

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5584331号
(P5584331)

(45) 発行日 平成26年9月3日(2014.9.3)

(24) 登録日 平成26年7月25日(2014.7.25)

(51) Int.Cl.

F I

H O 1 L 33/46 (2010.01)

H O 1 L 33/00 3 1 0

請求項の数 18 (全 22 頁)

(21) 出願番号	特願2013-121691 (P2013-121691)	(73) 特許権者	000116024
(22) 出願日	平成25年6月10日 (2013.6.10)		ローム株式会社
(62) 分割の表示	特願2007-107130 (P2007-107130) の分割		京都府京都市右京区西院溝崎町2 1 番地
原出願日	平成19年4月16日 (2007.4.16)	(74) 代理人	100083806
(65) 公開番号	特開2013-175791 (P2013-175791A)		弁理士 三好 秀和
(43) 公開日	平成25年9月5日 (2013.9.5)	(74) 代理人	100133514
審査請求日	平成25年6月17日 (2013.6.17)		弁理士 寺山 啓進
		(74) 代理人	100122910
			弁理士 三好 広之
		(72) 発明者	高尾 将和
			京都府京都市右京区西院溝崎町2 1 番地
			ローム株式会社内
		(72) 発明者	酒井 光彦
			京都府京都市右京区西院溝崎町2 1 番地
			ローム株式会社内

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】

導電性の基板と、
 前記基板上に配置されるとともに、Au系の合金材料からなる第1金属バッファ層と、
 前記第1金属バッファ層上に形成されたAuからなる接合層と、
 前記接合層上に形成された、金属コンタクト層および絶縁層と、
 前記金属コンタクト層および前記絶縁層上に形成され、赤色系の光を発光する層を含む
 半導体層と、
 前記半導体層上に形成された金属からなる電極と
 を備え、
前記金属コンタクト層は、Au系の材料からなり、
前記絶縁層は、前記金属コンタクト層と略同じ厚みであって、パターンニングされた開口
部を有し、前記絶縁層の前記開口部に前記金属コンタクト層が形成されることを特徴とす
る半導体発光素子。

【請求項 2】

前記赤色系の光を発光する層は、GaAs / GaAlAs 層からなるヘテロ接合ペアを
 積層した多重量子井戸構造からなる多重量子井戸層であることを特徴とする請求項 1 に記
 載の半導体発光素子。

【請求項 3】

前記絶縁層は、前記赤色系の光を発光する層からの発光波長に対して透明であることを

特徴とする請求項 1 または 2 に記載の半導体発光素子。

【請求項 4】

前記金属コンタクト層および前記絶縁層側に予め配置された前記接合層によって、金属反射層が形成されることを特徴とする請求項 1 ~ 3 のいずれか 1 項に記載の半導体発光素子。

【請求項 5】

前記赤色系の光を発光する層からの放射光は、前記絶縁層と前記接合層との界面に形成されたミラー面において反射されることを特徴とする請求項 1 ~ 4 のいずれか 1 項に記載の半導体発光素子。

【請求項 6】

前記接合層と前記半導体層との界面に介在される前記金属コンタクト層は、前記ミラー面の一部を形成していることを特徴とする請求項 5 に記載の半導体発光素子。

【請求項 7】

前記接合層を熱圧着によって貼り付けることによって、前記基板と前記半導体層とを貼り付けることを特徴とする請求項 1 ~ 6 のいずれか 1 項に記載の半導体発光素子。

【請求項 8】

前記基板は、GaAs 基板、Si 基板、サファイア基板、Ge 基板、SiGe 基板、SiC 基板、GaN 基板、または SiC 上の GaN エピタキシャル基板のいずれかで形成されることを特徴とする請求項 1 ~ 7 のいずれか 1 項に記載の半導体発光素子。

【請求項 9】

前記半導体層は、
前記金属コンタクト層および前記絶縁層上であって、前記金属コンタクト層および前記絶縁層と前記赤色系の光を発光する層との間に配置される p 型クラッド層と、
前記赤色系の光を発光する層上に配置される n 型クラッド層と、
前記 n 型クラッド層上に配置されるウィンドウ層と
を備えることを特徴とする請求項 1 ~ 8 のいずれか 1 項に記載の半導体発光素子。

【請求項 10】

前記接合層上に配置され、前記接合層と、前記金属コンタクト層および前記絶縁層との間に第 2 金属バッファ層をさらに備えることを特徴とする請求項 1 ~ 9 のいずれか 1 項に記載の半導体発光素子。

【請求項 11】

前記第 2 金属バッファ層は、Ag、Al、Ni、Cr 若しくは W のいずれかにより形成されることを特徴とする請求項 10 に記載の半導体発光素子。

【請求項 12】

前記接合層と前記絶縁層との界面に介在される前記第 2 金属バッファ層は、前記絶縁層と前記接合層との界面に形成されたミラー面の一部を形成していることを特徴とする請求項 10 に記載の半導体発光素子。

【請求項 13】

前記金属コンタクト層は、六角形を基本とするハニカムパターン構造、或いは、円形を基本とするドットパターン構造を有することを特徴とする請求項 10 ~ 12 のいずれか 1 項に記載の半導体発光素子。

【請求項 14】

前記金属コンタクト層は、所定のパターン構造が所定の間隔で配置されており、前記金属コンタクト層のパターン幅は $5\ \mu\text{m}$ ~ $11\ \mu\text{m}$ であることを特徴とする請求項 10 ~ 13 のいずれか 1 項に記載の半導体発光素子。

【請求項 15】

前記金属コンタクト層は、AuBe 層あるいは AuBe と Ni との合金層、若しくは Au 層 / AuBe - Ni 合金層 / Au 層の積層構造により形成されることを特徴とする請求項 1 ~ 14 のいずれか 1 項に記載の半導体発光素子。

【請求項 16】

10

20

30

40

50

前記絶縁層は、シリコン酸化膜、シリコン窒化膜、 SiON 膜、 SiO_xN_y 膜、或いはこれらの多層膜のいずれかにより形成されることを特徴とする請求項1～15のいずれか1項に記載の半導体発光素子。

【請求項17】

前記半導体層と前記電極との間には、電流集中を防止するための阻止層を配置することを特徴とする請求項1に記載の半導体発光素子。

【請求項18】

前記阻止層は、 GaAs により形成されることを特徴とする請求項17に記載の半導体発光素子。

【発明の詳細な説明】

10

【技術分野】

【0001】

本発明は、半導体発光素子に関し、特に、金属反射層を備える発光ダイオードと不透明基板層をウェハボンディング技術によって、貼り付けて形成することを特徴とする半導体発光素子に関する。

【背景技術】

【0002】

発光ダイオード(LED:Light Emitting Diode)を高輝度化するために、光の反射層として、基板と、多重量子井戸(MQW:Multi-Quantum Well)層からなる活性層との間に金属反射層を形成する構造が提案されている。このような金属反射層を形成する方法として、例えば、発光ダイオード層の基板のウェハボンディング(貼付け)技術が開示されている(例えば、特許文献1および特許文献2参照。)。

20

【0003】

特許文献1および特許文献2は、所望の機械的特性と透光性を有する発光ダイオードを製造することができ、かつ透明層と成長層との境界面の抵抗率を最小限にすることができる発光ダイオードの製造方法を提供することを目的とし、一時的成長基板上に発光ダイオード層を順次成長させ、比較的薄い層の発光ダイオード構造を形成後、一時的成長基板を除去し、一時的成長基板に代えてその位置に下層の緩衝層となる発光ダイオード層に導電性、透光性基板をウェハボンディングして発光ダイオードを製造することを特徴とする。特許文献1および特許文献2においては、貼付けに用いる基板にはGaPやサファイア等の透明なものを適用している。

30

【0004】

図23乃至図25は、ウェハボンディング技術により形成した従来の半導体発光素子の模式的断面構造を示す。

【0005】

例えば、従来の半導体発光素子は、図23に示すように、 GaAs 基板15上に配置されたAu-Sn合金層14と、Au-Sn合金層14上に配置されたバリアメタル層13と、バリアメタル層13上に配置されたp型クラッド層10と、p型クラッド層10上に配置されたMQW層9と、MQW層9上に配置されたn型クラッド層8と、n型クラッド層8上に配置されたウィンドウ層7とを備える。

40

【0006】

図23に示す従来の半導体発光素子は、貼付けに使われる金属は、Au-Sn合金である。このAu-Sn合金は融点が高いため、低温でLEDを構成するエピタキシャル成長層側のAu-Sn合金とGaAs基板15側のAu-Sn合金が溶け、貼り付けることができる。

