

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局



(43) 国際公開日
2005 年 11 月 17 日 (17.11.2005)

PCT

(10) 国際公開番号
WO 2005/109530 A1

- (51) 国際特許分類: H01L 33/00
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2005/008510
- (22) 国際出願日: 2005 年 5 月 10 日 (10.05.2005)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願2004-140995 2004 年 5 月 11 日 (11.05.2004) JP
特願2005-130570 2005 年 4 月 27 日 (27.04.2005) JP
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): ローム株式会社 (ROHM CO., LTD) [JP/JP]; 〒6158585 京都府京都市右京区西院溝崎町 2 1 番地 Kyoto (JP).
- (72) 発明者; および
- (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 酒井 光彦 (SAKAI,

Mitsuhiko) [JP/JP]; 〒6158585 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 Kyoto (JP). 好田 慎一 (KOHDA, Shinichi) [JP/JP]; 〒6158585 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 Kyoto (JP). 園部 雅之 (SONOBE, Masayuki) [JP/JP]; 〒6158585 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 Kyoto (JP). 中原 健 (NAKAHARA, Ken) [JP/JP]; 〒6158585 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 Kyoto (JP).

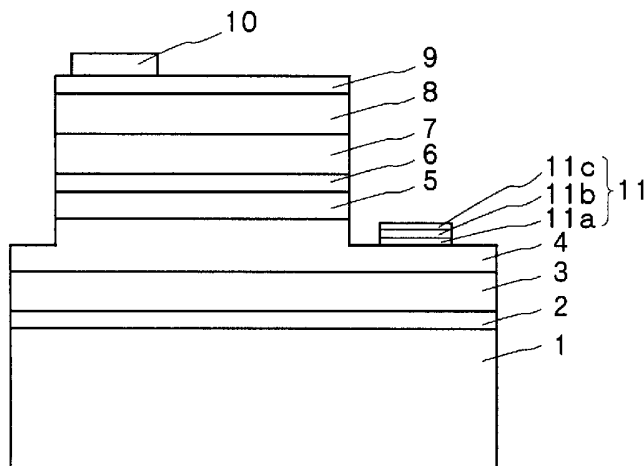
(74) 代理人: 河村 洸 (KAWAMURA, Kiyoshi); 〒5320011 大阪府大阪市淀川区西中島 4 丁目 5 番 1 号 新栄ビル 6 E 河村特許事務所 Osaka (JP).

(81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM,

[続葉有]

(54) Title: SEMICONDUCTOR LIGHT-EMITTING DEVICE AND METHOD FOR FABRICATING SAME

(54) 発明の名称: 半導体発光素子およびその製法



(57) Abstract: Disclosed is a semiconductor light-emitting device comprising an n-side electrode with a structure capable of stably suppressing the contact resistance between the n-side electrode and a nitride semiconductor layer. Also disclosed is a nitride semiconductor light-emitting device wherein an ohmic contact with a nitride semiconductor layer can be obtained through a simple manufacturing process, and on the surface of which is formed an n-side electrode having an Au layer facilitating wire bonding. On the surface of a sapphire (Al_2O_3 single crystal) substrate (1), for example, semiconductor layers (2-8) constituting a light-emitting layer are arranged in layers and a p-side electrode (10) is formed on the surface thereof via a light-transmitting conductive layer (9). An n-side electrode (11) is formed on an n-type layer (4) which is exposed by removing a part of the semiconductor layers (4-8) through etching. A side of the n-side electrode in contact with the n-type layer is composed of an Al layer (11a). The n-side electrode of an actual LED further comprises an Au layer (11c) which is formed on the surface of the Al layer via a barrier metal layer (11b).

(57) 要約: n 側電極と窒化物半導体層との接触抵抗を安定して小さくすることができる構成の n 側電極を有する半導体発光素子、さらには簡単な製造工程で、窒化物半導体層とのオーミックコンタクトが得られ、かつ、表面にはワイヤボンディングを行いやすい Au 層を有する n 側電極が形成された窒化物半導体発光素子およびその製法を提供

[続葉有]



DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, KE, KG, KM, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

— 国際調査報告書

- (84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AT, BE,

2文字コード及び他の略語については、定期発行される各PCTガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

する。たとえばサファイア (Al_2O_3 単結晶) などからなる基板 (1) の表面に発光層を形成する半導体層 (2~8) が積層されて、その表面に透光性導電層 (9) を介して p 側電極 (10) が形成されている。また、積層された半導体層 (4~8) の一部がエッチングにより除去されて露出した n 形層 (4) に n 側電極 (11) が形成されている。この n 側電極の n 形層との接触面側が、Al 層 (11a) により形成されている。実際の LED の n 側電極としては、この表面にさらにバリアメタル層 (11b) を介して Au 層 (11c) が形成されている。

明 細 書

半導体発光素子およびその製法

技術分野

- [0001] 本発明は基板上に、窒化物半導体が積層される青色系（紫外線から黄色）の光を発生する半導体発光素子およびその製法に関する。さらに詳しくは、窒化物半導体のn形層に設けられるn側電極のオーミックコンタクトを向上させながら少ない工数で簡単に形成することができる窒化物半導体発光素子およびその製法に関する。

