

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2008-166746

(P2008-166746A)

(43) 公開日 平成20年7月17日(2008.7.17)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
<b>H01L 51/50 (2006.01)</b>	H05B 33/14 B	3K107
<b>H05B 33/12 (2006.01)</b>	H05B 33/12 C	

審査請求 未請求 請求項の数 8 O L (全 28 頁)

(21) 出願番号	特願2007-313030 (P2007-313030)	(71) 出願人	000153878
(22) 出願日	平成19年12月4日 (2007.12.4)		株式会社半導体エネルギー研究所
(31) 優先権主張番号	特願2006-327666 (P2006-327666)		神奈川県厚木市長谷398番地
(32) 優先日	平成18年12月4日 (2006.12.4)	(72) 発明者	瀬尾 哲史
(33) 優先権主張国	日本国 (JP)		神奈川県厚木市長谷398番地 株式会社
			半導体エネルギー研究所内
		(72) 発明者	大澤 信晴
			神奈川県厚木市長谷398番地 株式会社
			半導体エネルギー研究所内
		(72) 発明者	下垣 智子
			神奈川県厚木市長谷398番地 株式会社
			半導体エネルギー研究所内
		Fターム(参考)	3K107 AA01 BB01 BB02 BB03 DD51
			DD53 DD60 FF19

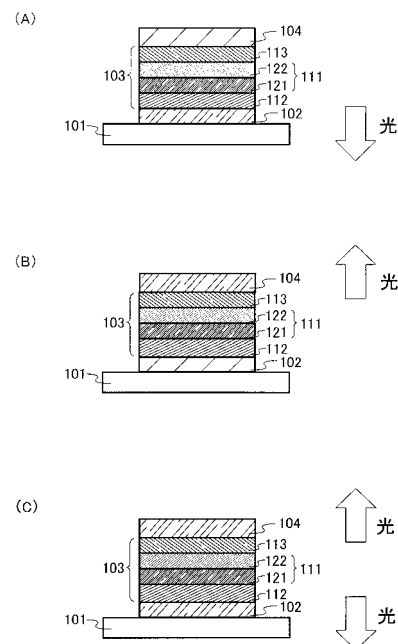
(54) 【発明の名称】 発光素子、発光装置並びに電子機器

## (57) 【要約】

【課題】寿命の長い発光素子を提供することを課題とする。また、寿命の長い発光装置および電子機器を提供することを課題とする。

【解決手段】第1の電極と第2の電極の間に、電子輸送層と正孔輸送層を有し、電子輸送層と正孔輸送層との間に、第1の層と第2の層を有し、第1の層は、第1の有機化合物と、正孔輸送性の有機化合物とを有し、第2の層は、第1の有機化合物と、電子輸送性の有機化合物とを有し、第1の層は、第2の層の第1の電極側に接して設けられており、正孔輸送性の有機化合物と電子輸送性の有機化合物の少なくともいずれか一方は高分子化合物であり、第1の電極の方が第2の電極よりも電位が高くなるように、第1の電極と第2の電極とに電圧を印加することにより、第1の有機化合物からの発光が得られる発光素子を提供する。

【選択図】図1



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

第 1 の電極と第 2 の電極の間に、電子輸送層と正孔輸送層を有し、  
前記電子輸送層と前記正孔輸送層との間に、第 1 の層と第 2 の層を有し、  
前記第 1 の層は、第 1 の有機化合物と、正孔輸送性の有機化合物とを有し、  
前記第 2 の層は、第 2 の有機化合物と、電子輸送性の有機化合物とを有し、  
前記第 1 の層は、前記第 2 の層の前記第 1 の電極側に接して設けられており、  
前記正孔輸送性の有機化合物と前記電子輸送性の有機化合物の少なくともいずれか一方は  
高分子化合物であり、  
前記第 1 の有機化合物と前記第 2 の有機化合物は同じ化合物であり、  
前記第 1 の電極の方が前記第 2 の電極よりも電位が高くなるように、前記第 1 の電極と前  
記第 2 の電極とに電圧を印加することにより、前記第 1 の有機化合物からの発光が得られ  
ることを特徴とする発光素子。

10

## 【請求項 2】

第 1 の電極と第 2 の電極の間に、電子輸送層と正孔輸送層を有し、  
前記電子輸送層と前記正孔輸送層との間に、第 1 の層と第 2 の層を有し、  
前記第 1 の層は、第 1 の有機化合物と、正孔輸送性の有機化合物とを有し、  
前記正孔輸送性の有機化合物の最高被占軌道準位（HOMO 準位）は  $-6.0 \text{ eV}$  以上 -  
 $5.0 \text{ eV}$  以下であり、最低空軌道準位（LUMO 準位）は、 $-3.0 \text{ eV}$  以上 -  $2.0$   
 $\text{eV}$  以下であり、  
前記第 2 の層は、第 2 の有機化合物と、電子輸送性の有機化合物とを有し、  
前記電子輸送性の有機化合物の最高被占軌道準位（HOMO 準位）は  $-6.0 \text{ eV}$  以上 -  
 $5.0 \text{ eV}$  以下であり、最低空軌道準位（LUMO 準位）は、 $-3.0 \text{ eV}$  以上 -  $2.0$   
 $\text{eV}$  以下であり、  
前記第 1 の層は、前記第 2 の層の前記第 1 の電極側に接して設けられており、  
前記正孔輸送性の有機化合物と前記電子輸送性の有機化合物の少なくともいずれか一方は  
高分子化合物であり、  
前記第 1 の有機化合物と前記第 2 の有機化合物は同じ化合物であり、  
前記第 1 の電極の方が前記第 2 の電極よりも電位が高くなるように、前記第 1 の電極と前  
記第 2 の電極とに電圧を印加することにより、前記第 1 の有機化合物からの発光が得られ  
ることを特徴とする発光素子。

20

30

## 【請求項 3】

第 1 の電極と第 2 の電極の間に、電子輸送層と正孔輸送層を有し、  
前記電子輸送層と前記正孔輸送層との間に、第 1 の層と第 2 の層を有し、  
前記第 1 の層は、第 1 の有機化合物と、正孔輸送性の有機化合物とを有し、  
前記第 2 の層は、第 2 の有機化合物と、電子輸送性の有機化合物とを有し、  
前記第 1 の層は、前記第 2 の層の前記第 1 の電極側に接して設けられており、  
前記正孔輸送性の有機化合物の最高被占軌道準位と前記電子輸送性の有機化合物の最高被  
占軌道準位との差が  $0.3 \text{ eV}$  以下であり、  
前記正孔輸送性の有機化合物の最低空軌道準位と前記電子輸送性の有機化合物の最低空軌  
道準位との差が  $0.3 \text{ eV}$  以下であり、  
前記正孔輸送性の有機化合物と前記電子輸送性の有機化合物の少なくともいずれか一方は  
高分子化合物であり、  
前記第 1 の有機化合物と前記第 2 の有機化合物は同じ化合物であり、  
前記第 1 の電極の方が前記第 2 の電極よりも電位が高くなるように、前記第 1 の電極と前  
記第 2 の電極とに電圧を印加することにより、前記第 1 の有機化合物からの発光が得られ  
ることを特徴とする発光素子。

40

## 【請求項 4】

第 1 の電極と第 2 の電極の間に、発光層を有し、  
前記発光層は、第 1 の層と第 2 の層を有し、

50

前記第 1 の層は、第 1 の有機化合物と、正孔輸送性の有機化合物とを有し、  
前記第 2 の層は、第 2 の有機化合物と、電子輸送性の有機化合物とを有し、  
前記第 1 の層は、前記第 2 の層の前記第 1 の電極側に接して設けられており、  
前記正孔輸送性の有機化合物と前記電子輸送性の有機化合物の少なくともいずれか一方は  
高分子化合物であり、  
前記第 1 の電極の方が前記第 2 の電極よりも電位が高くなるように、前記第 1 の電極と前  
記第 2 の電極とに電圧を印加することにより、前記第 1 の有機化合物からの発光が得られ  
ることを特徴とする発光素子。

【請求項 5】

第 1 の電極と第 2 の電極の間に、発光層を有し、  
前記発光層は、第 1 の層と第 2 の層を有し、  
前記第 1 の層は、第 1 の有機化合物と、正孔輸送性の有機化合物とを有し、  
前記正孔輸送性の有機化合物の最高被占軌道準位 (HOMO 準位) は  $-6.0 \text{ eV}$  以上 -  
 $5.0 \text{ eV}$  以下であり、最低空軌道準位 (LUMO 準位) は、 $-3.0 \text{ eV}$  以上 -  $2.0$   
 $\text{eV}$  以下であり、  
前記第 2 の層は、第 2 の有機化合物と、電子輸送性の有機化合物とを有し、  
前記電子輸送性の有機化合物の最高被占軌道準位 (HOMO 準位) は  $-6.0 \text{ eV}$  以上 -  
 $5.0 \text{ eV}$  以下であり、最低空軌道準位 (LUMO 準位) は、 $-3.0 \text{ eV}$  以上 -  $2.0$   
 $\text{eV}$  以下であり、  
前記第 1 の層は、前記第 2 の層の前記第 1 の電極側に接して設けられており、  
前記正孔輸送性の有機化合物と前記電子輸送性の有機化合物の少なくともいずれか一方は  
高分子化合物であり、  
前記第 1 の有機化合物と前記第 2 の有機化合物は同じ化合物であり、  
前記第 1 の電極の方が前記第 2 の電極よりも電位が高くなるように、前記第 1 の電極と前  
記第 2 の電極とに電圧を印加することにより、前記第 1 の有機化合物からの発光が得られ  
ることを特徴とする発光素子。

【請求項 6】

第 1 の電極と第 2 の電極の間に、発光層を有し、  
前記発光層は、第 1 の層と第 2 の層を有し、  
前記第 1 の層は、第 1 の有機化合物と、正孔輸送性の有機化合物とを有し、  
前記第 2 の層は、第 2 の有機化合物と、電子輸送性の有機化合物とを有し、  
前記第 1 の層は、前記第 2 の層の前記第 1 の電極側に接して設けられており、  
前記正孔輸送性の有機化合物の最高被占軌道準位と前記電子輸送性の有機化合物の最高被  
占軌道準位との差が  $0.3 \text{ eV}$  以下であり、  
前記正孔輸送性の有機化合物の最低空軌道準位と前記電子輸送性の有機化合物の最低空軌  
道準位との差が  $0.3 \text{ eV}$  以下であり、  
前記正孔輸送性の有機化合物と前記電子輸送性の有機化合物の少なくともいずれか一方は  
高分子化合物であり、  
前記第 1 の有機化合物と前記第 2 の有機化合物は同じ化合物であり、  
前記第 1 の電極の方が前記第 2 の電極よりも電位が高くなるように、前記第 1 の電極と前  
記第 2 の電極とに電圧を印加することにより、前記第 1 の有機化合物からの発光が得られ  
ることを特徴とする発光素子。

【請求項 7】

請求項 1 乃至請求項 6 のいずれか一項に記載の発光素子と、前記発光素子の発光を制御す  
る制御手段とを有する発光装置。

【請求項 8】

表示部を有し、  
前記表示部は、請求項 1 乃至請求項 6 のいずれか一項に記載の発光素子と前記発光素子の  
発光を制御する制御手段とを備えたことを特徴とする電子機器。

10

20

30

40

50

## 【発明の詳細な説明】

## 【技術分野】

## 【0001】

本発明は、電流励起型の発光素子に関する。また、発光素子を有する発光装置、電子機器に関する。

## 【背景技術】

## 【0002】

近年、エレクトロルミネッセンス (Electroluminescence) を利用した発光素子の研究開発が盛んに行われている。これら発光素子の基本的な構成は、一対の電極間に発光性の物質を挟んだものである。この素子に電圧を印加することにより、発光性の物質からの発光を得ることができる。

10

## 【0003】

このような発光素子は自発光型であるため、液晶ディスプレイに比べ画素の視認性が高く、バックライトが不要である等の利点があり、フラットパネルディスプレイ素子として好適であると考えられている。また、このような発光素子は、薄型軽量に作製できることも大きな利点である。また、非常に応答速度が速いことも特徴の一つである。

## 【0004】

また、これらの発光素子は膜状に形成することが可能であるため、大面積の素子を形成することにより、面状の発光を容易に得ることができる。このことは、白熱電球やLEDに代表される点光源、あるいは蛍光灯に代表される線光源では得難い特色であるため、照明等に応用できる面光源としての利用価値も高い。

20

## 【0005】

エレクトロルミネッセンスを利用した発光素子は、発光性の物質が有機化合物であるか、無機化合物であるかによって大きく分けられる。

## 【0006】

発光性の物質が有機化合物である場合、発光素子に電圧を印加することにより、一対の電極から電子および正孔がそれぞれ発光性の有機化合物を含む層に注入され、電流が流れる。そして、それらキャリア (電子および正孔) が再結合することにより、発光性の有機化合物が励起状態を形成し、その励起状態が基底状態に戻る際に発光する。このようなメカニズムから、このような発光素子は、電流励起型の発光素子と呼ばれる。