【0007】

しかし、Au-Sn合金層14を使用する場合、Snの熱拡散が起こるため、Snの拡散を防ぐために、図23に示すように、バリアメタル層13を入れる必要がある。また、Au-Sn合金層14は光の反射率が悪いという問題点がある。

【0008】

50

例えば、従来の別の半導体発光素子は、図 2 4 に示すように、GaAs 基板 1 5 上に配置された金属反射層 1 6 と、金属反射層 1 6 上に配置された p 型クラッド層 1 0 と、p 型クラッド層 1 0 上に配置された MQW 層 9 と、MQW 層 9 上に配置された n 型クラッド層 8 と、n 型クラッド層 8 上に配置されたウィンドウ層 7 とを備える。図 2 4 に示す従来の半導体発光素子は、GaAs 基板 1 5 を貼り付けて作った金属反射層 1 6 では、金属と半導体との界面で光の吸収が起こり、効率よく光を反射することができないという問題点がある。すなわち、p 型クラッド層 1 0 と金属反射層 1 6 の界面で光の吸収が起こるという問題点がある。

【0009】

半導体発光素子 (LED) を高輝度化するには、光の反射層として GaAs 基板と活性層 (MQW) の間に分布ブラック反射 (DBR: Distributed Bragg Reflector) 層を入れる方法もある。DBR を入れない構造の LED では、MQW 層で発光した光が GaAs 基板に吸収されてしまうために暗くなる。そのため、GaAs 基板を用いる LED を高輝度化するために、光の反射層として DBR が用いられている。

【0010】

すなわち、従来の更に別の半導体発光素子は、図 2 5 に示すように、GaAs 基板 1 5 上に配置された DBR 層 1 9 と、DBR 層 1 9 上に配置された p 型クラッド層 1 0 と、p 型クラッド層 1 0 上に配置された MQW 層 9 と、MQW 層 9 上に配置された n 型クラッド層 8 と、n 型クラッド層 8 上に配置されたウィンドウ層 7 とを備える。図 2 5 に示す従来の半導体発光素子は、GaAs 基板 1 5 と MQW 層 9 との間に光の反射層として DBR 層 1 9 を用いているが、DBR 層 1 9 はある一方向から入射した光のみ反射し、入射角が変わると DBR は光を反射せず、それ以外の角度から入射した光は DBR 層 1 9 で反射せず透過してしまうという問題点がある。そのため、透過した光は GaAs 基板 1 5 に吸収されてしまい、半導体発光素子 (LED) の発光輝度が低下するという問題点がある。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0011】

【特許文献 1】特開平 6 - 302857 号公報

【特許文献 2】米国特許第 5,376,580 号明細書

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0012】

ウェハボンディング技術により形成した従来の半導体発光素子は、貼付けに使われる金属として Au-Sn 合金層を使用する場合、Sn の熱拡散を防ぐために、バリアメタル層を入れる必要がある。また、Au-Sn 合金層は光の反射率が悪い。

【0013】

また、基板を貼り付けることによって金属反射層を形成したとしても、金属と半導体の界面で光の吸収が起こり、効率よく光を反射することができない。

【0014】

また、反射層として DBR 層を用いている場合、DBR 層はある一方向から入射した光のみ反射し、入射角が変わると DBR 層で反射せず透過してしまい、GaAs 基板に吸収されてしまい、LED の発光輝度が低下する。

【0015】

そこで、本発明の目的は、GaAs や Si 等の不透明な半導体基板を用いて、基板の貼付けを行い、金属反射層を形成して高輝度の半導体発光素子を提供することにある。

【0016】

また、本発明の目的は、金属と半導体との間に透明な絶縁膜を入れることにより、半導体と金属との接触を避け、半導体と金属との界面での光の吸収を防ぎ、反射率の良い金属反射層を形成した、高輝度の半導体発光素子を提供することにある。

【0017】

10

20

30

40

50

また、本発明の目的は、光の反射層に D B R ではなく、金属層を用いて、あらゆる角度の光を反射させることが可能となり、高輝度の半導体発光素子を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0018】

上記目的を達成するための本発明の半導体発光素子の一態様は、導電性の基板と、前記基板上に配置されるとともに、Au系の合金材料からなる第1金属バッファ層と、前記第1金属バッファ層上に形成されたAuからなる接合層と、前記接合層上に形成された、金属コンタクト層および絶縁層と、前記金属コンタクト層および前記絶縁層上に形成され、赤色系の光を発光する層を含む半導体層と、前記半導体層上に形成された金属からなる電極とを備え、前記金属コンタクト層は、Au系の材料からなり、前記絶縁層は、前記金属コンタクト層と略同じ厚みであって、パターンングされた開口部を有し、前記絶縁層の前記開口部に前記金属コンタクト層が形成されることを特徴とする。

10

【発明の効果】

【0019】

本発明の半導体発光素子によれば、Au-Sn合金層によるSn拡散の問題を解決するために、Auからなる金属層を用いてエピタキシャル成長層と半導体基板を貼り付けることにより、バリアメタルが不要となり、Auからなる金属層を用いることで光の反射率の良い金属反射層をLED側の構造に形成することができるので、LEDの高輝度化を図ることができる。

【0020】

20

本発明の半導体発光素子によれば、金属反射層と半導体層との間に透明な絶縁膜を入れることにより、半導体層と金属反射層との接触を避け、半導体層と金属反射層との界面における光の吸収を防ぎ、反射率の良い金属反射層を形成することができるので、LEDの高輝度化を図ることができる。

【0021】

本発明の半導体発光素子によれば、GaAs基板への光の吸収を防ぐために、反射層に金属を用いて光を全反射させ、GaAs基板への吸収を防ぎ、あらゆる角度の光を反射することが可能になるので、LEDを高輝度化することができる。

【図面の簡単な説明】

【0022】

30

【図1】本発明の第1の実施の形態に係る半導体発光素子およびその製造方法に適用されるp型GaAs基板の模式的断面構造図。

【図2】本発明の第1の実施の形態に係る半導体発光素子およびその製造方法に適用されるn型GaAs基板の模式的断面構造図。

【図3】本発明の第1の実施の形態に係る半導体発光素子およびその製造方法に適用されるLEDの模式的断面構造図。

【図4】本発明の第1の実施の形態に係る半導体発光素子の模式的断面構造図。

【図5】本発明の第2の実施の形態に係る半導体発光素子およびその製造方法に適用されるLEDの模式的断面構造図。

【図6】本発明の第2の実施の形態の変形例に係る半導体発光素子およびその製造方法に適用されるLEDの模式的断面構造図。

40

【図7】本発明の第2の実施の形態に係る半導体発光素子の模式的断面構造図。

【図8】本発明の第3の実施の形態に係る半導体発光素子およびその製造方法に適用されるGaAs基板の模式的断面構造図。

【図9】本発明の第3の実施の形態に係る半導体発光素子およびその製造方法に適用されるLEDの模式的断面構造図。

【図10】本発明の第3の実施の形態に係る半導体発光素子の模式的断面構造図。

【図11】本発明の第4の実施の形態に係る半導体発光素子およびその製造方法に適用されるSi基板の模式的断面構造図。

【図12】本発明の第4の実施の形態に係る半導体発光素子およびその製造方法に適用さ

50

れるＬＥＤの模式的断面構造図。

【図１３】本発明の第４の実施の形態に係る半導体発光素子およびその製造方法に適用されるＬＥＤの模式的平面パターン構造図。

【図１４】本発明の第４の実施の形態に係る半導体発光素子およびその製造方法に適用されるＬＥＤの別の模式的平面パターン構造図。

【図１５】本発明の第４の実施の形態に係る半導体発光素子の製造方法の一工程を説明する模式的断面構造図。

【図１６】本発明の第４の実施の形態に係る半導体発光素子の製造方法の一工程を説明する模式的断面構造図。

【図１７】本発明の第４の実施の形態に係る半導体発光素子の製造方法の一工程を説明する模式的断面構造図。

10

【図１８】本発明の第４の実施の形態に係る半導体発光素子の製造方法の一工程を説明する模式的断面構造図。

【図１９】本発明の第４の実施の形態に係る半導体発光素子の製造方法の一工程を説明する模式的断面構造図。

【図２０】本発明の第４の実施の形態に係る半導体発光素子の製造方法の一工程を説明する模式的断面構造図。

【図２１】本発明の第４の実施の形態の変形例に係る半導体発光素子の製造方法の一工程を説明する模式的断面構造図。

【図２２】本発明の第４の実施の形態の別の変形例に係る半導体発光素子の製造方法の一工程を説明する模式的断面構造図。

20

【図２３】従来の半導体発光素子の模式的断面構造図。

【図２４】従来の半導体発光素子の別の模式的断面構造図。

【図２５】従来の半導体発光素子の更に別の模式的断面構造図。

【発明を実施するための形態】

【００２３】

次に、図面を参照して、本発明の実施の形態を説明する。以下の図面の記載において、同一または類似の部分には同一または類似の符号を付している。ただし、図面は模式的なものであり、現実のものとは異なることに留意すべきである。また、図面相互間においても互いの寸法の関係や比率が異なる部分が含まれていることはもちろんである。

