

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第6023461号  
(P6023461)

(45) 発行日 平成28年11月9日 (2016. 11. 9)

(24) 登録日 平成28年10月14日 (2016. 10. 14)

(51) Int. Cl.

F I

H O 5 B 33/12 (2006. 01)

H O 5 B 33/12 C

H O 1 L 51/50 (2006. 01)

H O 5 B 33/22 B

H O 5 B 33/14 A

H O 5 B 33/22 D

請求項の数 7 (全 57 頁)

(21) 出願番号 特願2012-105579 (P2012-105579)  
(22) 出願日 平成24年5月7日 (2012. 5. 7)  
(65) 公開番号 特開2013-12467 (P2013-12467A)  
(43) 公開日 平成25年1月17日 (2013. 1. 17)  
審査請求日 平成27年4月14日 (2015. 4. 14)  
(31) 優先権主張番号 特願2011-108559 (P2011-108559)  
(32) 優先日 平成23年5月13日 (2011. 5. 13)  
(33) 優先権主張国 日本国 (JP)  
(31) 優先権主張番号 特願2011-123451 (P2011-123451)  
(32) 優先日 平成23年6月1日 (2011. 6. 1)  
(33) 優先権主張国 日本国 (JP)

(73) 特許権者 000153878  
株式会社半導体エネルギー研究所  
神奈川県厚木市長谷 3 9 8 番地  
(72) 発明者 瀬尾 広美  
神奈川県厚木市長谷 3 9 8 番地 株式会社  
半導体エネルギー研究所内  
(72) 発明者 瀬尾 哲史  
神奈川県厚木市長谷 3 9 8 番地 株式会社  
半導体エネルギー研究所内  
審査官 濱野 隆

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 発光素子、発光装置

(57) 【特許請求の範囲】

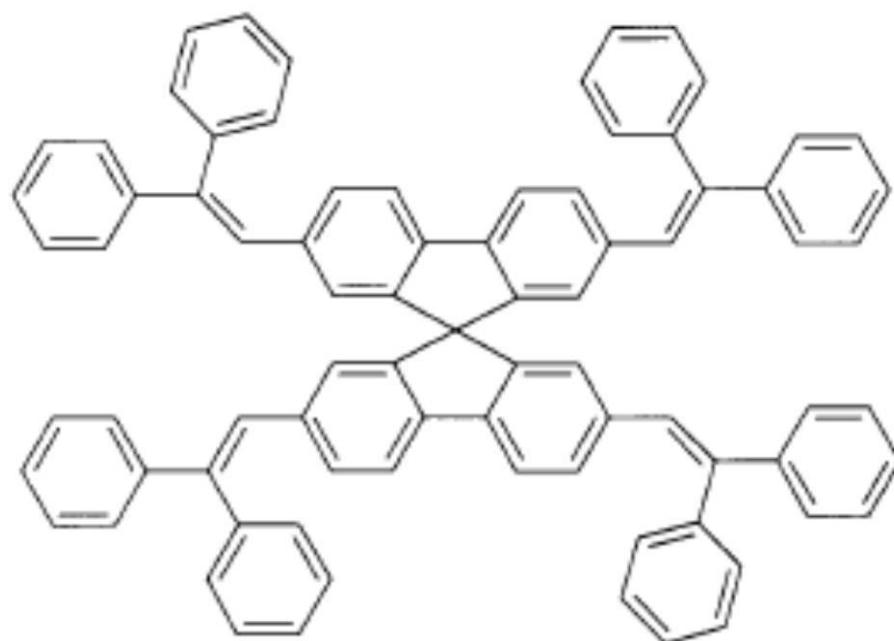
【請求項 1】

少なくとも一の E L 層と、前記 E L 層を間に挟む陽極及び陰極とを有し、

前記 E L 層が有する層の少なくとも 1 つは、正孔輸送性が高い有機化合物 (ただし、下記式で表される化合物は除く) と電子受容体とを有する複合材料を含み、

前記複合材料は、E S R 法により測定されるスピン濃度が  $1 \times 10^{19} \text{ spins / cm}^3$  以下である発光素子。

【化 1】



10

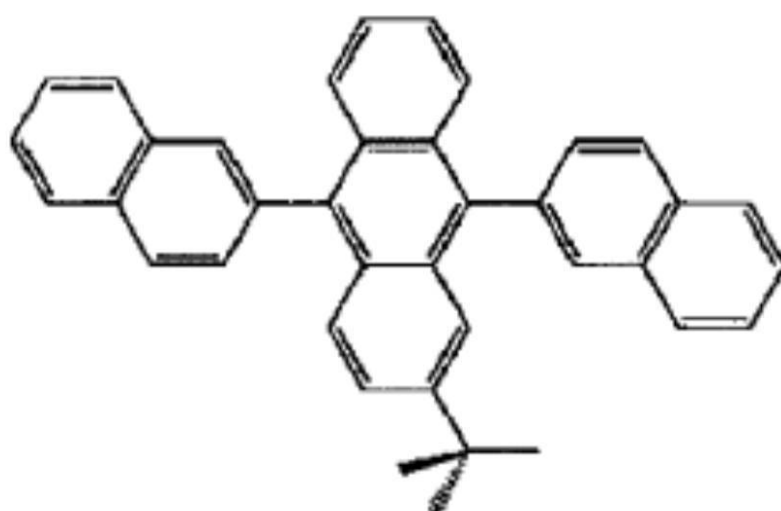
【化 2】



20

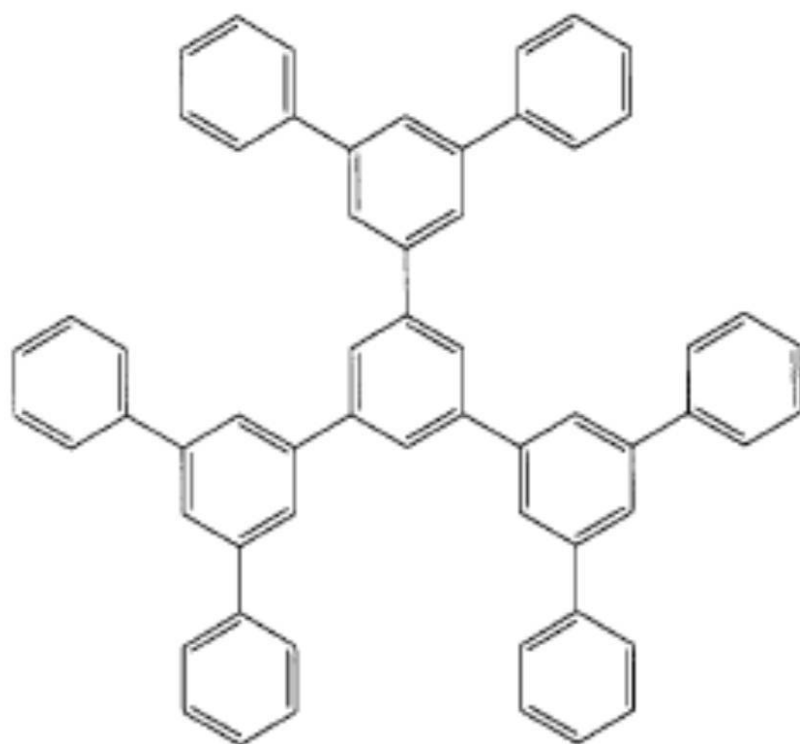
30

【化 3】



40

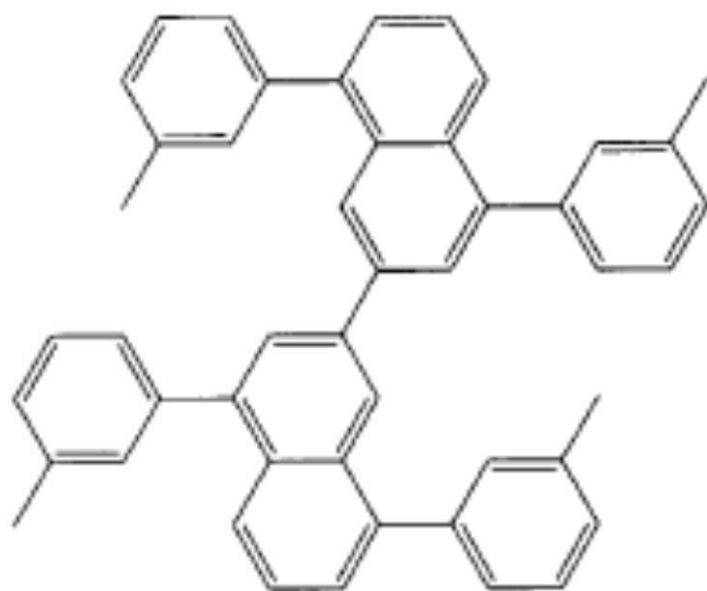
## 【化 4】



10

20

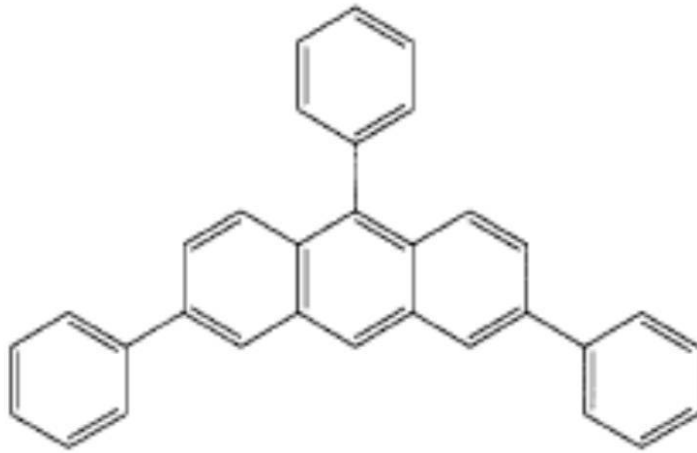
## 【化 5】



30

40

## 【化 6】



10

## 【請求項 2】

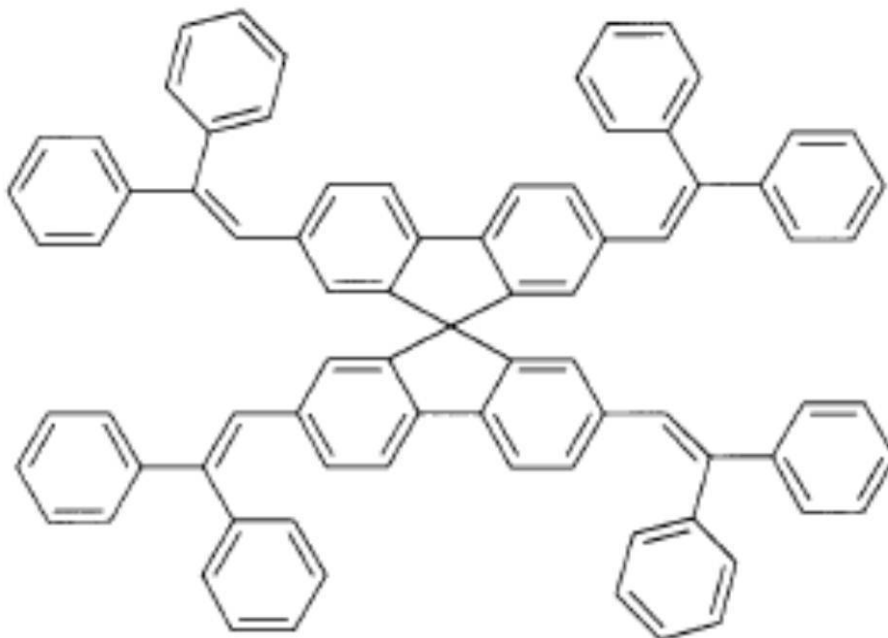
少なくとも一の電荷発生層と、前記少なくとも一の電荷発生層を間に挟むように積層された複数の EL 層と、前記電荷発生層及び前記複数の EL 層を間に挟む陽極及び陰極とを有し、

前記電荷発生層は、正孔輸送性が高い有機化合物（ただし、下記式で表される化合物は除く）と電子受容体とを有する複合材料を含み、

20

前記複合材料は、ESR 法により測定されるスピン濃度が  $1 \times 10^{19} \text{ spins/cm}^3$  以下である発光素子。

## 【化 7】



30

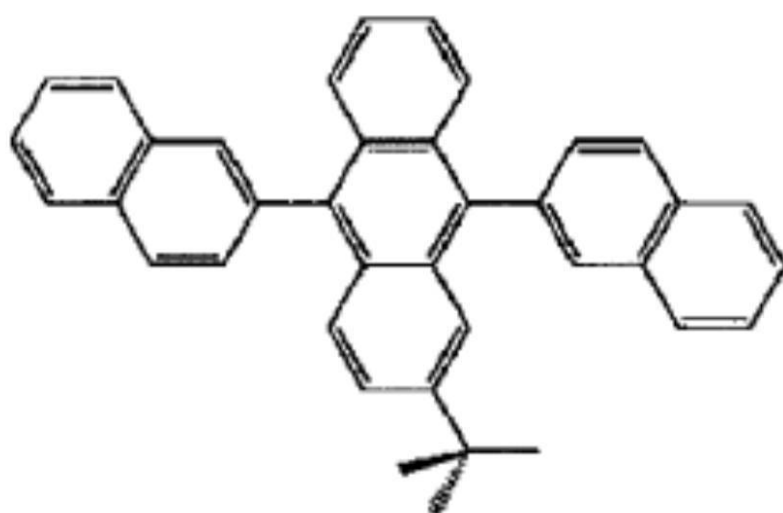
40

【化 8】



10

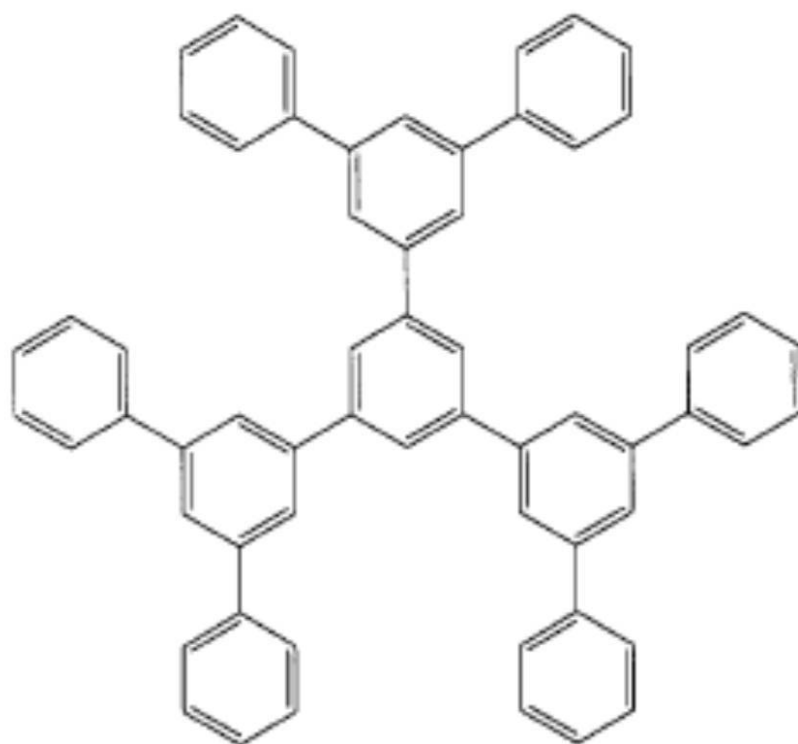
【化 9】



20

30

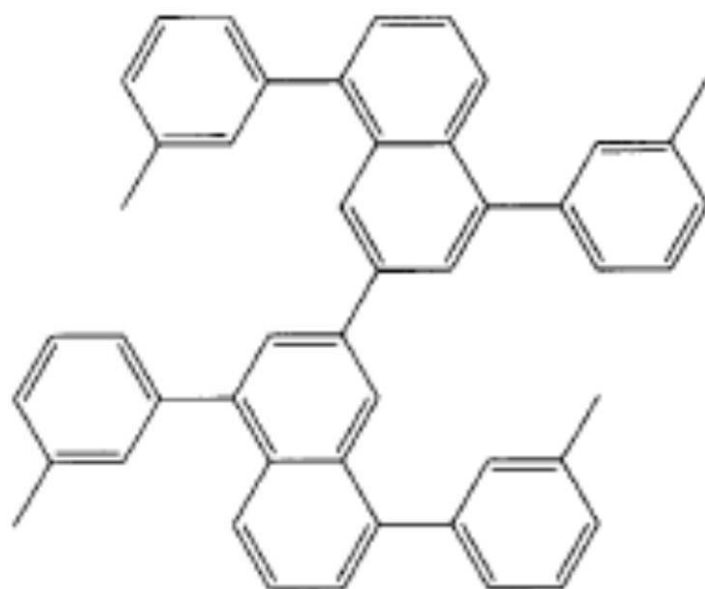
## 【化 1 0】



10

20

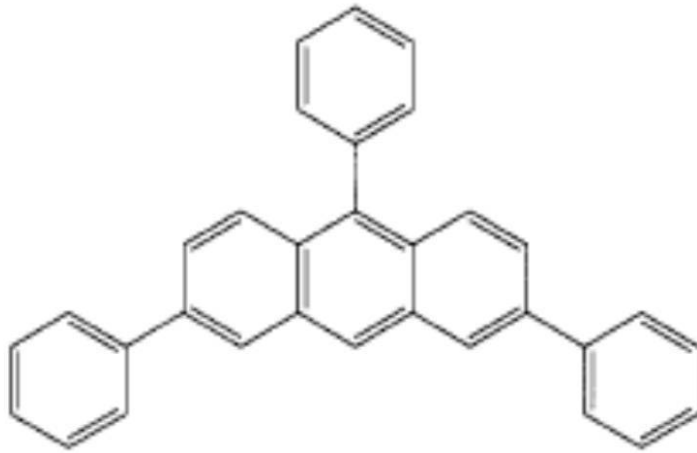
## 【化 1 1】



30

40

## 【化 1 2】



10

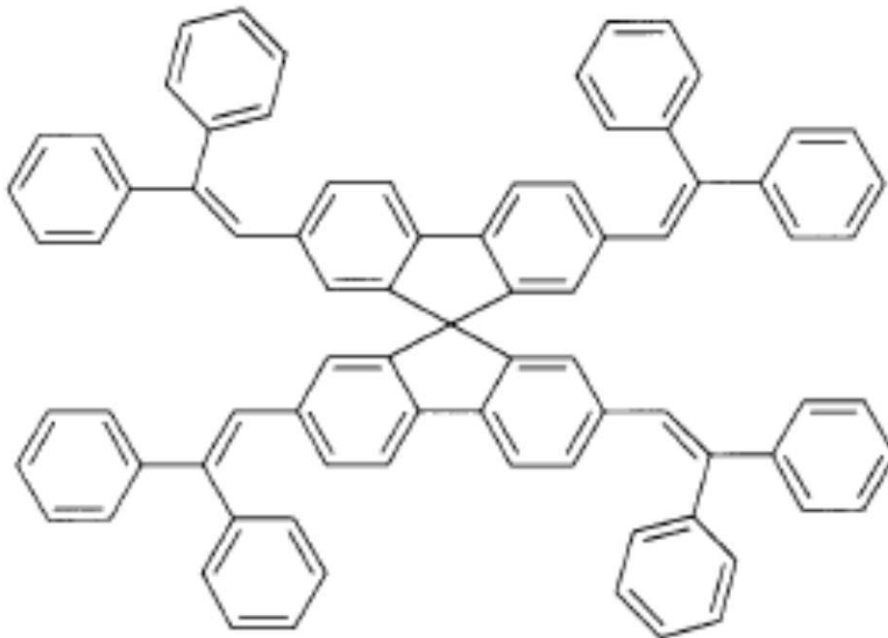
## 【請求項 3】

少なくとも一の E L 層と、前記 E L 層を間に挟む陽極及び陰極とを有し、  
 前記 E L 層が有する層の少なくとも 1 つは、正孔輸送性が高い有機化合物（ただし、下  
 記式で表される化合物は除く）と電子受容体とを有する複合材料を含み、

前記複合材料は、前記有機化合物に対する前記電子受容体のモル比が 1 以上の場合にお  
 いて、E S R 法により測定されるスピン濃度が  $3 \times 10^{19} \text{ spins/cm}^3$  以下であ  
 る発光素子。

