



(21)申請案號：106125008

(22)申請日：中華民國 106 (2017) 年 07 月 26 日

(51)Int. Cl. : *H01S5/183 (2006.01)*

(71)申請人：國立交通大學(中華民國) NATIONAL CHIAO TUNG UNIVERSITY (TW)
新竹市東區大學路 1001 號

(72)發明人：盧廷昌 LU, TIEN-CHANG (TW)；張祖齊 CHANG, TSU-CHI (TW)；郭修邑 KUO, SHIOU-YI (TW)

(74)代理人：江日舜

申請實體審查：有 申請專利範圍項數：12 項 圖式數：3 共 19 頁

(54)名稱

具有混合式反射鏡結構的垂直共振腔面射型雷射

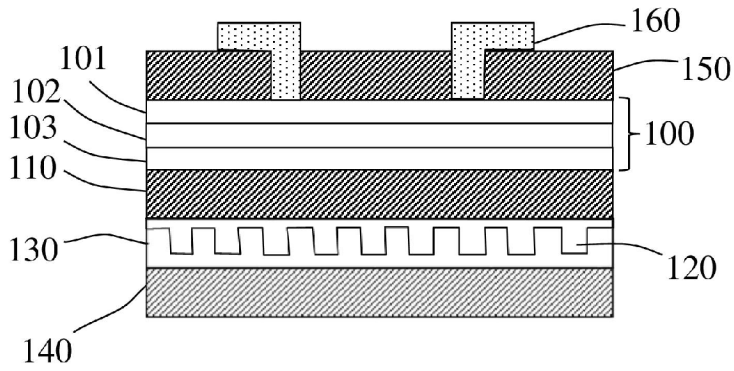
VERTICAL CAVITY SURFACE EMITTING LASER WITH HYBRID MIRRORS

(57)摘要

一種具有混合式反射鏡結構的垂直共振腔面射型雷射，乃將介電質反射鏡與金屬反射鏡結合形成混合式反射鏡，藉由金屬本身高反射率與高導熱效果，大幅降低介電質反射鏡的使用對數，進而減少散熱途徑，增加散熱效果，同時，於金屬與介電質之間形成雙折射率的週期性光柵結構，可以增加雷射極化的穩定度，此外，週期性光柵結構可增加黏著金屬之接觸面積，因此其晶圓強度與穩定度可大幅提升。

A vertical cavity surface emitting laser with hybrid mirrors, which combines a dielectric mirror with a metal mirror to form a hybrid mirror. With the high reflectivity and high thermal conductivity effect of the metal, the amount of dielectric mirror is significantly reduced, thereby reducing the cooling path and increase the cooling effect. At the same time, a birefringence periodic grating structure is formed between the metal mirror and the dielectric mirror, the stability of the laser polarization is increased. In addition, the periodic grating structure can increase the contact area of the adhesive metal, so the wafer strength and stability can be greatly improved.

指定代表圖：



第1圖

符號簡單說明：

100 . . . 半導體發光結構

101 . . . n型半導體層

102 . . . 量子井結構發光層

103 . . . p型半導體層

110 . . . 第一介電質布拉格反射鏡

120 . . . 介電質週期性光柵

130 . . . 金屬反射鏡

140 . . . 永久性基板

150 . . . 第二介電質布拉格反射鏡

160 . . . 金屬電極

**【發明摘要】**

【中文發明名稱】 具有混合式反射鏡結構的垂直共振腔面射型雷射

【英文發明名稱】 Vertical Cavity Surface Emitting Laser With Hybrid Mirrors

【中文】

一種具有混合式反射鏡結構的垂直共振腔面射型雷射，乃將介電質反射鏡與金屬反射鏡結合形成混合式反射鏡，藉由金屬本身高反射率與高導熱效果，大幅降低介電質反射鏡的使用對數，進而減少散熱途徑，增加散熱效果，同時，於金屬與介電質之間形成雙折射率的週期性光柵結構，可以增加雷射極化的穩定度，此外，週期性光柵結構可增加黏著金屬之接觸面積，因此其晶圓強度與穩定度可大幅提升。

【英文】

A vertical cavity surface emitting laser with hybrid mirrors, which combines a dielectric mirror with a metal mirror to form a hybrid mirror. With the high reflectivity and high thermal conductivity effect of the metal, the amount of dielectric mirror is significantly reduced, thereby reducing the cooling path and increase the cooling effect. At the same time, a birefringence periodic grating structure is formed between the metal mirror and the dielectric mirror, the stability of the laser polarization is increased. In addition, the periodic grating structure can increase the contact area of the adhesive metal, so the wafer strength and stability can be greatly improved.

