

公告本

FP1289959

申請日期	90 9 19
案 號	90122978
類 別	401550

(以上各欄由本局填註)

發明 專利 說明 書

一、發明 名稱	中 文	半導體雷射
	英 文	Semiconductor Laser
二、發明 創作 人	姓 名	1. 艾伯特鉤茲 (Goetz ERBERT) 2. 崔恩克里根特 (Guenther TRAENKLE) 3. 溫策漢斯 (Hans WENZEL)
	國 籍	1.-3. 皆屬德國
	住、居所	1. 德國柏林 12555 葛倫街 11 號 2. 德國柏林 12557 莫爾郝塞紐弗 12 號 3. 德國柏林 12355 海倫-韋伯街 16A 號
三、申請人	姓 名 (名稱)	歐斯朗奧托半導體有限兩合公司 (Osram Opto Semiconductors GmbH & Co. OHG)
	國 籍	德國
	住、居所 (事務所)	德國 D-93049 理斯堡華能街 2 號
	代 表 人 姓 名	R. 穆勒 (Dr. Müller) R. 威特根 (Wittgen)

I289959

承辦人代碼：

大類：

I P C 分類：

本案已向：

德國（地區）申請專利，申請日期：案號，☒有 ☐無主張優先權

2000.09.20 10046580.3

有關微生物已寄存於：，寄存日期：，寄存號碼：

五、發明說明 (3)

核心半寬度之奇數倍。在抗共振反射式波導中僅只基本模式(mode)在波導核心中具有高的振幅，而在較高等級的模式還在波導外部區域中具有高的振幅。因此更高等級模式有效地衰減。以此種配置而產生半導體雷射其波導核心具有4至8微米(μm)之寬度。此以所熟知的半導體雷射所產生之雷射射線之擴散是在側面方向之 4° 至 8° 的區域中。

此所熟知的半導體雷射之缺點為在垂直方向中從 30° 至 40° 之仍然非常高的擴散。此垂直方向因此被理解為所塗佈層磊晶成長之方向。由於此由 30° 至 40° 之高的半值寬度，此非常昂貴的光學裝置只可使用此由半導體雷射所發射光之80%至90%。

由D. Botez在1999年之應用物理學報74卷3102至3104頁所發表之論文"Design Considerations and analytical approximations for high continuous-wave power, broad waveguide diode laser"而為熟知，此光線擴散可以藉由將波導核心加寬與減少波導核心與相鄰反射層之折射率之差異而減少。然而，此波導核心之加寬會造成，經由此波導核心不由傳導基本模式，並且在雷射臨界的情況下會達成另外更高模式之傳導。因此造成雷射射線品質之急劇惡化。此波導核心之厚度因此在實際上被限制於小於 $2\mu\text{m}$ (微米)。此相對應於在垂直方向中之射線擴散大於 30° 之半寬度。還

五、發明說明（4）

有欲減少波導核心與反射層之間折射率之差異在實際上難以執行。爲了獲得具有半值寬度 $<20^\circ$ 之射線擴散，而須要非常高的技術費用來調整非常小折射率差異。

由此習知技術而產生本發明目的之基礎，其說明一種可容易製成之單模式半導體雷射，其具有光線小的垂直擴散。

此根據本發明之目的以此方式達成，此波導外部區域、反射區域與波導核心形成在基板上塗佈之層序列，其具有埋入於波導核心中之主動層。

爲了進一步地提高光學輸出功率與改善射線品質，而在根據本發明之半導體雷射中須選擇層序列，使得在垂直方向中形成抗共振反射式波導。根據本發明此被波導核心、反射層區域與外部波導區域各由層所形成。因此波導核心可以具有大於2微米(μm)之厚度。因此可以將光線之垂直擴散在基本上減少。尤其是具有3微米厚度之波導核心，在800奈米(nm)的波長範圍中具有大約 18° 之完全半值寬度之光線垂直擴散。

