

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5972894号  
(P5972894)

(45) 発行日 平成28年8月17日(2016.8.17)

(24) 登録日 平成28年7月22日(2016.7.22)

(51) Int.Cl.	F I
<b>H05B 33/12 (2006.01)</b>	H05B 33/12 C
<b>H01L 51/50 (2006.01)</b>	H05B 33/14 A

請求項の数 18 (全 25 頁)

(21) 出願番号	特願2013-538901 (P2013-538901)	(73) 特許権者	000003964
(86) (22) 出願日	平成23年11月10日 (2011.11.10)		日東電工株式会社
(65) 公表番号	特表2013-546139 (P2013-546139A)		大阪府茨木市下穂積 1 丁目 1 番 2 号
(43) 公表日	平成25年12月26日 (2013.12.26)	(74) 代理人	110000729
(86) 国際出願番号	PCT/US2011/060238		特許業務法人 ユニアス国際特許事務所
(87) 国際公開番号	W02012/064987	(72) 発明者	マ、リービン
(87) 国際公開日	平成24年5月18日 (2012.5.18)		アメリカ合衆国 カリフォルニア州 92
審査請求日	平成26年11月5日 (2014.11.5)		130、サン ディエゴ、6203 ヴァ
(31) 優先権主張番号	61/412,505		ーダ レーン
(32) 優先日	平成22年11月11日 (2010.11.11)	(72) 発明者	チェン、シジュン
(33) 優先権主張国	米国 (US)		アメリカ合衆国 カリフォルニア州 92
			129、サン ディエゴ、7411 ヴィ
			ア リベラ

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 ハイブリッドコンポジット発光性構成体およびこれを使用する発光デバイス

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

発光性構成体であって、

第2の発光層と第3の発光層の間に配置された第1の発光層を含み、

第1の発光層がホスト材料を含み、第2の発光層が前記ホスト材料を含み、第3の発光層が前記ホスト材料を含み、ホスト材料が、蛍光によって青色光を発光し；

第1の発光層が、少なくとも第1の燐光ドーパントを含み、第2の発光層および第3の発光層は、ドーブされていないか；または

第1の発光層はドーブされておらず、第2の発光層は、少なくとも第1の燐光ドーパントを含み、第3の発光層は、少なくとも第2の燐光ドーパントを含み；

ホスト材料の三重項エネルギーは、第1の燐光ドーパントの三重項エネルギーより大きく；

以下：

第1の燐光ドーパントのHOMOエネルギー準位が、ホスト材料のHOMOエネルギー準位より大きく、

第1の燐光ドーパントのLUMOエネルギー準位が、ホスト材料のLUMOエネルギー準位よりも小さいという関係が存在する、発光性構成体。

【請求項 2】

ホスト材料の三重項エネルギーが、第2の燐光ドーパントの三重項エネルギーより大きい、請求項1に記載の発光性構成体。

## 【請求項 3】

ホスト材料が正孔および電子の両方を輸送することができる、請求項 1 または 2 に記載の発光性構成体。

## 【請求項 4】

第 1 の発光層が、少なくとも第 1 の燐光ドーパントを含み、第 2 の発光層および第 3 の発光層がドーブされていない、請求項 1 ~ 3 のいずれかに記載の発光性構成体。

## 【請求項 5】

第 1 の燐光ドーパントが、赤色、黄色または橙色の光子を放射する、請求項 4 に記載の発光性構成体。

## 【請求項 6】

第 1 の発光層が、第 2 の燐光ドーパントをさらに含む、請求項 4 に記載の発光性構成体。

## 【請求項 7】

第 1 の燐光ドーパントおよび第 2 の燐光ドーパントが、両方とも赤色、黄色または橙色の光子を放射する、請求項 6 に記載の発光性構成体。

## 【請求項 8】

第 1 の燐光ドーパントが赤色の光子を放射し、第 2 の燐光ドーパントが緑色の光子を放射する、請求項 6 に記載の発光性構成体。

## 【請求項 9】

第 1 の発光層がドーブされておらず、第 2 の発光層が、少なくとも第 1 の燐光ドーパントを含み、第 3 の発光層が、少なくとも第 2 の燐光ドーパントを含む、請求項 1 ~ 3 のいずれかに記載の発光性構成体。

## 【請求項 10】

第 1 の燐光ドーパントおよび第 2 の燐光ドーパントが、両方とも赤色、黄色または橙色の光子を放射する、請求項 9 に記載の発光性構成体。

## 【請求項 11】

第 1 の燐光ドーパントが、赤色、黄色または橙色の光子を放射し、第 2 の燐光ドーパントが緑色の光子を放射する、請求項 9 に記載の発光性構成体。

## 【請求項 12】

発光性構成体であって、  
第 2 の発光層と第 3 の発光層の間に配置された第 1 の発光層を含み、  
第 1 の発光層がホスト材料を含み、第 2 の発光層が前記ホスト材料を含み、第 3 の発光層が前記ホスト材料を含み、ホスト材料が、蛍光によって青色光を発光し；  
第 1 の発光層、第 2 の発光層、第 3 の発光層のうち、少なくとも 1 つが第 1 の燐光ドーパントを含み；  
第 1 の発光層、第 2 の発光層、第 3 の発光層のうち、少なくとも 1 つがドーブされていない；および  
第 1 の燐光ドーパントの LUMO エネルギー準位が、ホスト材料の LUMO エネルギー準位より小さい、発光性構成体。

## 【請求項 13】

第 1 の発光層が第 1 の燐光ドーパントを含み、第 2 の発光層および第 3 の発光層がドーブされていないか；または

第 1 の発光層がドーブされておらず、第 2 の発光層は第 1 の燐光ドーパントを含み、第 3 の発光層は第 2 の燐光ドーパントを含む、請求項 12 に記載の発光性構成体。

