

(21)申請案號：102107936

(22)申請日：中華民國 102 (2013) 年 03 月 06 日

(51)Int. Cl. : *H01S5/06 (2006.01)*

H01S5/10 (2006.01)

(30)優先權：2012/04/09 日本

2012-088627

(71)申請人：新力股份有限公司 (日本) SONY CORPORATION (JP)

日本

(72)發明人：渡邊秀輝 WATANABE, HIDEKI (JP)；河野俊介 KONO, SHUNSUKE (JP)；倉本大 KURAMOTO, MASARU (JP)

(74)代理人：陳長文

申請實體審查：無 申請專利範圍項數：13 項 圖式數：16 共 80 頁

(54)名稱

半導體雷射裝置組立體

(57)摘要

本發明之半導體雷射裝置組立體包括：(A)半導體雷射元件 10；及(B)繞射光柵 101，其構成外部共振器，將 0 次以外之繞射光返回至半導體雷射元件 10，且將 0 次繞射光輸出至外部；且繞射光柵 101 之繞射面所延伸之方向與入射至繞射光柵 101 之雷射光之電場之主振動方向大致平行。

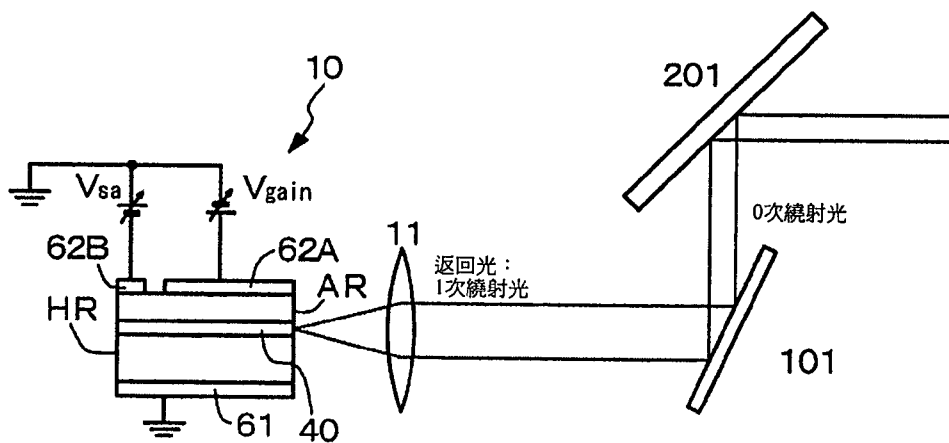


圖1A

10：模式同步半導體雷射元件

11：準直機構

40：第 3 化合物半導體層 (活性層)

61：第 1 電極

62A：第 2 電極之第 1 部分

62B：第 2 電極之第 2 部分

101：繞射光柵

201：平面鏡

V_{sa}：向偏壓電壓

(21)申請案號：102107936

(22)申請日：中華民國 102 (2013) 年 03 月 06 日

(51)Int. Cl. : H01S5/06 (2006.01)

H01S5/10 (2006.01)

(30)優先權：2012/04/09 日本

2012-088627

(71)申請人：新力股份有限公司 (日本) SONY CORPORATION (JP)

日本

(72)發明人：渡邊秀輝 WATANABE, HIDEKI (JP) ; 河野俊介 KONO, SHUNSUKE (JP) ; 倉本大 KURAMOTO, MASARU (JP)

(74)代理人：陳長文

申請實體審查：無 申請專利範圍項數：13 項 圖式數：16 共 80 頁

(54)名稱

半導體雷射裝置組立體

(57)摘要

本發明之半導體雷射裝置組立體包括：(A)半導體雷射元件 10；及(B)繞射光柵 101，其構成外部共振器，將 0 次以外之繞射光返回至半導體雷射元件 10，且將 0 次繞射光輸出至外部；且繞射光柵 101 之繞射面所延伸之方向與入射至繞射光柵 101 之雷射光之電場之主振動方向大致平行。

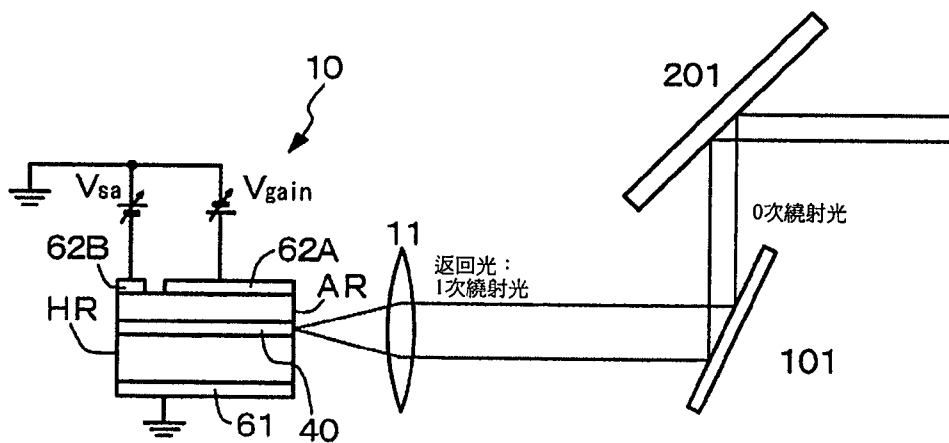


圖1A

10：模式同步半導體雷射元件

11：準直機構

40：第 3 化合物半導體層 (活性層)

61：第 1 電極

62A：第 2 電極之第 1 部分

62B：第 2 電極之第 2 部分

101：繞射光柵

201：平面鏡

Vsa：向偏壓電壓

發明摘要

※ 申請案號：102107936

※ 申請日：102.3.6

※IPC 分類：H01S 5/06 (2006.01)
H01S 5/10 (2006.01)

【發明名稱】

半導體雷射裝置組立體

【中文】

本發明之半導體雷射裝置組立體包括：(A)半導體雷射元件10；及(B)繞射光柵101，其構成外部共振器，將0次以外之繞射光返回至半導體雷射元件10，且將0次繞射光輸出至外部；且繞射光柵101之繞射面所延伸之方向與入射至繞射光柵101之雷射光之電場之主振動方向大致平行。

【英文】

無

【代表圖】

【本案指定代表圖】：第（1A）圖。

【本代表圖之符號簡單說明】：

10	模式同步半導體雷射元件
11	準直機構
40	第3化合物半導體層(活性層)
61	第1電極
62A	第2電極之第1部分
62B	第2電極之第2部分
101	繞射光柵
201	平面鏡
V_{sa}	向偏壓電壓

【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】

半導體雷射裝置組立體

【技術領域】

本揭示係關於一種半導體雷射裝置組立體。

【先前技術】

目前，於利用脈衝時間寬度為阿秒級、飛秒級之雷射光之尖端科學領域之研究中大量使用超短脈衝、超高輸出雷射。而且，於超短脈衝雷射中，不僅皮秒、飛秒等超高速現象之闡明這一科學性之關注，而且活用較高之峰功，微細加工或2光子成像等向實用化之應用研究熱烈進行。又，包含GaN系化合物半導體且發光波長為405 nm帶之高輸出超短脈衝半導體雷射元件作為期待為藍光(Blu-ray)光碟系統之下一代之光碟系統之體積型光碟系統之光源，且作為醫療領域或生物成像領域等所要求之光源、覆蓋可見光之整個區域之同調光源而備受期待。

作為超短脈衝、超高輸出雷射，例如已知有鈦/藍寶石雷射，但該鈦/藍寶石雷射價格昂貴、且為大型之固體雷射光源，該點成為阻礙技術之普及之主要原因。又，激發需要使連續光振盪之其他固體雷射，能量效率未必較高。而且，大型之共振器不易實現機械穩定，維護方面需要專門之知識。若超短脈衝、超高輸出雷射可由半導體雷射元件(LD, Laser Diode, 雷射二極體)而實現，則可實現大幅度之小型化、低價格化、低電力消耗化、高穩定性化，認為成為促進該等領域之廣泛普及方面之突破。

另外，光脈衝之峰功率可由平均輸出/(重複頻率×脈衝寬度)表

示。因此，爲了實現高峰功率化，有效的是提高平均輸出。先前，於由繞射光柵構成外部共振器構造之情形時，例如眾所周知有使1次繞射光返回至半導體雷射元件，將0次繞射光提取至外部之技術。一般而言，於繞射光柵中，閃耀波長下之繞射效率最高，又，與雷射光之電場(以下有時簡稱爲『電場』)之振動方向與繞射光柵之刻線平行之偏光光(爲方便起見，稱爲『平行偏光光』)相比，電場之振動方向與繞射光柵之刻線正交之偏光光(爲方便起見，稱爲『正交偏光光』)之繞射效率較高。而且，向繞射光柵入射正交偏光光之光而提高繞射效率之技術例如由日本專利特開平3-145174而眾所周知。

[先前技術文獻]

[專利文獻]

[專利文獻1]日本專利特開平3-145174

[非專利文獻]

[非專利文獻1]T. Schlauch et al., Optics Express, Vol. 18, p 24136 (2010)

【發明內容】

[發明所欲解決之問題]

另外，爲了提高平均輸出，較爲重要的是將0次繞射光更多地輸出至外部。即，有效的是消除2次以上之高次繞射光，而且降低1次繞射效率。進而有效的是使入射至繞射光柵之雷射光之波長與閃耀波長不同。然而，於該日本專利公開公報中所揭示之技術中，主要著眼於返回至半導體雷射元件之光之效率(反射繞射效率)，以閃耀波長使正交偏光光入射至繞射光柵。於由繞射光柵構成外部共振器構造時，爲了降低繞射效率而使用平行偏光光之技術、或使入射至繞射光柵之雷射光之波長與閃耀波長不同之技術據本發明者等人調查尙屬未知。

因此，本揭示之目的在於提供一種由繞射光柵或光學元件構成

外部共振器構造，具有可增加平均輸出之構成、構造之半導體雷射裝置組立體。

[解決問題之技術手段]

用以達成上述目的之本揭示之第1態樣之半導體雷射裝置組立體包括：

(A)半導體雷射元件；及

(B)繞射光柵，其構成外部共振器，將0次以外之繞射光返回至半導體雷射元件，且將0次繞射光輸出至外部；且

繞射光柵之繞射面所延伸之方向與入射至繞射光柵之雷射光之電場之主振動方向大致平行。

用以達成上述目的之本揭示之第2態樣之半導體雷射裝置組立體包括：

(A)半導體雷射元件；及

(B)光學元件，其構成外部共振器，且將入射之雷射光之一部分返回至半導體雷射元件，將入射之雷射光之其餘部分輸出至外部；且

具有振動方向含在與半導體雷射元件之主面平行之平面中之電場之雷射光成分向外部之提取效率，高於具有振動方向含在與半導體雷射元件之主面正交之平面中之電場之雷射光成分向外部之提取效率。

[發明之效果]

於本揭示之第1態樣之半導體雷射裝置組立體中，繞射光柵之繞射面所延伸之方向、與入射至繞射光柵之雷射光之電場之主振動方向大致平行。又，於本揭示之第2態樣之半導體雷射裝置組立體中，具有振動方向含在與半導體雷射元件之主面平行之平面中之電場之雷射光成分向外部之提取效率，高於具有振動方向含在與半導體雷射元件之主面正交之平面中之電場之雷射光成分向外部之提取效率。因此，

可增加自半導體雷射元件輸出至外部之雷射光之平均輸出。而且，例如可藉由模式同步半導體雷射元件實現具有高峰輸出之400 nm波段之脈衝雷射，因此，可促進飛秒級之超短脈衝光源之普及，可由模式同步半導體雷射元件單體實現數十W以上之脈衝雷射，可達成系統之小型化及成本削減。

【圖式簡單說明】

圖1A及圖1B分別係實施例1之半導體雷射裝置組立體之概念圖、及模式性地表示用以進行光強度測定之實施例1之半導體雷射裝置組立體之各種構成元件的配置的圖。

圖2A、圖2B及圖2C係模式性地表示半導體雷射元件與繞射光柵或光學元件之配置狀態之圖。

圖3係實施例1之半導體雷射裝置組立體之變化例之概念圖。

圖4係實施例2之半導體雷射裝置組立體之概念圖。

圖5A及圖5B係實施例4之半導體雷射裝置組立體之波長選擇機構之概念圖。

圖6係實施例1中之半導體雷射元件之沿著共振器之延伸之方向之模式性端視圖。

圖7係實施例1中之半導體雷射元件之沿著與共振器之延伸之方向成直角之方向之模式性剖面圖。

圖8係實施例1之模式同步半導體雷射元件之變化例之沿著共振器之延伸之方向之模式性端視圖。

圖9係實施例1之模式同步半導體雷射元件之另一變化例之沿著共振器之延伸之方向之模式性端視圖。

圖10係自上方觀察實施例1之模式同步半導體雷射元件之又一變化例之脊狀條紋構造之模式圖。

圖11A及圖11B係用以說明實施例1之模式同步半導體雷射元件之

製造方法之基板等之模式性局部剖面圖。

圖12A及圖12B係繼圖11B後用以說明實施例1之模式同步半導體雷射元件之製造方法之基板等之模式性局部剖面圖。

圖13係繼圖12B後用以說明實施例1之模式同步半導體雷射元件之製造方法之基板等之模式性局部端視圖。

圖14A及圖14B係表示求出實施例1之半導體雷射裝置組立體之逆向偏壓電壓與平均輸出之關係、逆向偏壓電壓與光脈衝之持續時間之關係之結果之圖表。

圖15A及圖15B分別係表示求出實施例2之半導體雷射裝置組立體中距離L與光脈衝之半峰全幅值之關係之結果、及求出距離L與平均輸出之關係之結果之圖。

圖16A及圖16B係繞射光柵之模式性局部剖面圖。

【實施方式】

以下，參照圖式並基於實施例對本揭示進行說明，但本揭示並不限定於實施例，實施例中之各種數值或材料為例示。再者，說明係以下述順序進行。

- 1.關於本揭示之第1態樣及第2態樣之半導體雷射裝置組立體整體之說明
- 2.實施例1(本揭示之第1態樣及第2態樣之半導體雷射裝置組立體)
- 3.實施例2(實施例1之變形)
- 4.實施例3(實施例1之另一變形)
- 5.實施例4(實施例1～實施例3之變形)、其他

[關於本揭示之第1態樣及第2態樣之半導體雷射裝置組立體整體之說明]

作為使用半導體雷射元件產生時間寬度為數皮秒左右之光脈衝之方法，已知有模式同步法。模式同步法中有以與外部共振器構造內

之環繞時間相同之週期調變增益或損失之主動(active)模式同步、及藉由在半導體雷射元件內設置顯示非線性光學響應之可飽和吸收體等而動作之被動(passive)模式同步，但被動模式同步更適於產生數皮秒左右或其以下之脈衝時間寬度之光脈衝。於本揭示之第1態樣或第2態樣之半導體雷射裝置組立體中，可設為半導體雷射元件以進行主動模式同步動作或被動模式同步動作之方式驅動之構成。再者，以下，只要無特別說明，則『模式同步半導體雷射元件』係指以進行被動模式同步動作之方式驅動之半導體雷射元件。

於包含上述較佳之構成之本揭示之第1態樣之半導體雷射裝置組立體中，繞射光柵之繞射光柵週期之倒數 N_0 (亦稱為刻線數)較理想為 $1.0 \times 10^3 \text{ mm}^{-1}$ 以上。具體而言，作為 N_0 之值，可例示 1200 mm^{-1} 至 4500 mm^{-1} ，較理想為 2400 mm^{-1} 至 3600 mm^{-1} 。

又，於包含以上所說明之較佳之構成之本揭示之第1態樣之半導體雷射裝置組立體中，可設為繞射光柵包含反射型且閃耀型之繞射光柵之形態。而且，於此情形時，較理想的是設為如下形態：繞射光柵之閃耀波長 λ_B 相對於入射至繞射光柵之雷射光之波長 λ 為

$$\lambda_B < \lambda + 50(\text{nm})$$

較佳為入射至繞射光柵之雷射光之波長 λ 以下，更佳為

$$\lambda_B < \lambda - 100(\text{nm})。$$

進而，於該等情形時，可設為繞射光柵進行利特羅(Littrow)配置(亦稱為利特曼(Littman)配置)之形態。又，於包含以上所說明之較佳之構成之本揭示之第1態樣之半導體雷射裝置組立體中，可設為如下形態：自半導體雷射元件出射之雷射光碰撞至繞射光柵，碰撞至繞射光柵之雷射光內之0次以外之繞射光(例如，1次繞射光)返回至半導體雷射元件，碰撞至繞射光柵之雷射光內之0次繞射光輸出至外部。

又，於包含以上所說明之較佳之構成之本揭示之第1態樣之半導

體雷射裝置組立體中，於閃耀型以外之繞射光柵中，於將自半導體雷射元件出射且向繞射光柵入射之雷射光(波長： λ nm)向繞射光柵之入射角設為 Φ_{in} ，將出射角設為 Φ_{out} ，將繞射光柵之繞射光柵週期之倒數設為 N_0 (單位： mm^{-1})，將繞射光之次數設為 n 時，滿足下述式(0)之關係，因此，可設為碰撞至繞射光柵之雷射光內之 n 次繞射光返回至半導體雷射元件，0次繞射光輸出至外部之形態。更具體而言，為了僅提取+1次繞射光，將相對於繞射光柵之法線向順時針方向之角度之符號設為正，自正角度入射雷射光時，-1次繞射光之出射角 Φ_{out} 為 -90° 以下(例如， -100° 或 -110°)，+2次繞射光之出射角 Φ_{out} 為 90° 以上(例如， 100° 或 110°)，而且，+1次繞射光之出射角 Φ_{out} 超過 -90° 、未達 $+90^\circ$ 即可。因此，選擇如滿足下述式(1)、式(2)及式(3)之關係之繞射光柵週期之倒數 N_0 、波長 λ 、入射角 Φ_{in} 即可。此處，式(1)為關於+1次繞射光($n=+1$)之出射角 Φ_{out} 之式，式(2)為關於-1次繞射光($n=-1$)之出射角 Φ_{out} 之式，式(3)為關於+2次繞射光($n=+2$)之出射角 Φ_{out} 之式。

$$\Phi_{out} = \sin^{-1}[N_0 \cdot n \cdot \lambda - \sin(\Phi_{in})] \quad (0)$$

$$-90 < \Phi_{out} = \sin^{-1}[N_0 \cdot (+1) \cdot \lambda - \sin(\Phi_{in})] < 90 \quad (1)$$

$$\Phi_{out} = \sin^{-1}[N_0 \cdot (-1) \cdot \lambda - \sin(\Phi_{in})] \leq -90 \quad (2)$$

$$\Phi_{out} = \sin^{-1}[N_0 \cdot (+2) \cdot \lambda - \sin(\Phi_{in})] \geq 90 \quad (3)$$

於包含以上所說明之較佳之構成、形態之本揭示之第1態樣之半導體雷射裝置組立體中，可設為進而包括使自半導體雷射元件出射之雷射光入射出射之分散補償光學系統，且繞射光柵構成分散補償光學系統之一部分之形態。而且，於此情形時，可設為如下形態：分散補償光學系統進而包含反射鏡；自半導體雷射元件出射之雷射光碰撞至繞射光柵，碰撞至繞射光柵之雷射光內之0次以外之繞射光(例如，1次繞射光)入射至反射鏡，並由反射鏡反射，入射至繞射光柵，然後返回至半導體雷射元件，碰撞至繞射光柵之雷射光內之0次繞射光輸

出至外部。再者，於包含以上所說明之較佳之構成之本揭示之第2態樣之半導體雷射裝置組立體中，亦可設為如下形態：進而包括使自半導體雷射元件出射之雷射光入射出射之分散補償光學系統；光學元件構成分散補償光學系統之一部分。而且，於此情形時，可設為如下形態：分散補償光學系統進而包含反射鏡；自半導體雷射元件出射之雷射光碰撞至光學元件，碰撞至光學元件之雷射光內之一部分入射至反射鏡，並由反射鏡反射，入射至光學元件，然後返回至半導體雷射元件，而碰撞至光學元件之雷射光內之其餘部分被輸出至外部。反射鏡例如包含平面反射鏡，具體而言，例如包含介電多層膜反射鏡。又，分散補償光學系統較理想為進而包括配置於繞射光柵與反射鏡之間之聚光機構(具體而言為透鏡)。藉由在使聚光機構與反射鏡之間之距離固定之狀態下改變繞射光柵與聚光機構之間之距離，可改變分散補償光學系統之群速度分散值。

進而，於包含以上所說明之較佳之構成、形態之本揭示之第1態樣之半導體雷射裝置組立體中，可設為進而包括選擇出射至外部之0次繞射光之波長之波長選擇機構之形態。又，於包含以上所說明之較佳之構成之本揭示之第2態樣之半導體雷射裝置組立體中，亦可設為進而包括選擇出射至外部之光之波長之波長選擇機構之形態。而且，波長選擇機構例如可設為包含繞射光柵、及選擇自繞射光柵出射之1次以上之繞射光之光圈之構成。光圈例如可設為包含具有多個區段之透過型液晶顯示裝置之形態。又，波長選擇機構可設為包含帶通濾波器之構成，亦可設為包含長通濾波器或稜鏡之構成。帶通濾波器例如可藉由將具有低介電常數之介電薄膜、及具有高介電常數之介電薄膜積層而獲得。又，亦可藉由改變脈衝狀之雷射光向帶通濾波器之入射角，而選擇自帶通濾波器出射之雷射光之波長。

另外，於產生光脈衝之半導體雷射元件中，於光脈衝之產生、

放大時，活性介質內之載子數於亞皮秒至皮秒之非常短之時間內產生變動。該載子數之時間變化會使決定產生、放大之光之波長之載子之能量分佈產生變化，故而於光脈衝之持續時間內波長產生變化，結果包含大量不期望之波長成分。即，例如自模式同步半導體雷射元件出射之雷射光處於雜波狀態。以此種載子數之變動為原因之現象有自行相位調變，但模式同步半導體雷射元件中，光輸出之光譜藉由自行相位調變而顯示長波移位。該長波移位成分形成同調脈衝之情況通過實驗得以明確，只要為模式同步半導體雷射元件，則藉由波長選擇機構抽選經由外部共振器而出射之脈衝狀之雷射光之長波成分，並輸出至外部，藉此，可消除出射之雷射光於持續時間內之光強度之波動，輸出至外部之雷射光具有所期望之波長。而且，可縮短脈衝之時間寬度，可提高雷射光之同調性，可以保持高產出量之狀態壓縮雷射光，可獲得高峰功率。再者，一般而言，較短波成分而言長波成分具有雜波較少且純淨的波長成分。而且，作為以上之結果，可提供一種最適於各種技術領域中之使用之雷射光。

