

(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
2012年7月12日(12.07.2012)



(10) 国際公開番号

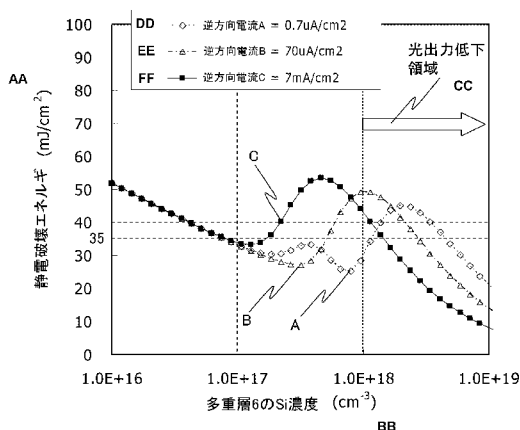
WO 2012/093463 A1

- (51) 国際特許分類:
H01L 33/32 (2010.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2011/007274
- (22) 国際出願日: 2011年12月26日(26.12.2011)
- (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 2011-002567 2011年1月7日(07.01.2011) JP
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): シャープ株式会社 (SHARP KABUSHIKI KAISHA) [JP/JP]; 〒5458522 大阪府大阪市阿倍野区長池町2番2号 Osaka (JP).
- (72) 発明者; および
- (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 海原 竜 (KAIHARA, Ryu) [JP/JP]; 〒5458522 大阪府大阪市阿倍野区長池町2番2号シャープ株式会社内 Osaka (JP).
- (74) 代理人: 山本 秀策, 外 (YAMAMOTO, Shusaku et al.); 〒5406015 大阪府大阪市中央区見一丁目2番27号クリスタルタワー15階 Osaka (JP).
- (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, 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, IS, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, 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, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ユーロッパ (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, 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: NITRIDE SEMICONDUCTOR LIGHT EMITTING DEVICE AND PRODUCTION METHOD THEREFOR

(54) 発明の名称: 窒化物半導体発光素子およびその製造方法

[図2]



AA Electrostatic destruction energy (mJ/cm²)
BB Si concentration of multilayer 6 (cm⁻³)
CC Light output degradation region
DD Reverse current A = 0.7 uA/cm²
EE Reverse current B = 70 uA/cm²
FF Reverse current C = 7 mA/cm²

(57) Abstract: Electrostatic withstand voltage is enhanced without exacerbating the emission intensity and drive voltage. On an n electrode (12) side of a luminous layer (7), an n conductivity-type impurity is added in a range of $5 \times 10^{16} \text{ cm}^{-3}$ to $1 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ as the concentration in the first layer of a multilayer (6) that is made by alternately laminating the first layer composed of $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ ($0 < x < 0.3$) and the second layer composed of GaN. The impurity concentration of the multilayer is controlled so as to have the impedance with which the energy, when the high-voltage charge that causes electrostatic destruction is applied to a light-emitting layer, can not be applied to the light-emitting layer by having the electrostatic destruction energy (mJ/cm²) received with the luminous layer (7) of 20 to 40.

(57) 要約: 発光強度や駆動電圧を悪化させることなく静電耐圧を向上させる。発光層7のn電極12側に、 $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ ($0 < x < 0.3$) からなる第1の層とGaNからなる第2の層とを交互に積層した多重層6の第1の層に、n導電型不純物がその濃度として $5 \times 10^{16} \text{ cm}^{-3} \sim 1 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ の範囲で添加されて、発光層7が受ける静電破壊エネルギー (mJ/cm²) が20以上40以下とされていることにより、静電破壊の原因となる高電圧の電荷が発光層に印加されるときエネルギーを発光層に印加されないようなインピーダンスとなるような多重層の不純物濃度に制御する。

明 細 書

発明の名称：窒化物半導体発光素子およびその製造方法

技術分野

[0001] 本発明は、緑、青および紫外領域の窒化物系化合物半導体発光素子などの窒化物半導体発光素子およびその製造方法に関する。

背景技術

[0002] 従来、この種の従来の窒化物半導体発光素子において、緑、青および紫外領域の発光素子として、窒化物系化合物半導体発光素子が汎用されているが、発光強度以外の窒化物系化合物半導体発光素子の諸特性は尚改善の余地がある。特に、静電耐圧については、ガリウム・ヒ素系の半導体発光素子やインジウム・リン系の半導体発光素子に比較して格段に低く、大幅な静電耐圧の向上が期待されている。

[0003] ここで、従来の窒化物半導体発光素子の静電耐圧の向上のために、下記の特許文献 1 ～ 4 に各提案が為されている。

[0004] 図 4 は、特許文献 1 に開示されている従来の窒化物系化合物半導体発光素子の縦断面図である。

[0005] 図 4 に示すように、従来の窒化物系化合物半導体発光素子 100 は、膜厚 3 nm のノンドープ $\text{In}_{0.2}\text{Ga}_{0.8}\text{N}$ からなる井戸層と膜厚 20 nm のノンドープ GaN からなる障壁層とを 3 ペア積層した多重量子井戸構造の発光層 101 の負の n 電極 102 側に、膜厚 3 nm のノンドープ $\text{In}_{0.03}\text{Ga}_{0.97}\text{N}$ からなる層と膜厚 20 nm のノンドープ GaN からなる層とを 5 ペア積層した多重層（静電耐圧向上層）103 を形成している。多重層（静電耐圧向上層）103 により、横方向の抵抗を低減させて ESD ストレス時の印加電圧が発光層 101 への電流集中を緩和し、発光層 101 の広い範囲に電流経路 A のように広げて発光特性を破壊または低下させることなく、ESD 耐性を向上させることができる。

[0006] 次に、特許文献 2 に開示されている従来の窒化物半導体発光素子では、そ

れぞれ複数の窒化物半導体層からなる p 側層と n 側層の間に窒化物半導体からなる活性層を有し、p 側層はオーミック電極を形成する層として p 型コンタクト層を含み、その p 型コンタクト層は p 型窒化物半導体層と n 型窒化物半導体層とが交互に積層されている。このように、p 型コンタクト層内に p-n 接合が形成されているので、正の逆方向に電圧が印加された場合における静電破壊電圧（静電耐圧）を高くすることができ、かつ、リーク電流を小さくすることができる。

[0007] 次に、特許文献 3 に開示されている従来の窒化ガリウム系半導体発光素子では、P 電極と n 電極とを所定の抵抗値を持った抵抗体でショートさせておき、ESD 耐圧時に P 電極と n 電極間をショートさせてその間の発光層を保護しようとするものである。

[0008] 次に、特許文献 4 に開示されている従来の発光素子の製造方法では、窒化物半導体層からなる井戸層を形成する工程と、井戸層上に窒素および全キャリアガス流量に対して 2 パーセント以上の割合の水素を含有するキャリアガスを用いてバリア層を形成する工程とを含む MQW 活性層を形成する工程を有している。このように、MQW 活性層内のバリア層を窒素および全キャリアガス流量に対して 2 パーセント以上の割合の水素を含有するキャリアガスを用いて結晶成長させている。このようにして、MQW 活性層である発光層の結晶性を向上させて ESD 耐圧時の電流を、結晶性の悪い部分への電流集中を防ぐことにより、ESD 耐圧を向上させることができる。

先行技術文献

特許文献

[0009] 特許文献 1：特開 2004-356442 号公報

特許文献 2：特開 2004-112002 号公報

特許文献 3：特開 2006-203160 号公報

特許文献 4：特開 2009-231591 号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

- [0010] 上記従来 of いずれの構成においてもなお、半導体発光素子の静電耐圧は十分ではなく、また、発光強度や駆動電圧に対して、静電耐圧はトレードオフの関係にある。特に、基板の欠陥密度の大小や欠陥準位など、基板の欠陥（貫通電位）によって逆方向電流にばらつきがあるため、ESD耐圧が劣化するという問題があった。
- [0011] 一方、特許文献3では、P電極とn電極間を所定の抵抗値を持った抵抗体で配線しているものの、P電極とn電極とを完全にショートさせてしまうと光らなくなるし、抵抗体を所定の抵抗値に安定的に製造するのが困難であって、トンネル接合構造と言っても正方向にも電流が流れるので発光効率が低下するし、ESD耐圧時に逆方向の電流だけを良好にショートさせるのも困難であり、さらに、P電極とn電極間の大きい段差を、所定の抵抗値を持った抵抗体で配線して接続するのも、段切れなど製造上の問題もある。
- [0012] また、特許文献4では、MQW活性層内のバリア層を窒素および全キャリアガス流量に対して2パーセント以上の割合の水素を含有するキャリアガスを用いて結晶成長させる場合に、実際、理想的な結晶を得るのは困難であり、水素の量を多くすると、エッチングが起こって成膜ではなく膜が減る方向に作用して結晶成長が行われない虞がある。
- [0013] 本発明は、上記従来 of 問題を解決するもので、発光強度や駆動電圧を悪化させることなく静電耐圧を向上させることができる窒化物半導体発光素子およびそ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

