

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2014-175427

(P2014-175427A)

(43) 公開日 平成26年9月22日(2014.9.22)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
HO 1 L 33/08 (2010.01)	HO 1 L 33/00 1 2 0	5 F 1 4 1
HO 1 L 33/10 (2010.01)	HO 1 L 33/00 1 3 0	
HO 1 L 33/32 (2010.01)	HO 1 L 33/00 1 8 6	

審査請求 未請求 請求項の数 20 O L (全 31 頁)

(21) 出願番号 特願2013-46009 (P2013-46009)  
 (22) 出願日 平成25年3月7日 (2013.3.7)

(71) 出願人 000003078  
 株式会社東芝  
 東京都港区芝浦一丁目1番1号  
 (74) 代理人 100108062  
 弁理士 日向寺 雅彦  
 (72) 発明者 橋本 玲  
 東京都港区芝浦一丁目1番1号 株式会社東芝内  
 (72) 発明者 木村 重哉  
 東京都港区芝浦一丁目1番1号 株式会社東芝内  
 (72) 発明者 黄 鐘日  
 東京都港区芝浦一丁目1番1号 株式会社東芝内

最終頁に続く

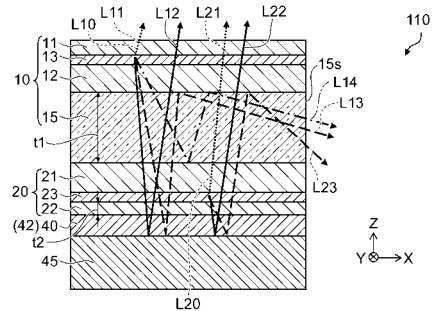
(54) 【発明の名称】 半導体発光素子及びその製造方法

(57) 【要約】

【課題】 高効率で均一な多色光が得られる実用的な半導体発光素子及びその製造方法を提供する。

【解決手段】 実施形態によれば、光反射層と、第1~第4半導体層と、第1、第2発光層と、を含む半導体発光素子が提供される。第2半導体層は、第1半導体層と光反射層との間に設けられる。第1発光層は、第1半導体層と第2半導体層との間に設けられる。第1光透過層は、第2半導体層と光反射層との間に設けられ光透過性である。第3半導体層は、第1光透過層と光反射層との間に設けられる。第4半導体層は、第3半導体層と光反射層との間に設けられる。第2発光層は、第3半導体層と第4半導体層との間に設けられ第1発光層とは異なる波長の光を放出する。光反射層は、第3、第4半導体層のいずれかと電気的に接続される。第1光透過層の厚さは、第2発光層と光反射層との間の距離の10倍以上である。

【選択図】 図1



**【特許請求の範囲】****【請求項 1】**

光反射層と、  
第 1 半導体層と、  
前記第 1 半導体層と前記光反射層との間に設けられ前記第 1 半導体層の導電形とは異なる導電形の第 2 半導体層と、  
前記第 1 半導体層と前記第 2 半導体層との間に設けられ第 1 ピーク波長の第 1 光を放出する第 1 発光層と、  
前記第 2 半導体層と前記光反射層との間に設けられ前記第 1 光に対して光透過性の第 1 光透過層と、  
前記第 1 光透過層と前記光反射層との間に設けられた第 3 半導体層と、  
前記第 3 半導体層と前記光反射層との間に設けられ前記第 3 半導体層の導電形とは異なる導電形の第 4 半導体層と、  
前記第 3 半導体層と前記第 4 半導体層との間に設けられ前記第 1 ピーク波長とは異なる第 2 ピーク波長の第 2 光を放出する第 2 発光層と、  
を備え、  
前記光反射層は、前記第 3 半導体層及び前記第 4 半導体層のいずれかと電氣的に接続され、  
前記第 1 光透過層の厚さは、前記第 2 発光層と前記光反射層との間の距離の 10 倍以上である。

10

20

**【請求項 2】**

前記第 1 光の一部は、前記第 1 光透過層の側面から出射する請求項 1 記載の半導体発光素子。

**【請求項 3】**

前記第 1 光透過層は、サファイア基板または GaN 基板である請求項 1 または 2 に記載の半導体発光素子。

**【請求項 4】**

前記第 1 ピーク波長は、前記第 2 ピーク波長よりも短い請求項 1 ~ 3 のいずれか 1 つに記載の半導体発光素子。

**【請求項 5】**

前記第 1 光透過層と前記第 3 半導体層との間に設けられた第 5 半導体層と、  
前記第 5 半導体層と前記第 3 半導体層との間に設けられ前記第 5 半導体層の導電形とは異なる導電形の第 6 半導体層と、  
前記第 5 半導体層と前記第 6 半導体層との間に設けられ前記第 1 ピーク波長とは異なり前記第 2 ピーク波長とは異なる第 3 ピーク波長の第 3 光を放出する第 3 発光層と、  
前記第 6 半導体層と前記第 3 半導体層との間に設けられ前記第 3 光に対して光透過性の第 2 光透過層と、  
とをさらに備え、  
前記第 2 光透過層の厚さは、前記第 2 発光層と前記光反射層との間の前記距離の 10 倍以上である請求項 1 ~ 4 のいずれか 1 つに記載の半導体発光素子。

30

40

**【請求項 6】**

前記第 3 光の一部は、前記第 2 光透過層の側面から出射する請求項 5 記載の半導体発光素子。

**【請求項 7】**

前記第 2 光透過層は、サファイア基板または GaN 基板である請求項 5 または 6 に記載の半導体発光素子。

**【請求項 8】**

前記第 3 ピーク波長は、前記第 1 ピーク波長と前記第 2 ピーク波長との間である請求項 5 ~ 7 のいずれか 1 つに記載の半導体発光素子。

**【請求項 9】**

50

前記第 3 発光部は、

前記光反射層から前記第 1 半導体層に向かう積層方向に沿って前記第 6 半導体層、前記第 2 発光層及び前記第 2 光透過層を貫通し、前記第 5 半導体層に電氣的に接続された第 5 半導体層用貫通電極と、

前記第 5 半導体層用貫通電極と前記第 6 半導体層との間、及び、前記第 5 半導体層用貫通電極と前記第 2 発光層との間に設けられた第 5 半導体層用絶縁層と、

をさらに含む請求項 5 ~ 7 のいずれか 1 つに記載の半導体発光素子。

【請求項 10】

前記第 3 発光部は、

前記光反射層から前記第 1 半導体層に向かう積層方向に沿って前記第 2 光透過層を貫通し、少なくとも前記第 6 半導体層と絶縁された第 6 半導体層用熱伝導ピラーと、

少なくとも前記第 6 半導体層用熱伝導ピラーと前記第 6 半導体層との間に設けられた部分を含む第 6 半導体層用ピラー絶縁層と、

をさらに含む請求項 5 ~ 9 のいずれか 1 つに記載の半導体発光素子。

【請求項 11】

前記第 2 発光部は、

前記第 3 半導体層と前記第 1 光透過層との間に設けられ前記第 3 半導体層に電氣的に接続された第 3 半導体層側電極と、

前記第 3 半導体層の前記第 1 光透過層側の面の、前記光反射層から前記第 1 半導体層に向かう積層方向に対して垂直な平面に投影したときに前記第 1 光透過層に重ならない部分の上に設けられ、前記第 3 半導体層側電極に電氣的に接続された第 3 半導体層側パッド部と、

を含み、

前記光反射層は、前記第 4 半導体層に電氣的に接続される請求項 1 ~ 10 のいずれか 1 つに記載の半導体発光素子。

【請求項 12】

前記第 2 発光部は、

絶縁層であって、前記光反射層から前記第 1 半導体層に向かう積層方向に対して垂直な平面に投影したときに前記第 1 光透過層に重なる部分と、重ならない部分と、を含む絶縁層と、

前記重なる部分と前記第 3 半導体層との間に設けられ前記第 3 半導体層に電氣的に接続された第 3 半導体層側電極と、

前記重ならない部分の前記第 1 光透過層側の面上に設けられ、前記第 3 半導体層側電極に電氣的に接続された第 3 半導体層側パッド部と、

を含み、

前記絶縁層は、前記第 3 半導体層側電極と前記第 4 半導体層との間、及び、前記第 3 半導体層側電極と前記第 2 発光層との間を絶縁し、

前記光反射層は、前記第 4 半導体層に電氣的に接続される請求項 1 ~ 10 のいずれか 1 つに記載の半導体発光素子。

【請求項 13】

前記第 2 発光部は、

前記光反射層と前記第 3 半導体層との間に設けられ前記光反射層と前記第 3 半導体層とを電氣的に接続する第 3 半導体層側電極と、

前記第 4 半導体層のうちで、前記光反射層から前記第 1 半導体層に向かう積層方向に対して垂直な平面に投影したときに前記第 1 光透過層に重ならない部分の上に設けられ前記第 4 半導体層に電氣的に接続された第 4 半導体層側パッド部と、

前記第 3 半導体層側電極と前記第 4 半導体層との間、及び、前記第 3 半導体層側電極と前記第 2 発光層との間を絶縁する絶縁層と、

を含む請求項 1 ~ 10 のいずれか 1 つに記載の半導体発光素子。

【請求項 14】

10

20

30

40

50

前記光反射層は、前記第 3 半導体層及び前記第 4 半導体層の前記いずれかと前記オーミック接触を形成する反射金属層を含み、

前記反射金属層は、銀、アルミニウム、及び、ロジウムの少なくともいずれかを含む請求項 1 ~ 13 のいずれか 1 つに記載の半導体発光素子。

【請求項 15】

前記光反射層は、

銀、アルミニウム、及び、ロジウムの少なくともいずれかを含む反射金属層と、

前記反射金属層と前記第 4 半導体層との間に設けられ前記第 2 光に対して光透過性で前記第 3 半導体層及び前記第 4 半導体層の前記いずれかと前記オーミック接触を形成する光透過性導電膜と、

を含む請求項 1 ~ 14 のいずれか 1 つに記載の半導体発光素子。

【請求項 16】

支持基板をさらに備え、

前記支持基板と前記第 2 半導体層との間に前記支持基板が配置され、

前記支持基板の熱導電性は、前記第 1 光透過層の熱導電性よりも高い請求項 1 ~ 15 のいずれか 1 つに記載の半導体発光素子。

【請求項 17】

前記第 1 発光部は、

前記光反射層から前記第 1 半導体層に向かう積層方向に沿って前記第 2 半導体層、前記第 1 発光層及び前記第 1 光透過層を貫通し、前記第 1 半導体層に電氣的に接続された第 1 半導体層用貫通電極と、

前記第 1 半導体層用貫通電極と前記第 2 半導体層との間、及び、前記第 1 半導体層用貫通電極と前記第 1 発光層との間に設けられた第 1 半導体層用絶縁層と、

をさらに含む請求項 1 ~ 16 のいずれか 1 つに記載の半導体発光素子。

【請求項 18】

前記第 1 発光部は、前記第 1 光透過層の前記第 2 発光部の側の面に設けられ前記第 1 半導体層用貫通電極と電氣的に接続された第 1 半導体層用配線電極をさらに含み、

前記積層方向に対して垂直な平面に投影したときの第 1 半導体層用配線電極の面積は、前記平面に投影したときの前記第 1 半導体層用貫通電極の面積よりも広い請求項 17 記載の半導体発光素子。

【請求項 19】

前記第 1 発光部は、

前記光反射層から前記第 1 半導体層に向かう積層方向に沿って前記第 1 光透過層を貫通し、少なくとも前記第 2 半導体層と絶縁された第 2 半導体層用熱伝導ピラーと、

少なくとも前記第 2 半導体層用熱伝導ピラーと前記第 2 半導体層との間に設けられた部分を含む第 2 半導体層用ピラー絶縁層と、

をさらに含む請求項 1 ~ 18 のいずれか 1 つに記載の半導体発光素子。

【請求項 20】

光反射層と、第 1 半導体層と、前記第 1 半導体層と前記光反射層との間に設けられ前記第 1 半導体層の導電形とは異なる導電形の第 2 半導体層と、前記第 1 半導体層と前記第 2 半導体層との間に設けられ第 1 ピーク波長の第 1 光を放出する第 1 発光層と、前記第 2 半導体層と前記光反射層との間に設けられ前記第 1 光に対して光透過性の第 1 光透過層と、前記第 1 光透過層と前記光反射層との間に設けられた第 3 半導体層と、前記第 3 半導体層と前記光反射層との間に設けられ前記第 3 半導体層の導電形とは異なる導電形の第 4 半導体層と、前記第 3 半導体層と前記第 4 半導体層との間に設けられ前記第 1 ピーク波長とは異なる第 2 ピーク波長の第 2 光を放出する第 2 発光層と、を含み、前記光反射層は、前記第 3 半導体層及び前記第 4 半導体層のいずれかと電氣的に接続され、前記第 1 光透過層の厚さは、前記第 2 発光層と前記光反射層との間の距離の 10 倍以上である半導体発光素子の製造方法であって、