模式同步半導體雷射元件中，光輸出之光譜藉由自行相位調變而顯示長波移位，但顯示何種程度之長波移位可藉由使模式同步半導體雷射元件連續振盪並評價光輸出之光譜而調查。於長波移位後之光譜中，於光譜之包絡線將移位後之波長設為波峰而降低至波峰之半值之情形時，將包絡線之半值所賦予之光譜寬度設為輸出至外部之波長即可。另一方面，於光譜之包絡線未降低至波峰之半值，而與不同之波峰連續之情形時，將位於賦予包絡線之極小值之波長與賦予包絡線之半值之波長之間之光譜成分，或位於賦予包絡線之極小值之波長與賦予包絡線之極小值之波長之間之光譜成分設為輸出至外部之波長即可。

於具備波長選擇機構之半導體雷射裝置組立體中，可設為如下

構成：於模式同步半導體雷射元件、與繞射光柵或光學元件(以下，有時將該等統稱為『繞射光柵等』)之間包含使模式同步半導體雷射元件之光出射端面之像於繞射光柵等上成像之成像機構。成像機構可設為包含透鏡之構成，但並不限定於此，除此以外，例如亦可使用凹面鏡、凹面鏡與透鏡之組合。於此情形時，自模式同步半導體雷射元件之光出射端面出射且入射(碰撞)至繞射光柵等之雷射光並非為平行光束。因此，即便對外部共振器賦予機械振動等，只要為聚光光束不會自成像透鏡之開口偏離之範圍則出射端面與其成像不會改變位置，藉由此種理由亦可抑制模式同步動作變得不穩定。再者，於此情形時，於將模式同步半導體雷射元件之光出射端面之雷射光之橫方向之長度設為 L_1 ，將於繞射光柵等上成像之模式同步半導體雷射元件之光出射端面之像之橫方向之長度設為 L_2 時，較佳為滿足

$$1 \times 10 \leq L_2/L_1 \leq 1 \times 10^2$$

較理想為滿足

$$20 \leq L_2/L_1 \leq 50。$$

又，亦可設為如下構成：於模式同步半導體雷射元件與繞射光柵等之間配置用以使來自模式同步半導體雷射元件之雷射光為平行光之透鏡。

於包含以上所說明之較佳之構成、形態之本揭示之第1態樣之半導體雷射裝置組立體中，可設為如下形態：具有振動方向含在與半導體雷射元件之主面平行之平面中之電場之雷射光成分向外部之提取效率(Eff_{TM})，高於具有振動方向含在與半導體雷射元件之主面正交之平面中之電場之雷射光成分向外部之提取效率(Eff_{TE})，具體而言，例如可設為滿足下式之形態：

$$2 \leq Eff_{TM}/Eff_{TE}。$$

以上之說明藉由將繞射光柵更換成光學元件，可同樣地針對本

揭示之第2態樣之半導體雷射裝置組立體而應用。

進而，於包含以上所說明之較佳之構成、形態之本揭示之第1態樣之半導體雷射裝置組立體中，可設為如下形態：

進而包括配置於半導體雷射元件與繞射光柵之間之半波長板，

於將半導體雷射元件之軸線方向設為X方向，將厚度方向設為Z方向，將寬度方向設為Y方向時，自半導體雷射元件出射之雷射光之電場之主振動方向包含於XY平面，

通過半波長板之雷射光之電場之主振動方向包含於XZ平面，

於將繞射光柵之繞射面所延伸之方向投影至與YZ平面等效之平面時，繞射光柵之繞射面所延伸之方向與Z方向大致平行。再者，若於半導體雷射元件與繞射光柵等之間存在各種光學元件(例如，反射鏡等)，則有半導體雷射元件之三維空間之座標系統(X、Y、Z)、與繞射光柵等之三維空間之座標系統(x、y、z)之方向不一致之情形。於此種情形時，藉由適當地變換繞射光柵等之三維空間之座標系統(x、y、z)，可使其與半導體雷射元件之三維空間之座標系統(X、Y、Z)一致。「於將繞射光柵之繞射面所延伸之方向投影至與YZ平面等效之平面時」係指適當地變換此種座標系統。於以下亦相同。

又，於本揭示中，可設為如下形態：於不具備半波長板之情形時，

於將半導體雷射元件之軸線方向設為X方向，將厚度方向設為Z方向，將寬度方向設為Y方向時，自半導體雷射元件出射之雷射光之電場之主振動方向包含於XY平面，

於將繞射光柵之繞射面所延伸之方向投影至與YZ平面等效之平面時，繞射光柵之繞射面所延伸之方向與Y方向大致平行。

又，於本揭示中，可設為如下形態：於不具備半波長板之情形時，

半導體雷射元件由支撐構件支撐，

於將半導體雷射元件之軸線方向設為X方向，將厚度方向設為Z方向，將寬度方向設為Y方向時，自半導體雷射元件出射之雷射光之電場之主振動包含於XY平面，

支撐構件之半導體雷射元件支撐面之法線與Y方向平行，

於將繞射光柵之繞射面所延伸之方向投影至與YZ平面等效之平面時，繞射光柵之繞射面所延伸之方向與Y方向大致平行。

有時將包含以上所說明之較佳之構成、形態之本揭示之第1態樣之半導體雷射裝置組立體於以下簡稱為『本揭示之第1態樣』，有時將包含以上所說明之較佳之構成、形態之本揭示之第2態樣之半導體雷射裝置組立體於以下簡稱為『本揭示之第2態樣』，有時將包含以上所說明之較佳之構成、形態之本揭示之第1態樣及第2態樣之半導體雷射裝置組立體於以下僅統稱為『本揭示』。

於本揭示之第1態樣之半導體雷射裝置組立體中，於自半導體雷射元件出射之雷射光中包含具有振動方向含在與XY平面(半導體雷射元件之主面)平行之虛擬平面中之電場之雷射光成分(為方便起見，稱為『電場平行雷射光成分』)、及具有振動方向含在與XY平面(半導體雷射元件之主面)正交之虛擬平面中之電場之雷射光成分(為方便起見，稱為『電場正交雷射光成分』)。此處，(電場平行雷射光成分/電場平行雷射光成分 + 電場正交雷射光成分)之值(比例)根據半導體雷射元件之構成、構造而變化。例如，於包含GaN系化合物半導體之半導體雷射元件中，大致為「1」。於本揭示之第1態樣之半導體雷射裝置組立體中，繞射光柵之繞射面所延伸之方向與入射至繞射光柵之雷射光之電場之主振動方向大致平行，但此處，「主振動方向」例如係指雖依存於半導體雷射元件之構成、構造，但

$0.8 \leq (\text{電場平行雷射光成分} / \text{電場平行雷射光成分} + \text{電場正交雷射光成分})$

光成分) ≤ 1.0 。

又，「大致平行」係指於將電場之振動方向與繞射光柵之繞射面所延伸之方向所成之角度設為 η 時，

$$|\eta| < 45 \text{度}$$

較佳為

$$|\eta| \leq 10 \text{度}。$$

於本揭示中，半導體雷射元件較佳為設為具有積層構造體之構成，該積層構造體係依序積層如下半導體層而成：

包含GaN系化合物半導體且具有第1導電型之第1化合物半導體層、

包含GaN系化合物半導體且包含發光區域之第3化合物半導體層(活性層)、及

包含GaN系化合物半導體且具有與第1導電型不同之第2導電型之第2化合物半導體層。

另外，於每個脈衝之能量相同之情形時，光脈衝之峰功率係脈衝時間寬度越窄則越高，非線性現象表現得更顯著。因此，作為超短脈衝光源之性能指標之一，可列舉較窄之脈衝時間寬度。於被動模式同步之鈦/藍寶石雷射中，市售有產生具有10飛秒左右之脈衝時間寬度之光脈衝者。相對於此，於基於被動模式同步而動作之半導體雷射元件中，電流注入型之量子井雷射之脈衝時間寬度一般為1皮秒至2皮秒左右。半導體雷射元件之增益頻帶充分寬，故而潛在性地具有產生亞皮秒之光脈衝之能力，但此種亞皮秒之光脈衝之產生報告例幾乎不為人知。

於基於模式同步法之半導體雷射元件之驅動中，作為妨礙脈衝時間寬度為亞皮秒以下之光脈衝之產生之主要原因，可列舉伴隨脈衝產生之光脈衝所受到之啁啾(chirp)。於半導體雷射元件中，活性層

(增益部)之載子密度伴隨脈衝產生而隨時間變化，其結果，活性層之折射率產生變化。因此，半導體雷射元件中產生之光脈衝之頻率於脈衝之持續時間內產生變化。該頻率變化稱為啁啾，於啁啾較強之情形時，難以使環繞共振器內之光脈衝之各頻率之相位一致，難以使脈衝時間寬度變窄。

爲了解決因此種啁啾而難以使脈衝時間寬度變窄之問題，有於外部共振器內設置分散補償光學系統之方法。該方法大多使用於模式同步之鈦/藍寶石雷射中，但基於模式同步而動作之半導體雷射元件之報告例並不多。該方法並不依存於增益介質或可飽和吸收體之種類或激發方法，故而應用範圍較廣，較爲有利。於非專利文獻1「T. Schlauch et al., Optics Express, Vol. 18, p 24136 (2010)」中報告有如下內容：嘗試藉由使用繞射光柵之分散補償光學系統，而控制自基於模式同步而動作之半導體雷射元件產生之光脈衝之脈衝時間寬度。此處，於該非專利文獻1中報告有產生之光脈衝之光譜依存於分散補償量而變化之內容，但脈衝時間寬度未見變化，並未產生脈衝時間寬度爲皮秒以下之光脈衝。

因此，爲了提供一種具有可輸出超短脈衝之雷射光之構成、構造之電流注入型之半導體雷射裝置組立體，較佳爲設爲如下構成：

半導體雷射元件包含光密度爲 1×10^{10} W/cm²以上，較佳爲 1.4×10^{10} W/cm²以上，且載子密度爲 1×10^{19} /cm³以上之電流注入型之模式同步半導體雷射元件，

包括使自模式同步半導體雷射元件出射之雷射光入射出射之上述分散補償光學系統。再者，將此種構成稱爲『包括分散補償光學系統之第1構成之半導體雷射裝置組立體』。

又，較佳爲設爲如下構成：

半導體雷射元件包含電流注入型之模式同步半導體雷射元件，

包括使自模式同步半導體雷射元件出射之雷射光入射出射之上述分散補償光學系統，

於使分散補償光學系統之群速度分散值自第1特定值 GVD_1 單調變化至第2特定值 GVD_2 (其中， $|GVD_1| < |GVD_2|$)時，自模式同步半導體雷射元件輸出至外部(系統外)之雷射光之脈衝時間寬度減少，超過極小值 PW_{min} 而增加。再者，單調變化係指於 $GVD_1 < GVD_2$ 之情形時，單調增加，於 $GVD_1 > GVD_2$ 之情形時，單調減少。再者，將此種構成稱為『包括分散補償光學系統之第2構成之半導體雷射裝置組立體』。

於半導體雷射元件中，於半導體雷射元件之活性層(增益部)之光功率密度及載子密度超過特定值時，載子因受激發射而消耗，結果活性層之折射率動態地變化，發射光譜變寬。此種現象稱為自行相位調變。因自行相位調變而產生之發射光譜寬度之增大有助於脈衝時間寬度之狹隘化，利用分散補償光學系統對自行相位調變賦予適當之群速度分散，藉此獲得適當之光譜寬度，可產生亞皮秒級之光脈衝。此種特性與自行相位調變與適當之群速度分散於共振器內相互作用時可見之孤波·模式同步之特徵類似，作為使產生之光脈衝之時間寬度變窄至亞皮秒(例如，200飛秒)以下之方法極其有效。藉由設為上述之半導體雷射元件包含電流注入型之模式同步半導體雷射元件，且包括使自模式同步半導體雷射元件出射之雷射光入射出射之分散補償光學系統之構成，而規定自模式同步半導體雷射元件出射之雷射光之光密度，且規定模式同步半導體雷射元件之載子密度之值，故而可於較高之光功率密度及較高之載子密度時產生自行相位調變，且對其賦予適當之群速度分散，藉此可確實地產生亞皮秒級之光脈衝。又，規定分散補償光學系統之群速度分散值與自模式同步半導體雷射元件輸出至外部(系統外)之雷射光之脈衝時間寬度之關係，故而可確實地產生穩定之亞皮秒級之光脈衝，可實現產生之光脈衝之雜波之減少。而且，

除了此種亞皮秒級之光脈衝等之光脈衝時間寬度之狹隘化以外，模式同步半導體雷射元件為電流注入型，因此，與基於模式同步而動作之光激發型之半導體雷射元件相比，具有能量效率較高等優點。

於包括分散補償光學系統之第2構成之半導體雷射裝置組立體中，於將輸出至外部之雷射光之脈衝時間寬度成為極小值 PW_{min} 時之分散補償光學系統之群速度分散極小值設為 GVD_{min} ，將分散補償光學系統之群速度分散值為負之第1特定值 GVD_1 時之雷射光之脈衝時間寬度設為 PW_1 ，將分散補償光學系統之群速度分散值為負之第2特定值 GVD_2 時之雷射光之脈衝時間寬度設為 PW_2 時，例如較佳為滿足：

$$\begin{aligned} & (PW_1 - PW_{min}) / |GVD_{min} - GVD_1| \\ & \geq 2 \times (PW_2 - PW_{min}) / |GVD_2 - GVD_{min}| \end{aligned}$$

其中，

$$|GVD_1 / GVD_{min}| = 0.5$$

$$|GVD_2 / GVD_{min}| = 2。$$

於包含上述較佳之形態之包括分散補償光學系統之第2構成之半導體雷射裝置組立體中，較佳為設為如下形態：於輸出至外部之雷射光之脈衝時間寬度成為最小值 PW_{min} 之群速度分散極小值 GVD_{min} 或其附近動作。如下所述，雖群速度分散值減少(群速度分散值之絕對值增加)，並且時間為零之主脈衝以外之副脈衝之個數減少，但於將觀察不到副脈衝時之群速度分散值之上限值設為 GVD_S 時，『群速度分散極小值 GVD_{min} 之附近』係由下式定義：

$$GVD_S \pm |GVD_{min} - GVD_S|。$$

進而，於包含以上所說明之較佳之形態且包括分散補償光學系統之第2構成之半導體雷射裝置組立體中，可設為如下形態：相對於輸出至外部之雷射光之主振盪頻率之雜訊成分為-60 dB以下，較佳為-70 dB以下。

於包括分散補償光學系統之第1構成或第2構成之半導體雷射裝置組立體中，可設為模式同步半導體雷射元件如下所述般具有可飽和吸收區域之形態。再者，於先前之基於模式同步而動作之光激發型之半導體雷射元件中，為了控制振盪特性而利用半導體可飽和吸收體 (SESAME, Semiconductor Saturable absorber mirror, 半導體可飽和吸收鏡) 之溫度特性，但於具有可飽和吸收區域之形態中，可基於向可飽和吸收區域之逆向偏壓電壓、及分散補償光學系統之群速度分散值而控制振盪特性，故而振盪特性之控制較為容易。較佳為設為分散補償光學系統之群速度分散值為負之構成。但，群速度分散值基於模式同步半導體雷射元件之構成、構造、半導體雷射裝置組立體之構成、構造、驅動方法(例如，施加於載子注入區域(增益區域)之電流量、施加於可飽和吸收區域(載子非注入區域)之逆向偏壓電壓、驅動溫度)等整體上決定即可，依存於模式同步半導體雷射元件之構成、構造、半導體雷射裝置組立體之構成、構造、驅動方法等，亦可取得正值。

進而，於包含以上所說明之較佳之構成且包括分散補償光學系統之第1構成之半導體雷射裝置組立體中，較佳為於輸出至外部之雷射光之脈衝時間寬度成為最小值之群速度分散值或其附近動作。再者，『群速度分散值之附近』與上述群速度分散極小值 GVD_{min} 之附近為相同含義。

於包括分散補償光學系統之第2構成之半導體雷射裝置組立體中，自模式同步半導體雷射元件出射之雷射光之光密度可藉由用雷射光之功率(單位為瓦特，於脈衝之情形時為峰功率)除以模式同步半導體雷射元件端面之近場場型之截面積(相對於峰強度成為 $1/e^2$ 之區域)而獲得。又，載子密度可藉由測定載子壽命，並對用注入電流量除以增益部之電極(例如，下述之第2電極之第1部分)之面積所得之值乘以

載子壽命而獲得。進而，群速度分散值可由對被測定光脈衝測定使具有已知之分散量之介質透過後可見之脈衝寬度之變化之方法、或頻率分解型光開關法(Frequency resolved optical gating, FROG)而獲得。又，1皮秒左右或其以下之時間脈衝寬度可使用SHG(Second Harmonic Generator, 第二諧波發生器)強度相關測定裝置而測定。

進而，於包含以上所說明之較佳之形態、構成且包括分散補償光學系統之第1構成或第2構成之半導體雷射裝置組立體中，亦可設為如下構成：

包括波長選擇機構，

波長選擇機構係抽選輸出至外部之雷射光之短波長成分。

於使半導體雷射元件包含模式同步半導體雷射元件之情形時，可設為如下形態：模式同步半導體雷射元件包含於共振器方向上並排設置有發光區域與可飽和吸收區域之兩段(Bi Section)型之模式同步半導體雷射元件，

兩段型之模式同步半導體雷射元件包括：

(a)積層構造體，其係依序積層具有第1導電型且包含Ga_N系化合物半導體之第1化合物半導體層、包含Ga_N系化合物半導體且構成發光區域及可飽和吸收區域之第3化合物半導體層(活性層)、以及具有與第1導電型不同之第2導電型且包含Ga_N系化合物半導體之第2化合物半導體層而成；

(b)帶狀之第2電極，其形成於第2化合物半導體層上；以及

(c)第1電極，其與第1化合物半導體層電性連接；且

第2電極係藉由分離槽而分離成用以將直流電流經由發光區域流動於第1電極而形成順向偏壓狀態之第1部分、及用以對可飽和吸收區域施加電場之第2部分。

而且，第2電極之第1部分與第2部分之間的電阻值較理想為第2

電極與第1電極之間的電阻值之 1×10 倍以上，較佳為 1×10^2 倍以上，更佳為 1×10^3 倍以上。再者，為方便起見，將此種模式同步半導體雷射元件稱為『第1構成之模式同步半導體雷射元件』。又，第2電極之第1部分與第2部分之間的電阻值較理想為 $1 \times 10^2 \Omega$ 以上，較佳為 $1 \times 10^3 \Omega$ 以上，更佳為 $1 \times 10^4 \Omega$ 以上。再者，為方便起見，將此種模式同步半導體雷射元件稱為『第2構成之模式同步半導體雷射元件』。

於第1構成或第2構成之模式同步半導體雷射元件中，將直流電流自第2電極之第1部分經由發光區域流動至第1電極而形成順向偏壓狀態，且藉由對第1電極與第2電極之第2部分之間施加電壓而對可飽和吸收區域施加電場，藉此可進行被動模式同步動作。

於此種第1構成或第2構成之模式同步半導體雷射元件中，將第2電極之第1部分與第2部分之間的電阻值設為第2電極與第1電極之間的電阻值之10倍以上，又，藉由設為 $1 \times 10^2 \Omega$ 以上而可確實地抑制洩漏電流自第2電極之第1部分向第2部分流動。即，可提高向可飽和吸收區域(載子非注入區域)施加之逆向偏壓電壓 V_{sa} ，故而可實現具有短於脈衝時間寬度之光脈衝之被動模式同步動作。而且，僅藉由分離槽將第2電極分離成第1部分與第2部分，便可達成第2電極之第1部分與第2部分之間的此種高電阻值。

又，對於第1構成及第2構成之模式同步半導體雷射元件並無限定，但可設為如下形態：

第3化合物半導體層具有具備井層及障壁層之量子井構造，

井層之厚度為1 nm以上、10 nm以下，較佳為1 nm以上、8 nm以下，

障壁層之雜質摻雜濃度為 $2 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ 以上、 $1 \times 10^{20} \text{ cm}^{-3}$ 以下，較佳為 $1 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$ 以上、 $1 \times 10^{20} \text{ cm}^{-3}$ 以下。再者，為方便起見，有時將此種模式同步半導體雷射元件稱為『第3構成之模式同步半導體雷射』。

元件』。再者，藉由在活性層中採用量子井構造，可實現較採用量子點構造而言更高之注入電流量，而可容易獲得高輸出。

如此，藉由將構成第3化合物半導體層之井層之厚度規定為1 nm以上、10 nm以下，進而將構成第3化合物半導體層之障壁層之雜質摻雜濃度規定為 $2 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ 以上、 $1 \times 10^{20} \text{ cm}^{-3}$ 以下，即，藉由使井層之厚度變薄，且謀求第3化合物半導體層之載子之增加，而可減少壓電分極之影響，可獲得脈衝時間寬度較短，且能夠產生副脈衝成分較少之經單峰化之光脈衝之雷射光源。又，可以較低之逆向偏壓電壓達成被動模式同步驅動，可產生取得與外部信號(電氣信號及光信號)同步之光脈衝串。可為障壁層中摻雜之雜質為矽(Si)之構成，但並不限定於此，除此以外亦可設為氧(O)。

此處，模式同步半導體雷射元件可設為具有脊狀條紋型之分離封閉異質構造(SCH構造，Separate Confinement Heterostructure)之半導體雷射元件之形態。又，可設為具有斜脊狀條紋型之分離封閉異質構造之半導體雷射元件之形態。即，可設為模式同步半導體雷射元件之軸線與脊狀條紋構造之軸線以特定角度相交之構成。此處，作為特定角度 θ ，可例示 $0.1 \text{ 度} \leq \theta \leq 10 \text{ 度}$ 。脊狀條紋構造之軸線係指將光出射端面(為方便起見，有時稱為『第2端面』)之脊狀條紋構造之兩端之二等分點、及與光出射端面(第2端面)為相反側之積層構造體之端面(為方便起見，有時稱為『第1端面』)之脊狀條紋構造之兩端之二等分點連結之直線。又，模式同步半導體雷射元件之軸線係指與第1端面及第2端面正交之軸線。脊狀條紋構造之平面形狀可為直線狀，亦可彎曲。

