

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4371956号
(P4371956)

(45) 発行日 平成21年11月25日(2009.11.25)

(24) 登録日 平成21年9月11日(2009.9.11)

(51) Int.Cl. F I
H O 1 L 33/00 (2006.01) H O 1 L 33/00 1 8 6

請求項の数 9 (全 15 頁)

(21) 出願番号	特願2004-255953 (P2004-255953)	(73) 特許権者	000005049
(22) 出願日	平成16年9月2日(2004.9.2)		シャープ株式会社
(65) 公開番号	特開2006-73822 (P2006-73822A)		大阪府大阪市阿倍野区長池町2番2号
(43) 公開日	平成18年3月16日(2006.3.16)	(74) 代理人	100064746
審査請求日	平成18年9月12日(2006.9.12)		弁理士 深見 久郎
		(74) 代理人	100085132
			弁理士 森田 俊雄
		(74) 代理人	100083703
			弁理士 仲村 義平
		(74) 代理人	100096781
			弁理士 堀井 豊
		(74) 代理人	100098316
			弁理士 野田 久登
		(74) 代理人	100109162
			弁理士 酒井 将行

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 窒化物系化合物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】

第一の導電性基板と、
 該第一の導電性基板上に形成された第一のオーミック電極と、
 該第一のオーミック電極上に形成された第一の接着用金属層と、
 該第一の接着用金属層に接合された第二の接着用金属層と、
 該第二の接着用金属層上に形成された第二のオーミック電極と、
 該第二のオーミック電極上に形成された窒化物系化合物半導体層とを含み、
 該窒化物系化合物半導体層は、少なくともP型層、発光層およびN型層からなり、かつ

、
該窒化物系化合物半導体層は、その両側面に、少なくとも該窒化物系化合物半導体層から該第二の接着用金属層にわたって、該第一の接着用金属層と該第二の接着用金属層との接合面積が、該窒化物系化合物半導体層における該第二の接着用金属層側とは反対側の表面の面積より小さくなるように形成された凹溝部または凹形状部を有することを特徴とする、窒化物系化合物半導体発光素子。

【請求項2】

前記凹溝部または凹形状部は、該窒化物系化合物半導体層から該第一の導電性基板にわたって形成される請求項1の記載の窒化物系化合物半導体発光素子。

【請求項3】

前記第一の導電性基板は、Si、GaAs、GaP、GeおよびInPからなる群より

選択される物質の少なくとも1種以上からなる半導体であることを特徴とする、請求項1または2に記載の窒化物系化合物半導体発光素子。

【請求項4】

前記窒化物系化合物半導体層は、第二の基板を用いて形成されていたものであり、該第二の基板は、サファイア、スピネルまたはニオブ酸リチウムのいずれかの絶縁性基板であるか、あるいは炭化ケイ素、シリコン、酸化亜鉛またはガリウム砒素のいずれかの導電性基板であることを特徴とする、請求項1～3のいずれかに記載の窒化物系化合物半導体発光素子。

【請求項5】

前記第一の接着用金属層および第二の接着用金属層は、互いに異なる材料または同一の材料で形成されていることを特徴とする、請求項1～4のいずれかに記載の窒化物系化合物半導体発光素子。

10

【請求項6】

請求項1に記載の窒化物系化合物半導体発光素子の製造方法であって、

第二の基板の上に窒化物系化合物半導体層を積層形成する工程と、該窒化物系化合物半導体層に凹溝部を形成する工程と、該凹溝部を有する窒化物系化合物半導体層上に第二のオーミック電極を形成する工程と、該第二のオーミック電極の上に第二の接着用金属層を形成する工程と、第一の導電性基板上に第一のオーミック電極を形成する工程と、該第一のオーミック電極上に第一の接着用金属層を形成する工程と、前記第一の接着用金属層と前記第二の接着用金属層とを接合する工程と、前記第二の基板を除去して前記窒化物系化合物半導体層の表面を露出させる工程と、該露出した表面に透明電極を形成する工程とを包含する、窒化物系化合物半導体発光素子の製造方法。

20

【請求項7】

請求項2に記載の窒化物系化合物半導体発光素子の製造方法であって、

第二の基板の上に窒化物系化合物半導体層を積層形成する工程と、該窒化物系化合物半導体層に凹溝部を形成する工程と、該凹溝部を有する窒化物系化合物半導体層上に第二のオーミック電極を形成する工程と、該第二のオーミック電極の上に第二の接着用金属層を形成する工程と、第一の導電性基板上に凹溝部を形成する工程と、該凹溝部が形成された第一の導電性基板上に第一のオーミック電極を形成する工程と、該第一のオーミック電極上に第一の接着用金属層を形成する工程と、前記第一の接着用金属層と前記第二の接着用金属層とを接合する工程と、前記第二の基板を除去して前記窒化物系化合物半導体層の表面を露出させる工程と、該露出した表面に透明電極を形成する工程とを包含する、窒化物系化合物半導体発光素子の製造方法。

30

【請求項8】

前記第二の基板の上に窒化物系化合物半導体層を積層形成する工程は、該第二の基板側からN型層、発光層およびP型層をこの順番で少なくとも積層形成する工程を含むことを特徴とする、請求項6または7に記載の窒化物系化合物半導体発光素子の製造方法。

【請求項9】

前記第二のオーミック電極を形成する工程と、前記第二の接着用金属層を形成する工程との間に、前記第二のオーミック電極上に反射層を形成する工程を含み、前記第二の接着用金属層を形成する工程は、該反射層上に該第二の接着用金属層を形成する工程であることを特徴とする、請求項6～8のいずれかに記載の窒化物系化合物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、赤色領域から紫外域領域まで発光可能な窒化物系化合物半導体発光素子、その構造体およびその製造方法に関し、特に、導電性基板を貼り付けられ、凹溝部を有する窒化物系化合物半導体発光素子、その構造体およびその製造方法に関する。