第 2 発光部成長用基板の上に前記第 3 半導体層、前記第 2 発光層及び前記第 4 半導体層

10

20

30

40

50

を順次結晶成長させて形成し、前記第4半導体層の上に前記光反射層を設け、前記第2発光部成長用基板を除去して、前記光反射層と前記第2発光部とを含む構造体を形成し、

前記構造体の前記第3半導体層の上に、前記第1光透過層の上に前記第2半導体層、前記第1発光層及び前記第1半導体層を順次結晶成長させて形成された前記第1発光部を配置する半導体発光素子の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明の実施形態は、半導体発光素子及びその製造方法に関する。

【背景技術】

10

【0002】

半導体発光素子は、照明などに応用されている。例えば、照明の演色性を高めるために半導体発光素子から出射する光の色を制御することが望まれている。高効率で均一な色の光が得られる実用的な半導体発光素子の実用化が望まれている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献1】特開2011-176045号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

20

【0004】

本発明の実施形態は、高効率で均一な多色光が得られる実用的な半導体発光素子及びその製造方法を提供する。

【課題を解決するための手段】

【0005】

本発明の実施形態によれば、光反射層と、第1半導体層と、第2半導体層と、第1発光層と、第1光透過層と、第3半導体層と、第4半導体層と、第2発光層と、を含む半導体発光素子が提供される。前記第2半導体層は、前記第1半導体層と前記光反射層との間に設けられ、前記第1半導体層の導電形とは異なる導電形である。前記第1発光層は、前記第1半導体層と前記第2半導体層との間に設けられ、第1ピーク波長の第1光を放出する。前記第1光透過層は、前記第2半導体層と前記光反射層との間に設けられ、前記第1光に対して光透過性である。前記第3半導体層は、前記第1光透過層と前記光反射層との間に設けられる。前記第4半導体層は、前記第3半導体層と前記光反射層との間に設けられ、前記第3半導体層の導電形とは異なる導電形である。前記第2発光層は、前記第3半導体層と前記第4半導体層との間に設けられ、前記第1ピーク波長とは異なる第2ピーク波長の第2光を放出する。前記光反射層は、前記第3半導体層及び前記第4半導体層のいずれかと電氣的に接続される。前記第1光透過層の厚さは、前記第2発光層と前記光反射層との間の距離の10倍以上である。

30

【図面の簡単な説明】

【0006】

40

【図1】第1の実施形態に係る半導体発光素子を例示する模式的断面図である。

【図2】第1の実施形態に係る半導体発光素子の特性を例示するグラフ図である。

【図3】第1の実施形態に係る別の半導体発光素子を例示する模式的断面図である。

【図4】第1の実施形態に係る別の半導体発光素子の特性を例示するグラフ図である。

【図5】第1の実施形態に係る別の半導体発光素子を例示する模式的断面図である。

【図6】第1の実施形態に係る別の半導体発光素子を例示する模式的断面図である。

【図7】第1の実施形態に係る別の半導体発光素子を例示する模式的断面図である。

【図8】第1の実施形態に係る別の半導体発光素子を例示する模式的斜視図である。

【図9】第1の実施形態に係る別の半導体発光素子を例示する模式的斜視図である。

【図10】図10(a)及び図10(b)は、第1の実施形態に係る別の半導体発光素子

50

を例示する模式図である。

【図 1 1】図 1 1 ( a ) 及び図 1 1 ( b ) は、第 1 の実施形態に係る別の半導体発光素子を例示する模式図である。

【図 1 2】第 2 の実施形態に係る半導体発光素子を例示する模式的断面図である。

【図 1 3】第 2 の実施形態に係る別の半導体発光素子を例示する模式的断面図である。

【図 1 4】第 2 の実施形態に係る別の半導体発光素子を例示する模式的断面図である。

【図 1 5】第 3 の実施形態に係る半導体発光素子の製造方法を例示するフローチャート図である。

【図 1 6】図 1 6 ( a ) 及び図 1 6 ( b ) は、第 3 の実施形態に係る半導体発光素子の製造方法の一部を例示する模式的断面図である。

10

【発明を実施するための形態】

【0007】

以下に、本発明の各実施の形態について図面を参照しつつ説明する。

なお、図面は模式的または概念的なものであり、各部分の厚みと幅との関係、部分間の大きさの比率などは、必ずしも現実のものとは限らない。また、同じ部分を表す場合であっても、図面により互いの寸法や比率が異なって表される場合もある。

なお、本願明細書と各図において、既出の図に関して前述したものと同様の要素には同一の符号を付して詳細な説明は適宜省略する。

【0008】

(第 1 の実施形態)

20

図 1 は、第 1 の実施形態に係る半導体発光素子を例示する模式的断面図である。

図 1 に表したように、本実施形態に係る半導体発光素子 1 1 0 は、第 1 発光部 1 1 0 と、第 2 発光部 2 0 と、光反射層 4 0 と、放熱部材 4 5 と、を含む。

【0009】

放熱部材 4 5 の上に、光反射層 4 0 が設けられる。光反射層 4 0 の上に、第 2 発光部 2 0 が設けられる。第 2 発光部 2 0 の上に、第 1 発光部 1 1 0 が設けられる。

【0010】

本願明細書において、「上に設けられる状態」は、直接的に上に配置される状態と、間に別の要素が挿入される状態と、を含む。

【0011】

30

第 1 発光部 1 1 0 は、第 1 半導体層 1 1 と、第 2 半導体層 1 2 と、第 1 発光層 1 3 と、第 1 光透過層 1 5 と、を含む。

【0012】

例えば、光反射層 4 0 から第 1 半導体層 1 1 に向かう積層方向を Z 軸方向とする。Z 軸方向に対して垂直な 1 つの方向を X 軸方向とする。Z 軸方向と X 軸方向とに対して垂直な方向を Y 軸方向とする。

【0013】

第 1 半導体層 1 1 は、第 1 導電形を有する。

第 2 半導体層 1 2 は、第 1 半導体層 1 1 と光反射層 4 0 との間に設けられる。第 2 半導体層 1 2 は、第 2 導電形を有する。第 2 導電形は、第 1 半導体層 1 1 の導電形 (第 1 導電形) とは異なる。

40

第 1 発光層 1 3 は、第 1 半導体層 1 1 と第 2 半導体層 1 2 との間に設けられる。第 1 発光層 1 3 は、第 1 ピーク波長の第 1 光 L 1 0 を放出する。

第 1 光透過層 1 5 は、第 2 半導体層 1 2 と光反射層 4 0 との間に設けられる。第 1 光透過層 1 5 は、少なくとも第 1 光 L 1 0 に対して光透過性である。第 1 光透過層 1 5 は、例えば、絶縁性である。

【0014】

第 2 発光部 2 0 は、第 3 半導体層 2 1 と、第 4 半導体層 2 2 と、第 2 発光層 2 3 と、を含む。

【0015】

50

第3半導体層21は、第1光透過層15と光反射層40との間に設けられる。第3半導体層21は、第3導電形を有する。第3導電形は、第1導電形及び第2導電形のいずれか一方である。

【0016】

第4半導体層22は、第3半導体層21と光反射層40との間に設けられる。第4半導体層22は、第4導電形を有する。第4導電形は、第3半導体層21の導電形(第3導電形)とは異なる。第4導電形は、第1導電形及び第2導電形のいずれか他方である。

【0017】

第2発光層23は、第3半導体層21と第4半導体層22との間に設けられる。第2発光層23は、第2ピーク波長の第2光L20を放出する。第2ピーク波長は、第1ピーク波長とは異なる。

10

【0018】

光反射層40は、例えば導電性である。第3半導体層21及び第4半導体層22のいずれかと電氣的に接続される。光反射層40は、電極として機能することができる。

この例では、光反射層40は、第4半導体層22と電氣的に接続されている。光反射層40と第4半導体層22とは、オーミック接触を形成する。光反射層40が多層膜構造を有する場合は、光反射層40のうちの第4半導体層22と接触する膜が、第4半導体層22に対してオーミック接触する。光反射層40が第3半導体層21と電氣的に接続される場合は、光反射層40のうちの第3半導体層21と接触する膜が、第3半導体層21に対してオーミック接触する。

20

【0019】

放熱部材45と第2発光部20との間、すなわち、放熱部材45と第4半導体層22との間に、光反射層40が配置される。放熱部材45は、光反射層40と熱的に接続されている。例えば、光反射層40は、放熱部材45と接触している。または、光反射層40と放熱部材45との間に、熱伝導層(図示しない)が設けられ、熱伝導層が光反射層40と放熱部材45とにそれぞれ接していても良い。放熱部材45の熱伝導率は、例えば、第1光透過層15の熱伝導率よりも高い。熱伝導層が設けられる場合、熱伝導層の熱伝導率は、例えば、第1光透過層15の熱伝導率よりも高い。

【0020】

放熱部材45は、例えば導電性である。放熱部材45は、導電性の光反射層40と電氣的に接続されても良い。

30

【0021】

半導体発光素子110においては、後述する電極が設けられ、第1発光層13及び第2発光層23のそれぞれに電流が通電されて光が放出される。第1発光部10及び第2発光部20のそれぞれは、例えばLED(Light Emitting Diode)である。

【0022】

半導体発光素子110における光路の例について説明する。図1においては、図を見易くするために、屈折及び反射における光路の角度を実際の状態から変更して図示している場合がある。

【0023】

第1発光層13から放出された第1光L10の一部(第1成分L11)は、第1半導体層11を通過して外部に出射する。

第1光L10の別の一部(第2成分L12)は、第2発光部20に入射し、光反射層40で反射して、第1発光部10に戻り、第1半導体層11を通過して、外部に出射する。

第1光L10のさらに別の一部(第3成分L13)は、第2発光部20に入射し、光反射層40で反射して、第1光透過層15内を伝搬し、第1光透過層15の側面15sから外部に出射する。

さらに、第1光L10のさらに別の一部(第4成分L14)は、第2発光部20に入射せず、第1光透過層15内を伝搬し、第1光透過層15の側面15sから外部に出射する。このように、本実施形態においては、第1光L10の一部は、第1光透過層15の側

40

50

面 1 5 s から出射する。

【 0 0 2 4 】

一方、第 2 発光層 2 3 から放出された第 2 光 L 2 0 の一部 ( 第 5 成分 L 2 1 ) は、第 1 発光部 1 0 ( 例えば第 1 半導体層 1 1 ) を通過して外部に出射する。

第 2 光 L 2 0 の別の一部 ( 第 6 成分 L 2 2 ) は、第 4 半導体層 2 2 に入射し、光反射層 4 0 で反射して、第 2 発光部 2 0、及び、第 1 発光部 1 0 ( 第 1 半導体層 1 1 ) を通過して、外部に出射する。

第 2 光 L 2 0 のさらに別の一部 ( 第 7 成分 L 2 3 ) は、第 4 半導体層に入射し、光反射層 4 0 で反射して、第 1 光透過層 1 5 内を伝搬し、第 1 光透過層 1 5 の側面 1 5 s から外部に出射する。

【 0 0 2 5 】

半導体発光素子 1 1 0 においては、光は、主に、第 1 半導体層 1 1 の側から出射される。光の一部は、第 1 光透過層 1 5 の側面 1 5 s から出射する。半導体発光素子 1 1 0 のうちの第 1 半導体層 1 1 の側の面を、光出射面とする。

【 0 0 2 6 】

本実施形態においては、第 1 光透過層 1 5 の厚さ t 1 は厚い。例えば、厚さ t 1 は、第 2 発光層 2 3 と光反射層 4 0 との間の距離 t 2 の 1 0 倍以上である。さらに、厚さ t 1 は、距離 t 2 の 5 0 倍以上でも良く、1 0 0 倍以上でも良い。

例えば、厚さ t 1 は、5 0 μm 以上 2 5 0 μm 以下である。一方、例えば、距離 t 2 は、5 0 nm 以上 5 0 0 nm 以下である。距離 t 2 は、1 0 0 nm 以上 2 0 0 nm 以下でも良い。厚さ t 1 と、距離 t 2 と、は、互いに独立して変更することができる。このとき、本実施形態においては、厚さ t 1 は、距離 t 2 の 1 0 倍以上に設定される。さらに、厚さ t 1 は、距離 t 2 の 5 0 倍以上でも良く、1 0 0 倍以上でも良い。

【 0 0 2 7 】

本実施形態においては、第 1 光透過層 1 5 の厚さ t 1 を厚く設定することで、第 4 成分 L 1 4 の割合を高くすることができる。第 1 光透過層 1 5 の厚さ t 1 を厚く設定することで、第 2 成分 L 1 2 の割合、及び、第 3 成分 L 1 3 の割合を低くすることができる。

【 0 0 2 8 】

第 2 成分 L 1 2 の光は、第 2 発光部 2 0 に入射し、光反射層 4 0 で反射して、第 1 発光部 1 0 に戻る。この光路上において、第 2 成分 L 1 2 の光の一部が吸収されて損失となる。一方、第 3 成分 L 1 3 の光は、第 2 発光部 2 0 に入射し、光反射層 4 0 で反射して、第 2 発光部 2 0 に入射する。この光路上において、第 3 成分 L 1 3 の光の一部が吸収されて損失となる。

【 0 0 2 9 】

本実施形態においては、第 1 光透過層 1 5 の厚さ t 1 を厚く設定することで、第 2 成分 L 1 2 の割合、及び、第 3 成分 L 1 3 の割合を低くすることで、損失を低減できる。これにより高効率な発光が得られる。

