

(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
2014年6月19日(19.06.2014)



(10) 国際公開番号

WO 2014/092168 A1

- (51) 国際特許分類:
H01L 33/28 (2010.01) H01L 33/50 (2010.01)
H01L 21/363 (2006.01) H01L 33/60 (2010.01)
H01L 33/44 (2010.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2013/083380
- (22) 国際出願日: 2013年12月12日(12.12.2013)
- (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 2012-273978 2012年12月14日(14.12.2012) JP
特願 2013-115754 2013年5月31日(31.05.2013) JP
- (71) 出願人: 日本碍子株式会社(NGK INSULATORS, LTD.) [JP/JP]; 〒4678530 愛知県名古屋市瑞穂区須田町2番56号 Aichi (JP).
- (72) 発明者: 渡邊 守道(WATANABE Morimichi); 〒4678530 愛知県名古屋市瑞穂区須田町2番56号 日本碍子株式会社内 Aichi (JP). 今井 克宏(IMAI Katsuhiko); 〒4678530 愛知県名古屋市瑞穂区須田町2番56号 日本碍子株式会社内 Aichi (JP). 吉川 潤(YOSHIKAWA Jun); 〒4678530 愛知県名古屋市瑞穂区須田町2番56号 日本碍子株式会社内 Aichi (JP). 七瀧 努(NANATAKI Tsutomu); 〒4678530 愛知県名古屋市瑞穂区須田町2番56号 日本碍子株式会社内 Aichi (JP).

町2番56号 日本碍子株式会社内 Aichi (JP). 吉野 隆史(YOSHINO Takashi); 〒4678530 愛知県名古屋市瑞穂区須田町2番56号 日本碍子株式会社内 Aichi (JP). 武内 幸久(TAKEUCHI Yukihisa); 〒4678530 愛知県名古屋市瑞穂区須田町2番56号 日本碍子株式会社内 Aichi (JP).

(74) 代理人: 高村 雅晴, 外(TAKAMURA Masaharu et al.); 〒1760001 東京都練馬区練馬1丁目4番1号 ユニティフォーラム I I 3階 マクスウェル国際特許事務所 Tokyo (JP).

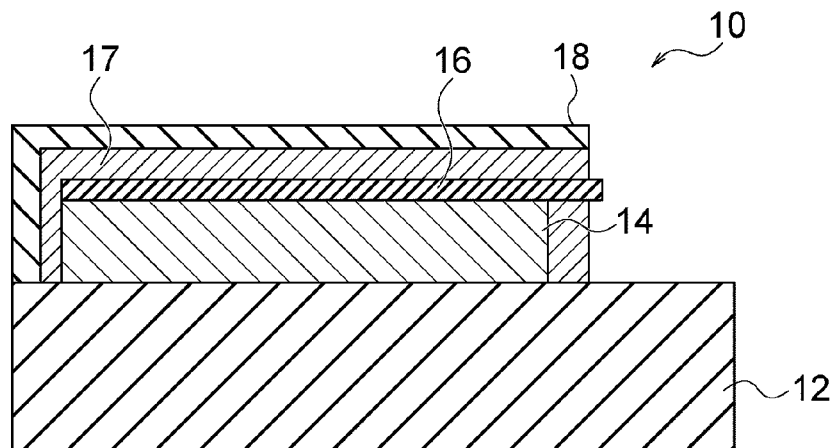
(81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーロパ (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ

[続葉有]

(54) Title: SURFACE LIGHT-EMISSION ELEMENT USING ZINC OXIDE SUBSTRATE

(54) 発明の名称: 酸化亜鉛基板を用いた面発光素子



(57) Abstract: Provided is a surface light-emission element provided with: a substrate configured from a zinc oxide single crystal having a thickness of at least 100 μm ; a light-emission functional layer capable of emitting ultraviolet light; an electrode provided upon the light-emission functional layer; a fluorescent material layer for converting the ultraviolet light into visible light, said fluorescent material layer being provided to an outer side of the electrode; and a reflective layer provided to an outer side of the fluorescent material layer. According to the present invention, a high-performance surface light-emission element can be provided at low cost.

(57) 要約: 100 μm 以上の厚さを有する酸化亜鉛単結晶から構成される基板と、紫外光を放出可能な発光機能層と、発光機能層上に設けられる電極と、電極の外側に設けられる、紫外光を可視光に変換するための蛍光体層と、蛍光体層の外側に設けられる反射層とを備えた、面発光素子が提供される。本発明によれば、高性能な面発光素子を安価に提供することができる。



WO 2014/092168 A1



(AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR,
GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT,
NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI
(BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML,
MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

明 細 書

発明の名称：酸化亜鉛基板を用いた面発光素子

技術分野

[0001] 本発明は、酸化亜鉛基板を用いた面発光素子に関する。

背景技術

[0002] 近年、次世代照明として面発光ＥＬ照明が注目されている。面発光ＥＬ照明には、明るさの均一性が高い、薄型で省スペースである、デザイン性が高い、目に優しいといった利点がある。面発光ＥＬ照明は、有機ＥＬを用いたものでは一部製品化されているが、コスト及び耐久性の面で全面的な普及への課題は依然として多い。また、発光ダイオード（ＬＥＤ）を用いる場合は、高価な基板を使用する必要があるため、素子の大面積化が難しいという問題がある。

[0003] 一方、酸化亜鉛（ＺｎＯ）は、安全、安価であり、化学的にも安定で、透明性にも優れた材料として知られており、その広いバンドギャップや優れた光学特性から、発光ダイオード（ＬＥＤ）等の発光素子への応用が期待されている。例えば非特許文献１には、Ｚｎ極性ＺｎＯ単結晶基板上にＮをドーピングした $Mg_xZn_{1-x}O$ 膜を形成して作製したＬＥＤにおいて紫外発光を観測したことが報告されている。

[0004] このような発光素子に用いられる酸化亜鉛単結晶基板には、導電性及び結晶性の両方が高いことが求められる。このため、導電性を向上させる異種元素（以下、ドーパントという）を酸化亜鉛単結晶にドーピングすることが一般的に行われる。例えば、特許文献１（特開２００４－３１５３６１号公報）には、導電性向上のためにＡｌやＦｅ等をドーピングした酸化亜鉛単結晶を水熱合成法により製造することが開示されている。また、特許文献２（国際公開第２００７／１００１４６号）には、液相成長法による酸化亜鉛単結晶の製造において各種のドーパントを添加可能であることが開示されている。

先行技術文献

特許文献

[0005] 特許文献1：特開 2 0 0 4 － 3 1 5 3 6 1 号公報

特許文献2：国際公開第 2 0 0 7 ／ 1 0 0 1 4 6 号

非特許文献

[0006] 非特許文献1：K. Nakahara et al., "Nitrogen-doped Mg_xZn_{1-x}/ZnO single heterostructure ultraviolet light-emitting diodes on ZnO substrates", Applied Physics Letters 97, 013501 (2010)