30

【００２４】

また、以下に示す実施の形態は、この発明の技術的思想を具体化するための装置や方法を例示するものであって、この発明の技術的思想は、各構成部品の配置などを下記のものに特定するものでない。この発明の技術的思想は、特許請求の範囲において、種々の変更を加えることができる。

【００２５】

[第１の実施の形態]

(素子構造)

本発明の第１の実施の形態に係る半導体発光素子およびその製造方法に適用されるＧａＡｓ基板の導電型としては、ｐ型、ｎ型のいずれにおいても適用可能である。図１は、本発明の第１の実施の形態に係る半導体発光素子およびその製造方法に適用されるｐ型ＧａＡｓ基板の模式的断面構造を示し、図２は、ｎ型ＧａＡｓ基板の模式的断面構造を示す。また、図３は、本発明の第１の実施の形態に係る半導体発光素子およびその製造方法に適用されるＬＥＤの模式的断面構造を示す。

40

【００２６】

図４は、図１乃至図２に示したｐ型乃至ｎ型ＧａＡｓ基板と、図３に示したＬＥＤをウェハボンディング技術によって互いに貼り付けて形成した本発明の第１の実施の形態に係る半導体発光素子の模式的断面構造を示す。

【００２７】

本発明の第１の実施の形態に係る半導体発光素子およびその製造方法に適用されるｐ型

50

GaAs基板は、図1に示すように、p型GaAs層3と、p型GaAs層3の表面に配置された金属バッファ層2と、金属バッファ層2上に配置された金属層1と、p型GaAs層3の裏面に配置された金属バッファ層4と、金属バッファ層4のp型GaAs層3と反対側の表面に配置された金属層5とを備える。

【0028】

本発明の第1の実施の形態に係る半導体発光素子およびその製造方法に適用されるn型GaAs基板は、図2に示すように、n型GaAs層6と、n型GaAs層6の表面に配置された金属バッファ層2と、金属バッファ層2上に配置された金属層1と、n型GaAs層6の裏面に配置された金属バッファ層4と、金属バッファ層4のn型GaAs層6と反対側の表面に配置された金属層5とを備える。

10

【0029】

図1の構造において、金属層1、5はいずれもAu層によって形成され、金属バッファ層2、4は、p型GaAs層3とコンタクトを取るために、例えばAuBe層によって形成可能である。また、図2の構造において、金属層1、5はいずれもAu層によって形成され、金属バッファ層2、4は、n型GaAs層6とコンタクトを取るために、例えばAuGe層によって形成可能である。

【0030】

本発明の第1の実施の形態に係る半導体発光素子およびその製造方法に適用されるLEDの模式的断面構造は、図3に示すように、金属層12と、金属層12上に配置される金属コンタクト層11と、金属コンタクト層11上に配置されるp型クラッド層10と、p型クラッド層10上に配置されるMQW層9と、MQW層9上に配置されるn型クラッド層8と、n型クラッド層8上に配置されるウィンドウ層7を備える。

20

【0031】

図3の構造において、金属層12は、例えばAu層で形成される。また、金属コンタクト層は、例えばAuBe層あるいはAuBeとNiとの合金層などで形成される。p型クラッド層10は、例えばAlGaAs層若しくは導電型をp⁻型とするAlGaAs層と導電型をp⁺型とするAlGaAs層との多層構造によって形成され、厚さは、例えば約0.1μm程度である。MQW層9は、例えばGaAs/GaAlAs層からなるヘテロ接合ペアを約100ペア積層した多重量子井戸構造からなり、厚さは、例えば約1.6μm程度に形成される。n型クラッド層8は、例えばn型AlGaAs層によって形成され、厚さは、例えば約0.1μm程度である。ウィンドウ層7は、例えばAlGaAs層の多層構造とAlGaAs層の多層構造上に形成されたGaAs層からなり、全体の厚さは、約0.95μm程度である。

30

【0032】

本発明の第1の実施の形態に係る半導体発光素子は、図4に示すように、図1乃至図2に示したp型乃至n型GaAs基板と、図3に示したLED構造をウェハボンディング技術によって互いに貼り付けて形成する。

【0033】

すなわち、本発明の第1の実施の形態に係る半導体発光素子は、図4に示すように、p(n)型GaAs層3(6)と、p(n)型GaAs層3(6)の表面に配置された金属バッファ層2と、金属バッファ層2上に配置された金属層1と、p(n)型GaAs層3(6)の裏面に配置された金属バッファ層4と、金属バッファ層4のp(n)型GaAs層3(6)と反対側の表面に配置された金属層5とを備えるp(n)型GaAs基板構造と、当該p(n)型GaAs基板上に配置され、金属層12と、金属層12上に配置される金属コンタクト層11と、金属コンタクト層11上に配置されるp型クラッド層10と、p型クラッド層10上に配置されるMQW層9と、MQW層9上に配置されるn型クラッド層8と、n型クラッド層8上に配置されるウィンドウ層7を備えるLED構造とから構成される。

40

【0034】

Au-Sn合金層からのSn拡散の問題点を解決するために、金属層1および金属層1

50

2を用いて、p(n)型GaAs基板構造と、エピタキシャル成長層からなるLED構造を貼り付けることにより、バリアメタルが不要で、反射率のよい金属反射層を形成することを可能にしている。金属反射層は、予め、LED構造側に配置された金属層12によって形成される。LEDからの放射光は、p型クラッド層10と、金属層12との界面によってミラー面が形成されるため、当該ミラー面において反射される。金属コンタクト層11は金属層12とp型クラッド層10とのオーミックコンタクトを取るための層であるが、金属層12とp型クラッド層10との界面に介在し、ミラー面の一部を形成している。

【0035】

本発明の第1の実施の形態に係る半導体発光素子は、図4に示すように、金属層1および金属層12とともにAu層によって形成することで、GaAs基板側の金属層1とエピタキシャル成長層からなるLED構造側の金属層12を熱圧着によって貼り付けることができる。

10

【0036】

貼付けの条件は、例えば、約250 ~ 700、望ましくは300 ~ 400であり、熱圧着の圧力は、例えば、約10MPa ~ 20MPa程度である。

【0037】

本発明の第1の実施の形態に係る半導体発光素子によれば、Auからなる金属層12を用いることで光の反射率の良い金属反射層をLED側の構造に形成することができるので、LEDの高輝度化を図ることができる。

20

【0038】

[第2の実施の形態]

(素子構造)

図5は、本発明の第2の実施の形態に係る半導体発光素子およびその製造方法に適用されるLEDの模式的断面構造を示す。また、図6は、本発明の第2の実施の形態の変形例に係る半導体発光素子およびその製造方法に適用されるLEDの模式的断面構造を示す。

【0039】

図7は、p型乃至n型GaAs基板15と、図6に示したLEDをウェハボンディング技術によって互いに貼り付けて形成した本発明の第2の実施の形態に係る半導体発光素子の模式的断面構造を示す。尚、図7において、GaAs基板15上に配置される、例えばAu層からなる金属層は、図示を省略している。或いはまた、GaAs基板15上にはAu層などの金属層を配置せず、金属層12のみでGaAs基板15とLED構造を貼り付けることも可能である。

30

【0040】

本発明の第2の実施の形態に係る半導体発光素子およびその製造方法に適用されるLEDは、図5に示すように、金属層12と、金属層12上に配置され、パターンニングされた金属コンタクト層11および絶縁層17と、パターンニングされた金属コンタクト層11および絶縁層17上に配置されるp型クラッド層10と、p型クラッド層10上に配置されるMQW層9と、MQW層9上に配置されるn型クラッド層8と、n型クラッド層8上に配置されるウィンドウ層7を備える。

【0041】

40

図5の構造において、金属層12は、例えばAu層で形成され、例えば厚さは約2.5 ~ 5 μm 程度である。また、金属コンタクト層11は、例えばAuBe層あるいはAuBeとNiとの合金層などで形成され、例えば厚さは、絶縁層17と同程度であり、約450 nm程度である。絶縁層17は、例えばシリコン酸化膜、シリコン窒化膜、SiON膜、SiO_xN_y膜、或いはこれらの多層膜などで形成される。p型クラッド層10は、例えばAlGaAs層若しくは導電型をp⁻型とするAlGaAs層と導電型をp⁺型とするAlGaAs層との多層構造によって形成され、厚さは、例えば約0.1 μm 程度である。MQW層9は、例えばGaAs/GaAlAs層からなるヘテロ接合ペアを約100ペア積層した多重量子井戸構造からなり、厚さは、例えば約1.6 μm 程度に形成される。n型クラッド層8は、例えばn型AlGaAs層によって形成され、厚さは、例えば約0

