

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第4237828号
(P4237828)

(45) 発行日 平成21年3月11日 (2009. 3. 11)

(24) 登録日 平成20年12月26日 (2008. 12. 26)

(51) Int. Cl.	F I
HO 1 S 5/183 (2006. 01)	HO 1 S 5/183
GO 2 B 5/18 (2006. 01)	GO 2 B 5/18
HO 1 L 31/0232 (2006. 01)	HO 1 L 31/02 D
HO 1 L 33/00 (2006. 01)	HO 1 L 33/00 M

請求項の数 33 (全 19 頁)

(21) 出願番号	特願平11-503093	(73) 特許権者	500078303
(86) (22) 出願日	平成10年6月10日 (1998. 6. 10)		フィニサー コーポレイション
(65) 公表番号	特表2002-506567 (P2002-506567A)		アメリカ合衆国 カリフォルニア州 94
(43) 公表日	平成14年2月26日 (2002. 2. 26)		089 サニーベイル モフェット パー
(86) 国際出願番号	PCT/US1998/011920		ク ドライブ 1389
(87) 国際公開番号	W01998/057402	(74) 代理人	100068755
(87) 国際公開日	平成10年12月17日 (1998. 12. 17)		弁理士 恩田 博宣
審査請求日	平成16年8月31日 (2004. 8. 31)	(74) 代理人	100105957
(31) 優先権主張番号	08/872, 534		弁理士 恩田 誠
(32) 優先日	平成9年6月11日 (1997. 6. 11)	(74) 代理人	100142907
(33) 優先権主張国	米国 (US)		弁理士 本田 淳
		(74) 代理人	100149641
			弁理士 池上 美穂

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 光電子デバイスの性能を改善し、可用性を高めた共振反射器

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

上部ミラー・スタックと底部ミラー・スタックを有するモノリシック光電子デバイスであって、

回折格子領域を有する導波路回折格子層を含む共振反射器であって、前記上部ミラー・スタックと前記底部ミラー・スタックの少なくとも一方と隣接して位置決めされた共振反射器を含み、前記共振反射器は更に、複数の共振反射器層を含み、各共振反射器層は屈折率を有しており、少なくとも1つの屈折率の変調に依存した拡散反射率帯域幅を前記共振反射器が有しているモノリシック光電子デバイス。

【請求項 2】

前記共振反射器が、
導波路領域を含む請求項 1 に記載の光電子デバイス。

【請求項 3】

前記共振反射器が導波路領域を含み、前記導波路領域が回折格子層も含めたいくつかの層を含む請求項 1 に記載の光電子デバイス。

【請求項 4】

前記共振反射器が導電性であり、その結果として前記共振反射器の反射率が低下されている請求項 1 に記載の光電子デバイス。

【請求項 5】

前記共振反射器が半導体材料から形成され、また導電性になるようにドーピングされる請

求項 1 に記載の光電子デバイス。

【請求項 6】

拡散反射率の帯域幅が 1 ナノメートルより大きい請求項 1 に記載の光電子デバイス。

【請求項 7】

前記共振反射器層の少なくとも一部がまとまって反射防止性となる請求項 1 に記載の光電子デバイス。

【請求項 8】

前記共振反射器層の少なくとも一部がまとまって高反射性となる請求項 1 に記載の光電子デバイス。

【請求項 9】

V C S E L デバイスである請求項 1 に記載の光電子デバイス。

【請求項 10】

R C P D デバイスである請求項 1 に記載の光電子デバイス。

【請求項 11】

R C L E D である請求項 1 に記載の光電子デバイス。

【請求項 12】

第 1 のミラー・スタックと、

第 2 のミラー・スタックと、

前記第 1 のミラー・スタックと前記第 2 のミラー・スタックの間に位置決めされた活性領域と、

前記第 1 のミラー・スタックに隣接して位置決めされた共振反射器手段であって、回折格子領域を有する導電性の導波路回折格子層を含む複数層を有する共振反射器手段であって、共振波長を含む所定範囲の波長で拡散反射率をもたらし共振反射器手段とを含み、前記共振反射器手段の前記複数層に含まれる各層が屈折率を有しており、少なくとも 1 つの屈折率の変調に依存した拡散反射率帯域幅を前記共振反射器手段が有している光電子デバイス。

【請求項 13】

前記共振反射器手段の少なくとも一部分および前記第 1 のミラー・スタックを介して前記活性領域に電氣的に結合された第 1 の接点手段と、

前記第 2 のミラー・スタックの少なくとも一部分を介して前記活性領域に電氣的に結合された第 2 の接点手段と

をさらに含む請求項 12 に記載の光電子デバイス。

【請求項 14】

前記第 1 の接点手段が、前記共振反射器手段に隣接して位置決めされる請求項 13 に記載の光電子デバイス。

【請求項 15】

前記第 1 のミラー・スタックが前記共振反射器手段の下に位置決めされ、前記第 1 の接点手段が前記共振反射器の上に位置決めされる請求項 13 に記載の光電子デバイス。

【請求項 16】

前記共振反射器手段の前記少なくとも一部分が半導体材料から形成され、また導電性になるようにドーピングされる請求項 12 に記載の光電子デバイス。

【請求項 17】

前記共振反射器手段が回折格子手段および導波路手段を含む請求項 12 に記載の光電子デバイス。

【請求項 18】

前記回折格子手段が前記導波路手段の上に位置決めされ、前記第 1 の接点手段が前記回折格子手段の上に位置決めされる請求項 17 に記載の光電子デバイス。

【請求項 19】

前記回折格子手段が前記第 1 の接点手段を含む請求項 17 に記載の光電子デバイス。

【請求項 20】

10

20

30

40

50

V C S E L デバイスである請求項 1 2 に記載の光電子デバイス。

【請求項 2 1】

R C P D デバイスである請求項 1 2 に記載の光電子デバイス。

【請求項 2 2】

複数層を含む共振反射器領域であって、前記複数層のうちの 하나가回折格子領域を有する導電性の導波路回折格子層であり、前記導波路回折格子層が複数の未充填溝を区画しており、前記共振反射器領域の前記複数層に含まれる各層が屈折率を有しており、少なくとも 1 つの屈折率の変調及び前記回折格子領域の充填率に依存した拡散反射率帯域幅を前記共振反射器領域が有している前記共振反射器領域と、

前記共振反射器領域に隣接して位置決めされた分布ブラッグ反射器 (D B R) と、

を含む混成構造第 1 のミラー・スタックと、

第 2 のミラー・スタックと、

前記混成構造第 1 のミラー・スタックと前記第 2 のミラー・スタックとの間に位置決めされた活性領域と、

を含む光電子デバイス。

【請求項 2 3】

前記共振反射器領域の少なくとも一部分および前記第 1 のミラー・スタックを介して前記活性領域に電氣的に結合された第 1 の接点手段と、

前記第 2 のミラー・スタックの少なくとも一部分を介して前記活性領域に電氣的に結合された第 2 の接点手段と

をさらに含む請求項 2 2 に記載の光電子デバイス。

【請求項 2 4】

前記共振反射器領域が導波路領域を含む請求項 2 3 に記載の光電子デバイス。

【請求項 2 5】

前記回折格子領域が前記第 1 の接点手段を含む請求項 2 4 に記載の光電子デバイス。

【請求項 2 6】

V C S E L デバイスである請求項 2 2 に記載の光電子デバイス。

【請求項 2 7】

R C P D デバイスである請求項 2 2 に記載の光電子デバイス。

【請求項 2 8】

光電子デバイスを形成する方法であって、

第 1 のミラー・スタックを基板上に形成するステップと、

活性領域を前記第 1 のミラー・スタック上に形成するステップと、

第 2 のミラー・スタックを前記活性領域上に形成するステップと、

複数の未充填溝を含む回折格子領域を有する導波路回折格子層を含む複数層共振反射器であって、前記複数層共振反射器に含まれる各層が屈折率を有しており、少なくとも 1 つの屈折率の変調に依存した拡散反射率帯域幅を前記複数層共振反射器が有し、共振波長を含む所定範囲の波長で拡散反射率をもたらす前記複数層共振反射器を前記第 2 のミラー・スタック上に隣接して形成するステップと、

前記共振反射器の少なくとも一部をドーピングして導電性にするステップと

を含む方法。

【請求項 2 9】

前記導電性の共振反射器に隣接して接点を形成するステップをさらに含む請求項 2 8 に記載の方法。

【請求項 3 0】

回折格子領域を有する導波路回折格子層を含む複数層を含む一体化された共振反射器を有する光を出力する V C S E L デバイスであって、当該共振反射器の各層は屈折率を有しており、少なくとも 1 つの屈折率の変調に依存した拡散反射率帯域幅を当該共振反射器が有しており、前記共振反射器がその光出力を第 1 の方向に偏光させる配向を有する V C S E L デバイスと、

