

(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
2011年10月13日(13.10.2011)

PCT

(10) 国際公開番号
WO 2011/125449 A1

- (51) 国際特許分類:
H01L 33/32 (2010.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2011/056388
- (22) 国際出願日: 2011年3月17日(17.03.2011)
- (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 2010-090003 2010年4月9日(09.04.2010) JP
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): ウシオ電機株式会社 (Ushio Denki Kabushiki Kaisha) [JP/JP]; 〒1008150 東京都千代田区大手町2丁目6番1号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者; および
- (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 月原 政志 (TSUKIHARA, Masashi) [JP/JP]; 〒6008877 京都府京都市下京区西七条南西野町77-303 Kyoto (JP). 川 ▼ 崎 ▲ 宏治 (KAWASAKI, Koji) [JP/JP]; 〒6018034 京都府京都市南区東九条南河辺町66-3 株式会社エピテックス内 Kyoto (JP).
- (74) 代理人: 大井 正彦 (OHI, Masahiko); 〒1010062 東京都千代田区神田駿河台三丁目4番地 日専連朝日生命ビル 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, 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, RO, RS, RU, 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, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, 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, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

[続葉有]

(54) Title: NITROGEN COMPOUND SEMICONDUCTOR LIGHT EMITTING ELEMENT AND MANUFACTURING METHOD THEREOF

(54) 発明の名称: 窒素化合物半導体発光素子およびその製造方法

[図1]

p ⁺ -Al _{0.1} Ga _{0.9} N	26 p ⁺ 型コンタクト層
p-Al _{0.1} Ga _{0.9} N	24 p型コンタクト層
p-Al _{0.2} Ga _{0.8} N	22 p型ブロック層
AlGaInN	20 活性層
n-GaN	18 保護層
n-Al _{0.05} Ga _{0.95} N	16 n型AlGaIn層
u-GaN	14 第2バッファ層
LT-GaN	12 第1バッファ層
サファイア基板 AA	10 基板

AA Sapphire substrate
10 Substrate
12 First buffer layer
14 Second buffer layer
16 n type AlGaIn layer
18 Protective layer
20 Active layer
22 p type block layer
24 p type contact layer
26 p⁺ type contact layer

(57) Abstract: Disclosed is a nitrogen compound semiconductor light emitting element which has an N type layer comprising AlGaInN, an active layer comprising AlGaInN, and a P type layer, which emits UV light with emission peak wavelength of 400nm or less, and which has a high emission intensity; also disclosed is a manufacturing method thereof. In the disclosed nitrogen compound semiconductor light emitting element having an N type layer, an active layer and a P type layer, the active layer comprises a nitrogen compound semiconductor layer with emission peak wavelength of 400nm or less and comprising AlGaInN. The N type layer is configured to have an N type AlGaIn layer comprising AlGaIn, and a GaN protective layer not containing Al and at least 5nm thick. The active layer is formed on the protective layer. The manufacturing method involves steps for growing the N type AlGaIn layer at a high substrate temperature of 1000°C or higher, growing the GaN protective layer thereon not containing Al and at least 5nm thick, interrupting the growth process and lowering the substrate temperature, and forming the active layer on the protective layer at a low substrate temperature of 1000°C or less.

(57) 要約:

[続葉有]

WO 2011/125449 A1



添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

AlGaInNよりなるn型層、AlGaInNよりなる活性層、およびp型層を有し、発光ピーク波長が400nm以下の紫外光を放射する、発光強度の大きい窒素化合物半導体発光素子およびその製造方法を提供する。本発明は、n型層、活性層、およびp型層を有する窒素化合物半導体発光素子において、活性層が、AlGaInNよりなる、発光ピーク波長が400nm以下の窒素化合物半導体層からなり、n型層は、AlGaInNよりなるn型AlGaInN層と、Alを含まない5nm以上のGaN保護層とを有してなり、保護層の上に活性層が形成されている。製造方法は、基板温度が1000℃以上の高温でn型AlGaInN層を成長し、その上にAlを含まない5nm以上のGaN保護層を成長し、成長工程を中断して基板温度を低下させ、基板温度が1000℃未満の低温で、保護層の上に活性層を形成する工程とを有する。

明 細 書

発明の名称：窒素化合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、発光ピーク波長が400nm以下の紫外光を放射する窒素化合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、発光ピーク波長が400nm以下の紫外光を放射する窒素化合物半導体よりなる発光素子（LED）としては、例えば、図6に示す構成を有するものが知られている（特許文献1）。

[0003] この発光素子は、基板80上にGa₂Nよりなるバッファ層82が形成され、このバッファ層82上に層厚の大きいn型コンタクト層84が形成され、このn型コンタクト層84上にn型クラッド層86が形成され、このn型クラッド層86上に、AlGaInNよりなる活性層88が形成され、この活性層88上に、p型クラッド層90を介して、層厚の大きいp型コンタクト層92aおよび層厚の小さいp型コンタクト層92bが形成されており、更に、n型コンタクト層84の一部の表面が露出されてn電極94が設けられると共に、p型コンタクト層92bの表面にp電極96が設けられて構成されている。98はパッド電極である。

[0004] 一般に、発光ピーク波長が400nm以下の紫外光を放射する窒素化合物半導体発光素子においては、活性層を構成する層として、AlGaInNにおけるInの組成割合を低下させた層を形成することが必要であるが、このような組成変調が行われる結果、得られる発光素子は、発光効率が低下したものとなることが広く知られている。これは、Inの組成割合が減少することにより、Inの組成割合が多いときには生ずるInの組成変調効果が弱くなるために電子、正孔の閉じ込めが弱くなり、電子、正孔が転位にトラップされやすくなるため、非発光再結合の確率が上昇するからである。