発明の概要

[0007] 本発明者らは、今般、100 μm以上の厚さを有する酸化亜鉛単結晶を基板として用いることで、高性能な面発光素子を安価に提供できるとの知見を得た。

[0008] したがって、本発明の目的は、高性能な面発光素子を安価に提供することにある。

[0009] 本発明の一態様によれば、100 μm以上の厚さを有する酸化亜鉛単結晶から構成される基板と、

前記基板上に設けられる、紫外光を放出可能な発光機能層と、

前記発光機能層上に設けられる電極と、

前記電極の外側に設けられる、前記紫外光を可視光に変換するための蛍光体層と、

前記蛍光体層の外側に設けられる反射層と、

を備えた、面発光素子が提供される。

[0010] 本発明の別の態様によれば、100 μm以上の厚さを有する導電性酸化亜鉛単結晶から構成される基板と、

前記基板上に設けられる発光機能層と、

前記発光機能層上に設けられる電極と、

を備えた、面発光素子が提供される。

図面の簡単な説明

[0011] [図1]本発明の面発光素子の一例を示す模式断面図である。

[図2]例1及び2で用いたAD成膜装置を示す模式断面図である。

[図3]例1及び2で用いた加熱装置を示す模式断面図である。

発明を実施するための形態

[0012] 面発光素子

図1に、本発明による面発光素子の一例を示す。図1に示される面発光素子10は、基板12と、基板上に設けられる発光機能層14と、発光機能層上に設けられる電極16とを備えてなる。所望により、面発光素子10は、電極16の外側に蛍光体層17及び／又は反射層18を更に備えてもよい。なお、図1において、発光機能層14はp-n接合を利用した発光素子の一部を構成すべくp型酸化亜鉛層で構成される一方、基板12はn型酸化亜鉛単結晶で構成されてn型酸化亜鉛層として機能しうる構成となっている。このため、図示例の面発光素子10はn型酸化亜鉛層が省略された構成となっているが、本発明はこれに限定されない。

[0013] 基板12は100 μ m以上の厚さを有する酸化亜鉛単結晶、好ましくは導電性酸化亜鉛単結晶から構成される。酸化亜鉛単結晶は六方晶ウルツ鉱型構造を有しており、他の元素としてドーパントを含んでいてもよく、それにより導電性酸化亜鉛単結晶とされているのが好ましい。また、酸化亜鉛単結晶は、MgO、CdO、ZnS、ZnSe及びZnTeからなる群から選択される1種以上の結晶と混晶化されたZnOからなるものであってもよい。すなわち、混晶化されていても、六方晶ウルツ鉱型構造を有する酸化亜鉛ベースの単結晶であれば、本発明における酸化亜鉛単結晶に包含される。また、混晶化されているか否かを問わず、酸化亜鉛単結晶にはn型ドーパントがドーパされるのが好ましく、それにより基板12がn型酸化亜鉛層として機能するように構成されてもよい。n型ドーパントの好ましい例としては、アルミニウム(Al)、ガリウム(Ga)、インジウム(In)、硼素(B)、フッ素(F)、塩素(Cl)、臭素(Br)、ヨウ素(I)及びシリコン(Si)からなる群から選択される1種以上が挙げられる。

[0014] このような酸化亜鉛単結晶は、導電性、結晶性、透明性等の様々な有利な特性を有することができ、これを基板として用いることで、高性能な面発光素子を安価に提供することができる。特に、本発明者らは、固相エピタキシャル成長法や水熱法等の手法を用いることで、望ましくは $1 \times 10^{-3} \Omega \text{ cm}$ 以下という低抵抗な酸化亜鉛単結晶を $100 \mu\text{m}$ 以上の厚さで安価に作製できるとの知見を得ている。そして、このような厚みの酸化亜鉛単結晶はコスト及び機械強度の観点から大面積化に適し、大面積面発光素子の安価な製造を可能にするのみならず、それが持ちうる導電性、結晶性、透明性等の種々の有利な特性を最大限に活用する構成を採用することで高性能の面発光素子を実現することができる。

[0015] 例えば、酸化亜鉛単結晶基板 12 上に発光機能層 14 の構成層をエピタキシャル成長により形成した場合、単結晶基板と同一の結晶構造が実現可能となるため、高い発光効率を得ることができる。また、酸化亜鉛単結晶基板を用いることで発光機能層 14 の結晶性が高まって発光効率が向上する。特に n 型ドーパントの添加した酸化亜鉛単結晶基板を用いた場合、ドーピングされていない酸化亜鉛基板上に n 型層を形成したときに問題となる、n 型ドーパントの基板への拡散も抑制でき、面発光素子の品質を安定化できる。また、n 型ドーパントを添加して著しく低抵抗化した n 型酸化亜鉛単結晶を基板 12 として用いる場合には、図示例のように基板 12 自体に n 型層だけでなく n 型層側の対向電極としての機能を持たせることができ、n 型層及び／又は n 型層側の対向電極を不要にして構成を簡素化できる。また、n 型層として機能する基板 12 の低抵抗化によって発光時の発熱が抑制され、発光効率を更に高めることができる。その上、基板 12 の裏面側の対向電極を不要とした場合には、酸化亜鉛単結晶の透明性によって、基板 12 裏面から光を取り出すことが可能であり、より好ましくは可視光のみを取り出す構成とすることも可能となる。

[0016] 例えば、発光機能層 14 が紫外光を放出可能な場合には、図 1 に示されるように、電極 16 の外側に、紫外光を可視光に変換するための蛍光体層 17

を設け、且つ、蛍光体層 17 の外側に反射層 18 を設けることで、紫外光を含まない可視光のみを取り出すように構成するのが好ましい。すなわち、この構成によれば、発光機能層 14 からの紫外光が蛍光体層 17 によって可視光に変換される一方、変換されなかった紫外光が酸化亜鉛単結晶酸化亜鉛単結晶 12 によって吸収され、その結果、可視光のみが基板 12 の裏面側から高効率に取り出されることが可能となる。こうすることで、人体に有害な紫外光を発しない白色面発光素子を実現できる。その上、反射層 18 によって電極 16 側からの光放出を抑制し、基板 12 裏面側からの発光強度を増幅する構成となるため、面光源としての発光効率を有意に高めることができる。もっとも、用途によっては反射層 18 を無くして面発光素子 10 全体を発光させる構成としてもよい。なお、酸化亜鉛単結晶のバンドギャップエネルギーは、発光機能層から発せられた紫外光のエネルギーより小さいことが望ましい。

[0017] 前述のとおり、 $100\mu\text{m}$ 以上の厚さを有する酸化亜鉛単結晶を用いることで大面積の面発光素子の製造が可能となる。酸化亜鉛単結晶基板 12 の好ましい厚さは $100\mu\text{m}$ で以上であり、より好ましくは $300\mu\text{m}$ 以上、より好ましくは $500\mu\text{m}$ 以上である。また、基板 12 は 20cm^2 以上の面積を有するのが好ましく、より好ましくは 45cm^2 以上である。別の表現をすれば、基板 12 は $\phi 5.08\text{cm}$ 以上の大きさを有するのが好ましく、より好ましくは $\phi 7.62\text{cm}$ 以上である。基板 12 は大きければ大きいほど面発光素子として面発光照明等への用途が広がる点で好ましく、その面積なし大きさに上限は規定されるべきではない。

[0018] 発光機能層 14 が基板上に設けられる。発光機能層 14 は、発光素子における発光機能を担う層であればよく、基板 12 の構成材料である酸化亜鉛単結晶上で所望の発光機能を確保できるかぎり、発光素子の種類や方式は限定されない。従って、発光機能層 12 は青色、赤色等の可視光を放出するものであってもよいし、可視光を伴わずに又は可視光と共に紫外光を発光するものであってもよい。この点、図 1 に示される発光機能層 14 は紫外光を発光