此外，藉由波導核心大的厚度，而將光學輸出功率分配在較大的橫截面上，因此晶體表面之熱負載下降，並且可以獲得較高之光學輸出功率。

在根據本發明之半導體雷射中，各個層之間之折射率差異應選擇高，使得可以有大的製造公差，此外，此波導核心具有小的折射率，因此通常由具有較大能

五、發明說明（5）

量缺口之半導體材料所構成，而產生帶電粒子較佳之攪入，以及減少在晶體表面上藉由加熱之吸收。

本發明其他有利的配置是申請專利範圍附屬項之標的。

以下是本發明根據圖式作進一步說明。

圖式之簡單說明

第 1 圖是經由根據本發明半導體雷射之層序列之橫截面。

第 2 圖是顯示經由層序列之折射率曲線之圖式。

第 3 圖是具有基本模式光學強度之曲線之圖式，其中配置折射率曲線。

第 4 圖是具有由半導體雷射所發出雷射光之遠距場強度之曲線之圖式。

第 5 圖是具有較高等級模式之光強度曲線之圖式，其中配置折射率曲線。

第 1 圖顯示經由半導體雷射之橫截面，此基板 1 具有折射率為 n_1 而由結晶之半導體材料所構成。在基板 1 上是具有折射率 n_2 與厚度 d_2 之第一外部波導層 2。此外部波導層 2 附加配置具有折射率 n_3 與厚度 d_3 之第一反射層 3，在其上連接附加具有折射率 n_4 與厚度 d_4 之內部波導層 4，具有折射率 n_5 與厚度 d_5 之發射光子主動層 5，以及第二內部波導層 6。在繼續的順序中是具有折射率 n_7 與厚度 d_7 之反射層 7，具有折射率 n_8

五、發明說明（6）

與厚度 d_8 之第二外部波導層 8，以及具有折射率 n_9 之接觸層 9。此等層共同形成抗共振式波導 10，其中由內部波導層 4 與 6 形成波導核心 11 而將主動層 5 埋入。

在第 2 圖中說明折射率分佈 12 之可能曲線。在實際上所使用此兩個折射率位準之過渡絕不是變化無常地進行，而是可以具有斜波形之連續曲線。在基本上用於抗共振反射式波導 11 之功能是，此等反射層 3 與 7 之折射率 n_3 與 n_7 是大於外部反射層 2 與 8 之折射率 n_2 與 n_8 ，以及內部波導層 4 與 6 之折射率 n_4 與 n_6 。因此，此外部邊界層 2 與 8，反射層 3 與 7，以及內部波導層 4 與 6 之折射率可以各自相等。此相等還可以適用於各自的層厚度，因此產生對於主動層 5 幾乎對稱之層序列。

此外，此第一外部與內部波導層 2 與 4 之折射率 n_2 與 n_4 ，以及第二內部與外部之波導層 6 與 8 之折射率 n_6 與 n_8 還可以幾乎相等。

須選擇反射層 3 與 7 之厚度，使得它形成此在垂直方向中所投影之基本模式波長之大約四分之一之奇數倍。若將此等反射層各自成串而作為 Fabry-Perot 腔，其對應於抗共振腔。通常必須選擇中間邊界層 3 與 7 之厚度 d_3 與 d_7 ，使得基本模式之射線損耗為最小，此外，此基本模式之光學最大強度應該沿著主動層 5

五、發明說明 (8)

之 $\text{Al}_{0.5}\text{Ga}_{0.5}\text{As}$ 所構成。最後對於此未摻雜 17 奈米 (nm) 厚的主動層 5 是使用具有折射率 $n_5=3.61$ 之 $\text{GaAs}_{0.5}\text{P}_{0.2}$ 所構成。

第 3 圖顯示基本模式 13 之光學強度之所計算出之曲線，其中配上折射率分佈 12 之曲線。此在第 2 圖中所說明之折射率分佈 12 是作為用於基本模式 13 之抗共振反射式光學波導，其中反射層 3 與 7 之 0.5 微米 (μm) 之厚度是大約對應於此在波導核心 11 中所投射雷射光波長之四分之三。此基本模式 13 之射線損失大約是 $1/\text{cm}$ 。

