

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：

- 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、発光素子の製造装置

技術分野

[0001] 本発明は、量子ドットを含む発光素子、当該発光素子を備えた発光デバイスおよび発光素子の製造装置に関する。

背景技術

[0002] 特許文献1は、半導体ナノクリスタルを含む発光デバイスを開示している。特許文献1の発光デバイスは、無機材料であるNiOからなる正孔輸送層を含む発光素子を備えている。無機材料からなる正孔輸送層を含む発光素子を備えた発光デバイスは、有機材料からなる正孔輸送層を含む発光素子を備えた発光デバイスと比較して、材料自体が酸素、水分、および紫外線等に対し安定であるため、発光デバイスの信頼性向上の面から好ましい。

先行技術文献

特許文献

[0003] 特許文献1：日本国公開特許公報「特開2012-23388号（2012年2月2日公開）」

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0004] 一般に、量子ドットのイオン化ポテンシャルは、真空準位を基準とすると、6～7 eVである。また、無機材料であるNiOのイオン化ポテンシャルは、5.5 eVである。このため、NiOと量子ドットとのイオン化ポテンシャルの差が0.5～1.5 eVと大きい。

[0005] このように、正孔輸送層に従来の無機材料を、量子ドット層に量子ドットを備えた発光素子においては、正孔輸送層から量子ドット層への正孔輸送の効率が悪い。したがって、正孔輸送層に従来の無機材料を採用した発光素子においては、正孔輸送層から量子ドット層への正孔の輸送効率と、電子輸送層から量子ドット層への電子の輸送効率とのバランスが悪くなり、発光素子

の発光効率の低下に繋がる。

課題を解決するための手段

[0006] 上記課題を解決するために、本発明の発光素子は、第1電極と、第2電極と、第1電極と第2電極の間の、量子ドットが積層した量子ドット層と、前記量子ドット層と前記第1電極との間の、 LaNiO_3 からなる正孔輸送層とを備える。

[0007] また、上記課題を解決するために、本発明の発光素子は、第1電極と、第2電極と、第1電極と第2電極の間の、量子ドットが積層した量子ドット層と、前記量子ドット層と前記第1電極との間の、無機材料からなり、真空準位を基準としたイオン化ポテンシャルが 5.5 eV よりも大きい正孔輸送層とを備える。

[0008] また、上記課題を解決するために、本発明の発光素子の製造装置は、第1電極と、第2電極と、第1電極と第2電極の間の、量子ドットが積層した量子ドット層と、前記量子ドット層と前記第1電極との間の、 LaNiO_3 からなる正孔輸送層とを形成する成膜装置を備える。

[0009] また、上記課題を解決するために、本発明の発光素子の製造装置は、第1電極と、第2電極と、第1電極と第2電極の間の、量子ドットが積層した量子ドット層と、前記量子ドット層と前記第1電極との間の、無機材料からなり、真空準位を基準としたイオン化ポテンシャルが 5.5 eV よりも大きい正孔輸送層とを形成する成膜装置を備える。

発明の効果

[0010] 上記構成により、無機材料を含む正孔輸送層を備えた発光素子において、正孔輸送層から量子ドット層への正孔の輸送効率が改善する。これにより、量子ドット層への正孔と電子との輸送効率のバランスが改善されるため、発光素子の信頼性を維持しつつ、発光素子の発光効率を向上させた発光デバイスを提供できる。

図面の簡単な説明

[0011] [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]比較形態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3の変形例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6]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。

[図7]本発明の実施形態4の変形例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8]本発明の各実施形態に係る発光素子の製造装置を示すブロック図である。

発明を実施するための形態

[0012] 〔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。

[0013] 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 への方角を「下方向」、発光素子 2 のアレイ基板 3 から発光素子 2 への方角を「上方向」として記載する。

[0014] 発光素子 2 は、第 1 電極 4 上に、正孔輸送層 6 と、量子ドット層 8 と、電子輸送層 10 と、第 2 電極 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 の第 1 電極 4 は、アレイ基板 3 の T F T と電氣的に接続されている。

[0015] 第 1 電極 4 および第 2 電極 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。本実施形態においては、第 1 電極 4 はアノードであり、第 2 電極 12 はカソードである。

[0016] 第 1 電極 4 と第 2 電極 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、またはBZO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、第 1 電極 4 または第 2 電極 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、またはAg等が好ましい。

[0017] 量子ドット層 8 は、量子ドット（半導体ナノ粒子）16 が 1 から数層積層したものである。量子ドット層 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製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。量子ドット層 8 の膜厚は、5～50 nm が好ましい。

[0018] 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。

[0019] 量子ドット 16 としては、例えば、コアにCdSe、シェルにZnSを備えた、コア／シェル構造を有する半導体ナノ粒子であってもよい。その他、量子ドット 16 は、CdSe／CdS、InP／ZnS、ZnSe／ZnS

またはC I G S / Z n S等をコア／シェル構造として有していてもよい。

[0020] 量子ドット16の粒径は3～15nm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。

[0021] 正孔輸送層6は、第1電極4からの正孔を量子ドット層8へと輸送する層である。正孔輸送層は、無機材料からなり、真空準位を基準としたイオン化ポテンシャルが5.5eVよりも大きい。本実施形態において、正孔輸送層6はLaNiO₃からなる。正孔輸送層6は、スパッタ法によって製膜されてもよい。正孔輸送層6の膜厚は、5～40nmが好ましい。

[0022] 電子輸送層10は、第2電極12からの電子を量子ドット層8へと輸送する層である。電子輸送層10は、正孔の輸送を阻害する機能を有していてもよい。電子輸送層10は、例えば、ZnO、TiO₂、Ta₂O₃、またはSrTiO₃等を含んでいてもよく、スパッタ法によって製膜されてもよい。電子輸送層10の膜厚は、従来公知の膜厚を採用でき、10～100nmが好ましい。

[0023] 正孔輸送層および電子輸送層は、それぞれ、ナノ粒子、結晶、多結晶、またはアモルファスであってもよい。

[0024] 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1の(b)においては、左から右に向かって、第1電極4、正孔輸送層6、量子ドット層8、電子輸送層10、および第2電極12を表している。

[0025] 第1電極4および第2電極12においては、それぞれの電極のフェルミ準位を、eVを単位に示す。正孔輸送層6、量子ドット層8、および電子輸送層10の下方においては、真空準位を基準とした、それぞれの層のイオン化ポテンシャルを、eVを単位に示す。正孔輸送層6、量子ドット層8、および電子輸送層10の上方においては、真空準位を基準とした、それぞれの層

の電子親和力を、 eV を単位に示す。

[0026] 以下、本明細書において、単にイオン化ポテンシャルまたは電子親和力を説明する場合、何れも、真空準位を基準としたものとして説明を行う。

[0027] 本実施形態においては、例として、第1電極4がITOから、第2電極12がAlからなる場合を図1の(b)に示す。この場合、第1電極4のフェルミ準位は $4.6 eV$ であり、第2電極12のフェルミ準位は $4.3 eV$ である。

[0028] 本実施形態においては、正孔輸送層6は $LaNiO_3$ からなる。このため、正孔輸送層6のイオン化ポテンシャルは $6.0 eV$ であり、正孔輸送層6の電子親和力は $3.7 eV$ である。また、本実施形態においては、例として、電子輸送層10がZnOからなる場合を図1の(b)に示す。この場合、電子輸送層10のイオン化ポテンシャルは $7.4 eV$ であり、電子輸送層10の電子親和力は $4.0 eV$ である。また、本実施形態においては、量子ドット16の材料および粒径によって変化するものの、量子ドット層8におけるイオン化ポテンシャルは、 $6 \sim 7 eV$ であり、電子親和力は $3.5 \sim 4.0 eV$ である。

[0029] 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。

[0030] 発光デバイス1において、第1電極4と第2電極12との間に電位差をかけることにより、第1電極4からは正孔が、第2電極12からは電子が、量子ドット層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、第1電極4からの正孔は、正孔輸送層6を介して、量子ドット層8に到達する。図1の(a)の矢印 e^- に示すように、第2電極12からの電子は、電子輸送層10を介して、量子ドット層8に到達する。

