

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公表特許公報(A)

(11) 特許出願公表番号

特表2008-503090

(P2008-503090A)

(43) 公表日 平成20年1月31日(2008.1.31)

(51) Int.Cl.

H01S 5/183 (2006.01)

F I

H01S 5/183

テーマコード (参考)

5F173

審査請求 未請求 予備審査請求 未請求 (全 13 頁)

(21) 出願番号 特願2007-516485 (P2007-516485)
(86) (22) 出願日 平成17年4月29日 (2005. 4. 29)
(85) 翻訳文提出日 平成18年12月13日 (2006. 12. 13)
(86) 国際出願番号 PCT/US2005/015009
(87) 国際公開番号 W02006/007032
(87) 国際公開日 平成18年1月19日 (2006. 1. 19)
(31) 優先権主張番号 10/871, 424
(32) 優先日 平成16年6月18日 (2004. 6. 18)
(33) 優先権主張国 米国 (US)

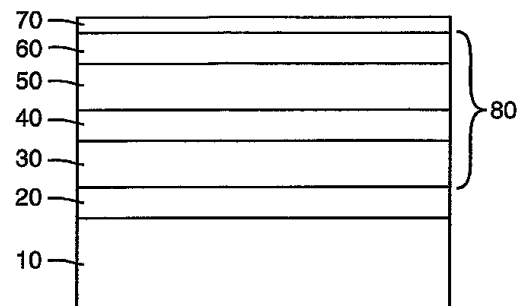
(71) 出願人 599056437
スリーエム イノベイティブ プロパティ
ズ カンパニー
アメリカ合衆国, ミネソタ 55144-
1000, セント ポール, スリーエム
センター
(74) 代理人 100099759
弁理士 青木 篤
(74) 代理人 100077517
弁理士 石田 敬
(74) 代理人 100087413
弁理士 古賀 哲次
(74) 代理人 100102990
弁理士 小林 良博

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 InP基板上のII-VI/III-V層状構造

(57) 【要約】

InP基板と、II-VI材料およびIII-V材料の交互層とを含む層状構造が提供される。II-VI材料およびIII-V材料の交互層は、典型的には、InP基板に対して格子整合しているか、またはシュドモルフィックである。典型的にはII-VI材料は、ZnSe、CdSe、BeSe、MgSe、ZnTe、CdTe、BeTe、MgTe、ZnS、CdS、BeS、MgS、およびそれらの合金からなる群より選択され、より典型的にはCdZnSe、CdMgZnSe、BeZnTe、およびBeMgZnTe合金からなる群より選択され、最も典型的には $Cd_xZn_{1-x}Se$ (式中、 x は0.44~0.54である) である。典型的にはIII-V材料は、InAs、AlAs、GaAs、InP、AlP、GaP、InSb、AlSb、GaSb、およびそれらの合金からなる群より選択され、より典型的にはInP、InAlAs、GaInAs、AlInGaAs、およびGaInAsP合金からなる群より選択され、最も典型的にはInPまたは $In_yAl_{1-y}As$ (式中、 y は0.44~0.52である) である。一実施



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

ＩｎＰ基板と、
 ＩＩ－ＶＩ材料およびＩＩＩ－Ｖ材料の交互層、
 とを含む層状構造。

【請求項 2】

ＩＩ－ＶＩ材料およびＩＩＩ－Ｖ材料の前記交互層が、前記ＩｎＰ基板に対して格子整合しているか、または前記ＩｎＰ基板に対してシュドモルフィックである請求項 1 に記載の層状構造。

【請求項 3】

ＩＩ－ＶＩ材料およびＩＩＩ－Ｖ材料の前記交互層の少なくとも 1 つが前記ＩｎＰ基板と直接接触している請求項 1 に記載の層状構造。

【請求項 4】

前記ＩｎＰ基板と、ＩＩ－ＶＩ材料およびＩＩＩ－Ｖ材料の前記交互層との間に介在する層をさらに含む請求項 1 に記載の層状構造。

【請求項 5】

ＩＩ－ＶＩ材料およびＩＩＩ－Ｖ材料の前記交互層が、1 つ以上の分布ブラッグ反射器（ＤＢＲ）を形成する請求項 1 に記載の層状構造。

【請求項 6】

前記分布ブラッグ反射器（ＤＢＲ）が、 $1 \sim 2 \mu\text{m}$ の範囲の波長において発生する最大反射率を有する請求項 5 に記載の層状構造。

【請求項 7】

各ＤＢＲが、ＩＩ－ＶＩ材料およびＩＩＩ－Ｖ材料の交互層を 15 対以下含み、95 % 以上の反射率を有する請求項 5 に記載の層状構造。

【請求項 8】

前記ＩＩ－ＶＩ材料が、ＺｎＳｅ、ＣｄＳｅ、ＢｅＳｅ、ＭｇＳｅ、ＺｎＴｅ、ＣｄＴｅ、ＢｅＴｅ、ＭｇＴｅ、ＺｎＳ、ＣｄＳ、ＢｅＳ、ＭｇＳ、およびそれらの合金からなる群より選択される請求項 1 に記載の層状構造。