## 【請求項 14】

ホスト材料の三重項エネルギーが、第 1 の燐光ドーパントの三重項エネルギーより大きい、請求項 12 または 13 に記載の発光性構成体。

## 【請求項 15】

ホスト材料の三重項エネルギーが、第 2 の燐光ドーパントの三重項エネルギーより大きい、請求項 13 に記載の発光性構成体。

10

20

30

40

50

## 【請求項 16】

第1の燐光ドーパントのHOMOエネルギー準位が、宿主材料のHOMOエネルギー準位より大きい、請求項12～15のいずれかに記載の発光性構成体。

## 【請求項 17】

宿主材料が正孔および電子の両方を輸送することができる、請求項12～16のいずれかに記載の発光性構成体。

## 【請求項 18】

請求項1～17のいずれかに記載の発光性構成体を含む発光デバイス。

## 【発明の詳細な説明】

## 【技術分野】

10

## 【0001】

(関連する出願の相互参照)

本出願は、2010年11月11日に出願された米国仮出願61/412,505号に対する優先権の利益を主張し、その全体が本明細書に参考として組み込まれる。

## 【0002】

本明細書に記載する実施形態は、発光デバイス、たとえば、蛍光宿主と燐光ドーパントとを含む発光性構成体を含む発光デバイスに関する。

## 【背景技術】

## 【0003】

白色有機発光デバイス(WOLED)は、エネルギーを節約するために蛍光管および白熱電球を置き換えるものとして有望な候補である。しかし、現在のWOLED技術には、開発の余地がある。たとえば、もっとエネルギーを節約するために、WOLEDの電力効率を高めてもよい。燐光発光性エミッタのみを有する燐光発光性WOLED(PH-WOLED)デバイスは、蛍光エミッタのみを有するデバイスと比較して、顕著に効率が向上している。残念なことに、燐光発光性青色エミッタは、耐用寿命が短い場合がある。燐光発光性青色エミッタの不安定性さは、緑色から赤色の燐光発光性エミッタを使用しつつ、不安定なリン青色エミッタをもっと安定な蛍光青色エミッタと置き換えて用いることによって対処されてもよい。青色蛍光エミッタと緑色から赤色の燐光発光性エミッタとを含むOLEDデバイスは、ハイブリッドWOLED(HY-WOLED)と呼ぶことがある。HY-WOLEDは、PH-WOLEDよりも効率が低いため、さらに改良できる可能性

20

30

## 【発明の概要】

## 【0004】

蛍光宿主材料と燐光ドーパントとを含む発光性構成体は、発光デバイスのようなデバイスの効率を高めるだろう。

## 【0005】

ある実施形態は、第2の発光層と第3の発光層の間に配置された第1の発光層を含み、第1の発光層が、第1の宿主材料を含んでいてもよく、第2の発光層が、第2の宿主材料を含んでいてもよく、第3の発光層が、第3の宿主材料を含んでいてもよく、第1の宿主材料、第2の宿主材料、第3の宿主材料が、それぞれ蛍光によって青色光を発光してもよく、第1の発光層、第2の発光層、第3の発光層のうち、少なくとも1つが第1の燐光ドーパントをさらに含んでいてもよく、第1の発光層、第2の発光層、第3の発光層のうち、少なくとも1つがドーブされていなくてもよい、発光性構成体を含んでいてもよい。

40

## 【0006】

ある実施形態は、第2の発光層と第3の発光層の間に配置されていてもよい第1の発光層を含み、第1の発光層が、宿主材料を含んでいてもよく、第2の発光層が、上述の宿主材料を含んでいてもよく、第3の発光層が、上述の宿主材料を含んでいてもよく、この宿主材料が、蛍光によって青色光を発光してもよく、第1の発光層、第2の発光層、第3の発光層のうち、少なくとも1つが第1の燐光ドーパントをさらに含んでいてもよ

50

く、第1の発光層、第2の発光層、第3の発光層のうち、少なくとも1つが、何も加えていない層であってもよく、またはドーピングされていなくてもよい、発光性構成体を含んでいてもよい。

【0007】

ある実施形態は、第2の発光層と第3の発光層の間に配置された第1の発光層を含み、第1の発光層が、ホスト材料を含んでいてもよく、第2の発光層が、上述のホスト材料を含んでいてもよく、第3の発光層が、上述のホスト材料を含んでいてもよく、このホスト材料が、蛍光によって青色光を発光してもよく、第1の発光層が、第1の燐光ドーパントを含んでいてもよく、第2の発光層および第3の発光層が、ドーピングされていなくてもよいが、または、第1の発光層がドーピングされていなくてもよく、第2の発光層が、第1の燐光ドーパントを含んでいてもよく、第3の発光層が、第2の燐光ドーパントを含んでいてもよい、発光性構成体を含んでいてもよい。

10

【0008】

ある実施形態は、第2の発光層と第3の発光層の間に配置された第1の発光層を含み、第1の発光層が、ホスト材料を含み、第2の発光層が、上述のホスト材料を含み、第3の発光層が、上述のホスト材料を含み、ホスト材料が、蛍光によって青色光を発光し、第1の発光層が、第1の燐光ドーパントを含み、第2の発光層および第3の発光層がドーピングされていないか、または、第1の発光層がドーピングされておらず、第2の発光層が、第1の燐光ドーパントを含み、第3の発光層が、第2の燐光ドーパントを含み、ホスト材料の三重項エネルギーが、第1の燐光ドーパントの三重項エネルギーより大きく、以下：第1の燐光ドーパントのHOMOエネルギー準位が、ホスト材料のHOMOエネルギー準位より大きい；第1の燐光ドーパントのLUMOエネルギー準位が、ホスト材料のLUMOエネルギー準位よりも小さいという関係のうち、少なくとも1つが存在する、発光性構成体を含んでいてもよい。

