

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第5223439号
(P5223439)

(45) 発行日 平成25年6月26日 (2013. 6. 26)

(24) 登録日 平成25年3月22日 (2013. 3. 22)

(51) Int. Cl. F I
 H O 1 S 5/227 (2006. 01) H O 1 S 5/227
 H O 1 S 5/343 (2006. 01) H O 1 S 5/343

請求項の数 4 (全 92 頁)

(21) 出願番号	特願2008-110540 (P2008-110540)	(73) 特許権者	000002185
(22) 出願日	平成20年4月21日 (2008. 4. 21)		ソニー株式会社
(65) 公開番号	特開2009-60078 (P2009-60078A)		東京都港区港南1丁目7番1号
(43) 公開日	平成21年3月19日 (2009. 3. 19)	(74) 代理人	100094363
審査請求日	平成23年4月13日 (2011. 4. 13)		弁理士 山本 孝久
(31) 優先権主張番号	特願2007-139963 (P2007-139963)	(74) 代理人	100118290
(32) 優先日	平成19年5月28日 (2007. 5. 28)		弁理士 吉井 正明
(33) 優先権主張国	日本国 (JP)	(72) 発明者	岡野 展賢
(31) 優先権主張番号	特願2007-202522 (P2007-202522)		東京都港区港南1丁目7番1号 ソニー株
(32) 優先日	平成19年8月3日 (2007. 8. 3)		式会社内
(33) 優先権主張国	日本国 (JP)	(72) 発明者	狩野 祥男
			宮城県白石市白鳥三丁目53番地の2 ソ
			ニー白石セミコンダクタ株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 半導体発光素子

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

(A) 第1導電型を有する第1化合物半導体層、活性層、及び、第2導電型を有する第2化合物半導体層が順次積層された積層構造体から構成された発光部、並びに、

(B) 発光部の側面に接して設けられた電流ブロック層、
を備えており、

電流ブロック層は、第1導電型を有する第3化合物半導体層、及び、第2導電型を有し、第3化合物半導体層に接した第4化合物半導体層から構成されており、

第1化合物半導体層、第2化合物半導体層、第3化合物半導体層及び第4化合物半導体層は、III-V族化合物半導体から成り、

第1化合物半導体層は、第1A化合物半導体層、及び、第1A化合物半導体層上に設けられ、活性層と接した第1B化合物半導体層から成り、

第2化合物半導体層は、活性層と接した第2B化合物半導体層、及び、第2B化合物半導体層上に設けられた第2A化合物半導体層から成り、

第1A化合物半導体層における不純物の置換サイトは、III族原子が占めるサイトであり、

第1B化合物半導体層における不純物の置換サイトは、V族原子が占めるサイトであり、

第2B化合物半導体層における不純物の置換サイトは、III族原子が占めるサイトであり、

10

20

第 2 A 化合物半導体層における不純物の置換サイトは、V 族原子が占めるサイトであり

、
第 3 化合物半導体層における不純物の置換サイト、及び、第 4 化合物半導体層における
不純物の置換サイトは、III 族原子が占めるサイトである半導体発光素子。

【請求項 2】

(A) 第 1 導電型を有する第 1 化合物半導体層、活性層、及び、第 2 導電型を有する第
2 化合物半導体層が順次積層された積層構造体から構成された発光部、並びに、

(B) 発光部の側面に接して設けられた電流ブロック層、
を備えており、

電流ブロック層は、第 1 導電型を有する第 3 化合物半導体層、及び、第 2 導電型を有し
、第 3 化合物半導体層に接した第 4 化合物半導体層から構成されており、

第 1 化合物半導体層、第 2 化合物半導体層、第 3 化合物半導体層及び第 4 化合物半導体
層は、III - V 族化合物半導体から成り、

第 1 化合物半導体層は、第 1 A 化合物半導体層、及び、第 1 A 化合物半導体層上に設け
られ、活性層と接した第 1 B 化合物半導体層から成り、

第 2 化合物半導体層は、活性層と接した第 2 B 化合物半導体層、及び、第 2 B 化合物半
導体層上に設けられた第 2 A 化合物半導体層から成り、

第 1 A 化合物半導体層における不純物の置換サイトは、III 族原子が占めるサイトで
あり、

第 1 B 化合物半導体層における不純物の置換サイトは、V 族原子が占めるサイトであり

、
第 2 B 化合物半導体層における不純物の置換サイトは、III 族原子が占めるサイトで
あり、

第 2 A 化合物半導体層における不純物の置換サイトは、V 族原子が占めるサイトであり

、
第 3 化合物半導体層における不純物の置換サイト、及び、第 4 化合物半導体層における
不純物の置換サイトは、V 族原子が占めるサイトである半導体発光素子。

【請求項 3】

(A) 第 1 導電型を有する第 1 化合物半導体層、活性層、及び、第 2 導電型を有する第
2 化合物半導体層が順次積層された積層構造体から構成された発光部、並びに、

(B) 発光部の側面に接して設けられた電流ブロック層、
を備えており、

電流ブロック層は、第 1 導電型を有する第 3 化合物半導体層、及び、第 2 導電型を有し
、第 3 化合物半導体層に接した第 4 化合物半導体層から構成されており、

第 1 化合物半導体層、第 2 化合物半導体層、第 3 化合物半導体層及び第 4 化合物半導体
層は、III - V 族化合物半導体から成り、

第 1 化合物半導体層は、第 1 A 化合物半導体層、及び、第 1 A 化合物半導体層上に設け
られ、活性層と接した第 1 B 化合物半導体層から成り、

第 2 化合物半導体層は、活性層と接した第 2 B 化合物半導体層、及び、第 2 B 化合物半
導体層上に設けられた第 2 A 化合物半導体層から成り、

第 1 A 化合物半導体層における不純物の置換サイトは、V 族原子が占めるサイトであり

、
第 1 B 化合物半導体層における不純物の置換サイトは、III 族原子が占めるサイトで
あり、

第 2 B 化合物半導体層における不純物の置換サイトは、V 族原子が占めるサイトであり

、
第 2 A 化合物半導体層における不純物の置換サイトは、III 族原子が占めるサイトで
あり、

第 3 化合物半導体層における不純物の置換サイト、及び、第 4 化合物半導体層における
不純物の置換サイトは、V 族原子が占めるサイトである半導体発光素子。

【請求項 4】

(A) 第 1 導電型を有する第 1 化合物半導体層、活性層、及び、第 2 導電型を有する第 2 化合物半導体層が順次積層された積層構造体から構成された発光部、並びに、

(B) 発光部の側面に接して設けられた電流ブロック層、
を備えており、

電流ブロック層は、第 1 導電型を有する第 3 化合物半導体層、及び、第 2 導電型を有し、第 3 化合物半導体層に接した第 4 化合物半導体層から構成されており、

第 1 化合物半導体層、第 2 化合物半導体層、第 3 化合物半導体層及び第 4 化合物半導体層は、III-V 族化合物半導体から成り、

第 1 化合物半導体層は、第 1 A 化合物半導体層、及び、第 1 A 化合物半導体層上に設けられ、活性層と接した第 1 B 化合物半導体層から成り、

第 2 化合物半導体層は、活性層と接した第 2 B 化合物半導体層、及び、第 2 B 化合物半導体層上に設けられた第 2 A 化合物半導体層から成り、

第 1 A 化合物半導体層における不純物の置換サイトは、V 族原子が占めるサイトであり、

第 1 B 化合物半導体層における不純物の置換サイトは、III 族原子が占めるサイトであり、

第 2 B 化合物半導体層における不純物の置換サイトは、V 族原子が占めるサイトであり、

第 2 A 化合物半導体層における不純物の置換サイトは、III 族原子が占めるサイトであり、

第 3 化合物半導体層における不純物の置換サイト、及び、第 4 化合物半導体層における不純物の置換サイトは、III 族原子が占めるサイトである半導体発光素子。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、半導体発光素子、より具体的には、発光部の横方向に電流狭窄のための電流ブロック層が設けられた半導体発光素子に関する。

【背景技術】

【0002】

低閾値電流 I_{th} を有する半導体レーザとして、1 回のエピタキシャル成長工程によって形成し得る SDH (Separated Double Hetero Junction) 構造を有する半導体レーザ (以下、SDH 型半導体レーザと呼ぶ) が、例えば、特許第 2 9 9 0 8 3 7 号から周知である。

【0003】

この SDH 型半導体レーザにおいては、先ず、主面として {100} 面を有する基板に、{110} A 面方向に延びる凸部を形成する。そして、この基板の主面上において結晶成長を行うと、凸部の {100} 面 (便宜上、凸部面と呼ぶ) の上に化合物半導体層の積層構造体から成る発光部が形成される。発光部は、例えば、第 1 導電型を有する第 1 化合物半導体層、活性層、及び、第 2 導電型を有する第 2 化合物半導体層が順次積層された積層構造体から構成されている。尚、凸部の延びる方向に対して垂直方向の仮想平面でこの発光部を切断したときの断面形状は三角形であり、発光部の側面 (斜面) は {111} B 面から構成されている。一般に、MOCVD 法 (MOVPE 法とも呼ばれる) においては、特殊な結晶成長条件を除けば、{111} B 面は非成長面として知られている。従って、SDH 型半導体レーザの場合、側面が {111} B 面である発光部が形成されると、その後、MOCVD を継続しても、発光部の結晶成長は「自己成長停止」が保持される。

【0004】

尚、結晶面の表記、

$(h\ k\ l)$ 面

$(h\ k\ \overline{l})$ 面

を、便宜上、本明細書においては、 $(h\ k\ l)$ 面、 $(h\ k\ -l)$ 面と表記し、以下に例示する方向の表記、

$[h\ k\ l]$ 方向

10

$[h\ k\ \overline{l}]$ 方向

を、便宜上、本明細書においては、 $[h\ k\ l]$ 方向、 $[h\ k\ -l]$ 方向と表記する。

【0005】

一方、凸部を除く基板の主面である $\{100\}$ 面の部分（便宜上、凹部面と呼ぶ）においては、非成長面が存在しないので、MOCVDを継続すると、やがて凹部面から結晶成長する化合物半導体層が、自己成長停止している発光部を完全に埋め尽くすようになる。凹部面から結晶成長した化合物半導体層は、第2化合物半導体層上に、電流ブロック層位置調整層、電流ブロック層、及び、埋込み層が順次形成された構造を有する。ここで、電流ブロック層位置調整層の厚さを制御することによって、凹部面から結晶成長する化合物半導体層が発光部を埋め尽くす前の途中段階で（特に、発光部に形成された活性層の両側面近傍に差し掛かったときに）、電流ブロック層を形成することにより、発光部の活性層のみに電流注入が可能な構造を形成することができる。

20

【0006】

このように、SDH型半導体レーザにおいては、1回の結晶成長工程に基づき各化合物半導体層を形成することができ、しかも、発光部内で活性層を上下で挟む化合物半導体層（第1化合物半導体層及び第2化合物半導体層）に用いる材料や、発光部の外側に位置する電流ブロック層や埋込み層、電流ブロック層位置調整層に用いる材料として、エネルギーバンドギャップが活性層よりも十分に高い材料、即ち、低屈折率の材料を選択することにより、光閉込めに好都合な化合物半導体層によって活性層を完全に囲むことが可能となる。そして、これによって、凸部の端面を光出射面として有する半導体レーザから出射されたビーム形状を、真円に近づけることができる。即ち、ファー・フィールド・パターン（Far Field Pattern, FFP）において、

30

//

を達成することができる。あるいは又、例えば、レンズとのカップリング効率等に依っては、半導体レーザから出射されたビーム形状を楕円とすることが求められる場合がある。このような場合には、例えば、凸部の端面付近の幅を拡げた、所謂フレア・ストライプ構造を採用することにより、FFPの//を小さく制御することができる。

40

【0007】

そして、以上に説明したSDH型半導体レーザにあっては、電流ブロック層の質（電流リーク抑制の程度）の向上が、非常に重要な技術的要素である。

【0008】

【特許文献1】特許第2990837号

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0009】

ところで、凹部面からの結晶成長によって得られる電流ブロック層は、発光部の側面から延びる $\{311\}$ B結晶面領域、基板の主面に沿って延びる $\{100\}$ 結晶面領域、及

50

び、 $\{311\}$ B 結晶面領域と $\{100\}$ 結晶面領域との間に位置する $\{h11\}$ B 結晶面領域（但し、 h は 4 以上の整数であり、便宜上、高次の結晶面領域と呼ぶ場合がある）から構成されている。そして、特に、 $\{h11\}$ B 結晶面領域、あるいは、係る領域の近傍において、電流ブロック層を構成する n 型化合物半導体層と p 型化合物半導体層との間での不純物相互拡散によって、電流ブロック層が消滅し、あるいは又、電流ブロック層が薄くなり、電流ブロック層の効果が安定せず、漏れ電流が増加するといった問題が生じる。

【0010】

そして、特許第 2990837 号においては、このような問題を解決するために、基板として p 型基板を使用し、更には、電流ブロック層を p 型化合物半導体層から構成する。ところで、 $\{311\}$ B 結晶面領域は n 型化し易く、高次の結晶面領域においては p 型化し易い。従って、 $\{311\}$ B 結晶面領域は結果的に本来の p 型エピタキシャル成長膜厚より厚さが減少して膜薄部となり、他方、高次の結晶面領域は結果的に p 型化によって厚さが増加して膜厚部となる。その結果、電流ブロック層の高次の結晶面領域の厚さが大となるため、この部分におけるリーク電流を確実に回避することができる。

10

【0011】

このように、特許第 2990837 号に開示された技術は、上述した問題の解決のために非常に有効な技術であるが、 n 型基板の使用に対する強い要望がある。また、 p 型基板を使用した場合にあっては、電流ブロック層におけるリーク電流の一層の低減を図ることが望ましい。

20

【0012】

また、電流ブロック層から活性層に拡散した不純物に起因して、SDH 型半導体レーザを高い駆動電流で駆動したときの電流リークが無視できない状況となりつつある。

【0013】

従って、本発明の第 1 の目的は、複数の結晶面から形成される電流ブロック層において、電流ブロック層を構成する複数の化合物半導体層間における不純物の相互拡散等に影響されることなく、全面に互り高い安定性を実現することができ、電流ブロック層におけるリーク電流の一層の低減を図ることができる構造、構成を有する半導体発光素子を提供することにある。また、本発明の第 2 の目的は、電流ブロック層から活性層に不純物が拡散し難い構造、構成を有する半導体発光素子を提供することにある。

30

【課題を解決するための手段】

【0014】

上記の第 1 の目的を達成するための本発明の第 1 の態様に係る半導体発光素子は、

(A) 第 1 導電型を有する第 1 化合物半導体層、活性層、及び、第 2 導電型を有する第 2 化合物半導体層が順次積層された積層構造体から構成された発光部、並びに、

(B) 発光部の側面に接して設けられた電流ブロック層、
を備えており、

電流ブロック層は、第 1 導電型を有する第 3 化合物半導体層、及び、第 2 導電型を有し、第 3 化合物半導体層に接した第 4 化合物半導体層から構成されており、

第 1 化合物半導体層を第 1 導電型とするための不純物は、第 1 化合物半導体層における不純物の置換サイトが、第 2 化合物半導体層を第 2 導電型とするための第 2 化合物半導体層における不純物の置換サイトと競合しない不純物から成り、

40

第 3 化合物半導体層を第 1 導電型とするための不純物は、第 3 化合物半導体層における不純物の置換サイトが、第 4 化合物半導体層を第 2 導電型とするための第 4 化合物半導体層における不純物の置換サイトと競合する不純物から成る。

【0015】

尚、下から、第 4 化合物半導体層 / 第 3 化合物半導体層の積層構造とすることもできるし、第 3 化合物半導体層 / 第 4 化合物半導体層の積層構造とすることもできる。

【0016】

本発明の第 1 の態様に係る半導体発光素子にあっては、

50

第 1 化合物半導体層、第 2 化合物半導体層、第 3 化合物半導体層及び第 4 化合物半導体層は、ⅢⅤ族化合物半導体から成り、

第 1 化合物半導体層における不純物の置換サイトは、Ⅴ族原子が占めるサイトであり、

第 2 化合物半導体層における不純物の置換サイトは、Ⅲ族原子が占めるサイトであり、

第 3 化合物半導体層における不純物の置換サイト、及び、第 4 化合物半導体層における不純物の置換サイトは、Ⅲ族原子が占めるサイトである構成とすることができる。便宜上、係る構成を『本発明の第 1 - A - 1 の態様に係る半導体発光素子』と呼ぶ。

【0017】

上記の本発明の第 1 - A - 1 の態様に係る半導体発光素子にあつては、

第 4 化合物半導体層は、第 3 化合物半導体層側から、少なくとも、第 4 A 化合物半導体層、第 4 B 化合物半導体層及び第 4 C 化合物半導体層の 3 層構造を有し、

少なくとも第 4 B 化合物半導体層は、活性層の側面に接しており、

第 4 A 化合物半導体層及び第 4 C 化合物半導体層における不純物の置換サイトは、Ⅲ族原子が占めるサイトであり、

第 4 B 化合物半導体層における不純物は、炭素（C）である構成とすることができ、これによって上記の第 2 の目的を達成することができる。便宜上、係る構成を『本発明の第 1 - A - 2 の態様に係る半導体発光素子』と呼ぶ。尚、第 4 B 化合物半導体層は、その一部又は全部が活性層の側面に接している。

【0018】

あるいは又、上記の本発明の第 1 - A - 1 の態様に係る半導体発光素子にあつては、第 4 化合物半導体層における不純物は、Ⅲ族原子が占めるサイトを置換サイトとする不純物、及び、炭素（C）から成る構成とすることができ、これによって上記の第 2 の目的を達成することができる。便宜上、係る構成を『本発明の第 1 - A - 3 の態様に係る半導体発光素子』と呼ぶ。尚、本発明の第 1 - A - 3 の態様に係る半導体発光素子における第 4 化合物半導体層は、云い換えれば、Ⅲ族原子が占めるサイトを置換サイトとする不純物、及び、炭素（C）が不純物としてコ・ドープされている。

【0019】

あるいは又、本発明の第 1 の態様に係る半導体発光素子にあつては、

第 1 化合物半導体層、第 2 化合物半導体層、第 3 化合物半導体層及び第 4 化合物半導体層は、ⅢⅤ族化合物半導体から成り、

第 1 化合物半導体層は、第 1 A 化合物半導体層、及び、第 1 A 化合物半導体層上に設けられ、活性層と接した第 1 B 化合物半導体層から成り、

第 2 化合物半導体層は、活性層と接した第 2 B 化合物半導体層、及び、第 2 B 化合物半導体層上に設けられた第 2 A 化合物半導体層から成り、

第 1 A 化合物半導体層における不純物の置換サイトは、Ⅲ族原子が占めるサイトであり、

第 1 B 化合物半導体層における不純物の置換サイトは、Ⅴ族原子が占めるサイトであり、

第 2 B 化合物半導体層における不純物の置換サイトは、Ⅲ族原子が占めるサイトであり、

第 2 A 化合物半導体層における不純物の置換サイトは、Ⅴ族原子が占めるサイトであり、

第 3 化合物半導体層における不純物の置換サイト、及び、第 4 化合物半導体層における不純物の置換サイトは、Ⅲ族原子が占めるサイトである構成とすることができる。便宜上、係る構成を『本発明の第 1 - B - 1 の態様に係る半導体発光素子』と呼ぶ。

【0020】

上記の本発明の第 1 - B - 1 の態様に係る半導体発光素子にあつては、

第 4 化合物半導体層は、第 3 化合物半導体層側から、少なくとも、第 4 A 化合物半導体層、第 4 B 化合物半導体層及び第 4 C 化合物半導体層の 3 層構造を有し、

10

20

30

40

50

少なくとも第4B化合物半導体層は、活性層の側面に接しており、

第4A化合物半導体層及び第4C化合物半導体層における不純物の置換サイトは、ⅠⅠⅠ族原子が占めるサイトであり、

第4B化合物半導体層における不純物は、炭素(C)である構成とすることができ、これによって上記の第2の目的を達成することができる。便宜上、係る構成を『本発明の第1-B-2の態様に係る半導体発光素子』と呼ぶ。尚、第4B化合物半導体層は、その一部又は全部が活性層の側面に接している。

【0021】

あるいは又、上記の本発明の第1-B-1の態様に係る半導体発光素子にあっては、第4化合物半導体層における不純物は、ⅠⅠⅠ族原子が占めるサイトを置換サイトとする不純物、及び、炭素(C)から成る構成とすることができ、これによって上記の第2の目的を達成することができる。便宜上、係る構成を『本発明の第1-B-3の態様に係る半導体発光素子』と呼ぶ。尚、本発明の第1-B-3の態様に係る半導体発光素子における第4化合物半導体層は、言い換えれば、ⅠⅠⅠ族原子が占めるサイトを置換サイトとする不純物、及び、炭素(C)が不純物としてコ・ドープされている。

【0022】

あるいは又、本発明の第1の態様に係る半導体発光素子にあっては、

第1化合物半導体層、第2化合物半導体層、第3化合物半導体層及び第4化合物半導体層は、ⅠⅠⅠ-V族化合物半導体から成り、

第1化合物半導体層における不純物の置換サイトは、V族原子が占めるサイトであり、

第2化合物半導体層における不純物の置換サイトは、ⅠⅠⅠ族原子が占めるサイトであり、

第3化合物半導体層における不純物の置換サイト、及び、第4化合物半導体層における不純物の置換サイトは、V族原子が占めるサイトである構成とすることができる。便宜上、係る構成を『本発明の第1-a-1の態様に係る半導体発光素子』と呼ぶ。

【0023】

上記の本発明の第1-a-1の態様に係る半導体発光素子にあっては、

第3化合物半導体層は、第4化合物半導体層側から、少なくとも、第3A化合物半導体層、第3B化合物半導体層及び第3C化合物半導体層の3層構造を有し、

少なくとも第3B化合物半導体層は、活性層の側面に接しており、

第3A化合物半導体層及び第3C化合物半導体層における不純物の置換サイトは、V族原子が占めるサイトであり、

第3B化合物半導体層における不純物は、ケイ素(Si)である構成とすることができ、これによって上記の第2の目的を達成することができる。便宜上、係る構成を『本発明の第1-a-2の態様に係る半導体発光素子』と呼ぶ。尚、第3B化合物半導体層は、その一部又は全部が活性層の側面に接している。

【0024】

あるいは又、上記の本発明の第1-a-1の態様に係る半導体発光素子にあっては、第3化合物半導体層における不純物は、V族原子が占めるサイトを置換サイトとする不純物、及び、ケイ素(Si)から成る構成とすることができ、これによって上記の第2の目的を達成することができる。便宜上、係る構成を『本発明の第1-a-3の態様に係る半導体発光素子』と呼ぶ。尚、本発明の第1-a-3の態様に係る半導体発光素子における第3化合物半導体層は、言い換えれば、V族原子が占めるサイトを置換サイトとする不純物、及び、ケイ素(Si)が不純物としてコ・ドープされている。

【0025】

あるいは又、本発明の第1の態様に係る半導体発光素子にあっては、

第1化合物半導体層、第2化合物半導体層、第3化合物半導体層及び第4化合物半導体層は、ⅠⅠⅠ-V族化合物半導体から成り、

第1化合物半導体層は、第1A化合物半導体層、及び、第1A化合物半導体層上に設けられ、活性層と接した第1B化合物半導体層から成り、

第2化合物半導体層は、活性層と接した第2B化合物半導体層、及び、第2B化合物半導体層上に設けられた第2A化合物半導体層から成り、

第1A化合物半導体層における不純物の置換サイトは、III族原子が占めるサイトであり、

第1B化合物半導体層における不純物の置換サイトは、V族原子が占めるサイトであり、

第2B化合物半導体層における不純物の置換サイトは、III族原子が占めるサイトであり、

第2A化合物半導体層における不純物の置換サイトは、V族原子が占めるサイトであり、

第3化合物半導体層における不純物の置換サイト、及び、第4化合物半導体層における不純物の置換サイトは、V族原子が占めるサイトである構成とすることができる。便宜上、係る構成を『本発明の第1-b-1の態様に係る半導体発光素子』と呼ぶ。

【0026】

上記の本発明の第1-b-1の態様に係る半導体発光素子にあつては、

第3化合物半導体層は、第4化合物半導体層側から、少なくとも、第3A化合物半導体層、第3B化合物半導体層及び第3C化合物半導体層の3層構造を有し、

少なくとも第3B化合物半導体層は、活性層の側面に接しており、

第3A化合物半導体層及び第3C化合物半導体層における不純物の置換サイトは、V族原子が占めるサイトであり、

第3B化合物半導体層における不純物は、ケイ素(Si)である構成とすることができる。これによって上記の第2の目的を達成することができる。便宜上、係る構成を『本発明の第1-b-2の態様に係る半導体発光素子』と呼ぶ。尚、第3B化合物半導体層は、その一部又は全部が活性層の側面に接している。

【0027】

あるいは又、上記の本発明の第1-b-1の態様に係る半導体発光素子にあつては、第3化合物半導体層における不純物は、V族原子が占めるサイトを置換サイトとする不純物、及び、ケイ素(Si)から成る構成とすることができ、これによって上記の第2の目的を達成することができる。便宜上、係る構成を『本発明の第1-b-3の態様に係る半導体発光素子』と呼ぶ。尚、本発明の第1-b-3の態様に係る半導体発光素子における第3化合物半導体層は、言い換えれば、V族原子が占めるサイトを置換サイトとする不純物、及び、ケイ素(Si)が不純物としてコ・ドープされている。

【0028】

あるいは又、本発明の第1の態様に係る半導体発光素子にあつては、

第1化合物半導体層、第2化合物半導体層、第3化合物半導体層及び第4化合物半導体層は、III-V族化合物半導体から成り、

第1化合物半導体層における不純物の置換サイトは、III族原子が占めるサイトであり、

第2化合物半導体層における不純物の置換サイトは、V族原子が占めるサイトであり、

第3化合物半導体層における不純物の置換サイト、及び、第4化合物半導体層における不純物の置換サイトは、V族原子が占めるサイトである構成とすることができる。便宜上、係る構成を『本発明の第1-C-1の態様に係る半導体発光素子』と呼ぶ。

【0029】

上記の本発明の第1-C-1の態様に係る半導体発光素子にあつては、

第4化合物半導体層は、第3化合物半導体層側から、少なくとも、第4A化合物半導体層、第4B化合物半導体層及び第4C化合物半導体層の3層構造を有し、

少なくとも第4B化合物半導体層は、活性層の側面に接しており、

第4A化合物半導体層及び第4C化合物半導体層における不純物の置換サイトは、V族原子が占めるサイトであり、

第4B化合物半導体層における不純物は、ケイ素(Si)である構成とすることができ

10

20

30

40

50

、これによって上記の第2の目的を達成することができる。便宜上、係る構成を『本発明の第1-C-2の態様に係る半導体発光素子』と呼ぶ。尚、第4B化合物半導体層は、その一部又は全部が活性層の側面に接している。

【0030】

あるいは又、上記の本発明の第1-C-1の態様に係る半導体発光素子にあっては、第4化合物半導体層における不純物は、V族原子が占めるサイトを置換サイトとする不純物、及び、ケイ素(Si)から成る構成とすることができ、これによって上記の第2の目的を達成することができる。便宜上、係る構成を『本発明の第1-C-3の態様に係る半導体発光素子』と呼ぶ。尚、本発明の第1-C-3の態様に係る半導体発光素子における第4化合物半導体層は、言い換えれば、V族原子が占めるサイトを置換サイトとする不純物、及び、ケイ素(Si)が不純物としてコ・ドープされている。

10

【0031】

あるいは又、本発明の第1の態様に係る半導体発光素子にあっては、

第1化合物半導体層、第2化合物半導体層、第3化合物半導体層及び第4化合物半導体層は、III-V族化合物半導体から成り、

第1化合物半導体層は、第1A化合物半導体層、及び、第1A化合物半導体層上に設けられ、活性層と接した第1B化合物半導体層から成り、

第2化合物半導体層は、活性層と接した第2B化合物半導体層、及び、第2B化合物半導体層上に設けられた第2A化合物半導体層から成り、

第1A化合物半導体層における不純物の置換サイトは、V族原子が占めるサイトであり

20

、
第1B化合物半導体層における不純物の置換サイトは、III族原子が占めるサイトであり、

第2B化合物半導体層における不純物の置換サイトは、V族原子が占めるサイトであり、

、
第2A化合物半導体層における不純物の置換サイトは、III族原子が占めるサイトであり、

第3化合物半導体層における不純物の置換サイト、及び、第4化合物半導体層における不純物の置換サイトは、V族原子が占めるサイトである構成とすることができる。便宜上、係る構成を『本発明の第1-D-1の態様に係る半導体発光素子』と呼ぶ。

30

【0032】

上記の本発明の第1-D-1の態様に係る半導体発光素子にあっては、

第4化合物半導体層は、第3化合物半導体層側から、少なくとも、第4A化合物半導体層、第4B化合物半導体層及び第4C化合物半導体層の3層構造を有し、

少なくとも第4B化合物半導体層は、活性層の側面に接しており、

第4A化合物半導体層及び第4C化合物半導体層における不純物の置換サイトは、V族原子が占めるサイトであり、

第4B化合物半導体層における不純物は、ケイ素(Si)である構成とすることができ、これによって上記の第2の目的を達成することができる。便宜上、係る構成を『本発明の第1-D-2の態様に係る半導体発光素子』と呼ぶ。尚、第4B化合物半導体層は、その一部又は全部が活性層の側面に接している。

40

【0033】

あるいは又、上記の本発明の第1-D-1の態様に係る半導体発光素子にあっては、第4化合物半導体層における不純物は、V族原子が占めるサイトを置換サイトとする不純物、及び、ケイ素(Si)から成る構成とすることができ、これによって上記の第2の目的を達成することができる。便宜上、係る構成を『本発明の第1-D-3の態様に係る半導体発光素子』と呼ぶ。尚、本発明の第1-D-3の態様に係る半導体発光素子における第4化合物半導体層は、言い換えれば、V族原子が占めるサイトを置換サイトとする不純物、及び、ケイ素(Si)が不純物としてコ・ドープされている。

【0034】

50

あるいは又、本発明の第 1 の態様に係る半導体発光素子にあっては、

第 1 化合物半導体層、第 2 化合物半導体層、第 3 化合物半導体層及び第 4 化合物半導体層は、ⅢⅤ族化合物半導体から成り、

第 1 化合物半導体層における不純物の置換サイトは、Ⅲ族原子が占めるサイトであり、

第 2 化合物半導体層における不純物の置換サイトは、Ⅴ族原子が占めるサイトであり、

第 3 化合物半導体層における不純物の置換サイト、及び、第 4 化合物半導体層における不純物の置換サイトは、Ⅲ族原子が占めるサイトである構成とすることができる。便宜上、係る構成を『本発明の第 1 - c - 1 の態様に係る半導体発光素子』と呼ぶ。

【0035】

上記の本発明の第 1 - c - 1 の態様に係る半導体発光素子にあっては、

第 3 化合物半導体層は、第 4 化合物半導体層側から、少なくとも、第 3 A 化合物半導体層、第 3 B 化合物半導体層及び第 3 C 化合物半導体層の 3 層構造を有し、

少なくとも第 3 B 化合物半導体層は、活性層の側面に接しており、

第 3 A 化合物半導体層及び第 3 C 化合物半導体層における不純物の置換サイトは、Ⅲ族原子が占めるサイトであり、

第 3 B 化合物半導体層における不純物は、炭素（C）である構成とすることができ、これによって上記の第 2 の目的を達成することができる。便宜上、係る構成を『本発明の第 1 - c - 2 の態様に係る半導体発光素子』と呼ぶ。尚、第 3 B 化合物半導体層は、その一部又は全部が活性層の側面に接している。

【0036】

あるいは又、上記の本発明の第 1 - c - 1 の態様に係る半導体発光素子にあっては、第 3 化合物半導体層における不純物は、Ⅲ族原子が占めるサイトを置換サイトとする不純物、及び、炭素（C）から成る構成とすることができ、これによって上記の第 2 の目的を達成することができる。便宜上、係る構成を『本発明の第 1 - c - 3 の態様に係る半導体発光素子』と呼ぶ。尚、本発明の第 1 - c - 3 の態様に係る半導体発光素子における第 3 化合物半導体層は、言い換えれば、Ⅲ族原子が占めるサイトを置換サイトとする不純物、及び、炭素（C）が不純物としてコ・ドープされている。

【0037】

あるいは又、本発明の第 1 の態様に係る半導体発光素子にあっては、

第 1 化合物半導体層、第 2 化合物半導体層、第 3 化合物半導体層及び第 4 化合物半導体層は、ⅢⅤ族化合物半導体から成り、

第 1 化合物半導体層は、第 1 A 化合物半導体層、及び、第 1 A 化合物半導体層上に設けられ、活性層と接した第 1 B 化合物半導体層から成り、

第 2 化合物半導体層は、活性層と接した第 2 B 化合物半導体層、及び、第 2 B 化合物半導体層上に設けられた第 2 A 化合物半導体層から成り、

第 1 A 化合物半導体層における不純物の置換サイトは、Ⅴ族原子が占めるサイトであり、

第 1 B 化合物半導体層における不純物の置換サイトは、Ⅲ族原子が占めるサイトであり、

第 2 B 化合物半導体層における不純物の置換サイトは、Ⅴ族原子が占めるサイトであり、

第 2 A 化合物半導体層における不純物の置換サイトは、Ⅲ族原子が占めるサイトであり、

第 3 化合物半導体層における不純物の置換サイト、及び、第 4 化合物半導体層における不純物の置換サイトは、Ⅲ族原子が占めるサイトである構成とすることができる。便宜上、係る構成を『本発明の第 1 - d - 1 の態様に係る半導体発光素子』と呼ぶ。

【0038】

上記の本発明の第 1 - d - 1 の態様に係る半導体発光素子にあっては、

第 3 化合物半導体層は、第 4 化合物半導体層側から、少なくとも、第 3 A 化合物半導体

10

20

30

40

50

層、第3B化合物半導体層及び第3C化合物半導体層の3層構造を有し、

少なくとも第3B化合物半導体層は、活性層の側面に接しており、

第3A化合物半導体層及び第3C化合物半導体層における不純物の置換サイトは、III族原子が占めるサイトであり、

第3B化合物半導体層における不純物は、炭素(C)である構成とすることができ、これによって上記の第2の目的を達成することができる。便宜上、係る構成を『本発明の第1-d-2の態様に係る半導体発光素子』と呼ぶ。尚、第3B化合物半導体層は、その一部又は全部が活性層の側面に接している。

【0039】

あるいは又、上記の本発明の第1-d-1の態様に係る半導体発光素子にあっては、第3化合物半導体層における不純物は、III族原子が占めるサイトを置換サイトとする不純物、及び、炭素(C)から成る構成とすることができ、これによって上記の第2の目的を達成することができる。便宜上、係る構成を『本発明の第1-d-3の態様に係る半導体発光素子』と呼ぶ。尚、本発明の第1-d-3の態様に係る半導体発光素子における第3化合物半導体層は、言い換えれば、III族原子が占めるサイトを置換サイトとする不純物、及び、炭素(C)が不純物としてコ・ドープされている。

【0040】

以上に説明した本発明の第1の態様の好ましい構成に係る半導体発光素子、即ち、本発明の第1-A-1の態様、第1-a-1の態様、第1-B-1の態様、第1-b-1の態様、第1-C-1の態様、第1-c-1の態様、第1-D-1の態様あるいは第1-d-1の態様に係る半導体発光素子にあっては、

電流ブロック層は、第2導電型を有する第5化合物半導体層から更に構成されており、

第4化合物半導体層及び第5化合物半導体層によって第3化合物半導体層が挟まれた構造を有し、

第3化合物半導体層を第1導電型とするための不純物は、第3化合物半導体層における不純物の置換サイトが、第5化合物半導体層を第2導電型とするための第5化合物半導体層における不純物の置換サイトと競合する不純物から成る構成とすることができる。尚、下から、第4化合物半導体層/第3化合物半導体層/第5化合物半導体層の積層構造とすることもできるし、第5化合物半導体層/第3化合物半導体層/第4化合物半導体層の積層構造とすることもできる。あるいは又、

電流ブロック層は、第1導電型を有する第6化合物半導体層から更に構成されており、

第3化合物半導体層及び第6化合物半導体層によって第4化合物半導体層が挟まれた構造を有し、

第4化合物半導体層を第2導電型とするための不純物は、第4化合物半導体層における不純物の置換サイトが、第6化合物半導体層を第1導電型とするための第6化合物半導体層における不純物の置換サイトと競合する不純物から成る構成とすることができる。尚、下から、第3化合物半導体層/第4化合物半導体層/第6化合物半導体層の積層構造とすることもできるし、第6化合物半導体層/第4化合物半導体層/第3化合物半導体層の積層構造とすることもできる。

【0041】

上記の第1の目的を達成するための本発明の第2の態様に係る半導体発光素子は、

(A)第1導電型を有する第1化合物半導体層、活性層、及び、第2導電型を有する第2化合物半導体層が順次積層された積層構造体から構成された発光部、並びに、

(B)発光部の側面に接して設けられた電流ブロック層、を備えており、

電流ブロック層は、第1導電型を有する第3化合物半導体層、及び、第2導電型を有し、第3化合物半導体層に接した第4化合物半導体層から構成されており、

第1化合物半導体層を第1導電型とするための不純物は、第3化合物半導体層を第1導電型とするための不純物とは異なる。

【0042】

第3化合物半導体層を第1導電型とするための不純物とは異なる不純物が含まれる第1化合物半導体層は、具体的には、少なくとも活性層と接する部分である。第1化合物半導体層が接する活性層には、井戸層、あるいは、閉じ込め層（Confinement層）が包含される。以下の説明においても同様である。閉じ込め層を設けることで、光の閉じ込め、及び／又は、キャリアの閉じ込めを行うことができる。また、下から、第4化合物半導体層／第3化合物半導体層の積層構造とすることもできるし、第3化合物半導体層／第4化合物半導体層の積層構造とすることもできる。

【0043】

本発明の第2の態様に係る半導体発光素子にあっては、第3化合物半導体層を第1導電型とするための不純物は、第1化合物半導体層を第1導電型とするための不純物よりも、面方位依存性が小さいことが望ましい。

10

【0044】

尚、以下の説明において、セレン（Se）、テルル（Te）及びイオウ（S）という3種類の不純物から成る群から選択された少なくとも1種類の不純物を、便宜上、『第VI族不純物』と呼び、ケイ素（Si）及び錫（Sn）という2種類の不純物から成る群から選択された少なくとも1種類の不純物を、便宜上、『第IV族不純物』と呼び、亜鉛（Zn）、マグネシウム（Mg）、ベリリウム（Be）及びマンガン（Mn）という4種類の不純物から成る群から選択された少なくとも1種類の不純物を、便宜上、『第II族不純物』と呼ぶ。

【0045】

20

上記の好ましい形態を含む本発明の第2の態様に係る半導体発光素子にあっては、

第1化合物半導体層、第2化合物半導体層、第3化合物半導体層及び第4化合物半導体層は、III-V族化合物半導体から成り、

第1化合物半導体層を第1導電型であるn型とするための不純物は、第VI族不純物であり、

第3化合物半導体層を第1導電型であるn型とするための不純物は、第IV族不純物である構成とすることができる。便宜上、係る構成を『本発明の第2-Aの態様に係る半導体発光素子』と呼ぶ。本発明の第2-Aの態様に係る半導体発光素子にあっては、（第1化合物半導体層における不純物、第3化合物半導体層における不純物）の組合せは、 3×2 の6通りである。

30

【0046】

あるいは又、上記の好ましい形態を含む本発明の第2の態様に係る半導体発光素子にあっては、

第1化合物半導体層、第2化合物半導体層、第3化合物半導体層及び第4化合物半導体層は、III-V族化合物半導体から成り、

第1化合物半導体層は、第1A化合物半導体層、及び、第1A化合物半導体層上に設けられ、活性層と接した第1B化合物半導体層から成り、

第2化合物半導体層は、活性層と接した第2B化合物半導体層、及び、第2B化合物半導体層上に設けられた第2A化合物半導体層から成り、

第1A化合物半導体層を第1導電型であるn型とするための不純物は、第IV族不純物であり、

40

第1B化合物半導体層を第1導電型であるn型とするための不純物は、第VI族不純物であり、

第2B化合物半導体層を第2導電型であるp型とするための不純物は、第II族不純物であり、

第2A化合物半導体層を第2導電型であるp型とするための不純物は、炭素（C）であり、

第3化合物半導体層を第1導電型であるn型とするための不純物は、第IV族不純物であり、

第4化合物半導体層を第2導電型であるp型とするための不純物は、第II族不純物で

50

ある構成とすることができる。便宜上、係る構成を『本発明の第 2 - B の態様に係る半導体発光素子』と呼ぶ。本発明の第 2 - B の態様に係る半導体発光素子にあつては、(第 1 A 化合物半導体層における不純物, 第 1 B 化合物半導体層における不純物, 第 2 B 化合物半導体層における不純物, 第 2 A 化合物半導体層における不純物, 第 3 化合物半導体層における不純物, 第 4 化合物半導体層における不純物)の組合せは、 $2 \times 3 \times 4 \times 1 \times 2 \times 4$ の 192 通りである。