- [0014] 本発明の窒化物半導体発光素子は、単結晶性基板上に多重量子井戸構造の発光層が形成された窒化物半導体発光素子において、該発光層のn電極側に、 $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ ($0 < x < 0.3$) からなる第1の層とGaNからなる第2の層とを交互に積層した多重層を有し、該多重量子井戸構造の発光層の井戸層は少なくともInを含む $\text{In}_y\text{Ga}_{1-y}\text{N}$ ($0 \leq y < 0.3$) からなり、該多重層の少なくとも第1の層に、一導電型不純物がその濃度として 5×1

$0.16 \text{ cm}^{-3} \sim 1 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ の範囲で添加されて、該発光層が受ける静電破壊エネルギー (mJ / cm^2) が20以上40以下とされているものであり、そのことにより上記目的が達成される。

[0015] また、好ましくは、本発明の窒化物半導体発光素子における所定項目の逆方向電気特性をパラメータとして、前記発光層が受ける静電破壊エネルギー (mJ / cm^2) と前記多重層の一導電型不純物の濃度との関係を示す特性曲線において、該静電破壊エネルギー (mJ / cm^2) の極小値に該一導電型不純物の濃度が設定されている。

[0016] さらに、好ましくは、本発明の窒化物半導体発光素子における逆方向電気特性は、前記n電極から前記単結晶性基板側に流れる逆方向電流値である。

[0017] さらに、好ましくは、本発明の窒化物半導体発光素子における逆方向電気特性は、逆方向電圧印加時の静電容量値である。

[0018] さらに、好ましくは、本発明の窒化物半導体発光素子における発光層が受ける静電破壊エネルギー (mJ / cm^2) が20以上35以下とされている。

[0019] さらに、好ましくは、本発明の窒化物半導体発光素子における逆方向電気特性は、過渡容量分光法または等温過渡容量法によって測定された欠陥準位である。

[0020] さらに、好ましくは、本発明の窒化物半導体発光素子における一導電型不純物がその濃度として $1 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3} \sim 1 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ の範囲で添加されている。

[0021] さらに、好ましくは、本発明の窒化物半導体発光素子における一導電型不純物は、n導電型不純物のSiである。

[0022] 本発明の窒化物半導体発光素子の製造方法は、窒化物半導体発光素子構造を有機金属化学気相成長法により単結晶性基板上に形成する第1の工程と、該窒化物半導体発光素子構造に対してp電極およびn電極を形成する第2の工程と、逆方向電気特性を測定する第3の工程とを有し、該逆方向電気特性を用いて次回からの該第1の工程において、該単結晶性基板上に形成された多重量子井戸構造の発光層のn電極側に設けた多重層の少なくとも第1の層

に、該発光層が受ける静電破壊エネルギー (mJ/cm^2) を 20 以上 40 以下になるように、一導電型不純物の濃度が $5 \times 10^{16} \text{cm}^{-3} \sim 1 \times 10^{18} \text{cm}^{-3}$ の範囲で該一導電型不純物を添加するものであり、そのことにより上記目的が達成される。

[0023] また、好ましくは、本発明の窒化物半導体発光素子の製造方法において、所定項目の逆方向電気特性をパラメータとして、前記発光層が受ける静電破壊エネルギー (mJ/cm^2) と前記多重層の一導電型不純物の濃度との関係を示す特性曲線を予め求めておき、前記第 3 の工程で求めた逆方向電気特性をパラメータとする特性曲線において、前記多重層の少なくとも第 1 の層の一導電型不純物の濃度を、該静電破壊エネルギー (mJ/cm^2) の極小値に対応する該多重層の一導電型不純物の濃度に制御する。

[0024] さらに、好ましくは、本発明の窒化物半導体発光素子の製造方法における一導電型不純物の濃度の制御は、 SiH_4 ガス流量または $\text{SiH}(\text{CH}_3)_3$ ガス流量を制御することにより行う。

[0025] さらに、好ましくは、本発明の窒化物半導体発光素子の製造方法における逆方向電気特性は、前記 n 電極から前記単結晶性基板側に流れる逆方向電流値である。

[0026] さらに、好ましくは、本発明の窒化物半導体発光素子の製造方法における逆方向電気特性は、逆方向 AC 電圧印加時の静電容量値である。

[0027] さらに、好ましくは、本発明の窒化物半導体発光素子の製造方法における逆方向電気特性は、過渡容量分光法または等温過渡容量法によって測定された欠陥準位である。

[0028] 上記構成により、以下、本発明の作用を説明する。

[0029] 本発明の窒化物半導体発光素子においては、単結晶性基板上に形成された多重量子井戸構造の発光層の n 電極側に設けられた多重層の少なくとも第 1 の層に、一導電型不純物がその濃度として $5 \times 10^{16} \text{cm}^{-3} \sim 1 \times 10^{18} \text{cm}^{-3}$ の範囲で添加されて、発光層が受ける静電破壊エネルギー (mJ/cm^2) が 20 以上 40 以下とされている。具体的には、所定項目の逆方向電気特性

をパラメータとして、発光層が受ける静電破壊エネルギー (mJ/cm^2) と多重層の一導電型不純物の濃度との関係を示す特性曲線において、静電破壊エネルギー (mJ/cm^2) の極小値に一導電型不純物の濃度が設定されている。

[0030] これによって、発光層の n 電極側に、 $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ ($0 < x < 0.3$) からなる第 1 の層と GaN からなる第 2 の層とを交互に積層した多重層の少なくとも第 1 の層に、不純物濃度が $5 \times 10^{16} \text{cm}^{-3} \sim 1 \times 10^{18} \text{cm}^{-3}$ の範囲になるように不純物を添加して、発光層が受ける静電破壊エネルギー (mJ/cm^2) が 20 以上 40 以下とすることにより、静電破壊の原因となる高電圧の電荷が発光層に印加されるときエネルギーを発光層に印加されないようなインピーダンスとなるような多重層の不純物濃度に制御するので、発光強度や駆動電圧を悪化させることなく静電耐圧を向上させることが可能となる。

発明の効果

[0031] 以上により、本発明によれば、不純物濃度が $5 \times 10^{16} \text{cm}^{-3} \sim 1 \times 10^{18} \text{cm}^{-3}$ の範囲になるように多重層に不純物を添加して、発光層が受ける静電破壊エネルギー (mJ/cm^2) が 20 以上 40 以下とすることにより、静電破壊の原因となる高電圧の電荷が発光層に印加されるときエネルギーを発光層に印加されないようなインピーダンスとなるような多重層の不純物濃度に制御するため、発光強度や駆動電圧を悪化させることなく静電耐圧を向上させることができる。

図面の簡単な説明

[0032] [図1]本発明の実施形態 1 における窒化物半導体発光素子の要部構成例を示す縦断面図である。

[図2]図 1 の発光層が受ける静電破壊エネルギー (mJ/cm^2) と図 1 の多重層の Si 密度 (cm^{-3}) との関係を示す特性曲線として示す図である。

[図3]図 1 の窒化物半導体発光素子 1 の製造方法における各製造工程を示す流れ図である。

[図4]特許文献 1 に開示されている従来の窒化物系化合物半導体発光素子の縦

断面図である。

符号の説明

- [0033]
- 1 窒化物半導体発光素子
 - 2 サファイヤ基板
 - 3 バッファ層
 - 4 ノンドープGaN層
 - 5 n型コンタクト層
 - 6 多重層
 - 7 多重量子井戸構造の発光層
 - 8 電子ブロック層
 - 9 p型コンタクト層
 - 10 透光性薄膜電極
 - 12 n電極
 - 11 p電極
 - 13 保護膜

発明を実施するための形態

- [0034] 以下に、本発明の窒化物半導体発光素子およびその製造方法の実施形態1について図面を参照しながら詳細に説明する。

- [0035] (実施形態1)

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

- [0036] 図1において、本実施形態1の窒化物半導体発光素子1は、表面に凹凸が形成された厚さ約300 μ mの基板として例えばサファイヤ基板2の上に、窒化アルミニウム(AlN)から成る膜厚約15nmのバッファ層3が成膜され、その上にノンドープのGaNから成る膜厚約500nmのノンドープGaN層4が成膜されている。これらのサファイヤ基板2、バッファ層3およびノンドープGaN層4が単結晶性基板を構成している。