50

、 $1\mu\text{m}$ 程度である。ウィンドウ層 7 は、例えば AlGaAs 層の多層構造と AlGaAs 層の多層構造上に形成された GaAs 層からなり、全体の厚さは、約 $0.95\mu\text{m}$ 程度である。

【0042】

(第 2 の実施の形態の変形例)

本発明の第 2 の実施の形態の変形例に係る半導体発光素子およびその製造方法に適用される LED は、図 6 に示すように、金属層 12 と、金属層 12 上に配置される金属バッファ層 18 と、金属バッファ層 18 上に配置され、パターンニングされた金属コンタクト層 11 および絶縁層 17 と、パターンニングされた金属コンタクト層 11 および絶縁層 17 上に配置される p 型クラッド層 10 と、p 型クラッド層 10 上に配置される MQW 層 9 と、MQW 層 9 上に配置される n 型クラッド層 8 と、n 型クラッド層 8 上に配置されるウィンドウ層 7 を備える。

10

【0043】

図 6 の構造において、金属バッファ層 18 は、例えば Ag 、 Al 、 Ni 、 Cr 若しくは W 層で形成される。 Au 層からなる金属層 12 は青色光、紫外光を吸収するため、このような短波長側の光を反射するためには、 Ag 、 Al などからなる金属バッファ層 18 を備えることが望ましい。図 6 の構造において、金属バッファ層 18 以外の各層は、図 5 の構造と同様に形成されるため、説明を省略する。

【0044】

本発明の第 2 の実施の形態に係る半導体発光素子は、図 7 に示すように、図 5 乃至図 6 に示した LED 構造と、 GaAs 基板 15 をウェハボンディング技術によって互いに貼り付けて形成する。

20

【0045】

すなわち、本発明の第 2 の実施の形態に係る半導体発光素子は、図 7 に示すように、 GaAs 基板 15 と、 GaAs 基板 15 上に配置される金属層 12 と、金属層 12 上に配置される金属バッファ層 18 と、金属バッファ層 18 上に配置され、パターンニングされた金属コンタクト層 11 および絶縁層 17 と、パターンニングされた金属コンタクト層 11 および絶縁層 17 上に配置される p 型クラッド層 10 と、p 型クラッド層 10 上に配置される MQW 層 9 と、MQW 層 9 上に配置される n 型クラッド層 8 と、n 型クラッド層 8 上に配置されるウィンドウ層 7 を備える LED 構造とから構成される。

30

【0046】

金属層 12 を用いて、 GaAs 基板 15 と、エピタキシャル成長層からなる LED 構造を貼り付けることにより、反射率のよい金属反射層を形成することを可能にしている。金属反射層は、予め、LED 構造側に配置された金属層 12 によって形成される。LED からの放射光は、絶縁層 17 と、金属層 12 若しくは金属バッファ層 18 との界面によってミラー面が形成されるため、当該ミラー面において反射される。金属コンタクト層 11 は、金属層 12 若しくは金属バッファ層 18 と p 型クラッド層 10 とのオーミックコンタクトを取るための層であるが、金属層 12 と p 型クラッド層 10 との界面に介在し、絶縁層 17 と同程度の厚さを有する。

【0047】

金属コンタクト層 11 のパターン幅が広い場合には、実質的な発光領域が制限されるため、面積効率が低下し発光効率が減少する。一方、金属コンタクト層 11 のパターン幅が狭い場合には、金属コンタクト層 11 の面積抵抗が増大し、LED の順方向電圧 V_f が上昇するため、最適なパターン幅およびパターン構造が存在する。幾つかのパターン例では、六角形を基本とするハニカムパターン構造、或いは、円形を基本とするドットパターン構造が存在する。これらのパターン形状については、第 4 の実施の形態に関連して、図 13 および図 14 において説明する。

40

【0048】

本発明の第 2 の実施の形態に係る半導体発光素子は、図 4 に示すように、 GaAs 基板上に配置される金属層、および LED 側に配置される金属層 12 をともに Au 層によって

50

形成することで、GaAs基板側の金属層（図示省略）とエピタキシャル成長層からなるLED構造側の金属層12を熱圧着によって貼り付けることができる。

【0049】

貼付けの条件は、例えば、約250 ~ 700、望ましくは300 ~ 400であり、熱圧着の圧力は、例えば、約10MPa ~ 20MPa程度である。

【0050】

本発明の第2の実施の形態に係る半導体発光素子によれば、金属反射層となる金属層12若しくは金属バッファ層18と、p型クラッド層10などの半導体層との間に透明な絶縁層17を形成することにより、p型クラッド層10などの半導体層と金属層12との接触を避け、光の吸収を防ぎ、反射率の良い金属反射層を形成することができる。

10

【0051】

透明な絶縁層17をパターンニング形成し、オーミックをとるために、AuBeなどからなる金属コンタクト層11をリフトオフによって蒸着する。

【0052】

その後、絶縁層17の上にGaAs基板15と貼付けるために用いるAu層を蒸着し、金属層12を形成する。

【0053】

本発明の第2の実施の形態に係る半導体発光素子によれば、金属反射層と半導体層との間に透明な絶縁層17を介在させることにより、p型クラッド層10などの半導体層と金属層12との接触を避け、光の吸収を防ぎ、反射率の良い金属反射層を形成することができるので、LEDの高輝度化を図ることができる。

20

【0054】

また、本発明の第2の実施の形態に係る半導体発光素子によれば、絶縁層17と金属層12との間に、AgやAlなどからなる金属バッファ層18を形成することで、Auでは反射率の低い紫外線などの短波長の光を効率よく反射することができ、LEDの高輝度化を図ることができる。

【0055】

また、本発明の第2の実施の形態に係る半導体発光素子によれば、p型クラッド層と金属反射層の界面において光が吸収されないため、LEDの高輝度化を図ることができる。

【0056】

30

[第3の実施の形態]

(素子構造)

図8は、本発明の第3の実施の形態に係る半導体発光素子およびその製造方法に適用されるGaAs基板の模式的断面構造を示す。また、図9は、本発明の第3の実施の形態に係る半導体発光素子およびその製造方法に適用されるLEDの模式的断面構造を示す。

【0057】

図10は、図8に示した金属層20を備えるGaAs基板15と、図9に示したLEDをウェハボンディング技術によって互いに貼り付けて形成した本発明の第3の実施の形態に係る半導体発光素子の模式的断面構造を示す。

【0058】

40

本発明の第3の実施の形態に係る半導体発光素子およびその製造方法に適用されるp型若しくはn型GaAs基板構造は、図8に示すように、GaAs基板15と、GaAs基板15の表面に配置された金属層20を備える。

【0059】

図8の構造において、金属層20は、例えばAu層によって形成される。

【0060】

本発明の第3の実施の形態に係る半導体発光素子およびその製造方法に適用されるLEDの模式的断面構造は、図9に示すように、金属層12と、金属層12上に配置されるp型クラッド層10と、p型クラッド層10上に配置されるMQW層9と、MQW層9上に配置されるn型クラッド層8と、n型クラッド層8上に配置されるウィンドウ層7を備え

50

る。

【0061】

図9の構造において、金属層12は、例えばAu層で形成され、厚さは例えば、約1μm程度である。また、p型クラッド層10は、例えばAlGaAs層若しくは導電型をp⁻型とするAlGaAs層と導電型をp⁺型とするAlGaAs層との多層構造によって形成され、全体の厚さは、例えば約0.1μm程度に形成される。MQW層9は、例えばGaAs/GaAlAs層からなるヘテロ接合ペアを約80~100ペア積層した多重量子井戸構造からなり、全体の厚さは、例えば約1.6μm程度に形成される。n型クラッド層8は、例えばn型AlGaAs層によって形成され、厚さは、例えば約0.1μm程度である。ウィンドウ層7は、例えばAlGaAs層の多層構造とAlGaAs層の多層構造上に形成されたGaAs層からなり、全体の厚さは、約0.95μm程度である。

10

【0062】

本発明の第3の実施の形態に係る半導体発光素子は、図10に示すように、図8に示したp型乃至n型GaAs基板と、図9に示したLED構造をウェハボンディング技術によって互いに貼り付けて形成する。