20

## 【化 1 3】



30

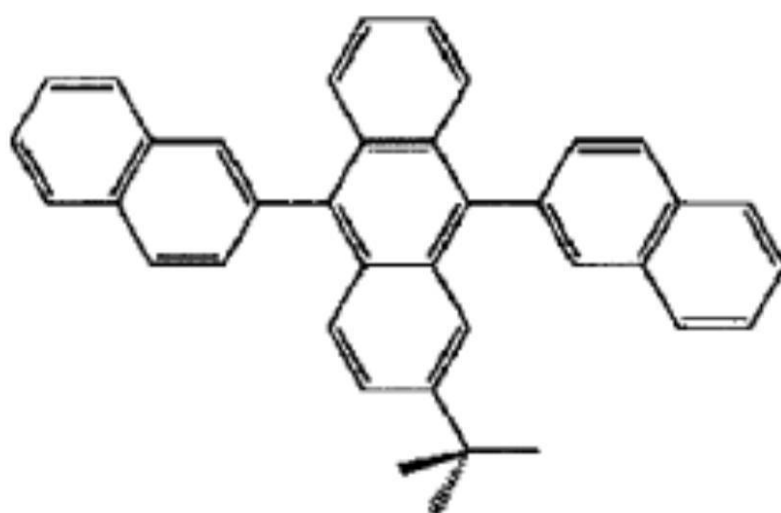
40

【化 1 4】



10

【化 1 5】

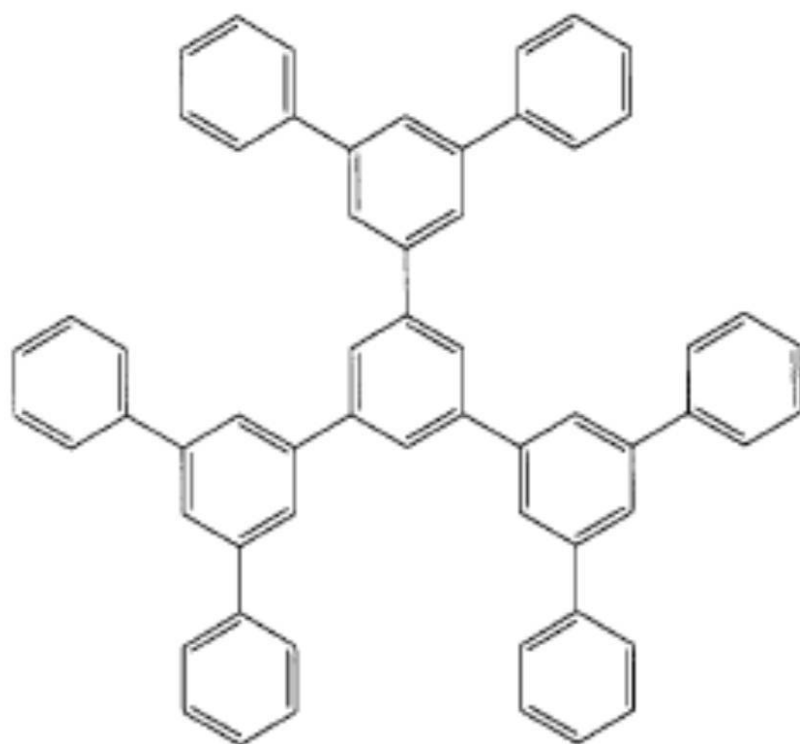


20

30



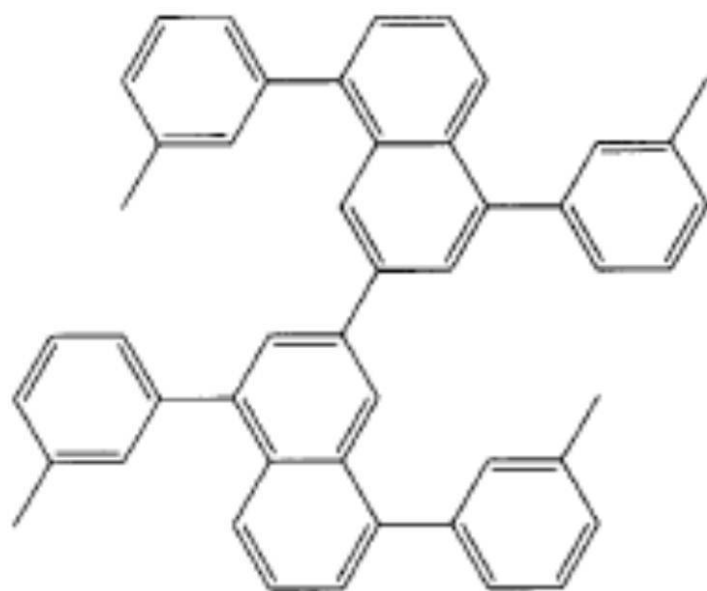
【化 1 6】



10

20

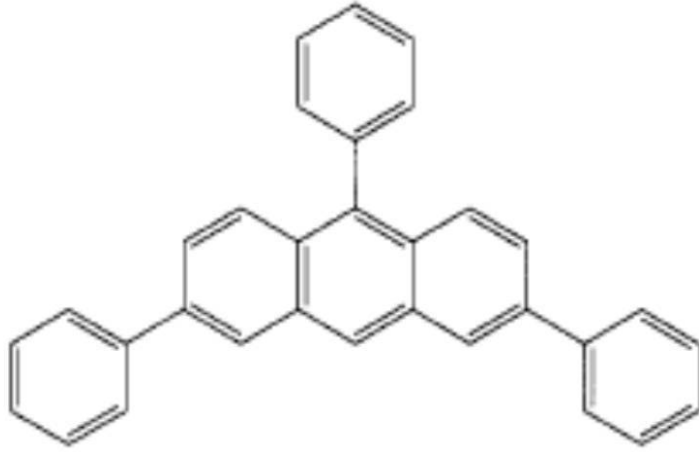
【化 1 7】



30

40

## 【化 18】



10

## 【請求項 4】

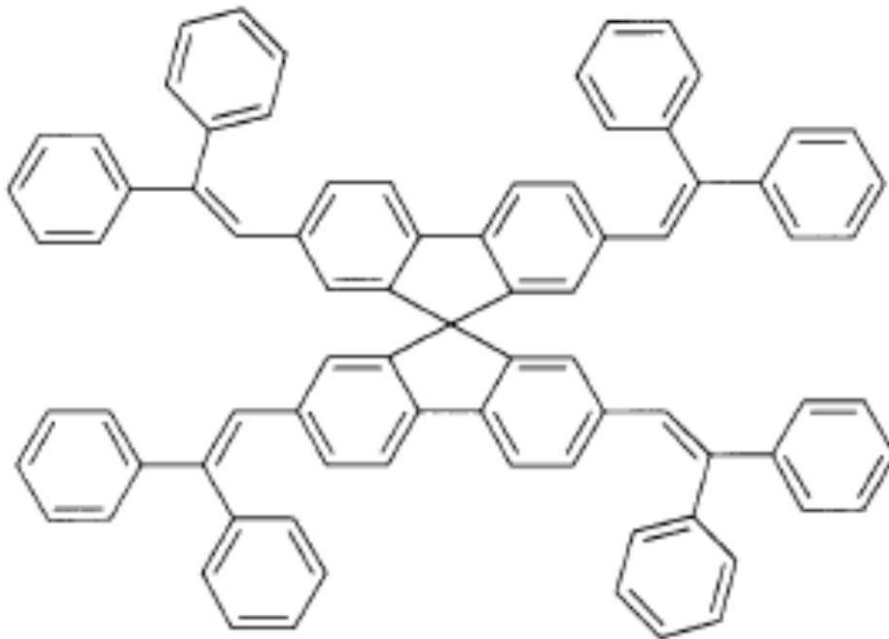
少なくとも一の電荷発生層と、前記少なくとも一の電荷発生層を間に挟むように積層された複数の E L 層と、前記電荷発生層及び前記複数の E L 層を間に挟む陽極及び陰極とを有し、

前記電荷発生層は、正孔輸送性が高い有機化合物（ただし、下記式で表される化合物は除く）と電子受容体とを有する複合材料を含み、

前記複合材料は、前記有機化合物に対する前記電子受容体のモル比が 1 以上の場合において、ESR 法により測定されるスピン濃度が  $3 \times 10^{19} \text{ spins/cm}^3$  以下である発光素子。

20

## 【化 19】



30

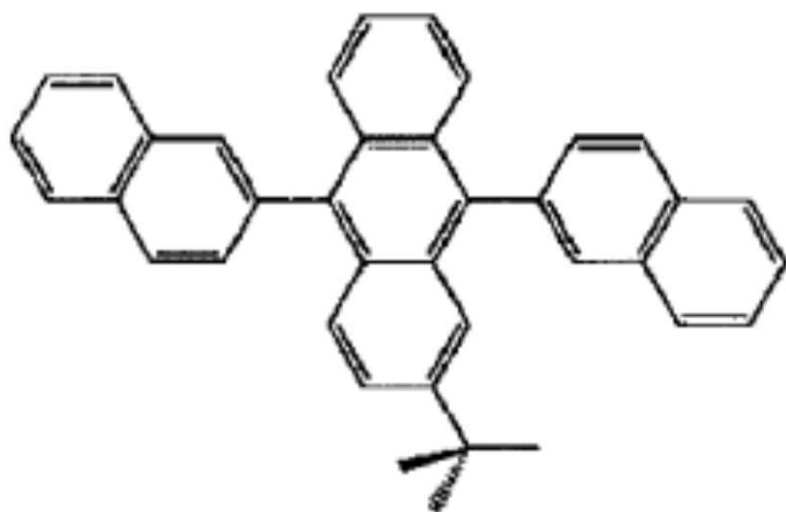
40

【化 2 0】



10

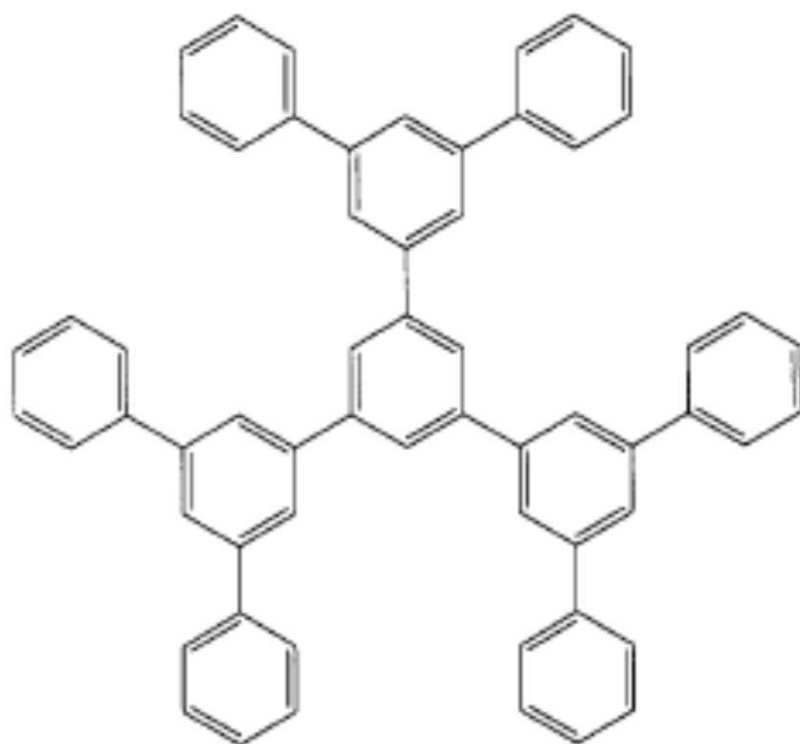
【化 2 1】



20

30

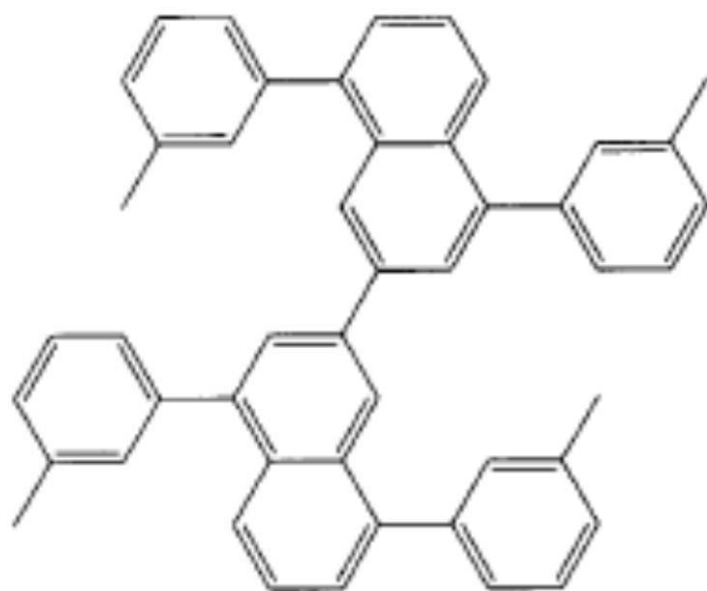
## 【化 2 2】



10

20

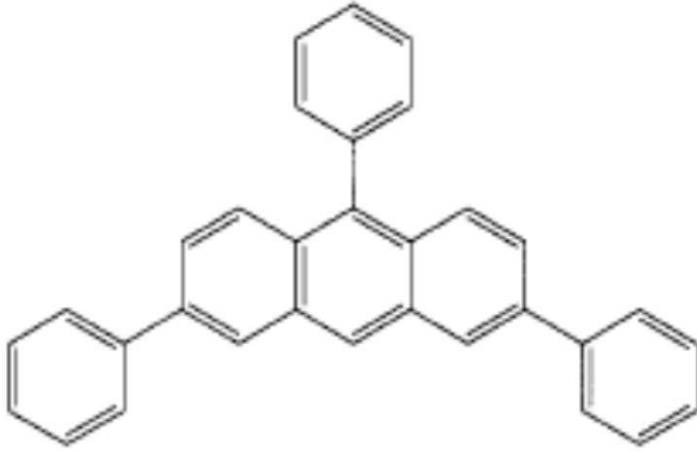
## 【化 2 3】



30

40

## 【化 2 4】



10

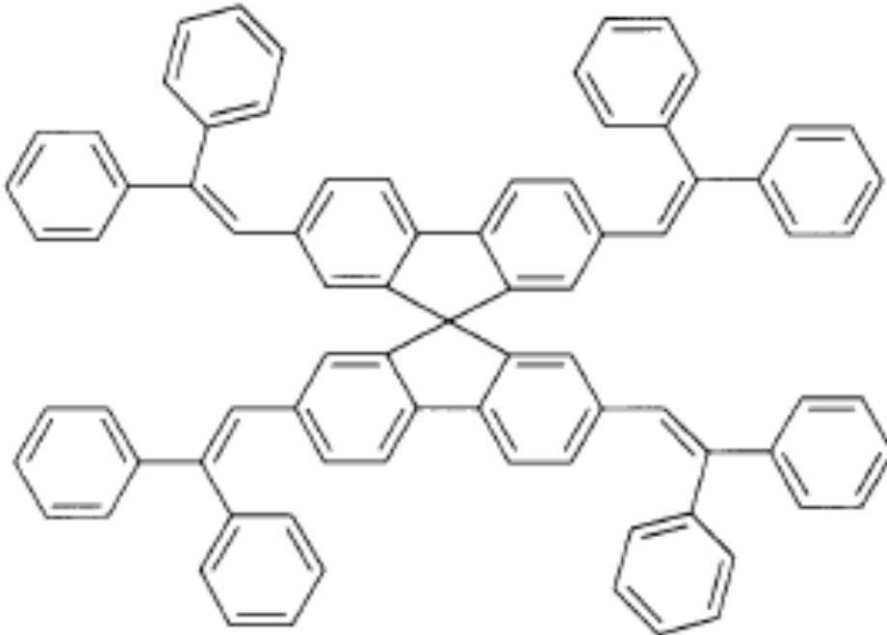
## 【請求項 5】

少なくとも一の E L 層と、前記 E L 層を間に挟む陽極及び陰極とを有し、  
 前記 E L 層が有する層の少なくとも 1 つは、正孔輸送性が高い有機化合物（ただし、下  
 記式で表される化合物は除く）と電子受容体とを有する複合材料を含み、

前記複合材料は、前記有機化合物に対する前記電子受容体のモル比が 2 以上の場合にお  
 いて、E S R 法により測定されるスピン濃度が  $5 \times 10^{19} \text{ spins/cm}^3$  以下であ  
 る発光素子。

20

## 【化 2 5】



30

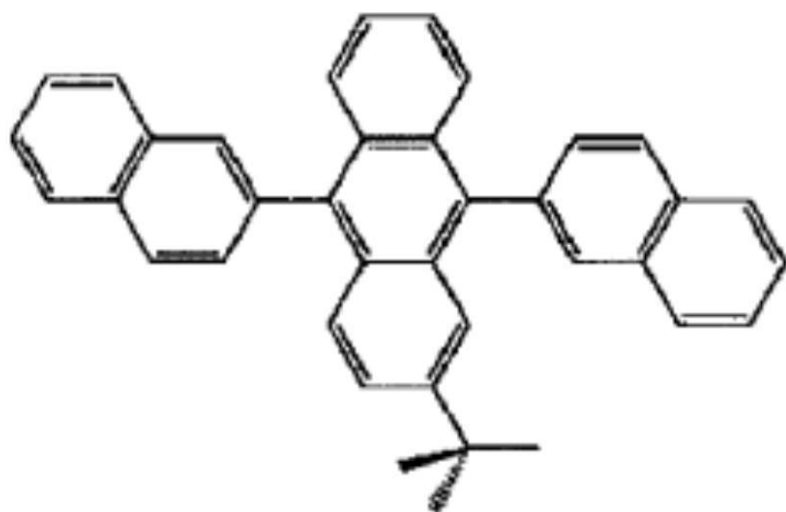
40

【化 2 6】



10

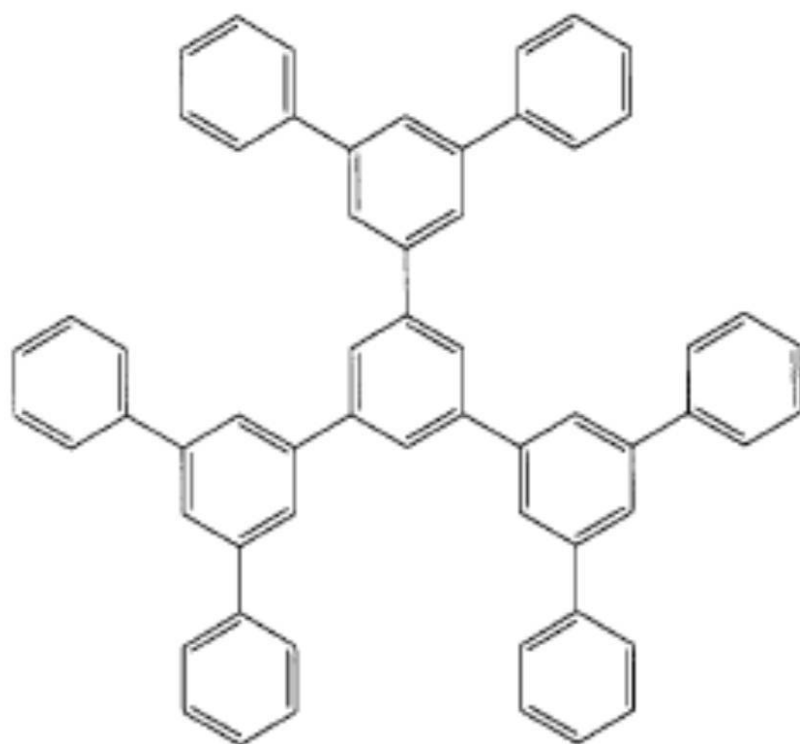
【化 2 7】



20

30

## 【化 2 8】



10

20

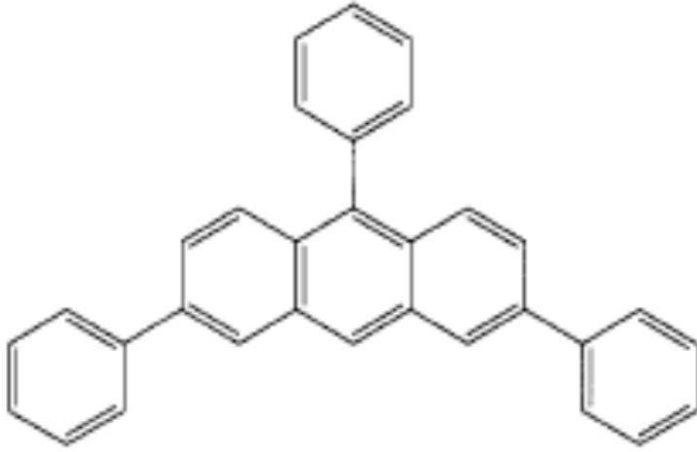
## 【化 2 9】



30

40

## 【化 3 0】



10

## 【請求項 6】

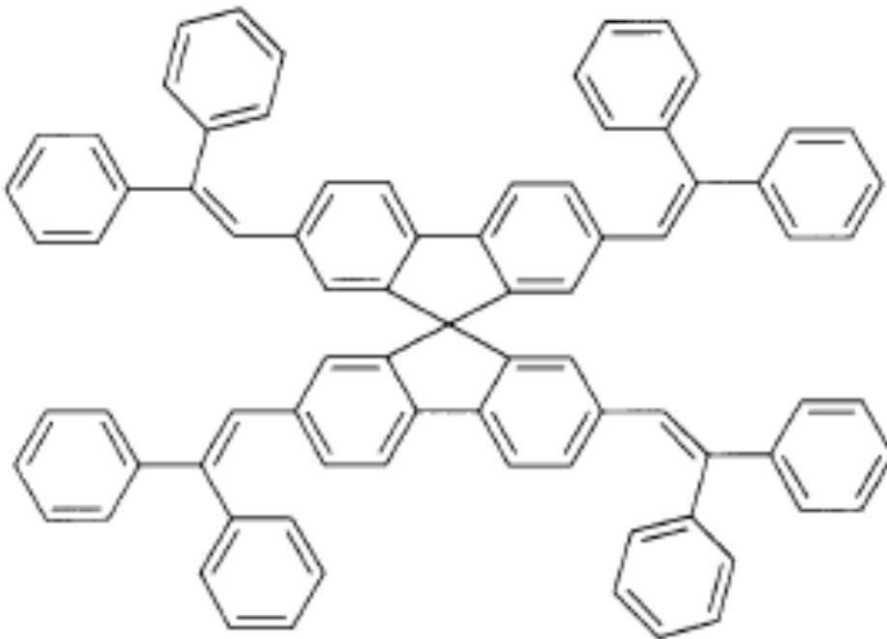
少なくとも一の電荷発生層と、前記少なくとも一の電荷発生層を間に挟むように積層された複数の E L 層と、前記電荷発生層及び前記複数の E L 層を間に挟む陽極及び陰極とを有し、