- [0037] さらに、本実施形態1の窒化物半導体発光素子1において、この単結晶性

基板上にシリコン (Si) を $1 \times 10^{18} / \text{cm}^3$ ドープした GaN からなる膜厚約 $5 \mu\text{m}$ の n 型コンタクト層 5 (高キャリア濃度 n^+ 層) が形成されている。この n 型コンタクト層 5 上に多重層 6 が形成され、この多重層 6 上には多重量子井戸構造の発光層 7 が形成されている。

[0038] この多重層 6 は、 $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ ($0 < x < 0.3$) からなる第 1 の層と GaN からなる第 2 の層とを交互に複数積層されている。この多重層 6 は、ここでは例えば、膜厚 3 nm の $\text{In}_{0.03}\text{Ga}_{0.97}\text{N}$ からなる第 1 の層と、膜厚 20 nm の GaN からなる第 2 の層とを 5 ペア積層している。この多重層 6 のうちの第 1 の層に、一導電型不純物として Si がその濃度として、 $5 \times 10^{16} \text{ cm}^{-3} \sim 1 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ (さらに好ましくは、 $1 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3} \sim 1 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$) の範囲で添加されて、発光層 7 が受ける静電破壊エネルギー (mJ / cm^2) が 20 以上 40 以下 (さらに好ましくは、20 以上 35 以下) とされている。具体的には、所定項目の逆方向電気特性 (逆方向電流) をパラメータとして、発光層 7 が受ける静電破壊エネルギー (mJ / cm^2) と多重層 6 の第 1 層における Si 濃度との関係を示す特性曲線 (図 2 の曲線 A~C) において、静電破壊エネルギー (mJ / cm^2) の極小値に対応する Si の濃度に設定されている。

[0039] 多重量子井戸構造の発光層 7 の井戸層は少なくとも In を含む $\text{In}_y\text{Ga}_{1-y}\text{N}$ ($0 \leq y < 0.3$) からなっている。このように、多重量子井戸構造の発光層 7 は、ここでは例えば、膜厚 3 nm の $\text{In}_{0.2}\text{Ga}_{0.8}\text{N}$ から成る井戸層と、膜厚 20 nm の GaN から成る障壁層とを 3 ペア積層している。

[0040] さらに、本実施形態 1 の窒化物半導体発光素子 1 において、この発光層 7 上に、Mg を $2 \times 10^{19} / \text{cm}^3$ ドープした膜厚 25 nm の p 型 $\text{Al}_{0.15}\text{Ga}_{0.85}\text{N}$ からなる p 型層である電子ブロック層 8 が形成され、この電子ブロック層 8 上に、Mg を 8×10^{19} ドープした膜厚 100 nm の p 型 GaN からなる p 型コンタクト層 9 が形成されている。この p 型コンタクト層 9 上には、金属蒸着による透光性薄膜電極 10 (ITO) が形成され、透光性薄膜電極 10 の一部上に p 電極 11 が形成され、一方、n 型コンタクト層 5 の端

部上にはn電極12が形成されている。最上部には、 SiO_2 膜よりなる保護膜13が形成されている。p電極11は、透光性薄膜電極10に直接接合する膜厚約1.5nmのコバルト(Co)よりなる第1層と、このコバルト膜に接合する膜厚約6nmの金(Au)よりなる第2層とで構成されている。

[0041] 発光層7を構成する多重量子井戸構造は、少なくともインジウム(In)を含むIII族窒化物系化合物半導体 $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ ($0 < x < 0.3$)からなる井戸層を含むものである。発光層7の構成は、例えばドープされた、またはアンドープの $\text{In}_y\text{Ga}_{1-y}\text{N}$ ($0 < x < 0.3$)からなる井戸層と、この井戸層よりもバンドギャップの大きい任意の組成のIII族窒化物系化合物半導体 GaN , $\text{In}_y\text{Ga}_{1-y}\text{N}$ ($0 < y < 0.1$)または、 $\text{In}_y\text{Al}_z\text{Ga}_{1-y-z}\text{N}$ ($0 < y < 0.1$, $0 < z < 0.2$)から成る障壁層が挙げられる。好ましい例としてはアンドープの $\text{In}_y\text{Ga}_{1-y}\text{N}$ ($0 < x < 0.3$)、 $\text{In}_y\text{Ga}_{1-y}\text{N}$ ($0 < y < 0.1$)からなる障壁層が挙げられる。

[0042] 発光層7のn電極12側に設けられる多重層6は、発光層7を形成する少なくともインジウム(In)を含むIII族窒化物系化合物半導体 $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ ($0 < y < 1$, $0 < z < 1$)から成る井戸層のインジウム(In)の組成 z よりも小さいインジウム(In)の組成 x の $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ ($0 < x < 1$)から成る層と GaN から成る層により形成される。このとき、多重層6を形成する $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ ($0 < x < 1$)から成る層のインジウム(In)の組成 x は、0.02以上0.07以下、より好ましくは、0.03以上0.05以下が好ましい。

[0043] 発光層7のn電極12側に設けられる多重層6の $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ ($0 < x < 1$)からなる層の膜厚は、0.5nm以上6nm以下であることが好ましく、0.5nm以上4nm以下であることがより好ましい。以下に発光特性を記すが、 $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ ($0 < x < 1$)からなる層の膜厚が6nmを越えると、駆動電圧 V_f が大幅に上昇することが判明している。0.5nm未満となると、その膜厚の調整が困難となるので、避けるべきである。一方、多重層6の GaN から成る層は、少なくとも10~40nmの範囲では素子特

性に大きな変化を生じないことが判明している。多重層 6 の $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ ($0 < x < 1$) からなる層の厚さの発光層の井戸層の厚さに対する比は、0.1 以上 2 以下とすることが望ましい。より望ましくは、発光層 7 の井戸層の厚さ以下に多重層 6 の $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ ($0 < x < 1$) からなる層の厚さを調節する。一方、多重層 6 の GaN からなる層の厚さの発光層の障壁層の厚さに対する比は、0.5 以上 4 以下であることが望ましい。より望ましくは、発光層 7 の障壁層の厚さ以上に多重層 6 の GaN から成る層の厚さを調節することが望ましい。

[0044] 発光層 7 の n 電極 12 側に設けられる多重層 6 の $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ ($0 < x < 1$) からなる層の数は 1 以上 7 以下とすることが望ましく、より好ましくは、1 以上 5 以下とするとよい。

[0045] III 族窒化物系化合物半導体発光素子などの窒化物半導体発光素子 1 は、上記の発明の主たる構成に係る限定の他は、任意の構成を取ることができる。また、発光素子は発光ダイオード (LED)、レーザダイオード (LD)、フォトカップラ、その他の任意の発光素子としてよい。特に、本発明に係る III 族窒化物系化合物半導体発光素子などの窒化物半導体発光素子 1 の製造方法としては任意の製造方法を用いることができる。

[0046] 具体的には、結晶成長させる基板としては、サファイヤ、スピネル、 Si 、 SiC 、 ZnO 、 MgO または、III 族窒化物系化合物単結晶などを用いることができる。III 族窒化物系化合物半導体層を結晶成長させる方法としては、分子線気相成長法 (MBE)、有機金属気相成長法 (MOCVD)、ハライド気相成長法 (HDVPE)、液相成長法等が有効である。

[0047] 電極形成層などの III 族窒化物半導体層は、少なくとも $\text{Al}_x\text{Ga}_y\text{In}_{1-x-y}\text{N}$ ($0 \leq x \leq 1$, $0 \leq y \leq 1$, $0 \leq x + y \leq 1$) にて表される 2 元系、3 元系または 4 元系の半導体から成る III 族窒化物系化合物半導体で形成することができる。

[0048] ここで、本実施形態 1 の窒化物半導体発光素子 1 の特徴構成として、多重層 6 が、 $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ ($0 < x < 0.3$) からなる第 1 の層と GaN から

なる第2の層とを交互に積層し、この多重層6のうちの第1の層に、一導電型不純物としてのS i が濃度 $5 \times 10^{16} \text{ cm}^{-3} \sim 1 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ (さらに好ましくは、 $1 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3} \sim 1 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$) の範囲で添加されて、発光層7が受ける静電破壊エネルギー (mJ / cm^2) が20以上40以下 (さらに好ましくは、20以上35以下) とされている。この本実施形態1の窒化物半導体発光素子1の特徴構成について、以下に更に詳細に説明する。

[0049] 図2は、図1の発光層7が受ける静電破壊エネルギー (mJ / cm^2) と図1の多重層6のS i 密度 (cm^3) との関係を特性曲線として示す図である。

