

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2007-184526

(P2007-184526A)

(43) 公開日 平成19年7月19日(2007.7.19)

(51) Int. Cl. F I テーマコード (参考)  
 H O 1 L 33/00 (2006.01) H O 1 L 33/00 A 5 F O 4 1

審査請求 未請求 請求項の数 4 O L (全 11 頁)

(21) 出願番号	特願2006-174999 (P2006-174999)	(71) 出願人	306037311 富士フイルム株式会社
(22) 出願日	平成18年6月26日 (2006.6.26)		東京都港区西麻布2丁目26番30号
(31) 優先権主張番号	特願2005-353149 (P2005-353149)	(74) 代理人	100073184 弁理士 柳田 征史
(32) 優先日	平成17年12月7日 (2005.12.7)	(74) 代理人	100090468 弁理士 佐久間 剛
(33) 優先権主張国	日本国 (JP)	(72) 発明者	森島 嘉克 神奈川県足柄上郡開成町宮台798番地 富士写真フイルム株式会社内
		Fターム(参考)	5F041 AA44 CA05 CA34 CA35 CA65 FF16

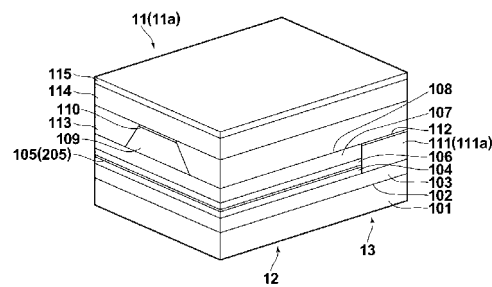
(54) 【発明の名称】 スーパールミネッセントダイオードおよびその製造方法

## (57) 【要約】

【課題】 中心波長0.95 μm以上かつ1.2 μm以下で、高出力で、歪みのないビーム断面形状を有するスーパールミネッセント光を射出可能で、かつ素子寿命が長いスーパールミネッセントダイオードを提供する。

【解決手段】 スーパールミネッセントダイオード11は、n型GaAs基板に形成され、0.95 μm以上かつ1.2 μm以下の中心波長で発光するInGaAs活性層105を有する光導波路12と、光導波路部12の後出射端面側に配置され、活性層材料よりもエネルギーギャップが大きくかつ屈折率が小さく、GaAs基板と格子整合するp型GaAsから形成されたウインドウ領域層111を有するウインドウ部13とから構成される。これにより、劣化のない0.95 μm以上かつ1.2 μm以下の中心波長で発光するInGaAs活性層105と良好な結晶膜質を有するp型GaAsウインドウ領域層111が得られる。

【選択図】 図1



**【特許請求の範囲】****【請求項 1】**

第 1 の導電性を有する GaAs 基板に形成され、 $0.95\ \mu\text{m}$  以上かつ  $1.2\ \mu\text{m}$  以下の中心波長で発光する、InGaAs 活性層または GaInNAs 活性層からなる光導波路と、

該光導波路の後出射端面側に配置され、前記活性層よりもエネルギーギャップが大きくかつ屈折率が小さく、前記第 1 の導電性とは逆の第 2 の導電性を有し、格子定数が GaAs の格子定数と  $\pm 0.1\%$  範囲内で格子整合する Al を含まない 2 元または 3 元の半導体材料からなるウインドウ領域層とを有することを特徴とするスーパーラミネセントダイオード。

**【請求項 2】**

前記ウインドウ領域層を形成する半導体層が GaAs からなることを特徴とする請求項 1 記載のスーパーラミネセントダイオード。 10

**【請求項 3】**

前記ウインドウ領域層を形成する半導体層が InGaP からなることを特徴とする請求項 1 または 2 記載のスーパーラミネセントダイオード。

**【請求項 4】**

第 1 の導電性を有する GaAs 基板に形成され、 $0.95\ \mu\text{m}$  以上かつ  $1.2\ \mu\text{m}$  以下の中心波長で発光する、InGaAs 活性層または GaInNAs 活性層からなる光導波路と、該光導波路の後出射端面側に配置され、前記活性層よりもエネルギーギャップが大きくかつ屈折率が小さく、前記第 1 の導電性とは逆の第 2 の導電性を有し、格子定数が GaAs の格子定数と  $\pm 0.1\%$  範囲内で格子整合する Al を含まない 2 元または 3 元の半導体層からなるウインドウ領域層とを有するスーパーラミネセントダイオードの製造方法であって、 20

前記 InGaAs 活性層または GaInNAs 活性層を形成後の工程は、 $650$  以下の環境下で行われることを特徴とするスーパーラミネセントダイオードの製造方法。

**【発明の詳細な説明】****【技術分野】****【0001】**

本発明は、 $0.95\ \mu\text{m}$  以上かつ  $1.2\ \mu\text{m}$  以下の中心波長で発光するスーパーラミネセントダイオードに関し、特にウインドウ領域層を有するスーパーラミネセントダイオードおよびその製造方法に関する。

**【背景技術】****【0002】**

スーパーラミネセントダイオードは、発光ダイオード同様に低コヒーレントで広帯域なスペクトル形状を有する光を発し、かつ半導体レーザ同様に数十 mW 程度までの指向性の高い光を発することが可能な半導体光素子である。このスーパーラミネセントダイオードの基本的な構造は、半導体レーザと類似するものであり、半導体レーザと異なる点は、レーザ発振を抑制する構造を有していることである。

