

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2014-60335
(P2014-60335A)

(43) 公開日 平成26年4月3日(2014.4.3)

(51) Int.Cl. F I テーマコード (参考)
H O 1 L 33/36 (2010.01) H O 1 L 33/00 2 0 0 5 F 1 4 1

審査請求 未請求 請求項の数 15 O L (全 18 頁)

<p>(21) 出願番号 特願2012-205734 (P2012-205734) (22) 出願日 平成24年9月19日 (2012.9.19)</p>	<p>(71) 出願人 000005049 シャープ株式会社 大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号 (74) 代理人 100078282 弁理士 山本 秀策 (74) 代理人 100062409 弁理士 安村 高明 (74) 代理人 100107489 弁理士 大塩 竹志 (72) 発明者 新良貴 毅 大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号 シャープ株式会社内 (72) 発明者 園田 孝徳 大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号 シャープ株式会社内</p>
---	---

最終頁に続く

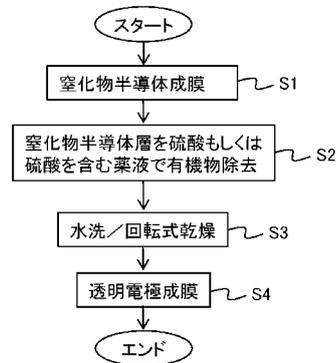
(54) 【発明の名称】 半導体発光素子の製造方法

(57) 【要約】

【課題】透明電極の成膜に際して、その下地層の半導体積層膜の表面上の有機物や酸化物をより有効に除去する。

【解決手段】基板上に各窒化物半導体層を順次積層する窒化物半導体積層工程(ステップS1)と、積層した各窒化物半導体層の最上層の表面を少なくとも硫酸を含む薬液で洗浄処理する洗浄工程(ステップS3)と、洗浄処理した窒化物半導体層上を覆う透明電極膜を成膜する透明電極膜成膜工程(ステップS4)とを有している。

【選択図】図2



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

基板上に各半導体層を順次積層する半導体層積層工程と、積層した各半導体層の最上層の表面を少なくとも硫酸を含む薬液で洗浄処理する洗浄工程と、洗浄処理した半導体層上を覆う透明電極膜を成膜する透明電極膜成膜工程とを有する半導体発光素子の製造方法。

【請求項 2】

前記半導体層積層工程後の各半導体層の最上層の一部表面上に光取出効率向上のための絶縁膜を形成する絶縁膜形成工程を更に有し、前記洗浄工程は、該各半導体層の最上層および該絶縁膜の各表面を少なくとも硫酸を含む薬液で洗浄処理する請求項 1 に記載の半導体発光素子の製造方法。

10

【請求項 3】

前記各半導体層の最上層の表面からの有機物および酸化物を含む異物除去と、該最上層と前記透明電極膜との間のコンタクト抵抗の維持とを両立する洗浄温度条件および洗浄時間条件のうち少なくとも一方の条件で前記洗浄工程を実施する請求項 1 または 2 に記載の半導体発光素子の製造方法。

【請求項 4】

前記洗浄工程は前記薬液の温度が室温以上摂氏 100 度以下の温度範囲で行われる請求項 3 に記載の半導体発光素子の製造方法。

【請求項 5】

前記洗浄工程は前記薬液の温度が摂氏 40 度以上摂氏 100 度以下の温度範囲で行われる請求項 4 に記載の半導体発光素子の製造方法。

20

【請求項 6】

前記洗浄工程は前記薬液の温度が摂氏 40 度以上摂氏 80 度以下の温度範囲で行われる請求項 5 に記載の半導体発光素子の製造方法。

【請求項 7】

前記洗浄工程は前記薬液中に被処理物を 1 分間以上 20 分間以下の時間範囲で浸漬させて行われる請求項 3 に記載の半導体発光素子の製造方法。

【請求項 8】

前記洗浄工程は前記薬液中に被処理物を 5 分間以上 10 分間以下の時間範囲で浸漬させて行われる請求項 7 に記載の半導体発光素子の製造方法。

30

【請求項 9】

前記少なくとも硫酸を含む薬液は該硫酸に過酸化水素水を混合させた洗浄液である請求項 1 または 2 に記載の半導体発光素子の製造方法。

【請求項 10】

異物除去性能を維持するべく前記硫酸の濃度を 60 wt パーセント以上 95 wt パーセント以下の濃度範囲内になるように前記過酸化水素水の補充を行う請求項 9 に記載の半導体発光素子の製造方法。

【請求項 11】

前記洗浄工程において、前記少なくとも硫酸を含む薬液による洗浄処理後、APM（アンモニアと過酸化水素水と水との混合液）または、HPM（塩酸と過酸化水素水と水との混合液）または、該 APM と該 HPM を連続して用いて洗浄処理する請求項 1 または 2 に記載の半導体発光素子の製造方法。

40

【請求項 12】

前記洗浄工程において、前記少なくとも硫酸を含む薬液による洗浄処理後の乾燥処理は、回転式乾燥処理または不活性ガスを含む回転式乾燥処理である請求項 1 または 2 に記載の半導体発光素子の製造方法。

【請求項 13】

前記半導体層は窒化物半導体層である請求項 1 または 2 に記載の半導体発光素子の製造方法。

【請求項 14】

50

前記光取出効率向上のために形成された絶縁膜は、金属電極の真下に対応する前記最上層の一部表面上に形成する請求項1記載の半導体発光素子の製造方法。

【請求項15】

前記基板は凹凸加工表面を有するサファイヤ基板である請求項1に記載の半導体発光素子の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、青色から紫外の発光ダイオードや半導体レーザの材料として用いられる窒素を含む3-5族化合物半導体上に透明電極を形成する半導体発光素子の製造方法に関する。

10

【背景技術】

【0002】

青色から紫外の発光ダイオードや半導体レーザの材料として、一般式が $Al_x In_y Ga_{1-x-y} N$ ($0 < x < 1$ 、 $0 < y < 1$ 、 $x + y < 1$) で表される窒素を含む3-5族化合物半導体が用いられている。この材料を用いて発光ダイオードや半導体レーザを実現するために、p型およびn型半導体層上に接触抵抗の低いオーミック電極を形成する必要がある。これについて特許文献1および特許文献2が提案されている。

【0003】

図7は、特許文献1に開示されている従来の半導体発光素子における電極とその下地層間の電流-電圧特性図である。

20

【0004】

図7において、曲線aは、p型GaN層の表面に何らの処理も行わずに真空蒸着装置内でNiを10nmとAuを300nm蒸着した電極とその下地層間の電流-電圧特性を示している。曲線bは、p型GaN層を真空蒸着装置内で、蒸着前に真空中で摂氏600度で10分間加熱し、冷却してから曲線aの場合と同じ構成の電極をp型GaN層の表面に蒸着したときの電極とその下地層間の電流-電圧特性を示している。

