



(19) 中華民國智慧財產局

(12) 發明說明書公開本

(11) 公開編號：TW 201933708 A

(43) 公開日：中華民國 108 (2019) 年 08 月 16 日

(21) 申請案號：107147529 (22) 申請日：中華民國 107 (2018) 年 12 月 27 日  
 (51) Int. Cl. : *H01S5/125 (2006.01)* *H01S5/32 (2006.01)*  
 (30) 優先權：2017/12/28 美國 62/611,171  
 (71) 申請人：美商普林斯頓光電公司 (美國) PRINCETON OPTRONICS, INC. (US)  
 美國  
 (72) 發明人：瑟蘭 珍 法蘭寇斯 SEURIN, JEAN-FRANCOIS (US)；高希 秋妮 GHOSH,  
 CHUNI (US)；汎 李文 羅伯特 VAN LEEUWEN, ROBERT (US)  
 (74) 代理人：陳長文  
 申請實體審查：無 申請專利範圍項數：32 項 圖式數：7 共 21 頁

(54) 名稱

窄光束發散半導體源

NARROW BEAM DIVERGENCE SEMICONDUCTOR SOURCES

(57) 摘要

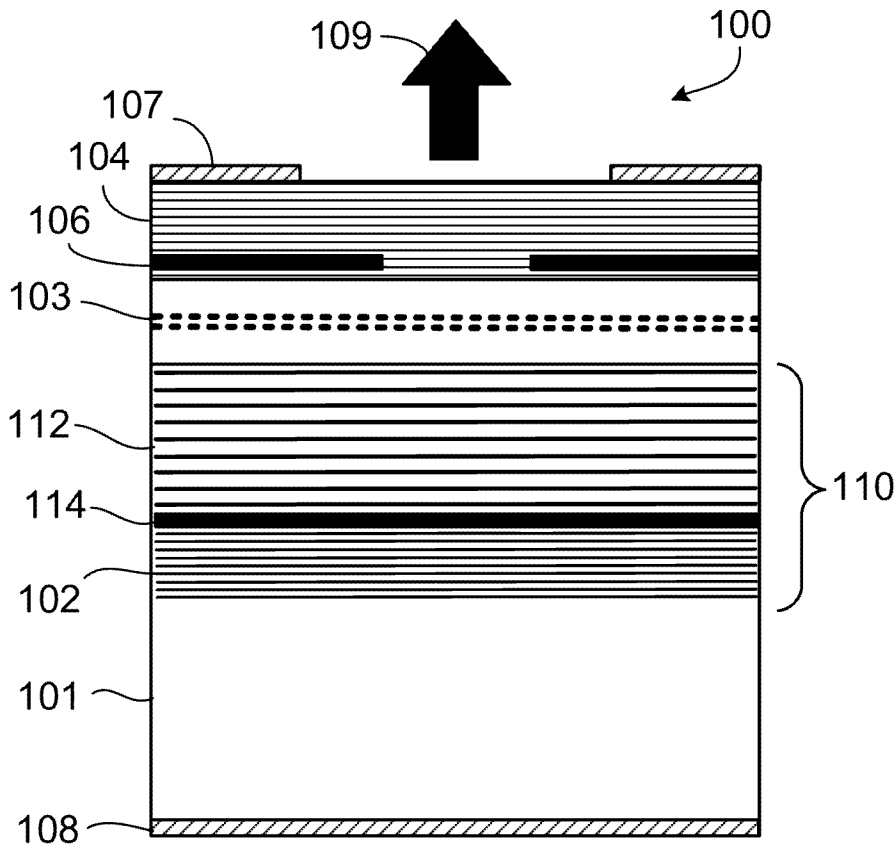
本發明揭示一種窄光束發散半導體源，其可操作以產生具有一實質上窄光束發散、一發射波長及一實質上均勻光束強度之一光束。存在一延伸長度鏡可有助於抑制一或多個縱向及/或橫向模式以實質上減小光束發散及/或發射譜寬。

Narrow beam divergence semiconductor sources are operable to generate a beam having a substantially narrow beam divergence, an emission wavelength, and a substantially uniform beam intensity. The presence of an extended length mirror can help suppress one or more longitudinal and/or transverse modes such that the beam divergence and/or the spectral width of emission is substantially reduced.