[0005] 一方、波長400nm以下の紫外光を放射する発光素子においては、Ga

Nよりなる構成層が形成されていると、Ga_{0.5}N_{0.5}による光吸収や、電子および正孔のリーク（電子や正孔が、発光層を通り越してn型層およびp型層に抜けてしまう現象）が生ずることから、構成層の結晶構造をAlを含むAlGa_{0.5}N_{0.5}とすることが有利であることが知られている。このような理由から、図6の発光素子においては、自己吸収を低減するために、バッファ層82および発光層である活性層88以外の構成層、すなわちn型コンタクト層84、n型クラッド層86、p型クラッド層90およびp型コンタクト層92a、92bが、いずれもAlGa_{0.5}N_{0.5}系材質によって形成されている。

[0006] 而して、この種の窒素化合物半導体発光素子は、活性層および他の窒素化合物半導体層を有機金属気相成長法によって成長させることにより、製造される。そして、図6の発光素子の製造においては、n型クラッド層86を構成するn型のAlGa_{0.5}N_{0.5}層を成長させてその上に直接、活性層88の量子井戸構造を構成するAlGaInN層を成長させることとなるが、当該n型のAlGa_{0.5}N_{0.5}層の成長は、基板温度が例えば1100～1200℃のような1000℃以上となる高温条件で行われることが必要であり、一方、活性層を構成するAlGaInN層の成長は、基板温度が例えば750～900℃のような1000℃未満の低温条件で行われることが必要である。

[0007] 発光ピーク波長が400nmを超える光を放射する発光素子の製造においては、活性層が接する下層のn型層の最上表面層がAlGa_{0.5}N_{0.5}層である場合であっても、当該n型層の最上表面層がGa_{0.5}N_{0.5}層である場合と同等の発光強度特性を有する発光素子を得ることができる。しかし、発光ピーク波長が400nm以下の紫外光を放射する発光素子の製造においては、活性層が接する下層のn型層の最上表面層がAlGa_{0.5}N_{0.5}層である場合には、結晶品質が同等であっても、著しく発光強度が低いものとなることが判明した。

[0008] すなわち、発光ピーク波長が400nm以下の紫外光を放射する窒素化合物半導体発光素子を製造する場合には、活性層以外の構成層の材質として、活性層から放射される光の吸収がない点でAlGa_{0.5}N_{0.5}を用いることが有利なはずであるが、実際には、活性層が接する下層のn型層の最上表面層がAl

GaN層である場合には、得られる発光素子は、発光強度が却って小さいものとなる。

- [0009] このような現象が生ずる原因は、n型層の成長は高温条件で行われることが必要である一方、活性層の成長は低温条件で行われることが必要であって、両成長工程を連続して行うことができないからである。すなわち、実際には、高温条件でのn型層の成長工程の終了後に低温条件での活性層の成長工程を開始する間に、成長工程を一時中断して基板温度を低下させる成長工程中断時間を設けることが實際上不可避である。しかし、この成長工程中断時間の間に、n型層の最上表面を形成するAlGaN層中のGaが蒸発飛散して結晶格子不整合による結晶欠陥が生じ、その結晶欠陥がその上に成長形成される活性層のAlGaInNの結晶に引き継がれる結果、形成される活性層に不可避免的に結晶欠陥が生じてしまうことが原因であると考えられている（非特許文献1参照）。

先行技術文献

特許文献

- [0010] 特許文献1：特許第3614070号公報

非特許文献

- [0011] 非特許文献1：第54回応用物理学関係連合講演会 講演予稿集 No. 129p-ZN-4 「AlGaN系ヘテロ界面形成時における成長中断の影響」

発明の開示

発明が解決しようとする課題

- [0012] 本発明は、以上のような事情に基づいてなされたものであって、AlGaNよりなるn型層、AlGaInNよりなる活性層、およびp型層を有してなり、発光ピーク波長が400nm以下の紫外光を放射する、発光強度の大きい窒素化合物半導体発光素子を提供することを目的とする。
- [0013] 本発明の他の目的は、AlGaNよりなるn型層、AlGaInNよりな

る活性層およびp型層を有してなり、発光強度の大きい窒素化合物半導体発光素子を製造することのできる窒素化合物半導体発光素子の製造方法を提供することにある。

課題を解決するための手段

[0014] 本発明の窒素化合物半導体発光素子は、n型層、活性層およびp型層を有する窒素化合物半導体発光素子において、

前記活性層が、 $\text{Al}_x\text{Ga}_y\text{In}_{1-x-y}\text{N}$ ($0 \leq x \leq 1$ 、 $0 \leq y \leq 1$ 、 $x + y \leq 1$) よりなる障壁層と、 $\text{Al}_x\text{Ga}_y\text{In}_{1-x-y}\text{N}$ ($0 \leq x < 1$ 、 $0 \leq y < 1$ 、 $x + y < 1$) よりなる井戸層とを具えた、発光ピーク波長が400nm以下の窒素化合物半導体層からなり、

前記n型層は、 $n\text{-Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ ($0 < x \leq 1$) よりなるn型AlGaIn層と、このn型AlGaIn層の上に形成された、Alを含まない厚さ5nm以上のGaInよりなる保護層とを有してなり、

前記n型層の保護層の上に前記活性層が形成されていることを特徴とする。

[0015] 本発明の窒素化合物半導体発光素子の製造方法は、基板上に、各々有機金属気相成長法により形成されたn型層、活性層およびp型層を有する窒素化合物半導体発光素子の製造方法において、

基板温度が1000℃以上となる高温条件において、 $n\text{-Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ ($0 < x \leq 1$) よりなるn型AlGaIn層を成長形成すると共に当該n型AlGaIn層の上にAlを含まない厚さ5nm以上のGaInよりなる保護層を成長形成することによりn型層を形成するn型層形成工程と、

その後、成長工程を中断して基板温度を低下させ、基板温度が1000℃未満となる低温条件において、前記n型層の保護層の上に、 $\text{Al}_x\text{Ga}_y\text{In}_{1-x-y}\text{N}$ ($0 \leq x \leq 1$ 、 $0 \leq y \leq 1$ 、 $x + y \leq 1$) よりなる障壁層と、 $\text{Al}_x\text{Ga}_y\text{In}_{1-x-y}\text{N}$ ($0 \leq x < 1$ 、 $0 \leq y < 1$ 、 $x + y < 1$) よりなる井戸層を成長形成することにより、活性層を形成する活性層形成工程とを有することを特徴とする。

