏著於雷射介質之基板上時，係黏著於未形成該雷射介質之部份，藉此相結合的方式。

圖2及圖3顯示的為採用第(I)方式之固體雷射共振器4的構造例。

圖2中，中央所示的為共振器的剖面構造，右側所示的為由光軸方向所見之圖(由可飽和吸收體側所見之圖)。

基板5為平板狀之雷射介質4a的固定基板，而其另一面(激勵光射入面之反面)上設有雷射介質4a。

此外，基板6為可飽和吸收體4b之固定基板，其係形成為具有凹部6a之矩形板狀。尚且，凹部6a內有可飽和吸收體4b在嵌入的狀態下黏貼而固定。此外，基板6的中央部上，雖然形成有與凹部6a相通的孔(本例中為圓孔)6b，然而也可採不設置上述孔之構造。

基板5及6係採透明基材(石英或藍寶石等)，以具有比雷射介質及可飽和吸收體更佳之熱傳導性材料為佳。由於基板5及6在使用上係固定於未圖示之固定構件上，因此，該構件之安裝面(或固定面)將做為導熱面，能夠有助於雷射介質及可飽和吸收體之散熱(因為易於進行散熱。)。

圖3為共振器之剖面構造的主要部為示之概略圖(層厚等有誇張地圖示)。

設置於基板5之雷射介質4a係採例如摻雜(注入)有稀土類之固體雷射介質(摻雜有釹Nd³⁺之Nd:YVO₄、及Nd:YAG(Y₃Al₅O₁₂)等),該射入面側上,則藉由介電體多層膜等形成有反射鏡7,並且在與該反射鏡7反面(可飽和吸收體側)施有全反射(AR)鍍層。

可飽和吸收體4b方面,其係藉由其周緣附近的部份黏著於凸部6a底面(參照圖中之 α 部份)而安裝於基板6上。

具有雷射介質4a之基板5係以黏著方式來安裝於基板6上,使得雷射介質4a之周緣附近之部份接著於凹部6a之開口邊緣之周圍(參照圖中之 β 部份)。

如此一般地一體化之固體雷射共振器(或共振器構件)4中,雷射介質4a與可飽和吸收體4b之間夾置有折射率大致於1之氣體層,且以空氣層為佳。

基於小型化等之觀點,做為可飽和吸收體4b係以半導體可飽和吸收體(SESAM、及SBR等)為佳。此外,如可飽和吸收體4b中之反射面為例如在布拉格反射鏡(Bragg Reflector)上形成有量子井構造之SBR(Saturable Bragg Reflector;可飽和布拉格反射鏡)時,則該反射面則係形成為DBR(Distributed Bragg Reflector;分散型布拉格反射鏡)。此外,有關SBR方面,為了將激勵光在共振器內累積的光線儲存為量子井的位能,SBR在未飽和狀態下係具有共振器耗損功能,待一定量之光線存入量子井後,因為飽和而

耗損量急速縮小，SBR將暫時性地做為共振器增益開關為用。

當激勵光源2所射出之激勵光由基板5之一面穿透反射鏡7而照射於雷射介質4a時，依圖8所說明之熱透鏡效果而形成熱透鏡，形成具有雷射介質及可飽和吸收體之共振器。並且，雖然係由共振器輸出脈衝光，然而有關該輸出光方面，舉例來說，可採射出方向為激勵光射入方向(圖3右側)的反向(圖3之左側)之方式(例如：輸出光係藉由分色鏡來改變光路後加以取出。)也可採穿透可飽和吸收體而由與激勵光射入方向相同的方向射出之方式。

本發明中，固體雷射共振器之光路長度的分布係呈沿著激勵光光軸之垂直方向做連續變化。此外，在此所謂之「光路長度」係定義為雷射振盪波長 λ 時之折射率乘上物理長度(幾何長度)所得之量的總和，以下內容中的共振器之光路長度係記載為「 L 」，其變化量則記為「 ΔL 」。

圖3所示的例子中，雖然共振器係由沿著激勵光光軸配置之反射鏡7、雷射介質4a中之激勵位置(藉由激勵光照射而發熱的位置)的區域、中間介質4c(空氣層)、及可飽和吸收體4b來形成，然而共振器的光路長度會沿著激勵光光軸的垂直方向(如箭頭「A」所示之方向)變化。亦即，如使激勵光光軸在箭頭A的方向上相對移動時，隨著該激勵位置的變化，共振器之光路長度會產生變化。

圖4係用以概念性地說明光路長度 L 變化之圖，其中呈梯形的部份為共振器(剖面形狀)。

圖中所示之光路長度 L 為激勵光光軸(以實線表之。)上之光路長度，然而在光軸的垂直方向(以箭頭「A」表之。)上，例如：將光軸向圖式上方移動時，光路長度 L 會變短($\Delta L < 0$)；相反地，如將光軸向圖式之下方移動時，光路長度 L 會變長($\Delta L > 0$)。此外，如欲實施上述般之位置調整及設定，僅需改變激勵光與共振器間之相對位置關係即可。

由於固體雷射共振器的構件有雷射介質、可飽和吸收體、中間介質、及反射裝置等，因此，可藉由使其中任一或任意複數個構件傾斜度或使其厚度產生變化，以使共振器的光路長度做連續性的變化。

例如，可採用的方式有如下：

(A)使雷射介質4a或其基板5相對於激勵光光軸之垂直平面具有傾斜面的方式；

(B)使可飽和吸收體4b或其基板6相對於激勵光光軸之垂直平面具有傾斜面的方式；

(C)使雷射介質4a或可飽和吸收體4b上附設之反射裝置4d相對於激勵光光軸之垂直平面具有傾斜面的方式；

(D)相對於激勵光光軸呈平行方向上之雷射介質4a、可飽和吸收體4b、中間介質4c之任一者的厚度在該光軸之垂直方向上有差異之方式。

首先，有關上述(A)及(B)的實施上，例如對基板等之固定面或基板本身賦予些微的傾斜度，在形成共振器之反射鏡間形成相對之傾斜面即可。上述般之雷射共振器係利用熱透鏡效果來形成，因此藉由使共振器對激勵光光軸做相

對移動，便可調整共振器之光路長度而選擇動作點。

此外，上述(C)的實施上，為了對反射裝置本身賦予傾斜度，因此，製造上必須具有足夠的精度。

上述(D)的實施上，乃例如藉由改變雷射介質等之共振器內之構件厚度，依與中間介質間之折射率差異來使光路長度產生變化；或且，改變中間介質的厚度來改變共振器之光路長度即可。此外，在後者的情況中，並不一定需要對雷射介質或可飽和吸收體在與中間介質間之界面上賦予傾斜度或厚度變化：例如，在圖3之構造例中，基板6之一部份(凹部6a之開口周邊部)會接著於雷射介質4a上，因此，在進行該接著之際，不需均等地將基板6施壓在雷射介質4a上，僅需以不均等的壓力將基板6置於雷射介質4a上加以固定即可。如此一來，施壓較強之部份與施壓較弱之部份的中間介質4c厚度間會產生差異(施壓較強的部份的厚度較薄)，結果便可使光路長度L產生變化。

其他，尚可組合上述任兩種以上的方式來實施。此外，在圖1中，上述中所示為使中間介質4c之厚度「 δ 」在前頭A所示之方向呈連續變化的方式，關於厚度「 δ 」的變化方面，則以較誇張的方式來顯示界面的傾斜度(如後所述，實際的傾斜角度最多為數mrad。)。

如上述般，共振器方面，藉由採用上述之方式或各方式之組合，由含有激勵光光軸之面剖開時，所得之剖面形狀係呈楔形構造。共振器的光路長度方面，雖然有預先賦予連續變化之方法及預先賦予階段性變化之方法，然而後者

