

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5123573号  
(P5123573)

(45) 発行日 平成25年1月23日(2013.1.23)

(24) 登録日 平成24年11月2日(2012.11.2)

(51) Int.Cl. F I  
H O 1 L 33/02 (2010.01) H O 1 L 33/00 1 0 0

請求項の数 40 (全 28 頁)

(21) 出願番号	特願2007-156381 (P2007-156381)	(73) 特許権者	000116024
(22) 出願日	平成19年6月13日(2007.6.13)		ローム株式会社
(65) 公開番号	特開2008-311352 (P2008-311352A)		京都府京都市右京区西院溝崎町2 1 番地
(43) 公開日	平成20年12月25日(2008.12.25)	(74) 代理人	100083806
審査請求日	平成22年6月10日(2010.6.10)		弁理士 三好 秀和
		(74) 代理人	100133514
			弁理士 寺山 啓進
		(74) 代理人	100122910
			弁理士 三好 広之
		(74) 代理人	100117064
			弁理士 伊藤 市太郎
		(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

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 半導体発光素子およびその製造方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

表面に複数の溝部を形成した GaAs 層と、前記 GaAs 層の前記表面、前記溝部の側壁および前記溝部の底面に配置された第 1 金属バッファ層と、前記第 1 金属バッファ層上に配置された第 1 金属層と、前記 GaAs 層の裏面に配置された第 2 金属バッファ層と、前記第 2 金属バッファ層の前記 GaAs 層と反対側の表面に配置された第 2 金属層とを備える GaAs 基板構造と、

前記 GaAs 基板構造上に配置され、第 3 金属層と、前記第 3 金属層上に配置される金属コンタクト層と、前記金属コンタクト層上に配置される p 型クラッド層と、前記 p 型クラッド層に配置される多重量子井戸層と、前記多重量子井戸層上に配置される 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を備える発光ダイオード構造とから構成され、

前記 GaAs 層の前記表面に配置された前記第 1 金属層および前記第 3 金属層を用いて、前記 GaAs 基板構造と、前記発光ダイオード構造を貼り付けるとともに、前記溝部の前記第 1 金属層と前記第 3 金属層との間にはエアギャップが存在することを特徴とする半導体発光素子。

【請求項 2】

前記 GaAs 層の導電型は p 型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 GaAs 層の導電型は n 型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 4】

前記発光ダイオード構造側に予め配置された前記第 3 金属層によって、金属反射層が形成されることを特徴とする請求項 1 ~ 3 の内、いずれか 1 項に記載の半導体発光素子。

【請求項 5】

前記発光ダイオード構造からの放射光は、前記 p 型クラッド層と、前記第 3 金属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 の内、いずれか 1 項に記載の半導体発光素子。

【請求項 6】

前記第 3 金属層と前記 p 型クラッド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 1 ~ 5 の内、いずれか 1 項に記載の半導体発光素子。

【請求項 7】

前記 GaAs 層の前記表面に配置された前記第 1 金属層および前記第 3 金属層を熱圧着によって貼り付けることによって、前記 GaAs 基板構造と、前記発光ダイオード構造を貼り付けることを特徴とする請求項 1 ~ 6 の内、いずれか 1 項に記載の半導体発光素子。

【請求項 8】

前記第 3 金属層は、Au 層で形成されることを特徴とする請求項 1 ~ 7 の内、いずれか 1 項に記載の半導体発光素子。

【請求項 9】

表面に複数の溝部を形成した GaAs 基板と、  
前記 GaAs 基板の前記表面、前記溝部の側壁および前記溝部の底面に配置される金属層と、

前記 GaAs 基板の前記表面上の前記金属層上に配置され、パターンニングされた金属コンタクト層および絶縁層と、

パターンニングされた前記金属コンタクト層および前記絶縁層上に配置される p 型クラッド層 10 と、

前記 p 型クラッド層上に配置される多重量子井戸層と、

前記多重量子井戸層上に配置される 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を備える発光ダイオード構造とから構成され、

前記 GaAs 基板の前記表面上の前記金属層を用いて、前記 GaAs 基板と、前記発光ダイオード構造を貼り付けると共に、前記溝部の前記金属層と前記発光ダイオード構造との間にはエアギャップが存在することことを特徴とする半導体発光素子。

【請求項 10】

前記金属層上に配置され、前記金属層と、パターンニングされた前記金属コンタクト層および前記絶縁層との間に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 9 に記載の半導体発光素子。

【請求項 11】

前記金属バッファ層は、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 または 11 に記載の半導体発光素子。

【請求項 13】

前記 GaAs 基板の前記表面上の前記金属層を前記 GaAs 基板と熱圧着によって貼り付けることによって、前記 GaAs 基板構造と、前記発光ダイオード構造を貼り付けることを特徴とする請求項 9 ~ 12 の内、いずれか 1 項に記載の半導体発光素子。

10

20

30

40

50

## 【請求項 14】

前記金属層は、Au層で形成されることを特徴とする請求項9～13の内、いずれか1項に記載の半導体発光素子。

## 【請求項 15】

前記発光ダイオード構造側に予め配置された前記金属層によって、金属反射層が形成されることを特徴とする請求項9～14の内、いずれか1項に記載の半導体発光素子。

## 【請求項 16】

前記発光ダイオード構造からの放射光は、前記絶縁層と、前記金属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9～15の内、いずれか1項に記載の半導体発光素子。

10

## 【請求項 17】

前記金属層と前記絶縁層との界面に介在される前記金属バッファ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16に記載の半導体発光素子。

## 【請求項 18】

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9～17の内、いずれか1項に記載の半導体発光素子。

## 【請求項 19】

前記絶縁層は、シリコン酸化膜、シリコン窒化膜、SiON膜、SiO<sub>x</sub>N<sub>y</sub>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9～18の内、いずれか1項に記載の半導体発光素子。