【請求項 9】

前記ＩＩＩ－Ｖ材料が、ＩｎＡｓ、ＡｌＡｓ、ＧａＡｓ、ＩｎＰ、ＡｌＰ、ＧａＰ、ＩｎＳｂ、ＡｌＳｂ、ＧａＳｂ、およびそれらの合金からなる群より選択される請求項 1 に記載の層状構造。

【請求項 10】

前記ＩＩＩ－Ｖ材料が、ＩｎＡｓ、ＡｌＡｓ、ＧａＡｓ、ＩｎＰ、ＡｌＰ、ＧａＰ、ＩｎＳ（登録商標）ｂ、ＡｌＳｂ、ＧａＳｂ、およびそれらの合金からなる群より選択される請求項 8 に記載の層状構造。

【請求項 11】

前記ＩＩ－ＶＩ材料が、ＣｄＺｎＳｅ、ＣｄＭｇＺｎＳｅ、ＢｅＺｎＴｅ、ＢｅＭｇＺｎＴｅ からなる群より選択される請求項 1 に記載の層状構造。

【請求項 12】

前記ＩＩ－ＶＩ材料が $\text{Cd}_x\text{Zn}_{1-x}\text{Se}$ （式中、 x は $0.44 \sim 0.54$ である）である請求項 1 に記載の層状構造。

【請求項 13】

前記ＩＩＩ－Ｖ材料が、ＩｎＰ、ＩｎＡｌＡｓ、ＧａＩｎＡｓ、ＡｌＩｎＧａＡｓ、ＧａＩｎＡｓＰ からなる群より選択される請求項 1 に記載の層状構造。

【請求項 14】

前記ＩＩＩ－Ｖ材料が $\text{In}_y\text{Al}_{1-y}\text{As}$ （式中、 y は $0.44 \sim 0.52$ である）である請求項 1 に記載の層状構造。

【請求項 15】

ＩＩ－ＶＩ材料およびＩＩＩ－Ｖ材料の前記層が、約 $100\text{nm} \sim$ 約 200nm の間の

10

20

30

40

50

平均厚さを有する請求項 1 に記載の層状構造。

【請求項 16】

請求項 1 ~ 15 のいずれか一項に記載の層状構造を含むレーザー。

【請求項 17】

請求項 1 ~ 15 のいずれか一項に記載の層状構造を含む光検出器。

【請求項 18】

InP 基板と、

15 層対以下のエピタキシャル半導体材料を含み 95% 以上の反射率を有する分布ブラッグ反射器 (DBR) とを含む層状構造。

【請求項 19】

前記分布ブラッグ反射器 (DBR) が、1 ~ 2 μm の範囲の波長において発生する最大反射率を有する請求項 18 に記載の層状構造。

【請求項 20】

請求項 18 または 19 に記載の層状構造を含むレーザー。

【請求項 21】

請求項 18 または 19 に記載の層状構造を含む光検出器。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、InP 基板と、典型的には分布ブラッグ反射器 (DBR) を形成する III-V 材料および III-V 材料との交互層とを含む、面発光レーザー (Vertical Cavity Surface Emitting Laser) (VCSEL) などのレーザーまたは光検出器などのデバイスに関する。

【背景技術】

【0002】

特開 2003-124508 号公報には、AlGaInP 系発光層を有する発光ダイオードを請求すると主張している (請求項 1 ~ 8)。この参考文献は、第 2 段落、第 15 段落、および第 21 段落、ならびに請求項 1 において GaAs 基板と層の「格子整合」を強調している。この参考文献は、III-V 族材料層と、AlGaAs 系または AlGaInP 系材料層とのペアを積層した構造を有する DBR 層を含む AlGaInP 系発光層を有する発光ダイオードを請求すると主張している (請求項 2 ~ 4)。この参考文献は、GaAs 基板上の GaAlAs/ZnSe の DBR 層 (図 1 ~ 図 3、参照番号 2、および付随する説明) と、場合により GaAlAs/AlAs の DBR 層である第 2 の DBR 層 (図 3、参照番号 10、および付随する説明) とを含む、AlGaInP 系発光層を有する発光ダイオードを意図的に開示している。