[0031] 量子ドット層8に到達した正孔と電子とは、量子ドット16において再結合し、発光する。量子ドット16からの発光は、例えば、金属電極である第2電極によって反射され、透明電極である第1電極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。

[0032] 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。

[0033] 発光デバイス 1 において、第 1 電極 4 と第 2 電極 12 との間に電位差が発生すると、図 1 の (b) の矢印 H1 に示すように、第 1 電極 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 E1 に示すように、第 2 電極 12 から電子輸送層 10 へと電子が注入される。

[0034] 次に、図 1 の (b) の矢印 H2 に示すように、正孔輸送層 6 から量子ドット層 8 へと正孔が輸送される。ここで、正孔輸送層 6 から量子ドット層 8 への正孔輸送の障壁は、量子ドット層 8 のイオン化ポテンシャルから正孔輸送層 6 のイオン化ポテンシャルを差し引いたエネルギーによって示される。したがって、本実施形態における正孔輸送層 6 から量子ドット層 8 への正孔輸送の障壁は、 $0 \sim 1.0 \text{ eV}$ である。

[0035] 同様に、図 1 の (b) の矢印 E2 に示すように、電子輸送層 10 から量子ドット層 8 へと電子が輸送される。このようにして、量子ドット層 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。

[0036] 図 2 は、比較形態に係る発光デバイス 41 の概略断面図と、発光デバイス 41 の発光素子 42 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。比較形態に係る発光デバイス 41 は、本実施形態に係る発光デバイス 1 と比較して、NiO からなる正孔輸送層 46 を含む発光素子 42 を備える点においてのみ構成が異なる。

[0037] 発光デバイス 41 においても、本実施形態と同様の原理によって発光する。この際、正孔輸送層 46 から量子ドット層 8 への正孔輸送の障壁は、 $0.5 \sim 1.5 \text{ eV}$ である。

[0038] 本実施形態に係る発光素子 2 は、無機材料からなり、真空準位を基準としたイオン化ポテンシャルが 5.5 eV よりも大きい正孔輸送層 6 を備える。このため、本実施形態に係る発光素子 2 によれば、比較形態に係る発光素子 42 のように、NiO からなる正孔輸送層 46 を備える場合と比較して、正

孔輸送層 6 から量子ドット層 8 への正孔輸送の障壁を小さくできる。したがって、本実施形態に係る発光デバイス 1 は、信頼性を確保しつつ、発光効率を向上させることが可能である。

[0039] 本実施形態に係る発光素子 2 のように、正孔輸送層 6 が LaNiO_3 からなる場合、量子ドット層 8 の量子ドット 16 としては、 CdSe/CdS 、 InP/ZnS 、または ZnSe/ZnS を用いることが好ましい。また、量子ドット 16 の粒径は、 $5 \sim 10 \text{ nm}$ であることが好ましい。上記構成であれば、正孔輸送層 6 と量子ドット層 8 とのイオン化ポテンシャルの差をより小さくすることができるため、正孔を量子ドット層 8 に、より効率よく注入する発光素子 2 を実現できる。

[0040] また、本実施形態における正孔輸送層 6 のイオン化ポテンシャルは、量子ドット層 8 のイオン化ポテンシャルよりも大きい、または量子ドット層 8 のイオン化ポテンシャルとの差が 0.5 eV 以下であることが好ましい。上記構成であれば、正孔輸送層 6 から量子ドット層 8 への輸送障壁はより小さくなり、正孔輸送層 6 から量子ドット層 8 へより効率よく正孔を輸送できる。

[0041] 〔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。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、正孔輸送層 6 と量子ドット層 8 との間に、電子ブロック層 18 を備えている点においてのみ構成が異なる。

[0042] 電子ブロック層 18 は、量子ドット層 8 から正孔輸送層 6 側への電子のリークを阻害する機能を有する層である。電子ブロック層 18 は、 Cu_2O 、 LiNbO_3 、 LiCoO_2 、 Al_2O_3 、 SiO_2 、または SiN 等の無機材料を含んでいてもよく、 PVK 、 TFB 、または poly-TPD 等の有機材料を含んでいてもよい。

[0043] 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 3 の (b) においては、図 1 の (b) と比較して、正孔輸送層 6 と

量子ドット層 8 との間に、電子ブロック層 18 が示されている。図 3 の (b) においては、電子ブロック層 18 が P V K からなる例を図示している。図 3 の (b) に示すように、本実施形態における電子ブロック層 18 は、イオン化ポテンシャルが 5.8 eV であり、電子親和力が 2.2 eV である。

[0044] このように、電子ブロック層 18 は、正孔輸送層 6 および量子ドット層 8 の電子親和力よりも小さい電子親和力を有する。また、電子ブロック層 18 は、正孔輸送層 6 および量子ドット層 8 の少なくとも一方のイオン化ポテンシャルより、小さいイオン化ポテンシャルを有することが好ましい。

[0045] 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 3 の (b) を参照して説明する。

[0046] 発光デバイス 1 において、第 1 電極 4 と第 2 電極 12 との間に電位差が発生すると、前実施形態と同様に正孔および電子が注入される。ここで、本実施形態においては、第 1 電極 4 から正孔輸送層 6 へ輸送された正孔は、矢印 H3 に示すように、量子ドット層 8 へ輸送される。これは、図 3 の (b) に示すように、電子ブロック層 18 のイオン化ポテンシャルが、正孔輸送層 6 および量子ドット層 8 のイオン化ポテンシャルよりも小さいため、正孔輸送層 6 から量子ドット層 8 への正孔輸送の障壁が増加しないことによる。

[0047] また、本実施形態においては、第 2 電極 12 から電子輸送層 10 を経由して量子ドット層 8 に輸送された電子は、さらに、矢印 E3 に示すように、電子ブロック層 18 側に移動しようとする。しかしながら、電子ブロック層 18 は量子ドット層 8 の電子親和力よりも小さい電子親和力を有するため、量子ドット層 8 から電子ブロック層 18 への電子注入の障壁が大きくなる。このため、量子ドット層 8 に輸送された電子の、電子ブロック層 18 への注入が阻害され、正孔輸送層 6 および第 1 電極 4 への電子のリークが低減される。

[0048] 本実施形態における発光素子 2 は、量子ドット層 8 から正孔輸送層 6 への電子の注入を阻害する電子ブロック層 18 を備えている。このため、本実施形態に係る発光デバイス 1 においては、前実施形態における発光デバイス 1

と比較して、量子ドット層 8 へ輸送された電子が、正孔輸送層 6 へリークすることを低減できる。したがって、量子ドット層 8 における正孔と電子との再結合の効率を向上させ、発光デバイス 1 の発光効率を向上させることができる。

[0049] なお、電子ブロック層 18 の電子親和力は、 3.5 eV よりも小さく、より好ましくは、 3.0 eV よりも小さい。あるいは、電子ブロック層 18 の電子親和力は、量子ドット層 8 の電子親和力よりも 0.5 eV 以上小さい。上記構成であれば、電子ブロック層 18 が効率よく上述した電子のリークを阻害できる。

[0050] また、電子ブロック層 18 の膜厚は、 $2\sim 40\text{ nm}$ が好ましい。さらに、電子ブロック層 18 は NiO から形成されていてもよい。この場合、正孔輸送層 6 から電子ブロック層 18 へ輸送された正孔が、電子ブロック層 18 に停留しないよう、電子ブロック層 18 の膜厚を $2\sim 20\text{ nm}$ とすることが好ましい。

[0051] [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。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、第 1 電極 4 と正孔輸送層 6 との間に、正孔注入層 20 を備えている点においてのみ構成が異なる。

[0052] 正孔注入層 20 は、第 1 電極 4 から正孔が注入され、正孔輸送層 6 へ正孔を注入する機能を有する層である。正孔注入層 20 は、例えば、 NiO 、 LiNbO_3 、 LiCoO_3 、または Cu_2O を含んでいてもよい。