【0063】

すなわち、本発明の第3の実施の形態に係る半導体発光素子は、図10に示すように、GaAs基板15と、GaAs基板15の表面に配置された金属層20とを備えるGaAs基板構造と、当該GaAs基板構造上に配置され、金属層12と、金属層12上に配置されるp型クラッド層10と、p型クラッド層10上に配置されるMQW層9と、MQW層9上に配置されるn型クラッド層8と、n型クラッド層8上に配置されるウィンドウ層7を備えるLED構造とから構成される。

20

【0064】

金属反射層は、予め、LED構造側に配置された金属層12によって形成される。LEDからの放射光は、p型クラッド層10と、金属層12との界面によってミラー面が形成されるため、当該ミラー面において反射される。

【0065】

本発明の第3の実施の形態に係る半導体発光素子は、図10に示すように、金属層20および金属層12をとともAu層によって形成することで、GaAs基板側の金属層20とエピタキシャル成長層からなるLED構造側の金属層12を熱圧着によって貼り付けることができる。

30

【0066】

貼付けの条件は、例えば、約250~700、望ましくは300~400であり、熱圧着の圧力は、例えば、約10MPa~20MPa程度である。

【0067】

本発明の第3の実施の形態に係る半導体発光素子およびその製造方法によれば、GaAs基板への光の吸収を防ぐために、反射層に金属を用いて光を全反射させ、GaAs基板への吸収を防ぐようにした点に特徴を有する。貼付ける半導体基板の材料としては、GaAs、Siなどの不透明な半導体基板材料を用いる。

40

【0068】

GaAs基板15側の金属層20としてAu層を用い、エピタキシャル成長層を備えるLED側の金属層12としてもAu層を用い、金属層20と金属層12を結合させ、結合に用いた金属層12を金属反射層として光の反射層とする。

【0069】

本発明の第3の実施の形態に係る半導体発光素子およびその製造方法によれば、GaAs基板への光の吸収を防ぐために、反射層に金属を用いて光を全反射させ、GaAs基板への吸収を防ぎ、あらゆる角度の光を反射することが可能になるので、LEDを高輝度化することができる。

【0070】

50

[第4の実施の形態]

(素子構造)

図11は、本発明の第4の実施の形態に係る半導体発光素子およびその製造方法に適用されるシリコン基板の模式的断面構造を示す。また、図12は、本発明の第4の実施の形態に係る半導体発光素子およびその製造方法に適用されるLEDの模式的断面構造を示す。図13は、本発明の第4の実施の形態に係る半導体発光素子およびその製造方法に適用されるLEDの模式的平面パターン構造を示し、図14は、別の模式的平面パターン構造を示す。

【0071】

本発明の第4の実施の形態に係る半導体発光素子およびその製造方法に適用されるシリコン基板21は、図11に示すように、シリコン基板21と、シリコン基板21の表面に配置されたチタン(Ti)層22と、チタン(Ti)層22をの表面に配置された金属層20を備える。

【0072】

図11の構造において、シリコン基板21の厚さは、例えば約130μm程度であり、金属層20は、例えばAu層によって形成され、厚さは約2.5μm程度である。

【0073】

本発明の第4の実施の形態に係る半導体発光素子およびその製造方法に適用されるLEDは、図12に示すように、GaAs基板23と、GaAs基板23上に配置されるAlInGaP層24と、AlInGaP層24上に配置されるn型GaAs層25と、n型GaAs層25上に配置されるエピタキシャル成長層26と、エピタキシャル成長層26上に配置され、パターンニングされた金属コンタクト層11および絶縁層17と、パターンニングされた金属コンタクト層11および絶縁層17上に配置される金属層12とを備える。

【0074】

図12の構造において、GaAs基板23は、厚さは、例えば約300μm程度であり、AlInGaP層24は、厚さは、例えば約350nm程度である。また、n型GaAs層25は、AlInGaP層24を介して、GaAs基板23とエピタキシャル成長層26との間のコンタクト層として働き、厚さは、例えば約500nm程度である。エピタキシャル成長層26は、AlGaAs層からなるn型ウィンドウ層およびn型クラッド層、GaAs/AlGaAsのヘテロ接合の複数の対からなるMQW層と、AlGaAs層からなるn型クラッド層およびAlGaAs層/GaP層からなるp型ウィンドウ層とを備える。MQW層は、例えばGaAs/GaAlAs層からなるヘテロ接合ペアを約100ペア積層した多重量子井戸構造からなり、厚さは、例えば約1.6μm程度に形成される。

【0075】

また、金属コンタクト層11は、例えばAuBe層あるいはAuBeとNiとの合金層などで形成され、例えば厚さは、絶縁層17と同程度であり、約450nm程度である。

【0076】

金属コンタクト層11は、例えばAu/AuBe-Ni合金/Auなどの積層構造として形成してもよい。絶縁層17は、例えばシリコン酸化膜、シリコン窒化膜、SiON膜、SiOxNy膜、或いはこれらの多層膜などで形成される。

【0077】

金属層12は、例えばAu層で形成され、例えば厚さは約2.5~5μm程度である。エピタキシャル成長層26内のp型クラッド層は、例えばAlGaAs層若しくは導電型をp⁻型とするAlGaAs層と導電型をp⁺型とするAlGaAs層との多層構造によって形成され、厚さは、例えば約0.1μm程度である。エピタキシャル成長層26内のn型クラッド層は、例えばn型AlGaAs層によって形成され、厚さは、例えば約0.1μm程度である。n型ウィンドウ層は、例えばAlGaAs層の多層構造とAlGaAs層の多層構造上に形成されたGaAs層からなり、全体の厚さは、例えば、約0.95μ

10

20

30

40

50

m程度である。p型ウィンドウ層は、例えばAlGaAs層の多層構造とAlGaAs層の多層構造上に形成されたGaP層からなり、全体の厚さは、例えば、約0.32μm程度である。

【0078】

本発明の第4の実施の形態に係る半導体発光素子は、図20に示すように、図11に示したシリコン基板構造と、図12に示したLED構造をウェハボンディング技術によって互いに貼り付けて形成する。

【0079】

すなわち、本発明の第4の実施の形態に係る半導体発光素子は、図20に示すように、シリコン基板21と、シリコン基板21上に配置されるチタン層22と、チタン層22上に配置される金属層20とから構成されるシリコン基板構造と、金属層20上に配置される金属層12と、金属層12上に配置され、パターニングされた金属コンタクト層11および絶縁層17と、パターニングされた金属コンタクト層11および絶縁層17上に配置され、露出された表面にフロスト処理領域30（露出されたn型GaAs層25をフロスト処理して形成された領域）を有するエピタキシャル成長層26と、エピタキシャル成長層26上に配置され、パターニングされたn型GaAs層25と、n型GaAs層25上に配置され、同様にパターニングされた表面電極層29とから構成されるLED構造を備える。尚、シリコン基板構造において、シリコン基板21の裏面には、チタン層27と、裏面電極層28が配置される。また、エピタキシャル成長層26とn型GaAs層25の間には、後述する図21、図22に示すように、電流集中を防止するための阻止層31を配置しても良い。この場合の阻止層31の材料としては、GaAsを適用することができ、厚さは、例えば約500nm程度である。

【0080】

本発明の第4の実施の形態に係る半導体発光素子においても、図20に示すように、金属層12を用いて、シリコン基板構造と、エピタキシャル成長層からなるLED構造を貼り付けることにより、反射率のよい金属反射層を形成することを可能にしている。金属反射層は、予め、LED構造側に配置された金属層12によって形成される。LEDからの放射光は、絶縁層17と金属層12との界面によってミラー面が形成されるため、当該ミラー面において反射される。金属コンタクト層11は、金属層12とエピタキシャル成長層26とのオーミックコンタクトを取るための層であるが、金属層12とエピタキシャル成長層26との界面に介在し、絶縁層17と同程度の厚さを有する。

【0081】

（平面パターン構造）

金属コンタクト層11のパターン幅が広い場合には、実質的な発光領域が制限されるため、面積効率が低下し発光効率が減少する。一方、金属コンタクト層11のパターン幅が狭い場合には、金属コンタクト層11の面積抵抗が増大し、LEDの順方向電圧Vfが上昇する。このため、最適なパターン幅WおよびパターンピッチD1が存在する。幾つかのパターン例では、六角形を基本とするハニカムパターン構造、或いは、円形ドット形状を基本構造とする円形ドットパターン構造が存在する。

【0082】

本発明の第4の実施の形態に係る半導体発光素子およびその製造方法に適用されるLEDの模式的平面パターン構造は、例えば図13に示すように、六角形を基本構造とするハニカムパターン構造を有する。図13において、幅Wで示される形状部分が図12における例えばAuBe層あるいはAuBeとNiとの合金層などで形成される金属コンタクト層11のパターンを示し、幅D1を有する六角形パターンは、絶縁層17の部分に相当し、LEDからの放射光が導光する領域を表す。幅D1は、例えば約100μm程度であり、線幅Wは、約5μm～約11μm程度である。

