

212255

申請日期	80年11月14日
案號	80108948
類別	1-10 15 1/2

公 告 本

A4  
C4

(以上各欄由本局填註)

發明  
新 型 專 利 說 明 書

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁各欄)

一、發明 名稱	中 文	具有透明電極的垂直空腔表面發射雷射
	英 文	Vertical cavith surface emitting lasers with transparent electrodes
二、發明 人	姓 名	1. 羅茲·寇波夫 2. 亨利·歐布萊恩 3. 俄德曼·史考伯特 4. 杜立偉 5. 喬治·傑·李其克 6. 王永和
	籍 貫 (國籍)	美國
三、申請人	住、居所	1. 美國新澤西州08805·龐德布魯克·惠特蘭街507號 2. 美國新澤西州07060·平田·崔洛第路1600號 3. 美國新澤西州07974·新普洛威斯頓·伍德蘭路70號 4. 美國新澤西州07090·西斐爾德·景觀街253號1樓 5. 美國新澤西州07832·哥倫比亞·第1號路 6. 中華民國台灣台南市北門路一段45之1號
	姓 名 (名稱)	美國電話電報公司 American Telephone and Telegraph Company
三、申請人	籍 貫 (國籍)	美國
	住、居所 (事務所)	美國紐約州10022紐約麥迪遜路550號 550 Madison Avenue, New York NY 10022, U.S.A.
三、申請人	代 表 人 姓 名	艾·易·小奚爾斯 Hirsch Jr. A. E.

經濟部中央標準局員工消費合作社印製

## 五、發明說明 (1)

## 發明部份

本發明係有關具有透光電極之垂直腔表面發射雷射。

## 發明背景

垂直腔表面發射雷射二極體（此後稱為 VCSEL）為一引人之裝置，可由平面技術製造，且為具有廣大可能用途範圍之一類裝置，包括光通訊、光碟、雷射印表機、及光感測系統。在 VCSEL 中，雷射腔垂直於雷射晶片之光學表面。故此，可獲得較之具有雷射腔平行於雷射晶片之表面之邊緣發射雷射之包裝密度為高之包裝密度。此導致在高密度雷射行列，光通訊系統中之高速資料傳輸，光通訊系統中之高速平行處理，及供應快速及高容量資料傳輸徑路於電子晶片間具有莫大前途。而且，其徑向對稱之光束使其適合光束與圓柱形光纖結合。

在 VCSEL 中，光輸出係在薄膜成長之方向上，此通常平行於注射電流之方向。由於此特色，雷射發射所通過及電氣實際接觸之鏡在雷射結構之同一面上，即在該裝置之頂或底面上。一般言之，該鏡約在表面之中心位置，而電極則在鏡之周邊位置。例如，參閱 1988 年 12 月“光電子裝置及技術”卷 3 第 2 號第 131-142 頁，Ken-ichi Iga 所作之“表面發射半導體雷射之最近進步”；及 1989 年 5 月 15 日“應用物理通訊”卷 54 第 20 號 1959-1961 頁，Zinkiewicz 等所作之“高功率垂直腔表面發射 AlGaAs/GaAs 二極體雷射”。