又，於模式同步半導體雷射元件中，於將第2端面之脊狀條紋構造之寬度設為 W_2 ，將第1端面之脊狀條紋構造之寬度設為 W_1 時，可為 $W_1 = W_2$ ，亦可設為 $W_2 > W_1$ 。再者，可設為 W_2 為5 μm 以上之形態，

作為 W_2 之上限值，並無限定，例如可例示 $4 \times 10^2 \mu\text{m}$ 。又，可設為 W_1 為 $1.4 \mu\text{m}$ 至 $2.0 \mu\text{m}$ 之形態。脊狀條紋構造之各端部可包含1條線段，亦可包含2條以上之線段。於前者之情形時，脊狀條紋構造之寬度例如可構成為自第1端面向第2端面單調且呈錐狀地緩緩地擴展。另一方面，於後者之情形時，可設為如下構成：脊狀條紋構造之寬度例如自第1端面向第2端面首先為相同寬度，其次單調且呈錐狀地緩緩擴展，又，脊狀條紋構造之寬度例如自第1端面向第2端面首先擴展，於超過最大寬度後變窄。

於模式同步半導體雷射元件中，出射有光束(光脈衝)之積層構造體之第2端面之光反射率較佳為0.5%以下。具體而言，可設為於第2端面形成有低反射塗層之構成。此處，低反射塗層例如包含選自由氧化鈦層、氧化鋇層、氧化鋯層、氧化矽層及氧化鋁層所組成之群中之至少2種層之積層構造。再者，該光反射率之值為明顯低於先前之半導體雷射元件中出射光束(光脈衝)之積層構造體之一端面之光反射率(通常為5%至10%)之值。又，第1端面較佳為具有較高之光反射率，例如反射率85%以上、較佳為反射率95%以上之高反射率。

外部共振器之外部共振器長度(X' ，單位：mm)之值較理想為

$$0 < X' < 1500$$

較佳為

$$30 \leq X' \leq 500。$$

此處，外部共振器包含模式同步半導體雷射元件之第1端面、及構成外部共振器構造之反射鏡或部分反射鏡，外部共振器長度係指模式同步半導體雷射元件之第1端面、與構成外部共振器構造之反射鏡或部分反射鏡之間之距離。

於模式同步半導體雷射元件中，積層構造體具有至少包含第2化合物半導體層之厚度方向之一部分之脊狀條紋構造，但該脊狀條紋構

造亦可僅由第2化合物半導體層構成，亦可包含第2化合物半導體層及第3化合物半導體層(活性層)，亦可包含第2化合物半導體層、第3化合物半導體層(活性層)、及第1化合物半導體層之厚度方向之一部分。

於第1構成或第2構成之模式同步半導體雷射元件中，並無限定，較理想為，

第2電極之寬度為 $0.5\ \mu\text{m}$ 以上、 $50\ \mu\text{m}$ 以下，較佳為 $1\ \mu\text{m}$ 以上、 $5\ \mu\text{m}$ 以下，

脊狀條紋構造之高度為 $0.1\ \mu\text{m}$ 以上、 $10\ \mu\text{m}$ 以下，較佳為 $0.2\ \mu\text{m}$ 以上、 $1\ \mu\text{m}$ 以下，

將第2電極分離成第1部分與第2部分之分離槽之寬度為 $1\ \mu\text{m}$ 以上、模式同步半導體雷射元件之共振器長(以下，簡稱為『共振器長』)之50%以下，較佳為 $10\ \mu\text{m}$ 以上、共振器長之10%以下。作為共振器長，可例示 $0.6\ \text{mm}$ ，但並不限定於此。又，作為脊狀條紋構造之寬度，可例示 $2\ \mu\text{m}$ 以下，作為脊狀條紋構造之寬度之下限值，例如可列舉 $0.8\ \mu\text{m}$ ，但並不限定於此。自位於較脊狀條紋構造之兩側面更靠外側之第2化合物半導體層之部分之頂面至第3化合物半導體層(活性層)之距離(D)較佳為 $1.0 \times 10^{-7}\ \text{m}$ ($0.1\ \mu\text{m}$)以上。藉由如此規定距離(D)，而可於第3化合物半導體層之兩側(Y方向)確實地形成可飽和吸收區域。距離(D)之上限基於閾值電流之上升、溫度特性、長期驅動時之電流上升率之劣化等而決定即可。

進而，於包含上述較佳之形態之第1構成或第2構成之模式同步半導體雷射元件中，可設為如下形態：第2電極包含鈰(Pd)單層、鎳(Ni)單層、鉑(Pt)單層、鈰層與第2化合物半導體層接觸之鈰層/鉑層之積層構造、或鈰層與第2化合物半導體層接觸之鈰層/鎳層之積層構造。再者，於使下層金屬層包含鈰，使上層金屬層包含鎳之情形時，

較理想為將上層金屬層之厚度設為0.1 μm 以上，較佳為設為0.2 μm 以上。又，較佳為設為使第2電極包含鈀(Pd)單層之構成，於此情形時，較理想為將厚度設為20 nm以上，較佳為設為50 nm以上。又，較佳為設為如下構成：使第2電極包含鈀(Pd)單層、鎳(Ni)單層、鉑(Pt)單層、或下層金屬層與第2化合物半導體層接觸之下層金屬層與上層金屬層之積層構造(其中，下層金屬層包含選自由鈀、鎳及鉑所組成之群中之1種金屬，上層金屬層包含於下述步驟(D)中於第2電極形成分離槽時之蝕刻速率與下層金屬層之蝕刻速率相同、或相同程度、或高於下層金屬層之蝕刻速率之金屬)。又，較理想為使於下述步驟(D)中於第2電極形成分離槽時之蝕刻液為王水、硝酸、硫酸、鹽酸、或該等酸內之至少2種之混合液(具體而言，為硝酸與硫酸之混合液、硫酸與鹽酸之混合液)。

於包含以上所說明之較佳之構成、形態之第1構成或第2構成之模式同步半導體雷射元件中，可設為可飽和吸收區域之長度短於發光區域之長度之構成。又，可設為第2電極之長度(第1部分與第2部分之總計長度)短於第3化合物半導體層(活性層)之長度之構成。作為第2電極之第1部分與第2部分之配置狀態，具體而言，可列舉如下狀態：

(1)設置1個第2電極之第1部分與1個第2電極之第2部分，第2電極之第1部分、與第2電極之第2部分隔著分離槽而配置；

(2)設置1個第2電極之第1部分與2個第2電極之第2部分，第1部分之一端隔著一個分離槽與一個第2部分相對向，第1部分之另一端隔著另一個分離槽與另一個第2部分相對向；

(3)設置2個第2電極之第1部分與1個第2電極之第2部分，第2部分之端部隔著一個分離槽與一個第1部分對向，第2部分之另一端隔著另一個分離槽與另一個第1部分對向(即，第2電極係由第1部分夾著第2部分之構造)。

又，廣泛而言可列舉如下狀態：

(4)設置N個第2電極之第1部分與(N-1)個第2電極之第2部分，第2電極之第1部分夾著第2電極之第2部分而配置；

(5)設置N個第2電極之第2部分與(N-1)個第2電極之第1部分，第2電極之第2部分夾著第2電極之第1部分而配置。

再者，(4)及(5)之狀態換言之為如下狀態：

(4')設置N個發光區域[載子注入區域、增益區域]與(N-1)個可飽和吸收區域[載子非注入區域]，發光區域夾著可飽和吸收區域而配置；

(5')設置N個可飽和吸收區域[載子非注入區域]與(N-1)個發光區域[載子注入區域、增益區域]，可飽和吸收區域夾著發光區域而配置。

再者，藉由採用(3)、(5)、(5')之構造，而難以產生模式同步半導體雷射元件之光出射端面之損傷。

模式同步半導體雷射元件例如可由以下方法製造。即，可基於包括如下各步驟之製造方法製造：

(A)於基體上形成積層構造體，該積層構造體係依序積層具有第1導電型且包含GaN系化合物半導體之第1化合物半導體層、包含GaN系化合物半導體且構成發光區域及可飽和吸收區域之第3化合物半導體層、以及具有與第1導電型不同之第2導電型且包含GaN系化合物半導體之第2化合物半導體層而成，其後，

(B)於第2化合物半導體層上形成帶狀之第2電極，其次，

(C)將第2電極作為蝕刻用掩膜，至少對第2化合物半導體層之一部分進行蝕刻，而形成脊狀條紋構造，其後，

(D)形成用以於第2電極形成分離槽之抗蝕劑層，其次，將抗蝕劑層作為濕式蝕刻用掩膜，利用濕式蝕刻法於第2電極形成分離槽，因

此，藉由分離槽將第2電極分離成第1部分與第2部分。

而且，藉由採用此種製造方法，即，由於將帶狀之第2電極作為蝕刻用掩膜，至少對第2化合物半導體層之一部分進行蝕刻，而形成脊狀條紋構造，即，由於使用經圖案化之第2電極作為蝕刻用掩膜並利用自對準方式形成脊狀條紋構造，故而使第2電極與脊狀條紋構造之間對準而不會產生偏離。又，利用濕式蝕刻法於第2電極形成分離槽。如此，與乾式蝕刻法不同，藉由採用濕式蝕刻法而可抑制第2化合物半導體層產生光學、電特性之劣化。因此，可確實地防止發光特性產生劣化。

再者，於步驟(C)中，亦可於厚度方向上對第2化合物半導體層之一部分進行蝕刻，亦可於厚度方向上對第2化合物半導體層之全部進行蝕刻，亦可於厚度方向上對第2化合物半導體層及第3化合物半導體層進行蝕刻，亦可於厚度方向上對第2化合物半導體層及第3化合物半導體層、進而第1化合物半導體層之一部分進行蝕刻。

進而，於上述步驟(D)中，於在第2電極形成分離槽時之第2電極之蝕刻速率設為 ER_0 ，將積層構造體之蝕刻速率設為 ER_1 時，較理想為滿足 $ER_0/ER_1 \geq 1 \times 10$ ，較佳為滿足 $ER_0/ER_1 \geq 1 \times 10^2$ 。藉由使 ER_0/ER_1 滿足此種關係，可不對積層構造體進行蝕刻(或略微進行蝕刻)而確實地對第2電極進行蝕刻。

於半導體雷射元件中，積層構造體具體而言可設為包含AlGaInN系化合物半導體之構成。此處，作為AlGaInN系化合物半導體，更具體而言，可列舉GaN、AlGaInN、GaInN、AlGaInN。進而，於該等化合物半導體中，視需要亦可含有硼(B)原子或銻(Tl)原子、砷(As)原子、磷(P)原子、銻(Sb)原子。又，構成發光區域(增益區域)及可飽和吸收區域之第3化合物半導體層(活性層)較理想為具有量子井構造。具體而言，可具有單一量子井構造[QW(Quantum Well)構造]，亦可具有多

重量子井構造[MQW(Multiple Quantum Well)構造]。具有量子井構造之第3化合物半導體層(活性層)具有井層及障壁層積層至少1層而成之構造，作為(構成井層之化合物半導體、構成障壁層之化合物半導體)之組合，可例示($\text{In}_y\text{Ga}_{(1-y)}\text{N}$ 、 GaN)、($\text{In}_y\text{Ga}_{(1-y)}\text{N}$ 、 $\text{In}_z\text{Ga}_{(1-z)}\text{N}$)[其中， $y > z$]、($\text{In}_y\text{Ga}_{(1-y)}\text{N}$ 、 AlGaIn)。

進而，於半導體雷射元件中，可設為如下構造：第2化合物半導體層具有p型GaIn層及p型AlGaIn層交替地積層而成之超格子構造；超格子構造之厚度為0.7 μm 以下。藉由採用此種超格子構造之構造，而可一面維持包覆層所需之折射率，一面減少模式同步半導體雷射元件之串聯電阻成分，有助於模式同步半導體雷射元件之低動作電壓化。再者，作為超格子構造之厚度之下限值，並無限定，例如可列舉0.3 μm ，作為構成超格子構造之p型GaIn層之厚度，可例示1 nm至5 nm，作為構成超格子構造之p型AlGaIn層之厚度，可例示1 nm至5 nm，作為p型GaIn層及p型AlGaIn層之層數合計，可例示60層至300層。又，可設為自第3化合物半導體層至第2電極之距離為1 μm 以下、較佳為0.6 μm 以下之構成。藉由如此規定自第3化合物半導體層至第2電極之距離，而可使電阻較高之p型之第2化合物半導體層之厚度變薄，而可達成模式同步半導體雷射元件之動作電壓之降低化。再者，作為自第3化合物半導體層至第2電極之距離之下限值，並無限定，例如可列舉0.3 μm 。又，可設為如下構成：於第2化合物半導體層中摻雜 $1 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$ 以上之Mg；第2化合物半導體層相對於來自第3化合物半導體層之波長405 nm之光之吸收係數至少為 50 cm^{-1} 。該Mg之原子濃度係源自 $2 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$ 之值下顯示最大之電洞濃度之材料物性，以成為最大之電洞濃度、即第2化合物半導體層之比電阻成為最小之方式設計之結果。第2化合物半導體層之吸收係數係以儘可能降低模式同步半導體雷射元件之電阻之觀點而規定者，其結果，第3化合物半導體層之光

之吸收係數一般為 50 cm^{-1} 。然而，爲了提高該吸收係數，亦可將Mg摻雜量特意設定為 $2 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$ 以上之濃度。於此情形時，獲得實用之電洞濃度時之Mg摻雜量之上限爲例如 $8 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$ 。又，可設爲如下構成：第2化合物半導體層自第3化合物半導體層側起具有無摻雜化合物半導體層、及p型化合物半導體層；自第3化合物半導體層至p型化合物半導體層之距離為 $1.2 \times 10^{-7} \text{ m}$ 以下。藉由如此規定自第3化合物半導體層至p型化合物半導體層之距離，而可於內部量子效率不降低之範圍內抑制內部損失，藉此，可降低開始雷射振盪之閾值電流密度。再者，作爲自第3化合物半導體層至p型化合物半導體層之距離之下限值，並無限定，例如可列舉 $5 \times 10^{-8} \text{ m}$ 。又，可設爲如下構成：於脊狀條紋構造之兩側面形成有包含 SiO_2/Si 積層構造之積層絕緣膜；脊狀條紋構造之有效折射率與積層絕緣膜之有效折射率之差為 5×10^{-3} 至 1×10^{-2} 。藉由使用此種積層絕緣膜，即便爲超過100毫瓦特之高輸出動作，亦可維持單一基本橫模式。又，第2化合物半導體層可設爲自第3化合物半導體層側起例如積層無摻雜GaInN層(p側光導層)、摻雜Mg之AlGaIn層(電子障壁層)、GaIn層(摻雜Mg)/AlGaIn層之超格子構造(超格子包覆層)、及摻雜Mg之GaIn層(p側接觸層)而成之構造。第3化合物半導體層之構成井層之化合物半導體之能隙較理想為2.4 eV以上。又，自第3化合物半導體層(活性層)出射之雷射光之波長較理想為360 nm至500 nm，較佳為400 nm至410 nm。此處，當然可將以上所說明之各種構成適當組合。

於模式同步半導體雷射元件中，於基板上依序形成構成模式同步半導體雷射元件之各種GaN系化合物半導體層，此處，作爲基板，除了藍寶石基板以外，亦可列舉GaAs基板、GaN基板、SiC基板、氧化鋁基板、ZnS基板、ZnO基板、AlN基板、LiMgO基板、LiGaO₂基板、MgAl₂O₄基板、InP基板、Si基板、於該等基板之表面(主面)形成

有底層或緩衝層者。已知主要於基板上形成GaN系化合物半導體層之情形時，GaN基板之缺陷密度較少，故而較佳，但GaN基板會根據成長面而使極性/無極性/半極性等特性發生變化。又，作為構成模式同步半導體雷射元件之各種化合物半導體層(例如，GaN系化合物半導體層)之形成方法，可列舉有機金屬化學氣相成長法(MOCVD(Metal-organic Chemical Vapor Deposition，金屬有機化學氣相沈積)法、MOVPE(Metal-organic Vapor Phase Epitaxy，金屬有機氣相磊晶)法)或分子束磊晶法(MBE(Molecular Beam Epitaxy)法)、有助於鹵素輸送或反應之氫化物氣相成長法等。

此處，作為MOCVD法之有機鎵源氣體，可列舉三甲基鎵(TMg，Trimethylgallium)氣體或三乙基鎵(TEG，Triethylgallium)氣體，作為氮源氣體，可列舉氨氣或肼氣。又，於形成具有n型之導電型之GaN系化合物半導體層時，例如添加矽(Si)作為n型雜質(n型摻雜劑)即可，於形成具有p型之導電型之GaN系化合物半導體層時，例如添加鎂(Mg)作為p型雜質(p型摻雜劑)即可。又，於含有鋁(Al)或銦(In)作為GaN系化合物半導體層之構成原子之情形時，使用三甲基鋁(TMA，Trimethylaluminum)氣體作為Al源即可，使用三甲基銦(TMI，Trimethylindium)氣體作為In源即可。進而，使用甲矽烷氣體(SiH_4 氣體)作為Si源即可，使用環戊二烯基鎂氣體或甲基環戊二烯基鎂、雙環戊二烯基鎂(Cp_2Mg)作為Mg源即可。再者，作為n型雜質(n型摻雜劑)，除了Si以外，可列舉Ge、Se、Sn、C、Te、S、O、Pd、Po，作為p型雜質(p型摻雜劑)，除了Mg以外，可列舉Zn、Cd、Be、Ca、Ba、C、Hg、Sr。

於將第1導電型設為n型時，電性連接於具有n型之導電型之第1化合物半導體層之第1電極較理想為具有包含選自由金(Au)、銀(Ag)、鈀(Pd)、Al(鋁)、Ti(鈦)、鎢(W)、Cu(銅)、Zn(鋅)、錫(Sn)及銦

(In)所組成之群中之至少1種金屬之單層構成或多層構成，例如可例示Ti/Au、Ti/Al、Ti/Pt/Au。第1電極電性連接於第1化合物半導體層，但包含第1電極形成於第1化合物半導體層上之形態、第1電極經由導電材料層或導電性之基板而連接於第1化合物半導體層之形態。第1電極或第2電極例如可利用真空蒸鍍法或濺鍍法等PVD(Physical Vapor Deposition，物理氣相沈積)法而成膜。

亦可於第1電極或第2電極上設置焊墊電極，用以與外部之電極或電路電性連接。焊墊電極較理想為具有包含選自由Ti(鈦)、鋁(Al)、Pt(鉑)、Au(金)、Ni(鎳)所組成之群中之至少1種金屬之單層構成或多層構成。又，亦可將焊墊電極設為Ti/Pt/Au之多層構成、Ti/Au之多層構成中例示之多層構成。

於第1構成或第2構成之模式同步半導體雷射元件中，如上所述，較理想為設為對第1電極與第2部分之間施加逆向偏壓電壓之構成(即，將第1電極設為正極、將第2部分設為負極之構成)。再者，亦可對第2電極之第2部分施加與施加於第2電極之第1部分之脈衝電流或脈衝電壓同步之脈衝電流或脈衝電壓，亦可施加直流偏壓。又，可設為如下形態：使電流自第2電極經由發光區域流動至第1電極，且使外部電氣信號自第2電極經由發光區域與第1電極重疊。繼而，藉此可取得雷射光脈衝與外部電氣信號之間之同步。又，可設為自積層構造體之一端面入射光信號之形態。繼而，藉此亦可取得雷射光脈衝與光信號之間之同步。又，於第2化合物半導體層中，亦可於第3化合物半導體層與電子障壁層之間形成無摻雜化合物半導體層(例如，無摻雜GaInN層、或無摻雜AlGaIn層)。進而，亦可於第3化合物半導體層與無摻雜化合物半導體層之間形成作為光導層之無摻雜GaInN層。亦可設為摻雜Mg之GaN層(p側接觸層)佔據第2化合物半導體層之最上層之構造。

模式同步半導體雷射元件並不限定於兩段型(2電極型)之半導體

雷射元件，除此以外，亦可採用多段(多電極型)型之半導體雷射元件、於垂直方向上配置有發光區域與可飽和吸收區域之SAL(Saturable Absorber Layer，可飽和吸收層)型、或沿著脊狀條紋構造設置有可飽和吸收區域之WID(Weakly Index guide，弱折射率波導)型之半導體雷射元件。

可將本揭應用於例如光碟系統、通信領域、光資訊領域、光電子積體電路、應用非線性光學現象之領域、光開關、雷射計測領域或各種分析領域、超高速分光領域、多光子激發分光領域、質量分析領域、利用多光子吸收之顯微分光之領域、化學反應之量子控制、奈米三維加工領域、應用多光子吸收之各種加工領域、醫療領域、生物成像領域等領域中。

[實施例1]

實施例1係關於本揭示之第1態樣及第2態樣之半導體雷射裝置組立體。於圖1A中表示實施例1之半導體雷射裝置組立體之概念圖，於圖2A、圖2B或圖2C中模式性地表示半導體雷射元件與繞射光柵或光學元件之配置狀態，於圖6中表示半導體雷射元件之沿著共振器之延伸之方向之模式性端視圖，於圖7中表示半導體雷射元件之沿著與共振器之延伸之方向成直角之方向之模式性剖面圖。

實施例1或下述之實施例2～實施例4之半導體雷射裝置組立體包括：

(A)半導體雷射元件；及

(B)繞射光柵101，其構成外部共振器，且使0次以外之繞射光返回至半導體雷射元件，將0次繞射光輸出至外部。

又，實施例1或下述之實施例2～實施例4之半導體雷射裝置組立體包括：

(A)半導體雷射元件；及

(B)光學元件，其構成外部共振器，且將入射之雷射光之一部分返回至半導體雷射元件，將入射之雷射光之其餘部分輸出至外部。

此處，輸出至外部之雷射光例如通過平面鏡201、光隔離器，並藉由聚光透鏡而聚光為多模光纖，但於圖1A中，該等一部分未圖示。

又，於實施例1或下述之實施例2～實施例4中，半導體雷射元件具體而言係以進行被動模式同步動作之方式驅動。以下，將此種半導體雷射元件稱為模式同步半導體雷射元件10。

於實施例1或下述之實施例2～實施例4中，模式同步半導體雷射元件10具有積層構造體，該積層構造體係依序積層如下半導體層而成：

包含GaN系化合物半導體且具有第1導電型之第1化合物半導體層30、

包含GaN系化合物半導體之第3化合物半導體層(活性層)40、及

包含GaN系化合物半導體且具有與第1導電型不同之第2導電型之第2化合物半導體層50。

更具體而言，於實施例1或下述之實施例2～實施例4中，模式同步半導體雷射元件10具有可飽和吸收區域。具體而言，模式同步半導體雷射元件10包含於共振器方向上並排設置有發光區域與可飽和吸收區域之兩段型之模式同步半導體雷射元件10。具體而言，發光波長405 nm帶之兩段型之模式同步半導體雷射元件10係如圖6及圖7所示，包括：