指定代表圖：

符號簡單說明：

- 100 . . . 頂部發射垂直腔面射型雷射 (VCSEL) 裝置
- 101 . . . 基板
- 102 . . . 底鏡
- 103 . . . 增益區段
- 104 . . . 頂鏡/頂部反射器
- 106 . . . 電流孔隙
- 107 . . . 陽極電連接件
- 108 . . . 陰極電連接件
- 109 . . . 輸出光束
- 110 . . . 混合鏡/混合反射器
- 112 . . . 窄頻寬鏡/低對比度鏡
- 114 . . . 相位匹配層



【圖1】

## 【發明說明書】

### 【中文發明名稱】

窄光束發散半導體源

### 【英文發明名稱】

NARROW BEAM DIVERGENCE SEMICONDUCTOR SOURCES

### 【技術領域】

【0001】 本發明係關於窄光束發散半導體源。

### 【先前技術】

【0002】 一垂直腔面射型雷射(VCSEL)係可(例如)自其頂面垂直發射一高效率光束之一基於半導體之雷射二極體。在VCSEL中，一般需要高反射率鏡。高反射率鏡可實施為(例如)由半導體或介電材料製成之分佈式布拉格(Bragg)反射器(DBR)(例如交替高折射率及低折射率之四分之一波厚層)。為使用合理數目個層來達成一高反射率，提供一高對比折射率(例如一高對比度DBR)。然而，使用一高對比度DBR會產生一寬阻帶且就具有一長內部單體腔之VCSEL而言，此將允許多個縱向模式雷射發光。在一些應用中，縱向模式會引起非所要或不穩定操作(例如功率-電流曲線之「彎折」、模式跳躍)。

### 【發明內容】

【0003】 本發明描述窄光束發散半導體源。存在一延伸長度鏡(有時亦指稱一混合鏡)可助於抑制一或多個縱向及/或橫向模式以實質上減小光束發散及/或發射譜寬。

【0004】 例如，在一態樣中，本發明描述一種窄光束發散半導體源，其可操作以產生具有一實質上窄光束發散、一發射波長及一實質上均

勻光束強度之一光束。該窄光束發散半導體源包括一光學諧振腔，其包括具有第一側及第二側之一高反射鏡、具有第一側及第二側之一延伸長度鏡及一主動區域。該高反射鏡及該延伸長度鏡安置於該主動區域之遠端側上，使得該高反射鏡之該第一側耦合至該主動區域之一第一側且該延伸長度鏡之該第一側耦合至與該第一側對置之該主動區域之一第二側。電接點可操作以將電流導引至該主動區域。

**【0005】** 一些實施方案包括以下特徵之一或多者。例如，該延伸長度鏡及該高反射鏡可操作以抑制一或多個縱向及/或橫向模式。在一些實施方案中，僅一個縱向模式雷射發光。

**【0006】** 本發明可應用於各種類型之窄光束發散半導體源，其包括(例如) VCSEL、VECSEL、LED及RC-LED。

**【0007】** 本發明亦描述邊射型光源。例如，根據一態樣，本發明描述一種窄光束發散半導體光學邊射型雷射，其包括一混合分佈式布拉格反射器(混合DBR)。該混合DBR具有第一側及第二側，該邊射型雷射安置於該混合DBR之該第一側上。該混合DBR包括一高對比度區域及一低對比度區域。該高對比度區域包括一特定電荷載子類型之多對高折射率差DBR材料，該等高對比度對週期性安置於該高對比度區域內。該低對比度區域包括該特定電荷載子類型之多對低折射率差DBR材料，該等低對比度對週期性安置於該低對比度區域內。該混合DBR及該邊射型雷射可操作以產生具有一發射譜寬及一光束發散之一發射。該邊射型雷射及該混合DBR具有一窄光譜頻寬且可操作以實質上抑制一或多個橫向及/或縱向模式以實質上減小該光束發散及/或該發射譜寬。