在第 4 圖說明基本模式 13 之遠距場強度 14 之所計算出之曲線。此由第 4 圖之圖式因此顯示雷射射線之強度分佈為垂直角度之函數。此雷射射線之完全半寬度是 18.6° 。因此，此垂直光線之擴散只是傳統半導體雷射之垂直光線擴散之大約一半。

第 5 圖顯示較高等級模式 5 之光學強度之所計算出之曲線，其中配置所說明之折射率分佈 12 曲線。如同在外部波導層 2 與 8 中之最大強度上可以看出，比較高等級之模式 15 在反射層 3 與 7 上沒有產生抗共振反射，藉由此較高等級之模式 15 在基板 1 與接觸層 9 中之擴展，此較高等級之模式 15 相較於基本模式 13 具有較高的損耗。此較高等級之模式 15 之射線損耗為 $600/\text{cm}$ 。

五、發明說明（9）

在本實施例中主動層 5 是由壓緊之 GaAsP 量子膜所構成，其發出橫向磁場偏極化之光。此主動層 5 通常可以由一或多個組成成份為 XY 之量子膜所構成，其中 X 為由元素 Al、In 與 Ga 所構成之組之至少一個元素，以及 Y 是由元素 As、Pn 與 Sb 所構成之組之至少一個元素。此外此主動層 5 不但可以被放鬆，而且可以被壓緊，其導至發出橫向電性偏極化光；或者此主動層 5 可以被拉緊，其導致發出橫向磁性偏極化光。此外此主動層 5 可以被埋入於由已經提到之材料 XY 所構成之阻障層中。若不使用量子膜，則可以將量子線或量子點埋入於阻障層中。

此外要說明，此實施例可以在側面的方向中以及沿著光線傳播的方向在半導體雷射中被隨意的結構化。與此相應的，它可以藉由此所介紹之層序列而實現抗共振式波導。而使用於寬帶(Wide-Band)雷射、脈波波導雷射、具有側面埋入波導結構之雷射、以及具有分散式回饋(feed-back)(分散式 bragg reflector)的雷射中。因此其優點總是在垂直方向中只有少量的光線擴散，以及在晶體表面位置上大的光線橫截面。

符號之說明

- 1 基板
- 2 外部波導層
- 3 反射層

五、發明說明（10）

- 4 內部波導層
- 5 主動層
- 6 內部波導層
- 7 反射層
- 8 外部波導層
- 9 接觸層
- 10 抗共振式波導
- 11 波導核心
- 12 折射率分佈
- 13 基本模式
- 14 遠距場強度
- 15 較高等級模式

四、中文發明摘要（發明之名稱：半導體雷射）

本發明是有關於半導體雷射其具有抗共振式波導(10)，其由在基板(1)上塗佈的層序列所構成。此層序列具有外部波導區域(2、8)、反射層(3、7)、以及具有主動層(5)之波導核心(11)。以此結構使得半導體雷射製成具有小的光線垂直擴散與大的光線橫截面。

第 1 圖

英文發明摘要（發明之名稱：

Semiconductor Laser

The present invention relates to a semiconductor laser comprising an anti-resonant wave-guide (10), which is formed from a layer-series applied on a substrate (1). The layer-series comprising the outer-waveguide-regions (2, 8), reflections layers (3, 7) and a wave guide-core (11) containing an active layer (5).

