

(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
2024年6月27日(27.06.2024)



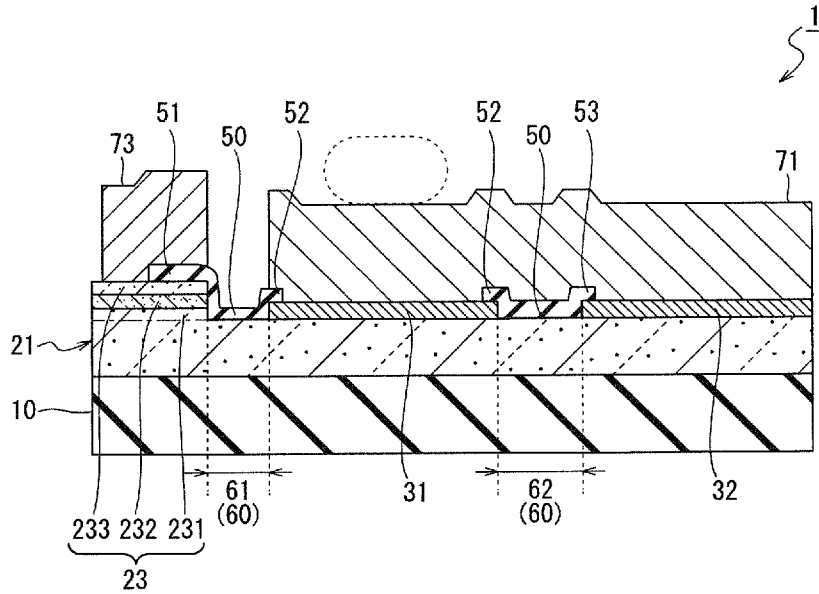
(10) 国際公開番号

WO 2024/135784 A1

- (51) 国際特許分類:
H01L 33/38 (2010.01) *H01L 33/32* (2010.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2023/045975
- (22) 国際出願日: 2023年12月21日(21.12.2023)
- (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 2022-204799 2022年12月21日(21.12.2022) JP
- (71) 出願人: 旭化成株式会社 (ASAHI KASEI KABUSHIKI KAISHA) [JP/JP]; 〒1000006 東京都千代田区有楽町一丁目1番2号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 横山 彩(YOKOYAMA Aya); 〒1000006 東京都千代田区有楽町一丁目1番2号 旭化成株式会社内 Tokyo (JP).
- (74) 代理人: 田中 秀 ▲ て つ ▼, 外 (TANAKA Hidetetsu et al.); 〒1056032 東京都港区虎ノ門四丁目3番1号 城山トラストタワー3 2階 弁理士法人日栄国際特許事務所 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, CV, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU,

(54) Title: NITRIDE SEMICONDUCTOR LIGHT-EMITTING ELEMENT

(54) 発明の名称: 窒化物半導体発光素子



(57) Abstract: The present invention improves the damage resistance of a nitride semiconductor light-emitting element when being externally connected. The nitride semiconductor light-emitting element comprises: a nitride semiconductor layered part having a light-emitting mesa structure section arranged on a first conductivity type semiconductor layer formed on a substrate, and a non-light-emitting protective mesa structure section that is arranged on a first conductivity type semiconductor layer, that is spatially separated from the light-emitting mesa structure section, and that surrounds the light-emitting mesa structure section; a first electrode that is arranged on another portion of the first conductivity type semiconductor layer, and has at least two electrode regions including a first electrode region disposed apart from the

LY, MA, MD, MG, MK, MN, MU, 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, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA,
UG, US, UZ, VC, VN, WS, 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, CV, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SC, 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, ME, 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：

一 国際調査報告 (条約第21条(3))

protective mesa structure section by a first distance, and a second electrode region disposed apart from the first electrode region by a second distance; a passivation layer that directly covers the edge of the protective mesa structure section, the outer edges of the plurality of electrode regions, and the surface of the first conductivity type semiconductor layer; and a first pad electrode that is arranged covering the surface of a portion of the passivation layer and the surface of at least a portion of each of the plurality of electrode regions not covered by the passivation layer.

(57) 要約：窒化物半導体発光素子の外部接続時のダメージ耐性を向上させる。窒化物半導体発光素子は、基板上に形成された第一導電型半導体層上に配置された発光メサ構造部及び第一導電型半導体層上に配置され、発光メサ構造部と空間的に分離されて発光メサ構造部を囲む発光しない保護メサ構造部を有する窒化物半導体積層部と、第一導電型半導体層の他の一部の上に配置され、保護メサ構造部との間に第1の間隔を空けて配置された第一電極領域及び第一電極領域との間に第2の間隔を空けて配置された第二電極領域の少なくとも二以上の電極領域を有する第一電極と、保護メサ構造部の縁部、複数の電極領域のそれぞれの外縁部及び第一導電型半導体層の表面を直接覆うパッシベーション層と、パッシベーション層の一部の表面及び複数の電極領域のそれぞれのパッシベーション層で覆われていない領域の少なくとも一部の表面を覆って配置された第1のパッド電極と、を備える。

明 細 書

発明の名称：窒化物半導体発光素子

技術分野

[0001] 本開示は、窒化物半導体発光素子に関する。

背景技術

[0002] 従来、窒化物半導体素子は、例えば、基板上に、n型窒化物半導体層、窒化物半導体発光層及びp型窒化物半導体発光層が積層され、n型窒化物半導体層上に配置されたn型用電極と、p型窒化物半導体層上に配置されたp型用電極と、n型用電極及びp型用電極のそれぞれに電氣的に接続された外部接続用のパッド電極とが備えられている（例えば、特許文献1，2）。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：特開2016-096193号公報

特許文献2：国際公開第2016/163083号明細書

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] このような窒化物半導体素子では、窒化物半導体素子がパッケージ基板や配線基板等に外部接続される際に素子に物理的な負荷がかかり、窒化物半導体素子に損傷が生じる場合がある。上述した従来の窒化物半導体素子においても、例えば外部接続用電極、コンタクト用電極、及び外部接続用電極とコンタクト用電極とを電氣的に接続する引出配線を別々に形成して、外部接続部の電極全体の厚みを厚くしたり（引用文献1）、外部接続用電極直下のn型用電極を空間的に分離してn型用電極の腐食が広がらないようにしたりして（引用文献2）、窒化物半導体素子への損傷の抑制が図られている。しかしながら、ダメージ耐性の観点から、窒化物半導体素子への損傷抑制の更なる改善が必要であった。

本開示の目的は、外部接続時におけるダメージ耐性を向上させた窒化物半

導体素子を提供することにある。

課題を解決するための手段

[0005] 上述した課題を解決するために、本開示の一態様に係る窒化物半導体発光素子は、基板と、基板上に配置された第一導電型半導体層と、第一導電型半導体層上の一部に配置された発光メサ構造部と、第一導電型半導体層上に配置され、かつ発光メサ構造部と空間的に分離され、発光メサ構造部を囲んで配置された発光しない保護メサ構造部と、を有する窒化物半導体積層部と、第一導電型半導体層の他の一部の上に配置され、平面視において保護メサ構造部との間に第1の間隔を空けて配置された第一電極領域と、第一電極領域との間に第2の間隔を空けて配置された第二電極領域と、の少なくとも二以上の電極領域を有する第一電極と、保護メサ構造部の縁部、複数の電極領域のそれぞれの外縁部及び第一導電型半導体層の表面を直接覆うパッシベーション層と、パッシベーション層の一部の表面と、複数の電極領域のそれぞれのパッシベーション層で覆われていない領域の少なくとも一部の表面とを覆って配置され、複数の電極領域同士を電氣的に接続する第1のパッド電極と、を備えている。

なお、上述した発明の概要は、本開示にかかる発明の特徴の全てを列挙したものではない。

発明の効果

[0006] 本開示によれば、外部接続時におけるダメージ耐性を向上させた窒化物半導体素子を提供することができる。

図面の簡単な説明

[0007] [図1]本開示の第一実施形態に係る窒化物半導体発光素子の一構成例を示す平面模式図である。

[図2A]本開示の第一実施形態に係る窒化物半導体発光素子の一構成例を示す断面模式図である。

[図2B]本開示の第一実施形態に係る窒化物半導体発光素子の一構成例を示す断面模式図である。

[図3]本開示の第一実施形態に係る窒化物半導体発光素子の一構成例を示す平面模式図である。

[図4]本開示の第一実施形態に係る窒化物半導体発光素子の一構成例の一部を拡大して示す拡大図である。

[図5]本開示の比較例における窒化物半導体発光素子の一構成例を示す平面模式図である。

[図6]本開示の比較例における窒化物半導体発光素子の一構成例を示す断面模式図である。

[図7]本開示の比較例における窒化物半導体発光素子の一構成例を示す平面模式図である。

[図8]本開示の比較例における窒化物半導体発光素子の一構成例を示す断面模式図である。

発明を実施するための形態

[0008] 以下、実施形態を通じて本開示に係る窒化物半導体発光素子を説明するが、以下の実施形態は特許請求の範囲に係る発明を限定するものではない。また、実施形態の中で説明されている特徴の組み合わせの全てが発明の解決手段に必須であるとは限らない。

また、以下の説明において説明する各図は模式的な図であり、大きさや厚さそれぞれの比が必ずしも実際の寸法比を反映しているとは限らない。また、以下の説明における「上」及び「下」は、必ずしも地面に対する鉛直方向を意味しない。つまり、「上」及び「下」の方向は、重力方向に限定されない。「上」及び「下」は、面、層及び基板等における相対的な位置関係を特定する便宜的な表現に過ぎず、本開示の技術的思想を限定するものではない。例えば、紙面を180度回転すれば「上」が「下」に、「下」が「上」になることは勿論である。

[0009] 本開示の実施形態に係る窒化物半導体発光素子について説明する。

[0010] [窒化物半導体発光素子の構造]

以下、図1から図4を参照して、窒化物半導体発光素子1の具体的な構成

例を説明する。図 1 から図 4 は、本実施形態に係る窒化物半導体発光素子 1 を説明するための模式図である。図 1 は、窒化物半導体発光素子 1 の平面構造を示す平面模式図である。図 2 A は、図 1 に示す窒化物半導体発光素子 1 の A-A 断面における断面構造を示す断面模式図であり、図 2 B は、図 1 に示す窒化物半導体発光素子 1 の B-B 断面における断面構造を示す断面模式図である。

[0011] 図 1 並びに図 2 A から図 2 B に示すように、本開示の一実施形態（以下、本実施形態）に係る窒化物半導体発光素子 1 は、基板 10、基板 10 上に配置された窒化物半導体積層体 20、第一電極 30 及び第二電極 40、並びにパッシベーション層 50、パッド電極 70 を備えている。ここで、図 1 中、パッシベーション層 50 に設けられた開口部を破線で示し、パッド電極 70 の形成領域を点線で示す。また、図 2 B 中、窒化物半導体発光素子 1 が外部接続される際に導電性バンプが設けられる位置の一例を点線で示す。

[0012] 図 1 及び図 2 A に示すように、窒化物半導体積層体 20 は、第 1 の n 型半導体層（第一導電型半導体層の一例）21 と、第 1 の n 型半導体層 21 の一部に配置された発光メサ構造部 22 と、第 1 の n 型半導体層 21 上に配置され、かつ発光メサ構造部 22 と空間的に分離された保護メサ構造部 23 と、を有している。発光メサ構造部 22 は、発光層を含んでいる。また、保護メサ構造部 23 は、発光メサ構造部 22 を含む保護メサ構造部 23 より内側の領域を保護する機能を有している。保護メサ構造部 23 は、基板の外縁部に配置されることが好ましい。

[0013] 第一電極 30 は、第 1 の n 型半導体層 21 の他の一部（発光メサ構造部 22 が設けられていない領域）の上に配置されている。図 2 A 及び図 2 B に示すように、第一電極 30 は、外部接続部の土台となる第一電極領域 31 と、第一電極領域 31 と空間的に分離されて配置された第二電極領域 32 と、を有している。第一電極領域 31 は、保護メサ構造部 23 との間に第 1 の狭小空間部 61 を介して配置されている。また、第二電極領域 32 は、第一電極

領域 3 1 との間に第 2 の狭小空間部 6 2 を介して配置されている。すなわち、第 1 の狭小空間部 6 1 は、保護メサ構造部 2 3 と第一電極領域 3 1 との空間的配置によって形成され、第 2 の狭小空間部 6 2 は、第一電極領域 3 1 と第二電極領域 3 2 との空間的配置によって形成される。以下、第 1 の狭小空間部 6 1 と第 2 の狭小空間部 6 2 とを区別しない場合には、狭小空間部 6 0 と記載する場合がある。

また、第一電極 3 0 は、発光メサ構造部 2 2 同士の上に配置された第三電極領域 3 3 を有している。第三電極領域 3 3 の一部は、発光メサ構造部 2 2 を介して第二電極領域 3 2 と対向する位置に配置されている。

第二電極 4 0 は、発光メサ構造部 2 2 上に配置されている。

[0014] パッド電極 7 0 は、第 1 のパッド電極部 7 1 と、第 2 のパッド電極部 7 2 とを有している。

第 1 のパッド電極部 7 1 は、パッシベーション層 5 0 の一部の表面と、パッシベーション層 5 0 で覆われていない第一電極 3 0（第一電極領域 3 1、第二電極領域 3 2 及び第三電極領域 3 3）の表面を覆って配置される。具体的には、第 1 のパッド電極部 7 1 は、第 2 のパッシベーション被覆領域 5 2 及び第 3 のパッシベーション被覆領域 5 3（詳細は後述する）の一部を覆って設けられている。また、第 1 のパッド電極部 7 1 は、第一電極領域 3 1 と、第二電極領域 3 2 と、第三電極領域 3 3 と、を電氣的に接続する。

第 2 のパッド電極部 7 2 は、パッシベーション層 5 0 の一部と、パッシベーション層 5 0 で覆われていない第二電極 4 0 上に配置される。

より好ましくは、パッド電極 7 0 は、パッシベーション層 5 0 の一部の表面と、パッシベーション層 5 0 で覆われていない保護メサ構造部 2 3 の一部を覆っている第 3 のパッド電極部 7 3 を含む。具体的に、第 3 のパッド電極部 7 3 は、第 1 のパッシベーション被覆領域 5 1 の少なくとも一部を覆って設けられている。

[0015] 狭小空間部 6 0 は、保護メサ構造部 2 3 と第一電極領域 3 1 の空間的配置で形成された第 1 の狭小空間部 6 1 と、第一電極領域 3 1 と第二電極領域 3