(a)積層構造體，其係依序積層具有第1導電型(於各實施例中，具體而言為n型導電型)且包含GaN系化合物半導體之第1化合物半導體層30、包含GaN系化合物半導體且構成發光區域(增益區域)41及可飽和吸收區域42之第3化合物半導體層(活性層)40、以及具有與第1導

電型不同之第2導電型(於各實施例中，具體而言為p型導電型)且包含GaN系化合物半導體之第2化合物半導體層50而成；

(b)帶狀之第2電極62，其形成於第2化合物半導體層50上；以及

(c)第1電極61，其電性連接於第1化合物半導體層30。

如圖1A所示，外部共振器包含繞射光柵101(光學元件)。而且，繞射光柵101於下述之實施例1A、實施例1B、實施例1C中包含反射型且閃耀型之繞射光柵，繞射光柵101係進行利特羅配置(亦稱為利特曼配置)。又，繞射光柵101於下述之實施例1D、實施例1E、實施例1F中包含反射型且刻線型之繞射光柵。再者，於下述之比較例1A、比較例1B、比較例1C、比較例1G₁、比較例1G₂、比較例1H₁、比較例1H₂中包含反射型且閃耀型之繞射光柵，繞射光柵係進行利特羅配置。另一方面，於下述之比較例1D、比較例1E、比較例1F中包含反射型且刻線型之繞射光柵。

另外，如圖16A所示，使波長 λ 之光以角度 α 入射至反射型之繞射光柵，以角度 β 繞射。此處，角度 α 、 β 為自繞射光柵之法線之角度，將逆時針方向設為正。如此一來，光柵方程式係如下所述。此處， N_0 為繞射光柵每1 mm之槽之條數(繞射光柵週期之倒數，亦稱為刻線數)， n 為繞射次數($n=0, \pm 1, \pm 2, \dots$)。

$$\sin(\alpha) + \sin(\beta) = N_0 \cdot n \cdot \lambda$$

於相對於槽之斜面，入射光與 n 次繞射光存在鏡面反射之關係時， n 次繞射光中會集中能量之大部分。將此時之槽之傾斜稱為閃耀角，若由 θ_B 表示，則成為

$$\theta_B = (\alpha + \beta)/2。$$

又，將此時之波長稱為閃耀波長，若由 λ_B 表示，則成為

$$\lambda_B = \{2/(N_0 \cdot n)\} \sin(\theta_B) \cdot \cos(\alpha - \theta_B)。$$

此處，如圖16B所示，若由 λ_n 表示 $+n$ 次繞射光向入射光之方向返

回時之波長，則此時成爲 $\alpha = \beta = \theta_B$ ，故而，結果成爲

$$\lambda_n = (2/N_0 \cdot n) \sin(\theta_B) \quad (A)。$$

此時之配置稱爲利特羅配置。

因此，於實施例1中，自下述表1所示之閃耀波長 λ_B ，於 $n=1$ 、 $\lambda_n = \lambda_B$ 時根據式(A)求出 θ_B ，以雷射光之入射成爲該閃耀角 θ_B 之方式配置繞射光柵101，藉此進行光強度之測定。

又，於使繞射光柵101包含反射型且刻線型之繞射光柵之情形時，於將自半導體雷射元件出射且向繞射光柵101入射之雷射光(波長： λ nm)向繞射光柵101之入射角設爲 Φ_{in} ，將出射角設爲 Φ_{out} ，將繞射光柵101之繞射光柵週期之倒數設爲 N_0 (單位： mm^{-1})，將繞射光之次數設爲 n 時，滿足下述式(0)之關係，藉此，碰撞至繞射光柵101之雷射光內之 n 次繞射光返回至半導體雷射元件，0次繞射光輸出至外部。更具體而言，爲了僅提取+1次繞射光，將相對於繞射光柵101之法線向順時針方向之角度之符號設爲正，自正角度入射雷射光時，-1次繞射光之出射角 Φ_{out} 爲 -90° 以下，+2次繞射光之出射角 Φ_{out} 爲 90° 以上，而且，+1次繞射光之出射角 Φ_{out} 超過 -90° 、未達 $+90^\circ$ 即可。因此，選擇如滿足下述式(1)、式(2)及式(3)之關係之繞射光柵週期之倒數 N_0 、波長 λ 、入射角 Φ_{in} 即可。此處，式(1)爲關於+1次繞射光($n=+1$)之出射角 Φ_{out} 之式，式(2)爲關於-1次繞射光($n=-1$)之出射角 Φ_{out} 之式，式(3)爲關於+2次繞射光($n=+2$)之出射角 Φ_{out} 之式。

$$\Phi_{out} = \sin^{-1}[N_0 \cdot n \cdot \lambda - \sin(\Phi_{in})] \quad (0)$$

$$-90 < \Phi_{out} = \sin^{-1}[N_0 \cdot (+1) \cdot \lambda - \sin(\Phi_{in})] < 90 \quad (1)$$

$$\Phi_{out} = \sin^{-1}[N_0 \cdot (-1) \cdot \lambda - \sin(\Phi_{in})] \leq -90 \quad (2)$$

$$\Phi_{out} = \sin^{-1}[N_0 \cdot (+2) \cdot \lambda - \sin(\Phi_{in})] \geq 90 \quad (3)$$

又，自半導體雷射元件出射之雷射光碰撞至繞射光柵101，碰撞至繞射光柵101之雷射光內之0次以外之繞射光(例如，1次繞射光)返

回至半導體雷射元件，碰撞至繞射光柵101之雷射光內之0次繞射光輸出至外部。

於將半導體雷射元件(模式同步半導體雷射元件10)之軸線方向設為X方向，將厚度方向設為Z方向，將寬度方向設為Y方向時，自包含GaN系化合物半導體之模式同步半導體雷射元件10出射之雷射光之電場之主振動方向包含於XY平面中。即，(電場平行雷射光成分/電場平行雷射光成分+電場正交雷射光成分)之值(比例)大致為「1」。於圖2)圖2B、圖2C中，於自模式同步半導體雷射元件10出射之雷射光中，由『平行成分』表示電場平行雷射光成分，由『正交成分』表示電場正交雷射光成分。

於實施例1或下述之實施例2～實施例4中，繞射光柵101之繞射面所延伸之方向與入射至繞射光柵101之雷射光之電場之主振動方向大致平行。又，於實施例1或下述之實施例2～實施例4中，具有振動方向含在與半導體雷射元件之主面平行之平面中之電場之雷射光成分(電場平行雷射光成分)向外部之提取效率，高於具有振動方向含在與半導體雷射元件之主面正交之平面中之電場之雷射光成分(電場正交雷射光成分)向外部之提取效率。

即，如圖2A所示，若由箭頭「A」表示繞射光柵101之繞射面所延伸之方向，則與入射至繞射光柵101之雷射光之電場之主振動方向(於圖2A中由「平行成分」表示)大致平行。換言之，於將繞射光柵101之繞射面所延伸之方向投影至與YZ平面等效之平面時，繞射光柵101之繞射面所延伸之方向與Y方向大致平行。此處，於實施例1中，於電場之振動方向、與繞射光柵101之繞射面所延伸之方向所成之角度設為 η 時，較理想為 $|\eta| < 45$ 度，較佳為 $|\eta| \leq 10$ 度，於實施例1中，設為 $\eta = 0$ 度。於以下之說明中亦相同。再者，亦可將此種繞射光柵101之構成應用於下述之實施例2～實施例4之繞射光柵101中。

又，如圖2B所示，模式同步半導體雷射元件10由支撐構件10'支撐，自模式同步半導體雷射元件10出射之雷射光之電場之主振動包含於XY平面，支撐構件10'之半導體雷射元件支撐面之法線與Y方向平行，於將繞射光柵101之繞射面所延伸之方向投影至與YZ平面等效之平面時，繞射光柵101之繞射面所延伸之方向與Y方向大致平行。再者，亦可將此種繞射光柵101之構成應用於下述之實施例2～實施例4之繞射光柵101中。

又，如圖2C所示，進而包括配置於模式同步半導體雷射元件10與繞射光柵101之間之半波長板($\lambda/2$ 波長板)102，通過半波長板102之雷射光之電場之主振動方向包含於XZ平面中，於將繞射光柵101之繞射面所延伸之方向投影至與YZ平面等效之平面時，繞射光柵101之繞射面所延伸之方向與Z方向大致平行。再者，亦可將此種繞射光柵101之構成應用於下述之實施例2～實施例4之繞射光柵101中。然而，自半導體雷射元件10出射之雷射光之橢圓之模場之長軸與Z方向大致平行，短軸與Y方向大致平行。而且，雷射光係通過半波長板102而碰撞至繞射光柵101。此處，即便通過半波長板102，碰撞至繞射光柵101之雷射光之橢圓之模場之長軸之方向亦不會產生變化，與Z方向大致平行。因此，雷射光之橢圓之模場之長軸與繞射光柵之繞射面所延伸之方向(參照箭頭A)大致平行。而且，碰撞至繞射光柵101之雷射光之電場之主振動方向(於圖2C中由「平行成分」表示)與橢圓之模場之長軸大致平行。

基於圖2C所示之構成，使用具有各種繞射光柵週期之倒數(刻線數) N_0 、閃耀波長 λ_B 之繞射光柵101進行提取效率之測定。將其結果示於以下之表1中。將自模式同步半導體雷射元件10出射之雷射光之峰波長(為 λ)設為403 nm。再者，若將繞射光柵101嚴格地設為利特羅配置，則無法進行1次繞射光之光強度之測定，故而實際上將繞射光柵

101儘可能接近於利特羅配置，且以可進行1次繞射光之光強度之測定之方式配置。於圖1B中模式性地表示用以進行光強度測定之實施例1之半導體雷射裝置組立體之各種構成元件之配置。配置有光強度測定裝置(1)，其係用以測定自模式同步半導體雷射元件10出射、或返回至模式同步半導體雷射元件10之雷射光之光強度；光強度測定裝置(2)，其係用以測定由繞射光柵101繞射之1次繞射光之光強度；及光強度測定裝置(3)，其係用以測定藉由繞射光柵101而輸出至外部之0次繞射光之光強度。

又，於表1中，由「平行偏光光」表示繞射光柵之繞射面所延伸之方向與電場之振動方向平行之偏光光，由「正交偏光光」表示繞射光柵之繞射面所延伸之方向與電場之振動方向正交之偏光光，「平行偏光光」適合實施例，「正交偏光光」適合比較例。藉由光強度測定裝置(1)求出剛通過半波長板102之後之雷射光之平均輸出 P_{out} ，藉由光強度測定裝置(2)求出1次繞射光之平均輸出 P_1 ，藉由光強度測定裝置(3)求出0次繞射光之平均輸出 P_0 。繼而，由 $(P_0/P_{out} \times 100)$ 求出「提取效率」(單位：%)，由 $(P_1/P_{out} \times 100)$ 求出「共振器反射率」(單位：%)。又，「損失」(單位：%)係由 $(100 - \text{共振器反射率} - \text{提取效率})$ 而求出之值。

[表1]

實施例	比較例	N_0	λ_B	偏光光	提取效率	共振器反射率	損失
		mm^{-1}	nm		%	%	%
1A	1A	3600	250	平行	85.8	7.7	6.6
				正交	31.5	53.2	15.3
1B	1B	1200	250	平行	46.9	28.4	24.7
				正交	26.7	44.4	28.8
1C	1C	600	250	平行	29.9	41.5	28.6
				正交	23.6	51.7	24.7
1D	1D	2400	400	平行	40.6	48.8	10.6
				正交	3.5	77.1	19.4

1E	1800	400	平行	17.1	60.8	22.1
1E			正交	0.6	72.5	27.0
1F	1200	400	平行	10.3	58.1	31.6
1F			正交	1.4	75.2	23.4
1G ₁	1800	500	平行	27.3	61.5	11.1
1G ₂			正交	29.3	20.7	50.0
1H ₁	1200	500	平行	0.5	51.8	47.7
1H ₂			正交	14.7	33.3	52.1

於表1中，若將實施例1A與比較例1A、實施例1B與比較例1B、實施例1C與比較例1C、實施例1D與比較例1D、實施例1E與比較例1E、實施例1F與比較例1F進行比較，則於任一情形時，為平行偏光光之實施例與為正交偏光光之比較例相比，提取效率均較高。又，於實施例中，於使閃耀波長 λ_B 相同之情形時，繞射光柵週期之倒數(刻線數) N_0 之值越大，提取效率越高。進而，於繞射光柵週期之倒數(刻線數) N_0 之值相同之情形時，若 $(\lambda - \lambda_B)$ 之值較大，則提取效率較高。於比較例1G₁、比較例1G₂、比較例1H₁、比較例1H₂中， $(\lambda - \lambda_B)$ 之值為負，正交偏光光之情形與平行偏光光之情形相比，提取效率較高，但損失之值過大，不實用。如上所述，可知為了使提取效率高達50%左右，使繞射光柵週期之倒數(刻線數) N_0 之值為1200 mm⁻¹以上，以獲得平行偏光光之方式配置閃耀波長 λ_B 與振盪波長相同或短於振盪波長之繞射光柵即可。

於實施例1A及比較例1A之半導體雷射裝置組立體中，將求出施加於可飽和吸收區域42之逆向偏壓電壓 V_{sa} 與平均輸出之關係、逆向偏壓電壓 V_{sa} 與光脈衝之持續時間之關係之結果示於圖14A及圖14B之圖表中。再者，於圖14A及圖14B中，四邊形標記為實施例1A之資料，菱形標記為比較例1A之資料。為平行偏光光之實施例1A與為正交偏光光之比較例1B相比，平均輸出大幅度增加。然而，光脈衝寬度於實施例1A與比較例1B中幾乎相同。

視情形，如圖3所示，外部共振器亦可採用包含模式同步半導體雷射元件10之第1端面、及構成外部共振器構造之反射鏡103之構成。此處，自模式同步半導體雷射元件10出射之雷射光碰撞至繞射光柵101(光學元件)，來自繞射光柵101(光學元件)之1次繞射光碰撞至反射鏡103而反射，而入射至繞射光柵101(光學元件)，然後向模式同步半導體雷射元件10返回。另一方面，碰撞至繞射光柵101之雷射光內之0次繞射光輸出至外部。

實施例1或下述之實施例2～實施例4中之模式同步半導體雷射元件10具體而言為具有脊狀條紋型之分離封閉異質構造(SCH構造)之半導體雷射元件。更具體而言，該模式同步半導體雷射元件10為折射率波導型之包含AlGaInN之Ga_N系半導體雷射元件，且具有脊狀條紋構造。而且，第1化合物半導體層30、第3化合物半導體層40、及第2化合物半導體層50具體而言包含AlGaInN系化合物半導體，更具體而言具有以下之表2所示之層構成。此處，於表2中，記載為越下方之化合物半導體層，為越靠近n型Ga_N基板21之層。第3化合物半導體層40之構成井層之化合物半導體之能隙為3.06 eV。實施例1或下述之實施例2～實施例4中之模式同步半導體雷射元件10設置於n型Ga_N基板21之(0001)面上，第3化合物半導體層40具有量子井構造。n型Ga_N基板21之(0001)面亦稱為『C面』，為具有極性之結晶面。

[表2]

第2化合物半導體層50

p型Ga_N接觸層(摻雜Mg)54

p型Ga_N(摻雜Mg)/AlGa_N超格子包覆層53

p型AlGa_N電子障壁層(摻雜Mg)52

無摻雜GaInN光導層51

第3化合物半導體層40

GaInN量子井活性層

(井層： $\text{Ga}_{0.92}\text{In}_{0.08}\text{N}$ /障壁層： $\text{Ga}_{0.98}\text{In}_{0.02}\text{N}$)

第1化合物半導體層30

n型GaN包覆層32

n型AlGaIn包覆層31

其中，

井層(2層) 8 nm 無摻雜

障壁層(3層) 14 nm 摻雜Si

又，p型GaIn接觸層54及p型GaIn/AlGaIn超格子包覆層53之一部分係利用RIE(Reactive Ion Etching，反應性離子蝕刻)法而去除，而形成脊狀條紋構造55。於脊狀條紋構造55之兩側形成有包含 SiO_2/Si 之積層絕緣膜56。再者， SiO_2 層為下層，Si層為上層。此處，脊狀條紋構造55之有效折射率與積層絕緣膜56之有效折射率之差為 5×10^{-3} 至 1×10^{-2} ，具體而言為 7×10^{-3} 。而且，於相當於脊狀條紋構造55之頂面之p型GaIn接觸層54上形成有第2電極(p側歐姆電極)62。另一方面，於n型GaIn基板21之背面形成有包含Ti/Pt/Au之第1電極(n側歐姆電極)61。

於實施例1或下述之實施例2～實施例4中之模式同步半導體雷射元件10中，於自第3化合物半導體層40及其附近產生之光密度分佈中，使作為摻雜有Mg之化合物半導體層之p型AlGaIn電子障壁層52、p型GaIn/AlGaIn超格子包覆層53及p型GaIn接觸層54儘可能不重疊，藉此，於內部量子效率不降低之範圍內抑制內部損失。而且，藉此降低開始雷射振盪之閾值電流密度。具體而言，將自第3化合物半導體層40至p型AlGaIn電子障壁層52之距離d設為 $0.10 \mu\text{m}$ ，將脊狀條紋構造55之高度設為 $0.30 \mu\text{m}$ ，將位於第2電極62與第3化合物半導體層40之間之第2化合物半導體層50之厚度設為 $0.50 \mu\text{m}$ ，將位於第2電極62之

下方之p型GaN/AlGaN超格子包覆層53之部分之厚度設為0.40 μm 。又，爲了減輕端面反射，使脊狀條紋構造55朝向第2端面彎曲，但並不限定於此種形狀。

而且，於實施例1或下述之實施例2～實施例4中之模式同步半導體雷射元件10中，第2電極62藉由分離槽62C而分離成用以藉由使直流電流經由發光區域(增益區域)41而流動至第1電極61而形成順向偏壓狀態之第1部分62A、及用以對可飽和吸收區域42施加電場之第2部分62B(用以對可飽和吸收區域42施加逆向偏壓電壓 V_{sa} 之第2部分62B)。此處，第2電極62之第1部分62A與第2部分62B之間之電阻值(有時稱爲『分離電阻值』)爲第2電極62與第1電極61之間的電阻值之 1×10 倍以上，具體而言爲 1.5×10^3 倍。又，第2電極62之第1部分62A與第2部分62B之間的電阻值(分離電阻值)爲 $1 \times 10^2 \Omega$ 以上，具體而言爲 $1.5 \times 10^4 \Omega$ 。將模式同步半導體雷射元件10之共振器長設為600 μm ，將第2電極62之第1部分62A、第2部分62B、分離槽62C之各者之長度設為560 μm 、30 μm 、10 μm 。又，將脊狀條紋構造55之寬度設為1.4 μm 。

於實施例1或下述之實施例2～實施例4中之模式同步半導體雷射元件10中，於與準直機構11對向之光出射端面(第2端面)形成有抗反射塗層(AR, Anti Reflection)。另一方面，於模式同步半導體雷射元件10之與光出射端面(第2端面)對向之端面(第1端面)形成有高反射塗層(HR, High Reflection)。可飽和吸收區域42設置於模式同步半導體雷射元件10之第1端面之側。作爲抗反射塗層(低反射塗層)，可列舉選自由氧化鈦層、氧化鋇層、氧化鋯層、氧化矽層及氧化鋁層所組成之群中之至少2種層之積層構造。

將實施例1或下述之實施例2～實施例4中之模式同步半導體雷射元件10之脈衝重複頻率設為1 GHz。再者，藉由外部共振器長度 X' (第

1端面與反射鏡113之間之距離)而決定光脈衝串之重複頻率 f ，並由下述式表示。此處， c 為光速， n 為共振器之有效折射率。

$$f = c / (2n \cdot X')$$

另外，如上所述，較理想為於第2化合物半導體層50上形成具有 $1 \times 10^2 \Omega$ 以上之分離電阻值之第2電極62。於GaN系半導體雷射元件之情形時，與先前之GaAs系半導體雷射元件不同，具有p型導電型之化合物半導體之移動率較小，故而並不藉由離子注入等使具有p型導電型之第2化合物半導體層50高電阻化，而藉由將形成於其上之第2電極62由分離槽62C分離可將第2電極62之第1部分62A與第2部分62B之間之電阻值設為第2電極62與第1電極61之間的電阻值之10倍以上，又，可將第2電極62之第1部分62A與第2部分62B之間之電阻值設為 $1 \times 10^2 \Omega$ 以上。

此處，第2電極62所要求之特性係如下所述。即，

(1)具有作為對第2化合物半導體層50進行蝕刻時之蝕刻用掩膜之功能。

(2)不使第2化合物半導體層50之光學、電特性產生劣化，第2電極62可進行濕式蝕刻。

(3)於在第2化合物半導體層50上成膜時，顯示 $10^{-2} \Omega \cdot \text{cm}^2$ 以下之接觸比電阻值。

(4)於設為積層構造之情形時，構成下層金屬層之材料之功函數較大，顯示相對於第2化合物半導體層50較低之接觸比電阻值，而且可進行濕式蝕刻。

(5)於設為積層構造之情形時，構成上層金屬層之材料相對於形成脊狀條紋構造時之蝕刻(例如，於RIE法中使用之 Cl_2 氣體)具有耐性，而且可進行濕式蝕刻。

於實施例1或下述之實施例2～實施例4中，使第2電極62包含厚

度0.1 μm 之Pd單層。

再者，具有p型Ga_{0.5}N_{0.5}層及p型AlGa_{0.5}N_{0.5}層交替地積層而成之超格子構造之p型Ga_{0.5}N_{0.5}/AlGa_{0.5}N_{0.5}超格子包覆層53之厚度為0.7 μm 以下，具體而言為0.4 μm ，構成超格子構造之p型Ga_{0.5}N_{0.5}層之厚度為2.5 nm，構成超格子構造之p型AlGa_{0.5}N_{0.5}層之厚度為2.5 nm，p型Ga_{0.5}N_{0.5}層及p型AlGa_{0.5}N_{0.5}層之層數合計為160層。又，自第3化合物半導體層40至第2電極62之距離為1 μm 以下，具體而言為0.5 μm 。進而，於構成第2化合物半導體層50之p型AlGa_{0.5}N_{0.5}電子障壁層52、p型Ga_{0.5}N_{0.5}/AlGa_{0.5}N_{0.5}超格子包覆層53、p型Ga_{0.5}N_{0.5}接觸層54中摻雜 $1 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$ 以上(具體而言為 $2 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$)之Mg，第2化合物半導體層50相對於波長405 nm之光之吸收係數至少為 50 cm^{-1} ，具體而言為 65 cm^{-1} 。又，第2化合物半導體層50自第3化合物半導體層側起具有無摻雜化合物半導體層(無摻雜GaInN光導層51)及p型化合物半導體層，自第3化合物半導體層40至p型化合物半導體層(具體而言為p型AlGa_{0.5}N_{0.5}電子障壁層52)之距離(d)為 $1.2 \times 10^{-7} \text{ m}$ 以下，具體而言為100 nm。