**【0008】** 將易於自以下[實施方式]、附圖及申請專利範圍明白其他

態樣、特徵及各種優點。

**【圖式簡單說明】**

**【0009】** 圖1繪示一頂部發射VCSEL結構之一實例。

**【0010】** 圖2繪示一頂部發射VCSEL結構之另一實例。

**【0011】** 圖3繪示一底部發射VCSEL結構之一實例。

**【0012】** 圖4繪示一VECSEL結構之一實例。

**【0013】** 圖5繪示一LED結構之一實例。

**【0014】** 圖6繪示一RC-LED結構之一實例。

**【0015】** 圖7繪示一邊射型雷射之一實例。

**【實施方式】**

**【0016】**

相關申請案之交叉參考

本申請案主張2017年12月28日申請之美國臨時專利申請案第62/611,171號之優先權權利，該案之全部內容以引用的方式併入本文中。

**【0017】** 本發明描述具有低發散及/或在一些情況中可操作用於高單模式功率之VCSEL。特定言之，藉由組合一窄頻寬鏡與一高反射率鏡來提供一混合鏡，使得窄頻寬鏡放置於雷射腔內(即，介於兩個高反射率鏡之間)。較佳地，窄頻寬鏡具有足以達成高階橫向模式之所要繞射損耗之一大穿透深度，且具有足以濾除無用模式之一窄阻帶。高反射率鏡之反射率本身不足以使雷射達成雷射發光。兩個鏡之間應存在用於相長干涉之一適當相位匹配層。設計波長處之組合反射率(峰值反射率)足以使雷射達成雷射發光。

**【0018】** 如圖1中所展示，一頂部發射VCSEL裝置100包括一基板

101 (例如一N-GaAs基板)，VCSEL結構之磊晶層藉由(例如)一有機金屬化學氣相沈積(MOCVD)或其他沈積程序來生長於基板101上。VCSEL之光學諧振雷射腔由一混合鏡110及一分佈式布拉格光柵(DBR)部分反射率頂鏡104形成以允許發射VCSEL光束109。可藉由組合一窄頻寬鏡112 (例如一低對比度N-DBR)與一高反射率(例如100%)底鏡102來達成混合鏡110，使得窄頻寬鏡112放置於雷射腔內(即，介於兩個相對較高反射率鏡102、104之間)。底鏡102可實施為(例如)一高對比度N-DBR。一或多個相位匹配層114可提供於底鏡102與窄頻寬鏡112之間。頂鏡104可實施為(例如)一高對比度P-DBR。

**【0019】** 一增益區段103 (其可指稱一主動區段且可包括量子井)安置於混合反射器110與頂部反射器104之間。一電流孔隙106使電流受限於VCSEL裝置100之中心區域中以啟動量子井來產生光學增益及產生VCSEL雷射腔中之一雷射腔模式。在圖1所繪示之頂部發射VCSEL裝置中，自部分反射率頂鏡104射出輸出光束109。

**【0020】** 藉由透過一陽極電連接件107及一陰極電連接件108 (其等可實施為(例如)金屬接點)施加電流來啟動VCSEL裝置100。在混合鏡110中存在低對比度DBR增加光學諧振腔之有效長度，使得存在多個縱向模式。因此，混合鏡110亦可指稱一延伸長度鏡。由於混合鏡110之有效較窄頻寬，額外無用縱向模式具有比主模式高很多之往返損耗且縱向模式因此無法達成雷射發光。因此，混合鏡110及高反射鏡104可操作以藉由抑制一或多個縱向及/或橫向模式來提供模式濾波。較佳地，在一些實施方案中，僅一個縱向模式雷射發光。