前記電荷発生層は、正孔輸送性が高い有機化合物（ただし、下記式で表される化合物は除く）と電子受容体とを有する複合材料を含み、

前記複合材料は、前記有機化合物に対する前記電子受容体のモル比が 2 以上の場合において、E S R 法により測定されるスピン濃度が  $5 \times 10^{19} \text{ spins/cm}^3$  以下である発光素子。

20

## 【化 3 1】



30

40

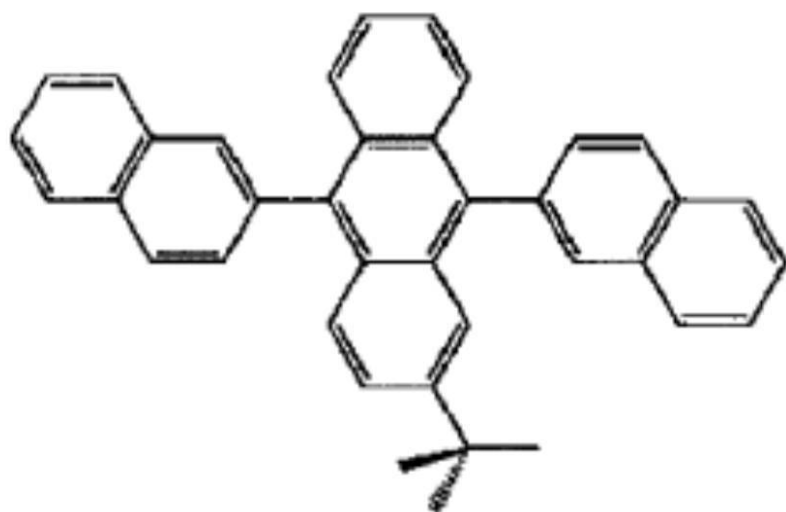


【化 3 2】



10

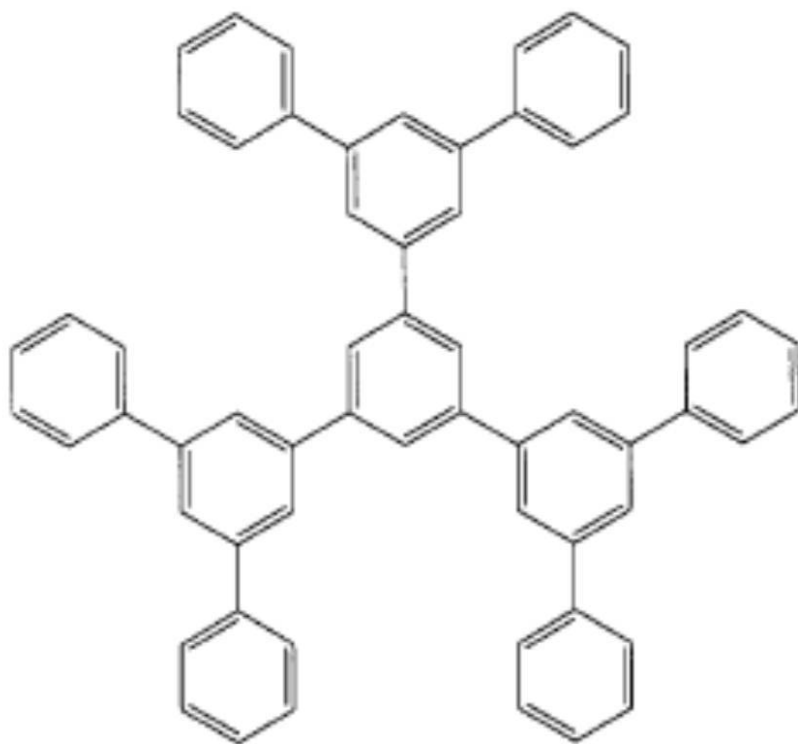
【化 3 3】



20

30

## 【化 3 4】



10

20

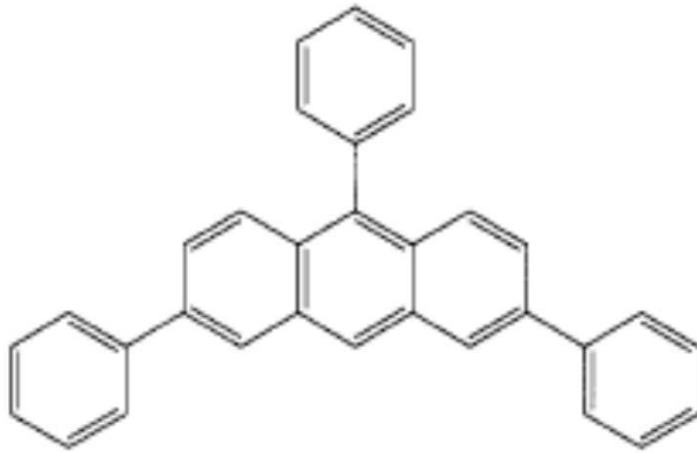
## 【化 3 5】



30

40

## 【化 3 6】



10

## 【請求項 7】

請求項 1 乃至請求項 6 のいずれか一に記載の発光素子を有する発光装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【技術分野】

## 【0001】

20

本発明は、一対の電極間に E L 層を有する発光素子に関する。また、本発明は、上記発光素子を用いた発光装置に関する。

## 【背景技術】

## 【0002】

一対の電極間に E L 層を有する発光素子は、自ら発光するため視認性が高く、液晶表示装置 (LCD) で必要なバックライトが要らず薄型化に最適であると共に、視野角にも制限が無い。そのため発光素子を用いた表示装置は、CRT や LCD に代わる表示装置として注目されており、実用化が進められている。また、発光素子は薄型の面光源であり、その形状に制約が少ない。そのため、発光素子を光源とする照明装置は、蛍光灯、白熱灯、LED などを用いた従来の照明装置の代替品としてのみならず、新たな用途への応用が期待

30

## 【0003】

ところで、発光素子の輝度を高めるには、発光素子に供給する電流の値を高めれば良い。しかし、発光素子に供給される電流の値が高いと、E L 層の劣化が促進されるので発光素子の寿命が短くなる。そこで、下記特許文献 1 では、発光層を含む発光ユニットが陽極と陰極の間において積層されており、なおかつ発光ユニットどうしは電荷発生層によって仕切られている発光素子の構成が、開示されている。上記構成とすることで、各発光層に供給される電流の値を小さく抑えつつ、発光素子の輝度を高めることができる。

## 【先行技術文献】

## 【特許文献】

40

## 【0004】

【特許文献 1】特開 2003 - 272860 号公報

## 【発明の概要】

## 【発明が解決しようとする課題】

## 【0005】

具体的に、特許文献 1 では、イオン化ポテンシャルが 5 . 7 e V より小さく電子供与性を有する有機化合物と、上記有機化合物と酸化還元反応による電荷移動錯体を形成しうる無機物質または有機物質とが、混合または積層されて電荷発生層に含まれていると記載されている。そして、酸化還元反応による電荷移動錯体の形成が、電圧印加時における電荷移動を可能とする重要な要件であり、上記電荷移動錯体中の電荷が、陽極と陰極の間に電圧

50

を印加したときに陽極または陰極に向かって移動することで、電荷発生層から見て陰極側に位置する発光ユニットにホールを、電荷発生層から見て陽極側に位置する発光ユニットに電子を、電気絶縁性である電荷発生層から注入することができるとしている。

【0006】

そして、特許文献1では、電荷発生層の吸収スペクトルにおいて、800nm～2000nmの近赤外線領域に観測される新たなピークが、電荷移動錯体の形成を意味するものとしている。しかし、特許文献1の図5～図7に示す吸収スペクトルから分かるとおり、電荷移動錯体を含むとされる電荷発生層の吸収スペクトルでは、近赤外線領域のみならず、300nm～600nmの可視光領域にも新たなピークが観測されている。これは、上記電荷発生層が可視光領域の波長の光を吸収することを意味しており、電荷発生層に含まれる電荷移動錯体が、発光素子からの光の取り出し効率を低下させる一因となることを、示唆するものである。

10

【0007】

上述したような技術的背景のもと、本発明では、光の取り出し効率を高めることで、消費電力を抑えることができる発光素子、及び上記発光素子を用いた発光装置の提供を課題とする。

【課題を解決するための手段】

【0008】

本発明者らは、有機化合物と上記有機化合物に対して電子受容性を有する物質（以下、電子受容体とする）とを有する複合材料の正孔注入性は、酸化還元反応で生成された電荷移動錯体によって、もたらされるものではないと考えた。本発明の一態様は、有機化合物と電子受容体との間において酸化還元反応により電荷移動錯体が形成されていなくとも、電圧の印加時に、電子受容体によって有機化合物から電子が引き抜かれることで発生する正孔が、複合材料を含む層から隣接する層へ注入されることで、優れた正孔注入性を確保するものである。

20

【0009】

具体的に、本発明の一態様では、正孔輸送性が高い有機化合物と電子受容体とを有する複合材料であって、なおかつ、電子スピン共鳴（ESR: Electron Spin Resonance）法により測定されるスピン濃度が $1 \times 10^{19} \text{ spins/cm}^3$ 以下、或いは、有機化合物に対する電子受容体のモル比が1以上の場合において、スピン濃度が $3 \times 10^{19} \text{ spins/cm}^3$ 以下、或いは、有機化合物に対する電子受容体のモル比が2以上の場合において、スピン濃度が $5 \times 10^{19} \text{ spins/cm}^3$ 以下である複合材料を、発光素子に用いる。

30

【0010】

複合材料におけるスピン濃度が上記範囲にあれば、それは、複合材料内において電荷移動相互作用により発生する不対電子の数が少ない、すなわち、複合材料内において電荷移動相互作用が生じにくいことを意味する。

【0011】

なお、上記複合材料の有する有機化合物のイオン化ポテンシャルは、5.7eV以上であることが好ましい。有機化合物のイオン化ポテンシャルが5.7eV以上であることは、スピン濃度を低減させる上で望ましいからである。

40

【0012】

本発明の一態様は、特許文献1とは異なり、有機化合物と電子受容体の間において電荷移動相互作用が生じにくい複合材料を用いている。そのため、上記複合材料を含む層において、電荷移動相互作用に基づく、波長が300nm～600nmである光の吸収を小さく抑えることができ、波長が360nm～830nmである可視光に対する上記層の透過率を高めることができる。

【0013】

なお、正孔輸送性が高い有機化合物は、低分子化合物、高分子化合物（オリゴマー、 dendrimer、ポリマー等）などの有機化合物のうち、電子よりも正孔の輸送性の高い有機化

50

合物、より望ましくは、 $10^{-6} \text{ cm}^2 / \text{Vs}$ 以上の正孔移動度を有する有機化合物である。具体的に、正孔輸送性が高く、なおかつ電子受容体との間において電荷移動相互作用が生じにくい有機化合物として、例えば、1, 3, 5 - トリ (ジベンゾチオフェン - 4 - イル) ベンゼン (略称: DBT3P - II)、9 - [3, 5 - ジ (フェナントレン - 9 - イル) フェニル] フェナントレン (略称: Pn3P)、1 - [3, 5 - ジ (ナフタレン - 1 - イル) フェニル] ナフタレン (略称: N3P)、1, 2, 3, 4 - テトラフェニルナフタレン (略称: P4N)、1, 3, 5 - トリ (ジベンゾフラン - 4 - イル) ベンゼン (略称: DBF3P - II) が挙げられる。

#### 【0014】

また、上記電子受容体として、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: F4 - TCNQ)、クロラニル、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、上記酸化物として、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、酸化レニウムなどが挙げられる。

#### 【0015】

具体的に、本発明の一態様に係る発光素子は、少なくとも一のEL層と、前記EL層を間に挟む一対の電極とを有する。そして、前記EL層は、有機化合物及び電子受容体で構成される複合材料を含む層を有する。上記複合材料は、ESR法により測定されるスピン濃度が $1 \times 10^{19} \text{ spins} / \text{cm}^3$ 以下、或いは、有機化合物に対する電子受容体のモル比が1以上の場合において、スピン濃度が $3 \times 10^{19} \text{ spins} / \text{cm}^3$ 以下、或いは、有機化合物に対する電子受容体のモル比が2以上の場合において、スピン濃度が $5 \times 10^{19} \text{ spins} / \text{cm}^3$ 以下である。

#### 【0016】

また、具体的に、本発明の一態様に係る発光素子は、少なくとも一の電荷発生層と、上記電荷発生層を間に挟むように積層された複数のEL層と、上記電荷発生層及び複数のEL層を間に挟む一対の電極とを有する。そして、電荷発生層、または複数のEL層のいずれか1つは、有機化合物及び電子受容体で構成される複合材料を含む。上記複合材料は、ESR法により測定されるスピン濃度が $1 \times 10^{19} \text{ spins} / \text{cm}^3$ 以下、或いは、有機化合物に対する電子受容体のモル比が1以上の場合において、スピン濃度が $3 \times 10^{19} \text{ spins} / \text{cm}^3$ 以下、或いは、有機化合物に対する電子受容体のモル比が2以上の場合において、スピン濃度が $5 \times 10^{19} \text{ spins} / \text{cm}^3$ 以下である。

#### 【発明の効果】

#### 【0017】

本発明の一態様では、可視光に対する透過率が高い複合材料を発光素子に用いることで、発光素子からの光の取り出し効率を高めることができる。よって、消費電力を小さく抑えつつ、高い輝度を得られる発光素子と、上記発光素子を用いた発光装置を提供することができる。

#### 【図面の簡単な説明】

#### 【0018】

【図1】発光素子の構造を示す図。

【図2】有機化合物に対する酸化モリブデン (VI) のモル比と、電子スピン共鳴スペクトルの測定により算出されたスピン濃度との関係を示すグラフ。

【図3】有機化合物に対する酸化モリブデン (VI) のモル比と、電子スピン共鳴スペクトルの測定により算出されたスピン濃度との関係を示すグラフ。

【図4】発光素子の構造を示す図。

【図5】発光素子の構造を示す図。

【図6】発光素子の構造を示す図。

【図7】発光装置の構成を示す斜視図。

【図8】発光装置の構成を示す断面図。

【図 9】発光装置の斜視図。

【図 10】電子機器の図。

【図 11】照明装置の図。

【図 12】複合材料の吸収スペクトル。

【図 13】複合材料の吸収スペクトル。

【図 14】発光素子 1 の電圧 - 輝度特性。

【図 15】発光素子 1 の輝度 - 電流効率特性。

【図 16】発光素子 2 の電圧 - 輝度特性。

【図 17】発光素子 2 の輝度 - 電流効率特性。

【図 18】発光素子 3 の輝度 - 電流効率特性。

10

【図 19】発光素子 3 の電圧 - 電流特性。

【図 20】発光素子 3 の輝度 - 色度座標特性。

【図 21】発光素子 3 の発光スペクトル。

【図 22】発光素子 4 の電圧 - 輝度特性。

【図 23】発光素子 4 の輝度 - 電流効率特性。

【図 24】発光素子 5 の電圧 - 輝度特性。

【図 25】発光素子 5 の輝度 - 電流効率特性。

【発明を実施するための形態】

【0019】

以下では、本発明の実施の形態について図面を用いて詳細に説明する。ただし、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。したがって、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。

20

【0020】

なお、本発明の発光装置は、発光素子を各画素に有する表示装置、発光素子を光源として用いる照明装置などを、その範疇に含む。また、上記表示装置は、発光素子が封入されたパネルと、該パネルにコントローラなどの集積回路が実装されたモジュールとを、その範疇に含む。

【0021】

(実施の形態 1)

30

本発明の一態様に係る発光素子は、少なくとも一の EL 層と、上記 EL 層を間に挟む一対の電極とを有する。そして、EL 層は、正孔輸送性の高い有機化合物及び電子受容体を有し、なおかつ電荷移動相互作用が生じにくい複合材料を含む層を有する。

【0022】

図 1 に、本発明の一態様に係る発光素子の構造を一例として示す。図 1 に示す発光素子は、一対の電極に相当する陽極 101 及び陰極 102 と、陽極 101 及び陰極 102 に挟まれた EL 層 103 とを有する。

【0023】

図 1 では、EL 層 103 が、正孔注入層 104、正孔輸送層 105、発光層 106、電子輸送層 107、電子注入層 108 などを含んでいる場合を例示している。具体的には、陽極 101 上に、正孔注入層 104 と、正孔輸送層 105 と、発光層 106 と、電子輸送層 107 と、電子注入層 108 と、陰極 102 とが順に積層されている。

40

【0024】

そして、図 1 に示す発光素子では、正孔輸送性の高い有機化合物と電子受容体との複合材料が、正孔注入層 104 に用いられている。上記複合材料は、有機化合物と電子受容体との間において、電荷移動相互作用が生じにくく、よって、電荷移動相互作用により発生する不対電子の数が少ない。具体的に、上記複合材料は、ESR 法により測定されるスピン濃度が  $1 \times 10^{19} \text{ spins/cm}^3$  以下、或いは、有機化合物に対する電子受容体のモル比が 1 以上の場合において、スピン濃度が  $3 \times 10^{19} \text{ spins/cm}^3$  以下、或いは、有機化合物に対する電子受容体のモル比が 2 以上の場合において、スピン濃度が 5

50

$\times 10^{19} \text{ spins/cm}^3$  以下である。

【0025】

上記有機化合物は、低分子化合物、高分子化合物（オリゴマー、 dendrimer、ポリマー等）などの有機化合物のうち、電子よりも正孔の輸送性の高い有機化合物、より望ましくは、 $10^{-6} \text{ cm}^2/\text{Vs}$  以上の正孔移動度を有する有機化合物であり、なおかつ電子受容体との間において電荷移動相互作用が生じにくい有機化合物である。特に、正孔を輸送する観点から、縮合芳香族化合物または縮合複素芳香族化合物が好ましい。また、電荷移動相互作用を生じにくい化合物という観点から、窒素原子を含まない縮合芳香族化合物（ナフタレン、フェナントレンなど）、または縮合複素芳香族化合物（ジベンゾチオフェン、ジベンゾフランなど）がより好ましいが、上述したスピン濃度が得られるものであれば、この限りではない。

10

【0026】

具体的に、複合材料に用いられる有機化合物として、1, 3, 5 - トリ（ジベンゾチオフェン - 4 - イル）ベンゼン（略称：DBT3P - II）、9 - [3, 5 - ジ（フェナントレン - 9 - イル）フェニル]フェナントレン（略称：Pn3P）、1 - [3, 5 - ジ（ナフタレン - 1 - イル）フェニル]ナフタレン（略称：N3P）、1, 2, 3, 4 - テトラフェニルナフタレン（略称：P4N）、1, 3, 5 - トリ（ジベンゾフラン - 4 - イル）ベンゼン（略称：DBF3P - II）などが挙げられる。これらの有機化合物は、イオン化ポテンシャルが5.7 eV以上である。

【0027】

また、具体的に、上記電子受容体として、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：F4 - TCNQ）、クロラニル、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、上記酸化物として、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、酸化レニウムなどが挙げられる。

20

【0028】

陰極102の電位に対して陽極101の電位が高くなるように、陽極101と陰極102間に電圧を印加すると、上記複合材料を含む正孔注入層104では、電子受容体により有機化合物から電子が引き抜かれることで、正孔が発生する。そして、生成した正孔が、正孔注入層104から正孔輸送層105を介して発光層106に注入される。

30

【0029】

本発明の一態様は、正孔輸送性が高い有機化合物と電子受容体の間において電荷移動相互作用が生じにくい複合材料を、正孔注入層104に用いるため、正孔注入層104において、電荷移動相互作用に基づく、波長が300 nm ~ 600 nmである光の吸収を小さく抑えることができる。よって、波長が360 nm ~ 830 nmである可視光に対する正孔注入層104の透過率を高めることができる。従って、本発明の一態様では、発光素子からの光の取り出し効率を高め、消費電力を小さく抑えつつ、高い輝度が得られる発光素子と、上記発光素子を用いた発光装置を提供することができる。