【0005】

このp型GaN層の表面にはGaの酸化物があるので、曲線aの場合のように何らの処理も行わずに電極としてNiとAuを蒸着した場合は、曲線aのようにオーミック特性が得られない。真空中で摂氏600度で加熱処理することによって、p型GaN層の表面上の酸化物がある程度除去されるので、曲線bのように電流-電圧特性のオーミック特性が向上する。加熱中の雰囲気としては酸素を含まない窒素ガスのような不活性ガス中でも行うことができる。

30

【0006】

一番低抵抗なオーミック特性が得られるのは、真空蒸着装置に入れる直前に沸酸溶液 ($HF : H_2O = 1 : 1$) に10分間浸し、水洗した後に窒素ガスで乾燥させ、真空蒸着装置に入れてからは曲線bの場合と同様に摂氏600度の加熱処理を行う場合で、曲線cにそのときの電極とその下地層間の電流-電圧特性を示している。

【0007】

沸酸溶液はGaN層の表面のGa酸化物を除去する効果があり、沸酸と沸化アンモニウムの混合液 ($HF : NH_4F = 1 : 10$) や塩酸、硫酸または燐酸などの水溶液を用いても有効である。

40

【0008】

電極に用いる金属には、NiとAuの組み合わせ以外に、Cr/Au、Mg/Au、PdまたはPtなどを用いることもできる。

【0009】

また、電極は、p型GaN層の表面に形成しているが、n型であってもよく、さらにGaN層に限らず、一般にp型およびn型 $Al_x Ga_y In_{1-x-y} N$ 層に対してこの電極形成方法は有効である。

50

【0010】

さらに、特許文献1に開示されている従来の電極形成方法について図8を用いて更に説明する。

【0011】

図8は、図7の従来の半導体発光素子における電極形成方法を説明するための各製造工程の流れ図である。

【0012】

図8において、従来の電極形成方法は、3族元素に窒素を含む3-5族化合物半導体層の表面を塩酸、沸酸、硫酸、または燐酸あるいはこれらの水溶液でエッチングすることにより、Ga酸化物を沸酸、硫酸、塩酸などの薬液で除去する薬液洗浄工程（ステップS11）と、窒素化合物半導体層の表面のエッチング後、その表面を水洗いしてそれを窒素ガスで乾燥させる水洗い・乾燥工程（ステップS12）と、窒素化合物半導体層の表面を真空中または窒素中で摂氏600度で加熱処理する加熱処理工程（ステップS13）と、その加熱処理後の窒素化合物半導体層の表面に真空中でニッケル、クロム、マグネシウム、パラジウム、金、白金のうちの一層、または金属の1層以上の組み合わせからなる複数の層を電極として形成する電極形成工程（ステップS14）とを有している。

10

【0013】

薬液洗浄工程で層表面を薬液洗浄処理したり、加熱処理工程で真空中で摂氏600度で加熱処理することにより、層表面上の酸化物がある程度除去されるために電極とその下地層間のオーミック特性を向上させることができる。

20

【0014】

図9は、特許文献2に開示されている従来の窒化物半導体発光素子における窒化物半導体積層の上面と電極のコンタクト抵抗と、その上面の洗浄時間との関係を示す図である。

【0015】

図9に示すように、洗浄液（水）にさらす時間を短時間化する（窒化物半導体積層の上面の酸素原子の割合を低減する）ことにより、コンタクト抵抗を低減化することが可能となる。特に、コンタクト抵抗を $50 \times 10^{-3} \text{ cm}^2$ 以下、さらには $10 \times 10^{-3} \text{ cm}^2$ 以下にまで低減化することが可能となる。

【0016】

図10は、図9の従来の窒化物半導体発光素子の電極形成方法を説明するための各製造工程の流れ図である。

30

【0017】

図10に示すように、従来の窒化物半導体発光素子の電極形成方法は、基板の上面に、窒化物半導体を含む窒化物半導体層を少なくとも1層積層させて窒化物半導体積層部を作製し、作製した窒化物半導体積層を除去液に浸漬させて、窒化物半導体積層の上面に形成される妨害層を除去する妨害層除去工程（ステップS21）と、妨害層除去工程の後に、窒化物半導体積層を洗浄液（水）にさらした後に乾燥させる水洗い・乾燥工程（ステップS22）と、洗浄工程の後に、窒化物半導体積層の上面に電極を形成する電極形成工程（ステップS23）とを備え、洗浄工程後の窒化物半導体積層の上面の酸素原子の割合が、原子百分率で5.9at.%以下とする。

40

【0018】

この妨害層除去工程における除去液は、硫酸、塩酸、フッ化水素酸、硝酸、酢酸、燐酸、アンモニアおよび水のいずれか1種類以上を含んでいる。電極形成工程で形成する電極は、コンタクト層8上に厚さ約1nmのPt層と厚さ約30nmのPd層とから成るオーミック電極（図示せず）を形成し、オーミック電極（図示せず）の上方を覆うように、厚さ約30nmのTi層と厚さ約140nmのPd層と厚さ約2400nmのAu層とを順に形成して成る厚さ約3μmのパッド電極（図示せず）を形成している。

【0019】

これによって、窒化物半導体層と電極とのオーミック接触を良好なものとして駆動電圧を低減することができる。

50

【先行技術文献】

【特許文献】

【0020】

【特許文献1】特開平10-209072号公報

【特許文献2】特開2009-295835号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0021】

特許文献1および特許文献2に開示されている上記従来の電極形成方法では、金属電極の下地層として、電流をチップ全体に広げる透明電極（ITO、IZO）の記載がなく、しかも、特許文献1および特許文献2には、窒化物積層膜の最上層であるGaN層の表面上の酸化物除去についての記載はあるものの、有機物除去については全く考慮されておらず、その有機物除去および酸化物除去を両立する条件についても何ら記載されていないのが実情である。

10

【0022】

しかも、その透明電極と半導体積層膜（ここでは窒化物積層膜）の最上層であるGaN層の表面との間の電流-電圧特性、特にコンタクト抵抗について全く考慮されていない。まして、有機物除去および酸化物除去とコンタクト抵抗とを両立する条件などについては何ら記載されていない。

【0023】

この有機物除去および酸化物除去とコンタクト抵抗を両立する温度条件を考慮せずに高温でGaN層の表面を硫酸洗浄すると、GaN層の表面と透明電極とのコンタクト抵抗値が上昇してしまい十分な発光が得られず光取出効率が悪化することが後述する図3によって明確になった。

20

【0024】

本発明は、上記従来の問題を解決するもので、透明電極の成膜に際して、その下地層の半導体積層膜の表面上の有機物や酸化物をより有効に除去することができる半導体発光素子の製造方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】

【0025】

本発明の半導体発光素子の製造方法は、基板上に各半導体層を順次積層する半導体層積層工程と、積層した各半導体層の最上層の表面を少なくとも硫酸を含む薬液で洗浄処理する洗浄工程と、洗浄処理した半導体層上を覆う透明電極膜を成膜する透明電極膜成膜工程とを有するものであり、そのことにより上記目的が達成される。