【 0 0 3 0 】

そして、第 1 光透過層 1 5 の厚さ t 1 が厚いため、第 4 成分 L 1 4 の光は、第 1 光透過層 1 5 を少ない反射の回数で伝搬し、第 1 光透過層 1 5 の側面 1 5 s から外部から出射することができる。すなわち、第 4 成分 L 1 4 が第 1 光透過層 1 5 を導光される間の吸収が抑制される。これにより、効率がさらに高まる。

【 0 0 3 1 】

これに加え、第 1 光透過層 1 5 の厚さ t 1 を厚く設定することで、第 2 発光層 2 3 から放出される第 7 成分 L 2 3 は、少ない反射の回数により、第 1 光透過層 1 5 の側面 1 5 s から外部から出射することができる。すなわち、第 7 成分 L 2 3 が第 1 光透過層 1 5 を導光される間の吸収が抑制される。これにより、効率がさらに高まる。

【 0 0 3 2 】

このように、本実施形態においては、第 1 発光層 1 3 から放出された第 1 光 L 1 0 及び第 2 発光層 2 3 から放出された第 2 光 L 2 0 のそれぞれを、高効率で素子外部に取り出す

10

20

30

40

50



ことができる。

【0033】

そして、第1発光層13の第1光L10の強度と、第2発光層23の第2光L20の強度と、をそれぞれ調整することで、任意の光が得られ、高い演色性が得られる。

【0034】

一方、本実施形態においては、第2発光層23と光反射層40との間の距離 $t_2$ は、短い。光反射層40は、放熱部材45に熱的に接続されている。第2発光層23と光反射層40との間の距離 $t_2$ が短いことで、例えば、第2発光部20で発生した熱は、光反射層40を介して、効率良く放熱部材45に伝わる。これにより、第2発光部20における温度の上昇が抑制でき、第2発光部20（第2発光層23）における発光効率が高まる。

10

【0035】

一方、第1発光部10で発生した熱の一部も、第2発光部20を介して、光反射層40を介して、効率良く放熱部材45に伝わる。これにより、第1発光部10における温度の上昇が抑制でき、第1発光部10（第1発光層13）における発光効率が高まる。第1発光部10で発生した熱は第2発光部20に伝わる。本実施形態においては、距離 $t_2$ が短いこと、第2発光部20の放熱性が高く、第1発光部10から第2発光部20に伝わった熱も効率良く放熱部材45に伝わる。

【0036】

一方、種々の色の光を得るために、互いに異なる波長特性を有する複数のLEDを並置する参考例の構成がある。すなわち、LEDは積層されない。この場合には、光の出射する方向によって色が変わる現象が生じる。この現象を、「色割れ」ということがある。色割れにおいては、例えば、LEDの主面（例えば光出射面）に対して垂直な方向の光と、斜め方向の光と、で色が変わる。例えば、主面に対して垂直な方向を軸として回転する方向（例えばX-Y平面内の方向）において、色が変わる。例えば、正面方向では、白色光であり、右斜め方向では、青白色であり、上斜め方向では、黄白色となる。これは、複数のLEDを並置するために、回転する方向によって、それぞれのLEDからの光の角度が変わるためである。

20

【0037】

本実施形態においては、互いに異なる波長の光を放出する第1発光部10と第2発光部20とが積層される。このため、色割れが抑制される。すなわち、方向に実質的に依存しない、均一な色の多光が得られる。

30

このように、本実施形態によれば、高効率で均一な多色光が得られる。

【0038】

第1発光部10に設けられる第1光透過層15には、例えば、サファイア基板またはGaN基板を用いることができる。例えば、第1光透過層15となるサファイア基板の上に、第2半導体層12、第1発光層13及び第1半導体層11が順次エピタキシャル成長により形成される。この成長用基板を、第1光透過層15として用いることができる。例えば、第1発光部10は、フェースアップ（Face Up）構造のLEDである。

【0039】

このような、第1発光部10が第2発光部20の上に配置される。第1発光部10は、厚い第1光透過層15（例えばサファイア基板など）を含んだ構成を有しているため、第1発光部10のハンドリングは容易である。このため、第1発光部10を第2発光部20の上に配置する工程は容易であり、高い生産性が得られる。

40

【0040】

一方、第2発光部20には、Thin Film構造のLEDを用いることができる。第2発光部20においては、例えば、図示しない成長用基板の上に、第3半導体層21、第2発光層23及び第4半導体層22が順次エピタキシャル成長により形成される。そして、例えば、第4半導体層22の表面に光反射層40を形成した後に、その成長用基板が除去される。成長用基板の除去は、光反射層40に放熱部材45を接続した後に実施されても良い。

50

## 【0041】

第2発光部20においては、第3半導体層21、第2発光層23及び第4半導体層22がエピタキシャル成長により形成された後に、成長用基板が除去される。これにより、第2発光部20においては、第2発光層23と光反射層40との間の距離 $t_2$ を短くしつつ、第2発光部20と第1発光部10との間の距離も短くできる。これにより、高い熱伝導率が得られる。

## 【0042】

このとき、第2発光部20は、少なくとも光反射層40に接合されている。光反射層40は、薄い第2発光部20を支持する支持体として機能する。さらに、例えば、放熱部材45も薄い第2発光部20を支持する支持体として機能する。これにより、第2発光部20における機械的強度が高められている。このため、第2発光部20と第1発光部10との積層工程は、容易に実施できる。

10

## 【0043】

一方、第1発光部10にThin Film構成を適用する参考例も考えられる。Thin Film構成においては、薄い半導体層を支持する支持体が設けられる。この支持体として、光透過性の低い基板（例えばシリコン基板や金属基板など）を用いると、第2発光部20の光（第2光 $L_{20}$ ）が通過できない。

## 【0044】

このため、本実施形態においては、第1発光部10には、光透過性の成長用基板を第1光透過層15として用いることができるFace Up構造を適用する。これにより、第2発光部20の光に、第1光透過層15を通過させて、所望の光取り出し効率を得つつ、適正な機械強度を得て、製造を容易にできる。

20

## 【0045】

このように、本実施形態においては、製造工程が容易であり、実用性が高い。本実施形態によれば、高効率で均一な多色光が得られる実用的な半導体発光素子を提供することができる。

## 【0046】

例えば、Face Up構造の複数のLEDを積層する参考例が考えられる。この場合には、例えば、放熱部材45に近いLEDにおいても成長用基板が設けられている。この成長用基板の厚さは厚いため、高い放熱性が得られない。

30

## 【0047】

さらに、Face Up構造の複数のLEDを積層する参考例において、複数のLEDどうし間に、特殊な光学機能層を設け、光取り出し効率を高めようという試みも考えられる。この光学機能層においては、下側のLEDからの光を透過させ、上側のLEDの光を反射させる。この構成には、部材（光学機能層）が増える。

## 【0048】

本実施形態においては、上側の第1発光層13と光反射層40との間に設けられる第1光透過層15の厚さ $t_1$ が厚く（距離 $t_2$ の10倍以上）設定されるため、第1光透過層15の側面15sから光を取り出すことができ、高い光取り出し効率を得られる。そして、それと同時に、第2発光層23と光反射層40との間の距離 $t_2$ を短く（厚さ $t_1$ の1/10の以下）に設定することで、高い放熱効率が得られる。このように、本実施形態においては、高い光取り出し効率と共に、高い放熱効率が得られる特殊な構成が設けられる。

40

## 【0049】

本実施形態においては、第2発光層23と光反射層40との距離 $t_2$ が短いため、第2発光層23から放出される第2光 $L_{20}$ は、主に、Z軸方向（光反射層40の主面に対して垂直な方向）に沿って出射する。第2光 $L_{20}$ のうちのZ軸方向成分の割合は、第2光 $L_{20}$ のうちのX-Y平面成分の割合よりも高い。一方、第1光透過層15の厚さ $t_1$ が厚く、さらに、第1発光層13と光反射層40との距離が長いため、第1発光層13から放出される第1光 $L_{10}$ の広がりの角度が大きい。すなわち、第2光 $L_{20}$ の指向性は、

50

第1光L10の指向性よりも高い。これにより、第1光L10と第2光L20との合成光の色の均一性が高まる。

【0050】

例えば、光反射層40に近い発光層からの光の指向性が、光反射層から遠い発光層からの光の指向性よりも低い場合は、Z軸方向に沿った方向と、Z軸方向との角度が大きい方向と、の間で色が大きく変化する。

【0051】

実施形態においては、第2光L20の指向性を第1光L10の指向性よりも高く設定でき、これにより、Z軸方向に沿った方向と、Z軸方向との角度が大きい方向と、の間の色の変化が小さい。

10

【0052】

本実施形態において、第1光透過層15の厚さ $t_1$ は、第2発光層23と光反射層40との間の距離 $t_2$ の1000倍以下であることが好ましい。厚さ $t_1$ は、距離 $t_2$ の500倍以下でも良い。第1光透過層15の厚さ $t_1$ が過度に厚いと、第1発光層13で生じた熱が、第1光透過層15を介して、光反射層40に伝わり難くなる。このため、放熱性が低下する。厚さ $t_1$ を距離 $t_2$ の1000倍以下に設定することで良好な放熱性が得られる。厚さ $t_1$ を距離 $t_2$ の500倍以下に設定することで、放熱性がさらに向上する。

【0053】

本実施形態において、第1発光層13から放出される第1光L10の波長(第1ピーク波長)は、第2発光層23から放出される第2光L20の波長(第2ピーク波長)よりも短いことが好ましい。

20

【0054】

本実施形態においては、第1光L10の一部は、第2発光部20を通過して光反射層40で反射し、再び第2発光部20を通過する。すなわち、第1光L10の一部は、第2光L20を2回通過する。このため、第1光L10の波長の光に対する第2発光部20の吸収率が高いと、光の損失が非常に大きくなる。一方、第2光L20の一部は、第1発光部10を通過する。第2光L20の一部が第1発光部10を通過する回数は1回である。このため、第2光L20の一部が第1発光部10で吸収されることが効率に与える影響は、比較的小さい。

【0055】

実施形態においては、例えば、第1光L10の1ピーク波長は、第2光の第2ピーク波長よりも短く設定される。例えば、第1発光部10の第1発光層13に含まれる井戸層のバンドギャップエネルギーを、第2発光部20の第2発光層23に含まれる井戸層のバンドギャップエネルギーよりも大きくする。これにより、第2発光層23に含まれる井戸層における、第1光L10の波長の光に対する吸収率を低くできる。これにより、光の損失が抑制でき、発光効率を高めることができる。

30

【0056】

図2は、第1の実施形態に係る半導体発光素子の特性を例示するグラフ図である。

図2は、第1光L10と第2光L20とのスペクトルを例示している。図2の横軸は、波長(ナノメートル: nm)である。縦軸は、光の強度 $I_{nt}$ (任意単位)である。

40

【0057】

図2に表したように、第1光L10の第1ピーク波長 $L_{p1}$ は約440nmである。第2光L20の第2ピーク波長 $L_{p2}$ は、約560nmである。第1光L10は、青色光であり、第2光L20は、黄色光である。このような第1光L10と第2光L20が混合されることで、実質的に白色の光が得られる。

【0058】

上記の半導体発光素子110においては、2つの発光部、すなわち、2つの発光層が設けられているが、発光部(発光層)の数は、3以上でも良い。

【0059】

図3は、第1の実施形態に係る別の半導体発光素子を例示する模式的断面図である。

50

図3に表したように、本実施形態に係る半導体発光素子111は、第1発光部10、第2発光部20、光反射層40及び放熱部材45に加えて、第3発光部30をさらに含む。第3発光部30は、第1発光部10と第2発光部20との間に配置される。半導体発光素子111において、第1発光部10、第2発光部20、光反射層40及び放熱部材45の構成には、半導体発光素子110に関して説明した構成が適用できる。以下では、第3発光部30について説明する。

【0060】

第3発光部30は、第5半導体層31と、第6半導体層32と、第3発光層33と、第2光透過層35と、含む。

【0061】

第5半導体層31は、第1光透過層15と第3半導体層21との間に設けられる。第5半導体層31は、第5導電形を有する。第5導電形は、第1導電形及び第2導電形のいずれか一方である。

【0062】

第6半導体層32は、第5半導体層31と第3半導体層21との間に設けられる。第6半導体層32は、第6導電形を有する。第6導電形は、第5半導体層31の導電形(第5導電形)とは異なる。第6導電形は、第1導電形及び第2導電形のいずれか他方である。

【0063】

第3発光層33は、第5半導体層31と第6半導体層32との間に設けられる。第3発光層33は、第3ピーク波長の第3光L30を放出する。第3ピーク波長は、第1ピーク波長とは異なり、第2ピーク波長とは異なる。

【0064】

第2光透過層35は、第6半導体層32と第3半導体層21との間に設けられる。第3光透過層35は、少なくとも第3光L30に対して光透過性である。

【0065】

第2光透過層35の厚さは、厚く設定される。第2光透過層35の厚さ $t_3$ は、第2発光層23と光反射層40との間の距離 $t_2$ の10倍以上である。さらに、厚さ $t_3$ は、距離 $t_2$ の50倍以上でも良く、100倍以上でも良い。