之方法中會有調整範圍受限及加工精度等之問題，因此在與激勵光光軸垂直之方向上，為了藉由激勵位置之設定或選擇來規定共振器之光路長度，乃以前者的方法為佳。

做為共振器之光路長度的調整方法，例如有如下方法：

- (1)相對於激勵光使共振器移動的方法；
- (2)相對於共振器使激勵光移動的方法；
- (3)組合(1)及(2)之方法。

上述方法(1)係在固定激勵光源2及光學系統3之位置的情況下，僅使共振器在光軸垂直方向上移動的方法。

圖5係用對欲移動共振器之構造加以說明之概略圖。

雷射介質之基板5及可飽和吸收體之基板6係配置於光學系統之基座(底座)8上能夠在該基座上移動。此外，雖然也可考慮使搭載基板之固定構件在基座上移動之構造，然而在圖中為了簡化係使基板5及6在基座8上移動。此外，為了便於說明，圖中顯示各基板處在分離的狀態，然而，兩基板係如上所述般地已施有一體化，因此兩者會一起移動。

圖中之「 n_1 」及「 n_2 」均為法線向量：「 n_1 」為雷射介質與中間介質間之界面的法線向量；「 n_2 」為可飽和吸收體與中間介質間之界面的法線向量。

此外，光學系統之「基座面」係與圖5紙面相平行之面。

「 θ 」為法線向量 n_1 之界面與法線向量 n_2 之界面所形成之角度，顯示了兩者間的相對傾斜度(θ 值愈大，相對於移動量之光路長度變化 ΔL 愈大。)。

光路長度 L 之調整上，乃使兩基板5及6沿著激勵光光軸之

垂直方向(如箭頭A所示)在基座8上移動。在此時，由於使含有 $n1$ 及 $n2$ 之平面保持在與基座面約略呈平行的關係即可，因此易於進行調整。亦即，法線向量 $n1$ 及 $n2$ 間外積所得之方向會與基座面呈垂直或大致垂直，因此，僅使兩基板沿著該方向移動，光路長度 L 並不會變化。當然，也可使兩基板沿著與外積方向呈一定角度的方向移動(相對於移動量之光路長度變化 ΔL 會變小。)，然而必須考量到調整機制複雜化及調整後之位置固定方法等。

上述方法(2)中，乃使共振器位置保持在固定的情況下，使激勵光光軸移動之方法，舉例來說有：使激勵光源2或光學系統3之一方移動的方法、及使激勵光源2及光學系統3移動的方法。此外，在使光學系統3移動的情況中，也可採使其整體移動的方法、或僅使收斂透鏡等之構件移動的方法。

上述方法(3)方面，例如可為依狀況(例如：依粗調或微調)來使用方法(1)或(2)之方法、或依時間來區分應用方法(1)或(2)之方法等。

關鍵在於藉由使激勵光源2或光學系統3與固體雷射共振器4間之相對位置產生變化，將可調整共振器之光路長度。

在此時，固體雷射共振器相關之循環光路長度係以5 mm以下為佳。該值係根據利用熱透鏡效果之共振器的振盪界限。

此外，上述固定雷射共振器之構件中，具有相對於激勵光光軸之垂直平面呈傾斜之面的構件方面，其傾斜角度係

以 0.07 mrad 以上 2 mrad 以下為佳。

同樣地，相對於激勵光光軸呈平行方向之中間介質(空氣層等)之厚度，如規定成沿著該光軸垂直方向變化時，中間介質與雷射介質或可飽和吸收體間之界面相對於激勵光光軸之垂直平面的傾斜角度係以 0.07 mrad 以上 2 mrad 以下為佳。

傾斜角度 0.07 mrad(下限值)方面，係受元件尺寸的限制。例如，設晶片尺寸為 $D(\text{mm})$ 角(正方形)，如使共振器構件之界面傾斜，便可得到輸出波長(λ)一半以上的光路長度差的話，由於任何共振器長度均可加以調整，因此僅需計算出當時之角度 θ 即可：亦即，運用正切函數「tan」之不等式「 $\tan \theta \geq \lambda / (2 \cdot D)$ 」，利用一次近似「 $\tan \approx \theta$ 」所得到之「 $\theta \geq \lambda / (2 \cdot D)$ 」來計算出 θ 。當晶片尺寸為 5 mm × 5 mm 且最短波長為 700 nm 時，藉由 $\lambda / 2 = 0.35 \text{ } \mu\text{m}$ ，可計算出「 $0.35 \text{ } \mu\text{m} / 5 \text{ mm} = 0.07 \text{ mrad}$ 」，因此，相對於激勵光光軸之共振器構件界面的傾斜度係以 0.07 mrad 以上為佳。

此外，傾斜角 2 mrad(上限值)係取決於特性上之極限(雷射橫向模式的發生、及功率的減少)。例如以熱透鏡形成共振器之雷射的情況中，在計算上約 1W 的激勵會在雷射介質(Nd: YVO₄)中產生焦點距離 $f = 5 \text{ mm}$ 左右的熱透鏡。共振器長度約為 0.5 mm 左右時，模式直徑會約為 50 μm 左右。預估當模式直徑產生 20% 的偏差時，即激勵光與振盪模式間產生 10 μm 的偏差時會產生橫向模式及功能減少的情形

的話，則有必要在 2 mrad 以下。

此外，關於固體雷射共振器之共振器光路長度 L 方面，依激勵位置的選擇而規定之光路長度變化 ΔL 係以雷射振盪波長 λ 的二分之一以上為佳（即，「 $\Delta L \geq \lambda / 2$ 」），然而因為共振器縱向模式會以雷射振盪頻率附近以每共振器長度 $\lambda / 2$ 進行重複，因此，其成為使雷射振盪波長一定落在增益之中心波長附近的條件，為選擇穩定的動作點上所必要。

以上的說明當中，對於共振器光路長度之調整，忽略了溫度的影響，然而，如圖 9 所示，以激勵中心位置為基準之半徑方向上的溫度分布中，產生有 200K 左右的溫度變化，因此熱影響會導致問題發生。

為此，為了減少熱應力的影響，基板 5 及 6 之熱膨脹係數值係以大致於雷射介質及可飽和吸收體之熱膨脹係數值為佳。例如，雷射介質 4a 與基板 5 間之熱膨脹係數的差異或可飽和吸收體 4b 與基板 6 間之熱膨脹係數的差異，係設計成 $\pm 5 \times 10^{-6} [1/K]$ 以內的範圍為佳。此一容許範圍係適用於實際應用者，因此，在選擇基板材料時，應避免使其與雷射介質或可飽和吸收體間之熱膨脹係數差異超過此一容許範圍。以上述之雷射進行開關時，將會反覆承受常溫及 200°C 的溫度變化。相貼合之兩物質的熱膨脹係數之差異在 $\pm 5 \times 10^{-6} [1/K]$ 以內的話，藉由 200°C 的溫度變化，最大僅會產生 0.1% 長度的伸縮，因此得以抑制應力所造成的破壞及劣質化。

此外，基板 5 及基板 6 方面，其熱傳導係數值以在 150 [W/(m·K)] 以上為佳：其係為了不易受到溫度變化之影

響；亦即，散熱性低時，雷射介質或可飽和吸收體之升溫會造成問題，會對特性及壽命等帶來不良影響之故。此外， $150[\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})]$ 以上的值為 1.5W 的熱經由 $1\text{ mm} \times 5\text{ mm}$ 的剖面而傳導 5 mm 長度時所導致的溫度差會在 10°C 以下的條件：此值係在基板的升溫容許上限設為 10°C 時，依實際的元件尺寸及發熱量而計算出來做為要之熱傳導係數。

圖2及圖3所示之例子中，雷射介質4a的熱會介以基板5及6而散熱，此外，藉由中間介質4c的介入存在，雷射介質對其他部份的熱影響減少；如上述般，在雷射介質4a及可飽和吸收體4b係以基板等之構件來固定的情況中，雷射介質4a及可飽和吸收體4b分別安裝固定於由光軸方向所見之相異面上時能夠有效減少熱影響。