【0030】

以下に、本実施の形態に示す発光素子を作製する上での具体例について説明する。

40

【0031】

陽極101および陰極102には、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。具体的には、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（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、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）、チタン（Ti）の他、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

50

カリ金属、およびカルシウム (Ca)、ストロンチウム (Sr) 等のアルカリ土類金属、マグネシウム (Mg)、およびこれらを含む合金 (MgAg、AlLi)、ユウロピウム (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、その他、グラフェン等を用いることができる。なお、陽極 101 および陰極 102 は、例えばスパッタリング法や蒸着法 (真空蒸着法を含む) 等により形成することができる。

#### 【0032】

正孔輸送層 105 に用い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: NPB または - NPD) 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 (カルバゾール - 9 - イル) トリフェニルアミン (略称: CTCA)、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: 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) などの芳香族アミン化合物、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) 等が挙げられる。その他、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: TCBP)、9 - [4 - (10 - フェニル - 9 - アントラセニル) フェニル] - 9H - カルバゾール (略称: CzPA) 等のカルバゾール誘導体、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。

#### 【0033】

さらに、ポリ (N - ビニルカルバゾール) (略称: PVK)、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、正孔輸送層 105 に用いることもできる。

#### 【0034】

発光層 106 は、発光性の物質を含む層である。発光層 106 は、発光物質単独の膜で構成されていても、ホスト材料中に発光中心物質を分散された膜で構成されていても良い。

#### 【0035】

発光層 106 において、上記発光物質、又は発光中心物質として用いることが可能な材料としては特に限定は無く、これら材料が発する光は蛍光であっても燐光であっても良い。上記発光物質又は発光中心物質としては例えば、以下のようなものが挙げられる。蛍光発光性の物質としては、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: YGA2S)、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: YGAPA)、4 - (9H - カルバゾール - 9 - イル) - 4' - (9, 10 - ジフェニル - 2 - アントリル) トリフェニルアミン (略称: 2YGAPPA)、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: PCAPA)、ペリレン、2, 5, 8, 11 - テトラ - tert - ブチルペリレン (略称: TBP)、4 - (10 - フェニル - 9 - アントリル) - 4' - (9 - フェニル - 9H - カルバゾール - 3 - イル) トリフェニルアミン (略称: PCBAPA)、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 , 9 - ジフェニル - N - [ 4 - ( 9 , 10 - ジフェニル - 2 - アントリル ) フェニル ] - 9 H - カルバゾール - 3 - アミン ( 略称 : 2 P C A P P A ) 、 N - [ 4 - ( 9 , 10 - ジフェニル - 2 - アントリル ) フェニル ] - N , N ' , N ' - トリフェニル - 1 , 4 - フェニレンジアミン ( 略称 : 2 D P A P P A ) 、 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 ( 略称 : D B C 1 ) 、 クマリン 30 、 N - ( 9 , 10 - ジフェニル - 2 - アントリル ) - N , 9 - ジフェニル - 9 H - カルバゾール - 3 - アミン ( 略称 : 2 P C A P A ) 、 N - [ 9 , 10 - ビス ( 1 , 1 ' - ビフェニル - 2 - イル ) - 2 - アントリル ] - N , 9 - ジフェニル - 9 H - カルバゾール - 3 - アミン ( 略称 : 2 P C A B P h A ) 、 N - ( 9 , 10 - ジフェニル - 2 - アントリル ) - N , N ' , N ' - トリフェニル - 1 , 4 - フェニレンジアミン ( 略称 : 2 D P A P A ) 、 N - [ 9 , 10 - ビス ( 1 , 1 ' - ビフェニル - 2 - イル ) - 2 - アントリル ] - N , N ' , N ' - トリフェニル - 1 , 4 - フェニレンジアミン ( 略称 : 2 D P A B P h A ) 、 9 , 10 - ビス ( 1 , 1 ' - ビフェニル - 2 - イル ) - N - [ 4 - ( 9 H - カルバゾール - 9 - イル ) フェニル ] - N - フェニルアントラセン - 2 - アミン ( 略称 : 2 Y G A B P h A ) 、 N , N , 9 - トリフェニルアントラセン - 9 - アミン ( 略称 : D P h A P h A ) クマリン 5 4 5 T 、 N , N ' - ジフェニルキナクリドン ( 略称 : D P Q d ) 、 ルブレン、 5 , 12 - ビス ( 1 , 1 ' - ビフェニル - 4 - イル ) - 6 , 11 - ジフェニルテトラセン ( 略称 : B P T ) 、 2 - { 2 - { 2 - [ 4 - ( ジメチルアミノ ) フェニル ] エテニル } - 6 - メチル - 4 H - ピラン - 4 - イリデン } プロパンジニトリル ( 略称 : D C M 1 ) 、 2 - { 2 - メチル - 6 - [ 2 - ( 2 , 3 , 6 , 7 - テトラヒドロ - 1 H , 5 H - ベンゾ [ i j ] キノリジン - 9 - イル ) エテニル ] - 4 H - ピラン - 4 - イリデン } プロパンジニトリル ( 略称 : D C M 2 ) 、 N , N , N ' , N ' - テトラキス ( 4 - メチルフェニル ) テトラセン - 5 , 11 - ジアミン ( 略称 : p - m P h T D ) 、 7 , 14 - ジフェニル - N , N , N ' , N ' - テトラキス ( 4 - メチルフェニル ) アセナフト [ 1 , 2 - a ] フルオランテン - 3 , 10 - ジアミン ( 略称 : p - m P h A F D ) 、 2 - { 2 - イソプロピル - 6 - [ 2 - ( 1 , 1 , 7 , 7 - テトラメチル - 2 , 3 , 6 , 7 - テトラヒドロ - 1 H , 5 H - ベンゾ [ i j ] キノリジン - 9 - イル ) エテニル ] - 4 H - ピラン - 4 - イリデン } プロパンジニトリル ( 略称 : D C J T I ) 、 2 - { 2 - t e r t - ブチル - 6 - [ 2 - ( 1 , 1 , 7 , 7 - テトラメチル - 2 , 3 , 6 , 7 - テトラヒドロ - 1 H , 5 H - ベンゾ [ i j ] キノリジン - 9 - イル ) エテニル ] - 4 H - ピラン - 4 - イリデン } プロパンジニトリル ( 略称 : D C J T B ) 、 2 - ( 2 , 6 - ビス { 2 - [ 4 - ( ジメチルアミノ ) フェニル ] エテニル } - 4 H - ピラン - 4 - イリデン ) プロパンジニトリル ( 略称 : B i s D C M ) 、 2 - { 2 , 6 - ビス [ 2 - ( 8 - メトキシ - 1 , 1 , 7 , 7 - テトラメチル - 2 , 3 , 6 , 7 - テトラヒドロ - 1 H , 5 H - ベンゾ [ i j ] キノリジン - 9 - イル ) エテニル ] - 4 H - ピラン - 4 - イリデン } プロパンジニトリル ( 略称 : B i s D C J T M ) などが挙げられる。燐光発光性の物質としては、ビス [ 2 - ( 3 ' , 5 ' - ビストリフルオロメチルフェニル ) ピリジナト - N , C <sup>2</sup> ' ] イリジウム ( I I I ) ピコリナート ( 略称 : I r ( C F <sub>3</sub> p p y ) <sub>2</sub> ( p i c ) ) 、 ビス [ 2 - ( 4 ' , 6 ' - ジフルオロフェニル ) ピリジナト - N , C <sup>2</sup> ' ] イリジウム ( I I I ) アセチルアセトナト ( 略称 : F I r a c a c ) 、 トリス ( 2 - フェニルピリジナト ) イリジウム ( I I I ) ( 略称 : I r ( p p y ) <sub>3</sub> ) 、 ビス ( 2 - フェニルピリジナト ) イリジウム ( I I I ) アセチルアセトナト ( 略称 : I r ( p p y ) <sub>2</sub> ( a c a c ) ) 、 トリス ( アセチルアセトナト ) ( モノフェナントロリン ) テルビウム ( I I I ) ( 略称 : T b ( a c a c ) <sub>3</sub> ( P h e n ) ) 、 ビス ( ベンゾ [ h ] キノリナト ) イリジウム ( I I I ) アセチルアセトナト ( 略称 : I r ( b z q ) <sub>2</sub> ( a c a c ) ) 、 ビス ( 2 , 4 - ジフェニル - 1 , 3 - オキサゾラト - N , C <sup>2</sup> ' ) イリジウム ( I I I ) アセチルアセトナト ( 略称 : I r ( d p o ) <sub>2</sub> ( a c a c ) ) 、 ビス [ 2 - ( 4 ' - パーフルオロフェニルフェニル ) ピリジナト ] イリジウム ( I I I ) アセチルアセトナト ( 略称 : I r ( p - P F - p h ) <sub>2</sub> ( a c a c ) ) 、 ビス ( 2 - フェニル

10

20

30

40

50

ベンゾチアゾラト - N, C<sup>2'</sup>) イリジウム (III) アセチルアセトナト (略称: Ir (bt)<sub>2</sub> (acac)), ビス [2 - (2' - ベンゾ [4, 5 - ] チエニル) ピリジナト - N, C<sup>3'</sup>] イリジウム (III) アセチルアセトナト (略称: Ir (btp)<sub>2</sub> (acac)), ビス (1 - フェニルイソキノリナト - N, C<sup>2'</sup>) イリジウム (III) アセチルアセトナト (略称: Ir (piq)<sub>2</sub> (acac)), (アセチルアセトナト) ビス [2, 3 - ビス (4 - フルオロフェニル) キノキサリナト] イリジウム (III) (略称: Ir (Fdpq)<sub>2</sub> (acac)), (アセチルアセトナト) ビス (2, 3, 5 - トリフェニルピラジナト) イリジウム (III) (略称: Ir (tppr)<sub>2</sub> (acac)), 2, 3, 7, 8, 12, 13, 17, 18 - オクタエチル - 21H, 23H - ポルフィリン白金 (II) (略称: PtOEP), トリス (1, 3 - ジフェニル - 1, 3 - プロパンジオナト) (モノフェナントロリン) ユーロピウム (III) (略称: Eu (DBM)<sub>3</sub> (Phen)), トリス [1 - (2 - テノイル) - 3, 3, 3 - トリフルオロアセトナト] (モノフェナントロリン) ユーロピウム (III) (略称: Eu (TTA)<sub>3</sub> (Phen)) などが挙げられる。

#### 【0036】

また、上記発光中心物質を分散するホスト材料として用いることが可能な材料としては、特に限定はないが、例えば、トリス (8 - キノリノラト) アルミニウム (III) (略称: Alq), トリス (4 - メチル - 8 - キノリノラト) アルミニウム (III) (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 (II) (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 (III) (略称: BAlq), ビス (8 - キノリノラト) 亜鉛 (II) (略称: Znq), ビス [2 - (2 - ベンゾオキサゾリル) フェノラト] 亜鉛 (II) (略称: ZnPBO), ビス [2 - (2 - ベンゾチアゾリル) フェノラト] 亜鉛 (II) (略称: ZnBTZ) などの金属錯体、2 - (4 - ビフェニル) - 5 - (4 - tert - ブチルフェニル) - 1, 3, 4 - オキサジアゾール (略称: PBD), 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 - ビフェニル) - 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), 2, 2', 2' - (1, 3, 5 - ベンゼントリイル) トリス (1 - フェニル - 1H - ベンゾイミダゾール) (略称: TPBI), バソフェナントロリン (略称: BPhen), バソキュプロイン (略称: BCP), 9 - [4 - (5 - フェニル - 1, 3, 4 - オキサジアゾール - 2 - イル) フェニル] - 9H - カルバゾール (略称: CO11) などの複素環化合物、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または - NPD), 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' - 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) などの芳香族アミン化合物が挙げられる。また、アントラセン誘導体、フェナントレン誘導体、ピレン誘導体、クリセン誘導体、ジベンゾ [g, p] クリセン誘導体等の縮合多環芳香族化合物が挙げられ、具体的には、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: DPPhPA), 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: YGAPA), 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: PCAPA), 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), N, 9 - ジフェニル - N - (9, 10 - ジフェニル - 2 - アン

トリル) - 9H - カルバゾール - 3 - アミン (略称: 2PCAPA), 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,

10

20

30

40

50

p] クリセン - 2, 7, 10, 15 - テトラアミン (略称: DBC1)、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: DPCzPA)、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) などを挙げることができる。

10

#### 【0037】

これら及び公知の物質の中から、上記発光中心物質のエネルギーギャップより大きなエネルギーギャップを有する物質を、一種もしくは複数種選択してホスト材料として用いられよい。また、発光中心物質が燐光を発する物質である場合、ホスト材料は該発光中心物質の三重項励起エネルギー (基底状態と三重項励起状態とのエネルギー差) よりも大きい三重項励起エネルギーを有する物質を選択すれば良い。

#### 【0038】

なお、発光層 106 は 2 層以上の複数層でもって構成することもできる。例えば、第 1 の発光層と第 2 の発光層を正孔輸送層 105 側から順に積層して発光層 106 とする場合、第 1 の発光層のホスト材料として正孔輸送性を有する物質を用い、第 2 の発光層のホスト材料として電子輸送性を有する物質を用いる構成などがある。また、異なる発光物質もしくは発光中心物質をそれぞれ含む発光層同士を積層しても良い。

20

#### 【0039】

電子輸送層 107 は、電子輸送性の高い物質を含む層である。電子輸送層 107 には、Alq<sub>3</sub>、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>)、BAlq、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)<sub>2</sub>) などの金属錯体を用いることができる。また、2 - (4 - ビフェニリル) - 5 - (4 - tert - ブチルフェニル) - 1, 3, 4 - オキサジアゾール (略称: PBD)、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 - tert - ブチルフェニル) - 4 - フェニル - 5 - (4 - ビフェニリル) - 1, 2, 4 - トリアゾール (略称: TAZ)、3 - (4 - tert - ブチルフェニル) - 4 - (4 - エチルフェニル) - 5 - (4 - ビフェニリル) - 1, 2, 4 - トリアゾール (略称: p - EtTAZ)、バソフェナントロリン (略称: BPhen)、バソキュプロイン (略称: BCP)、4, 4' - ビス (5 - メチルベンゾオキサゾール - 2 - イル) スチルベン (略称: BzOs) などの複素芳香族化合物も用いることができる。また、ポリ (2, 5 - ピリジンジイル) (略称: PPy)、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 - PPy)、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) のような高分子化合物を用いることもできる。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よい。

30

40

#### 【0040】

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。

#### 【0041】

電子注入層 108 は、電子注入性の高い物質を含む層である。電子注入層 108 には、フ

50

ッ化リチウム ( $\text{LiF}$ )、フッ化セシウム ( $\text{CsF}$ )、フッ化カルシウム ( $\text{CaF}_2$ )、リチウム酸化物 ( $\text{LiO}_x$ ) 等のようなアルカリ金属、アルカリ土類金属、またはそれらの化合物を用いることができる。また、フッ化エルビウム ( $\text{ErF}_3$ ) のような希土類金属化合物を用いることができる。また、上述した電子輸送層 107 を構成する物質を用いることもできる。

#### 【0042】

あるいは、電子注入層 108 に、有機化合物と電子供与性を有する物質（以下、電子供与体とする）とを混合してなる複合材料を用いてもよい。このような複合材料は、電子供与体によって有機化合物に電子が発生するため、電子注入性および電子輸送性に優れている。この場合、有機化合物としては、発生した電子の輸送に優れた材料であることが好ましく、具体的には、例えば上述した電子輸送層 107 を構成する物質（金属錯体や複素芳香族化合物等）を用いることができる。電子供与体としては、有機化合物に対し電子供与性を示す物質であればよい。具体的には、アルカリ金属やアルカリ土類金属や希土類金属が好ましく、リチウム、セシウム、マグネシウム、カルシウム、エルビウム、イッテルビウム等が挙げられる。また、アルカリ金属酸化物やアルカリ土類金属酸化物が好ましく、リチウム酸化物、カルシウム酸化物、バリウム酸化物等が挙げられる。また、酸化マグネシウムのようなルイス塩基を用いることもできる。また、テトラシアフルバレン（略称：TTF）等の有機化合物を用いることもできる。

10

#### 【0043】

なお、上述した正孔注入層 104、正孔輸送層 105、発光層 106、電子輸送層 107、電子注入層 108 は、それぞれ、蒸着法（真空蒸着法を含む）、インクジェット法、塗布法等の方法で形成することができる。

20

#### 【0044】

上述した発光素子は、陽極 101 および陰極 102 との間に生じた電位差により電流が流れ、EL 層 103 において正孔と電子とが再結合することにより発光する。そして、この発光は、陽極 101 および陰極 102 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、陽極 101 および陰極 102 のいずれか一方、または両方が透光性を有する電極となる。

#### 【0045】

##### （実施の形態 2）

本実施の形態では、正孔輸送性が高い有機化合物と電子受容体とを含む複合材料について、ESR 法を用いて評価した結果について説明する。

30

#### 【0046】

以下、測定に使用した試料について説明する。全ての試料は、サイズが  $2.8 \text{ mm} \times 2.0 \text{ mm}$  である石英基板上に、有機化合物及び電子受容体を共蒸着させることで形成した。共蒸着により形成された層には、有機化合物及び電子受容体で構成される複合材料が含まれることになる。

#### 【0047】

具体的な試料の作製方法は、以下の通りである。まず、複合材料の蒸着される面が下方となるように、石英基板を真空蒸着装置内に設けられたホルダーに固定した。そして、真空装置内を  $10^{-4} \text{ Pa}$  に減圧した後、有機化合物と、電子受容体の一つである酸化モリブデン (VI) とを共蒸着することにより、石英基板上に複合材料を含む層を形成した。上記複合材料を含む層の膜厚は、全ての試料において  $50 \text{ nm}$  となるように調整した。なお、共蒸着とは、異なる複数の物質をそれぞれ異なる蒸発源から同時に蒸発させる蒸着法である。

40

#### 【0048】

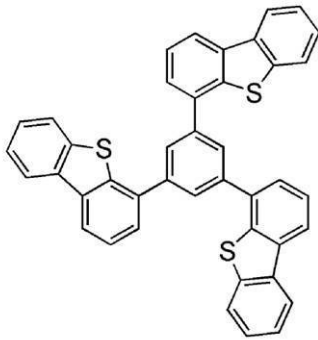
そして、試料は、有機化合物として、1, 3, 5 - トリ (ジベンゾチオフェン - 4 - イル) ベンゼン（略称：DBT3P - II）、9 - [3, 5 - ジ (フェナントレン - 9 - イル) フェニル] フェナントレン（略称：Pn3P）、1 - [3, 5 - ジ (ナフタレン - 1 - イル) フェニル] ナフタレン（略称：N3P）、1, 2, 3, 4 - テトラフェニルナフタ

50

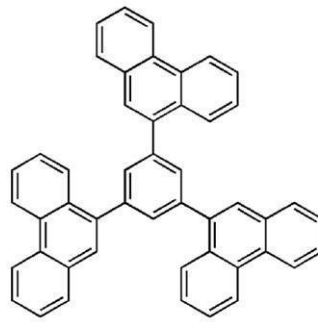
レン（略称：P4N）、1,3,5-トリ（ジベンゾフラン-4-イル）ベンゼン（略称：DBF3P-II）を用いた。また、上記試料と対比させるために、電荷移動相互作用が生じやすいとされる複合材料を用いた試料も、用意した。具体的に、対比用の試料は、有機化合物として、NPB（略称）、CzPA（略称）を用いた。用いた化合物の構造式（101）～（107）を以下に示す。

【0049】

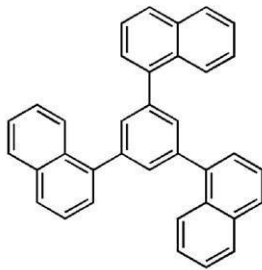
【化1】



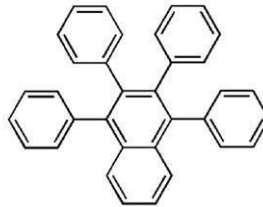
DBT3P-II (101)



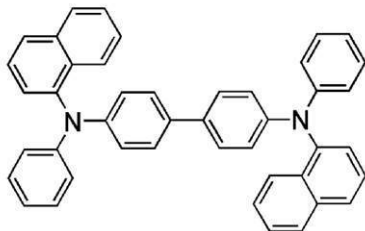
Pn3P(102)



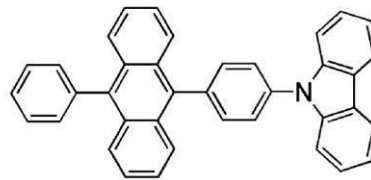
N3P(103)



P4N(104)



NPB(105)



CzPA(106)

【0050】

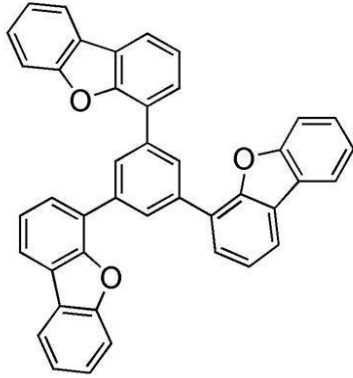
10

20

30

40

## 【化 2】



DBF3P-II(107)