【0066】

この場合にも、第2光透過層35として、サファイア基板またはGaN基板を用いることができる。すなわち、例えば、サファイアなどの基板の上に、第3発光部30に含まれる第6半導体層32、第3発光層33及び第5半導体層31が順次エピタキシャル成長されて形成される。この成長用基板が、第2光透過層35に用いられる。第3発光部30として、Face Up構造のLEDを用いることができる。

【0067】

この場合にも、第3光L30の一部は、第2光透過層35の側面35sから出射する。例えば、第3光L30の一部の光L31は、第1発光部10(第1半導体層11)を通過して、外部に出射する。

第3光L30の別の一部の光L32は、第2光透過層35及び第2発光部20を通過し、光反射層40で反射して、第2発光部20、第3発光部30及び第1発光部10(第1半導体層11)を通過して外部に出射する。

【0068】

第3光L30のさらに別の一部の光L33は、第2光透過層35及び第2発光部20を通過し、光反射層40で反射して、第2発光部20を通過した後、第2光透過層35内を伝搬し、第2光透過層35の側面35sから外部に出射する。

【0069】

第3光L30のさらに別の一部の光L34は、第2光透過層35及び第2発光部20を通過し、光反射層40で反射して、第2発光部20及び第3発光部30を通過した後、第1光透過層15内を伝搬し、第1光透過層15の側面15sから外部に出射する。

【0070】

10

20

30

40

50

一方、第1光L10の一部、及び、第2光L20の一部も、第2光透過層35の側面35sから出射できる。

例えば、第1光L10の一部の光L15は、第3発光部30及び第2発光部20を通過し、光反射層40で反射し、第2発光部20を通過した後、第2光透過層35内を伝搬し、第2光透過層35の側面35sから外部に出射できる。例えば、第2光L20の一部の光L24は、第4半導体層22を通過し、光反射層40で反射し、第2発光部20を通過した後、第2光透過層35内を伝搬し、第2光透過層35の側面35sから外部に出射できる。

#### 【0071】

さらに、半導体発光素子111においては、半導体発光素子110と同様に、第1光L10の一部の光は、第1光透過層15の側面15sから外部に出射できる。そして、第2光L20の一部の光も、第2光透過層15の側面15sから外部に出射できる。

10

#### 【0072】

半導体発光素子111においても、半導体発光素子110と同様に、高い光取り出し効率効果と、高い熱伝導率が得られる。そして、色割れの発生が抑制でき、均一な多色の光が得られる。さらに、第3発光部30の第2光透過層35として、結晶成長用の基板を用い、Face Up構造を適用することで、製造が容易になり、実用的である。

#### 【0073】

半導体発光素子111においても、高効率で均一な多色光が得られる実用的な半導体発光素子が提供できる。

20

#### 【0074】

半導体発光素子111において、第2光透過層35の厚さt3は、第2発光層23と光反射層40との間の距離t2の1000倍以下であることが好ましい。厚さt3は、距離t2の500倍以下であることがさらに好ましい。これにより、良好な放熱性が得られる。

#### 【0075】

半導体発光素子111においては、3つの発光部（発光層）が設けられるため、色の制御性が高まる。さらに高い演色性が得られる。

#### 【0076】

半導体発光素子111において、第3光L30の第3ピーク波長は、第1光L10の第1ピーク波長と、第2光L20の第2ピーク波長と、の間に設定されることが好ましい。これにより、光の吸収が抑制でき、さらに高い発光効率を得られる。

30

#### 【0077】

図4は、第1の実施形態に係る別の半導体発光素子の特性を例示するグラフ図である。

図4は、第1光L10、第2光L20及び第3光L30のスペクトルを例示している。

図4の横軸は、波長であり、縦軸は、光の強度I n tである。

#### 【0078】

図4に表したように、第1光L10の第1ピーク波長L p 1は約450nmである。第2光L20の第2ピーク波長L p 2は、約630nmである。第3光L30の第3ピーク波長L p 3は、約530nmである。第1光L10は、青色光であり、第2光L20は、赤色光であり、第3光L30は、緑色光である。

40

#### 【0079】

第1光L10は、青色の波長帯域の光である。第1光L10は、例えば、400nm以上495nm未満の波長を有する。

第2光L20は、赤色の波長帯域の光である。第2光L20は、例えば、570nm以上750nm以下の波長を有する。

第3光L30は、緑色の波長帯域の光である。第3光L30は、例えば、495nm以上570nm未満の波長を有する。

#### 【0080】

本実施形態において、4つ以上の発光部を積層しても良い。例えば、第3発光部30と

50

第2発光部20との間に、第4発光部を設けても良い。

【0081】

第1半導体層11の第1導電形は、例えば、p形であり、第2半導体層12の第2導電形は、例えば、n形である。第1導電形がn形で第2導電形がp形でも良い。以下では、第1導電形がp形で第2導電形がn形であるとする。

【0082】

第3半導体層21の第3導電形は、例えば、n形であり、第4半導体層22の第4導電形は、例えば、p形である。第3導電形がp形で第4導電形がn形でも良い。以下では、第3導電形がn形で第4導電形がp形であるとする。

【0083】

第5半導体層31の第5導電形は、例えば、p形であり、第6半導体層32の第6導電形は、例えば、n形である。第5導電形がn形で第6導電形がp形でも良い。以下では、第5導電形がp形で第6導電形がn形であるとする。

【0084】

図5は、第1の実施形態に係る別の半導体発光素子を例示する模式的断面図である。

図5に表したように、本実施形態に係る半導体発光素子112においては、第1発光部10は、第1半導体層側電極17と第2半導体層側電極18とをさらに含む。第1半導体層側電極17と第1発光層13との間に、第1半導体層11が配置される。第1半導体層側電極17は、第1半導体層11に電氣的に接続される。第2半導体層側電極18は、第2半導体層12と電氣的に接続される。

【0085】

例えば、第2半導体層12は、第1部分12aと、第2部分12bと、を含む。第2部分12bは、Z軸方向（光反射層40から第1半導体層11に向かう積層方向）に対して交差する方向に沿って、第1部分12aと並ぶ。例えば、第2部分12bは、X-Y平面内で第1部分12aと並ぶ。

【0086】

第2半導体層12の第1部分12aと、第1半導体層側電極17と、の間に第1半導体層11が配置される。第1部分12aと第1半導体層11との間に、第1発光層13が配置される。第2半導体層12の第2部分12bの上に、第2半導体層側電極18が設けられている。

【0087】

第1半導体層側電極17は、例えば、光透過性である。第2半導体層側電極18は、光透過性でも、光反射性でも、光遮蔽性でも良い。

【0088】

第2発光部30は、第3半導体層側電極27をさらに含む。この例では、第3半導体層側電極27と第2発光部20との間に、第3半導体層21が配置される。第3半導体層側電極27は、第3半導体層21に電氣的に接続される。第3半導体層側電極27は、例えば、光透過性である。

【0089】

この例では、光反射層40は、第4半導体層22に電氣的に接続されている。すなわち、光反射層40は、第4半導体層側電極28として機能する。

【0090】

第3発光部30は、第5半導体層側電極37と第6半導体層側電極38とをさらに含む。第5半導体層側電極37と第3発光層33との間に、第5半導体層31が配置される。第5半導体層側電極37は、第5半導体層31に電氣的に接続される。第6半導体層側電極38は、第6半導体層32と電氣的に接続される。

【0091】

例えば、第6半導体層32は、第3部分32aと、第4部分32bと、を含む。第4部分32bは、Z軸方向に対して交差する方向に沿って、第3部分32aと並ぶ。例えば、第4部分32bは、X-Y平面内で第3部分32aと並ぶ。

10

20

30

40

50

## 【0092】

第6半導体層32の第3部分32aと、第5半導体層側電極37と、の間に第5半導体層31が配置される。第3部分32aと第5半導体層31との間に、第3発光層33が配置される。第6半導体層32の第4部分32bの上に、第6半導体層側電極38が設けられている。

## 【0093】

第5半導体層側電極37は、例えば、光透過性である。第6半導体層側電極38は、光透過性でも、光反射性でも、光遮蔽性でも良い。

## 【0094】

第1半導体層側電極17、第3半導体層側電極27及び第5半導体層側電極37には、In、Sn、Zn及びTiよりなる群から選択された少なくともいずれかの元素を含む酸化物を用いることができる。これらの光透過性の電極には、例えば、例えば酸化インジウム(ITO)膜が用いられる。これらの電極の厚さは、例えば0.1 $\mu$ m以上0.4 $\mu$ mであり、例えば、約0.2 $\mu$ mである。このような材料及び厚さを適応することで、高い透過率と低電気抵抗が得られる。

## 【0095】

第2半導体層側電極27及び第6半導体層側電極38には、例えば、Ti/Pt/Auの積層膜が用いられる。この積層膜においては、例えば、Au膜と半導体層との間にPt膜が設けられる。Pt膜と半導体層との間にTi膜が設けられる。

## 【0096】

光反射層40は、例えば、第4半導体層22とオーミック接触を形成する反射金属層41を含む。この反射金属層41は、Ag(銀)、Al(アルミニウム)及びロジウム(Pt)の少なくともいずれかを含む。例えば、光反射層40には、Ag、Al及びロジウムの少なくともいずれかを用いることができる。光反射層40には、例えば、Ag膜、Al膜及びPt膜の少なくとも1つの膜を含む積層膜を用いても良い。後述するように、光反射層40として、光透過膜と、光反射膜と、の積層膜を用いても良い。

## 【0097】

これらの電極に、駆動部46が接続される。この例では、駆動部46は、第1～第3駆動回路46a～46cを含む。第1駆動回路46aは、第1半導体層側電極17と、第2半導体層側電極18と、に接続される。第2駆動回路46bは、第3半導体層側電極27と、光反射層40(第4半導体層側電極28)と、に接続される。第3駆動回路46cは、第5半導体層側電極37と、第6半導体層側電極38と、に接続される。

## 【0098】

例えば、第1～第3駆動回路46a～46cのそれぞれは、それぞれに接続された電極に電圧を印加する。それぞれの電圧は、互いに独立して変化可能である。これにより、第1発光層13、第2発光層23及び第3発光層33のそれぞれから放出される光の強度を独立して変化させることができる。これにより、所望の色の光が得られる。

## 【0099】

第1駆動回路46aと第1半導体層側電極17との接続、及び、第1駆動回路46aと第2半導体層側電極18との接続には、例えば、ボンディングワイヤが用いられる。第3駆動回路46cと第5半導体層側電極37との接続、及び、第3駆動回路46cと第6半導体層側電極38との接続には、例えば、ボンディングワイヤが用いられる。第2駆動回路46bと第3半導体層側電極27との接続、及び、第2駆動回路46bと光反射層40(第4半導体層側電極28)との接続には、任意の方法を用いることができる。これらの接続に、ボンディングワイヤを用いても良い。

## 【0100】

上記のそれぞれの電極と、それぞれの駆動回路と、を接続する導電体(ワイヤや配線層を含む)は、共有されても良い。例えば、第1駆動回路46aに接続される複数の導電体のうちの1つが、第3駆動回路46cに接続されても良い。例えば、第2駆動回路46bに接続される複数の導電体のうちの1つが、第3駆動回路46cに接続されても良い。

10

20

30

40

50

## 【0101】

半導体発光素子112においては、支持層43がさらに設けられている。支持層43と第4半導体層22との間に光反射層40が配置される。支持層43には、例えば、Si基板などが用いられる。支持層43として、金属層（例えばCu層）などを用いても良い。支持層43は、光反射層40と接合されている。支持層43は、光反射層40、第4半導体層22、第2発光層23及び第3半導体層31を支持する。

## 【0102】

放熱部材45には、例えば、AlNなどによるパッケージを用いても良い。放熱部材45には、金属を用いても良い。

## 【0103】

発光部で発生した熱は、光反射層40及び支持層43を介して放熱部材45に効率良く伝達される。

半導体発光素子112によっても、高効率で均一な多色光が得られる実用的な半導体発光素子が提供できる。

## 【0104】

本実施形態に係る半導体発光素子は、マルチカラーの光を出射することができる。この半導体発光素子には、波長が互いに異なる複数の発光部と、光反射層40と、が設けられる。光反射層40は、光出射面とは反対側の背面に配置される。複数の発光部は、光反射層40の上に、積層される。光反射層40の下には、放熱部材45が設けられる。

## 【0105】

放熱部材45に最も近い第2発光部20においては、例えば、赤色LED（波長が約630nm）が用いられる。第2発光部20においては、例えば、Thin Film構造のLEDが用いられる。第2発光部20の第4半導体層22と、放熱部材45と、の間に、光反射層40が設けられる。光反射層40には、例えばAg膜が用いられる。光反射層40と放熱部材45との間に、Siまたは金属などの支持層43が設けられても良い。第2発光部20は、上下通電型の電極構造を有している。第2発光部20から出射した赤色の光は、主に上方に向けて進行する。

## 【0106】

赤色の第2発光部20の上に、第3発光部30が設けられる。第3発光部30には、緑色LED（波長が約530nm）が用いられる。第3発光部30の第2光透過層35には、例えば、サファイア基板が用いられる。第3発光部30は、実質的に透明である。下方から照射される赤色光は、大きなロス無く、第3発光部30を通過できる。第2光透過層35（サファイア基板）は、絶縁性であり、下方の第2発光部20とは電氣的に独立を保つことができる。