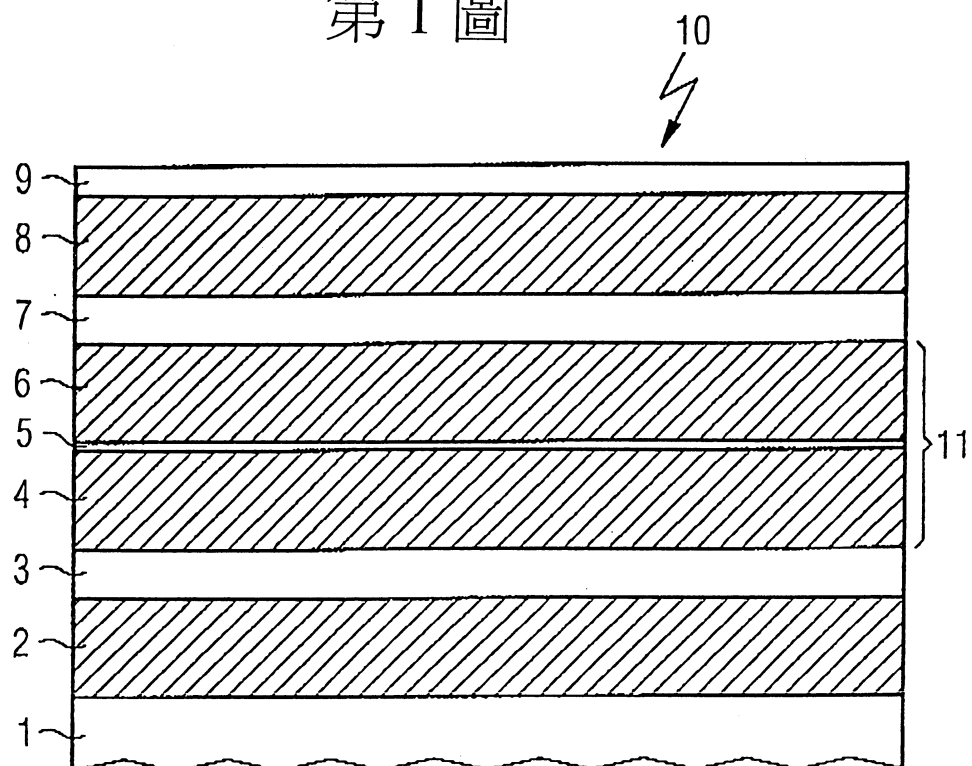
With this structure, the semiconductor laser is produced with a small vertical light divergence and a large light cross section.