10

## 【 0 0 5 1】

また、各試料に用いられた有機化合物の、光電子分光装置（A C - 2）（理研計器社製）を用い、光電子分光法で測定したHOMO準位を、以下の表1に示す。

## 【 0 0 5 2】

## 【表 1】

20

	HOMO準位
試料A DBT3P-II	-6.0
試料B Pn3P	-5.9
試料C N3P	-5.8
試料D P4N	-6.0
試料E DBF3P-II	-6.0
試料F NPB	-5.4
試料G CzPA	-5.7

## 【 0 0 5 3】

30

また、試料A及び試料Eに用いられた有機化合物の、光電子分光装置（A C - 3）（理研計器社製）を用い、光電子分光法で測定したHOMO準位を、以下の表2に示す。

## 【 0 0 5 4】

## 【表 2】

	HOMO準位
試料A DBT3P-II	-6.2
試料E DBF3P-II	-6.2

## 【 0 0 5 5】

40

また、各試料における有機化合物と酸化モリブデンのモル比は、蒸着レートにより調節した。有機化合物として、DBT3P-II（略称）を用いた試料を試料A、Pn3P（略称）を用いた試料を試料B、N3P（略称）を用いた試料を試料C、P4N（略称）を用いた試料を試料D、DBF3P-II（略称）を用いた試料を試料E、NPB（略称）を用いた試料を試料F、CzPA（略称）を用いた試料を試料Gとし、各試料における有機化合物と酸化モリブデンの質量比及びモル比を、以下の表3に示す。なお、ESR測定では、有機化合物の種類が同じであり、なおかつモル比が同じである試料を、4つ重ねて測定を行った。

## 【 0 0 5 6】

【表 3】

試料名 (有機化合物名)	質量比 (有機化合物:MoO <sub>x</sub> )	モル比 (有機化合物:MoO <sub>x</sub> )
試料A(DBT3P-II)	4:0.2	1:0.215
	4:0.5	1:0.5375
	4:1	1:1.075
	4:2	1:2.15
	4:3	1:3.225
	4:4	1:4.3
試料B(Pn3P)	4:0.2	1:0.21
	4:0.5	1:0.525
	4:1	1:1.05
	4:2	1:2.1
	4:3	1:3.15
	4:4	1:4.2
試料C(N3P)	4:0.2	1:0.16
	4:0.5	1:0.4
	4:1	1:0.8
	4:2	1:1.6
	4:3	1:2.4
	4:4	1:3.2
試料D(P4N)	4:0.5	1:0.39
	4:2	1:1.55
	4:4	1:3.1
試料E(DBF3P-II)	4:1	1:1
	4:2	1:2
	4:4	1:4
試料F(NPB)	4:0.2	1:0.205
	4:0.5	1:0.5125
	4:1	1:1.025
	4:2	1:2.05
	4:3	1:3.075
	4:4	1:4.1
	4:5	1:5.125
試料G(CzPA)	4:6	1:6.15
	4:0.5	1:0.425
	4:1	1:0.85
	4:2	1:1.7
	4:3	1:2.55
	4:4	1:3.4
	4:5	1:4.25
	4:6	1:5.1

## 【0057】

また、DBT3P-II（略称）及び酸化モリブデン（VI）の複合材料と、Pn3P（略称）及び酸化モリブデン（VI）の複合材料と、N3P（略称）及び酸化モリブデン（VI）の複合材料と、P4N（略称）及び酸化モリブデン（VI）の複合材料と、DBF3P-II（略称）及び酸化モリブデン（VI）の複合材料と、NPB（略称）及び酸化モリブデン（VI）の複合材料と、CzPA（略称）及び酸化モリブデン（VI）の複合材料について、吸収スペクトルの測定を行った。各試料における有機化合物と酸化モリブデンの割合は、重量比で4:2とした。また、上記複合材料を含む層の膜厚は、全ての試料において50nmとなるように調整した。

## 【0058】

以下、吸収スペクトルの測定に用いた試料の作製方法について説明する。まず、複合材料の蒸着される面が下方となるように、石英基板を真空蒸着装置内に設けられたホルダーに

固定した。そして、DBT3P-II（略称）、Pn3P（略称）、N3P（略称）、P4N（略称）、DBF3P-II（略称）、NPB（略称）、及びCzPA（略称）のいずれか一つと、酸化モリブデン（VI）とを、それぞれ別の抵抗加熱式の蒸発源に入れ、真空に引いた状態で、共蒸着することにより、石英基板上に複合材料を含む層を形成した。

#### 【0059】

このようにして作製した各試料について、吸収スペクトルの測定結果を、図12に示す。また、図13は、波長360nm～830nmの可視光領域において、図12示した吸収スペクトルを拡大したものに相当する。図12及び図13は、横軸が波長であり、縦軸が吸光度を示している。図12及び図13から、複合材料に含まれる有機化合物としてNPB（略称）を用いている試料は、波長400nm～550nmの範囲に大きなピークが見られた。また、複合材料に含まれる有機化合物としてCzPA（略称）を用いている試料は、波長370nm～450nmの範囲に大きなピークが見られた。しかし、複合材料に含まれる有機化合物としてDBT3P-II（略称）、Pn3P（略称）、N3P（略称）、P4N（略称）、DBF3P-II（略称）を用いている試料は、波長360nm～830nmの可視光領域において、大きなピークは見られず、上記試料の可視光に対する透過率が、他の二つの試料のものより高いことが分かった。

#### 【0060】

また、ESR法による電子スピン共鳴スペクトルの測定は、電子スピン共鳴測定装置 JES FA200型（日本電子製）を用いて行った。上記測定は、共振周波数（約9.4 GHz）、変調周波数（100 kHz）、変調幅（0.6 mT）、時定数（0.1 sec）、掃引時間（4 min.）、室温下にて行った。そして、 $Mn^{2+}$ 第3及び第4シグナルの位置により磁場補正を行い、測定により得られた電子スピン共鳴スペクトルのピーク面積から、スピン濃度を算出した。なお、上記電子スピン共鳴スペクトルのピークから算出されたg値は、約2.00であり、自由電子のg値と一致していた。よって、算出されたスピン濃度は、不対電子の数を反映しており、スピン濃度の定量化により有機化合物と電子受容体の間における電荷移動相互作用の生じやすさを間接的に把握することができる。

#### 【0061】

図2は、各試料における有機化合物に対する酸化モリブデンのモル比と、電子スピン共鳴スペクトルの測定により算出されたスピン濃度との関係を示すグラフである。図2から、試料A乃至試料Eについては、有機化合物に対する電子受容体のモル比が0から1の範囲内において、スピン濃度が増加傾向にあることが分かった。しかし、試料にもよるが、モル比が1を超えてからは、スピン濃度の増加は飽和し、モル比が3よりも大きくなると、スピン濃度の値は変化しないか、若しくは減少する傾向が見られた。

#### 【0062】

一方、図2から、対比用の試料である試料F及び試料Gは、有機化合物に対する電子受容体のモル比が3を超えてもスピン濃度が増加傾向にあることが分かった。そして、同一のモル比で比較すると、試料A乃至試料Eは、試料F及び試料Gよりも、そのスピン濃度が低かった。よって、上記スピン濃度の値から、試料A乃至試料Eは、試料F及び試料Gよりも、電荷移動相互作用により発生する不対電子の数が少ないことが示唆された。そして、図12及び図13からわかるように、試料A乃至試料Eは電荷移動相互作用に基づく吸収が生じない一方で、試料F及び試料Gではその吸収が生じていることがわかる。特に、イオン化ポテンシャルが5.4 eVであるNPBを用いた試料Fは、その吸収が大きい。

#### 【0063】

以上のことから、本発明の一態様に係る発光素子では、試料A乃至試料Eのような複合材料を含む層において、電荷移動相互作用が生じにくいことが分かった。よって、複合材料を含む層において、電荷移動相互作用に基づく、波長が300nm～600nmである光の吸収を小さく抑えることができ、波長が360nm～830nmである可視光に対する上記層の透過率を高めることができる。

10

20

30

40

50



## 【0064】

また、図2に示したグラフにおいて、スピン濃度が $6 \times 10^{19} \text{ spins/cm}^3$ 以下の範囲において拡大したグラフを、図3に示す。図3から、本発明の一態様において、複合材料を含む層における具体的なスピン濃度の範囲は、スピン濃度が $1 \times 10^{19} \text{ spins/cm}^3$ 以下、或いは、有機化合物に対する酸化モリブデンのモル比が1以上の場合において、スピン濃度が $3 \times 10^{19} \text{ spins/cm}^3$ 以下、或いは、有機化合物に対する酸化モリブデンのモル比が2以上の場合において、スピン濃度が $5 \times 10^{19} \text{ spins/cm}^3$ 以下が望ましいことが分かった。

## 【0065】

なお、図12及び図13の吸収スペクトルのデータと図2のデータとを考慮すると、複合材料における電荷移動相互作用が、吸収スペクトルとして観測されるほどの十分な量のキャリアとして実質的に存在しているのは、上述したスピン濃度よりも大きいスピン濃度の領域においてであると言える。

## 【0066】

(実施の形態3)

本実施の形態では、正孔輸送性が高い有機化合物及び電子受容体を有し、なおかつ電荷移動相互作用が生じにくい複合材料を含む層を、陰極102に接するように、EL層103に設けた場合について説明する。

## 【0067】

図4に、本発明の一態様に係る発光素子の構造を一例として示す。図4に示す発光素子は、一对の電極に相当する陽極101及び陰極102と、陽極101及び陰極102に挟まれたEL層103とを有する。

## 【0068】

図4では、EL層103が、正孔注入層104、正孔輸送層105、発光層106、電子輸送層107、電子注入層108などの他に、電荷発生層110を含んでいる場合を例示している。具体的には、陽極101上に、正孔注入層104と、正孔輸送層105と、発光層106と、電子輸送層107と、電子注入層108と、電荷発生層110と、陰極102とが、順に積層されている。

## 【0069】

そして、図4に示す発光素子では、正孔輸送性の高い有機化合物及び電子受容体を有し、なおかつ電荷移動相互作用が生じにくい複合材料が、電荷発生層110に用いられている。上記複合材料は、有機化合物と電子受容体との間において、電荷移動相互作用が生じにくく、よって、電荷移動相互作用により発生する不対電子の数が少ない。具体的に、上記複合材料は、ESR法により測定されるスピン濃度が $1 \times 10^{19} \text{ spins/cm}^3$ 以下、或いは、有機化合物に対する電子受容体のモル比が1以上の場合において、スピン濃度が $3 \times 10^{19} \text{ spins/cm}^3$ 以下、或いは、有機化合物に対する電子受容体のモル比が2以上の場合において、スピン濃度が $5 \times 10^{19} \text{ spins/cm}^3$ 以下である。

## 【0070】

具体的に、上記有機化合物は、実施の形態1で示した物質を用いることができる。また、具体的に、上記電子受容体は、実施の形態1で示した物質を用いることができる。

## 【0071】

陰極102の電位に対して陽極101の電位が高くなるように、陽極101と陰極102間に電圧を印加すると、上記複合材料を含む電荷発生層110では、電子受容体により有機化合物から電子が引き抜かれる。そして、引き抜かれた電子が、電子注入層108から電子輸送層107を介して発光層106に注入される。

## 【0072】

本発明の一態様は、正孔輸送性が高い有機化合物と電子受容体の間において電荷移動相互作用が生じにくい複合材料を、電荷発生層110に用いるため、電荷発生層110において、電荷移動相互作用に基づく、波長が $300 \text{ nm} \sim 600 \text{ nm}$ である光の吸収を小さく

10

20

30

40

50

抑えることができる。よって、波長が360nm～830nmである可視光に対する電荷発生層110の透過率を高めることができる。従って、本発明の一態様では、発光素子からの光の取り出し効率を高め、消費電力を小さく抑えつつ、高い輝度が得られる発光素子と、上記発光素子を用いた発光装置を提供することができる。

【0073】

なお、陽極101、陰極102、正孔注入層104、正孔輸送層105、発光層106、電子輸送層107、または電子注入層108は、実施の形態1と同様の構成を用いることができる。

【0074】

本実施の形態は、上記実施の形態と適宜組み合わせて実施することが可能である。

10

【0075】

(実施の形態4)

本発明の一態様に係る発光素子は、少なくとも一の電荷発生層と、上記電荷発生層を間に挟むように積層された複数のEL層と、上記電荷発生層及び複数のEL層を間に挟む一対の電極とを有する。図5に、本発明の一態様に係る発光素子の構造を一例として示す。

【0076】

図5に示す発光素子は、一対の電極に相当する陽極101及び陰極102と、複数のEL層の一例に相当するEL層103(1)及びEL層103(2)と、電荷発生層109とを有する。具体的に、図5に示す発光素子では、陽極101に接してEL層103(1)が位置し、EL層103(1)に接して電荷発生層109が位置する。また、電荷発生層109に接してEL層103(2)が位置し、EL層103(2)に接して陰極102が位置する。

20

【0077】

そして、本発明の一態様では、電荷発生層109に、正孔輸送性の高い有機化合物及び電子受容体を有し、なおかつ電荷移動相互作用が生じにくい複合材料が用いられている。

【0078】

具体的に、上記有機化合物は、実施の形態1で示した物質を用いることができる。また、具体的に、上記電子受容体は、実施の形態1で示した物質を用いることができる。

【0079】

陰極102の電位に対して陽極101の電位が高くなるように、陽極101と陰極102の間に電圧を印加すると、上記複合材料を含む電荷発生層109では、電子受容体により有機化合物から電子が引き抜かれる。そして、引き抜かれた電子が、電荷発生層109から見て陽極101側に位置するEL層103(1)に注入され、電子が引き抜かれることで発生する正孔が、電荷発生層109から見て陰極102側に位置するEL層103(2)に注入される。

30

【0080】

上記構成を有する発光素子では、電荷発生層109において、有機化合物と、電子受容体との間に電荷移動相互作用が起きにくい。その結果、電荷発生層109において、電荷移動相互作用に基づく、波長が300nm～600nmである光の吸収を小さく抑えることができ、波長が360nm～830nmである可視光に対する電荷発生層の透過率を高めることができる。

40

【0081】

また、電荷発生層を間に挟んだ複数のEL層が積層されている構成を、発光素子に適用することで、各EL層に供給される電流の値を小さく抑えつつ、発光素子の輝度を高めることができる。

【0082】

なお、陽極101と陰極102とは、実施の形態1と同様の構成を用いることができる。また、EL層103(1)及びEL層103(2)として例示した複数のEL層は、それぞれが少なくとも発光層を有していれば、全て同じ構成を有していても良いし、少なくとも一つのEL層が他のEL層と異なっても良い。或いは、EL層103(1)及びE

50

L層103(2)として例示した複数のEL層は、少なくとも一つのEL層が、実施の形態1または実施の形態3において示したEL層103と、同様の構成を有していても良い。

【0083】

また、電荷発生層109から見て陽極101側に位置するEL層103(1)への、電子の注入特性を高めるためには、電子輸送性が高い物質を含む層、或いは電子注入性が高い物質を含む層を、電荷発生層109に接するように、EL層103(1)内に設けることが望ましい。

【0084】

また、電荷発生層109は、単数の層で構成されていても良いし、積層された複数の層で構成されていても良い。

10

【0085】

なお、図5では、EL層が2層の場合を例示しているが、EL層は3層以上であっても良い。図6に、n層のEL層を用いた、本発明の一態様に係る発光素子の構造を一例として示す。

【0086】

図6に示す発光素子は、nが3以上の自然数であると仮定すると、一对の電極に相当する陽極101及び陰極102と、複数のEL層の一例に相当するEL層103(1)乃至EL層103(n)と、電荷発生層109(1)乃至電荷発生層109(n-1)とを有する。具体的に、図6に示す発光素子では、tが2以上n以下の自然数と仮定すると、陽極101と陰極102の間において、EL層103(t-1)、電荷発生層109(t-1)、EL層103(t)が、陽極101側から順に積層されている。

20

【0087】

本発明の一態様では、電荷発生層109(1)乃至電荷発生層109(n-1)に、正孔輸送性の高い有機化合物及び電子受容体を有し、なおかつ電荷移動相互作用が生じにくい複合材料を含んでいる。よって、電荷発生層において、電荷移動相互作用に基づく、波長が300nm~600nmである光の吸収を小さく抑えることができる。そのため、2層以上の電荷発生層を積層させた場合でも、光の取り出し効率の低減を、小さく抑えることができる。

【0088】

本実施の形態は、上記実施の形態と適宜組み合わせて実施することが可能である。

30

【0089】

(実施の形態5)

本実施の形態では、本発明の一態様に係る発光装置の一例である、パッシブマトリクス型の発光装置について説明する。

【0090】

図7は、パッシブマトリクス型の発光装置の構成例を示す斜視図である。なお、図7では、発光装置の積層構造を明確にするために、基板200以外の各層が、それぞれ一部除去された様子を示している。

【0091】

図7に示す発光装置は、絶縁表面を有する基板200上に、複数の第1電極201が並列に配置されている。また、基板200及び複数の第1電極201上に、第1隔壁層204が配置されている。第1隔壁層204は複数の開口部を有し、上記開口部において複数の第1電極201がそれぞれ部分的に露出している。第1隔壁層204上には、複数の第2隔壁層205が並列に配置されている。そして、複数の第1電極201の長手方向と、複数の第2隔壁層205の長手方向とは、交差している。

40

【0092】

また、複数の第1電極201、第1隔壁層204、及び複数の第2隔壁層205上に、EL層202及び第2電極203が、順に積層されている。第1隔壁層204の開口部において、第1電極201、EL層202、及び第2電極203が順に積層されることで、発

50

光素子 206 が形成される。第 1 電極 201 及び第 2 電極 203 は、いずれか一方が陽極で、他方が陰極に相当する。

【0093】

なお、第 1 電極 201 の長手方向における第 2 隔壁層 205 の断面は、第 1 隔壁層 204 の表面と上記断面の側部との間に形成されるテーパ角が 90 度未満の形状、所謂逆テーパ形状を有している。第 2 隔壁層 205 が上記形状を有することで、複数の第 2 隔壁層 205 により、第 2 隔壁層 205 上に位置する EL 層 202 及び第 2 電極 203 と、第 2 隔壁層 205 間に位置する EL 層 202 及び第 2 電極 203 とが分離される。

【0094】

本発明の一態様に係る発光装置では、EL 層 202 に含まれる層が、正孔輸送性の高い有機化合物及び電子受容体を有し、なおかつ電荷移動相互作用が生じにくい複合材料を含む。なお、図 7 では、発光素子 206 が一の EL 層 202 を有する場合を例示しているが、実施の形態 4 に示したように、発光素子 206 が、少なくとも一の電荷発生層と、上記電荷発生層を間に挟むように積層された複数の EL 層とを、第 1 電極 201 と第 2 電極 203 の間に有していても良い。この場合、電荷発生層が、正孔輸送性の高い有機化合物及び電子受容体を有し、なおかつ電荷移動相互作用が生じにくい複合材料を含んでいても良い。或いは、複数の EL 層のいずれか一つに含まれる層が、正孔輸送性の高い有機化合物及び電子受容体を有し、なおかつ電荷移動相互作用が生じにくい複合材料を含んでいても良い。

【0095】

なお、本発明の一態様に係る発光装置では、白色などの単色の光を発する発光素子と、カラーフィルタを組み合わせることで、フルカラー画像の表示を行う、カラーフィルタ方式を採用することができる。或いは、互いに異なる色相の光を発する複数の発光素子を用いて、フルカラー画像の表示を行う方式を採用することもできる。この方式は、発光素子が有する一对の電極間に設けられる EL 層を、対応する色ごとに塗り分けるため、塗り分け方式と呼ばれる。

【0096】

本実施の形態は、上記実施の形態と適宜組み合わせることで実施することが可能である。

【0097】

(実施の形態 6)

本実施の形態では、本発明の一態様に係る発光装置の一例である、アクティブマトリクス型の発光装置について説明する。

【0098】

アクティブマトリクス型の発光装置では、様々な回路構成の画素が提案されているが、一般的には、発光素子と、画素へのビデオ信号の入力を制御するトランジスタ（スイッチング用トランジスタ）と、該発光素子に供給する電流値を制御するトランジスタ（駆動用トランジスタ）とが、各画素に少なくとも設けられている。

【0099】

図 8 は、アクティブマトリクス型の発光装置が有する画素の断面図である。図 8 では、絶縁表面を有する基板 300 上に、スイッチング用トランジスタ 301 と、駆動用トランジスタ 302 とが設けられている。そして、スイッチング用トランジスタ 301 及び駆動用トランジスタ 302 は、絶縁膜 303 で覆われており、絶縁膜 303 上に、第 1 電極 304 が形成されている。なお、第 1 電極 304 は、絶縁膜 303 が有する開口部を介して、駆動用トランジスタ 302 と電気的に接続されている。