【0003】

米国特許第 5,206,871 号明細書は、GaP または ZnS と、ホウケイ酸ガラス、CaF₂、MgF₂、または NaF の層との交互層を含むミラーを含む VCSEL を意図的に開示している。

【0004】

米国特許第 5,732,103 号明細書は、InP 基板と、III-V 材料、特に ZnCdSe/MgZnCdSe の交互層を含む格子整合したミラースタックとを含む VCSEL を意図的に開示している。

【0005】

米国特許第 5,956,362 号明細書は、VCSEL を意図的に開示している。

【0006】

国際公開第 02/089268 A2 号パンフレットは、酸化物材料を含む、VCSEL 中に使用するためのハイコントラスト反射鏡を意図的に開示している。

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

10

20

30

40

50

【 0 0 0 7 】

簡潔に述べると、本発明は、InP基板と、II-VI材料およびIII-V材料の交互層とを含む層状構造を提供する。II-VI材料およびIII-V材料の交互層は、典型的には、InP基板に対して格子整合しているか、またはシュドモルフィック(pseudomorphic)である。典型的には、II-VI材料は、ZnSe、CdSe、BeSe、MgSe、ZnTe、CdTe、BeTe、MgTe、ZnS、CdS、BeS、MgS、およびそれらの合金からなる群より選択され、より典型的にはCdZnSe、CdMgZnSe、BeZnTe、およびBeMgZnTe合金からなる群より選択され、最も典型的には $Cd_xZn_{1-x}Se$ (式中、 x は0.44~0.54である)である。典型的にはIII-V材料は、InAs、AlAs、GaAs、InP、AlP、GaP、InSb、AlSb、GaSb、およびそれらの合金からなる群より選択され、より典型的にはInP、InAlAs、GaInAs、AlInGaAs、およびGaInAsP合金からなる群より選択され、最も典型的にはInPまたは $In_yAl_{1-y}As$ (式中、 y は0.44~0.52である)である。II-VI材料およびIII-V材料の交互層の1つは、InP基板と直接接触する場合もあるし、II-VI材料およびIII-V材料の交互層とInP基板との間に追加層が介在する場合もある。一実施形態においては、この層状構造が1つ以上の分布ブラッグ反射器(DBR)を形成する。典型的には、このようなDBRは、II-VI材料およびIII-V材料の20対以下、より典型的には15対以下の交互層で形成することができる。典型的には、II-VI材料およびIII-V材料の層は、約100nm~約200nmの平均厚さを有する。

10

20

【 0 0 0 8 】

別の態様においては、本発明は、InP基板と、15層対以下のエピタキシャル半導体材料を含み95%以上の反射率を有する分布ブラッグ反射器(DBR)とを含む層状構造を提供する。

【 0 0 0 9 】

別の態様においては、本発明は、本発明による層状構造を含むレーザーを提供する。

【 0 0 1 0 】

別の態様においては、本発明は、本発明による層状構造を含む光検出器を提供する。

【課題を解決するための手段】

【 0 0 1 1 】

本出願において、

30

基板上のエピタキシャル膜などの2種類の結晶材料に関する「格子整合」とは、分離して得られた各材料が格子定数を有し、これらの格子定数が実質的に等しく、典型的には互いの差が0.2%以下であり、より典型的には互いの差が0.1%以下であり、最も典型的には互いの差が0.01%以下であることを意味し、

特定の厚さの第1の結晶層と、エピタキシャル膜および基板などの第2の結晶層とに関する「シュドモルフィック」とは、分離して得られた各層が格子定数を有し、特定の厚さの第1の層が、不整合欠陥が実質的にない層の面内で第2の層の格子間隔を採用できるように、これらの格子定数が十分類似していることを意味する。

40

【 0 0 1 2 】

VCSLなどのレーザーまたは光検出器などの長波長InPデバイスに使用するための高反射率DBRとして機能することができ、比較的少数の層で好適な高反射率を実現可能な層状構造が提供されることが、本発明の利点である。

【発明を実施するための最良の形態】

【 0 0 1 3 】

簡潔に述べると、本発明は、InP基板と、II-VI材料およびIII-V材料の交互層とを含む層状構造を提供する。II-VI材料およびIII-V材料の交互層は、典型的には、InP基板に対して格子整合しているか、またはシュドモルフィックとなっている。