【0047】

あるいは又、上記の好ましい形態を含む本発明の第 2 の態様に係る半導体発光素子にあつては、

第 1 化合物半導体層、第 2 化合物半導体層、第 3 化合物半導体層及び第 4 化合物半導体層は、III-V 族化合物半導体から成り、

10

第 1 化合物半導体層を第 1 導電型である p 型とするための不純物は、第 III 族不純物であり、

第 3 化合物半導体層を第 1 導電型である p 型とするための不純物は、炭素 (C) である構成とすることができる。便宜上、係る構成を『本発明の第 2 - C の態様に係る半導体発光素子』と呼ぶ。本発明の第 2 - C の態様に係る半導体発光素子にあつては、(第 1 化合物半導体層における不純物, 第 3 化合物半導体層における不純物)の組合せは、 4×1 の 4 通りである。

【0048】

あるいは又、上記の好ましい形態を含む本発明の第 2 の態様に係る半導体発光素子にあつては、

20

第 1 化合物半導体層、第 2 化合物半導体層、第 3 化合物半導体層及び第 4 化合物半導体層は、III-V 族化合物半導体から成り、

第 1 化合物半導体層は、第 1 A 化合物半導体層、及び、第 1 A 化合物半導体層上に設けられ、活性層と接した第 1 B 化合物半導体層から成り、

第 2 化合物半導体層は、活性層と接した第 2 B 化合物半導体層、及び、第 2 B 化合物半導体層上に設けられた第 2 A 化合物半導体層から成り、

第 1 A 化合物半導体層を第 1 導電型である p 型とするための不純物は、炭素 (C) であり、

第 1 B 化合物半導体層を第 1 導電型である p 型とするための不純物は、第 III 族不純物であり、

30

第 2 B 化合物半導体層を第 2 導電型である n 型とするための不純物は、第 VI 族不純物であり、

第 2 A 化合物半導体層を第 2 導電型である n 型とするための不純物は、第 IV 族不純物であり、

第 3 化合物半導体層を第 1 導電型である p 型とするための不純物は、炭素 (C) であり、

第 4 化合物半導体層を第 2 導電型である n 型とするための不純物は、第 VI 族不純物である構成とすることができる。便宜上、係る構成を『本発明の第 2 - D の態様に係る半導体発光素子』と呼ぶ。本発明の第 2 - D の態様に係る半導体発光素子にあつては、(第 1 A 化合物半導体層における不純物, 第 1 B 化合物半導体層における不純物, 第 2 B 化合物半導体層における不純物, 第 2 A 化合物半導体層における不純物, 第 3 化合物半導体層における不純物, 第 4 化合物半導体層における不純物)の組合せは、 $1 \times 4 \times 3 \times 2 \times 1 \times 3$ の 72 通りである。

40

【0049】

上記の第 1 の目的を達成するための本発明の第 3 の態様に係る半導体発光素子は、

(A) 第 1 導電型を有する第 1 化合物半導体層、活性層、及び、第 2 導電型を有する第 2 化合物半導体層が順次積層された積層構造体から構成された発光部、並びに、

(B) 発光部の側面に接して設けられた電流ブロック層、を備えており、

50

電流ブロック層は、第 1 導電型を有する第 3 化合物半導体層、及び、第 2 導電型を有し、第 3 化合物半導体層に接した第 4 化合物半導体層から構成されており、

第 2 化合物半導体層を第 2 導電型とするための不純物は、第 4 化合物半導体層を第 2 導電型とするための不純物とは異なる。

【 0 0 5 0 】

第 4 化合物半導体層を第 2 導電型とするための不純物とは異なる不純物が含まれる第 2 化合物半導体層は、具体的には、少なくとも活性層（井戸層、閉じ込め層を含む）と接する部分である。また、下から、第 4 化合物半導体層 / 第 3 化合物半導体層の積層構造とすることもできるし、第 3 化合物半導体層 / 第 4 化合物半導体層の積層構造とすることもできる。

10

【 0 0 5 1 】

本発明の第 3 の態様に係る半導体発光素子にあっては、第 4 化合物半導体層を第 2 導電型とするための不純物は、第 2 化合物半導体層を第 2 導電型とするための不純物よりも、面方位依存性が小さいことが望ましい。

【 0 0 5 2 】

上記の好ましい形態を含む本発明の第 3 の態様に係る半導体発光素子にあっては、

第 1 化合物半導体層、第 2 化合物半導体層、第 3 化合物半導体層及び第 4 化合物半導体層は、ⅢⅤ族化合物半導体から成り、

第 2 化合物半導体層を第 2 導電型である p 型とするための不純物は、第Ⅲ族不純物であり、

20

第 4 化合物半導体層を第 2 導電型である p 型とするための不純物は、炭素（C）である構成とすることができる。便宜上、係る構成を『本発明の第 3 - a の態様に係る半導体発光素子』と呼ぶ。本発明の第 3 - a の態様に係る半導体発光素子にあっては、（第 2 化合物半導体層における不純物，第 4 化合物半導体層における不純物）の組合せは、4 × 1 の 4 通りである。

【 0 0 5 3 】

あるいは又、上記の好ましい形態を含む本発明の第 3 の態様に係る半導体発光素子にあっては、

第 1 化合物半導体層、第 2 化合物半導体層、第 3 化合物半導体層及び第 4 化合物半導体層は、ⅢⅤ族化合物半導体から成り、

30

第 1 化合物半導体層は、第 1 A 化合物半導体層、及び、第 1 A 化合物半導体層上に設けられ、活性層と接した第 1 B 化合物半導体層から成り、

第 2 化合物半導体層は、活性層と接した第 2 B 化合物半導体層、及び、第 2 B 化合物半導体層上に設けられた第 2 A 化合物半導体層から成り、

第 1 A 化合物半導体層を第 1 導電型である n 型とするための不純物は、第Ⅴ族不純物であり、

第 1 B 化合物半導体層を第 1 導電型である n 型とするための不純物は、第Ⅴ族不純物であり、

第 2 B 化合物半導体層を第 2 導電型である p 型とするための不純物は、第Ⅲ族不純物であり、

40

第 2 A 化合物半導体層を第 2 導電型である p 型とするための不純物は、炭素（C）であり、

第 3 化合物半導体層を第 1 導電型である n 型とするための不純物は、第Ⅴ族不純物であり、

第 4 化合物半導体層を第 2 導電型である p 型とするための不純物は、炭素（C）である構成とすることができる。便宜上、係る構成を『本発明の第 3 - b の態様に係る半導体発光素子』と呼ぶ。本発明の第 3 - b の態様に係る半導体発光素子にあっては、（第 1 A 化合物半導体層における不純物，第 1 B 化合物半導体層における不純物，第 2 B 化合物半導体層における不純物，第 2 A 化合物半導体層における不純物，第 3 化合物半導体層における不純物，第 4 化合物半導体層における不純物）の組合せは、2 × 3 × 4 × 1 × 3 × 1 の

50

7 2 通りである。

【 0 0 5 4 】

あるいは又、上記の好ましい形態を含む本発明の第 3 の態様に係る半導体発光素子にあっては、

第 1 化合物半導体層、第 2 化合物半導体層、第 3 化合物半導体層及び第 4 化合物半導体層は、ⅢⅤ族化合物半導体から成り、

第 2 化合物半導体層を第 2 導電型である n 型とするための不純物は、第ⅤⅢ族不純物であり、

第 4 化合物半導体層を第 2 導電型である n 型とするための不純物は、第ⅢⅤ族不純物である構成とすることができる。便宜上、係る構成を『本発明の第 3 - c の態様に係る半導体発光素子』と呼ぶ。本発明の第 3 - c の態様に係る半導体発光素子にあっては、(第 2 化合物半導体層における不純物、第 4 化合物半導体層における不純物)の組合せは、 2×3 の 6 通りである。

【 0 0 5 5 】

あるいは又、上記の好ましい形態を含む本発明の第 3 の態様に係る半導体発光素子にあっては、

第 1 化合物半導体層、第 2 化合物半導体層、第 3 化合物半導体層及び第 4 化合物半導体層は、ⅢⅤ族化合物半導体から成り、

第 1 化合物半導体層は、第 1 A 化合物半導体層、及び、第 1 A 化合物半導体層上に設けられ、活性層と接した第 1 B 化合物半導体層から成り、

第 2 化合物半導体層は、活性層と接した第 2 B 化合物半導体層、及び、第 2 B 化合物半導体層上に設けられた第 2 A 化合物半導体層から成り、

第 1 A 化合物半導体層を第 1 導電型である p 型とするための不純物は、炭素 (C) であり、

第 1 B 化合物半導体層を第 1 導電型である p 型とするための不純物は、第ⅢⅢ族不純物であり、

第 2 B 化合物半導体層を第 2 導電型である n 型とするための不純物は、第ⅤⅢ族不純物であり、

第 2 A 化合物半導体層を第 2 導電型である n 型とするための不純物は、第ⅢⅤ族不純物であり、

第 3 化合物半導体層を第 1 導電型である p 型とするための不純物は、第ⅢⅢ族不純物であり、

第 4 化合物半導体層を第 2 導電型である n 型とするための不純物は、第ⅢⅤ族不純物である構成とすることができる。便宜上、係る構成を『本発明の第 3 - d の態様に係る半導体発光素子』と呼ぶ。本発明の第 3 - d の態様に係る半導体発光素子にあっては、(第 1 A 化合物半導体層における不純物、第 1 B 化合物半導体層における不純物、第 2 B 化合物半導体層における不純物、第 2 A 化合物半導体層における不純物、第 3 化合物半導体層における不純物、第 4 化合物半導体層における不純物)の組合せは、 $1 \times 4 \times 3 \times 2 \times 4 \times 2$ の 192 通りである。

【 0 0 5 6 】

上記の第 1 の目的を達成するための本発明の第 4 の態様に係る半導体発光素子は、

(A) 第 1 導電型を有する第 1 化合物半導体層、活性層、及び、第 2 導電型を有する第 2 化合物半導体層が順次積層された積層構造体から構成された発光部、並びに、

(B) 発光部の側面に接して設けられた電流ブロック層、を備えており、

電流ブロック層は、第 1 導電型を有する第 3 化合物半導体層、及び、第 2 導電型を有し、第 3 化合物半導体層に接した第 4 化合物半導体層から構成されており、

第 1 化合物半導体層、第 2 化合物半導体層、第 3 化合物半導体層及び第 4 化合物半導体層は、ⅢⅤ族化合物半導体から成り、

第 1 化合物半導体層を第 1 導電型である n 型とするための不純物は、第ⅤⅢ族不純物で

10

20

30

40

50

あり、

第3化合物半導体層を第1導電型であるn型とするための不純物は、第ⅠⅤ族不純物である。本発明の第4の態様に係る半導体発光素子にあっては、(第1化合物半導体層における不純物、第3化合物半導体層における不純物)の組合せは、 3×2 の6通りである。

【0057】

尚、第ⅤⅠ族不純物が含まれる第1化合物半導体層は、具体的には、少なくとも活性層(井戸層、閉じ込め層を含む)と接する部分である。また、下から、第4化合物半導体層/第3化合物半導体層の積層構造とすることもできるし、第3化合物半導体層/第4化合物半導体層の積層構造とすることもできる。

【0058】

上記の第1の目的を達成するための本発明の第5の態様に係る半導体発光素子は、

(A)第1導電型を有する第1化合物半導体層、活性層、及び、第2導電型を有する第2化合物半導体層が順次積層された積層構造体から構成された発光部、並びに、

(B)発光部の側面に接して設けられた電流ブロック層、
を備えており、

電流ブロック層は、第1導電型を有する第3化合物半導体層、及び、第2導電型を有し、第3化合物半導体層に接した第4化合物半導体層から構成されており、

第1化合物半導体層、第2化合物半導体層、第3化合物半導体層及び第4化合物半導体層は、ⅠⅠⅠ-Ⅴ族化合物半導体から成り、

第2化合物半導体層を第2導電型であるp型とするための不純物は、第ⅠⅠ族不純物であり、

第4化合物半導体層を第2導電型であるp型とするための不純物は、炭素(C)である。本発明の第5の態様に係る半導体発光素子にあっては、(第2化合物半導体層における不純物、第4化合物半導体層における不純物)の組合せは、 4×1 の4通りである。

【0059】

尚、第ⅠⅠ族不純物が含まれる第2化合物半導体層は、具体的には、少なくとも活性層(井戸層、閉じ込め層を含む)と接する部分である。また、下から、第4化合物半導体層/第3化合物半導体層の積層構造とすることもできるし、第3化合物半導体層/第4化合物半導体層の積層構造とすることもできる。

【0060】

上記の第1の目的を達成するための本発明の第6の態様に係る半導体発光素子は、

(A)第1導電型を有する第1化合物半導体層、活性層、及び、第2導電型を有する第2化合物半導体層が順次積層された積層構造体から構成された発光部、並びに、

(B)発光部の側面に接して設けられた電流ブロック層、
を備えており、

電流ブロック層は、第1導電型を有する第3化合物半導体層、及び、第2導電型を有し、第3化合物半導体層に接した第4化合物半導体層から構成されており、

第1化合物半導体層、第2化合物半導体層、第3化合物半導体層及び第4化合物半導体層は、ⅠⅠⅠ-Ⅴ族化合物半導体から成り、

第1化合物半導体層を第1導電型であるp型とするための不純物は、第ⅠⅠ族不純物であり、

第3化合物半導体層を第1導電型であるp型とするための不純物は、炭素(C)である。本発明の第6の態様に係る半導体発光素子にあっては、(第1化合物半導体層における不純物、第3化合物半導体層における不純物)の組合せは、 4×1 の4通りである。

【0061】

尚、第ⅠⅠ族不純物が含まれる第1化合物半導体層は、具体的には、少なくとも活性層(井戸層、閉じ込め層を含む)と接する部分である。また、下から、第4化合物半導体層/第3化合物半導体層の積層構造とすることもできるし、第3化合物半導体層/第4化合物半導体層の積層構造とすることもできる。

【0062】

10

20

30

40

50

上記の第1の目的を達成するための本発明の第7の態様に係る半導体発光素子は、

(A) 第1導電型を有する第1化合物半導体層、活性層、及び、第2導電型を有する第2化合物半導体層が順次積層された積層構造体から構成された発光部、並びに、

(B) 発光部の側面に接して設けられた電流ブロック層、
を備えており、

電流ブロック層は、第1導電型を有する第3化合物半導体層、及び、第2導電型を有し、第3化合物半導体層に接した第4化合物半導体層から構成されており、

第1化合物半導体層、第2化合物半導体層、第3化合物半導体層及び第4化合物半導体層は、III-V族化合物半導体から成り、

第2化合物半導体層を第2導電型であるn型とするための不純物は、第VI族不純物であり、

第4化合物半導体層を第2導電型であるn型とするための不純物は、第IV族不純物である。本発明の第7の態様に係る半導体発光素子にあっては、(第2化合物半導体層における不純物、第4化合物半導体層における不純物)の組合せは、 3×2 の6通りである。

【0063】

尚、第VI族不純物が含まれる第2化合物半導体層は、具体的には、少なくとも活性層(井戸層、閉じ込め層を含む)と接する部分である。また、下から、第4化合物半導体層/第3化合物半導体層の積層構造とすることもできるし、第3化合物半導体層/第4化合物半導体層の積層構造とすることもできる。

【0064】

上記の第1の目的を達成するための本発明の第8の態様に係る半導体発光素子は、

(A) 第1導電型を有する第1化合物半導体層、活性層、及び、第2導電型を有する第2化合物半導体層が順次積層された積層構造体から構成された発光部、並びに、

(B) 発光部の側面に接して設けられた電流ブロック層、
を備えており、

電流ブロック層は、少なくとも、第2導電型を有する第4化合物半導体層、及び、第1導電型を有する第3化合物半導体層が順次積層された積層構造体から構成されており、

第4化合物半導体層を第2導電型とするための不純物は、第4化合物半導体層における不純物の置換サイトが、第3化合物半導体層を第1導電型とするための第3化合物半導体層における不純物の置換サイトと競合する不純物から成り、且つ、第1化合物半導体層を第1導電型とするための第1化合物半導体層における不純物の置換サイトと競合する不純物から成り、

第2化合物半導体層を第2導電型とするための不純物は、第2化合物半導体層における不純物の置換サイトが、第3化合物半導体層を第1導電型とするための第3化合物半導体層における不純物の置換サイトと競合する不純物から成り、

第1化合物半導体層、電流ブロック層、及び、第2化合物半導体層を通る迂回経路を想定したとき、各化合物半導体層の界面から構成されたpn接合界面が迂回経路内に少なくとも3つ、存在する。

【0065】

本発明の第8の態様に係る半導体発光素子において、第4化合物半導体層は第1化合物半導体層の側面と接しており、第3化合物半導体層は第2化合物半導体層の側面と接している形態とすることができる。そして、この場合には、迂回経路は、第1化合物半導体層、第4化合物半導体層、第3化合物半導体層、及び、第2化合物半導体層から構成されており、pn接合界面は、第1化合物半導体層の側面/第4化合物半導体層、第4化合物半導体層/第3化合物半導体層、及び、第3化合物半導体層/第2化合物半導体層の側面の3つである。

【0066】

あるいは又、本発明の第8の態様に係る半導体発光素子において、

第1化合物半導体層は、第1A化合物半導体層、及び、第1A化合物半導体層上に設けられ、活性層と接した第1B化合物半導体層から成り、

第1B化合物半導体層を第1導電型とするための不純物は、第1B化合物半導体層における不純物の置換サイトが、第1A化合物半導体層を第1導電型とするための第1A化合物半導体層における不純物の置換サイトと競合しない不純物から成り、且つ、第2化合物半導体層を第2導電型とするための第2化合物半導体層における不純物の置換サイトと競合しない不純物から成る構成とすることができる。尚、この場合、第1A化合物半導体層を第1導電型とするための不純物は、第1A化合物半導体層における不純物の置換サイトが、第4化合物半導体層を第2導電型とするための第4化合物半導体層における不純物の置換サイトと競合する不純物から成る。

【0067】

ところで、第1B化合物半導体層を用いる構成の場合、第1B化合物半導体層と、この第1B化合物半導体層の側面に接する第4化合物半導体層との関係においては、不純物の置換サイトが競合しない関係となる場合がある。そして、このような場合、先ず、この側面の部分で第1B化合物半導体層と第4化合物半導体層との間における不純物の拡散が発生し、次いで、電流ブロック層を構成する第3化合物半導体層に不純物の拡散が及んでしまい、電流のリークパスが形成される虞がある。

【0068】

従って、このような場合、第4化合物半導体層の下に、第1導電型を有する第6化合物半導体層が設けられており、

第6化合物半導体層を第1導電型とするための不純物は、第6化合物半導体層における不純物の置換サイトが、第1化合物半導体層（又は、第1A化合物半導体層）を第1導電型とするための第1化合物半導体層（又は、第1A化合物半導体層）における不純物の置換サイトと競合する不純物から成り、

第6化合物半導体層は第1化合物半導体層の側面（少なくとも第1A化合物半導体層の側面の一部、及び、第1B化合物半導体層の側面の全て）と接しており、第3化合物半導体層は第2化合物半導体層の側面と接している形態とすることができる。そして、このような構造を採用することで、不純物の置換サイトが互いに競合しない第1B化合物半導体層と第4化合物半導体層とが接しなくなるので、不純物が拡散することを防止できる。ここで、この場合には、迂回経路は、第1化合物半導体層（第1A化合物半導体層及び第1B化合物半導体層）、第6化合物半導体層、第4化合物半導体層、第3化合物半導体層、及び、第2化合物半導体層から構成されており、pn接合界面は、第6化合物半導体層／第4化合物半導体層、第4化合物半導体層／第3化合物半導体層、及び、第3化合物半導体層／第2化合物半導体層の側面の3つである。

【0069】

あるいは又、このような場合、第1B化合物半導体層から電流ブロック層内への不純物の拡散に起因した電流リークの発生を防止するために、電流ブロック層内に不純物拡散バリア層を設けることが望ましい。具体的には、第2導電型を有する第4化合物半導体層に対して、不純物の置換サイトが異なる第2導電型を有する第7化合物半導体層を「不純物拡散バリア層」として挿入すればよい。より具体的には、電流ブロック層を構成する第2導電型を有する第4化合物半導体層内に、同じく第2導電型を有する不純物拡散バリア層が少なくとも1層（例えば、第7化合物半導体層）、挿入され、第4化合物半導体層の不純物の置換サイトと、不純物拡散バリア層（例えば、不純物拡散バリア層が1層である場合、第7化合物半導体層）の不純物の置換サイトとが異なるように、不純物が選択されていれればよい。そして、このような構成を採用することでも、電流ブロック層内を不純物が拡散することによって迂回経路に電流リークパスが形成される現象を、一層確実に防止することができる。

【0070】

あるいは又、本発明の第8の態様に係る半導体発光素子において、

第2化合物半導体層は、活性層と接した第2B化合物半導体層、及び、第2B化合物半導体層上に設けられた第2A化合物半導体層から成り、

第2B化合物半導体層を第2導電型とするための不純物は、第2B化合物半導体層にお

ける不純物の置換サイトが、第2 A化合物半導体層を第2 導電型とするための第2 A化合物半導体層における不純物の置換サイトと競合しない不純物から成り、且つ、第1化合物半導体層を第1 導電型とするための第1化合物半導体層における不純物の置換サイトと競合しない不純物から成る構成とすることができる。尚、この場合、第2 A化合物半導体層を第2 導電型とするための不純物は、第2 A化合物半導体層における不純物の置換サイトが、第3化合物半導体層を第1 導電型とするための第3化合物半導体層における不純物の置換サイトと競合する不純物から成る。

【0071】

ところで、第2 B化合物半導体層を用いる構成の場合、第2 B化合物半導体層と、この第2 B化合物半導体層の側面に接する第3化合物半導体層との関係においては、不純物の置換サイトが競合しない関係となる場合がある。そして、このような場合、先ず、この側面の部分で第2 B化合物半導体層と第3化合物半導体層との間における不純物の拡散が発生し、次いで、電流ブロック層を構成する第4化合物半導体層に不純物の拡散が及んでしまい、電流のリークパスが形成される虞がある。

【0072】

従って、このような場合、第3化合物半導体層の上に、第2 導電型を有する第5化合物半導体層が設けられており、

第5化合物半導体層を第2 導電型とするための不純物は、第5化合物半導体層における不純物の置換サイトが、第2化合物半導体層（又は、第2 A化合物半導体層）を第2 導電型とするための第2化合物半導体層（又は、第2 A化合物半導体層）における不純物の置換サイトと競合する不純物から成り、

第4化合物半導体層は第1化合物半導体層の側面と接しており、第5化合物半導体層は第2化合物半導体層の側面（少なくとも第2 A化合物半導体層の側面の一部、及び、第2 B化合物半導体層の側面の全て）と接している形態とすることができる。そして、このような構造を採用することで、不純物の置換サイトが互いに競合しない第2 B化合物半導体層と第4化合物半導体層とが接しなくなるので、不純物が拡散することを防止できる。ここで、この場合には、迂回経路は、第1化合物半導体層、第4化合物半導体層、第3化合物半導体層、第5化合物半導体層、及び、第2化合物半導体層（第2 B化合物半導体層及び第2 A化合物半導体層）から構成されており、pn接合界面は、第1化合物半導体層の側面/第4化合物半導体層、第4化合物半導体層/第3化合物半導体層、及び、第3化合物半導体層/第5化合物半導体層の3つである。

【0073】

あるいは又、このような場合、第2 B化合物半導体層から電流ブロック層内への不純物の拡散に起因した電流リークの発生を防止するために、電流ブロック層内に不純物拡散バリア層を設けることが望ましい。具体的には、第1 導電型を有する第3化合物半導体層に対して、不純物の置換サイトが異なる第1 導電型を有する第8化合物半導体層を「不純物拡散バリア層」として挿入すればよい。より具体的には、電流ブロック層を構成する第1 導電型を有する第3化合物半導体層内に、同じく第1 導電型を有する不純物拡散バリア層が少なくとも1層（例えば、第8化合物半導体層）、挿入され、第3化合物半導体層の不純物の置換サイトと、不純物拡散バリア層（例えば、不純物拡散バリア層が1層である場合、第8化合物半導体層）の不純物の置換サイトとが異なるように、不純物が選択されていればよい。そして、このような構成を採用することでも、電流ブロック層内を不純物が拡散することによって迂回経路に電流リークパスが形成される現象を、一層確実に防止することができる。

【0074】

本発明の第8の態様に係る半導体発光素子において、第1化合物半導体層、第2化合物半導体層、第4化合物半導体層及び第3化合物半導体層は、III-V族化合物半導体から成る。あるいは又、第1 A化合物半導体層、第1 B化合物半導体層、第2化合物半導体層、第4化合物半導体層及び第3化合物半導体層は、III-V族化合物半導体から成る。あるいは又、第1化合物半導体層、第2 B化合物半導体層、第2 A化合物半導体層、第

4 化合物半導体層及び第 3 化合物半導体層は、ⅢⅢⅢ - V 族化合物半導体から成る。

【0075】

そして、第 1 化合物半導体層における不純物の置換サイト、第 2 化合物半導体層における不純物の置換サイト、第 4 化合物半導体層における不純物の置換サイト、及び、第 3 化合物半導体層における不純物の置換サイトは、ⅢⅢⅢ 族原子が占めるサイトである構成とすることができる。便宜上、係る構成を『本発明の第 8 - A の態様に係る半導体発光素子』と呼ぶ。尚、第 4 化合物半導体層は第 1 化合物半導体層の側面と接しており、第 3 化合物半導体層は第 2 化合物半導体層の側面と接している形態とすることができる。

【0076】

ここで、本発明の第 8 - A の態様に係る半導体発光素子にあっては、

10

第 1 化合物半導体層及び第 3 化合物半導体層を第 1 導電型である n 型とするための不純物は、第ⅢⅤ族不純物であり、

第 2 化合物半導体層及び第 4 化合物半導体層を第 2 導電型である p 型とするための不純物は、第ⅢⅢ族不純物である構成とすることができる。便宜上、係る構成を『本発明の第 8 - A - 1 の態様に係る半導体発光素子』と呼ぶ。本発明の第 8 - A - 1 の態様に係る半導体発光素子にあっては、(第 1 化合物半導体層における不純物、第 2 化合物半導体層における不純物、第 4 化合物半導体層における不純物、第 3 化合物半導体層における不純物)の組合せは、 $2 \times 4 \times 4 \times 2$ の 64 通りである。

【0077】

あるいは又、本発明の第 8 - A の態様に係る半導体発光素子にあっては、

20

第 1 化合物半導体層及び第 3 化合物半導体層を第 1 導電型である p 型とするための不純物は、第ⅢⅢ族不純物であり、

第 2 化合物半導体層及び第 4 化合物半導体層を第 2 導電型である n 型とするための不純物は、第ⅢⅤ族不純物である構成とすることができる。便宜上、係る構成を『本発明の第 8 - A - 2 の態様に係る半導体発光素子』と呼ぶ。本発明の第 8 - A - 2 の態様に係る半導体発光素子にあっては、(第 1 化合物半導体層における不純物、第 2 化合物半導体層における不純物、第 4 化合物半導体層における不純物、第 3 化合物半導体層における不純物)の組合せは、 $4 \times 2 \times 2 \times 4$ の 64 通りである。

【0078】

あるいは又、第 1 化合物半導体層における不純物の置換サイト、第 2 化合物半導体層における不純物の置換サイト、第 4 化合物半導体層における不純物の置換サイト、及び、第 3 化合物半導体層における不純物の置換サイトは、Ⅴ族原子が占めるサイトである構成とすることができる。便宜上、係る構成を本発明の第 8 - a の態様に係る半導体発光素子と呼ぶ。尚、第 4 化合物半導体層は第 1 化合物半導体層の側面と接しており、第 3 化合物半導体層は第 2 化合物半導体層の側面と接している形態とすることができる。

30

【0079】

ここで、本発明の第 8 - a の態様に係る半導体発光素子にあっては、

第 1 化合物半導体層及び第 3 化合物半導体層を第 1 導電型である n 型とするための不純物は、第ⅤⅢ族不純物であり、

第 2 化合物半導体層及び第 4 化合物半導体層を第 2 導電型である p 型とするための不純物は、炭素(C)である構成とすることができる。便宜上、係る構成を本発明の第 8 - a - 1 の態様に係る半導体発光素子と呼ぶ。本発明の第 8 - a - 1 の態様に係る半導体発光素子にあっては、(第 1 化合物半導体層における不純物、第 2 化合物半導体層における不純物、第 4 化合物半導体層における不純物、第 3 化合物半導体層における不純物)の組合せは、 $3 \times 1 \times 1 \times 3$ の 9 通りである。

40

【0080】

あるいは又、本発明の第 8 - a の態様に係る半導体発光素子にあっては、

第 1 化合物半導体層及び第 3 化合物半導体層を第 1 導電型である p 型とするための不純物は、炭素(C)であり、

第 2 化合物半導体層及び第 4 化合物半導体層を第 2 導電型である n 型とするための不純

50

物は、第ⅤⅠ族不純物である構成とすることができる。便宜上、係る構成を本発明の第8 - a - 2の態様に係る半導体発光素子と呼ぶ。本発明の第8 - a - 2の態様に係る半導体発光素子にあつては、(第1化合物半導体層における不純物、第2化合物半導体層における不純物、第4化合物半導体層における不純物、第3化合物半導体層における不純物)の組合せは、 $1 \times 3 \times 3 \times 1$ の9通りである。

【0081】

あるいは又、第1A化合物半導体層における不純物の置換サイト、第2化合物半導体層における不純物の置換サイト、第4化合物半導体層における不純物の置換サイト、及び、第3化合物半導体層における不純物の置換サイトは、ⅢⅢⅢ族原子が占めるサイトであり、第1B化合物半導体層における不純物の置換サイトは、Ⅴ族原子が占めるサイトである構成とすることができる。便宜上、係る構成を本発明の第8 - Bの態様に係る半導体発光素子と呼ぶ。

10

【0082】

ここで、本発明の第8 - Bの態様に係る半導体発光素子にあつては、

第1A化合物半導体層及び第3化合物半導体層を第1導電型であるn型とするための不純物は、第ⅢⅤ族不純物であり、

第1B化合物半導体層を第1導電型であるn型とするための不純物は、第ⅤⅠ族不純物であり、

第2化合物半導体層及び第4化合物半導体層を第2導電型であるp型とするための不純物は、第ⅢⅢ族不純物である構成とすることができる。便宜上、係る構成を本発明の第8 - B - 1の態様に係る半導体発光素子と呼ぶ。本発明の第8 - B - 1の態様に係る半導体発光素子にあつては、(第1A化合物半導体層における不純物、第1B化合物半導体層における不純物、第2化合物半導体層における不純物、第4化合物半導体層における不純物、第3化合物半導体層における不純物)の組合せは、 $2 \times 3 \times 4 \times 4 \times 2$ の192通りである。

20

【0083】

尚、この場合、第4化合物半導体層の下に、第1導電型を有する第6化合物半導体層が設けられており、

第6化合物半導体層及び第1A化合物半導体層を第1導電型とするための不純物は、第ⅢⅤ族不純物であり、

30

第6化合物半導体層は第1化合物半導体層の側面(少なくとも第1A化合物半導体層の側面の一部、及び、第1B化合物半導体層の側面の全て)と接しており、第3化合物半導体層は第2化合物半導体層の側面と接している構成とすることができる。

【0084】

あるいは又、本発明の第8 - Bの態様に係る半導体発光素子にあつては、

第1A化合物半導体層及び第3化合物半導体層を第1導電型であるp型とするための不純物は、第ⅢⅢ族不純物であり、

第1B化合物半導体層を第1導電型であるp型とするための不純物は、炭素(C)であり、

第2化合物半導体層及び第4化合物半導体層を第2導電型であるn型とするための不純物は、第ⅢⅤ族不純物である構成とすることができる。便宜上、係る構成を本発明の第8 - B - 2の態様に係る半導体発光素子と呼ぶ。本発明の第8 - B - 2の態様に係る半導体発光素子にあつては、(第1A化合物半導体層における不純物、第1B化合物半導体層における不純物、第2化合物半導体層における不純物、第4化合物半導体層における不純物、第3化合物半導体層における不純物)の組合せは、 $4 \times 1 \times 2 \times 2 \times 4$ の64通りである。

40

【0085】

尚、この場合、第4化合物半導体層の下に、第1導電型を有する第6化合物半導体層が設けられており、

第6化合物半導体層及び第1A化合物半導体層を第1導電型とするための不純物は、第

50

ⅠⅠ族不純物であり、

第6化合物半導体層は第1化合物半導体層の側面（少なくとも第1A化合物半導体層の側面の一部、及び、第1B化合物半導体層の側面の全て）と接しており、第3化合物半導体層は第2化合物半導体層の側面と接している構成とすることができる。

【0086】

あるいは又、第1A化合物半導体層における不純物の置換サイト、第2化合物半導体層における不純物の置換サイト、第4化合物半導体層における不純物の置換サイト、及び、第3化合物半導体層における不純物の置換サイトは、Ⅴ族原子が占めるサイトであり、第1B化合物半導体層における不純物の置換サイトは、ⅠⅠⅠ族原子が占めるサイトである構成とすることができる。便宜上、係る構成を本発明の第8-bの態様に係る半導体発光素子と呼ぶ。

10

【0087】

ここで、本発明の第8-bの態様に係る半導体発光素子にあっては、

第1A化合物半導体層及び第3化合物半導体層を第1導電型であるn型とするための不純物は、第ⅤⅠ族不純物であり、

第1B化合物半導体層を第1導電型であるn型とするための不純物は、第ⅠⅤ族不純物であり、

第2化合物半導体層及び第4化合物半導体層を第2導電型であるp型とするための不純物は、炭素（C）である構成とすることができる。便宜上、係る構成を本発明の第8-b-1の態様に係る半導体発光素子と呼ぶ。本発明の第8-b-1の態様に係る半導体発光素子にあっては、（第1A化合物半導体層における不純物、第1B化合物半導体層における不純物、第2化合物半導体層における不純物、第4化合物半導体層における不純物、第3化合物半導体層における不純物）の組合せは、 $3 \times 2 \times 1 \times 1 \times 3$ の18通りである。

20

【0088】

尚、この場合、第4化合物半導体層の下に、第1導電型を有する第6化合物半導体層が設けられており、

第6化合物半導体層及び第1A化合物半導体層を第1導電型とするための不純物は、第ⅤⅠ族不純物であり、

第6化合物半導体層は第1化合物半導体層の側面（少なくとも第1A化合物半導体層の側面の一部、及び、第1B化合物半導体層の側面の全て）と接しており、第3化合物半導体層は第2化合物半導体層の側面と接している構成とすることができる。

30

【0089】

あるいは又、本発明の第8-bの態様に係る半導体発光素子にあっては、

第1A化合物半導体層及び第3化合物半導体層を第1導電型であるp型とするための不純物は、炭素（C）であり、

第1B化合物半導体層を第1導電型であるp型とするための不純物は、第ⅠⅠ族不純物であり、

第2化合物半導体層及び第4化合物半導体層を第2導電型であるn型とするための不純物は、第ⅤⅠ族不純物である構成とすることができる。便宜上、係る構成を本発明の第8-b-2の態様に係る半導体発光素子と呼ぶ。本発明の第8-b-2の態様に係る半導体発光素子にあっては、（第1A化合物半導体層における不純物、第1B化合物半導体層における不純物、第2化合物半導体層における不純物、第4化合物半導体層における不純物、第3化合物半導体層における不純物）の組合せは、 $1 \times 4 \times 3 \times 3 \times 1$ の36通りである。

40

【0090】

尚、この場合、第4化合物半導体層の下に、第1導電型を有する第6化合物半導体層が設けられており、

第6化合物半導体層及び第1A化合物半導体層を第1導電型とするための不純物は、炭素（C）であり、

第6化合物半導体層は第1化合物半導体層の側面（少なくとも第1A化合物半導体層の

50

側面の一部、及び、第 1 B 化合物半導体層の側面の全て)と接しており、第 3 化合物半導体層は第 2 化合物半導体層の側面と接している構成とすることができる。

【 0 0 9 1 】

あるいは又、第 1 化合物半導体層における不純物の置換サイト、第 2 A 化合物半導体層における不純物の置換サイト、第 4 化合物半導体層における不純物の置換サイト、及び、第 3 化合物半導体層における不純物の置換サイトは、ⅢⅢ族原子が占めるサイトであり、第 2 B 化合物半導体層における不純物の置換サイトは、Ⅴ族原子が占めるサイトである構成とすることができる。便宜上、係る構成を本発明の第 8 - C の態様に係る半導体発光素子と呼ぶ。

【 0 0 9 2 】

ここで、本発明の第 8 - C の態様に係る半導体発光素子にあっては、

第 1 化合物半導体層及び第 3 化合物半導体層を第 1 導電型である n 型とするための不純物は、第ⅠⅤ族不純物であり、

第 2 A 化合物半導体層及び第 4 化合物半導体層を第 2 導電型である p 型とするための不純物は、第ⅢⅢ族不純物であり、

第 2 B 化合物半導体層を第 2 導電型である p 型とするための不純物は、炭素 (C) である構成とすることができる。便宜上、係る構成を本発明の第 8 - C - 1 の態様に係る半導体発光素子と呼ぶ。本発明の第 8 - C - 1 の態様に係る半導体発光素子にあっては、(第 1 化合物半導体層における不純物、第 2 A 化合物半導体層における不純物、第 2 B 化合物半導体層における不純物、第 4 化合物半導体層における不純物、第 3 化合物半導体層における不純物) の組合せは、 $2 \times 4 \times 1 \times 4 \times 2$ の 6 4 通りである。

【 0 0 9 3 】

尚、この場合、第 3 化合物半導体層の上に、第 2 導電型を有する第 5 化合物半導体層が設けられており、

第 5 化合物半導体層及び第 2 A 化合物半導体層を第 2 導電型とするための不純物は、第ⅢⅢ族不純物であり、

第 5 化合物半導体層は第 2 化合物半導体層の側面 (少なくとも第 2 A 化合物半導体層の側面の一部、及び、第 2 B 化合物半導体層の側面の全て) と接しており、第 4 化合物半導体層は第 1 化合物半導体層の側面と接している構成とすることができる。

【 0 0 9 4 】

あるいは又、本発明の第 8 - C の態様に係る半導体発光素子にあっては、

第 1 化合物半導体層及び第 3 化合物半導体層を第 1 導電型である p 型とするための不純物は、第ⅢⅢ族不純物であり、

第 2 A 化合物半導体層及び第 4 化合物半導体層を第 2 導電型である n 型とするための不純物は、第ⅠⅤ族不純物であり、

第 2 B 化合物半導体層を第 2 導電型である n 型とするための不純物は、第ⅤⅢ族不純物である構成とすることができる。便宜上、係る構成を本発明の第 8 - C - 2 の態様に係る半導体発光素子と呼ぶ。本発明の第 8 - C - 2 の態様に係る半導体発光素子にあっては、(第 1 化合物半導体層における不純物、第 2 A 化合物半導体層における不純物、第 2 B 化合物半導体層における不純物、第 4 化合物半導体層における不純物、第 3 化合物半導体層における不純物) の組合せは、 $4 \times 2 \times 3 \times 2 \times 4$ の 1 9 2 通りである。

【 0 0 9 5 】

尚、この場合、第 3 化合物半導体層の上に、第 2 導電型を有する第 5 化合物半導体層が設けられており、

第 5 化合物半導体層及び第 2 A 化合物半導体層を第 2 導電型とするための不純物は、第ⅠⅤ族不純物であり、

第 5 化合物半導体層は第 2 化合物半導体層の側面 (少なくとも第 2 A 化合物半導体層の側面の一部、及び、第 2 B 化合物半導体層の側面の全て) と接しており、第 4 化合物半導体層は第 1 化合物半導体層の側面と接している構成とすることができる。

【 0 0 9 6 】

あるいは又、第 1 化合物半導体層における不純物の置換サイト、第 2 A 化合物半導体層における不純物の置換サイト、第 4 化合物半導体層における不純物の置換サイト、及び、第 3 化合物半導体層における不純物の置換サイトは、V 族原子が占めるサイトであり、第 2 B 化合物半導体層における不純物の置換サイトは、III 族原子が占めるサイトである構成とすることができる。便宜上、係る構成を本発明の第 8 - c の態様に係る半導体発光素子と呼ぶ。