10

20

30

40

50

回折格子領域を有する導波路回折格子層を含む複数層を含む一体化された共振反射器を有する第１のＲＣＰＤデバイスであって、当該共振反射器の各層は屈折率を有しており、少なくとも１つの屈折率の変調に依存した拡散反射率帯域幅を当該共振反射器が有しており、当該第１のＲＣＰＤデバイスの前記共振反射器が前記ＶＣＳＥＬデバイスのもと同じ配向を有し、前記ＶＣＳＥＬデバイスの偏光出力を検出するようになっている第１のＲＣＰＤデバイスとを含む光データ経路。

【請求項３１】

回折格子領域を有する導波路回折格子層を含む一体化された共振反射器を有する第２のＲＣＰＤデバイスであって、当該第２のＲＣＰＤデバイスの前記共振反射器が前記ＶＣＳＥＬデバイスのもとは異なる配向を有し、前記ＶＣＳＥＬデバイスの偏光出力を検出しないようになっている第２のＲＣＰＤデバイスをさらに含む請求項３０に記載の光データ経路。

10

【請求項３２】

一体化された共振反射器を有するＶＣＳＥＬデバイスであって、前記共振反射器が前記ＶＣＳＥＬデバイスに所定範囲の波長を有する光出力を生成させる、回折格子領域を有する導波路回折格子層を含む複数層を有し、当該複数層の各層は屈折率を有しており、少なくとも１つの屈折率の変調に依存した拡散反射率帯域幅を当該ＶＣＳＥＬデバイスの共振反射器が有しているＶＣＳＥＬデバイスと、

一体化された共振反射器を有する第１のＲＣＰＤデバイスであって、その前記共振反射器が前記ＶＣＳＥＬデバイスの前記導波路回折格子層に対応する、回折格子領域を有する導波路回折格子層を含む複数層を有し、当該複数層の各層は屈折率を有しており、少なくとも１つの屈折率の変調に依存した拡散反射率帯域幅を当該第１のＲＣＰＤデバイスの共振反射器が有しており、前記ＶＣＳＥＬデバイスからの所定範囲の波長の光を検出するようになっている第１のＲＣＰＤデバイスとを含む光通信システム。

20

【請求項３３】

一体化された共振反射器を有する第２のＲＣＰＤデバイスであって、その前記共振反射器が前記ＶＣＳＥＬデバイスの前記導波路回折格子層に対応しない、回折格子領域を有する導波路回折格子層を有し、前記ＶＣＳＥＬデバイスからの所定範囲の波長の光を検出しないようになっている第２のＲＣＰＤデバイスをさらに含む請求項３２に記載の光通信システム。

30

【発明の詳細な説明】

発明の背景

本発明は光電子デバイスの分野に関し、さらに詳細には、垂直空洞面発光型レーザや共振空洞光検出器など、反射器を使用する光電デバイスに関する。

従来の半導体レーザは、例えば通信システムやコンパクト・ディスク・プレーヤなど様々なデバイス用に選択される光源として、現代技術で広く使用されている。こうした利用分野の多くでは、半導体レーザは、光ファイバ・リンクまたは自由空間を介して半導体受光器（例えばフォトダイオード）と結合される。この構成は、高速の通信経路を提供することができ

40

代表的な端面発光型半導体レーザは、バンドギャップの小さな高屈折率層の両表面の大部分がバンドギャップの大きな低屈折率層で挟まれた、ダブル・ヘテロ構造である。バンドギャップの小さな層は「活性層」と呼ばれ、バンドギャップおよび屈折率の差は、電荷キャリアおよび光エネルギーを活性層または活性領域に閉じ込める働きをする。活性層の両端は、レーザ空洞を形成するミラー・ファセットを有する。クラディング層は反対の導電性を有し、電流がこの構造を流れると、電子およびホールが活性層中で結合して光を発生する。

最近十年間で突出してきた別のタイプの半導体レーザは、面発光型レーザである。いくつかのタイプの面発光型レーザが開発されている。このようなレーザの中で特に有望な１つ

50

のレーザは、「垂直空洞面発光型レーザ」(VCSEL)と呼ばれる。(このレーザの説明としては、例えば、「Surface-emitting microlasers for photonic switching and interchip connections」、Optical Engineering、29、210~214ページ、1990年3月、を参照されたい。その他の例としては、この記述により参照によって本明細書に組み込む、1992年5月19日に発行されたYong H. Lee他による「Top-emitting Surface Emitting Laser Structures」という名称の米国特許第5115442号、およびこの記述により参照によって本明細書に組み込む、1995年12月12日に発行されたMary K. Hibbs-Brennerによる「Integrated Laser Power Monitor」という名称の米国特許第5475701号に注目されたい。また、「Top-surface-emitting GaAs four-quantum-well lasers emitting at 0.85 μm 」、Electronics Letters、26、710~711ページ、1990年5月24日を参照されたい。)

10

垂直空洞面発光型レーザは、従来の端面発光型レーザに勝る、性能および潜在的生産性の利点を数多くもたらす。これには、1次元および2次元のアレイへの適応性や、ウェハ・レベルの品質、望ましいビーム特性(典型的には円対称の低発散ビーム)など、それらの幾何形状に関連する多くの利益が含まれる。

VCSELは通常は、バルクあるいは1つまたは複数の量子井戸層を備えた活性領域を有する。活性領域の両側にはミラー・スタックがあり、これらは通常、各層が一般に対象となる波長(媒質中)で4分の1波長の厚さとなるような特性を有し、それによりミラーをレーザ空洞用に形成する、交互に配置された半導体層によって形成される。活性領域の両側には導電型が反対である領域があり、通常は、活性領域を通る電流を変化させることによってレーザをオン・オフに切り替える。

20

歩留りが高く高性能のVCSELが実証され、商品化されている。AlGaAsベースの頂面発光型(top-surface-emitting)VCSELは、半導体集積回路と同様の方法で製造することができ、低コスト大量生産、および既存の電子技術プラットフォームとの統合に適応させることができる。さらに、VCSELの均質性および再現性も、標準的な、改良していない市販の有機金属気相成長法(MOVPE)チャンバ、および極めて高いデバイスの歩留りを与える分子線エピタキシャル法(MBE)を使用して実証されている。

30

VCSELは、高速(例えばGb/s)かつ中距離(例えば約1000メートル以下)の単チャンネルまたは多チャンネルのデータ・リンクの利用分野、ならびに多数の光学および/または画像処理の利用分野において、性能面およびコスト面での利点をもたらすものと期待されている。これは、フレキシブルな望ましい特徴を備えた潜在的に低コスト高性能の送信機を提供する、それらに固有の幾何形状によってもたらされる。

ほとんどの実用的な寸法のVCSELは、本質的に多(横)モードである。最低次の単一モードVCSELは、単一モード・光ファイバ中に結合するのに好ましく、自由空間および/または波長感度システムでは有利であり、標準的な50 μm および62.5 μm のGRIN多モード・ファイバの帯域幅長積(bandwidth-length product)を大きくする際に使用すると有益であることもある。しかし、VCSELの短い光空洞(2)は単一縦モード放出に有利であるが、多波長(10)の横方向の寸法によって多重横モード動作が容易になることは以前から知られている。

40

高次のモードになるほど、通常は、レーザ発振空洞の中心から離れて、より高いエネルギーの横方向濃度を有する。したがって、最低次の円対称モードでレーザ発振を引き起こすための最も明白な方法は、活性領域の横方向の寸法を、より高次のモードがしきい値に達するのを妨げるのに十分に小さくすることである。しかし、これは、通常のVCSELの場合で横方向の寸法が約5 m未満であることを必要とする。このような小さな区域は、過大な抵抗をもたらす、従来の製作技法で得られる限界を押し広げることができる。横方向のばらつきが制限要因となる可能性がある、注入深さが約1 mを超える場合には特にそう

50

である。したがって、横モードの制御は、実用的な寸法のVCSELでは依然として困難なままである。

VCSEL中で横モードを制御するのに役立つ提案されている1つの手法は、レーザ発振空洞の励起寸法「g」より小さな寸法「W」を出口窓に使用するものである。この手法は、Morgan他による「Transverse Mode Control of Vertical-Cavity Top-Surface-Emitting Lasers」、IEEE Phot. Tech. Lett.、Vol. 4、No. 4、374ページ(1993年4月)に提案されている。Morgan他は、上部金属接点中の出口窓の横方向の寸法「w」を利得誘導(gain guide)アパーチャ「g」(これによりレーザ発振空洞の励起区域の横方向の寸法が決まる)より小さくすることを提案する。この構成では、上部金属接点(通常は金)は、レーザ発振空洞の励起区域の周囲で、上部半導体ミラー・スタックの最上層と直接界面となる。