此外，本例中，雖然基板6之一部份與雷射介質4a之間係以接著劑固定，且可飽和吸收體4b係以接著劑固定於基板6之凹部6a，然而此一固定方式係為了抑制肇因於接著劑(一般而言，熱膨脹率高)熱膨脹之共振器長度變化。亦即，雷射介質4a及基板6間之固定用接著劑隨著溫度變化的膨脹方向(參照圖3之 β 部的箭頭)係與可飽和吸收體4b及基板6間之固定用接著劑隨著溫度變化的膨脹方向(參照圖3之 α 部的箭頭)相同。因此，例如當各接著劑的熱膨脹量程度相當時，個別膨脹量所造成之共振器長度變化會相抵消；此外，當各接著劑之熱膨脹量的程度不一時，共振器長度的變化差異也會縮小(共振器長度的變化量係與熱膨脹量的差異呈比例)。

如上述般，當相對於溫度變化之共振器長度變化縮小時，雖然無法如以往一般積極利用溫度變化來選擇動作點，然而，可如上所述般地不使共振器的光路長度 L 固定，使光路長度 L 在光軸垂直方向上變化，且依激勵位置的改變來進行光路長度的調整，便可選擇穩定的動作點(換言之，採用可減少溫度變化等之影響的構造的結果，必須要有以溫度控制以外的方法來調整共振器長度的構造，因此採用了楔形構造之共振器。)。

接下來，對上述之方式(II)進行說明。

圖6為上述方式(II)之構造例的示意圖，顯示有共振器之剖面構造。

本例所示之固體雷射共振器4A中，基板5係以未形成雷射介質4a之部份來接著於基板6，雷射介質4a並未接著於基板6。藉此，由於雷射介質4a並未接著於基板6，因此基板5及基板6間之接著部份並不會受雷射介質4a產生之熱應力的影響。

尚且，雷射介質4a乃以形成有反射鏡之一側接著於基板5，在基板5及基板6相結合的狀態下，雷射介質4a係裝入凹部6a內。此外，可飽和吸收體4b方面，則如圖3所示之情況，乃以接著劑固定於凹部6a底面的凹凸部。

此外，為了能夠在激勵光光軸與共振器間之相對位置關係中，藉由使激勵光學系統或共振器沿著箭頭A所示之方向移動來調整共振器長度 L 以選擇動作點，乃對共振器之構件的面賦予傾斜度或使其厚度變化，而使該共振器具有楔形

構造。

本例中，將雷射介質4a固定於基板5用之接著劑的熱膨脹方向及將可飽和吸收體4b固定於基板6用之接著劑的熱膨脹方向相反，因此，並不具有能夠使熱膨脹導致之共振器長度變化相抵的關係(共振器會朝縮短的方向變化)，然而，基板5及基板6間之固定用接著劑之熱膨脹方向以及可飽和吸收體4b及基板6之間之固定用接著劑的熱膨脹方向為同一方向，因此，當各接著劑之熱膨脹量的程度相當時，各膨脹量所造成之共振器長度的變化會相抵(或且，當各接著劑的熱膨脹量的程度不一時，共振器長度變化的差異會縮小。)。

圖7為有關上述方式(II)之另一構造例之圖，顯示有共振器的剖面構造。

圖7不同於圖6的構造在於：可飽和吸收體4b係以小基板9固定，而該小基板係接著且固定於基板6之凹部6a內形成之凹凸部。

本例所示之固體雷射共振器4B中，由於可飽和吸收體4b並未直接固定於基板6，因此具有熱膨脹所造成之應力變小的優點。此外，採用小尺寸且熱傳導性佳的材料做為小基板9的話，對可飽和吸收體4b等之熱應力不會變得太大。

再者，為了能夠在激勵光光軸與共振器間之相對位置關係中，藉由使激勵光學系統或共振器沿著箭頭A所示之方向移動來調整共振器長度L以選擇動作點，乃對共振器之構件的面賦予傾斜度或使其厚度變化，而使該共振器具有楔形

構造。

本例中，基板5與基板6間之固定用接著劑的熱膨脹方向及小基板9與基板6間之固定用接著劑的熱膨脹方向為同一方向，因此，當各接著劑之熱膨脹量的程度相當時，各膨脹量所造成之共振器長度的變化會相抵(或且，當各接著劑的熱膨脹量的程度不一時，共振器長度變化的差異會縮小。)。

最後，說明雷射產生裝置之製造方法。

主要工序如下：

(i)固體雷射共振器之製造工序；

(ii)激勵光學系統及固體雷射共振器之校準及共振器光路長度L之調整工序。

首先，工序(i)中，乃使各自設有構成固體雷射共振器(構件)之雷射介質、及可飽和吸收體的基板相結合。藉此，雷射介質與可飽和吸收體間配置有中間介質，並如上述一般，共振器之構件上可形成相對於激勵光光軸垂直平面呈傾斜的面，或可使構件在與激勵光光軸平行方向上之厚度沿著與該激勵光光軸呈垂直的方向上變化。

工序(ii)中，乃對具有激勵光源2及光學系統3之激勵光學系統及以工序(i)製造出來之固體雷射共振器進行光學性的定位。在此時，藉由改變在激勵光光軸垂直方向上之激勵位置，依此改變以雷射振盪波長以下之精度對共振器之光路長度進行調整，以選擇出穩定的動作點(可穩定地得到所需之特性。)。

為此，例如將採如下方法：

(1)設置光檢測裝置(光偵測器)以監視雷射功率或脈衝重複頻率的變化；

(2)一面監視光檢測裝置之檢測信號，緩緩地改變共振器內之激勵位置；

(3)雷射功率或脈衝重複頻率達到該目標值或極大值時，或達到包含目標值或極大值及其附近的容許範圍時，結束有關共振器光路長度的調整；未達到上述值或容許範圍時，則回到(2)繼續進行調整。

如上述一般，有關激勵光學系統與固體雷射共振器間之相對位置關係的改變上，可有各種方式，然而可如圖5說明一般，使固體雷射共振器在光學系統的基座上移動即可(使具有雷射介質及可飽和吸收體的共振器在基座面上沿著基座面平行方向上移動的構造較為簡單。)。

因此，依上述構造，可得到如下的優點：

- 藉由採用將共振器做為局部構件(subassembly)固定於一體化之基板的構造，可抑制肇因於振動的異常(脈衝顫動增加等)；

- 關於共振器光路長度方面，由於採用了長期難以發生變化的構造，因此不僅得到良好的耐振性，並且在長時間動作的過程中，也難以發生動作點的移動或變動；

- 藉由具有楔形構造的共振器，組裝時並不需以波長以下之高精度來實施，能夠輕易地選擇動作點來製造所需之裝置。

由上述內容可知，依申請專利範圍第1及18項所述之發明，由於共振器光路長度不易受到振動及經年變化的影響而變化，因此動作穩定(例如，脈衝顫動少。)。並且，藉由改變雷射介質中的激勵位置來調整共振器光路長度，能夠選擇出特性上穩定的動作點，不再需要利用溫度變化來選擇動作點的方法。結果，能夠減少溫度變化所造成之共振器長度之變化(或能夠採用不易受熱影響的構造)。