発明の効果

[0016] 本発明によれば、高温条件でn型AlGaInNよりなるn型AlGaInN層を含むn型層の成長工程を行い、その終了後に、成長工程を一時中断して基板温度を低下させ、その後に低温条件で活性層の成長工程が開始されるが、AlGaInNよりなるn型AlGaInN層の上に、Alを含まない厚さ5nm以上のGaInNよりなる保護層が形成されているため、当該保護層により、成長工程中断時間の間に、下層であるn型AlGaInN層におけるGaの蒸発飛散が有効に防止されて当該n型AlGaInN層がGaの蒸発飛散による結晶欠陥のないものとなり、その結果、AlGaInNの成長により、結晶欠陥のない良好な活性層を形成することができるので、発光ピーク波長が400nm以下の紫外光を放射する、発光強度の大きい窒素化合物半導体発光素子を得ることができる。

図面の簡単な説明

[0017] [図1]本発明の窒素化合物半導体発光素子の一実施例における基板と半導体層の層構成を示す説明図である。

[図2]図1の窒素化合物半導体発光素子と比較されるべき発光素子（比較例1）の層構成を示す説明図である。

[図3]図1の窒素化合物半導体発光素子と対照されるべき発光素子（対照例1）の層構成を示す説明図である。

[図4]本発明の窒素化合物半導体発光素子の他の実施例における基板と半導体層の層構成を示す説明図である。

[図5]図4の窒素化合物半導体発光素子と比較されるべき発光素子（比較例2）の層構成を示す説明図である。

[図6]従来の窒素化合物半導体発光素子の一例における構成を示す説明図である。

発明を実施するための形態

[0018] 以下、本発明の窒素化合物半導体発光素子およびその製造方法の実施の形態について説明する。

[0019] 図1は、本発明の窒素化合物半導体発光素子の一実施例における基板と半導体層の層構成を模式的に示す説明図である。

この発光素子は、サファイア基板10のc面上に、低温条件で成長させた層厚が例えば20nmのGa_{0.9}N層よりなる第1バッファ層12（LT-GaN）と、この第1バッファ層12上に、高温条件で成長させた層厚が例えば1μmのアンダーープGa_{0.9}N層よりなる第2バッファ層14（u-GaN）とを有する。この第2バッファ層14上に、発光素子の機能領域が形成されている。

[0020] この第2バッファ層14上の機能領域においては、高温条件で成長させた層厚が例えば2.3μmのn型AlGa_{0.3}N層よりなるn型AlGa_{0.3}N層16（n-AlGa_{0.3}N）が形成され、このn型AlGa_{0.3}N層16の上に、高温条件で成長させた層厚が例えば50nmのn型Ga_{0.9}N層よりなる保護層18（n-Ga_{0.9}N）が形成され、これによりn型層が構成されている。

[0021] このn型Ga_{0.9}N層よりなる保護層18上に、活性層20が成長形成されている。図示の例の活性層20は、各々低温条件で成長された、層厚が例えば2.5nmのGaInNよりなる井戸層と層厚が例えば10nmのAlGa_{0.3}Nよりなる障壁層とが交互に4周期積層されてなる量子井戸構造を有する。

[0022] 活性層20上には、層厚が例えば20nmのp型ブロック層22が形成されており、このp型ブロック層22上に、層厚が例えば100nmのp型コンタクト層24および層厚が例えば20μmのp⁺型コンタクト層26が形成されている。

そして、例えば、n型AlGa_{0.3}N層16の一部をエッチングして露出した表面部分にn電極が形成されると共に、p⁺型コンタクト層26の表面にp電極が形成されて発光素子が構成される。

[0023] 本発明の窒素化合物半導体発光素子の製造方法において、各窒素化合物半導体の層は、有機金属気相成長法（MOCVD）によって成長形成される。

また、各半導体層の成長工程においては、目的とする組成に応じた基板温度および炉内圧力となる条件下で気相成長が行われる。

[0024] 有機金属気相成長法においては、Al原子供給源となる有機金属化合物としてはトリメチルアルミニウム（TMA）が、Ga原子供給源となる有機金属化合物としてはトリメチルガリウム（TMG）が、N原子供給源となる化合物としてはアンモニアが用いられ、キャリアガスとしては、窒素ガスおよび水素ガスが用いられるが、これらに限定されるものではない。

[0025] n型の半導体層を形成するためのドーパント原子としては、SiなどのIV族原子が用いられ、Si原子供給源となる化合物としては例えばテトラエチルシラン（TESi）などを用いることができる。また、不純物がドーパントされない場合の $Al_x Ga_y In_{1-x-y} N$ （ $0 \leq x \leq 1$ 、 $0 \leq y \leq 1$ 、 $x + y \leq 1$ ）半導体はアンドープの状態においてもn型を示す。

一方、p型の半導体層を形成するためのドーパント原子としては、MgなどのII族原子が用いられ、Mg原子供給源となる化合物としては例えばビスシクロペンタディニエルマグネシウム（Cp₂Mg）などを用いることができる。

[0026] 活性層20は、 $Al_x Ga_y In_{1-x-y} N$ （ $0 \leq x \leq 1$ 、 $0 \leq y \leq 1$ 、 $x + y \leq 1$ ）よりなる障壁層と、 $Al_x Ga_y In_{1-x-y} N$ （ $0 \leq x < 1$ 、 $0 \leq y < 1$ 、 $x + y < 1$ ）よりなる井戸層とが交互に位置する積層体単位を例えば2～10周期成長形成することにより構成され、発光ピーク波長が400nm以下の紫外光を放射するものである。障壁層は、井戸内に電子、正孔を閉じ込めるため、井戸層よりもバンドギャップエネルギーを大きくするように組成を調整する必要がある。井戸層について好ましい組成は、xの値が0～0.99、yの値が0～0.99である。この活性層20の成長工程では、基板温度が1000℃未満となる低温条件とされることが必要である。

