

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2018年4月19日(19.04.2018)



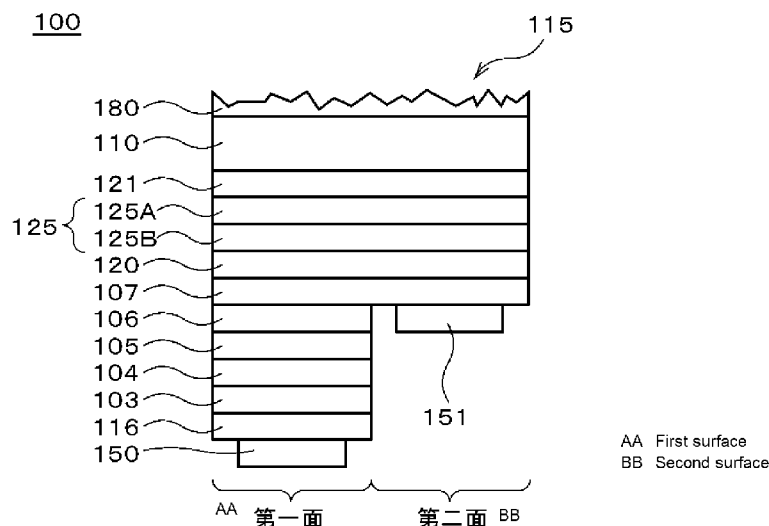
(10) 国際公開番号

WO 2018/070120 A1

- (51) 国際特許分類:
H01L 33/22 (2010.01) *C03C 15/00* (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2017/030644
- (22) 国際出願日: 2017年8月28日(28.08.2017)
- (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 2016-200628 2016年10月12日(12.10.2016) JP
- (71) 出願人: 信越半導体株式会社 (SHIN-ETSU HANDOTAI CO.,LTD.) [JP/JP]; 〒1000004 東京都千代田区大手町二丁目2番1号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 石崎 順也 (ISHIZAKI Junya); 〒3790196 群馬県安中市磯部2丁目13番1号 信越半導体株式会社 半導体磯部研究所内 Gunma (JP).
- (74) 代理人: 好宮 幹夫, 外 (YOSHIMIYA Mikio et al.); 〒1100005 東京都台東区上野7丁目6番11号 第一下谷ビル8F Tokyo (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, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT,

(54) Title: LIGHT-EMITTING ELEMENT AND METHOD FOR MANUFACTURING LIGHT-EMITTING ELEMENT

(54) 発明の名称: 発光素子及び発光素子の製造方法



(57) Abstract: The present invention pertains to a light-emitting element having a transparent substrate bonded to a light-extraction surface side thereof, the light-emitting element being characterized in that a transparent film, having a refractive index lower than that of the transparent substrate, is provided on the outer surface on the light-extraction surface side of the transparent substrate, and the outer surface of the transparent film is roughened. Consequently, there is provided: the light-emitting element formed by bonding the transparent substrate, wherein a light distribution angle is increased and a luminous efficiency is increased; and a method for manufacturing the light-emitting element.

QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL,
SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA,
UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

- (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, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

- 国際調査報告 (条約第21条(3))

(57) 要約: 本発明は、光取り出し面側に透明基板が貼り合わせられた発光素子において、前記透明基板の前記光取り出し面側の表面に、前記透明基板より屈折率の低い透明膜が設けられ、該透明膜の表面が粗面化されたものであることを特徴とする発光素子である。これにより、透明基板を接合して形成した発光素子において、配光角度の増大と発光効率の増大した発光素子及び発光素子の製造方法が提供される。

明 細 書

発明の名称：発光素子及び発光素子の製造方法

技術分野

[0001] 本発明は、透明基板を貼り合わせた発光素子及びその製造方法に関する。

背景技術

[0002] AlGaInPからなる発光素子において片面2電極の形状のものが開示されている。このような形状の発光素子において、配光角度が狭い用途と広い用途に分かれるが、配光角が広い用途の場合、光取り出し面に粗面を設けることが必要である。

[0003] 特許文献1にはガラス基板上に設けたITO上に発光素子を接合し、ガラス基板を粗面化する技術が開示されているが、これは基材のサファイアに粗面を設けることが難しいことが一因である。

[0004] 一方、特許文献2では片面2電極を有する形状の発光素子において、基材側に直接粗面を設ける方法が開示されている。これは基材に粗面を設けることが可能な材料を選択しているためである。粗面化可能な材料としてエッチング可能な材料GaPで形成しているが、GaP結晶はエピタキシャル成長を選択するにせよ、バルク基板を選択するにせよ大口径化が難しく、大型の発光素子を作製するには向かない技術である。

[0005] 一方、特許文献3では透明基板を接合する技術が開示されている。この手法では、接合する基材の材質は問わないため、大口径化が可能である。

先行技術文献

特許文献

[0006] 特許文献1：特許5372766号

特許文献2：国際公開第2016/072050号

特許文献3：特開2008-205468号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0007] しかし、透明基板の材料で安価に手に入る材料は酸化物であり、半導体工程に通せる程度の加工精度を有する基板材料としてはサファイア基板に限定される。しかしながら、サファイア基板は難エッチング材料であり、ウェットエッチングの手法で粗面を得ることが難しいという問題があった。

[0008] 本発明は上記のような問題に鑑みてなされたもので、透明基板を接合して形成した発光素子において、配光角度の増大と発光効率の増大した発光素子及び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

[0009] 上記目的を達成するために、本発明によれば、光取り出し面側に透明基板が貼り合わせられた発光素子において、

前記透明基板の前記光取り出し面側の表面に、前記透明基板より屈折率の低い透明膜が設けられ、該透明膜の表面が粗面化されたものであることを特徴とする発光素子を提供する。

[0010] このように、透明膜の表面が粗面化されたものであるので、透明基板の材質に関わらず、配光角度の増大と発光効率の増大した発光素子とすることができる。更に低屈折率材料が光取り出し面側に形成されることで全反射角を生じ、発光効率をより高くすることができる。

[0011] このとき、前記透明基板がサファイア基板であり、前記透明膜が SiO_2 膜であることが好ましい。

[0012] このように、透明基板にサファイア基板、透明膜に SiO_2 膜を好適に用いることができる。

[0013] また本発明によれば、光取り出し面側に透明基板を貼り合わせた発光素子の製造方法であって、

前記透明基板の前記光取り出し面側の表面に、前記透明基板より屈折率の低い透明膜を積層し、積層した前記透明膜の表面を化学処理によるフロスト加工により粗面化処理することを特徴とする発光素子の製造方法を提供する。

[0014] このようにすれば、透明基板の材質に関係なく容易に表面を粗面化し、配

光角度の増大と発光効率の増大した発光素子を比較的容易に製造することができる。更に低屈折率材料が光取り出し面側に形成されることで全反射角を生じ、発光効率がより高い発光素子を製造することができる。

[0015] このとき、前記透明基板をサファイア基板とし、前記透明膜を SiO_2 膜とすることが好ましい。

[0016] このようにすれば、透明基板として化学処理によるフロスト加工が困難な材料であるサファイア基板を用いつつ、透明膜を SiO_2 膜とすることにより、透明膜の表面に化学処理によるフロスト加工を容易に行うことができる。

[0017] またこのとき、前記フロスト加工は、弗酸と1価～4価の無機酸あるいは有機酸とを混合した液によりエッチング処理することで、前記透明膜の表面を粗面化処理することが好ましい。

[0018] このような方法であれば、確実に透明膜の表面を粗面化処理することができる。

[0019] またこのとき、前記無機酸として、硫酸・塩酸・燐酸のうちの少なくともいずれか1種を用い、前記有機酸として、マロン酸・酢酸・クエン酸・酒石酸のうちの少なくともいずれか1種を用いることが好ましい。

[0020] 無機酸あるいは有機酸として、上記のようなものを用いれば、より確実に透明膜の表面に凹凸を形成することができる。

発明の効果

[0021] 本発明の発光素子であれば、透明膜の表面が粗面化されたものであるので、透明基板の材質に関わらず、配光角度の増大と発光効率の増大した発光素子とすることができる。更に低屈折率材料が光取り出し面側に形成されることで全反射角を生じ、発光効率をより高くすることができる。そして、本発明であれば、透明基板として安価で加工精度の高いサファイア基板を採用することができる。

[0022] また、本発明の発光素子の製造方法であれば、透明基板の材質に関係なく容易に表面を粗面化し、配光角度の増大と発光効率の増大した発光素子を比較的容易に製造することができる。更に低屈折率材料が光取り出し面側に形

成されることで全反射角を生じ、発光効率がより高い発光素子を製造することができる。

図面の簡単な説明

[0023] [図1]本発明の発光素子の第一の実施形態を示した概略図である。

[図2]本発明の発光素子の製造方法の第一の実施形態における、基板上に選択エッチング層、発光部、緩衝層及び電流伝播層を成長させたエピタキシャル基板を示す説明図である。

[図3]本発明の発光素子の製造方法の第一の実施形態における、第一接合基板と第二接合基板を接合した接合基板を示した説明図である。

[図4]本発明の発光素子の製造方法の第一の実施形態における、第一電極を形成した発光素子基板を示した説明図である。

[図5]本発明の発光素子の製造方法の第一の実施形態における、第一半導体層及び活性層を切り欠いたパターンを形成した発光素子基板を示した説明図である。

[図6]本発明の発光素子の製造方法の第一の実施形態における、第一半導体層の少なくとも一部を被覆する絶縁層を形成した発光素子基板を示した説明図である。

[図7]本発明の発光素子の製造方法の第一の実施形態における、第二電極を形成した発光素子基板を示した説明図である。

[図8]本発明の発光素子の製造方法の第一の実施形態における、透明膜の表面を粗面化処理したフロスト加工基板を示した説明図である。

[図9]本発明の発光素子の第二の実施形態を示した概略図である。

[図10]本発明の発光素子の製造方法の第二の実施形態における、基板上に選択エッチング層、発光部、緩衝層及び電流伝播層を成長させたエピタキシャル基板を示す説明図である。