（請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁）

裝  
訂  
線

## 五、發明說明 (2)

由合併鏡及電極為單一單位來簡化 VCSEL 之構造之嘗試導致相當低之量子效率。參閱 1989 年 12 月 1 日“應用物理雜誌”卷 66 第 11 號第 5629-5631 頁 Deppe 等所作之“具有 Ag 鏡之 AlGaAs-GaAs 及 AlGaAs-GaAs-InGaAs 垂直腔表面發射雷射”。該鏡包含 0.55  $\mu\text{m}$  厚之 Ag 反射鏡，此並用作雷射之電極。發射通過一疊  $\lambda/4$  反射半導體，該疊置於與鏡/電極相對之位置。於 1990 年 8 月 14 日發給 Imanaka 之美專利 4,949,351 發表一種 Ti, Pt, 及 Au 成層結構，具有總厚度 900 Å，此用作電極鏡。1990 年 7 月 9 日“應用物理通訊”57(2) 第 117-119 頁，由 Schubert 等所作之一文“具有金屬反射層之低臨限垂直腔表面發射雷射”；1990 年 11 月 12 日“應用物理通訊”57(20) 第 2045-2047 頁，Tu 等所作之“具有半透明金屬鏡及高量子效率之垂直腔表面發射雷射”；及於 1990 年 5 月 21 日提出之美申請書序號 07/526,204 (Deppe D.G.4-14-2-11-1-26) 發表具有一金屬鏡之 VCSEL，該鏡同時用作該裝置之一電極，具有一厚度足以容許雷射發射通過鏡電極。然而，雖後者之量子效率高於 Deppe 或 Imanaka 之結構，但在傳輸雷射發射通過金屬鏡電極上仍有重大損失。

故此，仍需要具有較高量子效率及光傳輸率之 VCSEL，此並可使用平面技術簡單製成。

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝  
訂  
線

## 五、發明說明 (3)

## 發明概要

本發明為一種半導體垂直腔表面發射雷射，包含一雷射腔，具有一作用層，一上及下複層 DBR 鏡，及上及下電極，電極用以施加在與光傳播方向平行之方向上之刺激電流。該 VCSEL 為一半導體裝置，其中，半導體材料為 III-V 或 II-VI，化合物半導體，諸如 GaAs, GaInAs, InP, InGaPAs, AlGaInAs, AlGaAs, 及其他有關之半導體。依據本發明，上電極包含選自導電性半導體之透光材料，具有導電係數在  $1 \times 10^3$  至  $1 \times 10^6 \Omega^{-1} \text{cm}^{-1}$  之範圍，透光率至少為 80%，及吸收率低於 10%。沉積厚度範圍自 50 至 500  $\mu\text{m}$  之氧化鎘錫及氧化銻錫可滿足此等要求。電極層在一非常薄之金屬層上，金屬層形成一非合金障壁於 p 型上鏡及 n 型電極層之間。在具有 GaAs 作用層之一 VCSEL，上電極出來之光輸出產生高至 54% 之外差量子效率。此 VCSEL 適合使用平面技術製造。

使用透光及導電性氧化鎘錫及氧化銻錫之垂直注射 VCSEL 結構解決先行技藝之 VCSEL 上之基本困難，即光及電流在此佔用同一徑路。以低臨限電流達成室溫連續波工作。高士形遠場圖型顯示單一基本橫向模式。

## 附圖簡述

圖 1 概要顯示具有透明上電極之一垂直注射 VCSEL；電流垂直注射通過光窗，如箭頭所示。

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝  
訂  
線



## 五、發明說明 (5)

鏡 1 3 ; 一第一限制層 1 4 ; 一作用區 1 5 ; 一第二限制層 1 6 ; 另一疊四分之一波之第二組多對 (或節) 半導體層, 此形成一上鏡 1 7 ; 一電離區 1 8 , 為離子植入於上鏡之周邊環形區中所構成, 在上鏡中界定一中心位置之圓形窗 1 9 ; 一介質層 2 0 , 在上鏡上, 該介質層具有一中心位置之窗 2 1 , 基本上與窗 1 9 垂直同位 ; 一障壁金屬層 2 2 , 在介質層 2 0 上, 及在窗 2 1 中露出之上鏡 1 7 之部份上 ; 及一透光半導體層 2 3 , 此用作該裝置之上電極。該雷射結構中可包含其他限制及緩衝層, 唯未顯示。如上鏡 1 7 之最上層之導電性不足與障壁層 2 2 形成一非合金歐姆接觸, 則可選擇設置一高度摻雜之薄接觸層 (未顯示) 於上鏡 1 7 及障壁層 2 2 之間。

本發明之 VCSEL 1 0 之更詳細構造之一般可說明如下 :