**【0021】** 混合鏡110之各種細節可取決於實施方案而變動。然而，

在一特定實例中，混合鏡110可由以下層構成：一低對比度N-DBR層112，其具有4  $\mu\text{m}$ 至15  $\mu\text{m}$ 之一範圍內之一厚度及1%至7%之範圍內之一折射率差 $\Delta n/n$ ；一N-相位匹配層114，其具有一四分之一波長光學厚度及約3.5之一折射率 $n$ ；及一高對比度N-DBR鏡102，其具有2  $\mu\text{m}$ 至4  $\mu\text{m}$ 之一範圍內之一厚度及10%至20%之範圍內之折射率差 $\Delta n/n$ 。其他實施方案之一些或所有上述值可不同。

**【0022】** 在一些例項中，延伸長度鏡具有自延伸長度鏡之第一側延伸多個發射波長距離之一有效穿透深度。例如，在一些情況中，延伸長度鏡之有效穿透深度延伸46個發射波長距離至116個發射波長距離之間。在一些情況中，延伸長度鏡之穿透深度係介於6  $\mu\text{m}$ 至15  $\mu\text{m}$ 之間，發射波長係介於700 nm至1064 nm之間，且相對折射率差係介於1%至7%之間。在一些例項中，高反射鏡之穿透深度係介於2  $\mu\text{m}$ 至4  $\mu\text{m}$ 之間，發射波長係介於700 nm至1064 nm之間，且相對折射率差係介於10%至20%之間。

**【0023】** 在一些例項中，高反射鏡具有自高反射鏡之第一側延伸多個發射波長距離之一有效穿透深度。在一些情況中，高反射鏡之有效穿透深度延伸15個發射波長距離至30個發射波長距離之間。

**【0024】** 在一些實施方案中，半峰全幅值(FWHM)強度發散角小於 $10^\circ$ 。

**【0025】** 一些實施方案包括額外特徵來增強操作。例如，如圖2中所展示，VCSEL裝置包括一相位匹配層122及一低對比度鏡112之頂部上之一高對比度介電鏡塗層120。

**【0026】** 上文所描述之一混合鏡亦可整合至一底部發射VCSEL 200中，如圖3之實例中所展示。VCSEL裝置200包括VCSEL結構之磊晶層生

長於其上之一基板201 (例如一N-GaAs基板)。VCSEL之光學諧振雷射腔由一混合鏡210及一分佈式布拉格光柵(DBR)高反射率頂鏡204 (例如100%)形成。可藉由組合一窄頻寬鏡212 (例如一低對比度N-DBR)與部分反射率底鏡202來達成混合鏡210，使得窄頻寬鏡212放置於雷射腔內(即，介於兩個相對較高反射率鏡202、204之間)。在此情況中，底鏡202部分反射以允許發射VCSEL光束209。底鏡202可實施為(例如)一高對比度N-DBR。一或多個相位匹配層214可提供於底鏡202與窄頻寬鏡212之間。頂鏡204可實施為(例如)一高對比度P-DBR。

**【0027】** 增益區段203 (其可包括量子井)安置於混合鏡210與頂鏡204之間。一電流孔隙206使電流受限於VCSEL裝置200之中心區域中以啟動量子井來產生光學增益及產生VCSEL雷射腔中之一雷射腔模式。藉由透過一陽極電連接件207及一陰極電連接件208 (其等可實施為(例如)金屬接點)施加電流來啟動VCSEL裝置200。在圖3所繪示之底部發射VCSEL裝置中，自部分反射率底鏡202射出輸出光束209。

