

(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
2020年9月3日(03.09.2020)



(10) 国際公開番号

WO 2020/174595 A1

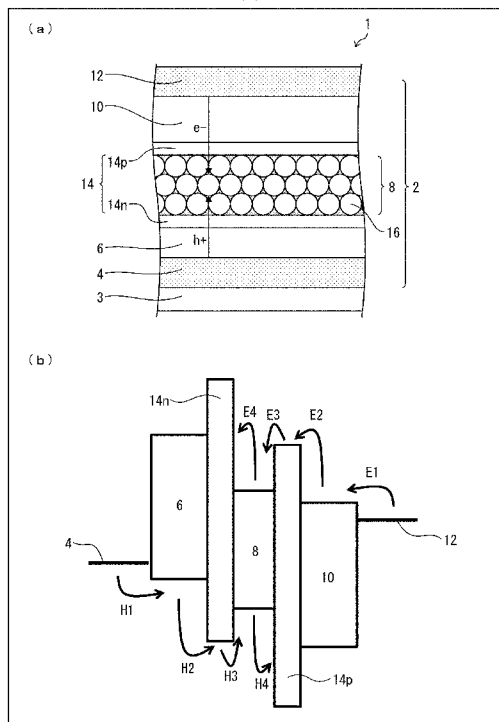
- (51) 国際特許分類:
H05B 33/14 (2006.01) *H01L 51/50* (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2019/007397
- (22) 国際出願日: 2019年2月26日(26.02.2019)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (71) 出願人: シャープ株式会社(SHARP KABUSHIKI KAISHA) [JP/JP]; 〒5908522 大阪府堺市堺区匠町1番地 Osaka (JP).
- (72) 発明者: 岩田 昇(IWATA, Noboru). 木本 賢治(KIMOTO, Kenji).
- (74) 代理人: 特許業務法人H A R A K E N Z O W O R L D P A T E N T & T R A D E M A R K (HARAKENZO WORLD PATENT & TRADEMARK); 〒5300041 大阪府大阪市北区天神橋2丁目北2番6号 大和南森町ビル 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, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
- (84) 指定国(表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS,

(54) Title: LIGHT-EMITTING ELEMENT, LIGHT-EMITTING DEVICE

(54) 発明の名称: 発光素子、発光デバイス

図1



(57) Abstract: A light-emitting element 2 comprises, in this order: an anode (4); a hole transport layer (6); a light-emitting layer (8) containing a plurality of quantum dots (16); an electron transport layer (10); and a cathode (12). The light-emitting element further comprises: a charge blocking layer (14) between at least one of the hole transport layer and the electron transport layer, and the light-emitting layer. The charge blocking layer contains, as elements: a transition metal element constituting an oxide semiconductor; at least one of Al, Mg, and Si; and O.

(57) 要約: 発光素子(2)は、正孔輸送層(6)と、複数の量子ドット(16)を含む発光層(8)と、電子輸送層(10)と、陰極(12)とをこの順に備える。前記発光素子は、さらに、前記正孔輸送層と前記電子輸送層との少なくとも一方と、前記発光層との間に、電荷ブロック層(14)を備える。前記電荷ブロック層は、元素として、酸化物半導体を構成する遷移金属元素と、Al、Mg、およびSiのうちの少なくとも1つと、Oとを含む。

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)）

明 細 書

発明の名称：発光素子、発光デバイス

技術分野

[0001] 本発明は量子ドットを含む発光素子、および当該発光素子を備えた発光デバイスに関する。

背景技術

[0002] 特許文献1には、キャリア注入層と、量子ドットを含む発光層との間に、絶縁材料を含む層を備えた発光素子が開示されている。当該絶縁材料を含む層は、一方の電極から注入された電荷が、発光層において再結合せずに他方の電極に流れ出すことを低減する。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：米国特許出願公開「US2018/0019427A1」

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] 特許文献1が開示する発光素子においては、各電極から注入された電荷が絶縁層をトンネルする必要があるために、当該絶縁層を極薄く形成する必要がある。また、素子全体の抵抗の上昇を低減する観点においても、上記絶縁層は薄く形成することが求められる。このため、絶縁層の膜厚制御が困難となることから、特許文献1が開示する構成は、発光素子の歩留まりの低下を招来する。

課題を解決するための手段

[0005] 上記の課題を解決するために、本発明の一態様に係る発光素子は、陽極と、正孔輸送層と、複数の量子ドットを含む発光層と、電子輸送層と、陰極とをこの順に備え、さらに、前記正孔輸送層と前記電子輸送層との少なくとも一方と、前記発光層との間に、電荷ブロック層を備えた発光素子であって、前記電荷ブロック層は、元素として、酸化物半導体を構成する遷移金属元素

と、Al、Mg、およびSiのうちの少なくとも1つと、Oを含む。

[0006] また、上記の課題を解決するために、本発明の一態様に係る発光素子は、陽極と、正孔輸送層と、複数の量子ドットを含む発光層と、電子輸送層と、陰極とをこの順に備え、さらに、前記正孔輸送層と前記電子輸送層との少なくとも一方と、前記発光層との間に、電荷ブロック層を備えた発光素子であって、前記電荷ブロック層は、元素として、Ni、Cu、Cr、La、Zn、Ti、V、Mo、およびWのうちの少なくとも1つと、Al、Mg、およびSiのうちの少なくとも1つと、Oを含む。

発明の効果

[0007] 本発明の一態様によれば、発光層からの電荷の流出を低減しつつ、歩留まりを向上した発光素子を実現できる。

図面の簡単な説明

[0008] [図1]本発明の実施形態1に係る発光デバイスの概略断面図と、当該発光デバイスの発光素子における各層のフェルミ準位、または電子親和力とイオン化ポテンシャルとの例を示すエネルギー図である。

[図2]本発明の実施形態1に係る電子ブロック層のイオン化ポテンシャルおよび電子親和力と、電子ブロック層における、酸化物絶縁体を構成する遷移金属元素の割合との関係をそれぞれ示すグラフである。

[図3]本発明の実施形態2に係る発光デバイスの概略断面図と、当該発光デバイスの発光素子における各層のフェルミ準位、または電子親和力とイオン化ポテンシャルとの例を示すエネルギー図である。

[図4]本発明の実施形態3に係る発光デバイスの概略断面図と、当該発光デバイスの発光素子における各層のフェルミ準位、または電子親和力とイオン化ポテンシャルとの例を示すエネルギー図である。

[図5]本発明の実施形態4に係る発光デバイスの概略断面図と、当該発光デバイスの発光素子における各層のフェルミ準位、または電子親和力とイオン化ポテンシャルとの例を示すエネルギー図である。

発明を実施するための形態

[0009] 〔実施形態１〕

図１の（ａ）は、本実施形態に係る発光デバイス１の概略断面図である。

図１の（ｂ）は、本実施形態に係る発光素子２の各層におけるフェルミ準位、またはバンドギャップの例を示すエネルギーバンド図である。

[0010] 図１の（ａ）に示すように、本実施形態に係る発光デバイス１は、発光素子２とアレイ基板３とを備える。発光デバイス１は、図示しないＴＦＴ（Thin Film Transistor）が形成されたアレイ基板３上に、発光素子２の各層が積層された構造を備える。なお、本明細書においては、発光デバイス１の発光素子２からアレイ基板３への方を「下方向」、発光素子２のアレイ基板３から発光素子２への方を「上方向」として記載する。

[0011] 発光素子２は、陽極４上に、正孔輸送層６と、発光層８と、電子輸送層１０と、陰極１２とを、下層からこの順に備える。アレイ基板３の上層に形成された発光素子２の陽極４は、アレイ基板３のＴＦＴと電氣的に接続されている。他の実施形態に係る発光素子においては、アレイ基板の上層に陰極を備え、陰極上に、電子輸送層と、発光層と、正孔輸送層と、陽極とを、この順に備える発光素子であってもよい。

[0012] 本実施形態において、発光素子２は、さらに、電荷ブロック層１４を備える。電荷ブロック層１４は、電子ブロック層１４ｎと正孔ブロック層１４ｐとを含む。発光素子２は、電子ブロック層１４ｎを、正孔輸送層６と発光層８との間に備え、正孔ブロック層１４ｐを、電子輸送層１０と発光層８との間に備える。

[0013] なお、本実施形態における発光素子２は、正孔輸送層６と発光層８との間、および電子輸送層１０と発光層８との間の双方に、電荷ブロック層１４をそれぞれ備えている。しかしながら、他の実施形態に係る発光素子においては、電荷ブロック層１４は、電子ブロック層１４ｎまたは正孔ブロック層１４ｐの何れか一方のみを含んでいてもよい。すなわち、発光素子２は、正孔輸送層６と電子輸送層１０との少なくとも一方と、発光層８との間に、電荷ブロック層１４を備える。