背景技術

- [0002] 従来、青色系の光を発光する半導体発光素子は、たとえばサファイア基板上に、GaNなどからなるn形層と、バンドギャップエネルギーがn形層のそれよりも小さく発光波長を定める材料、たとえばInGaN系（InとGaの比率が種々変わり得ることを意味する、以下同じ）化合物半導体からなる活性層（発光層）と、GaNなどからなるp形層とが積層され、その表面にp側（上部）電極が設けられ、積層された半導体層の一部がエッチングされて露出したn形層の表面にn側（下部）電極が設けられることにより形成されている。なお、n形層およびp形層はキャリアの閉じ込め効果を向上させるため、活性層側にAlGaN系（AlとGaの比率が種々変り得ることを意味する、以下同じ）化合物などのさらにバンドギャップエネルギーの大きい半導体層が用いられることがある。
- [0003] この構造で、p側電極はTiおよびAuの積層構造で形成され、n側電極はTiとAlがそれぞれ積層されて合金化された金属層により形成されている（たとえば特許文献1参照）。p側電極は積層された半導体層の表面に設けられるNiおよびAuの合金、ZnOまたはITOなどの透光性導電層を介して設けられ、窒化物半導体層とはこの透光性導電層によりオーミックコンタクトが採られている。一方、n側電極は積層される窒化物半導体層の一部がエッチングにより除去されて露出するn形層の表面に直接設けられているが、TiおよびAlの合金により十分なオーミックコンタクトが得られると考えられている。

特許文献1:特開平10-173226号公報

発明の開示

発明が解決しようとする課題

[0004] 前述のように、窒化物半導体層とオーミックコンタクトを得るためのn側電極としては、Ti-Alが一般的に用いられている。しかし、表面にAlが露出していると酸化しやすく、この電極上にAu線などをワイヤボンディングする場合に酸化膜などがあると接着強度が劣ると共に、接触抵抗が大きくなるため、表面にさらにAu層を設ける必要がある。一方で、前述のTi膜とAl膜とを積層しただけでは窒化物半導体との十分なオーミックコンタクトが得られないため、成膜した後にシンターをして窒化物半導体層中にAlを十分に拡散させる必要があり、その際にTiとAlも合金化する。このシンターの際にAu膜も設けられていると、Ti、Al、Auも合金化してしまい、表面に合金化したAlの一部が露出することになり、Au膜を設けた意味がなくなってしまう。そのため、Ti膜とAl膜とを積層した後にシンターをし、その後さらにTi/AuまたはAuの膜を設ける必要があり、成膜工程を2回必要とし、製造工程が煩雑になるという問題がある。

[0005] さらに、本発明者らは、電極と窒化物半導体層との接触抵抗などの影響により動作電圧を上昇させないようにするため鋭意検討を重ねた結果、Ti-Al合金では、Tiの膜厚が規定どおり10nm程度の厚さに形成されていれば接触抵抗が小さく、動作電圧の上昇はあまり問題にならないが、Ti膜が少し厚くなりすぎるだけで、接触抵抗が大幅に増大し、動作電圧が0.1V程度は簡単に上昇することを見出した。

[0006] 本発明はこのような状況に鑑みてなされたもので、n側電極と窒化物半導体層との接触抵抗を安定して小さくすることができる構成のn側電極を有する半導体発光素子を提供することにある。

[0007] 本発明の他の目的は、簡単な製造工程で、窒化物半導体とのオーミックコンタクトが得られ、かつ、表面にはワイヤボンディングを行いやすいAu層を有するn側電極が形成された窒化物半導体発光素子およびその製法を提供することを目的とする。

課題を解決するための手段

[0008] 本発明者らは、窒化物半導体発光素子の駆動電圧を下げるため鋭意検討を重ねた結果、前述のように、従来はn側電極としてはTi-Al合金層が用いられているが、Ti層が少し厚すぎると、接触抵抗が増大して、駆動電圧が上昇することを見出した。そ

して、従来Tiが窒化物半導体層との密着性を向上させるために用いられていたが、Al単体の層でも熱処理により十分に窒化物半導体層に拡散させて合金化させることにより、密着性に何ら問題がないと共に、接触抵抗という観点からは、Tiと窒化物半導体よりも、Alと窒化物半導体の方が遥かに接触抵抗が小さいことを見出し、駆動電圧を上昇させることなく接続することができることを見出した。

- [0009] 本発明による半導体発光素子は、基板と、該基板上に設けられる窒化物半導体からなるn形層およびp形層を含む半導体積層部と、前記n形層およびp形層にそれぞれ接続して設けられるn側電極およびp側電極とからなり、前記n側電極がn形の窒化物半導体層と直接接するように設けられ、かつ、該n側電極の前記窒化物半導体層と接する側の層がAl層からなる金属層で構成されている。
- [0010] ここに窒化物半導体とは、III 族元素のGaとV族元素のNとの化合物またはIII 族元素のGaの一部または全部がAl、Inなどの他のIII 族元素と置換したものおよび／またはV族元素のNの一部がP、Asなどの他のV族元素と置換した化合物(窒化物)からなる半導体をいう。
- [0011] 前記Alの一部は前記n形の窒化物半導体層に拡散して該窒化物半導体層とオーミックコンタクトを形成するように設けられている。
- [0012] 前記Alの表面に、該Alの融点を超える融点を有する金属からなるバリアメタル層を介して、最表面にAu層が設けられることにより、熱処理によりAlを窒化物半導体中に十分に拡散させて、窒化物半導体と金属層とのオーミックコンタクトを確保しながら、熱処理によっても電極表面のAu層とAl層とはバリアメタル層によって分離されており、相互に合金化することがなく、表面にワイヤボンディングに優れた合金化しないAu層を確保することができる。その結果、これらの金属層を連続して成膜してから熱処理により窒化物半導体層とのオーミックコンタクトをとることができる。
- [0013] 具体的には、前記n側電極が設けられるn形の窒化物半導体層が、 $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ ($0 \leq x \leq 0.5$) により形成され、前記バリアメタルが、Ni、Pt、V、Cr、Mo、AlおよびTiよりなる群れから選ばれる少なくとも1種の金属により形成される。さらに具体的には、前記n側電極が、前記窒化物半導体層側からAl/Ni/AuまたはAl/Pt/AuまたはAl/Mo/Auのそれぞれの積層構造により形成される。