依申請專利範圍第2及19項之發明，在應用於被動Q開關雷射時，可確保其動作穩定。

依申請專利範圍第3項之發明，可介以光學系統而使激勵光照射於所需的位置。

依申請專利範圍第4項之發明，可得到在固體雷射的輸出波長範圍內之雷射光。

依申請專利範圍第5項之發明，在利用雷射介質中之熱透鏡效果來形成共振器時之發明，可提高振盪動作的確實性。

依申請專利範圍第6項之發明，有助於裝置的小型化。

依申請專利範圍第7及8項之發明，在製法上並不需要特殊的材料及昂貴的材料，能夠以比較容易取得的材料來構成共振器。

依申請專利範圍第9、12、13、22、及23項之發明，能夠確保調整上所需的共振器長度，並且可排除因為雷射橫向模式的發生及輸出的減少所導致的弊端。

依申請專利範圍第10及11項之發明，製造容易且可簡化構造。

依申請專利範圍第14及24項之發明，共振器的光路長度易於調整，且調整用之構造也簡單。

依申請專利範圍第15項之發明，可減少熱應力的影響。

依申請專利範圍第16項之發明，可提高散熱性。

依申請專利範圍第17及25項之發明，可抑制肇因於熱膨脹的共振器長度之變化。

依申請專利範圍第20項之發明，可對共振器光路長度施以精度良好的調整。

依申請專利範圍第21項之發明，共振器光路長度的調整方法比較簡單，不需要複雜的調整機制。

【圖式簡單說明】

圖1係以本發明之雷射光產生裝置之基板構造例為示之概略圖。

圖2係與圖3乃以雷射光產生裝置之構造例為示之圖，而本圖係以激勵光學系統及固體雷射共振器為示之圖。

圖3係以固體雷射共振器之構造例為示之概略圖。

圖4係用以說明共振器之光路長度之圖。

圖5係以藉由使共振器在光學基座上移動來選擇動作點為示之說明圖。

圖6係以固體雷射共振器之另一構造為示之圖。

圖7係以固體雷射共振器之其他另一構造為示之圖。

圖8係以熱透鏡效果之焦距對於光功率之依存性為示之曲線圖。

圖9係以激勵中心位置為基準之相對溫度分布之一例為

示之曲線圖。

圖10係以以往之雷射光產生裝置之構造例為示之圖。

【圖式代表符號說明】

- 2 激勵光源
- 3 光學系統
- 4a 雷射介質
- 4b 可飽和吸收體
- 4c 中間介質
- 4d 反射裝置
- 5 基板
- 6 基板
- 6a 凹部
- 6b 孔

伍、中文發明摘要：

本發明揭示一種雷射光產生裝置及其製造方法，其係用以提高雷射光產生裝置對振動及經年變化的穩定性，減少溫度變化對共振器帶來的影響。

在具有可產生連續波之激勵光之激勵光源(2)、及利用在激勵位置之發熱產生之熱透鏡效果之固體雷射共振器(4)的雷射光產生裝置(1)中，固體雷射共振器具有雷射介質(4a)、可飽和吸收體(4b)、中間介質(4c)、及反射裝置(4d)等之構件。雷射介質(4a)的基板及可飽和吸收體(4b)的基板乃相結合而一體化，以減少振動的影響。此外，選擇動作點上並不需要採以溫度變化來選擇的方法，在構造上不僅採用了不易受到熱影響的構造，並且在激勵光學系統與共振器之間的位置關係上，採用了使兩者相對移動來調整共振器光路長度以便可選擇穩定的動作點的構造。

陸、日文發明摘要：

レーザ光発生装置において、振動や経年変化に対する安定性を高め、温度変化による共振器への影響を低減する。

連続波の励起光を発生させる励起光源（２）と、励起位置での発熱による熱レンズ効果を利用した固体レーザ共振器（４）を備えたレーザ光発生装置（１）において、固体レーザ共振器が、レーザ媒質（４ a）、可飽和吸収体（４ b）、中間媒質（４ c）、反射手段（４ d）を構成要素として備えている。レーザ媒質（４ a）の基板と、可飽和吸収体（４ b）の基板とを結合して一体化させることで振動の影響を低減する。そして、温度変化を利用した動作点の選択方法を必要とせずに、熱的な影響を受け難い構成を採用するとともに、励起光学系と共振器との位置関係について、両者間の相対的な移動により、共振器光路長を調整して安定な動作点を選べるように構成した。

柒、指定代表圖：

(一)本案指定代表圖為：第（ 1 ）圖。

(二)本代表圖之元件代表符號簡單說明：

- 1 雷射光產生裝置
- 2 激勵光源
- 3 光學系統
- 4 固體雷射共振器
- 4a 雷射介質
- 4b 可飽和吸收體
- 4c 中間介質
- 4d 反射裝置

捌、本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式：

（無）

拾、申請專利範圍：

1. 一種雷射光產生裝置，其具有可產生連續波激勵光之激勵光源及利用在雷射介質之激勵位置的發熱之熱透鏡效果的固體雷射共振器，而其特徵為：

在構造上，上述固體雷射共振器之設有各構件之基板係結合而一體化，該固體雷射共振器之反射裝置或可飽和吸收體與上述雷射介質係介以中間介質而相對而設，並且

相對於激勵光光軸直交之平面，上述固體雷射共振器之構件具有傾斜的界面，而在上述激勵光光軸之平行方向上之上述固體雷射共振器的光路長度係依上述激勵位置而有所差異。

2. 如申請專利範圍第1項之雷射光產生裝置，其中

固體雷射共振器具有吸收上述激勵光用之雷射介質、可飽和吸收體、設置於雷射介質與可飽和吸收體間之光路上的中間介質、及形成共振器用之反射裝置來做為構件；

在構造上，設有上述雷射介質之基板及設有上述可飽和吸收體之基板係結合在一起而一體化，上述雷射介質及可飽和吸收體係介以上述中間介質而相對；

上述固體雷射共振器的構件中任一者或複數個構件係具有相對於上述激勵光光軸垂直平面呈傾斜的面，或上述雷射介質、可飽和吸收體、或中間介質在與上述激勵光光軸平行之方向上之厚度係在與上述光軸垂直之方向

上有差異，共振器光路長度係依與上述激勵光光軸垂直之方向上之上述激勵位置來規定。

3. 如申請專利範圍第1項之雷射光產生裝置，其中

上述激勵光源與上述固體雷射共振器之間配置大致為等倍率或縮小倍率之光學系統。

4. 如申請專利範圍第1項之雷射光產生裝置，其中

輸出波長為700毫微米以上1600毫微米以下。

5. 如申請專利範圍第1項之雷射光產生裝置，其中

上述固體雷射共振器之循環光路長度在5mm以下。

6. 如申請專利範圍第2項之雷射光產生裝置，其中

採用半導體可飽和吸收體。

7. 如申請專利範圍第1項之雷射光產生裝置，其中

採用摻雜有稀土族之固體雷射介質。

8. 如申請專利範圍第7項之雷射光產生裝置，其中

上述固體雷射介質係採用摻雜有Nd之YVO₄。

9. 如申請專利範圍第4項之雷射光產生裝置，其中

上述固體雷射共振器之構件中，相對於與上述激勵光光軸呈垂直的平面具有傾斜界面之構件對於該平面的傾斜角度係在0.07mrad以上2mrad以下。

10. 如申請專利範圍第1項之雷射光產生裝置，其中

上述中間介質係採用折射率大致於1之氣體層。

11. 如申請專利範圍第10項之雷射光產生裝置，其中

上述中間介質係採空氣層。

12. 如申請專利範圍第4項之雷射光產生裝置，其中

上述中間介質在相對上述激勵光光軸之平行方向上的厚度係沿著該光軸垂直方向上變化，且相對於與上述激勵光光軸垂直之平面，該中間介質與雷射介質或可飽和吸收體間的界面的傾斜角度為 0.07mrad 以上 2mrad 以下。

13. 如申請專利範圍第1項之雷射光產生裝置，其中

關於上述固體雷射共振器之共振器光路長度，依激勵位置的選擇而規定之光路長度變化係雷射振盪波長的二分之一以上。

14. 如申請專利範圍第2項之雷射光產生裝置，其中

設有上述雷射介質之基板及設有上述可飽和吸收體之基板係配置於光學系統之基座上，並且

在構造上，係在包含上述雷射介質與上述中間介質間之界面的法線及上述可飽和吸收體與上述中間介質間之界面的法線之平面，與上述光學系統之基座面大致平行的情況下，上述雷射介質及可飽和吸收體能夠在光學系統之基座面上移動。