20

## 【請求項 20】

表面に複数の溝部を形成したGaAs基板と、前記GaAs基板の前記表面、前記溝部の側壁および前記溝部の底面上に配置された第1金属層とを備えるGaAs基板構造と、当該GaAs基板構造上に配置され、第2金属層と、前記第2金属層上に配置されるp型クラッド層と、前記p型クラッド層上に配置される多重量子井戸層と、前記多重量子井戸層上に配置される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を備える発光ダイオード構造とから構成され、

前記GaAs基板の前記表面上の前記第1金属層および前記第2金属層を用いて、前記GaAs基板と、前記発光ダイオード構造を貼り付けると共に、前記溝部の前記第1金属層と前記発光ダイオード構造との間にはエアギャップが存在することを特徴とする半導体発光素子。

30

## 【請求項 21】

前記発光ダイオード構造側に予め配置された前記第2金属層によって、金属反射層が形成され、前記発光ダイオード構造からの放射光は、前記p型クラッド層と、前記第2金属層との界面に形成されるミラー面において反射されることを特徴とする請求項20に記載の半導体発光素子。

## 【請求項 22】

前記GaAs基板の前記表面上の前記第1金属層および前記第2金属層を熱圧着によって貼り付けることによって、前記GaAs基板構造と、前記発光ダイオード構造を貼り付けることを特徴とする請求項20または21に記載の半導体発光素子。

40

## 【請求項 23】

前記第1金属層および前記第2金属層は、いずれもAu層で形成されることを特徴とする請求項20～22の内、いずれか1項に記載の半導体発光素子。

## 【請求項 24】

表面に複数の溝部を形成したシリコン基板と、前記シリコン基板の前記表面、前記溝部の側壁および前記溝部の底面上に配置されるチタン層と、前記チタン層上に配置される第1金属層とから構成されるシリコン基板構造と、

前記第1金属層上に配置される第2金属層と、前記第2金属層上に配置され、パターンニングされた金属コンタクト層および絶縁層と、パターンニングされた前記金属コンタクト層

50

および前記絶縁層上に配置され、露出された表面にフロスト処理領域を有するエピタキシャル成長層と、前記エピタキシャル成長層上に配置され、パターニングされたn型GaAs層と、前記n型GaAs層上に配置され、パターニングされた表面電極層とから構成されるLED構造とを備え、

前記シリコン基板の前記表面上の前記第1金属層および前記第2金属層を用いて、前記シリコン基板構造と、前記発光ダイオード構造を貼り付けると共に、前記溝部の前記第1金属層と前記LED構造との間にはエアギャップが存在することを特徴とする半導体発光素子。

【請求項25】

前記シリコン基板構造において、前記シリコン基板の裏面には、裏面電極層が配置され、前記エピタキシャル成長層と前記n型GaAs層の間には、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24に記載の半導体発光素子。

10

【請求項26】

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25に記載の半導体発光素子。

【請求項27】

前記発光ダイオード構造側に予め配置された前記第2金属層によって、金属反射層が形成され、前記発光ダイオード構造からの放射光は、前記絶縁層と、前記第2金属層との界面に形成されるミラー面において反射されることを特徴とする請求項24～26の内、いずれか1項に記載の半導体発光素子。

20

【請求項28】

前記シリコン基板の前記表面上の前記第1金属層および前記第2金属層を熱圧着によって貼り付けることによって、前記シリコン基板構造と、前記発光ダイオード構造を貼り付けることを特徴とする請求項24～27の内、いずれか1項に記載の半導体発光素子。

【請求項29】

前記第1金属層および前記第2金属層は、いずれもAu層で形成されることを特徴とする請求項24～28の内、いずれか1項に記載の半導体発光素子。

【請求項30】

表面に複数の溝部を形成したGaAs基板と、前記GaAs基板の前記表面、前記溝部の側壁および前記溝部の底面上に配置される金属バッファ層と、前記金属バッファ層上に配置される第1金属層とから構成されるGaAs基板構造と、

30

前記第1金属層上に配置される第2金属層と、前記第2金属層上に配置され、パターニングされた金属コンタクト層および絶縁層と、パターニングされた前記金属コンタクト層および前記絶縁層上に配置され、露出された表面にフロスト処理領域を有するエピタキシャル成長層と、前記エピタキシャル成長層上に配置され、パターニングされたn型GaAs層と、前記n型GaAs層上に配置され、パターニングされた表面電極層とから構成されるLED構造を備え、

前記GaAs基板の前記表面上の前記第1金属層および前記第2金属層を用いて、前記GaAs基板構造と、前記発光ダイオード構造を貼り付けると共に、前記溝部の前記第1金属層上に配置される第2金属層と前記LED構造との間にはエアギャップが存在することを特徴とする半導体発光素子。

40

【請求項31】

前記GaAs基板構造において、前記GaAs基板の裏面には、裏面電極層が配置され、前記エピタキシャル成長層と前記n型GaAs層の間には、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30に記載の半導体発光素子。

【請求項32】

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31に記載の半導体発光素子。

【請求項33】

前記発光ダイオード構造側に予め配置された前記第2金属層によって、金属反射層が形

50

成され、前記発光ダイオード構造からの放射光は、前記絶縁層と、前記第2金属層との界面に形成されるミラー面において反射されることを特徴とする請求項30～32の内、いずれか1項に記載の半導体発光素子。

【請求項34】

前記GaAs基板の前記表面上の前記第1金属層および前記第2金属層を熱圧着によって貼り付けることによって、前記GaAs基板構造と、前記発光ダイオード構造を貼り付けることを特徴とする請求項30～33の内、いずれか1項に記載の半導体発光素子。