【0083】

本発明の第4の実施の形態に係る半導体発光素子およびその製造方法に適用されるLEDの別の模式的平面パターン構造は、例えば図14に示すように、円形を基本とするドッ

トパターン構造を有する。図 1 4 において、幅 d で示される形状部分が図 1 2 における例えば A u B e 層あるいは A u B e と N i との合金層などで形成される金属コンタクト層 1 1 のパターンを示し、幅 D 2 を有するパターンピッチで配置されている。図 1 4 において、幅 d、パターンピッチ D 2 を有する円形のパターン部分以外の領域が、絶縁層 1 7 の部分に相当し、L E D からの放射光が導光する領域を表す。パターンピッチ D 2 は、例えば約 1 0 0 μ m 程度であり、幅 d は、約 5 μ m ~ 約 1 1 μ m 程度である。

【 0 0 8 4 】

また、本発明の第 4 の実施の形態に係る半導体発光素子およびその製造方法に適用される L E D の模式的平面パターン構造は、六角形ハニカムパターン、円形ドットパターンに限定されるものではなく、三角形パターン、矩形パターン、六角形パターン、八角形パター

10

【 0 0 8 5 】

本発明の第 4 の実施の形態に係る半導体発光素子に適用される L E D の模式的平面パターン構造は、導光領域の面積を確保して L E D からの発光輝度を低下させず、かつを L E D の順方向電圧 V f が上昇しない程度の金属配線パターン幅を確保できればよい。

【 0 0 8 6 】

(製造方法)

本発明の第 4 の実施の形態に係る半導体発光素子の製造方法を以下に説明する。

【 0 0 8 7 】

20

図 1 1 乃至図 2 0 は、本発明の第 4 の実施の形態に係る半導体発光素子の製造方法の一工程を説明する模式的断面構造を示す。

【 0 0 8 8 】

(a) まず、図 1 1 に示すように、貼付け用のシリコン基板構造、および図 1 2 に示すように、貼付け用の L E D 構造を準備する。

【 0 0 8 9 】

シリコン基板構造においては、シリコン基板 2 1 上にチタン層 2 2 および A u などからなる金属層 2 0 をスパッタリング法、真空蒸着法などを用いて順次形成する。

【 0 0 9 0 】

L E D 構造においては、G a A s 基板 2 3 上の A l I n G a P 層 2 4、n 型 G a A s 層 2 5、エピタキシャル成長層 2 6 は、分子線エピタキシャル成長法 (M B E : Molecular Beam Epitaxy)、M O C V D (Metal Organic Chemical Vapor Deposition) 法などを用いて順次形成する。次に、エピタキシャル成長層 2 6 上にリフトオフ法を用いて、パターニングされた絶縁層 1 7 に対して、金属コンタクト層 1 1 および金属層 1 2 を形成する。

30

【 0 0 9 1 】

(b) 次に、図 1 5 に示すように、図 1 1 に示す貼付け用のシリコン基板構造、および図 1 2 に示す貼付け用の L E D 構造を貼り付ける。貼り付け工程においては、例えばプレス機を用いて、熱圧着温度として約 3 4 0 程度、熱圧着の圧力として約 1 8 M P a 程度、熱圧着の時間として約 1 0 分程度の条件で実施する。

【 0 0 9 2 】

40

(c) 次に、図 1 6 に示すように、シリコン基板 2 1 の裏面に対して、チタン層 2 7 および A u などからなる裏面電極層 2 8 をスパッタリング法、真空蒸着法などを用いて順次形成する。チタン層 2 7 を A u 層とシリコン基板 2 1 との間に介在させない場合、オーミックコンタクトをとるためにシンタリングを実施するとシリコン基板 2 1 と A u 層との接合部の A u が A u S i シリサイドとなり反射率が低下する。したがって、チタン層 2 7 は、シリコン基板 2 1 と A u 層との接着用の金属である。A u S i シリサイド化を防ぐためには、バリアメタルとしてタンゲステン (W) が必要であり、そのときの構造として、基板側から、シリコン基板 / T i / W / A u で金属層を形成する必要がある。

【 0 0 9 3 】

(d) 次に、図 1 7 に示すように、裏面電極層 2 8 をレジストなどで保護した後、G a A

50

s 基板 2 3 をエッチングにより除去する。例えばアンモニア / 過酸化水素水からなるエッチング液を用い、エッチング時間は、約 6 5 ~ 8 5 分程度である。ここで、A l I n G a P 層 2 4 がエッチングストッパとして重要な働きをする。

【 0 0 9 4 】

(e) 次に、図 1 8 に示すように、塩酸系のエッチング液を用いて、A l I n G a P 層 2 4 を除去する。エッチング時間は、例えば約 1 分半程度である。

【 0 0 9 5 】

(f) 次に、図 1 9 に示すように、表面電極層 2 9 をスパッタリング法、真空蒸着法などを用いて形成後、パターンニングする。表面電極層 2 9 のパターンは金属コンタクト層 1 1 のパターンに略一致させている。表面電極層 2 9 の材料としては、例えば A u / A u G e - N i 合金 / A u からなる積層構造を用いることができる。ここで、n 型 G a A s 層 2 5 は表面電極層 2 9 の剥がれ防止機能を有する。

【 0 0 9 6 】

(g) 次に、図 2 0 に示すように、フロスト処理を実施して、表面電極層 2 9 の直下の n 型 G a A s 層 2 5 以外の n 型 G a A s 層 2 5 の除去を行う。フロスト処理の条件としては、例えば硝酸—硫酸系のエッチング液を約 3 0 ~ 5 0 , 時間約 5 s e c ~ 1 5 s e c 程度で行なうことができる。尚、フロスト処理の前処理としては、フッ酸の薄い液を用いて n 型 G a A s 層 2 5 をエッチングして、表面に形成された G a O₂ 膜を除去することができる。エッチング時間としては、例えば約 3 分程度である。

【 0 0 9 7 】

尚、チタン層 2 2 およびチタン層 2 7 の代りとして、例えばタングステン (W) バリアメタル、白金 (P t) バリアメタルなどを用いることもできる。

【 0 0 9 8 】

以上の説明により、図 2 0 に示すように、シリコン基板 2 1 を用いた本発明の第 4 の実施の形態に係る半導体発光素子が完成される。

【 0 0 9 9 】

(第 4 の実施の形態の変形例)

図 2 1 は、本発明の第 4 の実施の形態の変形例に係る半導体発光素子の製造方法の一工程を説明する模式的断面構造を示す。また、図 2 2 は、本発明の第 4 の実施の形態の別の変形例に係る半導体発光素子の製造方法の一工程を説明する模式的断面構造を示す。

【 0 1 0 0 】

本発明の第 4 の実施の形態の変形例に係る半導体発光素子は、図 2 1 に示すように、図 1 1 に示したシリコン基板構造と、図 1 2 に示した L E D 構造をウェハボンディング技術によって互いに貼り付けて形成する。

【 0 1 0 1 】

すなわち、本発明の第 4 の実施の形態に係る半導体発光素子は、図 2 0 に示すように、G a A s 基板 1 5 と、G a A s 基板 1 5 上に配置される金属バッファ層 (A u G e - N i 合金層) 3 2 と、金属バッファ層 3 2 上に配置される金属層 (A u 層) 3 3 とから構成される G a A s 基板構造と、金属層 3 3 上に配置される金属層 1 2 と、金属層 1 2 上に配置され、パターンニングされた金属コンタクト層 1 1 および絶縁層 1 7 と、パターンニングされた金属コンタクト層 1 1 および絶縁層 1 7 上に配置され、露出された表面にフロスト処理領域 3 0 (露出された n 型 G a A s 層 2 5 をフロスト処理して形成された領域) を有するエピタキシャル成長層 2 6 と、エピタキシャル成長層 2 6 上に配置され、パターンニングされた n 型 G a A s 層 2 5 と、n 型 G a A s 層 2 5 上に配置され、同様にパターンニングされた表面電極層 2 9 とから構成される L E D 構造を備える。尚、G a A s 基板構造において、G a A s 基板 1 5 の裏面には、金属バッファ層 (A u G e - N i 合金層) 3 4 と、裏面電極層 3 5 が配置される。また、エピタキシャル成長層 2 6 と n 型 G a A s 層 2 5 の間には、図 2 2 に示すように、電流集中を防止するための阻止層 3 1 を配置しても良い。この場合の阻止層 3 1 の材料としては、G a A s を適用することができ、厚さは、例えば約 5 0 0 n m 程度である。