30

## 【0007】

なお、有機化合物が形成する励起状態の種類としては、一重項励起状態と三重項励起状態が可能であり、一重項励起状態からの発光が蛍光、三重項励起状態からの発光が燐光と呼ばれている。

## 【0008】

このような発光素子に関しては、その素子特性を向上させる上で、材料に依存した問題が多く、これらを克服するために素子構造の改良や材料開発等が行われている。

## 【0009】

例えば、特許文献1では、電極間の有機機能層全体にゲスト物質を分散させることにより、電子および正孔の注入再結合発光機会を増加させた発光素子について記載されている。しかしながら、特許文献1に記載の発光素子は、寿命については記載されていない。

40

## 【0010】

発光性の有機化合物を用いた発光素子は、発光性の無機化合物を用いた発光素子に比べ、低電圧での駆動が可能であるが、素子の寿命が短いという問題を有しており、発光素子のさらなる長寿命化が望まれている。

## 【特許文献1】特開平6-158038号公報

## 【発明の開示】

## 【発明が解決しようとする課題】

## 【0011】

上記問題に鑑み、本発明は、寿命の長い発光素子を提供することを課題とする。また、

50

寿命の長い発光装置および電子機器を提供することを課題とする。

【課題を解決するための手段】

【0012】

本発明は、発光素子における発光層の実質的な発光領域を、該発光層の中央付近に制御することを要旨としている。すなわち、発光領域を、発光層と正孔輸送層の界面や発光層と電子輸送層の界面でなく、発光層の中央付近となるように、キャリア輸送特性の異なる層を組み合わせることで発光層を構成するものである。

【0013】

よって、本発明の一は、第1の電極と第2の電極の間に、電子輸送層と正孔輸送層を有し、電子輸送層と正孔輸送層との間に、第1の層と第2の層を有し、第1の層は、第1の有機化合物と、正孔輸送性の有機化合物とを有し、第2の層は、第2の有機化合物と、電子輸送性の有機化合物とを有し、第1の層は、第2の層の第1の電極側に接して設けられており、正孔輸送性の有機化合物と電子輸送性の有機化合物の少なくともいずれか一方は高分子化合物であり、第1の有機化合物と第2の有機化合物は同じ化合物であり、第1の電極の方が第2の電極よりも電位が高くなるように、第1の電極と第2の電極とに電圧を印加することにより、第1の有機化合物からの発光が得られることを特徴とする発光素子である。

10

【0014】

また、本発明の一は、第1の電極と第2の電極の間に、電子輸送層と正孔輸送層を有し、電子輸送層と正孔輸送層との間に、第1の層と第2の層を有し、第1の層は、第1の有機化合物と、正孔輸送性の有機化合物とを有し、正孔輸送性の有機化合物の最高被占軌道準位（HOMO準位）は $-6.0\text{ eV}$ 以上 $-5.0\text{ eV}$ 以下であり、最低空軌道準位（LUMO準位）は、 $-3.0\text{ eV}$ 以上 $-2.0\text{ eV}$ 以下であり、第2の層は、第2の有機化合物と、電子輸送性の有機化合物とを有し、電子輸送性の有機化合物の最高被占軌道準位（HOMO準位）は $-6.0\text{ eV}$ 以上 $-5.0\text{ eV}$ 以下であり、最低空軌道準位（LUMO準位）は、 $-3.0\text{ eV}$ 以上 $-2.0\text{ eV}$ 以下であり、第1の層は、第2の層の第1の電極側に接して設けられており、正孔輸送性の有機化合物と電子輸送性の有機化合物の少なくともいずれか一方は高分子化合物であり、第1の有機化合物と第2の有機化合物は同じ化合物であり、第1の電極の方が第2の電極よりも電位が高くなるように、第1の電極と第2の電極とに電圧を印加することにより、第1の有機化合物からの発光が得られることを特徴とする発光素子である。

20

30

【0015】

また、本発明の一は、第1の電極と第2の電極の間に、電子輸送層と正孔輸送層を有し、電子輸送層と正孔輸送層との間に、第1の層と第2の層を有し、第1の層は、第1の有機化合物と、正孔輸送性の有機化合物とを有し、第2の層は、第2の有機化合物と、電子輸送性の有機化合物とを有し、第1の層は、第2の層の第1の電極側に接して設けられており、正孔輸送性の有機化合物の最高被占軌道準位と電子輸送性の有機化合物の最高被占軌道準位との差が $0.3\text{ eV}$ 以下であり、正孔輸送性の有機化合物の最低空軌道準位と電子輸送性の有機化合物の最低空軌道準位との差が $0.3\text{ eV}$ 以下であり、正孔輸送性の有機化合物と電子輸送性の有機化合物の少なくともいずれか一方は高分子化合物であり、第1の有機化合物と第2の有機化合物は同じ化合物であり、第1の電極の方が第2の電極よりも電位が高くなるように、第1の電極と第2の電極とに電圧を印加することにより、第1の有機化合物からの発光が得られることを特徴とする発光素子である。

40

【0016】

また、本発明の一は、第1の電極と第2の電極の間に、発光層を有し、発光層は、第1の層と第2の層を有し、第1の層は、第1の有機化合物と、正孔輸送性の有機化合物とを有し、第2の層は、第2の有機化合物と、電子輸送性の有機化合物とを有し、第1の層は、第2の層の第1の電極側に接して設けられており、正孔輸送性の有機化合物と電子輸送性の有機化合物の少なくともいずれか一方は高分子化合物であり、第1の有機化合物と第2の有機化合物は同じ化合物であり、第1の電極の方が第2の電極よりも電位が高くなる

50

ように、第１の電極と第２の電極とに電圧を印加することにより、第１の有機化合物からの発光が得られることを特徴とする発光素子である。

【００１７】

また、本発明の一は、第１の電極と第２の電極の間に、発光層を有し、発光層は、第１の層と第２の層を有し、第１の層は、第１の有機化合物と、正孔輸送性の有機化合物とを有し、正孔輸送性の有機化合物の最高被占軌道準位（ＨＯＭＯ準位）は、 $-6.0\text{ eV}$ 以上 $-5.0\text{ eV}$ 以下であり、最低空軌道準位（ＬＵＭＯ準位）は、 $-3.0\text{ eV}$ 以上 $-2.0\text{ eV}$ 以下であり、第２の層は、第２の有機化合物と、電子輸送性の有機化合物とを有し、電子輸送性の有機化合物の最高被占軌道準位（ＨＯＭＯ準位）は、 $-6.0\text{ eV}$ 以上 $-5.0\text{ eV}$ 以下であり、最低空軌道準位（ＬＵＭＯ準位）は、 $-3.0\text{ eV}$ 以上 $-2.0\text{ eV}$ 以下であり、第１の層は、第２の層の第１の電極側に接して設けられており、正孔輸送性の有機化合物と電子輸送性の有機化合物の少なくともいずれか一方は高分子化合物であり、第１の有機化合物と第２の有機化合物は同じ化合物であり、第１の電極の方が第２の電極よりも電位が高くなるように、第１の電極と第２の電極とに電圧を印加することにより、第１の有機化合物からの発光が得られることを特徴とする発光素子である。

10

【００１８】

また、本発明の一は、第１の電極と第２の電極の間に、発光層を有し、発光層は、第１の層と第２の層を有し、第１の層は、第１の有機化合物と、正孔輸送性の有機化合物とを有し、第２の層は、第２の有機化合物と、電子輸送性の有機化合物とを有し、第１の層は、第２の層の第１の電極側に接して設けられており、正孔輸送性の有機化合物の最高被占軌道準位と電子輸送性の有機化合物の最高被占軌道準位との差が $0.3\text{ eV}$ 以下であり、正孔輸送性の有機化合物の最低空軌道準位と電子輸送性の有機化合物の最低空軌道準位との差が $0.3\text{ eV}$ 以下であり、正孔輸送性の有機化合物と電子輸送性の有機化合物の少なくともいずれか一方は高分子化合物であり、第１の有機化合物と第２の有機化合物は同じ化合物であり、第１の電極の方が第２の電極よりも電位が高くなるように、第１の電極と第２の電極とに電圧を印加することにより、第１の有機化合物からの発光が得られることを特徴とする発光素子である。

20

【００１９】

また、本発明は、上述した発光素子を有する発光装置も範疇に含めるものである。本明細書中における発光装置とは、画像表示デバイス、発光デバイス、もしくは光源（照明装置を含む）を含む。また、発光素子が形成されたパネルにコネクタ、例えばＦＰＣ（Flexible printed circuit）もしくはＴＡＢ（Tape Automated Bonding）テープもしくはＴＣＰ（Tape Carrier Package）が取り付けられたモジュール、ＴＡＢテープやＴＣＰの先にプリント配線板が設けられたモジュール、または発光素子にＣＯＧ（Chip On Glass）方式によりＩＣ（集積回路）が直接実装されたモジュールも全て発光装置に含むものとする。

30

【００２０】

また、本発明の発光素子を表示部に用いた電子機器も本発明の範疇に含めるものとする。したがって、本発明の電子機器は、表示部を有し、表示部は、上述した発光素子と発光素子の発光を制御する制御手段とを備えたことを特徴とする。

40

【発明の効果】

【００２１】

本発明の発光素子は、発光層と正孔輸送層との界面または発光層と電子輸送層との界面ではなく、発光層の中央付近に発光領域が形成されているため、素子の劣化が少ない。つまり、発光輝度の経時変化が少なく、寿命の長い発光素子を得ることができる。

【００２２】

また、本発明の発光素子を、発光装置および電子機器に適用することにより、寿命の長い発光装置および電子機器を得ることができる。

【発明を実施するための最良の形態】

50

## 【0023】

以下、本発明の実施の態様について図面を用いて詳細に説明する。但し、本発明は以下の説明に限定されず、本発明の趣旨及びその範囲から逸脱することなくその形態及び詳細を様々に変更し得ることは当業者であれば容易に理解される。従って、本発明は以下に示す実施の形態の記載内容に限定して解釈されるものではない。

## 【0024】

なお、本明細書中において、複合とは、単に2つの材料を混合させるだけでなく、複数の材料を混合することによって材料間での電荷の授受が行われ得る状態になることを言う。

## 【0025】

(実施の形態1)

本発明の発光素子の一態様について図1(A)を用いて以下に説明する。

## 【0026】

本発明の発光素子は、一对の電極間に複数の層を有する。当該複数の層は、電極から離れたところに発光領域が形成されるように、つまり電極から離れた部位でキャリアの再結合が行われるように、キャリア注入性の高い物質やキャリア輸送性の高い物質からなる層を組み合わせて積層されたものである。

## 【0027】

本形態において、発光素子は、第1の電極102と、第2の電極104と、第1の電極102と第2の電極104との間に設けられたEL層103とから構成されている。なお、本形態では第1の電極102は陽極として機能し、第2の電極104は陰極として機能するものとして、以下説明をする。つまり、第1の電極102の方が第2の電極104よりも電位が高くなるように、第1の電極102と第2の電極104に電圧を印加したときに、発光が得られるものとして、以下説明をする。

## 【0028】

基板101は発光素子の支持体として用いられる。基板101としては、例えばガラス、またはプラスチックなどを用いることができる。なお、発光素子を作製工程において支持体として機能するものであれば、これら以外のものでもよい。

## 【0029】

第1の電極102としては、仕事関数の大きい(具体的には4.0eV以上)金属、合金、導電性化合物、およびこれらの混合物などを用いることが好ましい。具体的には、例えば、酸化インジウム-酸化スズ(ITO: Indium Tin Oxide)、珪素若しくは酸化珪素を含有した酸化インジウム-酸化スズ、酸化インジウム-酸化亜鉛(IZO: Indium Zinc Oxide)、酸化タングステン及び酸化亜鉛を含有した酸化インジウム(IWZO)等が挙げられる。これらの導電性金属酸化物膜は、通常スパッタにより成膜されるが、ゾル-ゲル法などを応用して作製しても構わない。例えば、酸化インジウム-酸化亜鉛(IZO)は、酸化インジウムに対し1~20wt%の酸化亜鉛を加えたターゲットを用いてスパッタリング法により形成することができる。また、酸化タングステン及び酸化亜鉛を含有した酸化インジウム(IWZO)は、酸化インジウムに対し酸化タングステンを0.5~5wt%、酸化亜鉛を0.1~1wt%含有したターゲットを用いてスパッタリング法により形成することができる。この他、金(Au)、白金(Pt)、ニッケル(Ni)、タングステン(W)、クロム(Cr)、モリブデン(Mo)、鉄(Fe)、コバルト(Co)、銅(Cu)、パラジウム(Pd)、または金属材料の窒化物(例えば、窒化チタン)等が挙げられる。

## 【0030】

また、第1の電極と接する層として、後述する複合材料を含む層を用いた場合には、第1の電極として、仕事関数の大小に関わらず、様々な金属、合金、電気伝導性化合物、およびこれらの混合物などを用いることができる。例えば、アルミニウム(Al)、銀(Ag)、アルミニウムを含む合金(AlSi等)等を用いることができる。また、仕事関数の小さい材料である、元素周期表の第1族または第2族に属する元素、すなわちリチウム