【請求項35】

前記第1金属層および前記第2金属層は、いずれもAu層で形成されることを特徴とする請求項30～34の内、いずれか1項に記載の半導体発光素子。

10

【請求項36】

前記金属層上に配置され、前記金属層と、パターンニングされた前記金属コンタクト層および前記絶縁層との間に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30～35の内、いずれか1項に記載の半導体発光素子。

【請求項37】

前記金属バッファ層は、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36に記載の半導体発光素子。

【請求項38】

貼付け用の半導体基板構造、および貼付け用の発光ダイオード構造を準備する工程と、前記半導体基板構造においては、半導体基板の表面に複数の溝部を形成した後、前記半導体基板上に第1金属層を形成する工程と、

20

前記発光ダイオード構造においては、GaAs基板上にAlInGaP層、n型GaAs層、エピタキシャル成長層を順次形成する工程と、

前記エピタキシャル成長層上に、パターンニングされた絶縁層に対して、金属コンタクト層および第2金属層を形成する工程と、

前記半導体基板の前記表面上の前記第1金属層を用いて、前記半導体基板と、前記貼付け用のLED構造を熱圧着により貼り付けると共に、前記溝部の前記第1金属層と前記LED構造との間にはエアギャップを形成する工程と、

前記GaAs基板をエッチングにより除去する工程と、

前記AlInGaP層を除去する工程と、

30

表面電極層をパターン形成する工程と、

フロスト処理を実施して、前記表面電極層の直下の前記n型GaAs層以外の前記n型GaAs層の除去を行う工程と

を有することを特徴とする半導体発光素子の製造方法。

【請求項39】

前記AlInGaP層を除去する工程後、前記表面電極層をパターン形成する工程前に電流集中を阻止するための阻止層を形成する工程をさらに有することを特徴とする請求項38に記載の半導体発光素子の製造方法。

【請求項40】

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39に記載の半導体発光素子の製造方法。

40

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、半導体発光素子およびその製造方法に関し、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およびその製造方法に関する。

【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

50

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。 )。

【 0 0 0 3 】

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。

10

【 0 0 0 4 】

図 2 4 乃至図 2 6 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。

【 0 0 0 5 】

例えば、従来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 Au-Sn 合金層 1 4 と、Au-Sn 合金層 1 4 上に配置されたバリアメタル層 1 3 と、バリアメタル層 1 3 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。

20

【 0 0 0 6 】

図 2 4 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 合金は融点が低いため、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 1 5 側の Au-Sn 合金が溶け、貼り付けることができる。

【 0 0 0 7 】

しかし、Au-Sn 合金層 1 4 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 2 4 に示すように、バリアメタル層 1 3 を入れる必要がある。また、Au-Sn 合金層 1 4 は光の反射率が悪いという問題点がある。

30

【 0 0 0 8 】

例えば、従来の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 5 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

40

【 0 0 0 9 】

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。

【 0 0 1 0 】

すなわち、従来の更に別の半導体発光素子は、図 2 6 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

50

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 26 に示す従来の半導体発光素子は、GaAs 基板 15 と MQW 層 9 との間に光の反射層として DBR 層 19 を用いているが、DBR 層 19 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 19 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 15 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。

【0011】

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。

10

【0012】

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。

【0013】

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。

【0014】

さらに、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、半導体基板、絶縁膜、金属層を貼り付ける時に、熱膨張係数の違いや、密着性の問題があるために、高温にすると剥がれるという問題がある。

20

【0015】

さらに、ウェハボンディング技術の代わりに、接着剤を用いて、半導体発光素子の積層体と半導体基板を貼り付ける半導体発光素子およびその製造構造についても開示されている (たとえば、特許文献 3 参照。 )。

【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

【特許文献 3】特開 2005 - 223207 号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

30

【0016】

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、ウェハボンディング技術を用いて、基板の貼付けを密着性良く行い、金属反射層を形成して高輝度の半導体発光素子およびその製造方法を提供することにある。

【0017】

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およびその製造方法を提供することにある。

【0018】

また、本発明の目的は、光の反射層に DBR 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およびその製造方法を提供することにある。

40

【課題を解決するための手段】

【0019】

上記目的を達成するための本発明の一態様によれば、表面に複数の溝部を形成した GaAs 層と、前記 GaAs 層の前記表面、前記溝部の側壁および前記溝部の底面に配置された第 1 金属バッファ層と、前記第 1 金属バッファ層上に配置された第 1 金属層と、前記 GaAs 層の裏面に配置された第 2 金属バッファ層と、前記第 2 金属バッファ層の前記 GaAs 層と反対側の表面に配置された第 2 金属層とを備える GaAs 基板構造と、前記 GaAs 基板構造上に配置され、第 3 金属層と、前記第 3 金属層上に配置される金属コンタク

50

ト層と、前記金属コンタクト層上に配置されるp型クラッド層と、前記p型クラッド層に配置される多重量子井戸層と、前記多重量子井戸層上に配置される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を備える発光ダイオード構造とから構成され、前記GaAs層の前記表面に配置された前記第1金属層および前記第3金属層を用いて、前記GaAs基板構造と、前記発光ダイオード構造を貼り付けるとともに、前記溝部の前記第1金属層と前記第3金属層との間にはエアギャップが存在することを特徴とする半導体発光素子が提供される。

【0020】

本発明の他の態様によれば、表面に複数の溝部を形成したGaAs基板と、前記GaAs基板の前記表面、前記溝部の側壁および前記溝部の底面に配置される金属層と、前記GaAs基板の前記表面上の前記金属層上に配置され、パターニングされた金属コンタクト層および絶縁層と、パターニングされた前記金属コンタクト層および前記絶縁層上に配置されるp型クラッド層10と、前記p型クラッド層上に配置される多重量子井戸層と、前記多重量子井戸層上に配置される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を備える発光ダイオード構造とから構成され、前記GaAs基板の前記表面上の前記金属層を用いて、前記GaAs基板と、前記発光ダイオード構造を貼り付けると共に、前記溝部の前記金属層と前記発光ダイオード構造との間にはエアギャップが存在することを特徴とする半導体発光素子が提供される。