50

【 0 0 1 4 】

本発明を実施する際、あらゆる好適なⅡⅠ-ⅤⅠ材料を使用することができる。典型的にはⅡⅠ-ⅤⅠ材料は、 $ZnSe$ 、 $CdSe$ 、 $BeSe$ 、 $MgSe$ 、 $ZnTe$ 、 $CdTe$ 、 $BeTe$ 、 $MgTe$ 、 ZnS 、 CdS 、 BeS 、 MgS 、およびそれらの合金からなる群より選択される。好適な合金は、典型的には1～4種類の異なるⅡⅠ族材料と1～3種類の異なるⅤⅠ族材料とを含み、より典型的には1～3種類の異なるⅡⅠ族材料と1～2種類の異なるⅤⅠ族材料とを含む。好適な合金としては、式 $M^1_n M^2_{(1-n)} M^3_p M^4_{(1-p)}$ （式中、 M^1 および M^2 は独立して、 Zn 、 Cd 、 Be 、および Mg から選択され； M^3 および M^4 は独立して、 Se 、 Te 、および S から選択され； n は0～1の間の数であり； p は0～1の任意の数である）により表される合金を挙げることができる。好適な合金としては、式 $M^5_q M^6_{(1-q)} M^7$ （式中、 M^5 および M^6 は独立して、 Zn 、 Cd 、 Be 、および Mg から選択され； M^7 は Se 、 Te 、および S から選択され； q は0～1の任意の数である）により表される合金を挙げることができる。上記の式において、 n 、 p 、および q は、 InP に対して格子整合するか、またはシュドモルフィックとなる合金が得られるように典型的には選択される。一実施形態においては、合金の格子定数は、 InP に対して格子整合するか、またはシュドモルフィックとなる合金組成を見出すために、合金の2成分の格子定数から線形補間することによって推定される。より典型的にはⅡⅠ-ⅤⅠ材料は、 $CdZnSe$ 、 $CdMgZnSe$ 、 $BeZnTe$ 、 $BeMgZnTe$ からなる群より選択され、最も典型的には $Cd_x Zn_{1-x} Se$ （式中、 x は0.44～0.54である）である。ⅡⅠ-ⅤⅠ材料は、あらゆる好適な方法によって、あるいは塩素または窒素のドーピングなどのあらゆる好適なドーパントを注入することによって、 n ドーブしたり、 p ドーブしたりすることができ、ドーブしないこともできる。

10

20

【0015】

本発明を実施する際、あらゆる好適なⅢⅠⅠ-Ⅴ材料を使用することができる。典型的にはⅢⅠⅠ-Ⅴ材料は、 $InAs$ 、 $AlAs$ 、 $GaAs$ 、 InP 、 AlP 、 GaP 、 $InSb$ 、 $AlSb$ 、 $GaSb$ 、およびそれらの合金からなる群より選択される。好適な合金は、典型的には1～3種類の異なるⅢⅠⅠ族材料と1～3種類の異なるⅤ族材料とを含み、より典型的には1～2種類の異なるⅤ族材料を含む。好適な合金としては、式 $M^8_r M^9_{(1-r)} M^{10}_s M^{11}_{(1-s)}$ （式中、 M^8 および M^9 は独立して、 In 、 Al 、および Ga から選択され； M^{10} および M^{11} は独立して、 As 、 P 、および Sb から選択され； r は0～1の間の数であり； s は0～1の任意の数である）により表される合金を挙げることができる。好適な合金としては、式 $M^{12}_t M^{13}_{(1-t)} M^{14}$ （式中、 M^{12} および M^{13} は独立して、 In 、 Al 、および Ga から選択され； M^{14} は As 、 P 、および Sb から選択され； t は0～1の任意の数である）により表される合金を挙げることができる。上記の式において、 r 、 s および t は、 InP に対して格子整合するか、またはシュドモルフィックとなる合金が得られるように典型的には選択される。一実施形態においては、合金の格子定数は、 InP に対して格子整合するか、またはシュドモルフィックとなる合金組成を見出すために、合金の2成分の格子定数から線形補間することによって推定される。より典型的にはⅢⅠⅠ-Ⅴ材料は、 InP 、 $InAlAs$ 、 $GaInAs$ 、 $AlInGaAs$ 、 $GaInAsP$ からなる群より選択され、最も典型的には InP または $In_y Al_{1-y} As$ （式中、 y は0.44～0.52である）である。ⅢⅠⅠ-Ⅴ材料は、あらゆる好適な方法によって、またはあらゆる好適なドーパントを注入することによって、 n ドーブしたり、 p ドーブしたりすることができ、ドーブしないこともできる。