20

【0009】

ある実施形態は、本明細書に記載する発光性構成体を含む発光デバイスを含んでいてもよい。

【図面の簡単な説明】

【0010】

【図1】図1Aおよび1Bは、発光性構成体のある実施形態の模式図である。

30

【0011】

【図2】図2Aおよび2Bは、発光性構成体のある実施形態のエネルギー構造の模式図である。

【0012】

【図3】図3は、発光性構成体の一実施形態のHOMO準位およびLUMO準位を示すエネルギー図である。

【0013】

【図4】図4は、実施例2で言及している発光デバイスの一例の模式図である。

【0014】

【図5】図5は、デバイス-Aの輝度(B)の関数としてあらわした発光効率および電力効率のプロットである。

40

【0015】

【図6】図6は、デバイス-Aのエレクトロルミネセンススペクトルのプロットである。

【0016】

【図7】図7は、デバイス-Bの輝度(B)の関数としてあらわした発光効率および電力効率のプロットである。

【0017】

【図8】図8は、デバイス-Bのエレクトロルミネセンススペクトルを示す。

【発明を実施するための形態】

【0018】

50

「T1」または「三重項エネルギー」との用語は、当業者が理解する通常の意味を有し、励起子の最低エネルギーの三重項状態から基底状態への遷移エネルギーを含む。三重項エネルギーを得るために、たとえば、燐光スペクトルを得ることによって三重項エネルギーを得るために使用可能な当該技術分野で既知の多くの方法が存在する。

【0019】

「最高被占分子軌道エネルギー準位」または「HOMOエネルギー準位」との用語は、当業者によって理解される通常の意味を有する。ある実施形態では、ある材料のHOMOエネルギー準位は、基底状態に少なくとも1個の電子が存在する最高エネルギー分子軌道のエネルギー準位を含んでいてもよい。

【0020】

「最低空分子軌道エネルギー準位」または「LUMOエネルギー準位」との用語は、当業者によって理解される通常の意味を有する。ある実施形態では、ある材料のLUMOエネルギー準位は、基底状態に1個も電子を含まない最低エネルギー分子軌道のエネルギー準位を含んでいてもよい。

【0021】

ある金属または導電体の「仕事関数」は、その金属または導電体の表面から1個の電子を抽出するのに必要な最小エネルギーの測定値であってもよい。

【0022】

図1は、発光性構成体100の2つの例の模式図である。図1Aおよび図1Bの両方で、発光性構成体100は、第1の発光層10を含んでいてもよく、第1の発光層10は、第2の発光層20と第3の発光層30の間に配置されていてもよい。第1の発光層10と第2の発光層20の間に第1の界面370が存在していてもよい。また、第1の発光層10と第3の発光層30の間に第2の界面320が存在していてもよい。または、第1の発光層10と第2の発光層20の間、および/または第1の発光層10と第3の発光層30の間に1つ以上の任意選択による層が存在していてもよい。第1の発光層10、第2の発光層20、第3の発光層30は、それぞれ独立して、ホスト材料を含む(図示せず)。ある実施形態では、第1の発光層10、第2の発光層20、第3の発光層30の3つすべてが同じホスト材料を含んでいてもよい(図示せず)。

【0023】

図1Aにおいて、第1の発光層10は、第1の燐光ドーパント40を含んでいてもよく、第2の発光層20はドーブされていなくてもよく、第3の発光層30は、ドーブされていなくてもよい。ある実施形態では、第1の発光層10は、第2の燐光ドーパント50をさらに含んでいてもよい。

【0024】

図1Bにおいて、第1の発光層10はドーブされていなくてもよく、第2の発光層20は、第1の燐光ドーパント40を含んでいてもよく、第3の発光層は、第2の燐光ドーパント50を含んでいてもよい。第1の燐光ドーパント40および第2の燐光ドーパント50は、実質的に同じ材料を含んでいてもよく、または異なる材料を含んでいてもよい。

【0025】

ある実施形態では、励起子が、燐光ドーパントを含む発光層の中、および/または燐光ドーパントを含む発光層とドーブされていない発光層との間の界面で生成するように発光性構成体を構成することによって、発光性構成体の効率を高められるだろう。燐光ドーパントに電荷が捕捉される場合、励起子は、ドーブされた層とドーブされていない層の界面または界面付近で生成するだろう。次いで、ドーパントの三重項励起子が緩和し、燐光を発光することによって基底状態になるだろう。

【0026】

しかし、電荷が燐光ドーパントに捕捉されない場合、三重項励起子は、発生領域またはその界面付近に限定されないだろう。結果として、生成する色を制御することは、もっと困難になるだろう。別の結果は、発光性構成体の効率が低下することであろう。

【0027】

三重項励起子が、ドーピングされた発光層から遠すぎる場所で生成する場合、三重項励起子が燐光ドーパントに到着しないことがあり、デバイスの効率が下がる場合がある。したがって、燐光ドーパントを含む層、または燐光ドーパントを含む層との境界または境界付近で励起子が生成することによって、発光性構成体の効率が高まるだろう。

#### 【0028】

ある実施形態では、ホストの三重項エネルギーは、燐光ドーパントの三重項エネルギーよりも少なくとも約  $0.05 \text{ eV}$ 、約  $0.1 \text{ eV}$ 、または約  $0.2 \text{ eV}$  大きく；および／または燐光ドーパントの三重項エネルギーよりも約  $0.3 \text{ eV}$  まで、約  $0.70 \text{ eV}$  まで、または約  $1.6 \text{ eV}$  まで大きい。

#### 【0029】

図2は、図1の例の三重項エネルギー構造の模式図であり、3つの発光層すべてが同じホスト材料を含んでいる。図2Aおよび図2Bの両方で、最低空分子軌道(LUMO)のエネルギー210、最高被占分子軌道(HOMO)のエネルギー220、ホスト材料の三重項エネルギー230は、第1の発光層10、第2の発光層20、第3の発光層30の材料がすべて同じ蛍光ホストを含むため、第1の発光層10、第2の発光層20、第3の発光層30でほぼ同じであろう。ホスト材料の三重項エネルギー230は、ホスト材料のHOMO-LUMOエネルギーギャップよりも小さいだろう。