10

出口窓中では、上部半導体ミラー・スタックの最上層は、空気などと直接界面となる。Morgan他は、金と半導体の界面の反射率が位相外れ、かつ/または非鏡面反射であることがあり、したがって半導体と空気の界面より低い反射率であることがあるので、この構成は横モード放出を制御する助けとなることができると示唆している。

金と半導体の界面の反射率が低くなると、レーザ発振空洞の中およびその周りでより高次のモードが発生する可能性が低下する可能性がある。これにより、レーザ発振空洞の励起の横方向の光学的寸法を有効に縮小し、より大きな製作寸法を可能にすることができる。この手法の限界は、金と半導体の反射率の界面の反射率と、半導体と空気の界面の反射率の間の差を、特により大きなバイアス電流で、より高次のモードを有効に制御するのに十分に大きくすることができない点である。さらに、金と半導体の界面および半導体と空気の界面における拡散反射率は、商業的に応用するのに十分に制御できずまたは再現できない。さらに、これらの「空間的にフィルタリングされた」VCSELの効率は最適ではない。

20

モード制御とは別に、多くの従来技術のVCSELデバイスのもう1つの制限は、モード安定性である。従来のVCSELデバイスによって放出される放出モードは、熱レンズや、空間的ホール・バーニング、バイアス状態などの温度効果にしばしば依存する。したがって、従来のVCSELデバイスは、予想される全ての動作条件下で安定した出力放出モードを提供することはできない。

30

S. S. WangおよびR. Magnussonによる「Theory and Applications of Guided-mode Resonance Filters」、Applied Optics、Vol. 32、No. 14、1993年5月10日では、誘電体共振反射フィルタについて論じられている。Wang他は、誘電体反射防止膜を、空間周波数の高い誘電体回折格子とともに使用することを提案する。この手法を使用すると、100%反射性の狭帯域スペクトル選択性ミラーを実現することができる」と述べている。

多層導波路回折格子構造をベースとする狭帯域共振反射フィルタの設計は、S. S. WangおよびR. Magnussonによる「Multilayer Waveguide-Grating Filters」、Applied Optics、Vol. 34、No. 14、1995年5月10日で論じられている。ここで、Wang他は特に、彼らの狭帯域誘電体反射フィルタを、VCSELアレイのミラーとして使用することを提案している。狭帯域誘電体共振反射フィルタをVCSELアレイのミラーとして使用することにはいくつかの制限があり、その一部を以下に述べる。第1に、Wang他の誘電体反射フィルタが導電性でなく、したがって電流注入経路、例えばVCSELデバイスの接点から対応する活性領域を通る経路中で使用することができないことに留意されたい。従来のVCSELデバイスのミラーは、通常は半導体分布ブラッグ反射器(DBR)である。半導体DBRミラーは導電性にすることができ、しばしばVCSELの接点から活性領域への電流経路となる。例えばVCSELデバイスの上部ミラーの代わりにWang他の誘電体共振反

40

50

射フィルタを使用する場合には、上側接点は誘電体反射フィルタと活性領域の間に位置決めしなければならない。これにより、多くのVCSEL構造の設計が大きく制限される可能性がある。

第2に、提案されたWang他の「狭帯域」誘電体共振反射フィルタは、光通信の利用分野を含めた多くの光電子利用分野で、十分に大きな動作波長とすることができない。S. S. WangおよびR. Magnussonによる「Multilayer Waveguide - Grating Filters」、Applied Optics、Vol. 34、No. 14、1995年5月10日で、Wang他は、単層、2重層、および3重層の導波路回折格子フィルタの例を示している。各場合で、半値全幅(FWHM)の拡散反射率の帯域幅は約1nm未満となる。1nm未満の共振では、共振空洞光検出器(RCPD)またはその他の受光器で使用するのに十分に大きな帯域幅を提供することはできない。

10

共振空洞光検出器は、通常はVCSELと同様に構築されるが、逆のバイアス・モードで動作する。共振空洞光検出器は、ミラーの1つを通して空洞に入射する光を活性領域を介して何度も効率的に反射させることができるので、標準的なフォトダイオードより効率的にすることができる。こうして、光が活性領域に吸収されるか、ミラー・スタックの1つを通して漏れるまで、ミラー・スタック間で光を反射させることができる。ミラー・スタックは通常は共振付近では反射性が高くなるので、空洞に入射するほとんどの光は活性領域で吸収される。

Wang他の「狭帯域」誘電体共振反射フィルタは、極めて狭い帯域幅を達成し、おそらくはフィルタの周波数選択性を高めようとするものである。しかし、VCSEL/RCPD電子光学通信経路など多くのVCSELの利用分野では、RCPDデバイスの波長帯域幅を増大させると有利であることがあり、VCSELデバイスおよびRCPDデバイスの製造許容差、デバイスの位置合わせ、ノイズ、熱、およびその他の要因を含むいくつかの要因を補償するのに十分に広くしなければならない。これは、共振反射器を利用して多モードVCSELを構築する際にも有利となるはずである。これにより、より帯域幅の広い検出器を、有限波長変動および広帯域幅ソースを示す通信リンク中で使用することができるようになる。

20

発明の概要

本発明は、VCSELデバイスやRCPDデバイスなど、集積共振反射器を有する光電子デバイスを提供することによって、従来技術の欠点の多くを克服するものである。集積共振反射器を導電性にし、バイアス電流がその中を流れるようにすることができる。これにより、VCSELデバイスおよびRCPDデバイスの設計をよりフレキシブルにすることができる。共振反射器をさらに導電性にとすると共振反射器が達成できる全体的な反射率が低下するので、分布ブラッグ反射器(DBR)のミラーと組み合わせて共振反射器を設け、VCSELまたはRCPDの設計に必要な全体の拡散反射率を達成することもできる。帯域幅の広い共振反射器(FWHM > 1nm)とし、より広い帯域幅を有するVCSELまたはRCPDを製造することもできる。帯域幅は、このようなデバイス間のデータ通信の信頼性を高めるのに十分に広くすることができる。さらに、多モード放出が望ましいVCSELの利用分野では、より広い帯域幅の共振反射器とすることもできる。

30

40

【図面の簡単な説明】

本発明のその他の目的、および本発明の付随的な利点の多くは、以下の詳細な説明を参照し、添付の図面と関連づけて考慮することによって本発明がよりよく理解されるにつれて、容易に分かるであろう。図面全体で、同じ参照番号は同じ部分を指している。

第1図は、従来技術による、プレーナ型かつ電流誘導型の、GaAs/AlGaAs頂面発光型垂直空洞レーザを示す概略図である。

第2図は、上部ミラーが共振反射器と分布ブラッグ反射器の組合せを含む、プレーナ型かつ電流誘導型の、GaAs/AlGaAs頂面発光型垂直空洞レーザを示す概略図である。

第3図は、導電性になるように構築されたときの共振反射器の、低下した反射率を示すグ

50

ラフである。

第4図は、上部接点が、導電性共振反射器の導波路回折格子の上部に位置決めされた、第2図に示すものと同様の垂直空洞レーザを示す概略図である。

第5A図は、共振反射器の導波路回折格子が上部接点として機能する、第3図に示すものと同様の垂直空洞レーザを示す概略図である。

第5B図は、共振反射器の導波路回折格子が接点と異なる材料から形成されることを以外第5A図に示すものと同様の、垂直空洞レーザを示す概略図である。

第6図は、上部ミラーを帯域幅の広い共振反射器で置き換えた、垂直空洞レーザを示す概略図である。

第7図は、広帯域共振反射器の反射率特性を示すグラフである。

10

第8A図は、上部ミラーが共振反射器と分布ブラッグ反射器を組み合わせる含む、共振空洞フォトダイオード(RCPD)を示す概略図である。

第8B図は、共振反射器214がスペーサ層216上に直接配置された、共振空洞フォトダイオード(RCPD)212を示す概略図である。

第9A図は、波長分割多重化、偏光分割多重化(polarization division multiplexing)、および空間分割多重化の助けとなる実施形態を含む、データ通信/電気通信、処理、交換などのためのいくつかの光電子デバイスを示す例示的な概略図である。