15. 如申請專利範圍第1項之雷射光產生裝置，其中

上述雷射介質與其基板間之熱膨脹係數之差異，或上述可飽和吸收體及其基板間之熱膨脹係數之差異係在 $\pm 5 \times 10^{-6} [\text{K}]$ 的範圍內。

16. 如申請專利範圍第1項之雷射光產生裝置，其中

上述雷射介質之基板與上述可飽和吸收體之基板方面，其熱傳導係數值為 $150 [\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})]$ 以上。

17. 如申請專利範圍第2項之雷射光產生裝置，其中

上述雷射介質及上述可飽和吸收體之基板固定用之接著劑的熱膨脹方向及將上述可飽和吸收體固定於該基板用之接著劑的熱膨脹方向係相同。

18. 一種雷射光產生裝置之製造方法，該雷射光產生裝置具有可產生連續波激勵光之激勵光源及利用在雷射介質之激勵位置的發熱之熱透鏡效果的固體雷射共振器，而該製造方法的特徵為：

使設有上述固體雷射共振器之各構件的諸基板相結合，且在雷射介質與共振器之反射裝置或可飽和吸收體間夾置中間介質，

上述固體雷射共振器之構件中之任一者以具有相對於上述激勵光光軸垂直的平面呈傾斜之面的方式形成，改變在與激勵光光軸的垂直方向上之上述激勵位置，依該變化以雷射振盪波長以下之精度來對共振器光路長度進行調整。

19. 如申請專利範圍第18項之雷射光產生裝置之製造方法，其中

使分別設有構成上述固體雷射共振器之雷射介質、及可飽和吸收體的諸基板相結合，且在雷射介質與可飽和吸收體間夾置中間介質，

在上述雷射介質或其基板、上述可飽和吸收體或其基板、或構成上述固體雷射共振器之反射裝置形成相對於上述激勵光光軸垂直之平面呈傾斜之面，或使上述雷射介質、可飽和吸收體、或中間介質在與上述激勵光光軸

平行方向上之厚度沿著相對該光軸垂直之方向變化，藉以改變在激勵光光軸垂直方向上之上述激勵位置，依該變化以雷射振盪波長以下之精度來對共振器光路長度進行調整。

20. 如申請專利範圍第18項之雷射光產生裝置之製造方法，其中

一面監視雷射光產生裝置所輸出之功率或脈衝重複頻率的變化，一面使上述激勵位置沿著激勵光光軸垂直方向變化，當該功率或脈衝重複頻率達到其目標值或極大值時，或達到包含目標值或極大值的容許範圍時，結束有關共振器光路長度的調整。

21. 如申請專利範圍第18項之雷射光產生裝置之製造方法，其中

藉由改變配置於上述激勵光源及上述固體雷射共振器間之光學系統與上述固體雷射共振器之間的相對位置關係，使上述激勵位置改變來調整共振器之光路長度。

22. 如申請專利範圍第18項之雷射光產生裝置之製造方法，其中

藉由使上述激勵位置產生變化，而使上述固體雷射共振器之共振器光路長度產生雷射振盪波長的二分之一以上之變化。

23. 如申請專利範圍第22項之雷射光產生裝置之製造方法，其中

藉由使上述中間介質在與上述激勵光光軸平行之方向

上的厚度係沿著與該光軸垂直之方向上變化，使該中間介質與雷射介質或可飽和吸收體間的界面相對於與上述激勵光光軸垂直之平面呈傾斜，且該傾斜角度係規定為 0.07mrad 以上 2mrad 以下。

24. 如申請專利範圍第19項之雷射光產生裝置之製造方法，其中

設有上述雷射介質之基板及設有上述可飽和吸收體之基板係配置於光學系統之基座上，並且

在調整共振器光路長度時，係使上述雷射介質或上述可飽和吸收體中相對於與上述激勵光光軸垂直之平面呈傾斜之面之法線所在的平面與上述光學系統之基座面保持在大致平行的情況下，使包含上述兩基板之固體雷射共振器移動。

25. 如申請專利範圍第19項之雷射光產生裝置之製造方法，其中

在將上述可飽和吸收體以接著方式固定於其基板，並且將上述雷射介質以接著方式固定於上述可飽和吸收體之基板之際，將上述雷射介質固定於上述可飽和吸收體之基板用之接著劑的熱膨脹方向及將上述可飽和吸收體固定於該基板用之接著劑的熱膨脹方向係同一方向。