[0014] また、前記基板が窒化物半導体からなり、前記n側電極が、該基板の裏面に設けられ、かつ、該n側電極の前記基板側の金属層がAlからなる構造にしても、同様に半導体層と金属層とのオーミックコンタクトを得ながら、ダイボンディングの接触抵抗を小さくすることができる。

[0015] 本発明による半導体発光素子の製法は、基板上に窒化物半導体からなるn形層およびp形層を含む半導体積層部を成長し、該n形層の少なくとも一部の露出した表面またはn形窒化物からなる基板の裏面にn側電極を形成する半導体発光素子の製法であって、前記n形層の少なくとも一部の露出した表面または基板の裏面にAl層とバリアメタル層とAu層とをこの順で積層し、ついで熱処理を行うことによりAlの一部を前記n形窒化物半導体層または前記基板裏面に拡散させながら、表面に前記Au層を残存させることを特徴とする。

発明の効果

[0016] 本発明によれば、n形の窒化物半導体層と接続するn側電極の窒化物半導体層と接触する側にAl層が設けられているため、窒化物半導体層との接触抵抗はTiより遙かに小さく、駆動電圧を上昇させることのないn側電極を形成することができる。

[0017] また、このAl層上にバリアメタル層を介してAu層が設けられることにより、表面にワイヤボンディングの接着性を向上させるAu層が設けられながら、Alよりも融点の高い材料からなるバリアメタル層が設けられているため、n側電極用の全ての金属層を設けてから、Al層と窒化物半導体層とのオーミックコンタクトを得るための熱処理を行っても、バリアメタル層がAl層とAu層とが合金化を阻止することができ、表面のAu層が害されることがない。そのため、シンター（熱処理）することにより窒化物半導体層にAlが拡散してオーミックコンタクトを得ることができながら、金属層の表面にはAu層を合金化することなくそのまま残すことができ、簡単な製造工程で、ワイヤボンディングの金線などとの電氣的接続を確実に、かつ、接触抵抗を小さく接続することができ、結局窒化物半導体層との電氣的接続を非常に低抵抗で行うことができる。

図面の簡単な説明

[0018] [図1]本発明による半導体発光素子の一実施形態の断面説明図である。

[図2]本発明によるn側電極材料の検討で用いる伝送長法(TLM法)の原理を説明

する図である。

[図3]本発明によるn形窒化物半導体層とAl電極との接触抵抗を求める際の電極間隔と両電極間の抵抗との関係を示す図である。

[図4]図1に示されるn側電極の他の構成例を示す断面説明図である。

[図5]本発明による半導体発光素子の他の実施形態を示す断面説明図である。

符号の説明

- [0019]
- 1 基板
 - 4 n形層
 - 5 超格子層
 - 6 活性層
 - 7 p形層
 - 8 p形コンタクト層
 - 9 透光性導電層
 - 10 p側電極
 - 11 n側電極
 - 11a Al層
 - 11b バリアメタル層
 - 11c Au層

発明を実施するための最良の形態

- [0020] つぎに、図面を参照しながら本発明の半導体発光素子について説明をする。図1には、青色系の発光に適した窒化物半導体層がサファイア基板上に積層される本発明の半導体発光素子の一実施形態の断面説明図が示されている。

- [0021] 本発明による半導体発光素子は、図1に示されるように、たとえばサファイア(Al_2O_3 単結晶)などからなる基板1の表面に発光層を形成する半導体層2～8が積層されて、その表面に透光性導電層9を介してp側電極10が形成されている。また、積層された半導体層4～8の一部がエッチングにより除去されて露出したn形層4にn側電極11が形成されている。本発明では、このn側電極11のn形層4との接触面側が、後述するようにAl層11aにより形成されていることに特徴がある。実際のLEDのn側電極1

1としては、この表面にさらにバリアメタル層11bを介してAu層11cが形成されることが好ましい。

[0022] このAl層11aは、窒化物半導体層とオーミックコンタクトをとる層として設けられており、成膜後に、たとえば窒素雰囲気下で300～700℃程度、たとえば625℃程度で、1～30秒程度、たとえば5秒程度の急速加熱(RTA)の熱処理が行われることにより、Alの一部が窒化物半導体層に十分に拡散してオーミックコンタクトが得られるように設けられている。なお、この熱処理は、Al層11aを設けた単独の状態で行わなくても、つぎのバリアメタル層11b、Au層11cを設けた後に熱処理をすることができる。このAl層11aは、0.01～10 μm 程度、好ましくは0.2～1 μm 程度、たとえば0.25 μm 程度の厚さに設けられる。

[0023] また、バリアメタル層11bは、この熱処理の際にAl層11aと表面に設けられるAu層11cとが合金化しないように相互に独立させるために設けられているもので、Alの融点よりも高い融点を有する金属、たとえばNi、V、Cr、Mo、Tiなどが用いられる。このバリアメタル層11bは、Al層11aとAu層11cとが相互に反応しないように区分されればよいので、0.05～0.5 μm 程度の厚さ、好ましくは0.1～0.2 μm 程度の厚さに設けられる。また、Au層11cはワイヤボンディング性を高め、ワイヤボンディングを確実にを行うために設けられるもので、0.1～10 μm 程度、好ましくは0.2～3 μm 程度の厚さに形成される。