基體 1 2 為重度摻雜之  $n^+$  型 III - V 或 II - VI 半導體, 諸如 GaAs, AlGaAs, GaInAs, InP, InGaPAs, AlGaInAs, 及其他有關 III - V 或 II - VI 族化合物半導體。一般言之, 基體之厚度範圍自 1 0 0 至 6 5 0  $\mu\text{m}$ , 及基體之摻雜濃度範圍自  $1 \times 10^{17}$  至  $4 \times 10^{18} \text{cm}^{-3}$ 。在一些應用上, 諸如光電積體電路上, 基體 1 2 可先生長於矽之一主基體上, 該主基體為其上所生長之若干裝置所公用。

基體 1 2 上之一疊  $n^+$  摻雜四分之一波半導體由多對或節半導體層構成, 形成複層分佈之 Bragg 反射 (DBR) 下鏡, 具有對或節數範圍普通自 1 0 至 4 0。每對或節

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝  
訂  
線





## 五、發明說明 (8)

。氧化鏷錫 (CTO) 及氧化銻錫 (ITO) 特別適合供此使用，分別具有標稱分子式  $Cd_{2-x}Sn_xO_4$ ， $x$  範圍自 0.01 至 0.5，宜自 0.3 至 0.4；及

$In_{2-y}Sn_yO_3$ ， $y$  範圍自 0.01 至 0.2。氧化鏷錫為透光性 (大於 80%)，具有可略而不計之吸收率 ( $< 1\%$ )，且為導電性，具有在室溫上之導電係數為  $2 \times 10^3 \Omega^{-1} \text{cm}^{-1}$  及電阻係數為  $5 \times 10^{-4} \Omega \text{cm}$ 。

氧化銻錫亦為透光性 (大約 90%)，具有非常小之吸收率 ( $< 5\%$ )，並為導電性，具有在室溫上之導電係數為  $2.5 \times 10^3 \Omega^{-1} \text{cm}^{-1}$  及電阻係數為  $4 \times 10^{-4} \Omega \text{cm}$ 。當沉積成自 50 nm 至 500 nm，宜自 200 至 300 nm 範圍之厚度時，此等材料提供充分之導電率，可用作雷射之電極，且仍具有透光性質，具有透射率 (T) 大於 80% 及吸收率小於 10%。

在沉積上電極 23 之前，先沉積一薄金屬障壁層 22 於介質層 20 上及上鏡 17 中在窗 21 中露出之部份上。此障壁層沉積至 300 Å，宜自 10 至 50 Å 之厚度。該障壁層用以避免形成另一 p-n 接合面於 p 型導電性上鏡 17 及 n 型導電性半導體上電極 23 之間，此會干擾雷射發射。障壁層選自不會引起裝置之材料污染之金屬或合金，能與上鏡 17 之表面形成非合金歐姆接觸，及當沉積於上述厚度範圍內時，並不重大干擾雷射發射之傳輸。

如上鏡 17 之最上層之導電率不足以與障壁層 22 形成一非合金歐姆接觸時，則可選擇設置高度摻雜之一薄接

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝  
訂  
線

## 五、發明說明(9)

觸層(未顯示)於上鏡17及障壁層22之間,具有厚度範圍自0.01至0.1 $\mu\text{m}$ ,宜約0.0625 $\mu\text{m}$ ,以方便建立非合金歐姆接觸於上鏡及障壁金屬層之間。一般言之,該可選擇接觸層中之摻雜濃度範圍可自 $1 \times 10^{19}$ 至 $1 \times 10^{20} \text{cm}^{-3}$ ,宜約為 $5 \times 10^{19} \text{cm}^{-3}$ 。

厚度範圍自1至10 $\mu\text{m}$ 之金屬電極11構製於基體12之底表面上,供電流垂直流過作用區,以引起雷射發射。鎢為可沉積作為一薄層而不致引起結構過熱之一種金屬。該雷射可由電極11與一散熱板接觸而安裝,散熱板例如為銅或不會污染雷射材料之其他導熱性材料所製。