30

40

【0016】

本発明を実施する際、あらゆる好適な InP 基板を使用することができる。 InP 基板は、 n ドーブしたり、 p ドーブしたり、半絶縁化したりすることができ、これらはあらゆる好適な方法によって、またはあらゆる好適なドーパントを注入することによって実現することができる。

【0017】

本発明による層状構造の一実施形態においては、ⅡⅠ-ⅤⅠ材料およびⅢⅠⅠ-Ⅴ材料の交互層の少なくとも1つが、 InP 基板と直接接触している。別の実施形態においては

50

、ⅡⅡ-ⅤⅠ材料およびⅡⅡⅡ-Ⅴ材料の交互層とⅡⅡⅡ基板との間に追加層が介在する。ⅡⅡ-ⅤⅠ材料およびⅡⅡⅡ-Ⅴ材料の交互層とⅡⅡⅡ基板との間に追加層が介在する場合、それらはあらゆる好適な層を含むことができる。典型的には、これらの介在層は、ⅡⅡⅡ基板に対して格子整合しているか、またはシュードモルフィックとなっている。介在層としては、電気接触層、緩衝層、光導波路層、活性層、量子井戸層、電流拡散層、クラッド層、障壁層などのⅤⅢⅤⅤⅤの要素を挙げることができる。介在層としては、電気接触層、クラッド層、吸収層、緩衝層などの光検出器の要素も挙げることができる。

【0018】

ⅡⅡ-ⅤⅠ材料およびⅡⅡⅡ-Ⅴ材料の層は、あらゆる好適な厚さを有することができる。ⅡⅡ-ⅤⅠ材料およびⅡⅡⅡ-Ⅴ材料の層は、個別に、または平均で、0.1 nm ~ 10,000 nm、より典型的には10 ~ 1,000 nm、より典型的には50 nm ~ 500 nm、より典型的には100 nm ~ 200 nmの厚さを有することができる。

10

【0019】

一実施形態においては、本発明の層状構造が、1つ以上の分布ブラッグ反射器(DBR)を形成している。DBRを形成する層状構造は、2から非常に大きな数までのあらゆる好適な数の対のⅡⅡ-ⅤⅠ材料およびⅡⅡⅡ-Ⅴ材料を含むことができる。一実施形態においては、ⅡⅡ-ⅤⅠ材料およびⅡⅡⅡ-Ⅴ材料の層を20対以下、より典型的には15対以下、より典型的には12対以下、より典型的には10対以下使用してDBRを作製することができるのに十分な反射率を層状構造が有する。別の実施形態においては、8対以下、より典型的には5対以下を使用して適宜有効なDBRを作製できるのに十分な反射率を層状構造が有する。

20

【0020】

DBRにおいて、層の厚さは、その材料に入射する光の波長の四分の一であり、

【数1】

$$t = \frac{\lambda}{4n}$$

30

上式中、tは層の厚さであり、 λ は光の波長であり、nは材料の屈折率である。波長1.55 μ mにおいてピーク反射率を有するように設計したCd_{0.52}Zn_{0.48}Se層とIn_{0.52}Al_{0.48}As層とを含む本発明によるDBRミラーを一例として挙げる。1.55 μ mにおけるCd_{0.52}Zn_{0.48}Seの屈折率は2.49であるので、Cd_{0.52}Zn_{0.48}Se層の厚さは156 nmとすべきである。1.55 μ mにおけるIn_{0.52}Al_{0.48}Asの屈折率は3.21であるので、In_{0.52}Al_{0.48}As層の厚さは121 nmとすべきである。一実施形態においては、本発明の層状構造が、1 ~ 2 μ mの範囲の波長において発生する最大反射率を有する1つ以上の分布ブラッグ反射器(DBR)を形成する。

【0021】

一実施形態においては、本発明の層状構造が、ⅤⅢⅤⅤⅤなどのレーザーの一部を形成する1つ以上の分布ブラッグ反射器(DBR)を形成する。このⅤⅢⅤⅤⅤは、あらゆる好適な波長において作動させることができる。一実施形態においては、ⅤⅢⅤⅤⅤは、光ファイバーを通過する間の分散および減衰が軽減される範囲である1 μ m ~ 2 μ mの間の波長で作動する。典型的にはⅤⅢⅤⅤⅤは、典型的には約1.3 μ mまたは1.55 μ mである光ファイバー網が作動する波長において作動する。