30

【0026】

また、好ましくは、本発明の半導体発光素子の製造方法における半導体層積層工程後の各半導体層の最上層の一部表面上に光取出効率向上のための絶縁膜を形成する絶縁膜形成工程を更に有し、前記洗浄工程は、該各半導体層の最上層および該絶縁膜の各表面を少なくとも硫酸を含む薬液で洗浄処理する。

【0027】

さらに、好ましくは、本発明の半導体発光素子の製造方法における各半導体層の最上層の表面からの有機物および酸化物を含む異物除去と、該最上層と前記透明電極膜との間のコンタクト抵抗の維持とを両立する洗浄温度条件および洗浄時間条件のうちの少なくとも一方の条件で前記洗浄工程を実施する。

40

【0028】

さらに、好ましくは、本発明の半導体発光素子の製造方法における洗浄工程は前記薬液の温度が室温以上摂氏100度以下の温度範囲で行われる。

【0029】

さらに、好ましくは、本発明の半導体発光素子の製造方法における洗浄工程は前記薬液の温度が摂氏40度以上摂氏100度以下の温度範囲で行われる。

50

【0030】

さらに、好ましくは、本発明の半導体発光素子の製造方法における洗浄工程は前記薬液の温度が摂氏40度以上摂氏80度以下の温度範囲で行われる。

【0031】

さらに、好ましくは、本発明の半導体発光素子の製造方法における洗浄工程は前記薬液中に被処理物を1分間以上20分間以下の時間範囲で浸漬させて行われる。

【0032】

さらに、好ましくは、本発明の半導体発光素子の製造方法における洗浄工程は前記薬液中に被処理物を5分間以上10分間以下の時間範囲で浸漬させて行われる。

【0033】

さらに、好ましくは、本発明の半導体発光素子の製造方法における少なくとも硫酸を含む薬液は該硫酸に過酸化水素水を混合させた洗浄液である。

【0034】

さらに、好ましくは、本発明の半導体発光素子の製造方法において、異物除去性能を維持するべく前記硫酸の濃度を60wtパーセント以上95wtパーセント以下の濃度範囲内になるように前記過酸化水素水の補充を行う。

【0035】

さらに、好ましくは、本発明の半導体発光素子の製造方法における洗浄工程において、前記少なくとも硫酸を含む薬液による洗浄処理後、APM（アンモニアと過酸化水素水と水との混合液）または、HPM（塩酸と過酸化水素水と水との混合液）または、該APMと該HPMを連続して用いて洗浄処理する。

【0036】

さらに、好ましくは、本発明の半導体発光素子の製造方法における洗浄工程において、前記少なくとも硫酸を含む薬液による洗浄処理後の乾燥処理は、回転式乾燥処理または不活性ガスを含む回転式乾燥処理である。

【0037】

さらに、好ましくは、本発明の半導体発光素子の製造方法における半導体層は窒化物半導体層である。

【0038】

さらに、好ましくは、本発明の半導体発光素子の製造方法における光取出効率向上のために形成された絶縁膜は、金属電極の真下に対応する前記最上層の一部表面上に形成する。

【0039】

さらに、好ましくは、本発明の半導体発光素子の製造方法における基板は凹凸加工表面を有するサファイヤ基板である。

【0040】

上記構成により、以下、本発明の作用を説明する。

【0041】

本発明においては、基板上に各半導体層を順次積層する半導体積層工程と、積層した各半導体層の最上層の表面を少なくとも硫酸を含む薬液で洗浄処理する洗浄工程と、洗浄処理した半導体層上を覆う透明電極膜を成膜する透明電極膜成膜工程とを有している。また、半導体積層工程後の各半導体層の最上層の表面上の、電極形成位置の真下に対応する位置に絶縁膜を形成する絶縁膜形成工程を更に有し、洗浄工程は、該各半導体層の最上層および該絶縁膜の各表面を少なくとも硫酸を含む薬液で洗浄処理する。

【0042】

これによって、積層した各半導体層の最上層の表面を少なくとも硫酸を含む薬液で洗浄処理するため、透明電極の成膜に際して、その下地層の半導体積層膜の表面上の有機物や酸化物をより有効に除去することが可能となる。

【0043】

また、少なくとも硫酸を含む薬液温度を摂氏100度以下とすることにより半導体層と

10

20

30

40

50

透明電極との間の電気特性（コンタクト抵抗）を損なわず、半導体積層膜の表面上の有機物や酸化物をより有効に除去して光取出効率を向上させることが可能となる。

【発明の効果】

【0044】

以上により、本発明によれば、積層した各半導体層の最上層の表面を少なくとも硫酸を含む薬液で洗浄処理するため、透明電極の成膜に際して、その下地層の半導体積層膜の表面上の有機物や酸化物をより有効に除去することができる。

【0045】

また、少なくとも硫酸を含む薬液温度を摂氏100度以下とするため、半導体層と透明電極との間の電気特性（コンタクト抵抗）を損なわず、半導体積層膜の表面上の有機物や酸化物をより有効に除去して光取出効率を向上させることができる。

10

【図面の簡単な説明】

【0046】

【図1】本発明の実施形態1における窒化物半導体発光素子の要部構成例を示す縦断面図である。

【図2】本発明の実施形態1の透明電極形成工程を含む窒化物半導体発光素子1Aの製造方法を説明するための各製造工程の流れ図である。

【図3】硫酸処理温度（摂氏）に対する、窒化物半導体層と透明電極とのコンタクト抵抗のバラツキ関係およびその平均値を示す図である。

【図4】硫酸浸液時間（min）に対する、窒化物半導体層と透明電極とのコンタクト抵抗のバラツキ関係およびその平均値を示す図である。

20

【図5】本発明の実施形態2における窒化物半導体発光素子の要部構成例を示す縦断面図である。

【図6】本発明の実施形態2の透明電極形成工程を含む窒化物半導体発光素子の製造方法を説明するための各製造工程の流れ図である。

【図7】特許文献1に開示されている従来の半導体発光素子における電極とその下地層間の電流-電圧特性図である。

【図8】図7の従来の半導体発光素子における電極形成方法を説明するための各製造工程の流れ図である。

【図9】特許文献2に開示されている従来の窒化物半導体発光素子における窒化物半導体積層の上面と電極のコンタクト抵抗とその上面の洗浄時間との関係を示す図である。

30

【図10】図9の従来の窒化物半導体発光素子の電極形成方法を説明するための各製造工程の流れ図である。

【発明を実施するための形態】

【0047】

以下に、本発明の透明電極作製方法を含む半導体発光素子の製造方法を窒化物半導体発光素子の製造方法の実施形態1、2に適用した場合について図面を参照しながら詳細に説明する。なお、各図における構成部材のそれぞれの厚みや長さなどは図面作成上の観点から、図示する構成に限定されるものではない。