- [0014] 以下、発光素子2の各層の構成について、より詳細に説明する。
- [0015] 陽極4および陰極12は導電性材料を含み、それぞれ、正孔輸送層6および電子輸送層10と電氣的に接続されている。
- [0016] 陽極4と陰極12との何れか一方は、透明電極である。透明電極としては、例えば、ITO、IZO、ZnO、AZO、BZOまたはFTO等が用いられ、スパッタ法等によって成膜されてもよい。また、陽極4または陰極12のいずれか一方は金属材料を含んでいてもよく、金属材料としては、可視光の反射率の高いAl、Cu、Au、AgまたはMgの単独またはこれらの合金が好ましい。
- [0017] 正孔輸送層6は、アノード4からの正孔を発光層8へと輸送する層である。本実施形態において、正孔輸送層6は、p型半導体材料を含む。キャリア濃度とキャリア移動度とを十分に確保する観点、および、水分等による劣化を低減する観点から、正孔輸送層6は、無機材料を含むことが好ましい。特に、本実施形態においては、正孔輸送層6は、酸化物を一例とする半導体材料を含む。具体的に例えば、正孔輸送層6は、Ni、Cu、およびCrの何れかの酸化物、あるいはこれらの混合体を含む。正孔輸送層6は、これらの材料に、LiまたはLaが添加された材料を含んでいてもよい。
- [0018] 電子輸送層10は、カソード12からの電子を発光層8へと輸送する層である。本実施形態において、電子輸送層10は、n型半導体材料を含む。キャリア濃度とキャリア移動度とを十分に確保する観点、および、水分等による劣化を低減する観点から、電子輸送層10は、正孔輸送層6と同様に、無機材料を含むことが好ましい。特に、本実施形態においては、電子輸送層10は、正孔輸送層6と同様に、酸化物を一例とする半導体材料を含む。具体的には、電子輸送層10は、Zn、Ti、In、Ga、Sn、V、Mo、およびWの何れかのカルゴゲナイド、あるいはこれらの混合体を含む。
- [0019] なお、本実施形態において、正孔輸送層6および電子輸送層10がそれぞれ含む材料は、一部酸素欠損を含んでいてもよい。また、正孔輸送層6および電子輸送層10は、一般的な電荷輸送層と同様に、微量のドーパントを含

んでいてもよい。

- [0020] 発光層 8 は、複数の量子ドット（半導体ナノ粒子）16を含む層である。発光層 8 は、数層の発光層が積層したものであってもよい。ここで、発光層 8 における量子ドット 16 は、図 1 の（a）に示すように、規則正しく配置されている必要はなく、量子ドット 16 は無秩序に発光層 8 に含まれていてもよい。発光層 8 は、ヘキサンまたはトルエン等の溶媒に量子ドット 16 を分散させた分散液から、スピンコート法、またはインクジェット法等によって成膜することができる。分散液にはチオール、アミン等分散材料を混合してもよい。発光層 8 の膜厚は、2～70 nm が好ましい。
- [0021] 量子ドット 16 は、価電子帯準位と伝導帯準位とを有し、価電子帯準位の正孔と伝導帯準位の電子との再結合によって発光する発光材料である。量子ドット 16 からの発光は、量子閉じ込め効果により狭いスペクトルを有するため、比較的深い色度の発光を得ることが可能である。
- [0022] 量子ドット 16 は、当該分野において利用される材料から適宜選択されてもよい。また、量子ドット 16 は、例えば、コアと、当該コアの外殻であるシェルとを有する、コア／シェル構造を備えていてもよい。なお、発光層 8 は、さらに、量子ドット 16 の最外層と配位結合するリガンドを備えていてもよい。
- [0023] 量子ドット 16 の粒径は 2～15 nm 程度である。量子ドット 16 からの発光の波長は、量子ドット 16 の粒径によって制御することができる。このため、量子ドット 16 の粒径を制御することにより、発光デバイス 1 が発する光の波長を制御できる。
- [0024] 電荷ブロック層 14 は、一方の電極から発光層 8 まで輸送された電荷が、発光層 8 において再結合せずに他方の電極に流れ出すことを防止する機能を有する。具体的には、電荷ブロック層 14 のそれぞれは、電極から注入されたキャリア、すなわち、陽極 4 から注入された正孔、および、陰極 12 から注入された電子のうち、何れか一方のみの移動を阻害することにより、電荷の移動を阻害する。

- [0025] 例えば、正孔ブロック層 14 p は、陽極 4 から正孔輸送層 6 を介して発光層 8 に輸送された正孔が、電子輸送層 10 を介して陰極 12 に流れ出さないよう、正孔の移動を阻害する。ここで、正孔ブロック層 14 p は、陰極 12 から電子輸送層 10 に輸送された電子が、さらに発光層 8 に移動することを阻害しないことが好ましい。
- [0026] 一方、電子ブロック層 14 n は、陰極 12 から電子輸送層 10 を介して発光層 8 に輸送された電子が、正孔輸送層 6 を介して陽極 4 に流れ出さないよう、電子の移動を阻害する。ここで、電子ブロック層 14 n は、陽極 4 から正孔輸送層 6 に輸送された正孔が、さらに発光層 8 に移動することを阻害しないことが好ましい。
- [0027] 電荷ブロック層 14 は、元素として、酸化物半導体を構成する遷移金属元素と、酸化物絶縁体を構成する元素と、酸素とを含む。
- [0028] 酸化物半導体を構成する遷移金属元素とは、酸化することにより、半導体となる遷移金属元素を指す。電荷ブロック層 14 は、遷移金属元素として、Ni、Cu、Cr、La、Zn、Ti、V、Mo、およびWのうちの少なくとも1つ含んでもよい。
- [0029] 酸化物絶縁体を構成する元素とは、酸化することにより、絶縁体となる元素を指す。電荷ブロック層 14 は、酸化物絶縁体を構成する元素として、Al、Mg、およびSiのうちの少なくとも1つを含む。
- [0030] すなわち、電荷ブロック層 14 は、酸化物半導体を構成する材料と酸化物絶縁体を構成する材料とが混合されることにより、キャリア密度が低下した半導体の相を形成する。本実施形態において、電荷ブロック層 14 は、当該キャリア密度が低下した半導体の酸化物を含んでいる。
- [0031] 本実施形態において、電子ブロック層 14 n は、元素として、Ni、Mg、およびOを含んでもよい。この場合、例えば、電子ブロック層 14 n は $Mg_x Ni_{1-x} O$ を含んでいる。ここで、 x は $0 < x < 1$ を満たす実数である。また、本実施形態において、正孔ブロック層 14 p は、元素として、Zn、Mg、およびOを含んでもよい。この場合、例えば、電子ブロック

層 1 4 n は $Mg_y Zn_{1-y}O$ を含んでいる。ここで、 y は $0 < y < 1$ を満たす実数である。

[0032] 正孔輸送層 6、電子輸送層 10、および電荷ブロック層 14 のそれぞれは、スパッタ法によって形成してもよい。

[0033] ここで、正孔輸送層 6 と電子ブロック層 14 n とは、スパッタ法により連続して形成してもよい。例えば、正孔輸送層 6 と電子ブロック層 14 n とは、 NiO のスパッタを実行し、途中から、 Mg をスパッタするスパッタ装置を稼働して、 NiO と Mg とのスパッタを同時に行うことにより、形成してもよい。これにより、 NiO を含む正孔輸送層 6 と、 $Mg_x Ni_{1-x}O$ を含む電子ブロック層 14 n とを連続して形成できる。

[0034] 上述のように、正孔輸送層 6 と電子ブロック層 14 n とを連続したスパッタにより形成するためには、電子ブロック層 14 n は、構成元素として、正孔輸送層 6 の構成元素の少なくとも 1 つと同じ元素を含むことが好ましい。なお、正孔輸送層 6 と電子ブロック層 14 n とのそれぞれは、スパッタ法を用いて個別に形成してもよい。この場合、正孔輸送層 6 と電子ブロック層 14 n とのそれぞれの構成元素は異なってもよい。

[0035] また、電子輸送層 10 と正孔ブロック層 14 p とは、スパッタ法により連続して形成してもよい。例えば、電子輸送層 10 と正孔ブロック層 14 p とは、 ZnO と Mg とのスパッタを実行し、途中から、 Mg をスパッタするスパッタ装置を停止して、 ZnO のみのスパッタを行うことにより、形成してもよい。これにより、 ZnO を含む電子輸送層 10 と、 $Mg_y Zn_{1-y}O$ を含む正孔ブロック層 14 p とを連続して形成できる。

[0036] 上述のように、電子輸送層 10 と正孔ブロック層 14 p とを連続したスパッタにより形成するためには、正孔ブロック層 14 p は、構成元素として、電子輸送層 10 の構成元素の少なくとも 1 つと同じ元素を含むことが好ましい。なお、電子輸送層 10 と正孔ブロック層 14 p とのそれぞれは、スパッタ法または従来公知のその他の薄膜形成手法を用いて個別に形成してもよい。この場合、電子輸送層 10 と正孔ブロック層 14 p のそれぞれの構成元素

は異なってもよい。

[0037] 次に、本実施形態に係る発光素子2の各層におけるエネルギーバンドについて、図1の(b)を参照して説明する。図1の(b)は、本実施形態に係る発光素子2の各層におけるフェルミ準位、またはバンドギャップの例を示すエネルギーバンド図である。