するものとして構成されているため、蛍光体層 17 を別途設けて紫外光を可視光に変換する構成とされている。発光機能層 14 は、p-n 接合を利用した発光素子の少なくとも一部を構成するのが好ましく、この p-n 接合は p 型層と n 型層の間に発光層を含んでいても良い。また、p 型層-発光層-n 型層の一形態として、発光層の厚みを薄くした量子井戸構造を採りうる。p-n 接合の場合には p 型層、n 型層及び（発光層を含む場合には）発光層の各層をいずれも酸化亜鉛系の材料で構成することができ、同じく酸化亜鉛で構成される基板との間で配向ないし結晶方位を整合させやすく、それにより発光効率を高めることができる。

[0019] 発光機能層 14 は、p 型ドーパントがドーピングされた ZnO からなる p 型酸化亜鉛層を少なくとも含むのが好ましい。これにより、図 1 に示されるように n 型酸化亜鉛層を有しない構成の場合には、基板 12 を n 型酸化亜鉛層として機能しうるように構成することで、基板 12 との組み合わせにより p-n 接合による発光素子を構成可能である。一方、n 型酸化亜鉛層が存在する場合にはそれとの組み合わせにより p-n 接合による発光素子を構成しうる。p 型ドーパントの好ましい例としては、窒素 (N)、リン (P)、砒素 (As)、カーボン (C)、リチウム (Li)、ナトリウム (Na)、カリウム (K)、銀 (Ag) 及び銅 (Cu) からなる群から選択される 1 種以上が挙げられる。また、p 型酸化亜鉛層は、MgO、CdO、ZnS、ZnSe 及び ZnTe からなる群から選択される 1 種以上の結晶と混晶化された ZnO からなるものであってもよく、この混晶化された ZnO に p 型ドーパントがドーピングされていてもよい。例えば、ZnO と MgO の混晶である $Mg_xZn_{1-x}O$ ($0.1 \leq x \leq 0.4$) に N をドーピングした化合物が特に好ましい。ZnO を MgO と混晶化することでバンドギャップが広がり、発光波長を高エネルギー側にシフトさせることができる。また、ZnO を CdO 又は ZnS との混晶としてもよく、これによりバンドギャップが狭まり、発光波長を低エネルギー側にシフトさせることができる。なお、p 型酸化亜鉛層の作製は、市販の p 型 ZnO 粉末を用いた固相エピタキシャル成長法、R S-MBE 法

(ラジカルソース分子線成長)によって好ましく行うことができるが、これらに限定されず、MOCVD法や、スピコートやディッピング等の溶液法によってp型酸化亜鉛を塗布し、300～700℃で熱処理する手法によっても行うことができる。

[0020] 発光機能層14は、p型酸化亜鉛層と基板12との間に、n型ドーパントがドーピングされたn型酸化亜鉛層を更に備えてもよい。n型ドーパントの好ましい例としては、アルミニウム(Al)、ガリウム(Ga)、インジウム(In)、硼素(B)、フッ素(F)、塩素(Cl)、臭素(Br)、ヨウ素(I)及びシリコン(Si)からなる群から選択される1種以上が挙げられる。また、n型酸化亜鉛層は、MgO、CdO、ZnS、ZnSe及びZnTeからなる群から選択される1種以上の結晶と混晶化されたZnOからなるものであってもよく、この混晶化されたZnOにn型ドーパントがドーピングされていてもよい。例えば、ZnOとMgOの混晶である $Mg_xZn_{1-x}O$ ($0 < x \leq 0.4$)にAl又はGaをドーピングした化合物が特に好ましい。もっとも、前述したように、基板12がn型酸化亜鉛層として機能するように構成されている場合には、n型酸化亜鉛層は省略可能である。

[0021] 発光機能層14は、p型酸化亜鉛層とn型酸化亜鉛層との間に、p型酸化亜鉛層及びn型酸化亜鉛層のいずれよりもバンドギャップが小さいZnO、又はMgO、CdO、ZnS、ZnSe及びZnTeからなる群から選択される1種以上とZnOとの混晶からなり、且つ、p型ドーパント及びn型ドーパントを含まない発光層を少なくとも有してもよい。この発光層を薄くした構成はp-n接合の一態様である量子井戸構造の発光素子に相当し、発光効率をより一層高めることができる。もっとも、n型酸化亜鉛層を省略してn型酸化亜鉛基板12を用いる場合には、発光機能層は、p型酸化亜鉛層とn型酸化亜鉛基板12との間に、p型酸化亜鉛層及び酸化亜鉛単結晶のいずれよりもバンドギャップが小さいZnO、又はMgO、CdO、ZnS、ZnSe及びZnTeからなる群から選択される1種以上とZnOとの混晶からなり、且つ、p型ドーパント及びn型ドーパントを含まない発光層を少な

くとも有するように構成すればよい。

[0022] 発光機能層 14 は、酸化亜鉛単結晶の結晶構造に倣ってエピタキシャル成長し、それにより単結晶基板と同一の結晶構造を有するのが特に好ましい。こうすることで優れた発光特性を得ることができる。このような構造を有する発光機能層 14 の成膜方法は、基板の配向性に倣った成長を促す方法であれば特に限定されないが、スパッタリング法、分子線エピタキシー法（MBE）、固体エピタキシャル成長法等が好ましく例示される。固体エピタキシャル成長法は、例えば、基板上にエアロゾルデポジション法（AD法）により成膜しておき、被膜を基板側からの一方向加熱により単結晶化することにより好ましく行うことができる。

[0023] 前述したとおり、発光機能層 14 が紫外光を放出可能なものである場合には、紫外光を可視光に変換するための蛍光体層 17 を、電極 16 の外側に更に備えてなるのが好ましい。蛍光体層 17 は紫外光を可視光に変換可能な公知の蛍光成分を含む層であればよく特に限定されない。例えば、紫外光により励起されて青色光を発光する蛍光成分、紫外光により励起されて青～緑色光を発光する蛍光成分、及び紫外光により励起されて赤色光を発光する蛍光成分を混在させて、混合色として白色光を得るような構成とするのが好ましい。そのような蛍光成分の好ましい組み合わせとしては、 $(Ca, Sr)_5(PO_4)_3Cl : Eu$ 、 $BaMgAl_{10}O_{17} : Eu$ 、及び $Mn, Y_2O_3S : Eu$ が挙げられ、これらの成分をシリコン樹脂等の樹脂中に分散させて蛍光体層 17 を形成するのが好ましい。このような蛍光成分は上記例示物質に限られるものではなく、他の紫外光励起蛍光体、例えばイットリウム・アルミニウム・ガーネット（YAG）やシリケート系蛍光体、酸窒化物系蛍光体等の組み合わせでもよい。

[0024] また、発光機能層 14 が青色光を放出可能なものである場合には、青色光を黄色光に変換するための蛍光体層 17 を電極 16 の外側に更に備えてなるのが好ましい。蛍光体層 17 は青色光を黄色光に変換可能な公知の蛍光成分を含む層であればよく特に限定されない。例えば YAG などの黄色発光する

蛍光体との組み合わせたものとしてもよい。このようにすることで、蛍光体層を透過した青色発光と蛍光体からの黄色発光は補色関係にあるため、擬似的な白色光源とすることができる。なお、蛍光体層 17 は、青色を黄色に変換する蛍光成分と、紫外光を可視光に変換するための蛍光成分との両方を備えることで、紫外光の可視光への変換と青色光の黄色光への変換との両方を行う構成としてもよい。