【0048】

40

（実施形態1）

図1は、本発明の実施形態1における窒化物半導体発光素子の要部構成例を示す縦断面図である。

【0049】

図1において、本実施形態1の窒化物半導体発光素子1は、表面に凹凸が形成された厚さ約300 μ mの基板として例えばサファイヤ基板2上に、窒化アルミニウム（AlN）から成る膜厚約15nmのバッファ層3が成膜されている。そのバッファ層3上にノンドープのGaNから成る膜厚約500nmのノンドープGaN層4が成膜されている。これらのサファイヤ基板2、バッファ層3およびノンドープGaN層4が単結晶性基板21を構成している。

50

【0050】

さらに、本実施形態1の窒化物半導体発光素子1において、この単結晶性基板21上にシリコン(Si)を $1 \times 10^{18} / \text{cm}^3$ ドープしたGaNからなる膜厚約 $5 \mu\text{m}$ のn型コンタクト層5(高キャリア濃度 n^+ 層)が形成されている。このn型コンタクト層5上には多重層6が形成され、この多重層6上には多重量子井戸構造の発光層7が形成されている。

【0051】

この多重層6は、 $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ ($0 < x < 0.3$) からなる第1の層とGaNからなる第2の層とを交互に複数積層されている。この多重層6は、ここでは例えば、膜厚 3nm の $\text{In}_{0.03}\text{Ga}_{0.97}\text{N}$ からなる第1の層と、膜厚 20nm のGaNからなる第2の層とを5ペア積層している。

10

【0052】

この多重層6のうちの第1の層に、一導電型不純物としてSiがその濃度として、 $5 \times 10^{16} \text{cm}^{-3} \sim 1 \times 10^{18} \text{cm}^{-3}$ (さらに好ましくは、 $1 \times 10^{17} \text{cm}^{-3} \sim 1 \times 10^{18} \text{cm}^{-3}$) の範囲で添加されて、発光層7が受ける静電破壊エネルギー(mJ / cm^2)が20以上40以下(さらに好ましくは、20以上35以下)とされている。

【0053】

具体的には、所定項目の逆方向電気特性(逆方向電流)をパラメータとして、発光層7が受ける静電破壊エネルギー(mJ / cm^2)と多重層6の第1層におけるSi濃度との関係を示す特性曲線において、静電破壊エネルギー(mJ / cm^2)の極小値に対応するSiの濃度に設定されている。

20

【0054】

多重量子井戸構造の発光層7の井戸層は少なくともInを含む $\text{In}_y\text{Ga}_{1-y}\text{N}$ ($0 < y < 0.3$) からなっている。このように、多重量子井戸構造の発光層7は、ここでは例えば、膜厚 3nm の $\text{In}_{0.2}\text{Ga}_{0.8}\text{N}$ から成る井戸層と、膜厚 20nm のGaNから成る障壁層とを3ペア積層している。

【0055】

さらに、本実施形態1の窒化物半導体発光素子1において、この発光層7上に、Mgを $2 \times 10^{19} / \text{cm}^3$ ドープした膜厚 25nm のp型 $\text{Al}_{0.15}\text{Ga}_{0.85}\text{N}$ からなるp型層である電子ブロック層8が形成されている。この電子ブロック層8上には、Mgを 8×10^{19} ドープした膜厚 100nm のp型GaNからなるp型コンタクト層9が形成されている。

30

【0056】

このp型コンタクト層9上には、金属蒸着による透明電極の透光性薄膜電極10(ITO)が形成されている。透光性薄膜電極10の一部上にp電極11が形成されている。

【0057】

一方、n型コンタクト層5の端部が途中まで露出され、その上にn電極12が形成されている。p電極11およびn電極12上の最上部には、 Si_xO_y 膜としての SiO_2 膜よりなる耐湿度用などの保護膜13が形成されている。

【0058】

保護膜13は、透光性薄膜電極10、p電極11、n電極12およびn型コンタクト層5の露出表面、さらに、n型コンタクト層5の端部途中までの、多重層6、発光層7、電子ブロック層8、p型コンタクト層9および透光性薄膜電極10(ITO)のエッチング除去側面に形成されている。

40

【0059】

このように、保護膜13は、p電極11およびn電極12と素子表面とを覆って保護するものである。保護膜13は、 SiO_2 膜の単層構造であってもよいが、 Si_xN_y 膜としてのSiN膜と、その上の Si_xO_y 膜としての SiO_2 膜との2層構造であってもよい。こちまた、上下が逆で、 Si_xO_y 膜としての SiO_2 膜と、その上の Si_xN_y 膜としてのSiN膜との2層構造であってもよい。これらの場合は、SiN膜がバッシペー

50

ション膜として機能する。要するに、保護膜 13 は、 Si_xO_y 膜、 Si_xN_y 膜および $Si_xO_yN_z$ 膜のうちの少なくとも Si_xO_y 膜を有している。

【0060】

上記構成の窒化物半導体発光素子 1 の製造方法について説明する。

【0061】

本実施形態 1 の窒化物半導体発光素子 1 の製造方法は、サファイヤ基板 2 を所定位置に受け入れるサファイヤ基板 2 の基板受け入れ工程と、サファイヤ基板 2 の表面に凹凸を形成するサファイヤ表面凹凸加工工程と、MOCVD 法により、サファイヤ基板 2 の表面凹凸加工面上に、パuffers 層 3、ノンドープ GaN 層 4、n 型コンタクト層 5、多重層 6、多重量子井戸構造の発光層 7、電子ブロック層 8 および p 型コンタクト層 9 をこの順に順次形成する窒化物半導体成膜工程と、p 型コンタクト層 9 上に透光性薄膜電極 10 を形成する透明電極形成工程と、基板端部を n 型コンタクト層 5 の途中までエッチング除去して n 型コンタクト層 5 の端部を露出させ、n 型コンタクト層 5 の端部表面上に n 電極 12 を形成すると共に、透光性薄膜電極 10 の一部表面上に p 電極 11 を形成する n 電極および p 電極形成工程と、透光性薄膜電極 10、p 電極 11、n 電極 12 および n 型コンタクト層 5 の露出表面、さらにエッチング除去側面に耐湿度用などに保護層 13 を形成する保護層形成工程と、p 電極 11 および n 電極 12 上の保護層 13 をそれぞれ開口する電極開口部工程とを有している。

10

【0062】

ここで、本実施形態 1 の窒化物半導体発光素子 1 の製造方法における特徴構成の透明電極形成工程に焦点を当てて更に詳細に説明する。

20

【0063】

図 2 は、本実施形態 1 の透明電極形成工程を含む窒化物半導体発光素子 1 の製造方法を説明するための各製造工程の流れ図である。

【0064】

図 2 に示すように、本実施形態 1 の窒化物半導体発光素子 1 の製造方法は、まず、ステップ S 1 の窒化物半導体成膜工程で、サファイヤ基板 2 の表面凹凸加工面上に各窒化物半導体層を順次成膜する。

【0065】

次に、ステップ S 2 の洗浄工程で、各窒化物半導体層のうちの最上層としてコンタクト層 9 の表面上を硫酸または硫酸を含む薬液に浸してコンタクト層 9 の表面の有機物や酸化物を洗浄して除去する。