**【0028】** 如同頂部發射VCSEL，底部發射VCSEL 200可操作以藉由抑制一或多個縱向及/或橫向模式來提供模式濾波。較佳地，在一些實施方案中，僅一個縱向模式雷射發光。

**【0029】** 一低對比度鏡亦可與諸如垂直外腔面射型雷射(VECSEL)、發光二極體(LED)及RC-LED之其他裝置一起使用。圖4至圖6繪示實例。

**【0030】** 如圖4之實例中所展示，一低對比度鏡212提供於一VECSEL之外鏡220上。可使用(例如)一淺對比度介電塗層來實施低對比度鏡212。

【0031】 類似地，圖5展示包括一低對比度鏡112之一LED 500之一實例，而圖6展示包括一低對比度鏡212之一RC-LED 600之一實例。

【0032】 儘管上述實例繪示將一低對比度鏡112或212併入至垂直發射裝置上，但本發明亦可與邊射型裝置(例如邊射型雷射)一起使用。如圖7中所繪示，一窄光束發散半導體光學邊射型雷射700包括一混合鏡(例如一混合DBR) 702。混合DBR具有第一側及第二側，邊射型雷射700安置於混合DBR 702之第一側上。混合DBR 702包括一高對比度區域704及一低對比度區域706。高對比度區域704包括一第二電荷載子類型之多對高折射率差DBR材料，高對比度對週期性安置於高對比度區域內。低對比度區域706包括第二電荷載子類型之多對低折射率差DBR材料，低對比度對週期性安置於低對比度區域內。混合DBR 702可包括安置於高對比度區域704與低對比度區域706之間的一或多個相位匹配層708。混合DBR亦可包括安置於混合DBR之第二側上之一背面介電塗層。混合DBR 702及邊射型雷射700可組合操作以產生發射709之一光譜頻寬，其中實質上抑制一或多個橫向及/或縱向模式以實質上減小光束發散及/或發射譜寬。

【0033】 此處所描述之VCSEL及其他發光裝置可用於諸如小型高敏感度LIDAR飛行時間(TOF)系統及高速資料鏈路之光學高頻寬通信之應用。此等應用之實例包括量測無人車之短距離及其他近接感測應用。裝置亦可併入至(例如)遊戲及行動裝置中之三維感測及手勢辨識中。此外，在資料鏈路應用中，將低頻寬資料光電元件替換為高頻寬可使既有光纖鏈路能夠在無需新增光纖基礎設施之情況下以相對較低成本升級。

【0034】 可對上述實例進行各種修改。此外，可在一些實施方案中省略各種特徵，同時可新增其他特徵。在適當例項中，結合不同實施例所

描述之特徵可組合於一單一實施方案中。因此，其他實施方案係在申請專利範圍之範疇內。

**【符號說明】****【0035】**

100	頂部發射垂直腔面射型雷射(VCSEL)裝置
101	基板
102	底鏡
103	增益區段
104	頂鏡/頂部反射器
106	電流孔隙
107	陽極電連接件
108	陰極電連接件
109	輸出光束
110	混合鏡/混合反射器
112	窄頻寬鏡/低對比度鏡
114	相位匹配層
120	高對比度介電鏡塗層
122	相位匹配層
200	底部發射VCSEL裝置
201	基板
202	底鏡
203	增益區段
204	頂鏡

206	電流孔隙
207	陽極電連接件
208	陰極電連接件
209	輸出光束
210	混合鏡
212	窄頻寬鏡/低對比度鏡
214	相位匹配層
220	外鏡
500	發光二極體(LED)
600	RC-LED
700	窄光束發散半導體光學邊射型雷射
702	混合鏡/混合分佈式布拉格反射器(DBR)
704	高對比度區域
706	低對比度區域
708	相位匹配層
709	發射



201933708

**【發明摘要】****【中文發明名稱】**

窄光束發散半導體源

**【英文發明名稱】**

NARROW BEAM DIVERGENCE SEMICONDUCTOR SOURCES

**【中文】**

本發明揭示一種窄光束發散半導體源，其可操作以產生具有一實質上窄光束發散、一發射波長及一實質上均勻光束強度之一光束。存在一延伸長度鏡可有助於抑制一或多個縱向及/或橫向模式以實質上減小光束發散及/或發射譜寬。

**【英文】**

Narrow beam divergence semiconductor sources are operable to generate a beam having a substantially narrow beam divergence, an emission wavelength, and a substantially uniform beam intensity. The presence of an extended length mirror can help suppress one or more longitudinal and/or transverse modes such that the beam divergence and/or the spectral width of emission is substantially reduced.