Figure 1

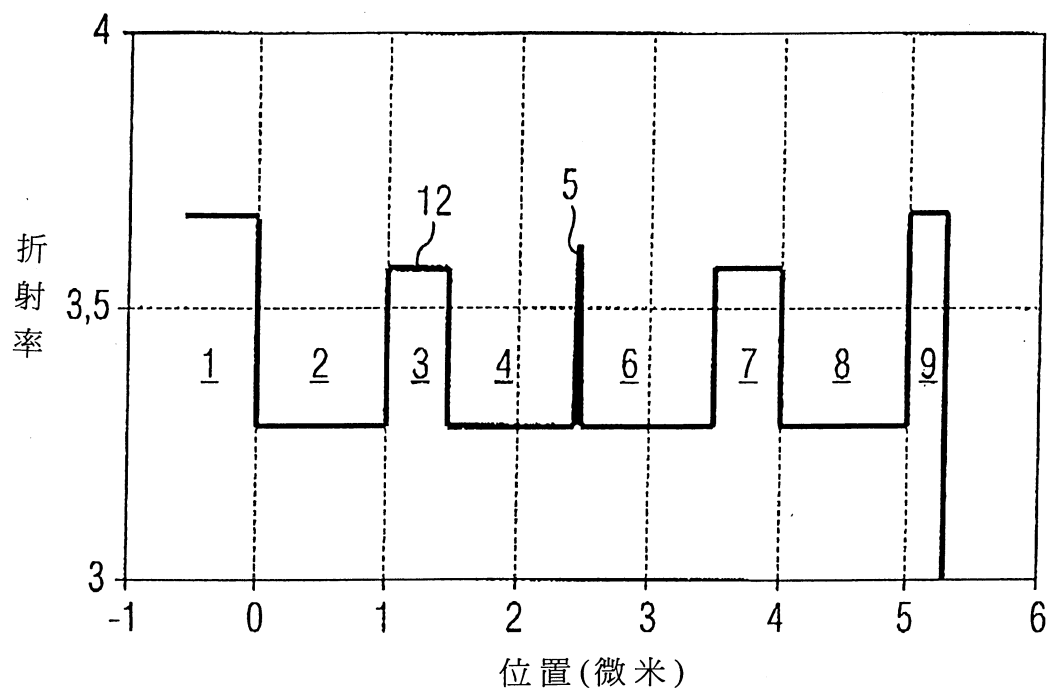
1012018

1/3

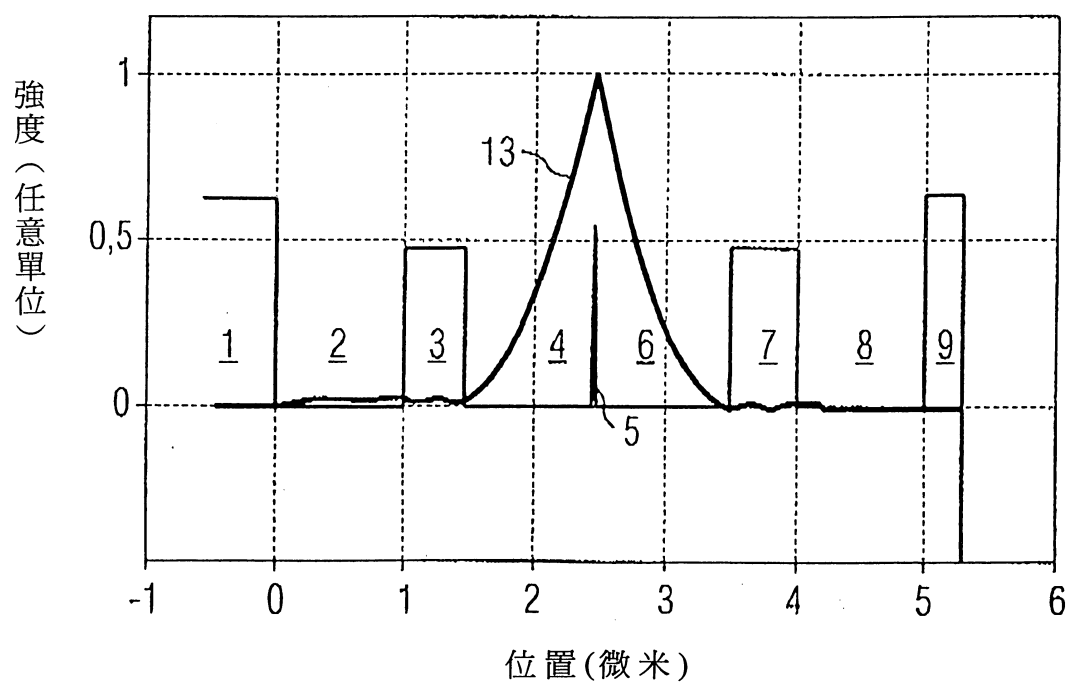
第 1 圖



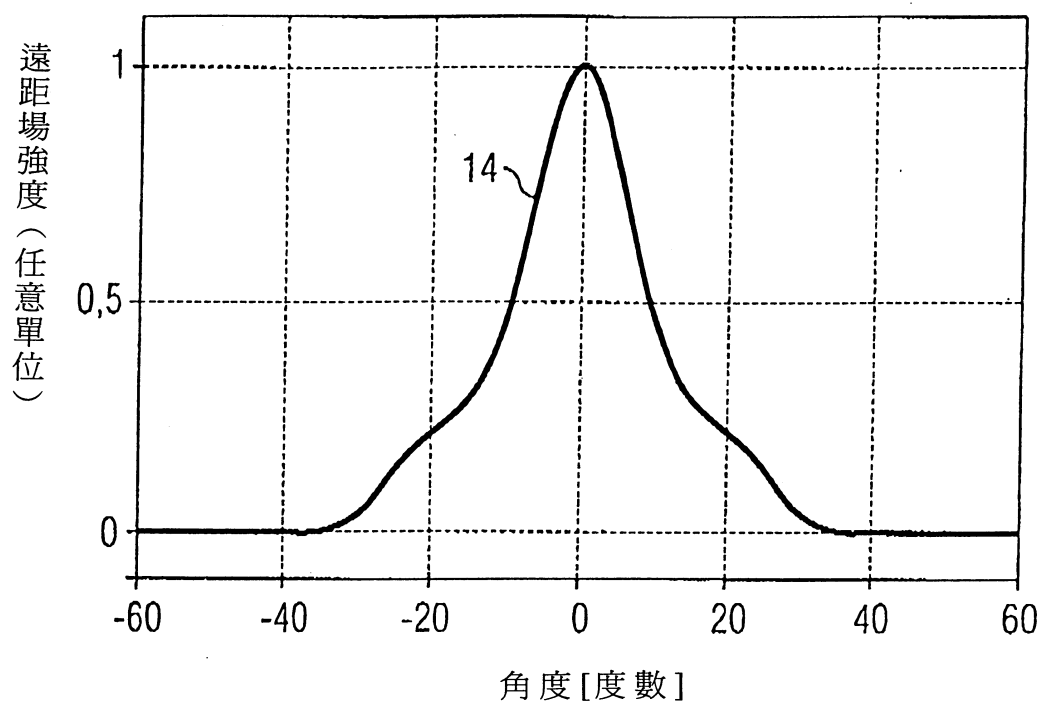
第 2 圖