【0097】

ここで、本発明の第 8 - c の態様に係る半導体発光素子にあつては、

第 1 化合物半導体層及び第 3 化合物半導体層を第 1 導電型である n 型とするための不純物は、第 VI 族不純物であり、

10

第 2 A 化合物半導体層及び第 4 化合物半導体層を第 2 導電型である p 型とするための不純物は、炭素 (C) であり、

第 2 B 化合物半導体層を第 2 導電型である p 型とするための不純物は、第 III 族不純物である構成とすることができる。便宜上、係る構成を本発明の第 8 - c - 1 の態様に係る半導体発光素子と呼ぶ。本発明の第 8 - c - 1 の態様に係る半導体発光素子にあつては、(第 1 化合物半導体層における不純物、第 2 A 化合物半導体層における不純物、第 2 B 化合物半導体層における不純物、第 4 化合物半導体層における不純物、第 3 化合物半導体層における不純物) の組合せは、 $3 \times 1 \times 4 \times 1 \times 3$ の 36 通りである。

【0098】

尚、この場合、第 3 化合物半導体層の上に、第 2 導電型を有する第 5 化合物半導体層が設けられており、

20

第 5 化合物半導体層及び第 2 A 化合物半導体層を第 2 導電型とするための不純物は、炭素 (C) であり、

第 5 化合物半導体層は第 2 化合物半導体層の側面 (少なくとも第 2 A 化合物半導体層の側面の一部、及び、第 2 B 化合物半導体層の側面の全て) と接しており、第 4 化合物半導体層は第 1 化合物半導体層の側面と接している構成とすることができる。

【0099】

あるいは又、本発明の第 8 - c 態様に係る半導体発光素子にあつては、

第 1 化合物半導体層及び第 3 化合物半導体層を第 1 導電型である p 型とするための不純物は、炭素 (C) であり、

30

第 2 A 化合物半導体層及び第 4 化合物半導体層を第 2 導電型である n 型とするための不純物は、第 VI 族不純物であり、

第 2 B 化合物半導体層を第 2 導電型である n 型とするための不純物は、第 IV 族不純物である構成とすることができる。便宜上、係る構成を本発明の第 8 - c - 2 の態様に係る半導体発光素子と呼ぶ。本発明の第 8 - c - 2 の態様に係る半導体発光素子にあつては、(第 1 化合物半導体層における不純物、第 2 A 化合物半導体層における不純物、第 2 B 化合物半導体層における不純物、第 4 化合物半導体層における不純物、第 3 化合物半導体層における不純物) の組合せは、 $1 \times 3 \times 2 \times 3 \times 1$ の 9 通りである。

【0100】

尚、この場合、第 3 化合物半導体層の上に、第 2 導電型を有する第 5 化合物半導体層が設けられており、

40

第 5 化合物半導体層及び第 2 A 化合物半導体層を第 2 導電型とするための不純物は、第 VI 族不純物であり、

第 5 化合物半導体層は第 2 化合物半導体層の側面 (少なくとも第 2 A 化合物半導体層の側面の一部、及び、第 2 B 化合物半導体層の側面の全て) と接しており、第 4 化合物半導体層は第 1 化合物半導体層の側面と接している構成とすることができる。

【0101】

あるいは又、本発明の第 8 の態様に係る半導体発光素子にあつては、電流ブロック層を構成する第 4 化合物半導体層と第 3 化合物半導体層との間に、複数の化合物半導体層を設けてもよい。即ち、第 4 化合物半導体層と第 3 化合物半導体層との間には、更に、少なく

50

とも、第1導電型を有する化合物半導体層及び第2導電型を有する化合物半導体層の2層の化合物半導体層が順次積層されている構成とすることもできる。具体的には、第1導電型をn型、第2導電型をp型とした場合、電流ブロック層を、p型第4化合物半導体層、n型化合物半導体層、p型化合物半導体層、n型第3化合物半導体層といった4層積層構造から構成してもよいし、p型第4化合物半導体層、n型化合物半導体層、p型化合物半導体層、n型化合物半導体層、p型化合物半導体層、n型第3化合物半導体層といった6層積層構造から構成してもよいし、p型第4化合物半導体層、n型化合物半導体層、p型化合物半導体層、n型化合物半導体層、p型化合物半導体層、n型化合物半導体層、p型化合物半導体層、n型第3化合物半導体層といった8層積層構造から構成してもよい。尚、このような積層構造を、p型第4化合物半導体層、(n型化合物半導体層, p型化合物半導体層)_m、n型第3化合物半導体層(但し、 $m = 1, 2, 3 \cdots$)と表現する場合がある。あるいは又、具体的には、第1導電型をp型、第2導電型をn型とした場合、電流ブロック層を、n型第4化合物半導体層、(p型化合物半導体層, n型化合物半導体層)_m、p型第3化合物半導体層(但し、 $m = 1, 2, 3 \cdots$)といった積層構造から構成してもよい。このように、電流ブロック層を多層構造とすることで、たとえ発光部と電流ブロック層との相対的な位置ズレが発生したとしても、迂回経路に電流リークパスが形成される現象を一層確実に防止することができる。尚、電流ブロック層を多層構造とする場合にあっては、電流ブロック層の厚さは増加させないことが望ましく、電流ブロック層を構成する化合物半導体層のpn界面(あるいはnp界面)が少なくとも1つ以上、活性層の側面と接触していることが一層望ましく、電流ブロック層を構成する化合物半導体層1層当たりの発光部の側面との接触面積が減少する結果、電気抵抗値が増加するので、漏れ電流がより一層抑制され、光出力の改善を図ることができる。

【0102】

更に、電流ブロック層を構成する化合物半導体層の1層当たりの発光部の側面との接触面に関して、より望ましい形態として、電流ブロック層を構成する化合物半導体層の1層当たりの接触面の幅(発光部の側面の上下方向に沿った接触面の長さ)を、第1化合物半導体層(あるいは第1B化合物半導体層)と第2化合物半導体層(あるいは第2B化合物半導体層)とによって挟まれている活性層の総膜厚の幅(発光部の側面の上下方向に沿った活性層の長さ)以下とすることが望ましい。あるいは又、活性層が量子井戸構造を有する場合、電流ブロック層を構成する化合物半導体層の1層当たりの接触面の幅を、量子井戸構造を構成する井戸層1層の幅(発光部の側面の上下方向に沿った井戸層の長さ)以下とすることが望ましい。このような形態は、電流ブロック層を構成する各化合物半導体層の膜厚を非常に薄くする必要に迫られるため、従来の技術にあっては、先に説明したとおり、n型化合物半導体層/p型化合物半導体層(あるいはp型化合物半導体層/n型化合物半導体層)界面における不純物の相互拡散による導電型の中和によって、{311}B面やより高次の結晶面で構成される電流ブロック層の一部が、消滅してしまったり、逆に、異常に厚くなってしまったりするといった問題があった。然るに、本発明の半導体発光素子にあっては、電流ブロック層を構成する各化合物半導体層において所望の導電型を得る際、不純物の置換サイトの競合関係を考慮した組み合わせを電流リーク抑制の視点から総合的に判断することにより、電流ブロック層を構成する各化合物半導体層の膜厚を非常に薄くした場合においても、不純物の相互拡散による導電型の中和を抑制して、電流ブロック層自身の電流ブロック品質を高め、更には、発光部の側面のリーク電流を確実に抑制する構造を実現することが可能になった。

【0103】

上記の第2の目的を達成するための本発明の第9の態様に係る半導体発光素子は、

(A) 第1導電型を有する第1化合物半導体層、活性層、及び、第2導電型を有する第2化合物半導体層が順次積層された積層構造体から構成された発光部、並びに、

(B) 発光部の側面に接して設けられた電流ブロック層、
を備えており、

電流ブロック層は、第1導電型を有する第3化合物半導体層、及び、第2導電型を有し

、第3化合物半導体層に接した第4化合物半導体層から構成されており、
第4化合物半導体層は、第3化合物半導体層側から、少なくとも、第4A化合物半導体層、第4B化合物半導体層及び第4C化合物半導体層の3層構造を有し、
少なくとも第4B化合物半導体層は、活性層の側面に接しており、
第4A化合物半導体層及び第4C化合物半導体層における不純物の置換サイトは、II族原子が占めるサイトであり、
第4B化合物半導体層における不純物は、炭素(C)である。尚、第4B化合物半導体層は、その一部又は全部が活性層の側面に接している。

【0104】

上記の第2の目的を達成するための本発明の第10の態様に係る半導体発光素子は、
(A)第1導電型を有する第1化合物半導体層、活性層、及び、第2導電型を有する第2化合物半導体層が順次積層された積層構造体から構成された発光部、並びに、
(B)発光部の側面に接して設けられた電流ブロック層、
を備えており、

10

電流ブロック層は、第1導電型を有する第3化合物半導体層、及び、第2導電型を有し、
第3化合物半導体層に接した第4化合物半導体層から構成されており、
第4化合物半導体層における不純物は、III族原子が占めるサイトを置換サイトとする不純物、及び、炭素(C)から成る。尚、本発明の第10の態様に係る半導体発光素子における第4化合物半導体層は、言い換えれば、III族原子が占めるサイトを置換サイトとする不純物、及び、炭素(C)が不純物としてコ・ドープされている。

20

【0105】

上記の第2の目的を達成するための本発明の第11の態様に係る半導体発光素子は、
(A)第1導電型を有する第1化合物半導体層、活性層、及び、第2導電型を有する第2化合物半導体層が順次積層された積層構造体から構成された発光部、並びに、
(B)発光部の側面に接して設けられた電流ブロック層、
を備えており、

電流ブロック層は、第1導電型を有する第3化合物半導体層、及び、第2導電型を有し、
第3化合物半導体層に接した第4化合物半導体層から構成されており、
第4化合物半導体層は、第3化合物半導体層側から、少なくとも、第4A化合物半導体層、第4B化合物半導体層及び第4C化合物半導体層の3層構造を有し、
少なくとも第4B化合物半導体層は、活性層の側面に接しており、

30

第4A化合物半導体層及び第4C化合物半導体層における不純物の置換サイトは、V族原子が占めるサイトであり、
第4B化合物半導体層における不純物は、ケイ素(Si)である。尚、第4B化合物半導体層は、その一部又は全部が活性層の側面に接している。

【0106】

上記の第2の目的を達成するための本発明の第12の態様に係る半導体発光素子は、
(A)第1導電型を有する第1化合物半導体層、活性層、及び、第2導電型を有する第2化合物半導体層が順次積層された積層構造体から構成された発光部、並びに、
(B)発光部の側面に接して設けられた電流ブロック層、
を備えており、

40

電流ブロック層は、第1導電型を有する第3化合物半導体層、及び、第2導電型を有し、
第3化合物半導体層に接した第4化合物半導体層から構成されており、
第4化合物半導体層における不純物は、V族原子が占めるサイトを置換サイトとする不純物、及び、ケイ素(Si)から成る。尚、本発明の第12の態様に係る半導体発光素子における第4化合物半導体層は、言い換えれば、V族原子が占めるサイトを置換サイトとする不純物、及び、ケイ素(Si)が不純物としてコ・ドープされている。

【0107】

上記の第2の目的を達成するための本発明の第13の態様に係る半導体発光素子は、
(A)第1導電型を有する第1化合物半導体層、活性層、及び、第2導電型を有する第

50

2 化合物半導体層が順次積層された積層構造体から構成された発光部、並びに、

(B) 発光部の側面に接して設けられた電流ブロック層、
を備えており、

電流ブロック層は、第1導電型を有する第3化合物半導体層、及び、第2導電型を有し、第3化合物半導体層に接した第4化合物半導体層から構成されており、

第3化合物半導体層は、第4化合物半導体層側から、少なくとも、第3A化合物半導体層、第3B化合物半導体層及び第3C化合物半導体層の3層構造を有し、

少なくとも第3B化合物半導体層は、活性層の側面に接しており、

第3A化合物半導体層及び第3C化合物半導体層における不純物の置換サイトは、V族原子が占めるサイトであり、

第3B化合物半導体層における不純物は、ケイ素(Si)である。尚、第3B化合物半導体層は、その一部又は全部が活性層の側面に接している。

【0108】

上記の第2の目的を達成するための本発明の第14の態様に係る半導体発光素子は、

(A) 第1導電型を有する第1化合物半導体層、活性層、及び、第2導電型を有する第2化合物半導体層が順次積層された積層構造体から構成された発光部、並びに、

(B) 発光部の側面に接して設けられた電流ブロック層、
を備えており、

電流ブロック層は、第1導電型を有する第3化合物半導体層、及び、第2導電型を有し、第3化合物半導体層に接した第4化合物半導体層から構成されており、

第3化合物半導体層における不純物は、V族原子が占めるサイトを置換サイトとする不純物、及び、ケイ素(Si)から成る。尚、本発明の第14の態様に係る半導体発光素子における第3化合物半導体層は、言い換えれば、V族原子が占めるサイトを置換サイトとする不純物、及び、ケイ素(Si)が不純物としてコ・ドープされている。

【0109】

上記の第2の目的を達成するための本発明の第15の態様に係る半導体発光素子は、

(A) 第1導電型を有する第1化合物半導体層、活性層、及び、第2導電型を有する第2化合物半導体層が順次積層された積層構造体から構成された発光部、並びに、

(B) 発光部の側面に接して設けられた電流ブロック層、
を備えており、

電流ブロック層は、第1導電型を有する第3化合物半導体層、及び、第2導電型を有し、第3化合物半導体層に接した第4化合物半導体層から構成されており、

第3化合物半導体層は、第4化合物半導体層側から、少なくとも、第3A化合物半導体層、第3B化合物半導体層及び第3C化合物半導体層の3層構造を有し、

少なくとも第3B化合物半導体層は、活性層の側面に接しており、

第3A化合物半導体層及び第3C化合物半導体層における不純物の置換サイトは、III族原子が占めるサイトであり、

第3B化合物半導体層における不純物は、炭素(C)である。尚、第3B化合物半導体層は、その一部又は全部が活性層の側面に接している。

【0110】

上記の第2の目的を達成するための本発明の第16の態様に係る半導体発光素子は、

(A) 第1導電型を有する第1化合物半導体層、活性層、及び、第2導電型を有する第2化合物半導体層が順次積層された積層構造体から構成された発光部、並びに、

(B) 発光部の側面に接して設けられた電流ブロック層、
を備えており、

電流ブロック層は、第1導電型を有する第3化合物半導体層、及び、第2導電型を有し、第3化合物半導体層に接した第4化合物半導体層から構成されており、

第3化合物半導体層における不純物は、III族原子が占めるサイトを置換サイトとする不純物、及び、炭素(C)から成る。尚、本発明の第16の態様に係る半導体発光素子における第3化合物半導体層は、言い換えれば、III族原子が占めるサイトを置換サイ

10

20

30

40

50

トとする不純物、及び、炭素（C）が不純物としてコ・ドープされている。

【0111】

以上に説明した各種の好ましい構成、形態を含む本発明の第1の態様～第16の態様に係る半導体発光素子にあっては、積層構造体の対向する側面は{111}B面から構成されていることが好ましい。そして、この場合、発光部は、基板の発光部形成領域に形成されており；基板の発光部形成領域は、{100}面から成る基板の主面に形成され、略{110}A結晶面方向に延び、頂面が{100}面である突起部から構成されている構成とすることができる。そして、更には、第3化合物半導体層は、発光部の側面から延びる{311}B結晶面領域；基板の主面に沿って延びる{100}結晶面領域、及び；{311}B結晶面領域と{100}結晶面領域との間に位置する{h11}B結晶面領域（但し、hは4以上の整数）から構成されている形態とすることができ、あるいは又、第4化合物半導体層は、発光部の側面から延びる{311}B結晶面領域；基板の主面に沿って延びる{100}結晶面領域、及び；{311}B結晶面領域と{100}結晶面領域との間に位置する{h11}B結晶面領域（但し、hは4以上の整数）から構成されている形態とすることができる。

10

【0112】

以上に説明した各種の好ましい構成、形態を含む本発明の第1の態様～第16の態様に係る半導体発光素子（以下、これらを総称して、単に、『本発明の半導体発光素子』と呼ぶ場合がある）にあっては、基板として、Ga_{0.9}N_{0.1}基板、Ga_{0.9}P_{0.1}基板、Ga_{0.9}As_{0.1}基板、Al_{0.9}N_{0.1}基板、Al_{0.9}P_{0.1}基板、In_{0.9}N_{0.1}基板、In_{0.9}P_{0.1}基板、Al_{0.9}Ga_{0.1}In_{0.9}N_{0.1}基板、Al_{0.9}Ga_{0.1}N_{0.9}基板、Al_{0.9}In_{0.1}N_{0.9}基板、Ga_{0.9}In_{0.1}N_{0.9}基板、Al_{0.9}Ga_{0.1}In_{0.9}P_{0.1}基板、Al_{0.9}Ga_{0.1}P_{0.9}基板、Al_{0.9}In_{0.1}P_{0.9}基板、Ga_{0.9}In_{0.1}P_{0.9}基板、ZnS基板を例示することができ、特に、閃亜鉛鉱（ジंक・ブレンド）型の結晶構造を有する基板あるいは結晶膜が形成された基板を用いることが好ましい。尚、ジंक・ブレンド型の結晶構造を有する基板を構成する原子として、少なくとも、As、SbあるいはBi等を挙げることができ、この原子が添加、ひいては混晶として含まれている基板を用いることが一層好ましい。更には、これらの基板の表面（主面）に下地層やバッファ層が形成されたものを基板として挙げることもできる。また、これらの基板を用いた結晶成長においても、少なくとも、As、Sb、Biの内の1つを、V族材料として添加し、あるいは、混晶として用いることが好ましい。そして、これによって、III族原子がマイグレーションし難い結晶成長条件の設定が容易となり、V族トリマーを{111}B面の最表面に形成することが可能となり、{111}B面を非成長面化することが可能となる。

20

30

【0113】

また、本発明の半導体発光素子にあっては、活性層を含む各種化合物半導体層として、例えば、GaInNAs系化合物半導体（GaInAs混晶あるいはGa_{0.9}N_{0.1}As混晶を含む）、AlGaInP系化合物半導体、AlGaInAs系化合物半導体、GaInAs系化合物半導体、GaInAsP系化合物半導体、GaInP系化合物半導体、GaP系化合物半導体、InP系化合物半導体を例示することができる。活性層を含む各種化合物半導体層の形成方法（成膜方法）として、有機金属化学的気相成長法（MOCVD法、MOVPE法）や有機金属分子線エピタキシー法（MOMBE法）、ハロゲンが輸送あるいは反応に寄与するハイドライド気相成長法（HVPE法）を挙げることができる。また、半導体発光素子として、半導体レーザや発光ダイオード（LED）を挙げることができる。

40

【発明の効果】

【0114】

本発明の第1の態様に係る半導体発光素子にあっては、電流ブロック層を構成する第3化合物半導体層を第1導電型とするための不純物は、第3化合物半導体層における不純物の置換サイトが、第4化合物半導体層を第2導電型とするための第4化合物半導体層における不純物の置換サイトと競合する不純物から成る。従って、電流ブロック層を構成するn型化合物半導体層とp型化合物半導体層との間で不純物相互拡散が生じ難く、その結果

50

、電流ブロック層が消滅したり、あるいは又、電流ブロック層が薄くなったりして、電流ブロック層の効果が安定せず、漏れ電流が増加するといった問題の発生を回避することができる。また、第1化合物半導体層を第1導電型とするための不純物は、第1化合物半導体層における不純物の置換サイトが、第2化合物半導体層を第2導電型とするための第2化合物半導体層における不純物の置換サイトと競合しない不純物から成るので、第1化合物半導体層と第2化合物半導体層との間での意図的な不純物相互拡散により設計されるpn接合制御が、各層不純物の濃度調整やドーピング位置調整によって細かく設計し易くなるため、発光特性の向上を図ることができる。

【0115】

本発明の第2の態様に係る半導体発光素子にあっては、第1化合物半導体層を第1導電型とするための不純物は、第3化合物半導体層を第1導電型とするための不純物とは異なる。また、本発明の第3の態様に係る半導体発光素子にあっては、第2化合物半導体層を第2導電型とするための不純物は、第4化合物半導体層を第2導電型とするための不純物とは異なる。更には、本発明の第4の態様に係る半導体発光素子にあっては、第1化合物半導体層を第1導電型であるn型とするための不純物は第ⅤⅠ族不純物であり、第3化合物半導体層を第1導電型であるn型とするための不純物は第ⅠⅤ族不純物である。また、本発明の第5の態様に係る半導体発光素子にあっては、第2化合物半導体層を第2導電型であるp型とするための不純物は第ⅠⅠ族不純物であり、第4化合物半導体層を第2導電型であるp型とするための不純物は炭素(C)である。更には、本発明の第6の態様に係る半導体発光素子にあっては、第1化合物半導体層を第1導電型であるp型とするための不純物は第ⅠⅠ族不純物であり、第3化合物半導体層を第1導電型であるp型とするための不純物は炭素(C)である。また、本発明の第7の態様に係る半導体発光素子にあっては、第2化合物半導体層を第2導電型であるn型とするための不純物は第ⅤⅠ族不純物であり、第4化合物半導体層を第2導電型であるn型とするための不純物は第ⅠⅤ族不純物である。そして、これらの構成、構造を採用することで、電流ブロック層を構成するn型化合物半導体層とp型化合物半導体層との間で不純物相互拡散が生じ難い構成、構造を達成することが可能となり、その結果、電流ブロック層が消滅したり、あるいは又、電流ブロック層が薄くなったりして、電流ブロック層の効果が安定せず、漏れ電流が増加するといった問題の発生を回避することができる。

【0116】

更には、本発明の第8の態様に係る半導体発光素子にあっては、第1化合物半導体層、電流ブロック層、及び、第2化合物半導体層を通る迂回経路を想定したとき、各化合物半導体層の界面から構成されたpn接合界面が迂回経路内に少なくとも3つ、存在し、しかも、各化合物半導体層を所定の導電型とするための不純物は、その化合物半導体層における不純物の置換サイトが、隣接する化合物半導体層を所定の導電型とするための係る隣接する化合物半導体層における不純物の置換サイトと競合する不純物から成る。従って、電流ブロック層を構成するn型化合物半導体層とp型化合物半導体層との間で不純物相互拡散が生じ難く、加えて、電流ブロック層を構成するn型化合物半導体層やp型化合物半導体層と、発光部を構成するp型化合物半導体層やn型化合物半導体層との間で不純物相互拡散が生じ難く、その結果、電流ブロック層が消滅したり、あるいは又、電流ブロック層が薄くなったりして、電流ブロック層の効果が安定せず、漏れ電流が増加するといった問題の発生を回避することができる。

【0117】

また、本発明の第9の態様、第11の態様、第13の態様、第15の態様に係る半導体発光素子にあっては、少なくとも3層構成の第3化合物半導体層、あるいは、少なくとも3層構成の第4化合物半導体層を有しており、活性層の側面と接する第3B化合物半導体層あるいは第4B化合物半導体層には、比較的拡散し難い不純物である炭素(C)あるいはケイ素(Si)が含まれている。従って、活性層の側面と接する化合物半導体層から活性層への不純物の拡散を減少させることが可能となる。一方、本発明の第10の態様、第12の態様、第14の態様、第16の態様に係る半導体発光素子にあっては、比較的拡散

し難い不純物である炭素（C）あるいはケイ素（Si）が不純物としてコ・ドープされた化合物半導体層から成る第3化合物半導体層あるいは第4化合物半導体層を備えている。従って、活性層の側面と接する化合物半導体層から活性層への不純物の拡散を減少させることが可能となる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0118】

以下、図面を参照して、実施例に基づき本発明を説明する。

【実施例1】

【0119】

実施例1は、本発明の第1の態様（より具体的には、第1-A-1の態様）、本発明の第2の態様（より具体的には第2-Aの態様）、及び、本発明の第4の態様に係る半導体発光素子に関する。

10

【0120】

実施例1、あるいは、後述する実施例2～実施例25においては、セレン（Se）、テルル（Te）及びイオウ（S）から成る群から選択された少なくとも1種類の不純物（第VI族不純物）として、具体的には、セレン（Se）を使用し、ケイ素（Si）及び錫（Sn）から成る群から選択された少なくとも1種類の不純物（第IV族不純物）として、具体的には、ケイ素（Si）を使用し、亜鉛（Zn）、マグネシウム（Mg）、ベリリウム（Be）及びマンガン（Mn）から成る群から選択された少なくとも1種類の不純物（第II族不純物）として、具体的には、亜鉛（Zn）を使用するが、これらに限定するものではない。

20

【0121】

また、実施例1、あるいは、後述する実施例2～実施例25における半導体発光素子は、半導体レーザ、より具体的には、SDH型半導体レーザから構成されている。

【0122】

ここで、実施例1の半導体発光素子は、図1の（A）に概念図を示し、模式的な一部断面図を図23の（A）に示し、拡大された模式的な一部断面図を図23の（B）に示すように、本発明の第1の態様に沿って表せば、

（A）第1導電型（実施例1にあつては、n型）を有する第1化合物半導体層21、活性層23、及び、第2導電型（実施例1にあつては、p型）を有する第2化合物半導体層22A、22Bが順次積層された積層構造体から構成された発光部20、並びに、

30

（B）発光部20の側面に接して設けられた電流ブロック層40、を備えており、

電流ブロック層40は、第1導電型（n型）を有する第3化合物半導体層43、及び、第2導電型（p型）を有し、第3化合物半導体層43に接した第4化合物半導体層44から構成されている半導体発光素子である。図面の簡素化のため、図面においては第2化合物半導体層22A、22Bを纏めて1層（第2化合物半導体層22）で表した。

【0123】

尚、図1乃至図22のそれぞれにおける（A）及び（B）にあつては、「化合物半導体層」を単に「層」と表現した。即ち、例えば、第1層とは、第1化合物半導体層を意味する。ここで、図23の（B）に示した例にあつては、第4化合物半導体層44の上に第3化合物半導体層43が形成されている。そして、第4化合物半導体層44（p型）とその上の第3化合物半導体層43（n型）とのpn接合界面は、{311}B結晶面に沿って延びており、その端部が発光部20（特に、活性層23の側面）で接することで、新たな接合界面が2つ形成される。即ち、第2化合物半導体層22A、22B/第3化合物半導体層43のpn接合界面、第3化合物半導体層43/第4化合物半導体層44のnp接合界面、第4化合物半導体層44/第1化合物半導体層21のpn接合界面といった、pn-pn接合構造から構成された電流経路が形成され、電流ブロック構造として望ましい設計である。

40

【0124】

50

一方、このような積層構造とは逆に、第3化合物半導体層43(n型)と第4化合物半導体層44(p型)との位置関係を逆に形成してもよい。そして、この場合には、第4化合物半導体層44(p型)とその下の第3化合物半導体層43(n型)とのpn接合界面は、{311}B結晶面に沿って延びており、その端部が発光部20(特に、活性層23の側面)で接することで、新たな接合界面が2つ形成される。即ち、第2化合物半導体層22A, 22B/第4化合物半導体層44のpp接合界面、第4化合物半導体層44/第3化合物半導体層43のpn接合界面、第3化合物半導体層43/第1化合物半導体層21のnn接合界面である。このように、第2化合物半導体層22A, 22B/第4化合物半導体層44/第3化合物半導体層43/第1化合物半導体層21によって、ppnn接合構造となってしまうが、電流ブロック層40と発光部20との接合面積(特に、nn接合面積)を減らすことにより、接触面における抵抗を増大させ、電流ブロック構造として望ましい設計にすることが可能になる。

10

【0125】

そして、第1化合物半導体層21を第1導電型(n型)とするための不純物は、第1化合物半導体層21における不純物の置換サイトが、第2化合物半導体層22A, 22Bを第2導電型(p型)とするための第2化合物半導体層22A, 22Bにおける不純物の置換サイトと競合しない不純物から成る。また、第3化合物半導体層43を第1導電型(n型)とするための不純物は、第3化合物半導体層43における不純物の置換サイトが、第3化合物半導体層43と接する第4化合物半導体層44を第2導電型(p型)とするための第4化合物半導体層44における不純物の置換サイトと競合する不純物から成る。

20

【0126】

具体的には、本発明の第1-A-1の態様に沿って表せば、実施例1の半導体発光素子にあっては、

第1化合物半導体層21、第2化合物半導体層22A, 22B、第3化合物半導体層43及び第4化合物半導体層44は、III-V族化合物半導体から成り、

第1化合物半導体層21における不純物の置換サイトは、V族原子が占めるサイトであり、

第2化合物半導体層22A, 22Bにおける不純物の置換サイトは、III族原子が占めるサイトであり、

第3化合物半導体層43における不純物の置換サイト、及び、第4化合物半導体層44における不純物の置換サイトは、III族原子が占めるサイトである。

30

【0127】

あるいは又、実施例1の半導体発光素子は、本発明の第2の態様に沿って表せば、

(A)第1導電型(n型)を有する第1化合物半導体層21、活性層23、及び、第2導電型(p型)を有する第2化合物半導体層22A, 22Bが順次積層された積層構造体から構成された発光部20、並びに、

(B)発光部20の側面に接して設けられた電流ブロック層40、を備えている。

【0128】

そして、

40

電流ブロック層40は、第1導電型(n型)を有する第3化合物半導体層43、及び、第2導電型(p型)を有し、第3化合物半導体層43に接した第4化合物半導体層44から構成されており、

第1化合物半導体層21を第1導電型(n型)とするための不純物は、第3化合物半導体層43を第1導電型(n型)とするための不純物とは異なる。

【0129】

具体的には、本発明の第2-Aの態様に沿って表せば、実施例1の半導体発光素子にあっては、

第1化合物半導体層21、第2化合物半導体層22A, 22B、第3化合物半導体層43及び第4化合物半導体層44は、III-V族化合物半導体から成り、

50

第 1 化合物半導体層 2 1 を第 1 導電型である n 型とするための不純物は、第 V I 族不純物であり、

第 3 化合物半導体層 4 3 を第 1 導電型である n 型とするための不純物は、第 I V 族不純物である。

【 0 1 3 0 】

あるいは又、実施例 1 の半導体発光素子は、本発明の第 4 の態様に沿って表せば、

(A) 第 1 導電型を有する第 1 化合物半導体層 2 1、活性層 2 3、及び、第 2 導電型を有する第 2 化合物半導体層 2 2 A、2 2 B が順次積層された積層構造体から構成された発光部 2 0、並びに、

(B) 発光部 2 0 の側面に接して設けられた電流ブロック層 4 0、
を備えている。

10

【 0 1 3 1 】

そして、

電流ブロック層 4 0 は、第 1 導電型を有する第 3 化合物半導体層 4 3、及び、第 2 導電型を有し、第 3 化合物半導体層 4 3 に接した第 4 化合物半導体層 4 4 から構成されており、

第 1 化合物半導体層 2 1、第 2 化合物半導体層 2 2 A、2 2 B、第 3 化合物半導体層 4 3 及び第 4 化合物半導体層 4 4 は、I I I - V 族化合物半導体から成り、

第 1 化合物半導体層 2 1 を第 1 導電型である n 型とするための不純物は、第 V I 族不純物であり、

20

第 3 化合物半導体層 4 3 を第 1 導電型である n 型とするための不純物は、第 I V 族不純物である。

【 0 1 3 2 】

具体的には、実施例 1 の半導体発光素子にあっては、各層は、以下の表 1 A あるいは表 1 B に示す構成を有するが、第 1 化合物半導体層 2 1 及び第 2 化合物半導体層 2 2 A、2 2 B、更には、電流ブロック層 4 0 を構成する化合物半導体は、活性層 2 3 を構成する化合物半導体と比較して、バンドギャップが大、即ち、屈折率が低い化合物半導体から成る。ここで、表 1 A に示した例にあっては、第 4 化合物半導体層 4 4 の上に第 3 化合物半導体層 4 3 が積層されており、表 1 B に示した例にあっては、第 3 化合物半導体層 4 3 の上に第 4 化合物半導体層 4 4 が積層されている。尚、表 1 A、表 1 B、あるいは、後述する表 2 A、表 2 B、表 3 A、表 3 B、表 4 A、表 4 B、表 5 A、表 5 B、表 6 A、表 6 B、表 7 A、表 7 B、表 8 A、表 8 B、表 9 A ~ 表 9 L に示す積層構造にあっては、上段に記した層ほど、上層を占めている。

30

【 0 1 3 3 】

尚、以下の表に示す構造を有する活性層を、表 1 A、表 1 B、表 2 A、表 2 B、表 5 A、表 5 B A、表 6 A、表 6 B、表 9 A、表 9 C、表 9 E、表 9 G、表 9 I、表 9 K においては、[活性層 - A] と表現する。尚、この積層構造にあっては、上段に記した層ほど、上層を占めている。

【 0 1 3 4 】

[活性層 - A]

40

閉じ込め層 ・ ・ ・ p - Al_{0.3}Ga_{0.7}As : Zn

閉じ込め層 ・ ・ ・ i - Al_{0.3}Ga_{0.7}As

多重量子井戸構造 ・ ・ ・ i - Al_{0.1}Ga_{0.9}As (井戸層)

 i - Al_{0.3}Ga_{0.7}As (障壁層) 及び

 i - Al_{0.1}Ga_{0.9}As (井戸層)

閉じ込め層 ・ ・ ・ i - Al_{0.3}Ga_{0.7}As

閉じ込め層 ・ ・ ・ n - Al_{0.3}Ga_{0.7}As : Se

【 0 1 3 5 】

また、以下の表に示す構造を有する活性層を、表 3 A、表 3 B、表 4 A、表 4 B、表 7 A、表 7 B、表 8 A、表 8 B、表 9 B、表 9 D、表 9 F、表 9 H、表 9 J、表 9 L におい

50

ては、[活性層 - B] と表現する。尚、この積層構造にあっては、上段に記した層ほど、上層を占めている。

【 0 1 3 6 】

[活性層 - B]

閉じ込め層 . . . n - Al_{0.3}Ga_{0.7}As : Se

閉じ込め層 . . . i - Al_{0.3}Ga_{0.7}As

多重量子井戸構造 . . . i - Al_{0.1}Ga_{0.9}As (井戸層)

i - Al_{0.3}Ga_{0.7}As (障壁層) 及び

i - Al_{0.1}Ga_{0.9}As (井戸層)

閉じ込め層 . . . i - Al_{0.3}Ga_{0.7}As

閉じ込め層 . . . p - Al_{0.3}Ga_{0.7}As : Zn

【 0 1 3 7 】

[表 1 A]

(発光部の構成)

第 2 化合物半導体層 2 2 B . . . p - Al_{0.47}Ga_{0.53}As : Zn

第 2 化合物半導体層 2 2 A . . . p - Al_{0.4}Ga_{0.6}As : Zn

活性層 2 3 . . . [活性層 - A]

第 1 化合物半導体層 2 1 . . . n - Al_{0.4}Ga_{0.6}As : Se

(電流ブロック層)

埋込み層 3 1 . . . p - Al_{0.47}Ga_{0.53}As : Zn

第 3 化合物半導体層 4 3 . . . n - Al_{0.47}Ga_{0.53}As : Si

第 4 化合物半導体層 4 4 . . . p - Al_{0.47}Ga_{0.53}As : Zn

電流ブロック層位置調整層 3 0 . . . p - Al_{0.47}Ga_{0.53}As : Zn

(全体)

コンタクト層 3 2 . . . p - GaAs : Zn (又は C)

(注 1) 第 2 化合物半導体層 2 2 B に引き続き、電流ブロック層位置調整層 3 0 が形成される。

(注 2) 第 4 化合物半導体層 4 4 は、電流ブロック層位置調整層 3 0 に引き続き、連続的に形成され、実質的には、第 4 化合物半導体層 4 4 と電流ブロック層位置調整層 3 0 との間に境界は存在しない。

(注 3) 第 3 化合物半導体層 4 3 と埋込み層 3 1 との間には、p - Al_{0.47}Ga_{0.53}As : Zn から成る第 5 化合物半導体層 (第 3 化合物半導体層 4 3 との界面を構成する埋込み層 3 1 の部分が該当する) が形成されていると見做すこともできる。

【 0 1 3 8 】

[表 1 B]

(発光部の構成)

第 2 化合物半導体層 2 2 B . . . p - Al_{0.47}Ga_{0.53}As : Zn

第 2 化合物半導体層 2 2 A . . . p - Al_{0.4}Ga_{0.6}As : Zn

活性層 2 3 . . . [活性層 - A]

第 1 化合物半導体層 2 1 . . . n - Al_{0.4}Ga_{0.6}As : Se

(電流ブロック層)

埋込み層 3 1 . . . p - Al_{0.47}Ga_{0.53}As : Zn

第 4 化合物半導体層 4 4 . . . p - Al_{0.47}Ga_{0.53}As : Zn

第 3 化合物半導体層 4 3 . . . n - Al_{0.47}Ga_{0.53}As : Si

電流ブロック層位置調整層 3 0 . . . p - Al_{0.47}Ga_{0.53}As : Zn

(全体)

コンタクト層 3 2 . . . p - GaAs : Zn (又は C)

(注 1) 第 2 化合物半導体層 2 2 B に引き続き、電流ブロック層位置調整層 3 0 が形成さ

れる。

(注2) 埋込み層31は、第4化合物半導体層44に引き続き、連続的に形成され、実質的には、埋込み層31と第4化合物半導体層44との間に境界は存在しない。

(注3) 第3化合物半導体層43と電流ブロック層位置調整層30との間には、 $p\text{-Al}_{0.47}\text{Ga}_{0.53}\text{As}:\text{Zn}$ から成る第5化合物半導体層(第3化合物半導体層43との界面を構成する電流ブロック層位置調整層30の部分が該当する)が形成されていると見做すこともできる。

【0139】

実施例1、あるいは、後述する実施例2～実施例25における半導体発光素子にあっては、発光部20は、基板10の発光部形成領域11に形成されている。尚、基板10の発光部形成領域11は、 $\{100\}$ 面から成る基板10の主面に形成されており、 $\{110\}$ A面方向(図示した例では $[011]$ A面方向)に延び、頂面が $\{100\}$ 面(図示した例では (100) 面)である突起部から構成されている。尚、基板10は、GaAs基板から成り、基板10の導電型は、第1化合物半導体層の導電型と同じである。また、発光部形成領域11は、所謂メサ構造(凸部)を有する。そして、実施例1、あるいは、後述する実施例2～実施例25における半導体発光素子にあっては、積層構造体(発光部20)の対向する側面は $\{111\}$ B面(より具体的には、 $(11-1)$ B面及び $(1-11)$ B面)から構成されている。

【0140】

また、電流ブロック層の一部を構成する第3化合物半導体層43は、
発光部20の側面から延びる $\{311\}$ B結晶面領域(より具体的には、 $(31-1)$ B面及び $(3-11)$ B面)、
基板10の主面に沿って延びる $\{100\}$ 結晶面領域、及び、
 $\{311\}$ B結晶面領域と $\{100\}$ 結晶面領域との間に位置する $\{h11\}$ B結晶面領域(より具体的には、 $(h1-1)$ B面及び $(h-11)$ B面であり、ここで、 h は4以上の整数である)、
から構成されている。尚、 $\{h11\}$ B結晶面領域(但し、 h は4以上の整数)を、便宜上、高次の結晶面領域と呼ぶ。

【0141】

更には、第3化合物半導体層43の下に形成された第4化合物半導体層44も、
第3化合物半導体層43と同様に、発光部20の側面から延びる $\{311\}$ B結晶面領域、
基板10の主面に沿って延びる $\{100\}$ 結晶面領域、及び、
 $\{311\}$ B結晶面領域と $\{100\}$ 結晶面領域との間に位置する高次の結晶面領域、
から構成されている。

【0142】

尚、後述する実施例2～実施例25における半導体発光素子においても、第3化合物半導体層43及び第4化合物半導体層44は、層の上下の位置関係を除き、また、第3B化合物半導体層若しくは第4B化合物半導体層が設けられている場合を除き、基本的には、上記の構造と同様の構造を有する。

【0143】

実施例1の半導体発光素子にあっては、基板10に設けられたメサ構造から成る発光部形成領域11の上(凸部の $\{100\}$ 面の上であり、凸部面の上と呼ぶ)に、順次、第1導電型を有するGaAsから成るバッファ層12、第1化合物半導体層21、活性層23、第2化合物半導体層22Aが形成され、第2化合物半導体層22A上には、更に、第2化合物半導体層22Bが形成され、頂点を形成している。ここで、 $\{011\}$ A面で発光部形成領域11を切断したときの第2化合物半導体層22Bを含む発光部20の断面形状は三角形であり、発光部20の側面は、上述したとおり、 $\{111\}$ B面から構成されている。第2化合物半導体層22Aと第2化合物半導体層22Bの組成を変えることで、断面形状が三角形の発光部20を正確に形成することができる。一般に、MOCVD法(M