【背景技術】

50

【0002】

窒化物系化合物半導体は、たとえば $In_x Ga_y Al_z N$ (ただし、 $x + y + z = 1$ 、 $0 < x < 1$ 、 $0 < y < 1$ 、 $0 < z < 1$) で表わされ、大きなエネルギーバンドギャップや高い熱的安定性を有し、またその組成を調節することによってバンドギャップ幅を制御することも可能である。したがって、窒化物系化合物半導体は、発光素子や高温デバイスをはじめとして、さまざまな半導体デバイスに応用可能な材料として期待されている。

【0003】

なかでも、窒化物系化合物半導体を用いた発光ダイオードでは、青から緑の光波長域で数 μm 級の光度を有するデバイスが既に開発されて実用化されている。また、大容量光ディスクメディアに対するピックアップ用光源として、窒化物系化合物半導体を用いたレーザダイオードの実用化が研究開発の目標になりつつある。

10

【0004】

下記特許文献1には、このようなレーザや発光ダイオードの素子構造が開示されている。具体的には、図7に示すように、正電極107が形成された導電性基板100上に、第一のオーミック電極102と第二のオーミック電極101が形成され、その上に窒化ガリウム系半導体のP型層103、活性層104およびN型層105が順次積層され、この上に負電極106が形成された構造を有する。ここで、上記第一のオーミック電極102と第二のオーミック電極101とは、加熱圧着されている。

【0005】

このように下記特許文献1に記載されるような従来の技術においては、導電性基板上にオーミック電極を形成し、加熱圧着接合等の手法を用いて窒化ガリウム系半導体層を接合している。

20

【0006】

しかしながら、大面積の導電性基板全面を、オーミック電極と接着用金属層とを介して、窒化物系化合物半導体層全面に接合するに際し、均一に加熱および圧着することが困難であった。このために導電性基板と窒化物系化合物半導体層との密着性が弱く、これら両者の全面が剥がれてしまうという問題があった。

【0007】

また、導電性基板とオーミック電極との密着性も弱いために、導電性基板がオーミック電極から剥がれてしまう問題があった。導電性基板とオーミック電極が全て剥がれた場合は、サファイア基板の除去ができず、このため発光素子を形成することができない。また、部分的に剥がれた場合は、電流が窒化ガリウム系半導体層から導電性基板にうまく流れず動作電圧が大きくなり、それによって発光素子の信頼性を悪化させるという問題があった。

30

【0008】

さらに、部分的に剥がれた場合において、ウエハをチップ分割する際の切断分割において支持基板と窒化物系化合物半導体層との間で剥がれが生じるという問題があり、製造プロセスの不残留を低下させる原因となっていた。

【0009】

さらにまた、上記部分的に剥がれた場合は、プロセス中に溶剤、レジスト、エッチング液が染み込み、たとえばランプ発光素子にする場合には樹脂、水分等が剥がれた部分から入り込み剥がれを拡大し、またオーミック電極および接着用金属層を破壊することがあった。これにより、発光素子の信頼性を悪化させてしまっていた。

40

【0010】

また、パッド電極にAuワイヤをボンディングした場合に、導電性基板とその上のオーミック電極の密着性が悪いと、導電性基板とオーミック電極間において剥がれが発生し、動作電圧が上昇するという問題があった。

【特許文献1】特開平9-8403号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

50

【 0 0 1 1 】

本発明は、上記従来の技術の問題を解決するためになされたものであり、その目的は、接着用金属層とオーミック電極との密着性、さらに導電性基板とオーミック電極との密着性を良好にして、信頼性の高く、歩留まりの良好な窒化物系化合物半導体発光素子、その構造体およびその製造方法を提供することである。

【 課題を解決するための手段 】

【 0 0 1 2 】

本発明の1つの局面によれば、第一の導電性基板と、該第一の導電性基板上に形成された第一のオーミック電極と該第一のオーミック電極上に形成された接着用金属層と該接着用金属層上に形成された第二のオーミック電極と該第二のオーミック電極上に形成された窒化物系化合物半導体層とを含み、該窒化物系化合物半導体層は、少なくともP型層、発光層およびN型層からなり、かつ凹溝部または凹形状部を有することを特徴とする窒化物系化合物半導体発光素子が提供される。

10

【 0 0 1 3 】

好ましくは、前記第一の導電性基板は、凹溝部を有する。

【 0 0 1 4 】

好ましくは、前記第一の導電性基板は、Si、GaAs、GaP、GeおよびInPからなる群より選択される物質の少なくとも1種以上からなる半導体である。

【 0 0 1 5 】

好ましくは、前記窒化物系化合物半導体層は、第二の基板を用いて形成されていたものであり、該第二の基板は、サファイア、スピネルまたはニオブ酸リチウムのいずれかの絶縁性基板であるか、あるいは炭化ケイ素、シリコン、酸化亜鉛またはガリウム砒素のいずれかの導電性基板である。

20

【 0 0 1 6 】

好ましくは、前記接着用金属層は、第一の接着用金属層と第二の接着用金属層とからなる。

【 0 0 1 7 】

好ましくは、前記接着用金属層は2層以上であり、これら2層以上のそれぞれの層は互いに異なる材料または同一の材料で形成されている。

【 0 0 1 8 】

本発明の別の局面に従えば、第二の基板上に、バッファ層、N型層、発光層およびP型層が順次形成された窒化物系化合物半導体層が形成された窒化物系化合物半導体発光素子構造体であって、前記窒化物系化合物半導体層は凹溝部を有することを特徴とする、窒化物系化合物半導体発光素子構造体が提供される。