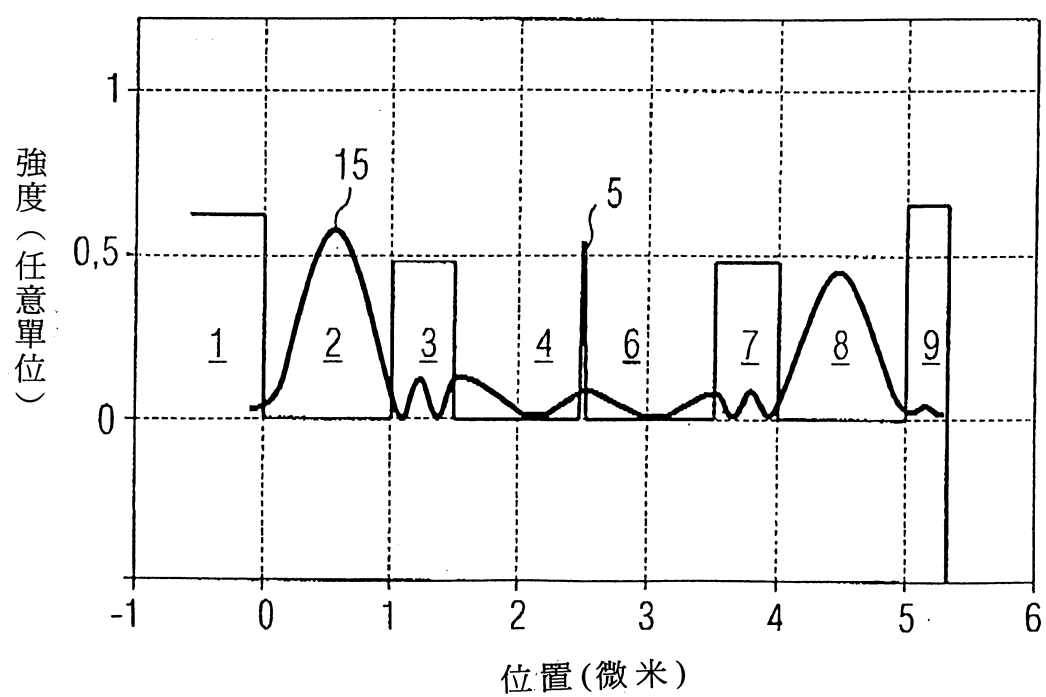
第 3 圖



第4圖



第5圖



五、發明說明 (1)

本發明是有關於一種半導體雷射，其具有光線發射主動層並且具有波導核心，其被限制於反射區域之兩個相面對之面中，而連接波導外部區域，其中此反射區域具有折射率，其大於波導核心以及各相鄰波導外部區域之折射率。