[0024] このn側電極の窒化物半導体層と接する側にAl層11aを設ける理由について、詳述する。本発明者らは、前述のように、窒化物半導体発光素子の駆動電圧を下げるため鋭意検討を重ねた結果、n側電極としてTi-Al合金層が用いられても、Ti層が厚く成膜されるとn側電極と窒化物半導体層との接触抵抗を必ずしも充分には下げ得ないことを見出し、さらに鋭意検討を重ねた結果、窒化物半導体層と接する金属層として、Al層を設けることにより、窒化物半導体層と電極との密着性の問題もなく、接触抵抗を確実に下げることができ、駆動電圧を下げられることを見出した。

[0025] さらに、本発明者らが、窒化物半導体のn形層と接続するn側電極を形成するのに、従来のTi/Alの成膜と、Ti/Auの成膜の2回に分けて行わないと、窒化物半導体層とのオーミックコンタクトを十分に上げながら表面にワイヤボンディングに適したAu

層を得られないという不便と工数増をなくするため鋭意検討を重ねた結果、Al層／バリアメタル層／Au層の積層構造にして、窒化物半導体とのオーミックコンタクトを得るための熱処理を行うことにより窒化物半導体層との接触抵抗を下げ、かつ、表面にはワイヤボンディングを良好に行うことができるAu層を合金化することなく維持でき、非常に小さい接触抵抗で簡単にn側電極を形成することができることを見出した。

[0026] すなわち、まず、種々の金属をn形窒化物半導体層上に形成してその接触抵抗を評価した。接触抵抗の評価は、伝送長法(TLM法: Transfer Length Method)により接触抵抗を測定して行った。このTLM法は、図2にその原理を説明する図が示されている。すなわち、図2Aに示されるように、窒化物半導体層21の表面に円形の電極22、23を形成し、その両電極22、23間に印加する電圧と電流とにより両電極間の抵抗値Rを検出する。この両電極22、23は、半径が r (たとえば $100\ \mu\text{m}$ 程度)の円形の第1電極22の周囲に、一定の間隔 d を介してリング状の第2電極23が形成されている。この両電極22、23間の抵抗値 R は、図2Bに示されるように、半導体層21のシート抵抗 ρ (単位長さあたりの抵抗値) $\times d$ と、両電極22、23と半導体層21との接触抵抗 $2\rho_c$ となる($R = \rho \times d + 2\rho_c$)。この間隔 d を種々変化させながら、両電極22、23間の抵抗値を測定すると、検出される抵抗値 R は、図2Cに示されるように、両電極22、23間の距離 d に比例して大きくなる。したがって、この間隔 d を0にしたとき、すなわち図2Cで y 軸との切片の値が、接触抵抗 $2\rho_c$ として求められる。

[0027] なお、窒化物半導体層21は、Siを $4 \times 10^{18}\text{cm}^{-3}$ 程度にドーピングしたn形のGaN層として $10\ \mu\text{m}$ 程度の厚さに形成し、その表面の電極22、23は材料および厚さを以下のように変えて形成したが、いずれの場合も、電極材料を成膜後に、窒素ガスを1リットル／秒の割合で流した雰囲気中で 625°C 、5秒間のRTA(急速加熱)アニール処理を施してオーミックコンタクトを得られる状態にしてから測定した。

[0028] まず、電極材料として、Alを 250nm の厚さに形成し、両電極の間隔 d を変えて両電極間の抵抗値 R を測定した結果が図3に示されている。なお、図3においては、横軸に相対的 d 値(Relative d -factor)として、自然対数値 $\ln(r+d/r)$ で示されている。ここで r は電極22の半径、 d は両電極の間隔を示す。このグラフから、 $y = 4.571 \times 10^{-3}x + 1.128 \times 10^{-3}$ となり、接触抵抗が $7.42 \times 10^{-5}\ \Omega\text{cm}^2$ として得られる。

[0029] 同様の方法で、従来用いられている10nmのTi膜と250nmのAl膜とを積層して熱処理により形成したTi-Al合金層の接触抵抗、200nm厚のTi層の接触抵抗、10nmのTi膜と250nmのAu膜とを積層して熱処理により形成したTi-Au合金層の接触抵抗を調べた結果を纏めて表1に示す。

[0030] [表1]

表1 電極材料に対する接触抵抗

電極材料	接触抵抗値 ($\Omega \text{ cm}^2$)
Al	7.42×10^{-5}
Ti-Al	7.52×10^{-5}
Ti	1.38×10^{-3}
Ti-Au	2.16×10^{-3}

[0031] つぎに、この接触抵抗が駆動電圧にどれだけ影響するかを調べた。電極が $100 \mu\text{m} \phi$ では、面積 S は $7.85 \times 10^{-5} \text{ cm}^2$ となる。このときの抵抗 R は、 $R = \rho / S = 7.42 \times 10^{-5} / 7.85 \times 10^{-5} = 0.945 \Omega$ 。したがって、20mAのときの電圧上昇は、 $0.945 \times 20 \text{ mA} = 18.9 \text{ mV}$ となる。通常のこの種のLED駆動電圧は、3.2～3.5V程度であり、駆動電流20mAで電圧上昇を0.15V以下にする必要があることから、上記のAl層およびTi-Al層の接触抵抗では、駆動電圧の上昇には何ら影響しないと考えられる。しかし、Tiの接触抵抗では、約100倍程度になり問題になる。駆動電圧上昇の限界を0.15Vとして逆算すると、接触抵抗としては、 $5.9 \times 10^{-4} \Omega \text{ cm}^2$ 以下とする必要がある。この点からは、従来用いられているTi-Al合金は、接触抵抗が本発明のAl層に近くて、駆動電圧の上昇という点からは問題ないが、接触抵抗が非常に大きくなるTiが窒化物半導体層側に設けられているため、この量が多いと、接触抵抗が大きくなることはTiの接触抵抗からも明らかである。したがって、製造条件によっては接触抵抗が大きくなる可能性があり、安定性に欠ける。