拾壹、圖式：

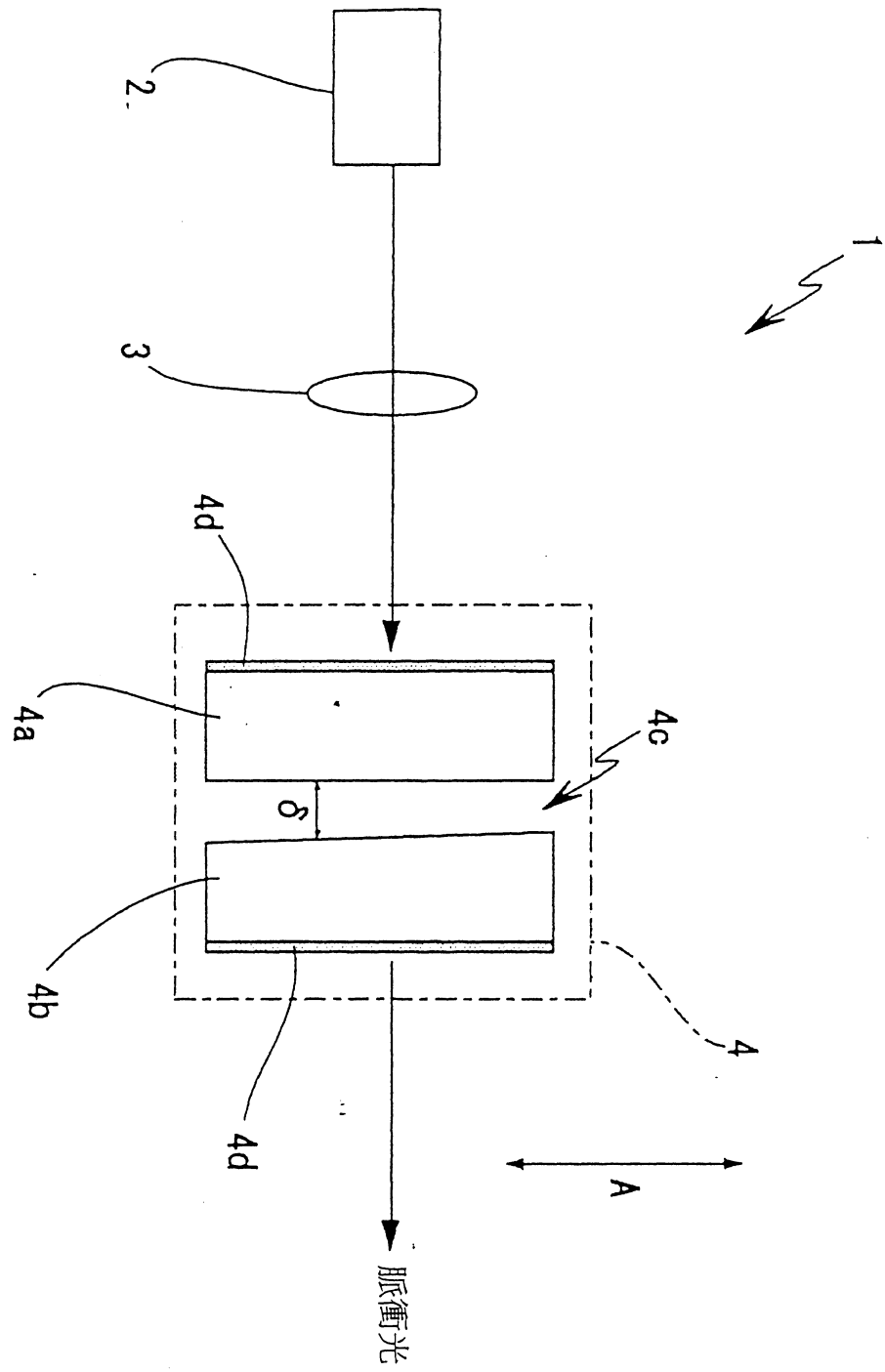


圖 1

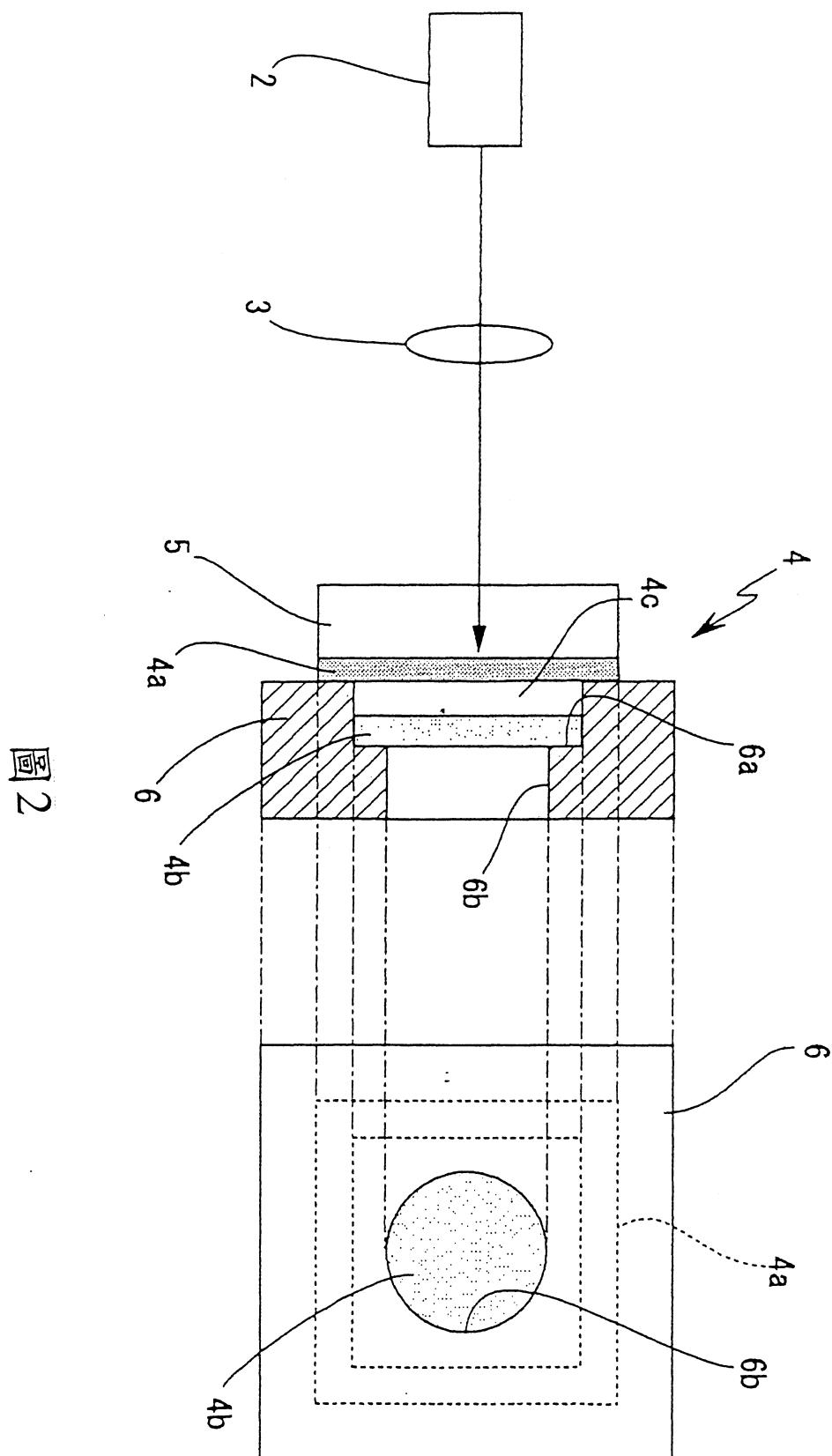


圖2

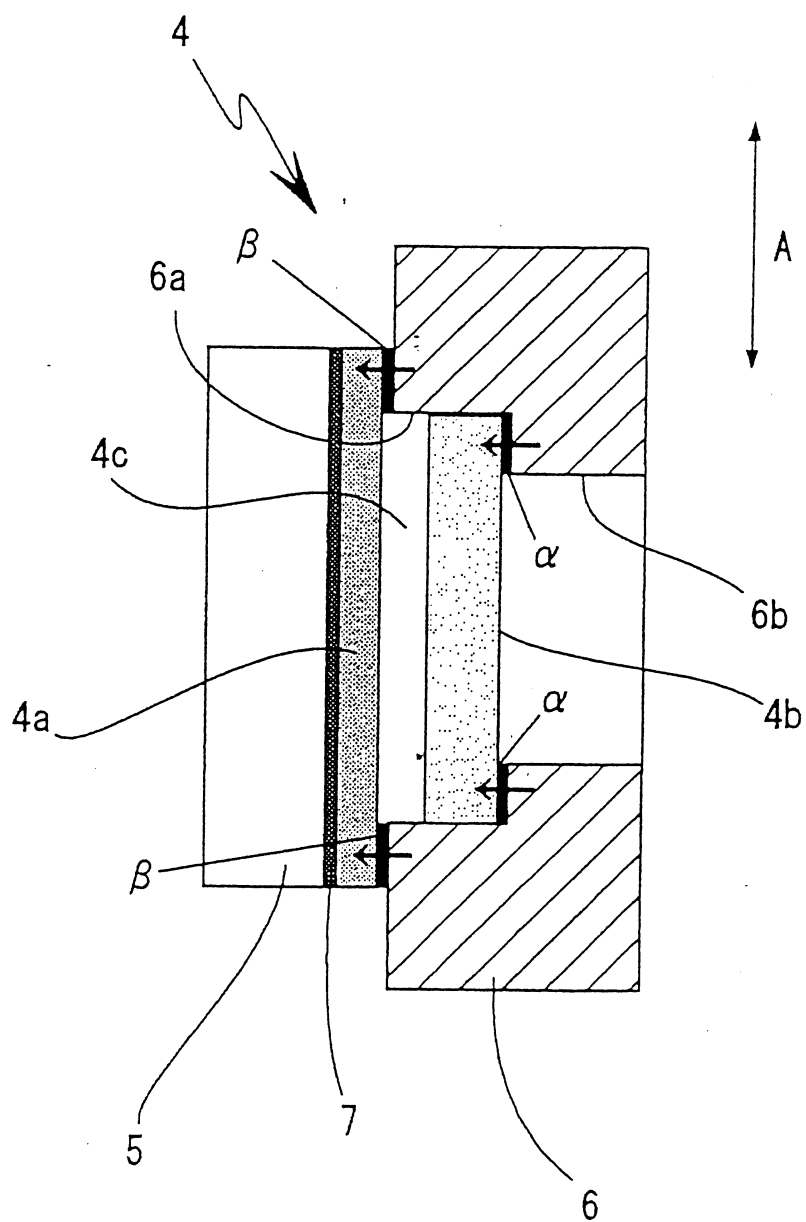