【指定代表圖】：第(1)圖。

【代表圖之符號簡單說明】

- 100 半導體發光結構
- 101 n型半導體層
- 102 量子井結構發光層
- 103 p型半導體層
- 110 第一介電質布拉格反射鏡
- 120 介電質週期性光柵
- 130 金屬反射鏡
- 140 永久性基板
- 150 第二介電質布拉格反射鏡
- 160 金屬電極

【發明說明書】

【中文發明名稱】具有混合式反射鏡結構的垂直共振腔面射型雷射

【英文發明名稱】Vertical Cavity Surface Emitting Laser With Hybrid Mirrors

【技術領域】

【0001】 本發明係關於一種垂直共振腔面射型雷射（VCSEL），尤其是一種具有混合式反射鏡結構的垂直共振腔面射型雷射。

【先前技術】

【0002】 垂直共振腔面射型雷射因短共振腔易實現單模操作、小體積、較小發散角易與光纖耦合、低閾值電流等優點，在消費性電子產品、雲端計算、數據中心與高速電腦上已經有廣泛應用。垂直共振腔面射型雷射（vertical cavity surface emitting laser, VCSEL）主要由發光層與布拉格反射鏡結合（簡稱DBR）；垂直面共振腔射型雷射結構中，布拉格反射鏡主要是由高低不同的折射率材料堆疊來達到高反射率的效果，其材料選擇與設計會影響發光效率也是此結構製作的重點，其中藍光面射型雷射的技術難度最高，主要的原因是DBR與磊晶製作的困難。

【0003】 傳統反射鏡由製程方式不同可以分為三大類：

【0004】 （1）磊晶成長全結構：此結構為最早發展出來的製程方式，主要是利用磊晶方式來製作布拉格反射鏡；因為雷射要求反射鏡需要有高反射率所以需要有多對材料堆疊，但是磊晶製程往往因為晶格不匹配在多層結構中容易有缺陷產生進而影響發光效率，特別是在氮化鎵（GaN）材料上。

【0005】 （2）混合式DBR結構：為了減少多層結構磊晶產生的應力問題，因此發展出混和式結構，此結構主要是以介電質DBR取代上半部磊晶DBR，介電質DBR是由氧化物組成，因此可以提供相當高的折射率差異，通常8對以上的DBR就可以達到極高的反射率，也因此可以降低DBR穿透深度減少光損；但是

下半部磊晶DBR所產生缺陷問題依然存在，這使得基板上的選擇受到限制。

【0006】 (3)雙介電質DBR結構：此結構需要利用晶片接合技術來製作，此製作方式可以減少磊晶對基板晶格匹配的要求，並將DBR的製作分開來，因為介電質DBR高折射率差異的特性，可以在較少對數的結構中達到高反射率進而減少光損；由於介電質為氧化物材料本身並非結晶性材料，因此在導熱效率上不佳，因此在雷射連續操作下容易形成自熱效應（self-heating）。

【0007】 有鑑於此，本發明遂針對上述先前技術之缺失，提出一種具有混合式反射鏡結構的垂直共振腔面射型雷射，以克服傳統垂直共振腔面射型雷射所遇到的瓶頸，提高操作溫度與發光效率。

【發明內容】

【0008】 本發明的主要目的在於提供一種具有混合式反射鏡結構的垂直共振腔面射型雷射，利用金屬與介電質結合形成混合式反射鏡，藉由金屬本身高反射率與高導熱效果，大幅降低介電質材料使用對數，並減少散熱途徑增加散熱效果；同時，金屬與介電質形成雙折射率光柵對於雷射極化也有穩定的效果。

【0009】 本發明的主要目的在於提供一種具有混合式反射鏡結構的垂直共振腔面射型雷射，在使用晶圓接合與雷射剝除技術於金屬與介電質的混合式反射鏡面射型垂直共振腔結構的製程上，晶圓鍵結主要是以金屬作為接合材料，可在現有垂直共振腔面射型雷射製程基礎上立即導入量產。

【0010】 因此，為達上述目的，本發明揭露一種具有混合式反射鏡結構的垂直共振腔面射型雷射，包含有半導體發光結構，且在半導體發光結構上依序形成有第一介電質布拉格反射鏡、介電質週期性光柵和金屬反射鏡，再利用晶圓接合技術，於金屬反射鏡接合上永久性基板，並於永久性基板上形成第二介電質布拉格反射鏡和金屬電極。

【0011】 本發明的一實施例中，半導體發光結構可包括p型半導體層、量

子井結構發光層和n型半導體層。

【0012】 本發明的一實施例中，更包含一電流侷限層於前述半導體發光結構與前述第一介電質布拉格反射鏡之間。

【0013】 本發明的一實施例中，更包含一透明導電薄膜於前述電流侷限層與前述第一介電質布拉格反射鏡之間。

【0014】 本發明藉由金屬反射鏡與介電質反射鏡結合，將可降低介電質反射鏡的對數，進而減少散熱途徑，並結合金屬高導熱效果減少雷射在連續操作下自熱效應的影響，以改善雷射輸出極化的不穩定。再者，介電質週期性光柵能增加黏著金屬之接觸面積，減少晶圓接合因為黏著強度不夠造成晶圓剝離的情況。