半導體層13至17可由諸如金屬有機蒸氣相晶膜(MOVPE)或分子束晶膜(MBE)或混合蒸氣相晶膜(VPE)等已知方法生長於基體12上。在較宜之實施例中,該VCSEL結構由分子束晶膜(MBE)法在Varian Gen II或Riber MBE系統中生長於重度摻雜( $1 \times 10^{17}$ — $4 \times 10^{18} \text{cm}^{-3}$ )之基體12上。在層13至17生長製成後,由照相製板法沉積適當之抗蝕劑於上鏡17之中心位置之上表面上而界定窗19及21。其上具有抗蝕劑之部份製成之結構輸送至另一高真空室,該結構在該室中接受例如 $\text{H}^+$ 或 $\text{O}^+$ 之離子植入,以製造離子植入區18。在構製介質層20於上鏡17之上表面上並移去抗蝕劑後,沉積薄金屬障壁層22於介質層上及上鏡17之露出窗21中之上表面上。此種金屬層可方便地由

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝  
訂  
線





## 五、發明說明 (12)

檢查該未完成之雷射結構之反射率量度。反射率量度顯示 Fabry-Perot 諧振，在停止頻帶中有一清晰陷口。然後，以劑量  $1 \times 10^{15} \text{ cm}^{-2}$  植入  $300 \text{ keV H}^+$  離子（或  $2000 \text{ keV O}^+$  離子）於上鏡 17 中而構製離子植入區 18，由  $6.2 \mu\text{m}$  厚之照相抗蝕劑（例如 Shipley AZ 照相抗蝕劑 4200）保護  $10 - 20 \mu\text{m}$  直徑之窗。於製成離子植入區 18 後，且照相抗蝕劑仍保持於原處，生長  $500$  至  $5000 \text{ \AA}$ ，宜  $1000$  至  $2000 \text{ \AA}$  厚之  $\text{SiO}_2$  層 20 於上鏡層之表面上，使用電子束蒸發法在高度真空室中在  $100^\circ\text{C}$  上生長之。其後，以丙酮洗去照相抗蝕劑，在以電漿清洗  $\text{SiO}_2$  層及上鏡之露出窗 21 之表面後，沉積（宜使用蒸發法）自  $10$  至  $50 \text{ \AA}$  厚之一銀層於  $\text{SiO}_2$  層上及上鏡之露出表面上。

構製氧化銅錫（或氧化銮錫）之電極 23 於障壁電極 22 上，具有厚度自約  $50$  至  $500 \text{ nm}$ ，宜  $200$  至  $300 \text{ nm}$ 。在此厚度範圍中，電極 23 對雷射發射充分透光，使其能用作 VCSEL 之上電極。大於  $500 \text{ nm}$  之厚度會導致增加串連電阻，而無任何提高雷射效率。

透光半導體層 23 使用 RF 磁控管濺散系統（Anelva 公司，型 SPF-332H）生長。在一範例中，靶子為一燒結碟（3 吋直徑， $1/4$  吋厚度），該碟為約  $67\%$  之  $\text{CdO}$  及約  $33\%$  之  $\text{SnO}_2$  之混合物（Haselden, San Jose, CA）所製。靶子裝於樣品上方  $5 \text{ cm}$  處。板電壓

（請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁）

裝  
訂  
線





四、中文發明摘要(發明之名稱： 具有透明電極的垂直空腔表面發射雷射)

透光及導電性之氧化鎘錫或氧化銦錫使用於垂直腔表面發射雷射上，用以注射垂直電流。GaAs/AlGaAs量子井雷射在室溫上達成連續波雷射發射。具有 $10\mu\text{m}$ 光窗之裝置提供低至 $3.8\text{mA}$ 之雷射臨限電流，該光窗並用作垂直電流注射入口。在雷射臨限上差串連電阻為 $350-450\Omega$ ，二極體電壓為 $5.1-5.6\text{V}$ 。雷射發射之遠場圖型為高土形狀，在半最大值上之全寬度為 $7^\circ$ 。

