

(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
2016年1月7日(07.01.2016)



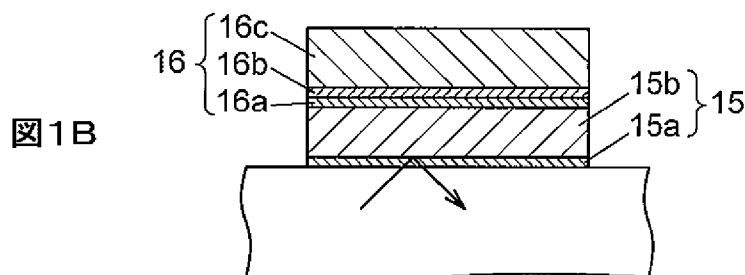
(10) 国際公開番号

WO 2016/002800 A1

- (51) 国際特許分類:
H01L 33/40 (2010.01) H01L 33/10 (2010.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2015/068880
- (22) 国際出願日: 2015年6月30日(30.06.2015)
- (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 2014-135958 2014年7月1日(01.07.2014) JP
- (71) 出願人: 株式会社タムラ製作所 (TAMURA CORPORATION) [JP/JP]; 〒1788511 東京都練馬区東大泉1丁目19番43号 Tokyo (JP). 株式会社光波 (KOHA CO., LTD.) [JP/JP]; 〒1788511 東京都練馬区東大泉1丁目19番43号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 鈴木 理紀也 (SUZUKI, Rikiya); 〒1788511 東京都練馬区東大泉1丁目19番43号 株式会社光波内 Tokyo (JP). 倉又 朗人 (KURAMATA, Akito); 〒1788511 東京都練馬区東大泉1丁目19番43号 株式会社タムラ製作所内 Tokyo (JP). 飯塚 和幸 (IIZUKA, Kazuyuki); 〒1788511 東京都練馬区東大泉1丁目19番43号 株式会社タムラ製作所内 Tokyo (JP). 小石川 結樹 (KOISHIKAWA, Yuki); 〒1788511 東京都練馬区東大泉1丁目19番43号 株式会社タムラ製作所内 Tokyo (JP).
- (74) 共通の代表者: 株式会社タムラ製作所 (TAMURA CORPORATION); 〒1788511 東京都練馬区東大泉1丁目19番43号 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, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, KE, KG, KN, KP, KR, 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, 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))

(54) Title: LIGHT-EMITTING ELEMENT

(54) 発明の名称: 発光素子



(57) Abstract: This invention provides a light-emitting element that has an n-side electrode that exhibits a high reflectance and is connected to a substrate, the host crystal of which is an $(Al_xGa_yIn_z)_2O_3$ (with $0 \leq x \leq 1$, $0 \leq y \leq 1$, $0 \leq z \leq 1$, and $x+y+z=1$) crystal. In one embodiment, a light-emitting element (1) comprising the following is provided: an n-type semiconductor substrate (10), the host crystal of which is an $(Al_xGa_yIn_z)_2O_3$ crystal; and an n-side electrode (15) connected to said n-type semiconductor substrate (10). The n-side electrode (15) has a layered structure that contains a titanium layer (15a) in contact with the n-type semiconductor substrate (10) and a silver layer (15b), consisting primarily of silver, on top of the titanium layer (15a).

(57) 要約: $(Al_xGa_yIn_z)_2O_3$ ($0 \leq x \leq 1$, $0 \leq y \leq 1$, $0 \leq z \leq 1$, $x+y+z=1$) 結晶を母結晶として有する基板に接続された、光反射率の高いn側電極とを有する発光素子を提供する。一実施形態において、 $(Al_xGa_yIn_z)_2O_3$ 結晶を母結晶として有するn型半導体基板10と、n型半導体基板10に接続されるn側電極15と、を有し、n側電極15は、n型半導体基板10に接触するTi層15aと、Ti層15a上のAgを主成分とするAg層15bとを含む積層構造を有する、発光素子1を提供する。

WO 2016/002800 A1

明 細 書

発明の名称：発光素子

技術分野

[0001] 本発明は、発光素子に関する。

背景技術

[0002] 従来、 Ga_2O_3 基板上に形成されたLED素子が知られている（例えば、特許文献1参照）。

[0003] 特許文献1のLED素子においては、 Ga_2O_3 基板に接続されるn側電極として、Ti膜とAu膜を積層した積層構造を有するTi/Au電極が用いられている。Tiは Ga_2O_3 と低抵抗でオーミック接触するため、Ti/Au電極と Ga_2O_3 基板の接触抵抗を低くすることができる。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：特許第5078039号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0005] 一方、Tiは光反射率があまり高くないため、特許文献1のLED素子においては、Ti/Au電極が Ga_2O_3 基板内を進んでTi/Au電極へ向かう光を吸収し、LED素子の光取出効率を低下させる原因となっている。

[0006] 本発明の目的の1つは、 $(Al_xGa_yIn_z)_2O_3$ ($0 \leq x \leq 1$ 、 $0 \leq y \leq 1$ 、 $0 \leq z \leq 1$ 、 $x + y + z = 1$) 結晶を母結晶として有する基板に接続された、光反射率の高いn側電極とを有する発光素子を提供することにある。

課題を解決するための手段

[0007] 本発明の一態様は、上記目的を達成するために、以下の[1]～[8]の発光素子を提供する。

[0008] [1] $(Al_xGa_yIn_z)_2O_3$ ($0 \leq x \leq 1$ 、 $0 \leq y \leq 1$ 、 $0 \leq z \leq 1$ 、 $x + y + z = 1$) 結晶を母結晶として有するn型半導体基板と、前記n型半導