**【指定代表圖】**

圖1

**【代表圖之符號簡單說明】**

- |     |                       |
|-----|-----------------------|
| 100 | 頂部發射垂直腔面射型雷射(VCSEL)裝置 |
| 101 | 基板                    |
| 102 | 底鏡                    |

103	增益區段
104	頂鏡/頂部反射器
106	電流孔隙
107	陽極電連接件
108	陰極電連接件
109	輸出光束
110	混合鏡/混合反射器
112	窄頻寬鏡/低對比度鏡
114	相位匹配層

## 【發明申請專利範圍】

### 【第1項】

一種窄光束發散半導體源，其可操作以產生具有一實質上窄光束發散、一發射波長及一實質上均勻光束強度之一光束，該窄光束發散半導體源包含：

一光學諧振腔，其包括具有第一側及第二側之一高反射鏡、具有第一側及第二側之一延伸長度鏡及一主動區域；

該高反射鏡及該延伸長度鏡安置於該主動區域之遠端側上，使得該高反射鏡之該第一側耦合至該主動區域之一第一側且該延伸長度鏡之該第一側耦合至與該第一側對置之該主動區域之一第二側；及

複數個電接點，其等可操作以將電流導引至該主動區域。

### 【第2項】

如請求項1之窄光束發散半導體源，其中該延伸長度鏡及該高反射鏡可操作以抑制一或多個縱向及/或橫向模式，使得一或多個縱向及/或橫向模式雷射發光。

### 【第3項】

如請求項2之窄光束發散半導體源，其中僅一個縱向模式雷射發光。

### 【第4項】

如請求項1至3中任一項之窄光束發散半導體源，其中該延伸長度鏡具有：

一有效穿透深度，其自該延伸長度鏡之該第一側延伸複數個發射波長距離；及

一相對折射率差。

**【第5項】**

如請求項4之窄光束發散半導體源，其中該高反射鏡具有：

一有效穿透深度，其自該高反射鏡之該第一側延伸複數個發射波長距離；及

一相對折射率差。

**【第6項】**

如請求項4之窄光束發散半導體源，其中該延伸長度鏡之該有效穿透深度延伸46個發射波長距離至116個波長距離之間。

**【第7項】**

如請求項5之窄光束發散半導體源，其中該高反射鏡之該有效穿透深度延伸15個發射波長距離至30個發射波長距離之間。

**【第8項】**

如請求項1至3中任一項之窄光束發散半導體源，其中半峰全幅值強度發散角小於 $10^\circ$ 。

**【第9項】**

如請求項4之窄光束發散半導體源，其中該延伸長度鏡之該穿透深度係介於6微米至15微米之間，該發射波長係介於700 nm至1064 nm之間，且該相對折射率差係介於1%至7%之間。

**【第10項】**

如請求項5之窄光束發散半導體源，其中該高反射鏡之該穿透深度係介於2微米至4微米之間，該發射波長係介於700 nm至1064 nm之間，且該相對折射率差係介於10%至20%之間。

**【第11項】**

如請求項1至3中任一項之窄光束發散半導體源，其中該源可操作為一VCSEL。

**【第12項】**

如請求項1至3中任一項之窄光束發散半導體源，其中該源可操作為一RC-LED。

**【第13項】**

如請求項1至3中任一項之窄光束發散半導體源，其中該源可操作為一LED。

**【第14項】**

如請求項1至3中任一項之窄光束發散半導體源，其中該高反射鏡進一步包括具有實質上與該高反射鏡之該第一側重合之一第一側之一補充延伸長度鏡，該補充延伸長度鏡具有一有效穿透深度，該有效穿透深度自該補充延伸長度鏡之該第一側延伸複數個發射波長距離，該補充延伸長度鏡進一步具有一相對折射率差。