2の空間的配置で形成された第2の狭小空間部62とを有している。

パッシベーション層50は、保護メサ構造部23の外周部（窒化物半導体発光素子1の外周部）と、第一電極30（第一電極領域31、第二電極領域32及び第三電極領域33）及び第二電極40の中央部と、を除いた全面に配置され、かつ第1の狭小空間部61と第2の狭小空間部62とを跨いで形成される。パッシベーション層50は、保護メサ構造部23の第一電極領域31側の外縁部を覆う第1のパッシベーション被覆領域51と、第一電極領域31の外縁部を覆う第2のパッシベーション被覆領域52と、第二電極領域32の外縁部を覆う第3のパッシベーション被覆領域53とを有している。すなわち、第1のパッシベーション被覆領域51は、保護メサ構造部23の上面の端部及び側面を被覆しており、第2のパッシベーション被覆領域52は、第一電極領域31の上面の端部及び側面を被覆しており、第3のパッシベーション被覆領域53は、第二電極領域32の上面の端部及び側面を被覆している。

[0016] 本実施形態に係る窒化物半導体発光素子1は、上述の構成を備えることにより、外部接続時のダメージ耐性の向上が実現される。外部接続時のダメージとは、例えば導電性バンプが設けられる領域のパッド電極70や第一電極30の下層からの剥離や亀裂、パッシベーション層50の剥離やクラック（マイクロクラック含む）を意味している。窒化物半導体発光素子1にダメージが入ると、特に高い湿度環境下での通電中に窒化物半導体発光素子1の劣化が生じる。通電中の窒化物半導体発光素子1の劣化とは、主に電極の腐食、あるいは半導体層の腐食による駆動電圧上昇又は断線をいう。AlGaIn系の窒化物半導体発光素子の場合は、Alの組成が高いほど半導体層の腐食は起こりやすい。更に、パッド電極70や第一電極30の剥離が生じると、窒化物半導体発光素子1が、外部接続されたパッケージ基板や配線基板等（不図示）から脱離するリスクが高まる。

[0017] 窒化物半導体発光素子1では、狭小空間部60を跨いで形成されたパッシベーション層50を有する事で、アンカー効果によりパッシベーション層5

0の密着性が向上するため、第一電極領域31を抑える効果が強くなり、第一電極領域31の下層（第1のn型半導体層21）への密着性が向上する。このため、パッシベーション被覆領域と狭小空間部60とを備える窒化物半導体発光素子1は、外部接続時にパッド電極70や第一電極30の剥離がなく、ダメージ耐性が格段に優れている。

[0018] また、本実施形態の第1のパッド電極部71は、第一電極領域31と第二電極領域32とを電氣的に接続する引出電極としても機能する。また、第1のパッド電極部71は、第一電極領域31及び第二電極領域32と、第三電極領域33とを電氣的に接続する引出電極としても機能する。このため、外部接続部と引出電極とを分けて形成する工程が必要なくなり、製造工程の簡略化の点からも好ましい。

更に、狭小空間部60は、保護メサ構造部23と第一電極領域31との空間的配置、及び第一電極領域31と第二電極領域32との空間的配置により形成する事が可能である。このため、製造プロセスを変更することなくダメージ耐性が高い窒化物半導体発光素子1を得ることができる点からも好ましい。

[0019] 更に、本実施形態ではダメージ耐性が向上できるため、窒化物半導体発光素子1を外部接続部のサイズや位置ずれに対して大幅なマージンを確保した設計とする必要がなくなる。このため、窒化物半導体発光素子1内の発光に寄与しない面積を小さくすることができ、チップの単位面積当たりの発光出力が高くなる点からも好ましい。

更に、第2の狭小空間部62は、例えば第一電極領域31が高湿度環境下の通電中に腐食しても、第二電極領域32に腐食を広げない効果を有している。この場合、第二電極領域32に腐食が広がらず、発光メサ構造部22へのキャリア供給の妨げにはならないため通電中の駆動電圧の上昇や断線、発光性能の劣化等の素子性能の低下が生じない。したがって、第2の狭小空間部62を有する窒化物半導体発光素子1は、より一層高湿度環境下での通電中における素子性能の低下を抑制する点からも好ましい場合がある。

次に、本実施形態に係る窒化物半導体発光素子 1 の各構成要素について詳細に説明する。

[0020] <基板>

基板 10 は、基板 10 の上に第 1 の n 型半導体層 21 を形成可能であれば特に制限されない。基板 10 としては、具体的にはサファイア、Si、SiC、MgO、Ga₂O₃、ZnO、GaN、InN、AlN、あるいはこれらの混晶基板等が挙げられる。

基板 10 の上に形成された第 1 の n 型半導体層 21 との格子定数差が小さく、格子整合系で成長させることで貫通転位を少なくできる観点や、ホールガス発生のための格子歪みを大きくできる観点から、基板 10 は、GaN、AlN、AlGaN 等の窒化物半導体をバルクとする単結晶基板や、ある材料上に成長された GaN、AlN、AlGaN 等の窒化物半導体層（テンプレートとも称される）であることが好ましい。また、基板 10 には、不純物が混入していてもよい。

また、基板 10 は、光取り出し向上の観点から、第 1 の n 型半導体層 21 が形成される

面と反対側の面が加工されていてもよい。

[0021] <窒化物半導体積層体>

窒化物半導体積層体 20 は、第 1 の n 型半導体層 21 と、第 1 の n 型半導体層 21 上に配置された発光メサ構造部 22 と、保護メサ構造部 23 とを含んでいる。

発光メサ構造部 22 及び保護メサ構造部 23 は、第 1 の n 型半導体層 21 の一部から突出するメサ構造を有する。メサ構造を形成する方法は特に制限されないが、基板 10 上に分子線エピタキシー法（MBE：Molecular Beam Epitaxy）や有機金属気相成長法（MOCVD：Metal Organic Chemical Vapor Deposition）等の手法を用いた公知の成膜装置を用いて各層を積層し、フォトリソグラフィー法でマスクパターンを形成し、ドライエッチングやウエットエッチングにより所望の領域をエッチングす

ることにより形成することが可能である。

[0022] 発光メサ構造部 2 2 と保護メサ構造部 2 3 とは、空間的に分離されている。ここで、「空間的に分離されている」とは、発光メサ構造部 2 2 の側面と保護メサ構造部 2 3 の側面とが存在し、かつ互いに接しないことをいう。

より長寿命の窒化物半導体発光素子 1 を実現するために、平面視において、保護メサ構造部 2 3 は、発光メサ構造部 2 2 を囲んで配置されていることが好ましい。ここで「囲んで配置」とは、平面視にて、発光メサ構造部 2 2 の全てを囲む最小の凸多角形の辺の 5 0 % 以上が保護メサ構造部 2 3 の側面に対向することを意味する。

[0023] 発光メサ構造部 2 2 は、第 2 の n 型半導体層（第一導電型半導体層の一例）2 2 1 と、第 2 の n 型半導体層上に配置された第 1 の量子井戸層 2 2 2 と、第 1 の量子井戸層 2 2 2 上に配置された第 1 の p 型半導体層 2 2 3 と、を有している。

保護メサ構造部 2 3 は、第 3 の n 型半導体層 2 3 1 と、第 3 の n 型半導体層上に配置された第 2 の量子井戸層 2 3 2 と、第 2 の量子井戸層 2 3 2 上に配置された第 2 の p 型半導体層 2 3 3 と、を有している。

[0024] 平面視において、保護メサ構造部 2 3 の一部の端部が基板 1 0 の一部の端部と重複する、すなわち保護メサ構造部 2 3 の側面が基板 1 0 の側面と略同一面内に配置されることが好ましい。これにより、例えば保護メサ構造部 2 3 が第 1 の n 型半導体層 2 1 をチップ外周部まで覆うことができ、第 1 の n 型半導体層 2 1 上の広い領域を保護することができる。例えば、第 1 の n 型半導体層 2 1 の A 1 組成比が高い場合、第 1 の n 型半導体層 2 1 が劣化しやすい傾向にある。しかしながら、保護メサ構造部 2 3 が第 1 の n 型半導体層 2 1 上に設けられることにより、第 1 の n 型半導体層 2 1 の露出面積を減少させることができる。これにより、第 1 の n 型半導体層 2 1 の劣化を抑制し、より長寿命の窒化物半導体発光素子 1 が実現できる。なお、「重複」とは、平面視において保護メサ構造部 2 3 の端部の一部と基板 1 0 の端部とのずれが 2 μ m 以下であることをいう。

[0025] <n型半導体層>

n型半導体層（第一導電型半導体層の一例）は、第1のn型半導体層21、発光メサ構造部22の一部である第2のn型半導体層221、保護メサ構造部23の一部である第3のn型半導体層231を含む。

図2A等に示すように、第1のn型半導体層21は、基板10の上に直接形成されている。また、基板10上に第1のn型半導体層21以外の層が設けられ、第1のn型半導体層21以外の層の上に第1のn型半導体層21が設けられていても良い。具体的には、例えば基板10上にバッファ層（不図示）が設けられ、バッファ層の上に第1のn型半導体層21が設けられても良い。

[0026] 第1のn型半導体層21、第2のn型半導体層221及び第3のn型半導体層231は、 $Al_xGa_{1-x}N$ ($x > 0.3$) で形成されていることが好ましく、n型の $Al_xGa_{1-x}N$ ($x > 0.3$) で形成されていることがより好ましい。これにより、窒化物半導体発光素子1の発光効率が向上する。

第1のn型半導体層21、第2のn型半導体層221及び第3のn型半導体層231には、n型ドーパントの他にP、As、Sbといった他のV族元素や、C、H、F、O、Mg、Siといった不純物が混入していても良い。

[0027] <量子井戸層>

量子井戸層は、発光メサ構造部22の一部である第1の量子井戸層222及び保護メサ構造部23の一部である第2の量子井戸層232を含む。

図2Aに示すように、第1の量子井戸層222は、第2のn型半導体層221上に直接設けられ、第2の量子井戸層232は、第3のn型半導体層231上に直接設けられている。また、第1の量子井戸層222は、第2のn型半導体層221上に設けられた量子井戸層以外の層の上に設けられていても良い。具体的には、第2のn型半導体層221上に不純物がドーピングされていないAlGaIn層（不図示）が設けられ、AlGaIn層上に第1の量子井戸層222が設けられていてもよい。また、同様に、第2の量子井戸層232が第3のn型半導体層231上に形成された不純物がドーピングされていない

A l G a N層等の上に設けられていても良い。

[0028] 第1の量子井戸層222及び第2の量子井戸層232は、窒化物半導体層であれば特に制限はされないが、高い発光効率を実現する観点からA l N, G a N, I n Nの混晶であることが望ましい。第1の量子井戸層222及び第2の量子井戸層232には、Nの他にP、A s、S bといった他のV族元素や、C、H、F、O、M g、S iといった不純物が混入していてもよい。また、第1の量子井戸層222及び第2の量子井戸層232は、多重量子井戸構造でも単層量子井戸構造でもよいが、高い発光効率を実現する観点から少なくとも2つ以上の井戸構造を有していることが望ましい。

[0029] <p型半導体層>

p型半導体層は、発光メサ構造部22の一部である第1のp型半導体層223及び保護メサ構造部23の一部である第2のp型半導体層233を含む。p型半導体層は、第二導電型半導体層に相当する。

図2Aに示すように、第1のp型半導体層223は、第1の量子井戸層222上に直接形成され、第2のp型半導体層233は、第2の量子井戸層232上に直接形成されている。また、第1のp型半導体層223は、第3のn型半導体層231上に設けられたp型半導体層以外の層の上に設けられていても良い。具体的には、第1の量子井戸層222上に構成元素の比率が連続的又は離散的に変化する傾斜組成層（不図示）が設けられ、傾斜組成層の上に第1のp型半導体層223が設けられていてもよい。また、同様に、第2のp型半導体層233が、第2の量子井戸層232上に設けられた組成傾斜層等の上に設けられていても良い。

また、傾斜組成層と第1のp型半導体層223又は第2のp型半導体層233との間に、相対的にバンドギャップの大きいバリア層を更に有していてもよい。

[0030] 第1のp型半導体層223及び第2のp型半導体層233の最上面の構成元素に占めるA l元素が多い方が深紫外領域の波長の光を透過しやすく、高い発光効率を実現できるため好ましいが、多すぎると空気中の酸素や水蒸気

との化学反応が促進されやすくなるため、劣化を生じやすくなる。よって、窒化物半導体発光素子 1 を実現するためには、第 1 の p 型半導体層 2 2 3 及び第 2 の p 型半導体層 2 3 3 は、 $\text{Al}_y\text{Ga}_{1-y}\text{N}$ ($0 \leq y \leq 0.6$) で形成されていることが好ましい。

組成傾斜層と p 型半導体層の二次元ホールガスを効率良く発生させる観点から、p 型半導体層を歪ませ、つまり緩和率を低くすることが好ましい。p 型半導体層の緩和率を低くするために、p 型半導体層の厚さは 1 nm から 10 nm が好ましく、さらに 4 nm から 8 nm が好ましい。

p 型半導体層には、上層に直接電極が接触していても良く、多層に積層された p 型半導体層の最上面に電極が接していても良い。p 型半導体層は、薄膜内部でホールを発生させる観点から p 型ドーパントを含んでいても良く、あるいは電極から直接界面の二次元ホールガスにホールを注入するためドーパントを含んでいなくても良い。p 型ドーパントとしては Mg が一般的に用いられるが、ホールを発生させる不純物であれば Be、Zn 等も用いることができる。

p 型半導体層と傾斜組成層の最表面との組成差の確認方法としては XRD (X 線回折)、EDX (エネルギー分散型 X 線分光)、XRF (蛍光 X 線分析)、AES (オージェ電子分光)、SIMS (二次イオン質量分析)、EELS (電子エネルギー損失分光) 等各種分析手法で同定が可能である。

[0031] <第一電極>

第一電極 30 は、第 1 の n 型半導体層 2 1 の上面に形成され、外部接続部の土台となる第一電極領域 3 1 と、第 1 の n 型半導体層 2 1 の上面に形成され、かつ第一電極領域 3 1 と空間的に分離された第二電極領域 3 2 と、を有している。また、第一電極 30 は、第 1 の n 型半導体層 2 1 上に配置され、かつ第二電極領域 3 2 と発光メサ構造部 2 2 を介して対向している第三電極領域 3 3 と、を有している。ここで、「空間的に分離されている」とは、第一電極領域 3 1 の側面と第二電極領域 3 2 の側面とが存在し、かつ互いに接