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁各欄)

裝

訂

線

英文發明摘要(發明之名稱： )

VERTICAL CAVITY SURFACE EMITTING LASERS  
WITH TRANSPARENT ELECTRODES

Abstract

Optically transparent and electrically conductive cadmium tin oxide or indium tin oxide is employed in vertical cavity surface emitting lasers for vertical current injection. Continuous wave lasing at room temperature is achieved in GaAs/AlGaAs quantum well lasers. Devices with a  $10\mu\text{m}$  optical window which also serves as a vertical current injection inlet give lasing threshold currents as low as  $3.8\text{mA}$ . The differential series resistance is  $(350-450)\Omega$  with a diode voltage of  $(5.1-5.6)\text{V}$  at the lasing threshold. Far field pattern of the laser emission is Gaussian-like with a full width at half maximum of  $7^\circ$ .

附註：本案已向 美國 國(地區) 申請專利，申請日期： 1991.1.3 案號： 07/637245

## 六、申請專利範圍

1. 一種垂直腔表面發射雷射，包含一半導體本體，此含有選自GaAs, InP, InGaAs, InGaPAs, AlAs, AlGaAs, AlGaInAs及其他有關Ⅲ-V及Ⅱ-VI族化合物半導體之多個層，該多個層包含：

一作用區，此產生光輻射線，

一下複層鏡，此反射該輻射線，

一上複層鏡，此在垂直於作用區之方向上部份反射及部份透射該輻射線，上鏡包含一離子植入區安排於上鏡之層之周邊區域中，並界定一窗，用以限定電流及雷射發射通過於由該窗所界定之一區域，

一介質層，在上鏡上，介質層具有一窗與離子植入區中之窗對齊，

一金屬障壁層，在介質層上，並接觸上鏡層之在介質鏡層之窗中露出之表面，

一透光半導體材料層，在金屬障壁層上，形成雷射之上電極，該透光層具有導電係數範圍自 $1 \times 10^3$ 至 $1 \times 10^5 \Omega^{-1} \text{cm}^{-1}$ ，透光率至少為80%，及吸收率低於10%，及

一下電極，用以與上電極一致施加一刺激電流，電流方向大致垂直於作用區，並大致平行於光輻射線傳播方向。

2. 如申請專利範圍第1項所述之雷射，其中，上電極之透光半導體材料選自氧化銅錫及氧化銮錫所組之群中。

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

六、申請專利範圍

3. 如申請專利範圍第2項所述之雷射，其中，上電極之厚度範圍自50至500nm。

4. 如申請專利範圍第2項所述之雷射，其中，上電極之厚度範圍自200至300nm。

5. 如申請專利範圍第1項所述之雷射，其中，金屬障壁層之金屬選自Ag, Au, AuBe, AuZn, Cr, Ti所組之群中。

6. 如申請專利範圍第5項所述之雷射，其中，該金屬為銀。

7. 如申請專利範圍第6項所述之雷射，其中，銀層之厚度範圍自10至50Å。

8. 如申請專利範圍第1項所述之雷射，其中，該介質材料選自SiO<sub>2</sub>, Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>, 及Vycor玻璃所組之群中。

9. 如申請專利範圍第8項所述之雷射，其中，介質材料為SiO<sub>2</sub>, 沉積厚度自0.01至0.1μm。

10. 如申請專利範圍第1項所述之雷射，其中，下鏡為一複層分佈Bragg反射鏡，含有10至40節。

11. 如申請專利範圍第10項所述之雷射，其中，該鏡為一30節結構。

12. 如申請專利範圍第11項所述之雷射，其中，該作用區為GaAs, 及該等節各包含一對四分之一波層，選自AlAs及GaAs以及AlAs及

Al<sub>0.05</sub>Ga<sub>0.95</sub>As。

(請先閱讀背面之注意事項再填寫本頁)