[0027] n型層を構成するn型AlGaIn層16は、 $n-Al_x Ga_{1-x} N$ （ $0 < x \leq 1$ ）で示される組成を有する層としてバッファ層上に成長形成される。このn型AlGaIn層16は、発光波長の吸収を抑えるために発光波長よりも大きなバンドギャップエネルギーとなる組成で作製されることが好ましい。このn型AlGaIn層16上に、Alを含まないn型GaIn層よりなる保護

層 18 が成長形成され、n 型 AlGaInN 層 16 と保護層 18 により、最上表面層が保護層 18 である n 型層が形成され、その上に活性層 20 が成長形成される。

[0028] 本発明において、保護層 18 は、層厚が 5 nm ~ 100 nm のものとされる。好ましい保護層 18 の厚さは 10 ~ 80 nm であり、特に好ましくは 30 ~ 60 nm である。保護層 18 の層厚が過小の場合には、n 型 AlGaInN 層 16 の表面全面を十分に被覆することができずにその一部が露出する結果、当該 n 型 AlGaInN 層 16 の n 型 AlGaInN による最上表面層の組成を有効に保護することができないおそれがある。一方、保護層 18 の層厚が過大であると、当該保護層 18 による放射光の吸収が大きくなるため、高い発光強度を有する発光素子を得ることが困難となる。

[0029] 半導体よりなる構成層の成長工程における基板温度は、形成される半導体層の組成によって異なり、AlGaInN よりなる活性層 20 の成長工程では、既述のように基板温度が 1000 °C 未満、具体的には例えば 750 ~ 900 °C のような低温条件とされるが、AlGaInN よりなる n 型層（具体的には、n 型 AlGaInN 層 16 および保護層 18）並びに p 型層（具体的には、p 型ブロック層 22、p 型コンタクト層 24 および p⁺ 型コンタクト層 26）は、いずれも、基板温度が 1000 °C 以上、具体的には例えば 1100 ~ 1200 °C のような高温条件とされることが必要である。

なお、p 型層の成長については、活性層（発光層）に In が含まれることから、高温下で長時間の成長を行った場合に活性層内の In が拡散して活性層の特性を低下させることがあり、そのような In の拡散を抑えるために 1000 °C 以下の温度で成長を行うことも可能である。

[0030] 本発明の窒素化合物半導体発光素子の製造方法においては、基板 10 上に第 1 バッファ層 12 および第 2 バッファ層 14 を介して、n 型 AlGaInN 層 16 および保護層 18 が成長されて n 型層が形成され、この n 型層上に活性層 20 が成長され、この活性層 20 上に、p 型ブロック層 22、p 型コンタクト層 24 および p⁺ 型コンタクト層 26 が成長されて p 型層が形成される。

- [0031] 具体的には、基板温度が 1000°C 以上となる高温条件においてAlGa_xNよりなるn型AlGa_xN層16が成長形成された後に、同様に高温条件において、Alを含まないGa_xNよりなる保護層18が $5\sim 100\text{nm}$ という特定の層厚で成長形成される。そして、保護層18の成長形成が終了した後、成長工程を一時中断して基板温度を低下させ、基板温度が 1000°C 未満の低温条件で、上記保護層18によって最上表面層が形成されているn型層に対して、活性層20の成長形成が行われる。
- [0032] 高温条件での成長工程から低温条件での成長工程に移行する際には、基板の温度を低下させるために、放熱時間ともいえるべき成長工程中断時間を設けることが不可避であり、この成長工程中断時間の長さは、高温条件下での基板の温度および低温条件下での基板の温度によっても異なるが、通常、 $5\sim 10$ 分間である。
- [0033] 以上のように、実際の窒素化合物半導体発光素子の製造において、高温条件でのn型層の成長形成の後に、成長工程中断時間において基板温度を低下させ、低温条件で活性層20の成長形成が行われるが、本発明によれば、n型層を構成するAlGa_xNよりなるn型AlGa_xN層16の上に、Alを含まないGa_xNよりなる保護層18が形成されており、この保護層18は、成長工程中断時間においてもその組成が変化しないために結晶欠陥が生ずることがなく、そのために、当該保護層18上に成長形成される活性層20において、下層の結晶欠陥に起因する結晶欠陥が生ずることが抑止され、その結果、高い発光強度を有する窒素化合物半導体発光素子を得ることができる。

実施例

[0034] 実施例 1

この実施例では、図1の層構成に従い、下記のように有機金属気相成長法により各半導体層を成長形成して、本発明の発光素子を製造した。

(1) 基板クリーニング工程

先ず、CVD装置の処理炉内にc面サファイア基板10を配置し、処理炉内に水素ガスを流量 10slm で供給しながら、基板温度を 1150°C に昇

温することにより基板10のクリーニングを行った。

[0035] (2) 第1バッファ層形成工程

次いで、炉内圧力100kPa、基板温度500℃の状態、処理炉内にキャリアガスとして窒素ガスを流量5slmおよび水素ガスを流量5slmで供給しながら、アンモニアを流量250000μmol/minおよびトリメチルガリウム(TMG)を流量50μmol/minで70秒間供給することにより、基板10の表面に層厚20nmのGaN層を成長させて第1バッファ層(LT-GaN)12を形成した。

[0036] (3) 第2バッファ層形成工程

基板温度1125℃の状態、処理炉内にキャリアガスとして窒素ガスを流量20slmおよび水素ガスを流量15slmで供給しながら、アンモニアを流量250000μmol/minおよびTMGを流量100μmol/minで30分間供給することにより、第1バッファ層12上に層厚1.5μmのアンドープのGaN層を成長させて第2バッファ層(u-GaN)14を形成した。