[0050] 図2に示すように、縦軸の静電破壊エネルギー (mJ / cm^2) が高いほど発光層7が破壊される確率が高く、横軸がS i のドーピング量を示すS i 濃度 (cm^3) である。この場合、Ga N層でアンドープの材料の状態ではS i 濃度が 1×10^{16} である。静電破壊エネルギー (mJ / cm^2) はアンドープの方向 (横軸の左方向) で高くなって、発光層7が破壊される確率が高くなっている。S i 濃度をアンドープ状態 (1×10^{16}) から横軸の右方向に徐々に上げていくと、静電破壊エネルギー (mJ / cm^2) の最も低いボトムポイント (極小値) があり、ここで最も発光層7が破壊しにくくなる。これは、この静電破壊エネルギー (mJ / cm^2) の最も低いボトムポイント (極小値) では、トンネル接続現象が発光層7に生じて電流を逃がしてしまうことに起因している。多重層6のS i 濃度をアンドープ状態 (1×10^{16}) では電流が流れないためにESD耐圧試験時に例えば1500Vが発光層7に直にかかってしまい発光層7が容易に破壊してしまう。また、静電破壊エネルギー (mJ / cm^2) が最も低いボトムポイント (極小値) からS i 濃度を更に上げていくと、静電破壊エネルギー (mJ / cm^2) が上昇して発光層7が破壊する確率が高くなっていく。その後、S i 濃度を更に上げると、静電破壊エネルギー (mJ / cm^2) が最も高いピークポイント (極大値) が存在する。この最も高いピークポイント (極大値) を超えると、静電破壊エネルギー (mJ / cm^2) が下がって発光層7が破壊されにくい方向に移る。ところが、S i 濃度が $1 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ を超えると、リーク電流が増加して発光効率が大幅に低下する

光出力低下領域に入ってしまう。

[0051] したがって、多重層6のSi濃度をアンドープ状態 (1×10^{16}) から、静電破壊エネルギー (mJ/cm^2) が最も低いボトムポイント (極小値)、さらにピークポイント (極大値) になるまでの間の多重層6のSi密度 (cm^{-3})、即ち、Si濃度 $5 \times 10^{16} \text{cm}^{-3} \sim 1 \times 10^{18} \text{cm}^{-3}$ (さらに好ましくは、 $1 \times 10^{17} \text{cm}^{-3} \sim 1 \times 10^{18} \text{cm}^{-3}$) の範囲に設定すれば、リーク電流による発光効率も良好でかつ耐圧も高い発光素子となる。この場合に、図2の特性曲線Cのように、パラメータの逆方向電流値によっては、Si濃度が $1 \times 10^{17} \text{cm}^{-3} \sim 1 \times 10^{18} \text{cm}^{-3}$ の範囲内であっても、静電破壊エネルギー (mJ/cm^2) が高い場合があり得るので、発光層7が受ける静電破壊エネルギー (mJ/cm^2) が20以上40以下 (さらに好ましくは、20以上35以下) としている。

[0052] また、基板の種類や生産ロットによって、このシリコンドーピング量 (Si濃度) の最適値が異なることから、GaN層4を介して基板2に流れるリーク電流を示す逆方向電流を、所定項目の逆方向電気特性のパラメータにして、シリコンドーピング量 (Si濃度) の設定をする必要がある。

[0053] 図2の曲線Aに示すように逆方向電流が $0.7 \mu\text{A}/\text{cm}^2$ のときに、静電破壊エネルギー (mJ/cm^2) が極小値となる多重層6のSi濃度は $3 \times 10^{17} \text{cm}^{-3}$ または $9 \times 10^{17} \text{cm}^{-3}$ である。また、図2の曲線Bに示すように逆方向電流が $70 \mu\text{A}/\text{cm}^2$ のときに、静電破壊エネルギー (mJ/cm^2) が極小値となる多重層6のSi濃度は $6 \times 10^{17} \text{cm}^{-3}$ である。さらに、図2の曲線Cに示すように逆方向電流が $7 \text{mA}/\text{cm}^2$ のときに静電破壊エネルギー (mJ/cm^2) が極小値となる多重層6のSi濃度は $2 \times 10^{17} \text{cm}^{-3}$ である。これらの極小値となる静電破壊エネルギー (mJ/cm^2) は、20以上40以下 (さらに好ましくは、20以上35以下) である。

[0054] したがって、基板の種類や生産ロット毎に、所定項目の逆方向電気特性のパラメータとして、基板側に抜ける逆方向電流を測定し、その測定した逆方向電流をパラメータとして予め求められた静電破壊エネルギー/Si密度の曲

線における静電破壊エネルギーが極小となるSi濃度（Si密度）となるように、多重層6をシリコンドーピングすれば、発光強度や駆動電圧を悪化させることなく最も静電破壊しにくく、静電耐圧を向上させることができる。この場合に、図2から静電破壊エネルギーは $20\text{ mJ} / \text{cm}^2$ 以上 $40\text{ mJ} / \text{cm}^2$ 以下程度であればよい。さらに好ましくは、静電破壊エネルギーが $20\text{ mJ} / \text{cm}^2$ 以上 $35\text{ mJ} / \text{cm}^2$ 以下であればよい。

[0055] 上記構成の窒化物半導体発光素子1の製造方法について説明する。

[0056] 図3は、図1の窒化物半導体発光素子1の製造方法における各製造工程を示す流れ図である。

[0057] 図3に示すように、本実施形態1の窒化物半導体発光素子1の製造方法は、ステップS1でサファイヤ基板2を所定位置に受け入れるサファイヤ基板2の基板受け入れ工程と、ステップS2でサファイヤ基板2の表面に凹凸を形成するサファイヤ表面凹凸加工工程と、ステップS3でMOCVD法により、ステップS3で、サファイヤ基板2の表面凹凸加工面上に、バッファ層3、ノンドープGaN層4、n型コンタクト層5、多重層6、多重量子井戸構造の発光層7、電子ブロック層8およびp型コンタクト層9をこの順に順次形成するMOCVD工程と、ステップS4でp型コンタクト層9上に透光性薄膜電極10を形成する透光性電極形成工程と、ステップS5で、基板端部をn型コンタクト層5の途中までエッチング除去してn型コンタクト層5の端部を露出させ、n型コンタクト層5の端部表面上にn電極12を形成すると共に、透光性薄膜電極10の一部表面上にp電極11を形成するn電極およびp電極形成工程と、ステップS6で、透光性薄膜電極10、p電極11、n電極12およびn型コンタクト層5の露出表面、さらにエッチング除去側面に耐湿度用などに保護層13を形成する保護層形成工程と、ステップS7で、p電極11およびn電極12上の保護層13をそれぞれ開口する電極開口部工程と、ステップS8で、n電極12からノンドープGaN層4を介してサファイヤ基板2に電流が抜ける逆方向電流値を測定する測定検査工程とを有している。

[0058] このステップS 8の測定検査工程で得た基板やロット特有の逆方向電流値をステップS 3のMOCVD工程の多重層6の形成時にフィードバックし、ステップS 3のMOCVD工程で、多重層6を形成時に、このフィードバックされた逆方向電流値をパラメータとした特性曲線において、静電破壊エネルギー／Si密度の特性曲線における静電破壊エネルギーが極小となるSi濃度（Si密度）となるように、多重層6をシリコンドーピングする。要するに、多重層6を形成時に逆方向電流値をフィードバックし、多重層6に対してシリコン（Si）のドーピング量を、静電破壊エネルギー（ mJ/cm^2 ）が最も低いSi濃度に可変する。

[0059] 要するに、本実施形態1の窒化物半導体発光素子1の製造方法は、窒化物半導体発光素子構造を有機金属化学気相成長法によりサファイア基板2上に形成する第1の工程と、p電極11およびn電極12を形成する第2の工程と、逆方向電気特性として逆方向電流値を測定する第3の工程とを有する窒化物半導体発光素子1の製造工程において、n導電型不純物のSi濃度を第3の工程で測定される窒化物半導体発光素子1の逆方向電気特性値である逆方向電流値を用いて、その測定結果の逆方向電流値がパラメータである上記特性曲線を選択し、この選択した特性曲線に基づいて、静電破壊エネルギーが極小となるSi濃度に、第1の工程のn導電型不純物のSi濃度を制御する。

[0060] この場合、n導電型不純物のSi濃度の制御は、 SiH_4 ガス流量または $\text{SiH}(\text{CH}_3)_3$ ガス流量を制御することにより行う。静電破壊の原因となる高電圧の電荷が発光素子に印加されるときエネルギーを発光素子に印加されないようなインピーダンスとなるようなn型不純物濃度に有機金属化学気相成長装置のガス流量によりn導電型不純物の濃度を制御することにより、光出力を劣化させることなく、静電破壊耐性を向上させることができる。