[0053] 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 の (b) においては、図 1 の (b) と比較して、第 1 電極 4 と正孔輸送層 6 との間に、正孔注入層 20 が示されている。図 4 の (b) においては、正孔注入層 20 が NiO からなる例を図示している。図 4 の (b) に示すように、本実施形態における正孔注入層 20 は、イオン化ポテンシャル

が5.5 eVであり、電子親和力が2.0 eVである。

[0054] このように、正孔注入層20は、第1電極4のフェルミ準位と正孔輸送層6のイオン化ポテンシャルとの間のイオン化ポテンシャルを有する。正孔注入層20の膜厚は、5〜40 nmが好ましい。

[0055] 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4の(b)を参照して説明する。

[0056] 発光デバイス1において、第1電極4と第2電極12との間に電位差が発生すると、矢印H4に示すように、第1電極4から正孔注入層20へ正孔が注入される。第1電極4から正孔注入層20への正孔注入の障壁は、0.9 eVである。次いで、正孔注入層20に注入された正孔は、矢印H5に示すように、正孔注入層20から正孔輸送層6へ注入される。正孔注入層20から正孔輸送層6への正孔注入の障壁は、0.5 eVである。その後の正孔の輸送および電子は、実施形態1と同様に輸送されてもよい。

[0057] 本実施形態における発光素子2は、第1電極4から正孔輸送層6への正孔の輸送が、正孔注入層20を介して行われる。図1の(b)と、図4の(b)との比較からわかるように、第1電極4から正孔輸送層6への正孔注入の障壁よりも、第1電極4から正孔注入層20への正孔注入の障壁、または正孔注入層20から正孔輸送層6への正孔注入の障壁は小さい。ゆえに、効率的に第1電極4から正孔輸送層6への正孔の輸送を行うことができる。

[0058] したがって、本実施形態に係る発光デバイス1においては、前実施形態における発光デバイス1と比較して、正孔をより効率的に量子ドット層8に注入することができ、発光デバイス1の発光効率を向上させることができる。

[0059] 図5は、本実施形態の変形例に係る発光デバイス1の概略断面図と、発光デバイス1の発光素子2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。本変形例に係る発光デバイス1は、本実施形態に係る発光デバイス1と比較して、正孔輸送層6と量子ドット層8との間に、電子ブロック層18を備えている点においてのみ構成が異なる。

[0060] 本変形例に係る発光素子 2 における正孔の輸送においては、始めに、本実施形態に係る発光素子 2 と同様に、第 1 電極 4 から正孔注入層 20 を介して正孔輸送層 6 に正孔が注入される。次いで、実施形態 2 に係る発光素子 2 と同様に、正孔輸送層 6 から量子ドット層 8 に正孔が輸送される。本変形例に係る発光素子 2 における電子の輸送においては、実施形態 2 に係る発光素子 2 と同様に、第 2 電極 12 から電子輸送層 10 を介して量子ドット層 8 に電子が輸送される。量子ドット層 8 に輸送された電子は、電子ブロック層 18 によって、正孔輸送層 6 への注入が阻害される。

[0061] 本変形例に係る発光デバイス 1 は、本実施形態に係る発光デバイス 1 と同様に、量子ドット層 8 への正孔の輸送効率を維持しつつ、量子ドット層 8 から正孔輸送層 6 への電子の注入を阻害する。したがって、量子ドット層 8 における正孔と電子との再結合の効率がより改善し、発光デバイス 1 の発光効率をより向上させることができる。

[0062] [実施形態 4]

図 6 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。本実施形態に係る発光デバイス 1 は、実施形態 3 に係る発光デバイス 1 と比較して、正孔注入層 20 の代わりに、正孔注入層 22 を備えている点においてのみ構成が異なる。

[0063] 正孔注入層 22 は NiO と LaNiO_3 とからなる。正孔注入層 22 においては、第 1 電極 4 側の端面から正孔輸送層 6 側の端面にかけて、次第に NiO の密度が低下し、次第に LaNiO_3 の密度が増大する。すなわち、正孔注入層 22 は、第 1 電極 4 と接する端面が NiO からなり、正孔輸送層 6 に向かって、次第に NiO が LaNiO_3 に置き換わり、正孔輸送層 6 と接する端面が LaNiO_3 からなる構造を備える。第 1 電極 4 から正孔輸送層 6 にかけて、次第に値が 0 から 1 に増加する変数 X を用いて上記を換言すれば、正孔注入層 22 は、 $\text{La}_X\text{NiO}_{2X+1}$ と表される構造を備えていてもよい。本実施形態において、正孔輸送層 6 は、正孔注入層 22 と連続的に製膜されてもよい。正孔注入層 22 の膜厚は、5～40 nm が好ましい。

[0064] 正孔注入層 22 は、NiO と LaO とを同時にスパッタすることにより製造することができる。たとえば、NiO を成膜するスパッタ装置のパワーを一定とし、LaO を成膜するスパッタ装置のパワーを徐々に増加させて、NiO と LaO とを同時にスパッタすればよい。

[0065] 図 6 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 6 の (b) においては、図 4 の (b) と比較して、正孔注入層 20 の代わりに正孔注入層 22 が示されている。

[0066] 本実施形態における正孔注入層 22 は、第 1 電極 4 側の端面から正孔輸送層 6 側の端面にかけて、NiO から LaNiO₃ に組成が置き換わる。このことを反映して、図 6 の (b) に示すように、正孔注入層 22 の見かけ上のイオン化ポテンシャルは、第 1 電極 4 から正孔輸送層 6 にかけて、5.5 eV から 6.0 eV に増加している。また、図 6 の (b) に示すように、正孔注入層 22 の見かけ上の電子親和力においても、第 1 電極 4 から正孔輸送層 6 にかけて、2.0 eV から 3.7 eV に増加している。

[0067] 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 6 の (b) を参照して説明する。

[0068] 発光デバイス 1 において、第 1 電極 4 と第 2 電極 12 との間に電位差が発生すると、矢印 H4 に示すように、第 1 電極 4 から正孔注入層 22 へ正孔が注入される。次いで、正孔注入層 22 に注入された正孔は、矢印 H6 に示すように、第 1 電極 4 から正孔輸送層 6 に向かって正孔注入層 22 中を輸送される。

[0069] 正孔注入層 22 における見かけ上のイオン化ポテンシャルは、連続的に増加しているため、正孔注入層 22 中における正孔輸送の障壁は小さい。また、正孔注入層 22 の正孔輸送層 6 側の端面と正孔輸送層 6 とのイオン化ポテンシャルはほぼ変わらないため、正孔注入層 22 から正孔輸送層 6 への正孔注入の障壁は非常に小さい。

[0070] このため、第 1 電極 4 から正孔注入層 22 を介して正孔輸送層 6 へ正孔が

注入される。その後の正孔の輸送および電子は、実施形態 1 と同様に輸送されてもよい。

[0071] 本実施形態における発光素子 2 は、第 1 電極 4 から正孔輸送層 6 への正孔の輸送が、正孔注入層 2 2 を介して行われる。このため、正孔注入層 2 2 から正孔輸送層 6 への正孔の注入がより効率的に行われる。したがって、本実施形態に係る発光デバイス 1 においては、前実施形態における発光デバイス 1 と比較して、正孔をより効率的に量子ドット層 8 に輸送することができ、発光デバイス 1 の発光効率を向上させることができる。

[0072] 図 7 は、本実施形態の変形例に係る発光デバイス 1 の概略断面図と、発光デバイス 1 の発光素子 2 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。本変形例に係る発光デバイス 1 は、本実施形態に係る発光デバイス 1 と比較して、正孔輸送層 6 と量子ドット層 8 との間に、電子ブロック層 1 8 を備えている点においてのみ構成が異なる。

[0073] 本変形例に係る発光素子 2 における正孔の輸送においては、始めに、本実施形態に係る発光素子 2 と同様に、第 1 電極 4 から正孔注入層 2 2 を介して正孔輸送層 6 に正孔が注入される。次いで、実施形態 2 に係る発光素子 2 と同様に、正孔輸送層 6 から量子ドット層 8 に正孔が輸送される。本変形例に係る発光素子 2 における電子の輸送においては、実施形態 2 に係る発光素子 2 と同様に、第 2 電極 1 2 から電子輸送層 1 0 を介して量子ドット層 8 に電子が注入される。量子ドット層 8 に注入された電子は、電子ブロック層 1 8 によって、正孔輸送層 6 への注入が阻害される。