しないことをいう。第一電極領域 3 1 は、外部接続部の土台の密着性を上げるために設けられ、第二電極領域 3 2 と第三電極領域 3 3 は発光メサ構造部 2 2 に電子を供給するために設けられている。

また、例えば外部接続部の脱落などの信頼性の観点から、第一電極領域 3 1 は数が多い方が好ましいが、多すぎると発光メサ構造部 2 2 の面積率が小さくなり、単位面積当たりの相対発光出力が下がるため好ましくない。そのため、第一電極領域 3 1 を好ましくは基板 1 0 の二か所以上の隅に形成すること、より好ましくは基板 1 0 の四隅に形成することで、外部接続部の信頼性が上げられるとともに、発光メサ構造部 2 2 の面積率を下げることなく効率的に密着性を上げることができる。

[0032] 第一電極 3 0 は、電極の密着性の向上、電極材料の酸化防止などの効果があり、かつ第 1 の n 型半導体層 2 1 とのコンタクト抵抗が低くなる材料を用いて形成される。このような材料としては、例えば、Ti、Al、Ni、Mo、V、Au、W、Pt、Pd、Si、Zr、Cr、Hf、Nb、Ta、Co、Rh、Ir、Cu、Ag等の金属及びそれらを含む合金、またはITOもしくはGa₂O₃等の導電性酸化物などを用いることができる。より好ましくはチタン、アルミニウム、ニッケル、金を含む材料で形成されているのが良いが、これらの材料に限定されるわけではない。

第一電極 3 0 がチタン、アルミニウム、ニッケル、金で構成される場合は、第 1 の n 型半導体層 2 1 に対する接触面、又は接触面近傍に形成された、アルミニウムとニッケルとを含む合金層と、前記合金層以外のアルミニウム含有層との両方を有することが好ましい。ここで、接触面近傍とは、第一電極 3 0 の第 1 の n 型半導体層 2 1 に近い部分ではあるが、第 1 の n 型半導体層 2 1 に接触しない部分であって、例えば第一電極 3 0 の層内において接触面と、接触面から 3 nm 離れた位置との間の領域を意味する。

第 1 の n 型半導体層 2 1 との界面の抵抗を下げるために、第一電極 3 0 の上述した接触面の少なくとも一部に例えばTi、Mo、V、Au、W、Pt、Pd、Si、Zrなどが含まれていても良い。より好ましくはTi又はA

u、更に好ましくはTiが含まれていることが良い。

[0033] また、第一電極30は、上述したアルミニウムとニッケルとを含む合金層と、アルミニウム含有層とが複数領域に分かれて存在していてもよい。この場合、第一電極30において、アルミニウムとニッケルとを含む合金層とアルミニウム含有層との合計存在率が60%以上であることが好ましく、70%以上であることがより好ましい。ただし、これらの構成に限定されるわけではない。

このような第一電極30は、第1のn型半導体層21上に例えばスパッタリング又は蒸着によって金属積層体を成膜し、例えばRTA (Rapid Thermal Annealing) 等で加熱処理することで得る事ができる。また、第一電極30の第一電極領域31、第二電極領域32及び第三電極領域33は、1回のリソグラフィ、成膜、加熱処理にて同時に形成する事ができ、製造工程簡略化の観点から好ましい。

[0034] <第二電極>

第二電極40は、窒化物半導体発光素子1に正孔（ホール）を供給するために設けられる。第二電極40は、発光メサ構造部22の第1のp型半導体層223の上面に形成される。

第二電極40は、導電性の材料で形成されていればよい。このような材料としては、例えばNi、Al、Ti、Au、Pt、Ag、Rh、Pd、Pt、Cu及びその合金、又はITO等が挙げられる。より好ましくは、窒化物半導体層とのコンタクト抵抗が小さいNi、Auもしくはこれらの合金層が用いられる。このような電極は、例えばスパッタリング又は蒸着によって金属積層体を成膜し、例えばRTA (Rapid Thermal Annealing) 等で加熱処理することで得る事ができる。

[0035] 各電極は、UV（紫外線）反射器も含んでいてよい。UV反射器は、電極に向かって発光する光子を再度方向付けすることにより、光子が半導体層構造から逃げることをできないようにするための構造である。また、UV反射器は、所望の発光面、例えば底部表面に向けて光子を再度方向付けることに

よって、デバイスの活性領域において生成される光子の抽出効率を改善するように設計される。

[0036] <保護メサ構造部と、第一電極領域及び第二電極領域との配置>

保護メサ構造部23と第一電極領域31、及び第一電極領域31及び第二電極領域32との間に形成される狭小空間部60について、図3及び図4を参照して説明する。図3は、窒化物半導体発光素子1の概略構成の一例を示す平面模式図であって、発光メサ構造部22及び保護メサ構造部23、第一電極30（第一電極領域31、第二電極領域32、第三電極領域33）、並びに第1のn型半導体層21を記載している。また、図4は、図3中の破線で示す領域を拡大して示す拡大図である。

[0037] パッシベーション層50形成前の状態において、保護メサ構造部23と第一電極領域31との間には、所定の間隔を有する狭小空間部60が形成されている。狭小空間部60は、パッシベーション層50形成前の状態において、第1の間隔W1を介して設けられた保護メサ構造部23と第一電極領域31との空間的配置で形成された第1の狭小空間部61を有している。また、狭小空間部60は、第2の間隔W2を介して設けられた第一電極領域31と第二電極領域32との空間的配置で形成された第2の狭小空間部62を有している。保護メサ構造部23は、基板10の外縁部に配置されていることが好ましい。このため、第一電極領域31は、平面視において基板10の二か所以上の隅に、より好ましくは四隅に設けられ、保護メサ構造部23との間に第1の間隔W1を空けて配置されていることが好ましい。図4に示すように、発光メサ構造部22及び保護メサ構造部23は、第1の狭小空間部61および第2の狭小空間部62以外の領域に配置されている。

第1の狭小空間部61と第2の狭小空間部62とのそれぞれを跨いでパッシベーション層50が形成される（詳細は後述する）ことで、アンカー効果によって第一電極領域31周辺のパッシベーション層50の密着性が向上する。

[0038] 第1の狭小空間部61は、保護メサ構造部23の側面と第一電極領域31

の側面によって囲まれた領域によって形成される。第1の狭小空間部61は、図4に示すように、好ましくは各々の第一電極領域31の少なくとも2辺を囲うように形成され、第一電極領域31の数と同じだけ存在するのが好ましい。また、第1の狭小空間部61は、窒化物半導体発光素子1の二か所以上の隅に、より好ましくは四隅に形成されることが好ましい。ただし、これら構成に限定されるわけではない。

[0039] 第1の狭小空間部61の幅である第1の間隔W1（図4参照）は、保護メサ構造部23と第一電極領域31との距離によって決まる。第1の間隔W1が狭すぎると、パッシベーション層50が十分被覆できないことや、製造プロセス時のアライメントズレにより第1の狭小空間部61が形成できないことがある。また、第1の間隔W1が広すぎると、発光部の面積に対するチップ面積の比率が大きくなり、発光に寄与しない領域が増えてしまう。したがって、第1の間隔W1は、好ましくは $0.5\mu\text{m}$ 以上 $25\mu\text{m}$ 以下、より好ましくは $1\mu\text{m}$ 以上 $20\mu\text{m}$ 以下である。

[0040] 第2の狭小空間部62は、第一電極領域31の側面と第二電極領域32の側面によって囲まれた領域によって形成される。第2の狭小空間部62は、図4に示すように、好ましくは各々の第一電極領域31の最も近接する第二電極領域32との間に形成され、第一電極領域31の数と同じだけ存在するのが好ましい。ただし、これら構成に限定されるわけではない。

[0041] 第2の狭小空間部62の幅である第2の間隔W2（図4参照）は、第一電極領域31と第二電極領域32との距離によって決まる。第2の間隔W2が狭すぎると、パッシベーション層50が十分被覆できない。また、第2の間隔W2が広すぎると、発光メサ構造部22の発光分布のバランスが不均一となる。したがって、第2の間隔W2は、好ましくは $0.5\mu\text{m}$ 以上 $140\mu\text{m}$ 以下、より好ましくは $1\mu\text{m}$ 以上 $120\mu\text{m}$ 以下である。

[0042] 第一電極領域31は、第二電極領域32に比べて外部接続時に物理的な負荷が直接かかるため、ダメージを受けやすく、高い湿度環境下での腐食が起こりやすい。しかし、第一電極領域31と第二電極領域32とが第2の間隔

W2を空けて形成されていることで、高い湿度環境下での通電中に第一電極領域31から第二電極領域32へ腐食が広がることを抑制する事ができる。発光メサ構造部22に電子（キャリア）を供給するのは第二電極領域32と第三電極領域33であるため、第二電極領域32へ腐食が広がることを抑制することで、高い湿度環境下の通電中における窒化物半導体発光素子1での駆動電圧の増加や断線を抑制できる。

[0043] <パッシベーション層>

パッシベーション層50は、保護メサ構造部23の上面の一部である縁部（保護メサ構造部23の第一電極領域31側の外縁部）を覆う第1のパッシベーション被覆領域51と、第一電極領域31の外縁部を覆う第2のパッシベーション被覆領域52と、第二電極領域32の外縁部を覆う第3のパッシベーション被覆領域53とを有している。すなわち、パッシベーション層50は、保護メサ構造部23の外周部（窒化物半導体発光素子1の外周部）と、第一電極30（第一電極領域31、第二電極領域32及び第三電極領域33）及び第二電極40の中央部と、を除いた全面に配置され、かつ第1の狭小空間部61と第2の狭小空間部62を跨いで形成される。

第1のパッシベーション被覆領域51が保護メサ構造部23を覆うことにより、パッシベーション層50の保護メサ構造部23への密着性が向上し、第1のn型半導体層21が空気や水蒸気と接する領域を減らすことができる。また、第1のパッシベーション被覆領域51が保護メサ構造部23を覆う領域が広がるほど、パッシベーション層50の保護メサ構造部23への密着性がより向上する。このため、第1のパッシベーション被覆領域51が保護メサ構造部23を覆うことで、より長寿命な窒化物半導体発光素子1が実現できる。一方で、第1のパッシベーション被覆領域51が保護メサ構造部23全体を覆うと、ウエハ上の窒化物半導体発光素子1を個片化する際にパッシベーション層50にクラックが入る事があるため、上述したようにパッシベーション層50が保護メサ構造部23の第一電極領域側の外縁部を覆うように配置されることが好ましい。

[0044] パッシベーション層50は第一電極領域31の外縁部を覆う第2のパッシベーション被覆領域52を有している。つまり、第一電極領域31の端部が第2のパッシベーション被覆領域52で抑えられている構造となっており、これによって第一電極領域31は第1のn型半導体層21に対して高い密着性を得ることができる。第2のパッシベーション被覆領域52が第一電極領域31を覆う領域が広がると、第2のパッシベーション被覆領域52による第一電極領域31を抑える力が強くなるが、第一電極領域31を覆う領域が広すぎると、第一電極領域31上の開口部が小さくなりすぎるため好ましくない。第一電極領域31のサイズを変えることで開口部のサイズを維持した状態で第2のパッシベーション被覆領域52を広くすることもできるが、広くしすぎるとチップ全体の面積が大きくなるためチップの単位面積当たりの発光出力が下がり好ましくない。また、第2のパッシベーション被覆領域52が第一電極領域31を覆う領域が狭すぎると、製造時のアライメントにより第一電極領域31の端部が覆えなくなるため好ましくない。このため、パッシベーション層50が第一電極領域31の上面の端部を覆う幅、すなわち、第一電極領域31の上面が第2のパッシベーション被覆領域52によって覆われた領域の幅（以下、第2のパッシベーション被覆領域52の幅と記載する場合がある）は、好ましくは $0.5\mu\text{m}$ 以上 $15\mu\text{m}$ 以下、より好ましくは $1\mu\text{m}$ 以上 $10\mu\text{m}$ 以下である。

[0045] パッシベーション層50は第二電極領域32の外縁部を覆う第3のパッシベーション被覆領域53を有している。つまり、第二電極領域32の端部が第3のパッシベーション被覆領域53で抑えられている構造となっており、これによって第二電極領域32は第1のn型半導体層21に対して高い密着性を得ることができる。第3のパッシベーション被覆領域53が第二電極領域32を覆う領域が広がると、第3のパッシベーション被覆領域53による第二電極領域32を抑える力が強くなるが、第二電極領域32を覆う領域が広すぎると第二電極領域32上の開口部が小さくなりすぎるため好ましくない。第二電極領域のサイズを変えることで開口部のサイズを維持した状態で

第3のパッシベーション被覆領域を広くすることもできるが、広くしすぎるとチップ全体の面積が大きくなるためチップの単位面積当たりの発光出力が下がり好ましくない。また、第3のパッシベーション被覆領域53が第二電極領域32を覆う領域が狭すぎると、製造時のアライメントにより第二電極領域32の端部を覆えなくなるため好ましくない。このため、パッシベーション層50が第二電極領域32の上面部の端部を覆う幅、すなわち第二電極領域32の上面が第3のパッシベーション被覆領域53によって覆われた領域の幅（以下、第3のパッシベーション被覆領域53の幅と記載する場合がある）は、好ましくは $0.5\mu\text{m}$ 以上 $15\mu\text{m}$ 以下、より好ましくは $1\mu\text{m}$ 以上 $10\mu\text{m}$ 以下である。

[0046] パッシベーション層50は、平面視において、第1のn型半導体層21のうち保護メサ構造部23及び第一電極領域31の間に位置する第1の狭小空間部61に重なるように形成されている。これにより、アンカー効果でパッシベーション層50の密着性を向上させることができる。この場合、特に、第1のパッシベーション被覆領域51と保護メサ構造部23とが密着する効果及び第2のパッシベーション被覆領域52による第一電極領域31を抑える効果とが強くなる。また、パッシベーション層50は、平面視において、第1のn型半導体層21のうち第一電極領域31及び第二電極領域32の間に位置する第2の狭小空間部62と、に重なるように形成されている。これにより、アンカー効果でパッシベーション層50の密着性を向上させることができる。この場合、特に第2のパッシベーション被覆領域52による第一電極領域31を抑える効果と、及び第3のパッシベーション被覆領域53による第二電極領域32を抑える効果と、が強くなる。よって、パッシベーション層50が第1の狭小空間部61と第2の狭小空間部62とをそれぞれ跨いで形成されることで、窒化物半導体発光素子1を外部接続する際に物理的負荷が加わっても、パッシベーション層50の剥離やクラック（マイクロクラック含む）の発生を抑制する事ができる。また、パッシベーション層50の保護メサ構造部23への密着性が向上し、第1のn型半導体層21が空気