30

【 0 0 1 9 】

好ましくは、前記第二の基板は、サファイア、スピネルまたはニオブ酸リチウムのいずれかの絶縁性基板であるか、あるいは炭化ケイ素、シリコン、酸化亜鉛またはガリウム砒素のいずれかの導電性基板である。

【 0 0 2 0 】

好ましくは、前記窒化物系化合物半導体層上に第二のオーミック電極がさらに形成されている。

40

【 0 0 2 1 】

本発明のさらに別の局面によれば、第一の導電性基板と、上記のいずれかの窒化物系化合物半導体発光素子構造体とを、接着用金属層を介して、前記窒化物系化合物半導体層と前記第一の導電性基板とが隣接するように一体化されたことを特徴とする、窒化物系化合物半導体発光素子が提供される。

【 0 0 2 2 】

好ましくは、上記第一の導電性基板は、凹溝部を有する。

【 0 0 2 3 】

本発明のさらに別の局面によれば、第二の基板上に窒化物系化合物半導体層を積層形成

50

する工程と、該窒化物系化合物半導体層に凹溝部を形成する工程と、該凹溝部を有する窒化物系化合物半導体層上に第二のオーミック電極を形成する工程と、該第二のオーミック電極の上に第二の接着用金属層を形成する工程と、第一の導電性基板上に第一のオーミック電極を形成する工程と、該第一のオーミック電極上に第一の接着用金属層を形成する工程と、前記第一の接着用金属層と前記第二の接着用金属層とを接合する工程と、前記第二の基板を除去して前記窒化物系化合物半導体層の表面を露出させる工程と、該露出した表面に透明電極を形成する工程とを包含する、窒化物系化合物半導体発光素子の製造方法が提供される。

【0024】

本発明のさらに別の局面によれば、第二の基板上に窒化物系化合物半導体層を積層形成する工程と、該窒化物系化合物半導体層に凹溝部を形成する工程と、該凹溝部を有する窒化物系化合物半導体層上に第二のオーミック電極を形成する工程と、該第二のオーミック電極の上に第二の接着用金属層を形成する工程と、第一の導電性基板に凹溝部を形成する工程と、該凹溝部が形成された第一の導電性基板上に第一のオーミック電極を形成する工程と、該第一のオーミック電極上に第一の接着用金属層を形成する工程と、前記第一の接着用金属層と前記第二の接着用金属層とを接合する工程と、前記第二の基板を除去して前記窒化物系化合物半導体層の表面を露出させる工程と、該露出した表面に透明電極を形成する工程とを包含する、窒化物系化合物半導体発光素子の製造方法が提供される。

10

【0025】

好ましくは、前記第二の基板上に窒化物系化合物半導体層を積層形成する工程は、該第二の基板側からN型層、発光層およびP型層をこの順番で少なくとも積層形成する工程を含む。

20

【0026】

好ましくは、前記第二のオーミック電極を形成する工程と、前記第二の接着用金属層を形成する工程との間に、前記第二のオーミック電極上に反射層を形成する工程を含み、前記第二の接着用金属層を形成する工程は、該反射層上に該第二の接着用金属層を形成する工程である。

【発明の効果】

【0027】

本発明によれば、第一の導電性基板および第二の基板上に凹溝部を形成し、接合する接着用金属の面積が小さくなるように接着用金属が形成されているため、第一の導電性基板および第二の基板の密着性が良好となる。密着性が向上することにより、発光素子の動作電圧を低減でき、信頼性の高く光出力の高い窒化物系化合物半導体発光素子を提供できる。また、発光素子の分割も容易となり、窒化物系化合物半導体発光素子のプロセス歩留まりも向上する。

30

【発明を実施するための最良の形態】

【0028】

本発明の窒化物系化合物半導体発光素子によれば、第一の導電性基板と、該第一の導電性基板上に形成された第一のオーミック電極と該第一のオーミック電極上に形成された接着用金属層と該接着用金属層上に形成された第二のオーミック電極と該第二のオーミック電極上に形成された窒化物系化合物半導体層とを含み、該窒化物系化合物半導体層は、少なくともP型層、発光層およびN型層からなり、かつ凹溝部または凹形状部を有することを特徴とする。

40

【0029】

このように、窒化物系化合物半導体層に凹溝部を形成しているので、接着用金属層の面積を小さくすることができ、これにより接着用金属層間の密着性が強固になり、結果として、第一の導電性基板と窒化物系化合物半導体層との接着性が良好になる。ここで、凹溝部は、窪みを有する凹形状のことであり、溝に限定されるわけではない。

【0030】

以下、本発明を、図を用いて詳細に説明する。図1は、本発明の窒化物系化合物半導体

50

発光素子の概略断面図である。本発明の窒化物系化合物半導体は、第一の導電性基板 1 1 上に、第一のオーミック電極 1 2 が形成され、当該第一のオーミック電極 1 2 上に接着用金属層 2 0 が形成され、当該接着用金属層 2 0 の上に第二のオーミック電極 1 3 が形成され、当該第二のオーミック電極 1 3 上に窒化物系化合物半導体層 3 0 が形成され、当該窒化物系化合物半導体層 3 0 上に透明電極 1 7 が形成され、当該透明電極 1 7 上にパッド電極 1 8 が形成されている。なお、窒化物系化合物半導体層 3 0 には凹溝部 5 0 が形成されている。これにより、当該窒化物系化合物半導体層 3 0 に接する接着用金属層 2 0 の面積が小さくなり、第一の導電性基板 1 1 との接着性を良好にすることができる。