40

【0022】

一実施形態においては、本発明の層状構造が、光検出器の一部を形成する1つ以上の分布ブラッグ反射器(DBR)を形成する。この光検出器は、遠隔通信において使用することができる、ギガヘルツ周波数の信号を光から電子に変換することができる。典型的な光検出器は、光エネルギーの吸収および関連するキャリアの生成、吸収領域を越える光生成

50

キャリアの輸送、ならびに光電流の発生を伴うキャリアの収集によって機能する。

【0023】

本発明による層状構造は、分子線エピタキシー、化学蒸着、液相エピタキシー、および気相エピタキシーなどのあらゆる好適な方法によって製造することができる。典型的には、本発明による層状構造は、ウエハ・フュージョン(wafer fusion)を使用せずに製造することができる。

【0024】

本発明は、光電子通信技術などの光電子技術において有用である。

【0025】

本発明の目的および利点を以下の実施例によってさらに説明するが、これらの実施例に記載される特定の材料およびそれらの量、ならびにその他の条件および詳細は、本発明を不当に限定するために構成されたものではない。

【実施例】

【0026】

DBRの形成

II-VIおよびIII-Vエピタキシャル半導体材料の交互層を2対有する分布ブラッグ反射器(DBR)ミラーをInP基板上に成長させた。この結果得られる構造を図1に概略的に示しており、これはInP基板10、InAlAs緩衝層20、第1のCdZnSe層30、第1のInAlAs層40、第2のCdZnSe層50、第2のInAlAs層60、およびInGaAsキャップ層70を含む。CdZnSe層30および50とInAlAs層40および60とがDBR80を構成している。II-VI材料は、Clでn型にドーブした $Cd_{0.52}Zn_{0.48}Se$ であった。III-V材料は、Siでn型にドーブした $In_{0.52}Al_{0.48}As$ であった。

【0027】

このミラーは、 $1.55\mu m$ においてピーク反射率を有するように設計した。このため、InAlAs層およびCdZnSe層の厚さの公称値はそれぞれ $121nm$ および $156nm$ であった。

【0028】

使用した装置は、パーキンエルマー430(Perkin-Elmer 430)固体ソース分子線エピタキシー(MBE)システムであった。このシステムは、超高真空供給管によって接続された2つの成長チャンバーを含み、その一方はAs系III-V材料用に使用し、他方はII-VI材料用に使用した。超高真空パイプラインを介して、異なる層を適用するために2つのチャンバー間でウエハを行き来させた。

【0029】

(100)配向のn型にSをドーブしたInP基板を、As過圧下の565におけるIII-Vチャンバー内で脱酸素した。次に、Inエフュージョンセル、Alエフュージョンセル、およびAsパルブドクラッカーセルを蒸着源として使用して、540において厚さ $120nm$ のInAlAs緩衝層を成長させた。緩衝層の成長後、第1のCdZnSe層を成長させるため、ウエハをII-VIチャンバーに移動させた。この成長は、185において15分間Znを曝露することによって開始し、次に、マイグレーション・エンハンスド・エピタキシー(migration enhanced epitaxy)(MEE)によって、薄いClドーブCdZnSe層を200において成長させた。次に基板温度を270まで上昇させ、残りのClドーブCdZnSe層を厚さ $156nm$ まで成長させた。CdZnSeを成長させた後、この試料をIII-Vチャンバーに戻した。高温InAlAs成長中にCdZnSe層の構成要素の減少を軽減するために、厚さ $5nm$ のSiドーブInAlAsキャッピング層を300において成長させた。次に、残りの $121nm$ の厚さのSiドーブInAlAs層を540において成長させることで、第1のCdZnSe/InAlAsミラー対を形成した。第1の対と同じ成長条件下で第2のミラー対を成長させた。最後に、Siでn型にドーブした $In_{0.53}Ga_{0.47}As$ で構成される厚さ $5nm$ のn-InGaAsキャップ層をこの構造の上部に成長させた

。

【0030】

X線回折

ビード・サイエンティフィックQC1 (Bede scientific QC1) 二結晶回折計を使用して較正試料に対してX線回折 (XRD) を行って、InP基板上のInAlAs層およびCdZnSe層の組成が格子整合していることを確認した。InP基板上のCdZnSe、およびInP基板上のInAlAsの2つの別々の較正試料を成長させた。