#### 【0030】

ホストの三重項エネルギーは、任意の燐光ドーパントの三重項エネルギーより大きいだろう。たとえば、図1および図2の観点で、第1の燐光ドーパント40および／または第2の燐光ドーパント50が存在する場合、ホスト材料の三重項エネルギー230は、第1の燐光ドーパントの三重項エネルギー240および第2の燐光ドーパントの三重項エネルギー250よりも大きいだろう。さらに、ある実施形態では、第1の燐光ドーパント40の三重項エネルギー240は、第2の燐光ドーパント50の三重項エネルギー250よりも大きいだろう。

#### 【0031】

したがって、非燐光発光性ホストの三重項エネルギーと比較した燐光ドーパントの相対的な三重項エネルギーは、三重項励起子の発光効率を高めるように調整されるだろう。発光性構成体の多くのパラメータおよび発光性構成体の材料は、ドーピングされた発光層のような特定の層の中または層の付近で励起子の生成を増やすように変えられてもよい。これらのパラメータの一部として、相対的なHOMO/LUMO準位、電子移動性、正孔移動性、層の厚みなどを挙げることができる。

#### 【0032】

燐光ドーパントのHOMOエネルギー準位およびLUMOエネルギー準位のうち1つ以上が、正孔および／または電子を捕捉するのに役立ち、その結果、ドーピングされた発光層、またはドーピングされた発光層とドーピングされていない発光層との対応する界面が、励起子発生領域として作用するだろう。

#### 【0033】

たとえば、図3は、第1の燐光ドーパント40を含み、3つの発光層すべてでホスト材料が同じである図1Aに示されるようなデバイスの一例について、HOMOエネルギー準位およびLUMOエネルギー準位を含むエネルギー図を提供する。第1の燐光ドーパント40のHOMOエネルギー準位340は、ホスト材料のHOMOエネルギー準位220より大きいだろう。この具体的な実施例では、正孔305は、310で示した方向に移動するか、または第2の発光層20を通り、第1の発光層10を通して移動し、その後、第3の発光層30との第2の界面320に移動するだろう。第2の発光層20の正孔305が、第1の発光層10との第1の界面370に到達するにつれ、第1の燐光ドーパント40のHOMO340にある電子が、ホストの低い方のエネルギーHOMO220に簡単に落ち、そのため、正孔305が第1の燐光ドーパント40のHOMO340に移動するだろう。

#### 【0034】

正孔 305 が、第 1 の燐光ドーパントの HOMO 340 に移動すると、ホストの HOMO 220 に簡単に戻ることはできないだろう。というのは、正孔がドーパント HOMO 340 からホスト HOMO 220 に移動するには、ホストの HOMO 220 にある電子が、第 1 の燐光ドーパント 40 の HOMO 340 に移動する必要があると思われるからであろう。第 1 の燐光ドーパント 40 の HOMO エネルギー準位 340 は、ホスト材料の HOMO エネルギー準位 220 よりかなり大きい場合、このような電子移動は、顕著に妨害されるだろう。第 1 の発光層 10 から第 2 の発光層 20 または第 3 の発光層 30 への正孔の移動は、第 1 の燐光ドーパントの HOMO 340 からホストの HOMO 220 への移動を必要とすると思われる、正孔は、第 1 の発光層に捕捉されるだろう。

#### 【0035】

さらに、図 3 に関し、第 1 の燐光ドーパント 40 の LUMO エネルギー準位 350 は、ホスト材料の LUMO エネルギー準位 210 より低いだろう。この具体的な実施例では、電子 315 は、360 で示した方向に移動するか、または第 3 の発光層 30 を通り、第 1 の発光層 10 を通って移動し、その後、第 2 の発光層 20 との第 1 の界面 370 に移動するだろう。第 3 の発光層 30 の電子 315 が、第 1 の発光層 10 との第 2 の界面 320 に到達するにつれ、ホストの LUMO 210 の電子 315 が、第 1 の燐光ドーパント 40 の低い方のエネルギー LUMO 350 に移動するだろう。第 1 の燐光ドーパントの低い方のエネルギー LUMO 350 に電子 315 が移動すると、電子 350 には、ホストの高い方のエネルギー LUMO 210 に移動するには不十分なエネルギーしかないだろう。したがって、第 2 の発光層 20 または第 3 の発光層 30 のいずれかに移動するには、電子 305 が、ホストの高い方のエネルギー LUMO 210 へと促進されるのに十分なエネルギーを得る必要があると思われるため、電子は、第 1 の発光層 10 に限定されるだろう。

#### 【0036】

したがって、図 3 のデバイスの例、または燐光ドーパントが、ホストの HOMO エネルギー準位より大きい HOMO エネルギー準位を有し、燐光ドーパントが、ホストの LUMO エネルギー準位より低い LUMO エネルギー準位を有するような任意のデバイスでは、電子 315 および正孔 305 は、第 1 の発光層に同時に捕捉されるだろう。電子 315 および正孔 305 が第 1 の発光層に蓄積すると、第 1 の発光層 10 と、第 1 の発光層 10 と第 2 の発光層 20 の間の第 1 の界面 370 と、および / または第 1 の発光層 10 と第 3 の発光層 30 の間に第 2 の界面 320 とを含んでいてもよい励起子発生領域 380 が生じるだろう。

#### 【0037】

しかし、ホストの HOMO エネルギー準位 220 が、第 1 の燐光ドーパント 40 の HOMO エネルギー準位 340 と同じくらいである場合でさえ、電荷の捕捉は起こるだろう。この状況で、この材料の HOMO エネルギー準位は、正孔 305 を第 1 の発光層 10 に制限しない場合があるが、第 1 の発光層 10 に電子 315 が蓄積すると、この場合も、第 1 の燐光ドーパント 40 の LUMO エネルギー準位 350 が、ホストの LUMO エネルギー準位 210 よりかなり小さいときに、同様の励起子発生領域 380 が生成するだろう。したがって、ある実施形態では、ホストの LUMO エネルギー準位 20 は、燐光ドーパントの LUMO エネルギー準位 350 よりも少なくとも約 0.05 eV、約 0.1 eV、または約 0.2 eV 大きい、または小さくなく、および / または燐光ドーパントの HOMO エネルギー準位よりも約 0.3 eV まで、約 0.70 eV まで、または約 1.6 eV まで大きいだろう。