30

【0066】

続いて、ステップ S 3 の水洗・回転式乾燥工程で、薬液処理したコンタクト層 9 の表面を水洗いした後に、被乾燥物を回転させながらコンタクト層 9 の表面を乾燥処理する。

【0067】

その後、ステップ S 4 の透明電極成膜工程で、乾燥処理後のコンタクト層 9 の表面上に透光性薄膜電極 10 を成膜する。さらに、透光性薄膜電極 10 の一部表面上に p 電極 11 を形成する。

【0068】

要するに、本実施形態 1 の窒化物半導体発光素子 1 の製造方法は、サファイヤ基板 2 の表面凹凸加工面上に各窒化物半導体層を積層する窒化物半導体積層工程と、積層した各窒化物半導体層の最上層（コンタクト層 9）の表面を少なくとも硫酸を含む薬液で洗浄処理する洗浄工程と、洗浄処理した窒化物半導体層の最上層（コンタクト層 9）上を覆う透明電極膜としての透光性薄膜電極 10 を積層する透明電極膜成膜工程とを有している。

40

【0069】

図 3 は、硫酸処理温度（摂氏）に対する、窒化物半導体層（コンタクト層 9）と透明電極（透光性薄膜電極 10）とのコンタクト抵抗のパラッキ関係およびその平均値を示す図である。

【0070】

50

図3に示すように、コンタクト層9の表面を硫酸洗浄する硫酸処理温度が高温になるほど、コンタクト層9の表面と透明電極（透光性薄膜電極10）とのコンタクト抵抗の平均値が上昇すると共にそのバラツキ範囲の広がってしまい光取出効率が悪化する。コンタクト抵抗が上昇し過ぎると電極間に所定電圧を印加しても十分な発光が得られなくなるし、コンタクト層9の表面に酸化膜や有機膜が残っていると光透過率が低下して光取出効率が低下する。硫酸処理温度が高いほど酸化膜や有機膜の除去効率が上がる。したがって、有機物除去および酸化物除去などの異物除去とコンタクト抵抗の維持または低下とを両立する洗浄温度条件および洗浄時間条件が必要である。

【0071】

薬液温度を常温（摂氏20度±摂氏10度）より下げるには薬液を冷やす必要が生じ不都合であるし、薬液温度を常温より更に下げると酸化膜や有機膜の除去効率が低下し過ぎる。薬液温度が常温（摂氏20度±摂氏10度）では、酸化膜や有機膜の除去効率は低いものの、参考値（ref）に比べて窒化物半導体層（コンタクト層9）と透明電極（透光性薄膜電極10）とのコンタクト抵抗値のバラツキ範囲もその平均値も小さく良好である。また、摂氏100度を超えると、酸化膜や有機膜の除去効率は高いが、窒化物半導体層（コンタクト層9）と透明電極（透光性薄膜電極10）とのコンタクト抵抗値のバラツキ範囲もその平均値も急激に増加する。コンタクト抵抗値の上限値を「100」（所定電圧を印加しても十分な発光が得られない基準値）とした場合に、少なくとも硫酸を含む薬液の温度が摂氏100度では平均値「40」であり、これを良否判定の基準値としている。コンタクト抵抗値が平均値「40」であれば、そのバラツキの最大値が「62」であり所定電圧を電極間に印加した場合に十分な発光が得られるし、酸化膜や有機膜の除去効率も良好である。したがって、有機物除去および酸化物除去とコンタクト抵抗の維持とを両立する洗浄温度条件として、少なくとも硫酸を含む薬液温度が室温（摂氏20度±摂氏10度）以上摂氏100度以下とする必要がある。

【0072】

参考値（ref）の白抜き三角形は、コンタクト抵抗値上限を「100」とした場合の、硫酸洗浄処理をしていないときのコンタクト抵抗の平均値の比率（例えば平均値「30」）を示している。この場合、硫酸洗浄処理をしていないので、コンタクト層9の表面から有機物や酸化物が除去されておらず光透過率が低下して光取出効率が低下する。要するに、光透過率および光取出効率の向上のために有機物や酸化物を除去しかつコンタクト抵抗もバラツキを少なくしてその平均値も低下させる必要がある。

【0073】

したがって、薬液温度が摂氏100度でのコンタクト抵抗の平均値は参考値（ref）のコンタクト抵抗の平均値よりも高い値を示しているものの、硫酸浸漬処理をしているので、コンタクト層9の表面上から有機物や酸化物が除去されているために光透過率および光取出効率は良好である。このように、光透過率および光取出効率を良好とした状態でコンタクト抵抗の平均値およびそのバラツキ範囲をより小さく抑える必要がある。

【0074】

さらに、有機物や酸化物が残っていると、コンタクト層9と透光性薄膜電極10の密着性が悪く透光性薄膜電極10がコンタクト層9から浮いて剥がれ易くなる。

【0075】

また、参考値（ref）のコンタクト抵抗の平均値「30」を増加させないようにすると、硫酸処理温度（薬液温度）は摂氏80度程度になる。

【0076】

したがって、洗浄工程は薬液の温度（硫酸処理温度）が室温（摂氏20度±摂氏10度）以上摂氏100度以下の温度範囲で行われる。また、好ましくは、有機物や酸化物除去を考慮すれば、薬液の温度が摂氏40度以上摂氏100度以下の温度範囲で行われることが望ましい。さらに好ましくは、コンタクト抵抗を更に交流雄すれば薬液の温度が摂氏40度以上摂氏80度以下の温度範囲で行われることが望ましい。

【0077】

図4は、硫酸浸液時間（min）に対する、窒化物半導体層と透明電極とのコンタクト抵抗のバラツキ関係を示す図である。

【0078】

図4に示すように、硫酸浸液時間が20分を超えると、窒化物半導体層（コンタクト層9）と透明電極（透光性薄膜電極10）とのコンタクト抵抗値のバラツキ範囲も急激に増加するし、製造工数も大きくなる。硫酸浸液時間が1分よりも短ければ薬液処理の酸化物や有機物の除去効果が出にくい。硫酸浸液時間が5分あれば薬液処理の酸化物や有機物の除去効果が十分である。製造工数を抑えようとする硫酸浸液時間が10分あればよい。

【0079】

したがって、この洗浄工程はその薬液中に被処理物を1分間以上20分間以下の時間範囲で浸して行われる。また、好ましくは、薬液中に被処理物を5分間以上10分間以下の時間範囲で浸して行われることが望ましい。

10

【0080】

さらに、洗浄工程において、硫酸を含む薬液は硫酸に過酸化水素水を混合させた洗浄液である。この場合、硫酸単独の場合よりも酸化膜や有機膜の除去効果が大きい。有機物除去性能を維持するべく硫酸の濃度を60wtパーセント以上95wtパーセント以下の濃度範囲内になるように過酸化水素水の補充を行って洗浄工程を実施する。硫酸の濃度を60wtパーセントよりも下回ると、有機物や酸化物の除去性能が大幅に低下することから洗浄時間が増加して製造にかかる時間が大幅に増えてしまう。硫酸の濃度が95wtパーセントを上回るとは硫酸の濃度が96wtパーセントの硫酸を用いると、過酸化水素水が殆ど含まれず、略硫酸だけになってしまうために硫酸の濃度を95wtパーセント以下に設定している。