**【0003】**

レーザ発振を抑制するためには端面における光反射率を抑制する必要がある、その方法として(1)光反射防止(AR)膜、(2)斜め光導波路構造、(3)端面非励起構造、(4)端面ウインドウ構造、などが知られている。(1)の光反射防止(AR)膜構造は作成容易ではあるが、レーザ発振し易く、高出力が得られにくいという欠点がある。(2)の斜め光導波路構造は光導波路を光導波路端面から僅かに傾けることにより発振を抑制する方法で、作製は比較的容易でレーザ発振抑制効果も高い。しかし光線の出射方向が傾斜するので、ビーム断面の形状が歪み、またファイバ等との結合損失が大きくなるという欠点がある。(3)の端面非励起構造は、光導波路上に非励起層を備え発光層からの光を吸収して発振を抑制する方法である。作製容易だが光吸収により熱が生じ易く、素子寿命が短いという欠点がある。 40

**【0004】**

(4)の端面ウインドウ構造は、埋め込み成長により光導波路の光射出端ではない端面側にウインドウ領域を設け、光を拡散させて発振を抑制する方法である。ウインドウ領域を形成するために、埋め込み成長が必要なため、作製上の困難さは増えるが、素子の特性は 50

最も良好になる。なお、ウインドウ領域にあたる部分は、活性層の材料よりエネルギーギャップが大きく、屈折率が低い材料で埋め込む必要がある。たとえば特許文献1に記載されている、GaAs基板を有するスーパールミネッセントダイオードにおいては、活性層の材料としては $Al_x Ga_{1-x} As$ が用いられ、ウインドウ領域の材料としては $Al_y Ga_{1-y} As$  ( $x < y$ ) が用いられている。

【特許文献1】特開平5-243608号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

近年光による医学診断等の研究が進められ、生体に対する光診断には、スペクトル半値幅が広く低コヒーレンス光が有効であること知られている。特に、中心波長 $0.95\mu m \sim 1.2\mu m$ の帯域の低コヒーレンス光は、生体の主な構成物質である水における吸収の影響を受けにくく、光診断用の低コヒーレンス光として好ましい。このような低コヒーレンス光を発する光源としては、従来は、チタンサファイアレーザー等が使用されているが、このようなレーザー装置は、高価で取り扱いが困難なものが多い。

【0006】

一方、中心波長 $0.95\mu m \sim 1.2\mu m$ の低コヒーレンス光を発するスーパールミネッセントダイオードも既に知られてはいるが、これは斜め光導波路構造を有するものであり、前述のように、ビーム断面の形状が歪んでいるため光診断用の光源としては好ましい物ではないという問題がある。

【0007】

本発明者は、歪みのないビーム断面形状を有するスーパールミネッセント光を射出可能なスーパールミネッセントダイオードを実現するために、光導波路の端面にウインドウ構造を設けたスーパールミネッセントダイオードに着目し、試作を開始したが、従来知られているスーパールミネッセントダイオードの構成では望ましい素子寿命が得られないという問題があった。

【0008】

本発明は上記問題に鑑みてなされたものであり、中心波長 $0.95\mu m$ 以上かつ $1.2\mu m$ 以下で、歪みのないスーパールミネッセント光を射出可能で、かつ素子寿命が長いスーパールミネッセントダイオードを提供することを目的とするものである。またこのようなスーパールミネッセントダイオードの製造方法を提供することを目的とするものである。

【課題を解決するための手段】

【0009】

本発明のスーパールミネッセントダイオードは、第1の導電性を有するGaAs基板に形成され、 $0.95\mu m$ 以上かつ $1.2\mu m$ 以下の中心波長で発光する、InGaAs活性層またはGaInNAs活性層からなる光導波路と、

該光導波路の後出射端面側に配置され、前記活性層よりもエネルギーギャップが大きくかつ屈折率が小さく、前記第1の導電性とは逆の第2の導電性を有し、格子定数がGaAsの格子定数と $\pm 0.1\%$ 範囲内で格子整合するAlを含まない2元または3元の半導体層からなるウインドウ領域層とを有することを特徴とするものである。

【0010】

前記ウインドウ領域層を形成する半導体層は、GaAsあるいはInGaPであってもよい。

【0011】

本発明のスーパールミネッセントダイオードの製造方法は、第1の導電性を有するGaAs基板に形成され、 $0.95\mu m$ 以上かつ $1.2\mu m$ 以下の中心波長で発光する、InGaAs活性層またはGaInNAs活性層からなる光導波路と、該光導波路の後出射端面側に配置され、前記活性層よりもエネルギーギャップが大きくかつ屈折率が小さく、前記第1の導電性とは逆の第2の導電性を有し、格子定数がGaAsの格子定数と $\pm 0.1\%$ 範囲内で格子整合するAlを含まない2元または3元の半導体層からなるウインドウ領域層とを有するスーパール

ミネッセントダイオードの製造方法であって、

前記InGaAs活性層またはGaInNAs活性層を形成後の工程は、650 以下の環境下で行われることを特徴とするものである。

【発明の効果】

【0012】

従来から、光導波路の端面にウインドウ領域層を設けたスーパーミネッセントダイオードのウインドウ領域層を形成する半導体層の材料の必須条件として、活性層よりエネルギーギャップが大きくかつ屈折率が小さいことが知られている。例えば活性層の材料としてInGaAsまたはGaInNAsが用いられる場合であれば、ウインドウ領域層の材料としては活性層材料よりIn比の小さいInGaAsやAlGaAs等が使用される。

10

【0013】

しかしながら、本発明者は、実験により、従来知られているウインドウ領域層の材料の条件に加え、考慮せねばならない重要な条件がいくつかあることを発見した。

【0014】

まず、中心波長0.95 μm以上かつ1.2 μm以下のSL光を得るために、活性層の材料としてInGaAs活性層またはGaInNAs活性層を用いる場合、これらの活性層は650以上の温度では劣化してしまうため、活性層を形成した後の工程は、650 以下の環境下で行うことが好ましい。上記のように、ウインドウ構造を有するスーパーミネッセントダイオードでは、ウインドウを形成する材料としてAlGaAsがしばしば使用される。しかしながら、Alを含む材料から半導体層を形成する場合には、高温環境下で形成することが好ましいことが知られている。これは、環境温度が低い場合には、酸素が多く取り込まれるためである(F. Bugge et al J. Crystal Growth Vol.272(2004) P531-537)。