#### 【0038】

同様に、ホストの LUMO エネルギー準位 210 が、第 1 の燐光ドーパント 40 の LUMO エネルギー準位 350 と同じくらいである場合でさえ、電荷の捕捉は起こるだろう。この状況で、この材料の LUMO エネルギー準位は、電子 315 を第 1 の発光層 10 に制限しない場合があるが、第 1 の発光層 10 に正孔 305 が蓄積すると、この場合も、第 1 の燐光ドーパント 40 の HOMO エネルギー準位 340 が、ホストの HOMO エネルギー準位 220 よりかなり大きいときに、同様の励起子発生領域 380 が生成するだろう。し

10

20

30

40

50

たがって、ある実施形態では、燐光ドーパントのHOMOエネルギー準位は、ホストのHOMOエネルギー準位よりも少なくとも約0.05 eV、約0.1 eV、または約0.2 eV大きい(小さくない)か、および/またはホストのHOMOエネルギー準位よりも約0.3 eVまで、約0.70 eVまで、または約1.6 eVまで大きいだろう。

【0039】

さらなる燐光ドーパントが存在してもよく、図3に関し、第1の燐光ドーパントについて説明したのと同じ原理を適用する。しかし、これらの原理の記載を単純化するために、これらは図3には示されていない。

【0040】

燐光ドーパントは、層を通る正孔および/または電子の移動を減らすだろう。したがって、燐光ドーパントでドーブされた発光層は、正孔移動性および/または電子移動性が、同じホスト材料を含むドーブされていない層と比較して、少なくとも2分の1、約4分の1、約5分の1、約10分の1、約100分の1、または約1000分の1に小さくなり、および/または同じホスト材料を含むドーブされていない層と比較して、約10,000分の1、100,000分の1、500,000分の1、または約1,000,000分の1まで小さくなるだろう。たとえば、図1Aの第1の発光層10は、第2の発光層20および第3の発光層30と比較して、正孔移動性および/または電子移動性が小さいだろう。同様に、図1Bでは、第1の発光層10は、第2の発光層20および第3の発光層30と比較して、正孔移動性および/または電子移動性が大きいだろう。

【0041】

電子および/または正孔の濃度が高まるにつれて、および/または電子および/または正孔の移動性が増すにつれて、励起子の生成が増えるだろう。ドーブされた発光層で正孔および/または電子の移動性が顕著に下がると、移動速度が低下することによって、正孔および/または電子がドーブされた発光層に移動する時間が長くなるため、ドーブされた発光層に電子および/または正孔が蓄積するだろう。これにより、正孔および/または電子の相対的な濃度または集合が増えることによって、他の層と比べて、ドーブされた発光層で生成する励起子の数が増えるだろう。また、正孔および/または電子の移動性が大きい材料との界面で生成する励起子の数も増えるだろう。このことは、高濃度の正孔および/または電子および高い移動性をあわせもつことによって励起子が生成しやすくなり、界面には、移動性の低い層からの高濃度の正孔および/または電子を含み、移動性の大きな層からの高濃度の電子および/または正孔の移動性を含むためであると思われる。

【0042】

図3に示すような発光性構成体に関し、正孔移動性とほぼ同じ電子移動性を有するホスト材料は、励起子が励起子発生領域380で生成する傾向を高めるだろう。第3の発光層30とほぼ同じ厚みを有する第2の発光層も、励起子が励起子発生領域380で生成する傾向を高めるだろう。ある実施形態では、第2の発光層20は、厚みが約2 nm~約50 nmであってもよく、および/または第3の発光層30は、厚みが約2 nm~約50 nmであってもよい。

【0043】

励起子が基底状態に緩和するまでに移動する平均距離は、「拡散距離」と呼ぶことができる。三重項の拡散距離は、もっと大きくてもよく、一重項の拡散距離よりも約10 nm~約100 nm大きい範囲であってもよく、約10 nm未満の範囲であってもよい。したがって、ある実施形態では、蛍光発光を高める(発光性構成体中の青色発光量を増やしてもよい)ために、ドーブされていない層の厚みを増やしてもよい。三重項の拡散距離はかなり大きいと思われるため、三重項の発光が低下することなく、このことが行われるだろう。したがって、ある実施形態では、ドーブされていない発光層は、厚みが少なくとも約1 nm、少なくとも約2 nm、少なくとも約5 nm、または少なくとも約10 nmであり、約50 nmまで、約70 nmまで、約100 nmまで、または約約150 nmまで、および/または約15 nm~約20 nmであってもよい。

【0044】

10

20

30

40

50

ある実施形態では、燐光ドーパントを含む発光層は、厚みが少なくとも約 1 nm、約 2 nm、または約 5 nm であり、および / または約 10 nm まで、約 15 nm まで、または約 20 nm であってもよい。ある実施形態では、ドーピングされていない発光層は、厚みが約 15 nm ~ 約 20 nm であってもよく、および / またはドーピングされた発光層は、厚みが約 2 ~ 約 10 nm であってもよい。

#### 【0045】

ある実施形態では、本明細書に記載するデバイスは、白色光を発光するような構成であってもよい。白色光は、ある色のホスト材料からの発光と、第 2 の色の第 1 の燐光ドーパントからの発光と、第 3 の色の第 2 の燐光ドーパントからの発光とを組み合わせることによって与えられるだろう。