【0100】

また、絶縁膜 303 及び第 1 電極 304 上には、開口部を有する隔壁層 308 が形成されており、上記開口部において第 1 電極 304 は部分的に露出している。そして、第 1 電極 304 及び隔壁層 308 上には、EL 層 305、及び第 2 電極 306 が順に積層されている。隔壁層 308 の開口部において第 1 電極 304、EL 層 305、及び第 2 電極 306 が順に積層されることで、発光素子 307 が形成される。第 1 電極 304 及び第 2 電極 3

10

20

30

40

50

06は、いずれか一方が陽極で、他方が陰極に相当する。

【0101】

本発明の一態様に係る発光装置では、EL層305に含まれる層が、正孔輸送性の高い有機化合物及び電子受容体を有し、なおかつ電荷移動相互作用が生じにくい複合材料を含む。なお、図8では、発光素子307が1層のEL層305を有する場合を例示しているが、実施の形態4に示したように、発光素子307が、少なくとも一の電荷発生層と、上記電荷発生層を間に挟むように積層された複数のEL層とを、第1電極304と第2電極306の間に有していても良い。この場合、電荷発生層が、正孔輸送性の高い有機化合物及び電子受容体を有し、なおかつ電荷移動相互作用が生じにくい複合材料を含んでいる方が、可視光に対する透過率を向上できるので、好ましい。或いは、複数のEL層のいずれか一つに含まれる層が、正孔輸送性の高い有機化合物及び電子受容体を有し、なおかつ電荷移動相互作用が生じにくい複合材料を含んでいても良い。

10

【0102】

なお、上記発光装置は、カラーフィルタ方式を採用しても良いし、塗り分け方式を採用しても良い。

【0103】

本実施の形態は、上記実施の形態と適宜組み合わせることで実施することが可能である。

【0104】

(実施の形態7)

図9は、本発明の一態様に係る発光装置の斜視図の一例である。図9に示す発光装置は、表示部1601と、回路基板1602と、接続部1603とを有している。

20

【0105】

回路基板1602には、画像処理部が設けられており、接続部1603を介して各種信号や電源電位が表示部1601に入力される。接続部1603には、FPC(Flexible Printed Circuit)などを用いることができる。また、接続部1603にCOFテープを用いる場合、画像処理部の一部の回路、或いは表示部1601が有する駆動回路の一部などを別途用意したチップに形成しておき、COF(Chip On Film)法を用いて当該チップをCOFテープに接続しておいても良い。

【0106】

本実施の形態は、上記実施の形態と組み合わせることで実施することが可能である。

30

【0107】

(実施の形態8)

本発明の一態様に係る発光装置は、発光素子に供給する電流値を低く抑えても、高い輝度を得ることができるため、発光装置を用いた電子機器の消費電力を抑えることができる。また、発光素子の長寿命化に有利であるため、発光装置を用いた電子機器の信頼性を高めることができる。本発明の一態様に係る発光装置を用いた電子機器の具体例を、図10に示す。

【0108】

図10(A)は携帯型ゲーム機であり、筐体5001、筐体5002、画像表示部5003、画像表示部5004、マイクロホン5005、スピーカー5006、操作キー5007、スタイラス5008等を有する。本発明の一態様に係る発光装置は、画像表示部5003または画像表示部5004に用いることができる。画像表示部5003または画像表示部5004に本発明の一態様に係る発光装置を用いることで、低消費電力、或いは高信頼性の携帯型ゲーム機を提供することができる。なお、図10(A)に示した携帯型ゲーム機は、2つの画像表示部5003と画像表示部5004とを有しているが、携帯型ゲーム機が有する画像表示部の数は、これに限定されない。

40

【0109】

図10(B)はノート型パーソナルコンピュータであり、筐体5201、画像表示部5202、キーボード5203、ポインティングデバイス5204等を有する。本発明の一態様に係る発光装置は、画像表示部5202に用いることができる。画像表示部5202に

50

本発明の一態様に係る発光装置を用いることで、低消費電力、或いは高信頼性のノート型パーソナルコンピュータを提供することができる。

【 0 1 1 0 】

図 1 0 ( C ) は携帯情報端末であり、筐体 5 4 0 1、画像表示部 5 4 0 2、操作キー 5 4 0 3等を有する。本発明の一態様に係る発光装置は、画像表示部 5 4 0 2に用いることができる。画像表示部 5 4 0 2に本発明の一態様に係る発光装置を用いることで、低消費電力、或いは高信頼性の携帯情報端末を提供することができる。

【 0 1 1 1 】

図 1 1 ( A ) は卓上型の照明装置であり、筐体 5 6 0 1、光源 5 6 0 2、支持台 5 6 0 3等を有する。本発明の一態様に係る発光装置は、光源 5 6 0 2に用いることができる。光源 5 6 0 2に本発明の一態様に係る発光装置を用いることで、低消費電力、或いは高信頼性の、卓上型の照明装置を提供することができる。

10

【 0 1 1 2 】

図 1 1 ( B ) は据え付け型の照明装置であり、筐体 5 8 0 1、光源 5 8 0 2等を有する。本発明の一態様に係る発光装置は、光源 5 8 0 2に用いることができる。光源 5 8 0 2に本発明の一態様に係る発光装置を用いることで、低消費電力、或いは高信頼性の、据え付け型の照明装置を提供することができる。

【 0 1 1 3 】

以上の様に、本発明の適用範囲は極めて広く、あらゆる分野の電子機器に用いることが可能である。

20

【 0 1 1 4 】

本実施の形態は、上記実施の形態と適宜組み合わせて実施することが可能である。

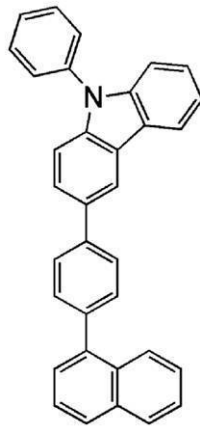
【 実施例 1 】

【 0 1 1 5 】

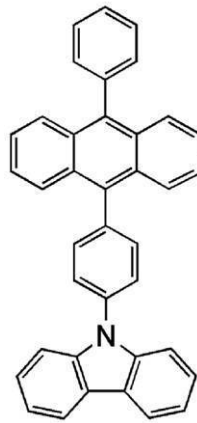
本実施例では、9 - [ 3 , 5 - ジ ( フェナントレン - 9 - イル ) フェニル ] フェナントレン ( 略称 : P n 3 P ) と、酸化モリブデン ( V I ) とを正孔注入層に用いた、発光素子 1 について、図 1 を用いて説明する。なお、本実施例で用いる材料の構造式を以下に示す。なお、先の実施の形態で用いた材料の構造式は省略する。

【 0 1 1 6 】

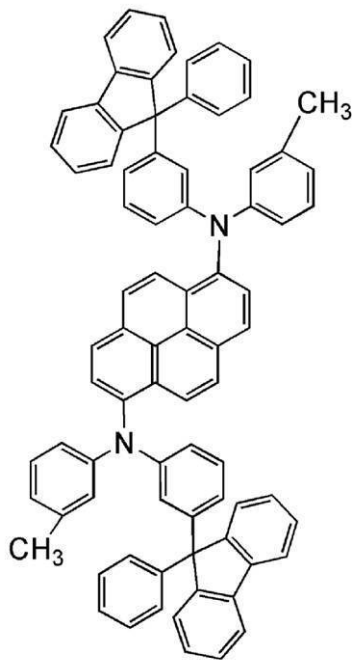
## 【化 3】



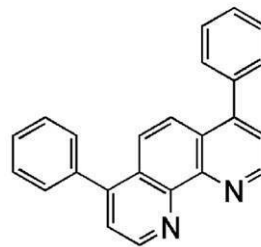
PCPN



CzPA



1,6mMemFLPAPrn



BPhen

## 【 0 1 1 7 】

発光素子 1 の作製

まず、ガラス基板上に、酸化珪素を含むインジウム錫酸化物 (ITO) 膜をスパッタリング法にて成膜し、陽極 101 を形成した。なお、その膜厚は 110 nm とし、電極面積は 2 mm × 2 mm とした。

## 【 0 1 1 8 】

次に、ガラス基板上に発光素子を形成するための前処理として、ガラス基板表面を水で洗浄し、200 °C で 1 時間焼成した後、UV オゾン処理を 370 秒行った。

## 【 0 1 1 9 】

その後、 $1.0 \times 10^{-4}$  Pa 程度まで内部が減圧された真空蒸着装置にガラス基板を導入し、真空蒸着装置内の加熱室において、170 °C で 30 分間の真空焼成を行った後、ガラス基板を 30 分程度放冷した。

## 【 0 1 2 0 】

10

20

30

40

50

次に、陽極 101 が形成された面が下方となるように、陽極 101 が形成されたガラス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、陽極 101 上に、Pn3P と酸化モリブデン (VI) を共蒸着することで、正孔注入層 104 を形成した。その膜厚は、50 nm とし、Pn3P と酸化モリブデンの比率は、質量比で 4 : 2 (= Pn3P : 酸化モリブデン) となるように調節した。

#### 【0121】

次に、正孔注入層 104 上に、3 - [4 - (1 - ナフチル) - フェニル] - 9 - フェニル - 9H - カルバゾール (略称: PCPN) を 10 nm の膜厚となるように成膜し、正孔輸送層 105 を形成した。

#### 【0122】

さらに、9 - [4 - (N - カルバゾリル)] フェニル - 10 - フェニルアントラセン (略称: CzPA)、及び N, N' - ビス(3 - メチルフェニル) - N, N' - ビス[3 - (9 - フェニル - 9H - フルオレン - 9 - イル) フェニル] - ピレン - 1, 6 - ジアミン (略称: 1, 6mMemFLPAPrn) を共蒸着し、正孔輸送層 105 上に発光層 106 を形成した。ここで、CzPA、及び 1, 6mMemFLPAPrn の質量比は、1 : 0.04 (= CzPA : 1, 6mMemFLPAPrn) となるように調節した。また、発光層 106 の膜厚は 30 nm とした。

#### 【0123】

次に、発光層 106 上に、CzPA を膜厚 10 nm、バソフェナントロリン (略称: BPhen) を膜厚 15 nm となるように、順に成膜し、電子輸送層 107 を形成した。

#### 【0124】

さらに、電子輸送層 107 上に、フッ化リチウム (LiF) を 1 nm の膜厚で蒸着し、電子注入層 108 を形成した。

#### 【0125】

最後に、電子注入層 108 上に、アルミニウムを 200 nm の膜厚で蒸着することで陰極 102 を形成し、本実施例の発光素子 1 を作製した。

#### 【0126】

なお、上述した蒸着過程において、蒸着は全て抵抗加熱法を用いた。

#### 【0127】

以上により得られた発光素子 1 の素子構造を表 4 に示す。

#### 【0128】

#### 【表 4】

	陽極	正孔注入層	正孔輸送層	発光層	電子輸送層		電子注入層	陰極
発光素子 1	ITO 110nm	Pn3P:MoO <sub>x</sub> (=4:2) 50nm	PCPN 10nm	CzPA:1,6mMemFLPAPrn (=1:0.04) 30nm	CzPA 10nm	BPhen 15nm	LiF 1nm	Al 200nm

#### 【0129】

また、作製した発光素子 1 は、窒素雰囲気グローブボックス内において、発光素子 1 が大気に曝されないように封止した。

#### 【0130】

#### 発光素子 1 の動作特性

作製した発光素子 1 の動作特性を測定した。なお、測定は室温 (25℃) に保たれた雰囲気で行った。

#### 【0131】

まず、発光素子 1 の電圧 - 輝度特性を図 14 に、輝度 - 電流効率特性を図 15 に、それぞれ示す。図 14 において、横軸は電圧 (V) を、縦軸は輝度 ( $\text{cd}/\text{m}^2$ ) を表す。図 15 において、横軸は輝度 ( $\text{cd}/\text{m}^2$ ) を、縦軸は電流効率 ( $\text{cd}/\text{A}$ ) を表す。

#### 【0132】

10

20

30

40

50



また、輝度  $830 \text{ cd/m}^2$  付近における、発光素子 1 の主な初期特性値を、以下の表 5 に示す。

【0133】

【表 5】

	電圧(V)	色度 (x, y)	電流効率 (cd/A)	外部 量子効 率(%)
発光素子1	3.1	(0.14, 0.17)	9.7	7.8

10

【0134】

表 5 に示す通り、 $830 \text{ cd/m}^2$  の輝度の時の発光素子 1 の CIE 色度座標は  $(x, y) = (0.14, 0.17)$  であった。この結果から、発光素子 1 は、1,6mMemFLPAPrn に由来する青色発光が得られたことがわかった。

【0135】

また、図 14、図 15 から、発光素子 1 は、駆動電圧が低く、発光効率が高いことがわかった。

【0136】

以上の結果から、本発明の一態様では、電荷移動相互作用が生じにくい複合材料を、発光素子の正孔注入層に用いることで、高い発光効率の発光素子、駆動電圧の低い発光素子を実現できることが示された。

20

【実施例 2】

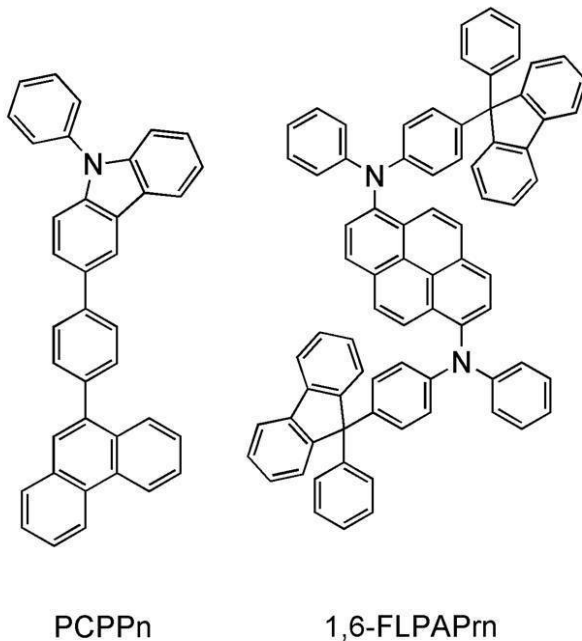
【0137】

本実施例では、1,3,5-トリ(ジベンゾチオフェン-4-イル)ベンゼン(略称: DBTP-II)と、酸化モリブデン(VI)とを、正孔注入層に用いた発光素子 2 について、図 1 を用いて説明する。なお、本実施例で用いる材料の構造式を以下に示す。なお、先の実施の形態または実施例で用いた材料の構造式は省略する。

【0138】

【化 4】

30



40

【0139】

発光素子 2 の作製

50

まず、ガラス基板上に、酸化珪素を含むインジウム錫酸化物（ITO）膜をスパッタリング法にて成膜し、陽極 101 を形成した。なお、その膜厚は 110 nm とし、電極面積は 2 mm × 2 mm とした。

【0140】

次に、ガラス基板上に発光素子を形成するための前処理として、ガラス基板表面を水で洗浄し、200 で 1 時間焼成した後、UV オゾン処理を 370 秒行った。

【0141】

その後、 $10^{-4}$  Pa 程度まで内部が減圧された真空蒸着装置にガラス基板を導入し、真空蒸着装置内の加熱室において、170 で 30 分間の真空焼成を行った後、ガラス基板を 30 分程度放冷した。

【0142】

次に、陽極 101 が形成された面が下方となるように、陽極 101 が形成されたガラス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、陽極 101 上に、DBT3P-II と酸化モリブデン（VI）を共蒸着することで、正孔注入層 104 を形成した。その膜厚は、50 nm とし、DBT3P-II と酸化モリブデンの比率は、質量比で 4 : 2 (= DBT3P-II : 酸化モリブデン) となるように調節した。

【0143】

次に、正孔注入層 104 上に、3 - [4 - (9 - フェナントリル) - フェニル] - 9 - フェニル - 9H - カルバゾール（略称：PCPPn）を 10 nm の膜厚となるように成膜し、正孔輸送層 105 を形成した。

【0144】

さらに、9 - [4 - (N - カルバゾリル)] フェニル - 10 - フェニルアントラセン（略称：CzPA）、及び N, N' - ビス[4 - (9 - フェニル - 9H - フルオレン - 9 - イル) フェニル] - N, N' - ジフェニルピレン - 1, 6 - ジアミン（略称：1, 6 - FLPAPrn）を共蒸着し、正孔輸送層 105 上に発光層 106 を形成した。ここで、CzPA、及び 1, 6 - FLPAPrn の質量比は、1 : 0.05 (= CzPA : 1, 6 - FLPAPrn) となるように調節した。また、発光層 106 の膜厚は 30 nm とした。

【0145】

次に、発光層 106 上に、CzPA を膜厚 10 nm、バソフェナントロリン（略称：BPhen）を膜厚 15 nm となるように、順に成膜し、電子輸送層 107 を形成した。

【0146】

さらに、電子輸送層 107 上に、フッ化リチウム（LiF）を 1 nm の膜厚で蒸着し、電子注入層 108 を形成した。

【0147】

最後に、電子注入層 108 上に、アルミニウムを 200 nm の膜厚で蒸着することで陰極 102 を形成し、本実施例の発光素子 2 を作製した。

【0148】

なお、上述した蒸着過程において、蒸着は全て抵抗加熱法を用いた。

【0149】

以上により得られた発光素子 2 の素子構造を表 6 に示す。

【0150】

【表 6】

	陽極	正孔注入層	正孔輸送層	発光層	電子輸送層		電子注入層	陰極
発光素子 2	ITO 110nm	DBT3P-II:MoOx (=4:2) 50nm	PCPPn 10nm	CzPA:1,6-FLPAPrn (=1:0.05) 30nm	CzPA 10nm	BPhen 15nm	LiF 1nm	Al 200nm

【0151】

10

20

30

40

50

また、作製した発光素子 2 は、窒素雰囲気中のグローブボックス内において、発光素子 2 が大気に曝されないように封止した。

【 0 1 5 2 】

発光素子 2 の動作特性

作製した発光素子 2 の動作特性を測定した。なお、測定は室温（ 2 5 ℃ に保たれた雰囲気）で行った。

【 0 1 5 3 】

まず、発光素子 2 の電圧 - 輝度特性を図 1 6 に、輝度 - 電流効率特性を図 1 7 に、それぞれ示す。図 1 6 において、横軸は電圧（ V ）を、縦軸は輝度（  $\text{cd}/\text{m}^2$  ）を表す。図 1 7 において、横軸は輝度（  $\text{cd}/\text{m}^2$  ）を、縦軸は電流効率（  $\text{cd}/\text{A}$  ）を表す。

10

【 0 1 5 4 】

また、輝度  $720 \text{ cd}/\text{m}^2$  付近における、発光素子 2 の主な初期特性値を、以下の表 7 に示す。

【 0 1 5 5 】

【表 7】

	電圧(V)	色度 (x, y)	電流効率 (cd/A)	外部 量子効率 (%)
発光素子2	3.0	(0.15, 0.22)	11	7.4

20

【 0 1 5 6 】

表 7 に示す通り、 $720 \text{ cd}/\text{m}^2$  の輝度の時の発光素子 2 の C I E 色度座標は（ x , y ） = （ 0 . 1 5 , 0 . 2 2 ）であった。この結果から、発光素子 2 は、1 , 6 - F L P A P r n に由来する青色発光が得られたことがわかった。

【 0 1 5 7 】

また、図 1 6 、図 1 7 から、発光素子 2 は、駆動電圧が低く、発光効率が高いことがわかった。

30

【 0 1 5 8 】

以上の結果から、本発明の一態様では、電荷移動相互作用が生じにくい複合材料を、発光素子の正孔注入層に用いることで、高い発光効率の発光素子、駆動電圧の低い発光素子を実現できることが示された。

【実施例 3】

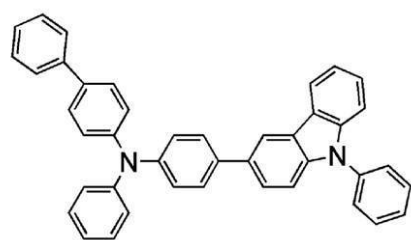
【 0 1 5 9 】

本実施例では、9 - [ 3 , 5 - ジ（フェナントレン - 9 - イル）フェニル ] フェナントレン（略称：P n 3 P）と、酸化モリブデン（ V I ）とを、電荷発生層に用いた発光素子 3 について、図 5 を用いて説明する。また、本実施例で用いる材料の構造式を以下に示す。なお、先の実施の形態または実施例で用いた材料の構造式は省略する。

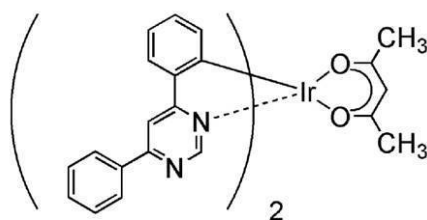
40

【 0 1 6 0 】

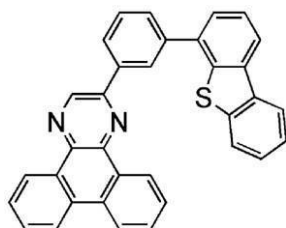
## 【化 5】



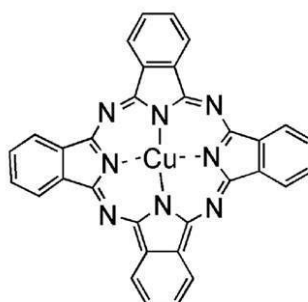
PCBA1BP

[Ir(dppm)<sub>2</sub>(acac)]