【0015】 底下藉由具體實施例配合所附的圖式詳加說明，當更容易瞭解本發明之目的、技術內容、特點及其所達成之功效。

【圖式簡單說明】

【0016】

第1圖為本發明之第一實施例所提供的具有混合式反射鏡結構的垂直共振腔面射型雷射的剖面圖。

第2A~2F圖為本發明之第一實施例所提供之具有混合式反射鏡結構的垂直共振腔面射型雷射的製造方法中對應各步驟的結構剖面圖。

第3圖為本發明之第二實施例所提供的具有混合式反射鏡結構的垂直共振腔面射型雷射的剖面圖。

【實施方式】

【0017】 請參照第1圖，繪示本發明之第一實施例所提供的具有混合式反射鏡結構的垂直共振腔面射型雷射的剖面圖。此具有混合式反射鏡結構的垂直共振腔面射型雷射包含有半導體發光結構100、第一介電質布拉格反射鏡110、介電質週期性光柵120、金屬反射鏡130、永久性基板140、第二介電質布拉格反射

鏡150和金屬電極160。以下依序說明各層結構。

【0018】 其中，半導體發光結構100可依序包括n型半導體層101、量子井結構發光層102和p型半導體層103。具體而言，n型半導體層101之材料可選自由氮化鋁（AlN）、氮化鋁鎵（AlGaN）、氮化鎵（GaN）、氮化銦鎵（InGaN）砷化鎵（GaAs）、砷化銦鎵（InGaAs）、磷化銦鎵砷（InGaAsP）、砷化鋁（AlAs）、砷化鋁鎵銦（AlGaInAs）、磷化鋁鎵銦（AlGaInP）、砷化鋁鎵（AlGaAs）、砷化銦鎵氮（InGaNAs）、銻化鎵砷（GaAsSb）、銻化鎵（GaSb）、磷化銦（InP）、砷化銦（InAs）、磷化鎵（GaP）、磷化鋁（AlP）和氮化鋁銦鎵（AlInGaN）所構成群組中之至少一種材料；量子井結構發光層102之材料可選自由氮化鎵（GaN）、氮化鋁鎵（AlGaN）、氮化銦鎵（InGaN）、砷化鎵（GaAs）、砷化銦鎵（InGaAs）、磷化銦鎵砷（InGaAsP）、砷化鋁（AlAs）、砷化鋁鎵銦（AlGaInAs）、磷化鋁鎵銦（AlGaInP）、砷化鋁鎵（AlGaAs）、砷化銦鎵氮（InGaNAs）、銻化鎵砷（GaAsSb）、銻化鎵（GaSb）、磷化銦（InP）、砷化銦（InAs）、磷化鎵（GaP）、磷化鋁（AlP）和氮化鋁銦鎵（AlInGaN）所構成群組中之至少一種材料；p型半導體層103之材料可選自由氮化鋁（AlN）、氮化鋁鎵（AlGaN）、氮化鎵（GaN）、氮化銦鎵（InGaN）、砷化鎵（GaAs）、砷化銦鎵（InGaAs）、磷化銦鎵砷（InGaAsP）、砷化鋁（AlAs）、砷化鋁鎵銦（AlGaInAs）、磷化鋁鎵銦（AlGaInP）、砷化鋁鎵（AlGaAs）、砷化銦鎵氮（InGaNAs）、銻化鎵砷（GaAsSb）、銻化鎵（GaSb）、磷化銦（InP）、砷化銦（InAs）、磷化鎵（GaP）、磷化鋁（AlP）和氮化鋁銦鎵（AlInGaN）所構成群組中之至少一種材料。

【0019】 第一介電質布拉格反射鏡110位於半導體發光結構100上。具體而言，第一介電質布拉格反射鏡110為可選自由硒化鋅（ZnSe）、氟化鎂（MgF₂）、矽（Si）、氮化矽（SiN_x）、二氧化鈦（TiO₂）、五氧化二鉭（Ta₂O₅）、二氧化鈦（HfO₂）、二氧化矽（SiO₂）、二氧化鋯（ZrO₂）和氧化鋁（Al₂O₃）所構成群

組中之至少一種或多種介電質材料層。

【0020】 介電質週期性光柵120位於第一介電質布拉格反射鏡110上。具體而言，介電質週期性光柵120可選自由硒化鋅(ZnSe)、氟化鎂(MgF_2)、矽(Si)、氮化矽(SiN_x)、二氧化鈦(TiO_2)、五氧化二鉭(Ta_2O_5)、二氧化鈦(HfO_2)、二氧化矽(SiO_2)、二氧化鋯(ZrO_2)和氧化鋁(Al_2O_3)所構成群組中之至少一種或多種介電質材料。

【0021】 金屬反射鏡130具有晶圓接合與導電功能，其位於介電質週期性光柵120上。具體而言，金屬反射鏡層130之材料可選自由銻(In)、錫(Sn)、鋁(Al)、金(Au)、鉑(Pt)、鋅(Zn)、鍺(Ge)、銀(Ag)、鉛(Pb)、鈀(Pd)、銅(Cu)、金鈹(AuBe)、金鍺(AuGe)、鎳(Ni)、鉛錫(PbSn)、鉻(Cr)、金錫(AuZn)、鈦(Ti)、鎢(W)和鈦鎢(TiW)所構成群組中之至少一種材料。

【0022】 用作晶圓接合之永久性基板140，則接合於金屬反射鏡130上。具體而言，永久性基板140之材質可選自由矽(Si)、砷化鎵(GaAs)、玻璃、石英、磷化鎵(GaP)、磷砷化鎵(GaAsP)、鋁砷化鎵(AlGaAs)、氧化鋅(ZnO)、二氧化矽(SiO_2)、磷化銻(InP)、藍寶石(sapphire)、碳化矽(SiC)和金屬所構成群組中之至少一種材料。