[0038] なお、本明細書のエネルギーバンド図においては、各層の、真空準位を基準としたエネルギー準位を示している。また、本明細書のエネルギーバンド図においては、付した部材番号と対応する部材のフェルミ準位、またはバンドギャップを示す。陽極4および陰極12についてはフェルミ準位を、正孔輸送層6、発光層8、電子輸送層10、および電荷ブロック層14については、電子親和力からイオン化ポテンシャルまでのバンドギャップをそれぞれ示す。

[0039] 本実施形態において、例えば、正孔輸送層6がNiOを含む場合、正孔輸送層6のイオン化ポテンシャルは5.2 eV前後であり、正孔輸送層6の電子親和力は2.0 eV前後である。また、本実施形態において、例えば、電子輸送層10がZnOを含む場合、電子輸送層10のイオン化ポテンシャルは7.0 eV前後であり、電子輸送層10の電子親和力は3.8 eV前後である。なお、量子ドット16の材料および粒径によっても変化するが、発光層8のイオン化ポテンシャルは5.0 eV～7.0 eV程度であり、電子親和力は2.0 eV～3.5 eV程度である。

[0040] 電荷ブロック層14は、酸化物半導体を構成する遷移金属元素と、酸化物絶縁体を構成する元素とを混合して含む。このため、電荷ブロック層14は、通常、酸化物半導体のみのバンドギャップよりも大きいバンドギャップを有する。特に、本実施形態においては、図1の(b)に示すように、電子ブロック層14nは、正孔輸送層6のバンドギャップよりも大きいバンドギャップを有し、正孔ブロック層14pは、電子輸送層10のバンドギャップよりも大きいバンドギャップを有する。

[0041] 本実施形態に係る発光デバイス1の発光機構について、図1を参照して説

明する。

[0042] 発光デバイス 1 において、陽極 4 と陰極 1 2 との間に電位差を与えることにより、陽極 4 からは正孔が、陰極 1 2 からは電子が、発光層 8 に向かって注入される。図 1 の (a) の矢印 h^+ に示すように、陽極 4 からの正孔は、正孔輸送層 6 および電子ブロック層 1 4 n を介して、発光層 8 に到達する。図 1 の (a) の矢印 e^- に示すように、陰極 1 2 からの電子は、電子輸送層 1 0 および正孔ブロック層 1 4 p を介して、発光層 8 に到達する。

[0043] 発光層 8 に到達した正孔と電子とは、量子ドット 1 6 において再結合し、発光する。量子ドット 1 6 からの発光は、例えば、金属電極である陽極 4 によって反射され、透明電極である陰極 1 2 を透過して、発光デバイス 1 の外部に放射されてもよい。他の実施形態において、量子ドット 1 6 からの発光は、例えば、金属電極である陰極 1 2 によって反射され、透明電極である陽極 4 およびアレイ基板 3 を透過して、発光デバイス 1 の外部に放射されてもよい。

[0044] 発光素子 2 の各層において、正孔および電子が輸送される様子を、図 1 の (b) を参照して説明する。

[0045] 発光デバイス 1 において、陽極 4 と陰極 1 2 との間に電位差が発生すると、図 1 の (b) の矢印 H_1 に示すように、陽極 4 から正孔輸送層 6 へと正孔が注入される。同様に、図 1 の (b) の矢印 E_1 に示すように、陰極 1 2 から電子輸送層 1 0 へと電子が注入される。

[0046] 次に、図 1 の (b) の矢印 H_2 に示すように、正孔輸送層 6 から電子ブロック層 1 4 n へと正孔が注入される。この際、電子ブロック層 1 4 n は、純粋な酸化物絶縁体ではなく、p 型の酸化物半導体を形成する元素を含むため、低密度ながらキャリアを有する。したがって、電子ブロック層 1 4 n に注入された正孔は、電子ブロック層 1 4 n 中を、発光層 8 に向かって移動することができる。このため、電子ブロック層 1 4 n における正孔は、図 1 の (b) の矢印 H_3 に示すように、発光層 8 に注入される。

[0047] ここで、電子ブロック層 1 4 n のバンドギャップは、正孔輸送層 6 のバン

ドギャップよりも大きく、電子ブロック層 14 n のイオン化ポテンシャルは、正孔輸送層 6 のイオン化ポテンシャルよりも大きい。

[0048] このため、電子ブロック層 14 n から発光層 8 への正孔注入の障壁は、正孔輸送層 6 から発光層 8 へ直接正孔を注入する場合の障壁と比較して小さくなる。したがって、本実施形態においては、陽極 4 からの正孔を、発光層 8 に輸送する効率が上昇し、ひいては、発光層 8 における正孔の濃度の増加につながる。

[0049] また、電子ブロック層 14 n は、p 型の酸化物半導体を形成する元素を含む。このため、電子ブロック層 14 n は、絶縁体材料のみから形成された場合に比べて、発光層 8 への注入を意図するキャリア（正孔）が、移動を阻害したいキャリア（電子）よりも、容易に通過できる層となる。したがって、電子ブロック層 14 n は、高効率の正孔注入と電子ブロックとの機能を兼ね備えた層となる。

[0050] 同様に、図 1 の（b）の矢印 E 2 に示すように、電子輸送層 10 から正孔ブロック層 14 p へと電子が注入される。この際、正孔ブロック層 14 p は、純粋な酸化物絶縁体ではなく、n 型の酸化物半導体を形成する元素を含むため、低密度ながらキャリアを有する。したがって、正孔ブロック層 14 p に注入された電子は、正孔ブロック層 14 p 中を、発光層 8 に向かって移動することができる。このため、正孔ブロック層 14 p における電子は、図 1 の（b）の矢印 E 3 に示すように、発光層 8 に注入される。

[0051] ここで、正孔ブロック層 14 p のバンドギャップは、電子輸送層 10 のバンドギャップよりも大きく、正孔ブロック層 14 p の電子親和力は、電子輸送層 10 の電子親和力よりも小さい。

[0052] このため、正孔ブロック層 14 p から発光層 8 への電子注入の障壁は、電子輸送層 10 から発光層 8 へ直接電子を注入する場合の障壁と比較して小さくなる。したがって、本実施形態においては、陰極 12 からの電子を、発光層 8 に輸送する効率が上昇し、ひいては、発光層 8 における電子の濃度の増加につながる。

[0053] また、正孔ブロック層 14 p は、n 型の酸化物半導体を形成する元素を含む。このため、正孔ブロック層 14 p は、絶縁体材料のみから形成された場合に比べて、発光層 8 への注入を意図するキャリア（電子）が、移動を阻害したいキャリア（正孔）よりも、容易に通過できる層となる。したがって、正孔ブロック層 14 p は、高効率の電子注入と正孔ブロックとの機能を兼ね備えた層となる。

[0054] 上述のように、発光層 8 に輸送された正孔と電子とが、量子ドット 16 において再結合することにより、量子ドット 16 からの発光が得られる。

[0055] ここで、電子ブロック層 14 n の電子親和力を、発光層 8 の電子親和力から引いた値は、発光層 8 に輸送された電子を、さらに、発光層 8 から電子ブロック層 14 n に注入する際の、電子注入の障壁に対応する。また、電子ブロック層 14 n の電子親和力は、正孔輸送層 6 の電子親和力よりも小さい。

[0056] このため、図 1 の（b）の矢印 H 4 に示す、発光層 8 から電子ブロック層 14 n への正孔注入の障壁は、発光層 8 から正孔輸送層 6 へ直接電子を注入する場合の障壁と比較して大きくなる。したがって、本実施形態においては、発光層 8 における電子の、正孔輸送層 6 側への流出を、電子ブロック層 14 n がより効率よく阻害し、ひいては、発光層 8 における電子の濃度の増加につながる。

[0057] なお、電子ブロック層 14 n の電子親和力は、発光層 8 の電子親和力よりも、1.0 eV 以上小さいことが好ましい。上記構成であれば、電子ブロック層 14 n が、発光層 8 に輸送された電子の、正孔輸送層 6 側への流出を十分に低減することができる。

[0058] 同様に、正孔ブロック層 14 p のイオン化ポテンシャルから、発光層 8 のイオン化ポテンシャルを引いた値は、発光層 8 に輸送された正孔を、さらに、発光層 8 から正孔ブロック層 14 p に注入する際の正孔注入の障壁に対応する。また、正孔ブロック層 14 p のイオン化ポテンシャルは、電子輸送層 10 のイオン化ポテンシャルよりも大きい。

[0059] このため、図 1 の（b）の矢印 E 4 に示す、発光層 8 から正孔ブロック層

14 p への正孔注入の障壁は、発光層 8 から電子輸送層 10 へ直接正孔を注入する場合の障壁と比較して大きくなる。したがって、本実施形態においては、発光層 8 における正孔の、電子輸送層 10 側への流出を、正孔ブロック層 14 p がより効率よく阻害し、ひいては、発光層 8 における正孔の濃度の増加につながる。

[0060] なお、正孔ブロック層 14 p のイオン化ポテンシャルは、発光層 8 のイオン化ポテンシャルよりも、1.0 eV 以上大きいことが好ましい。上記構成であれば、正孔ブロック層 14 p が、発光層 8 に輸送された正孔の、電子輸送層 10 側への流出を十分に低減することができる。