[0032] 一方、本発明による250nm厚のAl層上に50nm厚のNi層と300nmのAu層とを積層してワイヤボンディングを行いボンディング剥れ(ワイヤボンディング部分での電極の剥れ)の有無の検査を50個のサンプルで行った。その結果、1個の不良品も発

生せず、電極と窒化物半導体層との密着性に関しても全く問題のないことが確認された。なお、この検証では、Al層の接触抵抗を調べたのに引き続いて行ったため、すでに熱処理が行われており、その上にNi層とAu層とを積層したが、実際のLEDなどを製造する際には、Al層、Ni層、およびAu層を連続して積層し、その後にオーミックコンタクトを得るための熱処理をすることができる。このように、金属層を積層した後に熱処理を行っても、表面のAu層がAl層と合金化しないようにするため、Alよりも融点の高いNiなどのバリアメタル層が介在されている。

[0033] つぎに、図1に示される半導体発光素子の構造について詳述する。サファイア基板1上に積層される半導体層は、たとえばGaNからなる低温バッファ層2が0.005～0.1 μm 程度、ついでアンドープのGaNからなる高温バッファ層3が1～3 μm 程度、その上に障壁層(バンドギャップエネルギーの大きい層)となるSiをドープしたn形層4が1～5 μm 程度、たとえば $\text{In}_{0.02}\text{Ga}_{0.98}\text{N}$ 層とGaN層とがそれぞれ1～2nm程度ずつ交互に5～40ペア積層した超格子構造の超格子層5、バンドギャップエネルギーが障壁層のそれよりも小さくなる材料、たとえば1～3nmの $\text{In}_{0.13}\text{Ga}_{0.87}\text{N}$ からなるウェル層と10～20nmのGaNからなるバリア層とが3～8ペア積層される多重量子井戸(MQW)構造の活性層6が0.05～0.3 μm 程度、p形のAlGaN系化合物半導体層からなるp形障壁層(バンドギャップエネルギーの大きい層)7とp形GaNからなるコンタクト層8とによるp形層7、8とが合せて0.2～1 μm 程度、それぞれ順次積層されることにより構成されている。

[0034] なお、アンドープの高温バッファ層3は、積層される窒化物半導体層の結晶性を良くするため、高温で成長する最初の層をアンドープにしているもので、基板が導電性の場合にはアンドープにはしない。また、p形層7とコンタクト層8は、キャリアの閉じ込め効果の点から活性層6側にAlを含む層が設けられることが好ましいものの、GaN層だけでもよい。また、n形層4にもAlGaN系化合物半導体層を設けて複層にしてもよく、またこれらを他の窒化物半導体層で形成することもできる。さらに、この例では、n形層4とp形層7とで活性層6が挟持されたダブルヘテロ接合構造であるが、n形層とp形層とが直接接合するpn接合構造のものでもよい。また、活性層6上に直接p形AlGaN系化合物層を成長したが、数nm程度のアンドープAlGaN系化合物層を成

長することにより、活性層にできたピットを埋め込みながら、p形層とn形層との接触によるリークを防止することができるため好ましい。一般的には、n形層およびp形層は、コンタクト層も含めて $\text{AlGa}_{1-x}\text{N}$ ($0 \leq x \leq 0.5$) で構成することができ、半導体積層部としては発光層を形成するようにn形層とp形層とが積層されていればよい。

[0035] この半導体積層部上に、たとえばZnOからなる透光性導電層9が $0.1 \sim 10 \mu\text{m}$ 程度設けられ、その上の一部に、TiとAuとの積層構造によりp側電極10が形成され、積層された半導体積層部の一部がエッチングにより除去されて露出するn形層4にn側電極11が、AlとNiとAuとの積層構造により形成されている。Al層11aは $10\text{nm} \sim 10 \mu\text{m}$ で、たとえば $0.1 \mu\text{m}$ 、バリアメタル層11bとするNi層は $30 \sim 100\text{nm}$ で、たとえば 50nm 、Au層11cは、 $0.2 \sim 1 \mu\text{m}$ 程度、たとえば $0.25 \mu\text{m}$ 程度積層され、 600°C 程度で5秒程度の急速加熱(RTA)の熱処理が行われるが、Al層の一部が窒化物半導体に拡散するものの、各金属層同士はNi層からなるバリアメタル層11bにより合金化することなく、n側電極11の表面には合金化しないAu層11cが確保され、ワイヤボンディングのボンディング特性を向上させることができる。そして、表面にp側電極10およびn側電極11の表面を除いて、全面に図示しない SiO_2 などのパシベーション膜を設けられている。透光性導電層9は、ZnOに限定されるものではなく、ITOやNiとAuとの $2 \sim 100\text{nm}$ 程度の薄い合金層でも、光を透過させながら、電流をチップ全体に拡散することができる。

[0036] 本発明によれば、半導体発光素子のn側電極11の窒化物半導体層と接触する層にAl層が設けられているため、非常に接触抵抗を小さくすることができる。さらに、n側電極を形成するのに、一度の成膜工程でAl、Ni、Auを連続的に成膜して積層し、熱処理を行うだけで、電極と半導体層とのオーミックコンタクトを得ることができ、しかも表面にはAlが露出しないため、電極表面の酸化などによる汚れを防止することができ、ワイヤボンディングも良好に行うことができる。その結果、外部リードとの間を非常に小さい接触抵抗で接続することができ、発光素子を形成しても、駆動電圧を低く維持することができるため、非常に内部量子効率の優れた発光素子が得られる。