[図11]本発明の発光素子の製造方法の第二の実施形態における、第一接合基板と第二接合基板を接合した接合基板を示した説明図である。

[図12]本発明の発光素子の製造方法の第二の実施形態における、第一電極を

形成した発光素子基板を示した説明図である。

[図13]本発明の発光素子の製造方法の第二の実施形態における、第一半導体層及び活性層を切り欠いたパターンを形成した発光素子基板を示した説明図である。

[図14]本発明の発光素子の製造方法の第二の実施形態における、第一半導体層の少なくとも一部を被覆する絶縁層を形成した発光素子基板を示した説明図である。

[図15]本発明の発光素子の製造方法の第二の実施形態における、第二電極を形成した発光素子基板を示した説明図である。

[図16]本発明の発光素子の製造方法の第二の実施形態における、透明膜の表面を粗面化処理したフロスト加工基板を示した説明図である。

[図17]実施例1、2及び比較例において作製した発光ダイオードの発光特性を示したグラフである。

[図18]実施例1、2及び比較例において作製した発光ダイオードの電流－輝度特性を示したグラフである。

発明を実施するための形態

[0024] 以下、本発明について実施の形態を説明するが、本発明はこれに限定されるものではない。

[0025] 上記したように、サファイア基板は難エッチング材料であり、ウェットエッチングの手法で粗面を得ることが難しいという問題があった。

[0026] そこで、本発明者はこのような問題を解決すべく鋭意検討を重ねた。その結果、光取り出し面側に透明基板が貼り合わせられた発光素子において、透明基板の光取り出し面側の表面に、透明基板より屈折率の低い透明膜が設けられ、該透明膜の表面が粗面化されたものであれば、透明基板の材質に関わらず、配光角度の増大と発光効率の増大した発光素子とすることができ、更に低屈折率材料が光取り出し面側に形成されることで全反射角を生じ、発光効率をより高くすることができることに想到した。そして、これらを実施するための最良の形態について精査し、本発明を完成させた。

[0027] (第一の実施形態)

図1に本発明の発光素子の第一の実施形態を示した。図1に示すように、本発明の第一の実施形態における発光素子100は、光取り出し面115側に透明基板110が貼り合わせられている。また、発光素子100は、透明基板110の光取り出し面115側の表面に、透明基板110より屈折率の低い透明膜180が設けられ、該透明膜180の表面が粗面化されたものである。粗面の粗さは R_a (算術平均粗さ) = $0.3\ \mu\text{m}$ 以上とすることが好ましい。

[0028] このとき、表面に例えば SiO_2 膜等からなる透明膜180が形成された例えばサファイア等からなる透明基板110を好適に用いることができる。また、透明基板110の透明膜180と反対側に例えば SiO_2 からなる厚さ100nm程度の第二誘電体膜121が形成されたものとすることができる。

[0029] 上記のように、透明膜180の表面は粗面化されており、凹凸が形成されている。また、透明膜180は透明基板110より低い屈折率の材料が用いられる。このように、透明基板110に対し屈折率の低い透明膜180が設けられ、該透明膜180の表面に凹凸が形成されるようにすれば、透明基板110の材質に関係なく容易に表面を粗面化し、配光角度の増大と発光効率の増大した発光素子とすることができる。また、低屈折率材料が光取り出し面115側に形成されることで全反射角を生じ、発光効率をより高くすることができる。

[0030] また、第二誘電体膜121表面には透明接着層125が形成されたものとすることができる。この透明接着層125は、例えば第一接着層125A及び第二接着層125Bの複数の層から形成されたものとすることができる。更に、この透明接着層125には例えば SiO_2 からなる厚さ100nm程度の第一誘電体膜120が形成されており、第一誘電体膜120の表面には、例えば AlGaAs 、 GaAsP 、 GaP 等からなる電流伝播層107が $0.5\sim 20\ \mu\text{m}$ の厚さで形成されたものとすることができる。

[0031] また、電流伝播層107の表面の一部(第二面)に第二電極151が形成

され、第二電極 151 が形成されていない領域（第一面）には緩衝層 106 が形成されたものとすることができる。

[0032] 第二電極 151 は、第二導電型が n 型の場合、Au, Ag, Al, Ni, Pd, Ge, Si, Sn から少なくとも一種類以上の材料を含み、100 nm 以上の膜厚を有するものとされる。第二導電型が p 型の場合、Au、Be, Mg, Zn から少なくとも一種類以上の材料を含み、100 nm 以上の膜厚を有するものとされる。

[0033] 電流伝播層 107 の表面には格子不整を緩和する緩衝層 106 が形成されたものとすることができる。このとき、電流伝播層 107 を $\text{GaAs}_x\text{P}_{1-x}$ ($0 \leq x < 1$) で形成した場合、緩衝層 106 は、 InGaP あるいは AlInP で形成するのが最も好適である。 $\text{GaAs}_x\text{P}_{1-x}$ ($x \neq 1$) と、 AlGaInP 系材料または AlGaAs 系材料との間には格子不整が存在するため、 $\text{GaAs}_x\text{P}_{1-x}$ ($x \neq 1$) には高密度のひずみや貫通転位が入る。貫通転位密度は組成 x により調整可能である。

[0034] 緩衝層 106 の表面には、 AlGaInP もしくは AlGaAs からなる厚さ $0.5 \sim 1.0 \mu\text{m}$ の第二半導体層 105 が形成されたものとすることができる。その表面には厚さ $0.1 \sim 10 \mu\text{m}$ の活性層 104 が形成されたものとすることができる。この活性層 104 は発光波長に応じて $(\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x})_y\text{In}_{1-y}\text{P}$ ($0 \leq x \leq 1$, $0.4 \leq y \leq 0.6$) または $\text{Al}_z\text{Ga}_{1-z}\text{As}$ ($0 \leq z \leq 0.45$) で形成されたものとすることができる。可視光照明に適用する場合、 AlGaInP を選択するのが好適であり、赤外照明に適用する場合、 AlGaAs あるいは InGaAs を選択するのが好適である。ただし、活性層 104 の設計に関しては、超格子等の利用により波長は材料組成に起因する波長以外に調整可能であるため、上記の材料に限られない。

[0035] 活性層 104 の表面には AlGaInP もしくは AlGaAs からなる厚さ $0.5 \sim 1.0 \mu\text{m}$ の第一半導体層 103 が形成されたものとすることができる。第一半導体層 103 の表面には第一電極 150 が形成されたものと

することができる。このとき、第一半導体層 103 と第一電極 150 との間に必要に応じてバッファ層 116 等の所望の層を設けてもよい。

[0036] 第一電極 150 は、第一導電型が n 型の場合、Au, Ag, Al, Ni, Pd, Ge, Si, Sn から少なくとも一種類以上の材料を含み、100 nm 以上の膜厚を有するものとされる。第一導電型が p 型の場合、Au、Be, Mg, Zn から少なくとも一種類以上の材料を含み、100 nm 以上の膜厚を有するものとされる。

[0037] 本実施形態では、電流伝播層 107 に第二電極 151 を設ける場合を例示したが、第二半導体層 105 に第二電極 151 を設けても良い。

[0038] 次に、本発明の第一の実施形態における発光素子の製造方法について、図 2～図 8 を用いて説明する。

[0039] 最初に、図 2 に示すように、出発基板として、基板 101 を準備する。基板 101 として、結晶軸が [001] 方向より [110] 方向に傾斜した基板 101 を用いることが好ましい。また、基板 101 としては、GaAs または Ge を好適に用いることができる。基板 101 を上記材料から選択すれば、後述する活性層 104 の材料を格子整合系でエピタキシャル成長を行うことができるため、活性層 104 の品質を向上させやすく、輝度上昇や寿命特性の向上が得られる。

[0040] 次に、基板 101 上に、基板 101 と格子定数が略同一の第一導電型の第一半導体層 103（例えば厚さ 0.5～1.0 μm）、活性層 104（例えば厚さ 0.1～1.0 μm）、第二導電型の第二半導体層 105（例えば厚さ 0.5～1.0 μm）、緩衝層 106、電流伝播層 107（例えば厚さ 2.0 μm 程度）をエピタキシャル成長により順次形成することができる。また、基板 101 と第一半導体層 103 の間には、基板 101 の除去用の選択エッチング層 102 が挿入されてもよい。選択エッチング層 102 は二層以上の層構造からなり、基板 101 に接する第一の選択エッチング層 102 A、第一半導体層 103 に接する第二の選択エッチング層 102 B を少なくとも有することが好ましい。第一の選択エッチング層 102 A と第二の選択エ

ッチング層 102B は異なる材料あるいは組成から構成しても良い。

- [0041] このとき、具体的には、基板 101 上（選択エッチング層 102 を設けた場合には、選択エッチング層 102 上）に、例えば MOVPE 法（有機金属気相成長法）や MBE（分子線エピタキシー法）、CBE（化学線エピタキシー法）により第一導電型の第一半導体層 103、活性層 104、第二導電型の第二半導体層 105 から成る発光部 108 上に、緩衝層 106、電流伝播層 107 をこの順にエピタキシャル成長したエピタキシャル基板 109 を作製することができる。
- [0042] 活性層 104 は、発光波長に応じて $(\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x})_y\text{In}_{1-y}\text{P}$ ($0 \leq x \leq 1$, $0.4 \leq y \leq 0.6$) または $\text{Al}_z\text{Ga}_{1-z}\text{As}$ ($0 \leq z \leq 0.45$) で形成することができる。可視光照明に適用する場合、 AlGaInP を選択するのが好適であり、赤外照明に適用する場合、 AlGaAs あるいは InGaAs を選択するのが好適である。ただし、活性層 104 の設計に関しては、超格子等の利用により波長は材料組成に起因する波長以外に調整可能であるため、上記の材料に限られない。
- [0043] 第一半導体層 103、第二半導体層 105 は AlGaInP もしくは AlGaAs が選択され、第一半導体層 103 より広いバンドギャップの材料比が選択される。また、その材料選択は活性層 104 と必ずしも同一の材料系でなくともよい。
- [0044] 本実施形態においては、最も単純な構造である第一半導体層 103、発光層 104、第二半導体層 105 が同一材料である AlInGaP の場合を例示するが、第一半導体層 103 あるいは第二半導体層 105 は特性向上のため、各層内には複数層が含まれるのが一般的であり、第二半導体層 105 が単一層であることに限定されない。
- [0045] また、第一半導体層 103 は二種類以上の Al 組成からなる層からなり、活性層 104 に近い側に第二の層 103B を、基板 101 に近い側に Al 組成の低い第一の層 103A を有する構成とすることができる。第二の層 103B はクラッド層の機能を有する機能層であり、単一組成あるいは単一条件