20

【0081】

さらに、洗浄方法において、少なくとも硫酸を含む薬液による洗浄処理後に、摂氏40度で10分間、APM（アンモニアと過酸化水素水と水との混合液）または、HPM（塩酸と過酸化水素水と水との混合液）による洗浄処理を行ってもよいし、または、APMとHPMを連続して洗浄処理するようにしてもよい。

【0082】

これによって、HPMにより窒化物半導体層（コンタクト層9）の表面からパーティクルを除去し、さらにAPMにより窒化物半導体層（コンタクト層9）の表面からPbやCrなどの重金属を除去することができる。

30

【0083】

さらに、回転式乾燥工程において、少なくとも硫酸を含む薬液による洗浄処理後の乾燥処理は、摂氏60度～摂氏70度で5分～10分間、回転式乾燥処理または不活性ガス（窒素ガス）を含む回転式乾燥処理であることが望ましい。乾燥時に回転させると速くムラなく乾燥させることができ、さらに窒素ガスを吹き付けるとさらに早く乾燥させることができる。なお、有機物のIPAを用いる乾燥方法は有機物が付くので用いないことが望ましい。

【0084】

以上により、本実施形態1によれば、サファイヤ基板2上に各窒化物半導体層を順次積層する窒化物半導体積層工程と、積層した各窒化物半導体層の最上層の表面を少なくとも硫酸を含む薬液で洗浄処理する洗浄工程と、洗浄処理した窒化物半導体層上を覆う透明電極膜を成膜する透明電極膜成膜工程とを有している。

40

【0085】

このように、積層した各窒化物半導体層の最上層（p型コンタクト層9）の表面上を少なくとも硫酸を含む薬液で洗浄処理するため、透明電極の成膜に際して、その下地層の半導体積層膜の表面上の有機物や酸化物をより有効に除去することができる。

【0086】

また、少なくとも硫酸を含む薬液温度を摂氏100度以下とするため、半導体層と透明電極との間の電気特性（コンタクト抵抗）を損なわず、半導体積層膜の表面上の有機物や

50

酸化物をより有効に除去して光取出効率を向上させることができる。

【0087】

(実施形態2)

上記実施形態1では、について説明したが、本実施形態2では、について説明する。

【0088】

図5は、本発明の実施形態2における窒化物半導体発光素子の要部構成例を示す縦断面図である。なお、図5では、図1の構成部材と同一の構成部材には同一の符号を付して説明する。

【0089】

図5において、本実施形態1の窒化物半導体発光素子1Aは、p型コンタクト層9の一部表面上に光取出効率向上のための絶縁膜14が形成され、p型コンタクト層9および絶縁膜14上に、金属蒸着による透明電極の透光性薄膜電極10(ITO)が形成されている点が、上記実施形態1の窒化物半導体発光素子1と異なる点である。p型コンタクト層9上の絶縁膜14は、透光性薄膜電極10の一部上に形成されたp電極11の真下に投影されるp電極11の形状およびサイズに形成されている。要するに、光取出効率向上のための絶縁膜14は、金属電極であるp電極11の真下の位置に形成されているが、p電極11のサイズよりも小さくてもよい。電流経路をp電極11の真下の位置を絶縁膜14により避けるように流すためである。

【0090】

光が通らないp電極11の真下に位置する絶縁膜14によって、p電極11からの供給電流がp電極11の真下への近いルートを通過せずにチップ周囲からチップ全体に広がって、光が通らないp電極11の真下を避けた発光層の位置で発光するので、発光の外部への取出し効率が良好となる。ところが、p型コンタクト層9の表面上に絶縁膜14を、p電極11の真下の所定形状に形成するためにフォトリソ技術によりマスクを用いてエッチングして形成することから、p型コンタクト層9の表面上にエッチングカス(残渣)として有機物が残る。この有機物をp型コンタクト層9の表面上から完全に除去する必要がある。

【0091】

上記構成の窒化物半導体発光素子1Aの製造方法について説明する。

【0092】

本実施形態2の窒化物半導体発光素子1Aの製造方法は、サファイヤ基板2を所定位置に受け入れるサファイヤ基板2の基板受け入れ工程と、サファイヤ基板2の表面に凹凸を形成するサファイヤ表面凹凸加工工程と、MOCVD法により、サファイヤ基板2の表面凹凸加工面上に、バッファ層3、ノンドープGaN層4、n型コンタクト層5、多重層6、多重量子井戸構造の発光層7、電子ブロック層8およびp型コンタクト層9をこの順に順次形成する窒化物半導体成膜工程と、コンタクト層9の一部表面上であって、後に形成するp電極11の真下位置に絶縁膜14を形成する絶縁膜形成工程と、p型コンタクト層9および絶縁膜14上を覆うように透光性薄膜電極10を形成する透明電極形成工程と、基板端部をn型コンタクト層5の途中までエッチング除去してn型コンタクト層5の端部を露出させ、n型コンタクト層5の端部表面上にn電極12を形成すると共に、透光性薄膜電極10の一部表面上にp電極11を形成するn電極およびp電極形成工程と、透光性薄膜電極10、p電極11、n電極12およびn型コンタクト層5の露出表面、さらにエッチング除去側面に耐湿度用などに保護層13を形成する保護層形成工程と、p電極11およびn電極12上の保護層13をそれぞれ開口する電極開口部工程とを有している。

【0093】

ここで、本実施形態2の窒化物半導体発光素子1Aの製造方法における特徴構成としての透明電極形成工程について更に詳細に説明する。

【0094】

図6は、本実施形態2の透明電極形成工程を含む窒化物半導体発光素子1Aの製造方法を説明するための各製造工程の流れ図である。

10

20

30

40

50

【0095】

図6に示すように、本実施形態2の窒化物半導体発光素子1Aの製造方法は、まず、ステップS1の窒化物半導体成膜工程で、サファイヤ基板2の表面凹凸加工面上に各窒化物半導体層を順次成膜する。

【0096】

次に、ステップS1-1の非注入膜成膜工程で各窒化物半導体層のうちの最上層としてコンタクト層9の表面上に非注入膜として所定形状の絶縁膜14となる酸化膜などの絶縁膜を成膜する。

【0097】

続いて、ステップS1-2の非注入膜形成工程で、成膜された絶縁膜上に感光性のフォトレジスト膜を成膜する。その成膜したフォトレジスト膜にレクチルからの紫外光を照射してフォトレジスト膜を、p電極11の真下の位置の所定形状にパターンニングする。このパターンニングしたフォトレジスト膜をマスクとしてその絶縁膜をエッチングにより酸化膜などの所定形状の絶縁膜14をコンタクト層9の表面上の一部に形成する。このときにエッチング残渣として有機物がコンタクト層9の表面上に付着する。