や水蒸気と接しにくくして窒化物半導体発光素子 1 の長寿命化を図ることができる。

[0047] このような窒化物半導体発光素子 1 では、窒化物半導体発光素子 1 が外部接続される際の第一電極領域 31 とパッシベーション層 50 へのダメージ耐性が向上する。このため、第一電極領域 31 と、第一電極領域 31 上に設けられた開口部と、の面積を外部接続時に接着する導電性ワイヤーや導電性バンプのサイズに対して大幅なマージンを加味したサイズにする必要がなくなる。これにより、窒化物半導体発光素子 1 内の第一電極領域 31 の面積を必要以上に大きくする必要がないため、ウエハ面内の窒化物半導体発光素子 1 の取り数を増大させることができる。また、窒化物半導体発光素子 1 内の発光メサ構造部 22 の面積（チップ面積に対する占有率）を上げる事もできる。このため、窒化物半導体発光素子 1 内の単位面積当たりの発光出力向上の効果も期待できる。

[0048] パッシベーション層 50 は、例えば、 SiN 、 SiO_2 、 SiON 、 Al_2O_3 、 ZrO 層などの酸化物や窒化物を用いて形成する事ができる。防水性やデバイスへの応力の観点から、パッシベーション層 50 には、酸化シリコン又は窒化シリコン、もしくはその両方が用いられることが好ましい。

パッシベーション層 50 を形成する方法は特に制限されないが、例えばプラズマ CVD (Chemical Vapor Deposition) 装置、スパッタ装置、真空蒸着装置等により形成するこ

とが可能である。パッシベーション層 50 として窒化シリコン膜をプラズマ CVD 装置で作製する場合、構成元素であるシリコンの供給ガスとしてモノシラン (SiH_4) を、窒素の供給ガスとしてアンモニア (NH_3) を用いる方法が広く知られている。また、パッシベーション層 50 として酸化シリコン膜をプラズマ CVD 装置で作製する場合、構成元素であるシリコンの供給ガスとしてモノシラン (SiH_4) を、酸素の供給ガスとして亜酸化窒素 (N_2O) を用いる方法が広く知られている。

[0049] また、生産性やデバイスへの応力の観点から、パッシベーション層 50 の

膜厚は10nm以上1000nm以下であることが好ましく、50nm以上500nm以下であることがより好ましい。

また、防水性をさらに高め、パッシベーション層50の剥離を抑制する観点から、パッシベーション層50の上にその他のパッシベーション層や金属層などが配置されてもよい。

[0050] <パッド電極>

パッド電極70は、パッシベーション層50上の一部と、パッシベーション層50で覆われていない第一電極領域31、第二電極領域32及び第三電極領域33上と、パッシベーション層50で覆われていない第二電極40上と、に配置される。パッド電極70は、第一電極領域31、第二電極領域32及び第三電極領域33を電氣的に接続する第1のパッド電極部71と、パッシベーション層50の一部及びパッシベーション層50で覆われていない第二電極40の上に配置された第2のパッド電極部72と、パッシベーション層50の一部及び保護メサ構造部23の一部の上に形成された第3のパッド電極部73と、を有している。

[0051] 第1のパッド電極部71は、第2のパッシベーション被覆領域52の一部及び第3のパッシベーション被覆領域53の一部を覆っている。このため、第1のパッド電極部71は、第2のパッシベーション被覆領域52の第一電極領域31への密着性及び第3のパッシベーション被覆領域53の第二電極領域32への密着性を向上させる効果がある。また、第1のパッド電極部71を形成することにより、第一電極領域31を土台とする外部接続領域と、第一電極領域31、第二電極領域32及び第三電極領域33を電氣的に接続する引出電極領域とを一度に形成する事ができるため、製造プロセスの簡素化の観点で好ましい。

[0052] 第2のパッド電極部72は、パッシベーション層50が発光メサ構造部22の外縁部を覆う図示しないパッシベーション被覆領域の一部を覆っている(図2A参照)。このため、第2のパッド電極部72は、パッシベーション層50が発光メサ構造部22への密着性を向上する効果がある。

第3のパッド電極部73は、保護メサ構造部23を覆う第1のパッシベーション被覆領域51の一部を覆っている。より具体的には、図3に示すように、第3のパッド電極部73は、パッシベーション層50のうちの保護メサ構造部23の外縁部を覆っている領域である第1のパッシベーション被覆領域51と、保護メサ構造部23のパッシベーション層50で覆われていない領域の少なくとも一部と、を覆って配置される。このため、第3のパッド電極部73は、第1のパッシベーション被覆領域51の保護メサ構造部23への密着性を向上する効果がある。

また、パッド電極70でパッシベーション層50の外縁部を覆う構造とすることで、水分がパッシベーション層50の端部から半導体層や電極部に浸入する事を抑制し、空気中の酸素や水蒸気との反応を抑制する効果があるため、信頼性の観点からも好ましい。

実施例

[0053] 以下、実施例及び比較例により、本開示にかかる発明をより具体的に説明する。なお、本開示に係る窒化物半導体発光素子は、以下に示す実施例に限定されるものではない。

[0054] [実施例1]

<実施例1-1>

実施例1-1の窒化物半導体発光素子は、実施形態に記載された図1及び図2に示す構造の窒化物半導体発光素子である。窒化物半導体発光素子の各層は、以下の構成を有する。

基板はAlN基板である。

第1のn型半導体層は、不純物としてSiを $2.0 \times 10^{20} \text{ cm}^{-3}$ 含むn型の $\text{Al}_{0.7}\text{Ga}_{0.3}\text{N}$ (n-Al_{0.7}Ga_{0.3}N) 層であり、第1のn型半導体層の厚さは400nmである。

[0055] 発光メサ構造部は、厚さ150nmの第2のn型半導体層と、厚さ70nmの第1の量子井戸層と、厚さ10nmの第1のp型半導体層とで構成されている。また、保護メサ構造部は、厚さ150nmの第3のn型半導体層と

、厚さ70nmの第2の量子井戸層と、厚さ10nmの第2のp型半導体層とで構成されている。

[0056] 第2のn型半導体層及び第3のn型半導体層は、不純物としてSiを $2.0 \times 10^{20} \text{ cm}^{-3}$ 含む $\text{n-Al}_{0.7}\text{Ga}_{0.3}\text{N}$ 層で形成されている。第1の量子井戸層及び第2の量子井戸層は、厚さ3nmの $\text{Al}_{0.51}\text{Ga}_{0.49}\text{N}$ 層（井戸層）と、厚さ11nmの不純物としてSiを含む $\text{Al}_{0.78}\text{Ga}_{0.22}\text{N}$ 層（バリア層）とを、交互にそれぞれ5層ずつ積層することによって形成されている。発光メサ構造部の第1のp型半導体層及び保護メサ構造部第2のp型半導体層は、不純物としてMgを $2.0 \times 10^{20} \text{ cm}^{-3}$ 含むp型のGa_{0.49}N（p-GaN）層で形成されている。

[0057] 第1のn型半導体層上に形成される第一電極は、Ti、Al、Ni及びAuで構成されている。

発光メサ構造部の第1のp型半導体層上に形成される第二電極は、Ni及びAuで構成されている。

パッシベーション層は、窒化シリコン層であり、膜厚は240nmである。

[0058] 実施例1-1の窒化物半導体発光素子は、以下の方法で作製した。

まず、AlN単結晶で形成されたAlN基板の上に、不純物としてSiを $2.0 \times 10^{20} \text{ cm}^{-3}$ 含む $\text{n-Al}_{0.7}\text{Ga}_{0.3}\text{N}$ 層を厚さ550nmで形成した。

次に、 $\text{n-Al}_{0.7}\text{Ga}_{0.3}\text{N}$ 層上に、厚さ3nmの $\text{Al}_{0.51}\text{Ga}_{0.49}\text{N}$ 層と、厚さ11nmの不純物としてSiを含む $\text{Al}_{0.78}\text{Ga}_{0.22}\text{N}$ 層とを、交互にそれぞれ5層ずつ、合計で70nm積層した。

続いて、不純物としてMgを $2.0 \times 10^{20} \text{ cm}^{-3}$ 含むp-GaN層を厚さ10nmで形成した。これらの層は、有機金属気相成長法（MOCVD法）により成膜した。

以上により、AlN基板の上に窒化物半導体層で形成された積層体が形成された。

[0059] 次に、A l N 基板上の積層体に対して、積層体の発光メサ構造部、保護メサ構造部となる領域以外の領域を所定深さで除去するドライエッチングを行い、 $n\text{-Al}_{0.7}\text{Ga}_{0.3}\text{N}$ 層を一部露出させた。これにより、積層体を、厚さ400nmの第1のn型半導体層から発光メサ構造部と保護メサ構造部とが突出する形状に形成した。このドライエッチングは、積層体上にフォトリソグラフィー法でレジストパターンを形成した後、塩素系ガスを用いて行った。実施例1のチップは正方形で、チップサイズは各辺860 μm であり、チップ外周から内側20 μm までの領域に、保護メサ構造部を形成した。

[0060] 次に、露出した第1のn型半導体層上の一部に、電子ビーム蒸着法を用いてTi層、Al層、Ni層及びAu層を順に形成して金属積層膜を形成し、RTA法を用いて加熱処理することにより、第一電極を形成した。このとき、保護メサ構造部と第一電極領域との間の距離である第1の間隔が2 μm 、第一電極領域と第二電極領域との間の距離である第2の間隔が9 μm となるように、第一電極（第一電極領域、第二電極領域及び第三電極領域）を形成した。

また、発光メサ構造部の第1のp型半導体層上の一部に、電子ビーム蒸着法を用いてNi層及びAu層を順に形成して金属積層膜を形成し、RTA法を用いて加熱処理することにより、第二電極を形成した。

次に、発光メサ構造部、保護メサ構造部、第一電極及び第二電極が形成されたA l N基板上の全体（上面及び側面の全体）を被覆するように、厚さ240nmの窒化シリコン膜をプラズマCVD法により形成した。

[0061] 次に、フォトリソグラフィー法で形成したレジストパターンを用い、 CF_4 によるエッチングで、窒化シリコン膜の所定位置に、開口部を形成した。実施例1-1では、第一電極の上面及び第二電極の上面の一部に開口部が形成された。この時、保護メサ構造部の上面の一部を覆う第1のパッシベーション被覆領域の幅が $7\mu m$ 、第一電極領域の外縁部を覆う第2のパッシベーション被覆領域の幅が $4\mu m$ 、第二電極の外縁部を覆う第3のパッシベーション被覆領域の幅が $4\mu m$ とされた。

ン被覆領域の幅が4 μm となるように、開口部を形成した。次に、形成された開口部内の第1電極上に、Tiを厚さ20nmで、Auを厚さ1000nmで、この順に堆積して第1のパッド電極を形成した。また、形成された開口部内の第二電極上に、Tiを厚さ20nmで、Auを厚さ1000nmで、この順に堆積して第2のパッド電極を形成した。

次に、AlN基板の裏面側をAlN基板が100 μm の厚さとなるまで研削研磨を行った。なお、ここまでの工程はウエハ状態で行った。

最後に、このウエハをレーザーダイシングとブレーキングにより個片化し、サブマウントをGGI (Gold to Gold Interconnection) 法によってフリップチップ実装して、パッケージ化した。

[0062] [評価]

得られた実施例1-1の窒化物半導体発光素子について、外部接続時のダメージ耐性の効果を確認するために、第1パッド電極や第一電極（第一電極領域）の剥離状態の観察を行ったところ、実施例1-1の窒化物半導体発光素子では剥離が発生していないことが確認された。なお、研削研磨後の窒化物半導体発光素子は十分な透明度があるため、裏面側から外部接続領域のパッド電極や第一電極の剥離状態を目視にて観察することができる。

更に、目視では見えない第1パッド電極や第一電極の剥離、亀裂、マイクロクラックの評価を行うため、窒化物半導体発光素子に対して55℃85%RHの環境下で1000時間の連続通電試験（250mA）を行った。一般的に、通電試験下でAlを含む窒化物半導体や第一電極（n型半導体用電極）が空気中の酸素や水蒸気と反応し劣化すると黒変し、更に劣化が進むと半導体が高抵抗化し、素子の駆動電圧の増加がみられる。そこで、連続通電試験後の外部接続領域周辺の外観を評価したところ、外部接続領域周辺の黒変が発生しない事を確認した。すなわち、実施例1-1の窒化物半導体発光素子では外部接続時の物理的負荷によるパッド電極及び第一電極の剥離や亀裂、パッシベーション層の剥離やクラック（マイクロクラック含む）が抑制されていることを確認した。すなわち、実施例1-1では、外部接続時のダ

メージ耐性が向上した窒化物半導体発光素子が得られたことが確認された。

[0063] <比較例 1 - 1 >

比較例 1 - 1 の窒化物半導体発光素子は、図 5 及び図 6 に示す構造の窒化物半導体発光素子である。ここで、図 5 は、比較例 1 - 1 の窒化物半導体発光素子の概略構成を示す平面模式図であり、図 6 は、窒化物半導体発光素子の概略構成を示す断面模式図であって、図 5 中の C - C 断面を示している。なお、図 5 及び図 6 中には、説明を容易とするために、図 1 及び図 2 に示す窒化物半導体発光素子を構成する各部と対応する部分に同一の参照符号を付している。

[0064] 比較例 1 では、窒化物半導体発光素子を、第一電極となる金属積層膜を形成する際に、第二電極領域及び第三電極領域のみ形成し、第一電極領域を形成しなかったこと、及び窒化シリコンを CF_4 エッチングにて開口する際に、第一電極領域を形成しなかった領域に開口部を形成しなかったこと以外は実施例 1 - 1 と同様に形成した。

[0065] [評価]

得られた比較例 1 - 1 の窒化物半導体発光素子について、実施例 1 - 1 と同様の方法により実施例 1 - 1 と同様の領域（第一電極領域を形成しなかった領域）の第 1 のパッド電極の剥離状態の確認を行った所、明らかに第 1 パッド電極部に剥離が確認された。この比較例 1 - 1 では第一電極領域が形成されていないため、保護メサ構造部と第一電極領域との間の第 1 の狭小空間部と、第一電極領域と第二電極領域との間の第 2 の狭小空間部とを形成する事ができない。つまり、第一電極領域を形成しなかった領域では、第 1 のパッド電極とパッシベーション層との密着力のみで物理的ダメージに耐えなければならず、第 1 のパッド電極とパッシベーション層との密着性は十分ではなかったと考えられる。