20

【0015】

実験により、ウインドウ領域層を、650 以下の温度でAlを含む材料、例えばAlGaAsで作製した場合、ウインドウ領域層に酸素が多く取り込まれ、これにより非発光再結合中心の増加が起こって、熱の発生が起きて、望ましい素子寿命を得ることが困難であることがわかった。

【0016】

また通常、活性層は100 前後の厚さであるが、ウインドウ領域層は数百nm以上の厚さの膜を成長させる必要がある。実験により、GaAs基板に対し格子整合しない材料によりウインドウ領域層用の膜を成長させる際には、結晶膜質が劣化し、望ましい素子寿命を得ることが困難であることがわかった。例えば、In組成が活性層を形成するInGaAsよりも少ないInGaAsを用いてウインドウ領域層を形成した場合には、InGaAsはGaAs基板に対し格子整合しないため、良好な結晶膜質のInGaAs層が形成されず、望ましい素子寿命は得られなかった。

30

【0017】

また、GaAs基板と格子整合し、かつ活性層、例えばInGaAs層よりエネルギーギャップの大きい材料としてはInGaAsPがある。しかしながら、実験によりこのような4元の半導体材料を、ウインドウ領域層のような様々な結晶面に対し積層させる層の材料として用いると、4元材料比のバランスが崩れ易く結晶膜質が劣化することがわかった。また650 以下の環境温度下で成長させると、ヒロックの増加や結晶膜質の劣化が起こり、さらに素子の信頼性を低下させることがわかった。

40

【0018】

本発明のスーパーミネッセントダイオードは、第1の導電性を有するGaAs基板に形成され、0.95 μm以上かつ1.2 μm以下の中心波長で発光する、InGaAs活性層またはGaInNAs活性層からなる光導波路と、該光導波路の後出射端面側に配置され、前記活性層よりもエネルギーギャップが大きくかつ屈折率が小さく、前記第1の導電性とは逆の第2の導電性を有し、格子定数がGaAsの格子定数と±0.1%範囲内で格子整合するAlを含まない2元または3元の半導体層、例えばGaAsまたはInGaP等からなるウインドウ領域層とを有するため、良好な結晶膜質を有するウインドウ領域層が実現できるので、歪みのないビ

50

ーム断面形状を有するスーパールミネッセント光を射出可能で、かつ素子寿命が長いスーパールミネッセントダイオードを提供することができる。

【0019】

また、本発明のスーパールミネッセントダイオードの製造方法は、第1の導電性を有するGaAs基板に形成され、 $0.95\ \mu\text{m}$ 以上かつ $1.2\ \mu\text{m}$ 以下の中心波長で発光するInGaAs活性層またはGaInNAs活性層からなる光導波路と、

該光導波路の後出射端面側に配置され、前記活性層よりもエネルギーギャップが大きくかつ屈折率が小さく、前記第1の導電性とは逆の第2の導電性を有し、格子定数がGaAsの格子定数と $\pm 0.1\%$ 範囲内で格子整合するAlを含まない2元または3元の半導体層からなるウインドウ領域層とを有するスーパールミネッセントダイオードの製造方法であって、前記InGaAs活性層またはGaInNAs活性層を形成後の工程は、650以下の環境下で行われるため、InGaAs活性層またはGaInNAs活性層が劣化することなく、かつウインドウ領域層の結晶膜質が向上するので、歪のないスーパールミネッセント光が射出可能で、かつ素子寿命が長いスーパールミネッセントダイオードを製造することができる。

10

【発明を実施するための最良の形態】

【0020】

以下、本発明の具体的な実施の形態について図面を用いて説明する。まず、本発明の第1の具体的な実施の形態であるSBR (Selective Buried Ridge)構造を有するスーパールミネッセントダイオードについて図1～図3を用いて説明する。

【0021】

図1は有機金属気相成長(MOCVD)法を用いて結晶成長を行って作成したSBR構造を有するスーパールミネッセントダイオード11の構造断面図を示したものである。有機金属気相成長(MOCVD)法の原料ガスとしては、TEG(トリエチルガリウム)、TMA(トリメチルアルミニウム)、TMI(トリメチルインジウム)、 $\text{AsH}_3$ (アルシン)、 $\text{PH}_3$ (ホスフィン)等を用いている。また、ドーパントとしては、 $\text{SiH}_4$ (シラン)、DEZ(ジエチル亜鉛)を用いている。

20

【0022】

図1に示すように、スーパールミネッセントダイオード11は、光導波路部12と、該光導波路部12の光出射端と反対側に設けられたウインドウ部13とから構成されている。光導波路部12は、p型GaAsエッチングストップ層108上に形成されたリッジ形状のp型 $\text{In}_{0.49}\text{Ga}_{0.51}\text{P}$ 上部第2クラッド層109を光ガイドとするSBR構造を有している。

30

【0023】

スーパールミネッセントダイオード11は、n型GaAs基板101上に、n型GaAsバッファ層102およびn型 $\text{In}_{0.49}\text{Ga}_{0.51}\text{P}$ 下部クラッド層103が順に積層されている。光導波路部12では、n型 $\text{In}_{0.49}\text{Ga}_{0.51}\text{P}$ 下部クラッド層103の上に、更にノンドープGaAs下部光ガイド層104、InGaAs多重量子井戸活性層105、ノンドープGaAs上部光ガイド層106、p型 $\text{In}_{0.49}\text{Ga}_{0.51}\text{P}$ 上部第1クラッド層107、p型GaAsエッチングストップ層108が順に積層されている。なお、InGaAs多重量子井戸活性層105の材料としては、In比 $X>0.3$ の $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$ が用いられている。