【0023】 第二介電質布拉格反射鏡150位於永久性基板140上。具體而言，第二介電質布拉格反射鏡150為可選自由硒化鋅(ZnSe)、氟化鎂(MgF_2)、矽(Si)、氮化矽(SiN_x)、二氧化鈦(TiO_2)、五氧化二鉭(Ta_2O_5)、二氧化鈦(HfO_2)、二氧化矽(SiO_2)、二氧化鋯(ZrO_2)和氧化鋁(Al_2O_3)所構成群組中之至少一種或多種介電質材料層。

【0024】 至於金屬電極160亦位於永久性基板140上。具體而言，金屬電極160之材料可選自由銻(In)、錫(Sn)、鋁(Al)、金(Au)、鉑(Pt)、鋅

(Zn)、鍺(Ge)、銀(Ag)、鉛(Pb)、鈀(Pd)、銅(Cu)、金鍍(AuBe)、金鍺(AuGe)、鎳(Ni)、鉛錫(PbSn)、鉻(Cr)、金錫(AuZn)、鈦(Ti)、鎢(W)和鈦鎢(TiW)所構成群組中之至少一種材料。

【0025】 接著，請依序參照第2A-2F圖，為本發明之第一實施例所提供之具有混合式反射鏡結構的垂直共振腔面射型雷射的製造方法中對應各步驟的結構剖面圖。該製造流程包括如下步驟：

【0026】 首先，如第2A圖所示，利用金屬有機氣相沈積方法，成長高質量的半導體發光結構100於暫時性基板170上，其包括依序製作出n型半導體層101、量子井結構發光層102與p型半導體層103。其中，用於成長半導體發光結構100之暫時性基板170，具體可為藍寶石(sapphire)、氮化鎵、碳化矽(SiC)、磷化銦(InP)、砷化鎵(GaAs)、磷化鎵(GaP)、磷砷化鎵(GaAsP)、鋁砷化鎵(AlGaAs)氧化鋅(ZnO)或矽基板。

【0027】 然後，如第2B圖所示，沉積第一介電質布拉格反射鏡110於半導體發光結構100上。

【0028】 如第2C圖所示，在第一介電質布拉格反射鏡110上繼續沉積介電質材料，並定義出介電質週期性光柵120，其光柵為深度d範圍30~1000奈米(nm)與寬度x範圍30~1000奈米(nm)混合搭配之結構。

【0029】 之後，如第2D圖所示，鍍上金屬反射鏡130並進行晶圓接合，晶圓接合所選用永久性基板140以有助於散熱為佳。

【0030】 如第2E圖所示，完成晶圓接合後，利用雷射剝除法去除原成長之暫時性基板170，並進行減薄與平坦化定義出雷射共振腔之腔長。

【0031】 最後，如第2F圖所示，完成腔長之定義後，再度進行蝕刻以獨立單一元件與定義出電極位置，並沉積第二介電質布拉格反射鏡150，最後，沉積金屬電極160完成元件製作。

【0032】 另外，請參照第3圖，繪示本發明之第二實施例所提供的具有混合式反射鏡結構的垂直共振腔面射型雷射的剖面圖。本實施例更包含電流侷限層180和透明導電薄膜190於半導體發光結構100與第一介電質布拉格反射鏡110之間。具體而言，電流侷限層180之材料可選自由氧化鋁（ Al_2O_3 ）、二氧化矽（ SiO_2 ）、氮化矽（ SiN_x ）、二氧化鈦（ TiO_2 ）、五氧化二鉬（ Ta_2O_5 ）和二氧化鈺（ HfO_2 ）所構成群組中之至少一種或多種介電質材料層，其電流侷限孔徑為1~100微米（ μm ）；透明導電薄膜190可由氧化銦錫（ITO）、氧化鋅（ ZnO ）、氧化鋁鎵銦錫（ AlGaInSnO ）、氧化鋁鋅（AZO）、氧化錫（ SnO_2 ）、氧化銦（ In_2O_3 ）、石墨烯（Graphene）、氧化鋅錫（ SnZnO ）及透明導電氧化物所作成的透明導電層（TCO）的其中之一所構成。而本實施例之製作方法係在上述第一實施例成長半導體發光結構100之後（第2A圖之步驟），先定義並沉積介電質材料來形成電流侷限層180，完成電流侷限層180之定義後，可接著沉積透明導電薄膜190，再接續沉積第一介電質布拉格反射鏡110於透明導電薄膜190上。其餘元件之製作則如同第一實施例之相同步驟即可，恕不重複贅述。