10

#### 【0046】

蛍光によって発光する任意の材料を、第 1 のホスト材料、第 2 のホスト材料、第 3 のホスト材料などを含むホスト材料として使用してもよい。ある実施形態では、ホスト材料は、蛍光によって青色光を発光してもよい。たとえば、ホスト材料は、少なくとも約 400 nm、約 420 nm、約 440 nm、または約 450 nm から、480 nm、約 490 nm、約 495 nm または約 500 nm まで、および / または約 460 nm ~ 約 480 nm、または約 470 nm の蛍光発光ピーク波長を有していてもよい。ある種の発光性構成体では、ホスト材料は、すべての発光層（たとえば、第 1 の発光層、第 2 の発光層、第 3 の発光層）に存在していてもよい。

#### 【0047】

20

上に説明したように、任意のホスト材料は、任意の燐光ドーパントより大きな三重項エネルギーを有していてもよい。たとえば、ホスト材料は、三重項エネルギーが少なくとも約 2.0 eV、約 2.2 eV、約 2.5 eV または約 2.6 eV であり、および / または約 2.8 eV、約 2.9 eV または約 3.2 eV までであってもよい。

#### 【0048】

任意のホスト材料は、両極性であってもよく、したがって、正孔および電子の両方を輸送することができるだろう。ある実施形態では、正孔移動性に対する電子移動性の比率は、少なくとも約 0.001、約 0.01、約 0.1、約 0.5 または約 0.9 であり、および / または約 1.1、約 5、約 10、約 100 または約 1000 までであってもよく、および / または約 1 であってもよい。ホスト材料のいくつかの例を、概算した HOMO エネルギーおよび LUMO エネルギーとともに以下の表 1 に示す。ある実施形態では、ホストは、HO-3、HO-2、NPD、4PNPD のうち、少なくとも 1 つを含む。たとえば、第 1 のホスト材料、第 2 のホスト材料、および / または第 3 のホスト材料は、HO-3、HO-2、NPD、4PNPD のうち、少なくとも 1 つを含んでいてもよい。

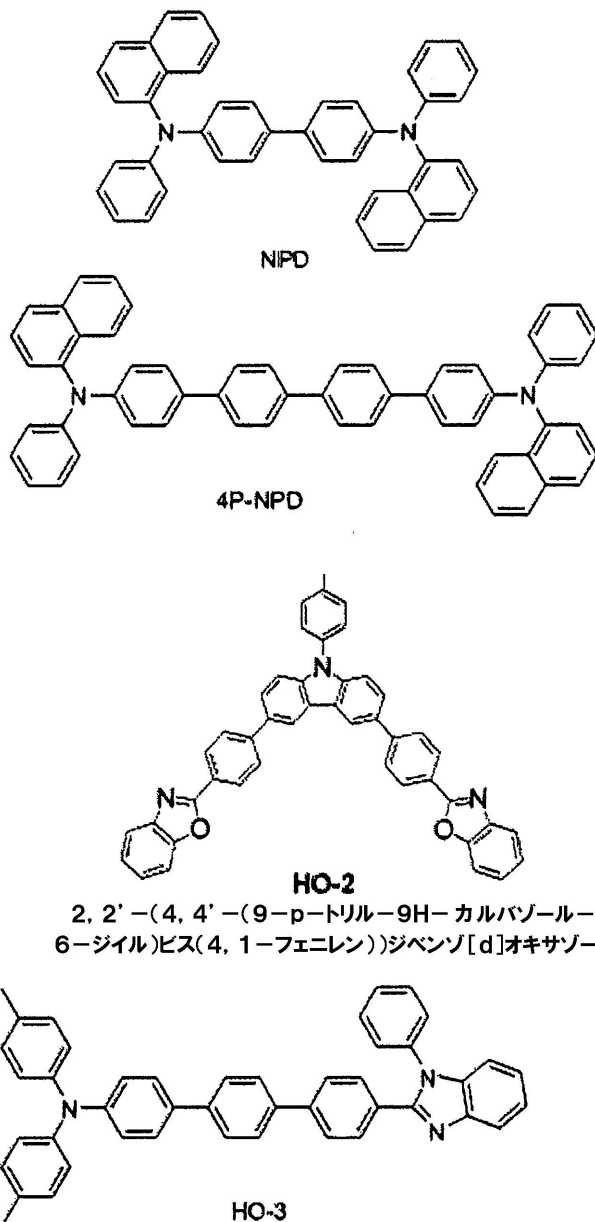
30

【表 1】

ホスト材料	LUMO エネルギー準位 (eV)	HOMO エネルギー準位 (eV)
NPD	-2.7	-5.2
4PNPD	-2.7	-5.6
HO-2	-2.88	-5.96
HO-3	-2.33	-5.23

40

## 【化 1】



10

20

30

## 【0049】

他のホスト材料を含め、他の材料の場合、HOMOエネルギー準位およびLUMOエネルギー準位は、たとえば、溶液電気化学、紫外光電子分光法（UPS）、逆光電子分光法などの当該技術分野で既知のいくつかの従来法によって得られてもよい。ある実施形態では、OLEDで使用される有機材料のHOMOエネルギー準位およびLUMOエネルギー準位は、Metrohm USA（リバービュー、FLA、USA）によって製造されたサイクリックボルタンメトリー（CV）機器（μAutolab II型）をGPES / FRAソフトウェア（バージョン4.9）と組み合わせて用いて得られてもよい。

40

## 【0050】

燐光ドーパントは、燐光によって発光する任意の材料であってもよい。第1の燐光ドーパント、第2の燐光ドーパント、および存在してもよい任意のさらなる燐光ドーパントで用いられる材料は、相互に変更可能であり、第1の燐光ドーパントと第2の燐光ドーパントが同じ材料であってもよい。

## 【0051】

ある実施形態では、燐光ドーパントは、緑色から赤色の範囲（たとえば、約480nm～約800nm）の光子を放射してもよい。たとえば、ある緑色の光子は、波長が少なく

50

とも約480nmまたは約490nm～約560nmまたは約570nmの範囲であってもよく、ある黄色の光子は、波長が少なくとも約560nmまたは約570nm～約580nmまたは約590nmの範囲であってもよく、ある橙色の光子は、波長が少なくとも約580nmまたは約590nm～約620nmまたは約630nmの範囲であってもよく、ある赤色の光子は、波長が少なくとも約620nmまたは約630nm～約760nmまたは約800nmなどの範囲であってもよい。上述の範囲にピーク発光波長を有する燐光ドーパントから発せられる光は、この範囲に関連する色を有すると思われる。