10

20

30

40

50

(Li) やセシウム (Cs) 等のアルカリ金属、およびマグネシウム (Mg)、カルシウム (Ca)、ストロンチウム (Sr) 等のアルカリ土類金属、およびこれらを含む合金 (MgAg、AlLi 等)、ユーロピウム (Eu)、イッテルビウム (Yb) 等の希土類金属およびこれらを含む合金等を用いることもできる。アルカリ金属、アルカリ土類金属、これらを含む合金の膜は、真空蒸着法を用いて形成することができる。また、アルカリ金属またはアルカリ土類金属を含む合金はスパッタリング法により形成することも可能である。また、銀ペーストなどをインクジェット法などにより成膜することも可能である。

#### 【0031】

EL 層 103 は、層の積層構造については特に限定されず、電子輸送性の高い物質または正孔輸送性の高い物質、電子注入性の高い物質、正孔注入性の高い物質、バイポーラ性 (電子及び正孔の輸送性の高い物質) の物質等から成る層と、本実施の形態で示す発光層とを適宜組み合わせる構成すればよい。例えば、正孔注入層、正孔輸送層、正孔阻止層 (ホールブロッキング層)、発光層、電子輸送層、電子注入層等を適宜組み合わせる構成することができる。各層を構成する材料について以下に具体的に示す。図 1 では、一例として、第 1 の電極 102、正孔輸送層 112、発光層 111、電子輸送層 113、第 2 の電極 104 が順に積層した構成を示している。

10

#### 【0032】

第 1 の電極 102 と正孔輸送層 112 との間に正孔注入層を設けてもよい。正孔注入層は、正孔注入性の高い物質を含む層である。正孔注入性の高い物質としては、モリブデン酸化物やバナジウム酸化物、ルテニウム酸化物、タングステン酸化物、マンガン酸化物等を用いることができる。この他、フタロシアニン (略称:  $H_2Pc$ ) や銅フタロシアニン (略称:  $CuPc$ ) 等のフタロシアニン系の化合物、或いはポリ (3, 4 - エチレンジオキシチオフェン) / ポリ (スチレンスルホン酸) (PEDOT / PSS) 等の高分子等によっても正孔注入層を形成することができる。

20

#### 【0033】

また、正孔注入層として、正孔輸送性の高い物質にアクセプター性物質を含有させた複合材料を用いることができる。なお、正孔輸送性の高い物質にアクセプター性物質を含有させたものを用いることにより、電極の仕事関数に依らず電極を形成する材料を選ぶことができる。つまり、第 1 の電極 102 として仕事関数の大きい材料だけでなく、仕事関数の小さい材料を用いることができる。アクセプター性物質としては、7, 7, 8, 8 - テトラシアノ - 2, 3, 5, 6 - テトラフルオロキノジメタン (略称:  $F_4 - TCNQ$ )、クロラニル等を挙げることができる。また、遷移金属酸化物を挙げることができる。また元素周期表における第 4 族乃至第 8 族に属する金属の酸化物を挙げることができる。具体的には、酸化バナジウム、酸化ニオブ、酸化タンタル、酸化クロム、酸化モリブデン、酸化タングステン、酸化マンガン、酸化レニウムは電子受容性が高いため好ましい。中でも特に、酸化モリブデンは大気中でも安定であり、吸湿性が低く、扱いやすいため好ましい。

30

#### 【0034】

複合材料に用いる有機化合物としては、芳香族アミン化合物、カルバゾール誘導体、芳香族炭化水素、高分子化合物 (オリゴマー、 dendrimer、ポリマー等) など、種々の化合物を用いることができる。なお、複合材料に用いる有機化合物としては、正孔輸送性の高い有機化合物であることが好ましい。具体的には、 $10^{-6} \text{ cm}^2 / \text{Vs}$  以上の正孔移動度を有する物質であることが好ましい。但し、電子よりも正孔の輸送性の高い物質であれば、これら以外のものを用いてもよい。以下では、複合材料に用いることのできる有機化合物を具体的に列挙する。

40

#### 【0035】

例えば、芳香族アミン化合物としては、例えば、4, 4' - ビス [N - (1 - ナフチル) - N - フェニルアミノ] ビフェニル (略称: NPB) や N, N' - ビス (3 - メチルフェニル) - N, N' - ジフェニル - [1, 1' - ビフェニル] - 4, 4' - ジアミン (略称: TPD)、4, 4', 4'' - トリス (N, N - ジフェニルアミノ) トリフェニルア

50



ミン（略称：TDATA）、4, 4', 4'' - トリス [ N - ( 3 - メチルフェニル ) - N - フェニルアミノ ] トリフェニルアミン（略称：MTDATA）、4, 4' - ビス [ N - ( スピロ - 9, 9' - ビフルオレン - 2 - イル ) - N - フェニルアミノ ] ビフェニル（略称：BSPB）等を用いることができる。また、N, N' - ビス ( 4 - メチルフェニル ) ( p - トリル ) - N, N' - ジフェニル - p - フェレンジアミン（略称：DTDP A）、4, 4' - ビス [ N - ( 4 - ジフェニルアミノフェニル ) - N - フェニルアミノ ] ビフェニル（略称：DPAB）、4, 4' - ビス ( N - { 4 - [ N' - ( 3 - メチルフェニル ) - N' - フェニルアミノ ] フェニル } - N - フェニルアミノ ) ビフェニル（略称：DNTPD）、1, 3, 5 - トリス [ N - ( 4 - ジフェニルアミノフェニル ) - N - フェニルアミノ ] ベンゼン（略称：DPA3B）等を挙げることができる。

10

#### 【0036】

複合材料に用いることのできるカルバゾール誘導体としては、具体的には、3 - [ N - ( 9 - フェニルカルバゾール - 3 - イル ) - N - フェニルアミノ ] - 9 - フェニルカルバゾール（略称：PCzPCA1）、3, 6 - ビス [ N - ( 9 - フェニルカルバゾール - 3 - イル ) - N - フェニルアミノ ] - 9 - フェニルカルバゾール（略称：PCzPCA2）、3 - [ N - ( 1 - ナフチル ) - N - ( 9 - フェニルカルバゾール - 3 - イル ) アミノ ] - 9 - フェニルカルバゾール（略称：PCzPCN1）等を挙げることができる。

#### 【0037】

また、4, 4' - ジ ( N - カルバゾリル ) ビフェニル（略称：CBP）、1, 3, 5 - トリス [ 4 - ( N - カルバゾリル ) フェニル ] ベンゼン（略称：TCPB）、9 - [ 4 - ( 10 - フェニル - 9 - アントリル ) フェニル ] - 9H - カルバゾール（略称：CzPA）、1, 4 - ビス [ 4 - ( N - カルバゾリル ) フェニル ] - 2, 3, 5, 6 - テトラフェニルベンゼン等を用いることができる。

20

#### 【0038】

また、複合材料に用いることのできる芳香族炭化水素としては、例えば、2 - tert - ブチル - 9, 10 - ジ ( 2 - ナフチル ) アントラセン（略称：t - BuDNA）、2 - tert - ブチル - 9, 10 - ジ ( 1 - ナフチル ) アントラセン、9, 10 - ビス ( 3, 5 - ジフェニルフェニル ) アントラセン（略称：DP PA）、2 - tert - ブチル - 9, 10 - ビス ( 4 - フェニルフェニル ) アントラセン（略称：t - BuDBA）、9, 10 - ジ ( 2 - ナフチル ) アントラセン（略称：DNA）、9, 10 - ジフェニルアントラセン（略称：DPAnth）、2 - tert - ブチルアントラセン（略称：t - BuAnth）、9, 10 - ビス ( 4 - メチル - 1 - ナフチル ) アントラセン（略称：DMNA）、9, 10 - ビス [ 2 - ( 1 - ナフチル ) フェニル ] - 2 - tert - ブチル - アントラセン、9, 10 - ビス [ 2 - ( 1 - ナフチル ) フェニル ] アントラセン、2, 3, 6, 7 - テトラメチル - 9, 10 - ジ ( 1 - ナフチル ) アントラセン、2, 3, 6, 7 - テトラメチル - 9, 10 - ジ ( 2 - ナフチル ) アントラセン、9, 9' - ビアントリル、10, 10' - ジフェニル - 9, 9' - ビアントリル、10, 10' - ビス ( 2 - フェニルフェニル ) - 9, 9' - ビアントリル、10, 10' - ビス [ ( 2, 3, 4, 5, 6 - ペンタフェニル ) フェニル ] - 9, 9' - ビアントリル、アントラセン、テトラセン、ルブレン、ペリレン、2, 5, 8, 11 - テトラ ( tert - ブチル ) ペリレン等が挙げられる。また、この他、ペンタセン、コロネン等も用いることができる。このように、 $1 \times 10^{-6} \text{ cm}^2 / \text{Vs}$  以上の正孔移動度を有し、炭素数 14 ~ 42 である芳香族炭化水素を用いることがより好ましい。

30

40

#### 【0039】

なお、複合材料に用いることのできる芳香族炭化水素は、ビニル骨格を有していてもよい。ビニル基を有している芳香族炭化水素としては、例えば、4, 4' - ビス ( 2, 2 - ジフェニルビニル ) ビフェニル（略称：DPVB i）、9, 10 - ビス [ 4 - ( 2, 2 - ジフェニルビニル ) フェニル ] アントラセン（略称：DPVPA）等が挙げられる。

#### 【0040】

また、ポリ ( N - ビニルカルバゾール ) （略称：PVK）やポリ ( 4 - ビニルトリフェ

50

ニルアミン) (略称: P V T P A)、ポリ[N - (4 - {N' - [4 - (4 - ジフェニルアミノ)フェニル]フェニル - N' - フェニルアミノ}フェニル)メタクリルアミド] (略称: P T P D M A)、ポリ[N, N' - ビス(4 - ブチルフェニル) - N, N' - ビス(フェニル)ベンジジン] (略称: P o l y - T P D) 等の高分子化合物を用いることもできる。

#### 【0041】

正孔輸送層112は、正孔輸送性の高い物質を含む層である。正孔輸送性の高い物質としては、例えば、4, 4' - ビス[N - (1 - ナフチル) - N - フェニルアミノ]ビフェニル(略称: N P Bまたは - N P D)やN, N' - ビス(3 - メチルフェニル) - N, N' - ジフェニル - [1, 1' - ビフェニル] - 4, 4' - ジアミン(略称: T P D)、4, 4', 4'' - トリス(N, N - ジフェニルアミノ)トリフェニルアミン(略称: T D A T A)、4, 4', 4'' - トリス[N - (3 - メチルフェニル) - N - フェニルアミノ]トリフェニルアミン(略称: M T D A T A)、4, 4' - ビス[N - (スピロ - 9, 9' - ビフルオレン - 2 - イル) - N フェニルアミノ]ビフェニル(略称: B S P B)などの芳香族アミン化合物等を用いることができる。ここに述べた物質は、主に $10^{-6} \text{ cm}^2 / \text{Vs}$ 以上の正孔移動度を有する物質である。但し、電子よりも正孔の輸送性の高い物質であれば、これら以外のものを用いてもよい。なお、正孔輸送性の高い物質を含む層は、単層のものだけでなく、上記物質からなる層が二層以上積層したものとしてもよい。

10

#### 【0042】

また、正孔輸送層として、ポリ(N - ビニルカルバゾール)(略称: P V K)やポリ(4 - ビニルトリフェニルアミン)(略称: P V T P A)等の高分子化合物を用いることもできる。

20

#### 【0043】

発光層111は、発光性の高い物質を含む層である。本発明の発光素子において、発光層は、第1の層121と第2の層122を有する。第1の層121は、第1の有機化合物と正孔輸送性の有機化合物とを有し、第2の層122は、第1の有機化合物と電子輸送性の有機化合物を有する。第1の層は、第2の層の第1の電極側、つまり、陽極側に接して設けられている。

#### 【0044】

第1の有機化合物と第2の有機化合物は、発光性の高い物質であり、種々の材料を用いることができる。具体的には、N, N' - ジメチルキナクリドン(略称: D M Q d)、N, N' - ジフェニルキナクリドン(略称: D P Q d)、クマリン6、クマリン545T、(2 - {2 - [4 - (ジメチルアミノ)フェニル]エテニル} - 6 - メチル - 4H - ピラン - 4 - イリデン)プロパンジニトリル(略称: D C M 1)、{2 - メチル - 6 - [2 - (2, 3, 6, 7 - テトラヒドロ - 1H, 5H - ベンゾ[ij]キノリジン - 9 - イル)エテニル] - 4H - ピラン - 4 - イリデン}プロパンジニトリル(略称: D C M 2)、{2 - (1, 1 - ジメチルエチル) - 6 - [2 - (2, 3, 6, 7 - テトラヒドロ - 1, 1, 7, 7 - テトラメチル - 1H, 5H - ベンゾ[ij]キノリジン - 9 - イル)エテニル] - 4H - ピラン - 4 - イリデン}プロパンジニトリル(略称: D C J T B)、5, 12 - ジフェニルテトラセン(略称: D P T)、4 - (9H - カルバゾール - 9 - イル) - 4' - (10 - フェニル - 9 - アントリル)トリフェニルアミン(略称: Y G A P A)、4, 4' - (2 - tert - ブチルアントラセン - 9, 10 - ジイル)ビス{N - [4 - (9H - カルバゾール - 9 - イル)フェニル] - N - フェニルアニリン}(略称: Y G A B P A)、N, 9 - ジフェニル - N - [4 - (10 - フェニル - 9 - アントリル)フェニル] - 9H - カルバゾール - 3 - アミン(略称: P C A P A)、N, N'' - (2 - tert - ブチルアントラセン - 9, 10 - ジイルジ - 4, 1 - フェニレン)ビス[N, N', N' - トリフェニル - 1, 4 - フェニレンジアミン](略称: D P A B P A)、N, N' - ビス[4 - (9H - カルバゾール - 9 - イル)フェニル] - N, N' - ジフェニルスチルベン - 4, 4' - ジアミン(略称: Y G A 2 S)、N - [4 - (9H - カルバゾール -