体基板に接続されるn側電極と、を有し、前記n側電極は、前記n型半導体基板に接触するTi層と、前記Ti層上のAgを主成分とするAg層とを含む積層構造を有する、発光素子。

[0009] [2] 前記Ti層の厚さが4.5nm以下である、前記[1]に記載の発光素子。

[0010] [3] 前記Ti層の厚さが2nm以下である、前記[2]に記載の発光素子。

[0011] [4] 前記Ti層の厚さが0.5nm以上である、前記[1]～[3]のいずれか1項に記載の発光素子。

[0012] [5] 前記Ag層のAg濃度が95%以上である、前記[1]～[4]のいずれか1項に記載の発光素子。

[0013] [6] 前記n型半導体基板がGa₂O₃結晶からなる、前記[1]～[5]のいずれか1項に記載の発光素子。

[0014] [7] 前記n側電極上に、バリアメタルとAuを主成分とするパッド層とを含む積層構造を有するパッド電極が形成され、前記バリアメタルは、前記n側電極と前記パッド層との間に位置し、前記Ag層に含まれるAgと前記パッド層に含まれるAuとの反応を防ぐ、前記[1]～[6]のいずれか1項に記載の発光素子。

[0015] [8] 前記n側電極が貫通電極である、前記[1]～[7]のいずれか1項に記載の発光素子。

発明の効果

[0016] 本発明によれば、 $(Al_xGa_yIn_z)_2O_3$ ($0 \leq x \leq 1$ 、 $0 \leq y \leq 1$ 、 $0 \leq z \leq 1$ 、 $x + y + z = 1$) 結晶を母結晶として有する基板に接続された、光反射率の高いn側電極とを有する発光素子を提供することができる。

図面の簡単な説明

[0017] [図1A]図1Aは、第1の実施の形態に係る発光素子の垂直断面図である。

[図1B]図1Bは、発光素子のn型電極とパッド電極の拡大断面図である。

[図2]図2は、n側電極のTi層の厚さと、n側電極とn型半導体基板の接触

抵抗との関係を示すグラフである。

[図3]図3は、n側電極のTi層の厚さと、n側電極のTi層側から入射する光の反射率との関係を示すグラフである。

[図4]図4は、第2の実施の形態に係る発光素子の垂直断面図である。

[図5]図5は、第3の実施の形態に係る発光素子の垂直断面図である。

発明を実施するための形態

[0018] [第1の実施の形態]

(発光素子の構造)

図1Aは、第1の実施の形態に係る発光素子1の垂直断面図である。

[0019] 発光素子1は、n型半導体基板10と、n型半導体基板10の一方の表面に誘電体層11を介して形成されたn型半導体層12と、n型半導体層12のn型半導体基板10の反対側に形成されたp型半導体層14と、n型半導体層12とp型半導体層14に挟まれた発光層13と、n型半導体基板10のn型半導体層12と反対側の面上に接続されたn側電極15と、n側電極15のn型半導体基板10と反対側の面上のパッド電極16と、p型半導体層14の発光層13と反対側の面上に接続されたp側電極17と、p側電極17のp型半導体層14と反対側の面上のパッド電極18とを有する。

[0020] また、誘電体層11、n型半導体層12、発光層13、p型半導体層14から構成される積層体の側面は、SiO₂等の絶縁材料からなる絶縁膜19に覆われる。

[0021] 図1Bは、発光素子1のn側電極15とパッド電極16の拡大断面図である。

[0022] n側電極15は、n側電極15がn型半導体基板10にオーミック接触するための、n型半導体基板10に接触するTi層15aと、Ti層15aを透過する光を反射するためのAg層15bとを含む積層構造を有する。図1Bの矢印は、発光層13から発せられてn側電極15により反射される光の経路を概略的に表すものである。

[0023] Ti層15aは、Tiからなる。Tiは、n型の(A_{1-x}Ga_yIn_z)₂O₃

($0 \leq x \leq 1$ 、 $0 \leq y \leq 1$ 、 $0 \leq z \leq 1$ 、 $x + y + z = 1$) 結晶と低抵抗でオーミック接触するが、光反射率が低いという性質を有する。

[0024] Ag層15bは、Agを主成分とする材料、すなわち、Ag又はAg合金からなる。Ag層15bのAg濃度は、反射率を高めるために、95%以上であることが好ましい。

[0025] Ti層15aの厚さは、発光層13から発せられる光のTi層15aによる吸収を抑えて、n側電極15の反射率の低下を抑えるために、4.5nm以下であることが好ましく、2nm以下であることがより好ましい。また、n側電極15をn型半導体基板10に低抵抗で接触させるために0.5nm以上であることが好ましい。

[0026] Ag層15bの厚さは、発光層13から発せられる光を透過せずに反射できる厚さであればよく、例えば、270nmである。

[0027] パッド電極16は、密着層16a、バリアメタル16b、パッド層16cを含む積層構造を有する。パッド層16cは、ワイヤーボンディング等により外部電極が接続される低抵抗の層であり、Auからなる。バリアメタル16bは、Ag層15bに含まれるAgのAg層15bからパッド層16cへの拡散を防ぎ、Ag層15bに含まれるAgとパッド電極16に含まれるAuとの反応を防ぐ。密着層16aは、パッド電極16をn側電極15に密着させるための層である。

[0028] 密着層16aは、例えば、厚さ10nmのNi膜からなる。バリアメタル16bは、例えば、厚さ50nmのTi膜と、厚さ20nmのPt膜とから構成される積層構造を有する。パッド層16cは、例えば、厚さ4000nmのAu膜からなる。

[0029] p側電極17は、p型半導体層14にオーミック接合する電極であり、例えば、厚さ270nmのAg濃度99%のAg合金膜と、厚さ10nmのNi膜と、厚さ10nmのAu膜とを積層した積層構造を有する。