10

【0021】

本発明の他の態様によれば、表面に複数の溝部を形成したGaAs基板と、前記GaAs基板の前記表面、前記溝部の側壁および前記溝部の底面上に配置された第1金属層とを備えるGaAs基板構造と、当該GaAs基板構造上に配置され、第2金属層と、前記第2金属層上に配置されるp型クラッド層と、前記p型クラッド層上に配置される多重量子井戸層と、前記多重量子井戸層上に配置される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を備える発光ダイオード構造とから構成され、前記GaAs基板の前記表面上の前記第1金属層および前記第2金属層を用いて、前記GaAs基板と、前記発光ダイオード構造を貼り付けると共に、前記溝部の前記第1金属層と前記発光ダイオード構造との間にはエアギャップが存在することを特徴とする半導体発光素子が提供される。

20

【0022】

本発明の他の態様によれば、表面に複数の溝部を形成したシリコン基板と、前記シリコン基板の前記表面、前記溝部の側壁および前記溝部の底面上に配置されるチタン層と、前記チタン層上に配置される第1金属層とから構成されるシリコン基板構造と、前記第1金属層上に配置される第2金属層と、前記第2金属層上に配置され、パターニングされた金属コンタクト層および絶縁層と、パターニングされた前記金属コンタクト層および前記絶縁層上に配置され、露出された表面にフロスト処理領域を有するエピタキシャル成長層と、前記エピタキシャル成長層上に配置され、パターニングされたn型GaAs層と、前記n型GaAs層上に配置され、パターニングされた表面電極層とから構成されるLED構造とを備え、前記シリコン基板の前記表面上の前記第1金属層および前記第2金属層を用いて、前記シリコン基板構造と、前記発光ダイオード構造を貼り付けると共に、前記溝部の前記第1金属層と前記LED構造との間にはエアギャップが存在することを特徴とする半導体発光素子が提供される。

30

40

【0023】

本発明の他の態様によれば、表面に複数の溝部を形成したGaAs基板と、前記GaAs基板の前記表面、前記溝部の側壁および前記溝部の底面上に配置される金属バッファ層と、前記金属バッファ層上に配置される第1金属層とから構成されるGaAs基板構造と、前記第1金属層上に配置される第2金属層と、前記第2金属層上に配置され、パターニングされた金属コンタクト層および絶縁層と、パターニングされた前記金属コンタクト層および前記絶縁層上に配置され、露出された表面にフロスト処理領域を有するエピタキシャル成長層と、前記エピタキシャル成長層上に配置され、パターニングされたn型GaA

50

s層と、前記n型GaAs層上に配置され、パターンニングされた表面電極層とから構成されるLED構造を備え、前記GaAs基板の前記表面上の前記第1金属層および前記第2金属層を用いて、前記GaAs基板構造と、前記発光ダイオード構造を貼り付けると共に、前記溝部の前記第1金属層上に配置される第2金属層と前記LED構造との間にはエアギャップが存在することを特徴とする半導体発光素子が提供される。

#### 【0024】

本発明の他の態様によれば、貼付け用の半導体基板構造、および貼付け用の発光ダイオード構造を準備する工程と、前記半導体基板構造においては、半導体基板の表面に複数の溝部を形成した後、前記半導体基板上に第1金属層を形成する工程と、前記発光ダイオード構造においては、GaAs基板上にAlInGaP層、n型GaAs層、エピタキシャル成長層を順次形成する工程と、前記エピタキシャル成長層上に、パターンニングされた絶縁層に対して、金属コンタクト層および第2金属層を形成する工程と、前記半導体基板の前記表面上の前記第1金属層を用いて、前記半導体基板と、前記貼付け用のLED構造を熱圧着により貼り付けると共に、前記溝部の前記第1金属層と前記LED構造との間にはエアギャップを形成する工程と、前記GaAs基板をエッチングにより除去する工程と、前記AlInGaP層を除去する工程と、表面電極層をパターン形成する工程と、フロスト処理を実施して、前記表面電極層の直下の前記n型GaAs層以外の前記n型GaAs層の除去を行う工程とを有することを特徴とする半導体発光素子の製造方法が提供される。

#### 【発明の効果】

#### 【0025】

本発明の半導体発光素子およびその製造方法によれば、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、ウェハボンディング技術を用いて密着性良く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。

#### 【0026】

本発明の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。

#### 【0027】

本発明の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。

#### 【発明を実施するための最良の形態】

#### 【0028】

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。

#### 【0029】

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。

#### 【0030】

#### [第1の実施の形態]

#### (素子構造)

図1は、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の原理説明図で

10

20

30

40

50

ある。図1(a)は、GaAs基板の模式的断面構造図を示す。

【0031】

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に適用されるp型若しくはn型GaAs基板は、図1(a)に示すように、p型若しくはn型GaAs層(3、6)と、ピッチL、幅Wを有するストライプ状の溝が形成されたp型若しくはn型GaAs層(3、6)の表面に配置された金属層1とを備える。ストライプ溝の幅Wは、例えば約10 $\mu$ m、約30 $\mu$ m、或いは約60 $\mu$ m程度であり、ピッチLは、例えば約100 $\mu$ m、200 $\mu$ m、410 $\mu$ m、1000 $\mu$ m、或いは2000 $\mu$ m程度である。尚、溝部は、ストライプ形状に限定されるものではなく、格子状、ドット状、渦巻き状、六角形パターン形状などであってもよい。また、溝部の深さは、ストライプの幅Wと同程度若しくは