## 【0107】

緑色の第3発光部30の上に、第1発光部10が設けられる。第1発光部10には、青色LED（波長が約450nm）が用いられる。第1発光部10の第1光透過層15にも、例えば、サファイア基板が用いられる。第1発光部10も、実質的に透明である。下方から照射される赤色光及び緑色光は、大きなロス無く、第1発光部10を通過できる。第1光透過層15（サファイア基板）は、絶縁性であり、下方の第3発光部30とは電氣的に独立を保つことができる。

## 【0108】

これらの発光部どうしは、例えば、光透過性の接合層により接合されても良い。例えば、第1発光部10と第3発光部30との間に、第1接合層44aを設けても良い。第3発光部30と第2発光部20との間に、第2接合層44bを設けても良い。第1接合層44a及び第2接合層44bの少なくともいずれかには、例えば、絶縁性の有機膜、絶縁性の無機膜（例えば酸化シリコン膜）、または、導電性の無機膜（例えば、ITO膜）などを用いることができる。第1接合層44a及び第2接合層44bの少なくともいずれかには、例えば、シリコン膜を用いても良い。

## 【0109】

10

20

30

40

50



実施形態に係る半導体発光素子においては、色割れが抑制されるため、色割れを改善するための拡散板などが省略可能である。さらに、蛍光体を使用しなくても、所望の色（白色）の光が得られるため、ストークスシフトロスが無く、高い発光効率が得られる。さらに、複数の発光部を独立して駆動することができるため、所望の色の光が得られる。複数の発光部が積層されるため、素子サイズが小型化できる。

#### 【0110】

本実施形態において、例えば、半導体層及び発光層には、窒化物半導体を用いることができる。例えば、半導体層には、Ga<sub>1-x</sub>N<sub>y</sub>を用いることができる。半導体層に導電性を付与するために、半導体層に不純物が適宜添加される。

#### 【0111】

窒化物半導体を用いる場合、n形の不純物には、例えば、Si、Ge、及びSnの少なくともいずれかが用いられる。p形の不純物には、例えば、Mg及びZnの少なくともいずれかが用いられる。

#### 【0112】

発光層は、井戸層と、Z軸方向に沿って井戸層と積層された障壁層と、を含む。井戸層には、例えば、Al<sub>x1</sub>In<sub>y1</sub>Ga<sub>1-x1-y1</sub>N<sub>0</sub>（0 < x<sub>1</sub> < 1、0 < y<sub>1</sub> < 1）が用いられる。障壁層には、例えば、Al<sub>x2</sub>In<sub>y2</sub>Ga<sub>1-x2-y2</sub>N<sub>0</sub>（0 < x<sub>2</sub> < 1、0 < y<sub>2</sub> < 1、y<sub>2</sub> < y<sub>1</sub>）などが用いられる。障壁層のバンドギャップエネルギーは、井戸層のバンドギャップエネルギーよりも大きい。

#### 【0113】

例えば、第1発光層13に含まれる井戸層におけるIn組成比は、第2発光層23に含まれる井戸層におけるIn組成比よりも低い。例えば、第1発光層13に含まれる井戸層におけるIn組成比は、第3発光層33に含まれる井戸層におけるIn組成比よりも低い。例えば、第3発光層33に含まれる井戸層におけるIn組成比は、第2発光層23に含まれる井戸層におけるIn組成比よりも低い。

#### 【0114】

発光層のそれぞれは、単一量子井戸（SQW:Single Quantum Well）構成を有することができる。または、発光層のそれぞれは、多重量子井戸（MQW:Multi Quantum Well）構成を有しても良い。

#### 【0115】

これらの窒化物半導体層は、成長用基板（例えば、サファイア基板またはGa<sub>1-x</sub>N<sub>y</sub>基板）の上に、エピタキシャル成長により形成される。この結晶成長には、例えば、有機金属相堆積（Metal-Organic Chemical Vapor Deposition: MOCVD）法、有機金属気相成長（Metal-Organic Vapor Phase Epitaxy: MOVPE）法、分子線エピタキシー（Molecular Beam Epitaxy: MBE）法、または、ハライド気相エピタキシー法（HVPE）法などを用いることができる。

#### 【0116】

例えば、MOCVD法またはMOVPE法を用いた場合には、各半導体層の形成の際の原料には、以下を用いることができる。Gaの原料として、例えばTMGa（トリメチルガリウム）及びTEGa（トリエチルガリウム）を用いることができる。Inの原料として、例えば、TMIn（トリメチルインジウム）及びTEIn（トリエチルインジウム）などを用いることができる。Alの原料として、例えば、TMAl（トリメチルアルミニウム）などを用いることができる。Nの原料として、例えば、NH<sub>3</sub>（アンモニア）、MMHy（モノメチルヒドラジン）及びDMHy（ジメチルヒドラジン）などを用いることができる。Siの原料としては、SiH<sub>4</sub>（モノシラン）、Si<sub>2</sub>H<sub>6</sub>（ジシラン）などを用いることができる。

#### 【0117】

波長が長い光を放出する発光部には、窒化物半導体以外の半導体を用いても良い。

例えば、第2発光部20には、GaP系の半導体を用いても良い。例えば、第3半導体層21に、n形InAlPを用いることができる。例えば、第2発光層23に、GaAl

10

20

30

40

50

Pを用いることができる。例えば、第4半導体層22に、p形InAlPを用いることができる。

【0118】

このような半導体層は、例えば、n形のGaAs基板の上に、例えばMOCVD法などにより結晶成長されて、形成される。このような半導体層の形成においては、例えば、TMG、TMA及びTMIなどの有機金属と、アルシン(AsH<sub>3</sub>)及びフォスフィン(PH<sub>3</sub>)などの水素化ガスと、が用いることができる。n形の半導体には、例えば、Siが添加され、p形の半導体には、例えば、Znが添加される。Siの原料には、例えば、シランが用いられる。Znの原料には、例えば、ジメチル亜鉛が用いられる。キャリアガスとして、水素などが用いられる。

10

【0119】

これらの半導体層の形成において、成長用基板の上に、バッファ層が形成され、その上に、種々の半導体層が形成される。

【0120】

図6は、第1の実施形態に係る別の半導体発光素子を例示する模式的断面図である。

図6は、光反射層40の例を示している。発光部の構成は、既に説明した構成と同じとすることができるので説明を省略する。図6においては、第1発光部10及び第3発光部30は、省略されている。この例では、光反射層40は、第4半導体層22と電氣的に接続される。

【0121】

20

図6に表したように、本実施形態に係る別の半導体発光素子113においては、光反射層40は、反射金属層41と、光透過性導電膜42と、を含む。反射金属層41と第4半導体層22との間に、光透過性導電膜42が配置される。光透過性導電膜42は、少なくとも第2光に対して光透過性である。光透過性導電膜42は、第4半導体層22に接している。光透過性導電膜42は導電性である。光透過性導電膜42は、第4半導体層22とオーミック接触を形成する。反射金属層41は、光透過性導電膜42と電氣的に接触している。

【0122】

このように、光反射層40には、反射金属層41と、光透過性導電膜42と、の積層膜を用いても良い。半導体発光素子113においても、高効率で均一な多色光が得られる実用的な半導体発光素子が提供できる。半導体発光素子113における光反射層40の積層構成は、半導体発光素子110~112、及び、それらの変形に適用しても良い。

30

【0123】

図7は、第1の実施形態に係る別の半導体発光素子を例示する模式的断面図である。

図7は、光反射層40の例を示している。発光部の構成は、既に説明した構成と同じとすることができるので説明を省略する。図7においては、第1発光部10及び第3発光部30は、省略されている。この例では、光反射層40は、第3半導体層21と電氣的に接続される。

【0124】

図7に表したように、本実施形態に係る別の半導体発光素子114においても、光反射層40は、反射金属層41と、光透過性導電膜42と、を含む。反射金属層41と第3半導体層22との間に、光透過性導電膜42が配置される。光透過性導電膜42は、少なくとも第2光に対して光透過性である。光透過性導電膜42は、第3半導体層21に接している。光透過性導電膜42は導電性である。光透過性導電膜42は、第3半導体層21とオーミック接触を形成する。反射金属層41は、光透過性導電膜42と電氣的に接触している。

40

【0125】

半導体発光素子114においては、第4半導体層22と光反射層40との間、及び、第2発光層23と光反射層40との間、に、絶縁層26が設けられている。絶縁層26は、第4半導体層22と支持層43との間に延在する。絶縁層26により、第4半導体層22

50

及び第2発光層23が、第3半導体層21（及び光反射層40）と絶縁される。

半導体発光素子114においても、高効率で均一な多色光が得られる実用的な半導体発光素子が提供できる。

【0126】

半導体発光素子113及び114において、反射金属層41は、銀、アルミニウム、及び、ロジウムの少なくともいずれかを含むことができる。光透過性導電膜42には、In、Sn、Zn及びTiよりなる群から選択された少なくともいずれかの元素を含む酸化物を用いることができる。光透過性導電膜42には、例えばITOが用いられる。光透過性導電膜42の厚さは、例えば0.1µm以上0.4µmであり、例えば、約0.2µmである。

10

【0127】

以下、第2発光部20における電極の例について説明する。

図8は、第1の実施形態に係る別の半導体発光素子を例示する模式的斜視図である。

図8においては、第1発光部10及び第3発光部30の一部が省略されている。

図8に表したように、本実施形態に係る別の半導体発光素子115においては、第2発光部20は、第3半導体層側電極27と、第3半導体層側パッド部27pと、を含む。そして、光反射層40は、第4半導体層22に電気的に接続されている。

【0128】

第3半導体層側電極27は、第3半導体層21と第1光透過層15との間に設けられる。第3発光部30が設けられる場合は、第3半導体層側電極27は、第3半導体層21と第2光透過層35との間に設けられる。第3半導体層側電極27は、第3半導体層21に電気的に接続される。

20

【0129】

第3半導体層側パッド部27pは、第3半導体層21の第1光透過層15側の面21aの上に設けられる。この例では、面21aのX-Y平面（光反射層40から第1半導体層11に向かう積層方向に対して垂直な平面）に投影したときに第1光透過層15に重ならない部分21rの上に、第3半導体層側パッド部27pが設けられている。第3半導体層側パッド部27pは、第3半導体層側電極27に電気的に接続される。

【0130】

この例では、例えば、第3半導体層側電極27には、金属膜が用いられている。この例では、第3半導体層側電極27は、第3半導体層側パッド部27pから延出する細線状である。第3半導体層側電極27による光吸収が抑制できる。第3半導体層側パッド部27pは、X-Y平面に投影したときに第1光透過層15に重ならない。第3半導体層側パッド部27pに、例えば、ワイヤなどが接続される。

30

【0131】

図9は、第1の実施形態に係る別の半導体発光素子を例示する模式的斜視図である。

図9においては、第1発光部10及び第3発光部30の一部が省略されている。

図9に表したように、本実施形態に係る別の半導体発光素子116においても、第3半導体層側電極27と、第3半導体層側パッド部27pと、が設けられる。この場合も、光反射層40は、第4半導体層22に電気的に接続されている。

40

【0132】

この例では、第3半導体層側電極27には、光透過性の導電膜が用いられる。第3半導体層側電極27は、大きな面積で設けられている。第3半導体層側電極27による光吸収が抑制できる。この例においても、第3半導体層側パッド部27pは、X-Y平面に投影したときに第1光透過層15に重ならない。第3半導体層側パッド部27pに、例えば、ワイヤなどが接続される。

【0133】

半導体発光素子115及び116においては、第2発光部20の半導体層に流れる電流は、主にZ軸方向に沿って流れる。これらの半導体発光素子は、縦通電型の半導体発光素子である。

50

## 【0134】

図10(a)及び図10(b)は、第1の実施形態に係る別の半導体発光素子を例示する模式図である。

図10(a)は、模式的斜視図である。図10(b)は、図10(a)のA1-A2線断面図である。これらの図においては、第1発光部10及び第3発光部30の一部が省略されている。

図10(a)及び図10(b)に表したように、本実施形態に係る別の半導体発光素子117においては、第2発光部20は、絶縁層26と、第3半導体層側電極27と、第3半導体層側パッド部27pと、を含む。光反射層40は、第4半導体層22に電氣的に接続されている。

10

## 【0135】

絶縁層26は、X-Y平面(光反射層40から第1半導体層11に向かう積層方向に対して垂直な平面)に投影したときに第1光透過層15に重なる部分26aと、重ならない部分26bと、を含む。

## 【0136】

第3半導体層側電極27は、絶縁層26の上記の重なる部分26aと第3半導体層21との間に設けられる。第3半導体層側電極27は、第3半導体層に電氣的に接続される。

## 【0137】

第3半導体層側パッド部27pは、絶縁層26の上記の重ならない部分26aの、第1光透過層15側の面26au上に設けられる。第3半導体層側パッド部27pは、第3半導体層側電極27に電氣的に接続される。

20

## 【0138】

絶縁層26は、第3半導体層側電極27と第4半導体層22との間、及び、第3半導体層側電極27と第2発光層23との間を絶縁する。

## 【0139】

図11(a)及び図11(b)は、第1の実施形態に係る別の半導体発光素子を例示する模式図である。

図11(a)は、模式的斜視図である。図11(b)は、図11(a)のB1-B2線断面図である。これらの図においては、第1発光部10及び第3発光部30の一部が省略されている。