[0030] パッド電極18は、例えば、厚さ100nmのTi膜、厚さ50nmのPt膜、厚さ500nmのAu膜を積層した積層構造を有する。

- [0031] n型半導体基板10は、 $(Al_xGa_yIn_z)_2O_3$ ($0 \leq x \leq 1$ 、 $0 \leq y \leq 1$ 、 $0 \leq z \leq 1$ 、 $x + y + z = 1$) 結晶を母結晶として有し、Si等のn型ドーパントを含む。
- [0032] n型半導体基板10のn型ドーパントの濃度は、高いほど電気抵抗が下がるが、光吸収が大きくなるという問題がある。そのため、n型半導体基板10のn型ドーパントの濃度は、光吸収を抑えるため、 $1 \times 10^{19} / \text{cm}^3$ 以下であることが好ましく、 $5 \times 10^{18} / \text{cm}^3$ 以下であることがより好ましい。また、導電性を確保するために、 $5 \times 10^{17} / \text{cm}^3$ 以上であることが好ましい。
- [0033] n型半導体基板10は、n側電極15が形成される側の面に凹凸を有することが好ましい。この凹凸の形成により、発光素子1の光取出効率が向上する。
- [0034] n型半導体層12は、 $Al_xGa_yIn_zN$ ($0 \leq x \leq 1$ 、 $0 \leq y \leq 1$ 、 $0 \leq z \leq 1$ 、 $x + y + z = 1$) 結晶を母結晶として有し、Si等のn型ドーパントを含む。n型半導体層12は、n型クラッド層から構成される単層構造、又はn型クラッド層を含む多層構造を有し、例えば、厚さ $5 \mu\text{m}$ のn型クラッド層からなる単層構造を有する。
- [0035] 発光層13は、例えば、5層の厚さ 2nm のアンドープ(In_xGa_{1-x})N ($0 \leq x \leq 1$) 結晶膜と5層の厚さ 6nm のアンドープ(In_yGa_{1-y})N ($0 \leq y \leq 1$ 、 $y \leq x$) 結晶膜が1層ずつ交互に積層された多重量子井戸構造を有する。発光層13の発光波長は、例えば、 450nm である。
- [0036] p型半導体層14は、 $Al_xGa_yIn_zN$ ($0 \leq x \leq 1$ 、 $0 \leq y \leq 1$ 、 $0 \leq z \leq 1$ 、 $x + y + z = 1$) 結晶を母結晶として有し、Mg等のp型ドーパントを含む。p型半導体層14は、p型クラッド層から構成される単層構造、又はp型クラッド層を含む多層構造を有し、例えば、発光層13に接する厚さ 50nm のp型クラッド層と、p側電極17に接する厚さ 10nm のp型コンタクト層とからなる多層構造を有する。
- [0037] 誘電体層11は、SiNを主成分とするSiN層や HfO_2 を主成分とする

HfO₂層等の、n型半導体基板10との屈折率の差が0.15以下である誘電体層である。例えば、n型半導体基板10の屈折率が1.9である場合は、誘電体層11の屈折率は1.75以上かつ2.05以下である。

[0038] 誘電体層11は、n型半導体基板10上に、n型半導体基板10の表面を部分的に覆うように形成される。誘電体層11のパターン形状は限定されず、例えば、メサパターン、リセスパターン、ラインアンドスペースパターンである。

[0039] 誘電体層11の屈折率はn型半導体基板10の屈折率に近い方が、n型半導体基板10と誘電体層11の界面での全反射を抑制し、発光した光を効率的に取り出すことができる。誘電体層11がSiN層である場合は、O等のSi、N以外の元素を含んでもよい。

[0040] 誘電体層11の成膜温度等の形成条件を制御することにより、誘電体層11の屈折率を調整して、誘電体層11の屈折率とn型半導体基板10の屈折率の差をより小さくすることができる。

[0041] なお、例えば、誘電体層11の代わりにn型半導体基板10との屈折率の差が大きいSiO₂層を形成した場合、SiO₂層とn型半導体基板10の界面の反射率が大きく、n型半導体基板10とn型半導体層12の間の光透過率が低くなる。SiO₂層の屈折率はおよそ1.4~1.55であり、n型半導体基板10の屈折率との差が0.35以上である。

[0042] n型半導体層12は、n型半導体基板10表面を下地とするエピタキシャル結晶成長により形成されるため、誘電体層11がn型半導体基板10の表面を完全に覆うことはない。n型半導体層12は、誘電体層11、及びn型半導体基板10の表面の誘電体層11に覆われていない部分に接触する。

[0043] n型半導体層12を構成する窒化物半導体結晶は、n型半導体基板10の上面の誘電体層11に覆われていない領域から成長し、誘電体層11からは成長しない。このように、窒化物半導体結晶が選択的に成長し、更に横方向へ成長することで、誘電体層11を覆いこむ。この際に、n型半導体層12中の転位密度が低減され、結晶品質が向上する。なお、このような選択横方

向成長を用いた結晶成長方法はE L O (Epitaxial Lateral Overgrowth) などと呼ばれる。

[0044] 発光素子 1 においては、n 型半導体層 1 2 と誘電体層 1 1 の間では、誘電体層 1 1 がパターン加工されているため光が散乱しやすく、n 型半導体層などにおける多重全反射を抑制することで、損失を抑えることができる。また、誘電体層 1 1 と n 型半導体基板 1 0 との間では、誘電体層 1 1 と n 型半導体基板 1 0 の屈折率の差が小さいため光が透過しやすい。このため、発光素子 1 における n 型半導体層 1 2 と n 型半導体基板 1 0 の間の光の取り出し効率が低い。