【 0 0 3 1 】

また、上記図 1 の窒化物系化合物半導体発光素子において、第一の導電性基板 1 1 の裏面には、オーミック電極 1 4 がさらに形成され、パッド電極 1 8 上にはワイヤボンディング 1 0 が形成されていることが好ましい。また、第二のオーミック電極 1 3 と第二の接着用金属層 2 2 との間には、反射層 1 9 が形成されていることが好ましい。なお、図 1 において、凹溝部 5 0 は、当該反射層 1 9 および第二の接着用金属層 2 2 まで形成されている。これは、当該発光素子の製造工程において、窒化物系化合物半導体層 3 0 に凹溝部 5 0 を作製した後、P 型層 3 1 上に反射層 1 9 および第二の接着用金属層 2 2 を形成するために、窒化物系化合物半導体層 3 0 の凹溝部が反射層 1 9 および第二の接着用金属層 2 2 にまで引き継がれることになるからである。

【 0 0 3 2 】

さらに、図 1 において、窒化物系化合物半導体層 3 0 は、第一の導電性基板 1 1 側から順番に、P 型層 3 1、発光層 3 2 および N 型層 3 3 よりなる。発光素子として機能させるためである。また、接着用金属層 2 0 は、第一の接着用金属層 2 1 と第二の接着用金属層 2 2 とから構成されている。

【 0 0 3 3 】

本発明において第一の導電性基板 1 1 には、Si、GaAs、GaP、Ge および InP を用いることができる。この場合、該第一の導電性基板の抵抗率は 10^{-4} cm 以上 10 cm 以下の範囲内であることが好ましい。 10^{-4} cm 未満の基板を作製することは困難であり、また、 10 cm を超えると、オーミック電極とのオーミック性が悪化し、ここでの電圧上昇が生じて発光素子の駆動電圧が上昇するという問題が生じるおそれがあるためである。より好ましくは、 10^{-3} cm 以上 10^{-2} m 以下の範囲内である。

【 0 0 3 4 】

また、第一の導電性基板 1 1 の厚さは、 $50 \mu\text{m}$ 以上 $500 \mu\text{m}$ 以下とすることが好ましい。 $500 \mu\text{m}$ を超えると、チップ分割する際に困難を伴うおそれがあり、 $50 \mu\text{m}$ 未満であると、チップのハンドリング等が困難である。

【 0 0 3 5 】

本発明において、第一のオーミック電極は、Al、Cr、Ti、In、Ti-Al を用いることができるが、これに限定されるわけではない。

【 0 0 3 6 】

本発明において、接着用金属層は、後述するように、第二のオーミック電極と第一のオーミック電極の接着性を良好にするために設けられる。このような接着用金属層としては、Au、Sn、Au-Sn、Au-Si または Au-Ge のいずれかを用いることができる。また、接着用金属層が 2 層以上ある場合には、それぞれの層は同一であっても異なってもよく、上記の材料のうち同一の材料または異なる材料を適宜組み合わせることができる。

【 0 0 3 7 】

ここで、接着用金属層が 2 層以上ある場合とは、接着用金属層の形成過程において、第一のオーミック電極上に形成された第一の接着用金属層と、第二のオーミック電極上に形成された第二の接着用金属層とを予め形成しておき、これらの接着用金属層を接合させることにより 2 層となる場合や、接合前の第一および第二の接着用金属層のそれぞれにおい

10

20

30

40

50

て、複数層とされている場合などが挙げられる。

【0038】

本発明において、第二のオーミック電極は、Pd、Pt、Ni、Au、Ni-Auを用いることができるが、これに限定されるわけではない。また、第二のオーミック電極の厚さは、1nm以上15nm以下の範囲が好ましい。15nmを超えると、発光の透過が減少する問題が生じるおそれがあり、1nm未満であると、オーミック性接触が悪化するという問題が生じるおそれがあるためである。

【0039】

本発明において、窒化物系化合物半導体は、赤色領域～紫外領域の光を発することができる。このような窒化物系化合物半導体としては、 $In_xAl_yGa_{1-x-y}N$ ($0 < x, 0 < y, x + y < 1$) が挙げられるが、これに限定されるわけではない。また、本発明における窒化物系化合物半導体層は、後述する第二の基板側からN型層、発光層およびP型層とする。N型層、発光層およびP型層の作製方法は当該分野で公知のものを用いることができ、MOCVD法、MBE法などが挙げられる。

【0040】

なお、本発明において、上記の窒化物系化合物半導体層を形成した後、凹溝部を形成する。凹溝部の形成手段としては、反応性イオンエッチング(RIE)を用いることができ、凹溝の幅は、1 μ m以上100 μ m以下の範囲内が好ましい。100 μ mを超えると、チップの取れ数が減少するという問題が生じるおそれがあり、1 μ m未満であると、チップを分割する際にうまく分割できないという問題が生じるおそれがあるためである。また、凹溝部の深さは、後述するように第二の基板に達するか、または、第二の基板の途中まで形成することが好ましい。

【0041】

なお、本発明において、窒化物系化合物半導体層は、第一の接着用金属層と接合する前に、すなわち、第一の導電性基板と接着する前に、予めバッファ層、N型層、発光層およびP型層をこの順番で第二の基板上に積層形成して、窒化物系化合物半導体発光素子構造体とするものである。

【0042】

すなわち、図2に示すように、第二の基板35上に、バッファ層36、N型層33、発光層32およびP型層31をこの順番で積層成長し、窒化物系化合物半導体層を形成する。次いで、当該窒化物系化合物半導体層に、凹溝部50をバッファ層36に達する程度までまたは第二の基板の途中まで形成して窒化物系化合物半導体発光素子構造体とする。その後、凹溝部50の形成されていない部分におけるP型層上に第二のオーミック電極13、反射層19、バリア層(図示せず)、第二の接着用金属層22をこの順番で蒸着法などにより形成する。その後、当該構造体中の第二の接着用金属層22を第一の接着用金属層21に接合する。