10

20

30

40

50

OVPE法とも呼ばれる)においては、特殊な結晶成長条件を除けば、 $\{111\}$ B面は、Asトリマーで覆われた非成長面として知られている。従って、SDH型半導体レーザーの場合、斜面(側面)が $\{111\}$ B面である発光部20が形成されると、その後、MOCVDを継続しても、発光部の結晶成長は「自己成長停止」が保持される。尚、 $\{111\}$ B面の角度は 54.7° である。尚、成長条件等によっては、断面形状が三角形の部分を発光部20のみから構成することもできる。

【0144】

一方、凸部を除く基板の主面である $\{100\}$ 面(図示した例では、 (100) 面)の部分(便宜上、凹部面と呼ぶ)にあつては、発光部20と同じ構造、電流ブロック層位置調整層30(実質的に第2化合物半導体層29の続きである)、電流ブロック層40、及び、埋込み層(埋込み用クラッド層)31が順次形成されている。

10

【0145】

また、全体は、第2導電型を有するGaAsから成るコンタクト層(キャップ層)32によって覆われている。そして、基板10の裏面には、第1電極51が形成されており、コンタクト層(キャップ層)32上には第2電極52が形成されている。

【0146】

後述する実施例2～実施例25の半導体発光素子も、基本的には、第3B化合物半導体層若しくは第4B化合物半導体層が設けられている場合を除き、上述の構造と同様の構造を有する。

【0147】

実施例1の半導体発光素子は、例えば、以下に説明する方法に基づき製造することができる。

20

【0148】

[工程-100]

先ず、 n -GaAsから成る基板10の $\{100\}$ 結晶面、例えば (100) 結晶面から成る主面上に、所要の幅を有し、 $[011]$ A方向に延びるストライプ状のエッチングマスクをフォトリソグラフィ技術に基づき形成し、このエッチングマスクを用い、例えば H_2SO_4 と H_2O_2 と H_2O とが3:1:1の割合で混合されたエッチング液によって主面をウェット・エッチングすることで、 $[011]$ A方向に延びる発光部形成領域11を形成する。尚、発光部形成領域11の幅方向は、 $[0-11]$ B方向に平行である。その後、エッチングマスクを除去する。こうして、図24の(A)に示す構造を得ることができる。尚、発光部形成領域11には、 $\{111\}$ B面から構成された斜面(側面)が形成される。

30

【0149】

[工程-110]

次いで、通常MOCVD法、即ち、有機金属や水素化合物を原料ガスとするMOCVD法に基づき、凸部面及び凹部面の上に、バッファ層12、第1化合物半導体層21、活性層23、第2化合物半導体層22A、22Bをエピタキシャル成長させる。このとき、凸部面の化合物半導体層の斜面(側面)は $\{111\}$ B面から構成され、上述したとおり、 $\{111\}$ B面は非成長面である。従って、バッファ層12、第1化合物半導体層21、活性層23、第2化合物半導体層22A、22Bは、凸部面の上の領域と、凹部面の上の領域とでは、分断された状態で形成(積層)される。こうして、図24の(B)に示す構造を得ることができる。

40

【0150】

尚、発光部形成領域11(凸部面)の幅と深さを適切に選択し、更には、バッファ層12、第1化合物半導体層21、活性層23、第2化合物半導体層22A、22Bの厚さを適切に選択することで、発光部形成領域11(凸部面)の上に、断面が三角形である発光部20の積層構造を得ることができる。

【0151】

[工程-120]

50

その後、第2化合物半導体層22Bの形成に連続して、全面に、電流ブロック層位置調整層30をMOCVD法に基づき形成し、更に、例えば、第4化合物半導体層44及び第3化合物半導体層43から成る電流ブロック層40を、順次、MOCVD法に基づき形成する(図25参照)。電流ブロック層40は、{111}B面上には成長しない。また、電流ブロック層40の端面が、少なくとも活性層23の側面を覆うように、電流ブロック層40を形成する。尚、このような構成、構造は、電流ブロック層位置調整層30の厚さを適切に選択することで達成することができる。尚、第3化合物半導体層43及び第4化合物半導体層44の構成、構造は、上述したとおりである。

【0152】

[工程-130]

次いで、全面に、埋込み層31及びコンタクト層(キャップ層)32を、順次、MOCVD法に基づき形成する。即ち、MOCVDを継続すると、やがて凹部面から結晶成長する化合物半導体から成る埋込み層31が、自己成長停止している発光部20を完全に埋め尽くすようになる。その後、コンタクト層32上に第2電極52を真空蒸着法に基づき形成し、一方、基板10を裏面側から適切な厚みにラッピングした後、第1電極51を真空蒸着法に基づき形成する。

【0153】

[工程-140]

その後、各半導体発光素子を分離することによって、半導体発光素子を得ることができる。尚、後述する実施例2~実施例25の半導体発光素子も、基本的には、以上に説明した方法と同様の方法に基づき作製することができる。

【0154】

ところで、[工程-120]において、第4化合物半導体層44及び第3化合物半導体層43から成る電流ブロック層40をMOCVD法に基づき形成する。ここで、第4化合物半導体層44は $p\text{-Al}_{0.47}\text{Ga}_{0.53}\text{As}$:Znから成り、第3化合物半導体層43は、 $n\text{-Al}_{0.47}\text{Ga}_{0.53}\text{As}$:Siから成る。即ち、第3化合物半導体層43を第1導電型(n型)とするための不純物(Si)の第3化合物半導体層43における不純物の置換サイトは、III族原子が占めるサイトである。また、第4化合物半導体層44を第2導電型(p型)とするための不純物(Zn)の第4化合物半導体層44における不純物の置換サイトも、III族原子が占めるサイトである。即ち、第3化合物半導体層43を第1導電型とするための不純物は、第3化合物半導体層43における不純物の置換サイトが、第4化合物半導体層44を第2導電型とするための第4化合物半導体層44における不純物の置換サイトと競合する不純物から成る。

【0155】

従って、第3化合物半導体層43を成膜した後、第4化合物半導体層44、埋込み層31を成膜したとき、電流ブロック層40を構成する第3化合物半導体層43と第4化合物半導体層44との間で不純物相互拡散が生じ難い。また、電流ブロック層40と、電流ブロック層40に接する上下の2層との間の不純物相互拡散も生じ難い。その結果、電流ブロック層40が消滅したり、あるいは又、電流ブロック層40が薄くなったりして、電流ブロック層40の効果が安定せず、漏れ電流が増加するといった問題の発生を回避することができる。

【0156】

また、第1化合物半導体層21を第1導電型(n型)とするための不純物は、第1化合物半導体層21における不純物の置換サイト(V族原子が占めるサイト)が、第2化合物半導体層22A, 22Bを第2導電型(p型)とするための第2化合物半導体層22A, 22Bにおける不純物の置換サイト(III族原子が占めるサイト)と競合しない不純物から成るので、第1化合物半導体層21と第2化合物半導体層22A, 22Bとの間での意図的な不純物相互拡散により設計されるpn接合制御が、各層不純物の濃度調整やドーピング位置調整によって細かく設計し易くなるため、発光特性の向上を図ることができる。

。

10

20

30

40

50

【 0 1 5 7 】

ここで、実施例 1 の半導体発光素子にあっては、発光部形成領域 1 1 (凸部面) の上に形成された活性層 2 3 は、活性層 2 3 よりも屈折率が低い電流ブロック層 4 0 によって横方向 (側面) が囲まれ、活性層 2 3 よりも屈折率が低い第 1 化合物半導体層 2 1 及び第 2 化合物半導体層 2 2 A , 2 2 B によって上下方向が囲まれている。従って、活性層 2 3 の上下方向及び横方向は完全なる光閉込め構造となっている。しかも、凹部面の上にあるのは、活性層 2 3 の側面近傍は、p - n - p - n 構造 (p 型埋込み層 3 1 - n 型第 3 化合物半導体層 4 3 - p 型第 4 化合物半導体層 4 4、p 型電流ブロック層位置調整層 3 0 (p 型第 2 化合物半導体層 2 2 B) 及び p 型第 2 化合物半導体層 2 2 A - n 型第 1 化合物半導体層 2 1) の、いわばサイリスタ構造が形成される。従って、凹部面において電流が流れることが阻止され、これによって活性層 2 3 に電流が集中し、低閾値電流化を図ることができる。ここで、p 型電流ブロック層位置調整層 3 0 は、p 型第 4 化合物半導体層 4 4 あるいは p 型第 2 化合物半導体層 2 2 B と見做すこともできる。後述する実施例 2、実施例 5、実施例 6 においても、同様である。

10

【 0 1 5 8 】

図 2 3 には、電流ブロック層 4 0 の端面が活性層 2 3 の側面に接している構造を示したが、電流ブロック層 4 0 の端面は、第 2 化合物半導体層 2 2 A , 2 2 B の側面に接している構造としてもよいし、第 1 化合物半導体層 2 1 の側面に接している構造としてもよく、これによっても、リーク電流を実用上抑制することが可能である。しかしながら、望ましくは、電流ブロック層 4 0 と発光部 2 0 とが接する端面の位置としては、少なくとも電流ブロック層 4 0 の一部が、活性層 2 3 の側面と接していることが望ましい。後述する実施例 2 ~ 実施例 9 においても、同様である。

20

【 0 1 5 9 】

表 1 A に示した実施例 1 の半導体発光素子の断面写真を図 2 6 の (A) に示す。また、比較例 1 の半導体発光素子の断面写真を図 2 6 の (B) に示す。更には、実施例 1 及び比較例 1 の半導体発光素子の発光状態 (ニア・フィールド・パターン, Near Field Pattern, NFP) を撮影した写真を図 2 7 の (A) 及び (B) に示す。

【 0 1 6 0 】

ここで、比較例 1 にあっては、第 3 化合物半導体層を第 1 導電型とするための不純物をセレン (Se) とした。即ち、比較例 1 にあっては、第 3 化合物半導体層を第 1 導電型 (n 型) とするための不純物は、第 3 化合物半導体層における不純物の置換サイト (V 族原子が占めるサイト) が、第 4 化合物半導体層を第 2 導電型 (p 型) とするための第 4 化合物半導体層における不純物 (Zn) の置換サイト (III 族原子が占めるサイト) と競合しない不純物 (Se) から成る。比較例 1 にあっては、[工程 - 1 2 0] と同様の工程において、第 3 化合物半導体層及び第 4 化合物半導体層から成る電流ブロック層を、順次、MOCVD 法に基づき形成するが、第 3 化合物半導体層は、 $n - \text{Al}_{0.47}\text{Ga}_{0.53}\text{As} : \text{Se}$ から成り、第 4 化合物半導体層は $p - \text{Al}_{0.47}\text{Ga}_{0.53}\text{As} : \text{Zn}$ から成る。その結果、第 3 化合物半導体層 4 3 を積層した後、第 4 化合物半導体層 4 4 を積層したとき、電流ブロック層を構成する第 3 化合物半導体層と第 4 化合物半導体層との間で不純物相互拡散が生じてしまい、電流ブロック層の一部 (高次の結晶面領域の一部) が消滅してしまった (図 2 6 の (B) 参照)。表 1 A に示した実施例 1 にあっては、電流ブロック層 4 0 は一部分ですら、消滅していない。また、比較例 1 にあっては、図 2 7 の (B) に示すように、電流ブロック層の一部消滅によって生じた顕著な電流リークの様子が、NFP 評価による明暗によって観察された。

30

40

【 0 1 6 1 】

尚、図 2 7 の (A) に示す実施例 1 の半導体発光素子の発光状態 (自然放出光の状態) を撮影した写真にあっては、1 箇所のみ、明るい発光領域が撮影されており、係る明るい発光領域は発光部に相当する。一方、図 2 7 の (B) に示す比較例 1 の半導体発光素子の発光状態を撮影した写真にあっては、3 箇所の明るい領域が撮影されており、真ん中の 1 箇所の発光領域が活性層 2 3 からの自然放出光に相当し、左右の 2 箇所の裾周辺にお

50

る明暗は、第3化合物半導体層43の部分的消滅に起因している。上述したとおり、第3化合物半導体層43は第4化合物半導体層に接しているため、比較例1にあっては、高次の結晶面領域は不純物相互拡散の影響によって消滅し易い。ここで、消滅している領域と消滅していない領域との区別は、NFPの明暗の様子によって容易に区別することができ、注入電流がリークし易い領域への電流集中が生じるので、NFPの明暗の変化によって、リーク領域を特定することが可能である。

【0162】

更には、表1Aに示した実施例1及び比較例1の半導体発光素子における閾値電流の測定結果、及び、スロープ効率の測定結果を図28の(A)に示す。尚、実施例1の結果を図28の(A)においては「A」で示し、比較例1の結果を図28の(A)においては「B」で示す。図28の(A)あるいは後述する図28の(B)、図30の横軸は半導体発光素子に流す電流の値であり、縦軸は光出力である。

10

【0163】

比較例1にあっては、実施例1と比較して、漏れ電流が多いので、スロープ効率が低く、閾値電流の値が大きいことが判る。

【0164】

しかも、MOCVD法により、結晶成長中に結晶に不純物を取り込まれる効率に関して、第3化合物半導体層43を第1導電型(n型)とするための不純物であるケイ素(Si)を用いた場合、第1化合物半導体層21を第1導電型(n型)とするための不純物であるセレン(Se)を用いた場合よりも、面方位依存性(結晶面方位依存性)が非常に小さい(例えば、Makoto Kondo, et. al., "Crystallographic orientation dependence of impurity incorporation into III-V compound semiconductors grown by metalorganic vapor phase epitaxy", J. Appl. Phys., 76(2), 15 July 1994 参照)。更には、第3化合物半導体層43の成膜時、ケイ素(Si)を添加するための原料ガスとして、Si₂H₆(ジシラン)ガスを用いることが好ましい。その最大の理由は、Si₂H₆(ジシラン)ガスを用いると、A面結晶に取り込まれるSi不純物の結晶面方位依存性がより小さくなるように改善できるからである。このため、一般的なA面結晶を利用する半導体レーザである半導体発光素子や本発明におけるSDHレーザ(B面結晶を利用する半導体発光素子)等で、Si₂H₆(ジシラン)ガスを用いれば、A面結晶、B面結晶を用いた半導体発光素子の不純物ドーピングにおいて、結晶面方位依存性を考慮する必要がなくなり、Siドーピング制御が非常に容易になる。後述する各実施例においても同様である。

20

30

【0165】

ここで、結晶成長温度及び不純物の原料ガス供給量を一定とし、横軸を、B面のオフ角($\{100\}$ 面に対する傾斜角度)、又は、A面のオフ角($\{100\}$ 面に対する傾斜角度)、縦軸を単層結晶膜の不純物濃度として、グラフに特性をプロットしたとき、フラットなプロットになる程、結晶面方位依存性が小さいと云える。特に、比較によって評価する場合、フラットなプロットに近くなるもの程、結晶面方位依存性が小さいと云える。実施例3、実施例5、実施例7においても同様である。

【0166】

従って、第3化合物半導体層43の形成(成膜)においては、第3化合物半導体層43は、発光部20の側面から延びる $\{311\}$ B結晶面領域、基板10の主面に沿って延びる $\{100\}$ 結晶面領域、及び、 $\{311\}$ B結晶面領域と $\{100\}$ 結晶面領域との間に位置する高次の結晶面領域が形成されるが、これらの領域への不純物としてのSiのドーピング濃度の変動が小さい。その結果、安定した(均一な)不純物濃度を有する第3化合物半導体層43の形成(積層)が可能となり、第3化合物半導体層43と接する別の伝導型を有する層との濃度バランスの調整が容易になる。従って、高い電流阻止能力を有する電流ブロック層40を得ることができる。しかも、安定した不純物濃度を有する第3化合物半導体層43の形成(積層)が可能になるので、第4化合物半導体層44の上に第3化合物半導体層43を形成したとき、あるいは又、第3化合物半導体層43の上に第4化合物半導体層44を形成したとき、第3化合物半導体層43や第4化合物半導体層44が

40

50

消滅したり、あるいは又、電流ブロック層 40 が薄くなったりして、電流ブロック層 40 の効果が安定せず、漏れ電流が増加するといった問題の発生を一層確実に回避することができる。

【実施例 2】

【0167】

実施例 2 は、実施例 1 の変形であり、本発明の第 1 - B - 1 の態様、及び、本発明の第 2 - B の態様に関する。

【0168】

具体的には、図 4 の (A) に概念図を示すように、本発明の第 1 - B - 1 の態様に沿って表せば、実施例 2 の半導体発光素子にあっては、

第 1 化合物半導体層、第 2 化合物半導体層、第 3 化合物半導体層及び第 4 化合物半導体層は、III - V 族化合物半導体から成り、

第 1 化合物半導体層は、第 1 A 化合物半導体層、及び、第 1 A 化合物半導体層上に設けられ、活性層と接した第 1 B 化合物半導体層から成り、

第 2 化合物半導体層は、活性層と接した第 2 B 化合物半導体層、及び、第 2 B 化合物半導体層上に設けられた第 2 A 化合物半導体層から成り、

第 1 A 化合物半導体層における不純物の置換サイトは、III 族原子が占めるサイトであり、

第 1 B 化合物半導体層における不純物の置換サイトは、V 族原子が占めるサイトであり、

第 2 B 化合物半導体層における不純物の置換サイトは、III 族原子が占めるサイトであり、

第 2 A 化合物半導体層における不純物の置換サイトは、V 族原子が占めるサイトであり、

第 3 化合物半導体層における不純物の置換サイト、及び、第 4 化合物半導体層における不純物の置換サイトは、III 族原子が占めるサイトである。

【0169】

あるいは又、本発明の第 2 - B の態様に沿って表せば、実施例 2 の半導体発光素子にあっては、

第 1 化合物半導体層、第 2 化合物半導体層、第 3 化合物半導体層及び第 4 化合物半導体層は、III - V 族化合物半導体から成り、

第 1 化合物半導体層は、第 1 A 化合物半導体層、及び、第 1 A 化合物半導体層上に設けられ、活性層と接した第 1 B 化合物半導体層から成り、

第 2 化合物半導体層は、活性層と接した第 2 B 化合物半導体層、及び、第 2 B 化合物半導体層上に設けられた第 2 A 化合物半導体層から成り、

第 1 A 化合物半導体層を第 1 導電型である n 型とするための不純物は、第 IV 族不純物であり、

第 1 B 化合物半導体層を第 1 導電型である n 型とするための不純物は、第 VI 族不純物であり、

第 2 B 化合物半導体層を第 2 導電型である p 型とするための不純物は、第 III 族不純物であり、

第 2 A 化合物半導体層を第 2 導電型である p 型とするための不純物は、炭素 (C) であり、

第 3 化合物半導体層を第 1 導電型である n 型とするための不純物は、第 IV 族不純物であり、

第 4 化合物半導体層を第 2 導電型である p 型とするための不純物は、第 III 族不純物である。

【0170】

より具体的には、実施例 2 の半導体発光素子にあっては、各層は、以下の表 2 A あるいは表 2 B に示す構成を有する。ここで、表 2 A に示した例にあっては、第 4 化合物半導体

10

20

30

40

50

層の上に第3化合物半導体層が積層されており、表2Bに示した例にあっては、第3化合物半導体層の上に第4化合物半導体層が積層されている。

【0171】

[表2A]

(発光部の構成)

第2A化合物半導体層・・・p-Al_{0.4}Ga_{0.6}As:C

第2B化合物半導体層・・・p-Al_{0.4}Ga_{0.6}As:Zn

活性層・・・[活性層-A]

第1B化合物半導体層・・・n-Al_{0.4}Ga_{0.6}As:Se

第1A化合物半導体層・・・n-Al_{0.4}Ga_{0.6}As:Si

10

(電流ブロック層)

埋込み層・・・p-Al_{0.47}Ga_{0.53}As:Zn

第3化合物半導体層・・・n-Al_{0.47}Ga_{0.53}As:Si

第4化合物半導体層・・・p-Al_{0.47}Ga_{0.53}As:Zn

電流ブロック層位置調整層・・・p-Al_{0.47}Ga_{0.53}As:Zn

(全体)

コンタクト層・・・p-GaAs:Zn(又はC)

(注1)第2A化合物半導体層に引き続き、電流ブロック層位置調整層が形成される。

(注2)第4化合物半導体層は、電流ブロック層位置調整層に引き続き、連続的に形成され、実質的には、第4化合物半導体層と電流ブロック層位置調整層との間に境界は存在しない。

20

(注3)第3化合物半導体層と埋込み層との間には、p-Al_{0.47}Ga_{0.53}As:Znから成る第5化合物半導体層が形成されていると見做すこともできる。

【0172】

[表2B]

(発光部の構成)

第2A化合物半導体層・・・p-Al_{0.4}Ga_{0.6}As:C

第2B化合物半導体層・・・p-Al_{0.4}Ga_{0.6}As:Zn

活性層・・・[活性層-A]

第1B化合物半導体層・・・n-Al_{0.4}Ga_{0.6}As:Se

第1A化合物半導体層・・・n-Al_{0.4}Ga_{0.6}As:Si

30

(電流ブロック層)

埋込み層・・・p-Al_{0.47}Ga_{0.53}As:Zn

第4化合物半導体層・・・p-Al_{0.47}Ga_{0.53}As:Zn

第3化合物半導体層・・・n-Al_{0.47}Ga_{0.53}As:Si

電流ブロック層位置調整層・・・p-Al_{0.47}Ga_{0.53}As:Zn

(全体)

コンタクト層・・・p-GaAs:Zn(又はC)

40

(注1)第2A化合物半導体層に引き続き、電流ブロック層位置調整層が形成される。

(注2)埋込み層は、第4化合物半導体層に引き続き、連続的に形成され、実質的には、埋込み層と第4化合物半導体層との間に境界は存在しない。

(注3)第3化合物半導体層と電流ブロック層位置調整層との間には、p-Al_{0.47}Ga_{0.53}As:Znから成る第5化合物半導体層(第3化合物半導体層との界面を構成する電流ブロック層位置調整層の部分が該当する)が形成されていると見做すこともできる。

【0173】

実施例2にあっては、第1A化合物半導体層における不純物の置換サイトは、III族原子が占めるサイトであり、第4化合物半導体層における不純物の置換サイトも、III族原子が占めるサイトであり、更に、第4化合物半導体層と接する第3化合物半導体層に

50

おける不純物の置換サイトも、Ⅲ族原子が占めるサイトである。即ち、第１Ａ化合物半導体層を第１導電型（ｎ型）とするための不純物は、第１Ａ化合物半導体層における不純物の置換サイト（Ⅲ族原子が占めるサイト）が、第４化合物半導体層を第２導電型（ｐ型）とするための第４化合物半導体層における不純物の置換サイト（Ⅲ族原子が占めるサイト）と競合する不純物から成り、更に、第４化合物半導体層と接する第３化合物半導体層を第１導電型（ｎ型）とするための不純物の置換サイト（Ⅲ族原子が占めるサイト）とも競合する不純物から成る。従って、第４化合物半導体層を成膜したとき、電流ブロック層を構成する第４化合物半導体層と第１Ａ化合物半導体層との間で、あるいは又、第４化合物半導体層と第３化合物半導体層との間で、不純物相互拡散が生じ難く、高い信頼性を有する電流ブロック層を形成することができる。尚、第４化合物半導体層と第３化合物半導体層とで構成されている電流ブロック層における不純物の相互拡散の抑制は、{ 3 1 1 } B面や高次面における抑制効果であるのに対して、第４化合物半導体層と第１Ａ化合物半導体層との界面における不純物の相互拡散の抑制は、{ 1 1 1 } B面界面における抑制効果である点で異なる。

10

【実施例３】**【０１７４】**

実施例３も、実施例１の変形であり、本発明の第１－Ｃ－１の態様、及び、本発明の第２－Ｃの態様に関し、更には、本発明の第６の態様に関する。尚、実施例３あるいは後述する実施例４における導電型を、実施例１における導電型と逆とした。即ち、実施例３あるいは後述する実施例４における第１導電型はｐ型であり、第２導電型はｎ型である。

20

【０１７５】

具体的には、図７の（Ａ）に概念図を示し、図２９の（Ａ）に模式的な一部断面図を示し、拡大された模式的な一部断面図を図２９の（Ｂ）に示すように、本発明の第１－Ｃ－１の態様に沿って表せば、実施例３の半導体発光素子にあっては、

第１化合物半導体層２１、第２化合物半導体層２２Ａ、２２Ｂ、電流ブロック層４０（第３化合物半導体層４３及び第４化合物半導体層４４）は、Ⅲ－Ⅴ族化合物半導体から成り、

第１化合物半導体層２１における不純物の置換サイトは、Ⅲ族原子が占めるサイトであり、

第２化合物半導体層２２Ａ、２２Ｂにおける不純物の置換サイトは、Ⅴ族原子が占めるサイトであり、

30

第３化合物半導体層４３における不純物の置換サイト、及び、第４化合物半導体層４４における不純物の置換サイトは、Ⅴ族原子が占めるサイトである。

【０１７６】

あるいは又、本発明の第２－Ｃの態様に沿って表せば、実施例３の半導体発光素子にあっては、

第１化合物半導体層２１、第２化合物半導体層２２Ａ、２２Ｂ、電流ブロック層４０（第３化合物半導体層４３及び第４化合物半導体層４４）は、Ⅲ－Ⅴ族化合物半導体から成り、

第１化合物半導体層２１を第１導電型であるｐ型とするための不純物は、第Ⅱ族不純物であり、

40

第３化合物半導体層４３を第１導電型であるｐ型とするための不純物は、炭素（Ｃ）である。

【０１７７】

更には、本発明の第６の態様に沿って表せば、実施例３の半導体発光素子にあっては、

（Ａ）第１導電型を有する第１化合物半導体層２１、活性層２３、及び、第２導電型を有する第２化合物半導体層２２Ａ、２２Ｂが順次積層された積層構造体から構成された発光部２０、並びに、

（Ｂ）発光部２０の側面に接して設けられた電流ブロック層４０、を備えている。

50

【 0 1 7 8 】

そして、

電流ブロック層 4 0 は、第 1 導電型 (p 型) を有する第 3 化合物半導体層 4 3、及び、第 2 導電型 (n 型) を有し、第 3 化合物半導体層 4 3 に接した第 4 化合物半導体層 4 4 から構成されており、

第 1 化合物半導体層 2 1、第 2 化合物半導体層 2 2 A、2 2 B、第 3 化合物半導体層 4 3 及び第 4 化合物半導体層 4 4 は、ⅢⅤ族化合物半導体から成り、

第 1 化合物半導体層 2 1 を第 1 導電型である p 型とするための不純物は、第Ⅲ族不純物であり、

第 3 化合物半導体層 4 3 を第 1 導電型である p 型とするための不純物は、炭素 (C) である。 10

【 0 1 7 9 】

より具体的には、実施例 3 の半導体発光素子にあっては、各層は、以下の表 3 A あるいは表 3 B に示す構成を有する。ここで、表 3 A に示した例にあっては、第 4 化合物半導体層 4 4 の上に第 3 化合物半導体層 4 3 が積層されており、表 3 B に示した例にあっては、第 3 化合物半導体層 4 3 の上に第 4 化合物半導体層 4 4 が積層されている。

【 0 1 8 0 】

[表 3 A]

(発光部の構成)

第 2 化合物半導体層 2 2 B . . . n - Al_{0.47}Ga_{0.53}As : Se 20

第 2 化合物半導体層 2 2 A . . . n - Al_{0.4}Ga_{0.6}As : Se

活性層 2 3 . . . [活性層 - B]

第 1 化合物半導体層 2 1 . . . p - Al_{0.4}Ga_{0.6}As : Zn

(電流ブロック層)

埋込み層 3 1 . . . n - Al_{0.47}Ga_{0.53}As : Se

第 3 化合物半導体層 4 3 . . . p - Al_{0.47}Ga_{0.53}As : C

第 4 化合物半導体層 4 4 . . . n - Al_{0.47}Ga_{0.53}As : Se

電流ブロック層位置調整層 3 0 . . . n - Al_{0.47}Ga_{0.53}As : Se

(全体)

コンタクト層 3 2 . . . n - GaAs : Se (又は Si) 30

(注 1) 第 2 化合物半導体層 2 2 B に引き続き、電流ブロック層位置調整層 3 0 が形成される。

(注 2) 第 4 化合物半導体層 4 4 は、電流ブロック層位置調整層 3 0 に引き続き、連続的に形成され、実質的には、第 4 化合物半導体層 4 4 と電流ブロック層位置調整層 3 0 との間に境界は存在しない。

(注 3) 第 3 化合物半導体層 4 3 と埋込み層 3 1 との間には、n - Al_{0.47}Ga_{0.53}As : Zn から成る第 5 化合物半導体層 (第 3 化合物半導体層 4 3 との界面を構成する埋込み層 3 1 の部分が該当する) が形成されていると見做すこともできる。

【 0 1 8 1 】

[表 3 B]

(発光部の構成)

第 2 化合物半導体層 2 2 B . . . n - Al_{0.47}Ga_{0.53}As : Se

第 2 化合物半導体層 2 2 A . . . n - Al_{0.4}Ga_{0.6}As : Se

活性層 2 3 . . . [活性層 - B]

第 1 化合物半導体層 2 1 . . . p - Al_{0.4}Ga_{0.6}As : Zn

(電流ブロック層)

埋込み層 3 1 . . . n - Al_{0.47}Ga_{0.53}As : Se

第 4 化合物半導体層 4 4 . . . n - Al_{0.47}Ga_{0.53}As : Se

第 3 化合物半導体層 4 3 . . . p - Al_{0.47}Ga_{0.53}As : C 50

電流ブロック層位置調整層 30・・・ n - $\text{Al}_{0.47}\text{Ga}_{0.53}\text{As}:\text{Se}$
 (全体)
 コントラクト層 32・・・ n - $\text{GaAs}:\text{Se}$ (又は Si)

(注1) 第2化合物半導体層 22Bに引き続き、電流ブロック層位置調整層 30が形成される。

(注2) 埋込み層 31は、第4化合物半導体層 44に引き続き、連続的に形成され、実質的には、埋込み層 31と第4化合物半導体層 44との間に境界は存在しない。

(注3) 第3化合物半導体層 43と電流ブロック層位置調整層 30との間には、 n - $\text{Al}_{0.47}\text{Ga}_{0.53}\text{As}:\text{Zn}$ から成る第5化合物半導体層(第3化合物半導体層 43との界面を構成する電流ブロック層位置調整層 30の部分が該当する)が形成されていると見做すこともできる。

【0182】

実施例3にあっても、実施例1の[工程-120]と同様の工程において、例えば、電流ブロック層位置調整層 30、第4化合物半導体層 44及び第3化合物半導体層 43から成る電流ブロック層 40を、順次、MOCVD法に基づき形成する。ここで、第3化合物半導体層 43は、 p - $\text{Al}_{0.47}\text{Ga}_{0.53}\text{As}:\text{C}$ から成り、第4化合物半導体層 44は n - $\text{Al}_{0.47}\text{Ga}_{0.53}\text{As}:\text{Se}$ から成る。即ち、第3化合物半導体層 43を第1導電型(p 型)とするための不純物(C)の第3化合物半導体層 43における不純物の置換サイトは、V族原子が占めるサイトである。また、第4化合物半導体層 44を第2導電型(n 型)とするための不純物(Se)の第4化合物半導体層 44における不純物の置換サイトも、V族原子が占めるサイトである。即ち、第3化合物半導体層 43を第1導電型とするための不純物は、第3化合物半導体層 43における不純物の置換サイトが、第4化合物半導体層 44を第2導電型とするための第4化合物半導体層における不純物の置換サイトと競合する不純物から成る。

【0183】

従って、第3化合物半導体層 43を成膜した後、第4化合物半導体層 44を成膜したとき、あるいは又、第4化合物半導体層 44を成膜した後、第3化合物半導体層 43を成膜したとき、電流ブロック層 40を構成する第3化合物半導体層 43と第4化合物半導体層 44との間で不純物相互拡散が生じ難い。その結果、電流ブロック層 40が消滅したり、あるいは又、電流ブロック層 40が薄くなったりして、電流ブロック層 40の効果が安定せず、漏れ電流が増加するといった問題の発生を回避することができる。

【0184】

また、第1化合物半導体層 21を第1導電型(p 型)とするための不純物は、第1化合物半導体層 21における不純物の置換サイト(III族原子が占めるサイト)が、第2化合物半導体層 22A, 22Bを第2導電型(n 型)とするための第2化合物半導体層 22A, 22Bにおける不純物の置換サイト(V族原子が占めるサイト)と競合しない不純物から成るので、第1化合物半導体層 21と第2化合物半導体層 22A, 22Bとの間での意図的な不純物相互拡散により設計される pn 接合制御が、各層不純物の濃度調整やドーピング位置調整によって細かく設計し易くなるため、発光特性の向上を図ることができる。

【0185】

ここで、実施例3の半導体発光素子にあっても、発光部形成領域 11(凸部面)の上に形成された活性層 23は、活性層 23よりも屈折率が低い電流ブロック層 40によって横方向(側面)が囲まれ、活性層 23よりも屈折率が低い第1化合物半導体層 21及び第2化合物半導体層 22A, 22Bによって上下方向が囲まれている。従って、活性層 23の上下方向及び横方向は完全なる光閉込め構造となっている。しかも、凹部面の上にあっては、活性層 23の側面近傍は、 n - p - n - p 構造(n 型埋込み層 31- p 型第3化合物半導体層 43- n 型第4化合物半導体層 44- n 型電流ブロック層位置調整層 30(n 型第2化合物半導体層 22B)及び n 型第2化合物半導体層 22A- p 型第1化合物半導体

10

20

30

40

50

層 21) の、いわばサイリスタ構造が形成される。従って、凹部面において電流が流れることが阻止され、これによって活性層 23 に電流が集中し、低閾値電流化を図ることができる。ここで、n 型電流ブロック層位置調整層 30 は、n 型第 4 化合物半導体層 44 あるいは、n 型第 2 化合物半導体層 22B と見做すこともできる。後述する実施例 4、実施例 7、実施例 8 においても、同様である。

【0186】

MOCVD 法において、第 3 化合物半導体層 43 の成膜時、炭素 (C) を添加するための原料ガスとして、III 族原子用の原料ガスの分解で得られるメチル基あるいはエチル基を意図的に用いればよいし、あるいは又、MOCVD 法において、第 3 化合物半導体層 43 の成膜時、 CBr_4 ガスや CCl_4 ガスを添加してもよい。

10

【実施例 4】

【0187】

実施例 4 は、実施例 1 及び実施例 3 の変形であり、本発明の第 1-D-1 の態様、及び、本発明の第 2-D の態様に関する。

【0188】

具体的には、図 10 の (A) に概念図を示すように、本発明の第 1-D-1 の態様に沿って表せば、実施例 4 の半導体発光素子にあっては、

第 1 化合物半導体層、第 2 化合物半導体層、第 3 化合物半導体層及び第 4 化合物半導体層は、III-V 族化合物半導体から成り、

第 1 化合物半導体層は、第 1A 化合物半導体層、及び、第 1A 化合物半導体層上に設けられ、活性層と接した第 1B 化合物半導体層から成り、

20

第 2 化合物半導体層は、活性層と接した第 2B 化合物半導体層、及び、第 2B 化合物半導体層上に設けられた第 2A 化合物半導体層から成り、

第 1A 化合物半導体層における不純物の置換サイトは、V 族原子が占めるサイトであり、

第 1B 化合物半導体層における不純物の置換サイトは、III 族原子が占めるサイトであり、

第 2B 化合物半導体層における不純物の置換サイトは、V 族原子が占めるサイトであり、

第 2A 化合物半導体層における不純物の置換サイトは、III 族原子が占めるサイトであり、

30

第 3 化合物半導体層における不純物の置換サイト、及び、第 4 化合物半導体層における不純物の置換サイトは、V 族原子が占めるサイトである。

【0189】

あるいは又、本発明の第 2-D の態様に沿って表せば、実施例 4 の半導体発光素子にあっては、

第 1 化合物半導体層、第 2 化合物半導体層、第 3 化合物半導体層及び第 4 化合物半導体層は、III-V 族化合物半導体から成り、

第 1 化合物半導体層は、第 1A 化合物半導体層、及び、第 1A 化合物半導体層上に設けられ、活性層と接した第 1B 化合物半導体層から成り、

40

第 2 化合物半導体層は、活性層と接した第 2B 化合物半導体層、及び、第 2B 化合物半導体層上に設けられた第 2A 化合物半導体層から成り、

第 1A 化合物半導体層を第 1 導電型である p 型とするための不純物は、炭素 (C) であり、

第 1B 化合物半導体層を第 1 導電型である p 型とするための不純物は、第 III 族不純物であり、

第 2B 化合物半導体層を第 2 導電型である n 型とするための不純物は、第 VI 族不純物であり、

第 2A 化合物半導体層を第 2 導電型である n 型とするための不純物は、第 IV 族不純物であり、

50

第3化合物半導体層を第1導電型であるp型とするための不純物は、炭素(C)であり、

第4化合物半導体層を第2導電型であるn型とするための不純物は、第V族不純物である。

【0190】

より具体的には、実施例4の半導体発光素子にあっては、各層は、以下の表4Aあるいは表4Bに示す構成を有する。ここで、表4Aに示した例にあっては、第4化合物半導体層の上に第3化合物半導体層が積層されており、表4Bに示した例にあっては、第3化合物半導体層の上に第4化合物半導体層が積層されている。

【0191】

[表4A]

(発光部の構成)

第2A化合物半導体層・・・n-Al_{0.4}Ga_{0.6}As:Si

第2B化合物半導体層・・・n-Al_{0.4}Ga_{0.6}As:Se

活性層・・・[活性層-B]

第1B化合物半導体層・・・p-Al_{0.4}Ga_{0.6}As:Zn

第1A化合物半導体層・・・p-Al_{0.4}Ga_{0.6}As:C

(電流ブロック層)

埋込み層・・・n-Al_{0.47}Ga_{0.53}As:Se

第3化合物半導体層・・・p-Al_{0.47}Ga_{0.53}As:C

第4化合物半導体層・・・n-Al_{0.47}Ga_{0.53}As:Se

電流ブロック層位置調整層・・・n-Al_{0.47}Ga_{0.53}As:Se

(全体)

コンタクト層・・・n-GaAs:Se(又はSi)

(注1)第2A化合物半導体層に引き続き、電流ブロック層位置調整層が形成される。

(注2)第4化合物半導体層は、電流ブロック層位置調整層に引き続き、連続的に形成され、実質的には、第4化合物半導体層と電流ブロック層位置調整層との間に境界は存在しない。

(注3)第3化合物半導体層と埋込み層との間には、n-Al_{0.47}Ga_{0.53}As:Znから成る第5化合物半導体層(第3化合物半導体層との界面を構成する埋込み層の部分が該当する)が形成されていると見做すこともできる。

【0192】

[表4B]

(発光部の構成)

第2A化合物半導体層・・・n-Al_{0.4}Ga_{0.6}As:Si

第2B化合物半導体層・・・n-Al_{0.4}Ga_{0.6}As:Se

活性層・・・[活性層-B]

第1B化合物半導体層・・・p-Al_{0.4}Ga_{0.6}As:Zn

第1A化合物半導体層・・・p-Al_{0.4}Ga_{0.6}As:C

(電流ブロック層)

埋込み層・・・n-Al_{0.47}Ga_{0.53}As:Se

第4化合物半導体層・・・n-Al_{0.47}Ga_{0.53}As:Se

第3化合物半導体層・・・p-Al_{0.47}Ga_{0.53}As:C

電流ブロック層位置調整層・・・n-Al_{0.47}Ga_{0.53}As:Se

(全体)

コンタクト層・・・n-GaAs:Se(又はSi)

(注1)第2A化合物半導体層に引き続き、電流ブロック層位置調整層が形成される。

(注2)埋込み層は、第4化合物半導体層に引き続き、連続的に形成され、実質的には、

埋込み層と第4化合物半導体層との間に境界は存在しない。

(注3) 第3化合物半導体層と電流ブロック層位置調整層との間には、 $n - \text{Al}_{0.47}\text{Ga}_{0.53}\text{As} : \text{Zn}$ から成る第5化合物半導体層(第3化合物半導体層との界面を構成する電流ブロック層位置調整層の部分が該当する)が形成されていると見做すこともできる。