[0045] 発光素子 1 は、例えば、n 型半導体基板 1 0 側から光を取り出す L E D (Light Emitting Diode) であり、キャンタイプのステムに A u S n 共晶接合等を用いて実装される。

[0046] また、発光素子 1 はレーザーダイオードであってもよい。レーザーダイオードである場合、光が発光層 1 3 中で反射を繰り返して増幅されるような構造、例えば、発光層 1 3 と n 型半導体層 1 2、発光層 1 3 と p 型半導体層 1 4 に屈折率差があり、発光層 1 3 の側面が劈開面である構造を有する。

[0047] (発光素子の製造方法)

以下に、本実施の形態の発光素子の製造方法の一例について説明する。

[0048] まず、C M P (Chemical Mechanical Polishing) 処理された n 型半導体基板 1 0 に有機洗浄、S P M (Sulfuric acid/ hydrogen peroxide mixture) 洗浄を施す。

[0049] 次に、n 型半導体基板 1 0 上に誘電体層 1 1 を形成する。具体的には、プラズマ C V D (Chemical Vapor Deposition) 法等により 3 0 0 ~ 3 5 0 ° C の成長温度で n 型半導体基板 1 0 上に形成した、厚さ 1 μ m 程度の S i N 膜を、フォトリソグラフィとドライエッチングにより加工して、誘電体層 1 1 を形成する。

[0050] 次に、M O C V D 法等により、n 型半導体基板 1 0 上に、n 型半導体層 1 2、発光層 1 3、p 型半導体層 1 4 を順次エピタキシャル成長させる。ここ

で、n型半導体層12は、例えば、1000～1100℃の成長温度で形成される。発光層13は、例えば、700～800℃の成長温度で形成される。p型半導体層14は、例えば、900～1050℃の成長温度で形成される。

[0051] 次に、n側電極15及びp側電極17を形成する。具体的には、n側電極15及びp側電極17は、例えば、フォトリソグラフィーと蒸着により各々の上記の積層構造を形成した後、窒素雰囲気中、500℃、5分間の条件で熱処理を施すことにより得られる。なお、n側電極15を形成する前に、フォトリソグラフィーとドライエッチングにより、n型半導体基板10のn側電極15が形成される側の面に凹凸を形成することが好ましい。その後、n側電極15上にパッド電極16を形成する。

[0052] 次に、フォトリソグラフィーとドライエッチングにより、誘電体層11、n型半導体層12、発光層13、p型半導体層14から構成される積層体にメサ加工を施した後、その積層体の側面を覆うようにスパッタ等により絶縁膜19を形成する。p側電極17上の絶縁膜19は、フォトリソグラフィーとエッチング等により、選択的に除去される。その後、p側電極17上にパッド電極18を形成する。

[0053] 次に、ウエハ状態のn型半導体基板10をダイシングにより分割することによりチップ化された発光素子1を得る。チップ化された発光素子1の平面形状は、例えば、一片の長さが1mmの正方形である。

[0054] (n側電極とn型半導体基板の接触抵抗の評価)

図2は、n側電極15のTi層15aの厚さと、n側電極15とn型半導体基板10の接触抵抗との関係を示すグラフである。ここで、本評価においては、n型半導体基板10としてGa₂O₃基板を用い、n側電極15のAg層15bとしてAg濃度99%、Pd濃度1%のAg合金を用いた。

[0055] 図2のプロットマーク◇は、n型半導体基板10のキャリア濃度が $3.0 \times 10^{18} / \text{cm}^3$ であるときの測定値である。プロットマーク○は、n型半導体基板10のキャリア濃度が $7.0 \times 10^{18} / \text{cm}^3$ であるときの測定値であ

る。プロットマーク□は、 n 型半導体基板10のキャリア濃度が $1.3 \times 10^{19} / \text{cm}^3$ であるときの測定値である。

[0056] また、図2の3本の点線は、厚さ50nmのTi膜と厚さ500nmのAu膜を積層した積層構造を有する従来のTi/Au電極と n 型半導体基板10の接触抵抗を表す。これら3本の点線は、それぞれ n 型半導体基板10のキャリア濃度が $3.0 \times 10^{18} / \text{cm}^3$ 、 $7.0 \times 10^{18} / \text{cm}^3$ 、 $1.3 \times 10^{19} / \text{cm}^3$ であるときの測定値を表す。

[0057] 図2は、Ti層15aの厚さが少なくとも0.5nm以上のときに、 n 型半導体基板10との接触抵抗が十分に小さくなることを示している（従来のTi/Au電極の接触抵抗には及ばなくても十分に小さい）。なお、Ti層15aの厚さが0、すなわちTi層15aが設けられない場合は、 n 側電極15と n 型半導体基板10はオーミック接触せず、電流が流れにくい。

[0058] 本評価の結果から、 n 側電極15を Ga_2O_3 基板に接続する場合には、Ti層15aの厚さが0.5nm以上であることが好ましいことがわかった。

[0059] また、 Ga_2O_3 結晶と $(\text{Al}_x\text{Ga}_y\text{In}_z)_2\text{O}_3$ 結晶がほぼ同じ特性を有することから、 n 側電極15を n 型半導体基板10に接続する場合には、Ti層15aの厚さが0.5nm以上であることが好ましいといえる。

[0060] (n 側電極の光反射率の評価)

図3は、 n 側電極15のTi層15aの厚さと、 n 側電極15のTi層15a側から入射する光の反射率との関係を示すグラフである。図3の縦軸は、Ag濃度100%のAgミラーの反射率を基準（100%）とした相対反射率である。ここで、本評価においては、 n 側電極15のAg層15bとしてAg濃度99%、Pd濃度1%のAg合金を用いた。