[0037] つぎに、図1に示される半導体発光素子の製法について説明をする。有機金属化学気相成長法(MOCVD法)により、キャリアガスの H_2 と共にトリメチルガリウム(TMGe)

)、アンモニア(NH_3)、トリメチルアルミニウム(TMA)、トリメチルインジウム(TMIn)などの反応ガスおよびn形にする場合のドーパントガスとしての SiH_4 、p形にする場合のドーパントガスとしてのシクロペンタジエニルマグネシウム(Cp_2Mg)またはジメチル亜鉛(DMZn)などの必要なガスを供給して順次成長する。

[0038] まず、たとえばサファイアからなる絶縁基板1上に、たとえば400～600℃程度の低温で、GaN層からなる低温バッファ層2を0.005～0.1 μm 程度成膜した後、温度を600～1200℃程度の高温に上げて、アンドープのGaNからなる高温バッファ層3を1～3 μm 程度、Siをドープしたn形GaNからなるn形層(障壁層)4を1～5 μm 程度成膜する。

[0039] つぎに、成長温度を400～600℃の低温に下げて、 $\text{In}_{0.02}\text{Ga}_{0.98}\text{N}$ 層とGaN層とをそれぞれ1～2nm程度づつ交互に5～40ペア積層することにより、超格子構造の超格子層5を、さらにたとえば1～3nmの $\text{In}_{0.13}\text{Ga}_{0.87}\text{N}$ からなるウェル層と10～20nmのGaNからなるバリア層とが3～8ペア積層される多重量子井戸(MQW)構造の活性層6を0.05～0.3 μm 程度成膜する。

[0040] ついで、成長装置内の温度を600～1200℃程度に上げ、p形のAlGaN系化合物半導体層7を0.1～0.5 μm 程度、さらにp形のGaNからなるコンタクト層8を0.1～0.5 μm 程度それぞれ積層する。

[0041] その後、表面にSiNなどの保護膜を設けてp形ドーパントの活性化のため、400～800℃程度で10～60分程度のアニールを行い、たとえばZnO層をMBE、スパッタ、真空蒸着、PLD、イオンプレーティングなどの方法により0.1～10 μm 程度成膜することにより透光性導電層9を形成する。ついで、n側電極9を形成するため、n形層4が露出するように、積層された半導体層の一部を塩素ガスなどによる反応性イオンエッチングによりエッチングをする。

[0042] つぎに、露出したn形層4の表面にAlを0.1 μm 程度、Niを50nm程度およびAuを250nm程度それぞれスパッタリングまたは真空蒸着により連続して付着し、RTA加熱により600℃程度で5秒間程度の熱処理をする。なお、n側電極はリフトオフ法により形成すれば、マスクを除去することにより所定の形状のn側電極を形成することができる。その後、p側電極のために透光性導電層9上にTiとAuをそれぞれ0.1 μm と0.

3 μm 程度ずつ真空蒸着することにより、p側電極10を形成する。その後、ウェハからチップ化することにより、図1に示される半導体発光素子チップが得られる。

[0043] 前述の例では、n側電極11として、Al層11a、Ni層（バリアメタル層11b）、Au層11cの積層構造としたが、窒化物半導体層側にAl層、表面にAu層が設けられることは必要であるが、その中間のバリアメタル層11bはNiに限らず、Alより融点の高い金属を用いることができる。たとえば図4Aに示されるように、Al層を0.01 μm 程度、Mo層を0.05 μm 程度、Au層を0.25 μm 程度、それぞれ積層して、RTA（急速加熱）処理により600°C、5秒間の熱処理をすることにより、 $5.61 \times 10^{-4} [\Omega\text{cm}^2]$ の小さな接触抵抗のものが得られるし、図4Bに示されるように、Al層、Pt層、Au層の積層構造にすることもできる。さらに、バリアメタル層としては、前述のような他の金属を用いることもできる。

[0044] また、前述の例では、基板としてサファイア基板を用いて、窒化物半導体層を積層し、n側電極をn形層に接続するため、積層した半導体層の一部をエッチングにより除去して下層のn形層を露出させ、そのn形層にn側電極を形成したが、サファイア基板を用いなくて、GaN基板を用いてそのGaN基板に窒化物半導体層を積層すれば、積層した半導体層の一部をエッチングする必要なく、GaN基板の裏面に直接n側電極を形成することができる。この場合の例が図5に示されている。図5において、基板1がサファイア基板ではなく、GaN基板が用いられ、アンドープの高温バッファ層が省略されているだけで、後は図1に示される積層構造と同じ構造で、n側電極11がGaN基板1の裏面に、前述のAl/Ni/Auの金属膜を積層して、熱処理をすることにより形成され、p側電極10がチップのほぼ中心に設けられている点が異なるだけで、同じ部分には同じ符号を付してその説明を省略する。なお、直列抵抗を小さくするためアンドープのGaN層を省略したが、高温バッファ層をn形で設けることもできる。

産業上の利用可能性

[0045] 本発明によれば、駆動電圧の低い青色や紫外光などの発光素子とすることができ、白色の光源、照明など幅広い電気機器の光源やパイロットランプ、照明器具、消毒用器具などに利用することができる。