【0193】

実施例4において、図10の(A)に示した例と異なり、表4Bに示したように、第4化合物半導体層を下とし、第3化合物半導体層を上とする積層構造を形成した場合、第1A化合物半導体層における不純物の置換サイトは、V族原子が占めるサイトであり、第4化合物半導体層における不純物の置換サイトも、V族原子が占めるサイトであり、更に、第4化合物半導体層と接する第3化合物半導体層における不純物の置換サイトも、V族原子が占めるサイトである。即ち、第1A化合物半導体層を第1導電型(p型)とするための不純物は、第1A化合物半導体層における不純物の置換サイト(V族原子が占めるサイト)が、第4化合物半導体層を第2導電型(n型)とするための第4化合物半導体層における不純物の置換サイト(V族原子が占めるサイト)と競合する不純物から成り、更に、第4化合物半導体層と接する第3化合物半導体層を第1導電型(p型)とするための不純物の置換サイト(V族原子が占めるサイト)とも競合する不純物から成る。従って、第4化合物半導体層を成膜したとき、電流ブロック層を構成する第4化合物半導体層と第1A化合物半導体層との間、あるいは、第4化合物半導体層と第3化合物半導体層との間で、不純物相互拡散が生じ難く、高い信頼性を有する電流ブロック層を形成することができる。その結果、電流ブロック層40が消滅したり、あるいは又、電流ブロック層40が薄くなったりして、電流ブロック層40の効果が安定せず、漏れ電流が増加するといった問題の発生を、より一層効果的に回避することができる。

【実施例5】

【0194】

実施例5は、本発明の第1の態様(より具体的には、第1-a-1の態様)、本発明の第3の態様(より具体的には第3-aの態様)、及び、本発明の第5の態様に係る半導体発光素子に関する。

【0195】

具体的には、実施例5の半導体発光素子は、図1の(B)に概念図を示すように、本発明の第1-a-1の態様に沿って表せば、

第1化合物半導体層21、第2化合物半導体層22A、22B、電流ブロック層40(第4化合物半導体層44及び第3化合物半導体層43)は、III-V族化合物半導体から成り、

第1化合物半導体層21における不純物の置換サイトは、V族原子が占めるサイトであり、

第2化合物半導体層22A、22Bにおける不純物の置換サイトは、III族原子が占めるサイトであり、

第3化合物半導体層43における不純物の置換サイト、及び、第4化合物半導体層44における不純物の置換サイトは、V族原子が占めるサイトである。尚、実施例5の半導体発光素子の模式的な一部断面図は、図23の(A)及び(B)に示したと同様である。

【0196】

あるいは又、本発明の第3の態様に沿って表せば、実施例5の半導体発光素子にあっては、

(A) 第1導電型(実施例5にあっては、n型)を有する第1化合物半導体層21、活性層23、及び、第2導電型(実施例5にあっては、p型)を有する第2化合物半導体層22A、22Bが順次積層された積層構造体から構成された発光部20、並びに、

(B) 発光部20の側面に接して設けられた電流ブロック層40、を備えている。

【0197】

そして、

10

20

30

40

50

電流ブロック層 40 は、第 1 導電型 (n 型) を有する第 3 化合物半導体層 43、及び、第 2 導電型 (p 型) を有し、第 3 化合物半導体層 43 に接した第 4 化合物半導体層 44 から構成されており、

第 2 化合物半導体層 22A, 22B を第 2 導電型 (p 型) とするための不純物は、第 4 化合物半導体層 44 を第 2 導電型 (p 型) とするための不純物とは異なる。

【0198】

具体的には、本発明の第 3 - a の態様に沿って表せば、実施例 5 の半導体発光素子にあっては、

第 1 化合物半導体層 21、第 2 化合物半導体層 22A, 22B、電流ブロック層 40 (第 4 化合物半導体層 44 及び第 3 化合物半導体層 43) は、III-V 族化合物半導体から成り、

10

第 2 化合物半導体層 22A, 22B を第 2 導電型である p 型とするための不純物は、第 III 族不純物であり、

第 4 化合物半導体層 44 を第 2 導電型である p 型とするための不純物は、炭素 (C) である。

【0199】

あるいは又、実施例 5 の半導体発光素子は、本発明の第 5 の態様に沿って表せば、

(A) 第 1 導電型を有する第 1 化合物半導体層 21、活性層 23、及び、第 2 導電型を有する第 2 化合物半導体層 22A, 22B が順次積層された積層構造体から構成された発光部 20、並びに、

20

(B) 発光部 20 の側面に接して設けられた電流ブロック層 40、を備えている。

【0200】

そして、

電流ブロック層 40 は、第 1 導電型を有する第 3 化合物半導体層 43、及び、第 2 導電型を有し、第 3 化合物半導体層 43 に接した第 4 化合物半導体層 44 から構成されており、

第 1 化合物半導体層 21、第 2 化合物半導体層 22A, 22B、電流ブロック層 40 (第 4 化合物半導体層 44 及び第 3 化合物半導体層 43) は、III-V 族化合物半導体から成り、

30

第 2 化合物半導体層 22A, 22B を第 2 導電型である p 型とするための不純物は、第 III 族不純物であり、

第 4 化合物半導体層 44 を第 2 導電型である p 型とするための不純物は、炭素 (C) である。

【0201】

より具体的には、実施例 5 の半導体発光素子にあっては、各層は、以下の表 5A あるいは表 5B に示す構成を有する。ここで、表 5A に示した例にあっては、第 4 化合物半導体層 44 の上に第 3 化合物半導体層 43 が積層されており、表 5B に示した例にあっては、第 3 化合物半導体層 43 の上に第 4 化合物半導体層 44 が積層されている。

【0202】

40

[表 5A]

(発光部の構成)

第 2 化合物半導体層 22B . . . p - Al_{0.47}Ga_{0.53}As : Zn

第 2 化合物半導体層 22A . . . p - Al_{0.4}Ga_{0.6}As : Zn

活性層 23 . . . [活性層 - A]

第 1 化合物半導体層 21 . . . n - Al_{0.4}Ga_{0.6}As : Se

(電流ブロック層)

埋込み層 31 . . . p - Al_{0.47}Ga_{0.53}As : Zn

第 3 化合物半導体層 43 . . . n - Al_{0.47}Ga_{0.53}As : Se

第 4 化合物半導体層 44 . . . p - Al_{0.47}Ga_{0.53}As : C

50

電流ブロック層位置調整層 30・・・ p - $Al_{0.47}Ga_{0.53}As:Zn$
 (全体)
 コントラクト層 32・・・ p - $GaAs:Zn$ (又はC)

(注1)第2化合物半導体層 22Bに引き続き、電流ブロック層位置調整層 30が形成される。

(注2)第4化合物半導体層 44は、電流ブロック層位置調整層 30に引き続き、連続的に形成され、実質的には、第4化合物半導体層 44と電流ブロック層位置調整層 30との間に境界は存在しない。

(注3)第3化合物半導体層 43と埋込み層 31との間には、 p - $Al_{0.47}Ga_{0.53}As:Zn$ から成る第5化合物半導体層(第3化合物半導体層 43との界面を構成する埋込み層 31の部分が該当する)が形成されていると見做すこともできる。

【0203】

[表5B]

(発光部の構成)

第2化合物半導体層 22B・・・ p - $Al_{0.47}Ga_{0.53}As:Zn$

第2化合物半導体層 22A・・・ p - $Al_{0.4}Ga_{0.6}As:Zn$

活性層 23・・・[活性層-A]

第1化合物半導体層 21・・・ n - $Al_{0.4}Ga_{0.6}As:Se$

(電流ブロック層)

埋込み層 31・・・ p - $Al_{0.47}Ga_{0.53}As:Zn$

第4化合物半導体層 44・・・ p - $Al_{0.47}Ga_{0.53}As:C$

第3化合物半導体層 43・・・ n - $Al_{0.47}Ga_{0.53}As:Se$

電流ブロック層位置調整層 30・・・ p - $Al_{0.47}Ga_{0.53}As:Zn$

(全体)

コントラクト層 32・・・ p - $GaAs:Zn$ (又はC)

(注1)第2化合物半導体層 22Bに引き続き、電流ブロック層位置調整層 30が形成される。

(注2)埋込み層 31は、第4化合物半導体層 44に引き続き、連続的に形成され、実質的には、埋込み層 31と第4化合物半導体層 44との間に境界は存在しない。

(注3)第3化合物半導体層 43と電流ブロック層位置調整層 30との間には、 p - $Al_{0.47}Ga_{0.53}As:Zn$ から成る第5化合物半導体層(第3化合物半導体層 43との界面を構成する電流ブロック層位置調整層 30の部分が該当する)が形成されていると見做すこともできる。

【0204】

実施例5にあっても、実施例1の[工程-120]と同様の工程において、例えば、電流ブロック層位置調整層 30、第4化合物半導体層 44及び第3化合物半導体層 43から成る電流ブロック層 40を、順次、MOCVD法に基づき形成する。ここで、第4化合物半導体層 44は p - $Al_{0.47}Ga_{0.53}As:C$ から成り、第3化合物半導体層 43は、 n - $Al_{0.47}Ga_{0.53}As:Se$ から成る。即ち、第3化合物半導体層 43を第1導電型(n 型)とするための不純物(Se)の第3化合物半導体層 43における不純物の置換サイトは、V族原子が占めるサイトである。また、第4化合物半導体層 44を第2導電型(p 型)とするための不純物(C)の第4化合物半導体層 44における不純物の置換サイトも、V族原子が占めるサイトである。即ち、第3化合物半導体層 43を第1導電型とするための不純物は、第3化合物半導体層 43における不純物の置換サイトが、第4化合物半導体層 44を第2導電型とするための第4化合物半導体層における不純物の置換サイトと競合する不純物から成る。尚、第4化合物半導体層 44を第2導電型とするための不純物は、第2化合物半導体層 22を第2導電型とするための不純物よりも、結晶内への不純物取り込み量の面方位依存性が小さい。

【0205】

従って、第4化合物半導体層44を成膜した後、第3化合物半導体層43を成膜したとき、あるいは又、第3化合物半導体層43を成膜した後、第4化合物半導体層44を成膜したとき、電流ブロック層40を構成する第3化合物半導体層43と第4化合物半導体層44との間で不純物相互拡散が生じ難い。その結果、電流ブロック層40が消滅したり、あるいは又、電流ブロック層40が薄くなったりして、電流ブロック層40の効果が安定せず、漏れ電流が増加するといった問題の発生を回避することができる。

【0206】

また、第1化合物半導体層21を第1導電型(n型)とするための不純物は、第1化合物半導体層21における不純物の置換サイト(V族原子が占めるサイト)が、第2化合物半導体層22A, 22Bを第2導電型(p型)とするための第2化合物半導体層22A, 22Bにおける不純物の置換サイト(III族原子が占めるサイト)と競合しない不純物から成るので、第1化合物半導体層21と第2化合物半導体層22A, 22Bとの間での意図的な不純物相互拡散により設計されるpn接合制御が、各層不純物の濃度調整やドーピング位置調整によって細かく設計し易くなるため、発光特性の向上を図ることができる。

【0207】

ここで、実施例5の半導体発光素子にあっても、発光部形成領域11(凸部面)の上に形成された活性層23は、活性層23よりも屈折率が低い電流ブロック層40によって横方向(側面)が囲まれ、活性層23よりも屈折率が低い第1化合物半導体層21及び第2化合物半導体層22A, 22Bによって上下方向が囲まれている。従って、活性層23の上下方向及び横方向は完全なる光閉込め構造となっている。しかも、凹部面の上にあっては、活性層23の側面近傍は、p-n-p-n構造(p型埋込み層31-n型第3化合物半導体層43-p型第4化合物半導体層44、p型電流ブロック層位置調整層30(n型第2化合物半導体層22B)及びp型第2化合物半導体層22A-n型第1化合物半導体層21)の、いわばサイリスタ構造が形成される。従って、凹部面において電流が流れることが阻止され、これによって活性層23に電流が集中し、低閾値電流化を図ることができる。

【実施例6】

【0208】

実施例6は、実施例5の変形であり、本発明の第1-b-1の態様、及び、本発明の第3-bの態様に関する。

【0209】

具体的には、図4の(B)に概念図を示すように、本発明の第1-b-1の態様に沿って表せば、実施例6の半導体発光素子にあっては、

第1化合物半導体層、第2化合物半導体層、第3化合物半導体層及び第4化合物半導体層は、III-V族化合物半導体から成り、

第1化合物半導体層は、第1A化合物半導体層、及び、第1A化合物半導体層上に設けられ、活性層と接した第1B化合物半導体層から成り、

第2化合物半導体層は、活性層と接した第2B化合物半導体層、及び、第2B化合物半導体層上に設けられた第2A化合物半導体層から成り、

第1A化合物半導体層における不純物の置換サイトは、III族原子が占めるサイトであり、

第1B化合物半導体層における不純物の置換サイトは、V族原子が占めるサイトであり、

第2B化合物半導体層における不純物の置換サイトは、III族原子が占めるサイトであり、

第2A化合物半導体層における不純物の置換サイトは、V族原子が占めるサイトであり、

第3化合物半導体層における不純物の置換サイト、及び、第4化合物半導体層における

不純物の置換サイトは、V族原子が占めるサイトである。

【0210】

あるいは又、本発明の第3-bの態様に沿って表せば、実施例6の半導体発光素子にあっては、

第1化合物半導体層、第2化合物半導体層、第3化合物半導体層及び第4化合物半導体層は、III-V族化合物半導体から成り、

第1化合物半導体層は、第1A化合物半導体層、及び、第1A化合物半導体層上に設けられ、活性層と接した第1B化合物半導体層から成り、

第2化合物半導体層は、活性層と接した第2B化合物半導体層、及び、第2B化合物半導体層上に設けられた第2A化合物半導体層から成り、

第1A化合物半導体層を第1導電型であるn型とするための不純物は、第IV族不純物であり、

第1B化合物半導体層を第1導電型であるn型とするための不純物は、第V族不純物であり、

第2B化合物半導体層を第2導電型であるp型とするための不純物は、第III族不純物であり、

第2A化合物半導体層を第2導電型であるp型とするための不純物は、炭素(C)であり、

第3化合物半導体層を第1導電型であるn型とするための不純物は、第V族不純物であり、

第4化合物半導体層を第2導電型であるp型とするための不純物は、炭素(C)である。

【0211】

より具体的には、実施例6の半導体発光素子にあっては、各層は、以下の表6Aあるいは表6Bに示す構成を有する。ここで、表6Aに示した例にあっては、第4化合物半導体層の上に第3化合物半導体層が積層されており、表6Bに示した例にあっては、第3化合物半導体層の上に第4化合物半導体層が積層されている。

【0212】

[表6A]

(発光部の構成)

第2A化合物半導体層・・・p-Al_{0.4}Ga_{0.6}As:C

第2B化合物半導体層・・・p-Al_{0.4}Ga_{0.6}As:Zn

活性層・・・[活性層-A]

第1B化合物半導体層・・・n-Al_{0.4}Ga_{0.6}As:Se

第1A化合物半導体層・・・n-Al_{0.4}Ga_{0.6}As:Si

(電流ブロック層)

埋込み層・・・p-Al_{0.47}Ga_{0.53}As:C

第3化合物半導体層・・・n-Al_{0.47}Ga_{0.53}As:Se

第4化合物半導体層・・・p-Al_{0.47}Ga_{0.53}As:C

電流ブロック層位置調整層・・・p-Al_{0.47}Ga_{0.53}As:C

(全体)

コンタクト層・・・p-GaAs:C(又はZn)

(注1) 第2A化合物半導体層に引き続き、電流ブロック層位置調整層が形成される。

(注2) 第4化合物半導体層は、電流ブロック層位置調整層に引き続き、連続的に形成され、実質的には、第4化合物半導体層と電流ブロック層位置調整層との間に境界は存在しない。

(注3) 第3化合物半導体層と埋込み層との間には、p-Al_{0.47}Ga_{0.53}As:Znから成る第5化合物半導体層が形成されていると見做すこともできる。

【0213】

[表 6 B]

(発光部の構成)

第 2 A 化合物半導体層 . . . p - Al_{0.4}Ga_{0.6}As : C第 2 B 化合物半導体層 . . . p - Al_{0.4}Ga_{0.6}As : Zn

活性層 . . . [活性層 - A]

第 1 B 化合物半導体層 . . . n - Al_{0.4}Ga_{0.6}As : Se第 1 A 化合物半導体層 . . . n - Al_{0.4}Ga_{0.6}As : Si

(電流ブロック層)

埋込み層 . . . p - Al_{0.47}Ga_{0.53}As : C第 4 化合物半導体層 . . . p - Al_{0.47}Ga_{0.53}As : C第 3 化合物半導体層 . . . n - Al_{0.47}Ga_{0.53}As : Se電流ブロック層位置調整層 . . . p - Al_{0.47}Ga_{0.53}As : C

(全体)

コンタクト層 . . . p - GaAs : C (又は Zn)

10

(注 1) 第 2 A 化合物半導体層に引き続き、電流ブロック層位置調整層が形成される。

(注 2) 埋込み層は、第 4 化合物半導体層に引き続き、連続的に形成され、実質的には、埋込み層と第 4 化合物半導体層との間に境界は存在しない。

(注 3) 第 3 化合物半導体層と電流ブロック層位置調整層との間には、p - Al_{0.47}Ga_{0.53}As : Zn から成る第 5 化合物半導体層 (第 3 化合物半導体層との界面を構成する電流ブロック層位置調整層の部分が該当する) が形成されていると見做すこともできる。

20

【実施例 7】

【0214】

実施例 7 も、実施例 5 の変形であり、本発明の第 1 - c - 1 の態様、及び、本発明の第 3 - c の態様に関し、更には、本発明の第 7 の態様に関する。尚、実施例 7 あるいは後述する実施例 8 における導電型を、実施例 5 における導電型と逆とした。即ち、実施例 7 あるいは後述する実施例 8 における第 1 導電型は p 型であり、第 2 導電型は n 型である。

【0215】

具体的には、図 7 の (B) に概念図を示すように、本発明の第 1 - c - 1 の態様に沿って表せば、実施例 7 の半導体発光素子にあっては、

30

第 1 化合物半導体層 2 1、第 2 化合物半導体層 2 2 A、2 2 B、電流ブロック層 4 0 (第 3 化合物半導体層 4 3 及び第 4 化合物半導体層 4 4) は、III - V 族化合物半導体から成り、

第 1 化合物半導体層 2 1 における不純物の置換サイトは、III 族原子が占めるサイトであり、

第 2 化合物半導体層 2 2 A、2 2 B における不純物の置換サイトは、V 族原子が占めるサイトであり、

第 3 化合物半導体層 4 3 における不純物の置換サイト、及び、第 4 化合物半導体層 4 4 における不純物の置換サイトは、III 族原子が占めるサイトである。尚、実施例 7 の半導体発光素子の模式的な一部断面図は、図 2 9 の (A) 及び (B) に示したと同様である。

40

【0216】

あるいは又、本発明の第 3 - c の態様に沿って表せば、実施例 7 の半導体発光素子にあっては、

第 1 化合物半導体層 2 1、第 2 化合物半導体層 2 2 A、2 2 B、電流ブロック層 4 0 (第 3 化合物半導体層 4 3 及び第 4 化合物半導体層 4 4) は、III - V 族化合物半導体から成り、

第 2 化合物半導体層 2 2 A、2 2 B を第 2 導電型である n 型とするための不純物は、第 VI 族不純物であり、

第 4 化合物半導体層 4 4 を第 2 導電型である n 型とするための不純物は、第 IV 族不純

50

物である。

【 0 2 1 7 】

更には、本発明の第 7 の態様に沿って表せば、実施例 7 の半導体発光素子にあっては、
 (A) 第 1 導電型を有する第 1 化合物半導体層 2 1、活性層 2 3、及び、第 2 導電型を有する第 2 化合物半導体層 2 2 A、2 2 B が順次積層された積層構造体から構成された発光部 2 0、並びに、

(B) 発光部 2 0 の側面に接して設けられた電流ブロック層 4 0、
 を備えている。

【 0 2 1 8 】

そして、

電流ブロック層 4 0 は、第 1 導電型を有する第 3 化合物半導体層 4 3、及び、第 2 導電型を有し、第 3 化合物半導体層 4 3 に接した第 4 化合物半導体層 4 4 から構成されており、

第 1 化合物半導体層 2 1、第 2 化合物半導体層 2 2 A、2 2 B、電流ブロック層 4 0 (第 3 化合物半導体層 4 3 及び第 4 化合物半導体層 4 4) は、I I I - V 族化合物半導体から成り、

第 2 化合物半導体層 2 2 A、2 2 B を第 2 導電型である n 型とするための不純物は、第 V I 族不純物であり、

第 4 化合物半導体層 4 4 を第 2 導電型である n 型とするための不純物は、第 I V 族不純物である。

【 0 2 1 9 】

より具体的には、実施例 7 の半導体発光素子にあっては、各層は、以下の表 7 A あるいは表 7 B に示す構成を有する。ここで、表 7 A に示した例にあっては、第 4 化合物半導体層 4 4 の上に第 3 化合物半導体層 4 3 が積層されており、表 7 B に示した例にあっては、第 3 化合物半導体層 4 3 の上に第 4 化合物半導体層 4 4 が積層されている。

【 0 2 2 0 】

[表 7 A]

(発光部の構成)

第 2 化合物半導体層 2 2 B . . . n - Al_{0.47}Ga_{0.53}As : Se

第 2 化合物半導体層 2 2 A . . . n - Al_{0.4}Ga_{0.6}As : Se

活性層 2 3 . . . [活性層 - B]

第 1 化合物半導体層 2 1 . . . p - Al_{0.4}Ga_{0.6}As : Zn

(電流ブロック層)

埋込み層 3 1 . . . n - Al_{0.47}Ga_{0.53}As : Si

第 3 化合物半導体層 4 3 . . . p - Al_{0.47}Ga_{0.53}As : Zn

第 4 化合物半導体層 4 4 . . . n - Al_{0.47}Ga_{0.53}As : Si

電流ブロック層位置調整層 3 0 . . . n - Al_{0.47}Ga_{0.53}As : Si

(全体)

コンタクト層 3 2 . . . n - GaAs : Si (又は Se)

(注 1) 第 2 化合物半導体層 2 2 B に引き続き、電流ブロック層位置調整層 3 0 が形成される。

(注 2) 第 4 化合物半導体層 4 4 は、電流ブロック層位置調整層 3 0 に引き続き、連続的に形成され、実質的には、第 4 化合物半導体層 4 4 と電流ブロック層位置調整層 3 0 との間に境界は存在しない。

(注 3) 第 3 化合物半導体層 4 3 と埋込み層 3 1 との間には、n - Al_{0.47}Ga_{0.53}As : Zn から成る第 5 化合物半導体層 (第 3 化合物半導体層 4 3 との界面を構成する埋込み層 3 1 の部分が該当する) が形成されていると見做すこともできる。

【 0 2 2 1 】

[表 7 B]

(発光部の構成)

第2化合物半導体層 22B・・・n-Al_{0.47}Ga_{0.53}As:Se

第2化合物半導体層 22A・・・n-Al_{0.4}Ga_{0.6}As:Se

活性層 23・・・[活性層-B]

第1化合物半導体層 21・・・p-Al_{0.4}Ga_{0.6}As:Zn

(電流ブロック層)

埋込み層 31・・・n-Al_{0.47}Ga_{0.53}As:Si

第4化合物半導体層 44・・・n-Al_{0.47}Ga_{0.53}As:Si

第3化合物半導体層 43・・・p-Al_{0.47}Ga_{0.53}As:Zn

電流ブロック層位置調整層 30・・・n-Al_{0.47}Ga_{0.53}As:Si

(全体)

コンタクト層 32・・・n-GaAs:Si(又はSe)

10

(注1) 第2化合物半導体層 22Bに引き続き、電流ブロック層位置調整層 30が形成される。

(注2) 埋込み層 31は、第4化合物半導体層 44に引き続き、連続的に形成され、実質的には、埋込み層 31と第4化合物半導体層 44との間に境界は存在しない。

(注3) 第3化合物半導体層 43と電流ブロック層位置調整層 30との間には、n-Al_{0.47}Ga_{0.53}As:Znから成る第5化合物半導体層(第3化合物半導体層 43との界面を構成する電流ブロック層位置調整層 30の部分が該当する)が形成されていると見做すこともできる。

20

【0222】

実施例7にあっても、実施例1の[工程-120]と同様の工程において、例えば、電流ブロック層位置調整層 30、第4化合物半導体層 44及び第3化合物半導体層 43から成る電流ブロック層 40を、順次、MOCVD法に基づき形成する。ここで、第3化合物半導体層 43は、p-Al_{0.47}Ga_{0.53}As:Znから成り、第4化合物半導体層 44はn-Al_{0.47}Ga_{0.53}As:Siから成る。即ち、第3化合物半導体層 43を第1導電型(p型)とするための不純物(Zn)の第3化合物半導体層 43における不純物の置換サイトは、III族原子が占めるサイトである。また、第4化合物半導体層 44を第2導電型(n型)とするための不純物(Si)の第4化合物半導体層 44における不純物の置換サイトも、III族原子が占めるサイトである。即ち、第3化合物半導体層 43を第1導電型とするための不純物は、第3化合物半導体層 43における不純物の置換サイトが、第4化合物半導体層 44を第2導電型とするための第4化合物半導体層における不純物の置換サイトと競合する不純物から成る。

30

【0223】

従って、第3化合物半導体層 43を成膜した後、第4化合物半導体層 44を成膜したとき、あるいは又、第4化合物半導体層 44を成膜した後、第3化合物半導体層 43を成膜したとき、電流ブロック層 40を構成する第3化合物半導体層 43と第4化合物半導体層 44との間で不純物相互拡散が生じ難い。その結果、電流ブロック層 40が消滅したり、あるいは又、電流ブロック層 40が薄くなったりして、電流ブロック層 40の効果が安定せず、漏れ電流が増加するといった問題の発生を回避することができる。

40

【0224】

また、第1化合物半導体層 21を第1導電型(p型)とするための不純物は、第1化合物半導体層 21における不純物の置換サイト(III族原子が占めるサイト)が、第2化合物半導体層 22A, 22Bを第2導電型(n型)とするための第2化合物半導体層 22A, 22Bにおける不純物の置換サイト(V族原子が占めるサイト)と競合しない不純物から成るので、第1化合物半導体層 21と第2化合物半導体層 22A, 22Bとの間での意図的な不純物相互拡散により設計されるpn接合制御が、各層不純物の濃度調整やドーピング位置調整によって細かく設計し易くなるため、発光特性の向上を図ることができる。

50

【 0 2 2 5 】

ここで、実施例 7 の半導体発光素子にあっても、発光部形成領域 1 1 (凸部面) の上に形成された活性層 2 3 は、活性層 2 3 よりも屈折率が低い電流ブロック層 4 0 によって横方向 (側面) が囲まれ、活性層 2 3 よりも屈折率が低い第 1 化合物半導体層 2 1 及び第 2 化合物半導体層 2 2 A , 2 2 B によって上下方向が囲まれている。従って、活性層 2 3 の上下方向及び横方向は完全なる光閉込め構造となっている。しかも、凹部面の上にあつては、活性層 2 3 の側面近傍は、n - p - n - p 構造 (n 型埋込み層 3 1 - p 型第 3 化合物半導体層 4 3 - n 型第 4 化合物半導体層 4 4 - n 型電流ブロック層位置調整層 3 0 (n 型第 2 化合物半導体層 2 2 B) 及び n 型第 2 化合物半導体層 2 2 A - p 型第 1 化合物半導体層 2 1) の、いわばサイリスタ構造が形成される。従って、凹部面において電流が流れることが阻止され、これによって活性層 2 3 に電流が集中し、低閾値電流化を図ることができる。

10

【 0 2 2 6 】

しかも、第 4 化合物半導体層 4 4 を第 2 導電型 (n 型) とするための不純物であるケイ素 (S i) は、第 2 化合物半導体層 2 1 を第 2 導電型 (n 型) とするための不純物であるセレン (S e) よりも面方位依存性が小さい。従って、第 3 化合物半導体層 4 3 の形成 (成膜) においては、第 3 化合物半導体層 4 3 は、発光部 2 0 の側面から延びる { 3 1 1 } B 結晶面領域、基板 1 0 の主面に沿って延びる { 1 0 0 } 結晶面領域、及び、{ 3 1 1 } B 結晶面領域と { 1 0 0 } 結晶面領域との間に位置する高次の結晶面領域が形成されるが、これらの領域への不純物としての S i のドーピング濃度の変動が小さい。その結果、安定した (均一な) 不純物濃度を有する第 3 化合物半導体層 4 3 の形成 (積層) が可能になり、第 3 化合物半導体層 4 3 と接する別の伝導型を有する層との濃度バランスの調整が容易になる。従って、高い電流阻止能力を有する電流ブロック層 4 0 を得ることができる。しかも、安定した不純物濃度を有する第 3 化合物半導体層 4 3 の形成 (積層) が可能になるので、第 3 化合物半導体層 4 3 上に第 4 化合物半導体層 4 4 を形成したとき、あるいは又、第 4 化合物半導体層 4 4 上に第 3 化合物半導体層 4 3 を形成したとき、第 3 化合物半導体層 4 3 や第 4 化合物半導体層 4 4 が消滅したり、あるいは又、電流ブロック層 4 0 が薄くなったりして、電流ブロック層 4 0 の効果が安定せず、漏れ電流が増加するといった問題の発生を一層確実に回避することができる。

20

【 実施例 8 】

30

【 0 2 2 7 】

実施例 8 は、実施例 5 及び実施例 7 の変形であり、本発明の第 1 - d - 1 の態様、及び、本発明の第 3 - d の態様に関する。

【 0 2 2 8 】

具体的には、図 1 0 の (B) に概念図を示すように、本発明の第 1 - d - 1 の態様に沿って表せば、実施例 8 の半導体発光素子にあつては、

第 1 化合物半導体層、第 2 化合物半導体層、第 3 化合物半導体層及び第 4 化合物半導体層は、I I I - V 族化合物半導体から成り、

第 1 化合物半導体層は、第 1 A 化合物半導体層、及び、第 1 A 化合物半導体層上に設けられ、活性層と接した第 1 B 化合物半導体層から成り、

40

第 2 化合物半導体層は、活性層と接した第 2 B 化合物半導体層、及び、第 2 B 化合物半導体層上に設けられた第 2 A 化合物半導体層から成り、

第 1 A 化合物半導体層における不純物の置換サイトは、V 族原子が占めるサイトであり、

第 1 B 化合物半導体層における不純物の置換サイトは、I I I 族原子が占めるサイトであり、

第 2 B 化合物半導体層における不純物の置換サイトは、V 族原子が占めるサイトであり、

第 2 A 化合物半導体層における不純物の置換サイトは、I I I 族原子が占めるサイトであり、

50

第 3 化合物半導体層における不純物の置換サイト、及び、第 4 化合物半導体層における不純物の置換サイトは、Ⅲ族原子が占めるサイトである。

【 0 2 2 9 】

あるいは又、本発明の第 3 - d の態様に沿って表せば、実施例 8 の半導体発光素子にあっては、

第 1 化合物半導体層、第 2 化合物半導体層、第 3 化合物半導体層及び第 4 化合物半導体層は、Ⅲ - V 族化合物半導体から成り、

第 1 化合物半導体層は、第 1 A 化合物半導体層、及び、第 1 A 化合物半導体層上に設けられ、活性層と接した第 1 B 化合物半導体層から成り、

第 2 化合物半導体層は、活性層と接した第 2 B 化合物半導体層、及び、第 2 B 化合物半導体層上に設けられた第 2 A 化合物半導体層から成り、

第 1 A 化合物半導体層を第 1 導電型である p 型とするための不純物は、炭素 (C) であり、

第 1 B 化合物半導体層を第 1 導電型である p 型とするための不純物は、第Ⅲ族不純物であり、

第 2 B 化合物半導体層を第 2 導電型である n 型とするための不純物は、第Ⅴ族不純物であり、

第 2 A 化合物半導体層を第 2 導電型である n 型とするための不純物は、第Ⅴ族不純物であり、

第 3 化合物半導体層を第 1 導電型である p 型とするための不純物は、第Ⅲ族不純物であり、

第 4 化合物半導体層を第 2 導電型である n 型とするための不純物は、第Ⅴ族不純物である。

【 0 2 3 0 】

より具体的には、実施例 8 の半導体発光素子にあっては、各層は、以下の表 8 A あるいは表 8 B に示す構成を有する。ここで、表 8 A に示した例にあっては、第 4 化合物半導体層の上に第 3 化合物半導体層が積層されており、表 8 B に示した例にあっては、第 3 化合物半導体層の上に第 4 化合物半導体層が積層されている。

【 0 2 3 1 】

[表 8 A]

(発光部の構成)

第 2 A 化合物半導体層 . . . n - Al_{0.4}Ga_{0.6}As : Si

第 2 B 化合物半導体層 . . . n - Al_{0.4}Ga_{0.6}As : Se

活性層 . . . [活性層 - B]

第 1 B 化合物半導体層 . . . p - Al_{0.4}Ga_{0.6}As : Zn

第 1 A 化合物半導体層 . . . p - Al_{0.4}Ga_{0.6}As : C

(電流ブロック層)

埋込み層 . . . n - Al_{0.47}Ga_{0.53}As : Si

第 3 化合物半導体層 . . . p - Al_{0.47}Ga_{0.53}As : Zn

第 4 化合物半導体層 . . . n - Al_{0.47}Ga_{0.53}As : Si

電流ブロック層位置調整層 . . . n - Al_{0.47}Ga_{0.53}As : Si

(全体)

コンタクト層 . . . n - GaAs : Si (又は Se)

(注 1) 第 2 A 化合物半導体層に引き続き、電流ブロック層位置調整層が形成される。

(注 2) 第 4 化合物半導体層は、電流ブロック層位置調整層に引き続き、連続的に形成され、実質的には、第 4 化合物半導体層と電流ブロック層位置調整層との間に境界は存在しない。

(注 3) 第 3 化合物半導体層と埋込み層との間には、n - Al_{0.47}Ga_{0.53}As : Zn から成る第 5 化合物半導体層 (第 3 化合物半導体層との界面を構成する埋込み層の部分が該

当する)が形成されていると見做すこともできる。

【0232】

[表8B]

(発光部の構成)

第2A化合物半導体層・・・n-Al_{0.4}Ga_{0.6}As:Si

第2B化合物半導体層・・・n-Al_{0.4}Ga_{0.6}As:Se

活性層・・・[活性層-B]

第1B化合物半導体層・・・p-Al_{0.4}Ga_{0.6}As:Zn

第1A化合物半導体層・・・p-Al_{0.4}Ga_{0.6}As:C

(電流ブロック層)

埋込み層・・・n-Al_{0.47}Ga_{0.53}As:Si

第4化合物半導体層・・・n-Al_{0.47}Ga_{0.53}As:Si

第3化合物半導体層・・・p-Al_{0.47}Ga_{0.53}As:Zn

電流ブロック層位置調整層・・・n-Al_{0.47}Ga_{0.53}As:Si

(全体)

コンタクト層・・・n-GaAs:Si(又はSe)

10

(注1)第2A化合物半導体層に引き続き、電流ブロック層位置調整層が形成される。

(注2)埋込み層は、第4化合物半導体層に引き続き、連続的に形成され、実質的には、埋込み層と第4化合物半導体層との間に境界は存在しない。

20

(注3)第3化合物半導体層と電流ブロック層位置調整層との間には、n-Al_{0.47}Ga_{0.53}As:Znから成る第5化合物半導体層(第3化合物半導体層との界面を構成する電流ブロック層位置調整層の部分が該当する)が形成されていると見做すこともできる。

【実施例9】

【0233】

実施例9は、本発明の第8の態様(より具体的には、第8-A-1の態様)に係る半導体発光素子に関する。実施例9の半導体発光素子は、図13の(A)に概念図を示し、図23の(A)に模式的な一部断面図を示し、拡大された模式的な一部断面図を図23の(B)に示したと同様に、

(A)第1導電型(実施例9にあつては、n型)を有する第1化合物半導体層21、活性層23、及び、第2導電型(実施例9にあつては、p型)を有する第2化合物半導体層22が順次積層された積層構造体から構成された発光部20、並びに、

30

(B)発光部20の側面に接して設けられた電流ブロック層40、を備えている。

【0234】

電流ブロック層40は、少なくとも、第2導電型を有する第4化合物半導体層44、及び、第1導電型を有する第3化合物半導体層43が順次積層された積層構造体から構成されている。そして、第4化合物半導体層44を第2導電型とするための不純物は、第4化合物半導体層44における不純物の置換サイトが、第3化合物半導体層43を第1導電型とするための第3化合物半導体層43における不純物の置換サイトと競合する不純物から成り、且つ、第1化合物半導体層21を第1導電型とするための第1化合物半導体層21における不純物の置換サイトと競合する不純物から成る。また、第2化合物半導体層22を第2導電型とするための不純物は、第2化合物半導体層22における不純物の置換サイトが、第3化合物半導体層43を第1導電型とするための第3化合物半導体層43における不純物の置換サイトと競合する不純物から成る。更には、第1化合物半導体層21、電流ブロック層40、及び、第2化合物半導体層22を通る迂回経路を想定したとき、各化合物半導体層の界面から構成されたpn接合界面が迂回経路内に少なくとも3つ、存在する。

40

【0235】

第4化合物半導体層44は第1化合物半導体層21の側面と接しており、第3化合物半

50

導体層 4 3 は第 2 化合物半導体層 2 2 の側面と接している。そして、具体的には、迂回経路は、第 1 化合物半導体層 2 1、第 4 化合物半導体層 4 4、第 3 化合物半導体層 4 3、及び、第 2 化合物半導体層 2 2 から構成されており、p n 接合界面は、第 1 化合物半導体層 2 1 の側面 / 第 4 化合物半導体層 4 4、第 4 化合物半導体層 4 4 / 第 3 化合物半導体層 4 3、及び、第 3 化合物半導体層 4 3 / 第 2 化合物半導体層 2 2 の側面の 3 つである。

【0236】

実施例 9 の半導体発光素子にあっても、第 1 化合物半導体層 2 1、第 2 化合物半導体層 2 2、第 4 化合物半導体層 4 4 及び第 3 化合物半導体層 4 3 は、III-V 族化合物半導体から成る。あるいは又、後述するように、第 1 A 化合物半導体層 2 1 A、第 1 B 化合物半導体層 2 1 B、第 2 化合物半導体層 2 2、第 4 化合物半導体層 4 4 及び第 3 化合物半導体層 4 3 は、III-V 族化合物半導体から成り、あるいは又、第 1 化合物半導体層 2 1、第 2 A 化合物半導体層 2 2 A、第 2 B 化合物半導体層 2 2 B、第 4 化合物半導体層 4 4 及び第 3 化合物半導体層 4 3 は、III-V 族化合物半導体から成る。

【0237】

ここで、実施例 9 にあっては、第 1 化合物半導体層 2 1 における不純物の置換サイト、第 2 化合物半導体層 2 2 における不純物の置換サイト、第 4 化合物半導体層 4 4 における不純物の置換サイト、及び、第 3 化合物半導体層 4 3 における不純物の置換サイトは、III 族原子が占めるサイトである。そして、第 1 化合物半導体層 2 1 及び第 3 化合物半導体層 4 3 を第 1 導電型である n 型とするための不純物は、第 IV 族不純物（具体的には、ケイ素，Si）であり、第 2 化合物半導体層 2 2 及び第 4 化合物半導体層 4 4 を第 2 導電型である p 型とするための不純物は、第 II 族不純物（具体的には、亜鉛，Zn）である。

【0238】

より具体的には、実施例 9 の半導体発光素子にあっては、各層は、以下の表 9 A に示す構成を有する。

【0239】

[表 9 A]

（発光部の構成）

第 2 化合物半導体層 2 2 B . . . p - Al_{0.47}Ga_{0.53}As : Zn

第 2 化合物半導体層 2 2 A . . . p - Al_{0.4}Ga_{0.6}As : Zn

活性層 2 3 . . . [活性層 - A]

第 1 化合物半導体層 2 1 . . . n - Al_{0.4}Ga_{0.6}As : Si

（電流ブロック層）

埋込み層 3 1 . . . p - Al_{0.47}Ga_{0.53}As : Zn

第 3 化合物半導体層 4 3 . . . n - Al_{0.47}Ga_{0.53}As : Si

第 4 化合物半導体層 4 4 . . . p - Al_{0.47}Ga_{0.53}As : Zn

電流ブロック層位置調整層 3 0 . . . p - Al_{0.47}Ga_{0.53}As : Zn

（全体）

コンタクト層 3 2 . . . p - GaAs : Zn（又は C）

（注 1）第 2 化合物半導体層 2 2 B に引き続き、電流ブロック層位置調整層 3 0 が形成される。

（注 2）第 4 化合物半導体層 4 4 は、電流ブロック層位置調整層 3 0 に引き続き、連続的に形成され、実質的には、電流ブロック層位置調整層 3 0 と第 4 化合物半導体層 4 4 との間に境界は存在しない。