【0043】

このように、予め窒化物系化合物半導体発光素子構造体を形成しておくことにより、窒化物系化合物半導体層と第一の導電性基板との接着性を確実にすることができ、また、窒化物系化合物半導体層の凹溝部形成も容易に行うことができる。さらに、電極を半導体発光素子の上下に対向するように形成することができるものである。

【0044】

上記第二の基板には、サファイア、スピネルまたはニオブ酸リチウムなどの絶縁性基板や、あるいは炭化ケイ素、シリコン、酸化亜鉛またはガリウム砒素などの導電性基板を用いることができる。また、このような基板は、研削かつ研磨またはレーザーリフトオフ法により除去することができる。

【0045】

上記反射層は、発光層からの光を上方に反射させるためのものである。当該反射層には、Ag、Al、Agに希土類(たとえばNd等)を混入した材料を用いることができるが、これに限定されない。

10

20

30

40

50

【0046】

上記バリア層は、接着用金属が反射層に進入することを防止するためのものである。当該バリア層には、Mo、Ni、Ti、Ni-Tiの材料を用いることができるが、これに限定されない。また、バリア層の厚さは、5nm以上とすることができる。5nm未満であると、バリア層の厚さの不均一が発生して層が形成されない領域が発生し接着用金属が反射層に進入するという問題が生じるおそれがあるためである。

【0047】

本発明において、透明電極には、Pd、Ni、Ni-Auを用いることができ、その厚さは、1nm以上15nm以下とすることができる。15nmを超えると、発光が上方に透過しないという問題があり、1nm未満であると、オーミック性接触の悪化という問題が生じるおそれがあるためである。

10

【0048】

本発明において、上述した窒化物系化合物半導体発光素子構造体を、接着用金属層を介して、すなわち、第一の導電性基板上に形成された第一の接着用金属層に接合することにより、第一の導電性基板と窒化物系化合物半導体層とを一体化して、窒化物系化合物半導体発光素子とすることができる。上記接合には、共晶接合法を用いることができ、接合の際の条件は、温度を250～320、圧力を200N～3000Nの範囲の程度として行うことができる。

【0049】

本発明において、第一の導電性基板にも、凹溝部を形成していてもよい。当該凹溝部はエッチングにより形成することができる。また、当該凹溝の幅は、2μm以上150μm以下とすることが好ましい。150μmを超えると、窒化物系化合物半導体発光素子構造体を保持できないという問題が生じるおそれがあり、2μm未満であると、窒化物系化合物半導体発光素子構造体に形成した凹溝部に対向して形成できないという問題が生じるおそれがあるためである。また、エッチング液としては、フッ酸系のエッチング液、ドライエッチング用のハロゲン系ガスを用いることができる。

20

【0050】

本発明において、上述したように、第一の導電性基板と窒化物系化合物半導体層とを一体化するに際し、第一の導電性基板に予め凹溝部を形成しておき、その後窒化物系化合物半導体層と一体化してもよい。このように、第一の導電性基板および窒化物系化合物半導体層の両方に凹溝部を形成しておくことにより、接着の面積がさらに小さくなり、より確実な密着性を確保することができる。

30

【0051】

次に、本発明の窒化物系化合物半導体発光素子の製造方法について説明する。本発明の窒化物系化合物半導体発光素子の製造方法によれば、第二の基板上に窒化物系化合物半導体層を積層形成する工程と、該窒化物系化合物半導体層に凹溝部を形成する工程と、該凹溝部を有する窒化物系化合物半導体層上に第二のオーミック電極を形成する工程と、該第二のオーミック電極の上に第二の接着用金属層を形成する工程と、第一の導電性基板上に第一のオーミック電極を形成する工程と、該第一のオーミック電極上に第一の接着用金属層を形成する工程と、前記第一の接着用金属層と前記第二の接着用金属層とを接合する工程と、前記第二の基板を除去して前記窒化物系化合物半導体層の表面を露出させる工程と、該露出した表面に透明電極を形成する工程とを包含する。

40

【0052】

本発明の製造方法において、上述したように、第二の基板上に凹溝部を有する窒化物系化合物半導体層、第二のオーミック電極および第二の接着用金属層を予め形成しておき、これを第一の導電性基板側の構造、すなわち、第一の導電性基板、第一のオーミック電極および第一の接着用金属層を含む構造と合せることを特徴とする。図3に、第二の基板側の構造と、第一の導電性基板側の構造とを一体化して、第一の接着用金属層と第二の接着用金属層とが接合された状態を示す。

【0053】

50

このように、窒化物系化合物半導体層において凹溝部を形成することにより接合の際の面積を低減できるので、窒化物系化合物半導体層と第一の導電性基板との接着性を良好にすることができる。また、電極を素子の上下に形成することができ、また、接着用金属層により両者が接合されているので、オーミック電極が剥がれたりせず接着性も良好となり、得られる発光素子の信頼性が高くなるものである。

【0054】

また、本発明の製造方法において、図3に示すように第一の導電性基板側の構造と第二の基板側の構造を一体化したあと、第二の基板35を除去する。第二の基板35を除去すると、予め形成されていた凹溝部50により素子構造が分割されるため、発光素子の分割プロセスが簡略化されることになる。その後、第一の導電性基板において、凹溝部50に