30

40

50

9 - イル)フェニル] - N - フェニルスチルベン - 4 - アミン (略称: Y G A S)、N, N' - ジフェニル - N, N' - ビス (9 - フェニルカルバゾール - 3 - イル) スチルベン - 4, 4' - ジアミン (略称: P C A 2 S)、4, 4' - ビス (2, 2 - ジフェニルビニル) ビフェニル (略称: D P V B i)、2, 5, 8, 11 - テトラ (tert - ブチル) ペリレン (略称: T B P)、ペリレン、ルブレン、1, 3, 6, 8 - テトラフェニルピレン等を用いることができる。

#### 【0045】

第1の層121に含まれる正孔輸送性の有機化合物は、電子輸送性よりも正孔輸送性の方が高い物質である。第2の層122に含まれる電子輸送性の有機化合物は、正孔輸送性よりも電子輸送性の方が高い物質である。

10

#### 【0046】

ここで、図10に図1で示した本発明の発光素子のバンド図の一例を示す。図10において、第1の電極102から注入された正孔は、第1の層121に注入される。第1の層121に注入された正孔は、第1の層121を輸送されるが、さらに第2の層122にも注入される。ここで、第2の層122に含まれる電子輸送性の有機化合物は正孔輸送性よりも電子輸送性の方が高い物質であるため、第2の層122に注入された正孔は移動しにくくなる。その結果、正孔は第1の層121と第2の層122の界面付近に多く存在するようになる。また、正孔が電子と再結合することなく電子輸送層113にまで達してしまう現象が抑制される。

20

#### 【0047】

一方、第2の電極104から注入された電子は、第2の層122に注入される。第2の層122に注入された電子は、第2の層122を輸送されるが、さらに第1の層121にも注入される。ここで、第1の層121に含まれる正孔輸送性の有機化合物は、電子輸送性よりも正孔輸送性の方が高い物質であるため、第1の層121に注入された電子は移動しにくくなる。その結果、電子は第1の層121と第2の層122の界面付近に多く存在するようになる。また、電子が正孔と再結合することなく正孔輸送層112にまで達してしまう現象が抑制される。

#### 【0048】

以上のことから、第1の層121と第2の層122の界面付近の領域131に正孔と電子が多く存在するようになり、その界面付近の領域131における再結合確率が高くなる。すなわち、発光層111の中央付近に発光領域が形成される。またその結果、正孔が再結合することなく電子輸送層113に達してしまったり、あるいは電子が再結合することなく正孔輸送層112に達してしまうことが抑制されるため、再結合確率の低下を防ぐことができる。これにより、経時的なキャリアバランスの低下が防げるため、信頼性の向上に繋がる。

30

#### 【0049】

第1の層121に正孔および電子が注入されるようにするためには、正孔輸送性の有機化合物は酸化反応および還元反応が可能な有機化合物である必要がある。よって、正孔輸送性の有機化合物の最高被占軌道準位 (HOMO準位) は - 6 . 0 e V 以上 - 5 . 0 e V 以下であることが好ましい。また、正孔輸送性の有機化合物の最低空軌道準位 (LUMO準位) は、 - 3 . 0 e V 以上 - 2 . 0 e V 以下であることが好ましい。

40

#### 【0050】

同様に、第2の層122に正孔および電子が注入されるようにするためには、電子輸送性の有機化合物は酸化反応および還元反応が可能な有機化合物である必要がある。よって、電子輸送性の有機化合物の最高被占軌道準位 (HOMO準位) は - 6 . 0 e V 以上 - 5 . 0 e V 以下であることが好ましい。また、電子輸送性の有機化合物の最低空軌道準位 (LUMO準位) は、 - 3 . 0 e V 以上 - 2 . 0 e V 以下であることが好ましい。

#### 【0051】

また、図10を用いて先に説明した通り、本発明の発光素子においては、第1の層121から第2の層122に正孔が注入されるように素子を構成するため、正孔輸送性の有機

50

化合物の最高被占軌道準位（HOMO準位）と電子輸送性の有機化合物の最高被占軌道準位（HOMO準位）との差は小さい方が好ましい。また、第2の層122から第1の層121に電子が注入されるように素子を構成するため、正孔輸送性の有機化合物の最低空軌道準位（LUMO準位）と電子輸送性の有機化合物の最低空軌道準位（LUMO準位）との差は小さい方が好ましい。正孔輸送性の有機化合物のHOMO準位と電子輸送性の有機化合物のHOMO準位との差が大きいと、発光領域が第1の層もしくは第2の層のどちらかに偏ってしまう。同様に、正孔輸送性の有機化合物のLUMO準位と電子輸送性の有機化合物のLUMO準位との差が大きい場合も、発光領域が第1の層もしくは第2の層のどちらかに偏ってしまう。よって、正孔輸送性の有機化合物の最高被占軌道準位（HOMO準位）と電子輸送性の有機化合物の最高被占軌道準位（HOMO準位）との差は、0.3 eV以下であることが好ましい。より好ましくは、0.1 eV以下であることが望ましい。また、正孔輸送性の有機化合物の最低空軌道準位（LUMO準位）と電子輸送性の有機化合物の最低空軌道準位（LUMO準位）との差は、0.3 eV以下であることが好ましい。より好ましくは、0.1 eV以下であることが好ましい。

10

#### 【0052】

また、発光素子は電子と正孔が再結合することにより発光が得られるため、発光層111に用いられる有機化合物は、酸化反応および還元反応を繰り返しても安定であることが好ましい。つまり、酸化反応および還元反応に対して可逆的であることが好ましい。特に、正孔輸送性の有機化合物および電子輸送性の有機化合物は、酸化反応および還元反応を繰り返しても安定であることが好ましい。酸化反応および還元反応を繰り返しても安定であるかどうかは、サイクリックボルタンメトリ（CV）測定によって、確認することができる。

20

#### 【0053】

具体的には、有機化合物の酸化反応の酸化ピーク電位（ $E_{pa}$ ）の値や還元反応の還元ピーク電位（ $E_{pc}$ ）の値の変化、ピークの形状の変化等を測定することにより、酸化反応および還元反応を繰り返しても安定であるかどうか確認することができる。発光層111に用いる正孔輸送性の有機化合物および電子輸送性の有機化合物は、酸化ピーク電位の強度および還元ピーク電位の強度の変化が50%よりも小さいことが好ましい。より好ましくは、30%よりも小さいことが好ましい。つまり、例えば、酸化ピークが減少しても50%以上のピークの強度を保っていることが好ましい。より好ましくは、70%以上のピークの強度を保っていることが好ましい。また、酸化ピーク電位および還元ピーク電位の値の変化は、0.05 V以下であることが好ましい。より好ましくは、0.02 V以下であることが好ましい。

30

#### 【0054】

第1の層121に含まれる正孔輸送性の有機化合物、第2の層122に含まれる電子輸送性の有機化合物の少なくともいずれか一方は、高分子化合物である。高分子化合物であることにより、湿式法により第1の層121、第2の層122の少なくともいずれか一方を形成することができるため、本発明の発光素子をフルカラーディスプレイなど表示装置に適用し、発光層の塗り分けが必要な場合には、発光層の塗り分けが容易となり、生産性が向上する。また、材料効率が向上するため、コストを低減することが可能となる。特に、第1の層121に含まれる正孔輸送性の有機化合物および第2の層122に含まれる電子輸送性の有機化合物の両方が高分子化合物である場合は、湿式法により第1の層121および第2の層122を形成することができるため、より好ましい。

40

#### 【0055】

第1の層121に含まれる正孔輸送性の有機化合物としては、例えば、ポリ（N-ビニルカルbazol）（略称：PVK）やポリ（4-ビニルトリフェニルアミン）（略称：PVTPA）、ポリ〔N-（4-〔N'-〔4-（4-ジフェニルアミノ）フェニル〕フェニル-N'-フェニルアミノ〕フェニル）メタクリルアミド〕（略称：PTPDMA）ポリ〔N,N'-ビス（4-ブチルフェニル）-N,N'-ビス（フェニル）ベンジジン〕（略称：Poly-TPD）などの高分子化合物を用いることができる。

50

## 【0056】

また、第2の層122に含まれる電子輸送の有機化合物としては、例えば、ポリ〔(9, 9 - ジヘキシルフルオレン - 2, 7 - ジイル) - co - (ピリジン - 3, 5 - ジイル)〕(略称: PF - Py)、ポリ〔(9, 9 - ジオクチルフルオレン - 2, 7 - ジイル) - co - (2, 2' - ビピリジン - 6, 6' - ジイル)〕(略称: PF - BPy)などの高分子化合物を用いることができる。

## 【0057】

なお、第1の層121に含まれる正孔輸送性の有機化合物として、上述のPVK、PVT PA、PTPDMA、Poly - TPD等の高分子化合物を用いた場合、第2の層122に含まれる電子輸送性の有機化合物としては、上述のPF - Py、PF - BPyのような高分子化合物の他、9 - [4 - (10 - フェニル - 9 - アントリル)フェニル] - 9H - カルバゾール(略称: CzPA)、3, 6 - ジフェニル - 9 - [4 - (10 - フェニル - 9 - アントリル)フェニル] - 9H - カルバゾール(略称: DP CzPA)、9, 10 - ビス(3, 5 - ジフェニルフェニル)アントラセン(略称: DPPA)、9, 10 - ジ(2 - ナフチル)アントラセン(略称: DNA)、2 - tert - ブチル - 9, 10 - ジ(2 - ナフチル)アントラセン(略称: t - BuDNA)、9, 9' - ビアントリル(略称: BANT)、9, 9' - (スチルベン - 3, 3' - ジイル)ジフェナントレン(略称: DPNS)、9, 9' - (スチルベン - 4, 4' - ジイル)ジフェナントレン(略称: DPNS2)、3, 3', 3'' - (ベンゼン - 1, 3, 5 - トリイル)トリピレン(略称: TPB3)のような低分子化合物を用いることもできる。低分子化合物の場合、真空蒸着が可能なので、高分子化合物との積層が容易であるというメリットがある。

## 【0058】

また、第2の層122に含まれる電子輸送性の有機化合物として、上述のPF - Py、PF - BPy等の高分子化合物を用いた場合、第1の層121に含まれる正孔輸送性の有機化合物としては、上述のPVK、PVT PA、PTPDMA、Poly - TPD等の高分子化合物の他、9, 10 - ジフェニルアントラセン(略称: DPAnth)、N, N - ジフェニル - 9 - [4 - (10 - フェニル - 9 - アントリル)フェニル] - 9H - カルバゾール - 3 - アミン(略称: CzA1PA)、4 - (10 - フェニル - 9 - アントリル)トリフェニルアミン(略称: DP hPA)、N, 9 - ジフェニル - N - [4 - (10 - フェニル - 9 - アントリル)フェニル] - 9H - カルバゾール - 3 - アミン(略称: PCAP A)、N, 9 - ジフェニル - N - {4 - [4 - (10 - フェニル - 9 - アントリル)フェニル]フェニル} - 9H - カルバゾール - 3 - アミン(略称: PCAPBA)、6, 12 - ジメトキシ - 5, 11 - ジフェニルクリセン、N, N, N', N', N'', N'', N'', N'' - オクタフェニルジベンゾ[g, p]クリセン - 2, 7, 10, 15 - テトラアミンなどの低分子化合物を用いることもできる。低分子化合物の場合、真空蒸着が可能なので、高分子化合物との積層が容易であるというメリットがある。

## 【0059】

第1の層に含まれる発光性の高い物質と第2の層に含まれる発光性の高い物質とを同じ物質とすることにより、発光層の中央付近で発光させることが可能となる。また、第1の層と第2の層とで異なる発光性の高い物質を含む構成とすると、どちらか一方の層でのみ発光してしまう可能性がある。よって、第1の層に含まれる発光性の高い物質と第2の層に含まれる発光性の高い物質とを同じ物質とすることが好ましい。