第9B図は、いくつかのVCSEL放射器およびRCPD受光器を示す例示的な概略図である。

第9C図は、VCSEL放射器、いくつかのRCPD受光器、およびそれらの間の光学的ファン・アウト素子を示す例示的な概略図である。

20

第9D図は、単一のモノリシック・デバイス上に位置するVCSEL放射器といくつかのRCPD受光器との間の通信を提供するシステムを示す例示的な概略図である。

好ましい実施形態の詳細な説明

第1図は、従来技術による、プレーナ型かつ電流誘導型の、GaAs/AlGaAs頂面発光型垂直空洞レーザ10を示す概略図である。n型にドーピングしたガリウムヒ素(GaAs)基板14にn型接点12が形成されている。基板14は第1の型(すなわちn型)の不純物でドーピングされる。n型ミラー・スタック16は基板14上に形成される。スタック16の上にはスペーサ18が形成される。スペーサ18は、活性領域22を取り囲む底部閉込め層20および上部閉込め層24を有する。p型ミラー・スタック26は、上部閉込め層24上に形成される。p型金属層28はスタック26上に形成される。放出領域はパッシベーション層30を有することがある。

30

分離領域29は、活性領域を通る電流の流れ27の区域を制限する。領域29は、深いH⁺イオン注入によって形成することができる。直径「g」は、所望の活性区域、したがってVCSEL10の利得アパーチャ(gain aperture)を提供するように設定することができる。さらに、直径「g」は、特に非導電性領域29を通る、p型ミラー・スタック26の所望の抵抗によって設定することができる。こうして、非導電性領域29は利得誘導機能を実行する。直径「g」は、通常は、注入ステップ中の横方向のばらつきなどの製作制限によって制限される。

出口アパーチャ34の直径「w」は、非導電性領域29の直径「g」より小さくすることができる。これにより、接触抵抗を低下させ、製作時の許容差を改善することができる。より高次のモードのエネルギーのほとんどはレーザ共振空洞の中央から離れたところに集中するので、これがそのレーザが所与の駆動電流で発生させるモード数を減少させる助けとなることもある。より大きな(通常は多モードの)出力パワーを得るために、直径「w」を「g」より大きくすることもできる。

40

スペーサ18は、ミラー・スタック16と26の間に配置されたバルクすなわち量子井戸の活性領域を含むことができる。量子井戸活性領域22は、アルミニウムガリウムヒ素(AlGaAs)障壁層およびGaAs量子井戸層が交互に重なる層を有することができる。特にGaAsが透明となる放出波長(例えば=980nm)が望ましい場合には、InGaAs量子井戸を活性領域中で使用することもできる。スタック16および26は分布

50

ブラッグ反射器 (DBR) のスタックであり、ドーピングされた AlGaAs およびアルミニウムヒ素 (AlAs) の周期層を含むことができる。スタック 16 の AlGaAs は基板 14 と同じ型 (例えば n 型) の不純物でドーピングされ、スタック 26 の AlGaAs はその他の種類 (例えば p 型) の不純物でドーピングされる。

金属接触層 12 および 28 は、レーザ・ダイオード 10 の適当な電氣的バイアスを可能にするオーミック接触である。レーザ・ダイオード 10 が、接点 28 を接点 12 に対して正の電圧にして順方向バイアスされると、活性領域 22 は、スタック 26 を通過する光 31 を放出する。

第 2 図は、共振反射器 52 と分布ブラッグ反射器 56 を含む混成上部ミラーを備えた、プレーナ型かつ電流誘導型の、GaAs / AlGaAs 頂面発光型垂直空洞レーザ 50 を示す概略図である。本発明の一実施形態では、誘電体導波路回折格子中の導波モード共振の異常フィルタリング特性と、従来の DBR ミラーの反射特性とを組み合わせる。

図示の共振反射器 52 は、近赤外線 VCSL 中で使用するのに適した 3 層導波路回折格子構造を含む。この 3 層スタックは、VCSL 構造の基板の放出波長付近で反射防止 (AR) コーティングとして機能するように設計することも、またそれとは別に導波モードの共振反射器の導波路回折格子として機能するように設計することもできる。3 つの層 52 は、共振波長を含む少なくとも所定範囲の波長では拡散反射がほとんどない反射防止領域を形成することができる。やはり 52 に示す回折格子多層導波路構造により、この構造は、少なくとも共振波長では大幅に反射性が高くなる。

別法として、この 3 層スタックは、VCSL 構造の基板のための高反射率コーティングとして機能するように設計することも、またそれとは別に導波モードの共振反射器の導波路回折格子として機能するように設計することもできる。この実施形態では、3 つの層 52 は、共振波長を含む少なくとも所定範囲の波長 (例えば 980 nm 付近) で拡散反射率を提供する、高反射性ミラー領域を形成する。層 66 および 68 を含む上部ミラーの全体的な拡散反射率は、レーザ発振に必要な拡散反射率未満にすることができる。これは、例えば、上部 DBR ミラー 56 中のミラー周期 (mirror period) の数を減少させることによって実施することができる。回折格子層 58 により、導波モードの共振反射器構造 52 は、少なくとも共振波長付近では大幅に反射性が高くなる。上記の両実施形態では、共振反射器領域の下側の DBR ミラー層の数は、従来の VCSL 構成より少なくすることができる。

共振は、回折格子 58 のエバネッセントな 1 次の回折次数の波数ベクトルを、多層導波路 52 の伝搬モードと整合させることによって、共振反射器 52 中で達成される。伝搬モードは偏光に依存するので、拡散反射率は本質的に偏光選択的である。共振波長は主に回折格子の周期 60 によって決定され、帯域幅は主に、回折格子 58 の屈折率の変調および充填率によって決定される。

通常の近赤外線 VCSL は、高い反射率 (> 99%) を必要とする。したがって、半導体だけからなる DBR は、通常は、2 ~ 4 μm の厚さの 20 ~ 40 のミラー周期を必要とする。したがって、活性スペーサ領域を取り囲む上部 DBR ミラーおよび底部 DBR ミラーを含む、VCSL を完全にするために必要な上側構造は、通常は、7 ~ 8 μm を超える厚さを有する 200 を超える層を含む。

ミラーの厚さを薄くするために、本発明の少なくとも 1 つの実施形態では、混成ミラー構造を企図する。混成ミラー構造は、例えば、共振反射器 52 および DBR ミラー 56 を含む。明確に図示してはいないが、底部ミラーが共振反射器構造を含むこともできることが企図されている。誘電体共振反射器 52 は、共振時に反射性が高くなり、この同じ波長で、対応する DBR 型ミラーより反射性を高くすることができることは既知である。したがって、この混成手法を使用することにより、所与の拡散反射率で必要となる DBR ミラー周期の数を減少させることができることが企図されている。

DBR ミラーを通る利得誘導領域 62 のイオン注入中の横方向のばらつきの影響が、しばしば活性領域の横方向の寸法 64 を 10 μm までに制限することは既知である。これは、達成可能な最低しきい値電流、単一モード動作に直接影響を及ぼし、VCSL の速度に

10

20

30

40

50

間接的に影響を及ぼす。共振反射器を上部ミラー中に組み込むことにより、5倍から10倍薄い構造中で、同等の、またはより優れた拡散反射率特性を達成することができる。これは、より制御し易いイオン注入をもたらし、それにより活性領域の体積を減少させることができる。活性領域が小さくなると、デバイスの動作電流および動作パワーを低下させ、平面性を改善し、それによりエレクトロニクスおよびスマート・ピクセル (smart pixel) と VCSEL のモノリシックな集積性を改善し、モード制御性の高い制御可能な単一モード単一偏光の放出を実現することができる。

本発明の混成手法は、エッチングしたピラー (pillar) (平坦化および/または再成長を行う、あるいは行わない) や横方向酸化、選択的成長などを含む代替の既存の利得誘導技術と両立するものであることが分かる。VCSELミラーの全体的な厚さを薄くすることにより、共振反射器は、代替の電流誘導手法の処理可能性および性能を改善することができる。

10

第2図に示す実施形態では、Wang 他が提案するものより広い帯域幅を有する広帯域共振反射器52は、VCSEL (またはRCPD) ミラーの一方または両方にとって代わることができる、あるいは上述の1つまたは複数のDBRミラーと組み合わせて使用することができる。上記で示したように、共振反射器の帯域幅は主に、回折格子の屈折率および充填率の変調によって決定される。したがって、本発明では、VCSELおよび/またはRCPDデバイスと組み合わせて、比較的広い帯域幅 ($FWHM > 1 \text{ nm}$) を有する広帯域共振反射器を提供することを企図する。

共振反射器の帯域幅は、VCSELデバイスとRCPDデバイスの間のデータ通信の信頼性を高めるのに十分に広いことが好ましい。第7図は、共振波長 844.6 nm 、 $FWHM = 2.3 \text{ nm}$ の共振反射器から得られる反射率特性のシミュレーション結果を示すグラフである。特にRCPDデバイス、および多モード放出を行うためのVCSELデバイスの場合には、さらに広い帯域幅が企図される。