[0061] 上述のように、電子ブロック層 14 n および正孔ブロック層 14 p により、発光層 8 における正孔および電子の濃度が向上する。このため、発光層 8 における正孔および電子の再結合が効率よく発生する。したがって、本実施形態においては、電子ブロック層 14 n および正孔ブロック層 14 p により、発光素子 2 の発光効率が改善される。

[0062] 電子ブロック層 14 n の電子輸送の阻害機能、および正孔ブロック層 14 p の正孔輸送の阻害機能を向上させるためには、電子ブロック層 14 n および正孔ブロック層 14 p それぞれのバンドギャップを増大させることが望ましい。また、電子ブロック層 14 n から発光層 8 への正孔注入の効率、および、正孔ブロック層 14 p から発光層 8 への電子注入の効率を改善する観点からも、電子ブロック層 14 n および正孔ブロック層 14 p それぞれのバンドギャップを増大させることが望ましい。

[0063] ここで、 $Mg_xNi_{1-x}O$ を含む電子ブロック層 14 n を例に挙げて、電荷ブロック層 14 における酸化物絶縁体を構成する元素の比率と、バンドギャップとの関係を、図 2 を参照して詳細に説明する。

[0064] 図 2 の各図において、横軸は、電子ブロック層 14 n における酸素を除いた元素のうち、Mg の総原子数の、Mg の総原子数と Ni の総原子数との合計に対する割合である。すなわち、図 2 の各図の横軸は、電子ブロック層 14 n が、O を除く元素のうち、酸化物絶縁体を構成する元素を含む割合を、

原子パーセントを単位として示す。図2においては、電子ブロック層14nのイオン化ポテンシャルを、図2の(a)の縦軸に、電子ブロック層14nの電子親和力を、図2の(b)の縦軸にそれぞれとって示している。

[0065] 図2の(a)および(b)のそれぞれに示すように、電子ブロック層14nにおけるMg、すなわち、酸化物絶縁体を構成する元素の比率が高くなるにつれて、イオン化ポテンシャルは大きくなり、電子親和力は小さくなる。すなわち、電子ブロック層14nにおける酸化物絶縁体を構成する元素の比率が高くなるにつれて、バンドギャップは増大する。

[0066] 特に、図2の(a)および(b)のそれぞれに示すように、電子ブロック層14nにおけるMg、すなわち、酸化物絶縁体を構成する元素の比率が、90原子パーセントを超えると、電子親和力は急激に小さくなる。

[0067] したがって、電子ブロック層14nが、Oを除く元素のうち、Mg、すなわち、酸化物絶縁体を構成する元素を、90原子パーセント以上含むことは、電子ブロック層14nのバンドギャップを効率よく増大させる観点から好ましい。なお、本実施形態において、電子ブロック層14nは、純粋な絶縁体ではなく、少なくとも酸化物半導体を構成する遷移金属元素を含む。この点から、本実施形態において、電子ブロック層14nは、Oを除く元素のうち、酸化物絶縁体を構成する元素を、100原子パーセント未満含む。

[0068] なお、正孔ブロック層14pが、Oを除く元素のうち、酸化物絶縁体を構成する元素を含む割合と、正孔ブロック層14pのバンドギャップとの関係は、電子ブロック層14nと同様の傾向にある。したがって、正孔ブロック層14pが、Oを除く元素のうち、Mg、すなわち、酸化物絶縁体を構成する元素を、90原子パーセント以上100原子パーセント未満含むことが好ましい。

[0069] 本実施形態においては、電荷ブロック層14により、一方の電極から注入された電荷が、発光層において再結合せずに他方の電極に流れ出すことを低減される。このために、発光素子2の発光効率が改善する。

[0070] また、電荷ブロック層14は、純粋な酸化物絶縁体ではなく、酸化物半導

体を構成する遷移金属元素を一部含んでいる。このため、電荷ブロック層 14 は、低密度ながらもキャリアを有するため、上記一方の電極から注入された電荷を完全に遮蔽することなく、発光層 8 に輸送することができる。

[0071] したがって、電荷ブロック層 14 は、電荷をトンネルさせる必要がないため、ある程度の膜厚を確保して形成することができる。ゆえに、電荷ブロック層 14 の膜厚制御が容易となり、発光素子 2 の歩留まりが向上する。

[0072] なお、電荷ブロック層 14 の膜厚をより確実に制御する観点から、電荷ブロック層 14 のそれぞれの膜厚は、3 nm 以上であることが好ましく、4 nm 以上であることがより好ましい。また、発光素子 2 全体の抵抗上昇を低減する観点から、電荷ブロック層 14 のそれぞれの膜厚は、30 nm 以下であることが好ましく、15 nm 以下であることがより好ましい。

[0073] 本実施形態においては、正孔輸送層 6 が、NiO を含む場合を例に挙げたが、これに限られない。正孔輸送層 6 は、例えば、Mg、すなわち、電子ブロック層 14 n が、酸化物絶縁体を構成する元素として含む元素を含んでもよい。この場合、正孔輸送層 6 は、酸化物絶縁体を構成する元素を、電子ブロック層 14 n における割合より低い割合だけ含むことが好ましい。これにより、正孔輸送層 6 のバンドギャップが、電子ブロック層 14 n のバンドギャップよりも小さい状態を維持できる。

[0074] 正孔輸送層 6 が酸化物絶縁体を構成する元素を少量備えることにより、正孔輸送層 6 のバンドギャップがわずかに増大し、正孔輸送層 6 のイオン化ポテンシャルも増大する。このため、正孔輸送層 6 から電子ブロック層 14 n への正孔注入の障壁が小さくなるため、より陽極 4 から発光層 8 への正孔輸送の効率が改善する。

[0075] また、本実施形態においては、電子輸送層 10 が、ZnO を含む場合を例に挙げたが、これに限られない。電子輸送層 10 は、例えば、Mg、すなわち、正孔ブロック層 14 p が、酸化物絶縁体を構成する元素として含む元素を含んでもよい。この場合、電子輸送層 10 は、酸化物絶縁体を構成する元素を、正孔ブロック層 14 p における割合より低い割合だけ含むことが

好ましい。これにより、電子輸送層 10 のバンドギャップが、正孔ブロック層 14 p のバンドギャップよりも小さい状態を維持できる。

[0076] 電子輸送層 10 が酸化物絶縁体を構成する元素を少量備えることにより、電子輸送層 10 のバンドギャップがわずかに増大し、電子輸送層 10 の電子親和力が減少する。このため、電子輸送層 10 から正孔ブロック層 14 p への電子注入の障壁が小さくなるため、より陰極 12 から発光層 8 への電子輸送の効率が改善する。

[0077] さらに、本実施形態においては、陽極 4 と正孔輸送層 6 との間に、陽極 4 から正孔輸送層 6 への正孔注入を効率的に行うための、正孔注入層（図示しない）を形成してもよい。正孔輸送層の材料としては、有機または無機の伝導体材料、あるいは、p 型または n 型の半導体材料を適用可能である。具体的に例えば、正孔輸送層の材料として、PEDOT:PSS、HAT-CN 等の有機材料、Mo、W、V 等の何れかの酸化物を適用可能である。以降の実施形態についても、上記を同様に適用可能である。

[0078] [実施形態 2]

図 3 の (a) は、本実施形態に係る発光デバイス 1 の概略断面図である。図 3 の (b) は、本実施形態に係る発光素子 2 の各層におけるフェルミ準位、またはバンドギャップの例を示すエネルギーバンド図である。

[0079] 本実施形態に係る発光デバイス 1 は、前実施形態に係る発光デバイス 1 と比較して、図 3 の (a) に示すように、発光層 8 と電荷ブロック層 14 との間のそれぞれに、さらに、絶縁層 14 i を備える点を除いて、同一の構成を備えている。

[0080] 絶縁層 14 i は、例えば、酸化物絶縁体であってもよく、電荷ブロック層 14 の何れかが含む、酸化物絶縁体を構成する元素の酸化物であってもよい。すなわち、本実施形態においては、例えば、絶縁層 14 i は、MgO であってもよい。絶縁層 14 i は、電荷ブロック層 14 よりも薄く形成され、例えば、1 nm ~ 2 nm 程度の膜厚を有する。図 3 の (b) に示すように、絶縁層 14 i は、電荷ブロック層 14 よりも大きいバンドギャップを有する。

[0081] 本実施形態において、発光素子2の各層における、正孔および電子の輸送は、電荷ブロック層14のそれぞれから発光層8への輸送を除いて、前実施形態にて説明した原理と同一の原理にて実現してもよい。

[0082] 本実施形態においては、図3の(b)の矢印H3に示すように、電子ブロック層14nにおける正孔が、絶縁層14iを介して発光層8に注入される。この際、絶縁層14iは十分に薄いため、正孔は絶縁層14iをトンネルして発光層8に輸送される。また、絶縁層14iのバンドギャップは十分に大きいため、図3の(b)の矢印H4に示す、発光層8から正孔ブロック層14pへの正孔注入はさらに生じにくくなる。したがって、絶縁層14iは、より発光層8における正孔の濃度の増加に寄与する。