[0061] 図3のプロットマーク◆は、成膜後にアニール処理を施していない n 側電極15の測定値であり、プロットマーク□は、成膜後にアニール処理を施した n 側電極15の測定値である。図3は、アニール処理の前後で n 側電極15の反射率がほとんど変化しないことを示している。

[0062] 図3の点線は、厚さ50nmのTi膜と厚さ500nmのAu膜を積層し

た積層構造を有する従来のTi/Au電極の相対反射率（53.5%）を示す。図3によれば、n側電極15のTi層15aの厚さがおよそ4.5nm以下のときに従来のTi/Au電極よりも反射率が大きくなる。そして、およそ2.0nm以下のときに相対反射率が80%よりも大きくなる。

[0063] 以下の表1に、図3に示される各測定点の数値を表す。

[0064] [表1]

Ti層の厚さ		0nm	0.5nm	1.0nm	2.0nm	5.0nm
相対 反射率	アニール前	97.2%	97.0%	89.3%	81.1%	46.6%
	アニール後	100.6%	98.3%	88.6%	84.9%	47.1%

[0065] 本評価の結果から、n側電極15のTi層15aの厚さは4.5nm以下であることが好ましく、2.0nm以下であることがより好ましいことがわかった。

[0066] [第2の実施の形態]

第2の実施の形態は、第1の実施の形態の発光素子1と異なる構造を有する発光素子についての形態である。発光素子の構成部材等、第1の実施の形態と同様の点については、説明を省略又は簡略化する。

[0067] (発光素子の構造)

図4は、第2の実施の形態に係る発光素子2の垂直断面図である。

[0068] 発光素子2は、n型半導体基板10と、n型半導体基板10の一方の表面に誘電体層11を介して形成されたn型半導体層12と、n型半導体層12のn型半導体基板10の反対側に形成されたp型半導体層14と、n型半導体層12とp型半導体層14に挟まれた発光層13と、n型半導体基板10のn型半導体層12が形成されている側の面上に接続されたn側電極15と、n側電極15のn型半導体基板10と反対側の面上のパッド電極16と、p型半導体層14の発光層13と反対側の面上のp側電極17と、p側電極17のp型半導体層14と反対側の面上のパッド電極18とを有する。

[0069] また、誘電体層11、n型半導体層12、発光層13、p型半導体層14

から構成される積層体の側面は、 SiO_2 等の絶縁材料からなる絶縁膜 19 に覆われる。

[0070] 発光素子 2 は、横型の発光素子であり、 n 側電極 15 が n 型半導体基板 10 の n 型半導体層 12 が形成されている側の面上に接続される点で、第 1 の実施の形態に係る発光素子 1 と異なる。

[0071] 発光素子 2 の n 側電極 15 は、第 1 の実施の形態に係る発光素子 1 の n 側電極 15 と同様の積層構造を有するため、発光層 13 から発せられて n 型半導体基板 10 内を n 側電極 15 に向かって進む光を効率よく反射することができる。このため、第 1 の実施の形態に係る発光素子 1 と同様に、発光素子 2 は高い光取出効率を有する。

[0072] [第 3 の実施の形態]

第 3 の実施の形態は、第 1 の実施の形態の発光素子 1 と異なる構造を有する発光素子についての形態である。発光素子の構成部材等、第 1 の実施の形態と同様の点については、説明を省略又は簡略化する。

[0073] (発光素子の構造)

図 5 は、第 3 の実施の形態に係る発光素子 3 の垂直断面図である。

[0074] 発光素子 3 は、 n 型半導体基板 10 と、 n 型半導体基板 10 の一方の表面に誘電体層 11 を介して形成された n 型半導体層 12 と、 n 型半導体層 12 の n 型半導体基板 10 の反対側に形成された p 型半導体層 14 と、 n 型半導体層 12 と p 型半導体層 14 に挟まれた発光層 13 と、 p 型半導体層 14 の発光層 13 と反対側の面上に形成された p 側電極 22 と、誘電体層 11、 n 型半導体層 12、発光層 13、 p 型半導体層 14、及び p 側電極 22 を貫通する n 側電極 20 と、 p 側電極 22 の p 型半導体層 14 と反対側の面上に絶縁膜 19 を介して形成され、 n 側電極 20 に接続されるパッド電極 21 と p 側電極 22 の p 型半導体層 14 と反対側の面上のパッド電極 23 とを有する。

[0075] また、誘電体層 11、 n 型半導体層 12、発光層 13、 p 型半導体層 14 から構成される積層体の側面は、 SiO_2 等の絶縁材料からなる絶縁膜 19 に

覆われる。この積層体は、絶縁膜 19 により、n 側電極 20 及びパッド電極 21 と直接接触しない。

[0076] n 側電極 20 は、n 側電極 20 が n 型半導体基板 10 にオーミック接触するための、n 型半導体基板 10 に接触する Ti 層 20 a と、Ti 層 20 a を透過する光を反射するための Ag 層 20 b とを含む積層構造を有する貫通電極である。発光素子 3 は、図 5 に示されるように、電流分散のために複数の n 側電極 20 を有することが好ましい。

[0077] Ti 層 20 a、Ag 層 20 b は、それぞれ第 1 の実施の形態に係る n 側電極 15 の Ti 層 15 a、Ag 層 15 b と同様の材料からなる。

[0078] また、Ti 層 20 a の厚さは、第 1 の実施の形態に係る n 側電極 15 の Ti 層 15 a と同様に、4.5 nm 以下であることが好ましく、2 nm 以下であることがより好ましい。