## 【0060】

電子輸送層113は、電子輸送性の高い物質を含む層である。例えば、トリス(8 - キノリノラト)アルミニウム(略称: Alq)、トリス(4 - メチル - 8 - キノリノラト)アルミニウム(略称: Almq<sub>3</sub>)、ビス(10 - ヒドロキシベンゾ[h]キノリナト)ベリリウム(略称: BeBq<sub>2</sub>)、ビス(2 - メチル - 8 - キノリノラト)(4 - フェニルフェノラト)アルミニウム(略称: BAlq)など、キノリン骨格またはベンゾキノリン骨格を有する金属錯体等からなる層である。また、この他ビス[2 - (2 - ヒドロキシフェニル)ベンズオキサゾラト]亜鉛(略称: Zn(BOX)<sub>2</sub>)、ビス[2 - (2 - ヒ

ドロキシフェニル)ベンゾチアゾラト]亜鉛(略称:  $Zn(BTZ)_2$ )などのオキサゾール系、チアゾール系配位子を有する金属錯体なども用いることができる。さらに、金属錯体以外にも、2-(4-ピフェニリル)-5-(4-tert-ブチルフェニル)-1,3,4-オキサジアゾール(略称: PBD)や、1,3-ビス[5-(p-tert-ブチルフェニル)-1,3,4-オキサジアゾール-2-イル]ベンゼン(略称: OXD-7)、3-(4-ピフェニリル)-4-フェニル-5-(4-tert-ブチルフェニル)-1,2,4-トリアゾール(略称: TAZ)、バソフェナントロリン(略称: BPhen)、バソキュプロイン(略称: BCP)なども用いることができる。ここに述べた物質は、主に  $10^{-6} \text{ cm}^2/\text{Vs}$  以上の電子移動度を有する物質である。なお、正孔よりも電子の輸送性の高い物質であれば、上記以外の物質を電子輸送層として用いても構わない。また、電子輸送層は、単層のものだけでなく、上記物質からなる層が二層以上積層したものとしてもよい。

10

#### 【0061】

また、電子輸送層として、高分子化合物を用いることができる。例えば、ポリ[(9,9-ジヘキシルフルオレン-2,7-ジイル)-co-(ピリジン-3,5-ジイル)](略称: PF-Py)、ポリ[(9,9-ジオクチルフルオレン-2,7-ジイル)-co-(2,2'-ビピリジン-6,6'-ジイル)](略称: PF-BPy)などを用いることができる。

#### 【0062】

また、電子輸送層113と第2の電極104との間に、電子注入性の高い物質を含む層である電子注入層を設けてもよい。電子注入層としては、フッ化リチウム(LiF)、フッ化セシウム(CsF)、フッ化カルシウム( $\text{CaF}_2$ )等のようなアルカリ金属又はアルカリ土類金属又はそれらの化合物を用いることができる。例えば、電子輸送性を有する物質からなる層中にアルカリ金属又はアルカリ土類金属又はそれらの化合物を含有させたもの、例えばAlq中にマグネシウム(Mg)を含有させたもの等を用いることができる。アルカリ金属、アルカリ土類金属、これらを含む合金の膜は、真空蒸着法を用いて形成することができる。また、アルカリ金属またはアルカリ土類金属を含む合金はスパッタリング法により形成することも可能である。また、銀ペーストなどをインクジェット法などにより成膜することも可能である。なお、電子注入層として、電子輸送性を有する物質からなる層中にアルカリ金属又はアルカリ土類金属を含有させたものを用いることにより、第2の電極104からの電子注入が効率良く行われるためより好ましい。

20

30

#### 【0063】

第2の電極104を形成する物質としては、仕事関数の小さい(具体的には3.8eV以下)金属、合金、電気伝導性化合物、およびこれらの混合物などを用いることができる。このような陰極材料の具体例としては、元素周期表の第1族または第2族に属する元素、すなわちリチウム(Li)やセシウム(Cs)等のアルカリ金属、およびマグネシウム(Mg)、カルシウム(Ca)、ストロンチウム(Sr)等のアルカリ土類金属、およびこれらを含む合金(MgAg、AlLi)、ユウロビウム(Eu)、イッテルビウム(Yb)等の希土類金属およびこれらを含む合金等が挙げられる。しかしながら、第2の電極104と電子輸送層との間に、電子注入を促す機能を有する層を設けることにより、仕事関数の大小に関わらず、Al、Ag、ITO、珪素若しくは酸化珪素を含有した酸化インジウム-酸化スズ等様々な導電性材料を第2の電極104として用いることができる。これら導電性材料は、スパッタリング法やインクジェット法、スピンコート法等を用いて成膜することが可能である。

40

#### 【0064】

また、EL層の形成方法としては、乾式法、湿式法を問わず、種々の方法を用いることができる。例えば、真空蒸着法、インクジェット法またはスピンコート法など用いても構わない。また各電極または各層ごとに異なる成膜方法を用いて形成しても構わない。

#### 【0065】

例えば、上述した材料のうち、高分子化合物を用いる層(特に、第1の層121または

50

第 2 の層 1 2 2 ) は湿式法で形成することが好ましい。また、低分子の有機化合物を用いる層を形成する場合、湿式法で形成してもよいし、真空蒸着法などの乾式法を用いて形成してもよい。

【 0 0 6 6 】

また、電極についても、ゾル - ゲル法を用いて湿式法で形成してもよいし、金属材料のペーストを用いて湿式法で形成してもよい。また、スパッタリング法や真空蒸着法などの乾式法を用いて形成してもよい。

【 0 0 6 7 】

以下、具体的な発光素子の形成方法を示す。本発明の発光素子を表示装置に適用し、発光層を塗り分ける場合には、発光層は湿式法により形成することが好ましい。発光層をインクジェット法などの湿式法を用いて形成することにより、大型基板であっても発光層の塗り分けが容易となる。

【 0 0 6 8 】

例えば、本実施の形態で示した構成において、第 1 の電極を乾式法であるスパッタリング法、正孔注入層を湿式法であるインクジェット法やスピンコート法、正孔輸送層を乾式法である真空蒸着法、第 1 の層を湿式法であるインクジェット法、第 2 の層を乾式法である共蒸着法、電子輸送層および電子注入層を乾式法である真空蒸着法、第 2 の電極を湿式法であるインクジェット法やスピンコート法を用いて形成してもよい。また、第 1 の電極を湿式法であるインクジェット法、正孔注入層を乾式法である真空蒸着法、正孔輸送層を湿式法であるインクジェット法やスピンコート法、第 1 の層を湿式法であるインクジェット法、第 2 の層を湿式法であるインクジェット法やスピンコート法、電子輸送層および電子注入層を湿式法であるインクジェット法やスピンコート法、第 2 の電極を湿式法であるインクジェット法やスピンコート法を用いて形成してもよい。なお、上記の方法に限らず、湿式法と乾式法を適宜組み合わせればよい。

【 0 0 6 9 】

また、例えば、第 1 の電極を乾式法であるスパッタリング法、正孔注入層および正孔輸送層を湿式法であるインクジェット法やスピンコート法、第 1 の層を湿式法であるインクジェット法、第 2 の層を乾式法である共蒸着法、電子輸送層および電子注入層を乾式法である真空蒸着法、第 2 の電極を乾式法である真空蒸着法で形成することができる。つまり、第 1 の電極が所望の形状で形成されている基板上に、正孔注入層から第 1 の層までを湿式法で形成し、第 2 の層から第 2 の電極までを乾式法で形成することができる。この方法では、正孔注入層から第 1 の層までを大気圧で形成することができ、第 1 の層の塗り分けも容易である。また、第 2 の層から第 2 の電極までは、真空一貫で形成することができる。よって、工程を簡略化し、生産性を向上させることができる。

【 0 0 7 0 】

また、図 2 に示した構成のような場合には、上記の方法とは逆の順番で、第 2 の電極を乾式法であるスパッタリングまたは真空蒸着法、電子注入層から電子輸送層を乾式法である真空蒸着法、第 2 の層を共蒸着法、第 1 の層を湿式法であるインクジェット法、正孔輸送層および正孔注入層を湿式法であるインクジェット法やスピンコート法、第 1 の電極を湿式法であるインクジェット法やスピンコート法により形成することができる。この方法では、第 2 の電極から第 2 の層までを乾式法により真空一貫で形成し、第 1 の層から第 1 の電極までを大気圧で形成することができる。よって、工程を簡略化し、生産性を向上させることができる。

【 0 0 7 1 】

以上のような構成を有する本発明の発光素子は、第 1 の電極 1 0 2 と第 2 の電極 1 0 4 との間に生じた電位差により電流が流れ、E L 層 1 0 3 において正孔と電子とが再結合し、発光するものである。より具体的には、E L 層 1 0 3 中の発光層 1 1 1 において、第 1 の層 1 2 1 および第 2 の層 1 2 2 の中央付近に発光領域が形成されるような構成となっている。

【 0 0 7 2 】

発光は、第 1 の電極 102 または第 2 の電極 104 のいずれか一方または両方を通して外部に取り出される。従って、第 1 の電極 102 または第 2 の電極 104 のいずれか一方または両方は、透光性を有する電極である。第 1 の電極 102 のみが透光性を有する電極である場合、図 1 (A) に示すように、発光は第 1 の電極 102 を通って基板側から取り出される。また、第 2 の電極 104 のみが透光性を有する電極である場合、図 1 (B) に示すように、発光は第 2 の電極 104 を通って基板と逆側から取り出される。第 1 の電極 102 および第 2 の電極 104 がいずれも透光性を有する電極である場合、図 1 (C) に示すように、発光は第 1 の電極 102 および第 2 の電極 104 を通って、基板側および基板と逆側の両方から取り出される。

#### 【0073】

なお第 1 の電極 102 と第 2 の電極 104 との間に設けられる層の構成は、上記のものには限定されない。発光領域と金属とが近接することによって生じる消光を防ぐように、第 1 の電極 102 および第 2 の電極 104 から離れた部位に正孔と電子とが再結合する発光領域を設けた構成であり、発光層が第 1 の層 121 と第 2 の層 122 とを有する構成であれば、上記以外のものでもよい。

#### 【0074】

つまり、層の積層構造については特に限定されず、電子輸送性の高い物質または正孔輸送性の高い物質、電子注入性の高い物質、正孔注入性の高い物質、バイポーラ性（電子及び正孔の輸送性の高い物質）の物質、正孔ブロック材料等から成る層を、本発明の発光層と自由に組み合わせて構成すればよい。

#### 【0075】

図 2 に示す発光素子は、基板 301 上に、陰極として機能する第 2 の電極 304、EL 層 303、陽極として機能する第 1 の電極 302 とが順に積層された構成となっている。EL 層 303 は、正孔輸送層 312、発光層 311、電子輸送層 313 を有し、発光層 311 は第 1 の層 321 と第 2 の層 322 を有する。第 1 の層 321 は、第 2 の層 322 よりも陽極として機能する第 1 の電極側に設けられている。

#### 【0076】

本実施の形態においては、ガラス、プラスチックなどからなる基板上に発光素子を作製している。一基板上にこのような発光素子を複数作製することで、パッシブマトリクス型の発光装置を作製することができる。また、ガラス、プラスチックなどからなる基板上に、例えば、薄膜トランジスタ（TFT）を形成し、TFT と電氣的に接続された電極上に発光素子を作製してもよい。これにより、TFT によって発光素子の駆動を制御するアクティブマトリクス型の発光装置を作製できる。なお、TFT の構造は、特に限定されない。スタガ型の TFT でもよいし、逆スタガ型の TFT でもよい。また、TFT 基板に形成される駆動用回路についても、N 型および P 型の TFT からなるものでもよいし、若しくは N 型または P 型のいずれか一方からのみなるものであってもよい。また、TFT に用いられる半導体膜の結晶性についても特に限定されない。非晶質半導体膜を用いてもよいし、結晶性半導体膜を用いてもよい。

#### 【0077】

本発明の発光素子は、発光層と正孔輸送層との界面または発光層と電子輸送層との界面に発光領域が形成されているのではなく、発光層の中央付近に発光領域が形成されている。よって、正孔輸送層や電子輸送層に発光領域が近接することによる劣化の影響を受けることがない。したがって、劣化が少なく、寿命の長い発光素子を得ることができる。また、本発明の発光素子の発光層は、酸化反応および還元反応を繰り返しても安定な化合物で形成されているため、電子と正孔の再結合による発光を繰り返しても劣化しにくい。よって、より長寿命の発光素子を得ることができる。

#### 【0078】

なお、本実施の形態は、他の実施の形態と適宜組み合わせることが可能である。

#### 【0079】

（実施の形態 2）

10

20

30

40

50



本実施の形態は、本発明に係る複数の発光ユニットを積層した構成の発光素子（以下、積層型素子という）の態様について、図3を参照して説明する。この発光素子は、第1の電極と第2の電極との間に、複数の発光ユニットを有する発光素子である。

【0080】

図3において、第1の電極501と第2の電極502との間には、第1の発光ユニット511と第2の発光ユニット512が積層されている。第1の電極501と第2の電極502は実施の形態1と同様なものを適用することができる。また、第1の発光ユニット511と第2の発光ユニット512は同じ構成であっても異なる構成であってもよく、その構成は実施の形態1と同様なものを適用することができる。つまり、発光ユニットは、少なくとも第1の層121と第2の層122を有する。さらに、正孔輸送層や電子輸送層などを有していても良い。