層を意味しない。

- [0046] 電流伝播層 107 としては、 AlGaAs または GaAsP または GaP を好適に用いることができる。電流伝播層 107 を $\text{GaAs}_x\text{P}_{1-x}$ ($0 \leq x < 1$) で形成した場合、緩衝層 106 は InGaP あるいは AlInP で形成するのが最も好適である。 $\text{GaAs}_x\text{P}_{1-x}$ ($x \neq 1$) と、 AlGaInP 系材料または AlGaAs 系材料との間には格子不整が存在するため、 $\text{GaAs}_x\text{P}_{1-x}$ ($x \neq 1$) には高密度のひずみや貫通転位が入る。貫通転位密度は組成 x により調整可能である。
- [0047] 次に、図 3 に示すように、エピタキシャル基板 109 における電流伝播層 107 上に、第一誘電体膜（第一 SiO_2 膜）120 を堆積する。第一誘電体膜 120 は、光 CVD、スパッタ法、PECVD 法にて形成することができる。
- [0048] 次に、第一誘電体膜 120 上に、透明接着層 125 を形成し、第一接合基板 126 とすることができる。透明接着層 125 は、BCB（ベンゾシクロブテン）あるいはエポキシ等が選択可能である。形成方法はディップ法あるいはスピンコート法により形成可能な材料を選択することが好適である。
- [0049] 次に、透明基板 110 上に、第二誘電体膜（第二 SiO_2 膜）121 を堆積し、第二接合基板 131 を形成することができる。第二誘電体膜 121 は、光 CVD、スパッタ法、PECVD 法にて形成することが可能である。また、第二接合基板 131 に透明接着層を設けても同様の効果が得られることは言うまでも無い。
- [0050] 次に、第一接合基板 126 と第二接合基板 131 を透明接着層 125 と第二誘電体膜 121 を対向させ、かつ接触しないように設置し、10 Pa 以下の真空雰囲気にする。真空雰囲気後、透明接着層 125 と第二誘電体膜 121 を接触させ、かつ、5000 N の圧力と 100 ~ 200 °C の間の温度になるように制御して 5 分以上保持した後、100 °C 以上の熱を加えて第一接合基板 126 と第二接合基板 131 を圧着して接合基板 140 を形成する。
- [0051] 次に、図 4 に示すように接合基板 140 より基板 101 をエッチングによ

り除去する。エッチングに際しては、アンモニア水と過酸化水素水の混合液にてエッチングを行うことができる。エッチングストップ層（第一の選択エッチング層 102A）を基板 101 と異なる材料にしておくことで、アンモニア水と過酸化水素水の混合液によるエッチングを選択的に停止させることができる。第一の選択エッチング層 102A として AlInP を用いることができる。

[0052] 基板 101 除去後、第一の選択エッチング層 102A を除去する。エッチングストップ層 102A は AlInP を用いたため、除去には塩酸を用いて除去する。第二の選択エッチング層 102B は塩酸によるエッチングを停止させるため、GaAs を用いることができる。

[0053] 次に、第一半導体層 103 に接する第一電極 150 を形成する。第一電極 150 は、第一導電型が n 型の場合、Au, Ag, Al, Ni, Pd, Ge, Si, Sn から少なくとも一種類以上の材料を含み、100nm 以上の膜厚を有するものとすることができる。第一導電型が p 型の場合、Au、Be, Mg, Zn から少なくとも一種類以上の材料を含み、100nm 以上の膜厚を有するものとすることができる。また、第二の選択エッチング層 102B を残置させても良い。

[0054] 次に、図 5 に示すように、ドライ法あるいはウェット法によるエッチングによって、領域 160 の第一半導体層 103、活性層 104 を切り欠いたパターンを形成する。図 5 では電流伝播層 107 まで切り欠いた例を図示しているが、第二半導体層 105 あるいは緩衝層 106 が露出した状態でエッチングを止めても同様の機能を有する。領域 160 以外の領域は平坦面に限定されるものではなく、領域 160 以外の領域を粗面あるいは凹凸面としても良い。

[0055] 次に、図 6 に示すように、第一半導体層 103 の少なくとも一部を被覆する絶縁層 170 を形成することができる。絶縁層 170 は、SiO₂, SiN_x 等が選択可能である。

[0056] 次に、図 7 に示すように、領域 160 の一部に第二電極 151 を形成した

発光素子基板 171 を形成する。第二導電型が n 型の場合、Au, Ag, Al, Ni, Pd, Ge, Si, Sn から少なくとも一種類以上の材料を含み、100nm 以上の膜厚を有するものとすることができる。第二導電型が p 型の場合、Au、Be、Mg、Zn から少なくとも一種類以上の材料を含み、100nm 以上の膜厚を有するものとすることができる。

[0057] 次に、図 8 に示すように、発光素子基板 171 の透明基板 110 の光取り出し面 115 側の表面に、透明基板 110 より屈折率の低い透明膜 180 を積層する。そして、この積層した透明膜 180 の表面を化学処理によるフロスト加工により粗面化を行う。粗面の粗さは Ra（算術平均粗さ）= 0.3 μ m 以上とすることが好ましい。

[0058] このとき、透明基板 110 をサファイア基板とし、透明膜 180 を SiO₂ 膜とすることが好ましい。このようにすれば、透明基板 110 として安価で加工精度が高いが、化学処理によるフロスト加工が困難な材料であるサファイア基板を用いつつ、透明膜 180 を SiO₂ 膜とすることにより、透明膜 180 の表面に化学処理によるフロスト加工を容易に行うことができる。

[0059] このとき、透明膜 180 である SiO₂ 膜に弗酸と 1 価～4 価の無機酸あるいは有機酸の混合液にて表面にフロスト加工を施し、SiO₂ 膜の表面に凹凸層 181 を有するフロスト加工基板 182 を作製することができる。このような方法であれば、確実に透明膜 180 の表面を粗面化処理して、凹凸を形成することができる。

[0060] ここで例えば、無機酸は硫酸・塩酸・燐酸のうちの少なくともいずれか 1 種からなり、有機酸はマロン酸・酢酸・クエン酸・酒石酸のうちの少なくともいずれか 1 種からなるものとすることができる。無機酸あるいは有機酸として、上記のようなものを用いれば、より確実に透明膜の表面に凹凸を形成することができる。

[0061] 次に、フロスト加工基板 182 をステルスダイシング法、あるいはブレードダイシング法によって個別ダイスに分割したのち、ダイスをステムに固定し、エポキシ樹脂で封止した発光ダイオードを作製することができる。

[0062] このように、透明基板 110 に積層した透明膜 180 の表面を粗面化処理するので、透明基板 110 の材質に関係なく容易に表面を粗面化し、配光角度の増大と発光効率の増大した発光素子を比較的容易に製造することができる。更に低屈折率材料が光取り出し面 115 側に形成されることで全反射角を生じ、発光効率をより高くすることができる。

[0063] (第二の実施形態)

図 9 に本発明の発光素子の第二の実施形態を示した。図 9 に示すように、本発明の第二の実施形態における発光素子 200 は、光取り出し面 215 側に透明基板 210 が貼り合わせられている。また、発光素子 200 は、透明基板 210 の光取り出し面 215 側の表面に、透明基板 210 より屈折率の低い透明膜 280 が設けられ、該透明膜 280 の表面が粗面化されたものである。粗面の粗さは R_a (算術平均粗さ) = $0.3 \mu m$ 以上とすることが好ましい。

[0064] このとき、表面に例えば SiO_2 膜等からなる透明膜 280 が形成された例えばサファイア等からなる透明基板 210 を好適に用いることができる。また、透明基板 210 の透明膜 280 と反対側に例えば SiO_2 からなる厚さ 100 nm 程度の第二誘電体膜 221 が形成されたものとすることができる。

[0065] 上記のように、透明膜 280 の表面は粗面化されており、凹凸が形成されている。また、透明膜 280 は透明基板 210 より低い屈折率の材料が用いられる。このように、透明基板 210 に対し屈折率の低い透明膜 280 が設けられ、該透明膜 280 の表面に凹凸が形成されるようにすれば、透明基板 210 の材質に関係なく容易に表面を粗面化し、配光角度の増大と発光効率の増大した発光素子とすることができる。また、低屈折率材料が光取り出し面 215 側に形成されることで全反射角を生じ、発光効率をより高くすることができる。

[0066] 更に第二の実施形態では、透明基板 210 の光取り出し面 215 側の表面にも凹凸が形成されている。透明基板 210 は厚さを調整するためラップ及びポリッシュを行う。しかし、ポリッシュには加工に長時間を有するため、

ラップのみ行うことでコスト的に有利となる。ラップのみ行った面は凹凸面となるが、加工上の制約から凹凸の R_a （粗さ）は制御できないため、凹凸は小さい。透明膜280を形成してその表面に粗い凹凸を形成することで光取り出しを有利にできる粗さを有するものとなる。

[0067] また、第二誘電体膜221表面には透明接着層225が形成されたものとすることができる。この透明接着層225は、例えば第一接着層225A及び第二接着層225Bの複数の層から形成されたものとすることができる。更に、この透明接着層225には例えば SiO_2 からなる厚さ100nm程度の第一誘電体膜220が形成されており、第一誘電体膜220の表面には、例えば $AlGaAs$ 、 $GaAsP$ 、 GaP 等からなる電流伝播層207が0.5～20 μm の厚さで形成されたものとすることができる。