30

図11(a)及び図11(b)に表したように、本実施形態に係る別の半導体発光素子118においては、第2発光部20は、第3半導体層側電極27と、第4半導体層側パッド部28pと、絶縁層26と、を含む。この例では、光反射層40は、第3半導体層21と電氣的に接続される。

## 【0140】

第3半導体層側電極27は、光反射層40と第3半導体層21との間に設けられる。第3半導体層側電極27は、光反射層40と第3半導体層21とを電氣的に接続する。

## 【0141】

第4半導体層22は、X-Y平面(光反射層40から第1半導体層11に向かう積層方向に対して垂直な平面)に投影したときに第1光透過層15に重ならない部分22bを有している。第4半導体層側パッド部28pは、第4半導体層22のうちの上記の重ならない部分22bの上に設けられる。第4半導体層側パッド部28pは、第4半導体層22に電氣的に接続されている。

40

## 【0142】

絶縁層26は、第3半導体層側電極27と第4半導体層22との間、及び、第3半導体層側電極27と第2発光層23との間を絶縁する部分26cを含む。この例では、絶縁層26は、第4半導体層側パッド部28pと第3半導体層21との間、及び、第4半導体層側パッド部28pと第2発光層23との間を絶縁する部分26dをさらに含む。

## 【0143】

半導体発光素子117及び118においては、第2発光部20の半導体層に流れる電流

50

は、例えば、第3半導体層21中をX-Y平面に沿って流れ、さらにZ軸方向に沿って流れる。これらの半導体発光素子は、横通電型の半導体発光素子である。

【0144】

(第2の実施形態)

図12は、第2の実施形態に係る半導体発光素子を例示する模式的断面図である。

図12に表したように、本実施形態に係る半導体発光素子121は、光反射層40と、第1発光部10と、第2発光部20と、第3発光部30と、を含む。この例では、第3発光部30が設けられているが、第3発光部30は、必要に応じて設けられ省略しても良い。これらの発光部に含まれる半導体層及び発光層の構成は、第1の実施形態に関して説明したのと同様である。以下では、第1の実施形態に対して追加されている構成について、

10

【0145】

この例では、第1発光部10は、第1半導体層用貫通電極11vと、第1半導体層用絶縁層11iと、を含む。第1半導体層用貫通電極11vは、Z軸方向(光反射層40から第1半導体層11に向かう方向)に沿って第2半導体層12、第1発光層13及び第1光透過層15を貫通する。第1半導体層用貫通電極11vは、第1半導体層11に電氣的に接続されている。

【0146】

第1半導体層用絶縁層11iは、第1半導体層用貫通電極11vと第2半導体層12との間、及び、第1半導体層用貫通電極11vと第1発光層13との間に設けられる。この例では、第1半導体層用絶縁層11iは、第1半導体層用貫通電極11vと第1光透過層15との間にも設けられている。

20

【0147】

この例では、第1発光部10は、第1半導体層用配線電極11pをさらに含む。第1半導体層用配線電極11pは、第1光透過層15の第2発光部20の側の面15bに設けられる。第1半導体層用配線電極11pは、第1半導体層用貫通電極11vと電氣的に接続されている。例えば、X-Y平面(積層方向に対して垂直な平面)に投影したときの第1半導体層用配線電極11pの面積は、X-Y平面に投影したときの第1半導体層用貫通電極11vの面積よりも広い。例えば、X-Y平面で切断したときの第1半導体層用配線電極11pの面積は、X-Y平面で切断したときの第1半導体層用貫通電極11vの面積よりも広い。

30

【0148】

この例では、第1発光部10は、第2半導体層用貫通電極12vをさらに含む。第2半導体層用貫通電極12vは、Z軸方向(光反射層40から第1半導体層11に向かう方向)に沿って第1光透過層15を貫通する。第2半導体層用貫通電極12vは、第2半導体層12に電氣的に接続されている。

【0149】

この例では、第2半導体層用絶縁層12iがさらに設けられている。第2半導体層用絶縁層12iは、第2半導体層用貫通電極12vと第1光透過層15との間に設けられている。第2半導体層用絶縁層12iは省略しても良い。

40

【0150】

この例では、第1発光部10は、第2半導体層用配線電極12pをさらに含む。第2半導体層用配線電極12pは、第1光透過層15の第2発光部20の側の面15bに設けられる。第2半導体層用配線電極12pは、第2半導体層用貫通電極12vと電氣的に接続されている。例えば、X-Y平面(積層方向に対して垂直な平面)に投影したときの第2半導体層用配線電極12pの面積は、X-Y平面に投影したときの第2半導体層用貫通電極12vの面積よりも広い。例えば、X-Y平面で切断したときの第2半導体層用配線電極12pの面積は、X-Y平面で切断したときの第2半導体層用貫通電極12vの面積よりも広い。

【0151】

50

この例では、第3発光部30は、第5半導体層用貫通電極31vと、第5半導体層用絶縁層31iと、を含む。第5半導体層用貫通電極31vは、Z軸方向（光反射層40から第1半導体層11に向かう方向）に沿って第4半導体層22、第2発光層23及び第2光透過層35を貫通する。第5半導体層用貫通電極31vは、第5半導体層31に電氣的に接続されている。

【0152】

第5半導体層用絶縁層31iは、第5半導体層用貫通電極31vと第4半導体層32との間、及び、第5半導体層用貫通電極31vと第2発光層23との間に設けられる。この例では、第5半導体層用絶縁層31iは、第5半導体層用貫通電極31vと第2光透過層35との間にも設けられている。

10

【0153】

この例では、第3発光部30は、第5半導体層用配線電極31pをさらに含む。第5半導体層用配線電極31pは、第2光透過層35の第2発光部20の側の面35bに設けられる。第5半導体層用配線電極31pは、第5半導体層用貫通電極31vと電氣的に接続されている。例えば、X-Y平面（積層方向に対して垂直な平面）に投影したときの第5半導体層用配線電極31pの面積は、X-Y平面に投影したときの第5半導体層用貫通電極31vの面積よりも広い。

【0154】

この例では、第3発光部30は、第6半導体層用貫通電極32vをさらに含む。第6半導体層用貫通電極32vは、Z軸方向（光反射層40から第1半導体層11に向かう方向）に沿って第2光透過層35を貫通する。第6半導体層用貫通電極32vは、第6半導体層32に電氣的に接続されている。

20

【0155】

この例では、第6半導体層用絶縁層32iがさらに設けられている。第6半導体層用絶縁層32iは、第6半導体層用貫通電極32vと第2光透過層35との間に設けられている。第6半導体層用絶縁層32iは省略しても良い。

【0156】

この例では、第3発光部30は、第6半導体層用配線電極32pをさらに含む。第6半導体層用配線電極32pは、第2光透過層35の第2発光部20の側の面35bに設けられる。第6半導体層用配線電極32pは、第6半導体層用貫通電極32vと電氣的に接続されている。例えば、X-Y平面（積層方向に対して垂直な平面）に投影したときの第6半導体層用配線電極32pの面積は、X-Y平面に投影したときの第6半導体層用貫通電極32vの面積よりも広い。

30

【0157】

半導体発光素子121においては、第1発光部10の半導体層に接続された貫通電極が、第1光透過層15の下面（面15b）に導かれている。第3発光部30の半導体層に接続された貫通電極が、第2光透過層35の下面（面35b）に導かれている。半導体発光素子121においては、配線の実装が容易になる。さらに、素子を小型化できる。

【0158】

図13は、第2の実施形態に係る別の半導体発光素子を例示する模式的断面図である。

40

図13に表したように、本実施形態に係る半導体発光素子122においては、第1発光部10に設けられる貫通電極は、第3発光部30に設けられる貫通電極、及び、第2発光部20に設けられる貫通電極により、第2発光部20の光反射層40の側の面22aに電氣的に導かれている。そして、第3発光部30に設けられる貫通電極は、第2発光部20に設けられる貫通電極により、第2発光部20の光反射層40の側の面22aに電氣的に導かれている。

【0159】

この例では、第3発光部30に、貫通電極11vaと、絶縁層11iaと、が設けられている。貫通電極11vaは、Z軸方向に沿って、第5半導体層31、第3発光層33、第6半導体層32及び第2光透過層35を貫通する。貫通電極11vaは、第1半導体層

50

用配線電極 1 1 p 及び配線電極 1 1 p a を介して、第 1 半導体層用貫通電極 1 1 v と電氣的に接続されている。配線電極 1 1 p a は、第 5 半導体層 3 1 の第 1 光透過層 1 5 の側の面 3 1 a に設けられている。配線電極 1 1 p a は、第 1 半導体層用配線電極 1 1 p と電氣的に接続されている。絶縁層 1 1 i a は、貫通電極 1 1 v a と第 5 半導体層 3 1 との間、貫通電極 1 1 v a と第 3 発光層 3 3 との間、及び、貫通電極 1 1 v a と第 6 半導体層 3 2 との間に設けられる。

【 0 1 6 0 】

さらに、第 3 発光部 3 0 に、貫通電極 1 2 v a と、絶縁層 1 2 i a と、が設けられている。貫通電極 1 2 v a は、Z 軸方向に沿って、第 5 半導体層 3 1、第 3 発光層 3 3、第 6 半導体層 3 2 及び第 2 光透過層 3 5 を貫通する。貫通電極 1 2 v a は、第 2 半導体層用配線電極 1 2 p 及び配線電極 1 2 p a を介して、第 2 半導体層用貫通電極 1 2 v と電氣的に接続されている。配線電極 1 2 p a は、第 5 半導体層 3 1 の第 1 光透過層 1 5 の側の面 3 1 a に設けられている。配線電極 1 2 p a は、第 2 半導体層用配線電極 1 2 p と電氣的に接続されている。絶縁層 1 2 i a は、貫通電極 1 2 v a と第 5 半導体層 3 1 との間、貫通電極 1 2 v a と第 3 発光層 3 3 との間、及び、貫通電極 1 2 v a と第 6 半導体層 3 2 との間に設けられる。

10

【 0 1 6 1 】

一方、第 2 発光部 2 0 に、貫通電極 1 1 v b と、絶縁層 1 1 i b と、が設けられている。貫通電極 1 1 v b は、Z 軸方向に沿って、第 3 半導体層 2 1、第 2 発光層 2 3 及び第 4 半導体層 2 2 を貫通する。貫通電極 1 1 v b は、配線電極 1 1 p b 及び配線電極 1 1 p c を介して、貫通電極 1 1 v a と電氣的に接続されている。すなわち、貫通電極 1 1 v b は、第 1 半導体層用貫通電極 1 1 v と電氣的に接続される。配線電極 1 1 p b は、第 2 光透過層 3 5 の第 2 発光部 2 0 の側の面 3 5 b に設けられている。配線電極 1 1 p c は、第 3 半導体層 2 1 の第 1 光透過層 1 5 の側の面 2 1 a に設けられている。配線電極 1 1 p b は、配線電極 1 1 p c と電氣的に接続されている。絶縁層 1 1 i b は、貫通電極 1 1 v b と第 3 半導体層 2 1 との間、貫通電極 1 1 v b と第 2 発光層 2 3 との間、及び、貫通電極 1 1 v b と第 4 半導体層 2 2 との間に設けられる。

20

【 0 1 6 2 】

さらに、第 2 発光部 2 0 に、貫通電極 1 2 v b と、絶縁層 1 2 i b と、が設けられている。貫通電極 1 2 v b は、Z 軸方向に沿って、第 3 半導体層 2 1、第 2 発光層 2 3 及び第 4 半導体層 2 を貫通する。貫通電極 1 2 v b は、配線電極 1 2 p b 及び配線電極 1 2 p c を介して、貫通電極 1 2 v a と電氣的に接続されている。すなわち、貫通電極 1 2 v b は、第 2 半導体層用貫通電極 1 2 v と電氣的に接続される。配線電極 1 2 p b は、第 2 光透過層 3 5 の第 2 発光部 2 0 の側の面 3 5 b に設けられている。配線電極 1 2 p c は、第 3 半導体層 2 1 の第 1 光透過層 1 5 の側の面 2 1 a に設けられている。配線電極 1 2 p b は、配線電極 1 2 p c と電氣的に接続されている。絶縁層 1 2 i b は、貫通電極 1 2 v b と第 3 半導体層 2 1 との間、貫通電極 1 2 v b と第 2 発光層 2 3 との間、及び、貫通電極 1 2 v b と第 4 半導体層 2 2 との間に設けられる。

30

【 0 1 6 3 】

この例では、第 2 発光部 2 0 に、貫通電極 3 1 v a と、絶縁層 3 1 i a と、が設けられている。貫通電極 3 1 v a は、Z 軸方向に沿って、第 3 半導体層 2 1、第 2 発光層 2 3 及び第 4 半導体層 2 2 を貫通する。貫通電極 3 1 v a は、第 5 半導体層用配線電極 3 1 p 及び配線電極 3 1 p a を介して、第 5 半導体層用貫通電極 3 1 v と電氣的に接続されている。配線電極 3 1 p a は、第 3 半導体層 2 1 の第 1 光透過層 1 5 の側の面 2 1 a に設けられている。配線電極 3 1 p a は、第 5 半導体層用配線電極 3 1 p と電氣的に接続されている。絶縁層 3 1 i b は、貫通電極 3 1 v a と第 3 半導体層 2 1 との間、貫通電極 3 1 v a と第 2 発光層 2 3 との間、及び、貫通電極 3 1 v a と第 4 半導体層 2 2 との間に設けられる。