10

【0081】

電荷発生層513には、有機化合物と金属酸化物の複合材料が含まれている。この有機化合物と金属酸化物の複合材料は、実施の形態1で示した複合材料であり、有機化合物とバナジウム酸化物やモリブデン酸化物やタングステン酸化物等の金属酸化物を含む。有機化合物としては、芳香族アミン化合物、カルバゾール誘導体、芳香族炭化水素、高分子化合物（オリゴマー、 dendrimer、ポリマー等）など、種々の化合物を用いることができる。なお、有機化合物としては、正孔輸送性有機化合物として正孔移動度が $10^{-6} \text{ cm}^2 / \text{Vs}$ 以上であるものを適用することが好ましい。但し、電子よりも正孔の輸送性の高い物質であれば、これら以外のものを用いてもよい。有機化合物と金属酸化物の複合材料は、キャリア注入性、キャリア輸送性に優れているため、低電圧駆動、低電流駆動を実現することができる。

20

【0082】

なお、電荷発生層513は、有機化合物と金属酸化物の複合材料と他の材料とを組み合わせ形成してもよい。例えば、有機化合物と金属酸化物の複合材料を含む層と、電子供与性物質の中から選ばれた一の化合物と電子輸送性の高い化合物とを含む層とを組み合わせ形成してもよい。また、有機化合物と金属酸化物の複合材料を含む層と、透明導電膜とを組み合わせ形成してもよい。

【0083】

いずれにしても、第1の発光ユニット511と第2の発光ユニット512に挟まれる電荷発生層513は、第1の電極501と第2の電極502に電圧を印加したときに、一方の側の発光ユニットに電子を注入し、他方の側の発光ユニットに正孔を注入するものであれば良い。

30

【0084】

本実施の形態では、2つの発光ユニットを有する発光素子について説明したが、同様に、3つ以上の発光ユニットを積層した発光素子についても、同様に適用することが可能である。本実施の形態に係る発光素子のように、一対の電極間に複数の発光ユニットを電荷発生層で仕切って配置することで、電流密度を低く保ったまま、高輝度領域での長寿命素子を実現できる。また、照明を応用例とした場合は、電極材料の抵抗による電圧降下を小さくできるので、大面積での均一発光が可能となる。また、低電圧駆動が可能で消費電力が低い発光装置を実現することができる。

40

【0085】

また、それぞれの発光ユニットの発光色を異なるものにすることで、発光素子全体として、所望の色の発光を得ることができる。例えば、2つの発光ユニットを有する発光素子において、第1の発光ユニットの発光色と第2の発光ユニットの発光色を補色の関係になるようにすることで、発光素子全体として白色発光する発光素子を得ることも可能である。なお、補色とは、混合すると無彩色になる色同士の関係をいう。つまり、補色の関係にある色を発光する物質の発光を混合すると、白色発光を得ることができる。また、3つの発光ユニットを有する発光素子の場合でも同様であり、例えば、第1の発光ユニットの発光色が赤色であり、第2の発光ユニットの発光色が緑色であり、第3の発光ユニットの発

50

光色が青色である場合、発光素子全体としては、白色発光を得ることができる。

【0086】

なお、本実施の形態は、他の実施の形態と適宜組み合わせることが可能である。

【0087】

(実施の形態3)

本実施の形態では、本発明の発光素子を有する発光装置について説明する。

【0088】

本実施の形態では、画素部に本発明の発光素子を有する発光装置について図4を用いて説明する。なお、図4(A)は、発光装置を示す上面図、図4(B)は図4(A)をA-A'およびB-B'で切断した断面図である。点線で示された601は駆動回路部(ソース側駆動回路)、602は画素部、603は駆動回路部(ゲート側駆動回路)である。また、604は封止基板、605はシール材であり、シール材605で囲まれた内側は、空間607になっている。

10

【0089】

なお、引き回し配線608はソース側駆動回路601及びゲート側駆動回路603に入力される信号を伝送するための配線であり、外部入力端子となるFPC(フレキシブルプリントサーキット)609からビデオ信号、クロック信号、スタート信号、リセット信号等を受け取る。なお、ここではFPCしか図示されていないが、このFPCにはプリント配線基板(PWB)が取り付けられていても良い。本明細書における発光装置には、発光装置本体だけでなく、それにFPCもしくはPWBが取り付けられた状態をも含むものとする。

20

【0090】

次に、断面構造について図4(B)を用いて説明する。素子基板610上には駆動回路部及び画素部が形成されているが、ここでは、駆動回路部であるソース側駆動回路601と、画素部602中の一つの画素が示されている。

【0091】

なお、ソース側駆動回路601はNチャネル型TFT623とPチャネル型TFT624とを組み合わせたCMOS回路が形成される。また、駆動回路は、種々のCMOS回路、PMOS回路もしくはNMOS回路で形成しても良い。また、本実施の形態では、基板上に駆動回路を形成したドライバー体型を示すが、必ずしもその必要はなく、駆動回路を基板上ではなく外部に形成することもできる。

30

【0092】

また、画素部602はスイッチング用TFT611と、電流制御用TFT612とそのドレインに電氣的に接続された第1の電極613とを含む複数の画素により形成される。なお、第1の電極613の端部を覆って絶縁物614が形成されている。ここでは、ポジ型の感光性アクリル樹脂膜を用いることにより形成する。

【0093】

また、被覆性を良好なものとするため、絶縁物614の上端部または下端部に曲率を有する曲面が形成されるようにする。例えば、絶縁物614の材料としてポジ型の感光性アクリルを用いた場合、絶縁物614の上端部のみに曲率半径(0.2 $\mu$ m~3 $\mu$ m)を有する曲面を持たせることが好ましい。また、絶縁物614として、光の照射によってエッチャントに不溶解性となるネガ型、或いは光の照射によってエッチャントに溶解性となるポジ型のいずれも使用することができる。

40

【0094】

第1の電極613上には、EL層616、および第2の電極617がそれぞれ形成されている。ここで、第1の電極613に用いる材料としては、さまざまな金属、合金、電気伝導性化合物、およびこれらの混合物を用いることができる。第1の電極を陽極として用いる場合には、その中でも、仕事関数の大きい(仕事関数4.0eV以上)金属、合金、電気伝導性化合物、およびこれらの混合物などを用いることが好ましい。例えば、珪素を含有した酸化インジウム-酸化スズ、酸化インジウム-酸化亜鉛、窒化チタン膜、クロム

50

膜、タングステン膜、Zn膜、Pt膜などの単層膜の他、窒化チタン膜とアルミニウムを主成分とする膜との積層、窒化チタン膜とアルミニウムを主成分とする膜と窒化チタン膜との3層構造等を用いることができる。なお、積層構造とすると、配線としての抵抗も低く、良好なオーミックコンタクトがとれ、さらに陽極として機能させることができる。

【0095】

また、EL層616は、蒸着マスクを用いた蒸着法、インクジェット法、スピンコート法等の種々の方法によって形成される。EL層616は、実施の形態1～実施の形態2で示した発光層を有している。また、EL層616を構成する他の材料としては、低分子材料、オリゴマー、 dendromer、または高分子材料であっても良い。また、EL層に用いる材料としては、有機化合物だけでなく、無機化合物を用いてもよい。

10

【0096】

また、第2の電極617に用いる材料としては、さまざまな金属、合金、電気伝導性化合物、およびこれらの混合物を用いることができる。第2の電極を陰極として用いる場合には、その中でも、仕事関数の小さい（仕事関数3.8 eV以下）金属、合金、電気伝導性化合物、およびこれらの混合物などを用いることが好ましい。例えば、元素周期表の第1族または第2族に属する元素、すなわちリチウム（Li）やセシウム（Cs）等のアルカリ金属、およびマグネシウム（Mg）、カルシウム（Ca）、ストロンチウム（Sr）等のアルカリ土類金属、およびこれらを含む合金（MgAg、AlLi）等が挙げられる。なお、EL層616で生じた光を第2の電極617を透過させる場合には、第2の電極617として、膜厚を薄くした金属薄膜と、透明導電膜（酸化インジウム - 酸化スズ（ITO）、珪素若しくは酸化珪素を含有した酸化インジウム - 酸化スズ、酸化インジウム - 酸化亜鉛（IZO）、酸化タングステン及び酸化亜鉛を含有した酸化インジウム（IWZO）等）との積層を用いることも可能である。

20

【0097】

さらにシール材605で封止基板604を素子基板610と貼り合わせることにより、素子基板610、封止基板604、およびシール材605で囲まれた空間607に発光素子618が備えられた構造になっている。なお、空間607には、充填材が充填されており、不活性気体（窒素やアルゴン等）が充填される場合の他、シール材605で充填される場合もある。

【0098】

なお、シール材605にはエポキシ系樹脂を用いるのが好ましい。また、これらの材料はできるだけ水分や酸素を透過しない材料であることが望ましい。また、封止基板604に用いる材料としてガラス基板や石英基板の他、FRP（Fiber glass - Reinforced Plastics）、PVF（ポリビニルフロライド）、ポリエステルまたはアクリル等からなるプラスチック基板を用いることができる。

30

【0099】

以上のようにして、本発明の発光素子を有する発光装置を得ることができる。

【0100】

本発明の発光装置は、実施の形態1～実施の形態2で示した発光素子を有する。そのため、寿命の長い発光装置を得ることができる。

40

【0101】

以上のように、本実施の形態では、トランジスタによって発光素子の駆動を制御するアクティブマトリクス型の発光装置について説明したが、この他、パッシブマトリクス型の発光装置であってもよい。図5には本発明を適用して作製したパッシブマトリクス型の発光装置の斜視図を示す。図5において、基板951上には、電極952と電極956との間にはEL層955が設けられている。電極952の端部は絶縁層953で覆われている。そして、絶縁層953上には隔壁層954が設けられている。隔壁層954の側壁は、基板面に近くなるに伴って、一方の側壁と他方の側壁との間隔が狭くなっていくような傾斜を有する。つまり、隔壁層954の短辺方向の断面は、台形状であり、底辺（絶縁層953の面方向と同様の方向を向き、絶縁層953と接する辺）の方が上辺（絶縁層953

50

の面方向と同様の方向を向き、絶縁層 9 5 3 と接しない辺) よりも短い。このように、隔壁層 9 5 4 を設けることで、静電気等に起因した発光素子の不良を防ぐことができる。また、パッシブマトリクス型の発光装置においても、寿命の長い本発明の発光素子を含むことによって、寿命の長い発光装置を得ることができる。

#### 【 0 1 0 2 】

( 実施の形態 4 )

本実施の形態では、実施の形態 3 に示す発光装置をその一部に含む本発明の電子機器について説明する。本発明の電子機器は、実施の形態 1 ~ 実施の形態 2 で示した発光素子を有し、寿命の長い表示部を有する。

#### 【 0 1 0 3 】

本発明の発光装置を用いて作製された電子機器として、ビデオカメラ、デジタルカメラ、ゴーグル型ディスプレイ、ナビゲーションシステム、音響再生装置(カーオーディオ、オーディオコンボ等)、コンピュータ、ゲーム機器、携帯情報端末(モバイルコンピュータ、携帯電話、携帯型ゲーム機または電子書籍等)、記録媒体を備えた画像再生装置(具体的には Digital Versatile Disc (DVD) 等の記録媒体を再生し、その画像を表示しうる表示装置を備えた装置)などが挙げられる。これらの電子機器の具体例を図 6 に示す。

#### 【 0 1 0 4 】

図 6 ( A ) は本発明に係るテレビ装置であり、筐体 9 1 0 1、支持台 9 1 0 2、表示部 9 1 0 3、スピーカー部 9 1 0 4、ビデオ入力端子 9 1 0 5 等を含む。このテレビ装置において、表示部 9 1 0 3 は、実施の形態 1 ~ 実施の形態 2 で説明したものと同様の発光素子をマトリクス状に配列して構成されている。当該発光素子は、寿命が長いという特徴を有している。その発光素子で構成される表示部 9 1 0 3 も同様の特徴を有するため、このテレビ装置は寿命が長いという特徴を有している。つまり、長時間の使用に耐えうるテレビ装置を提供することができる。

#### 【 0 1 0 5 】

図 6 ( B ) は本発明に係るコンピュータであり、本体 9 2 0 1、筐体 9 2 0 2、表示部 9 2 0 3、キーボード 9 2 0 4、外部接続ポート 9 2 0 5、ポインティングデバイス 9 2 0 6 等を含む。このコンピュータにおいて、表示部 9 2 0 3 は、実施の形態 1 ~ 実施の形態 2 で説明したものと同様の発光素子をマトリクス状に配列して構成されている。当該発光素子は、寿命が長いという特徴を有している。その発光素子で構成される表示部 9 2 0 3 も同様の特徴を有するため、このコンピュータは寿命が長いという特徴を有している。つまり、長時間の使用に耐えうるコンピュータを提供することができる。