10

【0032】

図1(b)は、図1(a)に示したGaAs基板と、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半導体発光素子の模式的断面構造を示す。LED側は、例えばエピタキシャル成長によって形成されたp型クラッド層10と、p型クラッド層10上に形成された金属層12で示されており、その他の活性層などは図示を省略している。GaAs層(3、6)の表面に配置された金属層1を用いて、GaAs基板と、LEDを貼り付けるとともに、溝部の金属層1と金属層12の間にはエアギャップ40が存在する。

【0033】

すなわち、このような溝部をGaAs基板表面に形成することによって、LEDをウェハボンディング技術によってGaAs基板に貼り付ける時に、空気の逃げ道を作り、さらに高温加熱時の熱膨張で生じる応力を緩和させることができる。結果として、半導体基板、絶縁膜、金属層の熱膨張係数の違いによる各層間の剥がれを防止することができる。

20

【0034】

図1(c)は、さらにチップ化後の模式的断面構造図を示す。p型若しくはn型GaAs基板の表面に形成したストライプ状の溝部に形成されたエアギャップ40が完成したチップ内に含まれている。ピッチLが大きい場合には、エアギャップ40が完成したチップ内に含まれない場合もある。

【0035】

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2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3は、n型GaAs基板の模式的断面構造を示す。また、図4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。

30

【0036】

図5は、図2乃至図3に示したp型乃至n型GaAs基板と、図4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。

40

【0037】

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基板は、図2に示すように、表面に複数の溝部を形成したp型GaAs層3と、p型GaAs層3の表面、溝部の側壁および溝部の底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。

【0038】

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3に示すように、表面に複数の溝部を形成したn型GaAs層6と、

50

n型GaAs層6の表面、溝部の側壁および溝部の底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。

【0039】

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、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3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。

10

【0040】

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4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。

【0041】

図4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<sup>-</sup>型とするAlGaAs層と導電型をp<sup>+</sup>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。

20

【0042】

本発明の第1の実施の形態に係る半導体発光素子は、図5に示すように、図2乃至図3に示したp型乃至n型GaAs基板と、図4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。

30

【0043】

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5に示すように、表面に複数の溝部を形成したp(n)型GaAs層3(6)と、p(n)型GaAs層3(6)の表面、溝部の側壁および溝部の底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

【0044】

Au-Sn合金層からのSn拡散の問題点を解決するために、p(n)型GaAs層3(6)の表面に配置された金属層1および金属層12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構造を貼り付けると共に、溝部の第1金属層1と金属層12との間にはエアギャップ40が存在することにより、p(n)型GaAs層3(6)の表面に配置された金属層1と金属層12との密着性を良好に保つことができ、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。

【0045】

50

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。

【0046】

本発明の第1の実施の形態に係る半導体発光素子は、図5に示すように、金属層1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

【0047】

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。エアギャップ40を設けたことにより、金属層1と金属層12の接触面積は、全面を密着させる構造に比較して、減少している。上記熱圧着の圧力は、結果として、エアギャップ40を設けたことにより、相対的に接触面積が低下した金属層1と金属層12の接触面積に加圧されることになり、金属層1と金属層12の熱圧着時において、貼り付け強度が高くなる。したがって、p(n)型GaAs基板構造と、エピタキシャル成長層からなるLED構造を貼り付けるに際して、エアギャップ40が存在することにより、p(n)型GaAs層3(6)の表面に配置された金属層1と金属層12との密着性を良好に保つことができる。

20

【0048】

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、金属層1と金属層12との密着性を良好に保ちつつ、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。

【0049】

[第2の実施の形態]

(素子構造)

図6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7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。

30

【0050】

図8は、p型乃至n型GaAs基板15と、図7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8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。

【0051】

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6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。

40

【0052】

図6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

50

、 $\text{SiO}_x\text{Ny}$ 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<sup>-</sup>型とするAlGaAs層と導電型をp<sup>+</sup>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 $\mu\text{m}$ 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 $\mu\text{m}$ 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0.1 $\mu\text{m}$ 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。

#### 【0053】

(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7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。

#### 【0054】

図7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7の構造において、金属バッファ層18以外の各層は、図6の構造と同様に形成されるため、説明を省略する。

#### 【0055】

本発明の第2の実施の形態に係る半導体発光素子は、図8に示すように、図6乃至図7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。

#### 【0056】

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8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。

#### 【0057】

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。

#### 【0058】

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

10

20

30

40

50

、六角形を基本とする八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14および図15において説明する。

【0059】

本発明の第2の実施の形態に係る半導体発光素子は、図5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（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。

【0060】

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。

10

【0061】

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。

【0062】

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。

【0063】

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。

20

【0064】

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。

【0065】

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。

30

【0066】

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。

【0067】

[第3の実施の形態]

(素子構造)

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GaAs基板の模式的断面構造を示す。また、図10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。

40

【0068】

図11は、図9に示した金属層20を備えるGaAs基板15と、図10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。

【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適用されるp型若しくはn型GaAs基板構造は、図9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。

【0070】

50

図9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。

【0071】

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10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を備える。

【0072】

図10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1 $\mu$ m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<sup>-</sup>型とするAlGaAs層と導電型をp<sup>+</sup>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0.1 $\mu$ m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1.6 $\mu$ m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0.1 $\mu$ 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 $\mu$ m程度である。

【0073】

本発明の第3の実施の形態に係る半導体発光素子は、図11に示すように、図9に示したp型乃至n型GaAs基板と、図10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。

【0074】

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11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。

【0075】

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。

【0076】

本発明の第3の実施の形態に係る半導体発光素子は、図11に示すように、金属層20および金属層12をともに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。

【0077】

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。

【0078】

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。

【0079】

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。

10

20

30

40

50

## 【 0 0 8 0 】

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。

## 【 0 0 8 1 】

[第4の実施の形態]

(素子構造)

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シリコン基板の模式的断面構造を示す。また、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の模式的断面構造を示す。図14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15は、別の模式的平面パターン構造を示す。