[0074] 本変形例に係る発光デバイス 1 は、本実施形態に係る発光デバイス 1 と同様に、量子ドット層 8 への正孔の輸送効率を維持しつつ、量子ドット層 8 から正孔輸送層 6 への電子の注入を阻害する。したがって、量子ドット層 8 における正孔と電子との再結合の効率がより改善し、発光デバイス 1 の発光効率をより向上させることができる。

[0075] 上述の各実施形態においては、アレイ基板 3 上に、下層から順に、第 1 電

極、正孔輸送層、量子ドット層、電子輸送層、および第2電極を備えた発光素子2を備えた構造を有する発光デバイス1を例に挙げて説明した。しかしながら、上述の各実施形態は、アレイ基板3上に、各層を逆順に、すなわち、下層から順に、第2電極、電子輸送層、量子ドット層、正孔輸送層、および第1電極を備えた発光素子2を備えた構造を有する発光デバイス1においても適用できる。

[0076] 図8は、上述の各実施形態に係る発光素子の製造装置30を示すブロック図である。発光素子の製造装置30は、コントローラ32と、成膜装置34とを備えていてもよい。コントローラ32は、成膜装置34を制御してもよい。成膜装置34は、発光素子2の各層を成膜してもよい。

[0077] [まとめ]

状態1の発光素子は、第1電極と、第2電極と、第1電極と第2電極の間の、量子ドットが積層した量子ドット層と、前記量子ドット層と前記第1電極との間の、 LaNiO_3 からなる正孔輸送層とを備える。

[0078] 状態2の発光素子は、第1電極と、第2電極と、第1電極と第2電極の間の、量子ドットが積層した量子ドット層と、前記量子ドット層と前記第1電極との間の、無機材料からなり、真空準位を基準としたイオン化ポテンシャルが 5.5 eV よりも大きい正孔輸送層とを備える。

[0079] 状態3においては、前記正孔輸送層のイオン化ポテンシャルが、前記量子ドット層のイオン化ポテンシャルよりも大きい、または、前記量子ドット層と前記正孔輸送層とのイオン化ポテンシャルの差が 0.5 eV 以下である。

[0080] 状態4においては、前記量子ドット層と前記正孔輸送層との間に、電子ブロック層を備え、前記電子ブロック層の電子親和力が、前記正孔輸送層の電子親和力よりも小さい。

[0081] 状態5においては、前記電子ブロック層の電子親和力が、前記量子ドット層の電子親和力よりも 0.5 eV 以上小さい。

[0082] 状態6においては、前記電子ブロック層の電子親和力が、真空準位を基準として、 3.5 eV よりも小さい。

- [0083] 様態 7 においては、前記第 1 電極と前記正孔輸送層との間に、正孔注入層を備え、前記正孔注入層のイオン化ポテンシャルが、前記第 1 電極のフェルミ準位と前記正孔輸送層のイオン化ポテンシャルとの間である。
- [0084] 様態 8 においては、前記正孔注入層が NiO と LaNiO_3 とからなり、前記正孔注入層において、前記第 1 電極側の端面から前記正孔輸送層側の端面にかけて、次第に NiO の密度が低下し、次第に LaNiO_3 の密度が増大する。
- [0085] 様態 9 の発光デバイスは、上述の何れかの様態における発光素子を備える。
- [0086] 様態 10 の発光素子の製造装置は、第 1 電極と、第 2 電極と、第 1 電極と第 2 電極の間の量子ドットが積層した量子ドット層と、前記量子ドット層と前記第 1 電極との間の、 LaNiO_3 からなる正孔輸送層とを形成する成膜装置を備える。
- [0087] 様態 11 の発光素子の製造装置は、第 1 電極と、第 2 電極と、第 1 電極と第 2 電極の間の量子ドットが積層した量子ドット層と、前記量子ドット層と前記第 1 電極との間の、無機材料からなり、真空準位を基準としたイオン化ポテンシャルが 5.5 eV よりも大きい正孔輸送層とを形成する成膜装置を備える。
- [0088] 本発明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発明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