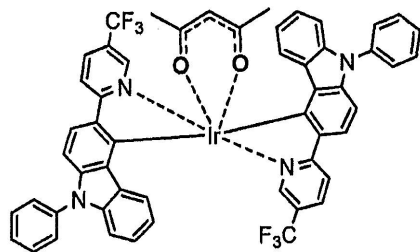
#### 【0052】

発光性構成体によって発せられる光の色を、使用する燐光ドーパントによって調節してもよい。たとえば、発せられる光の色は、燐光ドーパントから発せられる光の色に依存するだろう。発せられる光の色は、燐光ドーパントの濃度にも依存するだろう。たとえば、緑色燐光ドーパントの濃度が高いと、発光性構成体によって発せられる光が緑に近くなるか、または、橙色燐光ドーパントの濃度が高いと、発光性構成体によって発せられる光が橙色に近くなるだろう。したがって、その色を調節して白色発光を発する発光性構成体を得てもよく、または任意の望ましい色を発光する発光性構成体を得てもよい。

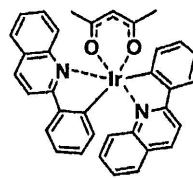
#### 【0053】

ある実施形態では、燐光ドーパントは、Ir錯体を含んでもよい。Ir錯体を含む燐光ドーパントの例の一部としては、Ir-(pq)<sub>2</sub>acac、Ir(phq)<sub>2</sub>acac、Ir(piq)<sub>2</sub>acac、Ir(piq)<sub>3</sub>、YE-1、PO-01などが挙げられる。たとえば、第1の燐光ドーパントおよび/または第2の燐光ドーパントは、Ir-(pq)<sub>2</sub>acac、Ir(phq)<sub>2</sub>acac、Ir(piq)<sub>2</sub>acac、Ir(piq)<sub>3</sub>、YE-1、PO-01のうち、少なくとも1つを含んでもよい。

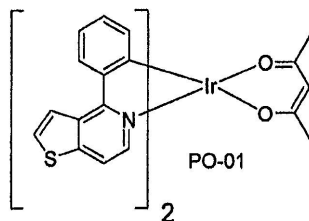
#### 【化2】



YE-1



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



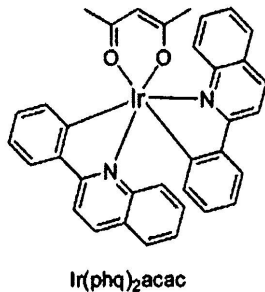
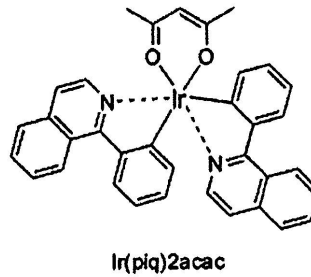
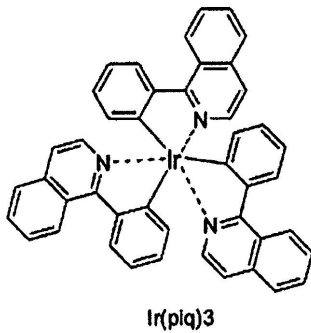
PO-01

2

10

20

30



10

## 【 0 0 5 4 】

20

ある実施形態では、第 1 の発光層、第 2 の発光層、第 3 の発光層などのような任意の発光層に蛍光性ゲストを加えてもよい。

## 【 0 0 5 5 】

ある実施形態では、発光デバイスは、本明細書に記載する発光性構成体を含んでいてもよい。たとえば、発光デバイスは、アノード、カソード、発光性構成体を含んでいてもよく、発光性構成体は、アノードとカソードの間に配置されていてもよい。

## 【 0 0 5 6 】

アノードは、1つの層であってもよく、カソードよりも仕事関数が高くなる任意の材料を含んでいてもよく、材料としては、金属、混合金属、アロイ、金属酸化物または混合金属酸化物、または導電性ポリマーのような従来からある材料が挙げられる。適切な金属の例としては、1 族の金属、4、5、6 族の金属、8 ~ 10 族の遷移金属が挙げられる。アノード層が光を透過する場合、12、13、14 族金属の混合金属酸化物またはこれらを組み合わせた金属酸化物（たとえば、Au、Pt、インジウムスズオキシド（ITO））を使用してもよい。アノード層は、有機材料、たとえば、ポリアニリン（たとえば、「Flexible light-emitting diodes made from soluble conducting polymer」、Nature、vol. 357、pp. 477 - 479（1992 年 6 月 11 日）に記載されるようなもの）、グラフェン（たとえば、H. P. Boehm、R. Setton and E. Stupp（1994）「Nomenclature and terminology of graphite intercalation compounds」Pure and Applied Chemistry 66: 1893 - 1901 に記載されるもの）、および/またはカーボンナノチューブ（たとえば、Junira、US App 2008 0152573（WO/2008/140505））を含んでいてもよい。仕事関数の高い導電体の適切な例としては、限定されないが、Au、Pt、インジウムスズオキシド（ITO）、またはこれらのアロイが挙げられる。アノード層は、その機能を発揮するのに適した任意の厚み、たとえば、約 1 nm ~ 約 1000 nm の範囲の厚みを有していてもよい。

30

40

## 【 0 0 5 7 】

アノードに有用であり得るいくつかの材料のおおよその仕事関数は、以下の表 2 に含まれている。

50

【表 2】

金属	仕事関数 (eV)
インジウムスズオキシド (ITO)	4.7
インジウム亜鉛オキシド (IZO)	4.7
Al	4.28
Ag	4.26
Zn	4.33
Zr	4.05
Sn	4.42
V	4.3
Hg	4.49
In	4.12
Ti	4.3