10

## 【 0 0 8 2 】

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12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。

20

## 【 0 0 8 3 】

図12の構造において、シリコン基板21の厚さは、例えば約130 $\mu$ m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2.5 $\mu$ m程度である。

## 【 0 0 8 4 】

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13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。

30

## 【 0 0 8 5 】

図13の構造において、GaAs基板23は、厚さは、例えば約300 $\mu$ m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1.6 $\mu$ m程度に形成される。

40

## 【 0 0 8 6 】

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。

## 【 0 0 8 7 】

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、SiO<sub>x</sub>N<sub>y</sub>膜、或いはこれらの多層膜などで形成される。

## 【 0 0 8 8 】

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 $\mu$ m程度である。

50

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<sup>-</sup>型とする AlGaAs 層と導電型を p<sup>+</sup>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。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 0.1 μm 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 0.95 μm 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 0.32 μm 程度である。

【0089】

本発明の第 4 の実施の形態に係る半導体発光素子は、図 21 に示すように、図 12 に示したシリコン基板構造と、図 13 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。

【0090】

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 21 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 22、図 23 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 500 nm 程度である。

【0091】

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 21 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。

【0092】

(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。

【0093】

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 14 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 14 において、幅 W で示される形状部分が図 13 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

10

20

30

40

50

層 1 1 のパターンを示し、幅  $D_1$  を有する六角形パターンは、絶縁層 1 7 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  $D_1$  は、例えば約  $100\ \mu\text{m}$  程度であり、線幅  $W$  は、約  $5\ \mu\text{m}$  ~ 約  $11\ \mu\text{m}$  程度である。

**【0094】**

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 1 5 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 5 において、幅  $d$  で示される形状部分が図 1 3 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 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 5 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、LED 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  $100\ \mu\text{m}$  程度であり、幅  $d$  は、約  $5\ \mu\text{m}$  ~ 約  $11\ \mu\text{m}$  程度である。

10

**【0095】**

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 LED 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、八角形パターン、円形ドットパターンなどをランダムに配置するランダムパターンを適用することもできる。

**【0096】**

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 LED 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 LED からの発光輝度を低下させず、かつを LED 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。

20

**【0097】****(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。

**【0098】**

図 1 2 乃至図 2 1 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。

**【0099】**

(a) まず、図 1 2 に示すように、貼付け用のシリコン基板構造、および図 1 3 に示すように、貼付け用の LED 構造を準備する。

30

**【0100】**

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 Au 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。

**【0101】**

LED 構造においては、GaAs 基板 2 3 上の AlInGaP 層 2 4、n 型 GaAs 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 (MBE: Molecular Beam Epitaxy)、MOCVD (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、パターン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。

40

**【0102】**

(b) 次に、図 1 6 に示すように、図 1 2 に示す貼付け用のシリコン基板構造、および図 1 3 に示す貼付け用の LED 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  $340$  程度、熱圧着の圧力として約  $18\ \text{MPa}$  程度、熱圧着の時間として約  $10$  分程度の条件で実施する。

**【0103】**

(c) 次に、図 1 7 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 Au 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 Au 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 Au 層との接合

50

部のAuがAuSi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27は、シリコン基板21とAu層との接着用の金属である。AuSiシリサイド化を防ぐためには、バリアメタルとしてタングステン(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/Ti/W/Auで金属層を形成する必要がある。

【0104】

(d)次に、図18に示すように、裏面電極層28をレジストなどで保護した後、GaAs基板23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65~85分程度である。ここで、AllnGaP層24がエッチングストッパとして重要な働きをする。

【0105】

(e)次に、図19に示すように、塩酸系のエッチング液を用いて、AllnGaP層24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。

【0106】

(f)次に、図20に示すように、表面電極層29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29のパターンは金属コンタクト層11のパターンに略一致させている。表面電極層29の材料としては、例えばAu/AuGe-Ni合金/Auからなる積層構造を用いることができる。ここで、n型GaAs層25は表面電極層29の剥がれ防止機能を有する。

【0107】

(g)次に、図21に示すように、フロスト処理を実施して、表面電極層29の直下のn型GaAs層25以外のn型GaAs層25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30~50, 時間約5sec~15sec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GaAs層25をエッチングして、表面に形成されたGaO<sub>2</sub>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。

【0108】

尚、チタン層22およびチタン層27の代りとして、例えばタングステン(W)バリアメタル、白金(Pt)バリアメタルなどを用いることもできる。

【0109】

以上の説明により、図21に示すように、シリコン基板21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。

【0110】

(第4の実施の形態の変形例)

図22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23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。

【0111】

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22に示すように、図12に示したシリコン基板構造と、図13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。

【0112】

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21に示すように、GaAs基板15と、GaAs基板15上に配置される金属バッファ層(AuGe-Ni合金層)32と、金属バッファ層32上に配置される金属層(Au層)33とから構成されるGaAs基板構造と、金属層33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、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、パターンニングされたn型GaAs層25と、n型GaAs層25上に配置され、同様にパターンニングされ

10

20

30

40

50

た表面電極層 29 とから構成される LED 構造を備える。尚、GaAs 基板構造において、GaAs 基板 15 の裏面には、金属バッファ層 (AuGe-Ni 合金層) 34 と、裏面電極層 35 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、図 23 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 500 nm 程度である。

#### 【0113】

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 22 に示すように、金属層 12 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 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。

10

#### 【0114】

図 22 および図 23 の構造において、GaAs 基板 15 の裏面に形成される金属バッファ層 34 は、例えば AuGe-Ni 合金層で形成され、厚さは約 100 nm 程度である。また、裏面電極層 35 は、Au 層で形成され、厚さは約 500 nm 程度である。GaAs 基板 15 の表面に形成される金属バッファ層 32 は、例えば AuGe-Ni 合金層で形成され、厚さは約 100 nm 程度である。さらに金属層 33 は、Au 層で形成され、厚さは約 1 μm 程度である。