【0031】

SEM

上述のように作製したDBRミラーを横に切断し、日立S4700 (Hitachi S4700) 走査型電子顕微鏡 (SEM) 下で検査した。図2は、その試料の走査型電子顕微鏡写真である。この顕微鏡写真は、InP基板10、InAlAs緩衝層20、第1のCdZnSe層30、第1のInAlAs層40、第2のCdZnSe層50、第2のInAlAs層60、およびInGaAsキャップ層70を示している。この顕微鏡写真は、CdZnSe層およびInAlAs層の厚さ値がそれぞれ約142nmおよび116nmであることを示しており、意図した値よりも幾分薄くなっている。

【0032】

反射率

パーキンエルマー・ラムダ900UV/VIS/NIR (Perkin-Elmer Lambda 900 UV/VIS/NIR) 分光計を使用して、上述のように作製したDBRミラーの反射率を測定した。得られたデータを図3の線Aに示している。2対のCdZnSe/InAlAsのDBRミラーの場合、1.45 μ mにおけるピーク反射率は66%であった。ミラー反射率は、SEMから求めた厚さ値を使用して伝達行列の計算に基づいてシミュレートした (伝達行列の計算に関する詳細は：テオドール・タミール (Theodor Tamir) (編著)、「導波光電子工学」 (Guided-Wave Optoelectronics)、第2版 (2nd Edition)、シュプリンガー・フェアラーク (Springer-Verlag) を参照されたい)。図3から明らかなように、シミュレートした曲線 (図3、線B) は実験データによく一致している。図3は、2対のInGaAsP/InP (線C) および2対のAlGaAsSb/AlAsSbのDBR (線D) の2つの比較例のIII-V/III-VのDBRについて、波長の関数としてシミュレートした反射率も示している。2対のAlGaAsSb/AlAsSbのDBRミラーの場合の反射率はわずか46%であり、2対のInGaAsP/InPミラーの場合で40%である。本発明によるDBRは、同等の厚さの現在使用されている長波長DBRよりも大きく改善された反射率を示している。このデータを外挿すると、15以下の層対で95%の反射率を有するDBRを実現できることが分かる。

【0033】

本発明の範囲および原理から逸脱しない本発明の種々の修正および変更は当業者には明らかとなるであろうし、以上に記載した例示的实施形態に本発明が不当に限定されるものではないことを理解されたい。

【図面の簡単な説明】

【0034】

【図1】DBRである本発明による層状構造の概略図である。

【図2】本発明による層状構造の断面図の走査型電子顕微鏡写真である。

【図3】実施例に記載される本発明による2対のCdZnSe/InAlAsのDBR (線A) について測定した反射率対波長のグラフである。図3は、本発明による2対のCdZnSe/InAlAsのDBRについてシミュレートした反射率データも示している (線B)。図3は、2対のInGaAsP/InPのDBR (線C) および2対のAlGaAsSb/AlAsSbのDBR (線D) の2つの比較例のIII-V/III-VのDBRについてシミュレートした反射率データも示している。