圖 3

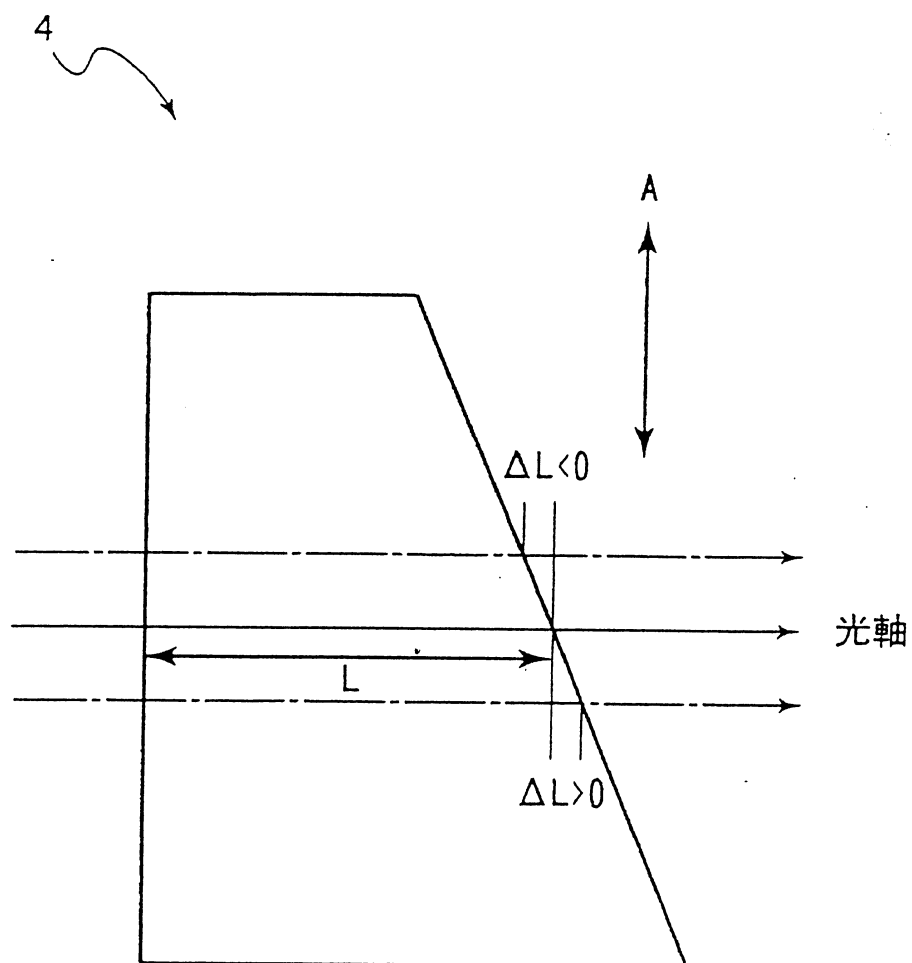


圖 4

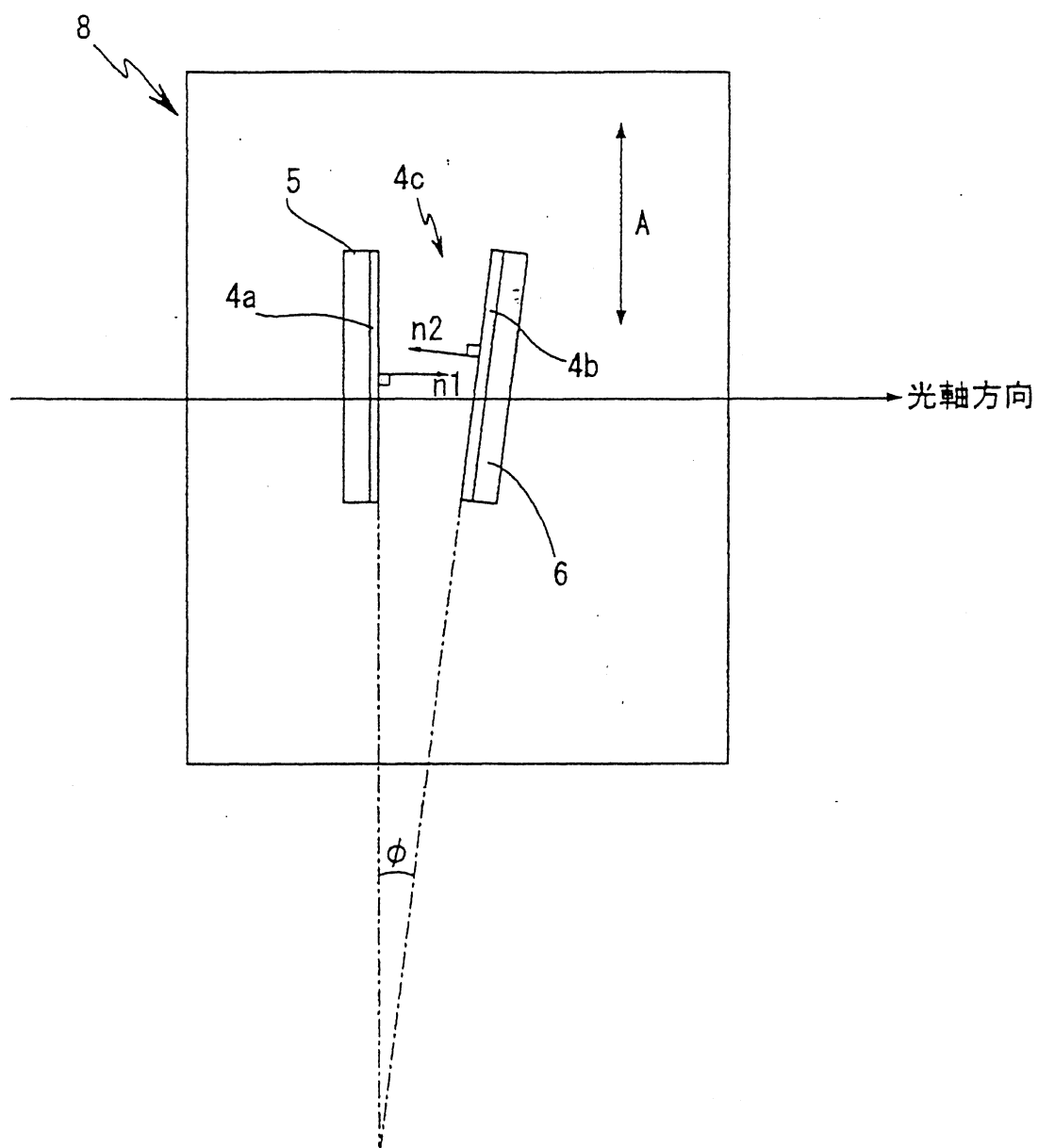


圖5

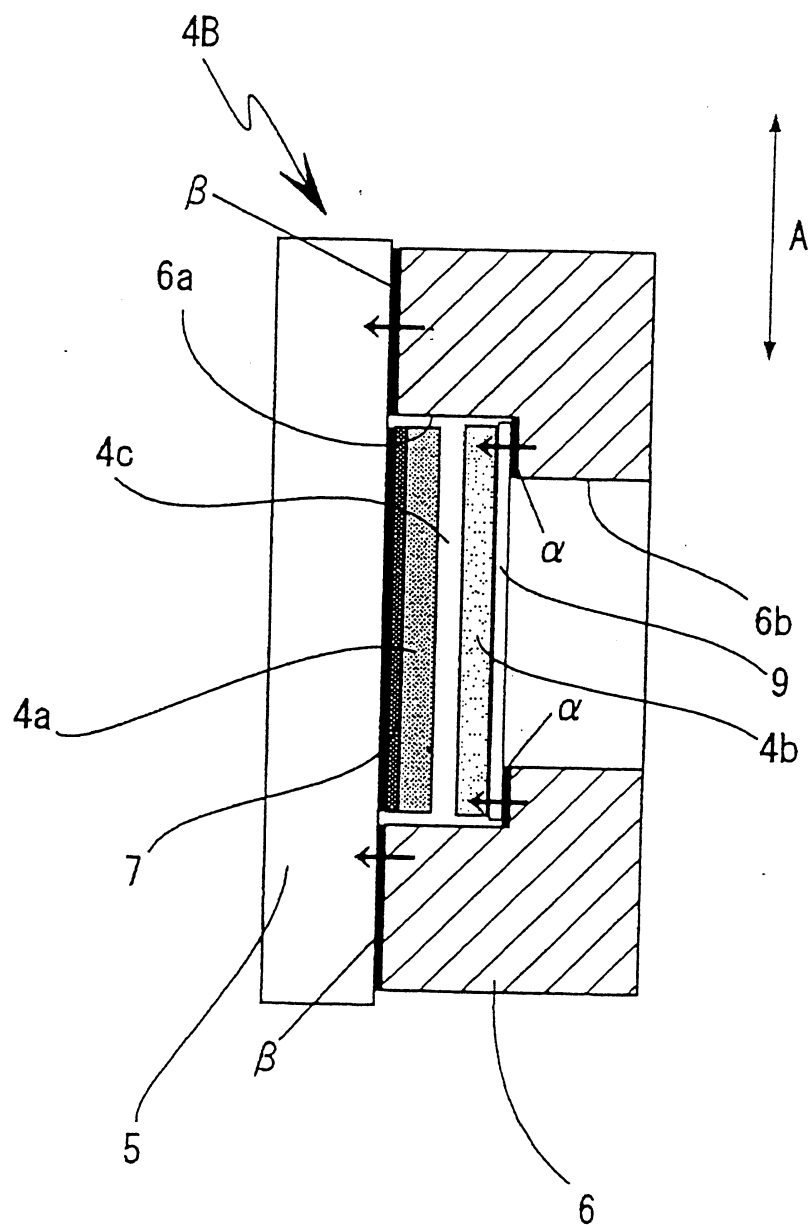