20

#### 【0115】

図 12 乃至図 21 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。

#### 【0116】

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 14 或いは図 15 と同様の構造を適用可能である。

30

#### 【0117】

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 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 (図 7 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 18 を形成することことで、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。

#### 【0118】

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 17 を介在させることにより、エピタキシャル成長層 26 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。

40

#### 【0119】

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 17 と金属層 12, 20 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。

#### 【0120】

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 26 と金属層 12 との接触を避け、エピタキシャル成長層 26 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

50

ることができる。

【0121】

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。

【0122】

[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。

10

【0123】

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、GaAs基板を例に説明したが、Ge、SiGe、SiC、GaN基板、或いはSiC上のGaNエピタキシャル基板なども十分に利用可能である。

【0124】

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LEDを例に説明したが、レーザダイオード(LD:Laser Diode)を構成してもよく、その場合には、分布帰還型(DFB:Distributed Feedback)LD、分布ブラッグ反射型(DBR)LD、面発光LDなどを構成しても良い。

20

【0125】

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】

【0126】

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、GaAs基板、Si基板等の不透明基板を有するLED素子、LD素子等の半導体発光素子全般に利用可能である。

30

【図面の簡単な説明】

【0127】

【図1】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の原理説明図であって、(a)GaAs基板の模式的断面構造図、(b)ウェーハボンディング後模式的断面構造図、(c)チップ化後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p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n型GaAs基板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5】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6】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7】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。

【図8】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GaAs基板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11】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れるSi基板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の模式的断面構造図。

【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。

10

【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。

【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。

20

【図21】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22】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23】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。

【図24】従来の半導体発光素子の模式的断面構造図。

【図25】従来の半導体発光素子の別の模式的断面構造図。

【図26】従来の半導体発光素子の更に別の模式的断面構造図。

【符号の説明】

30

【0128】

1、5、12、20、33...金属層(Au層)

2、4、18...金属バッファ層

3...p型GaAs層

6...n型GaAs層

7...ウィンドウ層

8...n型クラッド層

9...多重量子井戸(MQW)層

10...p型クラッド層

11...金属コンタクト層(AuBe-Ni合金)

40

15、23...GaAs基板

17...絶縁層

21...シリコン(Si)基板

22、27...チタン(Ti)層

24...AlInGaP層

25...n型GaAs層

26...エピタキシャル成長層

29...表面電極層

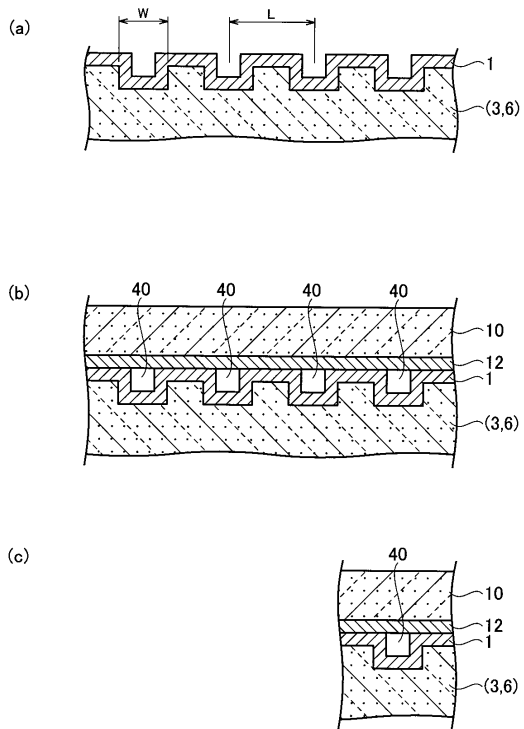
30...フロスト処理領域

31...阻止層

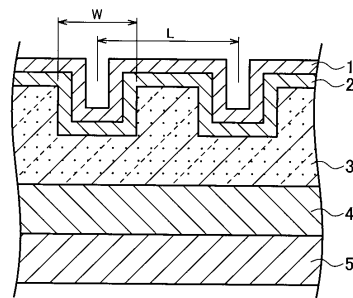
50

- 3 2、3 4 ... 金属バッファ層 ( A u G e - N i 合金 )
- 2 8、3 5 ... 裏面電極層
- 4 0 ... エアギャップ ( 空隙 )