[0066] <比較例 1 - 2 >

比較例 1 - 2 の窒化物半導体発光素子は、図 7 及び図 8 に示す構造の窒化

物半導体発光素子である。ここで、図7は、比較例1-2の窒化物半導体発光素子の概略構成を示す平面模式図であり、図8は、窒化物半導体発光素子の概略構成を示す断面模式図であって、図7中のD-D断面を示している。なお、図7及び図8中には、説明を容易とするために、図1及び図2に示す窒化物半導体発光素子を構成する各部と対応する部分に同一の参照符号を付している。

[0067] 比較例2では、窒化物半導体発光素子を、第1電極の金属積層膜を形成する際に、第二電極領域及び第三電極領域のみ形成し、第一電極領域を形成しなかったこと及び窒化シリコンを CF_4 エッチングにて開口する際に、第一電極領域を形成しなかった領域に開口部を形成した以外は実施例1-1と同様に形成した。

[0068] [評価]

得られた比較例1-2の窒化物半導体発光素子について、実施例1-1と同様の方法により実施例1-1と同様の領域（第一電極領域を形成しなかった領域）の第1のパッド電極の剥離状態の確認を行った所、比較例1-1よりは改善されたものの、明らかに第1のパッド電極部に剥離が確認された。この比較例1-2でも比較例1-1と同等に、第一電極領域が形成されていないため、第1の狭小空間部と第2の狭小空間部とを形成する事ができない。つまり、比較例1-2の第一電極領域を形成しなかった領域では、第1のパッド電極と第1のn型半導体層の密着力は、比較例1-1の第一電極領域を形成しなかった領域の第1のパッド電極とパッシベーション層との密着力よりは向上したものの、密着性は十分ではなかったと考えられる。

[0069] 以下の表1に、実施例1における評価結果を示す。

[0070]

[表1]

	外部接続領域 の構造	第二電極 領域	第二電極 領域	間隔	第1の間隔W1 [μm]	第2の間隔W2 [μm]	第2のパッシベーション 被覆領域の幅 [μm]	評価	
								通電試験前 剥離	通電試験後 黒変化
実施例1-1	図1、図2B	あり	あり	あり	2	9	4	なし	なし
比較例1-1	図5 図6	なし	あり	なし	—	—	—	あり	—
比較例1-2	図7 図8	なし	あり	なし	—	—	—	あり	—

[0071] 以上から、実施例1-1の構造とすることにより、外部接続時のダメージ耐性が向上した窒化物半導体発光素子を得られることが分かった。

[0072] [実施例 2]

実施例 2 では、第 2 のパッシベーション被覆領域の幅を変えて作製した実施例 2-1 ~ 2-9 の窒化物半導体発光素子を評価した。具体的には、第 2 のパッシベーション被覆部の長さが変わるよう、第一電極を形成するフォトマスクにおいて第一電極領域のサイズを変更させて第一電極の形成を行った。ここで、パッシベーション層の開口サイズは維持しているため、外部接続用の導電性バンプ（図 2 B 参照）とのアライメントマージンを維持し、同等の物理的負荷が与えられる構造で評価している。また、第一電極領域のサイズが大きくなる分、チップサイズを大きくする必要があるため、他のフォトマスクも 1 チップのピッチ含めて第一電極に合うように修正して作製している。第一電極領域のサイズが小さくなる場合は、チップサイズは変更しないものとする。使用するフォトマスクを変更する以外は、実施例 1-1 と同様にして各実施例及び比較例の窒化物半導体発光素子を得た。

[0073] <実施例 2-1>

第 2 のパッシベーション被覆領域の幅を $0.1 \mu\text{m}$ とした以外は実施例 1-1 と同様にして実施例 2-1 の窒化物半導体発光素子を形成した。

[0074] <実施例 2-2>

第 2 のパッシベーション被覆領域の幅を $0.5 \mu\text{m}$ とした以外は実施例 1-1 と同様にして実施例 2-2 の窒化物半導体発光素子を形成した。

[0075] <実施例 2-3>

第 2 のパッシベーション被覆領域の幅を $1.0 \mu\text{m}$ とした以外は実施例 1-1 と同様にして実施例 2-3 の窒化物半導体発光素子を形成した。

[0076] <実施例 2-4>

第 2 のパッシベーション被覆領域の幅を $2.0 \mu\text{m}$ とした以外は実施例 1-1 と同様にして実施例 2-4 の窒化物半導体発光素子を形成した。

[0077] <実施例 2-5>

第 2 のパッシベーション被覆領域の幅を $8.0 \mu\text{m}$ とした以外は実施例 1-1 と同様にして実施例 2-5 の窒化物半導体発光素子を形成した。

[0078] <実施例 2-6>

第 2 のパッシベーション被覆領域の幅を $10\ \mu\text{m}$ とした以外は実施例 1-1 と同様にして実施例 2-6 の窒化物半導体発光素子を形成した。

[0079] <実施例 2-7>

第 2 のパッシベーション被覆領域の幅を $15\ \mu\text{m}$ とした以外は実施例 1-1 と同様にして実施例 2-7 の窒化物半導体発光素子を形成した。

[0080] <実施例 2-8>

第 2 のパッシベーション被覆領域の幅を $17\ \mu\text{m}$ とした以外は実施例 1-1 と同様にして実施例 2-8 の窒化物半導体発光素子を形成した。

[0081] <実施例 2-9>

第 2 のパッシベーション被覆領域の幅を $20\ \mu\text{m}$ とした以外は実施例 1-1 と同様にし
て実施例 2-9 の窒化物半導体発光素子を形成した。

[0082] [評価]

各実施例の窒化物半導体発光素子について、実施例 1-1 と同様の方法により第 1 のパッド電極及び第一電極（特に第一電極領域）の剥離状態の確認及び連続通電試験後の変色の確認を行った。

また、各実施例の窒化物半導体発光素子について、 $500\ \text{mA}$ 印加時におけるそれぞれの出力を測定し、実施例 1-1 の窒化物半導体発光素子を基準（ 1.00 ）としたチップの単位面積当たりの相対出力を算出して評価した。

以下の表 2 に、実施例 2 における評価結果を示す。

[0083]

[表2]

	外部接続領域の構造	第一電極領域	第二電極領域	狭小空間部	第1の間隔W1 [μm]	第2の間隔W2 [μm]	第2のパッシベーション被覆領域の幅 [μm]	評価		
								通電試験前剥離	通電試験後黒変色	単位面積当たりの相対出力
実施例 1-1	図1、図2B	あり	あり	あり	2	9	4	なし	なし	1.00
実施例 2-1							0.1	なし	あり	1.00
実施例 2-2							0.5	なし	なし	1.00
実施例 2-3							1	なし	なし	1.00
実施例 2-4							2	なし	なし	1.00
実施例 2-5							8	なし	なし	0.96
実施例 2-6							10	なし	なし	0.95
実施例 2-7							15	なし	なし	0.91
実施例 2-8							17	なし	なし	0.89
実施例 2-9							20	なし	なし	0.87

[0084] 表2に示すように、各実施例の窒化物半導体発光素子では、第2のパッシ

ベーション被覆領域の幅に関わらず第1のパッド電極や第一電極領域の剥離が生じない。また、第2のパッシベーション被覆領域の幅が $0.5\mu\text{m}$ 以上である実施例2-2～2-9の窒化物半導体発光素子では、第1のパッド電極や第一電極領域の剥離が生じないことに加えて、窒化物半導体や第一電極の黒変化が抑制、すなわち、目視では見えない第1のパッド電極や第一電極の剥離、亀裂、マイクロクラックが抑制されるというさらなる効果が確認された。これは、第2のパッシベーション被覆領域の幅が $0.5\mu\text{m}$ 以上である場合、パッシベーション層による第一電極領域の被覆が十分であり、目視では見えない第1のパッド電極や第一電極の剥離、亀裂、マイクロクラックが抑制されたためであると考えられる。フォトマスクのアライメントによるマージンを加味すると、第2のパッシベーション被覆領域の幅は、 $1\mu\text{m}$ 以上がより好ましい。

[0085] また、表2に示すように、第2のパッシベーション被覆領域の幅が狭くなるほどチップの単位面積当たりの相対出力が徐々に向上する傾向となった。これは、第2のパッシベーション被覆領域の幅が狭くなるほどチップサイズが小さくなるため、チップの単位面積当たりの出力が向上するためであると考えられる。したがって、第2のパッシベーション被覆領域の幅は、 $15\mu\text{m}$ 以下とすることが好ましく、 $10\mu\text{m}$ 以下とすることがより好ましい。

以上から、第2のパッシベーション被覆領域の幅は、好ましくは $0.5\mu\text{m}$ 以上 $15\mu\text{m}$ 以下、より好ましくは $1\mu\text{m}$ 以上 $10\mu\text{m}$ 以下とするのが良いことが確認された。

[0086] [実施例3]

実施例3では、保護メサ構造部と第一電極領域との距離である第1の間隔を変えて作製した実施例3-1～3-8の窒化物半導体発光素子を評価した。具体的には、メサ構造部を形成するためのフォトマスクにおいて、保護メサ構造部と第一電極領域との距離が変わるよう保護メサ構造部の位置を変更させている。フォトマスクの設計が変わることによって、チップサイズが変わるため、他のフォトマスクも1チップのピッチ含めて保護メサ構造部に合

うように修正して作製している。使用するフォトリソマスクを変更する以外は、実施例 1-1 と同様にして各実施例及び比較例の窒化物半導体発光素子を得た。

[0087] <実施例 3-1>

第 1 の間隔を $0.1\ \mu\text{m}$ とした以外は実施例 1-1 と同様にして実施例 3-1 の窒化物半導体発光素子を形成した。

[0088] <実施例 3-2>

第 1 の間隔を $0.5\ \mu\text{m}$ とした以外は実施例 1-1 と同様にして実施例 3-2 の窒化物半導体発光素子を形成した。

[0089] <実施例 3-3>

第 1 の間隔を $1\ \mu\text{m}$ とした以外は実施例 1-1 と同様にして実施例 3-3 の窒化物半導体発光素子を形成した。

[0090] <実施例 3-4>

第 1 の間隔を $10\ \mu\text{m}$ とした以外は実施例 1-1 と同様にして実施例 3-4 の窒化物半導体発光素子を形成した。

[0091] <実施例 3-5>

第 1 の間隔を $15\ \mu\text{m}$ とした以外は実施例 1-1 と同様にして実施例 3-5 の窒化物半導体発光素子を形成した。

[0092] <実施例 3-6>

第 1 の間隔を $20\ \mu\text{m}$ とした以外は実施例 1-1 と同様にして比較例 3-2 の窒化物半導体発光素子を形成した。

[0093] <実施例 3-7>

第 1 の間隔を $25\ \mu\text{m}$ とした以外は実施例 1-1 と同様にして実施例 3-7 の窒化物半導体発光素子を形成した。

[0094] <実施例 3-8>

第 1 の間隔を $30\ \mu\text{m}$ とした以外は実施例 1-1 と同様にして実施例 3-8 の窒化物半導体発光素子を形成した。

[0095] [評価]

各実施例の窒化物半導体発光素子について、実施例 1 - 1 と同様の方法により第 1 のパッド電極及び第一電極（特に第一電極領域）の剥離状態の確認及び連続通電試験後の変色を確認を行った。

また、各実施例の窒化物半導体発光素子について、500mA印加時におけるそれぞれの出力を測定し、実施例 1 - 1 の窒化物半導体発光素子を基準（1.00）としたチップの単位面積当たりの相対出力を算出して評価した。

以下の表 3 に、実施例 3 における評価結果を示す。

[0096]

[表3]

	外部接続領域の構造	第一電極領域	第二電極領域	狭小空間部	第1の間隔W1 [μm]	第2の間隔W2 [μm]	第2のパッシベーション被覆領域の幅 [μm]	評価		
								通電試験前剥離	通電試験後黒変化	単位面積当たりの相対出力
実施例1-1	図1、図2B	あり	あり	あり	2	9	4	なし	なし	1.00
実施例3-1					0.1			なし	あり	1.00
実施例3-2					0.5			なし	なし	1.00
実施例3-3					1			なし	なし	1.00
実施例3-4					10			なし	なし	0.96
実施例3-5					15			なし	なし	0.94
実施例3-6					20			なし	なし	0.92
実施例3-7					25			なし	なし	0.90
実施例3-8					30			なし	なし	0.88

[0097] 表3に示すように、各実施例の窒化物半導体発光素子では、保護メサ構造

部と第一電極領域との間の第1の間隔に関わらず第1のパッド電極や第一電極領域の剥離が生じない。また、第1の間隔が $0.5\mu\text{m}$ 以上である実施例3-2～3-6の窒化物半導体発光素子では、第1のパッド電極や第一電極領域の剥離が生じないことに加えて、窒化物半導体や第1電極の黒変化が抑制される、すなわち目視では見えない第1のパッド電極や第一電極の剥離、亀裂、マイクロクラックが抑制されるというさらなる効果が確認された。第1の間隔が $0.5\mu\text{m}$ 以上である場合、第1の空間部に干渉色が見られず、パッシベーション層の被覆性が良好となることが確認された。したがって、第1の間隔は、 $0.5\mu\text{m}$ 以上であることが好ましく、 $1\mu\text{m}$ 以上がより好ましい。

[0098] また、表3に示すように、第1の間隔が短くなるほどチップの単位面積当たりの相対出力が徐々に向上する傾向となった。これは、第1の間隔が狭くなるほどチップ全体のサイズが小さくなる、すなわち発光メサ構造部の面積率が大きくなるため、チップの単位面積当たりの出力が向上するためであると考えられる。したがって、第1の間隔は、 $25\mu\text{m}$ 以下とすることが好ましく、 $20\mu\text{m}$ 以下とすることがより好ましい。

以上から、第1の狭小空間部の距離は好ましくは $0.5\mu\text{m}$ 以上 $25\mu\text{m}$ 以下、より好ましくは $1\mu\text{m}$ 以上 $20\mu\text{m}$ 以下とするのが良いことが確認された。

[0099] [実施例4]

実施例4では、第一電極領域と第二電極領域との距離である第2の間隔を変えて作製した実施例4-1～4-7の窒化物半導体発光素子を評価した。具体的には、第一電極領域を形成するためのフォトマスクにおいて、第一電極領域と第二電極領域との距離が変わるよう、第二電極領域の長さを変更させている。第二電極領域用のフォトマスク、それに伴うパッシベーション開口用マスクを変更する以外は、実施例1-1と同様にして各実施例及び比較例の窒化物半導体発光素子を得た。