【0024】

p型GaAsエッチングストップ層108上には、リッジ形状のp型 $\text{In}_{0.49}\text{Ga}_{0.51}\text{P}$ 上部第2クラッド層109が形成されている。このリッジ(p型 $\text{In}_{0.49}\text{Ga}_{0.51}\text{P}$ 上部第2クラッド層109)の側面にはn- $\text{In}_{0.49}(\text{Al}_{0.12}\text{Ga}_{0.88})_{0.51}\text{P}$ 電流ブロック層113が形成され、さらにリッジおよびn- $\text{In}_{0.49}(\text{Al}_{0.12}\text{Ga}_{0.88})_{0.51}\text{P}$ 電流ブロック層113の上にはp型GaAsキャップ層( $0.1\ \mu\text{m}$ 厚、キャリア濃度 $7.0 \times 10^{17}\ \text{cm}^{-3}$ )110、p型 $\text{In}_{0.49}(\text{Al}_{0.12}\text{Ga}_{0.88})_{0.51}\text{P}$ 上部第3クラッド層114およびp-GaAsコンタクト層115が形成されている。

40

【0025】

ウインドウ部13では、n型 $\text{In}_{0.49}\text{Ga}_{0.51}\text{P}$ 下部クラッド層103の上に、p型GaAsウインドウ領域層111、ウインドウ領域層用エッチングストップ $\text{In}_{0.49}\text{Ga}_{0.51}\text{P}$ 層112、n- $\text{In}_{0.49}(\text{Al}_{0.12}\text{Ga}_{0.88})_{0.51}\text{P}$ 電流ブロック層113、p型 $\text{In}_{0.49}(\text{Al}_{0.12}\text{Ga}_{0.88})_{0.51}\text{P}$ 上部第3クラッド層114およびp-GaAsコンタクト層115が、順に積層されている。

【0026】

50

このような構成を有するスーパーミネッセントダイオード11では、InGaAs多重量子井戸活性層105中をウインドウ部13側へ導光してきた光は、p型GaAsウインドウ領域層111の中に放射されて、拡散する。このため、レーザ発振が抑制され、スペクトル半値幅の広いSL(スーパーミネッセント)光が、光射出端から射出される。スーパーミネッセントダイオード11からは、中心波長1.102 $\mu\text{m}$ 、半値幅55nm、30mWのSL光が射出される。

#### 【0027】

次に図2および図3を用いて、具体的なスーパーミネッセントダイオード11の作製方法について説明する。n型GaAs基板101上に、MOCVD法により成長温度685、成長気圧10.3kPaの条件下にてn型GaAsパuffers層(0.05 $\mu\text{m}$ 厚キャリア濃度 $7.0 \times 10^{17} \text{cm}^{-3}$ )102、n型 $\text{In}_{0.49}\text{Ga}_{0.51}\text{P}$ 下部クラッド層(2.0 $\mu\text{m}$ 厚キャリア濃度 $7.0 \times 10^{17} \text{cm}^{-3}$ )103を積層し、その後、成長温度を600に下げてノンドープGaAs下部光ガイド層(0.034 $\mu\text{m}$ 厚)104、高いIn組成InGaAs多重量子井戸活性層105、ノンドープGaAs上部光ガイド層(0.034 $\mu\text{m}$ 厚)106、p型 $\text{In}_{0.49}\text{Ga}_{0.51}\text{P}$ 上部第1クラッド層(0.2 $\mu\text{m}$ 厚、キャリア濃度 $7.0 \times 10^{17} \text{cm}^{-3}$ )107、p型GaAsエッチングストップ層(10nm厚、キャリア濃度 $7.0 \times 10^{17} \text{cm}^{-3}$ )108、p型 $\text{In}_{0.49}\text{Ga}_{0.51}\text{P}$ 上部第2クラッド層(0.5 $\mu\text{m}$ 厚、キャリア濃度 $7.0 \times 10^{17} \text{cm}^{-3}$ )109およびp型GaAsキャップ層(0.1 $\mu\text{m}$ 厚、キャリア濃度 $7.0 \times 10^{17} \text{cm}^{-3}$ )110をこの順で1回目の成長により積層配置する(図2(A))。

#### 【0028】

次に、p型GaAsキャップ層110の上で、光導波路12を形成する部分に、選択成長用の誘電体マスクとなる $\text{SiO}_2$ 誘電体膜を形成して、この $\text{SiO}_2$ 誘電体膜をマスクとしてInGaAs活性層105およびノンドープGaAs下部光ガイド層104が除去されるまでエッチングし、ウインドウ領域層を形成するための空間を作成する。(図2(B))。

#### 【0029】

次に、選択成長法により、 $\text{SiO}_2$ 誘電体膜が形成されていない部分、すなわちウインドウ部13となる部分に、MOCVD法によりp型GaAsウインドウ領域層(0.3 $\mu\text{m}$ )111、ウインドウ領域層用エッチングストップ $\text{In}_{0.49}\text{Ga}_{0.51}\text{P}$ 層(20nm)112を成長温度600で、2回目の結晶成長により形成する(図2(C))。