20

第3図は、導波路回折格子構造の任意の1つの層中の屈折率の虚数部に対して2つの値 ($k = 0$ および 10^{-5}) を想定し、またその他2つの層中では $k = 0$ であると想定して、共振反射器の拡散反射率曲線を示すグラフである。共振反射器の構造は、図示のように3層構造である。最上層、中間層、および最下層はそれぞれ、酸化インジウムスズ (ITO)、GaAs、および AlGaAs で形成されることが好ましい。最上層、中間層、および最下層の屈折率はそれぞれ、1.96、3.5、および3.24であり、最上層、中間層、および最下層の厚さはそれぞれ、 $\lambda/4$ 、 $3\lambda/4$ 、 $\lambda/4$ である。これらの層は、実効反射率が3.3となる基板上にある。この構造は、1つの横波 (TE) モード共振 (回折格子と平行な偏光による) で、垂直共振でなく、 10^{-6} に近い低い共振外れの拡散反射率となるようにシミュレートしたものである。

30

屈折率の虚数部「 k 」は、共振反射器の光吸収率および電気伝導率に関係する。共振反射器を通して活性領域中に電流を注入するのに必要な最低導電率にほぼ対応する、 $k = 10^{-5}$ の場合には、約5%の吸収を生じる。同じ3層が、誘電体共振反射器であることを示す $k = 0$ であれば、理論上は100パーセントの拡散反射率を生じる。

電気伝導率および高い反射率を同時に実現する共振反射器を提供するのに適した材料は容易に入手することができないことが分かっている。これに鑑みて、共振反射器およびDBRミラー・スタックを組み合わせた混成ミラー手法を企図する。

40

3層共振反射器は、約5周期の従来のDBRと組み合わせて設けることが好ましい (第4図参照)。単純なファブリー・ペロの拡散反射率方程式を使用した直接的な分析によれば、吸収が約5%である ($k = 10^{-5}$) 共振反射器と組み合わせた5周期DBRミラーは、全体で約99.5%の反射率を生じ、これはVCSELミラーに十分な値を超えている。DBR層の拡散反射率が、共振反射器に達する透過した光放出の強度を約10パーセントに制限するので、これは直感的に明らかである。DBRミラーの周期が5程度であっても、DBRスタックは従来のVCSELのDBRミラーより5倍以上薄い。

導電性共振反射器を用意することにより、共振反射器を通して電流を注入することができる。これにより、VCSELデバイスまたはRCPDデバイスの接点を、共振反射器上、

50

またはその中に、活性領域からさらに離して配置することができるようになる。これにより、多くのV C S E LデバイスおよびR C P Dデバイスの製作を可能に、または容易にすることができる。

第4図は、上部接点102が、導電性共振反射器106の導波路回折格子104の上部に位置決めされた、第2図に示すものと同様の垂直空洞レーザ100を示す概略図である。この実施形態では、共振反射器106を導電性にし、バイアス電流がD B Rミラー108を介して接点102から活性領域110に流れることができるようにしなければならない。共振反射器は、例えば、I T Oを含む透明な金属などの材料、またはA l G a A sなどのドーピングした半導体材料で共振反射器を形成することによって導電性にするのが好ましい。

10

上記に示したように、共振反射器構造は、通常は、回折格子および導波路を含む、適当に機能する2つのエレメントを有さなければならない。回折格子は、通常は、所望の波長に十分に近い周期を有し、0次のみが伝搬し、特に1次はエバネッセントになるようにしなければならない。適当に構築すれば、回折格子は導波路としての働きもすることができることに留意されたい。

図示の共振反射器106は、回折格子層104、ならびに2つのフィルム層112および114を含む3層構造である。上部回折格子層104はI T Oで形成され、中間の導波路層112はG a A sから形成され、最下層114はA l G a A sから形成されることが好ましい。層112および114は、例えば炭素をドーピングして、導電率を高くすることができる。共振反射器の各層の厚さは、 $\lambda/4$ の奇数倍であることが好ましい。例えば、最上層、中間層、および最下層の厚さはそれぞれ、 $\lambda/4$ 、 $3\lambda/4$ 、および $\lambda/4$ となることが好ましい。

20

3層共振反射器を示したが、任意数の層を使用して共振反射器を形成することができるものと考えられる。さらに、回折格子層104は、層112および114の上部に位置決めする必要はない。その代わりに、W a n g他に示されているように、回折格子層104を例えば層112と114の間に位置決めすることもできる。

導波のために、3層のうち少なくとも1つの層は、共振反射器106を取り囲む材料より高い屈折率でなければならない。図示の実施形態では、この取り囲む材料は、上部では空気、底部ではD B Rミラーの層118を含む層およびその下の層である。したがって、図示の実施形態では、3つの層104、112、および114のうち少なくとも1つは、空気($n=1$)およびD B Rミラー108の有効屈折率より大きな屈折率でなければならない。D B Rミラー108は、ドーピングしたA l G a A s層から形成することができる。

30

第5A図は、共振反射器134の導波路回折格子132が上部接点として機能する、第3図に示すものと同様の垂直空洞面発光型レーザ130を示す概略図である。第4図に示すように上部接触層102を設けるのではなく、この実施形態では、上部接点として導波路回折格子層132を使用することを企図する。上部導波路回折格子層132は、I T Oなどの透明な金属から形成することが好ましく、回折格子は、図示のようにV C S E Lの出口アパーチャの上または下に形成される。中間層134および最下層136はそれぞれ、G a A sおよびA l A sから形成されることが好ましい。最上D B Rミラー層138はA l G a A sから形成されることが好ましい。

40

第5B図は、共振反射器の導波路回折格子が接点と異なる材料から形成されることを除けば第5A図に示すものと同様の、垂直空洞レーザを示す概略図である。この実施形態では、回折格子140は例えばS i O₂から形成することができ、接点部分142はA uから形成することができる。これにより、V C S E LデバイスまたはR C P Dデバイスの代替構成を提供することができる。

第6図は、従来の上部ミラーを広帯域共振反射器152で置き換えた、垂直空洞レーザ150を示す概略図である。共振反射器の帯域幅は、W a n g他が提案したものより広い。上記に示したように、共振反射器の帯域幅は、主に、回折格子の屈折率および充填率の変調によって決定される。したがって、本発明では、V C S E LデバイスまたはR C P Dデバイスと組み合わせて、比較的広い帯域幅($\text{FWHM} > 1 \text{ nm}$)を有する広帯域共振反射

50

器を提供することを企図する。

共振反射器の帯域幅は、V C S E L デバイスと R C P D デバイスの間のデータ通信の信頼性を高めるのに十分に広いことが好ましい。第 7 図は、共振波長 844.6 nm、FWHM = 2.3 nm の共振反射器のシミュレートした拡散反射率特性を示すグラフである。これらのより広い帯域幅は、特に R C P D デバイス、および多モード放出を行うための V C S E L または共振空洞 L E D の場合に企図される。

接点 156 は、共振反射器 152 と活性領域 154 の間に設けられる。したがって、この実施形態では、共振反射器 152 は導電性である必要はなく、また D B R ミラー・スタックと組み合わせる必要もない。

ただし、上記の第 2 図および第 4 図に示すように、広帯域共振反射器 152 を D B R と組み合わせることもできることが分かっている。また、広帯域共振反射器 152 を少なくとも部分的に導電性にし、構造内での接点 156 の位置決めをフレキシブルにすることができることも考えられる。最後に、第 8 A 図から第 8 B 図に関連して後述するように、広帯域共振反射器を使用して、R C P D デバイスまたは R C L E D デバイスを形成することもできる。

第 8 A 図は、上部ミラーが共振反射器 202 と分布ブラッグ反射器 204 を組み合わせて含む、共振空洞フォトダイオード (R C P D) 200 を示す概略図である。図示の実施形態では、共振反射器 202 は導電性となり、回折格子層 210 は上部接点の働きもする。この混成ミラー手法の利点は、共振反射器 202 を導電性にすることができ、導電性共振反射器 202 中の反射率の損失分を D B R ミラー 204 によって提供することができる点である。

R C P D の応用例では、W a n g 他が提案したものより帯域幅が広く反射率が低い広帯域共振反射器 202 は、従来の R C P D の D B R ミラーの一方または両方にとって代わる (第 8 B 図参照) ことも、図示の R C P D の D B R ミラーの 1 つまたは複数と組み合わせて使用することもできる。上記に示したように、共振反射器の帯域幅は、主に、回折格子の屈折率および充填率の変調によって決定される。したがって、本発明では、R C P D デバイス 200 と組み合わせて、比較的広い帯域幅 (FWHM > 1 nm) を有する広帯域共振反射器を提供することを企図する。