裝

訂

線

212255

A7  
B7  
C7  
D7

六、申請專利範圍

13. 如申請專利範圍第12項所述之雷射，其中，該作用層為GaAs，及該等節各為一結構，包含Al<sub>0.14</sub>Ga<sub>0.86</sub>As (500Å) / Al<sub>0.57</sub>Ga<sub>0.43</sub>As (100Å) / AlAs (580Å) / Al<sub>0.57</sub>Ga<sub>0.43</sub>As (100Å)。

14. 如申請專利範圍第12項所述之雷射，其中，該鏡結構為線性分級。

15. 如申請專利範圍第12項所述之雷射，其中，該鏡結構為超晶格分級結構。

16. 如申請專利範圍第1項所述之雷射，其中，該上鏡為一階分級複層分佈Bragg反射鏡，包含2至20節。

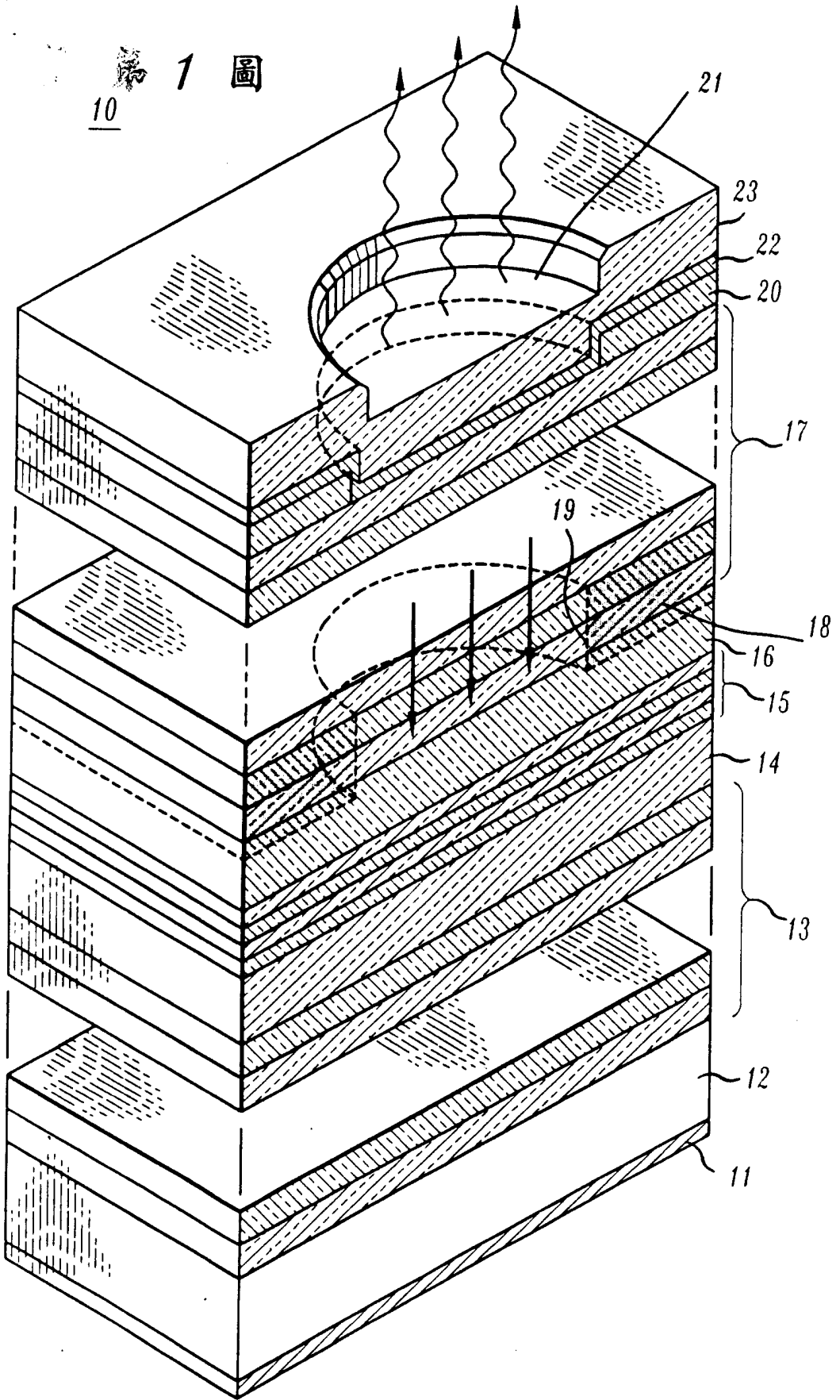
17. 如申請專利範圍第16項所述之雷射，其中，該作用層為GaAs，且該鏡之各節各包含一結構，此包含Al<sub>0.14</sub>Ga<sub>0.86</sub>As (500Å) / Al<sub>0.57</sub>Ga<sub>0.43</sub>As (100Å) / AlAs (580Å) / Al<sub>0.57</sub>Ga<sub>0.43</sub>As (100Å)。