以下，參照圖11A、圖11B、圖12A、圖12B、圖13對實施例1或下述之實施例2～實施例4中之模式同步半導體雷射元件之製造方法進行說明。再者，圖11A、圖11B、圖12A、圖12B係將基板等於YZ平面上切斷時之模式性局部剖面圖，圖13係將基板等於XZ平面上切斷時之模式性局部端視圖。

[步驟-100]

首先，於基體上，具體而言於n型Ga_{0.5}N_{0.5}基板21之(0001)面上基於眾所周知之MOCVD法形成積層構造體，該積層構造體依序積層具有第1導電型(n型導電型)且包含Ga_{0.5}N_{0.5}系化合物半導體之第1化合物半導體層30、包含Ga_{0.5}N_{0.5}系化合物半導體且構成發光區域(增益區域)41及可飽和吸收區域42之第3化合物半導體層(活性層40)、以及具有與第1導

電型不同之第2導電型(p型導電型)且包含GaN系化合物半導體之第2化合物半導體層50而成(參照圖11A)。

[步驟-110]

其後，於第2化合物半導體層50上形成帶狀之第2電極62。具體而言，基於真空蒸鍍法使Pd層63成膜於整個面之後(參照圖11B)，於Pd層63上基於光微影技術形成帶狀之蝕刻用抗蝕劑層。繼而，使用王水將未被蝕刻用抗蝕劑層覆蓋之Pd層63去除之後，將蝕刻用抗蝕劑層去除。如此一來，可獲得圖12A所示之構造。再者，亦可基於脫膜法於第2化合物半導體層50上形成帶狀之第2電極62。

[步驟-120]

其次，將第2電極62作為蝕刻用掩膜，至少對第2化合物半導體層50之一部分進行蝕刻(具體而言，對第2化合物半導體層50之一部分進行蝕刻)，而形成脊狀條紋構造。具體而言，基於使用Cl₂氣體之RIE法，使用第2電極62作為蝕刻用掩膜，對第2化合物半導體層50之一部分進行蝕刻。如此一來，可獲得圖12B所示之構造。如此，使用呈帶狀地圖案化之第2電極62作為蝕刻用掩膜並利用自對準方式形成脊狀條紋構造，故而使第2電極62與脊狀條紋構造之間對準而不會產生偏離。

[步驟-130]

其後，形成用以於第2電極62形成分離槽之抗蝕劑層64(參照圖13)。再者，參照編號65係為了形成分離槽而設置於抗蝕劑層64之開口部。其次，將抗蝕劑層64作為濕式蝕刻用掩膜，利用濕式蝕刻法於第2電極62形成分離槽62C，因此，藉由分離槽62C將第2電極62分離成第1部分62A與第2部分62B。具體而言，使用王水作為蝕刻液，將整體浸漬於王水中約10秒，藉此於第2電極62形成分離槽62C。繼而，其後將抗蝕劑層64去除。如此一來，可獲得圖6及圖7所示之構

造。如此，與乾式蝕刻法不同，藉由採用濕式蝕刻法，而不會使第2化合物半導體層50之光學、電特性產生劣化。因此，不會使模式同步半導體雷射元件之發光特性產生劣化。再者，於採用乾式蝕刻法之情形時，有第2化合物半導體層50之內部損失 α_i 增加，閾值電壓上升，或導致光輸出之降低之虞。此處，於將第2電極62之蝕刻速率設為 ER_0 ，將積層構造體之蝕刻速率設為 ER_1 時，

$$ER_0/ER_1 \cong 1 \times 10^2。$$

如此，於第2電極62與第2化合物半導體層50之間存在較高之蝕刻選擇比，因此可不對積層構造體進行蝕刻(或稍微進行蝕刻)而確實地對第2電極62進行蝕刻。再者，較理想為滿足 $ER_0/ER_1 \geq 1 \times 10$ ，較佳滿足 $ER_0/ER_1 \geq 1 \times 10^2$ 。

亦可將第2電極設為包含厚度20 nm之鈀(Pd)之下層金屬層、與包含厚度200 nm之鎳(Ni)之上層金屬層之積層構造。此處，於利用王水之濕式蝕刻時，鎳之蝕刻速率為鈀之蝕刻速率之約1.25倍。

[步驟-140]

其後，進行n側電極之形成、基板之劈開等，進而，可藉由進行封裝化而製作模式同步半導體雷射元件10。

如上所述，於實施例1之半導體雷射裝置組立體中，繞射光柵之繞射面所延伸之方向、與入射至繞射光柵之雷射光之電場之主振動方向大致平行。又，具有振動方向含在與半導體雷射元件之主面平行之平面中之電場之雷射光成分向外部之提取效率，高於具有振動方向含在與半導體雷射元件之主面正交之平面中之電場之雷射光成分向外部之提取效率。因此，可增加自半導體雷射元件輸出至外部之雷射光之平均輸出。

[實施例2]

實施例2為實施例1之變化。實施例2之半導體雷射裝置組立體為

包括分散補償光學系統之第1構成之半導體雷射裝置組立體、及包括分散補償光學系統之第2構成之半導體雷射裝置組立體。具體而言，實施例2之半導體雷射裝置組立體係如圖4之概念圖所示般進而包括使自半導體雷射元件出射之雷射光入射出射之分散補償光學系統110，且繞射光柵101構成分散補償光學系統110之一部分。於實施例2中，模式同步半導體雷射元件10係光密度為 1×10^{10} W/cm²以上，較佳為 1.4×10^{10} W/cm²以上，且載子密度為 1×10^{19} /cm³以上之電流注入型且被動模式同步之模式同步半導體雷射元件。又，於使分散補償光學系統110之群速度分散值自第1特定值GVD₁單調變化至第2特定值GVD₂(其中， $|GVD_1| < |GVD_2|$)時，自模式同步半導體雷射元件10輸出至外部(系統外)之雷射光之脈衝時間寬度減少，超過極小值PW_{min}而增加。

此處，分散補償光學系統110之群速度分散值為負。即， $0 > GVD_1 > GVD_2$ ，因此，使分散補償光學系統110之群速度分散值自第1特定值GVD₁單調減少至第2特定值GVD₂。

於實施例2中，分散補償光學系統110包含具有與實施例1相同之構成之全像型之繞射光柵(或光學元件)101、聚光機構(具體而言為透鏡)112、及反射鏡(平面反射鏡，具體而言，例如為介電多層膜反射鏡)113。繼而，自模式同步半導體雷射元件10出射之雷射光入射至分散補償光學系統110，入射至分散補償光學系統110之雷射光之一部分自分散補償光學系統110出射，返回至模式同步半導體雷射元件10，而入射至分散補償光學系統110之雷射光之其餘部分被輸出至外部(系統外)。即，自半導體雷射元件出射之雷射光碰撞至繞射光柵101，碰撞至繞射光柵101之雷射光內之0次以外之繞射光(例如，1次繞射光)經由聚光機構112入射至反射鏡113，並由反射鏡113反射，經由聚光機構112入射至繞射光柵101，然後返回至半導體雷射元件。另一方面，碰撞至繞射光柵101之雷射光內之0次繞射光輸出至外部。再者，

外部共振器包含反射鏡113與模式同步半導體雷射元件10之第1端面。於模式同步半導體雷射元件10與繞射光柵101之間配置有作為用以使來自模式同步半導體雷射元件10之雷射光為平行光束之準直機構11之焦點距離4.0 mm之非球面的凸透鏡。將繞射光柵101之繞射光柵週期之倒數 N_0 (刻線數)於實施例2中設為 2400 mm^{-1} 。

使聚光機構112與反射鏡113之間之距離固定，使用眾所周知之移動機構改變繞射光柵101與聚光機構112及反射鏡113之間之距離，藉此，可改變分散補償光學系統110之群速度分散值(分散補償量)。具體而言，使聚光機構112與反射鏡113作為一體於聚光機構112之光軸上(1次繞射光之光路徑上)移動，藉此，於入射至分散補償光學系統110之雷射光與出射之雷射光中彼此產生分散之變化。於實施例2中，將聚光機構112與反射鏡113之間之距離設為100 mm，將具有凸透鏡之功率之聚光機構(透鏡)112之焦點距離設為100 mm。即，聚光機構112與反射鏡113之間之距離、與具有凸透鏡之功率之聚光機構(透鏡)112之焦點距離一致，雷射光之像藉由聚光機構112而於反射鏡113中成像。入射至聚光機構112之光與出射之光存在倍率1.0之望遠鏡中之入射光與出射光之關係。

例如，於繞射光柵101與聚光機構112之間之距離與聚光機構112之焦點距離相等之情形時，自繞射光柵101朝向聚光機構112之雷射光與由反射鏡113反射而經由聚光機構112入射至繞射光柵101之雷射光之角度分散不產生變化。因此，於此情形時，分散補償光學系統產生之分散補償量為零。另一方面，於繞射光柵101與聚光機構112之距離長於聚光機構112之焦點距離之情形時，由繞射光柵101而繞射之雷射光內之長波長成分之光路徑長於短波長成分之光路徑，於此情形時，形成負群速度分散。即，群速度分散值成為負。於以下之說明中，將繞射光柵101與聚光機構112之距離稱為『距離L』。距離 $L=0\text{ mm}$ 係指

繞射光柵101與聚光機構112之距離與聚光機構112之焦點距離相同，距離 L 之值($L > 0$)係指繞射光柵101與聚光機構112之距離較聚光機構112之焦點距離長 L mm。分散補償量為與下述之距離 L 成比例之量。於距離 L 為正值時，分散補償光學系統110所賦予之分散為負群速度分散。

於實施例2之半導體雷射裝置組立體中進而包括波長選擇機構200。而且，波長選擇機構200係抽選輸出至系統外之雷射光之短波長成分。波長選擇機構200具體而言包含帶通濾波器。藉此，將非同調之光脈衝成分去除，可獲得同調之光脈衝。帶通濾波器例如可藉由將具有低介電常數之介電薄膜、及具有高介電常數之介電薄膜積層而獲得。再者，於實施例1之半導體雷射裝置組立體中亦包括此種波長選擇機構200。

另外，為了獲得雷射振盪所需之光學增益，必需於活性層40內注入(激發)高密度之載子，形成反轉分佈。此處，於由電子及電洞之有效質量較大之GaN系化合物半導體構成半導體雷射元件之情形時，為了使光學增益取得正值，活性層40之載子密度必需超過 $10^{19}/\text{cm}^3$ (例如，參照高橋清監修、吉川明彥、長谷川文夫編著之「寬能隙半導體光、電子裝置」，森北出版，p.124-126)。該反轉分佈載子密度例如與上述非專利文獻1中所示之包含GaAs系化合物半導體之半導體雷射元件相比，高1位數左右，為使包含GaN系化合物半導體之半導體雷射元件振盪而必需注入密度非常高之載子密度。於實施例2之模式同步半導體雷射元件中，載子密度(反轉分佈載子密度)概算為約 $1.7 \times 10^{19}/\text{cm}^3$ 。

於實施例1D及比較例1D之半導體雷射裝置組立體中，將於逆向偏壓電壓 $V_{sa} = -7$ 伏特、增益電流 $I = 130$ 毫安之條件下求出距離 L 與光脈衝之半峰全幅值之關係之結果示於圖15A中，將求出距離 L 與平均

輸出之關係之結果示於圖15B中。於圖15A及圖15B中，菱形標記為實施例1D之資料，四邊形標記為比較例1D資料。此處，於距離L與群速度分散值之間存在

$$\text{群速度分散值}(ps^2) = -5.352 \times 10^{-3} \times L(mm)$$

之關係。再者，一般以

$$\text{群速度分散值} = -(\lambda^3 / (\pi \cdot c^2 \cdot d_G^2 \cdot \cos^2 \theta_r)) \cdot 2 \cdot L$$

給出。再者，

λ ：波長

c ：光速

d_G ：繞射光柵之槽之間隔

θ_r ：繞射光相對於繞射光柵之法線之角度。

根據圖15A可知，脈衝半峰全幅值朝向某距離L急遽減少，取得極小值。可知因與對應於該脈衝半峰全幅值之極小值之分散補償量(稱為『分散補償極小量』，於圖15A所示之例中，距離L=15 mm)附近對應之分散補償量之少許變化而呈現副脈衝。又，大於分散補償極小量之分散補償量中，與小於分散補償極小量之分散補償量之範圍內之脈衝半峰全幅值之變化相比，脈衝半峰全幅值相對於分散補償量之變化較小。而且，可於大於分散補償極小量之分散補償量之範圍內調整因使分散補償量變化而產生之脈衝之啁啾。藉由使脈衝半峰全幅值為極小值之光脈衝通過波長選擇機構200，並僅抽選短波長成分，可獲得顯示無下擺之整齊之光脈衝之相關波形。進而，於脈衝時間寬度成為極小之群速度分散值至負側之群速度分散值中，可獲得顯示無下擺之整齊之光脈衝之相關波形。再者，於實施例1D及比較例1D中，脈衝半峰全幅值未見差異。另一方面，如圖15B所示，實施例1D中之平均輸出為比較例1D中之平均輸出之約3倍。

利用四端子法測定製作之模式同步半導體雷射元件10之第2電極

62之第2部分62A與第2部分62B之間之電阻值，結果於分離槽62C之寬度為20 μm 時，第2電極62之第1部分62A與第2部分62B之間之電阻值為15k Ω 。又，於製作之模式同步半導體雷射元件10中，使直流電流自第2電極62之第1部分62A經由發光區域41流動至第1電極61而形成順向偏壓狀態，藉由對第1電極61與第2電極62之第2部分62B之間施加逆向偏壓電壓 V_{sa} 而對可飽和吸收區域42施加電場，藉此，可進行自行脈動動作。即，第2電極62之第1部分62A與第2部分62B之間的電阻值為第2電極62與第1電極61之間的電阻值之10倍以上，又，為 $1 \times 10^2 \Omega$ 以上。因此，可確實地抑制洩漏電流自第2電極62之第1部分62A向第2部分62B之流動，結果可使發光區域41為順向偏壓狀態，而且可確實地使可飽和吸收區域42為逆向偏壓狀態，可確實地產生單模式之自行脈動動作。

[實施例3]

實施例3為實施例1中所說明之模式同步半導體雷射元件之變形，其關於第3構成之模式同步半導體雷射元件。於實施例1中，將模式同步半導體雷射元件10設置於作為具有極性之結晶面之n型GaN基板21之(0001)面、C面上。另外，於使用此種基板之情形時，有因活性層40中因壓電分極及自發分極而產生之內部電場所引起之QCSE效應(Quantum-Confined Stark effect，量子封閉史塔克效應)，而難以電性地控制可飽和吸收之情形。即，可知視情形為了獲得自行脈動動作及模式同步動作而必需使第1電極中流通之直流電流之值及施加於可飽和吸收區域之逆向偏壓電壓之值增加，或產生隨附主脈衝之副脈衝成分，或難以取得外部信號與光脈衝之間之同步。

而且，判明為了防止此種現象之產生，較佳為謀求構成活性層40之井層之厚度之最佳化、構成活性層40之障壁層之雜質摻雜濃度之最佳化。

具體而言，較理想為將構成GaInN量子井活性層之井層之厚度設為1 nm以上、10.0 nm以下，較佳為設為1 nm以上、8 nm以下。藉由如此使井層之厚度變薄，可減少壓電分極及自發分極之影響。又，較理想為將障壁層之雜質摻雜濃度設為 $2 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ 以上、 $1 \times 10^{20} \text{ cm}^{-3}$ 以下，較佳為設為 $1 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$ 以上、 $1 \times 10^{20} \text{ cm}^{-3}$ 以下。此處，作為雜質，可列舉矽(Si)或氧(O)。而且，藉由將障壁層之雜質摻雜濃度設為此種濃度，而可實現活性層之載子之增加，結果可減少壓電分極及自發分極之影響。

於實施例3中，將包括包含表3所示之層構成之3層障壁層(包含 $\text{Ga}_{0.98}\text{In}_{0.02}\text{N}$)與2層井層($\text{Ga}_{0.92}\text{In}_{0.08}\text{N}$)之GaInN量子井活性層之活性層40之構成設為如下所述。又，於參考例3之模式同步半導體雷射元件中，將表3所示之層構成中之活性層40之構成設為如下所述。具體而言，設為與實施例1相同之構成。

[表3]

	實施例3	參考例3
井層	8 nm	10.5 nm
障壁層	12 nm	14 nm
井層之雜質摻雜濃度	無摻雜	無摻雜
障壁層之雜質摻雜濃度	Si: $2 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$	無摻雜

於實施例3中，井層之厚度為8 nm，又，於障壁層中摻雜 $2 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ 之Si，活性層內之QCSE效應得以緩和。另一方面，於參考例3中，井層之厚度為10.5 nm，又，於障壁層中未摻雜雜質。

模式同步與實施例1同樣地由施加於發光區域之直流電流與施加於可飽和吸收區域之逆向偏壓電壓 V_{sa} 決定。測定實施例3及參考例3之注入電流與光輸出之關係(L-I特性)之逆向偏壓電壓依存性。其結果，可知於參考例3中，若增加逆向偏壓電壓 V_{sa} ，則開始雷射振盪之

閾值電流逐漸上升，進而，與實施例3相比，以較低之逆向偏壓電壓 V_{sa} 產生變化。其暗示實施例3之活性層藉由逆向偏壓電壓 V_{sa} 而電性地控制可飽和吸收之效應。但，當然於參考例3中，亦於對可飽和吸收區域施加逆向偏壓之狀態下確認單模式(單一基本橫模式)之自行脈動動作及模式同步(模式鎖定)動作，參考例3亦包含於本揭示中。

[實施例4]

實施例4係實施例1～實施例3之變形。於實施例4中，亦可代替使波長選擇機構包含帶通濾波器之情形，而如圖5A及圖5B之概念圖所示般設為包含繞射光柵210、及選擇自繞射光柵210出射之1次以上之繞射光(於實施例4中為1次繞射光)之光圈211之構成。光圈211例如包含具有多個區段之透過型液晶顯示裝置212。再者，於繞射光柵210與光圈211之間配置有透鏡213。又，較佳為以繞射光柵210之繞射面所延伸之方向、與入射至繞射光柵210之雷射光(自繞射光柵101輸出之0次繞射光)之電場之主振動方向大致垂直之方式配置繞射光柵210。

自模式同步半導體雷射元件10出射之雷射光之波長具有某波長範圍。因此，繞射光柵101中繞射之1次繞射光係如圖5A所示，可於多個區域中碰撞至光圈211。即，於上述之式(A)中，存在複數個角度 α ，因此存在複數個角度 β 。再者，於圖5A及圖5B中，忽視利用透鏡213之光路徑之收斂、發散。又，自繞射光柵101出射之0次繞射光之圖示亦省略。此處，如圖5B所示，於具有多個區段之透過型液晶顯示裝置212所期望之區段(構成光圈211)中使雷射光透過，藉此，僅將自模式同步半導體雷射元件10出射之具有所期望之波長之雷射光最終輸出至外部。如此，可藉由選擇光圈211而進行波長選擇。

以上，已基於較佳之實施例對本揭示進行說明，但本揭示並不限定於該等實施例。實施例中所說明之半導體雷射裝置組立體、模式

同步半導體雷射元件之構成、構造之構成爲例示，可適當進行變更。又，於實施例中顯示有各種值，但該等亦爲例示，當然例如若使用之半導體雷射元件之規格產生變化，則值會產生變化。於實施例中，作爲半導體雷射元件，主要使用模式同步半導體雷射元件，但半導體雷射元件並不限定於此。又，於實施例中，使光學元件包含繞射光柵，但除此以外亦可列舉光子晶體或利用金屬電漿子現象之元件、輸出耦合器(output coupler)、體積光柵。進而，作爲繞射光柵，不僅可使用反射型之繞射光柵，亦可使用透過型之繞射光柵。

發光區域41或可飽和吸收區域42之數量並不限定於1。於圖8及圖9中表示設置有1個第2電極之第1部分62A與2個第2電極之第2部分62B₁、62B₂之模式同步半導體雷射元件(多段(多電極型)型之半導體雷射元件)之模式性端視圖。於圖8所示之模式同步半導體雷射元件中，第1部分62A之一端隔著一個分離槽62C₁與一個第2部分62B₁對向，第1部分62A之另一端隔著另一個分離槽62C₂與另一個第2部分62B₂對向。而且，1個發光區域41由2個可飽和吸收區域42₁、42₂夾著。又，於圖9中表示設置有2個第2電極之第1部分62A₁、62A₂與1個第2電極之第2部分62B之模式同步半導體雷射元件之模式性端視圖。於該模式同步半導體雷射元件中，第2部分62B之端部隔著一個分離槽62C₁與一個第1部分62A₁對向，第2部分62B之另一端隔著另一個分離槽62C₂與另一個第1部分62A₂對向。而且，1個可飽和吸收區域42由2個發光區域41₁、41₂夾著。

亦可將模式同步半導體雷射元件設爲具有斜波導路之斜脊狀條紋型之分離封閉異質構造之半導體雷射元件。於圖10中表示自上方觀察此種模式同步半導體雷射元件之脊狀條紋構造55'之模式圖。於該模式同步半導體雷射元件中，具有直線狀之2個脊狀條紋構造組合而成之構造，2個脊狀條紋構造之交叉之角度 θ 之值較理想爲例如設爲

$$0 < \theta \leq 10(\text{度})$$

較佳為設為

$$0 < \theta \leq 6(\text{度})。$$

藉由採用斜脊狀條紋型，而可使經抗反射塗佈之第2端面之反射率更接近於0%之理想值，其結果，可防止於模式同步半導體雷射元件內環繞之雷射光之產生，可取得能夠抑制隨附主雷射光之副雷射光之生成之優點。