10

【0055】

本発明の製造方法において、第二の接着用金属層と第一の接着用金属層とを接合する前に、第一の導電性基板に予め凹溝部を形成していることが好ましい。具体的には、図4に示すように、第一の導電性基板11上に第一のオーミック電極12および第一の接着用金属層21を形成した後、エッチングにより凹溝部51を形成するものである。その後、図5に示すように、上述の製造方法と同様に、第二の基板側の構造と第一の導電性基板側の構造とを一体化し、第二の基板を除去する。その後、第一の導電性基板において、凹溝部

20

【0056】

このように、第一の導電性基板にも凹溝部を形成していることにより、第一の接着用金属層と第二の接着用金属層との接合の際の面積がさらに小さくなるので、接合の強度をさらに増大させることができる。

【0057】

本発明の製造方法において、第一の導電性基板上に第一のオーミック電極、第一の接着用金属層を形成するには、電子ビーム蒸着法（EB法）、スパッタリング法、加熱蒸着法

30

【0058】

また、本発明の製造方法において、第一の接着用金属層と第二の接着用金属層とを接合するには、共晶接合法を用いることができる。この場合の温度および圧力の条件は、上述したとおりであるが、用いる材料に応じて適宜設定することができる。

【0059】

本発明の製造方法において、窒化物系化合物半導体の一部を除去して、第二のオーミック電極および第一の接着用金属層を露出させる工程は、上述したとおり、RIEを用いて行うことができる。また、該露出した金属表面にレーザを照射する工程は、レーザ波長3

40

【0060】

さらに、第一の導電性基板にスクライプラインを形成する工程は、凹溝部に対応して、第一の導電性基板の裏面側から、赤外線透過型スクライプ装置を用いて当該基板面に対して垂直な方向に形成することができる。また、スクライプラインに沿って分割する工程は、プレーキングの手法により行うことができる。また、本発明において、チップを作製する場合、第一の導電性基板の裏面側からスクライプラインを入れてチップ状にすることができ、また、第一の導電性基板の形成された凹溝部に対向する裏面側からスクライプラインを入れてチップ状にすることもできる。

【0061】

50

以下本発明を、実施例を挙げて詳細に説明するが、これに限定されることを意図しない。

【実施例】

【0062】

(実施例1)

本実施例において、図1に示すような構造の窒化物系化合物半導体発光素子を製造した。具体的には、次のとおりである。

【0063】

第二の基板35としてのサファイア基板上に、Ga₂N材料からなるバッファ層36、N型窒化物系化合物半導体層33、MQW発光層32、P型窒化物系化合物半導体層31を順次成長した。これには、MOCVD法(有機金属気相成長法)を用いた。また、Ga₂Nバッファ層36は厚さ20nmとし、N型窒化物系化合物半導体層33は厚さ5μmとし、MQW発光層32は厚さ50nmとし、P型窒化物系化合物半導体層31は厚さ150nmとした。

10

【0064】

次に、サファイア基板上に作製した上記の窒化物系化合物半導体層に凹溝部50を形成した。この際、RIEを用いて行い、凹溝部の幅を20μmとし、深さはサファイア基板に達する程度とした。

【0065】

次いで、上記P型窒化物系化合物半導体層31上に第二のオーミック電極13、反射金属層19および第二の接着用金属層22をこの順に蒸着して形成した。第二のオーミック電極13として、Pd(3nm)および反射金属層19としてAg(150nm)を形成し、バリア層としてMo(50nm)を形成し、第二の接着用金属層22としてAuSn(3μm)およびAu(100nm)を、EB法を用いてそれぞれ形成した。ここで、AuSnのうちSnは20質量%とした。また上記Au(100nm)はAuSn層の酸化防止膜として機能するものである。このようにして窒化物系化合物半導体発光素子構造体が形成された。

20

【0066】

次に、第一の導電性基板11に第一のオーミック電極12および第一の接着用金属層21を形成した。具体的には、Si材料からなる第一の導電性基板11上に、第一のオーミック電極12としてTi(15nm)/Al(150nm)を形成し、さらに図示しないバリア層としてMo(50nm)を形成し、第一の接着用金属層21としてAu(3μm)を形成した。この形成には電子ビーム蒸着法(EB法)を用いた。

30

【0067】

次いで、凹溝部50を有する窒化物系化合物半導体層と第一の導電性基板とを接合した。すなわち、上記の窒化物系化合物半導体発光素子構造体を第一の導電性基板と一体化した。まず、Au材料からなる第一の接着用金属層21と上記AuSn層上のAu材料からなる第二の接着用金属層22とを対向させ、共晶接合法を用いて温度290℃、圧力300Nにて貼り付けた。

【0068】

その後、第二の基板35としてのサファイア基板を除去した。これは、YAG-THGレーザ(波長355nm)を鏡面研磨したサファイア基板裏面側から照射し、サファイア基板と界面のGa₂N材料からなるバッファ層36とN型層33との一部を熱分解することによって行った。

40

【0069】

さらに、上記サファイア基板が除去され露出されたN型層33上にITO(SnドープIn₂O₃)から成る透明電極17を凹溝部50が形成されていない部分に形成し、当該透明電極17の中心部にN型ボンディングパッド電極18を形成した。このN型ボンディングパッド電極18上にAuワイヤー10をボールボンディングした。さらに、第一の導電性基板11の裏面にオーミック電極14をさらに形成した。これにより窒化物系化合物

50

半導体発光素子を製造した。

【0070】

ここで、窒化物系化合物半導体層に凹溝部を形成し、これと、凹溝部を有しない第一の導電性基板のウエハーとを貼り付けたが、第一の導電性基板側に凹溝部を形成して、当該基板と、凹溝部を有しない窒化物系化合物半導体層のウエハーとを接合させてもよい。