【0033】 根據本發明所提供之具有混合式反射鏡結構的垂直共振腔面射型雷射，乃利用金屬反射鏡與介電質反射鏡結合形成混合式反射鏡，將可降低介電質材料使用對數，進而減少散熱途徑，增加散熱效果，並結合金屬高導熱效果，減少雷射在連續操作下自熱效應的影響，以改善雷射輸出極化的不穩定；再者，金屬與介電質形成雙折射率的週期性光柵結構，對於雷射極化也有穩定的效果；同時，介電質週期性光柵可導致與晶圓接合之黏著金屬接觸面積增加，可減少晶圓接合因為黏著強度不夠造成晶圓剝離的情況，因此其晶圓強度與穩定度可大幅提升。此外，因為雙介電質垂直共振腔面射型雷射製程中晶圓接合這項技術，往往需要使用金屬作為接合劑，這點與本發明並無衝突，而可在現有垂直共振腔面射型雷射製程基礎上立即導入量產。

【0034】 以上所述之實施例僅係為說明本發明之技術思想及特點，其目的在使熟習此項技藝之人士能夠瞭解本發明之內容並據以實施，當不能以之限定本發明之專利範圍，即大凡依本發明所揭示之精神所作之均等變化或修飾，仍應涵蓋在本發明之專利範圍內。

【符號說明】

【0035】

- 100 半導體發光結構
- 101 n型半導體層
- 102 量子井結構發光層
- 103 p型半導體層
- 110 第一介電質布拉格反射鏡
- 120 介電質週期性光柵
- 130 金屬反射鏡
- 140 永久性基板
- 150 第二介電質布拉格反射鏡
- 160 金屬電極
- 170 暫時性基板
- 180 電流侷限層
- 190 透明導電薄膜

【發明申請專利範圍】

- 【第1項】 一種具有混合式反射鏡結構的垂直共振腔面射型雷射，包含有：
- 一半導體發光結構；
 - 一第一介電質布拉格反射鏡，位於該半導體發光結構上；
 - 一介電質週期性光柵，位於該第一介電質布拉格反射鏡上；
 - 一金屬反射鏡，位於該介電質週期性光柵上；
 - 一永久性基板，接合於該金屬反射鏡上；
 - 一第二介電質布拉格反射鏡，位於該永久性基板上；以及
 - 一金屬電極，位於該永久性基板上。

- 【第2項】 如請求項第1項所述之具有混合式反射鏡結構的垂直共振腔面射型雷射，其中該半導體發光結構包括一p型半導體層、一量子井結構發光層和一n型半導體層，該量子井結構發光層位於該p型半導體層上，該n型半導體層位於該量子井結構發光層上，該p型半導體層係選自由氮化鋁（AlN）、氮化鋁鎵（AlGa_N）、氮化鎵（Ga_N）、氮化銦鎵（InGa_N）、砷化鎵（GaAs）、砷化銦鎵（InGaAs）、磷化銦鎵砷（InGaAsP）、砷化鋁（AlAs）、砷化鋁鎵銦（AlGaInAs）、磷化鋁鎵銦（AlGaInP）、砷化鋁鎵（AlGaAs）、砷化銦鎵氮（InGaNAs）、銻化鎵砷（GaAsSb）、銻化鎵（GaSb）、磷化銦（InP）、砷化銦（InAs）、磷化鎵（GaP）、磷化鋁（AlP）和氮化鋁銦鎵（AlInGa_N）所構成群組中之至少一種材料，該量子井結構發光層係選自由氮化鎵（Ga_N）、氮化鋁鎵（AlGa_N）、氮化銦鎵（InGa_N）、砷化鎵（GaAs）、砷化銦鎵（InGaAs）、磷化銦鎵砷（InGaAsP）、砷化鋁（AlAs）、砷化鋁鎵銦（AlGaInAs）、磷化鋁鎵銦（AlGaInP）、砷化鋁鎵（AlGaAs）、砷化銦鎵氮（InGaNAs）、銻化鎵砷（GaAsSb）、銻化鎵（GaSb）、

磷化銮 (InP)、砷化銮 (InAs)、磷化鎵 (GaP)、磷化鋁 (AlP) 和氮化鋁銮鎵 (AlInGaN) 所構成群組中之至少一種材料，該n型半導體層係選自由氮化鋁 (AlN)、氮化鋁鎵 (AlGaN)、氮化鎵 (GaN)、氮化銮鎵 (InGaN)、砷化鎵 (GaAs)、砷化銮鎵 (InGaAs)、磷化銮鎵砷 (InGaAsP)、砷化鋁 (AlAs)、砷化鋁鎵銮 (AlGaInAs)、磷化鋁鎵銮 (AlGaInP)、砷化鋁鎵 (AlGaAs)、砷化銮鎵氮 (InGaNAs)、銻化鎵砷 (GaAsSb)、銻化鎵 (GaSb)、磷化銮 (InP)、砷化銮 (InAs)、磷化鎵 (GaP)、磷化鋁 (AlP) 和氮化鋁銮鎵 (AlInGaN) 所構成群組中之至少一種材料。

【第3項】如請求項第1項所述之具有混合式反射鏡結構的垂直共振腔面射型雷射，其中該第一介電質布拉格反射鏡係選自由硒化鋅 (ZnSe)、氟化鎂 (MgF₂)、矽 (Si)、氮化矽 (SiN_x)、二氧化鈦 (TiO₂)、五氧化二鉭 (Ta₂O₅)、二氧化鈺 (HfO₂)、二氧化矽 (SiO₂)、二氧化鋯 (ZrO₂) 和氧化鋁 (Al₂O₃) 所構成群組中之至少一種或多種介電質材料層。