[0025] 電極 16 は発光機能層 14 上に設けられる。電極 16 は公知の電極材料で構成すればよいが、蛍光体層 17 で光の変換を行う場合及び／又は電極 16 側から光を取り出す構成とする場合には、ITO 等の透明導電膜、又は格子構造若しくはモスアイ構造等の開口率が高い金属電極とすれば、発光機能層 14 で発生した光の変換及び／又は取り出し効率を上げられる点で好ましい。

[0026] 前述したとおり、反射層 18 が蛍光体層 17 の外側に更に設けられてもよい。反射層 18 の材質及び厚さは、蛍光体からの可視光線を反射できるものであれば特に限定されず、Au や Al 等の反射性の高い金属で構成すればよい。

[0027] 図 1 において基板 12 は対向電極として機能するように構成されているが、そうでない場合には、基板 12 の発光機能層 14 と反対側に対向電極を別途設ければよい。この場合、対向電極は公知の電極材料で構成すればよいが、対向電極側から光を取り出す構成とする場合には、ITO 等の透明導電膜、又は格子構造若しくはモスアイ構造等の開口率が高い金属電極とすれば、発光機能層 14 で発生した光の取り出し効率を上げられる点で好ましい。また、基板 12 が十分な導電性を持たない場合は発光機能層 14 中に含まれる n 型層を電極としてもよいし、n 型層に電極を設置してもよい。

[0028] 酸化亜鉛単結晶の製造方法

基板 12 として用いる酸化亜鉛単結晶はいかなる方法によって作製されたものであってもよいが、基板 12 として適する高ドーパの導電性酸化亜鉛単結晶は以下に示される方法により好ましく製造することができる。なお、高

ドーブの導電性酸化亜鉛単結晶の製法は以下の方法に限るものではなく、例えば水熱合成法や液相エピタキシャル法（L P E 法）を用いてもよい。

[0029] （１）原料粉末の作製

導電性酸化亜鉛単結晶の製造用原料粉末として、ドーパントが固溶又は添加された酸化亜鉛原料粉末を作製する。このドーブされた原料粉末は、固相法、液相法を問わず、いかなる方法によって製造されたものでもよい。

[0030] 固相法による酸化亜鉛原料粉末の製造は、ノンドーブの酸化亜鉛粒子と、ドーパント元素の酸化物等の化合物の粒子とをポットミル、ボールミル等で混合し、熱処理をすることにより好ましく行うことができる。この熱処理は固相反応に適した条件で行えばよく、 $900 \sim 1500^{\circ}\text{C}$ で $1 \sim 5$ 時間行われるのが好ましく、より好ましくは $1000 \sim 1400^{\circ}\text{C}$ で $1 \sim 5$ 時間である。熱処理後の粉末はポットミル、ボールミル粉砕等を施して所望の平均粒径に粉砕するのが好ましい。粉砕後の原料粉末の好ましい体積基準 D_{50} 平均粒径は $0.2 \sim 4 \mu\text{m}$ である。

[0031] （２）酸化亜鉛単結晶の作製

上記酸化亜鉛原料粉末を噴射して、酸化亜鉛単結晶を含む種基板上に主に酸化亜鉛からなる膜を形成すると共に、形成した膜を固相状態のまま結晶化させて酸化亜鉛単結晶を作製する。上記の噴射成膜の手法としては、エアロゾルデポジション法（A D 法）及びパウダージェットデポジション法（P J D 法）が好ましく挙げられる。また、成膜手法としては上記の粉末の噴射を用いたものに限るものではなく、物理蒸着（P V D）法、及び化学蒸着（C V D）法からなる群より選ばれる何れの方法としてもよい。上記物理蒸着（P V D）法の具体例としては、例えば、スパッタ法等を挙げることができる。更に、化学蒸着（C V D）法としては、例えば、ミストC V D法及びレーザーC V D法等を挙げることができる。

[0032] また、形成した膜を固相状態のまま結晶化させる工程は、赤外線ランプ（例えば、近赤外線ランプ等）、各種レーザー（例えば、 CO_2 レーザー、Y A Gレーザー、エキシマーレーザー、半導体レーザー等）等を熱源とする光加

熱や高周波加熱装置等による加熱処理で行う手法が望ましい。尚、上記では成膜後に加熱する工程としたが、酸化亜鉛単結晶が成長可能な温度で基板を加熱しながら酸化亜鉛原料粉末を噴射する方法であっても良い。これらの加熱温度は、より好ましくは900℃以上であり、更に好ましくは1000～1400℃である。

実施例

[0033] 本発明を以下の例によってさらに具体的に説明する。

[0034] 例1

図1に示されるように、n型ZnO単結晶基板12上に、p-n接合を用いた発光機能層14、電極16、蛍光体層17及び反射層18を順に形成して面発光素子10を作製して、その評価を行った。具体的には以下のとおりである。なお、以下の例はn型ドーパントをAlとした基板を用いる例であるが、Gaドーパント、又はInドーパントなど、他のn型ドーパントを添加した基板でもよい。また、n型ZnO単結晶基板の作製には固相エピタキシャル成長法を用いているが、水熱法やLPE等の他の方法を用いてもよい。

[0035] (1) n型ZnO単結晶基板の作製

(1a) 成膜用原料粉の作製

成膜用原料粉として、アルミニウム(Al)が固溶した酸化亜鉛(ZnO)を以下のようにして調製した。まず、酸化亜鉛(ZnO)粉末(体積基準メジアン径(D50):0.8μm)と酸化アルミニウム(Al₂O₃)粉末(体積基準D50:0.5μm)とを、アルミニウム(Al)の原子モル比率が0.2at%となるように秤量し、混合した。得られた混合粉末をポットミルにて湿式混合した。この湿式混合した粉末を、大気中、1400℃で5時間に亘って焼成して、アルミニウム(Al)が固溶した酸化亜鉛(ZnO)粉末を合成した。得られた合成粉末を、体積基準D50が2.6μmとなるように、ポットミル中で、ジルコニアボールを用いて、5時間に亘って湿式粉碎した。こうして、アルミニウム(Al)が0.2at%固溶した酸

化亜鉛（ZnO）を成膜用原料粉として得た。

[0036] (1b) AD膜の作製

上記(1a)で得られた成膜用原料粉を市販のZnO単結晶基板（直径7.62cm、厚さ0.5mm、c面）上にエアロゾルデポジション法（以下、ADという）により堆積させた。AD成膜には図2に示す成膜装置120を使用した。この成膜装置120は、原料成分を含む原料粉末のエアロゾルを生成するエアロゾル生成部122と、成膜粉を種基板121に噴射して原料成分を含む膜を形成する成膜部130とを備えている。

[0037] エアロゾル生成部122は、成膜粉112を収容しガスボンベ（図示せず）からのキャリアガス111の供給を受けてエアロゾルを生成するエアロゾル生成室123と、生成したエアロゾルを成膜部130へ供給する原料供給管124と、エアロゾル生成室123及びその中のエアロゾルに10～100Hzの振動数で振動を付与する加振器125とを備えている。成膜部130は、種基板121にエアロゾルを噴射する成膜チャンバ132と、成膜チャンバ132の内部に配設され種基板121を固定する種基板ホルダ134と、種基板ホルダ134をX軸－Y軸方向に移動するX－Yステージ133とを備えている。また、成膜部130は、先端にスリット137が形成されエアロゾルを種基板121へ噴射する噴射ノズル136と、成膜チャンバ132を減圧する真空ポンプ138とを備えている。