40

【 0 1 6 4 】

さらに、第 2 発光部 2 0 に、貫通電極 3 2 v a と、絶縁層 3 2 i a と、が設けられてい

50

る。貫通電極 3 2 v a は、Z 軸方向に沿って、第 3 半導体層 2 1、第 2 発光層 2 3 及び第 4 半導体層 2 を貫通する。貫通電極 3 2 v a は、第 6 半導体層用配線電極 3 2 p 及び配線電極 3 2 p a を介して、第 6 半導体層用貫通電極 3 2 v と電氣的に接続される。配線電極 3 2 p a は、第 3 半導体層 2 1 の第 1 光透過層 1 5 の側の面 2 1 a に設けられている。配線電極 3 2 p a は、第 6 半導体層用配線電極 3 2 p と電氣的に接続されている。絶縁層 3 2 i a は、貫通電極 3 2 v a と第 3 半導体層 2 1 との間、貫通電極 3 2 v a と第 2 発光層 2 3 との間、及び、貫通電極 3 2 v a と第 4 半導体層 2 2 との間に設けられる。

【0165】

この例では、第 2 半導体層 2 2 の光反射層 4 0 の側の面 2 2 l に、配線電極 1 1 p d、1 2 p d、3 1 p b 及び 3 2 p b が設けられている。配線電極 1 1 p d は、貫通電極 1 1 v b と電氣的に接されている。配線電極 1 2 p d は、貫通電極 1 2 v b と電氣的に接されている。配線電極 3 1 p b は、貫通電極 3 1 v a と電氣的に接されている。配線電極 3 2 p b は、貫通電極 3 2 v a と電氣的に接されている。X - Y 平面に投影したときの配線電極の面積は、貫通電極の面積よりも広い。

10

【0166】

この例では、配線電極 1 1 p d と光反射層 4 0 との間、及び、配線電極 3 1 p b と光反射層 4 0 との間に、絶縁層 5 1 が設けられている。配線電極 1 2 p d と光反射層 4 0 との間、及び、配線電極 3 2 p b と光反射層 4 0 との間に、絶縁層 5 2 が設けられている。

【0167】

例えば、X - Y 平面（積層方向に対して垂直な平面）に投影したときの配線電極の面積は、X - Y 平面に投影したときの貫通電極の面積よりも広い。これにより、発光部を積層するときに位置ずれが生じた場合においても、積層された発光部のそれぞれの貫通電極を互いに接続し易くなる。

20

【0168】

上記の各種の貫通電極には、例えば、Cu（銅）、W（タングステン）、Au（金）、及び、Si（例えばポリシリコン）の少なくともいずれかが用いられる。絶縁層には、酸化物（例えば酸化シリコン）、窒化物（例えば窒化シリコン）、または、酸窒化シリコンなどが用いられる。配線電極には、例えば、Cu、W、Au 及び Si（例えばポリシリコン）の少なくともいずれかが用いられる。本実施形態において、配線電極は、必要に応じて設けられ、省略しても良い。

30

【0169】

図 1 4 は、第 2 の実施形態に係る別の半導体発光素子を例示する模式的断面図である。

図 1 4 に表したように、本実施形態に係る半導体発光素子 1 2 3 は、熱伝導ピラー 7 0 p が設けられている。

【0170】

熱伝導ピラー 7 0 p は、発光部の少なくとも一部を Z 軸方向に沿って貫通して、発光部で生じた熱を、例えば、放熱部材 4 5 に向けて伝達する。熱伝導ピラー 7 0 p と半導体層との間には、ピラー用絶縁層 7 0 i が設けられている。

【0171】

この例では、第 1 発光部 1 0 は、第 2 半導体層用熱伝導ピラー 7 2 p と、第 2 半導体層用ピラー絶縁層 7 2 i と、を含む。

40

【0172】

第 2 半導体層用熱伝導ピラー 7 2 p は、Z 軸方向（光反射層 4 0 から第 1 半導体層 1 1 に向かう方向）に沿って第 1 光透過層 1 5 を貫通する。第 2 半導体層用熱伝導ピラー 7 2 p は、少なくとも第 2 半導体層 1 2 と絶縁されている。第 2 半導体層用ピラー絶縁層 7 2 i は、少なくとも第 2 半導体層用熱伝導ピラー 7 2 p と第 2 半導体層 1 2 との間に設けられた部分を含む。

【0173】

この例では、第 1 発光部 1 0 は、第 1 半導体層用熱伝導ピラー 7 1 p と、第 1 半導体層用ピラー絶縁層 7 1 i と、をさらに含む。第 1 半導体層用熱伝導ピラー 7 1 p は、Z 軸方

50



向に沿って、第1発光層13、第2半導体層12及び第1光透過層15を貫通する。第1半導体層用熱伝導ピラー71pは、少なくとも、第1半導体層11、第1発光層13及び第2半導体層12と絶縁されている。第1半導体層用ピラー絶縁層71iは、少なくとも、第1半導体層用熱伝導ピラー72pと第1半導体層11との間に設けられた部分を含む。

#### 【0174】

一方、第3発光部30は、第6半導体層用熱伝導ピラー76pと、第6半導体層用ピラー絶縁層76iと、をさらに含む。第6半導体層用熱伝導ピラー76pは、Z軸方向（光反射層40から第1半導体層11に向かう方向）に沿って第2光透過層35を貫通し、少なくとも第6半導体層32と絶縁されている。第6半導体層用ピラー絶縁層76iは、少なくとも第6半導体層用熱伝導ピラー76pと第6半導体層32との間に設けられた部分を含む。

10

#### 【0175】

この例では、第3発光部30は、第5半導体層用熱伝導ピラー75pと、第5半導体層用ピラー絶縁層75iと、をさらに含む。第5半導体層用熱伝導ピラー75pは、Z軸方向に沿って、第3発光層33、第6半導体層32及び第2光透過層35を貫通する。第5半導体層用熱伝導ピラー75pは、少なくとも、第5半導体層31、第3発光層33及び第6半導体層32と絶縁されている。第5半導体層用ピラー絶縁層75iは、少なくとも、第5半導体層用熱伝導ピラー75pと第5半導体層31との間に設けられた部分を含む。

20

#### 【0176】

この例では、第1発光部10に設けられた上記の熱伝導ピラー70pは、第3発光部30に設けられた熱伝導ピラー70pに接続されている。そして、第3発光部30に設けられた熱伝導ピラー70pは、第2発光部20に設けられた熱伝導ピラー70pにより、光反射層40に接続されている。光反射層40は、放熱部材45に接続されている。

#### 【0177】

発光部で生じた熱は、熱伝導ピラー70pを介して、光反射層40（放熱部材45）に向けて効率的に伝達される。これにより放熱性が向上し、さらに高い効率を得られる。

#### 【0178】

熱伝導ピラー70pには、貫通電極に関して説明した材料を用いることができる。ピラー用絶縁層70iには、貫通電極と共に用いられる絶縁層に関して説明した材料を用いることができる。

30

#### 【0179】

上記の熱伝導ピラー70p及びピラー用絶縁層70iは、半導体発光素子121及び122に関して説明した貫通電極、絶縁層及び配線電極と共に設けられても良い。

#### 【0180】

上記の第1及び第2の実施形態に係る半導体発光素子において、半導体層の側面に対向する反射層をさらに設けても良い。これにより、半導体層の側面から出射する光を上方に向けて反射し、より高い効率を得られる。さらに、出射する光の指向性を制御することができる。

40

#### 【0181】

（第3の実施形態）

本実施形態は、第1の実施形態及び第2の実施形態に係る半導体発光素子のいずれか及びその変形の半導体発光素子の製造方法に係る。

図15は、第3の実施形態に係る半導体発光素子の製造方法を例示するフローチャート図である。

図16(a)及び図16(b)は、第3の実施形態に係る半導体発光素子の製造方法の一部を例示する模式的断面図である。

図15に表したように、本製造方法においては、上記の光反射層40と第2発光部20とを含む構造体を形成する（ステップS110）。

50

## 【0182】

この工程では、図16(a)に表したように、第2発光部成長用基板29の上に、第3半導体層21、第2発光層23及び第4半導体層22を順次結晶成長させて形成する。

## 【0183】

図16(b)に表したように、第4半導体層22の上に光反射層40を設け、第2発光部成長用基板29を除去する。これにより、光反射層40と第2発光部20とを含む構造体20stが形成される。

## 【0184】

図15に表したように、構造体20stの第3半導体層21の上に、第1発光部10を配置する(ステップS120)。第1発光部10は、例えば、第1光透過層15(例えばサファイア基板またはGaN基板)の上に、第2半導体層12、第1発光層13及び第1半導体層11を順次結晶成長させて形成される。

10

## 【0185】

本製造方法によれば、高効率で均一な多色光が得られる実用的な半導体発光素子の製造方法が提供できる。

## 【0186】

実施形態によれば、高効率で均一な多色光が得られる実用的な半導体発光素子及びその製造方法が提供できる。

## 【0187】

なお、本明細書において「窒化物半導体」とは、 $B_x In_y Al_z Ga_{1-x-y-z} N$  ( $0 < x < 1, 0 < y < 1, 0 < z < 1, x + y + z < 1$ )なる化学式において組成比 $x$ 、 $y$ 及び $z$ をそれぞれの範囲内で変化させた全ての組成の半導体を含むものとする。またさらに、上記化学式において、 $N$ (窒素)以外のV族元素もさらに含むもの、導電形などの各種の物性を制御するために添加される各種の元素をさらに含むもの、及び、意図せずに含まれる各種の元素をさらに含むものも、「窒化物半導体」に含まれるものとする。

20

## 【0188】

なお、本願明細書において、「垂直」及び「平行」は、厳密な垂直及び厳密な平行だけでなく、例えば製造工程におけるばらつきなどを含むものであり、実質的に垂直及び実質的に平行であれば良い。

## 【0189】

以上、具体例を参照しつつ、本発明の実施の形態について説明した。しかし、本発明は、これらの具体例に限定されるものではない。例えば、半導体発光素子に含まれる光反射層、放熱部材、発光部、半導体層、発光層、光透過層、金属層、光透過性導電膜、絶縁層、貫通電極、配線電極、及び熱伝導ピラーなどの各要素の具体的な構成に関しては、当業者が公知の範囲から適宜選択することにより本発明を同様に実施し、同様の効果を得ることができる限り、本発明の範囲に包含される。

30

また、各具体例のいずれか2つ以上の要素を技術的に可能な範囲で組み合わせたものも、本発明の要旨を包含する限り本発明の範囲に含まれる。

## 【0190】

その他、本発明の実施の形態として上述した半導体発光素子及びその製造方法を基にして、当業者が適宜設計変更して実施し得る全ての半導体発光素子及びその製造方法の製造方法も、本発明の要旨を包含する限り、本発明の範囲に属する。

40

## 【0191】

その他、本発明の思想の範疇において、当業者であれば、各種の変更例及び修正例に想到し得るものであり、それら変更例及び修正例についても本発明の範囲に属するものと了解される。

## 【0192】

本発明のいくつかの実施形態を説明したが、これらの実施形態は、例として提示したものであり、発明の範囲を限定することは意図していない。これら新規な実施形態は、その他の様々な形態で実施されることが可能であり、発明の要旨を逸脱しない範囲で、種々の

50

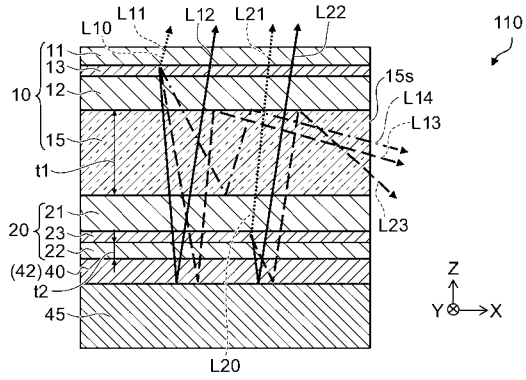
省略、置き換え、変更を行うことができる。これら実施形態やその変形は、発明の範囲や要旨に含まれるとともに、特許請求の範囲に記載された発明とその均等の範囲に含まれる。