於實施例中，將模式同步半導體雷射元件10設置於n型GaN基板21之作爲極性面之C面、{0001}面上，但亦可取而代之於作爲{11-20}面之A面、作爲{1-100}面之M面、{1-102}面等無極性面上、或包含{11-24}面及{11-22}面之{11-2n}面、{10-11}面、{10-12}面等半極性面上設置模式同步半導體雷射元件10，藉此，即便於在模式同步半導體雷射元件10之第3化合物半導體層中產生壓電分極及自發分極之情形時，亦不會於第3化合物半導體層之厚度方向上產生壓電分極，而於與第3化合物半導體層之厚度方向成大致直角之方向上產生壓電分極，故而可排除因壓電分極及自發分極所引起之不良影響。再者，{11-2n}面係指相對於C面大致形成40度之無極性面。又，於在無極性面上或半極性面上設置模式同步半導體雷射元件10之情形時，可消除如實施例3中所說明之井層之厚度之限制(1 nm以上、10 nm以下)及障壁層之雜質摻雜濃度之限制($2 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ 以上、 $1 \times 10^{20} \text{ cm}^{-3}$ 以下)。

再者，本揭示亦可獲取如下所述之構成。

[1]《半導體雷射裝置組立體：第1態樣》

一種半導體雷射裝置組立體，其包括：

(A)半導體雷射元件；及

(B)繞射光柵，其構成外部共振器，將0次以外之繞射光返回至半導體雷射元件，且將0次繞射光輸出至外部；且

繞射光柵之繞射面所延伸之方向與入射至繞射光柵之雷射光之電場之主振動方向大致平行。

[2]如[1]之半導體雷射裝置組立體，其中半導體雷射元件係以進行主動模式同步動作或被動模式同步動作之方式被驅動。

[3]如[1]或[2]之半導體雷射裝置組立體，其中繞射光柵之繞射光柵週期之倒數 N_0 為 $1.0 \times 10^3 \text{ mm}^{-1}$ 以上。

[4]如[1]至[3]中任一項之半導體雷射裝置組立體，其中繞射光柵包含反射型且閃耀型之繞射光柵。

[5]如[4]之半導體雷射裝置組立體，其中繞射光柵之閃耀波長為入射至繞射光柵之雷射光之波長以下。

[6]如[4]或[5]之半導體雷射裝置組立體，其中繞射光柵係利特羅配置。

[7]如[1]至[3]中任一項之半導體雷射裝置組立體，其中將自半導體雷射元件出射且入射至繞射光柵之雷射光(波長： $\lambda \text{ nm}$)對繞射光柵之入射角設為 Φ_{in} ，將出射角設為 Φ_{out} ，將繞射光柵之繞射光柵週期之倒數設為 N_0 (單位： mm^{-1})，將相對於繞射光柵之法線順時針方向之角度之符號設為正，自正角度入射雷射光時，+1次繞射光之出射角 Φ_{out} 滿足下述式(1)之關係，-1次繞射光之出射角 Φ_{out} 滿足下述式(2)之關係，+2次繞射光之出射角 Φ_{out} 滿足下述式(3)之關係，因此，碰撞至繞射光柵之雷射光中之+1次繞射光返回至半導體雷射元件：

$$-90 < \Phi_{out} = \sin^{-1}[N_0 \cdot (+1) \cdot \lambda - \sin(\Phi_{in})] < 90 \quad (1)$$

$$\Phi_{out} = \sin^{-1}[N_0 \cdot (-1) \cdot \lambda - \sin(\Phi_{in})] \leq -90 \quad (2)$$

$$\Phi_{out} = \sin^{-1}[N_0 \cdot (+2) \cdot \lambda - \sin(\Phi_{in})] \geq 90 \quad (3)。$$

[8]如[1]至[7]中任一項之半導體雷射裝置組立體，其進而包括使自半導體雷射元件出射之雷射光入射出射之分散補償光學系統，

繞射光柵構成分散補償光學系統之一部分。

[9]如[8]之半導體雷射裝置組立體，其中分散補償光學系統進而包含反射鏡，

自半導體雷射元件出射之雷射光碰撞至繞射光柵，碰撞至繞射光柵之雷射光中之0次以外之繞射光入射至反射鏡，並由反射鏡反射，而入射至繞射光柵，然後返回至半導體雷射元件，碰撞至繞射光柵之雷射光中之0次繞射光被輸出至外部。

[10]如[1]至[9]中任一項之半導體雷射裝置組立體，其進而包括選擇輸出至外部之0次繞射光之波長之波長選擇機構。

[11]如[1]至[10]中任一項之半導體雷射裝置組立體，其中具有振動方向含在與半導體雷射元件之主面平行之平面中之電場之雷射光成分向外部之提取效率，高於具有振動方向含在與半導體雷射元件之主面正交之平面中之電場之雷射光成分向外部之提取效率。

[12]如[1]至[11]中任一項之半導體雷射裝置組立體，其進而包括配置於半導體雷射元件與繞射光柵之間之半波長板，

於將半導體雷射元件之軸線方向設為X方向、將厚度方向設為Z方向、將寬度方向設為Y方向時，自半導體雷射元件出射之雷射光之電場之主振動包含於XY平面，

通過半波長板之雷射光之電場之主振動包含於XZ平面，

於將繞射光柵之繞射面所延伸之方向投影至與YZ平面等效之平面時，繞射光柵之繞射面所延伸之方向與Z方向大致平行。

[13]《半導體雷射裝置組立體：第2態樣》

一種半導體雷射裝置組立體，其包括：

(A)半導體雷射元件；及

(B)光學元件，其構成外部共振器，且將入射之雷射光之一部分返回至半導體雷射元件，將入射之雷射光之其餘部分輸出至外部；

具有振動方向含在與半導體雷射元件之主面平行之平面中之電

場之雷射光成分向外部之提取效率，高於具有振動方向含在與半導體雷射元件之主面正交之平面中之電場之雷射光成分向外部之提取效率。

[14]如[1]至[12]中任一項之半導體雷射裝置組立體，其中半導體雷射元件包含光密度為 1×10^{10} W/cm²以上，且載子密度為 1×10^{19} /cm³以上之電流注入型之模式同步半導體雷射元件，

該半導體雷射裝置組立體進而包括使自模式同步半導體雷射元件出射之雷射光入射出射之分散補償光學系統，

由繞射光柵構成分散補償光學系統。

[15]如[14]之半導體雷射裝置組立體，其中模式同步半導體雷射元件具有可飽和吸收區域。

[16]如[14]或[15]之半導體雷射裝置組立體，其中分散補償光學系統之群速度分散值為負。

[17]如[14]至[16]中任一項之半導體雷射裝置組立體，其於輸出至系統外之雷射光之脈衝時間寬度成為最小值之群速度分散值或其附近動作。

[18]如[14]至[17]中任一項之半導體雷射裝置組立體，其進而包括波長選擇機構，

波長選擇機構係抽選輸出至系統外之雷射光之短波長成分。

[19]如[14]至[18]中任一項之半導體雷射裝置組立體，其中自模式同步半導體雷射元件出射之雷射光入射至分散補償光學系統，

入射至分散補償光學系統之雷射光之一部分自分散補償光學系統出射，返回至模式同步半導體雷射元件，而入射至分散補償光學系統之雷射光之其餘部分被輸出至系統外。

[20]如[1]至[12]中任一項之半導體雷射裝置組立體，其中半導體雷射元件包含電流注入型之模式同步半導體雷射元件，

該半導體雷射裝置組立體進而包括使自模式同步半導體雷射元件出射之雷射光入射出射之分散補償光學系統，

於使分散補償光學系統之群速度分散值自第1特定值 GVD_1 單調變化至第2特定值 GVD_2 (其中， $|GVD_1| < |GVD_2|$)時，自模式同步半導體雷射元件輸出至系統外之雷射光之脈衝時間寬度減少，超過極小值 PW_{min} 而增加。

[21]如[20]之半導體雷射裝置組立體，其於輸出至系統外之雷射光之脈衝時間寬度成為最小值 PW_{min} 之群速度分散極小值 GVD_{min} 或其附近動作。

【符號說明】

(1)、(2)、(3)	光強度測定裝置
10	模式同步半導體雷射元件
10'	支撐構件
11	準直機構
21	n型GaN基板
30	第1化合物半導體層
31	n型AlGaIn包覆層
32	n型GaIn包覆層
40	第3化合物半導體層(活性層)
41、41 ₁ 、41 ₂	發光區域
42、42 ₁ 、42 ₂	可飽和吸收區域
50	第2化合物半導體層
51	未摻雜GaInN之光導層
52	p型AlGaIn電子障壁層(摻雜Mg)
53	p型GaIn(摻雜Mg)/AlGaIn超格子包覆層
54	p型GaIn接觸層(摻雜Mg)

55、55'	脊狀條紋構造
56	積層絕緣膜
61	第1電極
62	第2電極
62A、62A ₁ 、62A ₂	第2電極之第1部分
62B、62B ₁ 、62B ₂	第2電極之第2部分
62C、62C ₁ 、62C ₂	分離槽
63	Pd單層
64	抗蝕劑層
65	開口部
101	繞射光柵
102	半波長板($\lambda/2$ 波長板)
103	反射鏡
110、120	分散補償光學系統
112	聚光機構(透鏡)
113	反射鏡(介電多層膜反射鏡)
200	波長選擇機構(波長選擇裝置)
201	平面鏡
210	構成波長選擇機構之繞射光柵
211	光圈
212	透過型液晶顯示裝置
213	透鏡
d、L	距離
V _{sa}	逆向偏壓電壓
α 、 β 、 θ	角度
θ_B	閃耀角

申請專利範圍

1. 一種半導體雷射裝置組立體，其包括：
(A)半導體雷射元件；及
(B)繞射光柵，其構成外部共振器，將0次以外之繞射光返回至半導體雷射元件，且將0次繞射光輸出至外部；且
繞射光柵之繞射面所延伸之方向與入射至繞射光柵之雷射光之電場之主振動方向大致平行。
2. 如請求項1之半導體雷射裝置組立體，其中半導體雷射元件係以進行主動模式同步動作或被動模式同步動作之方式被驅動。
3. 如請求項1之半導體雷射裝置組立體，其中繞射光柵之繞射光柵週期之倒數 N_0 為 $1.0 \times 10^3 \text{ mm}^{-1}$ 以上。
4. 如請求項1之半導體雷射裝置組立體，其中繞射光柵包含反射型且閃耀型之繞射光柵。
5. 如請求項4之半導體雷射裝置組立體，其中繞射光柵之閃耀波長為入射至繞射光柵之雷射光之波長以下。
6. 如請求項4之半導體雷射裝置組立體，其中繞射光柵係利特羅配置。
7. 如請求項1之半導體雷射裝置組立體，其中將自半導體雷射元件出射且入射至繞射光柵之雷射光(波長： $\lambda \text{ nm}$)對繞射光柵之入射角設為 Φ_{in} ，將出射角設為 Φ_{out} ，將繞射光柵之繞射光柵週期之倒數設為 N_0 (單位： mm^{-1})，將相對於繞射光柵之法線順時針方向之角度之符號設為正，自正角度入射雷射光時，+1次繞射光之出射角 Φ_{out} 滿足下述式(1)之關係，-1次繞射光之出射角 Φ_{out} 滿足下述式(2)之關係，+2次繞射光之出射角 Φ_{out} 滿足下述式(3)之關係，因此，碰撞至繞射光柵之雷射光中之+1次繞射光返回至半

導體雷射元件：

$$-90 < \Phi_{out} = \sin^{-1}[N_0 \cdot (+1) \cdot \lambda - \sin(\Phi_{in})] < 90 \quad (1)$$

$$\Phi_{out} = \sin^{-1}[N_0 \cdot (-1) \cdot \lambda - \sin(\Phi_{in})] \leq -90 \quad (2)$$

$$\Phi_{out} = \sin^{-1}[N_0 \cdot (+2) \cdot \lambda - \sin(\Phi_{in})] \geq 90 \quad (3)。$$

8. 如請求項1之半導體雷射裝置組立體，其進而包括使自半導體雷射元件出射之雷射光入射出射之分散補償光學系統，且

繞射光柵構成分散補償光學系統之一部分。

9. 如請求項8之半導體雷射裝置組立體，其中分散補償光學系統進而包含反射鏡，

自半導體雷射元件出射之雷射光碰撞至繞射光柵，碰撞至繞射光柵之雷射光中之0次以外之繞射光入射至反射鏡，並由反射鏡反射，而入射至繞射光柵，然後返回至半導體雷射元件，碰撞至繞射光柵之雷射光中之0次繞射光被輸出至外部。

10. 如請求項1之半導體雷射裝置組立體，其進而包括選擇出射至外部之0次繞射光之波長之波長選擇機構。

11. 如請求項1之半導體雷射裝置組立體，其中具有振動方向含在與半導體雷射元件之主面平行之平面中之電場之雷射光成分向外部之提取效率，高於具有振動方向含在與半導體雷射元件之主面正交之平面中之電場之雷射光成分向外部之提取效率。

12. 如請求項1之半導體雷射裝置組立體，其進而包括配置於半導體雷射元件與繞射光柵之間之半波長板，且

於將半導體雷射元件之軸線方向設為X方向、將厚度方向設為Z方向、將寬度方向設為Y方向時，自半導體雷射元件出射之雷射光之電場之主振動包含於XY平面，

通過半波長板之雷射光之電場之主振動包含於XZ平面，

於將繞射光柵之繞射面所延伸之方向投影至與YZ平面等效之

平面時，繞射光柵之繞射面所延伸之方向與Z方向大致平行。

13. 一種半導體雷射裝置組立體，其包括：

(A)半導體雷射元件；及

(B)光學元件，其構成外部共振器，且將入射之雷射光之一部分返回至半導體雷射元件，將入射之雷射光之其餘部分輸出至外部；且

具有振動方向含在與半導體雷射元件之主面平行之平面中之電場之雷射光成分向外部之提取效率，高於具有振動方向含在與半導體雷射元件之主面正交之平面中之電場之雷射光成分向外部之提取效率。