- [0089] 1 発光デバイス
2 発光素子
4 第 1 電極
6 正孔輸送層

8	量子ドット層
1 2	第 2 電極
1 6	量子ドット
1 8	電子ブロック層
2 0、2 2	正孔注入層
3 0	発光素子の製造装置

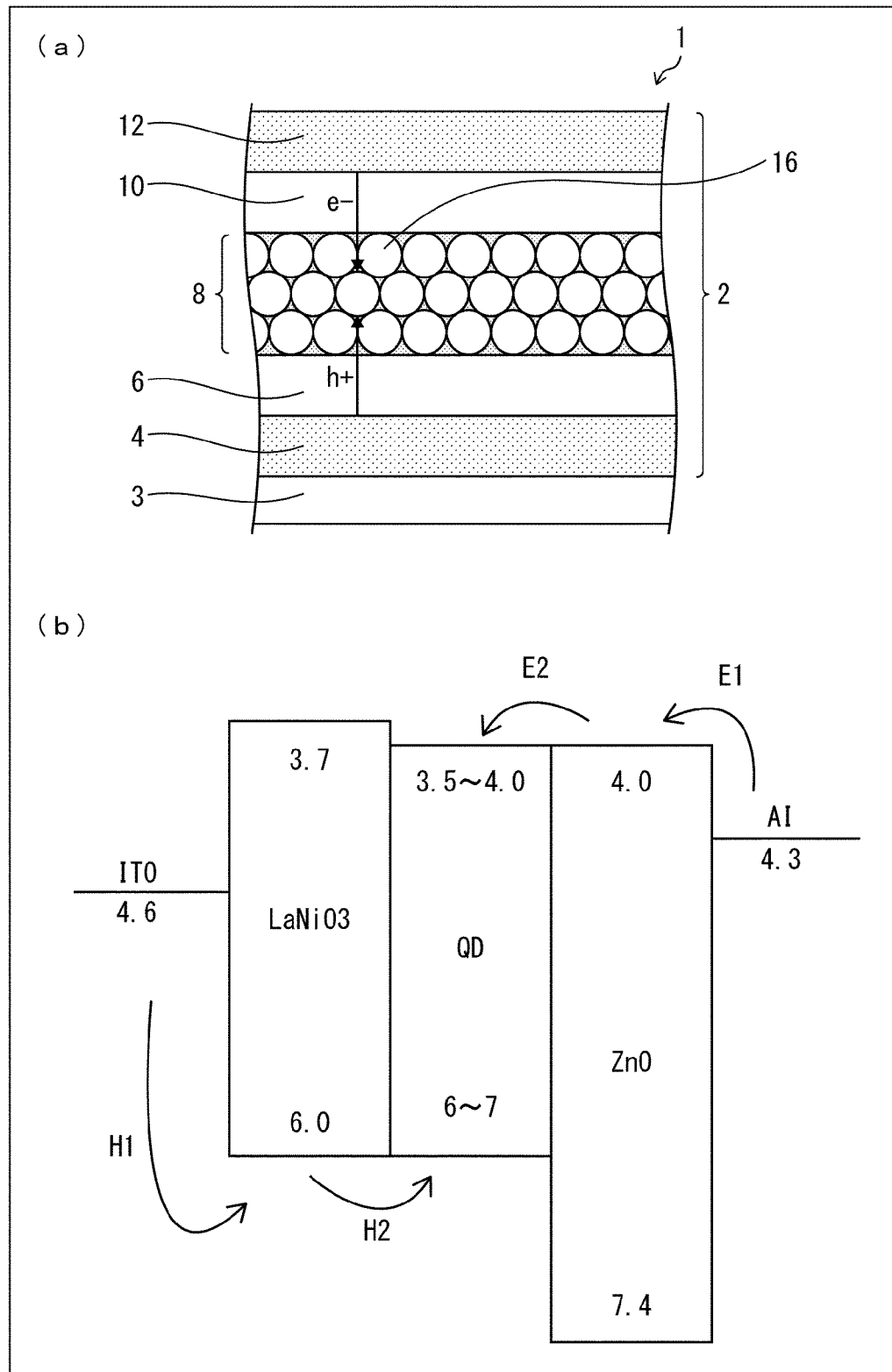
請求の範囲

- [請求項1] 第1電極と、第2電極と、第1電極と第2電極の間の、量子ドットが積層した量子ドット層と、前記量子ドット層と前記第1電極との間の、 LaNiO_3 からなる正孔輸送層とを備えた発光素子。
- [請求項2] 第1電極と、第2電極と、第1電極と第2電極の間の、量子ドットが積層した量子ドット層と、前記量子ドット層と前記第1電極との間の、無機材料からなり、真空準位を基準としたイオン化ポテンシャルが 5.5 eV よりも大きい正孔輸送層とを備えた発光素子。
- [請求項3] 前記正孔輸送層のイオン化ポテンシャルが、前記量子ドット層のイオン化ポテンシャルよりも大きい、または、前記量子ドット層と前記正孔輸送層とのイオン化ポテンシャルの差が 0.5 eV 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] 前記量子ドット層と前記正孔輸送層との間に、電子ブロック層を備え、
前記電子ブロック層の電子親和力が、前記正孔輸送層の電子親和力よりも小さい請求項1から3の何れか1項に記載の発光素子。
- [請求項5] 前記電子ブロック層の電子親和力が、前記量子ドット層の電子親和力よりも 0.5 eV 以上小さい請求項4に記載の発光素子。
- [請求項6] 前記電子ブロック層の電子親和力が、真空準位を基準として、 3.5 eV よりも小さい請求項4または5に記載の発光素子。
- [請求項7] 前記第1電極と前記正孔輸送層との間に、正孔注入層を備え、
前記正孔注入層のイオン化ポテンシャルが、前記第1電極のフェルミ準位と前記正孔輸送層のイオン化ポテンシャルとの間である請求項1から6の何れか1項に記載の発光素子。
- [請求項8] 前記正孔注入層が NiO と LaNiO_3 とからなり、前記正孔注入層において、前記第1電極側の端面から前記正孔輸送層側の端面にかけて、次第に NiO の密度が低下し、次第に LaNiO_3 の密度が増大する請求項7に記載の発光素子。

- [請求項9] 請求項 1 から 8 の何れか 1 項に記載の発光素子を備えた発光デバイス。
- [請求項10] 第 1 電極と、第 2 電極と、第 1 電極と第 2 電極の間の量子ドットが積層した量子ドット層と、前記量子ドット層と前記第 1 電極との間の、 LaNiO_3 からなる正孔輸送層とを形成する成膜装置を備えた発光素子の製造装置。
- [請求項11] 第 1 電極と、第 2 電極と、第 1 電極と第 2 電極の間の量子ドットが積層した量子ドット層と、前記量子ドット層と前記第 1 電極との間の、無機材料からなり、真空準位を基準としたイオン化ポテンシャルが 5.5 eV よりも大きい正孔輸送層とを形成する成膜装置を備えた発光素子の製造装置。

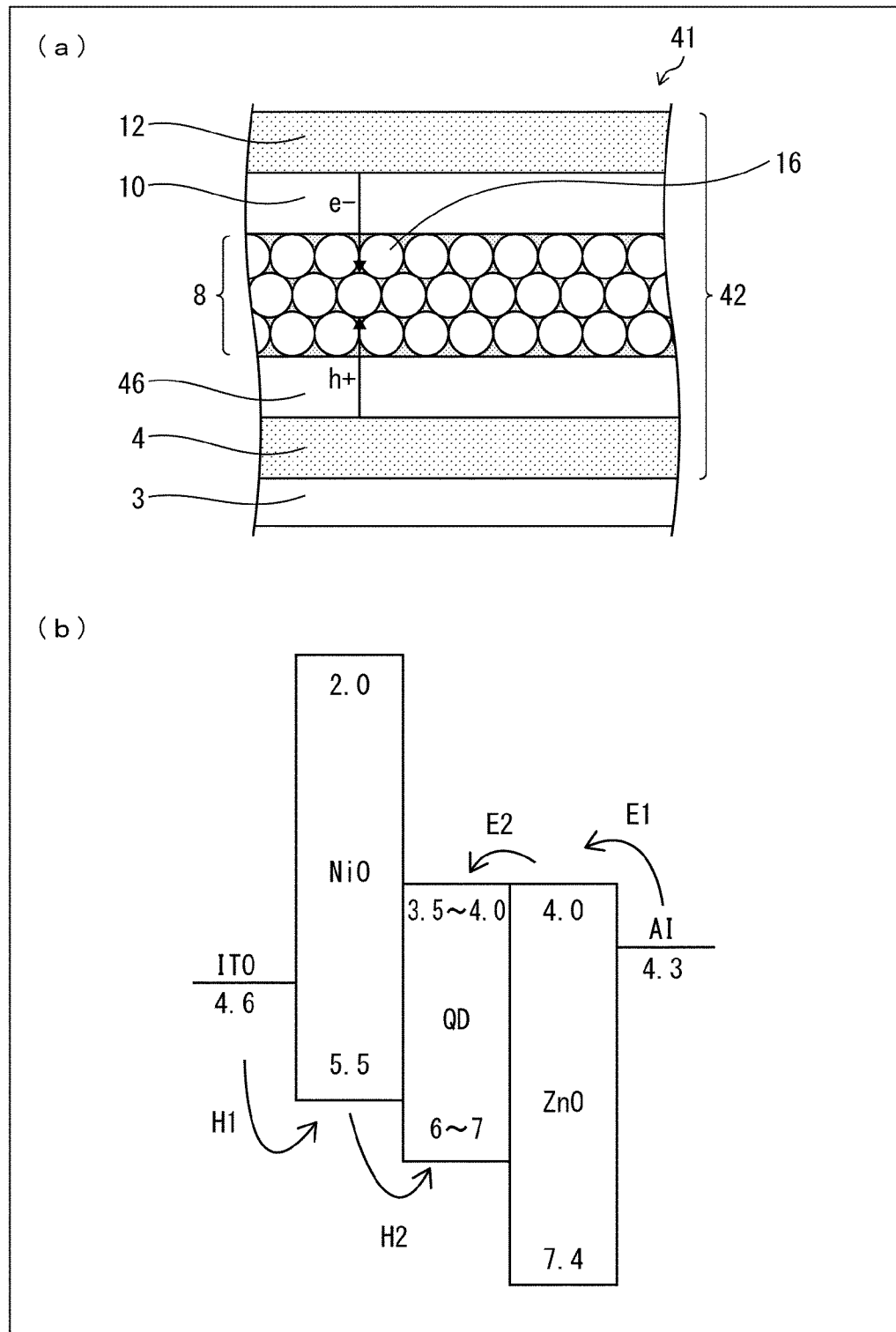
[図1]