10

20

30

40

50

【 図 1 】

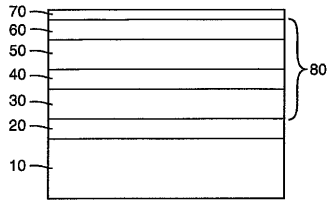


Fig. 1

【 図 2 】

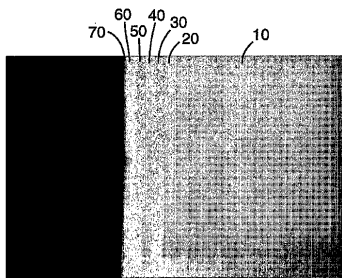


Fig. 2

【 図 3 】

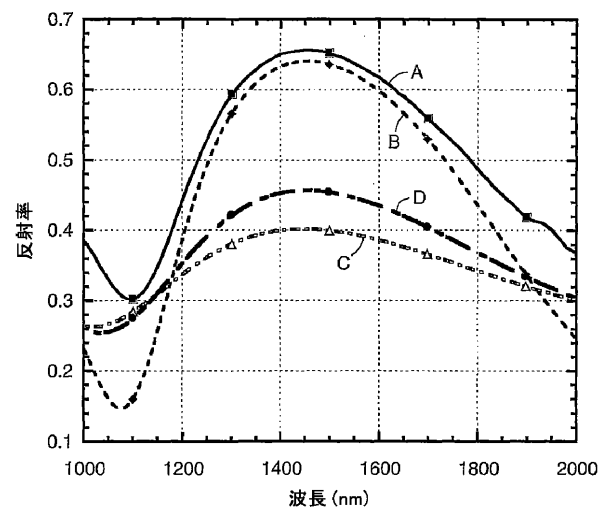


Fig. 3

【国際調査報告】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT		International Application No PCT/US2005/015009
A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER IPC 7 H01S5/183 H01L31/0248 H01L33/00		
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
B. FIELDS SEARCHED Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) IPC 7 H01S H01L G02F		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used) EPO-Internal, PAJ, WPI Data, INSPEC, IBM-TDB		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 2000, no. 06, 22 September 2000 (2000-09-22) -& JP 2000 089180 A (HITACHI LTD), 31 March 2000 (2000-03-31) abstract paragraphs '0011!', '0012!', '0023!', '0026!'; claim 5; figures 1a, 1b, 6	1-4, 8-13, 16, 17
X	US 5 732 103 A (RAMDANI ET AL) 24 March 1998 (1998-03-24) cited in the application column 2, line 34 - column 4, line 65; figure 1 ----- -/-	1-4, 8-14, 16, 17
<input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of box C. <input checked="" type="checkbox"/> Patent family members are listed in annex.		
* Special categories of cited documents: *A* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance *E* earlier document but published on or after the international filing date *L* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) *O* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means *P* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed *T* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention *X* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone *Y* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art. *&* document member of the same patent family		
Date of the actual completion of the international search 7 September 2005		Date of mailing of the international search report 22/09/2005
Name and mailing address of the ISA European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel: (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl, Fax: (+31-70) 340-3016		Authorized officer Riechel, S

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No
PCT/US2005/015009

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 5 544 193 A (DEVAUD-PLEDRAN ET AL) 6 August 1996 (1996-08-06)	18-21
A	column 2, line 32 - line 35 column 3, line 29 - column 4, line 29; figures 1,3	14
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 2003, no. 08, 6 August 2003 (2003-08-06) & JP 2003 124508 A (SHARP CORP), 25 April 2003 (2003-04-25) cited in the application abstract	1
A	XIAOMIN REN ET AL: "Key technologies for novel wavelength-selective photodetectors" OPTOELECTRONICS, PROCEEDINGS OF THE SIXTH CHINESE SYMPOSIUM SEPT. 12-14, 2003, PISCATAWAY, NJ, USA, IEEE, 12 September 2003 (2003-09-12), pages 54-57, XP010690383 ISBN: 0-7803-7887-3 page 55, right-hand column, paragraph 2 - page 56, left-hand column, paragraph 1; figure 4	17,21

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No
PCT/US2005/015009

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
JP 2000089180 A	31-03-2000	JP 2938445 B2	23-08-1999
US 5732103 A	24-03-1998	NONE	
US 5544193 A	06-08-1996	FR 2699337 A1	17-06-1994
		EP 0603069 A1	22-06-1994
		JP 6338660 A	06-12-1994
JP 2003124508 A	25-04-2003	NONE	

フロントページの続き

(81)指定国 AP(BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), EA(AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), EP(AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OA(BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG), AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW

(72)発明者 スン, シャオグアン

アメリカ合衆国, ミネソタ 5 5 1 3 3 - 3 4 2 7, セント ポール, ポスト オフィス ボックス 3 3 4 2 7, スリーエム センター

(72)発明者 ミラー, トーマス ジェイ.

アメリカ合衆国, ミネソタ 5 5 1 3 3 - 3 4 2 7, セント ポール, ポスト オフィス ボックス 3 3 4 2 7, スリーエム センター

(72)発明者 ハーゼ, マイケル エー.

アメリカ合衆国, ミネソタ 5 5 1 3 3 - 3 4 2 7, セント ポール, ポスト オフィス ボックス 3 3 4 2 7, スリーエム センター

Fターム(参考) 5F173 AC03 AC13 AG03

【要約の続き】

形態においては、この層状構造が1つ以上の分布ブラッグ反射器(DBR)を形成する。別の態様においては、本発明は、InP基板と、15層対以下のエピタキシャル半導体材料を含み95%以上の反射率を有する分布ブラッグ反射器(DBR)とを含む層状構造を提供する。別の態様においては、本発明は、本発明による層状構造を含むレーザーを提供する。別の態様においては、本発明は、本発明による層状構造を含む光検出器を提供する。