[0100] <実施例4-1>

第2の間隔を0.1 μm とした以外は実施例1-1と同様にして実施例4-1の窒化物半導体発光素子を形成した。

[0101] <実施例4-2>

第2の間隔を0.5 μm とした以外は実施例1-1と同様にして実施例4-2の窒化物半導体発光素子を形成した。

[0102] <実施例4-3>

第2の間隔を1 μm とした以外は実施例1-1と同様にして実施例4-3の窒化物半導体発光素子を形成した。

[0103] <実施例4-4>

第2の間隔を100 μm とした以外は実施例1-1と同様にして実施例4-4の窒化物半導体発光素子を形成した。

[0104] <実施例4-5>

第2の間隔を120 μm とした以外は実施例1-1と同様にして実施例4-5の窒化物半導体発光素子を形成した。

[0105] <比較例4-6>

第2の間隔を140 μm とした以外は実施例1-1と同様にして比較例4-6の窒化物半導体発光素子を形成した。

[0106] <実施例4-7>

第2の間隔を160 μm とした以外は実施例1-1と同様にして実施例4-7の窒化物半導体発光素子を形成した。

[0107] [評価]

各実施例の窒化物半導体発光素子について、実施例1-1と同様の方法により第1のパッド電極及び第一電極（特に第一電極領域）の剥離状態の確認及び連続通電試験後の変色の確認を行った。

また、各実施例の窒化物半導体発光素子について、500 mA印加時におけるチップ面内の発光領域（発光最大強度の85%以上発光した領域）の面積を測定し、実施例1-1の窒化物半導体発光素子における発光領域の面積を基準（1.00）とした発光領域の面積をチップの単位面積当たりの相対

出力として算出して評価した。

以下の表 4 に、実施例 4 における評価結果を示す。

[0108]

[表4]

	外部接続領域の構造	第一電極領域	第二電極領域	狭小空間部	第1の間隔W1 [μm]	第2の間隔W2 [μm]	第2のハッシーベンション被覆領域の幅 [μm]	評価		
								通電試験前剥離	通電試験後黒変化	単位面積当たりの相対出力
実施例1-1	図1、図2B	あり	あり	あり	2	9	4	なし	なし	1.00
実施例4-1						0.1		なし	あり	1.00
実施例4-2						0.5		なし	なし	1.00
実施例4-3						1		なし	なし	1.00
実施例4-4						100		なし	なし	1.00
実施例4-5						120		なし	なし	0.96
実施例4-6						140		なし	なし	0.92
実施例4-7						160		なし	なし	0.88

[0109] 表4に示すように、各実施例の窒化物半導体発光素子では、第一電極領域

と第二電極領域との間の第2の間隔に関わらず第1のパッド電極や第一電極領域の剥離が生じない。また、第2の間隔が $0.5\mu\text{m}$ 以上である実施例4-2～4-6の窒化物半導体発光素子では、第1のパッド電極や第一電極領域の剥離が生じないことに加えて、窒化物半導体や第1電極の黒変化が抑制される、すなわち目視では見えない第1のパッド電極や第一電極の剥離、亀裂、マイクロクラックが抑制されるというさらなる効果が確認された。第2の間隔が $0.5\mu\text{m}$ 以上である場合、第2の空間部に干渉色が見られず、パッシベーション層の被覆性が良好となることが確認された。このため、第2の間隔は、 $0.5\mu\text{m}$ 以上であることが好ましく、 $1\mu\text{m}$ 以上がより好ましい。

[0110] また、表4に示すように、第2の間隔が短くなるとチップの単位面積当たりの相対出力が向上する傾向となった。第2の間隔が短くなると、電極の長さが長くなり、発光メサ構造部の先端まで電子を供給しやすくなるため、発光領域の偏りが生じにくくなる。よって、第2の間隔が短くなるほど第2の電極部の長さを長い状態で維持でき、発光領域の偏りがより生じにくくなる。発光領域の偏りが生じにくいということは部分的な発光出力の低下が生じにくくなる事となり、チップの単位面積当たりの発光出力が向上する。このため、第2の間隔は、 $140\mu\text{m}$ 以下とすることが好ましく、 $120\mu\text{m}$ 以下とすることがより好ましい。

以上の事から、第2の間隔は好ましくは $0.5\mu\text{m}$ 以上 $140\mu\text{m}$ 以下、より好ましくは $1\mu\text{m}$ 以上 $120\mu\text{m}$ 以下とするのが良いことが確認された。

[0111] 以上、本開示の実施形態について説明したが、本開示の技術的範囲は、上述した実施形態に記載の技術的範囲には限定されない。上述した実施形態に、多様な変更又は改良を加えることも可能であり、そのような変更又は改良を加えた形態も本開示の技術的範囲に含まれ得ることが、特許請求の範囲の記載から明らかである。

符号の説明

[0112] 1 窒化物半導体発光素子

- 1 0 基板
- 2 0 窒化物半導体積層体
 - 2 1 第1のn型半導体層
 - 2 2 発光メサ構造部
 - 2 2 1 第2のn型半導体層
 - 2 2 2 第1の量子井戸層
 - 2 2 3 第1のp型半導体層
 - 2 3 保護メサ構造部
 - 2 3 1 第3のn型半導体層
 - 2 3 2 第2の量子井戸層
 - 2 3 3 第2のp型半導体層
- 3 0 第一電極
 - 3 1 第一電極領域
 - 3 2 第二電極領域
 - 3 3 第三電極領域
- 4 0 第二電極
- 5 0 パッシベーション層
 - 5 1 第1のパッシベーション被覆領域
 - 5 2 第2のパッシベーション被覆領域
 - 5 3 第3のパッシベーション被覆領域
- 6 0 狭小空間部
 - 6 1 第1の狭小空間部
 - 6 2 第2の狭小空間部
- 7 0 パッド電極
 - 7 1 第1のパッド電極部
 - 7 2 第2のパッド電極部
 - 7 3 第3のパッド電極部

請求の範囲

[請求項1]

基板と、

前記基板上に配置された第一導電型半導体層と、前記第一導電型半導体層上の一部に配置された発光メサ構造部と、前記第一導電型半導体層上に配置され、かつ前記発光メサ構造部と空間的に分離され、前記発光メサ構造部を囲んで配置された発光しない保護メサ構造部と、を有する窒化物半導体積層部と、

前記第一導電型半導体層の他の一部の上に配置され、平面視において前記保護メサ構造部との間に第1の間隔を空けて配置された第一電極領域と、前記第一電極領域との間に第2の間隔を空けて配置された第二電極領域と、の少なくとも二以上の電極領域を有する第一電極と、

前記保護メサ構造部の縁部、複数の前記電極領域のそれぞれの外縁部及び前記第一導電型半導体層の表面を直接覆うパッシベーション層と、

前記パッシベーション層の一部の表面と、複数の前記電極領域のそれぞれの前記パッシベーション層で覆われていない領域の少なくとも一部の表面とを覆って配置され、複数の前記電極領域同士を電氣的に接続する第1のパッド電極と、

を備える

窒化物半導体発光素子。

[請求項2]

前記保護メサ構造部は、前記基板の外縁部に配置されている

請求項1に記載の窒化物半導体発光素子。

[請求項3]

前記第一電極領域は、平面視において前記基板の二か所以上の隅に、前記保護メサ構造部との間に前記第1の間隔を空けて配置されている

請求項2に記載の窒化物半導体発光素子。

[請求項4]

前記第一電極領域は、平面視において前記基板の四隅に、前記保護

メサ構造部との間に前記第 1 の間隔を空けて配置されている
請求項 2 に記載の窒化物半導体発光素子。

[請求項5] 前記発光メサ構造部及び前記保護メサ構造部は、前記保護メサ構造部と前記第一電極領域との間に前記第 1 の間隔で形成された第 1 の狭小空間部、および前記第一電極領域と前記第二電極領域との間に前記第 2 の間隔で形成された第 2 の狭小空間部以外の領域に配置されている
請求項 1 に記載の窒化物半導体発光素子。

[請求項6] 前記パッシベーション層は、前記保護メサ構造部の前記第一電極領域側の前記縁部を覆う第 1 のパッシベーション被覆領域を有する
請求項 1 に記載の窒化物半導体発光素子。

[請求項7] 前記パッシベーション層は、平面視において、前記第一導電型半導体層のうち前記保護メサ構造部及び前記第一電極領域の間に位置する領域の少なくとも一部と、前記第一導電型半導体層のうち前記第一電極領域及び前記第二電極領域の間に位置する領域の少なくとも一部と、に重なるように形成される
請求項 6 に記載の窒化物半導体発光素子。

[請求項8] 前記パッシベーション層は、前記第一電極領域の縁部を覆う第 2 のパッシベーション被覆領域を有し、
前記第一電極領域の上面が前記第 2 のパッシベーション被覆領域によって覆われた領域の幅は、 $0.5\ \mu\text{m}$ 以上 $15\ \mu\text{m}$ 以下である
請求項 1 に記載の窒化物半導体発光素子。

[請求項9] 前記第 1 のパッド電極は、前記第 2 のパッシベーション被覆領域の一部を覆って設けられている
請求項 8 に記載の窒化物半導体発光素子。

[請求項10] 前記パッシベーション層のうちの前記保護メサ構造部の前記縁部を覆っている領域と、前記保護メサ構造部の前記パッシベーション層で覆われていない領域の少なくとも一部と、を覆って配置される第 3 の

パッド電極部をさらに備える

請求項 1 から 9 のいずれか 1 項に記載の窒化物半導体発光素子。

[請求項11] 前記第 1 の間隔は、 $0.5\ \mu\text{m}$ 以上 $25\ \mu\text{m}$ 以下である

請求項 1 に記載の窒化物半導体発光素子。

[請求項12] 前記第一電極領域と前記第二電極領域との距離である前記第 2 の間隔は、 $0.5\ \mu\text{m}$ 以上 $140\ \mu\text{m}$ 以下である

請求項 1 に記載の窒化物半導体発光素子。

[請求項13] 平面視において、前記保護メサ構造部は、前記発光メサ構造部を囲んで配置されている請求項 1 に記載の窒化物半導体発光素子。

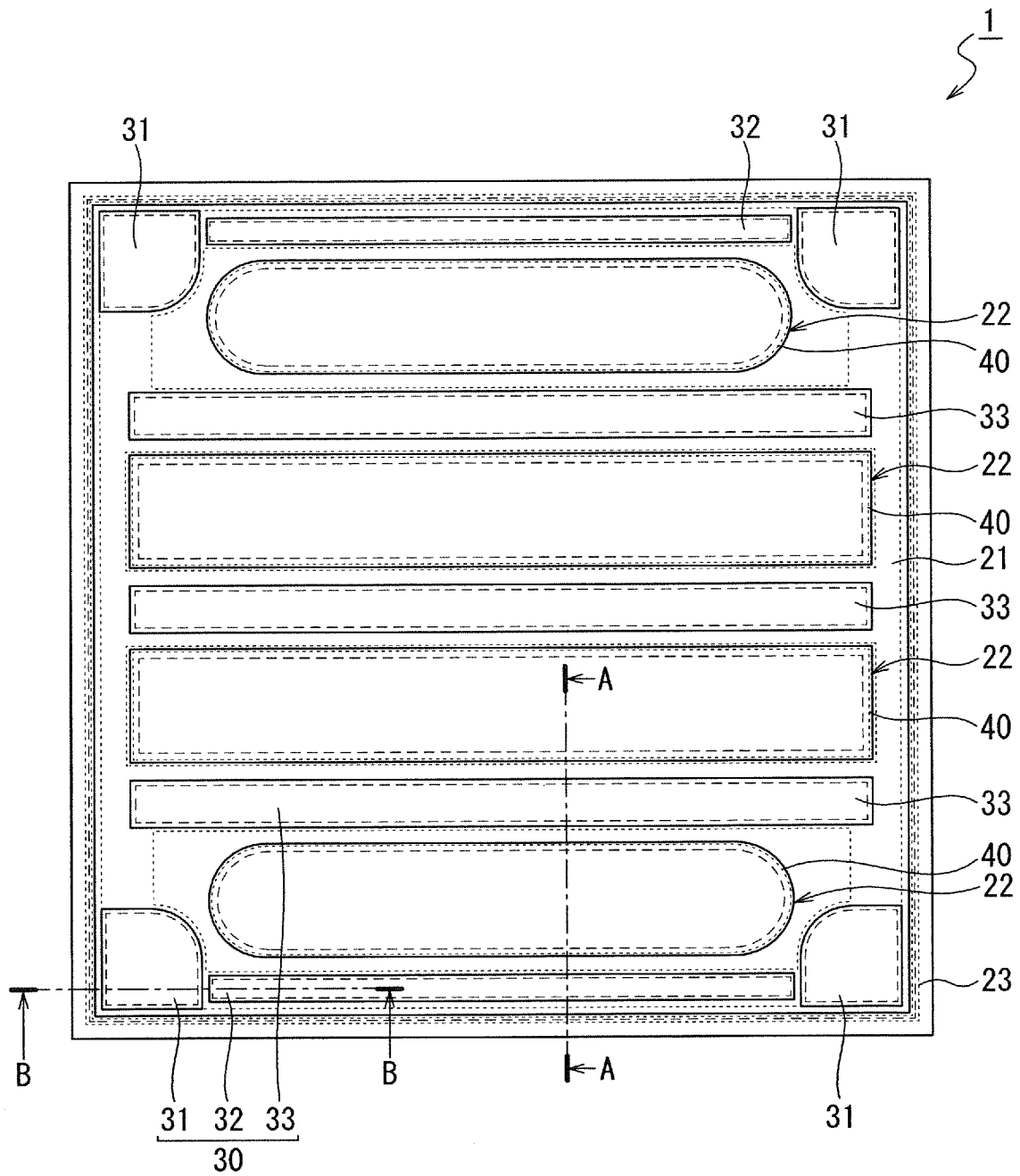
[請求項14] 前記基板は、平面視で矩形状であり、
前記保護メサ構造部は、前記基板の外周に沿って設けられており、
前記発光メサ構造部は、前記保護メサ構造部の一辺の伸びる方向と同一の方向に沿って複数設けられており、