また、n 側電極 20 を n 型半導体基板 10 に低抵抗で接触させるために 0.5 nm 以上であることが好ましい。

[0079] パッド電極 21 は、第 1 の実施の形態に係るパッド電極 16 と同様に、密着層 21 a、バリアメタル 21 b、パッド層 21 c を含む積層構造を有する。密着層 21 a、バリアメタル 21 b、パッド層 21 c は、それぞれ第 1 の実施の形態に係る密着層 16 a、バリアメタル 16 b、パッド層 16 c と同様の材料からなり、同様の厚さを有する。

[0080] p 側電極 22 は、p 型半導体層 14 にオーミック接合する電極であり、例えば、厚さ 270 nm の Ag 濃度 99% の Ag 合金膜と、厚さ 10 nm の Ni 膜と、厚さ 10 nm の Au 膜とを積層した積層構造を有する。

[0081] パッド電極 23 は、例えば、厚さ 100 nm の Ti 膜、厚さ 50 nm の Pt 膜、厚さ 500 nm の Au 膜を積層した積層構造を有する。

[0082] 発光素子 3 は、横型の発光素子であり、主に n 側電極 20 が貫通電極である点において、第 1 の実施の形態に係る発光素子 1 と異なる。

[0083] 発光素子 3 の n 側電極 20 は、第 1 の実施の形態に係る発光素子 1 の n 側電極 15 と同様の積層構造を有するため、発光層 13 から発せられて n 型半

導体基板 10 内を n 側電極 20 に向かって進む光を効率よく反射することができる。このため、第 1 の実施の形態に係る発光素子 1 と同様に、発光素子 3 は高い光取出効率を有する。

[0084] (実施の形態の効果)

上記第 1 ～ 3 の実施の形態によれば、n 側電極が発光層から発せられた光を効率的に反射することができるため、n 側電極の光吸収に起因する発光素子の光取出効率の低下を抑えることができる。

[0085] 以上、本発明の実施の形態を説明したが、本発明は、上記実施の形態に限定されず、発明の主旨を逸脱しない範囲内において種々変形実施が可能である。

[0086] また、上記実施の形態は請求の範囲に係る発明を限定するものではない。また、実施の形態及び実施例の中で説明した特徴の組合せの全てが発明の課題を解決するための手段に必須であるとは限らない点に留意すべきである。

産業上の利用可能性

[0087] $(\text{Al}_x\text{Ga}_y\text{In}_z)_2\text{O}_3$ ($0 \leq x \leq 1$ 、 $0 \leq y \leq 1$ 、 $0 \leq z \leq 1$ 、 $x + y + z = 1$) 結晶を母結晶として有する基板に接続された、光反射率の高い n 側電極とを有する発光素子を提供する。

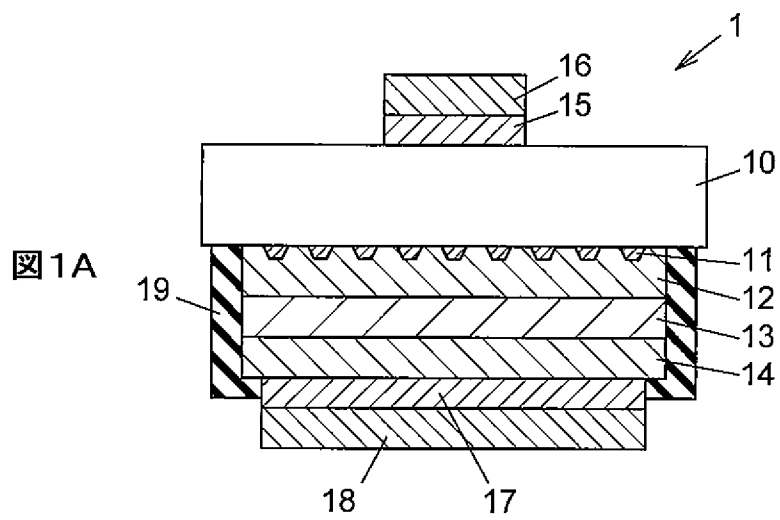
符号の説明

[0088] 1、2、3…発光素子、 10…n 型半導体基板 10、 12…n 型半導体層、 13…発光層、 14…p 型半導体層、 15、20…n 側電極、 15a、20a…Ti 層、 15b、20b…Ag 層、 16、21…パッド電極、 16b、21b…バリアメタル、 16c、21c…パッド層