【第4項】如請求項第1項所述之具有混合式反射鏡結構的垂直共振腔面射型雷射，其中該第二介電質布拉格反射鏡係選自由硒化鋅 (ZnSe)、氟化鎂 (MgF₂)、矽 (Si)、氮化矽 (SiN_x)、二氧化鈦 (TiO₂)、五氧化二鉭 (Ta₂O₅)、二氧化鈺 (HfO₂)、二氧化矽 (SiO₂)、二氧化鋯 (ZrO₂) 和氧化鋁 (Al₂O₃) 所構成群組中之至少一種或多種介電質材料層。

【第5項】如請求項第1項所述之具有混合式反射鏡結構的垂直共振腔面射型雷射，其中該介電質週期性光柵係選自由硒化鋅 (ZnSe)、氟化鎂 (MgF₂)、矽 (Si)、氮化矽 (SiN_x)、二氧化鈦 (TiO₂)、五氧化

二鉭 (Ta_2O_5)、二氧化鈦 (HfO_2)、二氧化矽 (SiO_2)、二氧化鋯 (ZrO_2) 和氧化鋁 (Al_2O_3) 所構成群組中之至少一種或多種介電質材料，該介電質週期性光柵之深度範圍為30 ~ 1000奈米 (nm)、寬度範圍為30 ~ 1000奈米 (nm)。

【第6項】 如請求項第1項所述之具有混合式反射鏡結構的垂直共振腔面射型雷射，其中該金屬反射鏡層係選自由銦 (In)、錫 (Sn)、鋁 (Al)、金 (Au)、鉑 (Pt)、鋅 (Zn)、鍺 (Ge)、銀 (Ag)、鉛 (Pb)、鈀 (Pd)、銅 (Cu)、金鍍 (AuBe)、金鍺 (AuGe)、鎳 (Ni)、鉛錫 (PbSn)、鉻 (Cr)、金錫 (AuZn)、鈦 (Ti)、鎢 (W) 和鈦鎢 (TiW) 所構成群組中之至少一種材料。

【第7項】 如請求項第1項所述之具有混合式反射鏡結構的垂直共振腔面射型雷射，其中該永久性基板係選自由矽 (Si)、砷化鎵 (GaAs)、玻璃、石英、磷化鎵 (GaP)、磷砷化鎵 (GaAsP)、鋁砷化鎵 (AlGaAs)、氧化鋅 (ZnO)、二氧化矽 (SiO_2)、藍寶石 (sapphire)、磷化銦 (InP)、碳化矽 (SiC) 和金屬所構成群組中之至少一種材料。

【第8項】 如請求項第1項所述之具有混合式反射鏡結構的垂直共振腔面射型雷射，更包含一電流侷限層，該電流侷限層位於該半導體發光結構與該第一介電質布拉格反射鏡之間。

【第9項】 如請求項第8項所述之具有混合式反射鏡結構的垂直共振腔面射型雷射，其中該電流侷限層係選自由氧化鋁 (Al_2O_3)、二氧化矽 (SiO_2)、氮化矽 (SiN_x)、二氧化鈦 (TiO_2)、五氧化二鉭 (Ta_2O_5) 和二氧化鈦 (HfO_2) 所構成群組中之至少一種或多種介電質材料層，該電流侷限層之電流侷限孔徑為1~100微米 (μm)。