【0071】

本実施例1によれば、サファイア基板上に積層された窒化物系化合物半導体層に凹溝部を形成しているため、第一の導電性基板側と第二の基板側のウエハー同士を貼り付ける際に接合面の面積が小さくなり、これら両者のそれぞれに形成された第一および第二の接着用金属層の密着性が良好になる。このために、接合強度が増加し密着性がさらに良くなるために、第一の導電性基板と窒化物系化合物半導体層の剥がれがなくなり、チップ化の際の分割においてウエハー剥がれが減少するため、したがってプロセス中の歩留まりが上がり、安価な窒化物系化合物半導体発光素子を提供となる。さらにまた、窒化物系化合物半導体層側に凹溝部を形成しているためにサファイア基板を除去したのみで、窒化物系化合物半導体層の分離が可能となりチップ化の際の分割がさらに容易となる。

10

【0072】

(実施例2)

本実施例において、図6に示すような構造の窒化物系化合物半導体発光素子を製造した。具体的には、次のとおりである。

【0073】

第二の基板35としてのサファイア基板上に、Ga₂N材料からなるバッファ層36、N型窒化物系化合物半導体層33、MQW発光層32、P型窒化物系化合物半導体層31を順次成長させた。これには、MOCVD法(有機金属気相成長法)を用いた。具体的には、サファイア基板上にGa₂N材料からなるバッファ層36を厚さ30nmで積層形成し、その上にN型窒化物系化合物半導体層33を厚さ5μmで積層形成し、その上にMQW発光層32を厚さ50nmで積層形成し、その上にP型窒化物系化合物半導体層31を厚さ200nmで積層形成した。

20

【0074】

次に、サファイア基板側の窒化物系化合物半導体層に凹溝部50を、RIEを用いて形成した。この際、凹溝部の幅を20μmとし、深さはサファイア基板に達する程度とした。

30

【0075】

次いで、凹溝部50以外の上記P型窒化物系化合物半導体層31表面上に第二のオーミック電極13、反射金属層19および第二の接着用金属層22を、EB法にて蒸着形成した。第二のオーミック電極13にはPdを3nmで形成し、反射金属層19にはAg-Ndを150nm、バリア層としてMoを50nmで形成し、第二の接着用金属層22にはAuSnを3μmおよびAuを100nmで形成した。ここで、AuSnのSnは20質量%とした。また上記Auは、AuSnの酸化防止膜として機能するものである。このようにして、窒化物系化合物半導体発光素子構造体が形成された。

【0076】

次いで、凹溝部51を有するSi材料からなる第一の導電性基板11に、第一のオーミック電極12および第一の接着用金属層21を、EB法を用いて形成した。具体的には、第一の導電性基板11に凹溝部51を形成するに際し、凹溝部の幅を20μmとし、深さは第一の導電性基板11に達する程度にフッ酸系エッチング液を用いて形成した。さらに、凹溝部51以外のSi基板表面に第一のオーミック電極12としてTi(15nm)/Al(150nm)を形成し、図示しないバリア層としてMoを50nmの厚さで形成し、その上に第一の接着用金属層21として、Auを3μmで形成した。

40

【0077】

その後、凹溝部50を有する窒化物系化合物半導体層側の構造と凹溝部51を有する第一の導電性基板側の構造とを、第一の接着用金属層および第二の接着用金属層とを接合す

50

るようにして一体化した。すなわち、窒化物系化合物半導体発光素子構造体を、第一の導電性基板側の構造と一体化した。具体的には、上記Au層21と上記AuSn層上のAu層22とを対向させ共晶接合法を用いて温度290、圧力200Nにて貼り付けた。

【0078】

次いで、サファイア基板を除去した。これには、YAG-THGレーザ(波長355nm)を鏡面研磨したサファイア基板裏面側から照射し、サファイア基板と界面のバッファ層とN型層の一部を熱分解することによりサファイア基板を除去した。

【0079】

その後、上記サファイア基板が除去され露出されたN型層33上にITO(SnドープIn₂O₃)から成る透明電極17をほぼ全面に形成し、その中心部にN型ボンディングパッド電極18を形成する。このN型ボンディングパッド電極18上にAuワイヤー10をボールボンディングした。これにより窒化物系化合物半導体発光素子を得ることができる。

【0080】

ここで、N型層33上に透明電極17をほぼ全面に形成したが、枝状の電極形状でもよく、N型ボンディングパッド電極のみでもよい。

【0081】

ここで、本実施例においては、Si基板に凹溝部を形成し、さらに窒化物系化合物半導体層が積層されたサファイア基板上に凹溝を形成しているため、素子構造同士を貼り付ける際に接着用金属の接合面の面積が実施例1よりさらに小さくなり、Si基板およびサファイア基板上に形成された接着用金属層の密着性がさらによくなる。このために、貼り付け強度が増加し密着性がさらに良くなるためにSi基板と窒化物系化合物半導体層の剥がれがなくなり、チップ化の際の分割においてウエハー剥がれが減少するためプロセス中の歩留まりが上がり、安価な窒化物系化合物半導体発光素子が提供できる。

【0082】

今回開示された実施の形態および実施例はすべての点で例示であって制限的なものではないと考えられるべきである。本発明の範囲は上記した説明ではなくて特許請求の範囲によって示され、特許請求の範囲と均等の意味および範囲内でのすべての変更が含まれることが意図される。