[0038] 成膜装置120においては、窒素（N₂）ガスを6L／分の流量にてキャリアガス111として流し、エアロゾル生成室123の圧力は50～70kPaとし、成膜チャンバ132内の圧力は0.1kPa以下とし、成膜用粉体の噴射ノズル136に備えられたスリット137の開口サイズは10mm×0.8mmとした。成膜時のノズルの走査方法としては、1スキンの走査距離を80mm、スキャン速度1mm／秒とし、1スキャン終了後、10mm走査位置をずらして成膜を行い、1サイクルで計8列スキャンを行った。この成膜を計60サイクル行い、厚みが約2.5μmのAlドーパZnOからなるAD膜を得た。

[0039] (1 c) A D膜の単結晶化

得られたZnO膜を図3の加熱装置を用いて基板側から一方向加熱した。図3には光加熱のための光源として近赤外線ランプ206を使用した。なお、ZnO膜は近赤外線の吸収係数が低いため、種基板202の膜201が堆積した面とは反対側の面に白金板203を配設し、種基板202の膜201が堆積した面と同じ側から近赤外線を照射して、当該近赤外線を上記白金板203に吸収させることにより、膜201を種基板202側から加熱した。種基板202及び白金板203は石英製台座204上に設置し、熱電対205にて膜201の温度を計測した。加熱処理は大気中で行い、昇温速度400℃/分で加熱し、1250℃で10分間保持した。この熱処理によってZnO膜は基板となる単結晶の表面原子配列に倣って成長する固相エピタキシャル成長を生じ、AlドープされたZnO（以下、AZOという）単結晶膜となった。成膜－熱処理のサイクルを200回繰り返すことで、厚さ500μmのAZO膜を作製した。その後、ワイヤソーにて導電性のないZnO単結晶基板を切断し、AZO単体からなる直径3インチ（7.62cm）の単結晶基板をn型ZnO単結晶基板として得た。

[0040] 単結晶化の確認は多機能高分解能X線回折装置（ブルカー・エイエックスエス株式会社製、D8 DISCOVER）を、以下の条件下で使用して、面内ロックングカーブ（XRC）測定を行った。（100）ピークが検出されたため、単結晶膜が良好に得られたと判断した。

<XRC測定条件>

- ・管電圧：40kV
- ・管電流：40mA
- ・アンチスキャタリングスリット：3°
- ・ステップ幅：0.001°
- ・スキャンスピード：0.5秒/ステップ
- ・入射角：1°

[0041] また、抵抗率計（三菱化学株式会社製、ロレスタAX MCP-T370

型)を用いて、単結晶体の中心部近傍にて四探針法により体積抵抗率を測定したところ、 $5 \times 10^{-4} \Omega \text{ cm}$ と非常に低抵抗であることが分かった。

[0042] (2) 固相エピタキシャル成長によるp型ZnO層の成膜

上記得られたn型ZnO単結晶基板12上に、Nドーピングしたp型ZnO(以下、ZnO:Nという)からなるp型ZnO層14を、固相エピタキシャル成長を用いて以下のようにして作製した。まず、n型ZnO単結晶基板に対し、市販のNドーピングしたp型ZnO粉末(以下、ZnO:N粉末という)を用いて、図2のAD装置によってn型ZnO層上にAD成膜し、緻密なZnO:N膜を得た。AD成膜は窒素(N_2)ガスを10L/分の流量にてキャリアガス111として流し、エアロゾル生成室123の圧力は50kPaとし、成膜チャンバ132内の圧力は0.1kPa以下とし、成膜用粉体の噴射ノズル136に備えられたスリット137の開口サイズは10mm×0.4mmとした。成膜時のノズルの走査方法としては、1スキンの走査距離を80mm、スキャン速度1mm/秒とし、1スキャン終了後、10mm走査位置をずらして成膜を行い、1サイクルで計8列スキャンを行った。この成膜を計60サイクル行い、厚みが約2.5 μm のZnO:NからなるAD膜を得た。なお、本例では成膜方法をAD法としたが、PJD法、スパッタ法、レーザーCVD法、ミストCVD法、スピンコート法、ディッピング法などを用いてもよい。その後、図3の赤外ランプ加熱装置を用いて単結晶化を行った。加熱処理は窒素中で行い、昇温速度400°C/分で加熱し、1100°Cで10分間保持した。この熱処理によってZnO:N膜はn型ZnO単結晶基板の結晶構造に倣って成長する固相エピタキシャル成長を生じ、ZnO:N単結晶膜を得た。n型ZnO単結晶膜とZnO:N単結晶膜に通電し、I-V測定を行ったところ、整流性が確認され、ZnO:N単結晶膜がp型ZnO層として機能していること、及び熱処理によって良質なp-n接合が形成されたことが確認できた。

[0043] (3) 電極層の作製

p型ZnO層14上に、Auを電子ビーム蒸着法にて30nm成膜して電

極 1 6 を得た。本例の電極は A u 薄膜としたが、発光効率を高めるため A u 部は格子状など開口率が高い電極や I T O などの透明導電膜を用いてもよい。

[0044] (4) 蛍光体層の作製

電極 1 6 上に、蛍光体層 1 7 を形成すべく、蛍光成分として (C a, S r)₅(P O₄)₃C l : E u、B a M g A l₁₀O₁₇: E u, M n、及び Y₂O₃ S : E u を分散含有させたシリコン樹脂を約 5 μ m 塗布した。これらの各蛍光体はそれぞれ紫外光により励起されて青色光、青～緑色光、赤色光を発光し、混合色として白色光を得ることができる。このような蛍光体は上記に挙げたものに限られるものではなく、他の紫外光励起蛍光体、例えば Y A G やシリケート系蛍光体、酸窒化物系蛍光体などの組み合わせでも問題はない。

[0045] (5) 反射層の作製

蛍光体層 1 7 上に、電極層 1 6 と同様、A u を電子ビーム蒸着法にて 5 0 0 n m 成膜して反射層 1 8 とした。反射層の成分や厚みはこれに限定するものではなく、蛍光体からの可視光線を反射できるものであれば特に限定されない。

[0046] (6) 発光素子の評価

上記のようにして得られた面発光素子において、電極 1 6 と n 型 Z n O 単結晶基板 1 2 との間に通電したところ、n 型 Z n O 単結晶基板 1 2 の全域から白色発光のみが観察され、紫外光は検出されなかった。蛍光体層 1 7 を除去して発光機能層側から発光波長を測定したところ、約 3 7 5 n m の紫外発光が観測され、p - n 接合部からの紫外発光が蛍光体層 1 7 にて可視光に変換されたこと、及び変換されなかった紫外光は Z n O 単結晶基板 1 2 に吸収されたことが確認できた。また、低抵抗な n 型 Z n O 単結晶基板を用いたため、発光時の発熱がほとんど無いことがわかった。これらの結果から、低抵抗な n 型 Z n O 単結晶基板を用いることで、n 型層と n 型側の電極（対向電極）が不要となり、縦型構造の白色発光素子を作製できた。なお、本例では