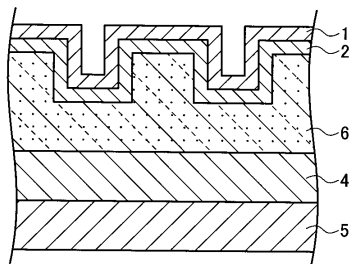
【 図 1 】



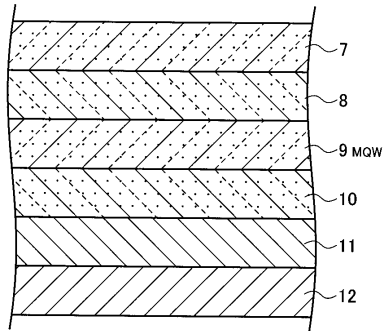
【 図 2 】



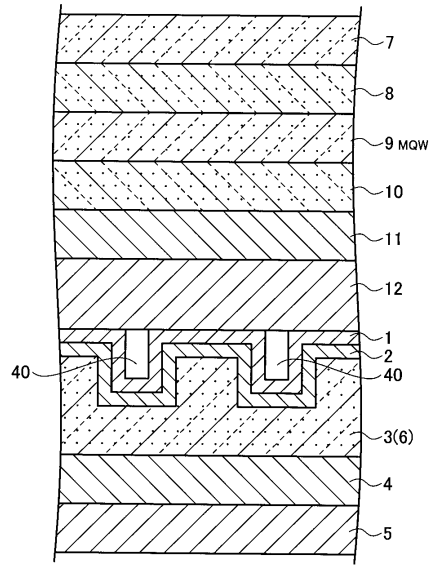
【 図 3 】



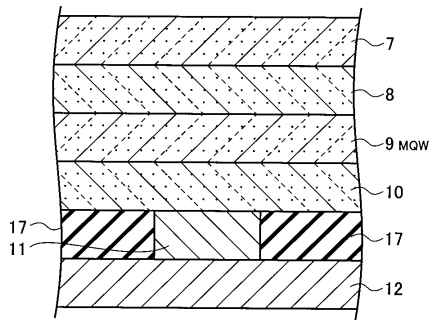
【 図 4 】



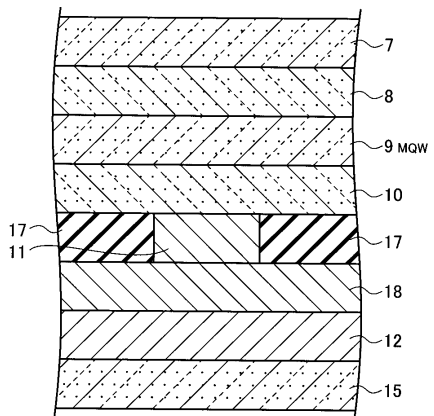
【 図 5 】



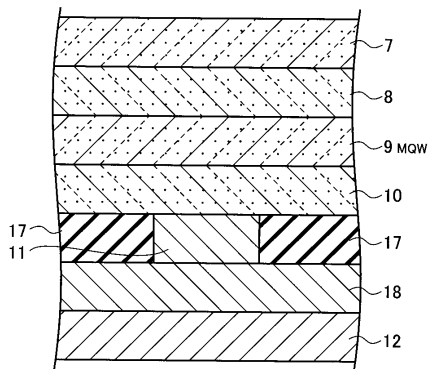
【 図 6 】



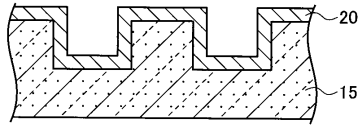
【 図 8 】



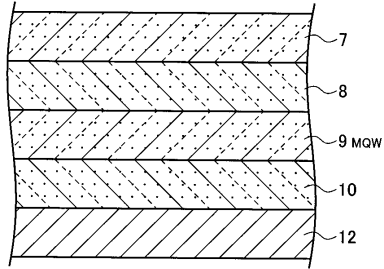
【 図 7 】



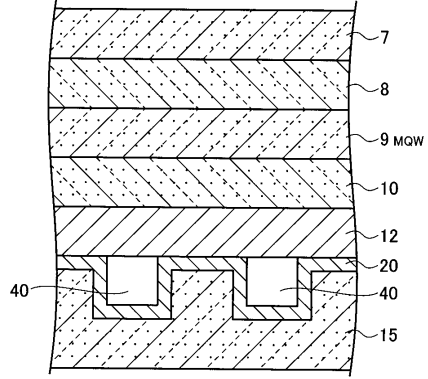
【図 9】



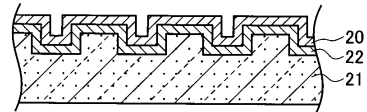
【図 10】



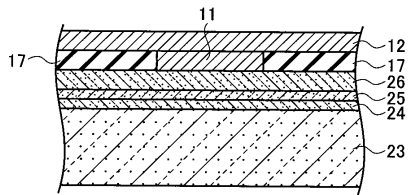
【図 11】



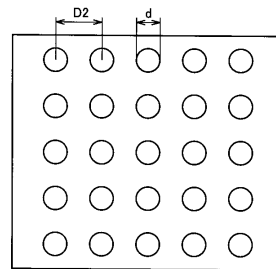
【図 12】



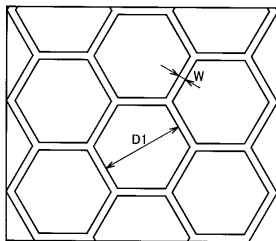
【図 13】



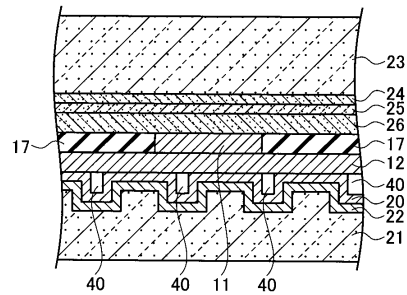
【図 15】



【図 14】

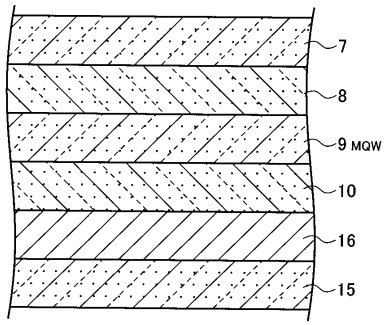


【図 16】

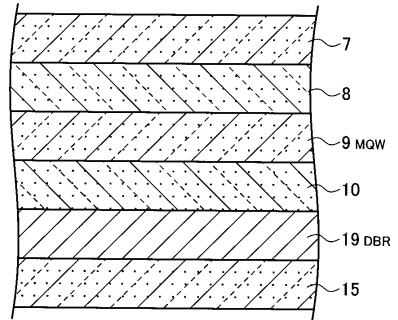




【 2 5 】



【 2 6 】



---

フロントページの続き

- (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
- (72)発明者 中田 俊次  
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 瀬川 勝久

- (56)参考文献 特開2004 - 146593 (JP, A)  
特開2005 - 44887 (JP, A)  
特開2005 - 353809 (JP, A)  
特開2005 - 236304 (JP, A)  
特開平11 - 103090 (JP, A)

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