[0037] (4) n型層形成工程

(4-1) n型AlGaN層形成工程

上記(3)第2バッファ層形成工程と同様に、処理炉内にキャリアガスとして窒素ガスを流量20slmおよび水素ガスを流量15slmで供給しながら、基板温度1150℃、炉内圧力30kPaの状態、トリメチルアルミニウム(TMA)を流量5.2μmol/min、TESiを流量0.013μmol/minで供給することにより、第2バッファ層14上に層厚2.3μmのn型Al_{0.05}Ga_{0.95}N層よりなるn型AlGaN層16を形成した。

[0038] (4-2) 保護層形成工程

そして、TMAの供給を停止したこと以外はそのままの条件で成長工程を55秒間継続することにより、n型AlGaN層16上に層厚50nmのAlを含まないn型GaN層を成長させて保護層(n-GaN)18を形成し

、もってn型層を形成した。

[0039] (5) 活性層形成工程

上記(4-2)保護層形成工程の後、成長工程を中断し、その後、処理炉内にキャリアガスとして窒素ガスを流量15slmおよび水素ガスを流量1slmで供給しながら、炉内圧力100kPa、基板温度820℃の状態、TMGを流量10μmol/min、トリメチルインジウム(TMI)を流量12μmol/minで60秒間供給することにより、層厚2.5nmのGa_{0.95}In_{0.05}Nの組成を有する井戸層を形成する工程と、TMGを流量10μmol/min、TMAを流量0.9μmol/minで300秒間供給することにより、層厚10nmのAl_{0.08}Ga_{0.92}Nの組成を有する障壁層を形成する工程とを繰り返すことにより、井戸層と障壁層の単位が4周期積層されてなる活性層20を形成した。

上記(4-2)保護層形成工程が終了した時点から、当該活性層の形成工程が開始されるまでの成長工程中断時間は約8分間であった。

[0040] (6) p型層形成工程

(6-1) p型ブロック層形成工程

炉内圧力100kPaで処理炉内にキャリアガスとして窒素ガスを流量15slmおよび水素ガスを流量25slmで供給しながら、基板温度を1025℃にし、その状態でTMGを流量100μmol/min、TMAを流量24μmol/min、ビスシクロペンタディニエルマグネシウム(Cp₂Mg)を流量0.1μmol/minで20秒間供給することにより、活性層20上に層厚20nmのp型Al_{0.2}Ga_{0.8}N層を成長させてp型ブロック層22を形成した。

[0041] (6-2) p型コンタクト層形成工程

続いて、TMAの流量を12μmol/minに変更して成長を100秒間継続することにより、p型ブロック層22上に層厚100nmのp型Al_{0.1}Ga_{0.90}Nよりなるp型コンタクト層24を形成した。

[0042] (6-3) p⁺型コンタクト層形成工程

更に、 Cp_2Mg の流量を $0.2\mu\text{mol}/\text{min}$ に変更して成長を20秒間継続することにより、p型コンタクト層24上に層厚20nmの p^+ 型 $\text{Al}_{0.1}\text{Ga}_{0.9}\text{N}$ よりなる p^+ 型コンタクト層26を形成した。

[0043] (7) 後処理工程

(7-1) 活性化アニール工程

上記(6)の工程が終了した後、大気中、温度 700°C で15分間活性化アニールを行った。

[0044] (7-2) 電極形成工程

活性化アニール処理された発光素子材料に対し、フォトリソグラフィと誘導結合型プラズマ処理装置(ICP)により、n型層のn型 AlGaIn 層16の一部をエッチングして露出させることによりnパッド部を形成し、当該nパッド部および p^+ 型コンタクト層26の表面に設定されたpパッド部の各々に、ニッケル5nmおよび金5nmを積層した後、大気中において温度 500°C で5分間アニールを行い、nパッド部およびpパッド部の各々にAlを蒸着してn電極およびp電極を形成することにより、発光ピーク波長が370nm帯にある発光素子を製造した。これを「発光素子1」とする。

[0045] 比較例1

上記の実施例1において、(4-1)n型 AlGaIn 層形成工程の終了後、(4-2)保護層形成工程を行わず、約8分間の成長工程中断時間の後に(5)活性層形成工程を実行したこと以外は、実施例1と同様にして、各半導体層を成長形成することにより、図2に示される層構成を有し、発光ピーク波長が370nm帯にある比較用の発光素子を製造した。これを「発光素子1a」とする。

[0046] 対照例1

上記の実施例1において、(3)第2バッファ層形成工程に続いて、(4-1)n型 AlGaIn 層形成工程および(4-2)保護層形成工程を行わず、(3)第2バッファ層形成工程と同様に基板温度 1125°C の状態で処理炉内にキャリアガスとして窒素ガスを流量 20slm および水素ガスを流量

15 s l m で供給しながら、アンモニアを流量 $250000 \mu\text{mol}/\text{min}$ 、TMG を流量 $100 \mu\text{mol}/\text{min}$ およびテトラエチルシラン (TE Si) を流量 $0.013 \mu\text{mol}/\text{min}$ で40分間供給することにより、第2バッファ層14上に層厚 $2.3 \mu\text{m}$ のn型Ga Nを成長させてn型Ga N層28を形成し、約8分間の成長工程中断時間の後に、実施例1と同様の(5)活性層形成工程を実行したこと以外は実施例1と同様にして各半導体層を成長形成することにより、図3に示される層構成を有し、発光ピーク波長が 370 nm 帯にある比較用の発光素子を製造した。これを「発光素子1b」とする。

[0047] 評価実験 (1)

上記実施例1に係る発光素子1、比較例1に係る発光素子1aおよび対照例1に係る発光素子1bの各々について、出力評価を行った。すなわち、各発光素子をTO-18ステムパッケージに実装し、これに対向して離間距離 5 mm の位置に、 $360 \sim 370 \text{ nm}$ 帯に感度を有し、感度補正を行ったフォトダイオードを配置して受光素子とし、各発光素子に 20 mA の電流を供給したときの受光素子の出力値を測定したところ、結果は表1に示すとおりであった。

[0048] [表1]