【 0 1 0 2 】

本発明の第 4 の実施の形態の変形例に係る半導体発光素子においても、図 2 1 に示すように、金属層 1 2 を用いて、GaAs 基板構造と、エピタキシャル成長層からなる LED 構造を貼り付けることにより、反射率のよい金属反射層を形成することを可能にしている。金属反射層は、予め、LED 構造側に配置された金属層 1 2 によって形成される。LED からの放射光は、絶縁層 1 7 と金属層 1 2 との界面によってミラー面が形成されるため、当該ミラー面において反射される。金属コンタクト層 1 1 は、金属層 1 2 とエピタキシャル成長層 2 6 とのオーミックコンタクトを取るための層であるが、金属層 1 2 とエピタキシャル成長層 2 6 との界面に介在し、絶縁層 1 7 と同程度の厚さを有する。

【 0 1 0 3 】

図 2 1 および図 2 2 の構造において、GaAs 基板 1 5 の裏面に形成される金属バッファ層 3 4 は、例えば AuGe - Ni 合金層で形成され、厚さは約 1 0 0 nm 程度である。また、裏面電極層 3 5 は、Au 層で形成され、厚さは約 5 0 0 nm 程度である。GaAs 基板 1 5 の表面に形成される金属バッファ層 3 2 は、例えば AuGe - Ni 合金層で形成され、厚さは約 1 0 0 nm 程度である。さらに金属層 3 3 は、Au 層で形成され、厚さは約 1 μm 程度である。

【 0 1 0 4 】

図 1 1 乃至図 2 0 に示された本発明の第 4 の実施の形態に係る半導体発光素子の製造方法の各工程は、本発明の第 4 の実施の形態の変形例に係る半導体発光素子の製造方法においても同様であるため説明を省略する。

【 0 1 0 5 】

本発明の第 4 の実施の形態の変形例に係る半導体発光素子およびその製造方法に適用される LED の模式的平面パターン構造も、図 1 3 或いは図 1 4 と同様の構造を適用可能である。

【 0 1 0 6 】

また、本発明の第 4 の実施の形態およびその変形例に係る半導体発光素子においても第 2 の実施の形態の変形例において説明した、絶縁層 1 7 と金属層 1 2 との間に、Ag や Al などからなる金属バッファ層 1 8 (図 6 参照) を形成することも有効である。Ag や Al などからなる金属バッファ層 1 8 を形成することで、Au では反射率の低い紫外線などの短波長の光を効率よく反射することができるからである。

【 0 1 0 7 】

本発明の第 4 の実施の形態およびその変形例に係る半導体発光素子およびその製造方法によれば、金属反射層と半導体層との間に透明な絶縁層 1 7 を介在させることにより、エピタキシャル成長層 2 6 と金属層 1 2 との接触を避け、光の吸収を防ぎ、反射率の良い金属反射層を形成することができるので、LED の高輝度化を図ることができる。

【 0 1 0 8 】

また、本発明の第 4 の実施の形態およびその変形例に係る半導体発光素子およびその製造方法によれば、絶縁層 1 7 と金属層 1 2 , 2 0 との間に、Ag や Al などからなる金属バッファ層を形成することで、Au では反射率の低い紫外線などの短波長の光を効率よく反射することができ、LED の高輝度化を図ることができる。

【 0 1 0 9 】

また、本発明の第 4 の実施の形態およびその変形例に係る半導体発光素子およびその製造方法によれば、エピタキシャル成長層 2 6 と金属層 1 2 との接触を避け、エピタキシャル成長層 2 6 と金属反射層の界面において光が吸収されないため、LED の高輝度化を図ることができる。

【 0 1 1 0 】

本発明の第 4 の実施の形態およびその変形例に係る半導体発光素子およびその製造方法によれば、シリコン基板若しくは GaAs 基板への光の吸収を防ぐために、反射層に金属を用いて光を全反射させ、シリコン基板若しくは GaAs 基板への吸収を防ぎ、あらゆる角度の光を反射することが可能になるので、LED を高輝度化することができる。

10

20

30

40

50

【 0 1 1 1 】

[その他の実施の形態]

上記のように、本発明は第 1 乃至第 4 の実施の形態によって記載したが、この開示の一部をなす論述および図面はこの発明を限定するものであると理解すべきではない。この開示から当業者には様々な代替実施の形態、実施例および運用技術が明らかとなろう。

【 0 1 1 2 】

本発明の第 1 乃至第 4 の実施の形態に係る半導体発光素子およびその製造方法においては、半導体基板として主としてシリコン基板、G a A s 基板を例に説明したが、G e、S i G e、S i C、G a N 基板、或いは S i C 上の G a N エピタキシャル基板なども十分に利用可能である。

10

【 0 1 1 3 】

本発明の第 1 乃至第 4 の実施の形態に係る半導体発光素子として、主として L E D を例に説明したが、レーザダイオード (L D : Laser Diode) を構成してもよく、その場合には、分布帰還型 (D F B : Distributed Feedback) L D、分布ブラッグ反射型 (D B R) L D、面発光 L D などを構成しても良い。

【 0 1 1 4 】

このように、本発明はここでは記載していない様々な実施の形態などを含むことは勿論である。したがって、本発明の技術的範囲は上記の説明から妥当な特許請求の範囲に係る発明特定事項によってのみ定められるものである。

【産業上の利用可能性】

20

【 0 1 1 5 】

本発明の実施の形態に係る半導体発光素子およびその製造方法は、G a A s 基板、S i 基板等の不透明基板を有する L E D 素子、L D 素子等の半導体発光素子全般に利用可能である。

【符号の説明】

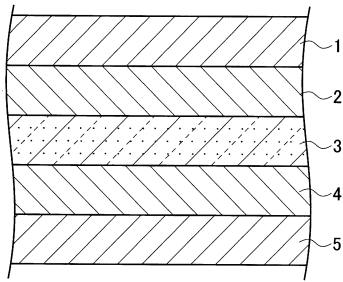
【 0 1 1 6 】

- 1、5、12、20、33...金属層 (A u 層)
- 2、4、18...金属バッファ層
- 3... p 型 G a A s 層
- 6... n 型 G a A s 層
- 7...ウィンドウ層
- 8... n 型クラッド層
- 9...多重量子井戸 (M Q W) 層
- 10... p 型クラッド層
- 11...金属コンタクト層 (A u B e - N i 合金)
- 15、23... G a A s 基板
- 17...絶縁層
- 21...シリコン (S i) 基板
- 22、27...チタン (T i) 層
- 24... A l I n G a P 層
- 25... n 型 G a A s 層
- 26...エピタキシャル成長層
- 29...表面電極層
- 30...フロスト処理領域
- 31...阻止層
- 32、34...金属バッファ層 (A u G e - N i 合金)
- 28、35...裏面電極層