18. 如申請專利範圍第1項所述之雷射，其中，該離子植入區包含選自H<sup>+</sup>及O<sup>+</sup>之離子。

19. 如申請專利範圍第18項所述之雷射，其中，該離子為H<sup>+</sup>。

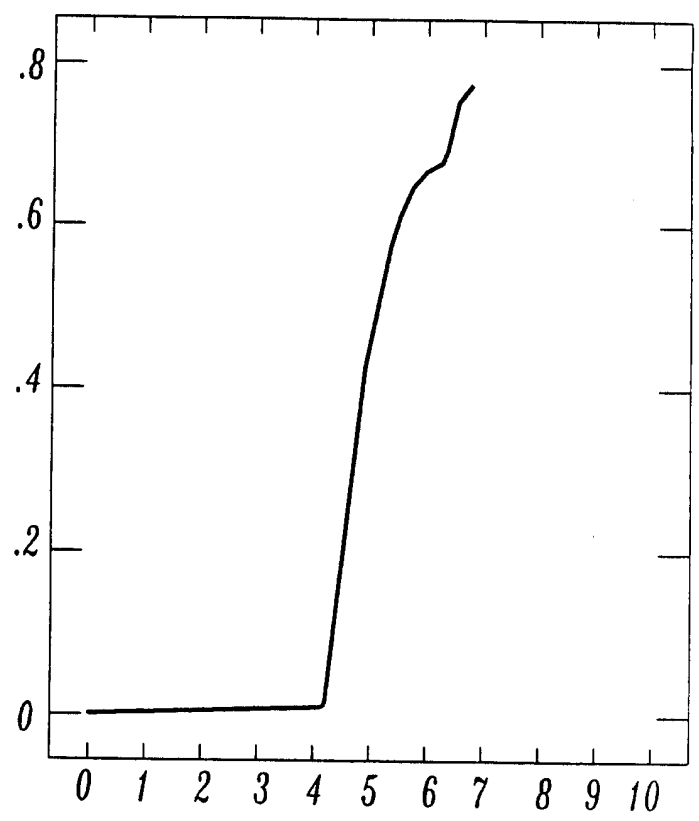