	発光素子	受光素子の出力値
実施例1	発光素子1	1.15 mW
比較例1	発光素子1a	0.12 mW
対照例1	発光素子1b	1.00 mW

[0049] 表1の結果から、実施例1に係る発光素子1によれば、比較例1に係る発光素子1aに比して、保護層が形成されることにより、非常に大きい発光強度が得られることが理解される。

[0050] 実施例2

この実施例では、図4の層構成に従い、下記のように有機金属気相成長法

により各半導体層を成長形成して、本発明の発光素子を製造した。

[0051] (1) 基板クリーニング工程

先ず、CVD装置の処理炉内にc面サファイア基板10を配置し、処理炉内に水素ガスを流量10slmで供給しながら、基板温度を1150℃に昇温することにより基板10のクリーニングを行った。

[0052] (2) 第1バッファ層形成工程

次いで、炉内圧力10kPa、基板温度950℃の状態、処理炉内にキャリアガスとして窒素ガスを流量8slmおよび水素ガスを流量8slmで供給しながら、アンモニアを流量13920μmol/minおよびTMAを流量8.7μmol/minで700秒間供給することにより、基板10の表面に層厚50nmのAlN層を成長させて第1バッファ層(AlN-1)32を形成した。

[0053] (3) 第2バッファ層形成工程

上記(2)第1バッファ層形成工程の終了後、TMAの供給を停止し、更に基板温度を1300℃に昇温した状態で、処理炉内にアンモニアを流量22000μmol/minおよびTMAを流量50μmol/minで80分間供給することにより、第1バッファ層32上に層厚1μmのAlN層を成長させて第2バッファ層(AlN-2)34を形成した。

[0054] (4) n型層形成工程

(4-1) n型AlGaIn層形成工程

上記(3)第2バッファ層形成工程の終了後、炉内圧力を30kPaとし、処理炉内にキャリアガスとして窒素ガスを流量15slmおよび水素ガスを流量12slmで供給しながら、基板温度1165℃の状態、TMGを流量100μmol/min、TMAを流量18μmol/min、アンモニアを流量250000μmol/min、TESiを流量0.013μmol/minで50分間供給することにより、第2バッファ層34上に層厚3μmのn型Al_{0.15}Ga_{0.85}N層よりなるn型AlGaIn層16を形成した。

[0055] (4-2) 保護層形成工程

そして、TMAの供給を停止したこと以外はそのままの条件で成長工程を55秒間継続することにより、n型AlGaIn層16上に層厚50nmのAlを含まないn型GaIn層を成長させて保護層(n-GaIn)18を形成し、もってn型層を形成した。

[0056] (5) 活性層形成工程

処理炉内にキャリアガスとして窒素ガスを流量16slmで供給しながら、炉内圧力100kPa、基板温度840°Cの状態、TMGを流量10μmol/min、TMAを流量0.02μmol/min、TMIを流量35μmol/minで50秒間供給することにより、層厚2nmのAl_{0.02}Ga_{0.95}In_{0.03}Nの組成を有する井戸層を形成する工程と、TMGを流量10μmol/min、TMAを流量1.5μmol/minで300秒間供給することにより、層厚10nmのAl_{0.14}Ga_{0.86}Nの組成を有する障壁層を形成する工程とを繰り返すことにより、井戸層と障壁層の単位が4周期積層されてなる活性層20を形成した。

上記(4)のn型層の形成工程が終了した時点から、当該活性層の形成工程が開始されるまでの成長工程中断時間は約7分間であった。

[0057] (6) p型層形成工程

(6-1) p型ブロック層形成工程

炉内圧力60kPaで処理炉内にキャリアガスとして窒素ガスを流量15slmおよび水素ガスを流量25slmで供給しながら、基板温度を1050°Cにし、その状態でTMGを流量100μmol/min、TMAを流量36μmol/min、Cp₂Mgを流量0.26μmol/minで20秒間供給することにより、活性層20上に層厚20nmのp型Al_{0.3}Ga_{0.7}N層を成長させてp型ブロック層22を形成した。

[0058] (6-2) p型コンタクト層形成工程

続いて、TMAの流量を18μmol/minに変更して成長を100秒間継続することにより、p型ブロック層22上に層厚100nmのp型Al_{0.15}Ga_{0.85}Nよりなるp型コンタクト層24を形成した。

[0059] (6-3) p^+ 型コンタクト層形成工程

更に、 Cp_2Mg の流量を $0.2 \mu mol/min$ に変更して成長を 20 秒間継続することにより、 p 型コンタクト層 24 上に層厚 20 nm の p^+ 型 $Al_{0.15}Ga_{0.85}N$ よりなる p^+ 型コンタクト層 26 を形成した。

[0060] (7) 後処理工程

(7-1) 活性化アニール工程

上記 (6) の工程が終了した後、大気中、温度 $700^\circ C$ で 15 分間活性化アニールを行った。

[0061] (7-2) 電極形成工程

活性化アニール処理された発光素子材料に対し、フォトリソグラフィと誘導結合型プラズマ処理装置 (ICP) により、 n 型層の n 型 $AlGaIn$ 層 16 の一部をエッチングして露出させることにより n パッド部を形成し、当該 n パッド部および p^+ 型コンタクト層 26 の表面に設定された p パッド部の各々に、ニッケル 5 nm および金 5 nm を積層した後、大気中において温度 $500^\circ C$ で 5 分間アニールを行い、 n パッド部および p パッド部の各々に Al を蒸着して n 電極および p 電極を形成することにより、発光ピーク波長が 360 nm 帯にある発光素子を製造した。これを「発光素子 2」とする。

[0062] 比較例 2

上記の実施例 2 において、(4-1) n 型 $AlGaIn$ 層形成工程の終了後、(4-2) 保護層形成工程を行わずに、約 7 分間の成長工程中断時間の後に (5) 活性層形成工程を実行したこと以外は、実施例 2 と同様にして、各半導体層を成長形成することにより、図 5 に示される層構成を有する比較用の発光素子 2a を製造した。

[0063] 評価実験 (2)