[0068] また、電流伝播層207の表面の一部（第二面）に第二電極251が形成され、第二電極251が形成されていない領域（第一面）には緩衝層206が形成されたものとすることができる。

[0069] 第二電極251は、第二導電型がn型の場合、 Au 、 Ag 、 Al 、 Ni 、 Pd 、 Ge 、 Si 、 Sn から少なくとも一種類以上の材料を含み、100nm以上の膜厚を有するものとされる。第二導電型がp型の場合、 Au 、 Be 、 Mg 、 Zn から少なくとも一種類以上の材料を含み、100nm以上の膜厚を有するものとされる。

[0070] 電流伝播層207の表面には格子不整を緩和する緩衝層206が形成されたものとすることができる。このとき、電流伝播層207を $GaAs_xP_{1-x}$ （ $0 \leq x < 1$ ）で形成した場合、緩衝層206は、 $InGaP$ あるいは $AlInP$ で形成するのが最も好適である。 $GaAs_xP_{1-x}$ （ $x \neq 1$ ）と、 $AlGaInP$ 系材料または $AlGaAs$ 系材料との間には格子不整が存在するため、 $GaAs_xP_{1-x}$ （ $x \neq 1$ ）には高密度のひずみや貫通転位が入る。貫通転位密度は組成 x により調整可能である。

[0071] 緩衝層206の表面には、 $AlGaInP$ もしくは $AlGaAs$ からなる厚さ0.5～1.0 μm の第二半導体層205が形成されたものとするこ

ができる。その表面には厚さ $0.1 \sim 10 \mu\text{m}$ の活性層204が形成されたものとすることができる。この活性層204は発光波長に応じて $(\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x})_y\text{In}_{1-y}\text{P}$ ($0 \leq x \leq 1$, $0.4 \leq y \leq 0.6$) または $\text{Al}_z\text{Ga}_{1-z}\text{As}$ ($0 \leq z \leq 0.45$) で形成されたものとすることができる。可視光照明に適用する場合、 AlGaInP を選択するのが好適であり、赤外照明に適用する場合、 AlGaAs あるいは InGaAs を選択するのが好適である。ただし、活性層204の設計に関しては、超格子等の利用により波長は材料組成に起因する波長以外に調整可能であるため、上記の材料に限られない。

[0072] 活性層204の表面には AlGaInP もしくは AlGaAs からなる厚さ $0.5 \sim 1.0 \mu\text{m}$ の第一半導体層203が形成されたものとすることができる。第一半導体層203の表面には第一電極250が形成されたものとすることができる。このとき、第一半導体層203と第一電極250との間に必要に応じてバッファ層216等の所望の層を設けてもよい。

[0073] 第一電極250は、第一導電型がn型の場合、 Au , Ag , Al , Ni , Pd , Ge , Si , Sn から少なくとも一種類以上の材料を含み、 100 nm 以上の膜厚を有するものとされる。第一導電型がp型の場合、 Au , Be , Mg , Zn から少なくとも一種類以上の材料を含み、 100 nm 以上の膜厚を有するものとされる。

[0074] 本実施形態では、電流伝播層207に第二電極251を設ける場合を例示したが、第二半導体層205に第二電極251を設けても良い。

[0075] 次に、本発明の第二の実施形態における発光素子の製造方法について、図10～図16を用いて説明する。

[0076] 最初に、図10に示すように、出発基板として、基板201を準備する。基板201として、結晶軸が $[001]$ 方向より $[110]$ 方向に傾斜した基板201を用いることが好ましい。また、基板201としては、 GaAs または Ge を好適に用いることができる。基板201を上記材料から選択すれば、後述する活性層204の材料を格子整合系でエピタキシャル成長を行

うことができるため、活性層 204 の品質を向上させやすく、輝度上昇や寿命特性の向上が得られる。

[0077] 次に、基板 201 上に、基板 201 と格子定数が略同一の第一導電型の第一半導体層 203（例えば厚さ 0.5～1.0 μm）、活性層 204（例えば厚さ 0.1～1.0 μm）、第二導電型の第二半導体層 205（例えば厚さ 0.5～1.0 μm）、緩衝層 206、電流伝播層 207（例えば厚さ 2.0 μm 程度）をエピタキシャル成長により順次形成することができる。また、基板 201 と第一半導体層 203 の間には、基板 201 の除去用の選択エッチング層 202 が挿入されてもよい。選択エッチング層 202 は二層以上の層構造からなり、基板 201 に接する第一の選択エッチング層 202 A、第一半導体層 203 に接する第二の選択エッチング層 202 B を少なくとも有することが好ましい。第一の選択エッチング層 202 A と第二の選択エッチング層 202 B は異なる材料あるいは組成から構成しても良い。

[0078] このとき、具体的には、基板 201 上（選択エッチング層 202 を設けた場合には、選択エッチング層 202 上）に、例えば MOVPE 法（有機金属気相成長法）や MBE（分子線エピタキシー法）、CBE（化学線エピタキシー法）により第一導電型の第一半導体層 203、活性層 204、第二導電型の第二半導体層 205 から成る発光部 208 上に、緩衝層 206、電流伝播層 207 をこの順にエピタキシャル成長したエピタキシャル基板 209 を作製することができる。

[0079] 活性層 204 は、発光波長に応じて $(\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x})_y\text{In}_{1-y}\text{P}$ ($0 \leq x \leq 1$, $0.4 \leq y \leq 0.6$) または $\text{Al}_z\text{Ga}_{1-z}\text{As}$ ($0 \leq z \leq 0.45$) で形成することができる。可視光照明に適用する場合、 AlGaInP を選択するのが好適であり、赤外照明に適用する場合、 AlGaAs あるいは InGaAs を選択するのが好適である。ただし、活性層 204 の設計に関しては、超格子等の利用により波長は材料組成に起因する波長以外に調整可能であるため、上記の材料に限られない。

[0080] 第一半導体層 203、第二半導体層 205 は AlGaInP もしくは Al

GaAsが選択され、第一半導体層203より広いバンドギャップの材料比が選択される。また、その材料選択は活性層204と必ずしも同一の材料系でなくともよい。

[0081] 本実施形態においては、最も単純な構造である第一半導体層203、発光層204、第二半導体層205が同一材料であるAlInGaPの場合を例示するが、第一半導体層203あるいは第二半導体層205は特性向上のため、各層内には複数層が含まれるのが一般的であり、第二半導体層205が単一層であることに限定されない。

[0082] また、第一半導体層203は二種類以上のAl組成からなる層からなり、活性層204に近い側に第二の層203Bを、基板201に近い側にAl組成の低い第一の層203Aを有する構成とすることができる。第二の層203Bはクラッド層の機能を有する機能層であり、単一組成あるいは単一条件層を意味しない。

[0083] 電流伝播層207としては、AlGaAsまたはGaAsPまたはGaPを好適に用いることができる。電流伝播層207を $\text{GaAs}_x\text{P}_{1-x}$ ($0 \leq x < 1$) で形成した場合、緩衝層206はInGaPあるいはAlInPで形成するのが最も好適である。 $\text{GaAs}_x\text{P}_{1-x}$ ($x \neq 1$) と、AlGaInP系材料またはAlGaAs系材料との間には格子不整が存在するため、 $\text{GaAs}_x\text{P}_{1-x}$ ($x \neq 1$) には高密度のひずみや貫通転位が入る。貫通転位密度は組成xにより調整可能である。

[0084] 次に、図11に示すように、エピタキシャル基板209における電流伝播層207上に、第一誘電体膜（第一 SiO_2 膜）220を堆積する。第一誘電体膜220は、光CVD、スパッタ法、PECVD法にて形成することができる。

[0085] 次に、第一誘電体膜220上に、透明接着層225を形成し、第一接合基板226とすることができる。透明接着層225は、BCB（ベンゾシクロブテン）あるいはエポキシ等が選択可能である。形成方法はディップ法あるいはスピンコート法により形成可能な材料を選択することが好適である。

[0086] 次に、透明基板 210 上に、第二誘電体膜（第二 SiO₂ 膜）221 を堆積し、第二接合基板 231 を形成することができる。第二誘電体膜 221 は、光 CVD、スパッタ法、PECVD 法にて形成することが可能である。また、第二接合基板 231 に透明接着層を設けても同様の効果が得られることは言うまでも無い。

[0087] 次に、第一接合基板 226 と第二接合基板 231 を透明接着層 225 と第二誘電体膜 221 を対向させ、かつ接触しないように設置し、10Pa 以下の真空雰囲気にする。真空雰囲気後、透明接着層 225 と第二誘電体膜 221 を接触させ、かつ、5000N の圧力と 100～200℃ の間の温度になるように制御して 5 分以上保持した後、100℃ 以上の熱を加えて第一接合基板 226 と第二接合基板 231 を圧着して接合基板 240 を形成する。

[0088] 接合基板のうち、第二接合基板 231 を求める厚さに加工するため、ラップあるいは平面研削あるいはサンドブラスト法によって規定厚まで薄膜加工を行い、透明基板 210 の鏡面 211 と反対の面、すなわち、透明基板 210 の光取り出し面 215 側に凹凸面 212 を形成する。凹凸面 212 はポリッシュ等の加工で鏡面化が可能ではあるが、長時間の加工を必要とするので、エピタキシャル基板 209 にダメージを与えることを防止するため、ここでは行わないことが好ましい。また、ラップのみ行うことでコスト的に有利とすることができる。

[0089] 次に、図 12 に示すように接合基板 240 より基板 201 をエッチングにより除去する。エッチングに際しては、アンモニア水と過酸化水素水の混合液にてエッチングを行うことができる。エッチングストップ層（第一の選択エッチング層 202A）を基板 201 と異なる材料にしておくことで、アンモニア水と過酸化水素水の混合液によるエッチングを選択的に停止させることができる。第一の選択エッチング層 202A として AlInP を用いることができる。