10



2mDBTPDBq-II



CuPc

20

## 【 0 1 6 1 】

## 発光素子 3 の作製

まず、ガラス基板上に、酸化珪素を含むインジウム錫酸化物 (ITO) 膜をスパッタリング法にて成膜し、陽極 101 を形成した。なお、その膜厚は 110 nm とし、電極面積は 2 mm × 2 mm とした。

## 【 0 1 6 2 】

次に、ガラス基板上に発光素子を形成するための前処理として、ガラス基板表面を水で洗浄し、200 °C で 1 時間焼成した後、UV オゾン処理を 370 秒行った。

## 【 0 1 6 3 】

その後、 $10^{-4}$  Pa 程度まで内部が減圧された真空蒸着装置にガラス基板を導入し、真空蒸着装置内の加熱室において、170 °C で 30 分間の真空焼成を行った後、ガラス基板を 30 分程度放冷した。

## 【 0 1 6 4 】

次に、陽極 101 が形成された面が下方となるように、陽極 101 が形成されたガラス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、陽極 101 上に、Pn3P と酸化モリブデン (VI) を共蒸着することで、EL 層 103 (1) が有する正孔注入層 (第 1 の正孔注入層) を形成した。その膜厚は、33 nm とし、Pn3P と酸化モリブデンの比率は、質量比で 1 : 0.5 (= Pn3P : 酸化モリブデン) となるように調節した。

## 【 0 1 6 5 】

次に、第 1 の正孔注入層上に、3 - [4 - (1 - ナフチル) - フェニル] - 9 - フェニル - 9H - カルバゾール (略称: PCPN) を 30 nm の膜厚となるように成膜し、EL 層 103 (1) が有する正孔輸送層 (第 1 の正孔輸送層) を形成した。

## 【 0 1 6 6 】

さらに、9 - [4 - (N - カルバゾリル)] フェニル - 10 - フェニルアントラセン (略称: CzPA)、及び N, N' - ビス (3 - メチルフェニル) - N, N' - ビス [3 - (

30

40

50

9 - フェニル - 9 H - フルオレン - 9 - イル)フェニル) - ピレン - 1, 6 - ジアミン (略称: 1, 6 m M e m F L P A P r n) を共蒸着し、第 1 の正孔輸送層上に E L 層 1 0 3 ( 1 ) が有する発光層 (第 1 の発光層) を形成した。ここで、C z P A、及び 1, 6 m M e m F L P A P r n の質量比は、1 : 0 . 0 5 ( = C z P A : 1, 6 m M e m F L P A P r n ) となるように調節した。また、第 1 の発光層の膜厚は 3 0 n m とした。

【 0 1 6 7 】

次に、第 1 の発光層上に、C z P A を膜厚 5 n m、バソフェナントロリン (略称: B P h e n) を膜厚 1 5 n m となるように、順に成膜し、E L 層 1 0 3 ( 1 ) が有する電子輸送層 (第 1 の電子輸送層) を形成した。

【 0 1 6 8 】

さらに、第 1 の電子輸送層上に、酸化リチウム ( L i <sub>2</sub> O ) を 0 . 1 n m の膜厚で蒸着し、E L 層 1 0 3 ( 1 ) が有する電子注入層 (第 1 の電子注入層) を形成した。

【 0 1 6 9 】

その後、第 1 の電子注入層上に、銅フタロシアニン (略称 C u P c) を膜厚 2 n m で蒸着することで、電子リレー層を形成した。

【 0 1 7 0 】

次に、電子リレー層上に、P n 3 P と酸化モリブデン ( V I ) を共蒸着することで、電荷発生層を形成した。その膜厚は 4 0 n m とし、P n 3 P と酸化モリブデンの比率は、質量比で 1 : 0 . 5 ( = P n 3 P : 酸化モリブデン ) となるように調節した。

【 0 1 7 1 】

次に、電荷発生層上に、P C P N を 2 0 n m の膜厚となるように成膜し、E L 層 1 0 3 ( 2 ) が有する正孔輸送層 (第 2 の正孔輸送層) を形成した。

【 0 1 7 2 】

さらに、2 m D B T P D B q - I I、4 - フェニル - 4 ' - ( 9 - フェニル - 9 H - カルバゾール - 3 - イル)トリフェニルアミン (略称: P C B A 1 B P)、及び、(アセチルアセトナト)ビス( 4, 6 - ジフェニルピリミジナト)イリジウム ( I I I ) (略称: [ I r ( d p p m ) <sub>2</sub> ( a c a c ) ] ) を共蒸着し、第 2 の正孔輸送層上に E L 層 1 0 3 ( 2 ) が有する発光層 (第 2 の発光層) を形成した。なお、2 m D B T P D B q - I I、P C B A 1 B P、及び [ I r ( d p p m ) <sub>2</sub> ( a c a c ) ] の質量比は、0 . 8 : 0 . 2 : 0 . 0 6 ( = 2 m D B T P D B q - I I : P C B A 1 B P : [ I r ( d p p m ) <sub>2</sub> ( a c a c ) ] ) となるように調節した。また、第 2 の発光層の膜厚は 4 0 n m とした。

【 0 1 7 3 】

次に、第 2 の発光層上に、2 m D B T P D B q - I I を膜厚 1 5 n m、B P h e n を膜厚 1 5 n m となるように成膜し、E L 層 1 0 3 ( 2 ) が有する電子輸送層 (第 2 の電子輸送層) を形成した。

【 0 1 7 4 】

さらに、第 2 の電子輸送層上に、L i F を 1 n m の膜厚で蒸着し、E L 層 1 0 3 ( 2 ) が有する電子注入層 (第 2 の電子注入層) を形成した。

【 0 1 7 5 】

最後に、E L 層 1 0 3 ( 2 ) が有する陰極 1 0 2 として、第 2 の電子注入層上にアルミニウムを 2 0 0 n m の膜厚となるように蒸着することで、本実施例の発光素子 3 を作製した。

【 0 1 7 6 】

なお、上述した蒸着過程において、蒸着は全て抵抗加熱法を用いた。

【 0 1 7 7 】

以上により得られた発光素子 3 の素子構造を表 8 に示す。

【 0 1 7 8 】

10

20

30

40

【表 8】

陽極						
ITO 110nm						
第1の正孔注入層	第1の正孔輸送層	第1の発光層	第1の電子輸送層		第1の電子注入層	電子リレー層
Pn3P:MoOx (=1:0.5) 33 nm	PCPN 30 nm	CzPA:1,6mMemFLPAPm (=1:0.05) 30 nm	CzPA 5 nm	Bphen 15 nm	Li <sub>2</sub> O 0.1 nm	CuPc 2 nm
電荷発生層	第2の正孔輸送層	第2の発光層	第2の電子輸送層		第2の電子注入層	陰極
Pn3P:MoOx (=1:0.5) 40 nm	PCPN 20 nm	2mDBTPDBq-II:PCBA1BP:Ir(dppm) <sub>2</sub> (acac) (=0.8:0.2:0.06) 40 nm	2mDBTPDBq-II 15 nm	Bphen 15 nm	LiF 1 nm	Al 200nm

10

## 【0179】

また、作製した発光素子3は、窒素雰囲気グローブボックス内において、発光素子3が大気に曝されないように封止した。

## 【0180】

発光素子3の動作特性

作製した発光素子3の動作特性を測定した。なお、測定は室温（25℃）に保たれた雰囲気で行った。

## 【0181】

発光素子3の輝度-電流効率特性を図18に示す。図18において、横軸は輝度（cd/m<sup>2</sup>）を、縦軸は電流効率（cd/A）を表す。また、電圧-電流特性を図19に示す。図19において、横軸は電圧（V）を、縦軸は電流（mA）を表す。また、輝度-色度座標特性を図20に示す。図20において、横軸は輝度（cd/m<sup>2</sup>）を、縦軸は色度座標（x座標、又はy座標）を示す。また、発光素子3に0.1mAの電流を流した際の発光スペクトルを、図21に示す。図21において、横軸は波長（nm）、縦軸は発光強度（任意単位）を表す。また、発光素子3における輝度890cd/m<sup>2</sup>のときの電圧（V）、CIE色度座標（x、y）、電流効率（cd/A）、外部量子効率（%）、相関色温度（K）を表9に示す。

20

## 【0182】

【表 9】

	電圧(V)	色度 (x, y)	電流効率 (cd/A)	外部 量子効率(%)	相関色温度(K)
発光素子3	5.8	(0.43, 0.38)	86	36	2800

30

## 【0183】

表9に示す通り、890cd/m<sup>2</sup>の輝度の時の発光素子3のCIE色度座標は（x，y）＝（0.43，0.38）であった。また、図21に示す通り、発光素子3は、青色発光材料（1，6mMemFLPAPrn）及び橙色発光材料（[Ir(dppm)<sub>2</sub>(acac)]）がバランス良く発光していることがわかった。図20に示す通り、発光素子3は、輝度による色度の変化が小さく、キャリアバランスが良好な素子であることがわかった。

40

## 【0184】

また、図18、図19から、発光素子3は、駆動電圧が低く、発光効率が高いことがわかった。

## 【0185】

以上の結果から、本発明の一態様では、電荷移動相互作用が生じにくい複合材料を、発光素子の電荷発生層及び正孔注入層に用いることで、高い発光効率の発光素子、駆動電圧の低い発光素子を実現できることが示された。

## 【実施例 4】

## 【0186】

50

本実施例では、本発明の一態様の発光素子について、図5を用いて説明する。本実施例で用いた材料の構造式を以下に示す。なお、先の実施の形態または実施例で用いた材料の構造式は省略する。

【0187】

以下に、本実施例の発光素子4の作製方法を示す。

【0188】

発光素子4の作製

まず、ガラス基板上に、ITO膜をスパッタリング法にて成膜し、陽極101を形成した。なお、その膜厚は110nmとし、電極面積は2mm×2mmとした。

【0189】

ガラス基板上に発光素子を形成するための前処理としては、ガラス基板表面を水で洗浄し、200℃で1時間焼成した後、UVオゾン処理を370秒行った。

【0190】

その後、 $10^{-4}$ Pa程度まで内部が減圧された真空蒸着装置にガラス基板を導入し、真空蒸着装置内の加熱室において、170℃で30分間の真空焼成を行った後、ガラス基板を30分程度放冷した。

【0191】

次に、陽極101が形成された面が下方となるように、陽極101が形成されたガラス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、陽極101上に、DBT3P-IIと酸化モリブデン(VI)を共蒸着することで、EL層103(1)が有する正孔注入層(第1の正孔注入層)を形成した。その膜厚は、50nmとし、DBT3P-IIと酸化モリブデンの比率は、質量比で4:2(=DBT3P-II:酸化モリブデン)となるように調節した。

【0192】

次に、第1の正孔注入層上に、PCPNを10nmの膜厚となるように成膜し、EL層103(1)が有する正孔輸送層(第1の正孔輸送層)を形成した。

【0193】

さらに、CzPA、及び1,6-FLPAPrnを共蒸着し、第1の正孔輸送層上にEL層103(1)が有する発光層(第1の発光層)を形成した。ここで、CzPA、及び1,6-FLPAPrnの質量比は、1:0.05(=CzPA:1,6-FLPAPrn)となるように調節した。また、第1の発光層の膜厚は30nmとした。

【0194】

次に、第1の発光層上に、CzPAを膜厚10nm、BPhenを膜厚15nmとなるように成膜し、EL層103(1)が有する電子輸送層(第1の電子輸送層)を形成した。

【0195】

さらに、第1の電子輸送層上に、酸化リチウム( $\text{Li}_2\text{O}$ )を0.1nmの膜厚で蒸着し、EL層103(1)が有する電子注入層(第1の電子注入層)を形成した。

【0196】

その後、第1の電子注入層上に、銅フタロシアニン(略称CuPc)を膜厚2nmで蒸着することで、電子リレー層を形成した。

【0197】

次に、電子リレー層上に、DBT3P-IIと酸化モリブデン(VI)を共蒸着することで、電荷発生層を形成した。その膜厚は50nmとし、DBT3P-IIと酸化モリブデンの比率は、質量比で4:2(=DBT3P-II:酸化モリブデン)となるように調節した。

【0198】

次に、電荷発生層上に、PCPNを10nmの膜厚となるように成膜し、EL層103(2)が有する正孔輸送層(第2の正孔輸送層)を形成した。

【0199】

さらに、CzPA、及び1,6-FLPAPrnを共蒸着し、第2の正孔輸送層上にEL

10

20

30

40

50

層 1 0 3 ( 2 ) が有する発光層 ( 第 2 の発光層 ) を形成した。ここで、C z P A、及び 1, 6 - F L P A P r n の質量比は、1 : 0 . 0 5 ( = C z P A : 1, 6 - F L P A P r n ) となるように調節した。また、第 2 の発光層の膜厚は 3 0 n m とした。

#### 【 0 2 0 0 】

次に、第 2 の発光層上に、C z P A を膜厚 1 0 n m、B P h e n を膜厚 1 5 n m となるように成膜し、E L 層 1 0 3 ( 2 ) が有する電子輸送層 ( 第 2 の電子輸送層 ) を形成した。

#### 【 0 2 0 1 】

さらに、第 2 の電子輸送層上に、L i F を 1 n m の膜厚で蒸着し、E L 層 1 0 3 ( 2 ) が有する電子注入層 ( 第 2 の電子注入層 ) を形成した。

#### 【 0 2 0 2 】

最後に、陰極 1 0 2 として、アルミニウムを 2 0 0 n m の膜厚となるように蒸着することで、本実施例の発光素子 4 を作製した。

#### 【 0 2 0 3 】

なお、上述した蒸着過程において、蒸着は全て抵抗加熱法を用いた。

#### 【 0 2 0 4 】

以上により得られた発光素子 4 の素子構造を表 1 0 に示す。

#### 【 0 2 0 5 】

#### 【表 1 0】

陽極						
ITO 110nm						
第1の 正孔注入層	第1の 正孔輸送層	第1の発光層	第1の電子輸送層		第1の電子注入層	電子リレー層
DBT3P-II:MoO <sub>3</sub> (=4:2) 50 nm	PCPN 10 nm	CzPA:1,6-FLPAPrn (=1:0.05) 30 nm	CzPA 10 nm	Bphen 15 nm	Li <sub>2</sub> O 0.1 nm	CuPc 2 nm
電荷発生層	第2の 正孔輸送層	第2の発光層	第2の電子輸送層		第2の電子注入層	陰極
DBT3P-II:MoO <sub>3</sub> (=4:2) 50 nm	PCPN 10 nm	CzPA:1,6-FLPAPrn (=1:0.05) 30 nm	2mDBTPDBq-II 10 nm	Bphen 15 nm	LiF 1 nm	Al 200nm

#### 【 0 2 0 6 】

また、作製した発光素子 4 は、窒素雰囲気中のグローブボックス内において、発光素子 4 が大気に曝されないように封止した。

#### 【 0 2 0 7 】

発光素子 4 の動作特性

作製した発光素子 4 の動作特性を測定した。なお、測定は室温 ( 2 5 ℃ ) に保たれた雰囲気で行った。

#### 【 0 2 0 8 】

発光素子 4 の電圧 - 輝度特性を図 2 2 に示す。図 2 2 において、横軸は電圧 ( V ) を表し、縦軸は輝度 ( c d / m<sup>2</sup> ) を表す。また、輝度 - 電流効率特性を図 2 3 に示す。図 2 3 において、横軸は輝度 ( c d / m<sup>2</sup> ) を、縦軸は電流効率 ( c d / A ) を表す。また、発光素子 4 における輝度 1 1 3 0 c d / m<sup>2</sup> のときの電圧 ( V )、C I E 色度座標 ( x、y )、電流効率 ( c d / A )、パワー効率 ( l m / W )、外部量子効率 ( % ) を表 1 1 に示す。

#### 【 0 2 0 9 】

#### 【表 1 1】

	電圧(V)	色度 (x, y)	電流効率 (cd/A)	外部 量子効率(%)	パワー効率 (lm/W)
発光素子4	6.0	(0.14, 0.20)	23	16	12

#### 【 0 2 1 0 】

表 1 1 に示す通り、1 1 3 0 c d / m<sup>2</sup> の輝度の時の発光素子 4 の C I E 色度座標は ( x、y ) = ( 0 . 1 4、0 . 2 0 ) であった。



## 【 0 2 1 1 】

また、図 2 2、図 2 3 から、発光素子 4 は、駆動電圧が低く、発光効率が高いことがわかった。

## 【 0 2 1 2 】

以上の結果から、本発明の一態様では、電荷移動相互作用が生じにくい複合材料を、発光素子の電荷発生層及び正孔注入層に用いることで、高い発光効率の発光素子、駆動電圧の低い発光素子を実現できることが示された。

## 【実施例 5】

## 【 0 2 1 3 】

本実施例では、1, 3, 5 - トリ (ジベンゾフラン - 4 - イル) ベンゼン (略称: DBF 3 P - II) と、酸化モリブデン (VI) とを正孔注入層に用いた発光素子 5 について、図 1 を用いて説明する。

10

## 【 0 2 1 4 】

## 発光素子 5 の作製

まず、ガラス基板上に、酸化珪素を含むインジウム錫酸化物 (ITO) 膜をスパッタリング法にて成膜し、陽極 101 を形成した。なお、その膜厚は 110 nm とし、電極面積は 2 mm × 2 mm とした。

## 【 0 2 1 5 】

次に、ガラス基板上に発光素子を形成するための前処理として、ガラス基板表面を水で洗浄し、200 で 1 時間焼成した後、UV オゾン処理を 370 秒行った。

20

## 【 0 2 1 6 】

その後、 $1.0 \times 10^{-4}$  Pa 程度まで内部が減圧された真空蒸着装置にガラス基板を導入し、真空蒸着装置内の加熱室において、170 で 30 分間の真空焼成を行った後、ガラス基板を 30 分程度放冷した。

## 【 0 2 1 7 】

次に、陽極 101 が形成された面が下方となるように、陽極 101 が形成されたガラス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、 $1.0 \times 10^{-4}$  Pa 程度まで減圧した後、陽極 101 上に、DBF 3 P - II と酸化モリブデン (VI) を共蒸着することで、正孔注入層 104 を形成した。その膜厚は、50 nm とし、DBF 3 P - II と酸化モリブデンの比率は、質量比で 4 : 2 (= DBF 3 P - II : 酸化モリブデン) となるように調節した。

30

## 【 0 2 1 8 】

次に、正孔注入層 104 上に、3 - [4 - (9 - フェナントリル) - フェニル] - 9 - フェニル - 9 H - カルバゾール (略称: PCPPn) を 10 nm の膜厚となるように成膜し、正孔輸送層 105 を形成した。

## 【 0 2 1 9 】

さらに、9 - [4 - (N - カルバゾリル)] フェニル - 10 - フェニルアントラセン (略称: CzPA)、及び N, N' - ビス [4 - (9 - フェニル - 9 H - フルオレン - 9 - イル) フェニル] - N, N' - ジフェニルピレン - 1, 6 - ジアミン (略称: 1, 6 - FL P A P r n) を共蒸着し、正孔輸送層 105 上に発光層 106 を形成した。ここで、CzPA、及び 1, 6 - FL P A P r n の質量比は、1 : 0.05 (= CzPA : 1, 6 - FL P A P r n) となるように調節した。また、発光層 106 の膜厚は 30 nm とした。

40

## 【 0 2 2 0 】

次に、発光層 106 上に、CzPA を膜厚 10 nm、バソフェナントロリン (略称: BPhen) を膜厚 15 nm となるように、順に成膜し、電子輸送層 107 を形成した。

## 【 0 2 2 1 】

さらに、電子輸送層 107 上に、フッ化リチウム (LiF) を 1 nm の膜厚で蒸着し、電子注入層 108 を形成した。

## 【 0 2 2 2 】

最後に、電子注入層 108 上に、アルミニウムを 200 nm の膜厚で蒸着することで陰極

50

102を形成し、本実施例の発光素子5を作製した。

【0223】

なお、上述した蒸着過程において、蒸着は全て抵抗加熱法を用いた。

【0224】

以上により得られた発光素子5の素子構造を表12に示す。

【0225】

【表12】

	陽極	正孔注入層	正孔 輸送層	発光層	電子 輸送層		電子 注入層	陰極
発光素子5	ITO 110nm	DBF3P-II:MoOx (=4:2) 50nm	PCPPn 10nm	CzPA:1,6FLPAPrn (=1:0.05) 30nm	CzPA 10nm	BPhen 15nm	LiF 1nm	Al 200nm