#### 【 0 1 0 6 】

図 6 ( C ) は本発明に係る携帯電話であり、本体 9 4 0 1、筐体 9 4 0 2、表示部 9 4 0 3、音声入力部 9 4 0 4、音声出力部 9 4 0 5、操作キー 9 4 0 6、外部接続ポート 9 4 0 7、アンテナ 9 4 0 8 等を含む。この携帯電話において、表示部 9 4 0 3 は、実施の形態 1 ~ 実施の形態 2 で説明したものと同様の発光素子をマトリクス状に配列して構成されている。当該発光素子は、寿命が長いという特徴を有している。その発光素子で構成される表示部 9 4 0 3 も同様の特徴を有するため、この携帯電話は寿命が長いという特徴を有している。つまり、長時間の使用に耐えうる携帯電話を提供することができる。

#### 【 0 1 0 7 】

図 6 ( D ) は本発明の係るカメラであり、本体 9 5 0 1、表示部 9 5 0 2、筐体 9 5 0 3、外部接続ポート 9 5 0 4、リモコン受信部 9 5 0 5、受像部 9 5 0 6、バッテリー 9 5 0 7、音声入力部 9 5 0 8、操作キー 9 5 0 9、接眼部 9 5 1 0 等を含む。このカメラにおいて、表示部 9 5 0 2 は、実施の形態 1 ~ 2 で説明したものと同様の発光素子をマトリクス状に配列して構成されている。当該発光素子は、寿命が長いという特徴を有している。その発光素子で構成される表示部 9 5 0 2 も同様の特徴を有するため、このカメラは寿命が長いという特徴を有している。つまり、長時間の使用に耐えうるカメラを提供することができる。

10

20

30

40

50

## 【 0 1 0 8 】

以上の様に、本発明の発光装置の適用範囲は極めて広く、この発光装置をあらゆる分野の電子機器に適用することが可能である。本発明の発光装置を用いることにより、長時間の使用に耐えうる、寿命の長い表示部を有する電子機器を提供することが可能となる。

## 【 0 1 0 9 】

また、本発明の発光装置は、照明装置として用いることもできる。本発明の発光素子を照明装置として用いる一態様を、図 7 を用いて説明する。

## 【 0 1 1 0 】

図 7 は、本発明の発光装置をバックライトとして用いた液晶表示装置の一例である。図 7 に示した液晶表示装置は、筐体 9 0 1、液晶層 9 0 2、バックライト 9 0 3、筐体 9 0 4 を有し、液晶層 9 0 2 は、ドライバ IC 9 0 5 と接続されている。また、バックライト 9 0 3 は、本発明の発光装置が用いられおり、端子 9 0 6 により、電流が供給されている。

10

## 【 0 1 1 1 】

本発明の発光装置を液晶表示装置のバックライトとして用いることにより、寿命の長いバックライトが得られる。また、本発明の発光装置は、面発光の照明装置であり大面積化も可能であるため、バックライトの大面積化が可能であり、液晶表示装置の大面積化も可能になる。さらに、本発明の発光装置は薄型で低消費電力であるため、表示装置の薄型化、低消費電力化も可能となる。

## 【 0 1 1 2 】

図 8 は、本発明を適用した発光装置を、照明装置である電気スタンドとして用いた例である。図 8 に示す電気スタンドは、筐体 2 0 0 1 と、光源 2 0 0 2 を有し、光源 2 0 0 2 として、本発明の発光装置が用いられている。本発明の発光装置は長寿命であるため、電気スタンドも長寿命である。

20

## 【 0 1 1 3 】

図 9 は、本発明を適用した発光装置を、室内の照明装置 3 0 0 1 として用いた例である。本発明の発光装置は大面積化も可能であるため、大面積の照明装置として用いることができる。また、本発明の発光装置は、長寿命であるため、長寿命の照明装置として用いることが可能となる。このように、本発明を適用した発光装置を、室内の照明装置 3 0 0 1 として用いた部屋に、図 6 ( A ) で説明したような、本発明に係るテレビ装置 3 0 0 2 を設置して公共放送や映画を鑑賞することができる。このような場合、両装置は長寿命であるので、照明装置やテレビ装置の買い換え回数を減らすことができ、環境への負荷を低減することができる。

30

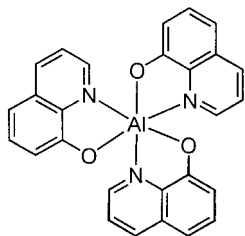
## 【 実施例 1 】

## 【 0 1 1 4 】

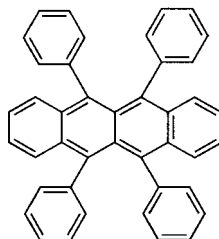
本実施例では、本発明の発光素子について具体的に図 1 1 を用いて説明する。本実施例で用いる有機化合物の構造式を以下に示す。なお、高分子化合物の構造式は省略した。

## 【 0 1 1 5 】

## 【化 1】

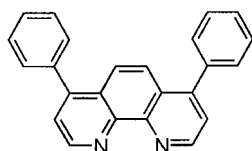


Alq



ルブレン

10



BPhen

## 【 0 1 1 6 】

20

(発光素子 1)

まず、ガラス基板 2 1 0 0 上に、酸化珪素を含む酸化インジウム - 酸化スズをスパッタリング法にて成膜し、第 1 の電極 2 1 0 1 を形成した。なお、その膜厚は 1 1 0 nm とし、電極面積は 2 mm × 2 mm とした。

## 【 0 1 1 7 】

次に、第 1 の電極 2 1 0 1 上に、正孔注入層 2 1 0 2 を形成した。ポリ(3,4-エチレンジオキシチオフェン)/ポリ(スチレンスルホン酸)(PEDOT/PSS)水溶液(カタログ番号: BAYTRON PAI 4083 LVW 142、Bayer 社)に対して、2-メトキシエタノールを 3 : 2 (= PEDOT/PSS : 2-メトキシエタノール)の割合になるように混合し、均一に攪拌し、溶液 A を調整した。まず、第 1 の電極 2 1 0 1 上に、水と 2-メトキシエタノールの混合溶液(3 : 2 = 水 : 2-メトキシエタノール)を滴下し、スピンコート法により塗布した。回転条件は、3 0 0 r p m (3 秒間)で回転させた後、2 0 0 0 r p m (2 0 秒間)で回転させた。続いて、溶液 A を滴下し、3 0 0 r p m (3 秒間)で回転させた後、2 0 0 0 r p m (6 0 秒間)で回転させ、さらに 3 0 0 0 r p m (1 0 秒間)で回転させた。溶液 A を塗布する前に、水と 2-メトキシエタノールの混合溶液を塗布する処理を行うことにより、溶液 A の塗布ムラを抑制し、PEDOT/PSS 層の均一性を向上させることができる。その後、1 1 0 に設定した真空オーブン内で 1 時間、減圧加熱乾燥した。得られた PEDOT/PSS 層の膜厚は 5 0 nm であった。

30

## 【 0 1 1 8 】

次に、正孔注入層 2 1 0 2 上に、発光層 2 1 0 3 を形成した。まず、第 1 の発光層 2 1 2 1 として、Super Yellow とルブレンを含む層を形成した。まず、Super Yellow (カタログ番号: PDY 132、Merck 社製) 0.1 g、ルブレン 0.0022 g を脱気したトルエン 10 mL に加え、重量比で Super Yellow : ルブレン = 1 : 0.02 となるように溶液を調整した。なお、溶液調整は O<sub>2</sub> 濃度および H<sub>2</sub>O 濃度が低い環境下でおこなった。この溶液を滴下して、スピンコート法により塗布した。回転条件は、3 0 0 r p m (3 秒間)で回転させた後、1 0 0 0 r p m (6 0 秒間)で回転させ、さらに 2 5 0 0 r p m (1 0 秒間)で回転させた。その後、窒素雰囲気下で 8 0 °C で 1 0 分間、常圧乾燥した後、真空オーブン内で 2 0 分間、減圧加熱乾燥した。得られた第 1 の発光層 2 1 2 1 の膜厚は 8 0 nm であった。

40

50

## 【 0 1 1 9 】

さらに、第 1 の発光層 2 1 2 1 上に、抵抗加熱による真空蒸着法を用いて、第 2 の発光層 2 1 2 2 を形成した。第 1 の発光層 2 1 2 1 が形成された面が下向きになるように、基板を真空蒸着装置内に設けられた基板ホルダーに固定し、 $10^{-4}$  Pa 程度まで減圧した後、第 1 の発光層 2 1 2 1 上に、トリス ( 8 - キノリノラト ) アルミニウム ( 略称 : A l q ) とルブレンを共蒸着することにより、第 2 の発光層 2 1 2 2 を形成した。その膜厚は 1 0 nm とし、A l q とルブレンの比率は、重量比で 1 : 0 . 0 0 5 ( = A l q : ルブレ ) となるように調節した。なお、共蒸着法とは、一つの処理室内で複数の蒸発源から同時に蒸着を行う蒸着法である。

## 【 0 1 2 0 】

その後、抵抗加熱による蒸着法を用いて、発光層 2 1 0 3 上にバソフェナントロリン ( 略称 : B P h e n ) を 2 0 nm の膜厚となるように成膜し、電子輸送層 2 1 0 4 を形成した。

## 【 0 1 2 1 】

その後、抵抗加熱による蒸着法を用いて、電子輸送層 2 1 0 4 上に、フッ化リチウム ( L i F ) を 1 nm の膜厚となるように成膜し、電子注入層 2 1 0 5 を形成した。

## 【 0 1 2 2 】

最後に、抵抗加熱による蒸着法を用い、アルミニウムを 2 0 0 nm の膜厚となるように成膜することにより、第 2 の電極 2 1 0 6 を形成し、発光素子 1 を作製した。

## 【 0 1 2 3 】

( 比較発光素子 2 )

発光素子 1 における第 2 の発光層 2 1 2 2 の代わりに、A l q の層を 1 0 nm の膜厚で形成し、比較発光素子 2 を形成した。他の層は、発光素子 1 の同様に形成した。

## 【 0 1 2 4 】

( 比較発光素子 3 )

発光素子 1 における第 2 の発光層 2 1 2 2 と電子輸送層 2 1 0 4 を設けない構成の素子を作製し、比較発光素子 3 とした。つまり、S u p e r Y e l l o w とルブレを含む層上に、電子注入層である L i F の層を形成した。他の層は、発光素子 1 の同様に形成した。

## 【 0 1 2 5 】

以上により得られた発光素子 1、比較発光素子 2 および比較発光素子 3 を、窒素雰囲気グローブボックス内において、発光素子が大気に曝されないように封止する作業を行った後、これらの発光素子の動作特性について測定を行った。なお、測定は室温 ( 2 5 に保たれた雰囲気 ) で行った。

## 【 0 1 2 6 】

発光素子 1、比較発光素子 2 および比較発光素子 3 の発光スペクトルを図 1 2 に示す。図 1 2 に示した発光スペクトルは、各発光素子に 1 m A の電流を流したときのものである。図 1 2 からわかるように、発光素子 1、比較発光素子 2 および比較発光素子 3 のいずれもルブレからの発光を示すことがわかる。

## 【 0 1 2 7 】

また、発光素子 1、比較発光素子 2 および比較発光素子 3 について、初期輝度を  $1000 \text{ cd/m}^2$  に設定した定電流駆動による連続点灯試験を行った。その結果を図 1 3 に示す。図 1 3 において、縦軸は、 $1000 \text{ cd/m}^2$  を 1 0 0 % とした時の規格化輝度である。

## 【 0 1 2 8 】

図 1 3 では、試験開始から 0 . 5 時間後までの試験結果を示した。図 1 3 より、発光素子 1 は、比較発光素子 2 および比較発光素子 3 に比べ、初期劣化が大幅に抑えられていることがわかる。また、試験開始から 5 0 時間後の発光素子 1 の輝度は、初期輝度の 7 3 % を維持していたのに対し、比較発光素子 2 は初期輝度の 7 0 %、比較発光素子 3 は初期輝度の 4 3 % に低下していた。