#### 【0030】

次にストライプ状に選択成長用の誘電体マスクとなる $\text{SiO}_2$ 誘電体膜を形成し、この $\text{SiO}_2$ 誘電体膜をマスクとして、p型GaAsキャップ層110、p型 $\text{In}_{0.49}\text{Ga}_{0.51}\text{P}$ 上部第2クラッド層109をエッチングして、メサストライプ状のリッジ構造を下端の幅が3 $\mu\text{m}$ になるように形成する(図3(A))。その後、選択成長法により、p型GaAsエッチングストップ層108、p型GaAsウインドウ領域層111の上でかつストライプ状の $\text{SiO}_2$ 誘電体膜の上を除く部分にn- $\text{In}_{0.49}(\text{Al}_{0.12}\text{Ga}_{0.88})_{0.51}\text{P}$ 電流ブロック層(0.5 $\mu\text{m}$ 厚、キャリア濃度 $1.0 \times 10^{18} \text{cm}^{-3}$ )113を成長温度600で3回目の結晶成長により形成する(図3(B))。

#### 【0031】

さらに、前記ストライプ状の誘電体膜を除去し、その後全面に対してp型 $\text{In}_{0.49}(\text{Al}_{0.12}\text{Ga}_{0.88})_{0.51}\text{P}$ 上部第3クラッド層(1.3 $\mu\text{m}$ 厚、キャリア濃度 $7.0 \times 10^{17} \text{cm}^{-3}$ )114、p-GaAsコンタクト層(0.5 $\mu\text{m}$ 厚、キャリア濃度 $1.0 \times 10^{19} \text{cm}^{-3}$ )115を成長温度600で4回目の結晶成長により形成する(図3(C))。その後全体の厚みが100 $\mu\text{m}$ 程度になるまで基板の研磨を行い、n側電極を基板裏面に、p側電極をコンタクト層上に蒸着および熱処理により形成する。そして、光導波路長0.7mm、ウインドウ領域層0.5mmになるようにスーパーミネッセントダイオードパ-を劈開により切り出し、光導波路面へAR膜(素子自体からの発光波長に対して0.5%以下の反射率)のコ-ティングを行い、スーパーミネッセントダイオードチップを形成する。このスーパーミネッセントダイオードチップは、放熱効果を高めるため発光部のあるpn接合部を下にしてヒートシンクに実装され、スーパーミネッセントダイオード素子が形成される。

#### 【0032】

このように作製したスーパーミネッセントダイオード11を発光させたところ、30m 50

Wの出力で、波長1.102 $\mu$ m、半値幅55nmであった。素子寿命を評価するため室温で連続駆動したところ、出力が初期の90%になったのは約6000時間経過後であった。

【0033】

一方、ウインドウ領域層を $\text{In}_{0.15}\text{Ga}_{0.85}\text{As}$ 、 $\text{In}_{0.1}\text{Ga}_{0.9}\text{As}$ 、 $\text{Al}_{0.05}\text{Ga}_{0.95}\text{As}$ 、 $\text{Al}_{0.1}\text{Ga}_{0.9}\text{As}$ で作製したところ、これらのうちで最も長寿命の $\text{Al}_{0.05}\text{Ga}_{0.95}\text{As}$ を用いたものでも、約2000時間で、出力が初期の90%以下に低下した。

【0034】

以上の説明で明らかなように、本発明の第1の実施の形態であるSBR構造を有するスーパーミネッセントダイオード11は、InGaAs多重量子井戸活性層105よりもエネルギーギャップが大きくかつ屈折率が小さく、格子定数がGaAsの格子定数と $\pm 0.1\%$ 範囲内で格子整合し、Alを含まないp型GaAsによりウインドウ領域層111を形成するため、劣化のないInGaAs活性層105と良好な結晶膜質を有するウインドウ領域層111とを実現させているので、素子寿命が長く、かつ高出力で歪みのないビーム断面形状を有するスーパーミネッセント光を射出することができる。

10

【0035】

また、スーパーミネッセントダイオード11は、InGaAs多重量子井戸活性層105が形成された後は、650より高い温度環境下には曝されていないため、InGaAs多重量子井戸活性層105が劣化することがないので、高出力を長時間維持することができる。

【0036】

また、本発明者は、p型GaAsの代わりにp型 $\text{In}_{0.49}\text{Ga}_{0.51}\text{P}$ を用いたウインドウ領域層111aを有するスーパーミネッセントダイオード11aを作製した。p型 $\text{In}_{0.49}\text{Ga}_{0.51}\text{P}$ も、InGaAs多重量子井戸活性層105よりもエネルギーギャップが大きくかつ屈折率が小さく、格子定数がGaAsの格子定数と $\pm 0.1\%$ 範囲内で格子整合し、Alを含まない半導体材料である。このスーパーミネッセントダイオード11aを発光させたところ、30mWの出力で、波長1.102 $\mu$ m、半値幅55nmであった。素子寿命を評価するため室温で連続駆動したところ、出力が初期の90%になったのは約5000時間経過後であった。

20

【0037】

なお、本実施の形態においては、多重量子井戸活性層としてInGaAs多重量子井戸活性層105を用いたが、該InGaAs多重量子井戸活性層105の代わりに、GAlnAs多重量子井戸活性層205を用いてもよい。井戸幅5nm、In組成0.28、N組成0.05のGAlnAs多重量子井戸活性層205を有するスーパーミネッセントダイオードを作成し、このスーパーミネッセントダイオードを発光させたところ、30mWの出力で、波長1.102 $\mu$ m、半値幅55nmであった。素子寿命を評価するため室温で連続駆動したところ、出力が初期の90%になったのは約16000時間経過後であった。このように多重量子井戸活性層として、GAlnAs多重量子井戸活性層205を用いることにより、歪みのないスーパーミネッセント光を射出可能で、かつより素子寿命が長いスーパーミネッセントダイオードを実現することができる。