[0061] 以上により、本実施形態1によれば、単結晶性基板2上に、多重量子井戸構造の発光層7を有する窒化物半導体発光素子1において、発光層7のn電極12側に、 $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ （ $0 < x < 0.3$ ）からなる第1の層と、G

a Nからなる第2の層とを交互に複数積層した多重層6を有し、多重量子井戸構造の発光層7の井戸層は少なくともInを含む $\text{In}_y\text{Ga}_{1-y}\text{N}$ ($0 \leq y < 0.3$) からなり、多重層6の第1の層に、n導電型不純物がその濃度として $5 \times 10^{16} \text{ cm}^{-3} \sim 1 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ の範囲で添加されて、発光層7が受ける静電破壊エネルギー (mJ / cm^2) が20以上40以下とされていること、具体的には、測定結果の逆方向電流値がパラメータである上記特性曲線に基づいて、静電破壊エネルギーが極小となるSi濃度で、多重層6の第1の層に、n導電型不純物のSiをイオン注入することにより、光出力を劣化させることなく、静電耐圧をより向上させることができる。

[0062] なお、本実施形態1では、多重層6の第1の層に、n導電型不純物がその濃度として $5 \times 10^{16} \text{ cm}^{-3} \sim 1 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ の範囲で添加されて、発光層7が受ける静電破壊エネルギー (mJ / cm^2) が20以上40以下とされていること、その一例として、測定検査工程での測定結果の逆方向電流値がパラメータである上記特性曲線に基づいて、静電破壊エネルギーが極小となるSi濃度で、多重層6の第1の層にn導電型不純物のSiをイオン注入する場合について説明したが、これに限らず、測定検査工程での測定結果の逆方向電流値がパラメータである上記特性曲線に基づいて、静電破壊エネルギーが極小となる前後の所定範囲のSi濃度で、多重層6の第1の層にn導電型不純物のSiをイオン注入してもよい。要するに、多重層6の第1の層に、n導電型不純物がその濃度として $5 \times 10^{16} \text{ cm}^{-3} \sim 1 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ の範囲で添加されて、発光層7が受ける静電破壊エネルギー (mJ / cm^2) が20以上40以下とされていればよい。

[0063] この場合、本実施形態1では、多重層6の第1の層のSi濃度を制御したが、これに限らず、多重層6の第1の層および第2の層のそれぞれのSi濃度を制御してもよい。要するに、多重層6の第1の層のSi濃度を制御すればよい。

[0064] なお、本実施形態1では、所定項目の逆方向電気特性としての逆方向電流値をパラメータとして、発光層7が受ける静電破壊エネルギー (mJ / cm^2)

と多重層 6 の S_i 濃度との関係を示す特性曲線を予め求めておき、測定検査工程で求めた逆方向電流値をパラメータとする特性曲線に基づいて、多重層 6 の少なくとも第 1 の層の S_i 濃度を、静電破壊エネルギー (mJ/cm^2) の極小値または、その前後の値に対応する多重層 6 の S_i 濃度に制御している場合について説明したが、逆方向電気特性値は上記逆方向電流値に限らず、逆方向 AC 電圧印加時の静電容量値であってもよい。

[0065] この場合、所定項目の逆方向電気特性としての逆方向 AC 電圧印加時の静電容量値をパラメータとして、発光層 7 が受ける静電破壊エネルギー (mJ/cm^2) と多重層 6 の S_i 濃度との関係を示す特性曲線を予め求めておき、測定検査工程で求めた逆方向 AC 電圧印加時の静電容量値をパラメータとする特性曲線に基づいて、多重層 6 の少なくとも第 1 の層の S_i 濃度を、静電破壊エネルギー (mJ/cm^2) の極小値または、その前後の値に対応する多重層 6 の S_i 濃度に制御することになる。所定項目の逆方向電気特性としての逆方向 AC 電圧印加時の静電容量値をパラメータとする特性曲線も、図 2 に示す所定項目の逆方向電気特性としての逆方向電流値をパラメータとする特性曲線と同様に極小値や極大値を持つ同様の特性曲線となっている。要するに、逆方向 AC 電圧印加時の静電容量値をパラメータとする特性曲線についても、本発明に適用することができる。即ち、逆方向 AC 電圧印加時の静電容量値の違い毎に多重層 6 の S_i 濃度に対する静電破壊エネルギー (mJ/cm^2) の関係が、逆方向電流値毎に、多重層 6 の S_i 濃度に対する静電破壊エネルギー (mJ/cm^2) の関係が存在するのと同様に存在する。

[0066] なお、本実施形態 1 では、所定項目の逆方向電気特性としての逆方向電流値をパラメータとして、発光層 7 が受ける静電破壊エネルギー (mJ/cm^2) と多重層 6 の S_i 濃度との関係を示す特性曲線を予め求めておき、測定検査工程で求めた逆方向電流値をパラメータとする特性曲線に基づいて、多重層 6 の少なくとも第 1 の層の S_i 濃度を、静電破壊エネルギー (mJ/cm^2) の極小値または、その前後の値（発光層が受ける静電破壊エネルギーが 20 以上 40 以下の値）に対応する多重層 6 の S_i 濃度に制御している場合について

説明したが、逆方向電気特性値としては上記逆方向電流値に限らず、逆方向電気特性値は過渡容量分光法（DLTS）または等温過渡容量法（ICTS）によって測定された欠陥準位であってもよい。

[0067] この場合、図3のステップS8の測定検査工程で逆方向電流値の測定を行う代わりに、チップ化工程の後の工程で、過渡容量分光法（DLTS）および等温過渡容量法（ICTS）によって欠陥準位を測定し、図3のステップS3のMOCVD工程にフィードバックし、測定した欠陥準位をパラメータとして、多重層6のSi濃度に対する静電破壊エネルギー（ mJ/cm^2 ）の関係を示す特性曲線に基づいて、多重層6の少なくとも第1の層のSi濃度を、静電破壊エネルギー（ mJ/cm^2 ）の極小値または、その前後の値（発光層が受ける静電破壊エネルギーが20以上40以下の値）に対応する多重層6のSi濃度に制御する。所定項目の逆方向電気特性としての欠陥準位をパラメータとする特性曲線も、図2に示す所定項目の逆方向電気特性としての逆方向電流値をパラメータとする特性曲線と同様に極小値や極大値を持つ同様の特性曲線となっている。要するに、欠陥準位をパラメータとする特性曲線についても、本発明に適用することができる。即ち、欠陥準位の違い毎に多重層6のSi濃度に対する静電破壊エネルギー（ mJ/cm^2 ）の関係が、図2に示すように、逆方向電流値毎に、多重層6のSi濃度に対する静電破壊エネルギー（ mJ/cm^2 ）の関係が存在するのと同様に存在する。

[0068] 以上のように、本発明の好ましい実施形態1を用いて本発明を例示してきたが、本発明は、この実施形態1に限定して解釈されるべきものではない。本発明は、特許請求の範囲によってのみその範囲が解釈されるべきであることが理解される。当業者は、本発明の具体的な好ましい実施形態1の記載から、本発明の記載および技術常識に基づいて等価な範囲を実施することができることが理解される。本明細書において引用した特許、特許出願および文献は、その内容自体が具体的に本明細書に記載されているのと同様にその内容が本明細書に対する参考として援用されるべきであることが理解される。

産業上の利用可能性

[0069] 本発明は、緑、青および紫外領域の窒化物系化合物半導体発光素子などの窒化物半導体発光素子およびその製造方法の分野において、発光層のn電極側に、 $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ ($0 < x < 0.3$) からなる第1の層とGaNからなる第2の層とを交互に積層した多重層の少なくとも第1の層に、不純物濃度が $5 \times 10^{16} \text{ cm}^{-3} \sim 1 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ の範囲になるように多重層に不純物を添加して、発光層が受ける静電破壊エネルギー (mJ / cm^2) が20以上40以下とすることにより、静電破壊の原因となる高電圧の電荷が発光層に印加されるときエネルギーを発光層に印加されないようなインピーダンスとなるような多重層の不純物濃度に制御するため、発光強度や駆動電圧を悪化させることなく静電耐圧を向上させることができる。