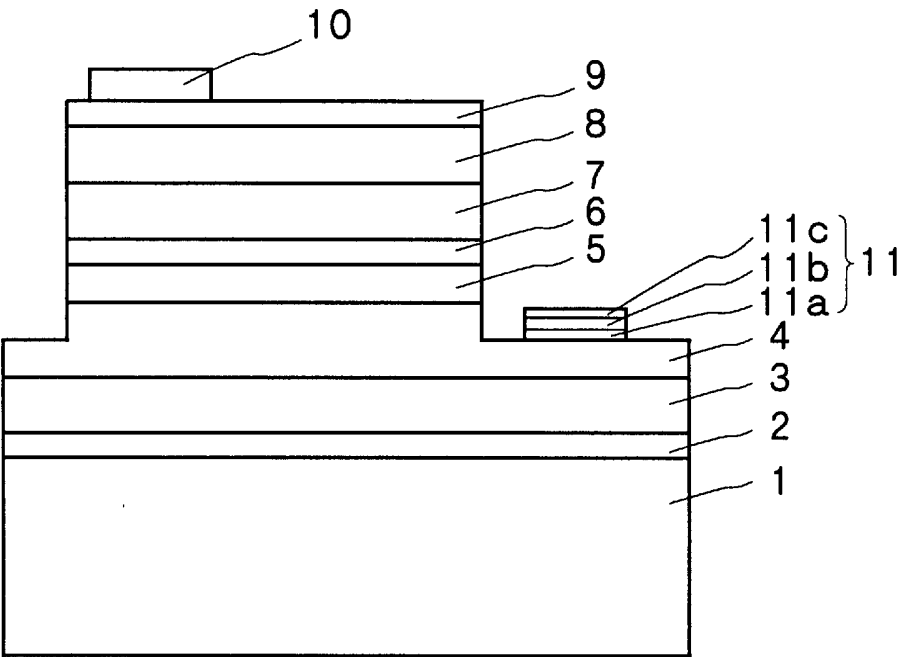
請求の範囲

- [1] 基板と、該基板上に設けられる窒化物半導体からなるn形層およびp形層を含む半導体積層部と、前記n形層およびp形層にそれぞれ接続して設けられるn側電極およびp側電極とからなり、前記n側電極がn形の窒化物半導体層と直接接するように設けられ、かつ、該n側電極の前記窒化物半導体層と接する側の層がAl層からなる金属層で構成されてなる半導体発光素子。
- [2] 前記Alの一部は前記n形の窒化物半導体層に拡散して該窒化物半導体層とオーミックコンタクトを形成している請求項1記載の半導体発光素子。
- [3] 前記Alの表面に、該Alの融点を超える融点を有する金属からなるバリアメタルを介して、最表面にAu層が設けられてなる請求項2記載の半導体発光素子。
- [4] 前記n側電極が設けられるn形の窒化物半導体層が、 $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ ($0 \leq x \leq 0.5$) からなる請求項1記載の半導体発光素子。
- [5] 前記バリアメタルが、Ni、Pt、V、Cr、Mo、AlおよびTiよりなる群れから選ばれる少なくとも1種の金属からなる請求項3記載の半導体発光素子。
- [6] 前記n側電極が、前記窒化物半導体層側からAl/Ni/AuまたはAl/Pt/AuまたはAl/Mo/Auのそれぞれの積層構造からなる請求項5記載の半導体発光素子。
- [7] 前記基板が窒化物半導体からなり、前記n側電極が、該基板の裏面に設けられ、かつ、該n側電極の前記基板側の金属層がAlからなる請求項1記載の半導体発光素子。
- [8] 基板上に窒化物半導体からなるn形層およびp形層を含む半導体積層部を成長し、該n形層の少なくとも一部の露出した表面またはn形窒化物からなる基板の裏面にn側電極を形成する半導体発光素子の製法であって、前記n形層の少なくとも一部の露出した表面または基板の裏面にAl層とバリアメタル層とAu層とをこの順で積層し、ついで熱処理を行うことによりAlの一部を前記n形窒化物半導体層または前記基板裏面に拡散させながら、表面に前記Au層を残存させることを特徴とする半導体発光素子の製法。
- [9] 前記バリアメタルが、Ni、Pt、V、Cr、Mo、AlおよびTiよりなる群れから選ばれる少

なくとも1種の金属からなる請求項8記載の半導体発光素子の製法。

[図1]

FIG. 1



[図2]