前記第一電極領域は、前記保護メサ構造部の角部の内周側に設けられ、

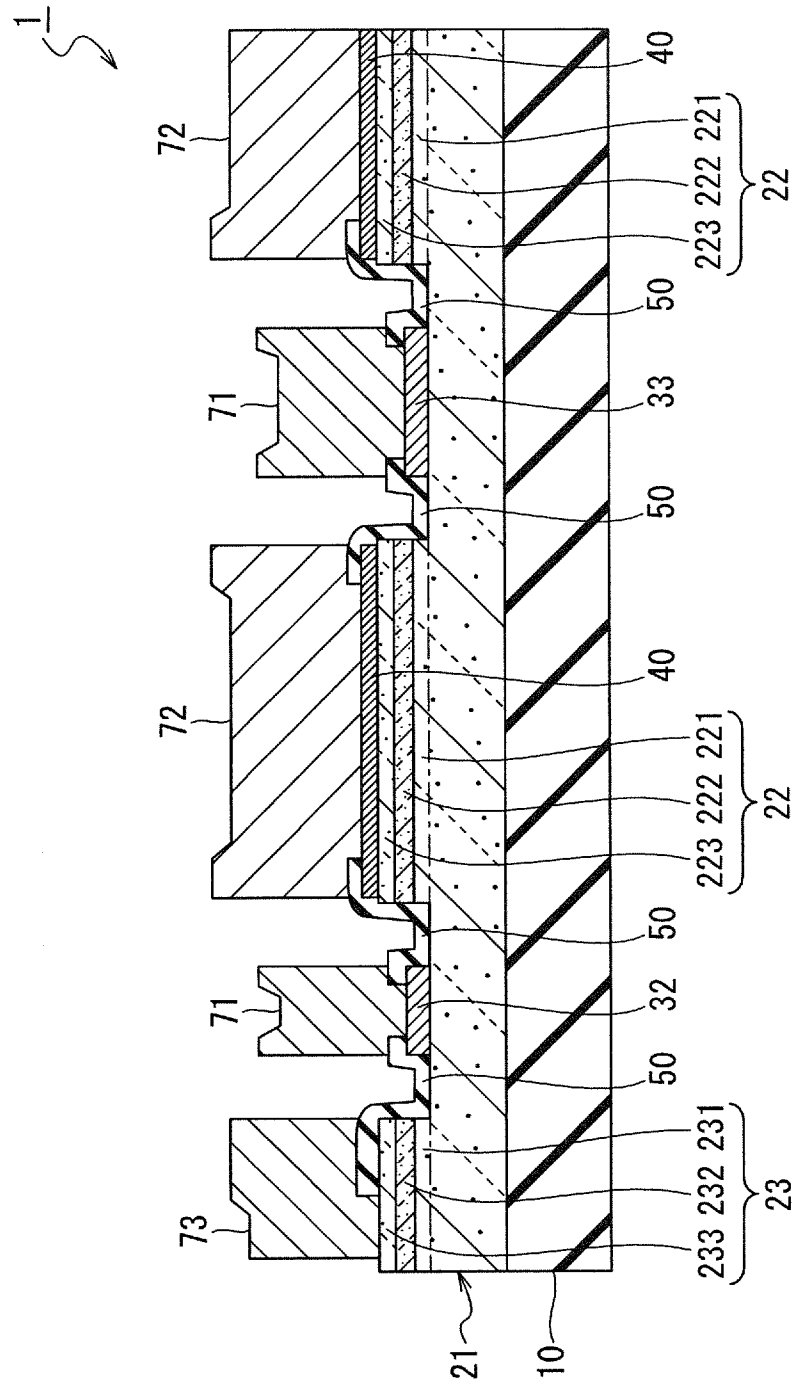
前記第二電極領域は、前記第一電極領域に隣接し、前記保護メサ構造部及び前記発光メサ構造部に沿って一方向に伸びるように設けられている

請求項 1 に記載の窒化物半導体発光素子。

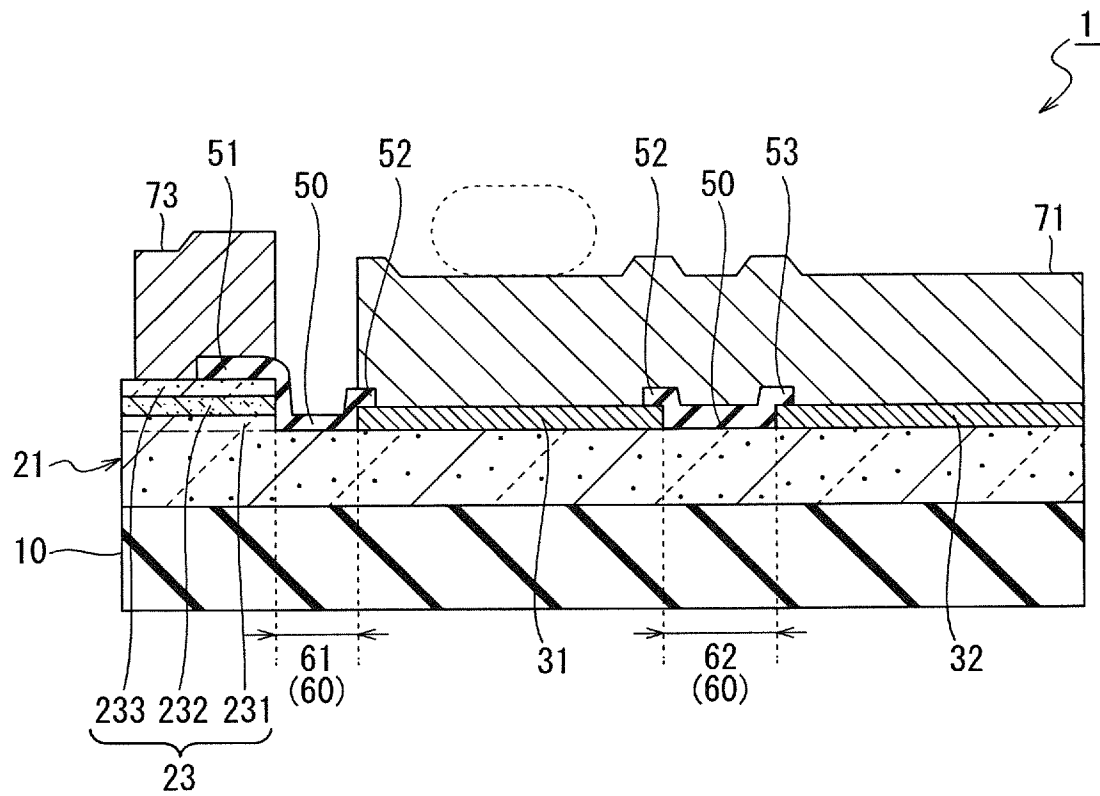
[図1]



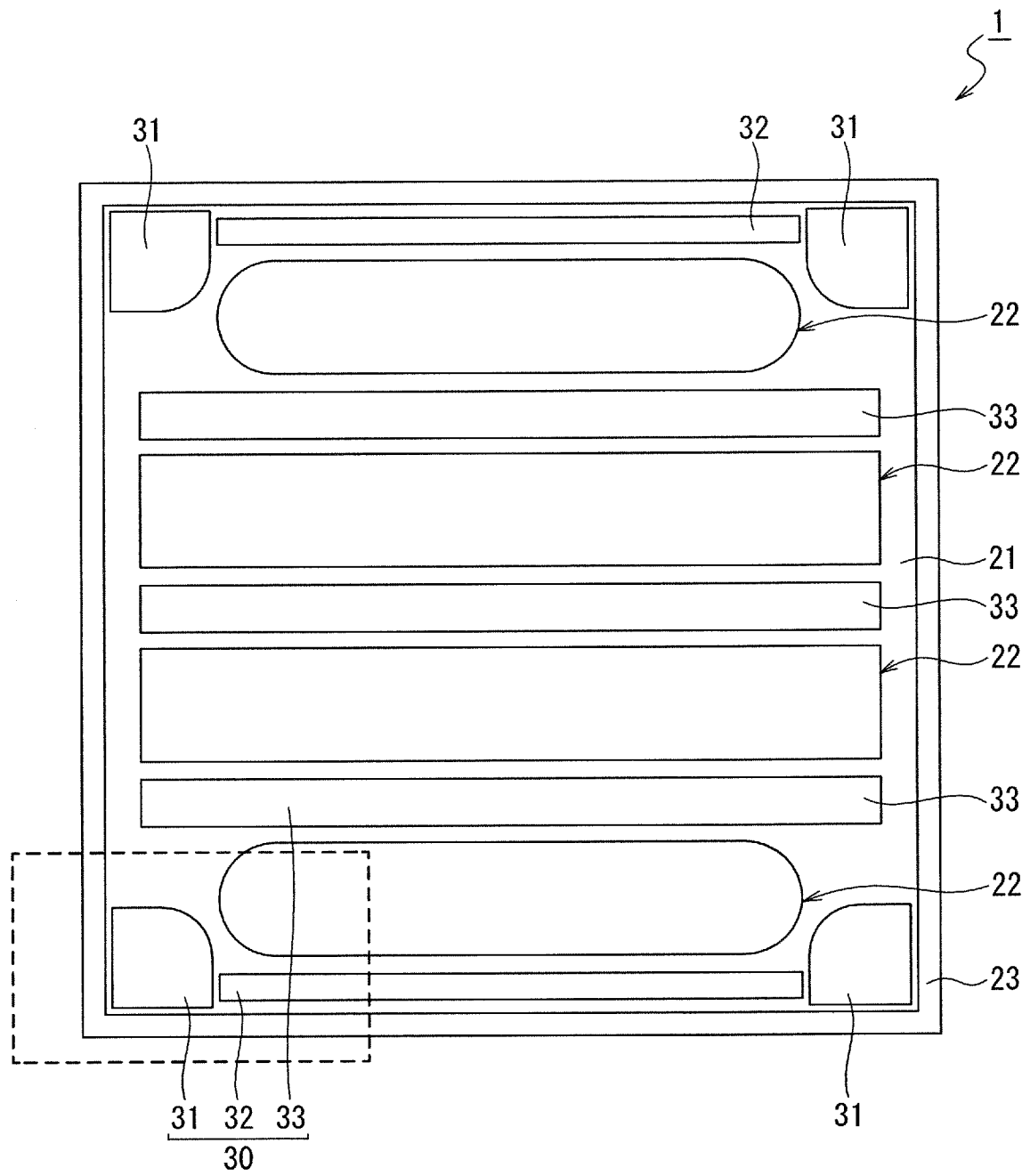
[図2A]



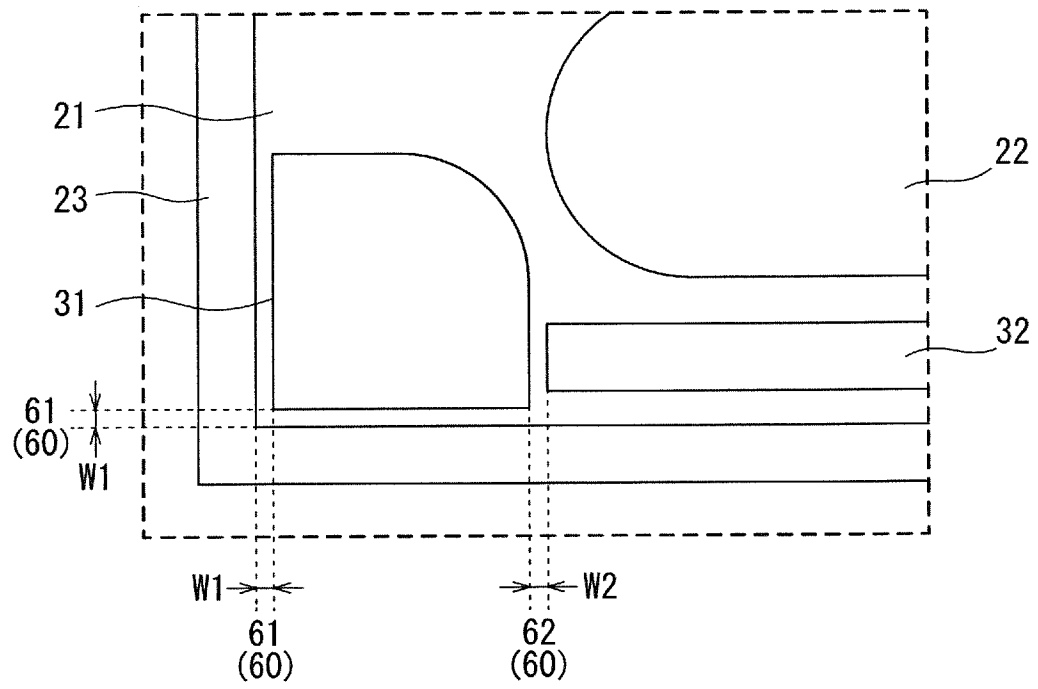
[図2B]