【0240】

ここで、図 2 3 の（B）に示した例にあっては、第 4 化合物半導体層 4 4 の上に第 3 化合物半導体層 4 3 が形成されている。そして、第 3 化合物半導体層 4 3（n 型）とその下の第 4 化合物半導体層 4 4（p 型）との p n 接合界面は、{ 3 1 1 } B 結晶面に沿って延びており、その端部が発光部 2 0（特に、活性層 2 3 の側面）で接することで、新たな接

合界面が2つ形成される。即ち、第2化合物半導体層22A、22B/第3化合物半導体層43のpn接合界面、第3化合物半導体層43/第4化合物半導体層44のnp接合界面、第4化合物半導体層44/第1化合物半導体層21のpn接合界面といった、pnppn接合構造から構成された電流経路が形成され、電流ブロック構造として望ましい設計である。

【0241】

しかも、実施例9にあつては、第1化合物半導体層21における不純物の置換サイト、第4化合物半導体層44における不純物の置換サイト、第3化合物半導体層43における不純物の置換サイト、第2化合物半導体層22における不純物の置換サイトは、III族原子が占めるサイトである。即ち、第1化合物半導体層21を第1導電型(n型)とするための不純物は、第1化合物半導体層21における不純物の置換サイト(III族原子が占めるサイト)が、第4化合物半導体層44を第2導電型(p型)とするための第4化合物半導体層44における不純物の置換サイト(III族原子が占めるサイト)と競合する不純物から成る。また、第3化合物半導体層43を第1導電型(n型)とするための不純物は、第3化合物半導体層43における不純物の置換サイト(III族原子が占めるサイト)が、第4化合物半導体層44を第2導電型(p型)とするための第4化合物半導体層44における不純物の置換サイト(III族原子が占めるサイト)と競合する不純物から成る。更には、第2化合物半導体層22を第2導電型(p型)とするための不純物は、第2化合物半導体層22における不純物の置換サイト(III族原子が占めるサイト)が、第3化合物半導体層43を第1導電型(n型)とするための第3化合物半導体層43における不純物の置換サイト(III族原子が占めるサイト)と競合する不純物から成る。従って、第4化合物半導体層44を成膜したとき、電流ブロック層40を構成する第4化合物半導体層44と第1化合物半導体層21との間で不純物相互拡散が生じ難く、また、第3化合物半導体層43を成膜したとき、電流ブロック層40を構成する第3化合物半導体層43と第4化合物半導体層44との間で、あるいは又、第3化合物半導体層43と第2化合物半導体層22との間で、不純物相互拡散が生じ難く、高い信頼性を有する電流ブロック層40を形成することができる。即ち、電流ブロック層40が消滅したり、あるいは又、電流ブロック層40が薄くなったりして、電流ブロック層40の効果が安定せず、漏れ電流が増加するといった問題の発生を確実に回避することができる。

【0242】

尚、以上の点を除き、実施例9の半導体発光素子は、基本的に、実施例1の半導体発光素子と同じ構成、構造を有するので、詳細な説明は省略する。

【0243】

以下、実施例9の半導体発光素子の変形例を説明する。

【0244】

図13の(B)に概念図を示す実施例9の半導体発光素子の変形例は、本発明の第8-A-2の態様に係る半導体発光素子であり、

第1化合物半導体層及び第3化合物半導体層を第1導電型であるp型とするための不純物は、第III族不純物(具体的には、Zn)であり、

第2化合物半導体層及び第4化合物半導体層を第2導電型であるn型とするための不純物は、第V族不純物(具体的には、Si)である。

【0245】

より具体的には、実施例9の半導体発光素子のこの変形例にあつては、各層は、以下の表9Bに示す構成を有する。尚、表9Aの(注1)及び(注2)と同じ注が付される(後述する表9C~表9Jにおいても同様)。

【0246】

[表9B]

(発光部の構成)

第2化合物半導体層・・・n-Al_{0.47}Ga_{0.53}As:Si

第2化合物半導体層・・・n-Al_{0.4}Ga_{0.6}As:Si

10

20

30

40

50

10

【 0 2 4 8 】

20

【 0 2 4 9 】

【 0 2 5 0 】

(発光部の

第 2 化合物半導體層 . . . p - Al_{0.4}Ga_{0.6}As : C

30

(電流ブロック層)

第3化合物半導體層 . . . n - Al_{0.47}Ga_{0.53}As : Se

電流ブロック層位置調整層・・・p-A_{10.47}Ga_{0.53}As:Z

コンタクト層 3 2 ・ ・ ・ p - G a A s : Z n (又は C)

【 0 2 5 1 】

40

【 0 2 5 2 】

【 0 2 5 3 】

[表 9 D]

(発光部の構成)

第 2 化合物半導体層 . . . $n - \text{Al}_{0.47} \text{Ga}_{0.53} \text{As} : \text{Se}$ 第 2 化合物半導体層 . . . $n - \text{Al}_{0.4} \text{Ga}_{0.6} \text{As} : \text{Se}$

活性層 . . . [活性層 - B]

第 1 化合物半導体層 . . . $p - \text{Al}_{0.4} \text{Ga}_{0.6} \text{As} : \text{C}$

(電流ブロック層)

埋込み層 . . . $n - \text{Al}_{0.47} \text{Ga}_{0.53} \text{As} : \text{Se}$ 第 3 化合物半導体層 . . . $p - \text{Al}_{0.47} \text{Ga}_{0.53} \text{As} : \text{C}$ 第 4 化合物半導体層 . . . $n - \text{Al}_{0.47} \text{Ga}_{0.53} \text{As} : \text{Se}$ 電流ブロック層位置調整層 . . . $n - \text{Al}_{0.47} \text{Ga}_{0.53} \text{As} : \text{Se}$

(全体)

コンタクト層 . . . $p - \text{GaAs} : \text{Zn}$ (又は C)

【 0 2 5 4 】

図 15 の (A) 及び (B) に概念図を示す実施例 9 の半導体発光素子の变形例は、本発明の第 8 - B の態様に係る半導体発光素子であり、

第 1 化合物半導体層は、第 1 A 化合物半導体層、及び、第 1 A 化合物半導体層上に設けられ、活性層と接した第 1 B 化合物半導体層から成り、

第 1 B 化合物半導体層を第 1 導電型とするための不純物は、第 1 B 化合物半導体層における不純物の置換サイトが、第 1 A 化合物半導体層を第 1 導電型とするための第 1 A 化合物半導体層における不純物の置換サイトと競合しない不純物から成り、且つ、第 2 化合物半導体層を第 2 導電型とするための第 2 化合物半導体層における不純物の置換サイトと競合しない不純物から成る。尚、第 1 A 化合物半導体層を第 1 導電型とするための不純物は、第 1 A 化合物半導体層における不純物の置換サイトが、第 4 化合物半導体層を第 2 導電型とするための第 4 化合物半導体層における不純物の置換サイトと競合する不純物から成る。具体的には、第 1 A 化合物半導体層における不純物の置換サイト、第 2 化合物半導体層における不純物の置換サイト、第 4 化合物半導体層における不純物の置換サイト、及び、第 3 化合物半導体層における不純物の置換サイトは、III 族原子が占めるサイトであり、第 1 B 化合物半導体層における不純物の置換サイトは、V 族原子が占めるサイトである。

【 0 2 5 5 】

そして、図 15 の (A) に概念図を示す実施例 9 の半導体発光素子の变形例は、本発明の第 8 - B - 1 の態様に係る半導体発光素子であり、

第 1 A 化合物半導体層及び第 3 化合物半導体層を第 1 導電型である n 型とするための不純物は、第 IV 族不純物 (具体的には、Si) であり、

第 1 B 化合物半導体層を第 1 導電型である n 型とするための不純物は、第 VI 族不純物 (具体的には、Se) であり、

第 2 化合物半導体層及び第 4 化合物半導体層を第 2 導電型である p 型とするための不純物は、第 III 族不純物 (具体的には、Zn) である。

【 0 2 5 6 】

より具体的には、実施例 9 の半導体発光素子のこの变形例にあつては、各層は、以下の表 9 E に示す構成を有する。

【 0 2 5 7 】

[表 9 E]

(発光部の構成)

第 2 化合物半導体層 . . . $p - \text{Al}_{0.47} \text{Ga}_{0.53} \text{As} : \text{Zn}$ 第 2 化合物半導体層 . . . $p - \text{Al}_{0.4} \text{Ga}_{0.6} \text{As} : \text{Zn}$

活性層 . . . [活性層 - A]

第 1 B 化合物半導体層 . . . $n - \text{Al}_{0.4} \text{Ga}_{0.6} \text{As} : \text{Se}$ 第 1 A 化合物半導体層 . . . $n - \text{Al}_{0.4} \text{Ga}_{0.6} \text{As} : \text{Si}$

(電流ブロック層)

埋込み層 $\cdots p - Al_{0.47}Ga_{0.53}As : Zn$
 第3化合物半導体層 $\cdots n - Al_{0.47}Ga_{0.53}As : Si$
 第4化合物半導体層 $\cdots p - Al_{0.47}Ga_{0.53}As : Zn$
 電流ブロック層位置調整層 $\cdots p - Al_{0.47}Ga_{0.53}As : Zn$

(全体)

コンタクト層 $\cdots p - GaAs : Zn$ (又はC)

【0258】

あるいは又、図15の(B)に概念図を示す実施例9の半導体発光素子の变形例は、本発明の第8-B-2の態様に係る半導体発光素子であり、

10

第1A化合物半導体層及び第3化合物半導体層を第1導電型であるp型とするための不純物は、第III族不純物(具体的には、Zn)であり、

第1B化合物半導体層を第1導電型であるp型とするための不純物は、炭素(C)であり、

第2化合物半導体層及び第4化合物半導体層を第2導電型であるn型とするための不純物は、第IV族不純物(具体的には、Si)である。

【0259】

より具体的には、実施例9の半導体発光素子のこの变形例にあつては、各層は、以下の表9Fに示す構成を有する。

【0260】

20

[表9F]

(発光部の構成)

第2化合物半導体層 $\cdots n - Al_{0.47}Ga_{0.53}As : Si$
 第2化合物半導体層 $\cdots n - Al_{0.4}Ga_{0.6}As : Si$
 活性層 $\cdots [\text{活性層} - B]$
 第1B化合物半導体層 $\cdots p - Al_{0.4}Ga_{0.6}As : C$
 第1A化合物半導体層 $\cdots p - Al_{0.4}Ga_{0.6}As : Zn$

(電流ブロック層)

埋込み層 $\cdots n - Al_{0.47}Ga_{0.53}As : Se$
 第3化合物半導体層 $\cdots p - Al_{0.47}Ga_{0.53}As : Zn$
 第4化合物半導体層 $\cdots n - Al_{0.47}Ga_{0.53}As : Si$
 電流ブロック層位置調整層 $\cdots n - Al_{0.47}Ga_{0.53}As : Se$

(全体)

コンタクト層 $\cdots p - GaAs : Zn$ (又はC)

【0261】

これらの図15の(A)及び(B)に概念図を示す実施例9の半導体発光素子の变形例の更なる变形例の概念図を、図16の(A)及び(B)に示す。これらの更なる变形例にあつては、

第4化合物半導体層の下に、第1導電型を有する第6化合物半導体層が設けられており、

40

第6化合物半導体層を第1導電型とするための不純物は、第6化合物半導体層における不純物の置換サイトが、第1A化合物半導体層を第1導電型とするための第1A化合物半導体層における不純物の置換サイトと競合する不純物(具体的には、図16の(A)にあつては第IV族不純物、Siであり、図16の(B)にあつては第III族不純物、Znである)から成り、

第6化合物半導体層は第1化合物半導体層の側面(少なくとも第1A化合物半導体層の側面の一部、及び、第1B化合物半導体層の側面の全て)と接しており、第3化合物半導体層は第2化合物半導体層の側面と接している。尚、迂回経路は、第1化合物半導体層(第1A化合物半導体層及び第1B化合物半導体層)、第6化合物半導体層、第4化合物半導体層、第3化合物半導体層、及び、第2化合物半導体層から構成されており、pn接合

50

界面は、第 6 化合物半導体層 / 第 4 化合物半導体層、第 4 化合物半導体層 / 第 3 化合物半導体層、及び、第 3 化合物半導体層 / 第 2 化合物半導体層の側面の 3 つである。

【 0 2 6 2 】

図 1 7 の (A) 及び (B) に概念図を示す実施例 9 の半導体発光素子の变形例は、本発明の第 8 - b の態様に係る半導体発光素子であり、第 1 A 化合物半導体層における不純物の置換サイト、第 2 化合物半導体層における不純物の置換サイト、第 4 化合物半導体層における不純物の置換サイト、及び、第 3 化合物半導体層における不純物の置換サイトは、V 族原子が占めるサイトであり、第 1 B 化合物半導体層における不純物の置換サイトは、I I I 族原子が占めるサイトである。

【 0 2 6 3 】

そして、図 1 7 の (A) に概念図を示す実施例 9 の半導体発光素子の变形例は、本発明の第 8 - b - 1 の態様に係る半導体発光素子であり、

第 1 A 化合物半導体層及び第 3 化合物半導体層を第 1 導電型である n 型とするための不純物は、第 V I 族不純物 (具体的には、S e) であり、

第 1 B 化合物半導体層を第 1 導電型である n 型とするための不純物は、第 I V 族不純物 (具体的には、S i) であり、

第 2 化合物半導体層及び第 4 化合物半導体層を第 2 導電型である p 型とするための不純物は、炭素 (C) である。

【 0 2 6 4 】

より具体的には、実施例 9 の半導体発光素子のこの变形例にあつては、各層は、以下の表 9 G に示す構成を有する。

【 0 2 6 5 】

[表 9 G]

(発光部の構成)

第 2 化合物半導体層 . . . p - A l_{0.47} G a_{0.53} A s : C

第 2 化合物半導体層 . . . p - A l_{0.4} G a_{0.6} A s : C

活性層 . . . [活性層 - A]

第 1 B 化合物半導体層 . . . n - A l_{0.4} G a_{0.6} A s : S i

第 1 A 化合物半導体層 . . . n - A l_{0.4} G a_{0.6} A s : S e

(電流ブロック層)

埋込み層 . . . p - A l_{0.47} G a_{0.53} A s : Z n

第 3 化合物半導体層 . . . n - A l_{0.47} G a_{0.53} A s : S e

第 4 化合物半導体層 . . . p - A l_{0.47} G a_{0.53} A s : C

電流ブロック層位置調整層 . . . p - A l_{0.47} G a_{0.53} A s : Z n

(全体)

コンタクト層 . . . p - G a A s : Z n (又は C)

【 0 2 6 6 】

あるいは又、図 1 7 の (B) に概念図を示す実施例 9 の半導体発光素子の变形例は、本発明の第 8 - b - 2 の態様に係る半導体発光素子であり、

第 1 A 化合物半導体層及び第 3 化合物半導体層を第 1 導電型である p 型とするための不純物は、炭素 (C) であり、

第 1 B 化合物半導体層を第 1 導電型である p 型とするための不純物は、第 I I 族不純物 (具体的には、Z n) であり、

第 2 化合物半導体層及び第 4 化合物半導体層を第 2 導電型である n 型とするための不純物は、第 V I 族不純物 (具体的には、S e) である。

【 0 2 6 7 】

より具体的には、実施例 9 の半導体発光素子のこの变形例にあつては、各層は、以下の表 9 H に示す構成を有する。

【 0 2 6 8 】

[表 9 H]

(発光部の構成)

第2化合物半導体層・・・ n - $\text{Al}_{0.47}\text{Ga}_{0.53}\text{As}$: Se

第2化合物半導体層・・・ n - $\text{Al}_{0.4}\text{Ga}_{0.6}\text{As}$: Se

活性層・・・[活性層-B]

第1B化合物半導体層・・・ p - $\text{Al}_{0.4}\text{Ga}_{0.6}\text{As}$: Zn

第1A化合物半導体層・・・ p - $\text{Al}_{0.4}\text{Ga}_{0.6}\text{As}$: C

(電流ブロック層)

埋込み層・・・ n - $\text{Al}_{0.47}\text{Ga}_{0.53}\text{As}$: Se

第3化合物半導体層・・・ p - $\text{Al}_{0.47}\text{Ga}_{0.53}\text{As}$: C

第4化合物半導体層・・・ n - $\text{Al}_{0.47}\text{Ga}_{0.53}\text{As}$: Se

電流ブロック層位置調整層・・・ n - $\text{Al}_{0.47}\text{Ga}_{0.53}\text{As}$: Se

(全体)

コンタクト層・・・ p - GaAs : Zn (又は C)

【0269】

これらの図17の(A)及び(B)に概念図を示す実施例9の半導体発光素子の变形例の更なる变形例の概念図を、図18の(A)及び(B)に示す。これらの更なる变形例にあっても、

第4化合物半導体層の下に、第1導電型を有する第6化合物半導体層が設けられており、

第6化合物半導体層を第1導電型とするための不純物は、第6化合物半導体層における不純物の置換サイトが、第1A化合物半導体層を第1導電型とするための第1A化合物半導体層における不純物の置換サイトと競合する不純物(具体的には、図18の(A)にあつては第ⅤⅠ族不純物、 Se であり、図18の(B)にあつては炭素(C)である)から成り、

第6化合物半導体層は第1化合物半導体層の側面(少なくとも第1A化合物半導体層の側面の一部、及び、第1B化合物半導体層の側面の全て)と接しており、第3化合物半導体層は第2化合物半導体層の側面と接している。尚、迂回経路は、第1化合物半導体層(第1A化合物半導体層及び第1B化合物半導体層)、第6化合物半導体層、第4化合物半導体層、第3化合物半導体層、及び、第2化合物半導体層から構成されており、 pn 接合界面は、第6化合物半導体層/第4化合物半導体層、第4化合物半導体層/第3化合物半導体層、及び、第3化合物半導体層/第2化合物半導体層の側面の3つである。

【0270】

図19の(A)及び(B)に概念図を示す実施例9の半導体発光素子の变形例は、本発明の第8-Cの態様に係る半導体発光素子であり、

第2化合物半導体層は、活性層と接した第2B化合物半導体層、及び、第2B化合物半導体層上に設けられた第2A化合物半導体層から成り、

第2B化合物半導体層を第2導電型とするための不純物は、第2B化合物半導体層における不純物の置換サイトが、第2A化合物半導体層を第2導電型とするための第2A化合物半導体層における不純物の置換サイトと競合しない不純物から成り、且つ、第1化合物半導体層を第1導電型とするための第1化合物半導体層における不純物の置換サイトと競合しない不純物から成る。尚、第2A化合物半導体層を第2導電型とするための不純物は、第2A化合物半導体層における不純物の置換サイトが、第3化合物半導体層を第1導電型とするための第3化合物半導体層における不純物の置換サイトと競合する不純物から成る。具体的には、第1化合物半導体層における不純物の置換サイト、第2A化合物半導体層における不純物の置換サイト、第4化合物半導体層における不純物の置換サイト、及び、第3化合物半導体層における不純物の置換サイトは、ⅢⅢ族原子が占めるサイトであり、第2B化合物半導体層における不純物の置換サイトは、Ⅴ族原子が占めるサイトである。

【0271】

そして、図19の(A)に概念図を示す実施例9の半導体発光素子の变形例は、本発明

10

20

30

40

50

の第 8 - C - 1 の態様に係る半導体発光素子であり、

第 1 化合物半導体層及び第 3 化合物半導体層を第 1 導電型である n 型とするための不純物は、第 I V 族不純物（具体的には、S i）であり、

第 2 A 化合物半導体層及び第 4 化合物半導体層を第 2 導電型である p 型とするための不純物は、第 I I 族不純物（具体的には、Z n）であり、

第 2 B 化合物半導体層を第 2 導電型である p 型とするための不純物は、炭素（C）である。

【 0 2 7 2 】

より具体的には、実施例 9 の半導体発光素子のこの変形例にあつては、各層は、以下の表 9 I に示す構成を有する。

【 0 2 7 3 】

[表 9 I]

（発光部の構成）

第 2 B 化合物半導体層・・・p - A l_{0.4} G a_{0.6} A s : Z n

第 2 A 化合物半導体層・・・p - A l_{0.4} G a_{0.6} A s : C

活性層・・・[活性層 - A]

第 1 化合物半導体層・・・n - A l_{0.4} G a_{0.6} A s : S i

（電流ブロック層）

埋込み層・・・p - A l_{0.47} G a_{0.53} A s : Z n

第 3 化合物半導体層・・・n - A l_{0.47} G a_{0.53} A s : S i

第 4 化合物半導体層・・・p - A l_{0.47} G a_{0.53} A s : Z n

電流ブロック層位置調整層・・・p - A l_{0.47} G a_{0.53} A s : Z n

（全体）

コンタクト層・・・p - G a A s : Z n（又は C）

【 0 2 7 4 】

あるいは又、図 1 9 の（B）に概念図を示す実施例 9 の半導体発光素子の変形例は、本発明の第 8 - C - 2 の態様に係る半導体発光素子であり、

第 1 化合物半導体層及び第 3 化合物半導体層を第 1 導電型である p 型とするための不純物は、第 I I 族不純物（具体的には、Z n）であり、

第 2 A 化合物半導体層及び第 4 化合物半導体層を第 2 導電型である n 型とするための不純物は、第 I V 族不純物（具体的には、S i）であり、

第 2 B 化合物半導体層を第 2 導電型である n 型とするための不純物は、第 V I 族不純物（具体的には、S e）である。

【 0 2 7 5 】

より具体的には、実施例 9 の半導体発光素子のこの変形例にあつては、各層は、以下の表 9 J に示す構成を有する。

【 0 2 7 6 】

[表 9 J]

（発光部の構成）

第 2 B 化合物半導体層・・・n - A l_{0.4} G a_{0.6} A s : S i

第 2 A 化合物半導体層・・・n - A l_{0.4} G a_{0.6} A s : S e

活性層・・・[活性層 - B]

第 1 化合物半導体層・・・p - A l_{0.4} G a_{0.6} A s : Z n

（電流ブロック層）

埋込み層・・・n - A l_{0.47} G a_{0.53} A s : S e

第 3 化合物半導体層・・・p - A l_{0.47} G a_{0.53} A s : Z n

第 4 化合物半導体層・・・n - A l_{0.47} G a_{0.53} A s : S i

電流ブロック層位置調整層・・・n - A l_{0.47} G a_{0.53} A s : S e

（全体）

コンタクト層・・・p - G a A s : Z n（又は C）

【0277】

これらの図19の(A)及び(B)に概念図を示す実施例9の半導体発光素子の变形例の更なる变形例の概念図を、図20の(A)及び(B)に示す。これらの更なる变形例にあっては、

第3化合物半導体層の上に、第2導電型を有する第5化合物半導体層が設けられており、

第5化合物半導体層を第2導電型とするための不純物は、第5化合物半導体層における不純物の置換サイトが、第2A化合物半導体層を第2導電型とするための第2A化合物半導体層における不純物の置換サイトと競合する不純物(具体的には、図20の(A)にあっては第II族不純物、Znであり、図20の(B)にあっては第IV族不純物、Siである)から成り、

第4化合物半導体層は第1化合物半導体層の側面と接しており、第5化合物半導体層は第2化合物半導体層の側面(少なくとも第2A化合物半導体層の側面の一部、及び、第2B化合物半導体層の側面の全て)と接している。尚、迂回経路は、第1化合物半導体層、第4化合物半導体層、第3化合物半導体層、第5化合物半導体層、及び、第2化合物半導体層(第2A化合物半導体層及び第2B化合物半導体層)から構成されており、pn接合界面は、第1化合物半導体層の側面/第4化合物半導体層、第4化合物半導体層/第3化合物半導体層、及び、第3化合物半導体層/第5化合物半導体層の3つである。

【0278】

図21の(A)及び(B)に概念図を示す実施例9の半導体発光素子の变形例は、本発明の第8-cの態様に係る半導体発光素子であり、第1化合物半導体層における不純物の置換サイト、第2A化合物半導体層における不純物の置換サイト、第4化合物半導体層における不純物の置換サイト、及び、第3化合物半導体層における不純物の置換サイトは、V族原子が占めるサイトであり、第2B化合物半導体層における不純物の置換サイトは、III族原子が占めるサイトである。

【0279】

そして、図21の(A)に概念図を示す実施例9の半導体発光素子の变形例は、本発明の第8-c-1の態様に係る半導体発光素子であり、

第1化合物半導体層及び第3化合物半導体層を第1導電型であるn型とするための不純物は、第VI族不純物(具体的には、Se)であり、

第2A化合物半導体層及び第4化合物半導体層を第2導電型であるp型とするための不純物は、炭素(C)であり、

第2B化合物半導体層を第2導電型であるp型とするための不純物は、第II族不純物(具体的には、Zn)である。

【0280】

より具体的には、実施例9の半導体発光素子のこの变形例にあっては、各層は、以下の表9Kに示す構成を有する。

【0281】

[表9K]

(発光部の構成)

第2A化合物半導体層・・・p-A_{10.4}Ga_{0.6}As:C

第2B化合物半導体層・・・p-A_{10.4}Ga_{0.6}As:Zn

活性層・・・[活性層-A]

第1化合物半導体層・・・n-A_{10.4}Ga_{0.6}As:Se

(電流ブロック層)

埋込み層・・・p-A_{10.47}Ga_{0.53}As:Zn

第3化合物半導体層・・・n-A_{10.47}Ga_{0.53}As:Se

第4化合物半導体層・・・p-A_{10.47}Ga_{0.53}As:C

電流ブロック層位置調整層・・・p-A_{10.47}Ga_{0.53}As:Zn

(全体)

10

20

30

40

50

コンタクト層 . . . p - GaAs : Zn (又はC)

【0282】

あるいは又、図21の(B)に概念図を示す実施例9の半導体発光素子の变形例は、本発明の第8-c-2の態様に係る半導体発光素子であり、

第1化合物半導体層及び第3化合物半導体層を第1導電型であるp型とするための不純物は、炭素(C)であり、

第2A化合物半導体層及び第4化合物半導体層を第2導電型であるn型とするための不純物は、第VI族不純物(具体的には、Se)であり、

第2B化合物半導体層を第2導電型であるn型とするための不純物は、第IV族不純物(具体的には、Si)である。

10

【0283】

より具体的には、実施例9の半導体発光素子のこの变形例にあつては、各層は、以下の表9Lに示す構成を有する。

【0284】

[表9L]

(発光部の構成)

第2A化合物半導体層 . . . n - Al_{0.4}Ga_{0.6}As : Se

第2B化合物半導体層 . . . n - Al_{0.4}Ga_{0.6}As : Si

活性層 . . . [活性層-B]

第1化合物半導体層 . . . p - Al_{0.4}Ga_{0.6}As : C

20

(電流ブロック層)

埋込み層 . . . n - Al_{0.47}Ga_{0.53}As : Se

第3化合物半導体層 . . . p - Al_{0.47}Ga_{0.53}As : C

第4化合物半導体層 . . . n - Al_{0.47}Ga_{0.53}As : Se

電流ブロック層位置調整層 . . . n - Al_{0.47}Ga_{0.53}As : Se

(全体)

コンタクト層 . . . p - GaAs : Zn (又はC)

【0285】

これらの図21の(A)及び(B)に概念図を示す実施例9の半導体発光素子の变形例の更なる变形例の概念図を、図22の(A)及び(B)に示す。これらの更なる变形例にあつても、

30

第3化合物半導体層の上に、第2導電型を有する第5化合物半導体層が設けられており、

第5化合物半導体層を第2導電型とするための不純物は、第5化合物半導体層における不純物の置換サイトが、第2A化合物半導体層を第2導電型とするための第2A化合物半導体層における不純物の置換サイトと競合する不純物(具体的には、図22の(A)にあつては炭素(C)であり、図22の(B)にあつては第VI族不純物、Seである)から成り、

第4化合物半導体層は第1化合物半導体層の側面と接しており、第5化合物半導体層は第2化合物半導体層の側面(少なくとも第2A化合物半導体層の側面の一部、及び、第2B化合物半導体層の側面の全て)と接している。尚、迂回経路は、第1化合物半導体層、第4化合物半導体層、第3化合物半導体層、第5化合物半導体層、及び、第2化合物半導体層(第2A化合物半導体層及び第2B化合物半導体層)から構成されており、pn接合界面は、第1化合物半導体層の側面/第4化合物半導体層、第4化合物半導体層/第3化合物半導体層、及び、第3化合物半導体層/第5化合物半導体層の3つである。

40

【0286】

電流ブロック層内に、不純物拡散バリア層を設けてもよい。具体的には、電流ブロック層を構成する第2導電型を有する第4化合物半導体層内に、同じく第2導電型を有する不純物拡散バリア層が少なくとも1層(例えば、第7化合物半導体層)、挿入され、第4化合物半導体層の不純物の置換サイトと、不純物拡散バリア層(例えば、不純物拡散バリア

50

層が1層である場合、第7化合物半導体層)の不純物の置換サイトとが異なるように、不純物を選択すればよい。より具体的には、例えば、図15の(A)や図16の(A)に示した構造において、第4化合物半導体層における不純物を亜鉛(Zn)とし、第4化合物半導体層内に挿入する第2導電型の不純物拡散バリア層(第7化合物半導体層)における不純物を炭素(C)とする構成を採用することができる。即ち、

n型第3化合物半導体層(不純物:Si)

p型第4化合物半導体層(不純物:Zn)

p型第7化合物半導体層(不純物:C)

p型第4化合物半導体層(不純物:Zn)

といった構成とすることができる。あるいは又、図15の(B)や図16の(B)に示した構造において、第4化合物半導体層における不純物をケイ素(Si)とし、第4化合物半導体層内に挿入する第2導電型の不純物拡散バリア層(第7化合物半導体層)における不純物をセレン(Se)とする構成を採用することができる。即ち、

p型第3化合物半導体層(不純物:Zn)

n型第4化合物半導体層(不純物:Si)

n型第7化合物半導体層(不純物:Se)

n型第4化合物半導体層(不純物:Si)

といった構成とすることができる。このような構成とすれば、例えば、第1B化合物半導体層から不純物である第ⅤⅠ族不純物(Se)や炭素(C)が電流ブロック層中(Znドープ層中あるいはSiドープ層中)を拡散した場合、係る不純物は、係る不純物の置換サイトが競合する不純物(炭素やセレン)を含んだ第7化合物半導体層中で拡散できず、高い信頼性を有する電流ブロック層を形成することができる。

【0287】

同様に、電流ブロック層を構成する第1導電型を有する第3化合物半導体層内に、同じく第1導電型を有する不純物拡散バリア層が少なくとも1層(例えば、第8化合物半導体層)、挿入され、第3化合物半導体層の不純物の置換サイトと、不純物拡散バリア層(例えば、不純物拡散バリア層が1層である場合、第8化合物半導体層)の不純物の置換サイトとが異なるように、不純物を選択すればよい。例えば、図19の(A)や図20の(A)に示した構造において、第3化合物半導体層における不純物をシリコン(Si)とし、第3化合物半導体層内に挿入する第1導電型の不純物拡散バリア層(第8化合物半導体層)における不純物をセレン(Se)とする構成を採用することができる。即ち、

n型第3化合物半導体層(不純物:Si)

n型第8化合物半導体層(不純物:Se)

n型第3化合物半導体層(不純物:Si)

p型第4化合物半導体層(不純物:Zn)

といった構成とすることができる。あるいは又、図19の(B)や図20の(B)に示した構造において、第3化合物半導体層における不純物を亜鉛(Zn)とし、第3化合物半導体層内に挿入する第1導電型の不純物拡散バリア層(第8化合物半導体層)における不純物を炭素(C)とする構成を採用することができる。即ち、

p型第3化合物半導体層(不純物:Zn)

p型第8化合物半導体層(不純物:C)

p型第3化合物半導体層(不純物:Zn)

n型第4化合物半導体層(不純物:Si)

といった構成とすることができる。このような構成とすることでも、例えば、第2B化合物半導体層から不純物である炭素(C)やセレン(Se)が電流ブロック層中(Siドープ層中やZnドープ層中)を拡散した場合、係る不純物は、係る不純物の置換サイトが競合する不純物(第ⅤⅠ族不純物, Seや炭素)を含んだ第8化合物半導体層中で拡散できず、高い信頼性を有する電流ブロック層を形成することができる。

【0288】

第1化合物半導体層を第1A化合物半導体層及び第1B化合物半導体層から構成する他

の半導体発光素子、第2化合物半導体層を第2A化合物半導体層及び第2B化合物半導体層から構成する他の半導体発光素子においても、同様とすることができる。

【0289】

不純物拡散バリア層（第7化合物半導体層や第8化合物半導体層）を挿入する形態は、特に、図16の（A）、（B）、図18の（A）、（B）、図20の（A）、（B）、図22の（A）、（B）等において不純物拡散バリアの効果を得易く、第7化合物半導体層や第8化合物半導体層を不純物拡散バリア層として、第7化合物半導体層や第8化合物半導体層と同一導電型である化合物半導体層（第4化合物半導体層あるいは第3化合物半導体層）に1層、挿入した例を上述のとおり挙げている。但し、不純物拡散バリアを目的とした不純物拡散バリア層の数は、第1化合物半導体層（あるいは第1B化合物半導体層）、あるいは、第2化合物半導体層（あるいは第2B化合物半導体層）から電流ブロック層に拡散する不純物の置換サイトと同じ不純物の置換サイトを有する化合物半導体層を不純物拡散バリア層として用いるのであれば、2層以上であってもよい。また、不純物拡散バリア層を設ける位置は、不純物拡散バリア層と同じ導電型を有する化合物半導体層内に限らず、異なる導電型を有する化合物半導体層内に1層以上挿入してもよい。

【0290】

あるいは又、電流ブロック層を多層構成としてもよい。具体的には、例えば、図16の（A）に示した構造において、n型第3化合物半導体層／p型第4化合物半導体層／n型第6化合物半導体層の積層構造の電流ブロック層を用いる替わりに、電流ブロック層全体の厚さを変えずに、電流ブロック層を、

- （1）n型第3化合物半導体層（不純物：Si）
- （2）p型化合物半導体層（不純物：Zn）
- （3）n型化合物半導体層（不純物：Si）
- （4）p型第4化合物半導体層（不純物：Zn）
- （5）n型第6化合物半導体層（不純物：Si）

といった5層積層構造から構成してもよいし、

- （1）n型第3化合物半導体層（不純物：Si）
- （2）p型化合物半導体層（不純物：Zn）
- （3）n型化合物半導体層（不純物：Si）
- （4）p型化合物半導体層（不純物：Zn）
- （5）n型化合物半導体層（不純物：Si）
- （6）p型第4化合物半導体層（不純物：Zn）
- （7）n型第6化合物半導体層（不純物：Si）

といった7層積層構造から構成してもよいし、

- （1）n型第3化合物半導体層（不純物：Si）
- （2）p型化合物半導体層（不純物：Zn）
- （3）n型化合物半導体層（不純物：Si）
- （4）p型化合物半導体層（不純物：Zn）
- （5）n型化合物半導体層（不純物：Si）
- （6）p型化合物半導体層（不純物：Zn）
- （7）n型化合物半導体層（不純物：Si）
- （8）p型第4化合物半導体層（不純物：Zn）
- （9）n型第6化合物半導体層（不純物：Si）

といった9層積層構造から構成してもよいし、

- （1）n型第3化合物半導体層（不純物：Si）
- （2）p型化合物半導体層（不純物：Zn）
- （3）n型化合物半導体層（不純物：Si）
- （4）p型化合物半導体層（不純物：Zn）
- （5）n型化合物半導体層（不純物：Si）
- （6）p型化合物半導体層（不純物：Zn）

- (7) n 型化合物半導体層 (不純物 : S i)
- (8) p 型化合物半導体層 (不純物 : Z n)
- (9) n 型化合物半導体層 (不純物 : S i)
- (1 0) p 型第 4 化合物半導体層 (不純物 : Z n)
- (1 1) n 型第 6 化合物半導体層 (不純物 : S i)

といった 1 1 層積層構造から構成してもよい。同様に、図 1 8 の (A) に示した構造において、n 型第 3 化合物半導体層 / p 型第 4 化合物半導体層 / n 型第 6 化合物半導体層の積層構造の電流ブロック層を用いる替わりに、電流ブロック層全体の厚さを変えずに、電流ブロック層を、

- (1) n 型第 3 化合物半導体層 (不純物 : S e)
- (2) p 型化合物半導体層 (不純物 : C)
- (3) n 型化合物半導体層 (不純物 : S e)
- (4) p 型第 4 化合物半導体層 (不純物 : C)
- (5) n 型第 6 化合物半導体層 (不純物 : S e)

10

といった 5 層積層構造から構成してもよいし、

- (1) n 型第 3 化合物半導体層 (不純物 : S e)
- (2) p 型化合物半導体層 (不純物 : C)
- (3) n 型化合物半導体層 (不純物 : S e)
- (4) p 型化合物半導体層 (不純物 : C)
- (5) n 型化合物半導体層 (不純物 : S e)
- (6) p 型第 4 化合物半導体層 (不純物 : C)
- (7) n 型第 6 化合物半導体層 (不純物 : S e)

20

といった 7 層積層構造から構成してもよいし、

- (1) n 型第 3 化合物半導体層 (不純物 : S e)
- (2) p 型化合物半導体層 (不純物 : C)
- (3) n 型化合物半導体層 (不純物 : S e)
- (4) p 型化合物半導体層 (不純物 : C)
- (5) n 型化合物半導体層 (不純物 : S e)
- (6) p 型化合物半導体層 (不純物 : C)
- (7) n 型化合物半導体層 (不純物 : S e)
- (8) p 型第 4 化合物半導体層 (不純物 : C)
- (9) n 型第 6 化合物半導体層 (不純物 : S e)

30

といった 9 層積層構造から構成してもよいし、

- (1) n 型第 3 化合物半導体層 (不純物 : S e)
- (2) p 型化合物半導体層 (不純物 : C)
- (3) n 型化合物半導体層 (不純物 : S e)
- (4) p 型化合物半導体層 (不純物 : C)
- (5) n 型化合物半導体層 (不純物 : S e)
- (6) p 型化合物半導体層 (不純物 : C)
- (7) n 型化合物半導体層 (不純物 : S e)
- (8) p 型化合物半導体層 (不純物 : C)
- (9) n 型化合物半導体層 (不純物 : S e)
- (1 0) p 型第 4 化合物半導体層 (不純物 : C)
- (1 1) n 型第 6 化合物半導体層 (不純物 : S e)

40

といった 1 1 層積層構造から構成してもよい。また、図 1 6 の (B) に示した構造において、p 型第 3 化合物半導体層 / n 型第 4 化合物半導体層 / p 型第 6 化合物半導体層の積層構造の電流ブロック層を用いる替わりに、電流ブロック層全体の厚さを変えずに、電流ブロック層を、

- (1) p 型第 3 化合物半導体層 (不純物 : Z n)
- (2) n 型化合物半導体層 (不純物 : S i)

50

- (3) p 型化合物半導体層 (不純物 : Z n)
 (4) n 型第 4 化合物半導体層 (不純物 : S i)
 (5) p 型第 6 化合物半導体層 (不純物 : Z n)
 といった 5 層積層構造から構成してもよいし、
 (1) p 型第 3 化合物半導体層 (不純物 : Z n)
 (2) n 型化合物半導体層 (不純物 : S i)
 (3) p 型化合物半導体層 (不純物 : Z n)
 (4) n 型化合物半導体層 (不純物 : S i)
 (5) p 型化合物半導体層 (不純物 : Z n)
 (6) n 型第 4 化合物半導体層 (不純物 : S i) 10
 (7) p 型第 6 化合物半導体層 (不純物 : Z n)
 といった 7 層積層構造から構成してもよいし、
 (1) p 型第 3 化合物半導体層 (不純物 : Z n)
 (2) n 型化合物半導体層 (不純物 : S i)
 (3) p 型化合物半導体層 (不純物 : Z n)
 (4) n 型化合物半導体層 (不純物 : S i)
 (5) p 型化合物半導体層 (不純物 : Z n)
 (6) n 型化合物半導体層 (不純物 : S i)
 (7) p 型化合物半導体層 (不純物 : Z n)
 (8) n 型第 4 化合物半導体層 (不純物 : S i) 20
 (9) p 型第 6 化合物半導体層 (不純物 : Z n)
 といった 9 層積層構造から構成してもよいし、
 (1) p 型第 3 化合物半導体層 (不純物 : Z n)
 (2) n 型化合物半導体層 (不純物 : S i)
 (3) p 型化合物半導体層 (不純物 : Z n)
 (4) n 型化合物半導体層 (不純物 : S i)
 (5) p 型化合物半導体層 (不純物 : Z n)
 (6) n 型化合物半導体層 (不純物 : S i)
 (7) p 型化合物半導体層 (不純物 : Z n)
 (8) n 型化合物半導体層 (不純物 : S i) 30
 (9) p 型化合物半導体層 (不純物 : Z n)
 (1 0) n 型第 4 化合物半導体層 (不純物 : S i)
 (1 1) p 型第 6 化合物半導体層 (不純物 : Z n)
 といった 1 1 層積層構造から構成してもよい。同様に、図 1 8 の (B) に示した構造において、p 型第 3 化合物半導体層 / n 型第 4 化合物半導体層 / p 型第 6 化合物半導体層の積層構造の電流ブロック層を用いる替わりに、電流ブロック層全体の厚さを変えずに、電流ブロック層を、
 (1) p 型第 3 化合物半導体層 (不純物 : C)
 (2) n 型化合物半導体層 (不純物 : S e)
 (3) p 型化合物半導体層 (不純物 : C) 40
 (4) n 型第 4 化合物半導体層 (不純物 : S e)
 (5) p 型第 6 化合物半導体層 (不純物 : C)
 といった 5 層積層構造から構成してもよいし、
 (1) p 型第 3 化合物半導体層 (不純物 : C)
 (2) n 型化合物半導体層 (不純物 : S e)
 (3) p 型化合物半導体層 (不純物 : C)
 (4) n 型化合物半導体層 (不純物 : S e)
 (5) p 型化合物半導体層 (不純物 : C)
 (6) n 型第 4 化合物半導体層 (不純物 : S e)
 (7) p 型第 6 化合物半導体層 (不純物 : C) 50