[0090] 基板 201 除去後、第一の選択エッチング層 202A を除去する。エッチングストップ層 202A は AlInP を用いたため、除去には塩酸を用いて

除去する。第二の選択エッチング層 202B は塩酸によるエッチングを停止させるため、GaAs を用いることができる。

[0091] 次に、第一半導体層 203 に接する第一電極 250 を形成する。第一電極 250 は、第一導電型が n 型の場合、Au, Ag, Al, Ni, Pd, Ge, Si, Sn から少なくとも一種類以上の材料を含み、100nm 以上の膜厚を有するものとすることができる。第一導電型が p 型の場合、Au、Be、Mg、Zn から少なくとも一種類以上の材料を含み、100nm 以上の膜厚を有するものとすることができる。また、第二の選択エッチング層 202B を残置させても良い。

[0092] 次に、図 13 に示すように、ドライ法あるいはウェット法によるエッチングによって、領域 260 の第一半導体層 203、活性層 204 を切り欠いたパターンを形成する。図 13 では電流伝播層 207 まで切り欠いた例を図示しているが、第二半導体層 205 あるいは緩衝層 206 が露出した状態でエッチングを止めても同様の機能を有する。領域 260 以外の領域は平坦面に限定されるものではなく、領域 260 以外の領域を粗面あるいは凹凸面としても良い。

[0093] 次に、図 14 に示すように、第一半導体層 203 の少なくとも一部を被覆する絶縁層 270 を形成することができる。絶縁層 270 は、SiO₂、SiN_x 等が選択可能である。

[0094] 次に、図 15 に示すように、領域 260 の一部に第二電極 251 を形成した発光素子基板 271 を形成する。第二導電型が n 型の場合、Au, Ag, Al, Ni, Pd, Ge, Si, Sn から少なくとも一種類以上の材料を含み、100nm 以上の膜厚を有するものとすることができる。第二導電型が p 型の場合、Au、Be、Mg、Zn から少なくとも一種類以上の材料を含み、100nm 以上の膜厚を有するものとすることができる。

[0095] 次に、図 16 に示すように、発光素子基板 271 の透明基板 210 の光取り出し面 215 側の表面に、透明基板 210 より屈折率の低い透明膜 280 を積層する。そして、この積層した透明膜 280 の表面を化学処理によるフ

ロスト加工により粗面化を行う。粗面の粗さは R_a （算術平均粗さ）＝ $0.3\mu\text{m}$ 以上とすることが好ましい。

[0096] このとき、透明基板 210 をサファイア基板とし、透明膜 280 を SiO_2 膜とすることが好ましい。このようにすれば、透明基板 210 として化学処理によるフロスト加工が困難な材料であるサファイア基板を用いつつ、透明膜 280 を SiO_2 膜とすることにより、透明膜 280 の表面に化学処理によるフロスト加工を容易に行うことができる。

[0097] このとき、透明膜 280 である SiO_2 膜に弗酸と 1 価～4 価の無機酸あるいは有機酸の混合液にて表面にフロスト加工を施し、 SiO_2 膜の表面に凹凸層 281 を有するフロスト加工基板 282 を作製することができる。このような方法であれば、確実に透明膜 280 の表面を粗面化処理して、凹凸を形成することができる。

[0098] ここで例えば、無機酸は硫酸・塩酸・燐酸のうちの少なくともいずれか 1 種からなり、有機酸はマロン酸・酢酸・クエン酸・酒石酸のうちの少なくともいずれか 1 種からなるものとすることができる。無機酸あるいは有機酸として、上記のようなものを用いれば、より確実に透明膜の表面に凹凸を形成することができる。

[0099] 次に、フロスト加工基板 282 をステルスダイシング法、あるいはブレードダイシング法によって個別ダイスに分割したのち、ダイスをステムに固定し、エポキシ樹脂で封止した発光ダイオードを作製することができる。

[0100] このように、透明基板 210 に積層した透明膜 280 の表面を粗面化処理するので、透明基板 210 の材質に関係なく容易に表面を粗面化し、配光角度の増大と発光効率の増大した発光素子を比較的容易に製造することができる。更に低屈折率材料が光取り出し面 215 側に形成されることで全反射角を生じ、発光効率をより高くすることができる。更に第二の実施形態では、透明基板 210 の表面にも凹凸が形成されているため、このような透明基板 210 に透明膜を積層してその表面に粗い凹凸を形成することで、光取り出しをより有利にできる粗さを有するものとなる。

[0101] なお、上述の第一及び第二の実施形態における発光素子の製造方法では、透明基板と第一接合基板の接合を行った後に、透明基板の光取り出し面側の表面に、透明基板より屈折率の低い透明膜を積層し、この透明膜の粗面化処理を行う場合について説明したが、本発明はこれに限定されない。例えば、接合前の透明基板に予め透明膜を積層し、この積層した透明膜の表面の粗面化処理を行ったものと第一接合基板を接合してもよい。

実施例

[0102] 以下、本発明の実施例及び比較例を示して本発明をより具体的に説明するが、本発明はこれらに限定されるものではない。

[0103] (実施例 1)

図 2 に示すように、出発基板として、結晶軸が $[001]$ 方向より $[110]$ 方向に傾斜した GaAs 基板 (基板 101) を準備した。次に、GaAs 基板 101 上に、MOVPE 法 (有機金属気相成長法) により AlGaInP からなる厚さ $1.0\mu\text{m}$ の n 型クラッド層 (第一半導体層 103)、活性層 104、厚さ $1.0\mu\text{m}$ の p 型クラッド層 (第二半導体層 105) をエピタキシャル成長させ、更に InGaP からなる緩衝層 106 及び、厚さ $2.0\mu\text{m}$ の GaP からなる電流伝播層 107 をエピタキシャル成長により順次形成した。GaAs 基板と n 型クラッド層の間には AlInP 層と GaAs 層とからなる選択エッチング層 102 (エッチングストップ層とも言う) を形成した。

[0104] また、第一半導体層 103 は二種類以上の Al 組成からなる層からなり、基板 101 に近い側に Al 組成の低い第一の層 103A を形成した。

[0105] 次に、図 3 に示すように、GaP からなる電流伝播層 107 上に TEOS と O_2 を原料として PECVD 法にて第一 SiO_2 膜 (第一誘電体膜 120) を形成した。

[0106] 次に第一誘電体膜 120 上に透明接着層 125 を形成し、第一接合基板 126 を形成した。透明接着層 125 はシクロテンを滴下し、 $1,000\text{rpm}$ の回転数によりスピコートを行った。スピコート後、ホットプレート

上に100℃の温度で60秒保持して溶剤を揮発させた。

[0107] 次に透明基板110としてサファイア基板を準備し、この透明基板110上に第二SiO₂膜（第二誘電体膜121）を堆積し、第二接合基板131を形成した。第二誘電体膜121は、TEOSとO₂を原料としてPECVD法にて形成した。

[0108] 第一接合基板126と第二接合基板131を透明接着層125と第二誘電体膜121を対向させ、かつ接触しないように設置し、10Pa以下の真空雰囲気にした。真空雰囲気後、透明接着層125と第二誘電体膜121を接触させ、かつ、5000Nの圧力と100℃の温度になるように制御して10分間保持した後、100℃以上の熱を加えて第一接合基板126と第二接合基板131を圧着して接合基板140を形成した。

その後、所望の厚さとする為、サファイア基板表面に対してラップ及びポリッシュ加工を行った。

[0109] 次に、図4に示すように、接合基板140より基板101をアンモニア水と過酸化水素水の混合液でエッチングすることで除去した。基板101除去後、第一の選択エッチング層102Aを除去した。第一の選択エッチング層102AはAlInPを用いたため、除去には塩酸を用いた。次に第一半導体層103に接するAuGeNiの合金からなる厚さ500nmの第一電極150を形成した。

[0110] 次に、図5に示すように、ドライ法によるエッチングによって、領域160の第一半導体層103、活性層104、第二半導体層105、緩衝層106を切り欠いたパターンを形成した。次に、図6に示すように、第一半導体層103、活性層104、第二半導体層105、緩衝層106を被覆する絶縁層170を形成した。絶縁層170は、TEOSとO₂を原料とするPECVD法により成膜した。また、膜厚は100nmとした。次に、図7に示すように、領域160の一部にAuBeの合金からなり、厚さ500nmの第二電極151を形成し、発光素子基板171を形成した。

[0111] 次に、図8に示すように、発光素子基板171の透明基板110の光取り

出し面 115 側の表面に透明膜 180 として、 SiO_2 膜を形成した。この透明膜 180 に弗酸と酢酸の混合液にて表面にフロスト処理を施し、透明膜 180 の表面に凹凸層 181 を有するフロスト処理基板 182 を作製した。

[0112] 次に、フロスト処理基板 182 をステルスダイシング法によって個別ダイスに分割したのち、ダイスをステムに固定し、エポキシ樹脂で封止した発光ダイオードを製造した。

[0113] (実施例 2)

サファイア基板を接合した後、サファイア基板に、ラップによって規定厚まで薄膜加工を行い、その後のポリッシュ加工は行わないで、サファイア基板表面を凹凸形状とした以外は実施例 1 と同様な方法で発光ダイオードを製造した。

[0114] (比較例)

サファイア基板表面に SiO_2 膜を形成しないことを除いて、実施例 1 と同様な方法で発光ダイオードを製造した。

[0115] 実施例 1、実施例 2、比較例で作製した発光ダイオードについて発光特性を比較した。図 17 に、実施例 1、実施例 2、比較例で作製した発光ダイオードの配光特性の差異を示す。図 17 に示すように、比較例では、 ± 30 度前後の配光角を有するのに対し、実施例 1 及び実施例 2 においては ± 60 度の配光角に対して、50% 以上の相対配光強度を有しており、配光角が広がっていることが分かる。