共振反射器の帯域幅は、ソースと R C P D デバイスの間のデータ通信の信頼性を高めるのに十分に広いことが好ましい。第 7 図は、共振波長 844.6 nm、FWHM = 2.3 nm の共振反射器を示すグラフである。R C P D デバイスの波長吸収を 1 nm より大きくし、例えば送信側の V C S E L デバイスおよび / または受信側の R C P D デバイスを製造する際の許容差、デバイスの位置合わせ (例えば入射角)、ノイズ、熱、ならびにその他の要因を含むいくつかの要因を補償すると有利であることがある。

第 8 B 図は、共振反射器 214 がスペーサ層 216 上に直接配置された、共振空洞フォトダイオード (R C P D) 212 を示す概略図である。この実施形態では、従来の D B R 上部ミラーは、共振反射器 214 で取って代わられている。共振反射器 214 の帯域幅は、ソースと R C P D デバイスの間のデータ通信の信頼性を高めるのに十分に広いことが好ましい。

第 8 A 図および第 8 B 図は、いくつかの例示的な R C P D 設計の特徴を示す図であり、その一部は当技術分野で既知である。第 1 に、R C P D デバイスの上部または底部のどちらから光が R C P D デバイスに入射できることは既知である。第 8 A 図は、R C P D デバイスの上部から光が入射する場合を示す。第 8 B 図は、R C P D デバイスの底部から光が入射する場合を示す。

図示のように光を R C P D 212 の底部に入射させて基板を通すために、R C P D 212 は約 980 nm で動作することができるものと企図する。870 nm より長い波長を有する光は一般に G a A s 基板に吸収されず、基板 220 をそのまま通過して底部ミラー中に入ることができることは既知である。R C P D 212 が 980 nm で動作するようにするために、活性領域 218 が、約 850 nm で動作する従来の G a A s 量子井戸構造ではなく、I n G a A s 量子井戸構造を含むように企図する。

10

20

30

40

50

第9A図は、データ通信／電気通信、処理、交換などに使用することができる、いくつかのVCSSELデバイス、RCLEDデバイス、および／またはRCPDデバイスを示す例示的な概略図である。集積共振反射器を有するVCSSELデバイスおよびRCPDデバイスは、本質的にサイズが小さく、それに付随してパワーが低く速度が速いことにより、高密度高度並列な空間分割多重化(SDM)、波長分割多重化(WDM)、および／または偏光分割多重化(PDM)の利用分野に良く適合する。光通信、処理、交換などは、本発明のデバイスを使用するものと企図されている。

上記に示したように、共振反射器は、偏光出力を生じる導波路回折格子を含む。したがって、共振反射器とRCPDデバイスの組合せは、1つの望ましい偏光を有する光信号しか検出することができない。同様に、導波路回折格子は、所望の波長を選択することができる。通常は、回折格子のピッチおよび充填率により、所望の波長が選択される。したがって、共振反射器とRCPDデバイスの組合せは、所望の波長の光信号しか検出することができない。

詳細に第9A図を参照すると、モノリシックに形成されたいくつかのデバイスがまとめて250で示してある。導波路回折格子は、何本かの平行線として各デバイスについて示してある。第1のデバイス252は、第1の方向に延びる第1のピッチの導波路回折格子を有する。回折格子の方向によって、回折格子で共振反射された光の偏光が決定される。VCSSELデバイスの場合には、こうして出力放出は本質的に偏光する。RCPDデバイスの場合には、導波路回折格子と整合する偏光を有する光だけがRCPD空洞によって共振反射される。

回折格子のピッチによって、回折格子で共振する光の波長が決定される。VCSSELデバイスの場合には、出力放出は本質的に波長選択的である。RCPDデバイスの場合には、選択された波長を有する光だけがRCPD空洞中で十分に反射される。

第2のデバイス254は、やはり第1の方向に延びる第2のピッチの導波路回折格子を有するものとして示してある。したがって、第2のデバイス254は、第1のデバイス252と同じ方向に偏りを有する。ただし、第2のデバイスの導波路のピッチが狭くなるほど、第1のデバイス252より短い波長を選択する傾向がある。

第3のデバイス256は、第1の方向に延びる第3のピッチの導波路回折格子を有するものとして示してある。したがって、第3のデバイス256は、第1のデバイス252および第2のデバイス254と同じ方向に分極する。第3のデバイス256の導波路のピッチが広くなるほど、第1のデバイス252および第2のデバイス254より長い波長を選択する傾向がある。

最後に、第4のデバイス258は、第2の方向に延びる第4のピッチの導波路回折格子を有するものとして示してある。したがって、第4のデバイス258は、第1、第2、および第3のデバイスと直交する方向に分極する。第4のデバイス258の導波路のピッチが狭くなるほど、第1、第2、および第3のデバイスより短い波長を選択する傾向がある。容易に分かるように、回折格子のピッチおよび／または方向を変えることにより、設計者はリソグラフィによって対応するデバイスの動作波長および偏光を両方とも制御することができる。これにより、分散型の波長および偏光ノードを有するSDM/WDM/PDMの混成アーキテクチャを可能にすることができる。さらに、任意の偏光を有する光を認めることが望ましい場合には、交差した2つの回折格子が互いに直交するように位置合わせされた共振反射器を製作することができる(例えば2重回折格子)。

VCSSELデバイスおよびRCPDデバイスに必要な厚さを薄くすると、当然、集積化への適応性は高くなる。平面性が向上すること、および標準的な半導体プレーナのバッチ製作プロセスを利用することにより、生産性を改善することができる。共振反射器の波長、角度、および帯域幅の特性を容易に制御することができることにより、複数素子の集積回路の構築にフレキシビリティを持たせることができる。

共振回折格子の波長選択可能性は、ディスプレイの利用分野にも適用可能である。回折格子自体が動作波長を決定し、製作がリソグラフィで行われるので、横変位波長依存性放射器(laterally-displaced wavelength dependent emitter)が企図される。これは、疑似

10

20

30

40

50

同調可能レーザ光源として働くこともできる。波長同調可能なV C S E Lおよび検出器は、分光および感知の利用分野で使用することもできる。

偏光を制御できることに伴う性能の改善は、偏光に敏感な光学的読取り / 書込みの利用分野に向いている。C D、D V D、およびホログラフィック記憶装置の応用例には様々な形態が含まれる。レーザ・プリンタのヘッドにも有利であろう。この性能上の利点、およびより薄いミラーを使用することは、通常の完全にエピタキシャルなD B Rが極めて厚くなり、多くの層の2倍の厚さを必要とすることがある可視波長までV C S E Lを拡大する際にさらに重要になる。

第9 B図は、いくつかのV C S E L放射器およびR C P D受光器を示す例示的な概略図である。このシステムを概略的に270で示す。第1のV C S E Lデバイス272は、第1の偏光および第1の波長を有する光を出力する。第2のV C S E Lデバイス274は、第1のV C S E Lデバイス272と同じ方向に偏光するが、波長が異なる光を出力する。この例示的な実施形態では、第1のV C S E Lデバイス272および第2のV C S E Lデバイス274はそれぞれ、単一のモノリシック・デバイス上に設けられる。

第2のモノリシック・デバイス上には、第1のR C P Dデバイス276および第2のR C P Dデバイス278が位置決めされる。第1のR C P Dデバイス276は、第1のV C S E Lデバイス272の導波路回折格子と整合する導波路回折格子を有する。したがって、第1のR C P Dデバイス276は、第1のV C S E Lデバイス272の光出力を受けることができる。同様に、第2のR C P Dデバイス278は、第2のV C S E Lデバイス274の導波路回折格子と整合する導波路回折格子を有する。したがって、第2のR C P Dデバイス278は、第2のV C S E Lデバイス274の光出力を受けることができる。図示の例示的な実施形態では、第2のモノリシック・デバイスは第1のモノリシック・デバイスから横方向に離れている。

第9 C図は、V C S E L放射器、いくつかのR C P D受光器、およびそれらの間の光学的ファン・アウト素子を示す例示的な概略図である。このシステムでは、V C S E Lデバイス302は、第1の偏光および第1の波長を有する光出力を提供する。この光出力は、図示のように光学的ファン・アウト素子304によって分割される。光学的ファン・アウト素子304は、R C P Dデバイス306、308、および310に光を出力する。

R C P Dデバイス306は、V C S E Lデバイス302と同じ向きに配向された導波路回折格子を有するが、その回折格子のピッチはV C S E Lデバイス302とは異なる。したがって、R C P Dデバイス306は、V C S E Lデバイス302の光出力によって活性化されない。

R C P Dデバイス310は、V C S E Lデバイス302と直交するように配向された導波路回折格子を有し、その回折格子のピッチもV C S E Lデバイス302とは異なる。したがって、R C P Dデバイス310は、V C S E Lデバイス302の光出力によって活性化されない。