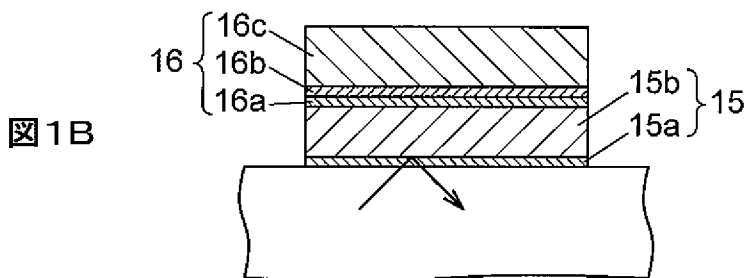
請求の範囲

- [請求項1] $(\text{Al}_x\text{Ga}_y\text{In}_z)_2\text{O}_3$ ($0 \leq x \leq 1$ 、 $0 \leq y \leq 1$ 、 $0 \leq z \leq 1$ 、 $x + y + z = 1$) 結晶を母結晶として有する n 型半導体基板と、前記 n 型半導体基板に接続される n 側電極と、を有し、
前記 n 側電極は、前記 n 型半導体基板に接触する Ti 層と、前記 Ti 層上の Ag を主成分とする Ag 層とを含む積層構造を有する、
発光素子。
- [請求項2] 前記 Ti 層の厚さが 4.5 nm 以下である、
請求項 1 に記載の発光素子。
- [請求項3] 前記 Ti 層の厚さが 2 nm 以下である、
請求項 2 に記載の発光素子。
- [請求項4] 前記 Ti 層の厚さが 0.5 nm 以上である、
請求項 1 ～ 3 のいずれか 1 項に記載の発光素子。
- [請求項5] 前記 Ag 層の Ag 濃度が 95 % 以上である、
請求項 1 ～ 4 のいずれか 1 項に記載の発光素子。
- [請求項6] 前記 n 型半導体基板が Ga_2O_3 結晶からなる、
請求項 1 ～ 5 のいずれか 1 項に記載の発光素子。
- [請求項7] 前記 n 側電極上に、バリアメタルと Au を主成分とするパッド層とを含む積層構造を有するパッド電極が形成され、
前記バリアメタルは、前記 n 側電極と前記パッド層との間に位置し、
前記 Ag 層に含まれる Ag と前記パッド層に含まれる Au との反応を防ぐ、
請求項 1 ～ 6 のいずれか 1 項に記載の発光素子。
- [請求項8] 前記 n 側電極が貫通電極である、
請求項 1 ～ 7 のいずれか 1 項に記載の発光素子。

[図1A]

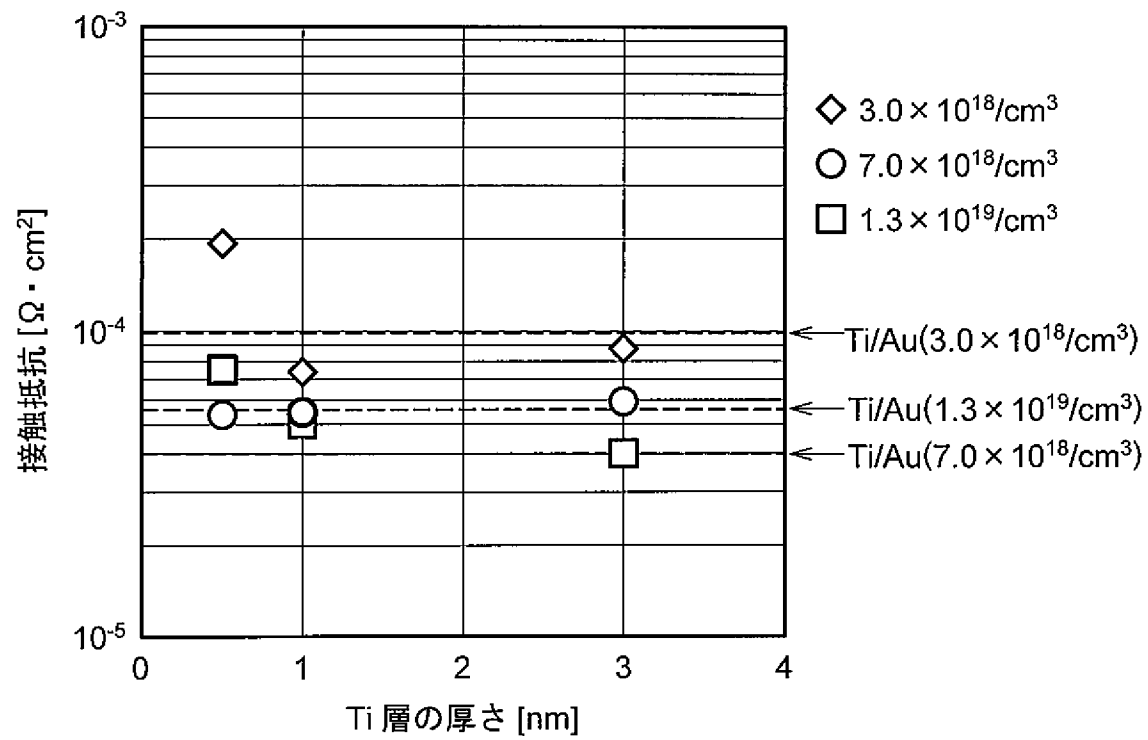


[図1B]



[図2]

図 2



[図3]

図 3

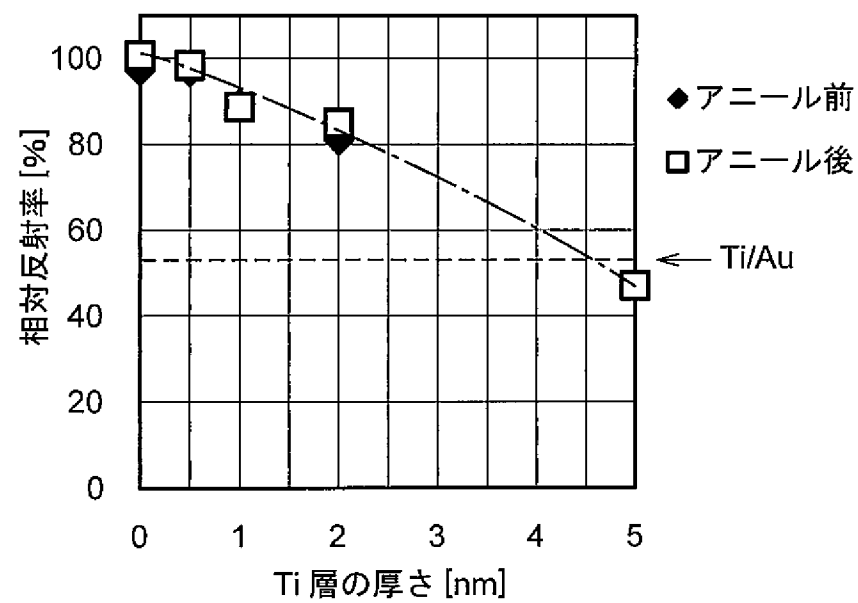
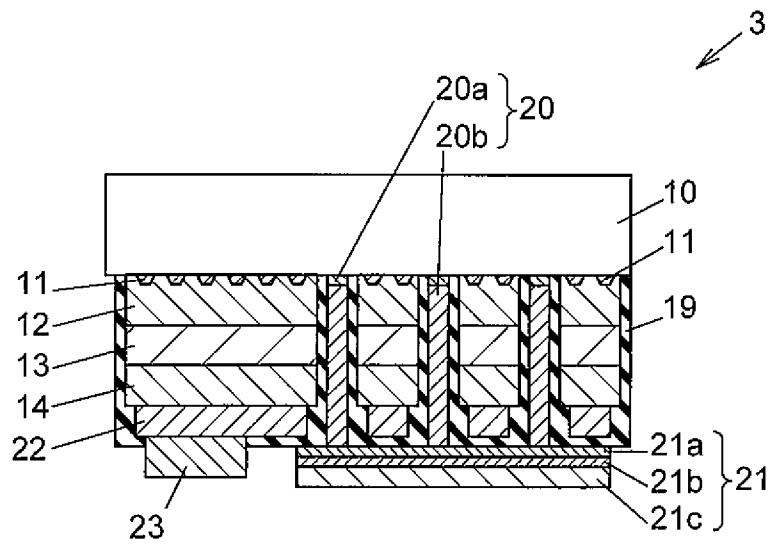