[0083] 同様に、図3の(b)の矢印E3に示すように、正孔ブロック層14pにおける電子が、絶縁層14iを介して発光層8に注入される。この際、絶縁層14iは十分に薄いため、電子は絶縁層14iをトンネルして発光層8に輸送される。また、絶縁層14iのバンドギャップは十分に大きいため、図3の(b)の矢印E4に示す、発光層8から電子ブロック層14nへの電子注入はさらに生じにくくなる。したがって、絶縁層14iは、より発光層8における電子の濃度の増加に寄与する。

[0084] 以上より、本実施形態における発光素子2は、絶縁層14iにより、発光効率がより改善される。なお、本実施形態において、絶縁層14iは、必ずしも均一に成膜されなくともよい。例えば、絶縁層14iの一部が極端に薄く形成され、電荷が流出しやすい位置が発生した場合であっても、電荷ブロック層14により、当該位置からの電荷の流出がある程度低減される。したがって、絶縁層14iの成膜に不良が生じた場合であっても、発光素子2全体の不良に繋がりにくくなるため、発光素子2の歩留まりが維持される。

[0085] [実施形態3]

図4の(a)は、本実施形態に係る発光デバイス1の概略断面図である。図4の(b)は、本実施形態に係る発光素子2の各層におけるフェルミ準位、またはバンドギャップの例を示すエネルギーバンド図である。

- [0086] 本実施形態に係る発光デバイス1において、図4の(a)に示すように、正孔輸送層6は、陽極4側から、第1正孔輸送層6aと第2正孔輸送層6bとを、この順に備えている。さらに、本実施形態に係る発光デバイス1において、図4の(a)に示すように、電子輸送層10は、正孔ブロック層14p側から、第1電子輸送層10aと第2電子輸送層10bとを、この順に備えている。これらの構成を除くと、本実施形態に係る発光デバイス1は、実施形態1に係る発光デバイス1と比較して、同一の構成を備えていてもよい。
- [0087] 本実施形態において、第1正孔輸送層6aは、第2正孔輸送層6bよりも小さいバンドギャップを有する。すなわち、本実施形態においては、正孔輸送層6において、陽極4側の端面から発光層8側の端面にかけて、次第にバンドギャップが増大していると見なせる。このため、本実施形態においては、特に、第1正孔輸送層6aは、第2正孔輸送層6bよりも小さいイオン化ポテンシャルを有する。
- [0088] 第2正孔輸送層6bは、電子ブロック層14nが含む、酸化物絶縁体を構成する元素を少量含んでもよい。ここで、当該元素について、第2正孔輸送層6bにおける密度を、第1正孔輸送層6aと電子ブロック層14nとの中間の値とすることにより、本実施形態における正孔輸送層6が得られる。
- [0089] 本実施形態においては、例えば、第1正孔輸送層6aがNiOであり、第2正孔輸送層6bが $Mg_{x_1}Ni_{1-x_1}O$ であり、電子ブロック層14nが $Mg_{x_2}Ni_{1-x_2}O$ であってもよい。ここで、 x_1 および x_2 は、 $0 < x_1 < x_2 < 1$ を満たす実数である。これにより、上述した通り、第1正孔輸送層6a、第2正孔輸送層6b、および電子ブロック層14nを、スパッタ法により連続して形成できる。
- [0090] 本実施形態において、第1電子輸送層10aは、第2電子輸送層10bよりも大きいバンドギャップを有する。すなわち、本実施形態においては、電子輸送層10において、陰極12側の端面から発光層8側の端面にかけて、

次第にバンドギャップが増大していると思わせる。このため、本実施形態においては、特に、第1電子輸送層10aは、第2電子輸送層10bよりも小さい電子親和力を有する。

[0091] 第1電子輸送層10aは、正孔ブロック層14pが含む、酸化物絶縁体を構成する元素を少量含んでいてもよい。ここで、当該元素について、第1電子輸送層10aにおける密度を、第2正孔輸送層10bと正孔ブロック層14pとの中間の値とすることにより、本実施形態における電子輸送層10が得られる。

[0092] 本実施形態においては、例えば、第2電子輸送層10bがZnOであり、第1電子輸送層10aが $Mg_{y_1}Zn_{1-y_1}O$ であり、正孔ブロック層14pが $Mg_{y_2}Zn_{1-y_2}O$ であってもよい。ここで、 y_1 および y_2 は、 $0 < y_1 < y_2 < 1$ を満たす実数である。これにより、上述した通り、正孔ブロック層14p、第1電子輸送層10a、および第2電子輸送層10bを、スパッタ法により連続して形成できる。

[0093] 本実施形態において、発光素子2の各層における、正孔および電子の輸送は、正孔輸送層6中および電子輸送層10中におけるキャリアの輸送を除いて、実施形態1にて説明した原理と同一の原理にて実現してもよい。

[0094] 本実施形態においては、正孔輸送層6中の正孔の移動において、図4の(b)の矢印H5に示す、第1正孔輸送層6aから第2正孔輸送層6bへの正孔注入に障壁が存在する。しかしながら、本実施形態における矢印H5にて示す正孔注入の障壁は、第2正孔輸送層6bが、第1正孔輸送層6aよりも大きいイオン化ポテンシャルを有するために、前述までの実施形態における矢印H2にて示す正孔注入の障壁よりも小さい。同様の理由から、本実施形態における矢印H2にて示す正孔注入の障壁についても、前述までの実施形態における矢印H2にて示す正孔注入の障壁よりも小さい。

[0095] したがって、本実施形態における発光素子2は、前述までの実施形態における発光素子2と比較して、正孔輸送層6中の正孔輸送に対する影響を低減しつつ、正孔輸送層6から電子ブロック層14nへの正孔輸送の障壁を低減

できる。このため、陽極4から電子ブロック層14nへの正孔輸送の効率が改善し、ひいては、発光層8における正孔の濃度の向上につながる。

[0096] 本実施形態においては、電子輸送層10中の電子の移動において、図4の(b)の矢印E5に示す、第2電子輸送層10bから第1電子輸送層10aへの電子注入に障壁が存在する。しかしながら、本実施形態における矢印E5にて示す電子注入の障壁は、第1電子輸送層10aが、第2電子輸送層10bよりも小さい電子親和力を有するために、前述までの実施形態における矢印E2にて示す電子注入の障壁よりも小さい。同様の理由から、本実施形態における矢印E2にて示す電子注入の障壁についても、前述までの実施形態における矢印E2にて示す電子注入の障壁よりも小さい。

[0097] したがって、本実施形態における発光素子2は、前述までの実施形態における発光素子2と比較して、電子輸送層10中の電子輸送に対する影響を低減しつつ、電子輸送層10から正孔ブロック層14pへの電子輸送の障壁を低減できる。このため、陰極12から正孔ブロック層14pへの電子輸送の効率が改善し、ひいては、発光層8における電子の濃度の向上につながる。

[0098] [実施形態4]

図5の(a)は、本実施形態に係る発光デバイス1の概略断面図である。図5の(b)は、本実施形態に係る発光素子2の各層におけるフェルミ準位、またはバンドギャップの例を示すエネルギーバンド図である。

[0099] 本実施形態に係る発光デバイス1は、実施形態1に係る発光デバイス1と比較して、正孔輸送層6および電子輸送層10におけるバンドギャップを除いて、同一の構成を備えていてもよい。

[0100] 本実施形態においては、図5の(b)に示すように、正孔輸送層6において、陽極4側の端面から発光層8側の端面にかけて、次第にバンドギャップが略滑らかに増大している。本実施形態において、正孔輸送層6は、次第にバンドギャップが増大する極薄の正孔輸送層が、陽極4側から多数積層された構成とみなしてもよい。また、正孔輸送層6は、発光層8側の端面において、電子ブロック層14nと略同一のバンドギャップを有していてもよい。

この場合、正孔輸送層 6 は、発光層 8 側の端面において、電子ブロック層 1 4 n と略同一の構成を備えた極薄の正孔輸送層を備えているとみなしてもよい。

[0101] 本実施形態においては、例えば、正孔輸送層 6 a が $Mg_{x3}Ni_{1-x3}O$ であり、電子ブロック層 1 4 n が $Mg_{x4}Ni_{1-x4}O$ であってもよい。ここで、 $x3$ および $x4$ は、 $0 \leq x3 \leq x4 < 1$ を満たす実数であり、 $x3$ は、陽極 4 側の端面から発光層 8 側の端面にかけて、0 から $x4$ まで単調増加する。この場合における正孔輸送層 6 は、正孔輸送層 6 のスパッタ法による形成工程において、次第に Mg をスパッタするスパッタ装置の出力強度を単調増加させることにより得られてもよい。

[0102] 一方、本実施形態においては、図 5 の (b) に示すように、電子輸送層 1 0 において、陰極 1 2 側の端面から発光層 8 側の端面にかけて、次第にバンドギャップが略滑らかに増大している。本実施形態において、電子輸送層 1 0 は、次第にバンドギャップが増大する極薄の電子輸送層が、陰極 1 2 側から多数積層された構成とみなしてもよい。また、電子輸送層 1 0 は、発光層 8 側の端面において、正孔ブロック層 1 4 p と略同一のバンドギャップを有していてもよい。この場合、電子輸送層 1 0 は、発光層 8 側の端面において、正孔ブロック層 1 4 p と略同一の構成を備えた極薄の電子輸送層を備えていると見なしてもよい。