上記実施例 2 に係る発光素子 2 および比較例 2 に係る発光素子 2a の各々について、評価実験 (1) と同様にして出力評価を行った。そして、各発光素子に 20 mA の電流を供給したときの波長 360 nm の光について受光素子の出力値を測定したところ、結果は表 2 に示すとおりであった。

[0064] [表2]

	発光素子	発光素子の出力値
実施例2	発光素子2	0.50mW
比較例2	発光素子2a	0.05mW

[0065] 表2の結果から、実施例2に係る発光素子2によれば、比較例2に係る発光素子2aに比して、保護層が形成されることにより、非常に大きい発光強度が得られることが理解される。

符号の説明

[0066] 10 c面サファイア基板
 12 第1バッファ層 (LT-GaN)
 14 第2バッファ層 (u-GaN)
 16 n型AlGaN層
 18 保護層 (n-GaN)
 20 活性層
 22 p型ブロック層
 24 p型コンタクト層
 26 p⁺型コンタクト層
 28 n型GaN層
 32 第1バッファ層 (AlN-1)
 34 第2バッファ層 (AlN-2)
 80 基板
 82 バッファ層
 84 n型コンタクト層
 86 n型クラッド層
 88 活性層
 90 p型クラッド層
 92a p型コンタクト層

9 2 b p型コンタクト層

9 4 n電極

9 6 p電極

9 8 パッド電極

請求の範囲

[請求項1] n 型層、活性層および p 型層を有する窒素化合物半導体発光素子において、

前記活性層が、 $\text{Al}_x\text{Ga}_y\text{In}_{1-x-y}\text{N}$ ($0 \leq x \leq 1$ 、 $0 \leq y \leq 1$ 、 $x + y \leq 1$) よりなる障壁層と、 $\text{Al}_x\text{Ga}_y\text{In}_{1-x-y}\text{N}$ ($0 \leq x < 1$ 、 $0 \leq y < 1$ 、 $x + y < 1$) よりなる井戸層とを具えた、発光ピーク波長が 400nm 以下の窒素化合物半導体層からなり、

前記 n 型層は、 $n\text{-Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ ($0 < x \leq 1$) よりなる n 型 AlGaInN 層と、この n 型 AlGaInN 層の上に形成された、 Al を含まない厚さ 5nm 以上の GaInN よりなる保護層とを有してなり、

前記 n 型層の保護層の上に前記活性層が形成されていることを特徴とする窒素化合物半導体発光素子。

[請求項2] 基板上に、各々有機金属気相成長法により形成された n 型層、活性層および p 型層を有する窒素化合物半導体発光素子の製造方法において、

基板温度が 1000°C 以上となる高温条件において、 $n\text{-Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ ($0 < x \leq 1$) よりなる n 型 AlGaInN 層を成長形成すると共に当該 n 型 AlGaInN 層の上に Al を含まない厚さ 5nm 以上の GaInN よりなる保護層を成長形成することにより n 型層を形成する n 型層形成工程と、

その後、成長工程を中断して基板温度を低下させ、基板温度が 1000°C 未満となる低温条件において、前記 n 型層の保護層の上に、 $\text{Al}_x\text{Ga}_y\text{In}_{1-x-y}\text{N}$ ($0 \leq x \leq 1$ 、 $0 \leq y \leq 1$ 、 $x + y \leq 1$) よりなる障壁層と、 $\text{Al}_x\text{Ga}_y\text{In}_{1-x-y}\text{N}$ ($0 \leq x < 1$ 、 $0 \leq y < 1$ 、 $x + y < 1$) よりなる井戸層を成長形成することにより、活性層を形成する活性層形成工程とを有することを特徴とする窒素化合物半導体発光素子の製造方法。

[図1]

$p^+ - Al_{0.1}Ga_{0.9}N$	26 p^+ 型コンタクト層
$p - Al_{0.1}Ga_{0.9}N$	24 p 型コンタクト層
$p - Al_{0.2}Ga_{0.8}N$	22 p 型ブロック層
$AlGaInN$	20 活性層
$n - GaN$	18 保護層
$n - Al_{0.05}Ga_{0.95}N$	16 n 型 $AlGa$ N 層
$u - GaN$	14 第2バッファ層
$LT - GaN$	12 第1バッファ層
サファイア基板	10 基板

[図2]

$p^+ - Al_{0.1}Ga_{0.9}N$	26 p^+ 型コンタクト層
$p - Al_{0.1}Ga_{0.9}N$	24 p 型コンタクト層
$p - Al_{0.2}Ga_{0.8}N$	22 p 型ブロック層
$AlGaInN$ 活性層	20 活性層
$n - Al_{0.05}Ga_{0.95}N$	16 n 型 $AlGa$ N 層
$u - GaN$	14 第2バッファ層
$LT - GaN$	12 第1バッファ層
サファイア基板	10 基板

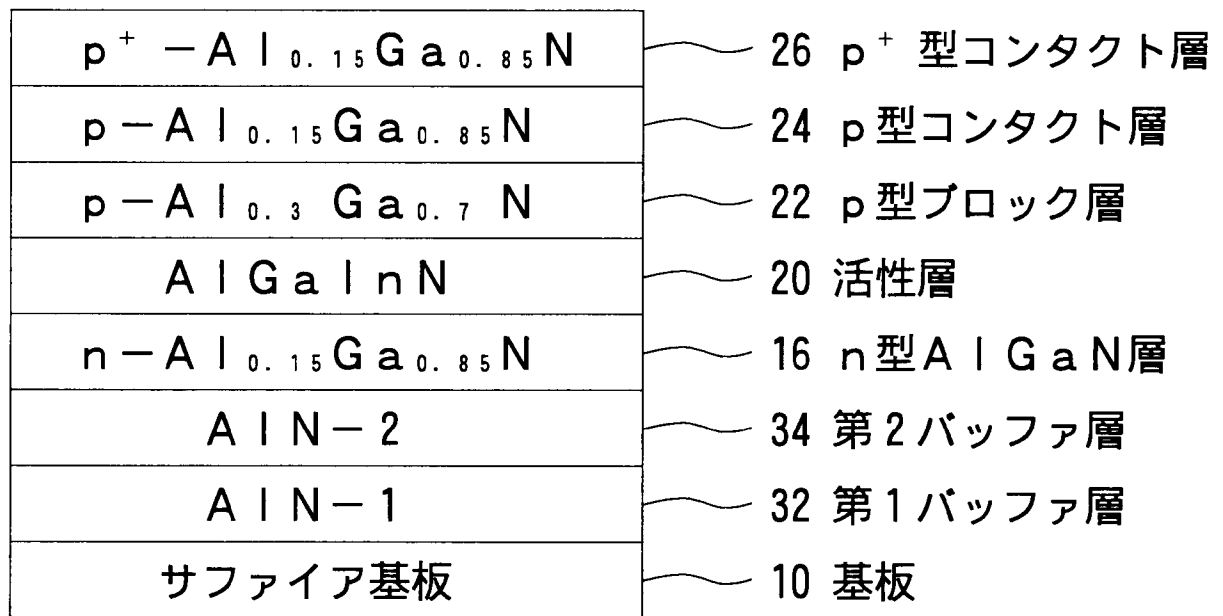
[図3]