図 1



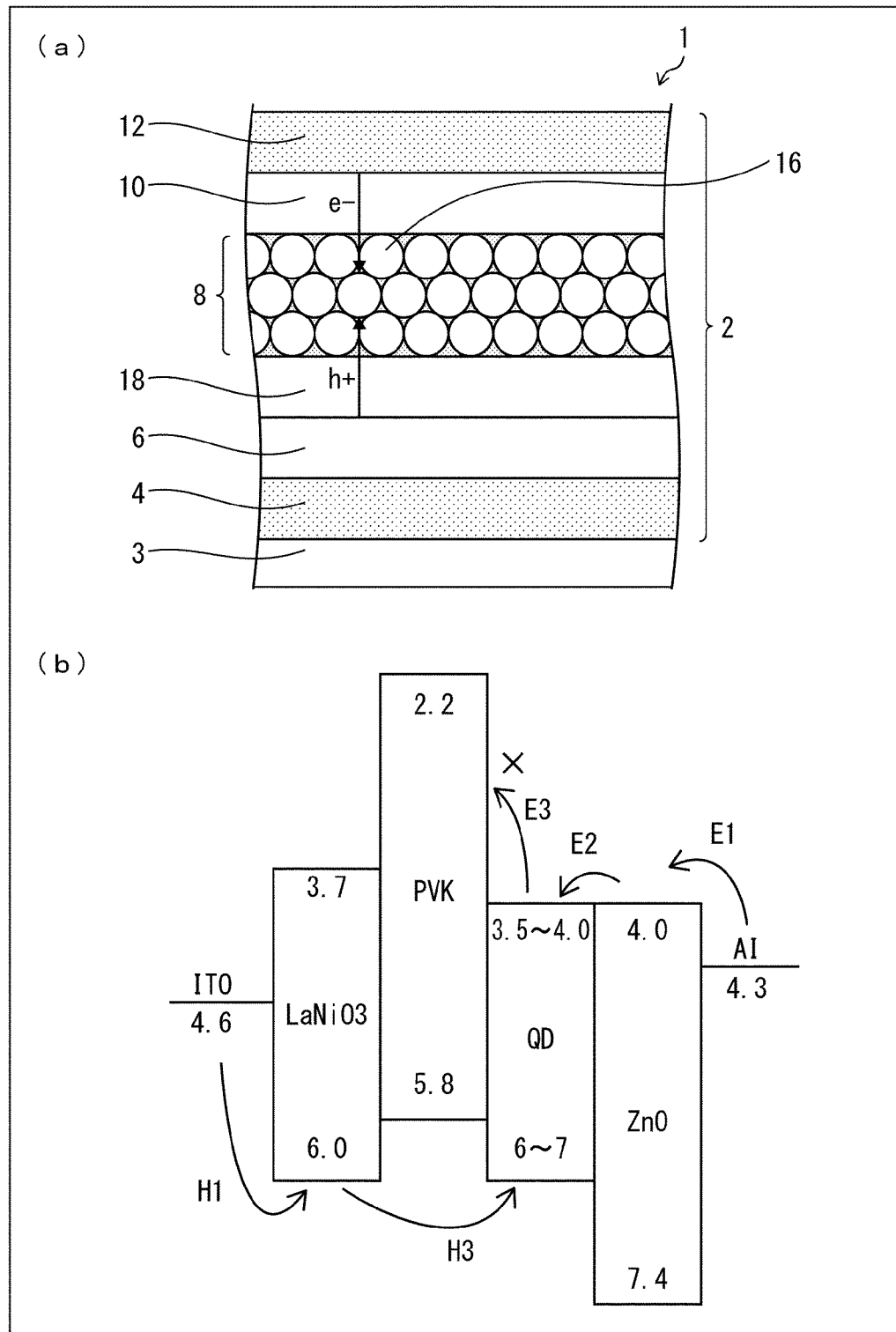
[図2]

図 2



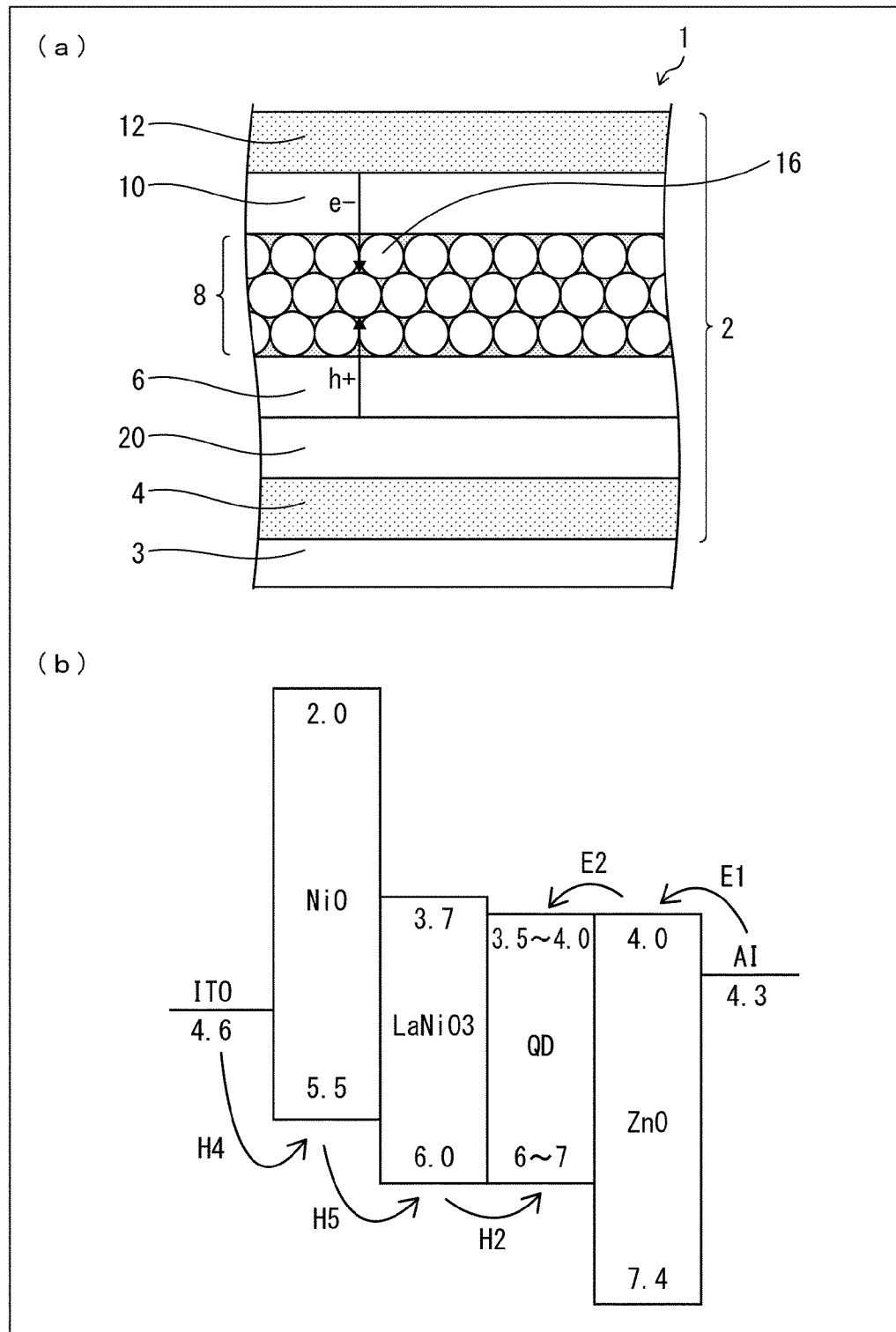
[図3]