最後に、R C P Dデバイス308は、V C S E Lデバイス302の配向およびピッチと整合する導波路回折格子を有する。したがって、R C P Dデバイス308は、V C S E Lデバイス302の光出力によって活性化される。

第9 D図は、単一のモノリシック・デバイス上に位置するV C S E L放射器といくつかのR C P D受光器との間で通信するシステムを示す例示的な概略図である。このシステムを概略的に350に示す。V C S E Lデバイス352は、第1の偏光および第1の波長を有する光を出力する。光出力は、図示のように光学素子354によって反射され、分配される。その後、R C P Dデバイス356、358、および360は反射された光出力にさらされる。

R C P Dデバイス356は、V C S E Lデバイス352と同じ向きに配向された導波路回折格子を有するが、その回折格子のピッチはV C S E Lデバイス352とは異なる。したがって、R C P Dデバイス356は、V C S E Lデバイス352の光出力によって活性化されない。同様に、R C P Dデバイス358は、V C S E Lデバイス352と同じ向きに配向された導波路回折格子を有するが、その回折格子のピッチはV C S E Lデバイス35

10

20

30

40

50

2とは異なる。したがって、RCPDデバイス358は、VCSELデバイス352の光出力によって活性化されない。

しかし、RCPDデバイス360は、VCSELデバイス352の配向およびピッチと整合する導波路回折格子を有する。したがって、RCPDデバイス360は、VCSELデバイス352の光出力によって活性化される。

これらの例示的な実施形態は、VCSEL放射器およびRCPD受光器と組み合わせて設けた導波路回折格子が、SDM、WDM、および/またはPDMの応用分野を容易にサポートすることを示している。光通信、処理、および交換などは、本発明のデバイスを使用するものと企図されている。

以上、本発明の好ましい実施形態について述べたが、本明細書に見られる教示は、添付の特許請求の範囲内でその他の実施形態に適用することができることを当業者なら容易に理解するであろう。