30

【0038】

次に、本発明の第2の具体的な実施の形態である内部ストライプ構造を有するスーパーミネッセントダイオード14について図4～図6を用いて説明する。図4は有機金属気相成長(MOCVD)法を用いて結晶成長を行って作成したスーパーミネッセントダイオード14の構造断面図を示したものであり、図5および図6は製造工程図である。

40

【0039】

図4に示すように、スーパーミネッセントダイオード14は、光導波路部15と、該光導波路部15の光出射端と反対側に設けられたウインドウ部16とから構成されている。光導波路部15は、p型GaAsエッチングストップ層108上に形成された幅3mmのストライプ構造により電流の流れが狭窄される内部ストライプ構造を有している。

【0040】

以下に図5および図6を用いて、具体的なスーパーミネッセントダイオード11の作製方法について説明する。n型GaAs基板1上に、MOCVD法により成長温度685、成長温度10.3

50

kPaの条件下にてn型GaAsバッファ層(0.1 $\mu$ m厚キャリア濃度 $7.0 \times 10^{17} \text{cm}^{-3}$ )102、n型 $\text{In}_{0.49}\text{Ga}_{0.51}\text{P}$ 下部クラッド層(2.0 $\mu$ m厚キャリア濃度 $7.0 \times 10^{17} \text{cm}^{-3}$ )103、成長温度を600 に下げてノンドープGaAs下部光ガイド層(0.1 $\mu$ m厚)104、InGaAs多重量子井戸活性層(1.1 $\mu$ m発光)105、ノンドープGaAs上部光ガイド層(0.1 $\mu$ m厚)106、p型 $\text{In}_{0.49}\text{Ga}_{0.51}\text{P}$ 上部第1クラッド層(0.2 $\mu$ m厚、キャリア濃度 $7.0 \times 10^{17} \text{cm}^{-3}$ )107、p型GaAsエッチングストップ層(10nm厚、キャリア濃度 $7.0 \times 10^{17} \text{cm}^{-3}$ )108、n型 $\text{In}_{0.49}\text{Ga}_{0.51}\text{P}$ 電流ブロック層(0.5 $\mu$ m厚、キャリア濃度 $7.0 \times 10^{17} \text{cm}^{-3}$ )116およびp型GaAsキャップ層(0.1 $\mu$ m厚、キャリア濃度 $7.0 \times 10^{17} \text{cm}^{-3}$ )117をこの順で1回目の成長により積層配置する(図5(A))。

#### 【0041】

その上に選択成長用の誘電体マスクとなる $\text{SiO}_2$ 誘電体膜を形成して、この $\text{SiO}_2$ 誘電体膜をマスクとして、InGaAs活性層105およびノンドープGaAs下部光ガイド層104を除去するまでエッチングし、ウインドウ部を形成する(図5(B))。次に、選択成長法により、 $\text{SiO}_2$ 誘電体膜の形成されていない領域にMOCVD法によりp型GaAsウインドウ領域層(0.5 $\mu$ m)118、ウインドウ領域層用n型( $\text{Al}_{0.33}\text{Ga}_{0.67}$ ) $_{0.5}\text{As}$ 電流ブロック層(0.5 $\mu$ m厚、キャリア濃度 $7.0 \times 10^{17} \text{cm}^{-3}$ )119を成長温度600 で選択的に成長する(図5(C))。次にストライプ状の $\text{SiO}_2$ 誘電体膜を形成し、この $\text{SiO}_2$ 誘電体膜をマスクとして、p-GaAsキャップ層117、n型 $\text{In}_{0.49}\text{Ga}_{0.51}\text{P}$ 電流ブロック層116をエッチングし、下端の幅が3 $\mu$ mになる内部ストライプ構造を形成する(図6(A))。次に内部ストライプ及びウインドウ領域層の全面に対してp型( $\text{Al}_{0.33}\text{Ga}_{0.67}$ ) $_{0.5}\text{As}$ 上部第2クラッド層(1.7 $\mu$ m厚、キャリア濃度 $7.0 \times 10^{17} \text{cm}^{-3}$ )120、p-GaAsコンタクト層(0.5 $\mu$ m厚、キャリア濃度 $1.0 \times 10^{19} \text{cm}^{-3}$ )115を成長温度600 で3回目の結晶成長により形成する(図6(B))。その後全体の厚みが100 $\mu$ m程度になるまで基板の研磨を行い、最後にn側電極を基板裏面に、p側電極をコンタクト層115上に蒸着および熱処理により形成する。そして、光導波路長が0.7mm、ウインドウ領域層が0.5mmになるようにスーパーluminescentダイオードバ - を劈開により切り出し、ウインドウ領域層が形成されていない光導波路面へAR膜(素子自体からの発光波長に対して0.5%以下の反射率)のコ - ティングを行う。スーパーluminescentダイオード14は、放熱効果を高めるため発光部のあるpn接合部を下にしてヒートシンクに実装される。

#### 【0042】

このように作製したスーパーluminescentダイオード14を発光させたところ、30mWの出力で、波長1.095 $\mu$ m、半値幅45nmであった。素子寿命を評価するため室温で連続駆動したところ、出力が初期の90%になったのは約4500時間経過後であった。

#### 【0043】

一方、ウインドウ領域層118を $\text{In}_{0.15}\text{Ga}_{0.85}\text{As}$ 、 $\text{In}_{0.1}\text{Ga}_{0.9}\text{As}$ 、 $\text{Al}_{0.05}\text{Ga}_{0.95}\text{As}$ 、 $\text{Al}_{0.1}\text{Ga}_{0.9}\text{As}$ で作製したところ、これらのうちで最も長寿命の $\text{Al}_{0.05}\text{Ga}_{0.95}\text{As}$ を用いたものでも、約1200時間で、出力が初期の90%以下に低下した。