**【第15項】**

如請求項14之窄光束發散半導體源，其中該補充延伸長度鏡之該有效穿透深度延伸至少46個發射波長距離。

**【第16項】**

如請求項14之窄光束發散半導體源，其中該補充延伸長度鏡之該有效穿透深度延伸不到116個發射波長距離。

**【第17項】**

如請求項14之窄光束發散半導體源，其中該補充延伸長度鏡之該穿透深度係介於6微米至15微米之間，該發射波長係介於700 nm至1064 nm

之間，且該相對折射率差係介於1%至7%之間。

**【第18項】**

如請求項1之窄光束發散半導體源，其中該延伸長度鏡包含兩個或兩個以上反射元件，該等反射元件經配置以減小反射之波長線寬，使得一或多個縱向及/或橫向模式受抑制且一或多個縱向及/或橫向模式雷射發光。

**【第19項】**

如請求項18之窄光束發散半導體源，其中僅一個縱向模式雷射發光。

**【第20項】**

如請求項1之窄光束發散半導體源，其中該延伸長度鏡包含具有一高對比度區域及一低對比度區域之一混合DBR，其中該高對比度區域包括使用具有高折射率差之材料之複數個DBR對，該等DBR對週期性安置於該高對比度區域內，且其中該低對比度區域包括使用具有低折射率差之材料之複數個DBR對，該等低對比度對週期性安置於該低對比度區域內。

**【第21項】**

如請求項20之窄光束發散半導體源，其中該低對比度區域中之該複數個DBR對具有1%至7%之間的範圍內之一折射率差。

**【第22項】**

如請求項1之窄光束發散半導體源，其進一步包括可操作以增加該主動區域中之電流密度之氧化物孔隙。

**【第23項】**

如請求項1之窄光束發散半導體源，其進一步包括安置於該窄光束發散半導體源之對置側上之一發射鏡及一背面鏡，該背面鏡具有高於該發射

鏡之反射率。

**【第24項】**

如請求項23之窄光束發散半導體源，其中該背面鏡包括該延伸長度鏡且該發射鏡包括該高反射鏡。

**【第25項】**

如請求項23之窄光束發散半導體源，其中該背面鏡包括該高反射鏡且該發射鏡包括該延伸長度鏡。

**【第26項】**

如請求項20之窄光束發散半導體源，其中該DBR及/或該混合DBR可與該複數個電接點一起操作以將電流導引至該主動區域。

**【第27項】**

如請求項20之窄光束發散半導體源，其進一步包含該等混合鏡組件之間的一或多個相位匹配層。

**【第28項】**

如請求項20之窄光束發散半導體源，其中第一電荷載子類型係p型半導體，且第二電荷載子類型係n型半導體。

**【第29項】**

如請求項20之窄光束發散半導體源，其中該混合DBR之該高對比度區域及該混合DBR之該低對比度區域係由一第二電荷載子類型之一基板中介。

**【第30項】**

一種窄光束發散半導體光學邊射型雷射，其包含：

一混合分佈式布拉格反射器(混合DBR)，該混合DBR具有第一側及

第二側，該邊射型雷射安置於該混合DBR之該第一側上；

該混合DBR包括一高對比度區域及一低對比度區域，

其中該高對比度區域包括一第二電荷載子類型之複數對高折射率差DBR材料，該等高對比度對週期性安置於該高對比度區域內，且其中該低對比度區域包括該第二電荷載子類型之複數對低折射率差DBR材料，該等低對比度對週期性安置於該低對比度區域內；且

該混合DBR及該邊射型雷射可操作以產生具有一發射譜寬及一光束發散之一發射；其中該邊射型雷射及該混合DBR具有一窄光譜頻寬且可操作以實質上抑制一或多個橫向及/或縱向模式以實質上減小該光束發散及/或該發射譜寬。

**【第31項】**

如請求項30之窄光束發散半導體光學邊射型雷射，其中該混合DBR進一步包括安置於該高對比度區域與該低對比度區域之間的一相位匹配層。

**【第32項】**

如請求項30之窄光束發散半導體光學邊射型雷射，其中該混合DBR進一步包括安置於該混合DBR之該第二側上之一背面介電塗層。