FIG. 2A

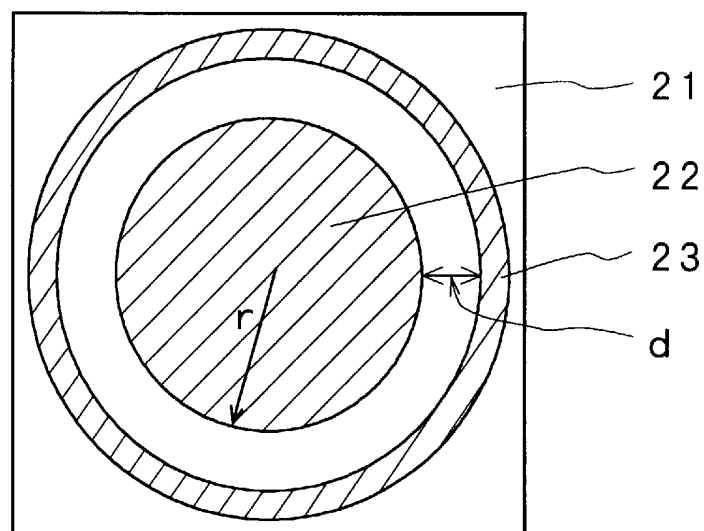


FIG. 2B

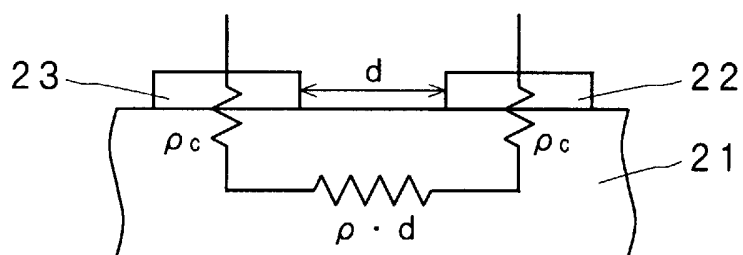
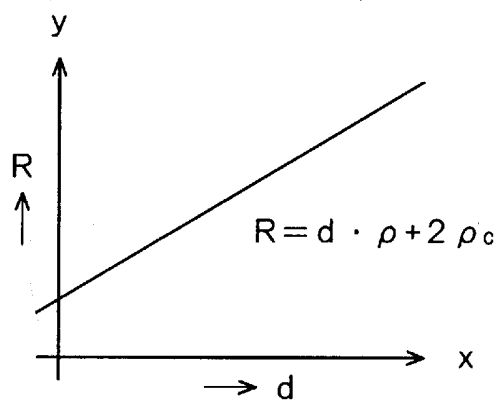
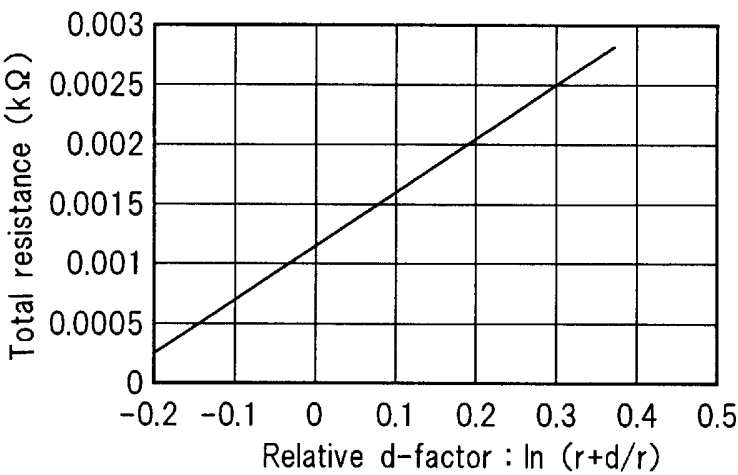


FIG. 2C



[図3]

FIG. 3



[図4]

FIG. 4 A

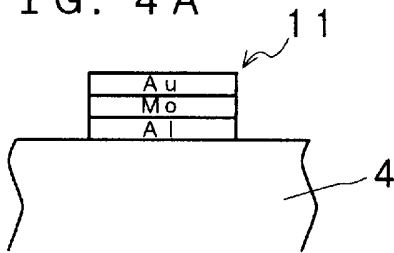
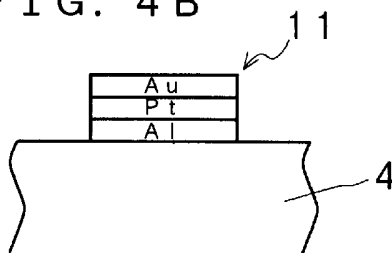
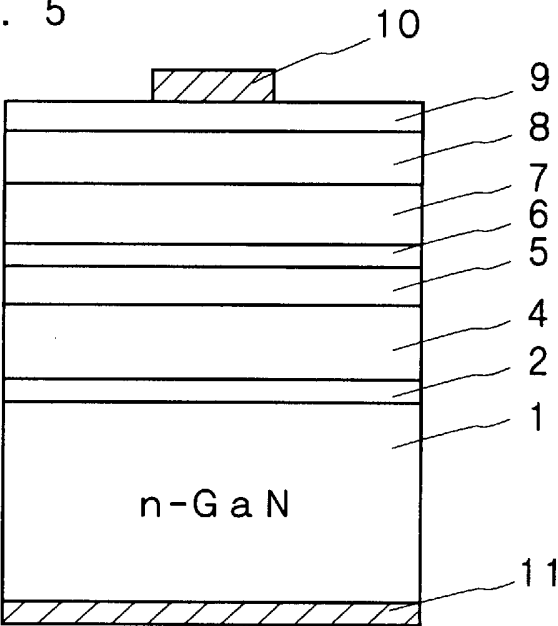


FIG. 4 B



[図5]

FIG. 5



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2005/008510

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl⁷ H01L33/00

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl⁷ H01L33/00, H01S5/00-5/50

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho 1922-1996 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2005

Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2005 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2005

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X Y	JP 08-274372 A (Toyoda Gosei Co., Ltd.), 18 October, 1996 (18.10.96), Fig. 1; Par. Nos. [0009], [0010], [0024] to [0028] (Family: none)	1-5, 7-9 6
Y	JP 09-055559 A (Sanyo Electric Co., Ltd.), 25 February, 1997 (25.02.97), Par. No. [0008] (Family: none)	6



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T"

later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X"

document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y"

document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&"

document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

13 July, 2005 (13.07.05)

Date of mailing of the international search report

02 August, 2005 (02.08.05)

Name and mailing address of the ISA/

Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl.⁷ H01L33/00

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl.⁷ H01L33/00, H01S5/00-5/50

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1922-1996年
日本国公開実用新案公報	1971-2005年
日本国実用新案登録公報	1996-2005年
日本国登録実用新案公報	1994-2005年

国際調査で利用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
X	JP 08-274372 A (豊田合成株式会社) 1996.10.18,	1-5, 7-9
Y	図1、段落【0009】、【0010】、【0024】-【0028】 (ファミリーなし)	6
Y	JP 09-055559 A (三洋電機株式会社) 1997.02.25,	6
	段落【0008】 (ファミリーなし)	

C欄の続きにも文献が列挙されている。

パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技术水準を示すもの
「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)
「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
「&」 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

13.07.2005

国際調査報告の発送日

02.8.2005

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/JP)
郵便番号100-8915
東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

門田 かづよ

2K

3412

電話番号 03-3581-1101 内線 3255