#### 【0044】

以上の説明で明らかのように、本発明の第2の実施の形態である内部ストライプ構造を有するスーパーluminescentダイオード14は、かつInGaAs多重量子井戸活性層105よりもエネルギーギャップが大きくかつ屈折率が小さく、格子定数がGaAsの格子定数と $\pm 0.1\%$ 範囲内で格子整合し、Alを含まないp型GaAsによりウインドウ領域層118を形成するため、劣化のないInGaAs活性層105と良好な結晶膜質を有するウインドウ領域層118とを実現させているので、素子寿命が長く、かつ高出力で歪みのないビーム断面形状を有するスーパーluminescent光を射出することができる。

#### 【0045】

また、スーパーluminescentダイオード14は、InGaAs多重量子井戸活性層105が形成された後は、650 より高い温度環境下には曝されていないため、InGaAs多重量子井戸活性層105が劣化することがないので、高出力を長時間維持することができる。

#### 【0046】

また、本発明者は、p型GaAsの代わりにp型 $\text{In}_{0.49}\text{Ga}_{0.51}\text{P}$ を用いたウインドウ領域層11

10

20

30

40

50



8aを有するスーパーミネッセントダイオード14aを作製した。このスーパーミネッセントダイオード14aを発光させたところ、30mWの出力で、波長1.092 $\mu$ m、半値幅62nmであった。素子寿命を評価するため室温で連続駆動したところ、出力が初期の90%になったのは約4000時間経過後であった。

【0047】

なお、発明者は、上記各実施の形態のスーパーミネッセントダイオードを、ノンドープGaAs上部光ガイド層(0.1 $\mu$ m厚)106より上部に位置する構造の成長を650、630、585、550、535、510の各温度で行って形成したが、GaAsまたはInGaPをウインドウ領域層の材料として用いた構造では、良好な特性が得られた。

【0048】

また、第1の実施の形態のスーパーミネッセントダイオードは、SBR構造を有するものであり、第2の実施の形態のスーパーミネッセントダイオードは、内部ストライプ構造を有するものであるが、スーパーミネッセントダイオードの構造はこれらの構造に限定されるものではない。他のインデックスガイド構造やゲインガイド構造を有するスーパーミネッセントダイオードであっても、ウインドウ構造を有するものであれば、本発明は適用可能である。

10

【0049】

なお、本実施の形態においても、多重量子井戸活性層としてInGaAs多重量子井戸活性層105の代わりに、GAlNAs多重量子井戸活性層205を用いることができ、歪みのないスーパーミネッセント光を射出可能で、かつより素子寿命が長いスーパーミネッセントダイオードを実現することができる。

20

【図面の簡単な説明】

【0050】

【図1】本発明による第1の実施の形態であるスーパーミネッセントダイオードの構造断面図

【図2】第1の実施の形態であるスーパーミネッセントダイオードの製造工程の説明図

【図3】第1の実施の形態であるスーパーミネッセントダイオードの製造工程の説明図

【図4】本発明による第2の実施の形態であるスーパーミネッセントダイオードの構造断面図

【図5】第2の実施の形態であるスーパーミネッセントダイオードの製造工程の説明図

30

【図6】第2の実施の形態であるスーパーミネッセントダイオードの製造工程の説明図

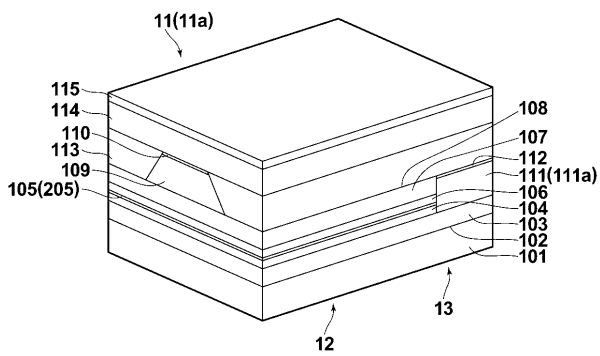
【符号の説明】

【0051】

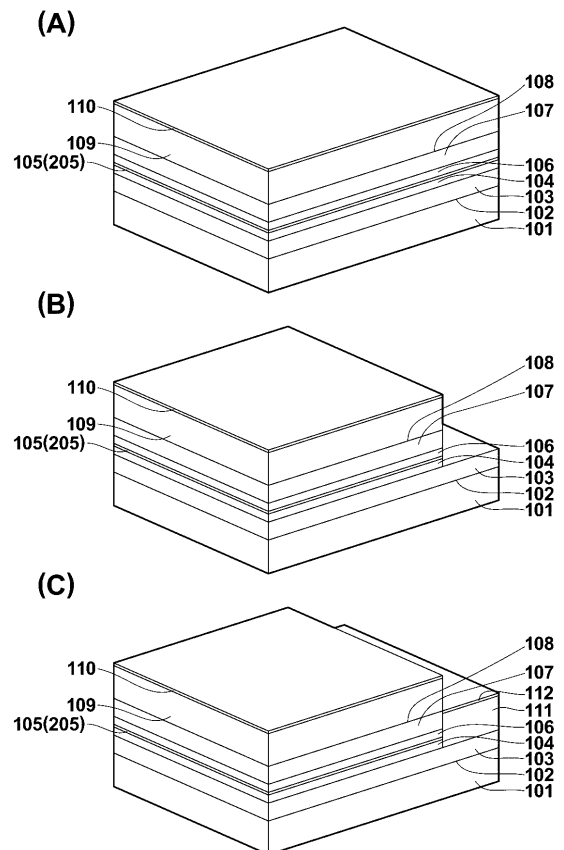
11,14	スーパーミネッセントダイオード	
12,15	光導波路部	
13,16	ウインドウ部	
101	n型GaAs基板上	
102	n型GaAsパツファ層	
103	n型In <sub>0.49</sub> Ga <sub>0.51</sub> P下部クラッド層	
104	ノンドープGaAs下部光ガイド層	40
105	InGaAs多重量子井戸活性層	
106	ノンドープGaAs上部光ガイド層	
107	p型In <sub>0.49</sub> Ga <sub>0.51</sub> P上部第1クラッド層	
108	p型GaAsエッチングストップ層	
109	p型In <sub>0.49</sub> Ga <sub>0.51</sub> P上部第2クラッド層	
110	p型GaAsキャップ層	
112	ウインドウ領域層用エッチングストップIn <sub>0.49</sub> Ga <sub>0.51</sub> P層	
111,118	p型GaAsウインドウ領域層	
113,119	n-In <sub>0.49</sub> (Al <sub>0.12</sub> Ga <sub>0.88</sub> ) <sub>0.51</sub> P電流ブロック層	
114	p型In <sub>0.49</sub> (Al <sub>0.12</sub> Ga <sub>0.88</sub> ) <sub>0.51</sub> P上部第3クラッド層	50