請求の範囲

- [請求項1] 単結晶性基板上に多重量子井戸構造の発光層が形成された窒化物半導体発光素子において、
- 該発光層のn電極側に、 $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ ($0 < x < 0.3$) からなる第1の層とGaNからなる第2の層とを交互に積層した多重層を有し、該多重量子井戸構造の発光層の井戸層は少なくともInを含む $\text{In}_y\text{Ga}_{1-y}\text{N}$ ($0 \leq y < 0.3$) からなり、該多重層の少なくとも第1の層に、一導電型不純物がその濃度として $5 \times 10^{16} \text{ cm}^{-3} \sim 1 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ の範囲で添加されて、該発光層が受ける静電破壊エネルギー (mJ / cm^2) が20以上40以下とされている窒化物半導体発光素子。
- [請求項2] 所定項目の逆方向電気特性をパラメータとして、前記発光層が受ける静電破壊エネルギー (mJ / cm^2) と前記多重層の一導電型不純物の濃度との関係を示す特性曲線において、該静電破壊エネルギー (mJ / cm^2) の極小値に該一導電型不純物の濃度が設定されている請求項1に記載の窒化物半導体発光素子。
- [請求項3] 前記逆方向電気特性は、前記n電極から前記単結晶性基板側に流れる逆方向電流値である請求項1に記載の窒化物半導体発光素子。
- [請求項4] 前記逆方向電気特性は、逆方向電圧印加時の静電容量値である請求項1に記載の窒化物半導体発光素子。
- [請求項5] 前記逆方向電気特性は、過渡容量分光法または等温過渡容量法によって測定された欠陥準位である請求項1に記載の窒化物半導体発光素子。
- [請求項6] 前記発光層が受ける静電破壊エネルギー (mJ / cm^2) が20以上35以下とされている請求項1に記載の窒化物半導体発光素子。
- [請求項7] 前記一導電型不純物がその濃度として $1 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3} \sim 1 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ の範囲で添加されている請求項1に記載の窒化物半導体発光素子。

[請求項8] 前記一導電型不純物は、 n 導電型不純物の Si 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] 窒化物半導体発光素子構造を有機金属化学気相成長法により単結晶性基板上に形成する第1の工程と、該窒化物半導体発光素子構造に対して p 電極および n 電極を形成する第2の工程と、逆方向電気特性を測定する第3の工程とを有し、

該逆方向電気特性を用いて次回からの該第1の工程において、該単結晶性基板上に形成された多重量子井戸構造の発光層の n 電極側に設けた多重層の少なくとも第1の層に、該発光層が受ける静電破壊エネルギー (mJ/cm^2) を20以上40以下になるように、一導電型不純物の濃度が $5 \times 10^{16} cm^{-3} \sim 1 \times 10^{18} cm^{-3}$ の範囲で該一導電型不純物を添加する窒化物半導体発光素子の製造方法。

[請求項10] 所定項目の逆方向電気特性をパラメータとして、前記発光層が受ける静電破壊エネルギー (mJ/cm^2) と前記多重層の一導電型不純物の濃度との関係を示す特性曲線を予め求めておき、前記第3の工程で求めた逆方向電気特性をパラメータとする特性曲線において、前記多重層の少なくとも第1の層の一導電型不純物の濃度を、該静電破壊エネルギー (mJ/cm^2) の極小値に対応する該多重層の一導電型不純物の濃度に制御する請求項9に記載の窒化物半導体発光素子の製造方法。

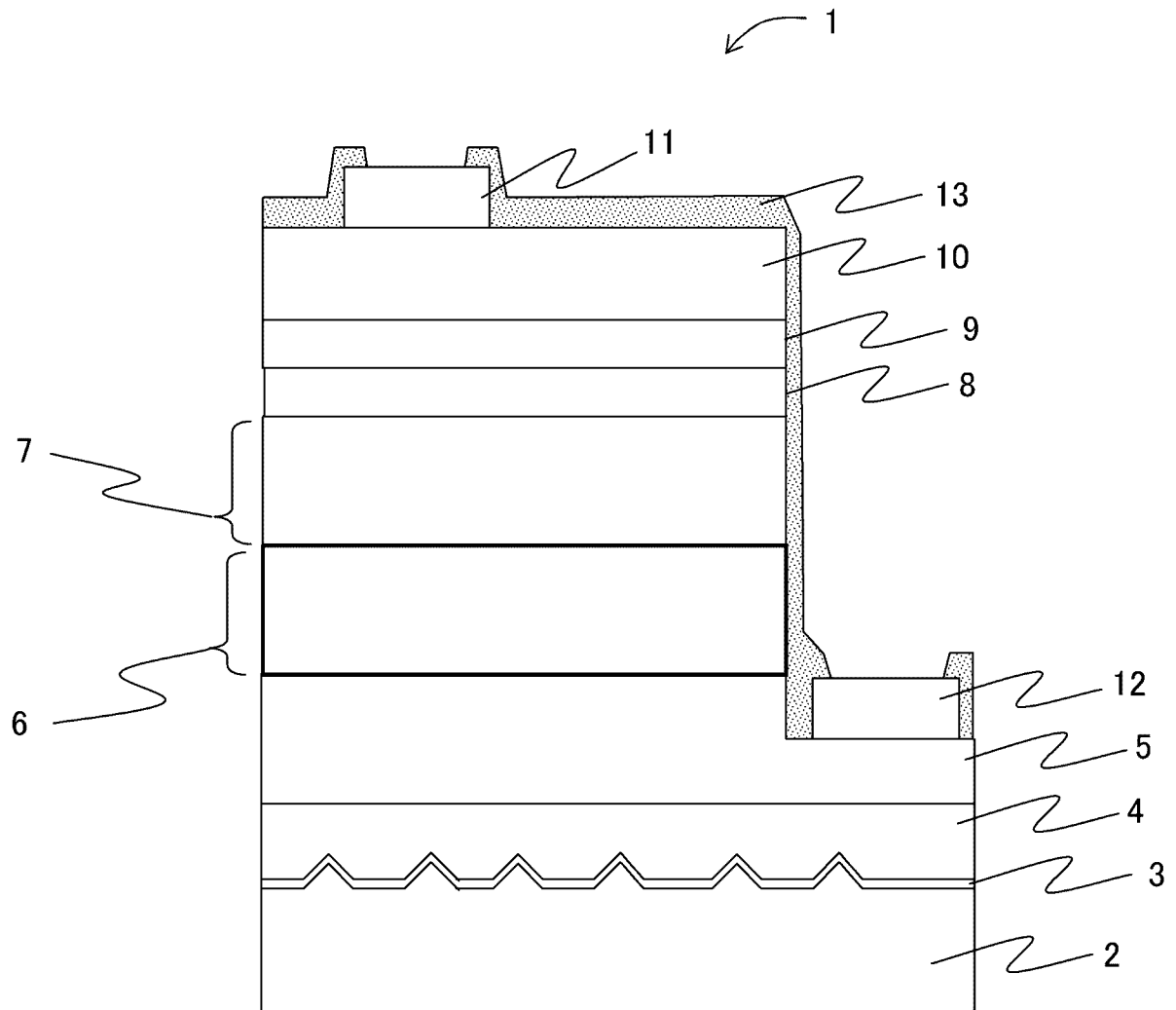
[請求項11] 前記一導電型不純物の濃度の制御は、 SiH_4 ガス流量または $SiH(CH_3)_3$ ガス流量を制御することにより行う請求項10に記載の窒化物半導体発光素子の製造方法。

[請求項12] 前記逆方向電気特性は、前記 n 電極から前記単結晶性基板側に流れる逆方向電流値である請求項9に記載の窒化物半導体発光素子の製造方法。

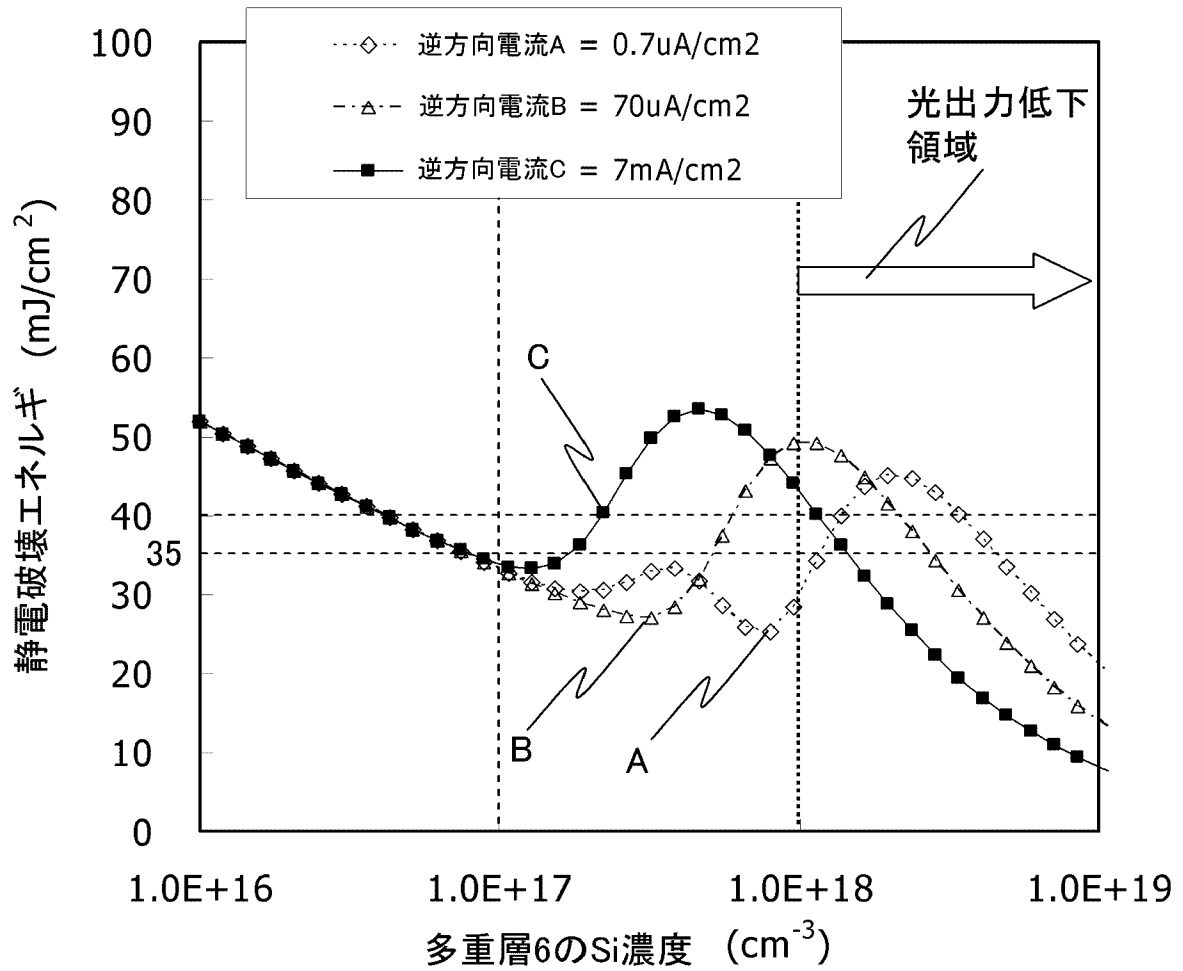
[請求項13] 前記逆方向電気特性は、逆方向AC電圧印加時の静電容量値である請求項9に記載の窒化物半導体発光素子の製造方法