$p^+ - Al_{0.1}Ga_{0.9}N$	26 p^+ 型コンタクト層
$p - Al_{0.1}Ga_{0.9}N$	24 p 型コンタクト層
$p - Al_{0.2}Ga_{0.8}N$	22 p 型ブロック層
$AlGaInN$ 活性層	20 活性層
$n - GaN$	28 n 型 GaN 層
$u - GaN$	14 第2バッファ層
$LT - GaN$	12 第1バッファ層
サファイア基板	10 基板

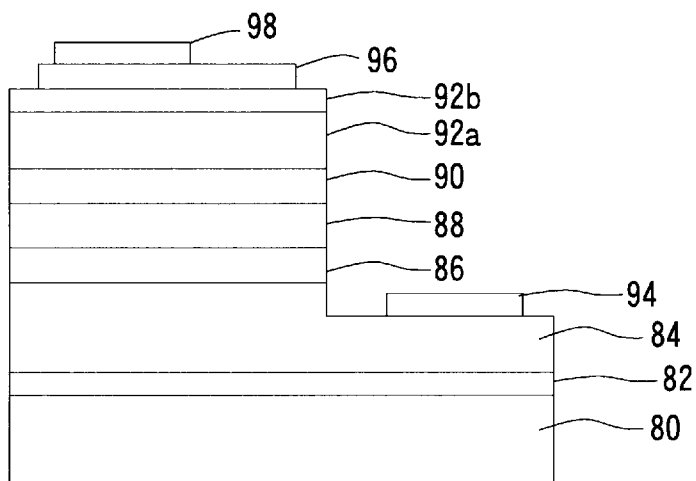
[図4]

$p^+ - Al_{0.15}Ga_{0.85}N$	26 p^+ 型コンタクト層
$p - Al_{0.15}Ga_{0.85}N$	24 p 型コンタクト層
$p - Al_{0.3}Ga_{0.7}N$	22 p 型ブロック層
$AlGaInN$ 活性層	20 活性層
$n - GaN$	18 保護層
$n - Al_{0.15}Ga_{0.85}N$	16 n 型 $AlGaInN$ 層
$AlN - 2$	34 第2バッファ層
$AlN - 1$	32 第1バッファ層
サファイア基板	10 基板

[図5]



[図6]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2011/056388

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	1996-2011
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2011	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2011

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	JP 2003-309071 A (Mitsubishi Cable Industries, Ltd.), 31 October 2003 (31.10.2003), paragraphs [0032] to [0036]; fig. 1, 2 (Family: none)	1, 2
X	JP 2009-200337 A (Sumitomo Electric Industries, Ltd.), 03 September 2009 (03.09.2009), paragraphs [0073] to [0103]; fig. 1 to 6 & US 2009/0212277 A1 & EP 2093813 A2 & KR 10-2009-0091019 A & CN 101515700 A	2
X	JP 2003-289156 A (Stanley Electric Co., Ltd.), 10 October 2003 (10.10.2003), paragraphs [0021] to [0053]; fig. 1 to 3 (Family: none)	2

☒ 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
09 June, 2011 (09.06.11)

Date of mailing of the international search report
21 June, 2011 (21.06.11)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2011/056388

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	JP 2009-224397 A (Sharp Corp.), 01 October 2009 (01.10.2009), paragraphs [0026] to [0053]; fig. 1 to 4 & US 2009/0251883 A1	2
X	JP 2001-44573 A (Sanyo Electric Co., Ltd.), 16 February 2001 (16.02.2001), paragraphs [0029] to [0053]; fig. 1 to 8 (Family: none)	2

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 1 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 1 1 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 1 1 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 2003-309071 A (三菱電線工業株式会社) 2003. 10. 31, 【0 0 3 2】 - 【0 0 3 6】欄、図1, 2 (ファミリーなし)	1, 2
X	JP 2009-200337 A (住友電気工業株式会社) 2009. 09. 03, 【0 0 7 3】 - 【0 1 0 3】欄、図1 - 6 & US 2009/0212277 A1 & EP 2093813 A2 & KR 10-2009-0091019 A & CN 101515700 A	2
X	JP 2003-289156 A (スタンレー電気株式会社) 2003. 10. 10, 【0 0 2 1】 - 【0 0 5 3】欄、図1 - 3 (ファミリーなし)	2

☒ 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

0 9 . 0 6 . 2 0 1 1

国際調査報告の発送日

2 1 . 0 6 . 2 0 1 1

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)

土屋 知久

2 K

8 8 2 6

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 2009-224397 A (シャープ株式会社) 2009. 10. 01, 【0026】 －【0053】欄、図1－4 & US 2009/0251883 A1	2
X	JP 2001-44573 A (三洋電機株式会社) 2001. 02. 16, 【0029】－ 【0053】欄、図1－8 (ファミリーなし)	2