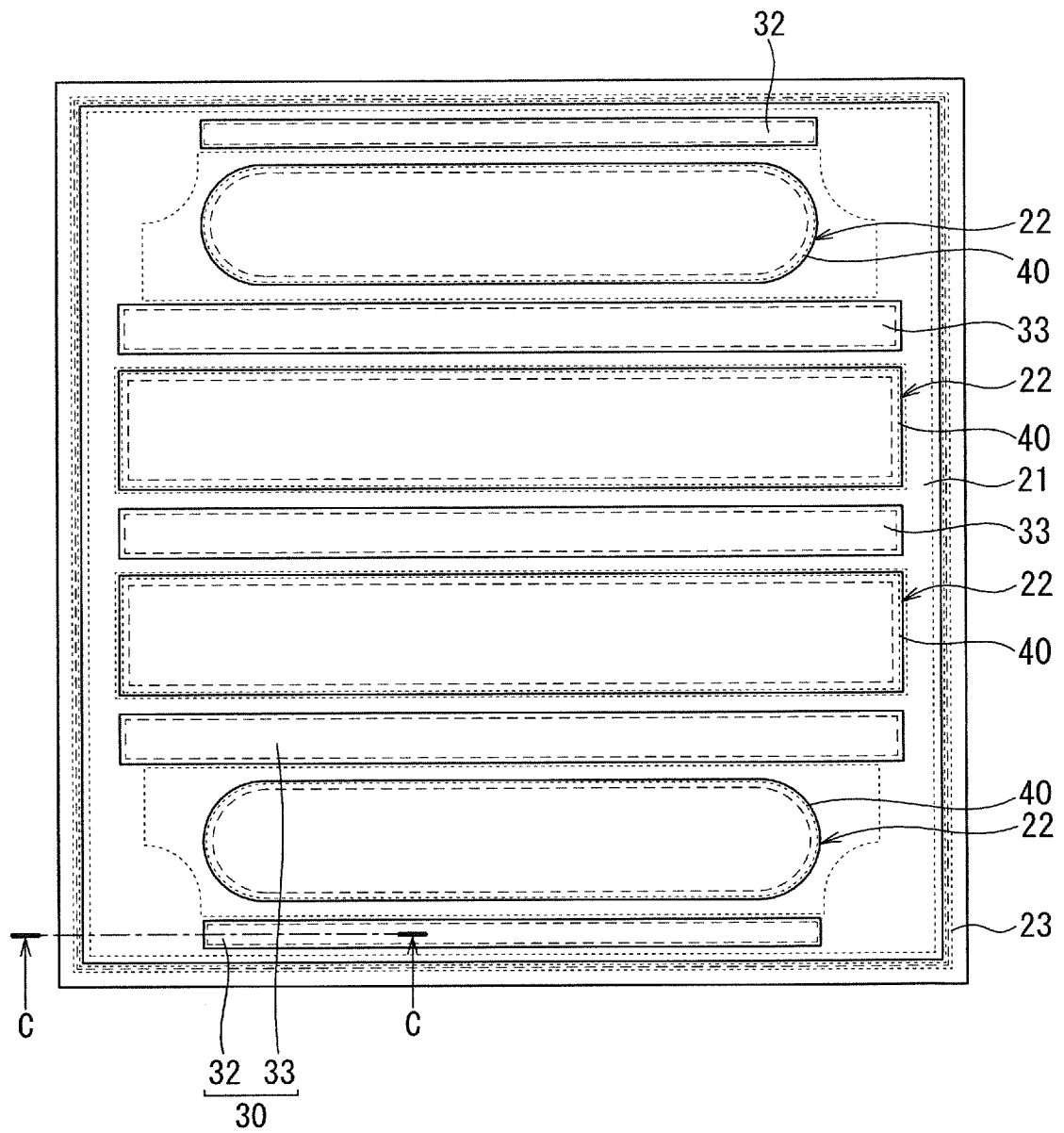
[図3]



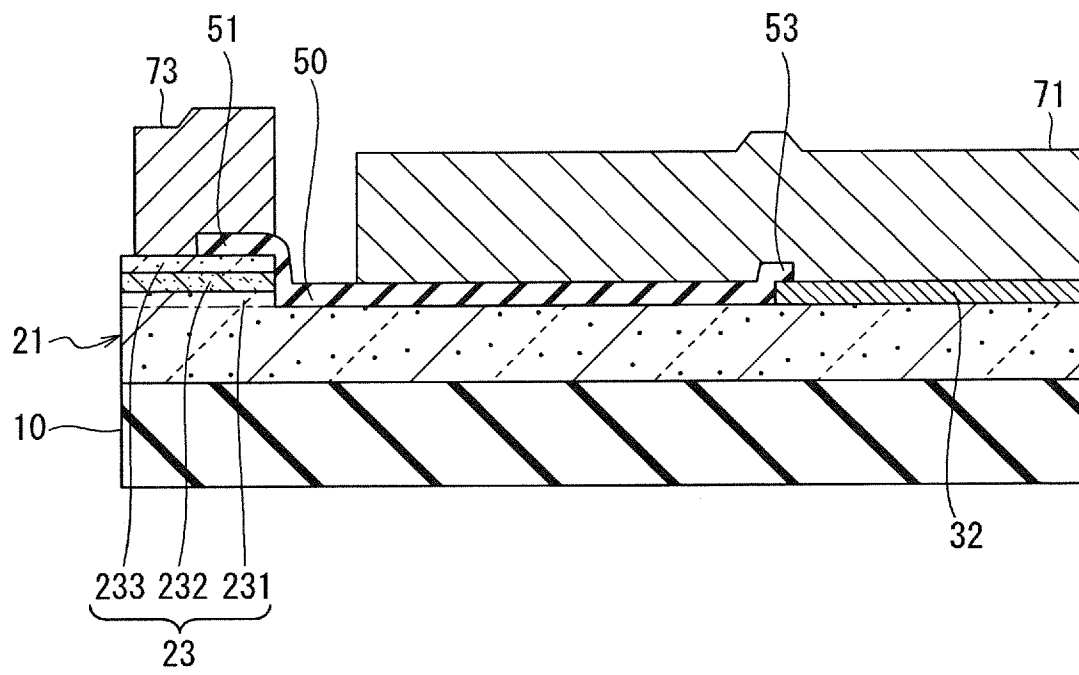
[図4]



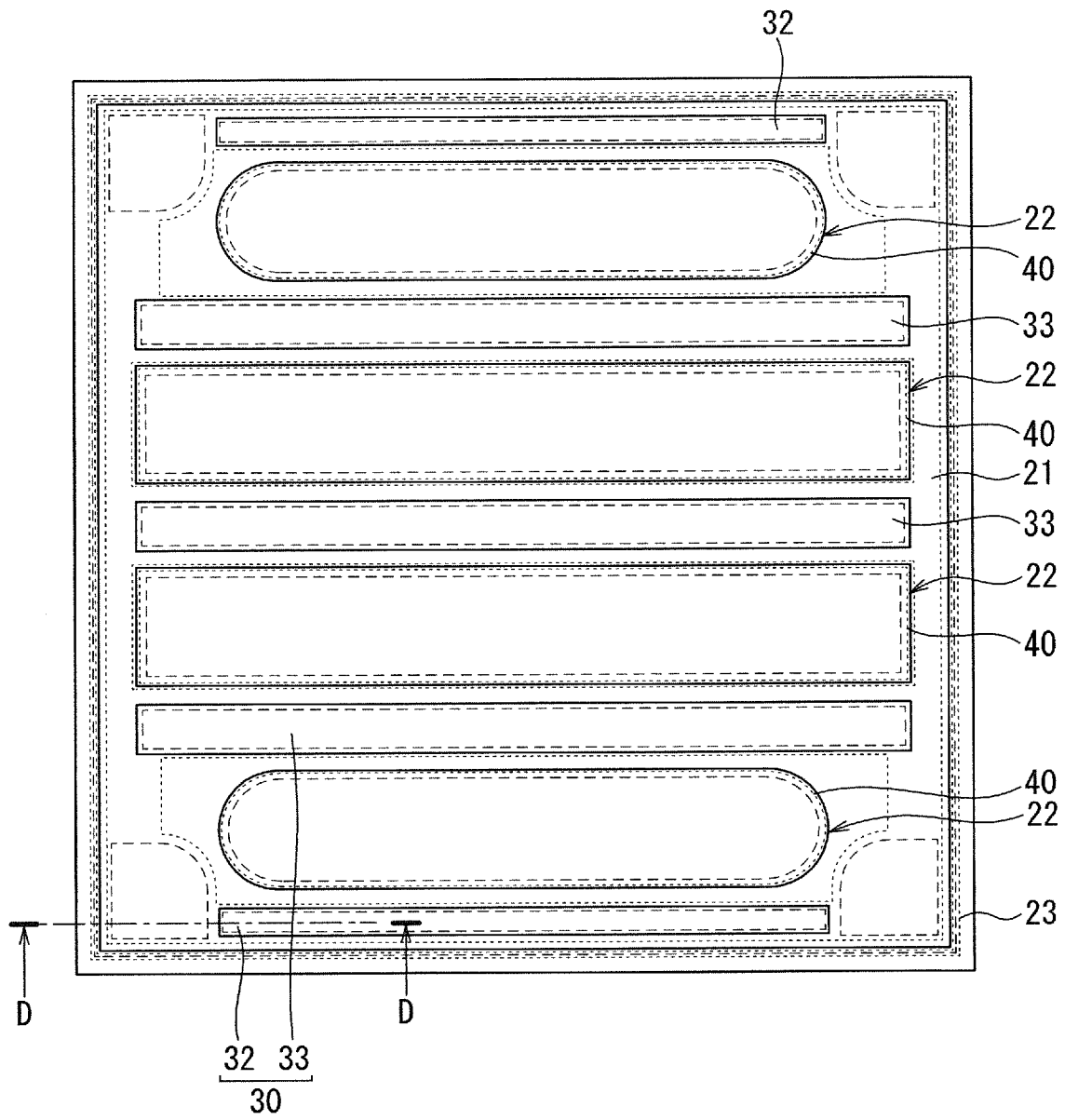
[図5]



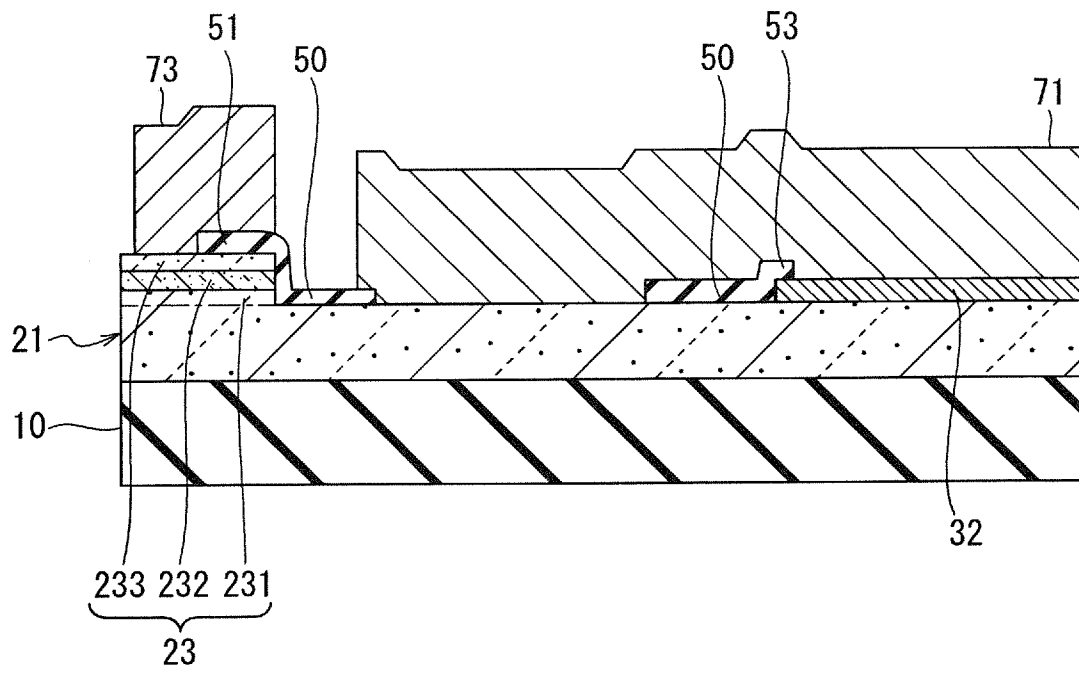
[図6]



[図7]



[図8]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2023/045975

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**H01L 33/38**(2010.01)i; **H01L 33/32**(2010.01)i

FI: H01L33/38; H01L33/32

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)

H01L33/38; H01L33/32

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

Published examined utility model applications of Japan 1922-1996
 Published unexamined utility model applications of Japan 1971-2024
 Registered utility model specifications of Japan 1996-2024
 Published registered utility model applications of Japan 1994-2024

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.
A	WO 2022/220088 A1 (ROHM CO., LTD.) 22 October 2022 (2022-10-22) paragraphs [0008]-[0100], [0109]-[0127], [0131], fig. 1-3, 6-9, 12	1-14
A	WO 2022/244475 A1 (TDK CORP.) 24 November 2022 (2022-11-24) paragraphs [0018]-[0044], fig. 1	1-14
A	JP 2020-504908 A (LG INNOTEK CO., LTD.) 13 February 2020 (2020-02-13) paragraphs [0077]-[0127], fig. 1, 2	1-14
A	US 2018/0261723 A1 (SEOUL VIOSYS CO., LTD.) 13 September 2018 (2018-09-13) paragraph [0192], fig. 14-17	1-14

☐ 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
 “D” document cited by the applicant in the international application
 “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

16 January 2024

Date of mailing of the international search report

30 January 2024

Name and mailing address of the ISA/JP

Japan Patent Office (ISA/JP)
 3-4-3 Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915
 Japan

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/JP2023/045975

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
WO	2022/220088	A1	22 October 2022	(Family: none)			
WO	2022/244475	A1	24 November 2022	TW	202310452	A	
JP	2020-504908	A	13 February 2020	US	2019/0386189	A1	
				paragraphs [0118]-[0168], fig. 1, 2			
				EP	3576166	A1	
				KR	10-2018-0087679	A	
				KR	10-2018-0110776	A	
				CN	110214380	A	
US	2018/0261723	A1	13 September 2018	KR	10-2017-0052854	A	
				TW	201717422	A	

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） H01L 33/38(2010.01)i; H01L 33/32(2010.01)i FI: H01L33/38; H01L33/32		
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）） H01L33/38; H01L33/32 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 1971-2024年 日本国実用新案登録公報 1996-2024年 日本国登録実用新案公報 1994-2024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
A	WO 2022/220088 A1（ローム株式会社）22.10.2022（2022-10-22） [0008]-[0100], [0109]-[0127], [0131], 図1-3, 6-9, 12	1-14
A	WO 2022/244475 A1（TDK株式会社）24.11.2022（2022-11-24） [0018]-[0044], 図1	1-14
A	JP 2020-504908 A（エルジー イノテック カンパニー リミテッド）13.02.2020 （2020-02-13） [0077]-[0127], 図1-2	1-14
A	US 2018/0261723 A1（SEOUL VIOSYS CO., LTD.）13.09.2018（2018-09-13） [0192], FIGS14-17	1-14
☐ 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 “D” 国際出願で出願人が先行技術文献として記載した文献 “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抵触するものではなく、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 16.01.2024	国際調査報告の発送日 30.01.2024	
名称及びあて先 日本国特許庁(ISA/JP) 〒100-8915 日本国 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号	権限のある職員（特許庁審査官） 皆藤 彰吾 2K 6204 電話番号 03-3581-1101 内線 3255	

国際調査報告
 パテントファミリーに関する情報

国際出願番号

PCT/JP2023/045975

引用文献			公表日	パテントファミリー文献			公表日
WO	2022/220088	A1	22.10.2022	(ファミリーなし)			
WO	2022/244475	A1	24.11.2022	TW	202310452	A	
JP	2020-504908	A	13.02.2020	US	2019/0386189	A1	
				[0118]-[0168], FIGS. 1-2			
				EP	3576166	A1	
				KR	10-2018-0087679	A	
				KR	10-2018-0110776	A	
				CN	110214380	A	
US	2018/0261723	A1	13.09.2018	KR	10-2017-0052854	A	
				TW	201717422	A	