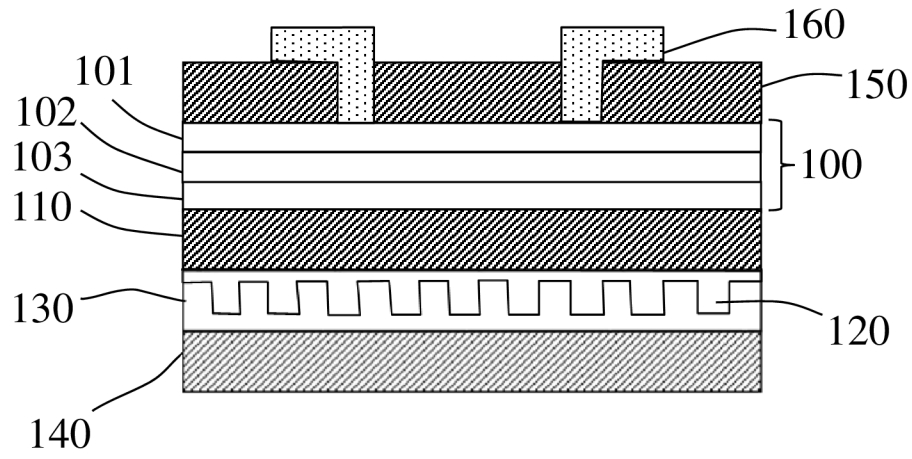
【第10項】 如請求項第8項所述之具有混合式反射鏡結構的垂直共振腔面射型

雷射，更包含一透明導電薄膜，該透明導電薄膜位於該電流侷限層與該第一介電質布拉格反射鏡之間。

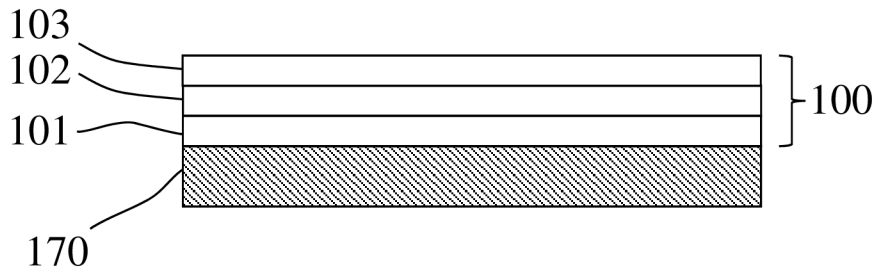
【第11項】如請求項第10項所述之具有混合式反射鏡結構的垂直共振腔面射型雷射，其中該透明導電薄膜係由氧化銦錫（ITO）、氧化鋅（ZnO）、氧化鋁鎵銦錫（AlGaInSnO）、氧化鋁鋅（AZO）、氧化錫（SnO₂）、氧化銦（In₂O₃）、石墨烯（Graphene）、氧化鋅錫（SnZnO）及透明導電氧化物所作成的透明導電層（TCO）的其中之一所構成。

【第12項】如請求項第1項所述之具有混合式反射鏡結構的垂直共振腔面射型雷射，其中該金屬電極係選自由銦（In）、錫（Sn）、鋁（Al）、金（Au）、鉑（Pt）、鋅（Zn）、鍺（Ge）、銀（Ag）、鉛（Pb）、鈀（Pd）、銅（Cu）、金鈹（AuBe）、金鍺（AuGe）、鎳（Ni）、鉛錫（PbSn）、鉻（Cr）、金錫（AuZn）、鈦（Ti）、鎢（W）和鈦鎢（TiW）所構成群組中之至少一種材料。