[0103] 本実施形態においては、例えば、電子輸送層 1 0 が $Mg_{y3}Zn_{1-y3}O$ であり、正孔ブロック層 1 4 p が $Mg_{y4}Zn_{1-y4}O$ であってもよい。ここで、 $y3$ および $y4$ は、 $0 \leq y3 \leq y4 < 1$ を満たす実数であり、 $y3$ は、陰極 1 2 側の端面から発光層 8 側の端面にかけて、0 から $y4$ まで単調増加する。この場合における電子輸送層 1 0 は、電子輸送層 1 0 のスパッタ法による形成工程において、次第に Mg をスパッタするスパッタ装置の出力強度を単調増加させることにより得られてもよい。

[0104] 本実施形態において、発光素子 2 の各層における、正孔および電子の輸送は、正孔輸送層 6 中および電子輸送層 1 0 中におけるキャリアの輸送を除い

て、実施形態 1 にて説明した原理と同一の原理にて実現してもよい。

[0105] 本実施形態における正孔輸送層 6 において、陽極 4 側の端面から発光層 8 側の端面にかけて、次第にイオン化ポテンシャルが略滑らかに増大している。このため、正孔は、図 5 の (b) における矢印 H 6 に示すように、正孔輸送層 6 中を滑らかに移動できる。また、正孔輸送層 6 の発光層 8 側の端面におけるイオン化ポテンシャルは、電子ブロック層 14 n のイオン化ポテンシャルと略同一であるため、図 5 の (b) における矢印 H 2 に示す正孔注入の障壁はごく小さい。

[0106] したがって、本実施形態における発光素子 2 は、前述までの実施形態における発光素子 2 と比較して、正孔輸送層 6 中の正孔輸送に対する影響を低減しつつ、正孔輸送層 6 から電子ブロック層 14 n への正孔輸送の障壁を低減できる。このため、陽極 4 から電子ブロック層 14 n への正孔輸送の効率が改善し、ひいては、発光層 8 における正孔の濃度の向上につながる。

[0107] 同様に、本実施形態における電子輸送層 10 において、陰極 12 側の端面から発光層 8 側の端面にかけて、次第に電子親和力が略滑らかに減少している。このため、電子は、図 5 の (b) における矢印 E 6 に示すように、電子輸送層 10 中を滑らかに移動できる。また、電子輸送層 10 の発光層 8 側の端面における電子親和力は、電子ブロック層 14 n の電子親和力と略同一であるため、図 5 の (b) における矢印 E 2 に示す電子注入の障壁はごく小さい。

[0108] したがって、本実施形態における発光素子 2 は、前述までの実施形態における発光素子 2 と比較して、電子輸送層 10 中の電子輸送に対する影響を低減しつつ、電子輸送層 10 から正孔ブロック層 14 p への電子輸送の障壁を低減できる。このため、陰極 12 から正孔ブロック層 14 p への電子輸送の効率が改善し、ひいては、発光層 8 における電子の濃度の向上につながる。

[0109] 本開示は上述した各実施形態に限定されるものではなく、請求項に示した範囲で種々の変更が可能であり、異なる実施形態にそれぞれ開示された技術的手段を適宜組み合わせて得られる実施形態についても本開示の技術的範囲

に含まれる。さらに、各実施形態にそれぞれ開示された技術的手段を組み合わせることにより、新しい技術的特徴を形成することができる。

符号の説明

[0110]	1	発光デバイス
	2	発光素子
	4	陽極
	6	正孔輸送層
	8	発光層
	10	電子輸送層
	12	陰極
	14	電荷ブロック層
	14 n	電子ブロック層
	14 p	正孔ブロック層
	14 i	絶縁層
	16	量子ドット

請求の範囲

- [請求項1] 陽極と、正孔輸送層と、複数の量子ドットを含む発光層と、電子輸送層と、陰極とをこの順に備え、さらに、前記正孔輸送層と前記電子輸送層との少なくとも一方と、前記発光層との間に、電荷ブロック層を備えた発光素子であって、
- 前記電荷ブロック層は、元素として、酸化物半導体を構成する遷移金属元素と、Al、Mg、およびSiのうちの少なくとも1つと、Oとを含む発光素子。
- [請求項2] 陽極と、正孔輸送層と、複数の量子ドットを含む発光層と、電子輸送層と、陰極とをこの順に備え、さらに、前記正孔輸送層と前記電子輸送層との少なくとも一方と、前記発光層との間に、電荷ブロック層を備えた発光素子であって、
- 前記電荷ブロック層は、元素として、Ni、Cu、Cr、La、Zn、Ti、V、Mo、およびWのうちの少なくとも1つと、Al、Mg、およびSiのうちの少なくとも1つと、Oとを含む発光素子。
- [請求項3] 前記電荷ブロック層の膜厚が、3nm以上30nm以下である請求項1または2に記載の発光素子。
- [請求項4] 前記電荷ブロック層の膜厚が、4nm以上15nm以下である請求項3に記載の発光素子。
- [請求項5] 前記電荷ブロック層と前記発光層との間に、さらに、絶縁層を備えた請求項1から4の何れか1項に記載の発光素子。
- [請求項6] 前記電荷ブロック層が、前記正孔輸送層と前記発光層との間の電子ブロック層を含む請求項1から5の何れか1項に記載の発光素子。
- [請求項7] 前記電子ブロック層の電子親和力が、前記発光層の電子親和力よりも、1.0eV以上小さい請求項6に記載の発光素子。
- [請求項8] 前記正孔輸送層がp型半導体材料を含む請求項6または7に記載の発光素子。
- [請求項9] 前記正孔輸送層が無機材料を含む請求項6から8の何れか1項に記

載の発光素子。

- [請求項10] 前記正孔輸送層が酸化物半導体を含む請求項6から9の何れか1項に記載の発光素子。
- [請求項11] 前記正孔輸送層が、Ni、Cu、およびCr、の何れかの酸化物、あるいはこれらの混合体を含む請求項10に記載の発光素子。
- [請求項12] 前記電子ブロック層が、元素として、Ni、Mg、およびOを含む請求項6から11の何れか1項に記載の発光素子。
- [請求項13] 前記電子ブロック層が、Oを除く元素のうち、酸化物絶縁体を構成する元素を、90原子パーセント以上100原子パーセント未満含む請求項12に記載の発光素子。
- [請求項14] 前記電子ブロック層が、前記正孔輸送層の構成元素のうちの少なくとも1つを、構成元素として含む請求項6から13の何れか1項に記載の発光素子。
- [請求項15] 前記電荷ブロック層が、前記電子輸送層と前記発光層との間の正孔ブロック層を含む請求項1から14の何れか1項に記載の発光素子。
- [請求項16] 前記正孔ブロック層のイオン化ポテンシャルが、発光層のイオン化ポテンシャルよりも、1.0eV以上大きい請求項15に記載の発光素子。
- [請求項17] 前記電子輸送層がn型半導体材料を含む請求項15または16に記載の発光素子。
- [請求項18] 前記電子輸送層が無機材料を含む請求項15から17の何れか1項に記載の発光素子。
- [請求項19] 前記電子輸送層が酸化物半導体を含む請求項15から18の何れか1項に記載の発光素子。
- [請求項20] 前記電子輸送層が、Zn、Ti、In、Ga、Sn、V、Mo、およびWの何れかのカルコゲナイド、あるいはこれらの混合体を含む請求項19に記載の発光素子。
- [請求項21] 前記正孔ブロック層が、元素として、Zn、Mg、およびOを含む

請求項 15 から 20 の何れか 1 項に記載の発光素子。

[請求項22] 前記正孔ブロック層が、Oを除く元素のうち、酸化物絶縁体を構成する元素を、90原子パーセント以上100原子パーセント未満含む請求項21に記載の発光素子。

[請求項23] 前記正孔ブロック層が、前記電子輸送層の構成元素のうちの少なくとも1つを、構成元素として含む請求項15から22の何れか1項に記載の発光素子。

[請求項24] 前記正孔輸送層と前記発光層との間、および前記電子輸送層と前記発光層との間のそれぞれに、前記電荷ブロック層を備えた請求項1から23の何れか1項に記載の発光素子。