図 3



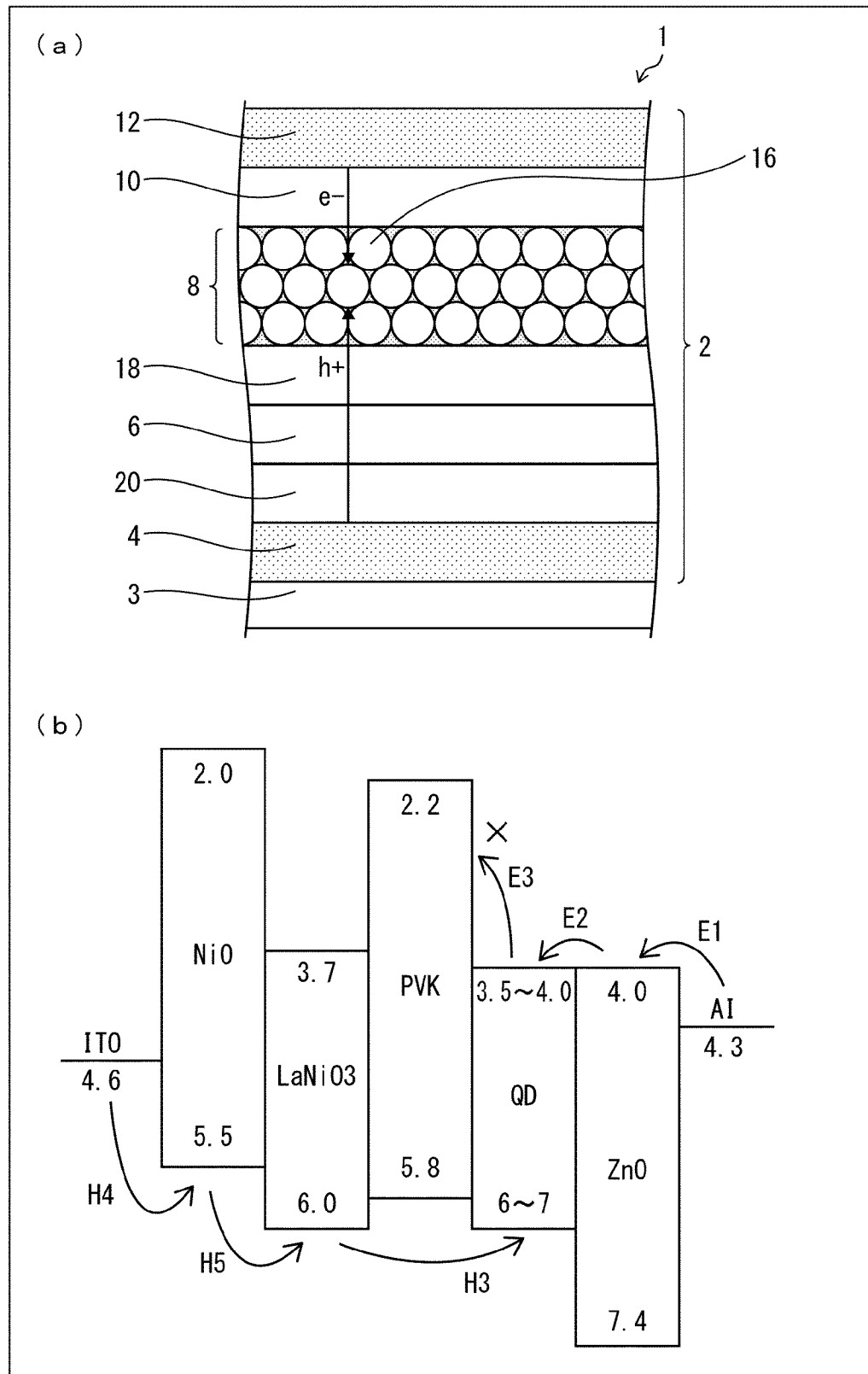
[図4]

図 4



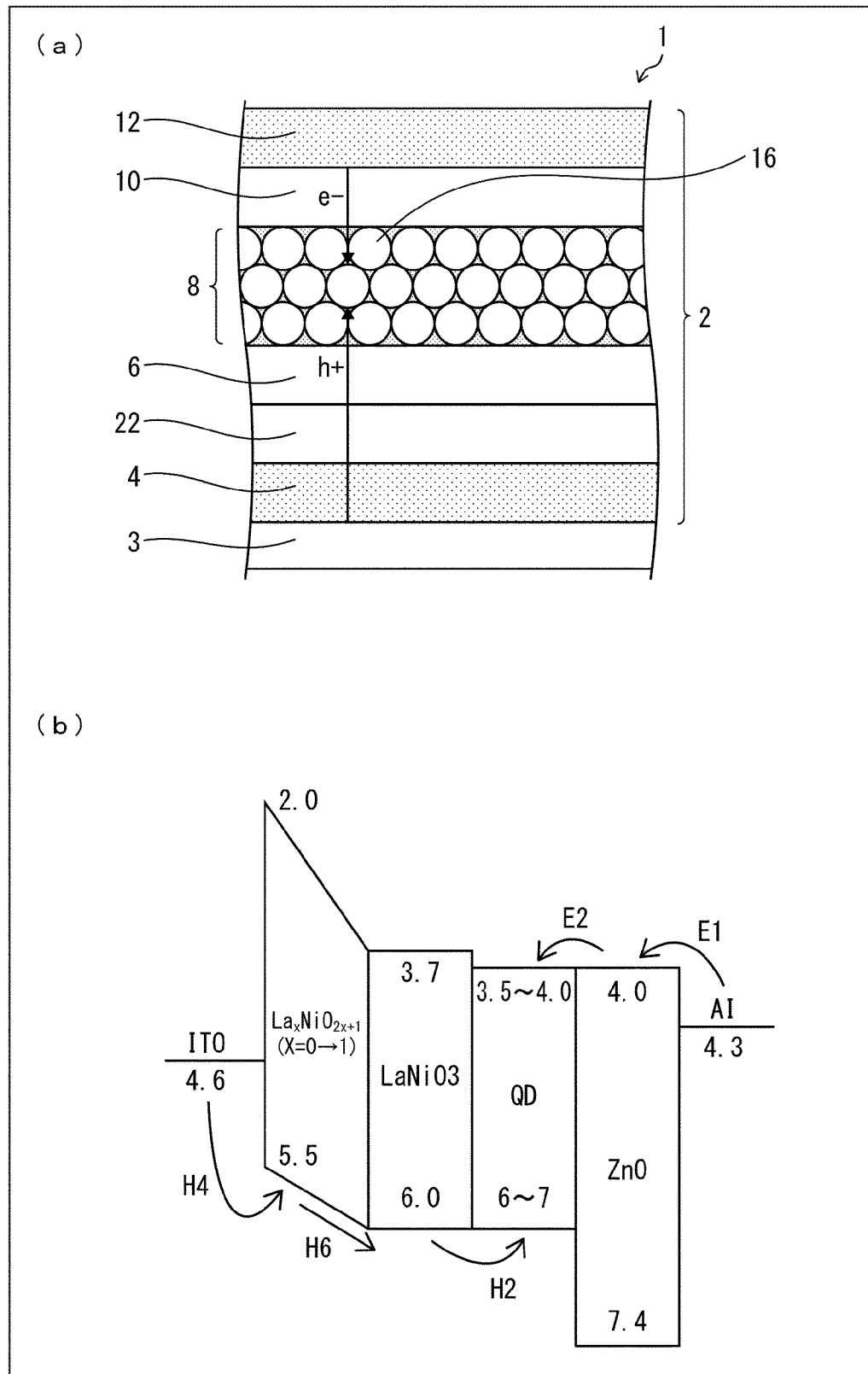
[図5]