图 4



图 5



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2015/068880

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H01L33/40(2010.01)i, H01L33/10(2010.01)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

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	1996-2015
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2015	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2015

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 2006-32737 A (Koha Co., Ltd.), 02 February 2006 (02.02.2006), paragraphs [0011], [0015]; fig. 1 to 2 (Family: none)	1-8
Y	JP 2011-129915 A (LG Innotek Co., Ltd.), 30 June 2011 (30.06.2011), paragraphs [0058] to [0062]; fig. 1 & US 2011/0147771 A1 & EP 2337093 A1 & KR 10-2011-0070382 A & CN 102104093 A	1-8
Y	JP 2009-81468 A (Waseda University), 16 April 2009 (16.04.2009), paragraphs [0013], [0015], [0018]; fig. 1 (Family: none)	1-8

☒ 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
29 July 2015 (29.07.15)

Date of mailing of the international search report
11 August 2015 (11.08.15)

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/JP2015/068880

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 2009-188422 A (Stanley Electric Co., Ltd.), 20 August 2009 (20.08.2009), paragraph [0051]; fig. 1, 4 (Family: none)	2-4
Y	JP 2012-124342 A (Nichia Chemical Industries, Ltd.), 28 June 2012 (28.06.2012), paragraphs [0024] to [0026], [0050]; fig. 3 (Family: none)	2-4
Y	WO 2013/011674 A1 (Panasonic Corp.), 24 January 2013 (24.01.2013), paragraphs [0039] to [0040], [0042]; fig. 1 & US 2014/0138731 A1 & EP 2733750 A1	7
Y	JP 2013-135234 A (LG Innotek Co., Ltd.), 08 July 2013 (08.07.2013), paragraph [0023]; fig. 3 & US 2013/0161585 A1 & EP 2610928 A2 & KR 10-2013-0074471 A & CN 103178183 A	8
Y	JP 2012-114343 A (Toyoda Gosei Co., Ltd.), 14 June 2012 (14.06.2012), paragraphs [0023], [0028]; fig. 3 (Family: none)	8
A	JP 2005-260101 A (Waseda University), 22 September 2005 (22.09.2005), entire text; all drawings & US 2008/0142795 A1	1-8

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. H01L33/40(2010.01)i, H01L33/10(2010.01)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（I P C））

Int.Cl. H01L 33/00-33/64

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	1971-2015年
日本国実用新案登録公報	1996-2015年
日本国登録実用新案公報	1994-2015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 2006-32737 A（株式会社光波）2006.02.02, 段落 0011, 0015, 図 1-2 (ファミリーなし)	1-8
Y	JP 2011-129915 A（エルジー イノテック カンパニー リミテッド）2011.06.30, 段落 0058-0062, 図 1 & US 2011/0147771 A1 & EP 2337093 A1 & KR 10-2011-0070382 A & CN 102104093 A	1-8

☒ 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

29.07.2015

国際調査報告の発送日

11.08.2015

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（I S A/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）

高椋 健司

2 K

3715

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 2009-81468 A (学校法人早稲田大学) 2009. 04. 16, 段落 0013, 0015, 0018, 図 1 (ファミリーなし)	1-8
Y	JP 2009-188422 A (スタンレー電気株式会社) 2009. 08. 20, 段落 0051, 図 1, 4 (ファミリーなし)	2-4
Y	JP 2012-124342 A (日亜化学工業株式会社) 2012. 06. 28, 段落 0024-0026, 0050, 図 3 (ファミリーなし)	2-4
Y	WO 2013/011674 A1 (パナソニック株式会社) 2013. 01. 24, 段落 0039-0040, 0042, 図 1 & US 2014/0138731 A1 & EP 2733750 A1	7
Y	JP 2013-135234 A (エルジー イノテック カンパニー リミテッド) 2013. 07. 08, 段落 0023, 図 3 & US 2013/0161585 A1 & EP 2610928 A2 & KR 10-2013-0074471 A & CN 103178183 A	8
Y	JP 2012-114343 A (豊田合成株式会社) 2012. 06. 14, 段落 0023, 0028, 図 3 (ファミリーなし)	8
A	JP 2005-260101 A (学校法人早稲田大学) 2005. 09. 22, 全文, 全図 & US 2008/0142795 A1	1-8