といった 7 層積層構造から構成してもよいし、

- (1) p 型第 3 化合物半導体層 (不純物 : C)
- (2) n 型化合物半導体層 (不純物 : S e)
- (3) p 型化合物半導体層 (不純物 : C)
- (4) n 型化合物半導体層 (不純物 : S e)
- (5) p 型化合物半導体層 (不純物 : C)
- (6) n 型化合物半導体層 (不純物 : S e)
- (7) p 型化合物半導体層 (不純物 : C)
- (8) n 型第 4 化合物半導体層 (不純物 : S e)
- (9) p 型第 6 化合物半導体層 (不純物 : C)

10

といった 9 層積層構造から構成してもよいし、

- (1) p 型第 3 化合物半導体層 (不純物 : C)
- (2) n 型化合物半導体層 (不純物 : S e)
- (3) p 型化合物半導体層 (不純物 : C)
- (4) n 型化合物半導体層 (不純物 : S e)
- (5) p 型化合物半導体層 (不純物 : C)
- (6) n 型化合物半導体層 (不純物 : S e)
- (7) p 型化合物半導体層 (不純物 : C)
- (8) n 型化合物半導体層 (不純物 : S e)
- (9) p 型化合物半導体層 (不純物 : C)
- (10) n 型第 4 化合物半導体層 (不純物 : S e)
- (11) p 型第 6 化合物半導体層 (不純物 : C)

20

といった 11 層積層構造から構成してもよい。

【 0 2 9 1 】

このように、電流ブロック層の総厚を厚くすることなく電流ブロック層を多層構造とすることで、電流ブロック層を構成する各化合物半導体層 (上述した第 3 化合物半導体層から第 6 化合物半導体層までに至る全ての化合物半導体層の内の少なくとも 1 層以上の化合物半導体層、あるいは、図 20 の (A)、(B)、図 22 の (A)、(B) の場合においても、上述したと同様に、第 5 化合物半導体層から第 4 化合物半導体層までに至る全ての化合物半導体層の内の少なくとも 1 層以上の化合物半導体層) の厚さを任意に薄くする設計が選択できるので、電流ブロック層を構成する 1 層の発光部の側面に接する接触面積を減らすことが可能になる。この接触面において、更に接触面積が減るように電流ブロック層を構成する各化合物半導体層の厚さを調節することによって、電流ブロック層を構成する 1 層の接触面だけで活性層 (あるいは井戸層) の全側面を跨る状態を回避することが可能になるので、迂回経路に電流リークパスが形成される現象を一層確実に防止することができる。図 16 の (A) に示した構造において、電流ブロック層を、上述した 7 層積層構造から構成したときの半導体発光素子における閾値電流の測定結果、及び、スロープ効率の測定結果を図 28 の (B) に曲線「 A 」示す。また、参考のため、電流ブロック層を第 5 化合物半導体層と第 3 化合物半導体層と第 4 化合物半導体層の 3 層構成としたときの半導体発光素子における閾値電流の測定結果、及び、スロープ効率の測定結果も図 28 の (B) に曲線「 B 」で示す。尚、電流ブロック層の総厚は両者で同じとしている。図 28 の (B) から、電流ブロック層を多層構造とすることで、漏れ電流がより少なくなり、スロープ効率が向上し、閾値電流の値をより低くすることができる。

30

40

【 0 2 9 2 】

実施例 9 にあっては、第 1 化合物半導体層を第 1 A 化合物半導体層と第 1 B 化合物半導体層から構成し、併せて、第 2 化合物半導体層を第 2 A 化合物半導体層と第 2 B 化合物半導体層から構成することもできる。

【 実施例 10 】

【 0 2 9 3 】

実施例 10 は、実施例 1 の一種の変形であり、本発明の第 1 - A - 2 の態様、及び、本

50

発明の第 9 の態様に係る半導体発光素子に関する。実施例 10 の半導体発光素子においては、第 4 化合物半導体層の構成、構造が、実施例 1 において説明した半導体発光素子における第 4 化合物半導体層の構成、構造と異なっている。実施例 10 の半導体発光素子の概念図を、図 2 の (A) に示す。

【0294】

ここで、実施例 10 の半導体発光素子は、本発明の第 9 の態様に沿って表せば、

(A) 第 1 導電型を有する第 1 化合物半導体層、活性層、及び、第 2 導電型を有する第 2 化合物半導体層が順次積層された積層構造体から構成された発光部、並びに、

(B) 発光部の側面に接して設けられた電流ブロック層、
を備えており、

10

電流ブロック層は、第 1 導電型を有する第 3 化合物半導体層、及び、第 2 導電型を有し、第 3 化合物半導体層に接した第 4 化合物半導体層から構成されている。

【0295】

尚、後述する実施例 11、実施例 14、実施例 15、実施例 18、実施例 19、実施例 22、実施例 23 における半導体発光素子にあっても、本発明の第 10 の態様～第 16 の態様に沿って表せば、上述したと同様の構成、構造を有する。

【0296】

そして、本発明の第 1 - A - 2 の態様あるいは本発明の第 9 の態様に沿って表せば、実施例 10 の半導体発光素子においては、

第 4 化合物半導体層は、第 3 化合物半導体層側から、少なくとも、第 4 A 化合物半導体層、第 4 B 化合物半導体層及び第 4 C 化合物半導体層の 3 層構造を有し、

20

少なくとも第 4 B 化合物半導体層は、活性層の側面に接しており、

第 4 A 化合物半導体層及び第 4 C 化合物半導体層における不純物の置換サイトは、I I 族原子が占めるサイトであり、

第 4 B 化合物半導体層における不純物は、炭素 (C) である。尚、第 4 B 化合物半導体層は、その一部又は全部が活性層の側面に接しているが、より具体的には、第 4 B 化合物半導体層は、その全部が活性層の側面に接している。

【0297】

具体的には、第 4 A 化合物半導体層及び第 4 C 化合物半導体層における不純物は、亜鉛 (Zn) 又はマグネシウム (Mg) である。また、第 4 化合物半導体層は 3 層構造を有している。ここで、第 4 A 化合物半導体層及び第 4 B 化合物半導体層は活性層の側面に接しており、更には、第 4 C 化合物半導体層は、部分的に、活性層の側面に接している。また、第 3 化合物半導体層も、部分的に、活性層の側面に接している。第 1 化合物半導体層、活性層、第 2 化合物半導体層、第 3 化合物半導体層の構成、構造は、実施例 1 における第 1 化合物半導体層、活性層、第 2 化合物半導体層、第 3 化合物半導体層の構成、構造と同じとすることができるし、第 4 A 化合物半導体層、第 4 C 化合物半導体層の構成、構造も、実施例 1 における第 4 化合物半導体層の構成、構造と同じとすることができるし、第 4 B 化合物半導体層の構成、構造も、例えば、実施例 5 における第 4 化合物半導体層の構成、構造と同様とすることができるので、詳細な説明は省略する。

30

【0298】

実施例 10、あるいは、後述する実施例 12、実施例 14、実施例 16、実施例 18、実施例 20、実施例 22、実施例 24 の半導体発光素子においては、少なくとも 3 層構成の第 3 化合物半導体層、あるいは、少なくとも 3 層構成の第 4 化合物半導体層を有しており、活性層の側面と接する第 3 B 化合物半導体層あるいは第 4 B 化合物半導体層には、比較的拡散し難い不純物である炭素 (C) あるいはケイ素 (Si) が含まれている。従って、活性層の側面と接する化合物半導体層から活性層への不純物の拡散を減少させることが可能となる。

40

【0299】

実施例 10 の半導体発光素子、並びに、表 1 A に示した実施例 1 及び比較例 1 の半導体発光素子における光出力の測定結果を図 30 に示す。尚、図 30 において、実施例 10 の

50

結果を「A」で示し、実施例1の結果を「B」で示し、比較例1の結果を「C」で示す。図30から、実施例10にあっては、実施例1、比較例1と比較して、一層高い光出力を得ることができることが判る。

【実施例11】

【0300】

実施例11も、実施例1の一種の変形であり、本発明の第1-A-3の態様、及び、本発明の第10の態様に係る半導体発光素子に関する。実施例11の半導体発光素子の概念図を、図3の(A)に示す。

【0301】

ここで、本発明の第1-A-3の態様あるいは本発明の第10の態様に沿って表せば、実施例11の半導体発光素子の第4化合物半導体層における不純物は、III族原子が占めるサイトを置換サイトとする不純物[具体的には、亜鉛(Zn)又はマグネシウム(Mg)]、及び、炭素(C)から成る。言い換えれば、実施例11の半導体発光素子における第4化合物半導体層は、III族原子が占めるサイトを置換サイトとする不純物[具体的には、亜鉛(Zn)又はマグネシウム(Mg)]、及び、炭素(C)が不純物としてコ・ドープされている。即ち、第4化合物半導体層はコ・ドープ層となっている。ここで、炭素(C)の不純物濃度として、 $2 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ 乃至 $1 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$ を挙げることができるし、亜鉛(Zn)あるいはマグネシウム(Mg)の不純物濃度として $2 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ 乃至 $1 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$ を挙げることができる。尚、(炭素の不純物濃度/亜鉛又はマグネシウムの不純物濃度)の割合として、限定するものではないが、 $0.1 \leq (\text{炭素の不純物濃度} / \text{亜鉛又はマグネシウムの不純物濃度}) \leq 1$ を例示することができる。実施例11にあっては、具体的には、炭素(C)の不純物濃度を $1 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ とし、亜鉛(Zn)又はマグネシウム(Mg)の不純物濃度を $1 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ とした。

【0302】

第3化合物半導体層は、部分的に、活性層の側面に接している。また、第4化合物半導体層も、部分的に、活性層の側面に接している。第1化合物半導体層、活性層、第2化合物半導体層、第3化合物半導体層の構成、構造は、実施例1における第1化合物半導体層、活性層、第2化合物半導体層、第3化合物半導体層の構成、構造と同様とすることができるので、詳細な説明は省略する。

【0303】

実施例11、あるいは、後述する実施例13、実施例15、実施例17、実施例19、実施例21、実施例23、実施例25の半導体発光素子にあっては、比較的拡散し難い不純物である炭素(C)あるいはケイ素(Si)が不純物としてコ・ドープされた化合物半導体層から成る第3化合物半導体層あるいは第4化合物半導体層を備えている。従って、活性層の側面と接する化合物半導体層から活性層への不純物の拡散を減少させることが可能となる。

【実施例12】

【0304】

実施例12は、実施例2の一種の変形であり、本発明の第1-B-2の態様に係る半導体発光素子に関する。実施例12の半導体発光素子の概念図を、図5の(A)に示す。

【0305】

実施例12の半導体発光素子にあっては、

第4化合物半導体層は、第3化合物半導体層側から、少なくとも、第4A化合物半導体層、第4B化合物半導体層及び第4C化合物半導体層の3層構造を有し、

少なくとも第4B化合物半導体層は、活性層の側面に接しており、

第4A化合物半導体層及び第4C化合物半導体層における不純物の置換サイトは、III族原子が占めるサイトであり、

第4B化合物半導体層における不純物は、炭素(C)である。尚、第4B化合物半導体層は、その一部又は全部が活性層の側面に接しているが、より具体的には、第4B化合物

半導体層は、その全部が活性層の側面に接している。

【0306】

実施例12における第4化合物半導体層の構成、構造、更には、第1化合物半導体層、活性層、第2化合物半導体層、第3化合物半導体層の構成、構造は、実施例10におけるこれらの化合物半導体層の構成、構造と同様とすることができるので、詳細な説明は省略する。

【実施例13】

【0307】

実施例13も、実施例2の一種の変形であり、本発明の第1-B-3の態様に係る半導体発光素子に関する。実施例13の半導体発光素子の概念図を、図6の(A)に示す。

10

【0308】

実施例13の半導体発光素子にあっては、第4化合物半導体層における不純物は、III族原子が占めるサイトを置換サイトとする不純物[具体的には、亜鉛(Zn)又はマグネシウム(Mg)]、及び、炭素(C)から成る。言い換えれば、実施例13の半導体発光素子における第4化合物半導体層も、III族原子が占めるサイトを置換サイトとする不純物[具体的には、亜鉛(Zn)又はマグネシウム(Mg)]、及び、炭素(C)が不純物としてコ・ドープされている。即ち、第4化合物半導体層はコ・ドープ層となっている。

【0309】

実施例13における第4化合物半導体層の構成、構造、更には、第1化合物半導体層、活性層、第2化合物半導体層、第3化合物半導体層の構成、構造は、実施例11におけるこれらの化合物半導体層の構成、構造と同様とすることができるので、詳細な説明は省略する。

20

【実施例14】

【0310】

実施例14は、実施例3の一種の変形であり、本発明の第1-C-2の態様、及び、本発明の第11の態様に係る半導体発光素子に関する。実施例14の半導体発光素子の概念図を、図8の(A)に示す。

【0311】

本発明の第1-C-2の態様あるいは本発明の第11の態様に沿って表せば、実施例14の半導体発光素子にあっては、

30

第4化合物半導体層は、第3化合物半導体層側から、少なくとも、第4A化合物半導体層、第4B化合物半導体層及び第4C化合物半導体層の3層構造を有し、

少なくとも第4B化合物半導体層は、活性層の側面に接しており、

第4A化合物半導体層及び第4C化合物半導体層における不純物の置換サイトは、V族原子が占めるサイトであり、

第4B化合物半導体層における不純物は、ケイ素(Si)である。尚、第4B化合物半導体層は、その一部又は全部が活性層の側面に接しているが、より具体的には、第4B化合物半導体層は、その全部が活性層の側面に接している。

【0312】

40

具体的には、第4A化合物半導体層及び第4C化合物半導体層における不純物は、セレン(Se)である。また、第4化合物半導体層は3層構造を有している。ここで、第4A化合物半導体層及び第4B化合物半導体層は活性層の側面に接しており、更には、第4C化合物半導体層は、部分的に、活性層の側面に接している。また、第3化合物半導体層も、部分的に、活性層の側面に接している。第1化合物半導体層、活性層、第2化合物半導体層、第3化合物半導体層の構成、構造は、実施例3における第1化合物半導体層、活性層、第2化合物半導体層、第3化合物半導体層の構成、構造と同じとすることができるし、第4A化合物半導体層、第4C化合物半導体層の構成、構造も、実施例3における第4化合物半導体層の構成、構造と同じとすることができるし、第4B化合物半導体層の構成、構造も、例えば、実施例7における第4化合物半導体層の構成、構造と同様とすること

50

ができるので、詳細な説明は省略する。

【実施例 15】

【0313】

実施例 15 も、実施例 3 の一種の変形であり、本発明の第 1 - C - 3 の態様、及び、本発明の第 12 の態様に係る半導体発光素子に関する。実施例 15 の半導体発光素子の概念図を、図 9 の (A) に示す。

【0314】

ここで、本発明の第 1 - C - 3 の態様あるいは本発明の第 12 の態様に沿って表せば、第 4 化合物半導体層における不純物は、V 族原子が占めるサイトを置換サイトとする不純物 [具体的には、セレン (Se)]、及び、ケイ素 (Si) から成る。云い換えれば、実施例 15 の半導体発光素子における第 4 化合物半導体層は、V 族原子が占めるサイトを置換サイトとする不純物 [具体的には、セレン (Se)]、及び、ケイ素 (Si) が不純物としてコ・ドープされている。即ち、第 4 化合物半導体層はコ・ドープ層となっている。ここで、ケイ素 (Si) の不純物濃度として、 $2 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ 乃至 $1 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$ を挙げることができるし、セレン (Se) の不純物濃度として $2 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ 乃至 $1 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$ を挙げることができる。尚、(ケイ素の不純物濃度 / セレンの不純物濃度) の割合として、限定するものではないが、

$0.1 \leq (\text{ケイ素の不純物濃度} / \text{セレンの不純物濃度}) \leq 1$ を例示することができる。実施例 15 にあつては、具体的には、ケイ素 (Si) の不純物濃度を $1 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ とし、セレン (Se) の不純物濃度を $1 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ とした。

【0315】

第 3 化合物半導体層は、部分的に、活性層の側面に接している。また、第 4 化合物半導体層も、部分的に、活性層の側面に接している。第 1 化合物半導体層、活性層、第 2 化合物半導体層、第 3 化合物半導体層の構成、構造は、実施例 1 における第 1 化合物半導体層、活性層、第 2 化合物半導体層、第 3 化合物半導体層の構成、構造と同様とすることができるので、詳細な説明は省略する。

【実施例 16】

【0316】

実施例 16 は、実施例 4 の一種の変形であり、本発明の第 1 - D - 2 の態様に係る半導体発光素子に関する。実施例 16 の半導体発光素子の概念図を、図 11 の (A) に示す。

【0317】

実施例 16 の半導体発光素子にあつては、

第 4 化合物半導体層は、第 3 化合物半導体層側から、少なくとも、第 4 A 化合物半導体層、第 4 B 化合物半導体層及び第 4 C 化合物半導体層の 3 層構造を有し、

少なくとも第 4 B 化合物半導体層は、活性層の側面に接しており、

第 4 A 化合物半導体層及び第 4 C 化合物半導体層における不純物の置換サイトは、V 族原子が占めるサイトであり、

第 4 B 化合物半導体層における不純物は、ケイ素 (Si) である。尚、第 4 B 化合物半導体層は、その一部又は全部が活性層の側面に接しているが、より具体的には、第 4 B 化合物半導体層は、その全部が活性層の側面に接している。

【0318】

実施例 16 における第 4 化合物半導体層の構成、構造、更には、第 1 化合物半導体層、活性層、第 2 化合物半導体層、第 3 化合物半導体層の構成、構造は、実施例 14 におけるこれらの化合物半導体層の構成、構造と同様とすることができるので、詳細な説明は省略する。

【実施例 17】

【0319】

実施例 17 も、実施例 4 の一種の変形であり、本発明の第 1 - D - 3 の態様に係る半導体発光素子に関する。実施例 17 の半導体発光素子の概念図を、図 12 の (A) に示す。

【0320】

実施例 17 の半導体発光素子にあっては、第 4 化合物半導体層における不純物は、V 族原子が占めるサイトを置換サイトとする不純物 [具体的には、セレン (S e)]、及び、ケイ素 (S i) から成る。云い換えれば、実施例 17 の半導体発光素子における第 4 化合物半導体層も、V 族原子が占めるサイトを置換サイトとする不純物 [具体的には、セレン (S e)]、及び、ケイ素 (S i) が不純物としてコ・ドーピングされている。即ち、第 4 化合物半導体層はコ・ドーピング層となっている。

【 0 3 2 1 】

実施例 17 における第 4 化合物半導体層の構成、構造、更には、第 1 化合物半導体層、活性層、第 2 化合物半導体層、第 3 化合物半導体層の構成、構造は、実施例 15 におけるこれらの化合物半導体層の構成、構造と同様とすることができるので、詳細な説明は省略する。

10

【実施例 18】

【 0 3 2 2 】

実施例 18 は、実施例 5 の一種の変形であり、本発明の第 1 - a - 2 の態様、及び、本発明の第 13 の態様に係る半導体発光素子に関する。実施例 18 の半導体発光素子の概念図を、図 2 の (B) に示す。

【 0 3 2 3 】

本発明の第 1 - a - 2 の態様あるいは本発明の第 13 の態様に沿って表せば、実施例 18 の半導体発光素子にあっては、

第 3 化合物半導体層は、第 4 化合物半導体層側から、少なくとも、第 3 A 化合物半導体層、第 3 B 化合物半導体層及び第 3 C 化合物半導体層の 3 層構造を有し、

20

少なくとも第 3 B 化合物半導体層は、活性層の側面に接しており、

第 3 A 化合物半導体層及び第 3 C 化合物半導体層における不純物の置換サイトは、V 族原子が占めるサイトであり、

第 3 B 化合物半導体層における不純物は、ケイ素 (S i) である。尚、第 3 B 化合物半導体層は、その一部又は全部が活性層の側面に接しているが、より具体的には、第 3 B 化合物半導体層は、その全部が活性層の側面に接している。

【 0 3 2 4 】

具体的には、第 3 A 化合物半導体層及び第 3 C 化合物半導体層における不純物は、セレン (S e) である。また、第 3 化合物半導体層は 3 層構造を有している。ここで、第 3 A 化合物半導体層及び第 3 B 化合物半導体層は活性層の側面に接しており、更には、第 3 C 化合物半導体層は、部分的に、活性層の側面に接している。また、第 4 化合物半導体層も、部分的に、活性層の側面に接している。第 1 化合物半導体層、活性層、第 2 化合物半導体層、第 4 化合物半導体層の構成、構造は、実施例 5 における第 1 化合物半導体層、活性層、第 2 化合物半導体層、第 4 化合物半導体層の構成、構造と同じとすることができるし、第 3 A 化合物半導体層、第 3 C 化合物半導体層の構成、構造も、実施例 5 における第 3 化合物半導体層の構成、構造と同じとすることができるし、第 3 B 化合物半導体層の構成、構造も、例えば、実施例 1 における第 3 化合物半導体層の構成、構造と同様とすることができるので、詳細な説明は省略する。

30

【実施例 19】

【 0 3 2 5 】

実施例 19 も、実施例 5 の一種の変形であり、本発明の第 1 - a - 3 の態様、及び、本発明の第 14 の態様に係る半導体発光素子に関する。実施例 19 の半導体発光素子の概念図を、図 3 の (B) に示す。

40

【 0 3 2 6 】

ここで、本発明の第 1 - a - 3 の態様あるいは本発明の第 14 の態様に沿って表せば、実施例 19 の半導体発光素子の第 3 化合物半導体層における不純物は、V 族原子が占めるサイトを置換サイトとする不純物 [具体的には、セレン (S e)]、及び、ケイ素 (S i) から成る。云い換えれば、実施例 19 の半導体発光素子における第 3 化合物半導体層は、V 族原子が占めるサイトを置換サイトとする不純物 [具体的には、セレン (S e)]、

50

及び、ケイ素 (S i) が不純物としてコ・ドープされている。即ち、第 3 化合物半導体層はコ・ドープ層となっている。ここで、ケイ素 (S i) の不純物濃度及びセレン (S e) の不純物濃度を、実施例 1 5 と同様とした。

【 0 3 2 7 】

第 3 化合物半導体層は、部分的に、活性層の側面に接している。また、第 4 化合物半導体層も、部分的に、活性層の側面に接している。第 1 化合物半導体層、活性層、第 2 化合物半導体層、第 4 化合物半導体層の構成、構造は、実施例 5 における第 1 化合物半導体層、活性層、第 2 化合物半導体層、第 4 化合物半導体層の構成、構造と同様とすることができるので、詳細な説明は省略する。

【 実施例 2 0 】

10

【 0 3 2 8 】

実施例 2 0 は、実施例 6 の一種の変形であり、本発明の第 1 - b - 2 の態様に係る半導体発光素子に関する。実施例 2 0 の半導体発光素子の概念図を、図 5 の (B) に示す。

【 0 3 2 9 】

実施例 2 0 の半導体発光素子にあっては、

第 3 化合物半導体層は、第 4 化合物半導体層側から、少なくとも、第 3 A 化合物半導体層、第 3 B 化合物半導体層及び第 3 C 化合物半導体層の 3 層構造を有し、

少なくとも第 3 B 化合物半導体層は、活性層の側面に接しており、

第 3 A 化合物半導体層及び第 3 C 化合物半導体層における不純物の置換サイトは、V 族原子が占めるサイトであり、

20

第 3 B 化合物半導体層における不純物は、ケイ素 (S i) である。尚、第 3 B 化合物半導体層は、その一部又は全部が活性層の側面に接しているが、より具体的には、第 3 B 化合物半導体層は、その全部が活性層の側面に接している。

【 0 3 3 0 】

実施例 2 0 における第 3 化合物半導体層の構成、構造、更には、第 1 化合物半導体層、活性層、第 2 化合物半導体層、第 4 化合物半導体層の構成、構造は、実施例 1 8 におけるこれらの化合物半導体層の構成、構造と同様とすることができるので、詳細な説明は省略する。

【 実施例 2 1 】

【 0 3 3 1 】

30

実施例 2 1 も、実施例 6 の一種の変形であり、本発明の第 1 - b - 3 の態様に係る半導体発光素子に関する。実施例 2 1 の半導体発光素子の概念図を、図 6 の (B) に示す。

【 0 3 3 2 】

実施例 2 1 の半導体発光素子にあっては、第 3 化合物半導体層における不純物は、V 族原子が占めるサイトを置換サイトとする不純物 [具体的には、セレン (S e)]、及び、ケイ素 (S i) から成る。云い換えれば、実施例 2 1 の半導体発光素子における第 3 化合物半導体層も、V 族原子が占めるサイトを置換サイトとする不純物 [具体的には、セレン (S e)]、及び、ケイ素 (S i) が不純物としてコ・ドープされている。即ち、第 3 化合物半導体層はコ・ドープ層となっている。

【 0 3 3 3 】

40

実施例 2 1 における第 3 化合物半導体層の構成、構造、更には、第 1 化合物半導体層、活性層、第 2 化合物半導体層、第 4 化合物半導体層の構成、構造は、実施例 1 9 におけるこれらの化合物半導体層の構成、構造と同様とすることができるので、詳細な説明は省略する。

【 実施例 2 2 】

【 0 3 3 4 】

実施例 2 2 は、実施例 7 の一種の変形であり、本発明の第 1 - c - 2 の態様、及び、本発明の第 1 5 の態様に係る半導体発光素子に関する。実施例 2 2 の半導体発光素子の概念図を、図 8 の (B) に示す。

【 0 3 3 5 】

50

本発明の第 1 - c - 2 の態様あるいは本発明の第 1 5 の態様に沿って表せば、実施例 2 1 の半導体発光素子にあっては、

第 3 化合物半導体層は、第 4 化合物半導体層側から、少なくとも、第 3 A 化合物半導体層、第 3 B 化合物半導体層及び第 3 C 化合物半導体層の 3 層構造を有し、

少なくとも第 3 B 化合物半導体層は、活性層の側面に接しており、

第 3 A 化合物半導体層及び第 3 C 化合物半導体層における不純物の置換サイトは、I I I 族原子が占めるサイトであり、

第 3 B 化合物半導体層における不純物は、炭素 (C) である。尚、第 3 B 化合物半導体層は、その一部又は全部が活性層の側面に接しているが、より具体的には、第 3 B 化合物半導体層は、その全部が活性層の側面に接している。

10

【 0 3 3 6 】

具体的には、第 3 A 化合物半導体層及び第 3 C 化合物半導体層における不純物は、亜鉛 (Z n) である。また、第 3 化合物半導体層は 3 層構造を有している。ここで、第 3 A 化合物半導体層及び第 3 B 化合物半導体層は活性層の側面に接しており、更には、第 3 C 化合物半導体層は、部分的に、活性層の側面に接している。また、第 4 化合物半導体層も、部分的に、活性層の側面に接している。第 1 化合物半導体層、活性層、第 2 化合物半導体層、第 4 化合物半導体層の構成、構造は、実施例 7 における第 1 化合物半導体層、活性層、第 2 化合物半導体層、第 4 化合物半導体層の構成、構造と同じとすることができるし、第 3 A 化合物半導体層、第 3 C 化合物半導体層の構成、構造も、実施例 7 における第 3 化合物半導体層の構成、構造と同じとすることができるし、第 3 B 化合物半導体層の構成、構造も、例えば、実施例 3 における第 4 化合物半導体層の構成、構造と同様とすることができるので、詳細な説明は省略する。

20

【 実施例 2 3 】

【 0 3 3 7 】

実施例 2 3 も、実施例 7 の一種の変形であり、本発明の第 1 - c - 3 の態様、及び、本発明の第 1 6 の態様に係る半導体発光素子に関する。実施例 2 3 の半導体発光素子の概念図を、図 9 の (B) に示す。

【 0 3 3 8 】

ここで、本発明の第 1 - c - 3 の態様あるいは本発明の第 1 6 の態様に沿って表せば、第 3 化合物半導体層における不純物は、I I I 族原子が占めるサイトを置換サイトとする不純物 [具体的には、亜鉛 (Z n) 又はマグネシウム (M g)]、及び、炭素 (C) から成る。言い換えれば、実施例 2 3 の半導体発光素子における第 3 化合物半導体層は、I I I 族原子が占めるサイトを置換サイトとする不純物 [具体的には、亜鉛 (Z n) 又はマグネシウム (M g)]、及び、炭素 (C) が不純物としてコ・ドープされている。即ち、第 3 化合物半導体層はコ・ドープ層となっている。ここで、炭素 (C) の不純物濃度及び亜鉛 (Z n) の不純物濃度を、実施例 1 1 と同様とした。

30

【 0 3 3 9 】

第 3 化合物半導体層は、部分的に、活性層の側面に接している。また、第 4 化合物半導体層も、部分的に、活性層の側面に接している。第 1 化合物半導体層、活性層、第 2 化合物半導体層、第 4 化合物半導体層の構成、構造は、実施例 7 における第 1 化合物半導体層、活性層、第 2 化合物半導体層、第 3 化合物半導体層の構成、構造と同様とすることができるので、詳細な説明は省略する。

40

【 実施例 2 4 】

【 0 3 4 0 】

実施例 2 4 は、実施例 8 の一種の変形であり、本発明の第 1 - d - 2 の態様に係る半導体発光素子に関する。実施例 2 4 の半導体発光素子の概念図を、図 1 1 の (B) に示す。

【 0 3 4 1 】

実施例 2 4 の半導体発光素子にあっては、

第 3 化合物半導体層は、第 4 化合物半導体層側から、少なくとも、第 3 A 化合物半導体層、第 3 B 化合物半導体層及び第 3 C 化合物半導体層の 3 層構造を有し、

50

少なくとも第3 B 化合物半導体層は、活性層の側面に接しており、

第3 A 化合物半導体層及び第3 C 化合物半導体層における不純物の置換サイトは、I I 族原子が占めるサイトであり、

第3 B 化合物半導体層における不純物は、炭素(C)である。尚、第3 B 化合物半導体層は、その一部又は全部が活性層の側面に接しているが、より具体的には、第3 B 化合物半導体層は、その全部が活性層の側面に接している。

【0342】

実施例24における第3化合物半導体層の構成、構造、更には、第1化合物半導体層、活性層、第2化合物半導体層、第4化合物半導体層の構成、構造は、実施例22におけるこれらの化合物半導体層の構成、構造と同様とすることができるので、詳細な説明は省略する。

10

【実施例25】

【0343】

実施例25も、実施例8の一種の変形であり、本発明の第1-d-3の態様に係る半導体発光素子に関する。実施例25の半導体発光素子の概念図を、図12の(B)に示す。

【0344】

実施例25の半導体発光素子にあっては、第3化合物半導体層における不純物は、I I 族原子が占めるサイトを置換サイトとする不純物[具体的には、亜鉛(Zn)又はマグネシウム(Mg)]、及び、炭素(C)から成る。言い換えれば、実施例25の半導体発光素子における第3化合物半導体層は、I I 族原子が占めるサイトを置換サイトとする不純物[具体的には、亜鉛(Zn)又はマグネシウム(Mg)]、及び、炭素(C)が不純物としてコ・ドープされている。即ち、第3化合物半導体層はコ・ドープ層となっている。

20

【0345】

実施例25における第3化合物半導体層の構成、構造、更には、第1化合物半導体層、活性層、第2化合物半導体層、第4化合物半導体層の構成、構造は、実施例23におけるこれらの化合物半導体層の構成、構造と同様とすることができるので、詳細な説明は省略する。

【0346】

以上、本発明を好ましい実施例に基づき説明したが、本発明はこれらの実施例に限定されるものではない。

30

【0347】

実施例1における第1化合物半導体層の構造(図1の(A)参照)と実施例2における第2化合物半導体層の構造(図4の(A)参照)とを組み合わせてもよいし、実施例1における第2化合物半導体層の構造(図1の(A)参照)と実施例2における第1化合物半導体層の構造(図4の(A)参照)とを組み合わせてもよいし、実施例3における第1化合物半導体層の構造(図7の(A)参照)と実施例4における第2化合物半導体層の構造(図10の(A)参照)とを組み合わせてもよいし、実施例3における第2化合物半導体層の構造(図7の(A)参照)と実施例4における第1化合物半導体層の構造(図10の(A)参照)とを組み合わせてもよい。また、実施例5における第1化合物半導体層の構造(図1の(B)参照)と実施例6における第2化合物半導体層の構造(図4の(B)参照)とを組み合わせてもよいし、実施例5における第2化合物半導体層の構造(図1の(B)参照)と実施例6における第1化合物半導体層の構造(図4の(B)参照)とを組み合わせてもよいし、実施例7における第1化合物半導体層の構造(図7の(B)参照)と実施例8における第2化合物半導体層の構造(図10の(B)参照)とを組み合わせてもよいし、実施例7における第2化合物半導体層の構造(図7の(B)参照)と実施例8における第1化合物半導体層の構造(図10の(B)参照)とを組み合わせてもよい。

40

【0348】

また、実施例1～実施例8において説明した半導体発光素子にあっては、

電流ブロック層40は、第2導電型を有する第5化合物半導体層から更に構成されてお

50

り、

第4化合物半導体層44及び第5化合物半導体層によって第3化合物半導体層43が挟まれた構造を有し、

第3化合物半導体層43を第1導電型とするための不純物は、第3化合物半導体層43における不純物の置換サイトが、第5化合物半導体層を第2導電型とするための第5化合物半導体層における不純物の置換サイトと競合する不純物から成る構成とすることができる。

【0349】

実施例1、実施例2、実施例5、実施例6にあつては、第3化合物半導体層43及び第4化合物半導体層44の積層状態にも依るが、電流ブロック層位置調整層30を第5化合物半導体層と見做すこともできるし、埋込み層31を第5化合物半導体層と見做すこともできる。実施例3、実施例4、実施例7、実施例8においても同様である。

【0350】

あるいは又、実施例1～実施例8において説明した半導体発光素子にあつては、

電流ブロック層40は、第1導電型を有する第6化合物半導体層から更に構成されており、

第3化合物半導体層43及び第6化合物半導体層によって第4化合物半導体層44が挟まれた構造を有し、

第4化合物半導体層44を第2導電型とするための不純物は、第4化合物半導体層44における不純物の置換サイトが、第6化合物半導体層を第1導電型とするための第6化合物半導体層における不純物の置換サイトと競合する不純物から成る構成とすることができる。

【0351】

実施例1、実施例2、実施例5、実施例6にあつては、電流ブロック層40を、第3化合物半導体層43(n型)/第4化合物半導体層44(p型)/第6化合物半導体層(n型)の順で積層された3層構成とすることができるし、あるいは又、第6化合物半導体層(n型)/第4化合物半導体層44(p型)/第3化合物半導体層43(n型)の順で積層された3層構成とすることができる。また、実施例3、実施例4、実施例7、実施例8にあつても、電流ブロック層40を、第3化合物半導体層43(p型)/第4化合物半導体層44(n型)/第6化合物半導体層(p型)の順で積層された3層構成とすることができるし、あるいは又、第6化合物半導体層(p型)/第4化合物半導体層44(n型)/第3化合物半導体層43(p型)の順で積層された3層構成とすることができる。

【0352】

実施例1、実施例3、実施例5、実施例7においては、第2化合物半導体層を活性層側から、第2化合物半導体層22Aと第2化合物半導体層22Bの2層構成とし、実施例2、実施例4、実施例6、実施例8においては、第2化合物半導体層を活性層側から、第2A化合物半導体層と第2B化合物半導体層の2層構成としている。前者の場合には、バンドギャップ(又は屈折率)の変化で2層構成の第2化合物半導体層を定義している。一方、後者の場合には、不純物の置換サイトの変化で2層構成の第2化合物半導体層を定義している。従つて、各実施例において説明した第2化合物半導体層の積層構造において、特に、第2A化合物半導体層と第2B化合物半導体層の2層構成の場合、第2A化合物半導体層を第2化合物半導体層22Aと見做し、第2B化合物半導体層を第2化合物半導体層22Bと見做すことができるし、あるいは又、例えば、第2A化合物半導体層が第2化合物半導体層22A、22Bの積層構造から構成されている場合もあり得るし、第2B化合物半導体層が第2化合物半導体層22A、22Bの積層構造から構成されている場合もあり得る。

【0353】

実施例10～実施例25において説明した多層構成の第3化合物半導体層あるいは第4化合物半導体層とコ・ドープ層とを組み合わせてもよい。具体的には、例えば、実施例10、実施例12、実施例14、実施例16において、第4化合物半導体層を多層構成とす

10

20

30

40

50

る場合、第4A化合物半導体層及び第4C化合物半導体層を実施例11、実施例13、実施例15、実施例17の第4化合物半導体層のようなコ・ドープ層とすればよい。また、実施例18、実施例20、実施例22、実施例24において、第3化合物半導体層を多層構成とする場合、第3A化合物半導体層及び第3C化合物半導体層を実施例19、実施例21、実施例23、実施例25の第3化合物半導体層のようなコ・ドープ層とすればよい。実施例においては、コ・ドープ層における不純物濃度を一定としたが、不純物濃度を化合物半導体層の厚さ方向において変化させてもよい。実施例10～実施例25においては、第3化合物半導体層あるいは第4化合物半導体層を3層構成としたが、4層以上の多層構成としてもよいことは言うまでもない。

【0354】

また、第1化合物半導体層をセレン(Se)等の拡散し易い不純物が不純物として添加されたn型の化合物半導体層とする場合、場合によっては、第1化合物半導体層と活性層との間に、ケイ素(Si)が不純物として添加されたn型の化合物半導体層を形成し、第1化合物半導体層から活性層への不純物の拡散を抑制してもよい。同様に、第2化合物半導体層を亜鉛(Zn)やマグネシウム(Mg)等の拡散し易い不純物が不純物として添加されたp型の化合物半導体層とする場合、場合によっては、第2化合物半導体層と活性層との間に、炭素(C)が不純物として添加されたp型の化合物半導体層を形成し、第2化合物半導体層から活性層への不純物の拡散を抑制してもよい。また、n型の化合物半導体層において、少なくともシリコン(Si)とシリコン(Si)の不純物の置換サイトとは異なるn型不純物とをコ・ドープさせることにより、n型の不純物濃度(キャリア濃度)を所望の濃度で一定に保ちつつ、活性層に拡散し難い特性を有するシリコン(Si)によるn型伝導性への寄与率を大きくさせる不純物量制御を行うことができる結果、電流ブロック層から活性層への不純物の拡散を効果的に抑制することができる。同様に、p型の化合物半導体層においても、少なくとも炭素(C)と炭素(C)の不純物の置換サイトとは異なる不純物とをコ・ドープさせることにより、p型の不純物濃度(ホール濃度)を所望の濃度で一定に保ちつつ、活性層に拡散し難い特性を有する炭素(C)によるp型伝導性への寄与率を大きくさせる不純物量制御を行うことができる結果、電流ブロック層から活性層への不純物の拡散を効果的に抑制することができる。