面光源としての効率を高めるため、反射層 18 によって発光機能層 14 側からの光放射を抑制し、基板 12 裏面側からの発光強度を増幅する構成としたが、用途によっては反射層 18 を無くして面発光素子 10 全体を発光させる構成としてもよい。

[0047] 例 2

p 型 ZnO 層の作製を RS-MBE（ラジカルソース分子線成長）により行ったこと以外は例 1 と同様にして、面発光素子の作製及び評価を行った。

[0048] すなわち、p 型 ZnO 層の作製は、例 1 の（1c）で得られた n 型 ZnO 単結晶基板に対し、RS-MBE（ラジカルソース分子線成長）装置を用いて行った。このとき、金属材料である亜鉛（Zn）はクヌーセンセルで照射し、基板に供給した。ガス材料である酸素（O）と窒素（N）は、RF ラジカル発生装置にてそれぞれ O₂ ガス、NO ガスを原料とし、酸素ラジカル（O*と表記する）、窒素ラジカル（N*と表記する）として供給した。各種原料の純度は Zn が 7 N、O₂ が 6 N、NO ガスは 5 N のものを用いた。基板は抵抗加熱ヒータを用いて 700℃ に加熱し、膜中の窒素濃度が $1 \times 10^{20} \text{ cm}^{-3}$ となるように各種ガスソースのフラックスを制御しながら厚さ 100 nm の ZnO : N 単結晶膜を成膜した。例 1 の（2）と同様に、n 型 ZnO 単結晶膜と ZnO : N 単結晶膜に通電し、I-V 測定を行ったところ、整流性が確認され、ZnO : N 単結晶膜が p 型 ZnO 層として機能していること、及び熱処理によって良質な p-n 接合が形成されたことが確認できた。

[0049] 上記得られた p 型 ZnO 層 14 上に、例 1 と同様にして、電極 16、蛍光体層 17 及び反射層 18 を順次形成して、面発光素子 10 を得た。得られた面発光素子において、電極 16 と n 型 ZnO 単結晶基板 12 との間に通電したところ、n 型 ZnO 単結晶基板 12 の全域から白色発光のみが観察され、紫外光は検出されなかった。蛍光体層 17 を除去して発光機能層側から発光波長を測定したところ、約 375 nm の紫外発光が観測され、p-n 接合部からの紫外発光が蛍光体層 17 にて可視光に変換されたこと、及び変換されなかった紫外光は ZnO 単結晶基板 12 に吸収されたことが確認できた。ま

た、低抵抗なn型ZnO単結晶基板を用いたため、発光時の発熱がほとんど無く、高効率であることがわかった。これらの結果から、低抵抗なn型ZnO単結晶基板を用いることで、下部（n型側）電極が不要となり、縦型構造の白色発光素子を作製できた。なお、本例では面光源としての効率を高めるため、反射層18によって発光機能層14側からの光放射を抑制し、基板12裏面側からの発光強度を増幅する構成としたが、用途によっては反射層18を無くして面発光素子10全体を発光させる構成としてもよい。

請求の範囲

- [請求項1] 100 μm 以上の厚さを有する酸化亜鉛単結晶から構成される基板と、
前記基板上に設けられる、紫外光を放出可能な発光機能層と、
前記発光機能層上に設けられる電極と、
前記電極の外側に設けられる、前記紫外光を可視光に変換するための蛍光体層と、
前記蛍光体層の外側に設けられる反射層と、
を備えた、面発光素子。
- [請求項2] 前記発光機能層が、p-n接合に基づいた発光機能を有する、請求項1に記載の面発光素子。
- [請求項3] 前記発光機能層が、前記酸化亜鉛単結晶の結晶方位に倣ってエピタキシャル成長した構造を有し、それにより単結晶基板と同一の結晶構造を有する、請求項1又は2に記載の面発光素子。
- [請求項4] 前記発光機能層が、p型ドーパントがドーピングされたZnOからなるp型酸化亜鉛層を少なくとも含む、請求項1～3のいずれか一項に記載の面発光素子。
- [請求項5] 前記p型ドーパントが、窒素(N)、リン(P)、砒素(As)、カーボン(C)、リチウム(Li)、ナトリウム(Na)、カリウム(K)、銀(Ag)及び銅(Cu)からなる群から選択される1種以上を含む、請求項4に記載の面発光素子。
- [請求項6] 前記発光機能層が、前記p型酸化亜鉛層と前記基板との間に、n型ドーパントがドーピングされたn型酸化亜鉛層を更に備えてなる、請求項4又は5に記載の面発光素子。
- [請求項7] 前記n型ドーパントが、アルミニウム(Al)、ガリウム(Ga)、インジウム(In)、硼素(B)、フッ素(F)、塩素(Cl)、臭素(Br)、ヨウ素(I)及びシリコン(Si)からなる群から選択される1種以上を含む、請求項6に記載の面発光素子。

- [請求項8] 前記 p 型酸化亜鉛層が、MgO、CdO、ZnS、ZnSe 及び ZnTe からなる群から選択される 1 種以上の結晶と混晶化された ZnO からなる、請求項 4～7 のいずれか一項に記載の面発光素子。
- [請求項9] 前記 n 型酸化亜鉛層が、MgO、CdO、ZnS、ZnSe 及び ZnTe からなる群から選択される 1 種以上の結晶と混晶化された ZnO からなる、請求項 6～8 のいずれか一項に記載の面発光素子。
- [請求項10] 前記酸化亜鉛単結晶が、MgO、CdO、ZnS、ZnSe 及び ZnTe からなる群から選択される 1 種以上の結晶と混晶化された ZnO からなる、請求項 1～9 のいずれか一項に記載の面発光素子。
- [請求項11] 前記発光機能層が、前記 p 型酸化亜鉛層と前記基板との間に、前記 p 型酸化亜鉛層及び前記酸化亜鉛単結晶のいずれよりもバンドギャップが小さい ZnO、又は MgO、CdO、ZnS、ZnSe 及び ZnTe からなる群から選択される 1 種以上と ZnO との混晶からなり、且つ、p 型ドーパント及び n 型ドーパントを含まない発光層を少なくとも有する発光素子を構成してなる、請求項 4、5、8 及び 10 のいずれか一項に記載の面発光素子。
- [請求項12] 前記発光機能層が、前記 p 型酸化亜鉛層と n 型酸化亜鉛層との間に、前記 p 型酸化亜鉛層及び前記 n 型酸化亜鉛層のいずれよりもバンドギャップが小さい ZnO、又は MgO、CdO、ZnS、ZnSe 及び ZnTe からなる群から選択される 1 種以上と ZnO との混晶からなり、且つ、p 型ドーパント及び n 型ドーパントを含まない発光層を少なくとも有する発光素子を構成してなる、請求項 6、7、9 及び 10 のいずれか一項に記載の面発光素子。
- [請求項13] 前記基板が対向電極として機能する、請求項 1～12 のいずれか一項に記載の面発光素子。
- [請求項14] 前記基板上の前記発光機能層と反対側に、対向電極を更に備えてなる、請求項 1～12 のいずれか一項に記載の面発光素子。
- [請求項15] 前記電極が、透明導電膜、又は格子構造若しくはモスアイ構造を有