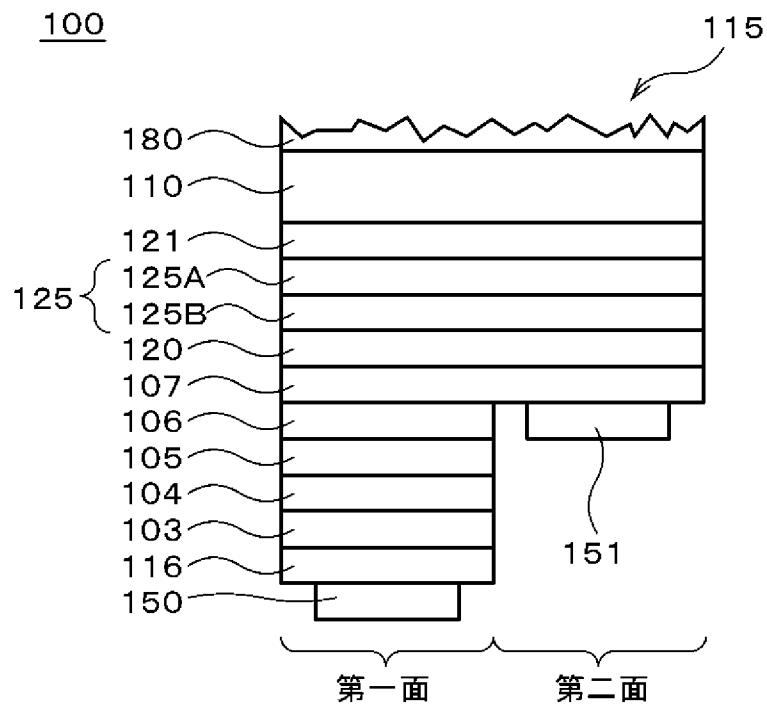
[0116] 図 18 には、実施例 1、実施例 2、比較例で作製した発光ダイオードの電流－輝度特性を示した。実施例 1 及び実施例 2 は比較例に対して、全般に輝度が高いにも関わらず、電流－輝度特性は線形性を保っていることが分かる。

[0117] なお、本発明は、上記実施形態に限定されるものではない。上記実施形態は例示であり、本発明の特許請求の範囲に記載された技術的思想と実質的に同一な構成を有し、同様な作用効果を奏するものは、いかなるものであっても本発明の技術的範囲に包含される。

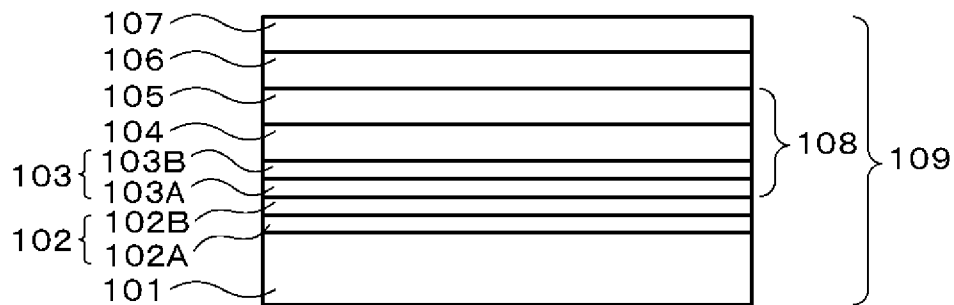
請求の範囲

- [請求項1] 光取り出し面側に透明基板が貼り合わせられた発光素子において、
前記透明基板の前記光取り出し面側の表面に、前記透明基板より屈折率の低い透明膜が設けられ、該透明膜の表面が粗面化されたものであることを特徴とする発光素子。
- [請求項2] 前記透明基板がサファイア基板であり、前記透明膜が SiO_2 膜であることを特徴とする請求項1に記載の発光素子。
- [請求項3] 光取り出し面側に透明基板を貼り合わせた発光素子の製造方法であって、
前記透明基板の前記光取り出し面側の表面に、前記透明基板より屈折率の低い透明膜を積層し、積層した前記透明膜の表面を化学処理によるフロスト加工により粗面化処理することを特徴とする発光素子の製造方法。
- [請求項4] 前記透明基板をサファイア基板とし、前記透明膜を SiO_2 膜とすることを特徴とする請求項3に記載の発光素子の製造方法。
- [請求項5] 前記フロスト加工は、弗酸と1価～4価の無機酸あるいは有機酸とを混合した液によりエッチング処理することで、前記透明膜の表面を粗面化処理することを特徴とする請求項4に記載の発光素子の製造方法。
- [請求項6] 前記無機酸として、硫酸・塩酸・燐酸のうちの少なくともいずれか1種を用い、前記有機酸として、マロン酸・酢酸・クエン酸・酒石酸のうちの少なくともいずれか1種を用いることを特徴とする請求項5に記載の発光素子の製造方法。

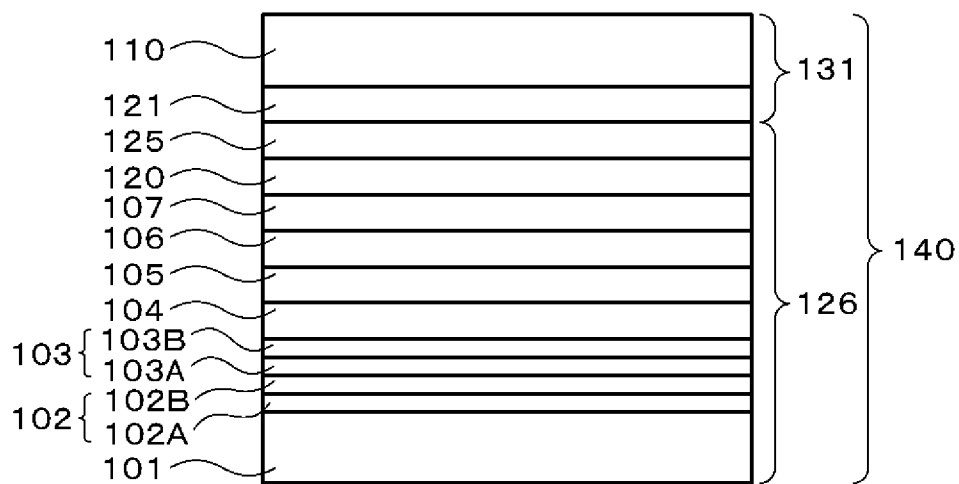
[図1]



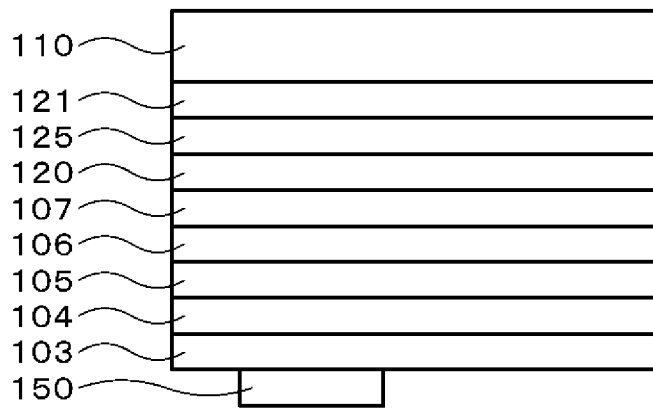
[図2]



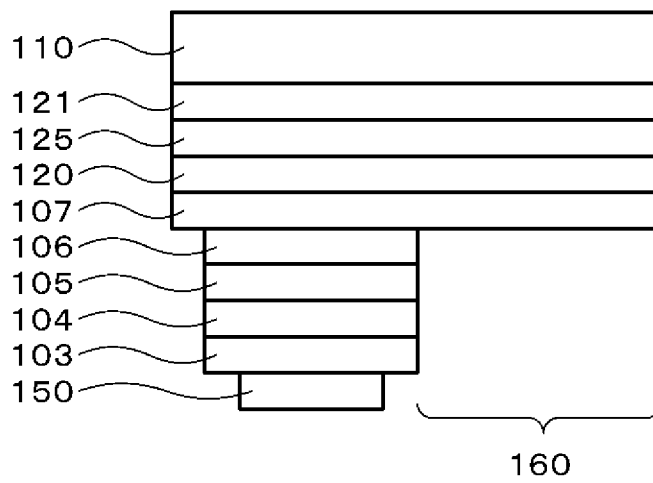
[図3]



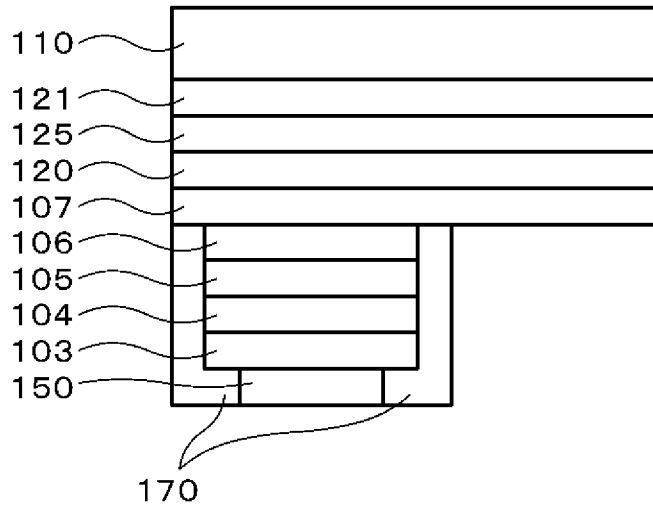
[図4]