【図面の簡単な説明】

【0083】

【図1】本発明の窒化物系化合物半導体発光素子の概略断面図である。

【図2】本発明の窒化物系化合物半導体発光素子構造体の概略断面図である。

【図3】第二の基板側の構造と、第一の導電性基板側の構造とを一体化するために、第一の接着用金属層と第二の接着用金属層とが接合された状態を示す概略断面図である。

【図4】第一の導電性基板に凹溝部が形成された状態を示す概略断面図である。

【図5】第二の基板側の構造と、第一の導電性基板側の構造とを一体化するために、第一の接着用金属層と第二の接着用金属層とが接合された状態を示す概略断面図である。

【図6】本発明の窒化物系化合物半導体発光素子の概略断面図である。

【図7】従来の窒化物系化合物半導体発光素子の概略断面図である。

【符号の説明】

【0084】

10 ワイヤボンディング、11 第一の導電性基板、12 第一のオーミック電極、13 第二のオーミック電極、14 オーミック電極、17 透明電極、18 パッド電極、19 反射層、20 接着用金属層、21 第一の接着用金属層、22 第二の接着用金属層、30 窒化物系化合物半導体層、31 P型層、32 発光層、33 N型層、35 第二の基板、36 バッファ層、100 導電性基板、101 第二のオーミック電極、102 第一のオーミック電極、103 P型層、104 活性層、105 N型層、106 負電極、107 正電極。

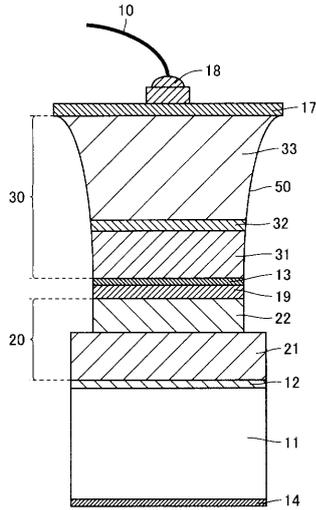
10

20

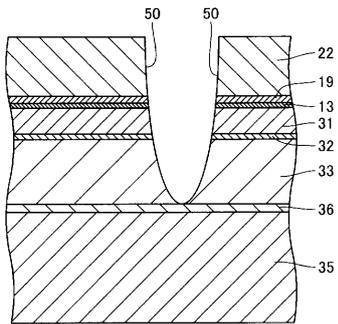
30

40

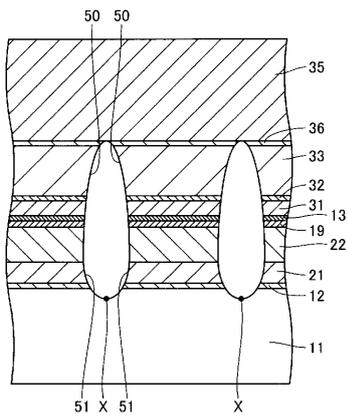
【図1】



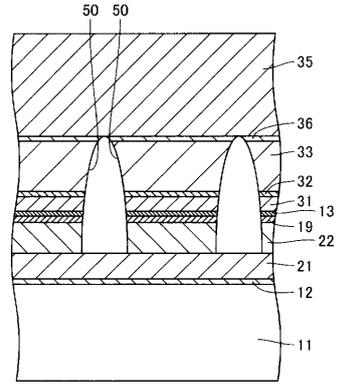
【図2】



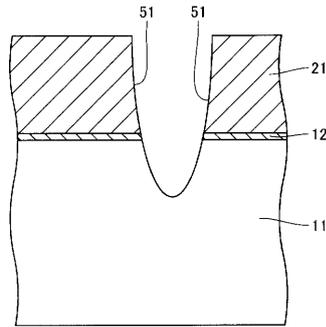
【図5】



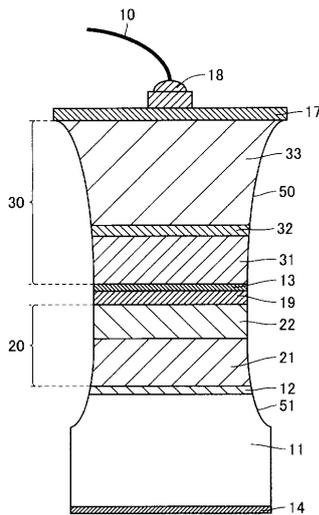
【図3】



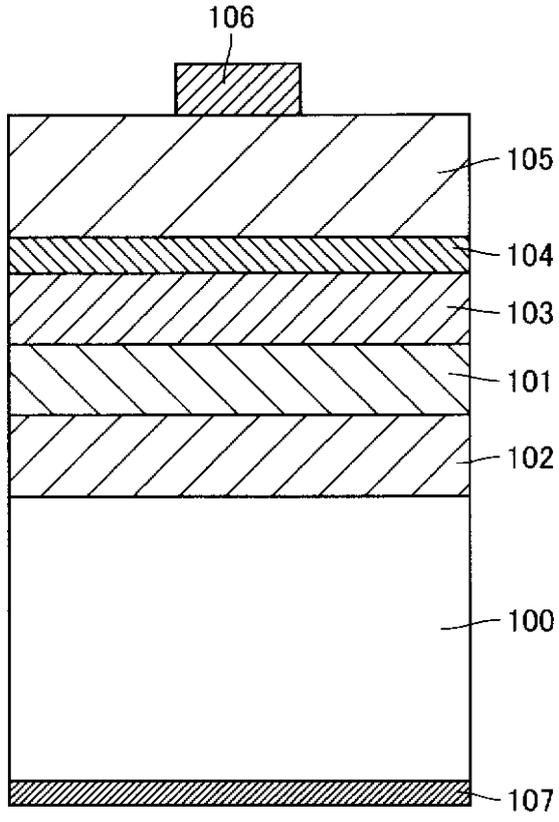
【図4】



【図6】



【図7】



フロントページの続き

(72)発明者 幡 俊雄

大阪府大阪市阿倍野区长池町2番2号 シャープ株式会社内

審査官 土屋 知久

(56)参考文献 特開2001-244503(JP,A)

特開2004-228540(JP,A)

特開平05-251739(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01L 33/00