10

【0098】

その後、ステップS2の洗浄工程で、各窒化物半導体層のうちの最上層としてコンタクト層9および絶縁膜14の表面上を硫酸または硫酸を含む薬液に浸してコンタクト層9および絶縁膜14の各表面の有機物や酸化物を除去するように薬液洗浄処理する。

【0099】

20

次に、ステップS3の水洗・回転式乾燥工程で、薬液洗浄処理したコンタクト層9および絶縁膜14の各表面を水洗いした後に、被乾燥物を回転させながらコンタクト層9および絶縁膜14の各表面を乾燥処理する。

【0100】

さらに、ステップS4の透明電極成膜工程で、乾燥洗浄処理後のコンタクト層9および絶縁膜14の各表面上に透光性薄膜電極10を成膜する。さらに、透光性薄膜電極10の一部表面上にp電極11を形成する。

【0101】

要するに、本実施形態1の窒化物半導体発光素子1の製造方法は、サファイヤ基板2の表面凹凸加工面上に各窒化物半導体層を積層する窒化物半導体積層工程と、各窒化物半導体層の最上層(コンタクト層9)の表面上のp電極11の形成位置の真下に対応する位置に絶縁膜14を形成する絶縁膜形成工程と、積層した各窒化物半導体層の最上層(コンタクト層9)および絶縁膜14の各表面を少なくとも硫酸を含む薬液で洗浄処理する洗浄工程と、洗浄処理した窒化物半導体層の最上層(コンタクト層9)および絶縁膜14上を覆うように透明電極膜としての透光性薄膜電極10を積層する透明電極膜成膜工程とを有している。

30

【0102】

本実施形態2の場合も、上記実施形態1の場合と同様、光透過率を良好とした状態でコンタクト抵抗の平均値およびそのバラツキ範囲を小さく抑える必要がある。洗浄工程は薬液の温度(硫酸処理温度)が室温(摂氏20度±摂氏10度)以上摂氏100度以下の温度範囲で行われる。また、好ましくは、薬液の温度が摂氏40度以上摂氏100度以下の温度範囲で行われることが望ましい。さらに好ましくは、薬液の温度が摂氏40度以上摂氏80度以下の温度範囲で行われることが望ましい。

40

【0103】

また、この洗浄工程はその薬液中に被処理物を1分間以上20分間以下の時間範囲で浸して行われる。また、好ましくは、薬液中に被処理物を5分間以上10分間以下の時間範囲で浸して行われることが望ましい。

【0104】

さらに、この場合も、上記実施形態1の場合と同様、洗浄工程において、硫酸を含む薬液は硫酸に過酸化水素水を混合させた洗浄液を用いる。硫酸単独の場合よりも過酸化水素水

50

を混合した方が酸化膜や有機膜の除去効果大きい。有機物除去性能を維持するべく硫酸の濃度を60wtパーセント以上95wtパーセント以下の濃度範囲内になるように過酸化水素水の補充を行って洗浄工程を実施すればよい。

【0105】

さらに、洗浄方法において、少なくとも硫酸を含む薬液による洗浄処理後に、摂氏40度で10分間、APM（アンモニアと過酸化水素水と水との混合液）または、HPM（塩酸と過酸化水素水と水との混合液）による洗浄処理を行ってもよいし、または、APMとHPMを連続して洗浄処理するようにしてもよい。

【0106】

さらに、回転式乾燥工程においても、少なくとも硫酸を含む薬液による洗浄処理後の乾燥処理は、摂氏60度～摂氏70度で5分～10分間、回転式乾燥処理または不活性ガス（窒素ガス）を含む回転式乾燥処理であることが望ましい。乾燥時に回転させると速くムラなく乾燥させることができ、さらに窒素ガスを吹き付けるとさらに早く乾燥させることができる。

10

【0107】

以上により、本実施形態2によれば、サファイヤ基板2上に各窒化物半導体層を順次積層する窒化物半導体積層工程と、各窒化物半導体層の最上層（p型コンタクト層9）の一部表面上の金属電極形成位置の真下に対応する位置に絶縁膜14を形成する絶縁膜形成工程と、積層した各窒化物半導体層の最上層（p型コンタクト層9）および絶縁膜14の表面上を少なくとも硫酸を含む薬液で洗浄処理する洗浄工程と、洗浄処理した窒化物半導体層（p型コンタクト層9）および絶縁膜14上を覆うように透明電極膜（透光性薄膜電極10）を成膜する透明電極膜成膜工程とを有している。

20

【0108】

このように、積層した各窒化物半導体層の最上層（p型コンタクト層9）および絶縁膜14の表面上を少なくとも硫酸を含む薬液で洗浄処理するため、積層した各半導体層の最上層の表面を少なくとも硫酸を含む薬液で洗浄処理するため、透明電極の成膜に際して、その下地層の半導体積層膜の表面上の有機物や酸化物をより有効に除去することができる。また、少なくとも硫酸を含む薬液温度を摂氏100度以下とするため、半導体層と透明電極との間の電気特性（コンタクト抵抗）を損なわず、半導体積層膜の表面上の有機物や酸化物をより有効に除去して光取出効率を向上させることができる。

30

【0109】

なお、上記実施形態1では、サファイヤ基板2上に各窒化物半導体層を順次積層する窒化物半導体積層工程と、積層した各窒化物半導体層の最上層の表面を少なくとも硫酸を含む薬液で洗浄処理する洗浄工程と、洗浄処理した窒化物半導体層上を覆う透明電極膜（透光性薄膜電極10）を成膜する透明電極膜成膜工程とを有している。本実施形態2では、窒化物半導体積層工程と透明電極膜成膜工程との間に、各窒化物半導体層の最上層（p型コンタクト層9）の一部表面上の金属電極形成位置の真下に対応する位置に絶縁膜14を形成する絶縁膜形成工程と、積層した各窒化物半導体層の最上層（p型コンタクト層9）および絶縁膜14の表面上を少なくとも硫酸を含む薬液で洗浄処理する洗浄工程とを有している。これらの場合の窒化物半導体層に限らずその他の種類の半導体層にも本発明を適用することができる。また、サファイヤ基板2に限らずその他の種類の基板にも本発明を適用することができる。

40

【0110】

したがって、本発明の半導体発光素子の製造方法は、基板上に各半導体層を順次積層する半導体積層工程と、積層した各半導体層の最上層の表面を少なくとも硫酸を含む薬液で洗浄処理する洗浄工程と、洗浄処理した半導体層上を覆う透明電極膜を成膜する透明電極膜成膜工程とを有している。また、本発明の半導体発光素子の製造方法は、半導体積層工程後の各半導体層の最上層の一部表面上に光取出効率向上のための絶縁膜を形成する絶縁膜形成工程を更に有し、洗浄工程は、各半導体層の最上層および絶縁膜の各表面を少なくとも硫酸を含む薬液で洗浄処理するものである。これによって、窒化物積層膜と透明電極

50

との間の電気特性（コンタクト抵抗）を損なわず、窒化物積層膜表面上の有機物や酸化物をより有効に除去して光取出効率を向上させることができる本発明の目的を達成することができる。