[請求項14] 前記逆方向電気特性は、過渡容量分光法または等温過渡容量法によって測定された欠陥準位である請求項9に記載の窒化物半導体発光素子の製造方法。

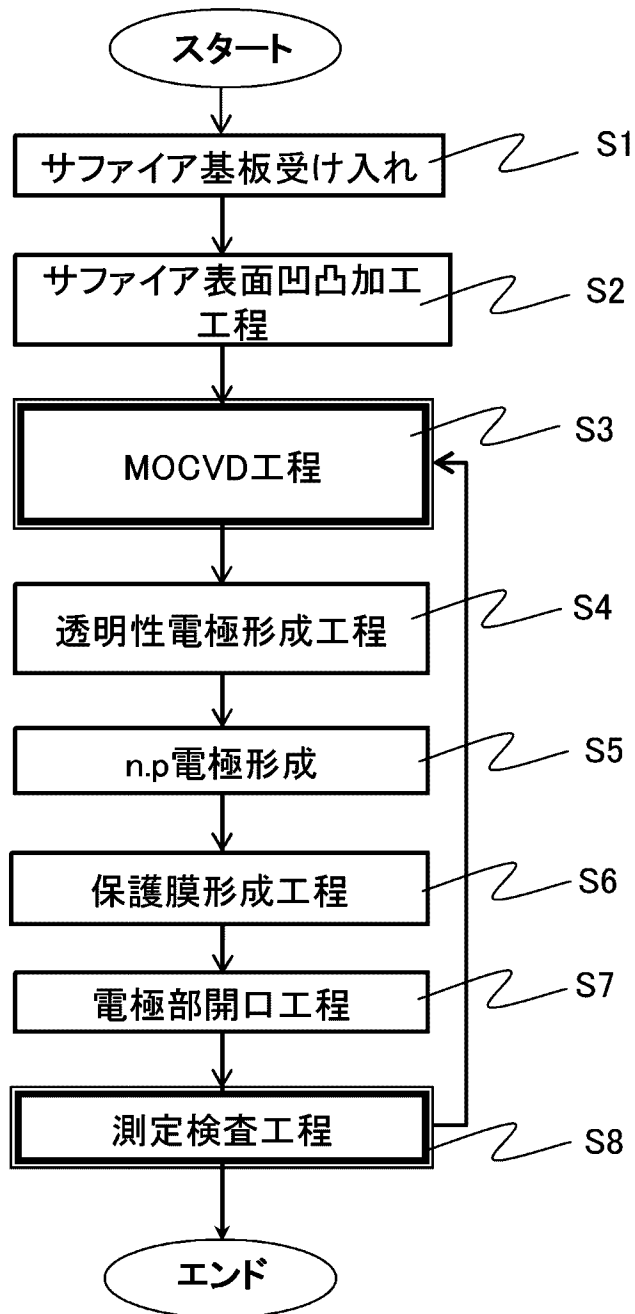
[図1]



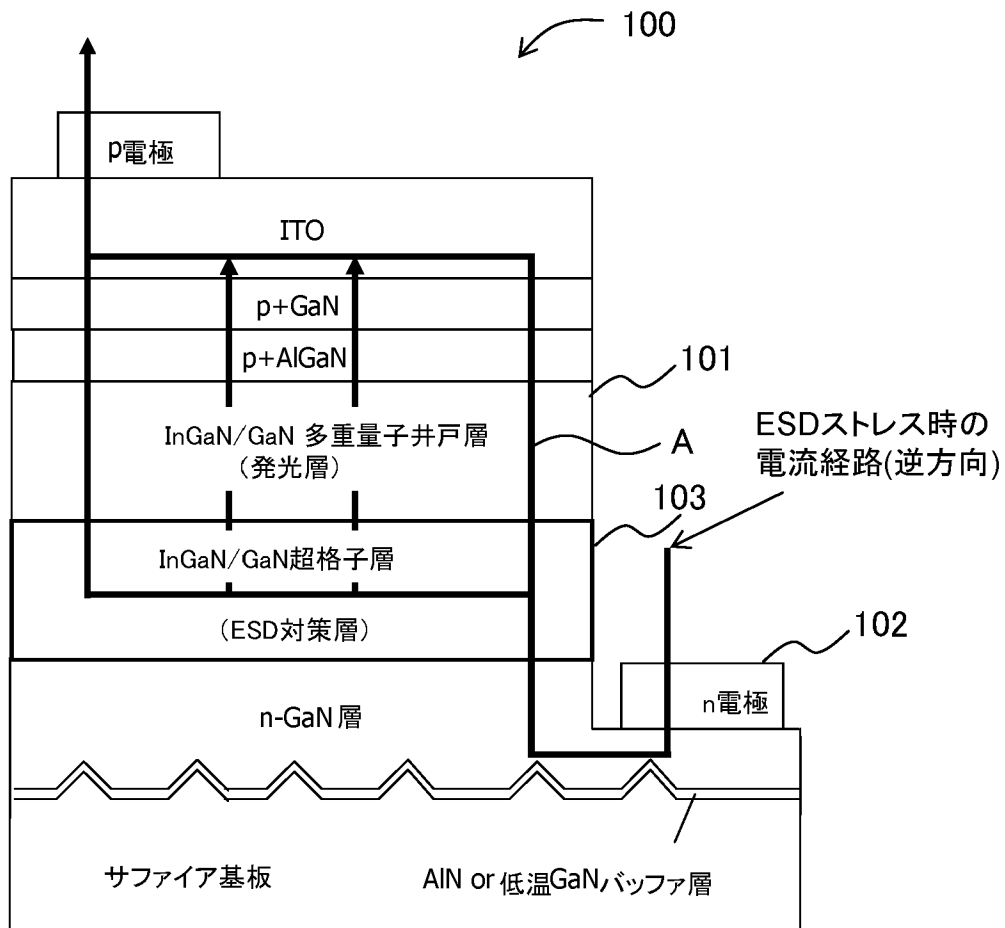
[図2]



[図3]



[図4]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2011/007274

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H01L33/32 (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 1996-2012

Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2012 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2012

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

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X Y	JP 2001-148507 A (Nichia Chemical Industries, Ltd.), 29 May 2001 (29.05.2001), entire text; all drawings (Family: none)	1, 6-8 2-5, 9-14
X Y	JP 2005-51170 A (Toyoda Gosei Co., Ltd.), 24 February 2005 (24.02.2005), entire text; all drawings (Family: none)	1, 6-8 2-5, 9-14
X Y	JP 2010-161354 A (Showa Denko Kabushiki Kaisha), 22 July 2010 (22.07.2010), paragraphs [0018] to [0072]; fig. 1 to 4 (Family: none)	1, 6-8 2-5, 9-14