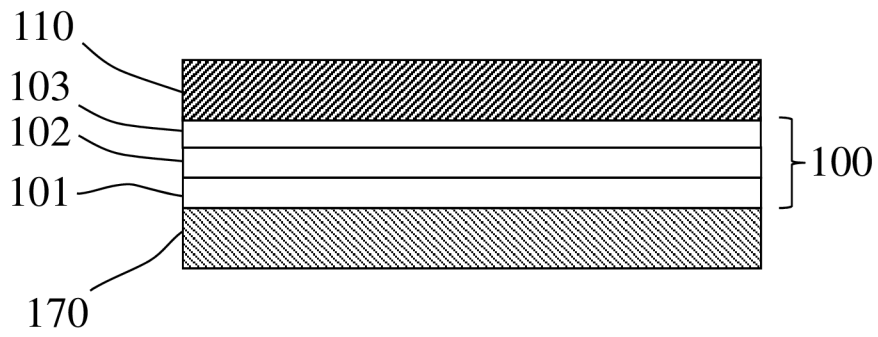
【發明圖式】



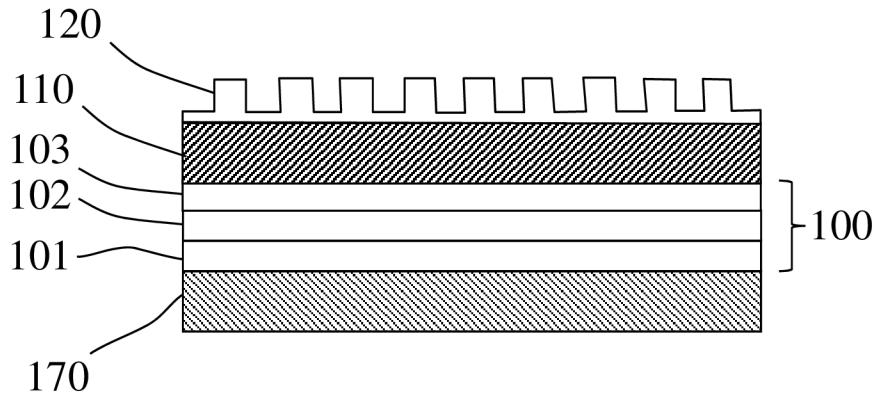
第1圖



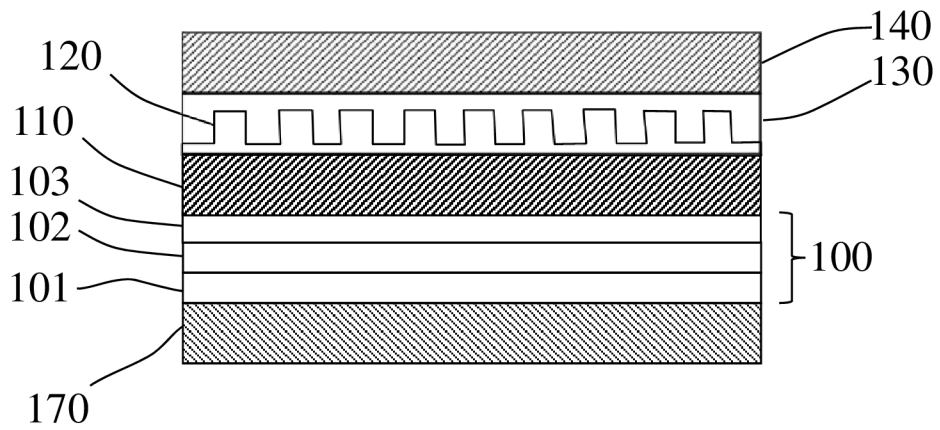
第2A圖



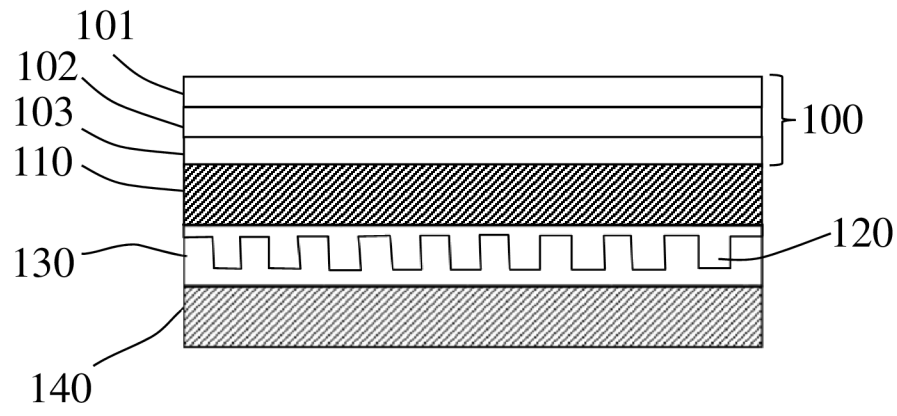
第2B圖



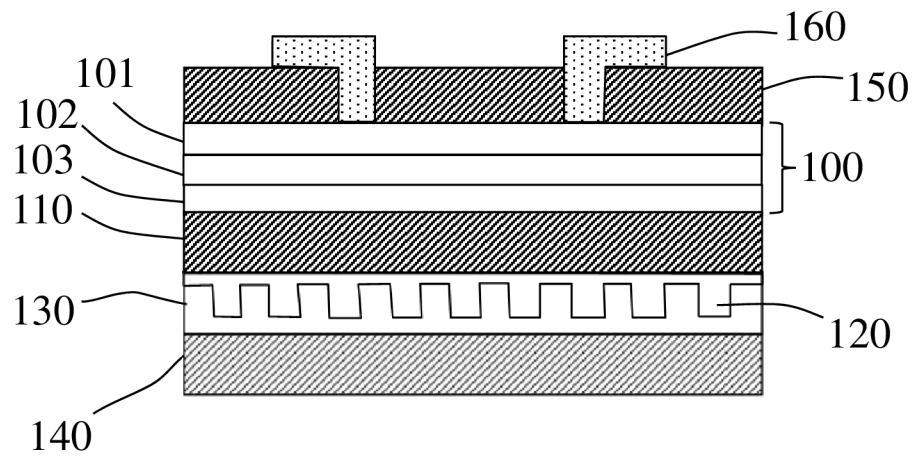
第2C圖



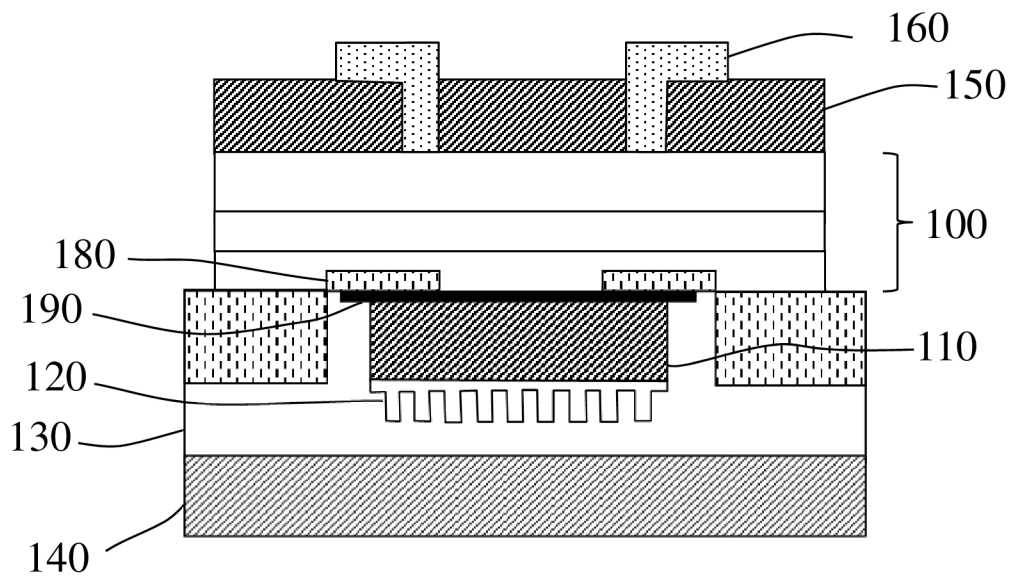
第2D圖



第2E圖



第2F圖



第3圖