する金属電極である、請求項 1 ～ 1 4 のいずれか一項に記載の面発光素子。

[請求項16] 前記基板が 20 cm^2 以上の面積を有する、請求項 1 ～ 1 5 のいずれか一項に記載の面発光素子。

[請求項17] 前記基板が 45 cm^2 以上の面積を有する、請求項 1 ～ 1 6 のいずれか一項に記載の面発光素子。

[請求項18] 前記酸化亜鉛単結晶のバンドギャップエネルギーが、前記発光機能層から発せられた紫外光のエネルギーより小さいことを特徴とする請求項 1 ～ 1 7 のいずれか一項に記載の面発光素子。

[請求項19] $100 \mu\text{m}$ 以上の厚さを有する導電性酸化亜鉛単結晶から構成される基板と、
前記基板上に設けられる発光機能層と、
前記発光機能層上に設けられる電極と、
を備えた、面発光素子。

[請求項20] 前記導電性酸化亜鉛単結晶は n 型ドーパントがドーピングされている、請求項 1 9 に記載の面発光素子。

[請求項21] 前記 n 型ドーパントが、アルミニウム (Al)、ガリウム (Ga)、インジウム (In)、硼素 (B)、フッ素 (F)、塩素 (Cl)、臭素 (Br)、ヨウ素 (I) 及びシリコン (Si) からなる群から選択される 1 種以上を含む、請求項 1 9 又は 2 0 に記載の面発光素子。

[請求項22] 前記導電性酸化亜鉛単結晶が $1 \times 10^{-3} \Omega \text{ cm}$ 以下の抵抗率を有する、請求項 1 9 ～ 2 1 のいずれか一項に記載の面発光素子。

[請求項23] 前記導電性酸化亜鉛単結晶が、 MgO 、 CdO 、 ZnS 、 ZnSe 及び ZnTe からなる群から選択される 1 種以上の結晶と混晶化された ZnO からなる、請求項 1 9 ～ 2 2 のいずれか一項に記載の面発光素子。

[請求項24] 前記基板が n 型酸化亜鉛層として機能する、請求項 1 9 ～ 2 3 のいずれか一項に記載の面発光素子。

- [請求項25] 前記発光機能層が、 $p-n$ 接合に基づいた発光機能を有する、請求項19～24のいずれか一項に記載の面発光素子。
- [請求項26] 前記発光機能層が、前記酸化亜鉛単結晶の結晶方位に倣ってエピタキシャル成長した構造を有し、それにより単結晶基板と同一の結晶構造を有する、請求項19～25のいずれか一項に記載の面発光素子。
- [請求項27] 前記発光機能層が、 p 型ドーパントがドーピングされた ZnO からなる p 型酸化亜鉛層を少なくとも含む、請求項19～26のいずれか一項に記載の面発光素子。
- [請求項28] 前記 p 型ドーパントが、窒素（N）、リン（P）、砒素（As）、カーボン（C）、リチウム（Li）、ナトリウム（Na）、カリウム（K）、銀（Ag）及び銅（Cu）からなる群から選択される1種以上を含む、請求項27に記載の面発光素子。
- [請求項29] 前記発光機能層が、前記 p 型酸化亜鉛層と前記基板との間に、 n 型ドーパントがドーピングされた n 型酸化亜鉛層を更に備えてなる、請求項19～23及び25～28のいずれか一項に記載の面発光素子。
- [請求項30] 前記 n 型ドーパントが、アルミニウム（Al）、ガリウム（Ga）、インジウム（In）、硼素（B）、フッ素（F）、塩素（Cl）、臭素（Br）、ヨウ素（I）及びシリコン（Si）からなる群から選択される1種以上を含む、請求項29に記載の面発光素子。
- [請求項31] 前記 p 型酸化亜鉛層が、 MgO 、 CdO 、 ZnS 、 $ZnSe$ 及び $ZnTe$ からなる群から選択される1種以上の結晶と混晶化された ZnO からなる、請求項27～30のいずれか一項に記載の面発光素子。
- [請求項32] 前記 n 型酸化亜鉛層が、 MgO 、 CdO 、 ZnS 、 $ZnSe$ 及び $ZnTe$ からなる群から選択される1種以上の結晶と混晶化された ZnO からなる、請求項29～31のいずれか一項に記載の面発光素子。
- [請求項33] 前記発光機能層が、前記 p 型酸化亜鉛層と前記基板との間に、前記 p 型酸化亜鉛層及び前記導電性酸化亜鉛単結晶のいずれよりもバンドギャップが小さい ZnO 、又は MgO 、 CdO 、 ZnS 、 $ZnSe$ 及

びZnTeからなる群から選択される1種以上とZnOとの混晶からなり、且つ、p型ドーパント及びn型ドーパントを含まない発光層を少なくとも有する発光素子を構成してなる、請求項27、28及び31のいずれか一項に記載の面発光素子。

[請求項34] 前記発光機能層が、前記p型酸化亜鉛層と前記n型酸化亜鉛層の間に、前記p型酸化亜鉛層及び前記n型酸化亜鉛層のいずれよりもバンドギャップが小さいZnO、又はMgO、CdO、ZnS、ZnSe及びZnTeからなる群から選択される1種以上とZnOとの混晶からなり、且つ、p型ドーパント及びn型ドーパントを含まない発光層を少なくとも有する発光素子を構成してなる、請求項29～32のいずれか一項に記載の面発光素子。

[請求項35] 前記発光機能層が紫外光を放出可能なものであり、該紫外光を可視光に変換するための蛍光体層を、前記電極の外側に更に備えてなる、請求項19～34のいずれか一項に記載の面発光素子。

[請求項36] 前記基板が対向電極として機能する、請求項19～35のいずれか一項に記載の面発光素子。

[請求項37] 前記基板上の前記発光機能層と反対側に、対向電極を更に備えてなる、請求項19～35のいずれか一項に記載の面発光素子。

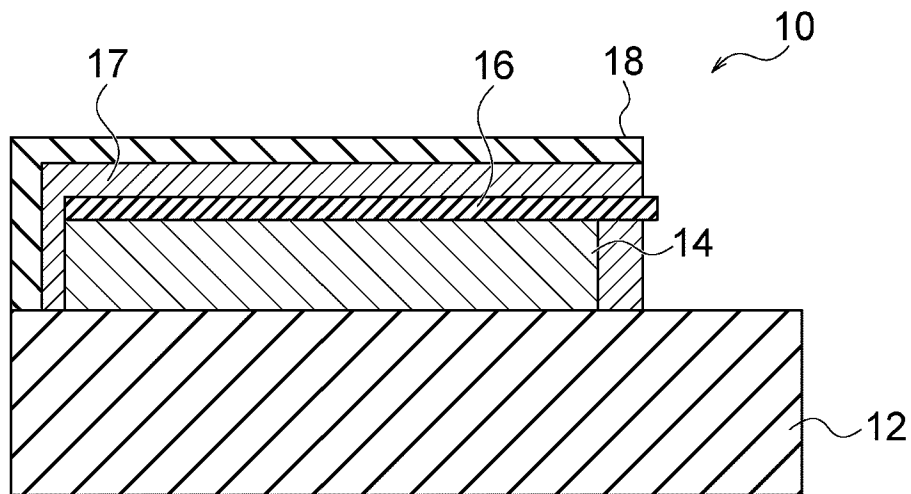
[請求項38] 前記電極が、透明導電膜、又は格子構造若しくはモスアイ構造を有する金属電極である、請求項19～37のいずれか一項に記載の面発光素子。