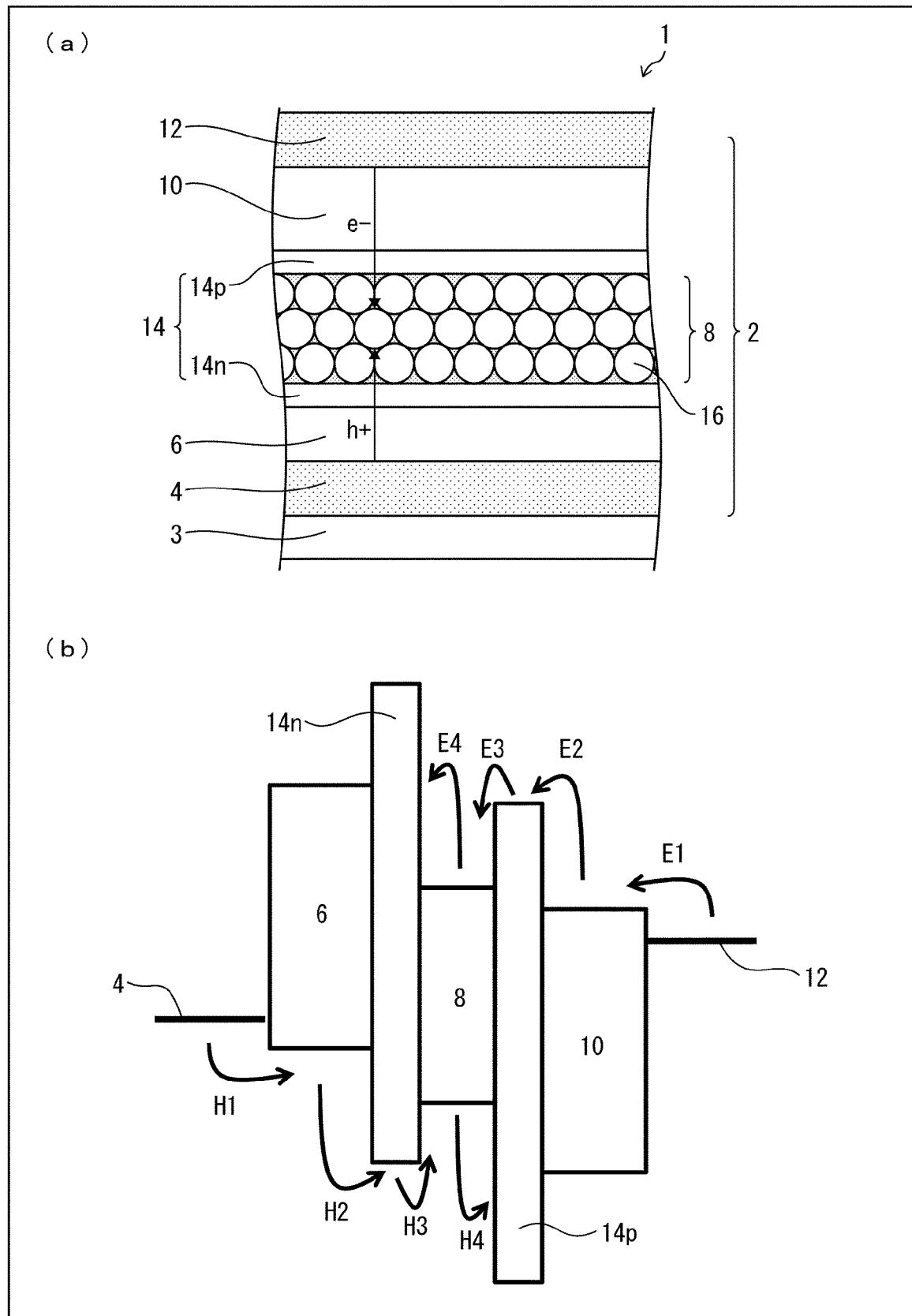
[請求項25] 前記正孔輸送層において、前記陽極側の端面から前記発光層側の端面にかけて、次第にバンドギャップが増大する請求項1から24の何れか1項に記載の発光素子。

[請求項26] 前記電子輸送層において、前記陰極側の端面から前記発光層側の端面にかけて、次第にバンドギャップが増大する請求項1から25の何れか1項に記載の発光素子。

[請求項27] 請求項1から26の何れか1項に記載の発光素子を備えた発光デバイス。

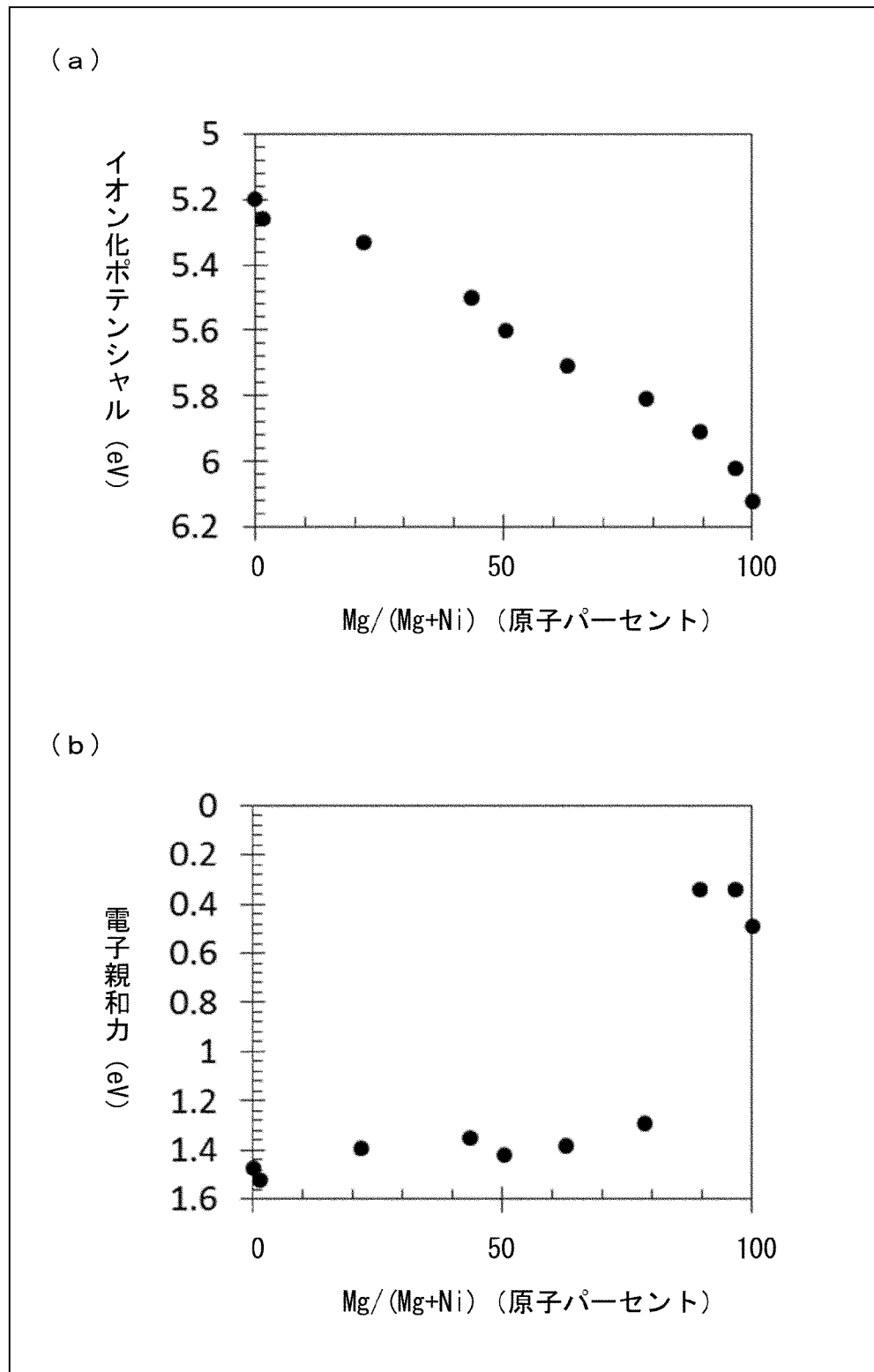
[図1]