第 1 圖

10

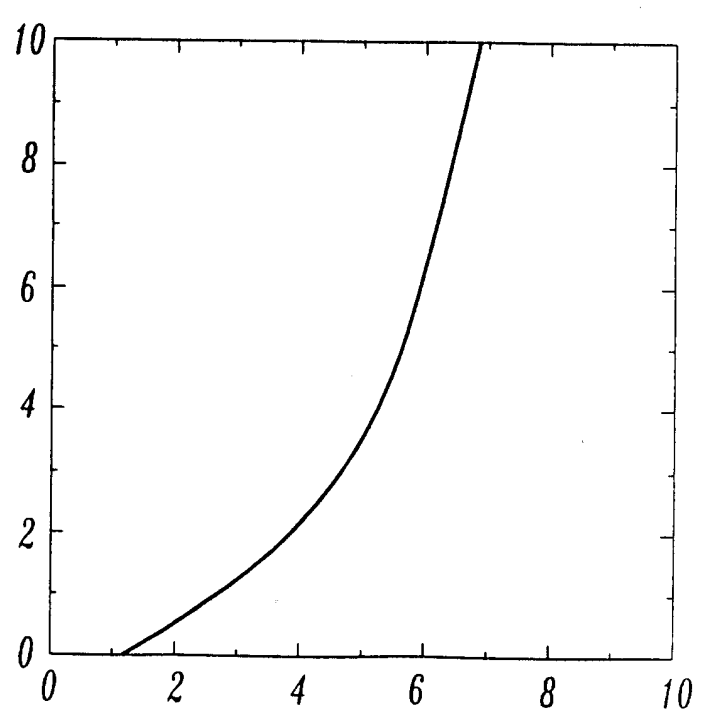


212256

第 2 圖

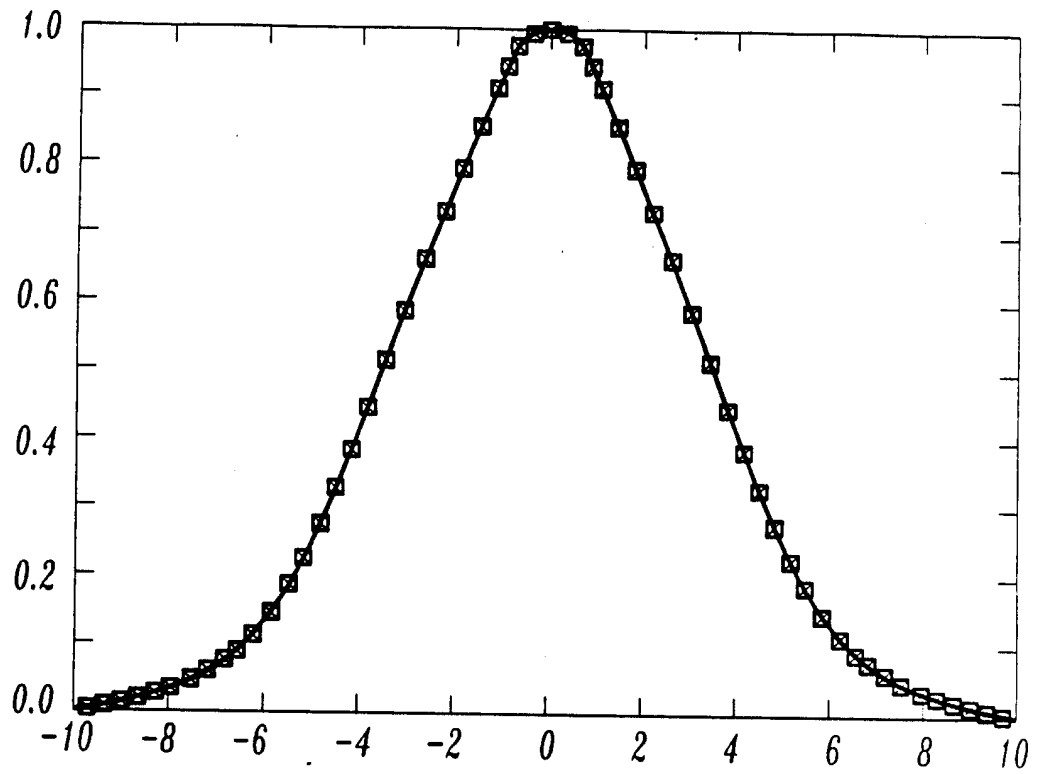


第 3 圖



212255

第 4 圖



第 5 圖