10

【図1】

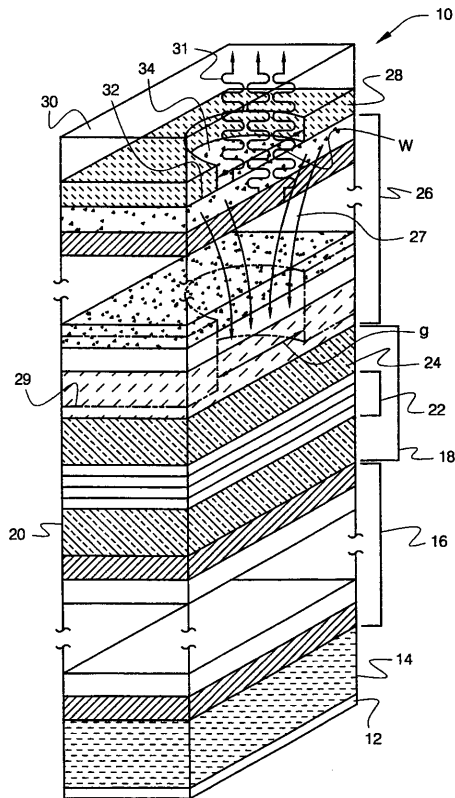


Fig. 1

【図2】

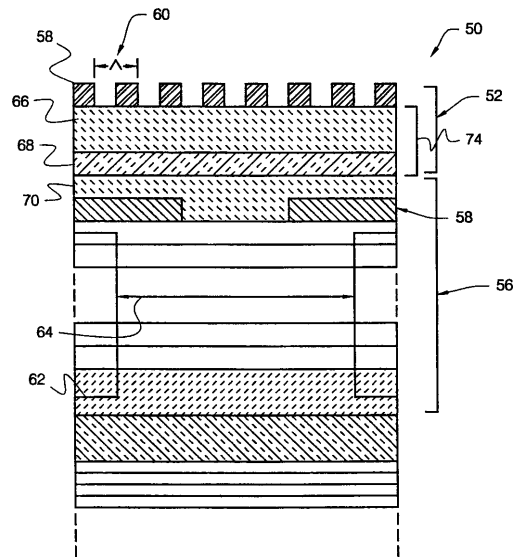


Fig. 2

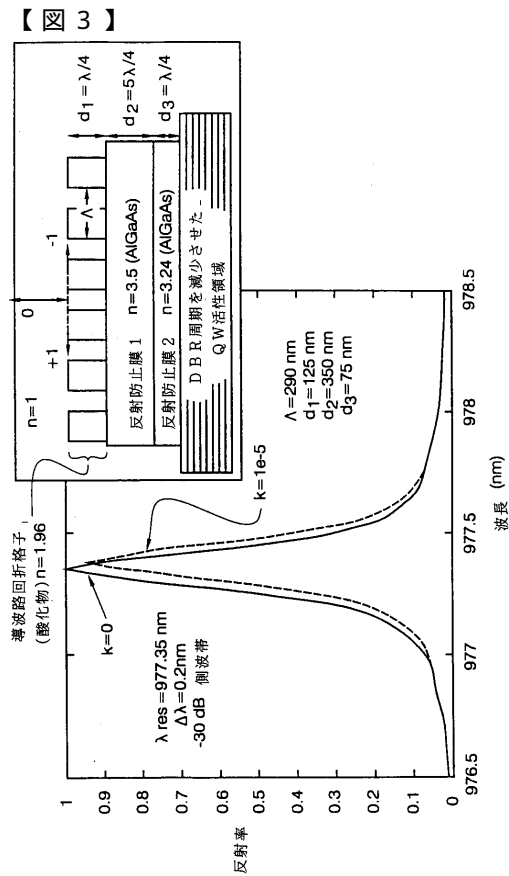


Fig.3

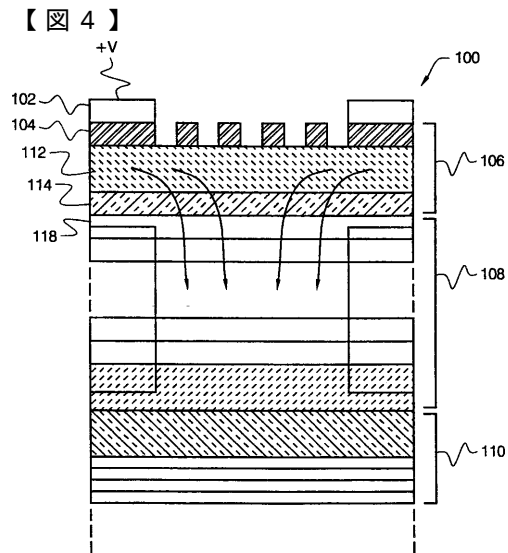


Fig.4

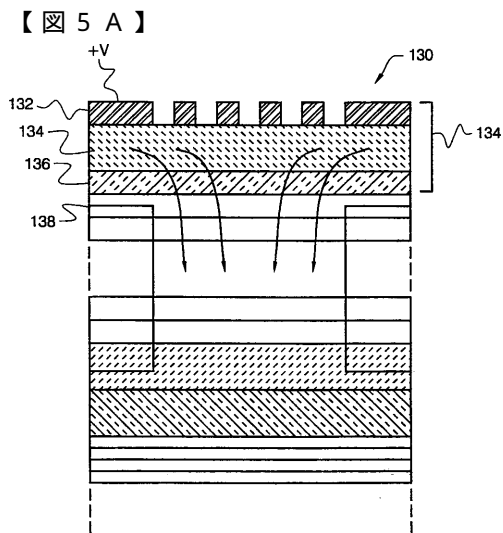


Fig.5A

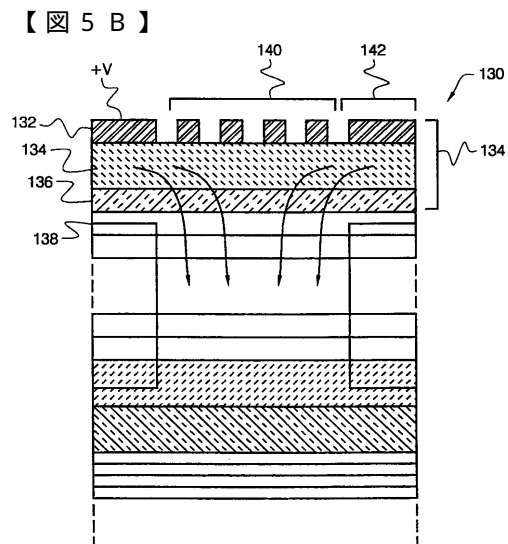


Fig.5B

【図 6】

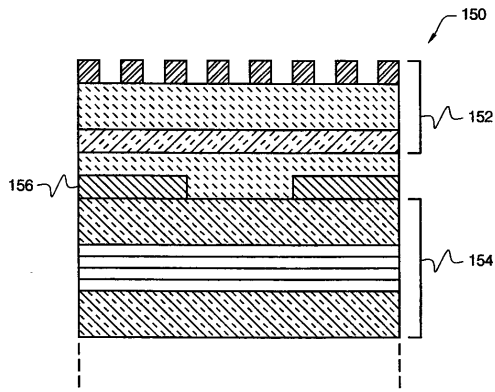


Fig. 6

【図 7】

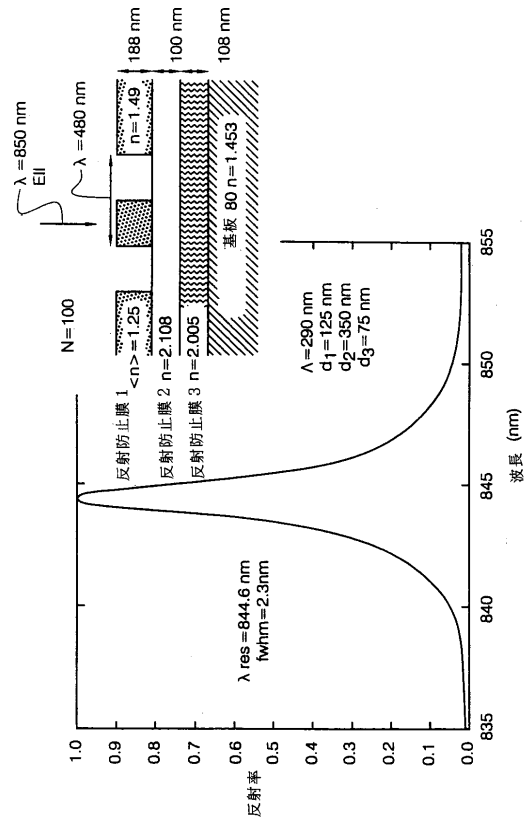


Fig. 7

【図 8 A】

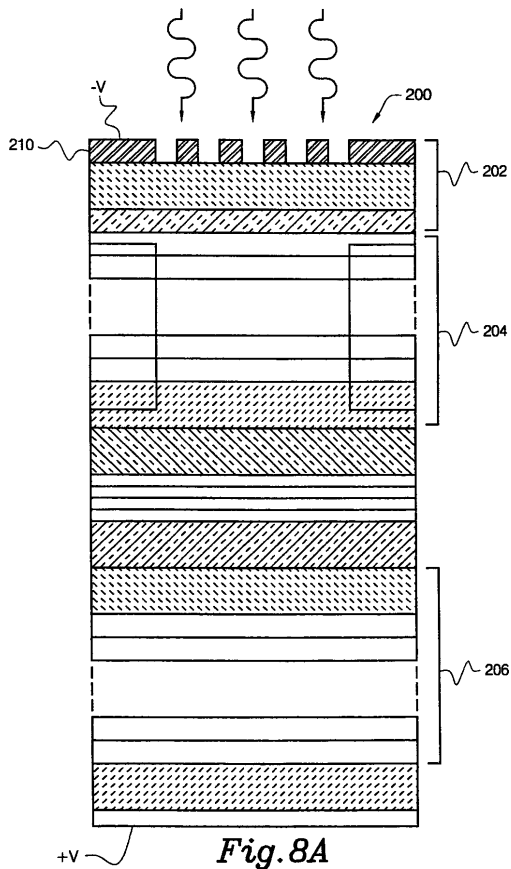


Fig. 8A

【図 8 B】

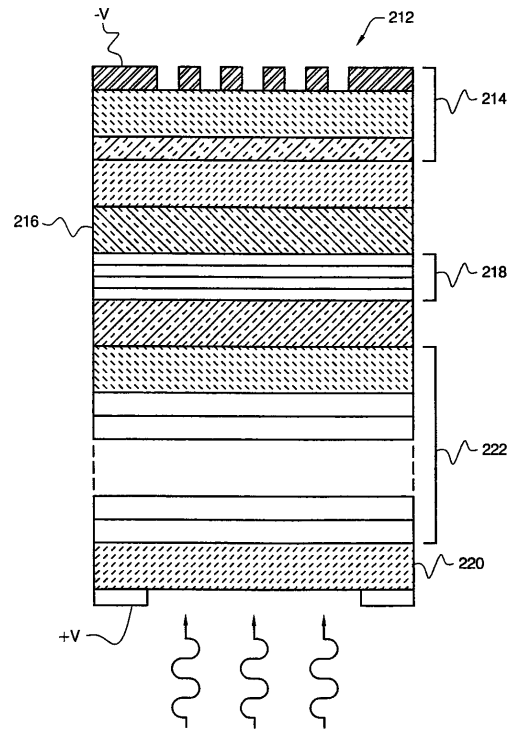
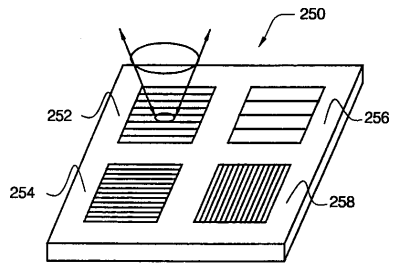
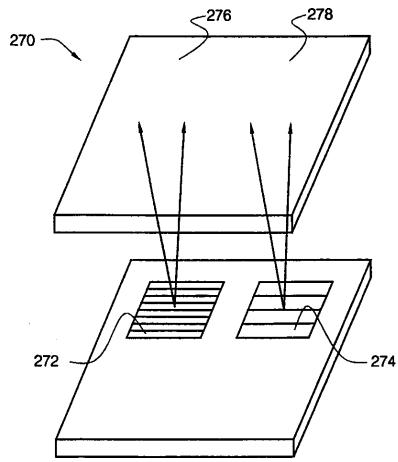


Fig. 8B

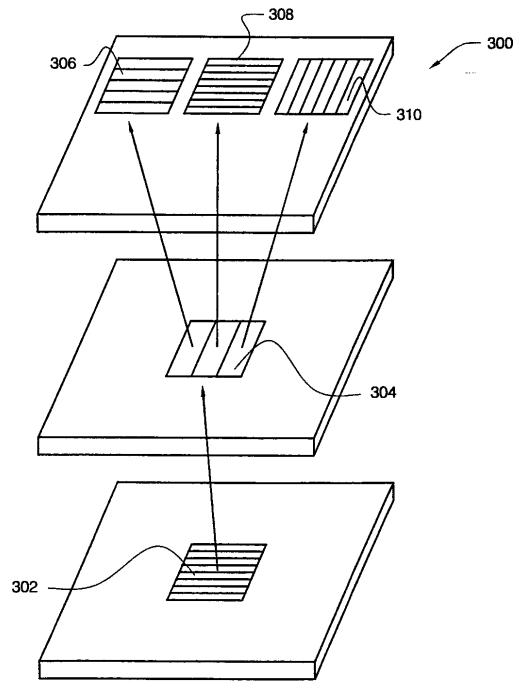
【図 9 A】

*Fig. 9A*

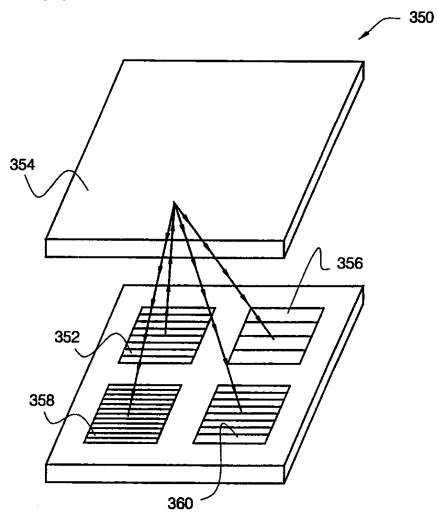
【図 9 B】

*Fig. 9B*

【図 9 C】

*Fig. 9C*

【図 9 D】

*Fig. 9D*

フロントページの続き

- (72)発明者 コックス, ジェイムズ・エイ
アメリカ合衆国・55112・ミネソタ州・ニュー・ブライトン・26ティエイチ アヴェニュー
ノース ウェスト・1842
- (72)発明者 モーガン, ロバート・エイ
アメリカ合衆国・55447・ミネソタ州・プリマス・ランチヴュウ レイン ノース ナンバ
131・2210

審査官 高橋 健司

- (56)参考文献 特開平08-056049(JP, A)
特開平05-021889(JP, A)
国際公開第96/042026(WO, A1)
特表平8-503816(JP, A)
特開平08-181391(JP, A)
特開平07-147017(JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01S 5/00 - 5/50

H01L 33/00

G11B 7/00 - 7 - 013, 7/28 - 7/30