図 5



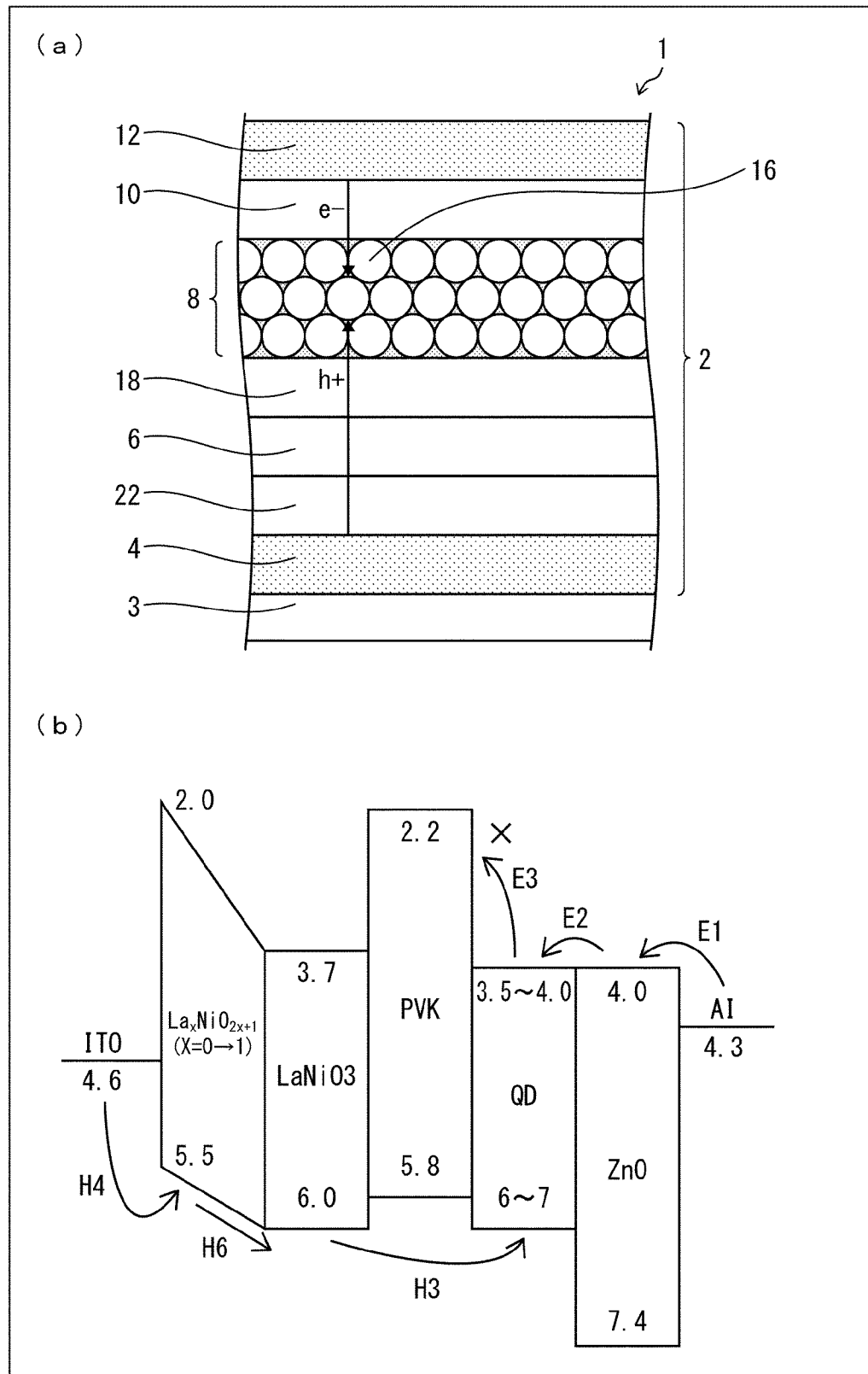
[図6]

図 6



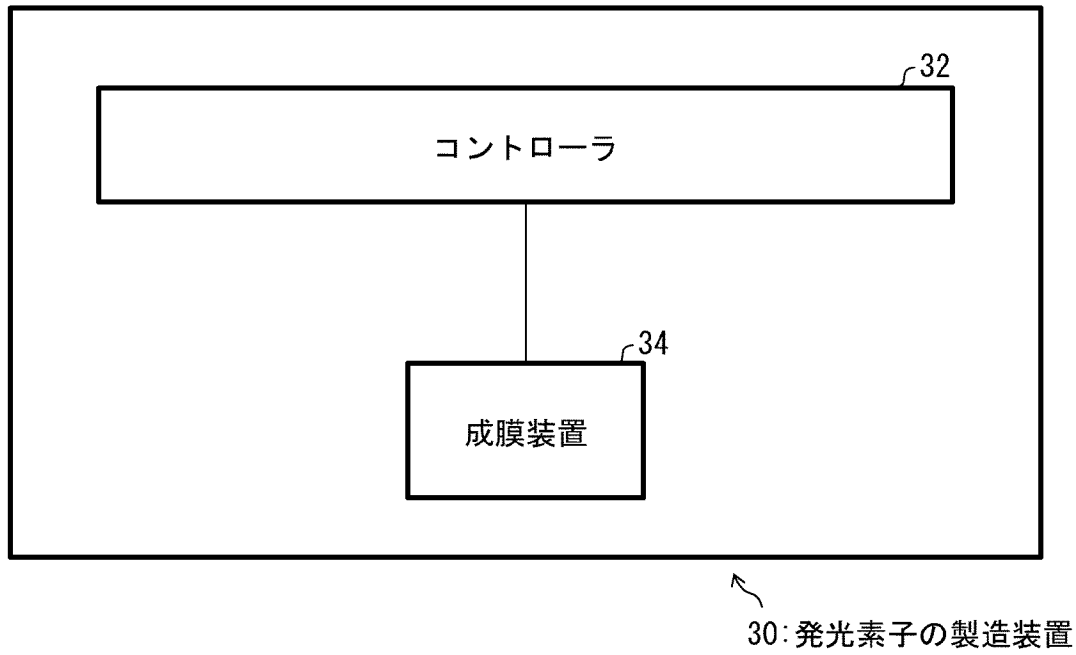
[図7]

図 7



[図8]

図 8



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2018/004915

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int. Cl. H05B33/14 (2006.01) i, H01L51/50 (2006.01) i, H05B33/10 (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, H05B33/10

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 1971-2018

Registered utility model specifications of Japan 1996-2018

Published registered utility model applications of Japan 1994-2018

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 A	JP 2016-197601 A (MERCK PATENT GMBH) 24 November 2016, claims 1-3, paragraphs [0059], [0060] & US 2013/0214249 A1, claims 1-3, paragraphs [0018]-[0020], [0082]-[0084] & WO 2012/013272 A1 & EP 2599141 A1	2, 9, 11 1, 3-8, 10
A	JP 2017-143279 A (SEMICONDUCTOR ENERGY LABORATORY CO., LTD.) 17 August 2017, paragraph [0195] & US 2013/0214271 A1, paragraph [0234] & DE 102013202518 A	1-11
A	JP 2015-92494 A (UDC IRELAND LTD.) 14 May 2015, paragraph [0095] (Family: none)	1-11



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
19.04.2018

Date of mailing of the international search report
01.05.2018

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/JP2018/004915

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 2017-188186 A (PANASONIC INTELLECTUAL PROPERTY MANAGEMENT CO., LTD.) 12 October 2017, paragraphs [0066]-[0068] & WO 2016/031130 A1	1-11
A	JP 2017-168420 A (SEMICONDUCTOR ENERGY LABORATORY CO., LTD.) 21 September 2017, claims 1-11, paragraphs [0048], [0072], [0073], [0077] & US 2017/0062749 A1, claims 1-11, paragraphs [0053], [0084], [0085], [0089] & CN 106486607 A & KR 10-2017-0027305 A	1-11
A	JP 2006-73685 A (TDK CORP.) 16 March 2006, entire text, all drawings (Family: none)	1-11
A	JP 2013-201001 A (NIPPON SHOKUBAI CO., LTD.) 03 October 2013, entire text, all drawings (Family: none)	1-11

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, H05B33/10(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, H05B33/10

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	1971-2018年
日本国実用新案登録公報	1996-2018年
日本国登録実用新案公報	1994-2018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 A A	JP 2016-197601 A（メルク パテント ゲーエムベーハー） 2016.11.24, [請求項1]-[請求項3], [0059]-[0060], & US 2013/0214249 A1(Claims1-3, [0018]-[0020], [0082]-[0084]) & WO 2012/013272 A1 & EP 2599141 A1 JP 2017-143279 A（株式会社半導体エネルギー研究所）2017.08.17, [0195] & US 2013/0214271 A1([0234]) & DE 102013202518 A	2, 9, 11 1, 3-8, 10 1-11

☒ 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

19.04.2018

国際調査報告の発送日

01.05.2018

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）

野尻 悠平

20

5554

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	JP 2015-92494 A (ユー・ディー・シー アイランド リミテッド) 2015.05.14, [0095] (ファミリーなし)	1-11
A	JP 2017-188186 A (パナソニック I P マネジメント株式会社) 2017.10.12, [0066]-[0068] & WO 2016/031130 A1	1-11
A	JP 2017-168420 A (株式会社半導体エネルギー研究所) 2017.09.21, [請求項 1]-[請求項 11], [0048], [0072]-[0073], [0077] & US 2017/0062749 A1 (Claims 1-11, [0053], [0084]-[0085], [0089]) & CN 106486607 A & KR 10-2017-0027305 A	1-11
A	JP 2006-73685 A (TDK株式会社) 2006.03.16, 全文全図 (ファミリーなし)	1-11
A	JP 2013-201001 A (株式会社日本触媒) 2013.10.03, 全文全図 (ファミリーなし)	1-11