【符号の説明】

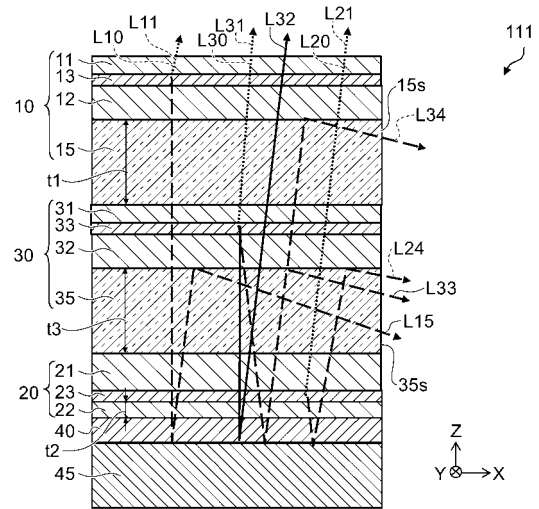
【0193】

10 ... 第1発光部、 11 ... 第1半導体層、 11i ... 第1半導体層用絶縁層、 11ia、11ib ... 絶縁層、 11p ... 第1半導体層用配線電極、 11pa ~ 11pd ... 配線電極、 11v ... 第1半導体層用貫通電極、 11va、11vb ... 貫通電極、 12 ... 第2半導体層、 12a、12b ... 部分、 12i ... 第2半導体層用絶縁層、 12ia、12ib ... 絶縁層、 12p ... 第2半導体層用配線電極、 12pa ~ 12pd ... 配線電極、 12v ... 第2半導体層用貫通電極、 12va、12vb ... 貫通電極、 13 ... 第1発光層、 15 ... 第1光透過層、 15b ... 面、 15s ... 側面、 17 ... 第1半導体層側電極、 18 ... 第2半導体層側電極、 20 ... 第2発光部、 20st ... 構造体、 21 ... 第3半導体層、 21a ... 面、 21r ... 部分、 22 ... 第4半導体層、 22a ... 面、 22b ... 部分、 22l ... 面、 23 ... 第2発光層、 26 ... 絶縁層、 26a ... 部分、 26au ... 面、 26b ... 部分、 26c ... 部分、 27 ... 第3半導体層側電極、 27p ... 第3半導体層側パッド部、 28 ... 第4半導体層側電極、 28p ... 第4半導体層側パッド部、 29 ... 第2発光部成長用基板、 30 ... 第3発光部、 31 ... 第5半導体層、 31a ... 面、 31i ... 第5半導体層用絶縁層、 31ia、31ib ... 絶縁層、 31p ... 第5半導体層用配線電極、 31pa、31pb ... 配線電極、 31v ... 第5半導体層用貫通電極、 31va ... 貫通電極、 32 ... 第6半導体層、 32a、32b ... 部分、 32i ... 第6半導体層用絶縁層、 32ia ... 絶縁層、 32p ... 第6半導体層用配線電極、 32pa、32pb ... 配線電極、 32v ... 第6半導体層用貫通電極、 32va ... 貫通電極、 33 ... 第3発光層、 35 ... 第2光透過層、 36b ... 面、 36s ... 側面、 37 ... 第5半導体層側電極、 38 ... 第6半導体層側電極、 40 ... 光反射層、 41 ... 反射金属層、 42 ... 光透過性導電膜、 43 ... 支持層、 44a ... 第1接合層、 44b ... 第2接合層、 45 ... 放熱部材、 46 ... 駆動部、 46a ~ 46c ... 第1 ~ 第3駆動回路、 70i ... プラ-用絶縁層、 70p ... 熱伝導プラ-、 71i ... 第1半導体層用プラ-絶縁層、 71p ... 第1半導体層用熱伝導プラ-、 72i ... 第2半導体層用プラ-絶縁層、 72p ... 第2半導体層用熱伝導プラ-、 75i ... 第5半導体層用プラ-絶縁層、 75p ... 第5半導体層用熱伝導プラ-、 76i ... 第6半導体層用プラ-絶縁層、 76p ... 第6半導体層用熱伝導プラ-、 ... 波長、 110 ~ 118、121 ~ 123 ... 半導体発光素子、 Int ... 強度、 L10 ... 第1光、 L11 ~ L14 ... 成分、 L15 ... 光、 L20 ... 第2光、 L21 ... L23 ... 成分、 L24 ... 光、 L30 ... 第3光、 L31 ~ L34 ... 光、 Lp1 ~ Lp3 ... 第1 ~ 第3ピーク波長、 t1 ... 厚さ、 t2 ... 距離、 t3 ... 厚さ

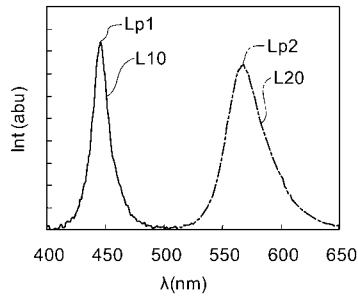
【 図 1 】



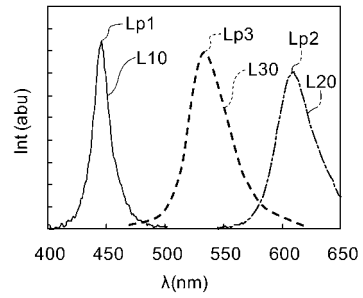
【 図 3 】



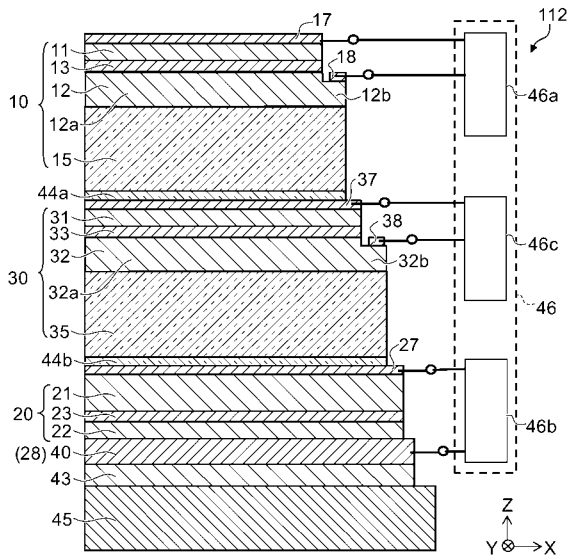
【 図 2 】



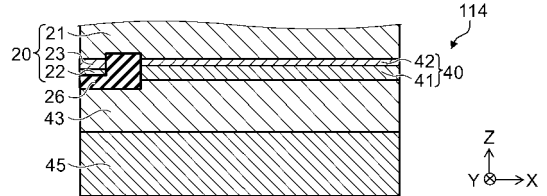
【 図 4 】



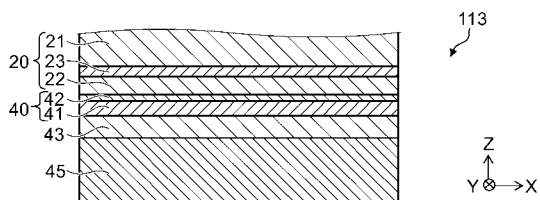
【 図 5 】



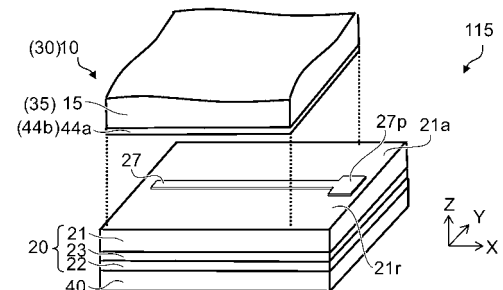
【 図 7 】



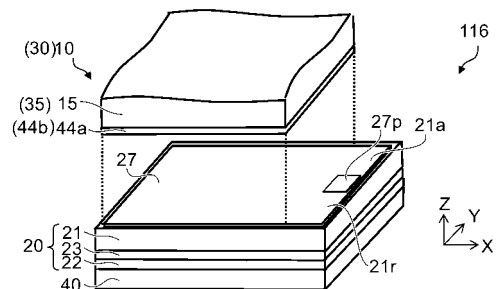
【 図 6 】



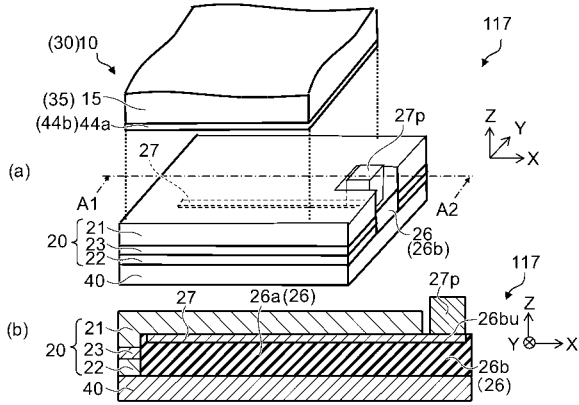
【 図 8 】



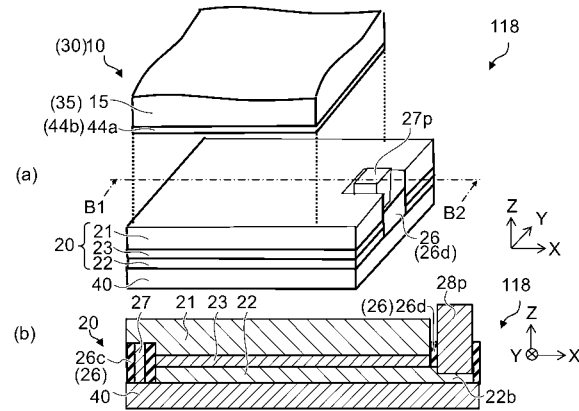
【 図 9 】



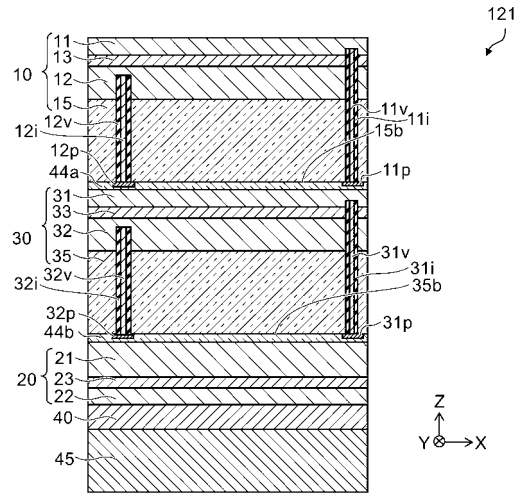
【 図 1 0 】



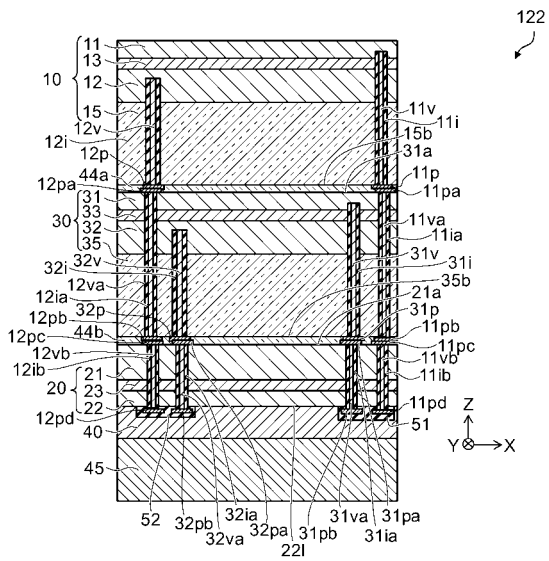
【 図 1 1 】



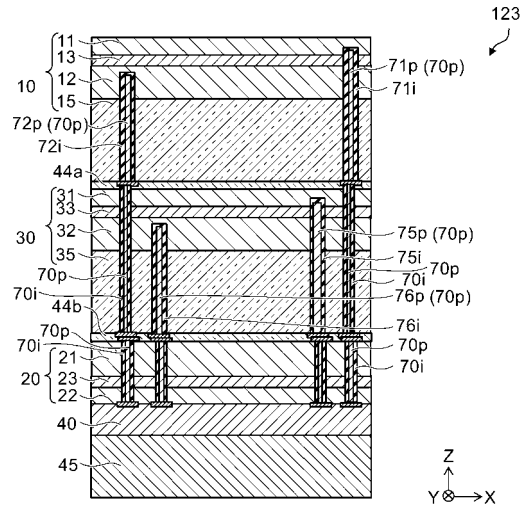
【 図 1 2 】



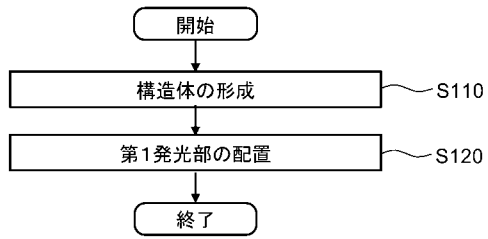
【 図 1 3 】



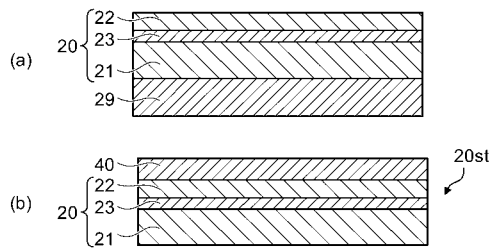
【 図 1 4 】



【 図 1 5 】



【 図 1 6 】



---

フロントページの続き

(72)発明者 勝野 弘

東京都港区芝浦一丁目1番1号 株式会社東芝内

(72)発明者 斎藤 真司

東京都港区芝浦一丁目1番1号 株式会社東芝内

(72)発明者 布上 真也

東京都港区芝浦一丁目1番1号 株式会社東芝内

Fターム(参考) 5F141 AA12 CA04 CA05 CA12 CA14 CA37 CA40 CA64 CA65 CA66  
CA88 CA93 CA98 CB15 CB22 CB28 FF11