圖 7

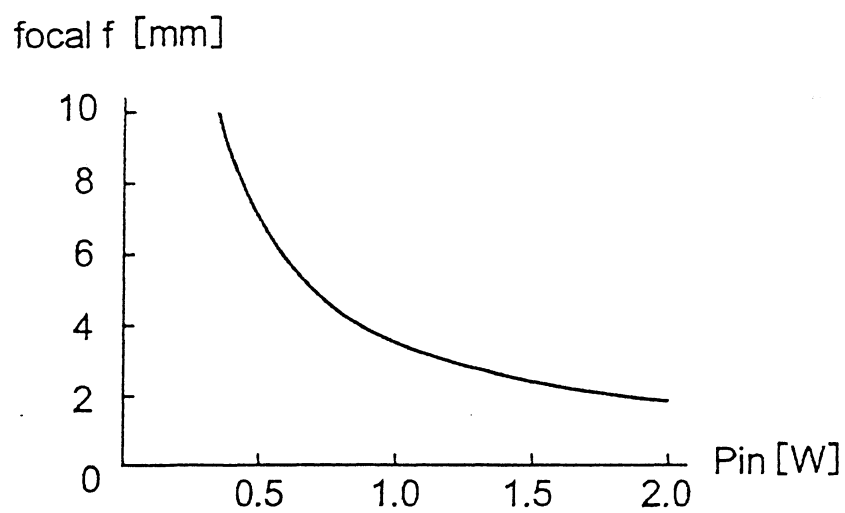


圖8

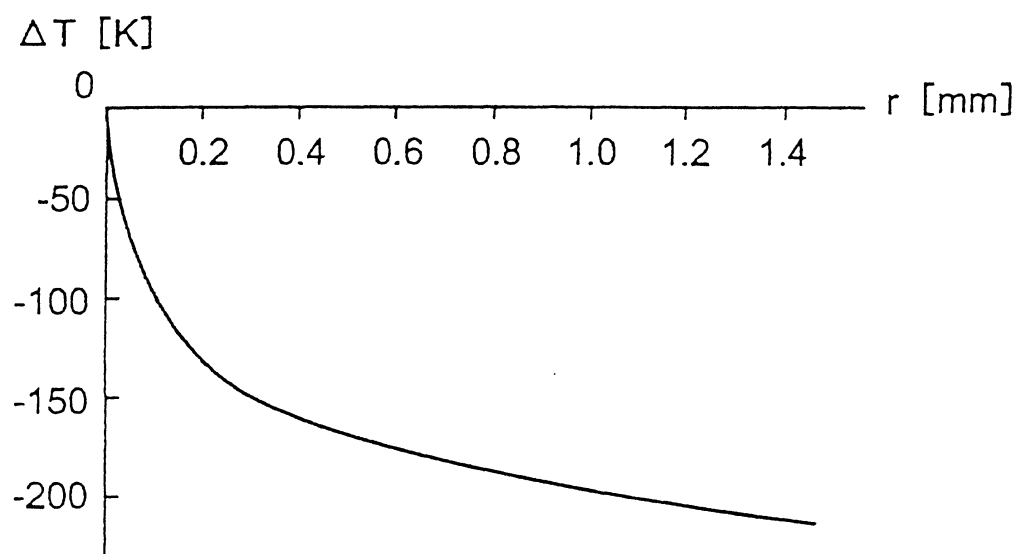


圖9

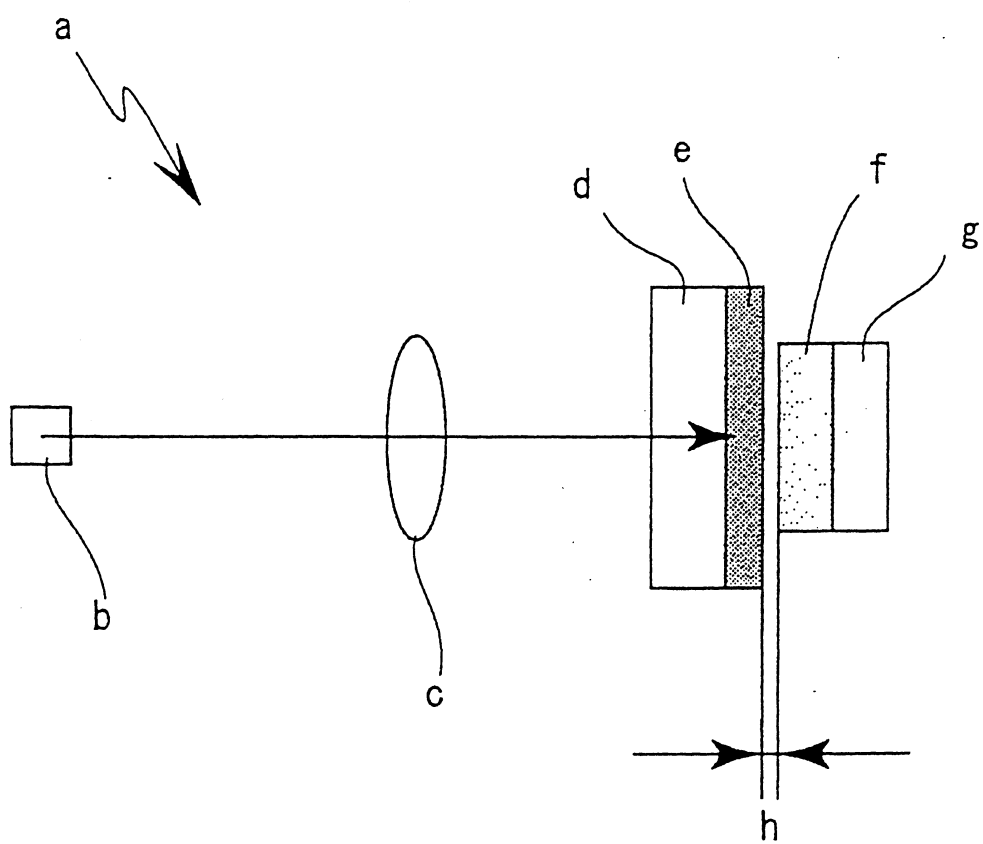


圖 10