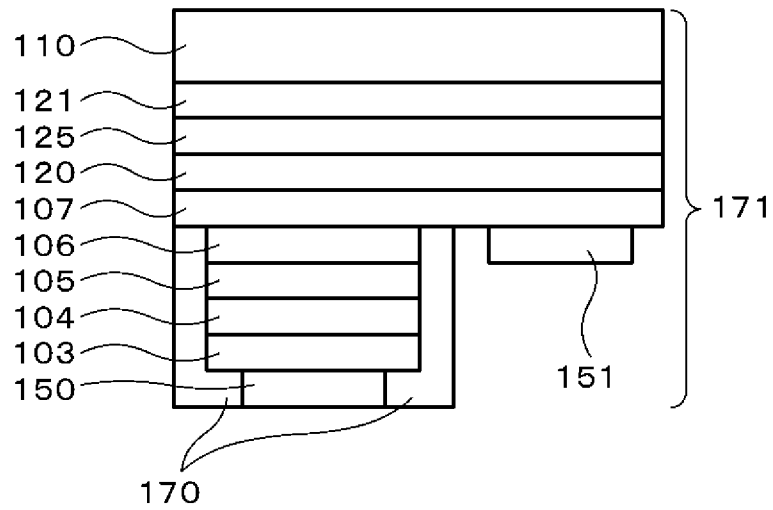
[図5]



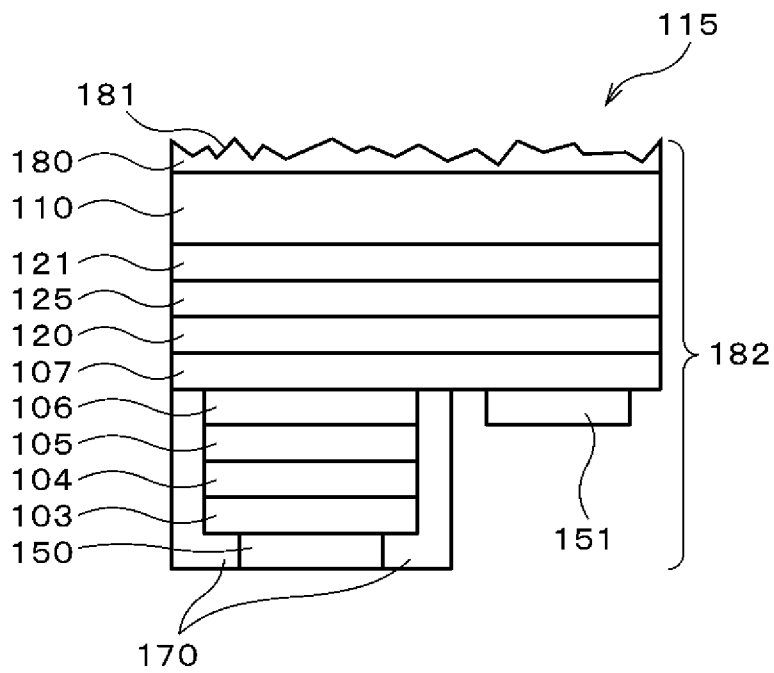
[図6]



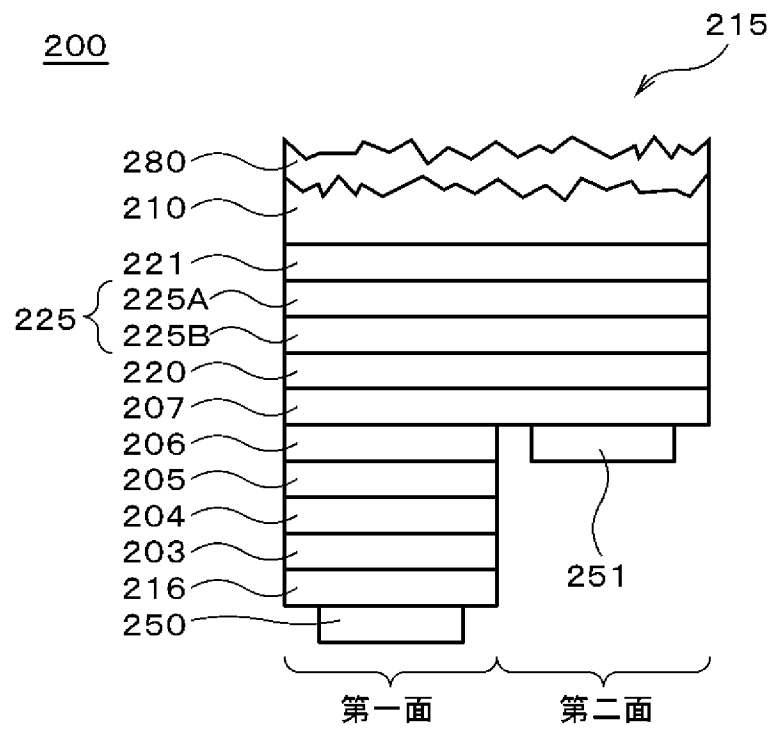
[図7]



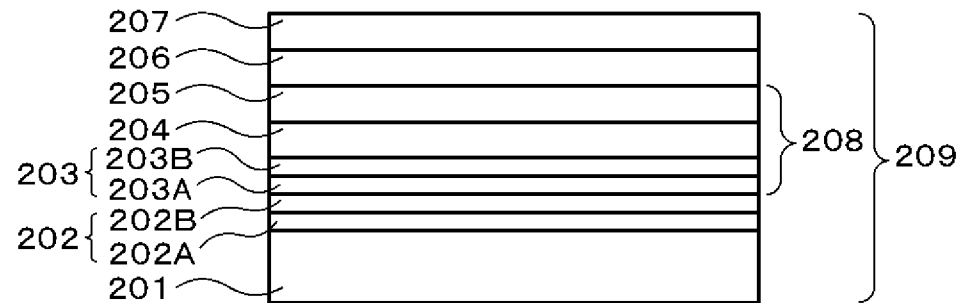
[図8]



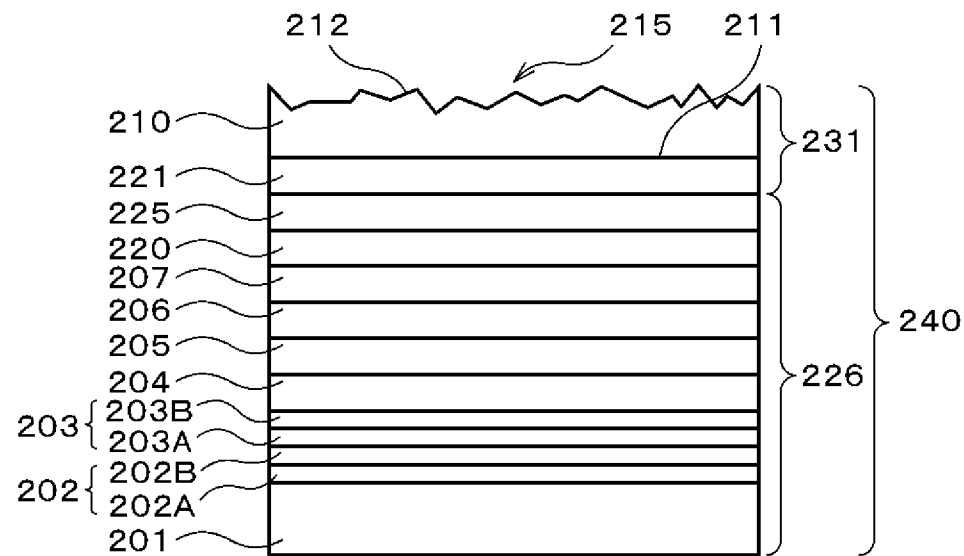
[図9]



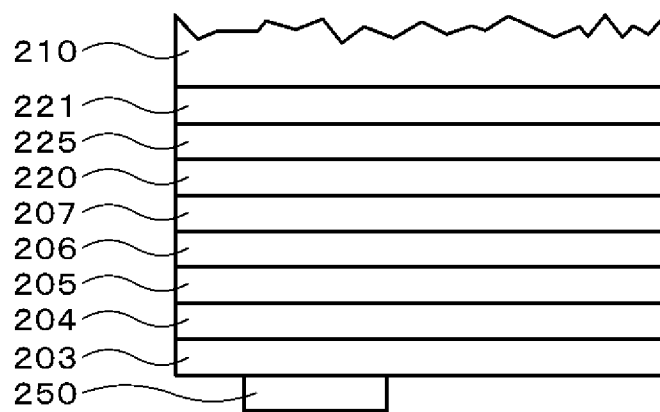
[図10]



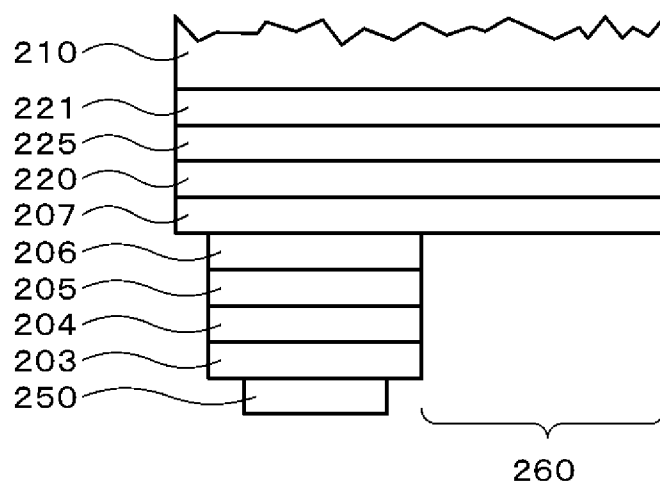
[図11]



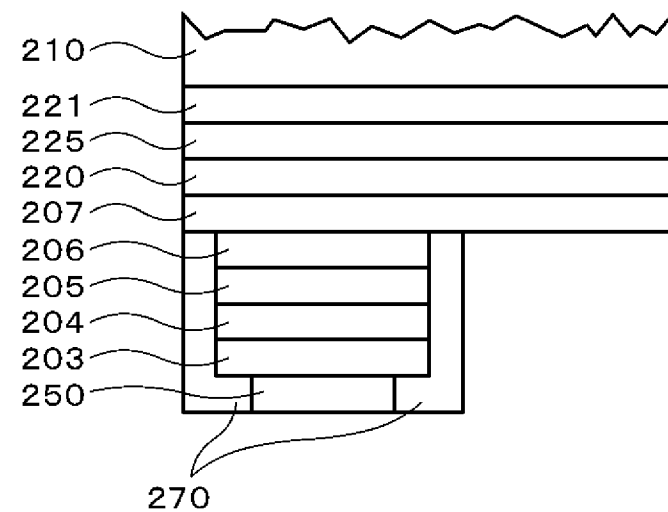
[図12]