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

"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

23 January, 2012 (23.01.12)

Date of mailing of the international search report

31 January, 2012 (31.01.12)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2011/007274

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	WO 2007/145279 A1 (The Furukawa Electric Co., Ltd.), 21 December 2007 (21.12.2007), paragraphs [0165] to [0172]; fig. 26 & US 2010/0283083 A1	2-5,10-14
Y	JP 2010-225979 A (The Furukawa Electric Co., Ltd.), 07 October 2010 (07.10.2010), paragraphs [0006] to [0048]; fig. 1 to 10 & US 2010/0244044 A1	2-5,10-14
Y	JP 2007-305609 A (Matsushita Electric Industrial Co., Ltd.), 22 November 2007 (22.11.2007), paragraphs [0001] to [0114]; fig. 1 to 16 & US 2007/0235768 A1	2-5,10-14
Y	JP 2006-186005 A (Sumitomo Chemical Co., Ltd.), 13 July 2006 (13.07.2006), paragraphs [0011] to [0040]; fig. 1 to 4 (Family: none)	2-5,10-14
Y	JP 2003-4798 A (Hyogo-Ken, Japan Society for the Promotion of Science), 08 January 2003 (08.01.2003), paragraphs [0001] to [0046] (Family: none)	2-5,12-14
Y	JP 2008-525298 A (Cree Inc.), 17 July 2008 (17.07.2008), paragraphs [0004] to [0051]; fig. 1 to 8 & US 2006/0130742 A1 & US 2010/0320477 A1 & EP 1828445 A1 & WO 2006/071326 A1	2-5,12-14
Y	JP 2009-76593 A (Hitachi Cable, Ltd.), 09 April 2009 (09.04.2009), paragraphs [0001] to [0061] (Family: none)	9-14

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2011/007274

Box No. II Observations where certain claims were found unsearchable (Continuation of item 2 of first sheet)

This international search report has not been established in respect of certain claims under Article 17(2)(a) for the following reasons:

1. ☐ Claims Nos.:
because they relate to subject matter not required to be searched by this Authority, namely:

2. ☐ Claims Nos.:
because they relate to parts of the international application that do not comply with the prescribed requirements to such an extent that no meaningful international search can be carried out, specifically:

3. ☐ Claims Nos.:
because they are dependent claims and are not drafted in accordance with the second and third sentences of Rule 6.4(a).

Box No. III Observations where unity of invention is lacking (Continuation of item 3 of first sheet)

This International Searching Authority found multiple inventions in this international application, as follows:

The search revealed that the invention of claim 1 is not novel, since the invention is disclosed in JP 2001-148507 A, JP 2005-51170 A and JP 2010-161354 A. Consequently, the matter common to the inventions of claims 1-14 does not make a contribution over the prior art, and therefore is not a special technical feature within the meaning of PCT Rule 13.2, second sentence.
(continued to extra sheet)

1. ☐ As all required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers all searchable claims.
2. ☒ As all searchable claims could be searched without effort justifying additional fees, this Authority did not invite payment of additional fees.
3. ☐ As only some of the required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers only those claims for which fees were paid, specifically claims Nos.:

4. ☐ No required additional search fees were timely paid by the applicant. Consequently, this international search report is restricted to the invention first mentioned in the claims; it is covered by claims Nos.:

Remark on Protest

- ☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest and, where applicable, the payment of a protest fee.
- ☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest but the applicable protest fee was not paid within the time limit specified in the invitation.
- ☐ No protest accompanied the payment of additional search fees.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2011/007274

Continuation of Box No.III of continuation of first sheet (2)

Therefore, there is no matter common to all of the inventions of claims 1-14. Since there is no other common matter which is considered to be a special technical feature within the meaning of PCT Rule 13.2, second sentence, any technical relationship within the meaning of PCT Rule 13 cannot be found among those different inventions. In conclusion, it was revealed that the inventions of claims 1-14 do not comply with the requirement of unity of invention.

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. H01L33/32(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. H01L33/00-33/64

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	1 9 2 2 - 1 9 9 6 年
日本国公開実用新案公報	1 9 7 1 - 2 0 1 2 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 1 2 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 1 2 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
X	JP 2001-148507 A（日亜化学工業株式会社）2001.05.29, 全文, 全図	1, 6-8
Y	(ファミリーなし)	2-5, 9-14
X	JP 2005-51170 A（豊田合成株式会社）2005.02.24, 全文, 全図	1, 6-8
Y	(ファミリーなし)	2-5, 9-14

☒ 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
「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

2 3 . 0 1 . 2 0 1 2

国際調査報告の発送日

3 1 . 0 1 . 2 0 1 2

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 1 0 0 - 8 9 1 5

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）

百瀬 正之

2 K

4 0 8 4

電話番号 0 3 - 3 5 8 1 - 1 1 0 1 内線 3 2 5 5

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
X	JP 2010-161354 A (昭和電工株式会社) 2010.07.22, 【0018】－【0072】欄, 図1－4	1, 6-8
Y	(ファミリーなし)	2-5, 9-14
Y	WO 2007/145279 A1 (古河電気工業株式会社) 2007.12.21, 【0165】－【0172】欄, 図26 & US 2010/0283083 A1	2-5, 10-14
Y	JP 2010-225979 A (古河電気工業株式会社) 2010.10.07, 【0006】－【0048】欄, 図1－10 & US 2010/0244044 A1	2-5, 10-14
Y	JP 2007-305609 A (松下電器産業株式会社) 2007.11.22, 【0001】－【0114】欄, 図1－16 & US 2007/0235768 A1	2-5, 10-14
Y	JP 2006-186005 A (住友化学株式会社) 2006.07.13, 【0011】－【0040】欄, 図1－4 (ファミリーなし)	2-5, 10-14
Y	JP 2003-4798 A (兵庫県, 日本学術振興会) 2003.01.08, 【0001】－【0046】欄 (ファミリーなし)	2-5, 12-14
Y	JP 2008-525298 A (クリー インコーポレイテッド) 2008.07.17, 【0004】－【0051】欄, 図1－8 & US 2006/0130742 A1 & US 2010/0320477 A1 & EP 1828445 A1 & WO 2006/071326 A1	2-5, 12-14
Y	JP 2009-76593 A (日立電線株式会社) 2009.04.09, 【0001】－【0061】欄 (ファミリーなし)	9-14

第Ⅱ欄 請求の範囲の一部の調査ができないときの意見（第1ページの2の続き）

法第8条第3項（P C T 17条(2)(a)）の規定により、この国際調査報告は次の理由により請求の範囲の一部について作成しなかった。

1. ☐ 請求項 _____ は、この国際調査機関が調査をすることを要しない対象に係るものである。
つまり、
2. ☐ 請求項 _____ は、有意義な国際調査をすることができる程度まで所定の要件を満たしていない国際出願の部分に係るものである。つまり、
3. ☐ 請求項 _____ は、従属請求の範囲であってP C T規則6.4(a)の第2文及び第3文の規定に従って記載されていない。

第Ⅲ欄 発明の単一性が欠如しているときの意見（第1ページの3の続き）

次に述べるようにこの国際出願に二以上の発明があるところの国際調査機関は認めた。

請求項1に係る発明は、調査の結果、JP 2001-148507 A、JP 2005-51170 A、JP 2010-161354 Aに開示されているから、新規でないことが明らかとなった。よって、請求項1－14に係る発明の共通の事項は、先行技術の域を出ないから、P C T規則13.2の第2文の意味において、当該共通の事項は、特別な技術的特徴ではない。それ故、請求項1－14に係る発明全てに共通の事項はない。P C T規則13.2の第2文の意味において特別な技術的特徴と考えられる他の共通の事項は存在しないので、それらの相違する発明の間にP C T規則13の意味における技術的な関連を見出すことはできない。したがって、請求項1－14に係る発明は、発明の単一の要件を満たしていないことが明らかとなった。

1. ☐ 出願人が必要な追加調査手数料をすべて期間内に納付したので、この国際調査報告は、すべての調査可能な請求項について作成した。
2. ☒ 追加調査手数料を要求するまでもなく、すべての調査可能な請求項について調査することができたので、追加調査手数料の納付を求めなかった。
3. ☐ 出願人が必要な追加調査手数料を一部のみしか期間内に納付しなかったので、この国際調査報告は、手数料の納付のあった次の請求項のみについて作成した。
4. ☐ 出願人が必要な追加調査手数料を期間内に納付しなかったので、この国際調査報告は、請求の範囲の最初に記載されている発明に係る次の請求項について作成した。

追加調査手数料の異議の申立てに関する注意

- ☐ 追加調査手数料及び、該当する場合には、異議申立手数料の納付と共に、出願人から異議申立てがあった。
- ☐ 追加調査手数料の納付と共に出願人から異議申立てがあったが、異議申立手数料が納付命令書に示した期間内に支払われなかった。
- ☐ 追加調査手数料の納付はあったが、異議申立てはなかった。