具有高的光學輸出功率之半導體雷射是須要用於數目眾多的使用。這些應用例如是在光學通訊技術、醫學中之癌症治療、固體雷射之光學幫浦(泵)，以及直接的材料加工處理。對於這些應用而言，半導體雷射由於其小的尺寸、大的功率、可以電力驅動以及價格低廉而尤其適合大量製造。

尤其具有 808nm 發射波長之半導體雷射是用作為 Nd:YAG 固態雷射之泵。

半導體雷射通常是半導體元件，其中在基板上至少沈積一主動層，與各兩個內部與兩個外部邊界層，其中此主動層配置介於兩個內部邊界層之間。此層之沈積通常以液相磊晶(LBE)、有機金屬氣相磊晶(MOCVD)、或分子射束磊晶(MBE)而實施。此等邊界層是屬於相反之導電型式，因此當施加適當的電壓時，此來自 p-導電邊界層之電洞，以及來自 n-導電邊界層之電子被注入於主動層中，並且在那裡重新組合。此半導體雷射之正面或晶體表面形成共振器(Resonator)，在其上某種電流(此所謂的臨界電流)發生被激發(stimulated)的放射，並且它產生幾乎是單色集束的光線，其由保

五、發明說明 (2)

持半透光之晶體表面射出。

此外部邊界層通常較內部邊界層與主動層具有較小的折射率，因此形成光學波導，其中內部邊界層與主動層形成波導核心。藉由光線在波導核心中之傳導，應可達成與主動層光場(light-field)儘可能大的重疊。通常須設計此波導，使得在波導核心中只有所謂的基本模式而沒有更高的模式傳導。在此方面在基本模式下所理解的模式是，其在主動層中有唯一的最大強度。而更高的模式之特性為，其具有多個最大強度。

此外，此半導體雷射之光學輸出功率藉由此作為共振器鏡子之晶體表面，由於熱所造成之衰減而受到限制。為了獲得儘可能高的光學輸出功率，與此相應的此半導體雷射之晶體表面之熱負載應儘可能地保持得小。因此有利地將晶體表面上之光線橫截面保持儘可能的大。

由 US 5,272,711 A 為已知，在主動層上設有抗共振反射式波導。此抗共振反射式波導具有以反射區域之側面為邊界之波導(wave guide)核心，其中反射區域連接波導之外部區域。在橫截面中可以看出此波導核心，其反射區域與波導外部區域在層中彼此相鄰。此波導核心與波導外部區域各具有較反射區域為小之折射率。反射區域之寬度相對應於折射於橫截面上光之 $1/4$ 波長之奇數倍。此波導外部區域之寬度相對應於波導

五、發明說明 (7)

而延伸。

須適當地選擇外部波導層 2 與 8 之厚度 d_2 與 d_8 ，使得基本模式之射線損耗不超過某一個值。此外部波導層 2 與 8 之厚度 d_2 與 d_8 較佳是波導核心 11 之厚度之一半之奇數倍。

此等反射層 3 與 7 之厚度的選擇結果會造成此基本模式在反射層上抗共振動式地反射。與此相反的，較高等級的模式是作共振式地反射，因此它在基本上受到較大之射線損耗，並且因此無法達成雷射臨界。當最高地選擇反射層 3 與 7 之厚度時，此基本模式之射線損耗被減少至 $<1/\text{cm}$ ，而較高等級模式之射線損耗是大於 $100/\text{cm}$ 。因此，此等模式無法達成雷射臨界點（而無法產生雷射激發性放射）。

現在根據第 2 圖介紹半導體雷射之具體實施例。因此，以下之說明是用於關於 808 奈米 (nm) 波長之折射率。

在此實施例中基板 1 是由具有折射率 $n_1 = 3.67$ 之 n-導電之 GaAs 構成。此外部波導層 2 與 8 是由具有折射率 $n_2 = n_8 = 3.29$ 而厚度 $d_2 = d_8 = 1$ 微米 (μm) 之 n-導電之 $\text{Al}_{0.5}\text{Ga}_{0.5}\text{As}$ 所構成。反射層 3 與 7 是由具有折射率 $n_3 = n_7 = 3.57$ 而厚度 $d_3 = d_7 = 0.5$ 微米之 n-導電之 $\text{Al}_{0.15}\text{Ga}_{0.85}\text{As}$ 所構成。內部波導層 6 與 8 是由具有折射率 $n_4 = n_6 = 3.29$ 而厚度 $d_4 = d_6 = 1$ 微米 (μm) 之 n-導電