【0111】

以上のように、本発明の好ましい実施形態1、2を用いて本発明を例示してきたが、本発明は、この実施形態1、2に限定して解釈されるべきものではない。本発明は、特許請求の範囲によってのみその範囲が解釈されるべきであることが理解される。当業者は、本発明の具体的な好ましい実施形態1、2の記載から、本発明の記載および技術常識に基づいて等価な範囲を実施することができることが理解される。本明細書において引用した特許、特許出願および文献は、その内容自体が具体的に本明細書に記載されているのと同様にその内容が本明細書に対する参考として援用されるべきであることが理解される。

10

【産業上の利用可能性】

【0112】

本発明は、青色から紫外の発光ダイオードや半導体レーザーの材料として用いられる窒素を含む3-5族化合物半導体上に透明電極を形成する半導体発光素子の製造方法の分野において、積層した各半導体層の最上層の表面を少なくとも硫酸を含む薬液で洗浄処理するため、透明電極の成膜に際して、その下地層の半導体積層膜の表面上の有機物や酸化物をより有効に除去することができる。また、少なくとも硫酸を含む薬液温度を摂氏100度以下とするため、半導体層と透明電極との間の電気特性（コンタクト抵抗）を損なわず、半導体積層膜の表面上の有機物や酸化物をより有効に除去して光取出効率を向上させるこ

20

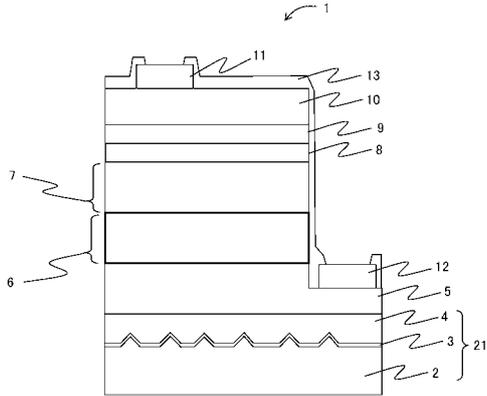
【符号の説明】

【0113】

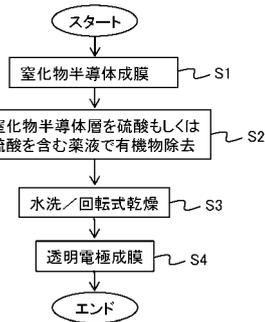
- 1 窒化物半導体発光素子
- 2 サファイヤ基板
- 3 バッファ層
- 4 ノンドープGaN層
- 5 n型コンタクト層
- 6 多重層
- 7 多重量子井戸構造の発光層
- 8 電子ブロック層
- 9 p型コンタクト層
- 10 透光性薄膜電極
- 11 p電極
- 12 n電極
- 13 保護膜
- 14 絶縁膜
- 21 単結晶性基板

30

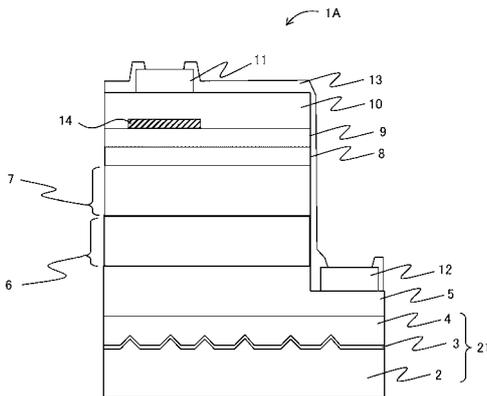
【 図 1 】



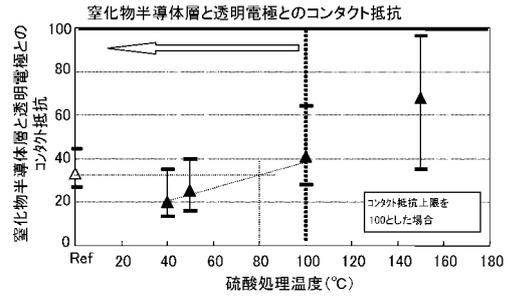
【 図 2 】



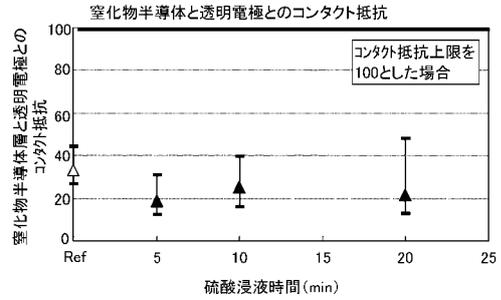
【 図 5 】



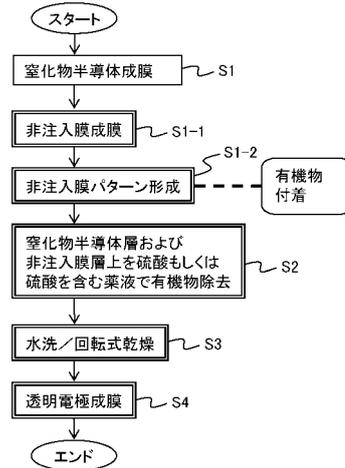
【 図 3 】



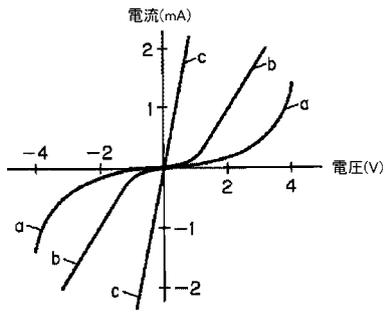
【 図 4 】



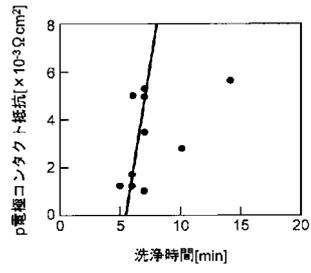
【 図 6 】



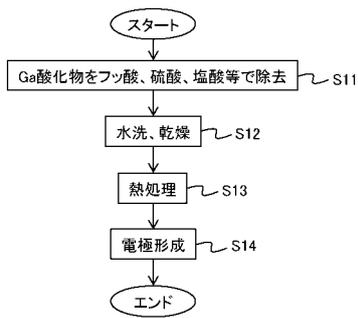
【 図 7 】



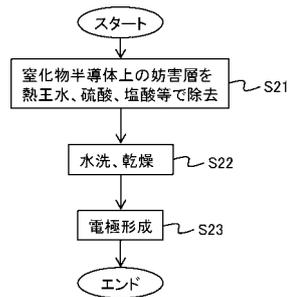
【 図 9 】



【 図 8 】



【 図 10 】



フロントページの続き

(72)発明者 鈴木 芳英

大阪府大阪市阿倍野区長池町2-2番2-2号 シャープ株式会社内

(72)発明者 赤木 康隆

大阪府大阪市阿倍野区長池町2-2番2-2号 シャープ株式会社内

Fターム(参考) 5F141 AA03 AA24 CA05 CA40 CA46 CA65 CA88 CA99