10

【0226】

また、作製した発光素子5は、窒素雰囲気グローブボックス内において、発光素子5が大気に曝されないように封止した。

【0227】

発光素子5の動作特性

作製した発光素子5の動作特性を測定した。なお、測定は室温(25℃)に保たれた雰囲気で行った。

20

【0228】

まず、発光素子5の電圧-輝度特性を図24に、輝度-電流効率特性を図25に、それぞれ示す。図24において、横軸は電圧(V)を、縦軸は輝度( $\text{cd}/\text{m}^2$ )を表す。図25において、横軸は輝度( $\text{cd}/\text{m}^2$ )を、縦軸は電流効率( $\text{cd}/\text{A}$ )を表す。

【0229】

また、輝度 $1180 \text{ cd}/\text{m}^2$ 付近における、発光素子5の主な初期特性値を、以下の表13に示す。

【0230】

【表13】

	電圧(V)	色度(x, y)	電流効率 ( $\text{cd}/\text{A}$ )	外部 量子効率(%)	パワー効率 ( $\text{lm}/\text{W}$ )
発光素子5	3.1	(0.15, 0.24)	11	7	11

30

【0231】

表13に示す通り、輝度 $1180 \text{ cd}/\text{m}^2$ の輝度の時の発光素子5のCIE色度座標は $(x, y) = (0.15, 0.24)$ であった。この結果から、発光素子5は、1,6-FLPAPrnに由来する青色発光が得られたことがわかった。

【0232】

また、図24、図25から、発光素子5は、駆動電圧が低く、発光効率が高いことがわかった。

40

【0233】

以上の結果から、本発明の一態様では、電荷移動相互作用が生じにくい複合材料を、発光素子の正孔注入層に用いることで、高い発光効率の発光素子、駆動電圧の低い発光素子を実現できることが示された。

【符号の説明】

【0234】

101 陽極

102 陰極

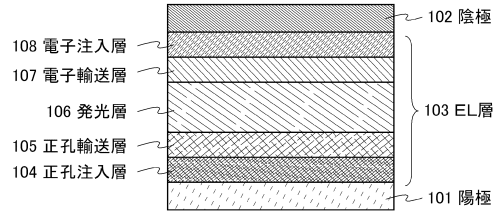
103 EL層

104 正孔注入層

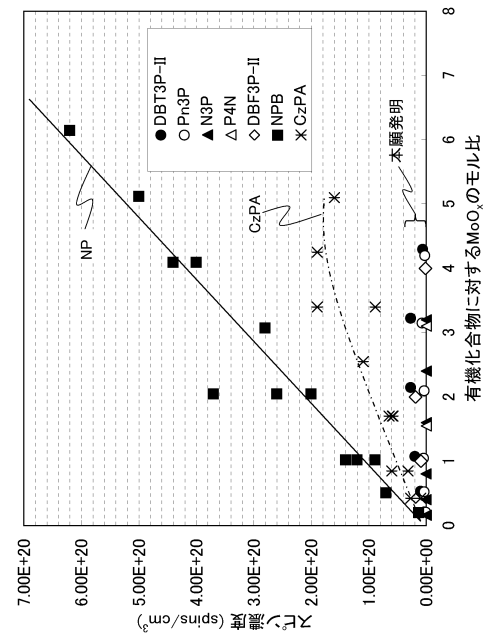
50

1 0 5	正孔輸送層	
1 0 6	発光層	
1 0 7	電子輸送層	
1 0 8	電子注入層	
1 0 9	電荷発生層	
1 1 0	電荷発生層	
2 0 0	基板	
2 0 1	第 1 電極	
2 0 2	E L 層	
2 0 3	第 2 電極	10
2 0 4	隔壁層	
2 0 5	隔壁層	
2 0 6	発光素子	
3 0 0	基板	
3 0 1	スイッチング用トランジスタ	
3 0 2	駆動用トランジスタ	
3 0 3	絶縁膜	
3 0 4	第 1 電極	
3 0 5	E L 層	
3 0 6	第 2 電極	20
3 0 7	発光素子	
3 0 8	隔壁層	
1 6 0 1	表示部	
1 6 0 2	回路基板	
1 6 0 3	接続部	
5 0 0 1	筐体	
5 0 0 2	筐体	
5 0 0 3	画像表示部	
5 0 0 4	画像表示部	
5 0 0 5	マイクロホン	30
5 0 0 6	スピーカー	
5 0 0 7	操作キー	
5 0 0 8	スタイラス	
5 2 0 1	筐体	
5 2 0 2	画像表示部	
5 2 0 3	キーボード	
5 2 0 4	ポインティングデバイス	
5 4 0 1	筐体	
5 4 0 2	画像表示部	
5 4 0 3	操作キー	40
5 6 0 1	筐体	
5 6 0 2	光源	
5 6 0 3	支持台	
5 8 0 1	筐体	
5 8 0 2	光源	

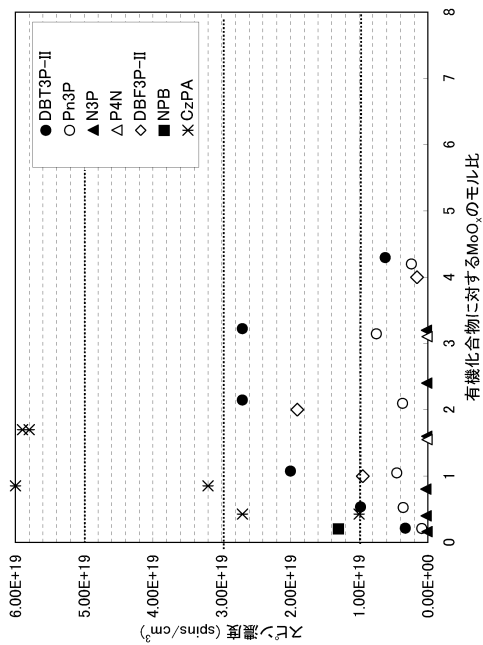
【図 1】



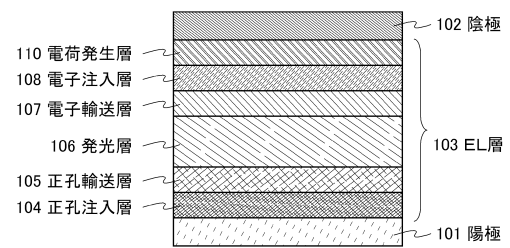
【図 2】



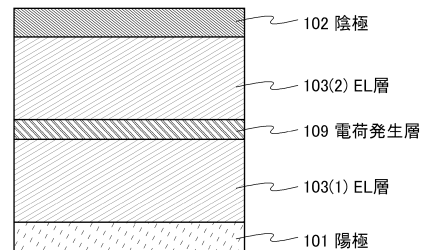
【図 3】



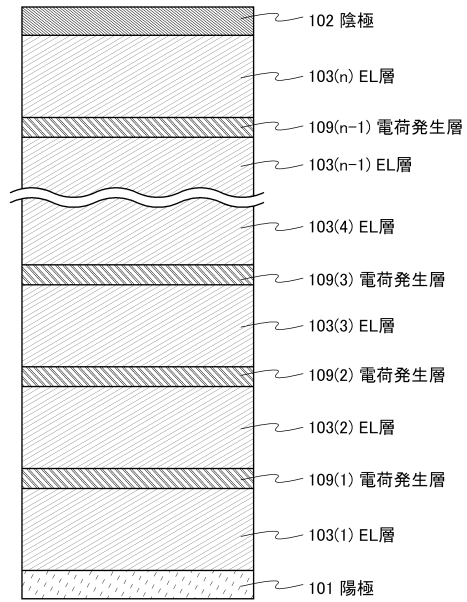
【図 4】



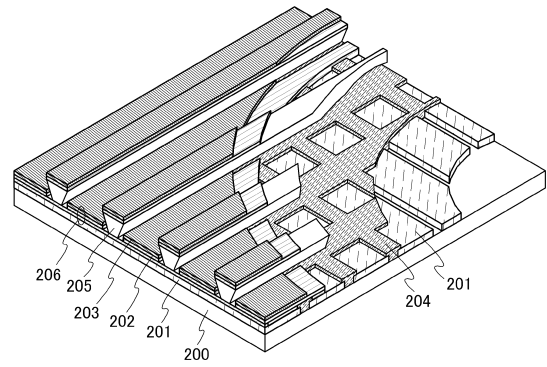
【図 5】



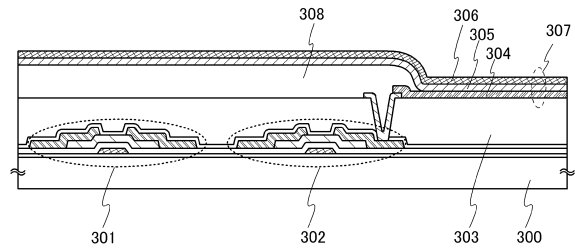
【図 6】



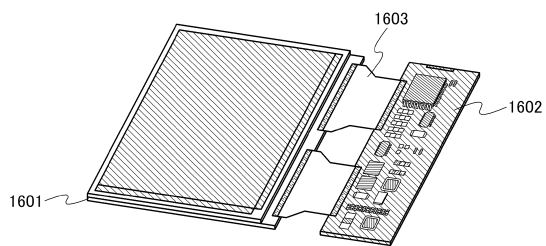
【図 7】



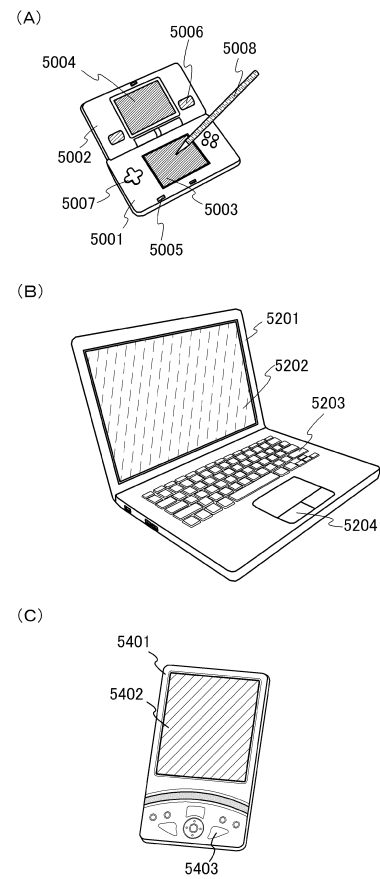
【図 8】



【図 9】

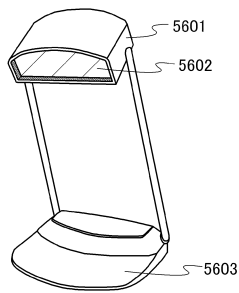


【図 10】

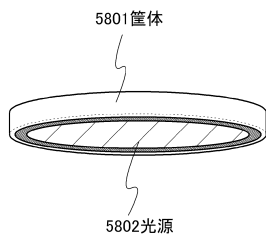


【図 1 1】

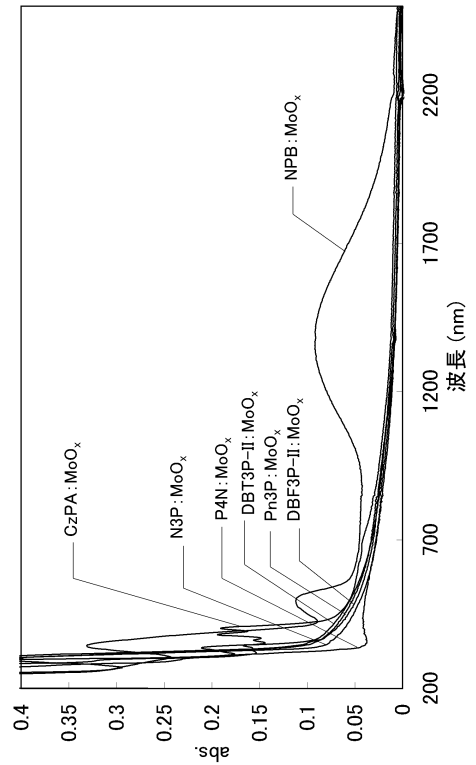
(A)



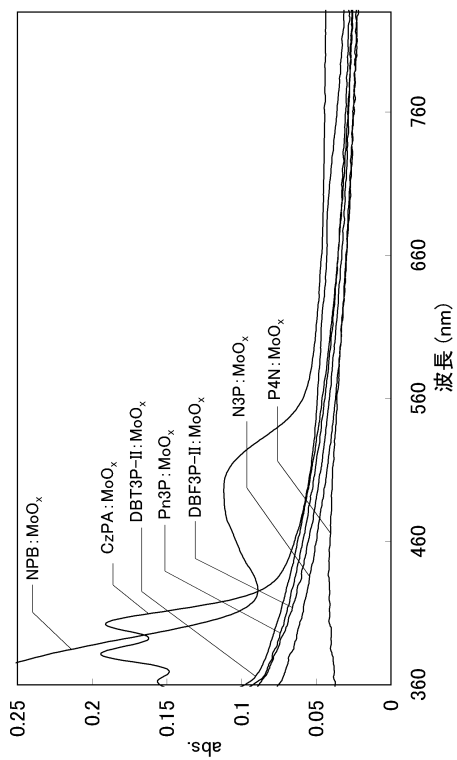
(B)



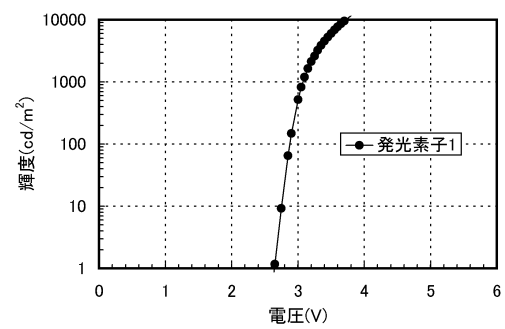
【図 1 2】



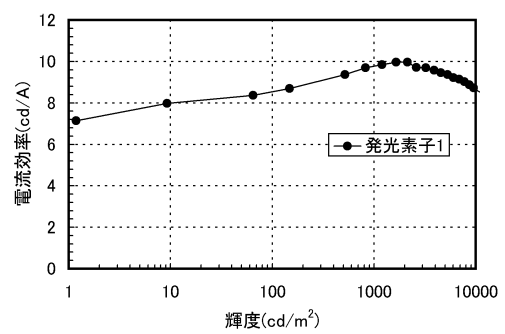
【図 1 3】



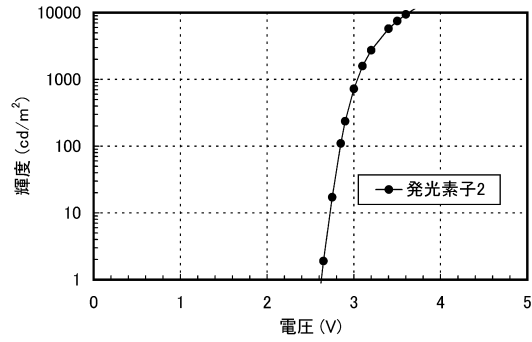
【図 1 4】



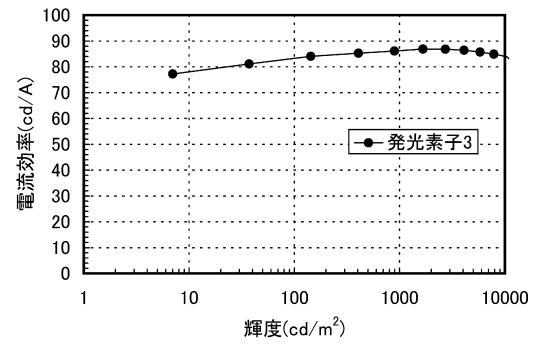
【図 1 5】



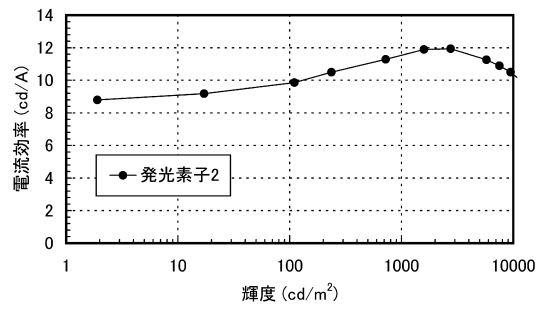
【図 16】



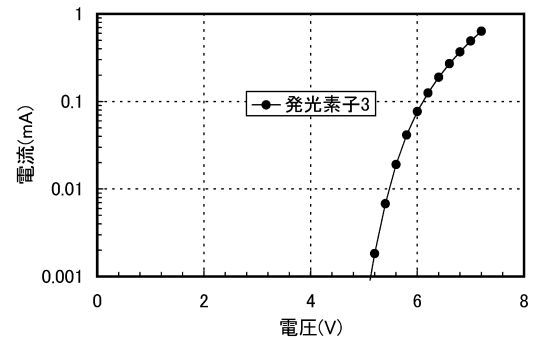
【図 18】



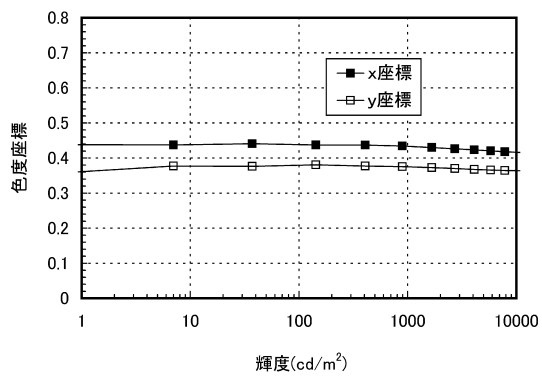
【図 17】



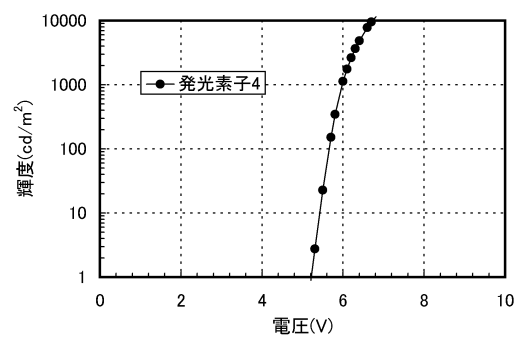
【図 19】



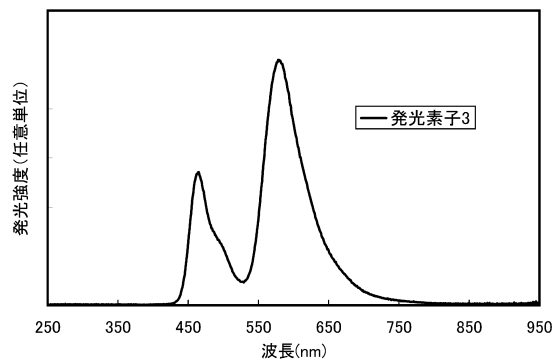
【図 20】



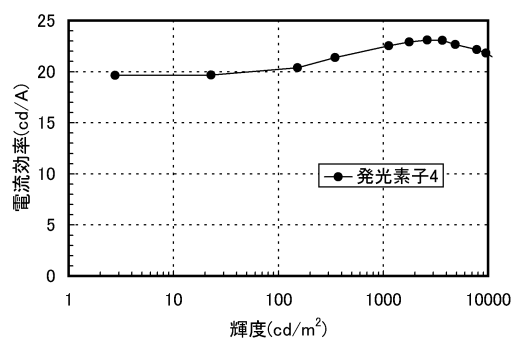
【図 22】



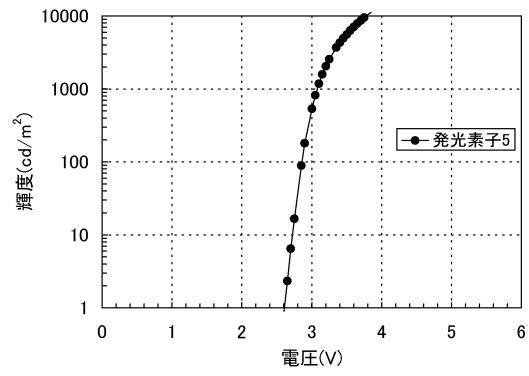
【図 21】



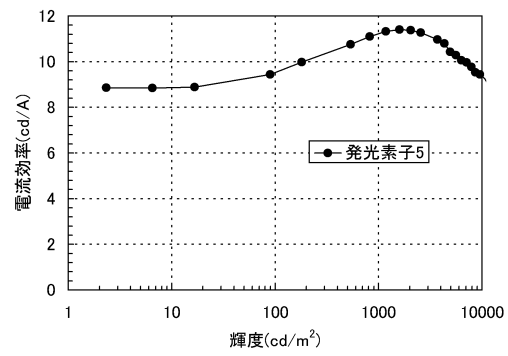
【図 23】



【図 2 4】



【図 2 5】





---

フロントページの続き

- (56)参考文献 特開2011-077034(JP,A)  
特開2011-034917(JP,A)  
米国特許出願公開第2011/0057179(US,A1)  
特開2007-036188(JP,A)  
特開2007-180526(JP,A)  
特開2007-048528(JP,A)  
特開2007-048529(JP,A)  
特開2007-048530(JP,A)  
特開2002-343576(JP,A)  
特開平10-255985(JP,A)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)  
H05B 33/12  
H01L 51/50