圖式

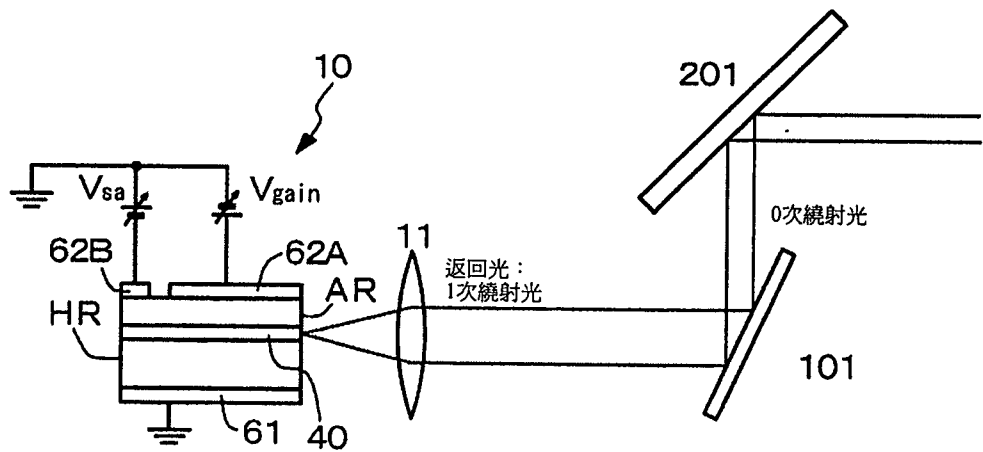


圖1A

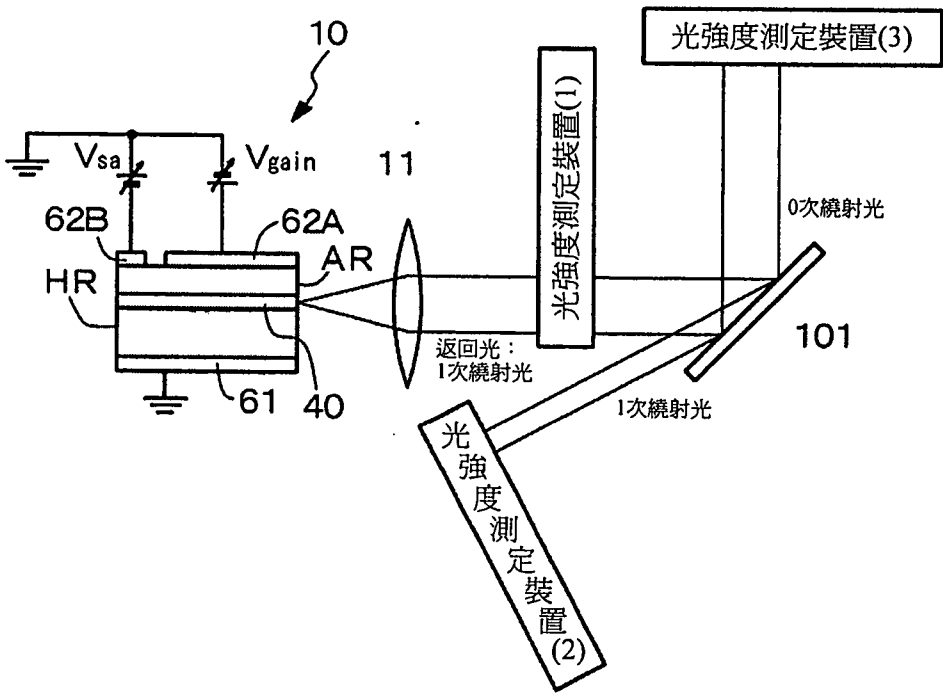


圖1B

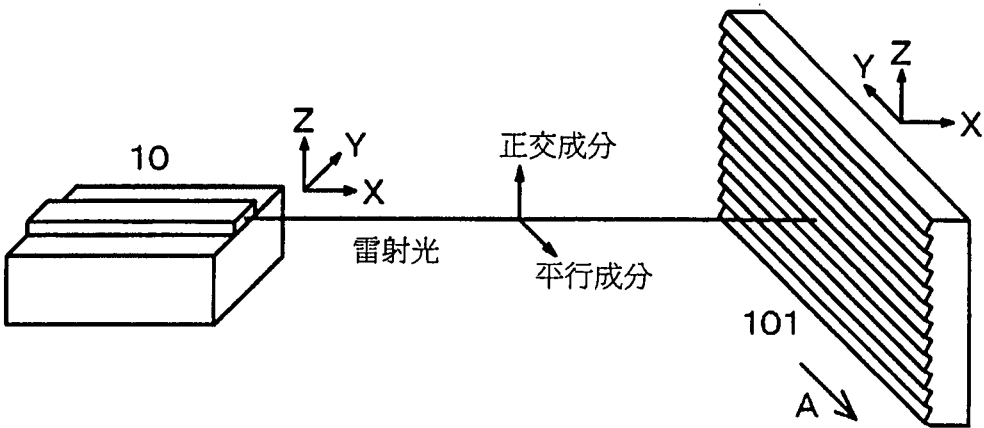


圖2A

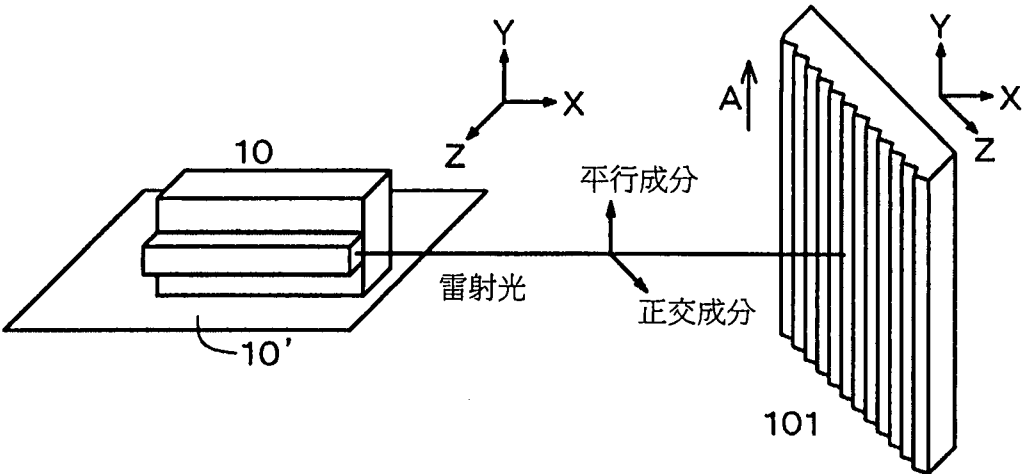


圖2B

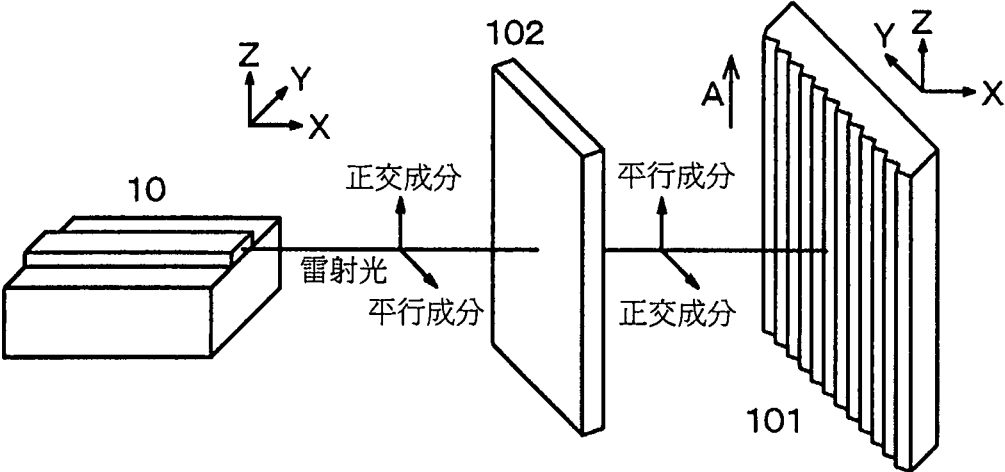


圖2C

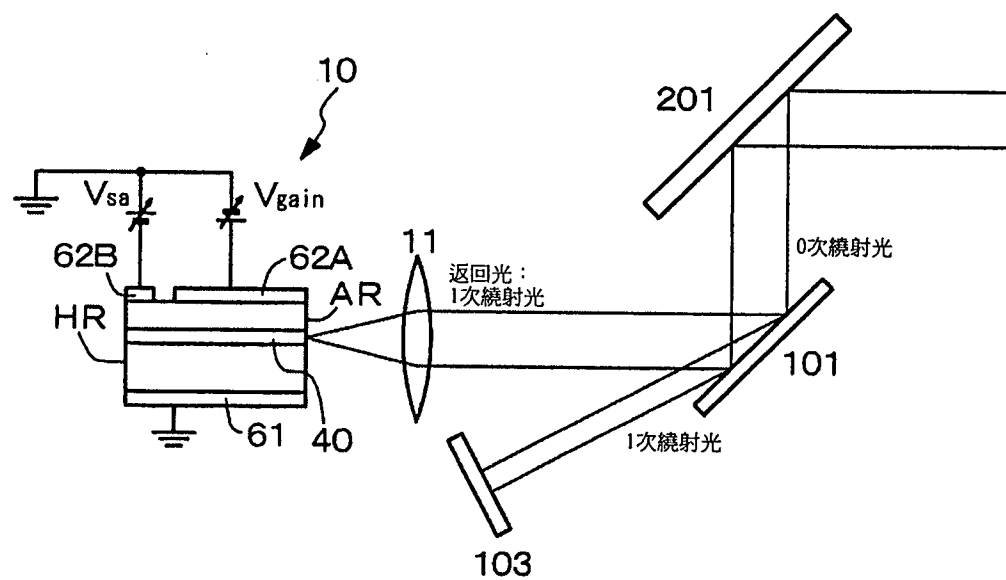


圖3

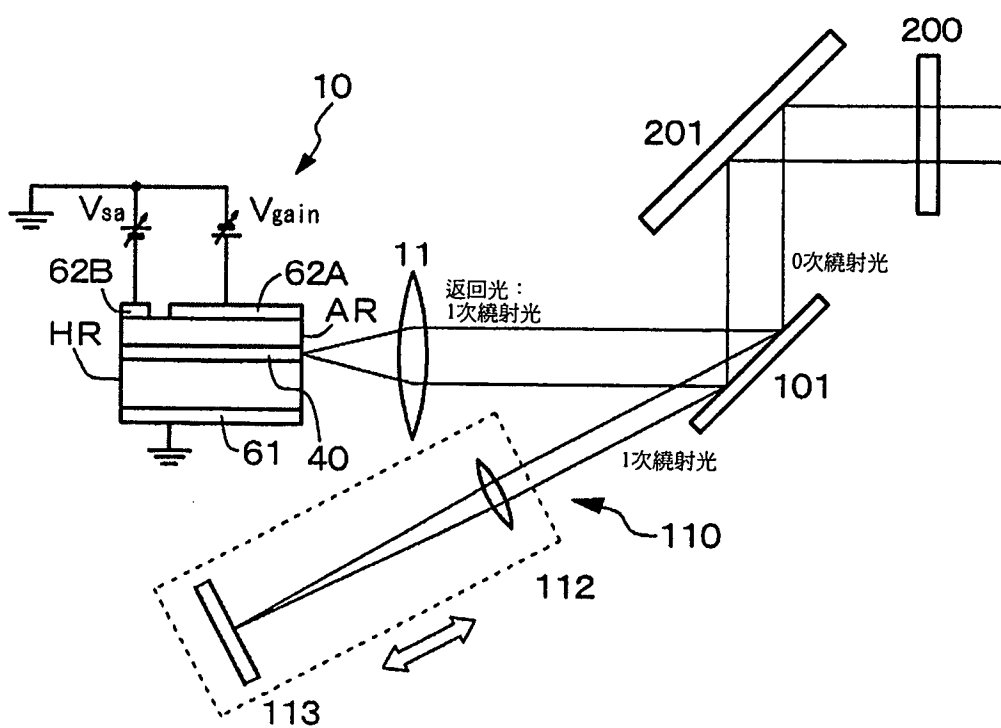


圖4

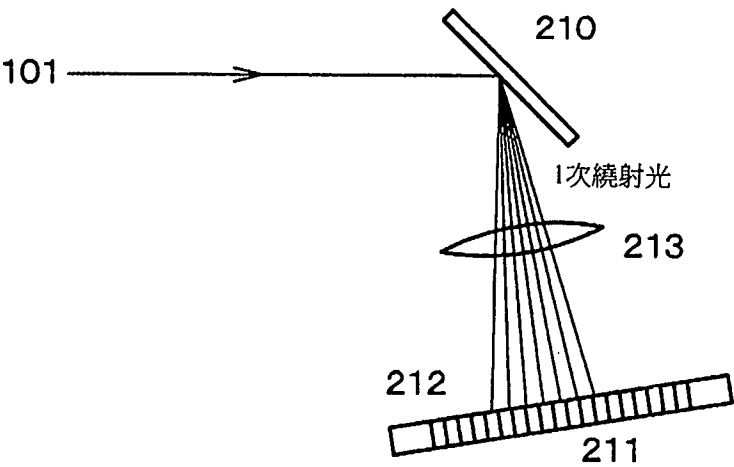


圖5A

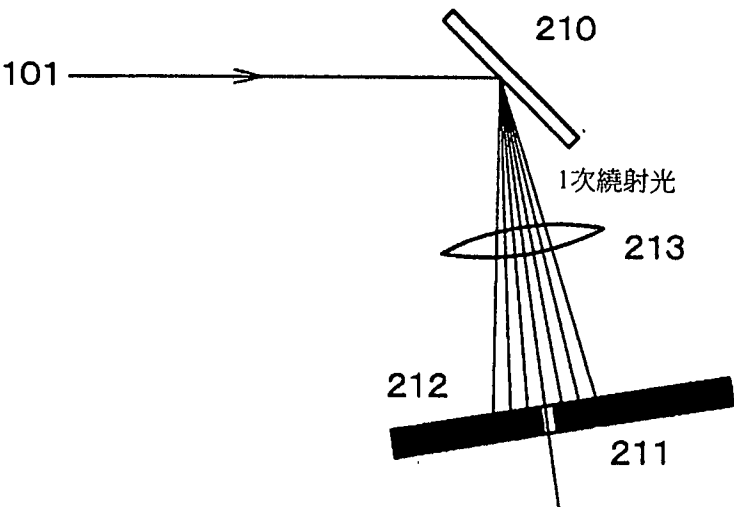


圖5B

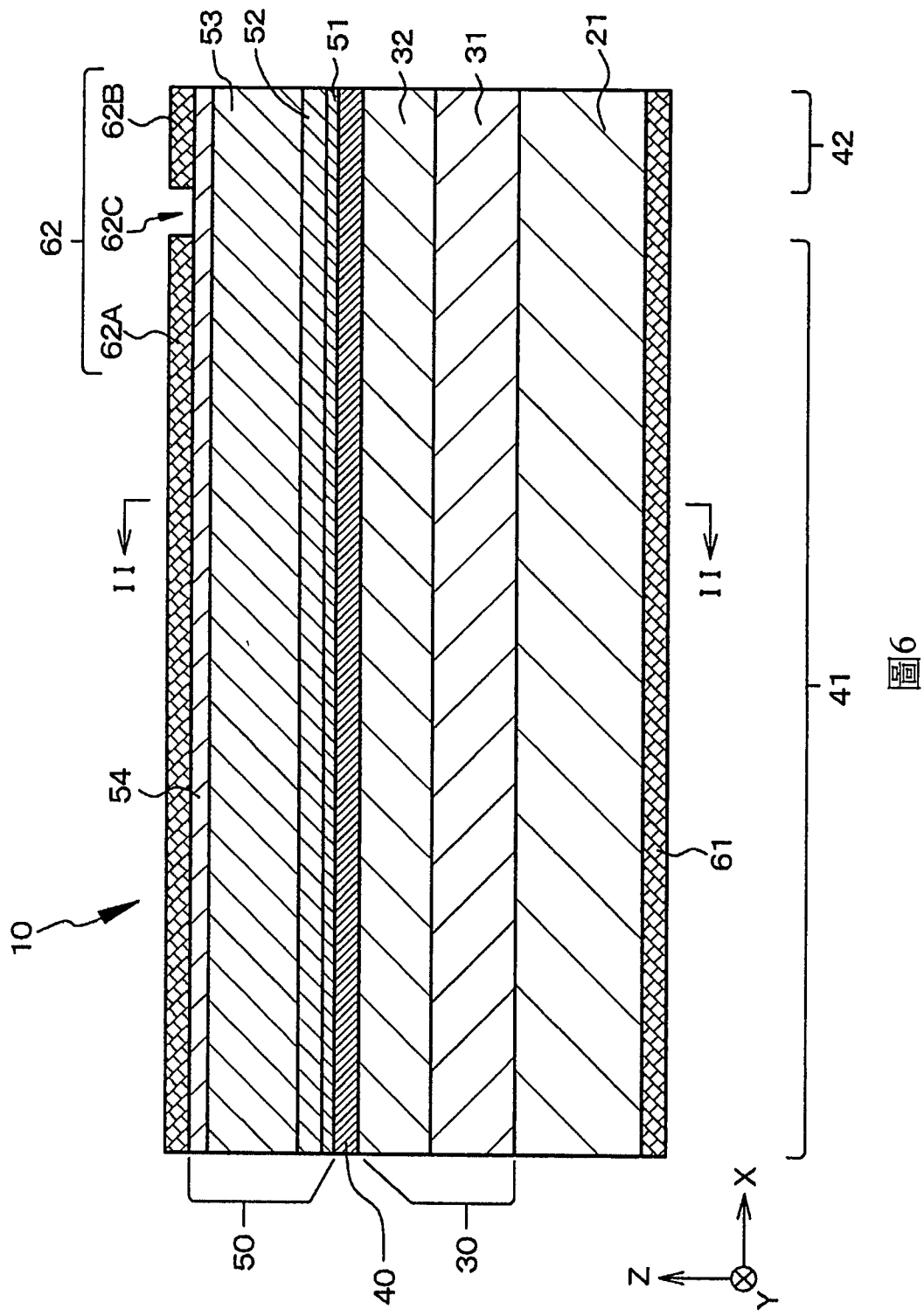
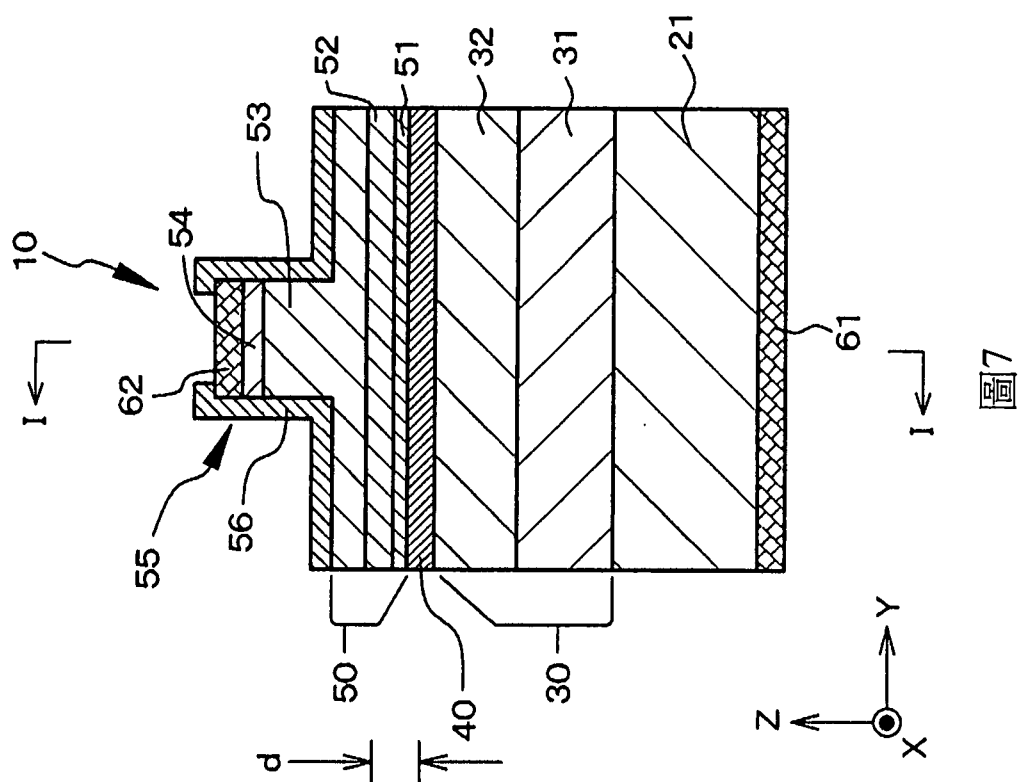


圖6



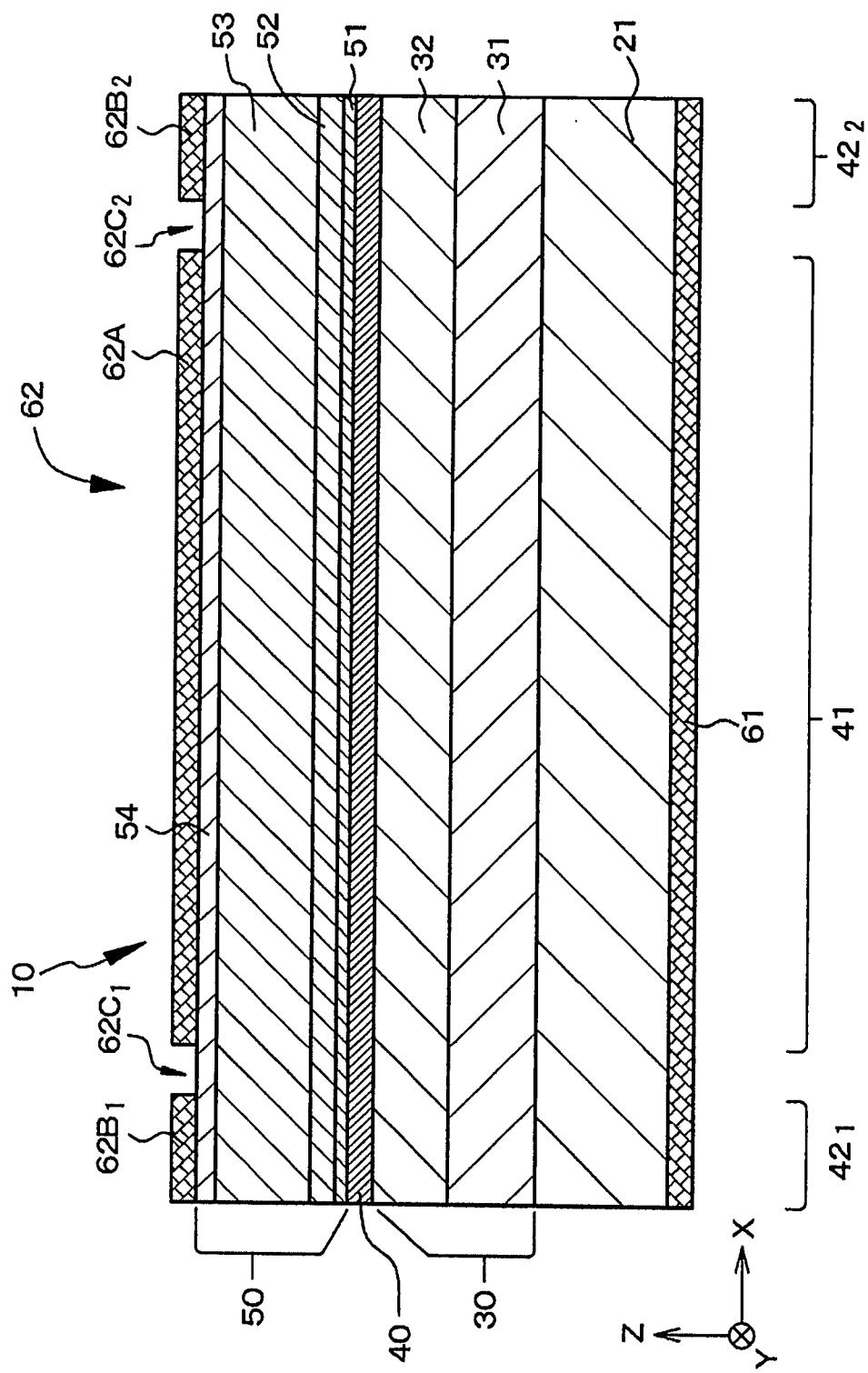
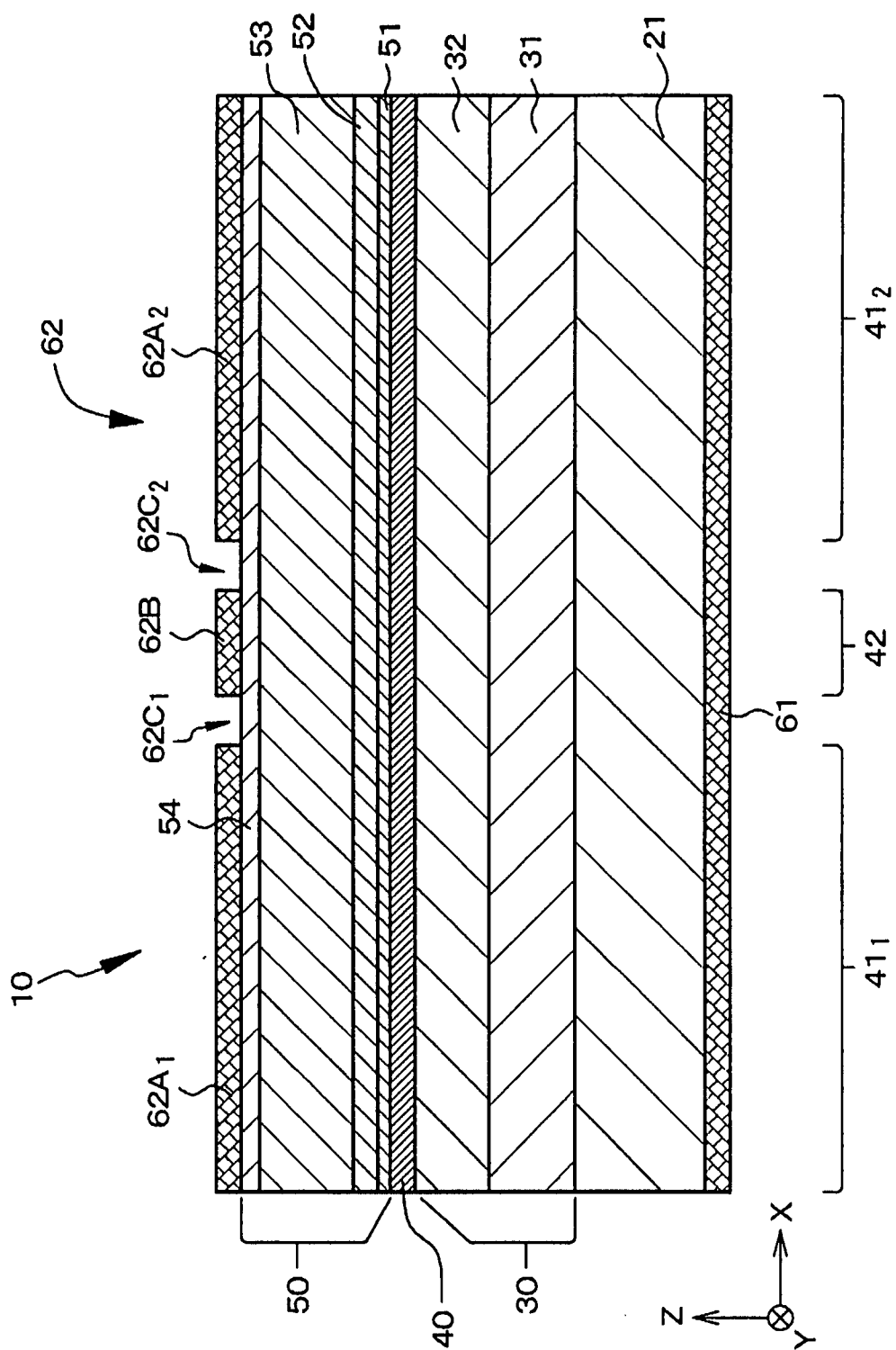