六、申請專利範圍

第 90122978 號「半導體雷射」專利案

(2007 年 7 月修正)

六 申請專利範圍

1. 一種半導體雷射，其特徵為：

- 在基板(1)上施加一種層序列，其中由基板(1)觀看時依序配置第一外部波導層(2)，第一反射層(3)，波導核心(11)，第二反射層(7)及第二外部波導層(8)，一種發出光子之主動層(5)嵌入該波導核心(11)中，
- 第一和第二反射層(3,7)之折射率大於波導核心(11)之折射率且大於相鄰之外部波導層(2,8)之折射率，
- 使該第一和第二反射層(3、7)之厚度略等於波導核心(11)中所投射光子波長之四分之一的奇數倍，
- 該層序列在垂直方向中具有一種反射用之抗共振式波導(10)。

2. 如申請專利範圍第 1 項之半導體雷射，其中此主動層(5)之厚度小於波導核心(11)之邊界區域(4、6)之厚度。

3. 如申請專利範圍第 1 項之半導體雷射，其中此層序列就其厚度而言係對稱於主動層(5)。

4. 如申請專利範圍第 3 項之半導體雷射，其中此主動層(5)之厚度是介於 0.01 與 0.03 微米(μm)之間，波導

六、申請專利範圍

核心(11)之厚度是介於 1.5 與 2.5 微米(μm)之間，
反射層(3、7)的厚度是介於 0.4 與 0.6 微米(μm)之間、以及波導外部區域(2、8)之厚度是介於 0.5 與 1.5 微米(μm)之間。

5. 如申請專利範圍第 1 或 2 項之半導體雷射，其中基板(1)之折射率各大於相鄰之波導外部區域(2)-與波導核心(11)之折射率。
6. 如申請專利範圍第 1 項之半導體雷射，其中在層序列上塗佈一接觸層(9)，其所具有之折射率各大於相鄰波導外部區域(8)-與波導核心(11)之折射率。
7. 如申請專利範圍第 1 項之半導體雷射，其中此波導外部區域(2、8)之折射率等於波導核心(11)之折射率。
8. 如申請專利範圍第 6 或 7 項之半導體雷射，其中基板(1)與接觸層(9)之折射率各自等於相鄰反射區域(3、7)之折射率。
9. 如申請專利範圍第 1 或 3 項之半導體雷射，其中此層序列之折射率係對稱於主動層(5)。
10. 如申請專利範圍第 1 或 2 項之半導體雷射，其中基板(1)以及介於基板(1)與主動層(5)之間之層序列是 n-導電的。
11. 如申請專利範圍第 6 項之半導體雷射，其中接觸層(9)以及介於主動層(5)與接觸層(9)之間的層序列是 p-導電的。

六、申請專利範圍

12. 如申請專利範圍第 1 或 2 項之半導體雷射，其中基板(1)與接觸層(9)是由 GaAs 製成。
13. 如申請專利範圍第 12 之半導體雷射，其中此層序列是由包含 Al、Ga 與 As 之半導體所製成。
14. 如申請專利範圍第 12 項之半導體雷射，其中反射區域(3、7)是由包含 Al、Ga 與 As 之半導體所構成，且波導核心(11)與波導外部區域(2、8)是由包含 In、Ga 與 P 之半導體所製成。
15. 如申請專利範圍第 1 或 2 項之半導體雷射，其中主動層(5)至少具有一量子膜。
16. 如申請專利範圍第 1 或 2 項之半導體雷射，其中主動層(5)具有埋入於阻障層中之量子線。
17. 如申請專利範圍第 1 或 2 項之半導體雷射，其中主動層(5)具有埋入於阻障層中之量子點。