【図面の簡単な説明】

【0355】

【図1】図1の(A)及び(B)は、それぞれ、実施例1及び実施例5の半導体発光素子の概念図である。

【図2】図2の(A)及び(B)は、それぞれ、実施例10及び実施例18の半導体発光素子の概念図である。

【図3】図3の(A)及び(B)は、それぞれ、実施例11及び実施例19の半導体発光素子の概念図である。

【図4】図4の(A)及び(B)は、それぞれ、実施例2及び実施例6の半導体発光素子の概念図である。

【図5】図5の(A)及び(B)は、それぞれ、実施例12及び実施例20の半導体発光素子の概念図である。

【図6】図6の(A)及び(B)は、それぞれ、実施例13及び実施例21の半導体発光素子の概念図である。

【図7】図7の(A)及び(B)は、それぞれ、実施例3及び実施例7の半導体発光素子の概念図である。

【図8】図8の(A)及び(B)は、それぞれ、実施例14及び実施例22の半導体発光素子の概念図である。

【図9】図9の(A)及び(B)は、それぞれ、実施例15及び実施例23の半導体発光素子の概念図である。

【図10】図10の(A)及び(B)は、それぞれ、実施例4及び実施例8の半導体発光素子の概念図である。

【図 1 1】図 1 1 の (A) 及び (B) は、それぞれ、実施例 1 6 及び実施例 2 4 の半導体発光素子の概念図である。

【図 1 2】図 1 2 の (A) 及び (B) は、それぞれ、実施例 1 7 及び実施例 2 5 の半導体発光素子の概念図である。

【図 1 3】図 1 3 の (A) 及び (B) は、それぞれ、実施例 9 の半導体発光素子の概念図である。

【図 1 4】図 1 4 の (A) 及び (B) は、それぞれ、実施例 9 の半導体発光素子の変形例の概念図である。

【図 1 5】図 1 5 の (A) 及び (B) は、それぞれ、実施例 9 の半導体発光素子の別の変形例の概念図である。

10

【図 1 6】図 1 6 の (A) 及び (B) は、それぞれ、実施例 9 の半導体発光素子の更に別の変形例の概念図である。

【図 1 7】図 1 7 の (A) 及び (B) は、それぞれ、実施例 9 の半導体発光素子の更に別の変形例の概念図である。

【図 1 8】図 1 8 の (A) 及び (B) は、それぞれ、実施例 9 の半導体発光素子の更に別の変形例の概念図である。

【図 1 9】図 1 9 の (A) 及び (B) は、それぞれ、実施例 9 の半導体発光素子の更に別の変形例の概念図である。

【図 2 0】図 2 0 の (A) 及び (B) は、それぞれ、実施例 9 の半導体発光素子の更に別の変形例の概念図である。

20

【図 2 1】図 2 1 の (A) 及び (B) は、それぞれ、実施例 9 の半導体発光素子の更に別の変形例の概念図である。

【図 2 2】図 2 2 の (A) 及び (B) は、それぞれ、実施例 9 の半導体発光素子の更に別の変形例の概念図である。

【図 2 3】図 2 3 の (A) 及び (B) は、それぞれ、実施例 1 の半導体発光素子の模式的な一部断面図、及び拡大された模式的な一部断面図である。

【図 2 4】図 2 4 の (A) 及び (B) は、実施例 1 の半導体発光素子の製造方法を説明するための基板等の模式的な一部断面図である。

【図 2 5】図 2 5 は、図 2 4 の (B) に引き続き、実施例 1 の半導体発光素子の製造方法を説明するための基板等の模式的な一部断面図である。

30

【図 2 6】図 2 6 の (A) 及び (B) は、それぞれ、実施例 1 及び比較例 1 の半導体発光素子の断面写真を代用する図である。

【図 2 7】図 2 7 の (A) 及び (B) は、それぞれ、実施例 1 及び比較例 1 の半導体発光素子の発光状態を撮影した写真を代用する図である。

【図 2 8】図 2 8 の (A) は、実施例 1 及び比較例 1 の半導体発光素子における閾値電流の測定結果、及び、スロープ効率の測定結果を示すグラフであり、図 2 8 の (B) は、電流ブロック層を多層構造としたときの半導体発光素子における閾値電流の測定結果、及び、スロープ効率の測定結果を示すグラフである。

【図 2 9】図 2 9 の (A) 及び (B) は、それぞれ、実施例 3 の半導体発光素子の模式的な一部断面図、及び拡大された模式的な一部断面図である。

40

【図 3 0】図 3 0 は、実施例 1 0 の半導体発光素子、並びに、表 1 A に示した実施例 1 及び比較例 1 の半導体発光素子における光出力の測定結果を示すグラフである。

【符号の説明】

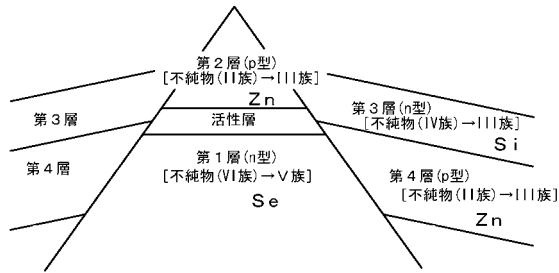
【 0 3 5 6 】

1 0 . . . 基板、1 1 . . . 発光部形成領域、1 2 . . . バッファ層、2 0 . . . 発光部、2 1 . . . 第 1 化合物半導体層、2 2 A , 2 2 B . . . 第 2 化合物半導体層、2 3 . . . 活性層、3 0 . . . 電流ブロック層位置調整層、3 1 . . . 埋込み層、3 2 . . . コンタクト層 (キャップ層) 、4 0 . . . 電流ブロック層、4 3 . . . 第 3 化合物半導体層、4 4 . . . 第 4 化合物半導体層、5 1 . . . 第 1 電極、5 2 . . . 第 2 電極

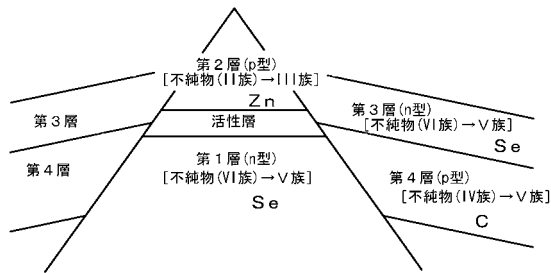
【図 1】

【図 1】

(A) [第 1-A-1 の態様, 第 2-A の態様, 第 4 の態様]



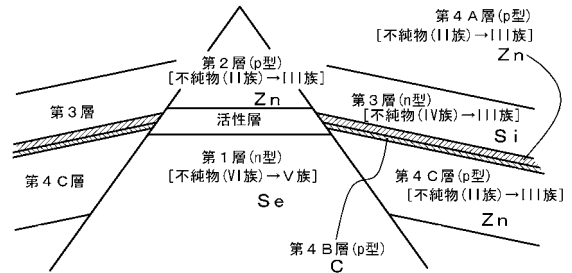
(B) [第 1-a-1 の態様, 第 3-a の態様, 第 5 の態様]



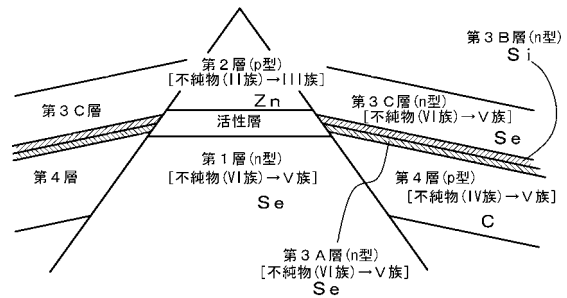
【図 2】

【図 2】

(A) [第 1-A-2 の態様, 第 9 の態様]



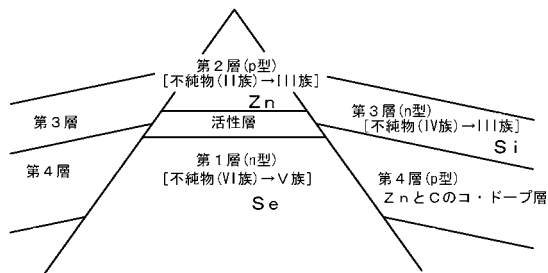
(B) [第 1-a-2 の態様, 第 13 の態様]



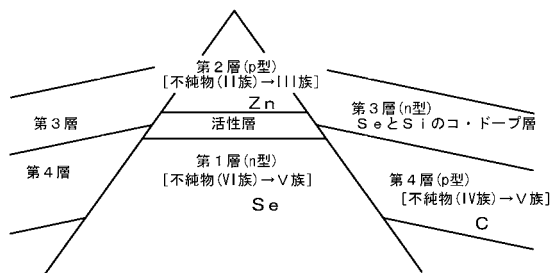
【図 3】

【図 3】

(A) [第 1-A-3 の態様], 第 10 の態様]



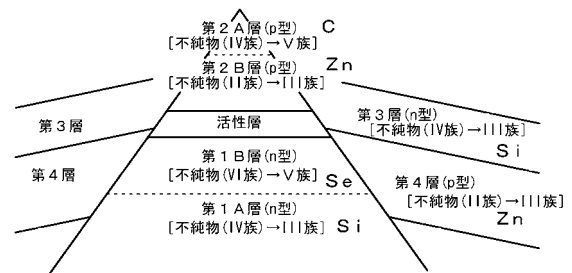
(B) [第 1-a-3 の態様, 第 14 の態様]



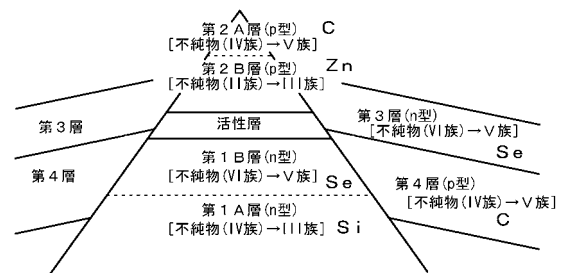
【図 4】

【図 4】

(A) [第 1-B-1 の態様, 第 2-B の態様, 第 4 の態様]



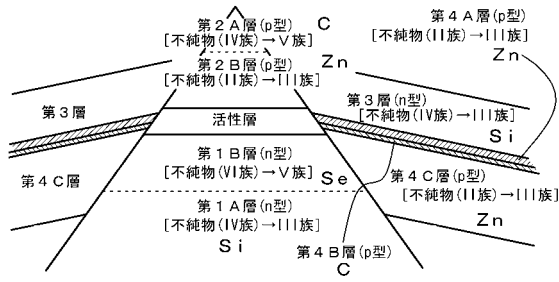
(B) [第 1-b-1 の態様, 第 3-b の態様, 第 5 の態様]



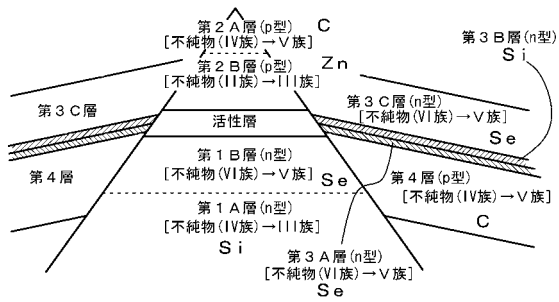
【図 5】

【図5】

(A) 〔第1-B-2の態様〕



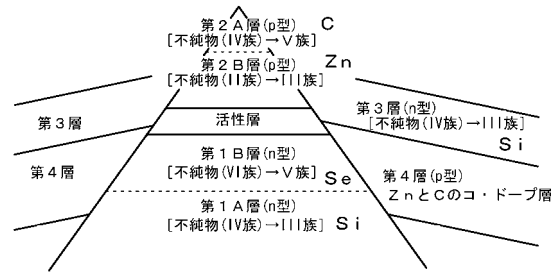
(B) 〔第1-b-2の態様〕



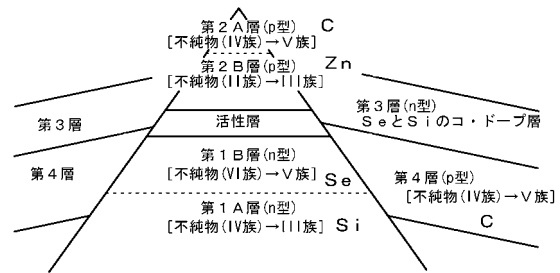
【図 6】

【図6】

(A) 〔第1-B-3の態様〕



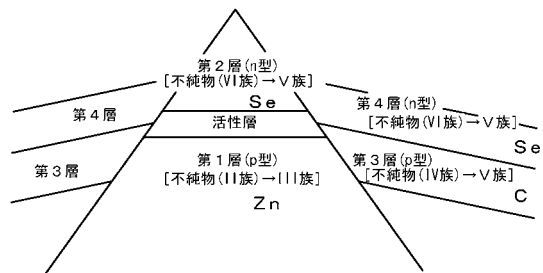
(B) 〔第1-b-3の態様〕



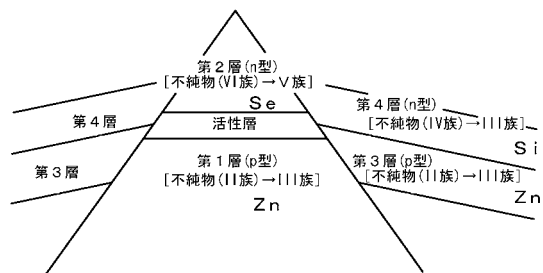
【図 7】

【図7】

(A) 〔第1-C-1の態様, 第2-Cの態様, 第6の態様〕



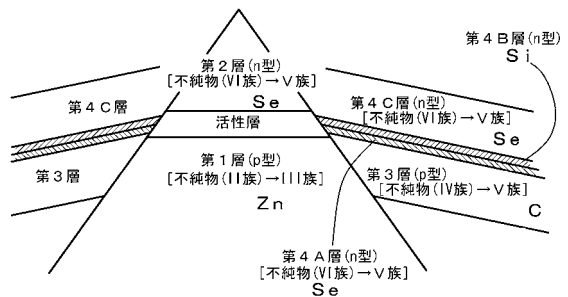
(B) 〔第1-c-1の態様, 第3-cの態様, 第7の態様〕



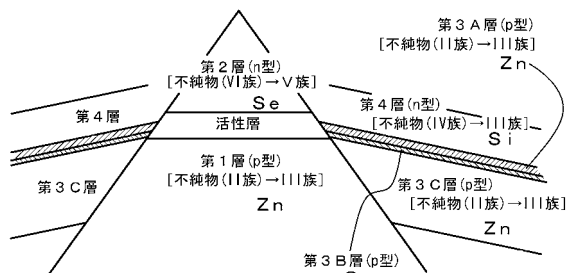
【図 8】

【図8】

(A) 〔第1-C-2の態様, 第11の態様〕



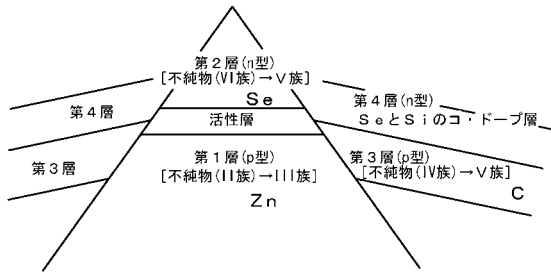
(B) 〔第1-c-2の態様, 第15の態様〕



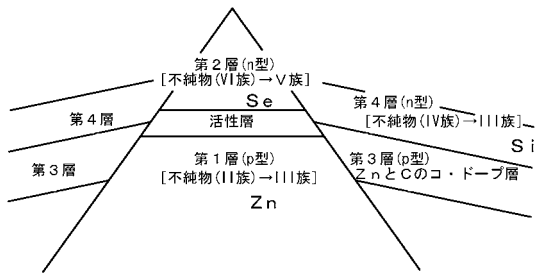
【図 9】

【図 9】

(A) [第 1-C-3 の態様, 第 12 の態様]



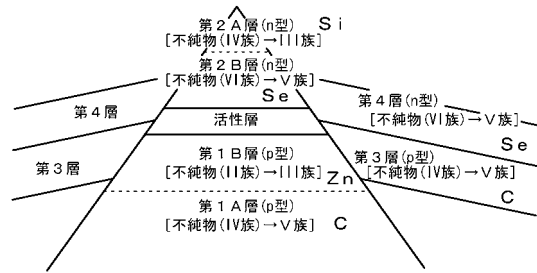
(B) [第 1-c-3 の態様, 第 16 の態様]



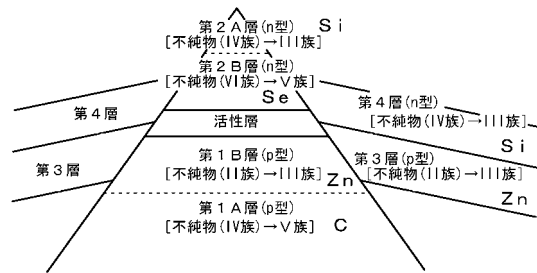
【図 10】

【図 10】

(A) [第 1-D-1 の態様, 第 2-D の態様, 第 6 の態様]



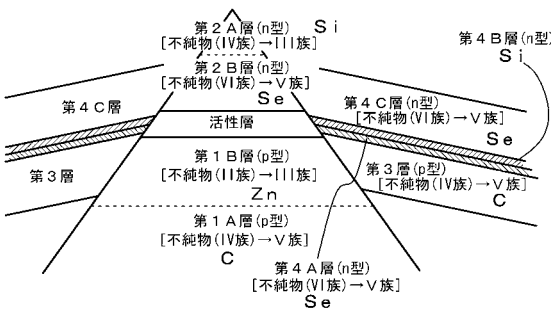
(B) [第 1-d-1 の態様, 第 3-d の態様, 第 7 の態様]



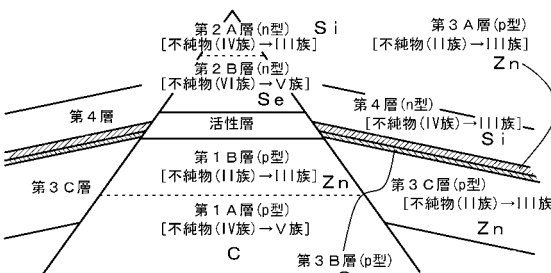
【図 11】

【図 11】

(A) [第 1-D-2 の態様]



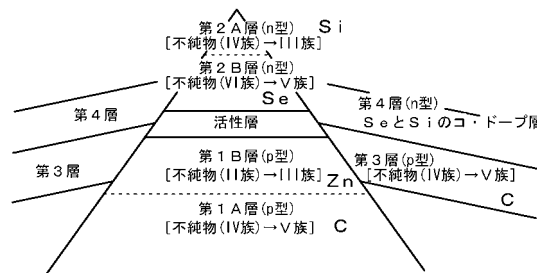
(B) [第 1-d-2 の態様]



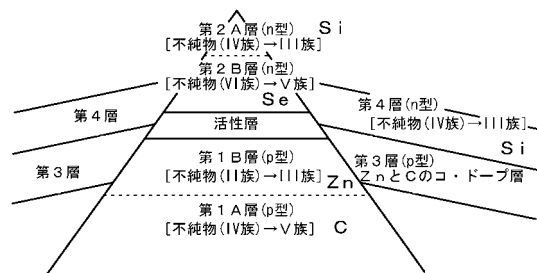
【図 12】

【図 12】

(A) [第 1-D-3 の態様]



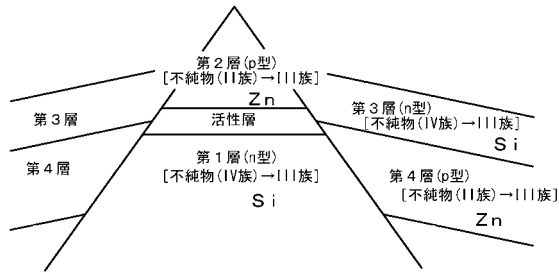
(B) [第 1-d-3 の態様]



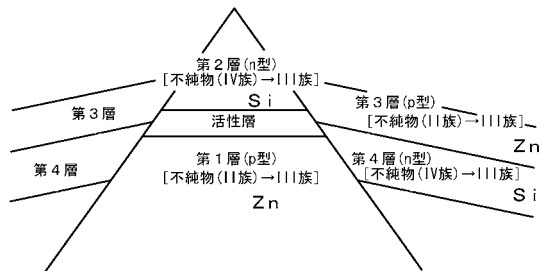
【図 13】

【図 13】

(A) 〔第8-A-1の態様〕



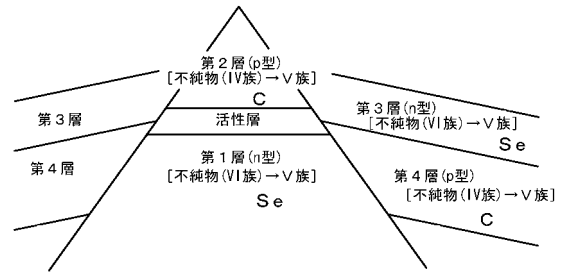
(B) 〔第8-A-2の態様〕



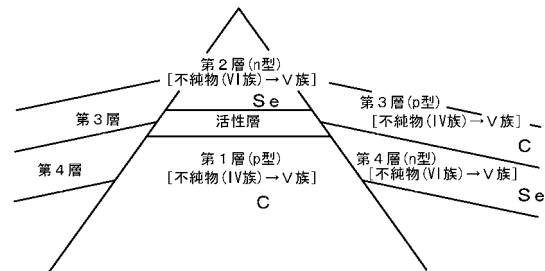
【図 14】

【図 14】

(A) 〔第8-a-1の態様〕



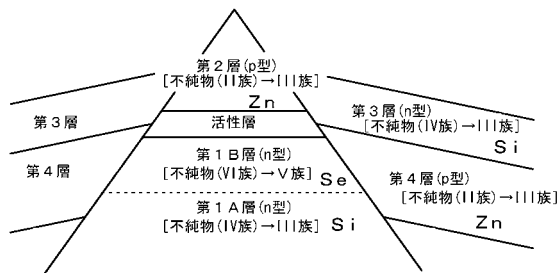
(B) 〔第8-a-2の態様〕



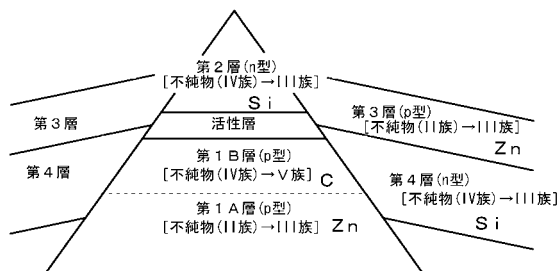
【図 15】

【図 15】

(A) 〔第8-B-1の態様〕



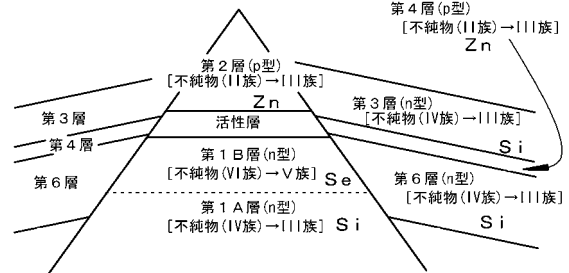
(B) 〔第8-B-2の態様〕



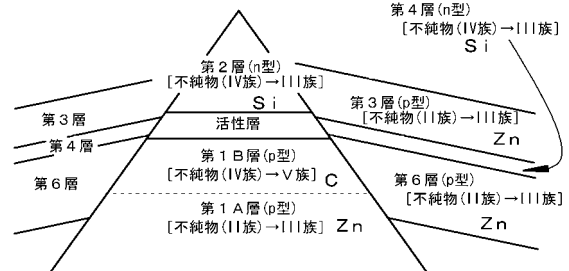
【図 16】

【図 16】

(A) 〔第8-B-1の態様〕 (変形)



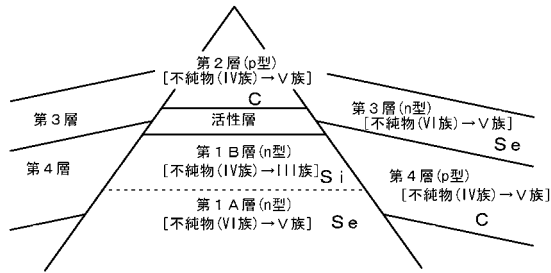
(B) 〔第8-B-2の態様〕 (変形)



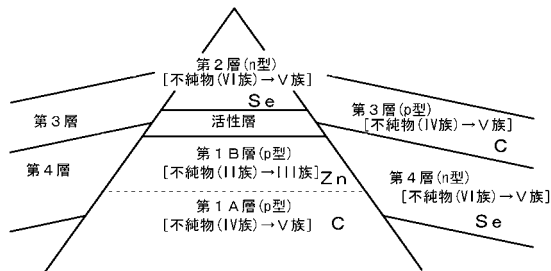
【図 17】

【図 17】

(A) 〔第8-b-1の態様〕



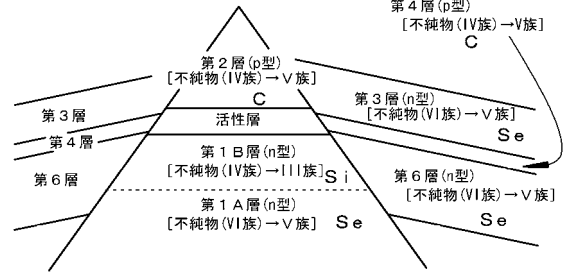
(B) 〔第8-b-2の態様〕



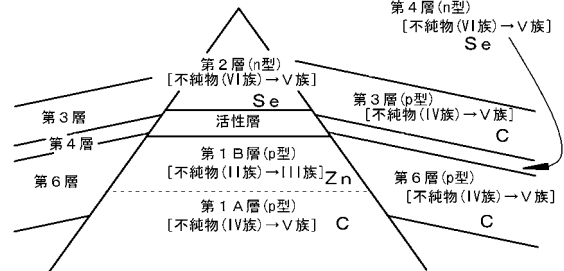
【図 18】

【図 18】

(A) 〔第8-b-1の態様〕〈変形〉



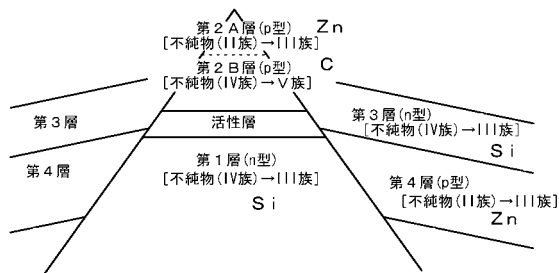
(B) 〔第8-b-2の態様〕〈変形〉



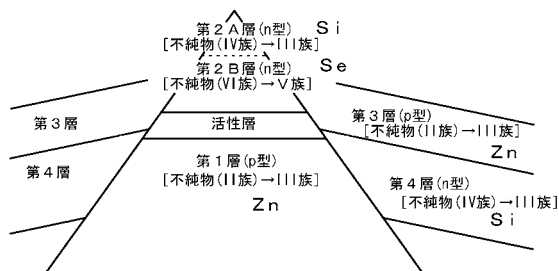
【図 19】

【図 19】

(A) 〔第8-C-1の態様〕



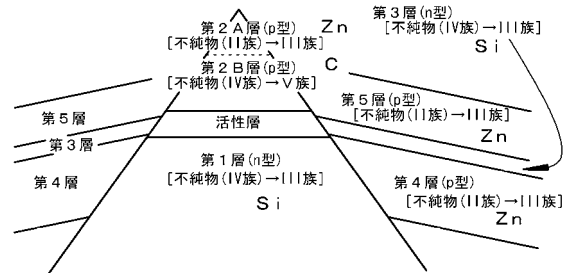
(B) 〔第8-C-2の態様〕



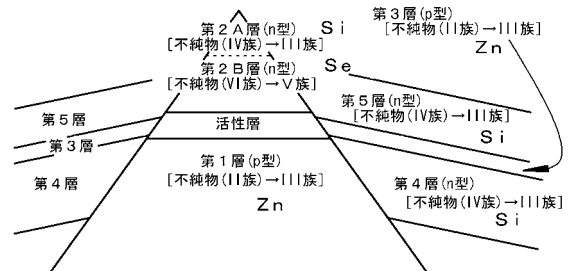
【図 20】

【図 20】

(A) 〔第8-C-1の態様〕〈変形〉



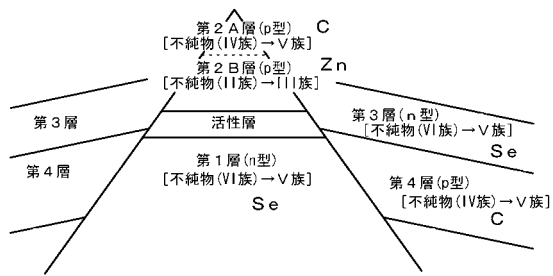
(B) 〔第8-C-2の態様〕〈変形〉



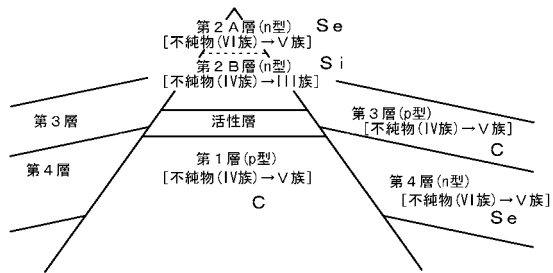
【図 2 1】

【図 2 1】

(A) 〔第 8-c-1 の態様〕



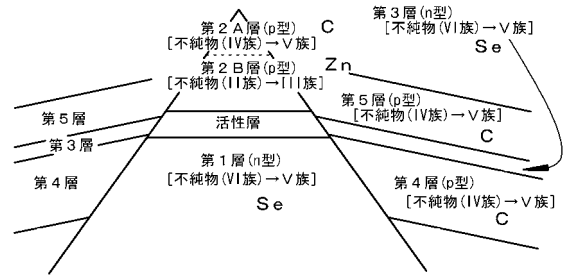
(B) 〔第 8-c-2 の態様〕



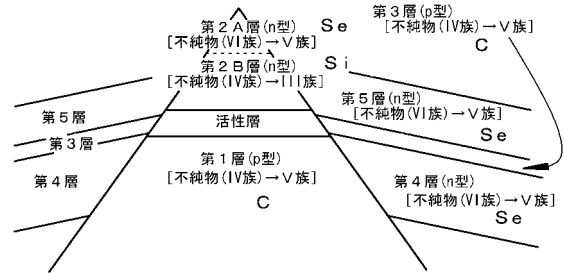
【図 2 2】

【図 2 2】

(A) 〔第 8-c-1 の態様〕 〈変形〉

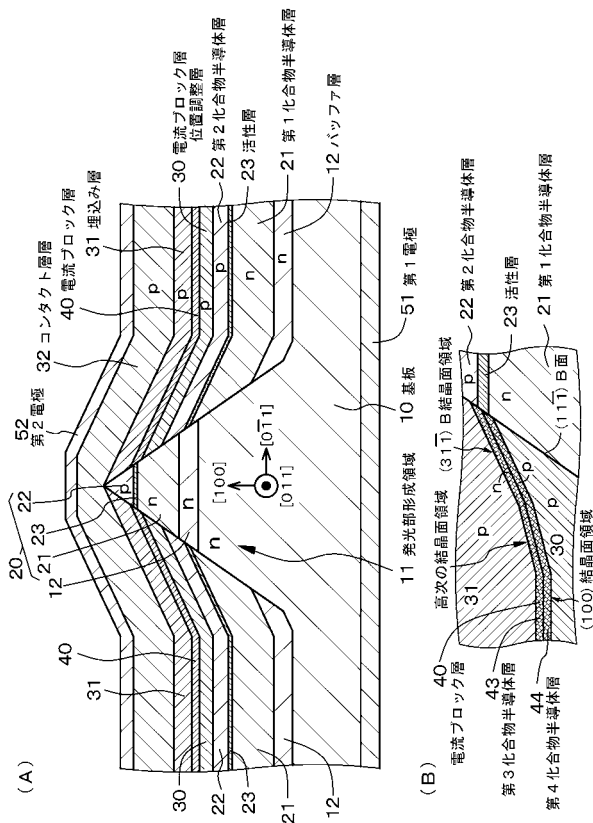


(B) 〔第 8-c-2 の態様〕 〈変形〉



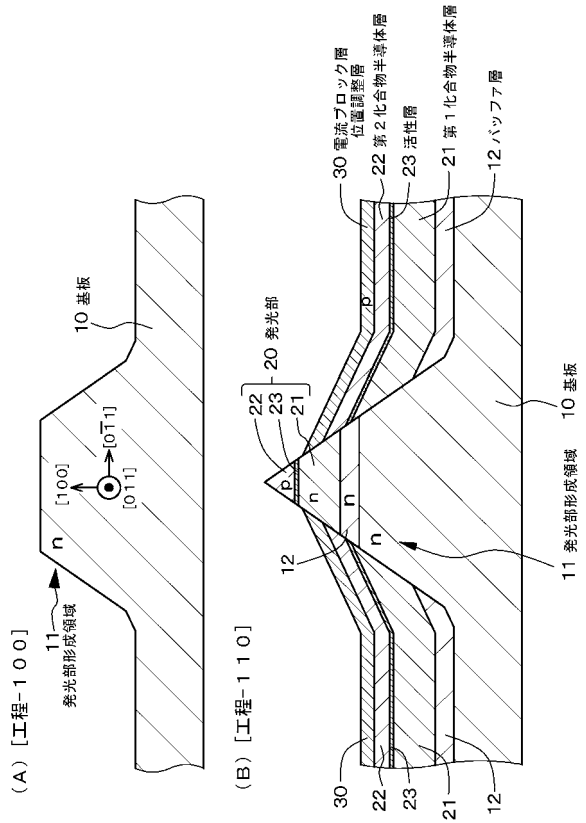
【図 2 3】

【図 2 3】 (実施例 1)



【図 2 4】

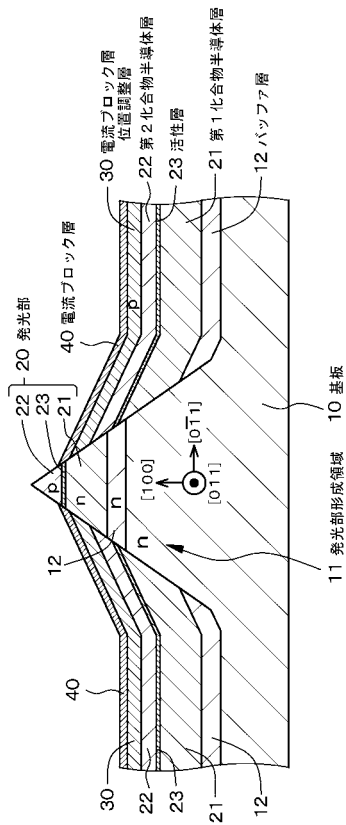
【図 2 4】



【図 25】

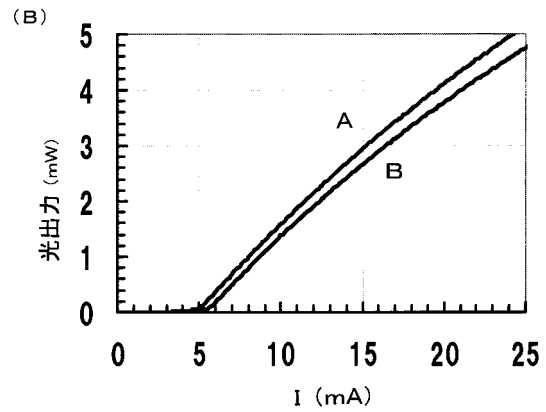
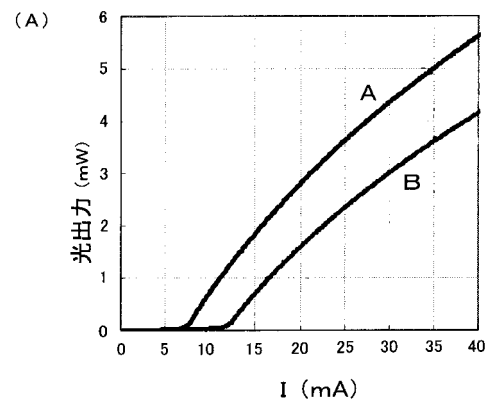
【図 25】

[工程-120]



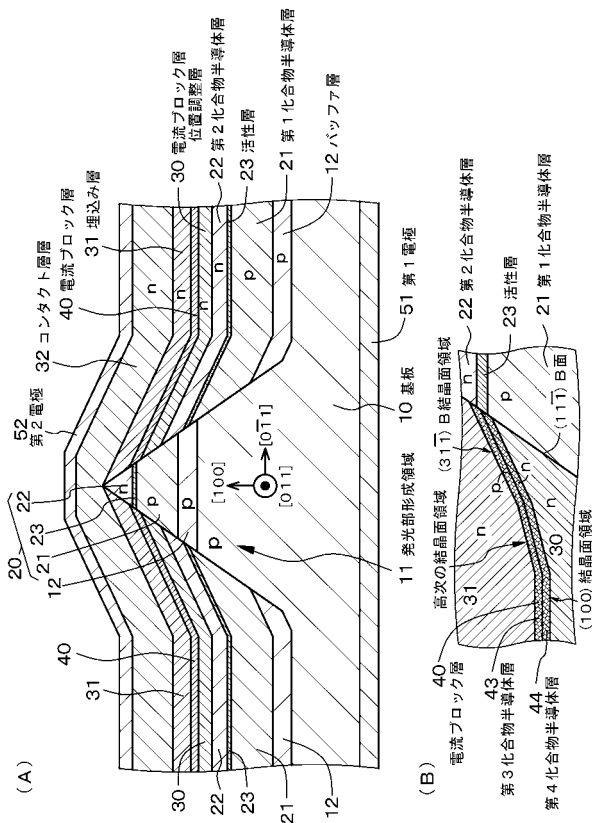
【図 28】

【図 28】



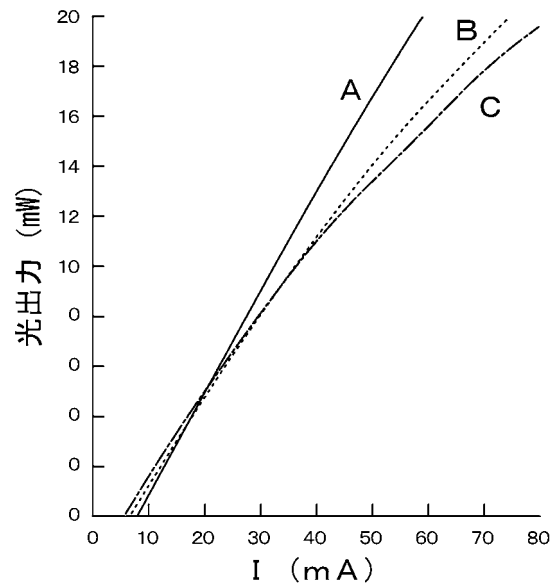
【図 29】

【図 29】 (実施例 3)



【図 30】

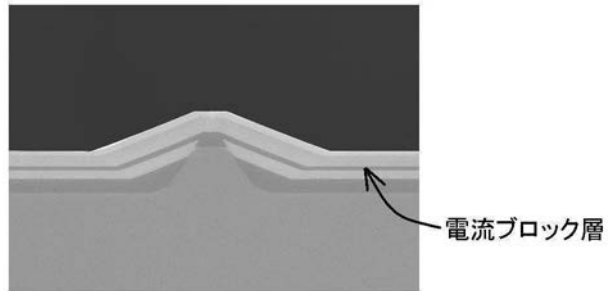
【図 30】



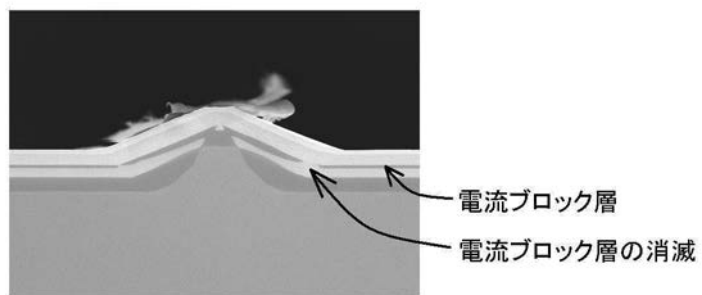
【図 26】

【図26】

(A)



(B)



【図 27】

【図27】

(A)



(B)



フロントページの続き

- (72)発明者 鎌田 満
東京都港区港南1丁目7番1号 ソニー株式会社内
- (72)発明者 高瀬 英治
宮城県白石市白鳥三丁目5番地の2 ソニー白石セミコンダクタ株式会社内
- (72)発明者 大金 誠
東京都港区港南1丁目7番1号 ソニー株式会社内
- (72)発明者 長竹 剛
東京都港区港南1丁目7番1号 ソニー株式会社内
- (72)発明者 成井 啓修
東京都港区港南1丁目7番1号 ソニー株式会社内

審査官 角地 雅信

- (56)参考文献 特開2004-022934(JP,A)
特開平11-054828(JP,A)
特開平04-199587(JP,A)
特開平05-283813(JP,A)
特開平10-256647(JP,A)
特開2001-144383(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
H01S 5/00-5/50