10

20

30

40

50

## 【 0 1 2 9 】

よって、本発明を適用することにより、寿命の長い発光素子を得ることができる。特に、本発明を適用することにより、初期劣化を大幅に抑えることができることがわかった。

## 【図面の簡単な説明】

## 【 0 1 3 0 】

【図 1】本発明の発光素子を説明する図。

【図 2】本発明の発光素子を説明する図。

【図 3】本発明の発光素子を説明する図。

【図 4】本発明の発光装置を説明する図。

【図 5】本発明の発光装置を説明する図。

10

【図 6】本発明の電子機器を説明する図。

【図 7】本発明の電子機器を説明する図。

【図 8】本発明の照明装置を説明する図。

【図 9】本発明の照明装置を説明する図。

【図 10】本発明の発光素子のエネルギー準位を説明する図。

【図 11】実施例 1 の発光素子を説明する図。

【図 12】実施例 1 で作製した発光素子の発光スペクトルを示す図。

【図 13】実施例 1 で作製した発光素子の規格化輝度時間変化を示す図。

## 【符号の説明】

## 【 0 1 3 1 】

20

1 0 1 基板

1 0 2 第 1 の電極

1 0 3 E L 層

1 0 4 第 2 の電極

1 1 1 発光層

1 1 2 正孔輸送層

1 1 3 電子輸送層

1 2 1 第 1 の層

1 2 2 第 2 の層

1 3 1 界面付近の領域

30

3 0 1 基板

3 0 2 第 1 の電極

3 0 3 E L 層

3 0 4 第 2 の電極

3 1 1 発光層

3 1 2 正孔輸送層

3 1 3 電子輸送層

3 2 1 第 1 の層

3 2 2 第 2 の層

5 0 1 第 1 の電極

40

5 0 2 第 2 の電極

5 1 1 第 1 の発光ユニット

5 1 2 第 2 の発光ユニット

5 1 3 電荷発生層

6 0 1 ソース側駆動回路

6 0 2 画素部

6 0 3 ゲート側駆動回路

6 0 4 封止基板

6 0 5 シール材

6 0 7 空間

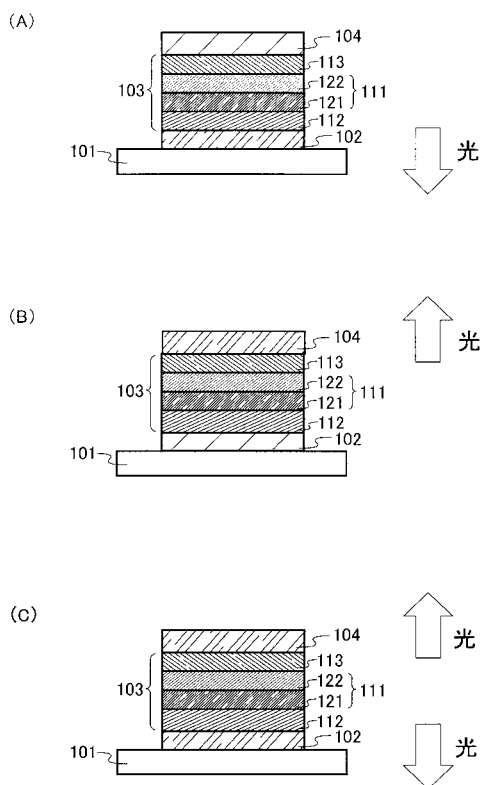
50



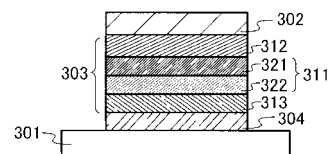
6 0 8	配線	
6 0 9	F P C (フレキシブルプリントサーキット)	
6 1 0	素子基板	
6 1 1	スイッチング用 T F T	
6 1 2	電流制御用 T F T	
6 1 3	第 1 の電極	
6 1 4	絶縁物	
6 1 6	E L 層	
6 1 7	第 2 の電極	
6 1 8	発光素子	10
6 2 3	N チャネル型 T F T	
6 2 4	P チャネル型 T F T	
9 0 1	筐体	
9 0 2	液晶層	
9 0 3	バックライト	
9 0 4	筐体	
9 0 5	ドライバ I C	
9 0 6	端子	
9 5 1	基板	
9 5 2	電極	20
9 5 3	絶縁層	
9 5 4	隔壁層	
9 5 5	E L 層	
9 5 6	電極	
2 0 0 1	筐体	
2 0 0 2	光源	
2 1 0 0	基板	
2 1 0 1	第 1 の電極	
2 1 0 2	正孔注入層	
2 1 0 3	発光層	30
2 1 0 4	電子輸送層	
2 1 0 5	電子注入層	
2 1 0 6	第 2 の電極	
2 1 2 1	第 1 の発光層	
2 1 2 2	第 2 の発光層	
3 0 0 1	照明装置	
3 0 0 2	テレビ装置	
9 1 0 1	筐体	
9 1 0 2	支持台	
9 1 0 3	表示部	40
9 1 0 4	スピーカー部	
9 1 0 5	ビデオ入力端子	
9 2 0 1	本体	
9 2 0 2	筐体	
9 2 0 3	表示部	
9 2 0 4	キーボード	
9 2 0 5	外部接続ポート	
9 2 0 6	ポインティングデバイス	
9 4 0 1	本体	
9 4 0 2	筐体	50

9 4 0 3	表示部
9 4 0 4	音声入力部
9 4 0 5	音声出力部
9 4 0 6	操作キー
9 4 0 7	外部接続ポート
9 4 0 8	アンテナ
9 5 0 1	本体
9 5 0 2	表示部
9 5 0 3	筐体
9 5 0 4	外部接続ポート
9 5 0 5	リモコン受信部
9 5 0 6	受像部
9 5 0 7	バッテリー
9 5 0 8	音声入力部
9 5 0 9	操作キー
9 5 1 0	接眼部

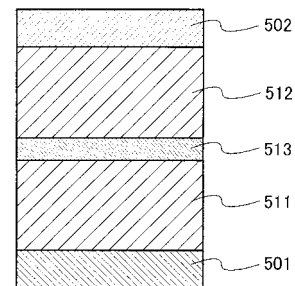
【図 1】



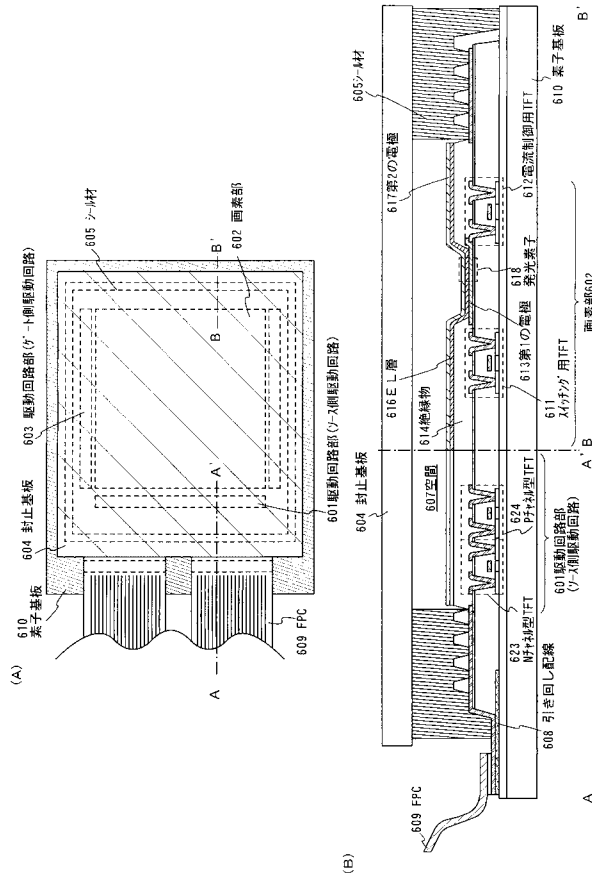
【図 2】



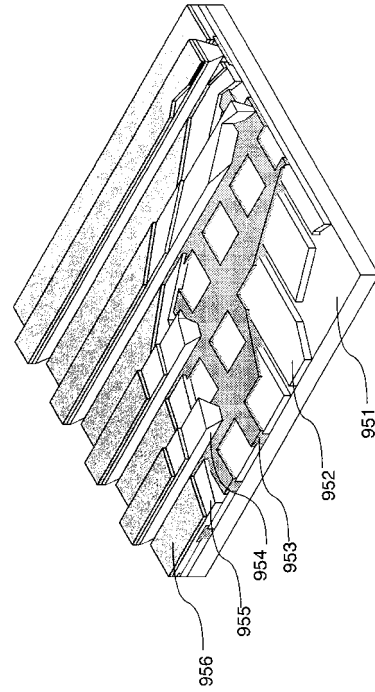
【図 3】



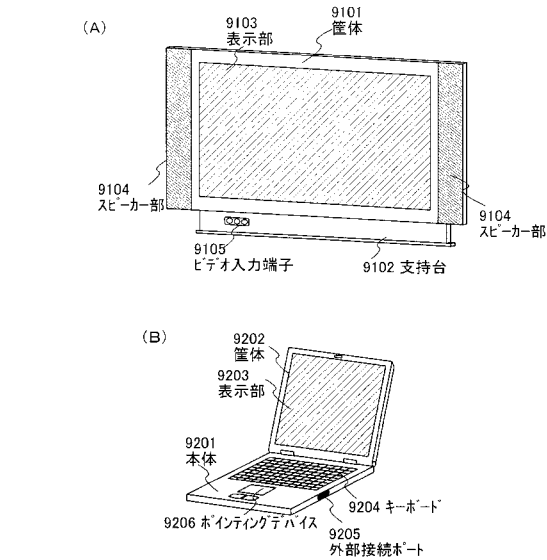
【図 4】



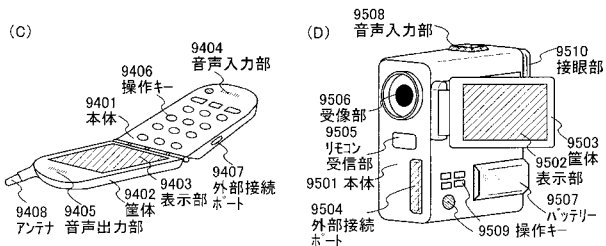
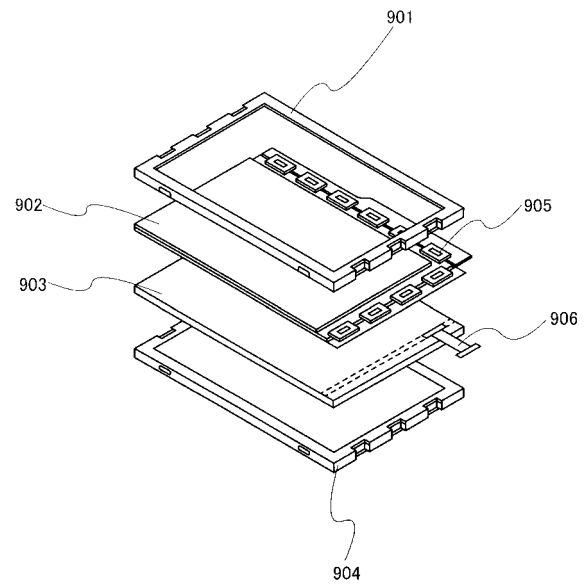
【図 5】



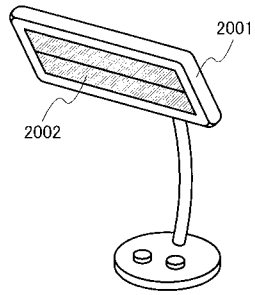
【図 6】



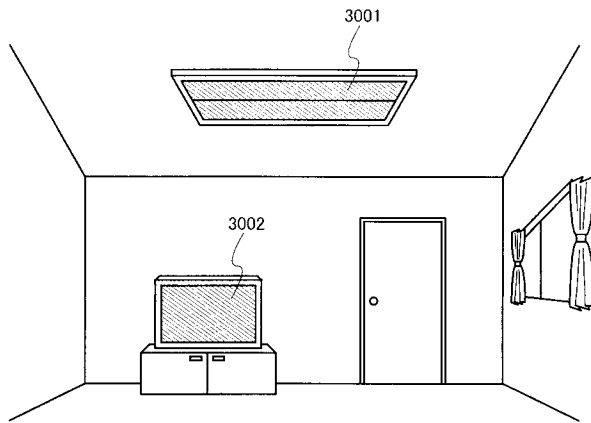
【図 7】



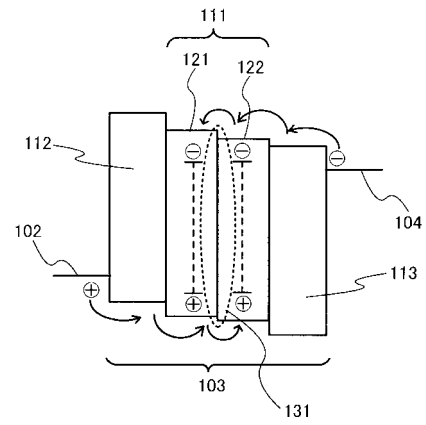
【図 8】



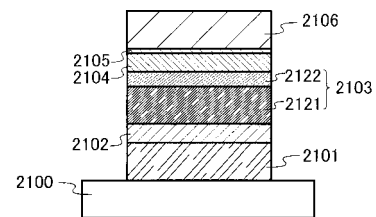
【図 9】



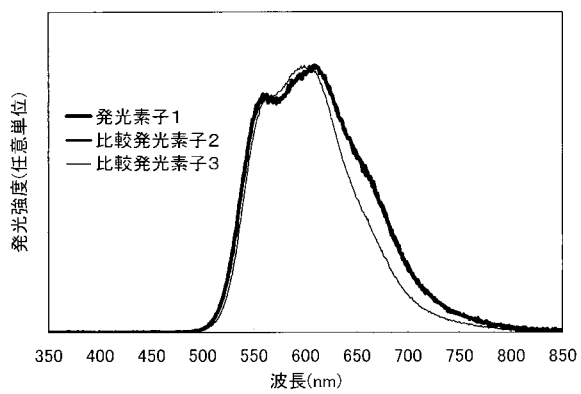
【図 10】



【図 11】



【図 12】



【図 13】