- 115 p-GaAsコンタクト層
- 116 n型  $\text{In}_{0.49}\text{Ga}_{0.51}\text{P}$ 電流ブロック層
- 117 p型GaAsキャップ層 ( $0.1\mu\text{m}$ 厚、キャリア濃度  $7.0 \times 10^{17}\text{cm}^{-3}$ )
- 120 p型  $(\text{Al}_{0.33}\text{Ga}_{0.67})_{0.5}\text{As}$ 上部第2クラッド層
- 205 GaInNAs多重量子井戸活性層

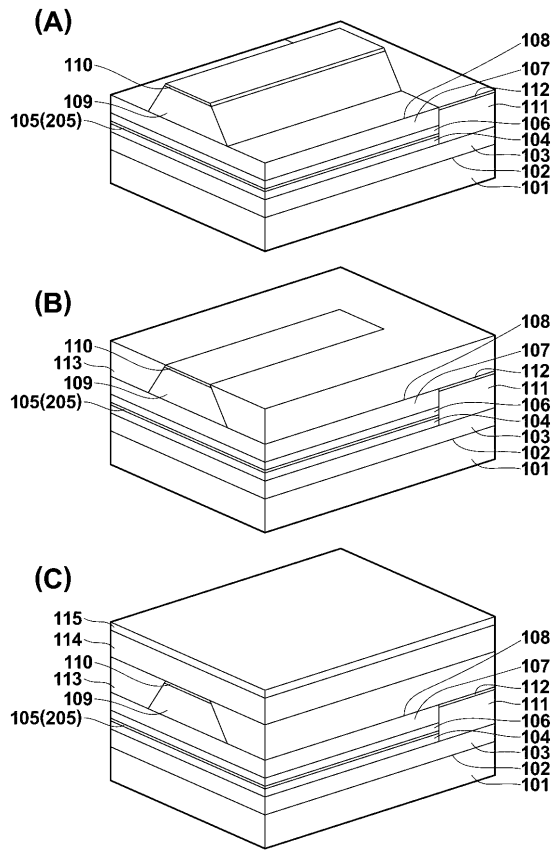
【図1】



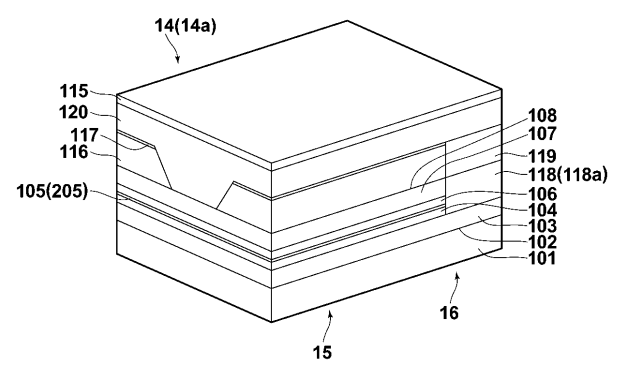
【図2】



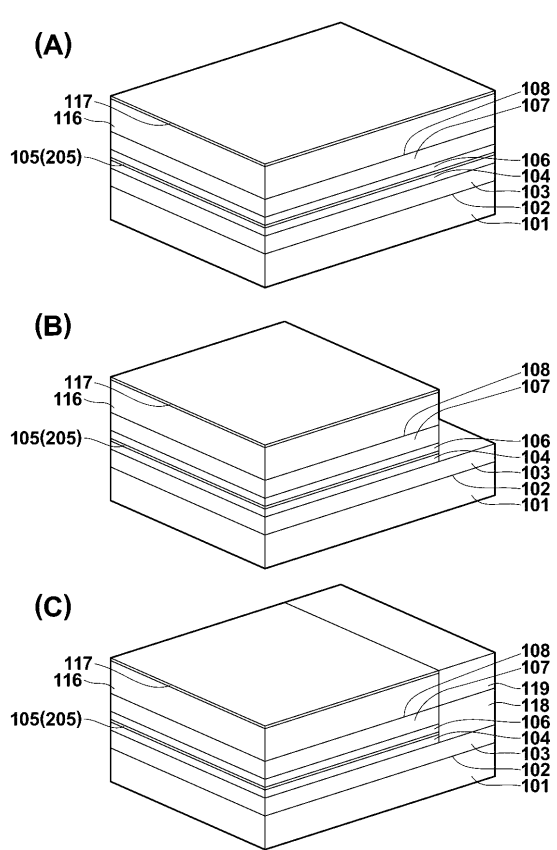
【 図 3 】



【 図 4 】



【 図 5 】



【 図 6 】