図 1



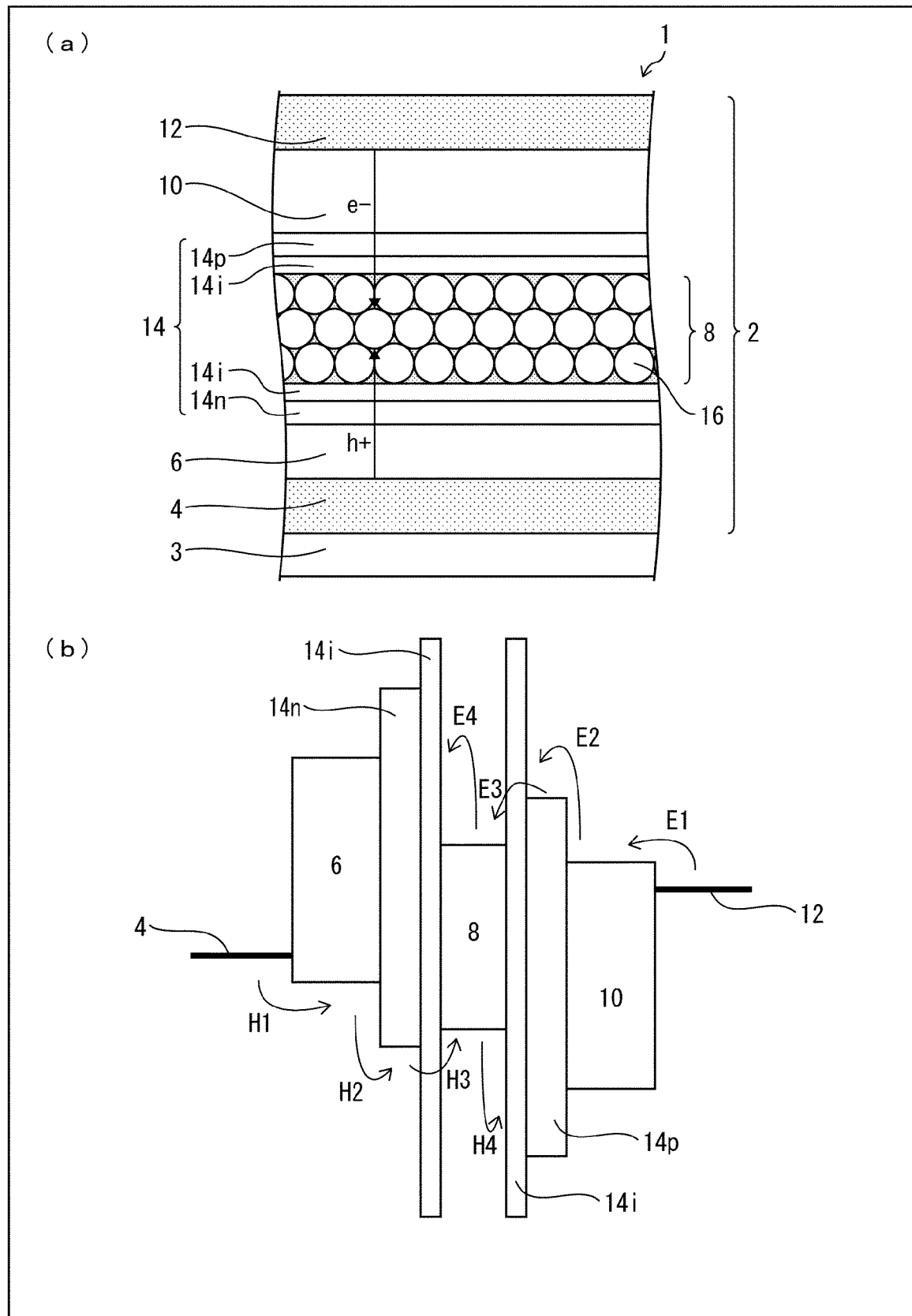
[図2]

図 2



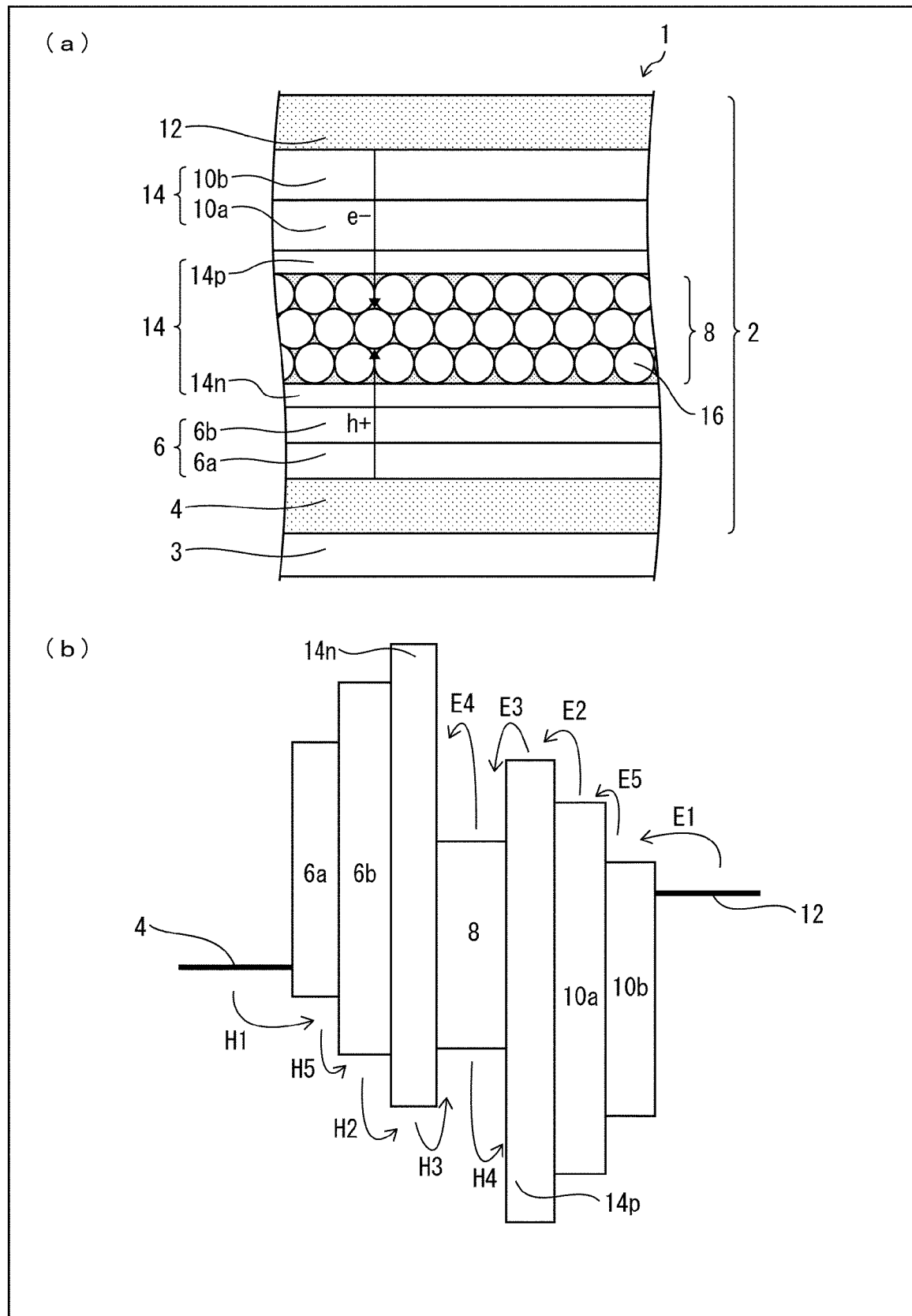
[図3]

図 3



[図4]

図 4



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2019/007397

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int. Cl. H05B33/14 (2006.01) i, H01L51/50 (2006.01) 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)

Int. Cl. H05B33/14, H01L51/50

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 1971-2019
Registered utility model specifications of Japan 1996-2019
Published registered utility model applications of Japan 1994-2019

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	WO 2017/094547 A1 (TOKYO INSTITUTE OF TECHNOLOGY) 08 June 2017, paragraphs [0023], [0033]-[0050], A [0070], [0071], [0076], [0077], [0085], [0086], [0113], [0126]-[0145], fig. 2 & CN 108293281 A & KR 10-2018-0087259 A	1-4, 15-20, 23, 25-27 5-14, 21-22, 24
A	US 2017/0117496 A1 (SAMSUNG ELECTRONICS CO., LTD.) 27 April 2017, entire text, all drawings & EP 3163643 A1 & KR 10-2017-0048965 A	1-27
A	CN 106450018 A (TCL GROUP CO., LTD.) 22 February 2017, entire text, all drawings (Family: none)	1-27



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
22.04.2019

Date of mailing of the international search report
07.05.2019

Name and mailing address of the ISA/
Japan Patent Office
3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku,
Tokyo 100-8915, Japan

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/JP2019/007397

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 2011/0080090 A1 (MASSACHUSETTS INSTITUTE OF TECHNOLOGY) 07 April 2011, entire text, all drawings & WO 2010/129887 A2	1-27
A	JP 2016-504767 A (MERCK PATENT GMBH) 12 February 2016, entire text, all drawings & US 2015/0303397 A1, entire text, all drawings & WO 2014/094952 A1 & EP 2932538 A1 & CN 104854723 A & KR 10-2015-0094770 A	1-27

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl. H05B33/14(2006.01)i, H01L51/50(2006.01)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 (IPC))

Int.Cl. H05B33/14, H01L51/50

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	1971-2019年
日本国実用新案登録公報	1996-2019年
日本国登録実用新案公報	1994-2019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	WO 2017/094547 A1 (国立大学法人東京工業大学) 2017.06.08, 段落 [0023], [0033]—[0050], [0070]—[0071], [0076]—[0077], [0085] —[0086], [0113], [0126]—[0145], 図2 & CN 108293281 A & KR 10-2018-0087259 A	1-4, 15-20, 23, 25-27
A		5-14, 21-22, 24
A	US 2017/0117496 A1 (SAMSUNG ELECTRONICS CO., LTD.) 2017.04.27, 全文全図 & EP 3163643 A1 & KR 10-2017-0048965 A	1-27

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

22.04.2019

国際調査報告の発送日

07.05.2019

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/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)

大竹 秀紀

20

4074

電話番号 03-3581-1101 内線 3271

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
A	CN 106450018 A (TCL GROUP CO., LTD.) 2017.02.22, 全文全図 (ファミリーなし)	1-27
A	US 2011/0080090 A1 (MASSACHUSETTS INSTITUTE OF TECHNOLOGY) 2011.04.07, 全文全図 & WO 2010/129887 A2	1-27
A	JP 2016-504767 A (メルク パテント ゲーエムベーハー) 2016.02.12, 全文全図 & US 2015/0303397 A1 (全文全図) & WO 2014/094952 A1 & EP 2932538 A1 & CN 104854723 A & KR 10-2015-0094770 A	1-27