[請求項39] 前記面発光素子の前記電極側の最外層として反射層を更に備えてなる、請求項19～38のいずれか一項に記載の面発光素子。

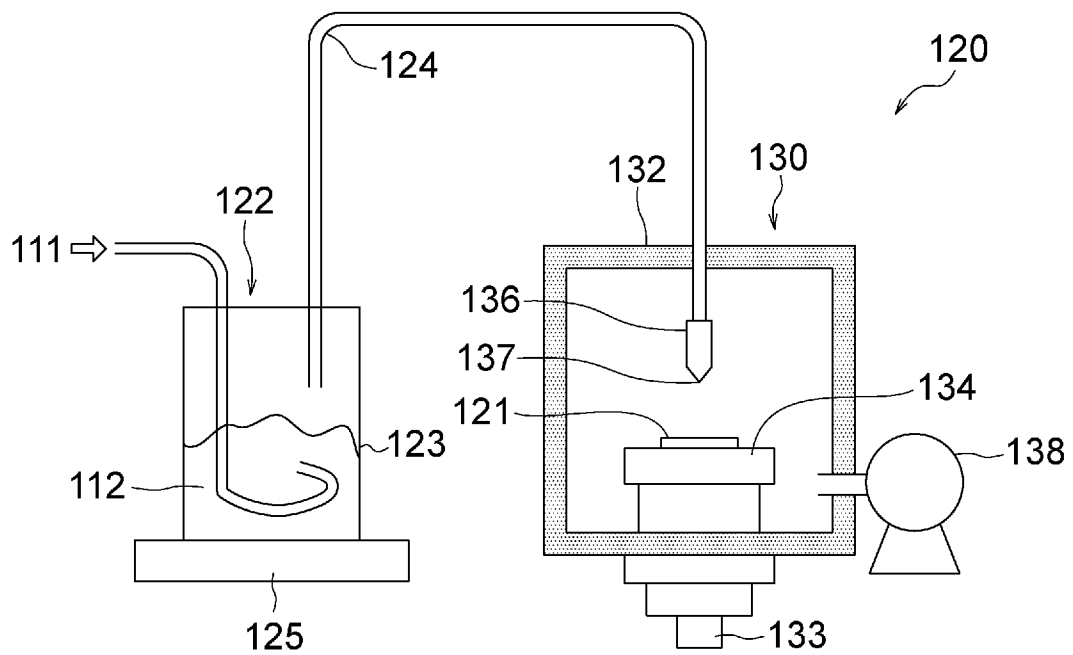
[請求項40] 前記基板が20cm²以上の面積を有する、請求項19～39のいずれか一項に記載の面発光素子。

[請求項41] 前記基板が45cm²以上の面積を有する、請求項19～40のいずれか一項に記載の面発光素子。

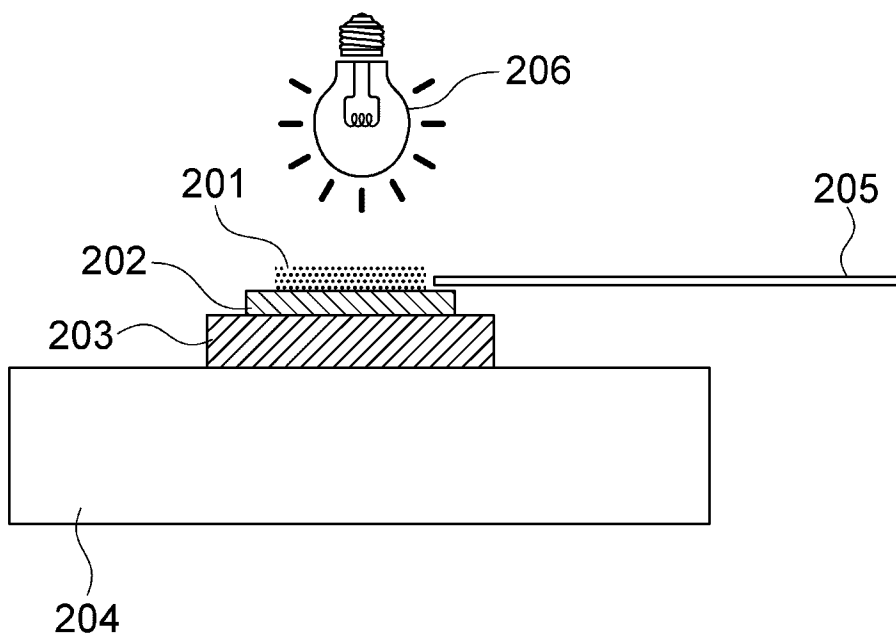
[図1]



[図2]



[図3]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2013/083380

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H01L33/28(2010.01)i, H01L21/363(2006.01)i, H01L33/44(2010.01)i, H01L33/50(2010.01)i, H01L33/60(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, H01L21/363

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	1996-2014
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2014	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2014

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 2011-521477 A (Lumenz, Inc.), 21 July 2011 (21.07.2011), claim 1; paragraphs [0030], [0038], [0041], [0054]; fig. 8	19-34, 36-37, 40-41
Y	& US 2011/0062440 A1 & EP 2304780 A1 & WO 2009/143226 A1 & WO 2009/143229 A1 & WO 2009/152207 A2 & TW 201006014 A	1-18, 35, 38-39
Y	JP 2011-108859 A (Toyoda Gosei Co., Ltd.), 02 June 2011 (02.06.2011), paragraphs [0018], [0019], [0021]; fig. 1 (Family: none)	1-18, 35, 39
Y	JP 2011-252965 A (Meijo University), 15 December 2011 (15.12.2011), paragraph [0018]; fig. 1 to 6 (Family: none)	15, 38

☒ 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
12 February, 2014 (12.02.14)

Date of mailing of the international search report
25 February, 2014 (25.02.14)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2013/083380

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2007-123938 A (Rohm Co., Ltd.), 17 May 2007 (17.05.2007), claims 1 to 3; paragraphs [0020], [0024], [0028] (Family: none)	1-41

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. H01L33/28(2010.01)i, H01L21/363(2006.01)i, H01L33/44(2010.01)i, H01L33/50(2010.01)i, H01L33/60(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, H01L21/363

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 4 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 1 4 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 1 4 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 2011-521477 A（ルーメンズ インコーポレイテッド） 2011.07.21, 【請求項1】、【0030】、【0038】、【0041】、	19-34, 36-37, 40-41
Y	【0054】、【図8】 & US 2011/0062440 A1 & EP 2304780 A1 & WO 2009/143226 A1 & WO 2009/143229 A1 & WO 2009/152207 A2 & TW 201006014 A	1-18, 35, 38-3 9
Y	JP 2011-108859 A（豊田合成株式会社）2011.06.02, 【0018】、 【0019】、【0021】、【図1】（ファミリーなし）	1-18, 35, 39

☒ 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

1 2 . 0 2 . 2 0 1 4

国際調査報告の発送日

2 5 . 0 2 . 2 0 1 4

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（I S A / J P）
郵便番号100-8915
東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官（権限のある職員）

下村 一石

2 K

3 8 1 0

電話番号 03-3581-1101 内線 3255

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
Y	JP 2011-252965 A (学校法人名城大学) 2011. 12. 15, 【0018】、 【図1】－【図6】 (ファミリーなし)	15, 38
A	JP 2007-123938 A (ローム株式会社) 2007. 05. 17, 【請求項1】－ 【請求項3】、【0020】、【0024】、【0028】 (ファミリー なし)	1-41