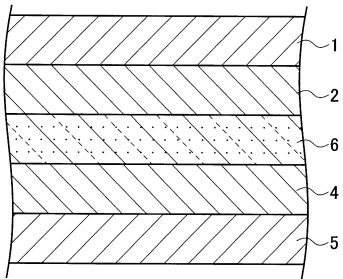
30

40

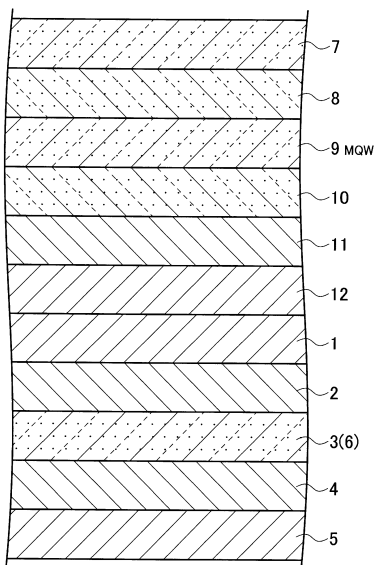
【図 1】



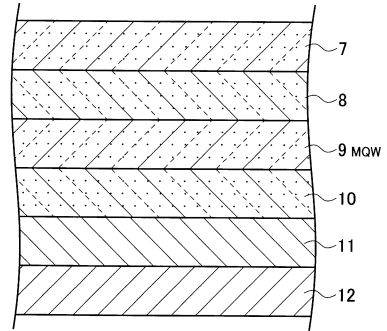
【図 2】



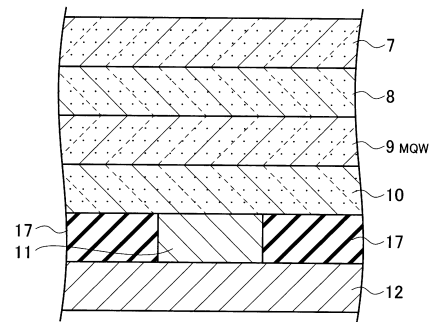
【図 4】



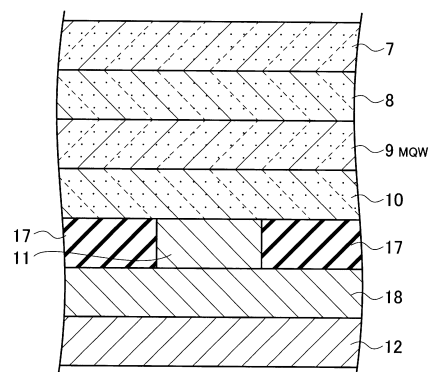
【図 3】



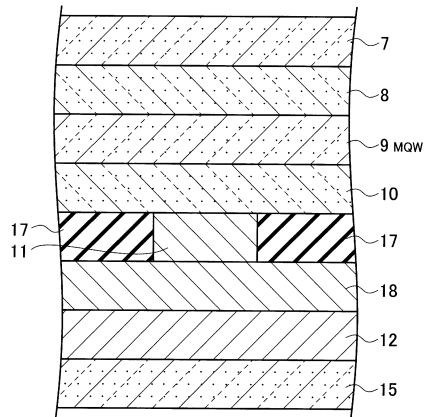
【図 5】



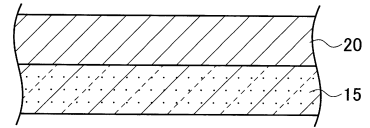
【図 6】



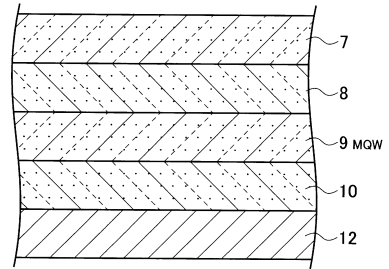
【図 7】



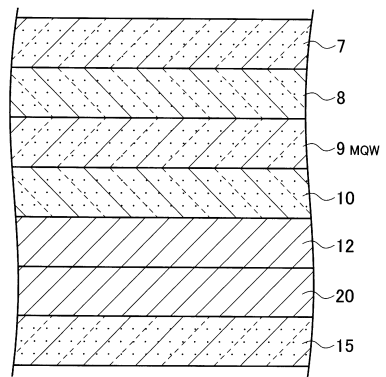
【図 8】



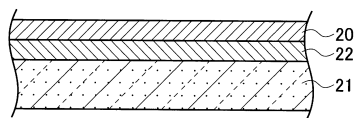
【図 9】



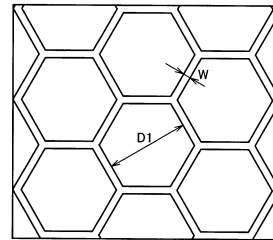
【図 10】



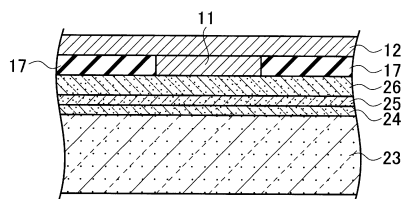
【図 11】



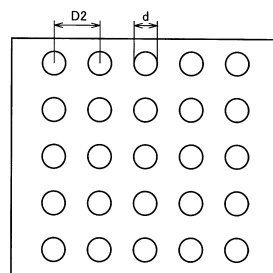
【図 13】



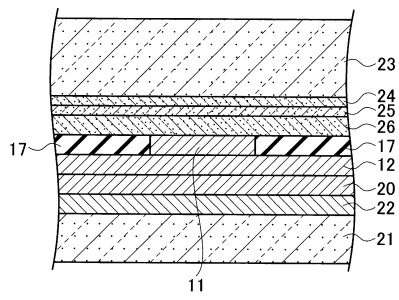
【図 12】



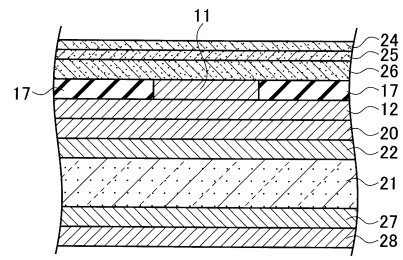
【図 14】



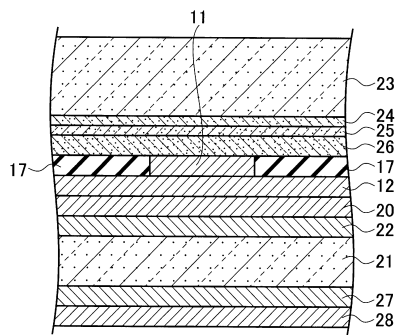
【図 15】



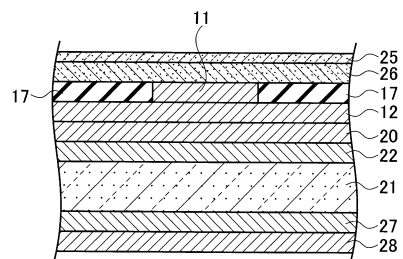
【図 17】



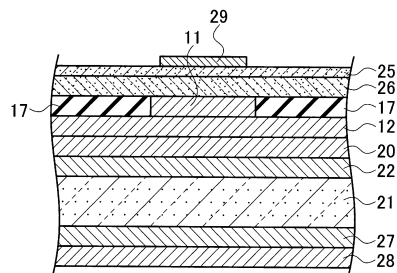
【図 16】



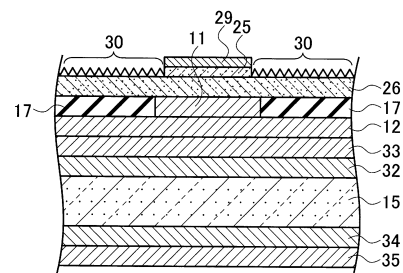
【図 18】



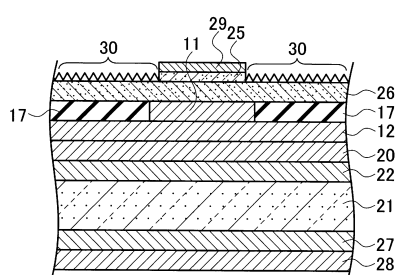
【図 19】



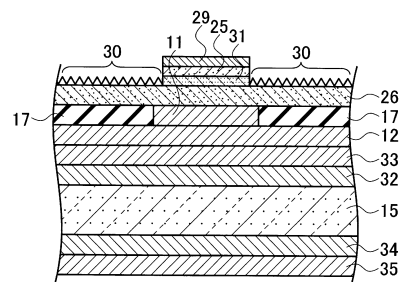
【図 21】



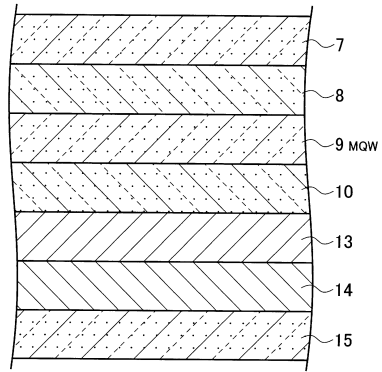
【図 20】



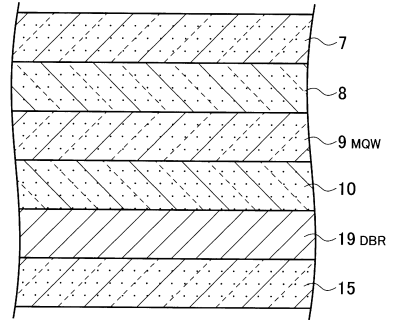
【図 22】



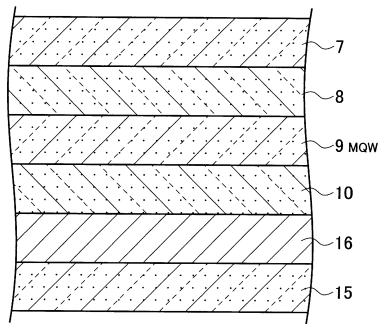
【図 23】



【図 25】



【図 24】



フロントページの続き

(72)発明者 千田 和彦
京都府京都市右京区西院溝崎町2 1 番地 ローム株式会社内

審査官 村井 友和

(56)参考文献 特開2005 - 123530 (JP, A)
特開2003 - 282946 (JP, A)
特表2005 - 513787 (JP, A)
国際公開第2004 / 082033 (WO, A1)
国際公開第2006 / 006556 (WO, A1)
特開2008 - 103627 (JP, A)
特開2006 - 128425 (JP, A)
特開2005 - 259820 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
H01L 33 / 00 - 33 / 64