圖8



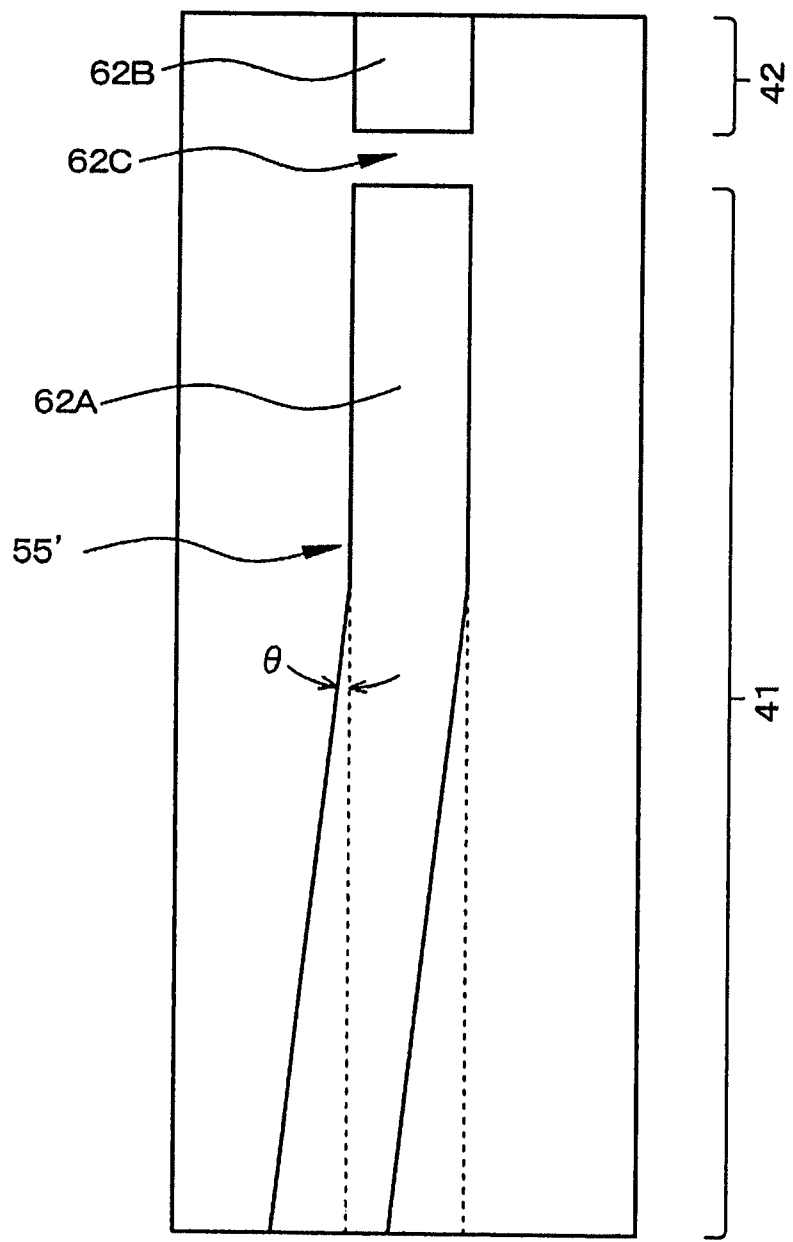


圖10

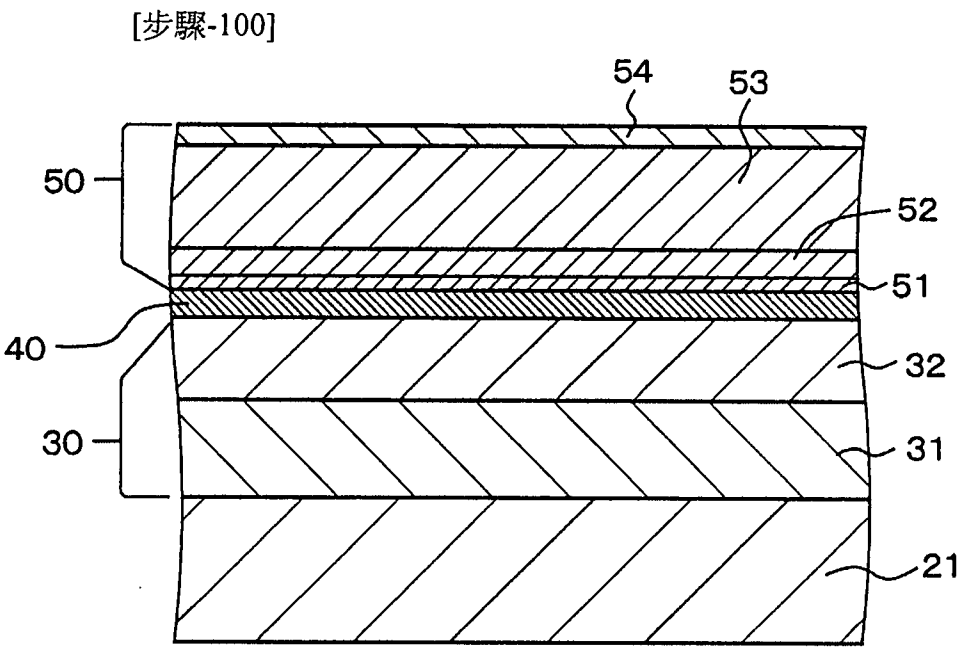


圖11A

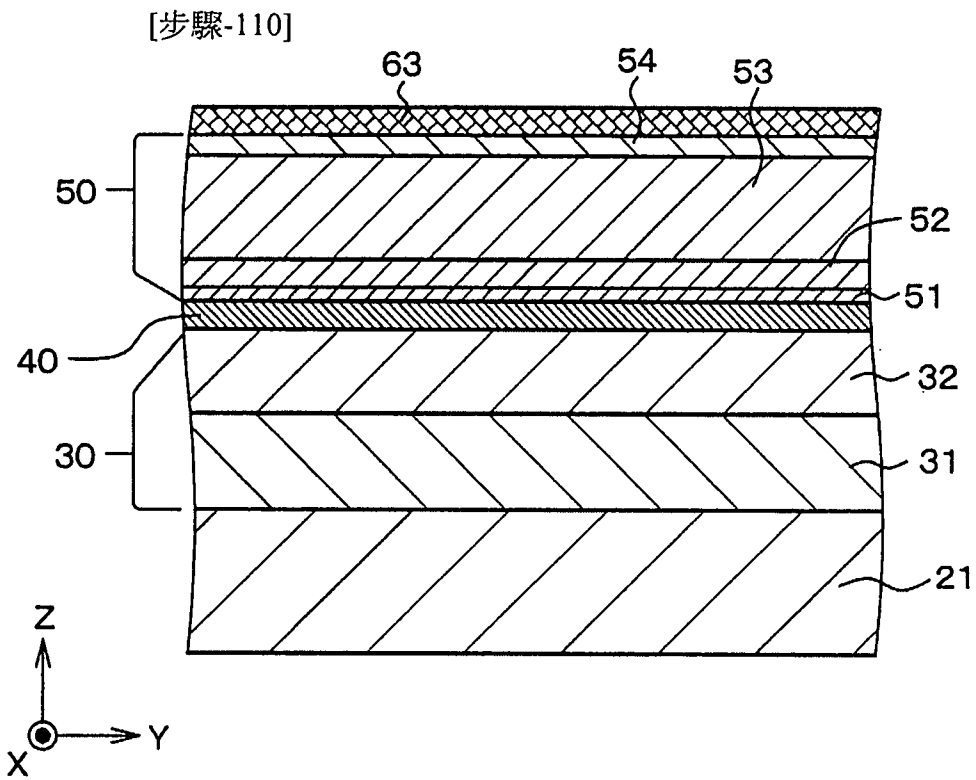


圖11B

[步驟-110](後續)

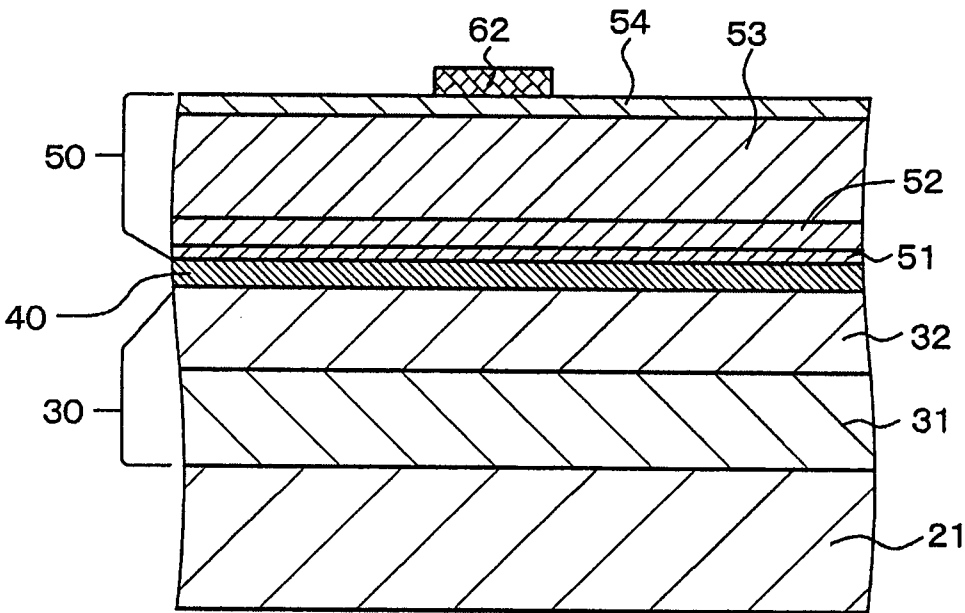


圖12A

[步驟-120]

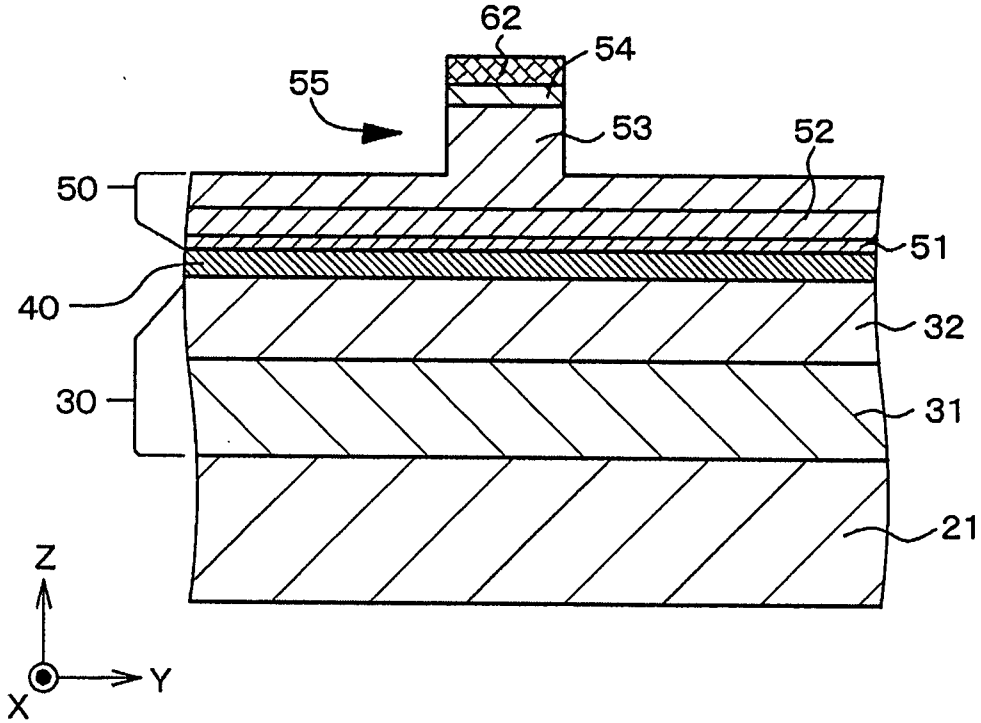


圖12B

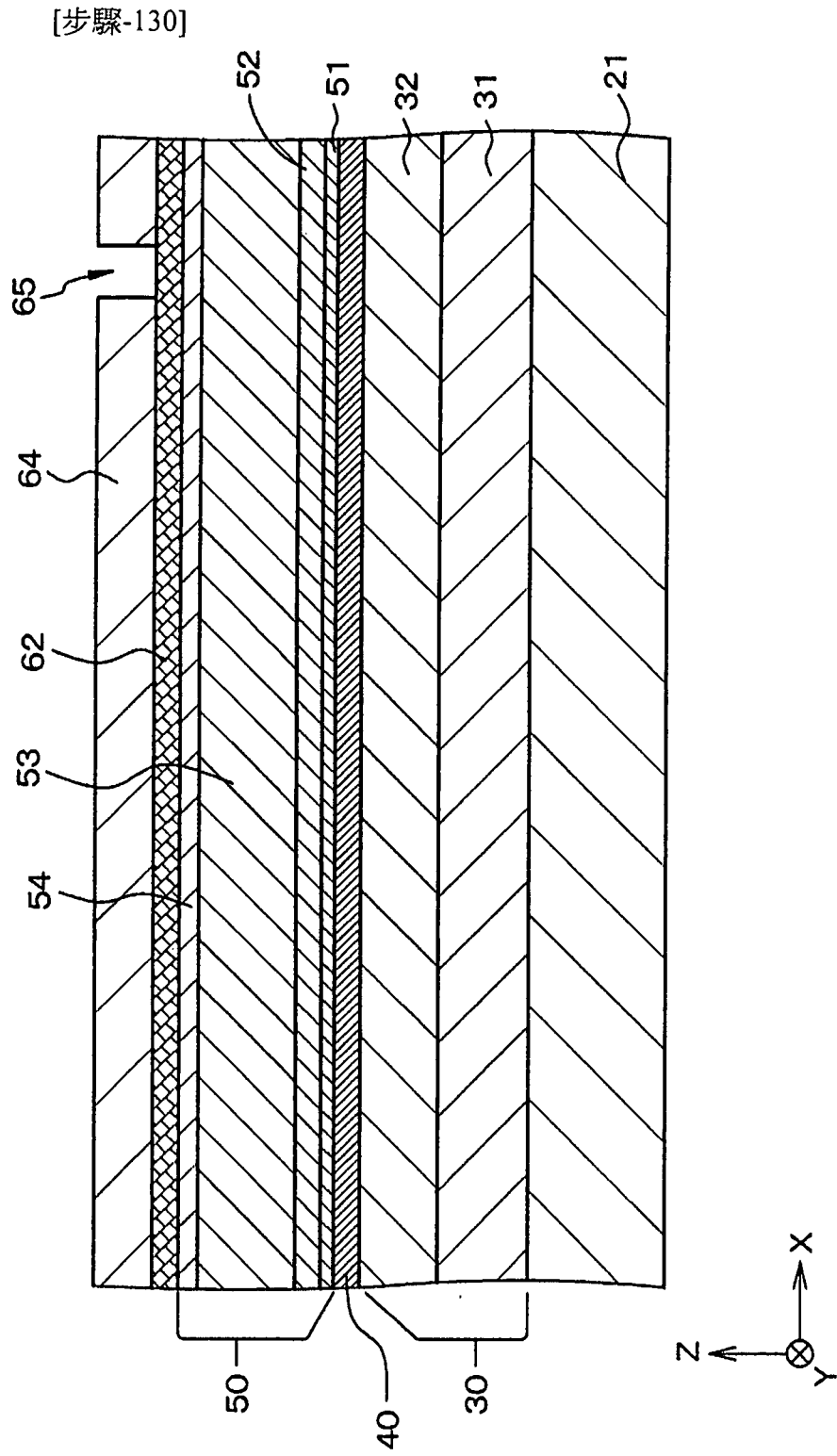


圖13

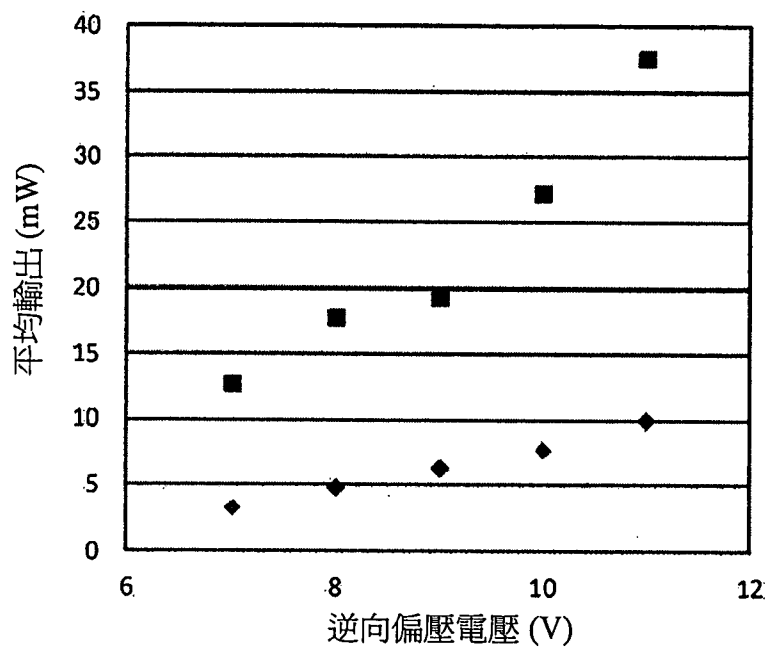


圖14A

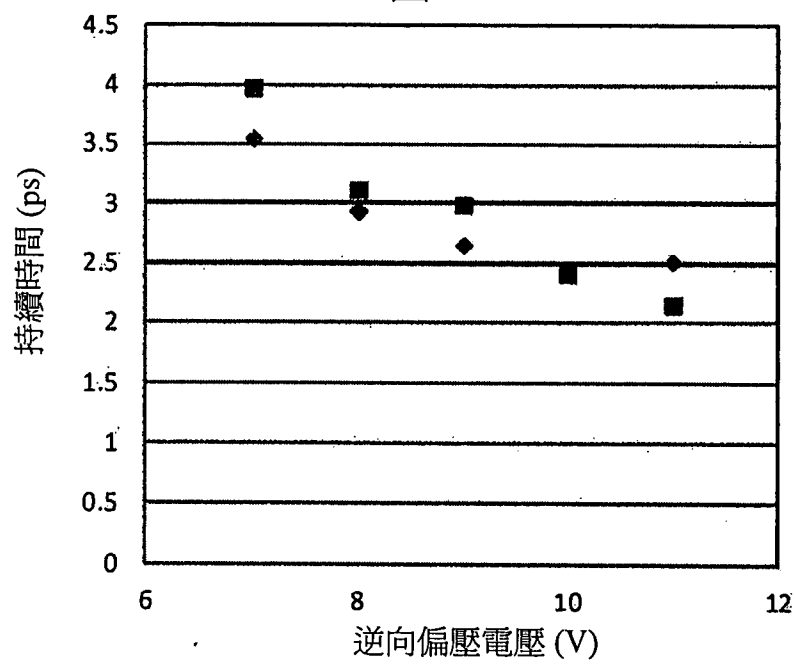


圖14B

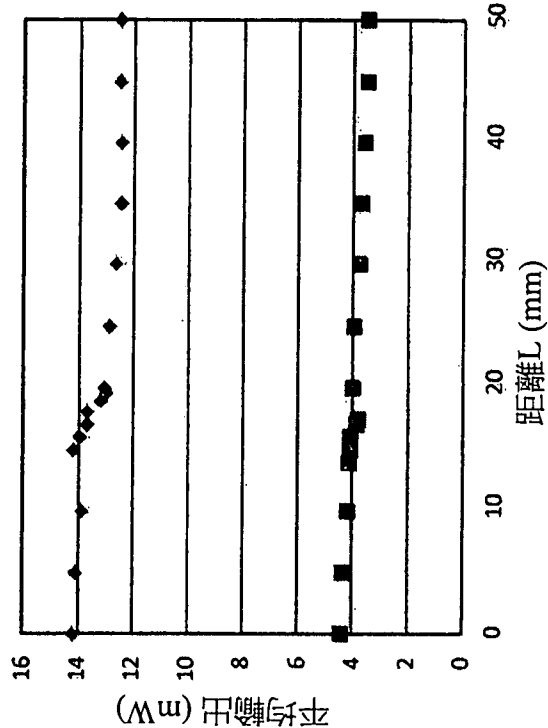


圖15A

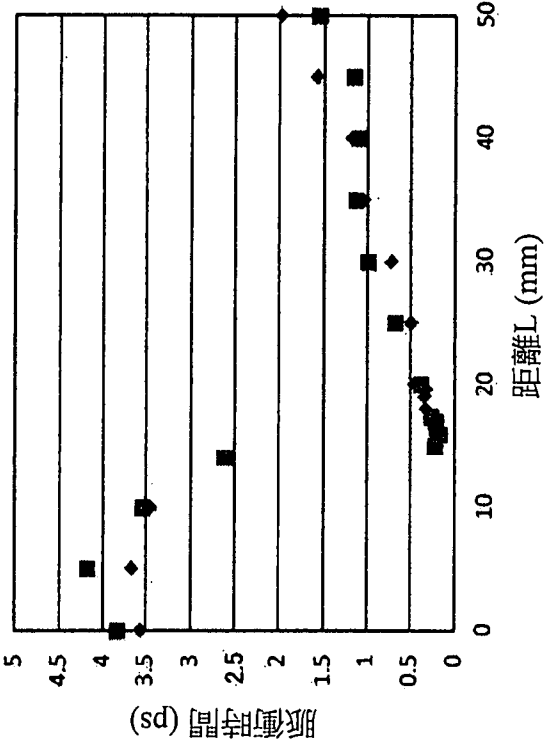


圖15B



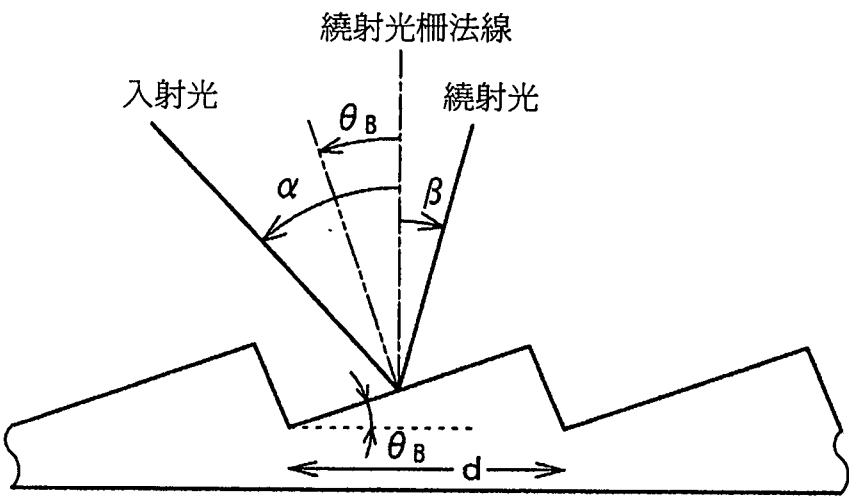


圖16A

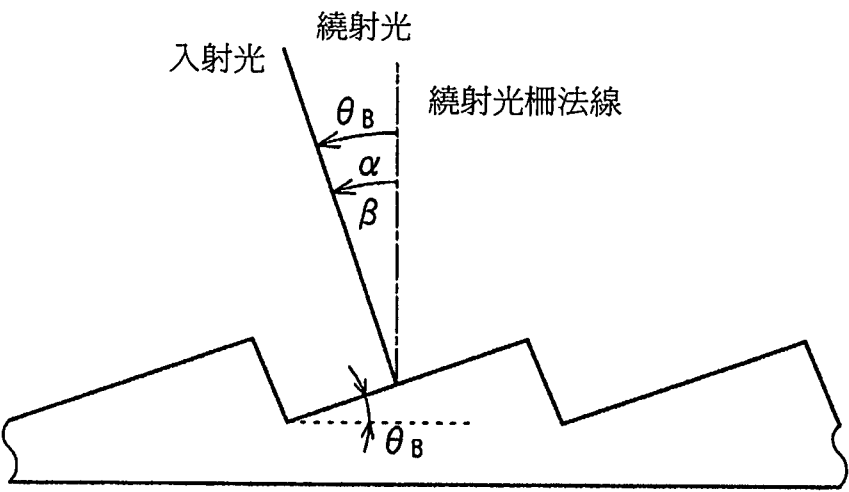


圖16B