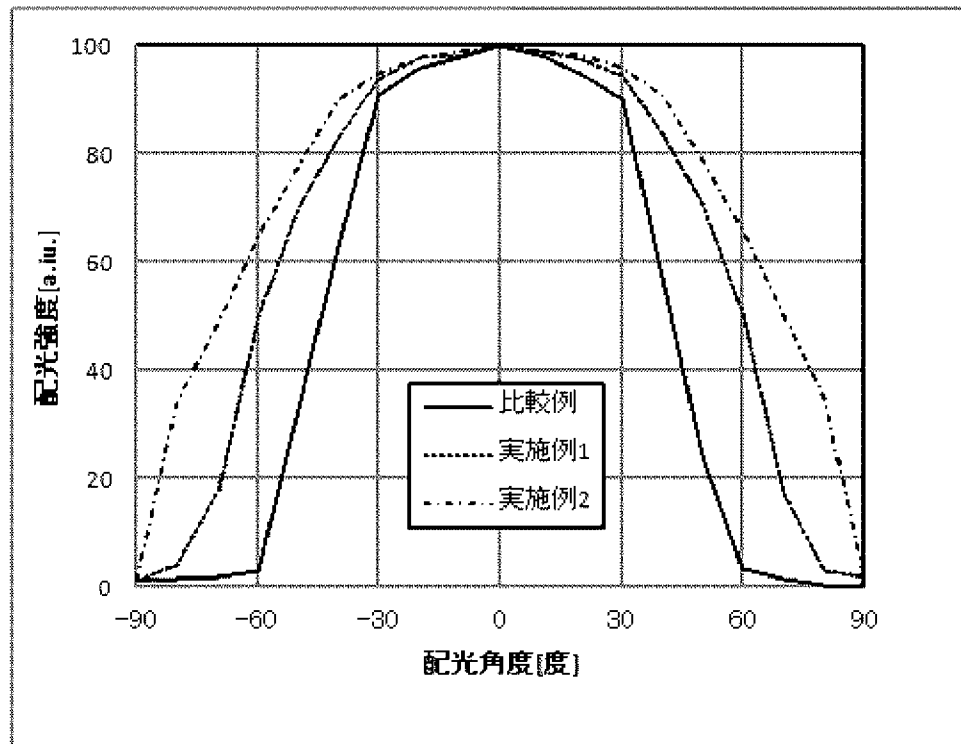
[図13]



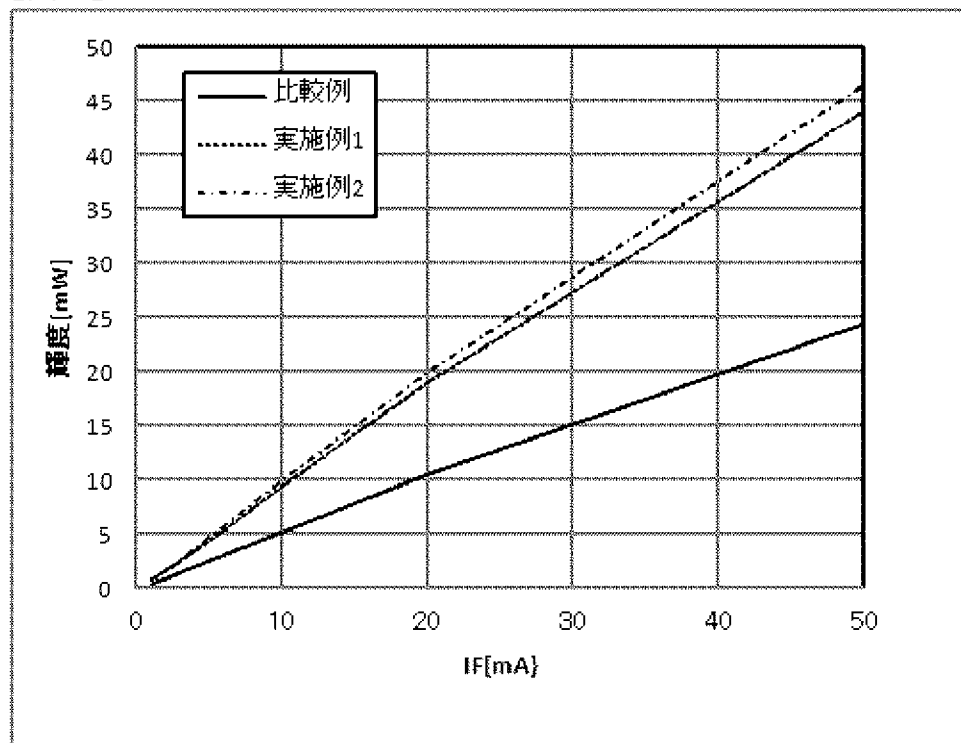
[図14]



[図17]



[図18]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2017/030644

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H01L33/22(2010.01)i, C03C15/00(2006.01)i

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)

H01L33/00-33/64, C03C15/00

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	1996-2017
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2017	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2017

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.
Y	JP 2016-129189 A (Shin-Etsu Handotai Co., Ltd.), 14 July 2016 (14.07.2016), paragraphs [0077] to [0085]; fig. 14 & WO 2016/110916 A1 & TW 201635585 A	1-6
Y	JP 2015-130386 A (Panasonic Intellectual Property Management Co., Ltd.), 16 July 2015 (16.07.2015), paragraphs [0012] to [0031]; fig. 1 to 2 (Family: none)	1-6
Y	JP 2010-287621 A (Sharp Corp.), 24 December 2010 (24.12.2010), paragraphs [0008] to [0009]; fig. 22 (Family: none)	3-6

☒ 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
25 October 2017 (25.10.17)

Date of mailing of the international search report
07 November 2017 (07.11.17)

Name and mailing address of the ISA/
Japan Patent Office
3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku,
Tokyo 100-8915, Japan

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2017/030644

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2001-335342 A (Shin-Etsu Quartz Products Co., Ltd.), 04 December 2001 (04.12.2001), paragraphs [0018] to [0052] & WO 2001/090015 A1 page 5, line 3 to page 14, line 15	3-6
Y	JP 2002-308649 A (Toshiba Ceramics Co., Ltd.), 23 October 2002 (23.10.2002), paragraphs [0014] to [0021] (Family: none)	3-6
A	JP 2003-218383 A (Toshiba Corp.), 31 July 2003 (31.07.2003), paragraphs [0057] to [0058]; fig. 6(b) & US 2003/0178626 A1 paragraphs [0085] to [0086]; fig. 6B & US 2005/0145864 A1 & EP 1329961 A2 & TW 200302613 A & CN 1433088 A	1-6
A	WO 2012/176369 A1 (Panasonic Corp.), 27 December 2012 (27.12.2012), paragraphs [0048] to [0099]; fig. 4 to 8 & US 2013/0248877 A1 paragraphs [0099] to [0151]; fig. 4 to 8 & CN 103155182 A	1-6
A	US 2005/0287687 A1 (LIAO et al.), 29 December 2005 (29.12.2005), entire text; all drawings & US 7067340 B1 & TW 200601586 A	1-6
A	US 2008/0061304 A1 (HUANG et al.), 13 March 2008 (13.03.2008), entire text; all drawings & WO 2008/031338 A1 & CN 101375418 A	1-6

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））

Int.Cl. H01L33/22(2010.01)i, C03C15/00(2006.01)i

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. H01L33/00-33/64, C03C15/00

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	1971-2017年
日本国実用新案登録公報	1996-2017年
日本国登録実用新案公報	1994-2017年

国際調査で使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 請求項の番号
Y	JP 2016-129189 A（信越半導体株式会社） 2016.07.14, 段落[0077]-[0085], 図14 & WO 2016/110916 A1 & TW 201635585 A	1-6
Y	JP 2015-130386 A（パナソニックIPマネジメント株式会社） 2015.07.16, 段落[0012]-[0031], 図1-2 (ファミリーなし)	1-6

☒ 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、一般的技術水準を示すもの

「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

25.10.2017

国際調査報告の発送日

07.11.2017

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（ISA/J P）

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）

大西 孝宣

2 K

6006

電話番号 03-3581-1101 内線 3255

C (続き) . 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 請求項の番号
Y	JP 2010-287621 A (シャープ株式会社) 2010.12.24, 段落[0008]-[0009], 図 22 (ファミリーなし)	3-6
Y	JP 2001-335342 A (信越石英株式会社) 2001.12.04, 段落[0018]-[0052] & WO 2001/090015 A1, 第 5 ページ第 3 行-第 14 ページ第 15 行	3-6
Y	JP 2002-308649 A (東芝セラミックス株式会社) 2002.10.23, 段落[0014]-[0021] (ファミリーなし)	3-6
A	JP 2003-218383 A (株式会社東芝) 2003.07.31, 段落[0057]-[0058], 図 6(b) & US 2003/0178626 A1, 段落[0085]-[0086], 図 6B & US 2005/0145864 A1 & EP 1329961 A2 & TW 200302613 A & CN 1433088 A	1-6
A	WO 2012/176369 A1 (パナソニック株式会社) 2012.12.27, 段落[0048]-[0099], 図 4-8 & US 2013/0248877 A1, 段落[0099]-[0151], 図 4-8 & CN 103155182 A	1-6
A	US 2005/0287687 A1 (LIAO et al.) 2005.12.29, 全文, 全図 & US 7067340 B1 & TW 200601586 A	1-6
A	US 2008/0061304 A1 (HUANG et al.) 2008.03.13, 全文, 全図 & WO 2008/031338 A1 & CN 101375418 A	1-6