10

## 【0058】

カソードは、1つの層であってもよく、アノード層よりも仕事関数が小さい材料を含んでいてもよい。カソード層に適した材料の例としては、1族、2族金属のアルカリ金属、希土類元素、ランタニドおよびアクチニドを含む12族金属、アルミニウム、インジウム、カルシウム、バリウム、サマリウム、マグネシウム、およびこれらの組み合わせのような材料を挙げることができる。操作電圧を下げるために、Liを含有する有機金属化合物、LiF、Li<sub>2</sub>Oが、場合により、有機層とカソード層の間に配置されていてもよい。仕事関数が小さい適切な金属としては、限定されないが、Al、Ag、Mg、Ca、Cu、Mg/Ag、LiF/Al、CsF、CsF/Alまたはこれらのアロイが挙げられる。カソード層は、その機能を発揮するのに適した任意の厚み、たとえば、約1nm～約1000nmの範囲の厚みを有していてもよい。

20

## 【0059】

カソードに有用であり得るいくつかの材料のおおよその仕事関数は、以下の表3に含まれている。

30

【表 3】

金属	仕事関数 (eV)
LiF/Al	3.6
Mg	3.72
Mg/Ag	4.12
Al	4.28

## 【0060】

ある実施形態では、発光デバイスは、正孔輸送層(HTL)をさらに含んでいてもよく、HTLは、発光性構成体とアノードの間に配置されていてもよい。正孔輸送層は、当該技術分野で既知の材料を含む任意の正孔輸送材料を含んでいてもよい。ある種のデバイスの場合、HTL中の材料のHOMOエネルギー準位と、アノード層の仕事関数との差は、アノードから正孔を有効に輸送するのに十分なほど小さくてもよい。HTLは、場合により、電子遮断層および/または励起子遮断層としても機能する材料を含んでいてもよい。

40

## 【0061】

正孔輸送材料の例の一部としては、以下の少なくとも1つを挙げることができる。芳香族置換アミン、カルバゾール類、ポリビニルカルバゾール(PVK)類、たとえば、ポリ(9-ビニルカルバゾール)；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(TPD)；ポリフルオレン；ポリフルオレンコポリマー類；ポリ(9,9-ジ-n-オクチルフルオレン-alt-ベン

50

ゾチアジアゾール) ; ポリ ( パラフェニレン ) ; ポリ [ 2 - ( 5 - シアノ - 5 - メチルヘキシルオキシ ) - 1 , 4 - フェニレン ] ; 1 , 1 - ビス ( 4 - ビス ( 4 - メチルフェニル ) アミノフェニル ) シクロヘキサン ; 2 , 9 - ジメチル - 4 , 7 - ジフェニル - 1 , 10 - フェナントリン ; 3 , 5 - ビス ( 4 - t e r t - ブチル - フェニル ) - 4 - フェニル [ 1 , 2 , 4 ] トリアゾ - ル ; 3 , 4 , 5 - トリフェニル - 1 , 2 , 3 - トリアゾ - ル ; 4 , 4 ' , 4 " - トリス ( N - ( ナフチレン - 2 - イル ) - N - フェニルアミノ ) トリフェニルアミン ; 4 , 4 ' , 4 ' - トリス ( 3 - メチルフェニルフェニルアミノ ) トリフェニルアミン ( M T D A T A ) ; 4 , 4 ' - ビス [ N - ( ナフチル ) - N - フェニル - アミノ ] ビフェニル ( - N P D ) ; 4 , 4 ' - ビス [ N , N ' - ( 3 - トリル ) アミノ ] - 3 , 3 ' - ジメチルビフェニル ( H M T P D ) ; 4 , 4 ' - N , N ' - ジカルバゾール - ビフェニル ( C B P ) ; 1 , 3 - N , N - ジカルバゾール - ベンゼン ( m C P ) ; ポリ ( 9 - ビニルカルバゾール ) ( P V K ) ; ベンジジン類 ; フェニレンジアミン類 ; フタロシアニン金属錯体類 ; ポリアセチレン類 ; ポリチオフェン類 ; トリフェニルアミン類 ; オキサジアゾール類 ; 銅フタロシアニン ; N , N ' N " - 1 , 3 , 5 - トリカルバゾロイルベンゼン ( t C P ) ; 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 ; これらの混合物など。

# 【 0 0 6 2 】

正孔輸送材料として有用であり得るいくつかの材料のおおよその L U M O エネルギー準位および H O M O エネルギー準位は、以下の表 4 に含まれている。

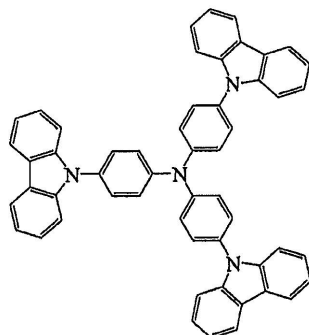
【表 4】

正孔輸送化合物	L U M O エネルギー準位 ( e V )	H O M O エネルギー準位 ( e V )
D T A S i	- 2 . 2 0	- 5 . 6 0
T C T A	- 2 . 4 3	- 5 . 8 3
C B P	- 2 . 8 0	- 6 . 1 0
$\alpha$ - N P D	- 2 . 4 0	- 5 . 5 0
4 C z P B P	- 2 . 6 0	- 6 . 0 6

10

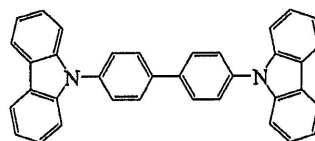
20

## 【化 3】



TCTA

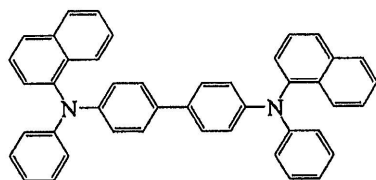
4, 4', 4''-トリス(カルバゾール-9-イル)-トリフェニルアミン



CBP

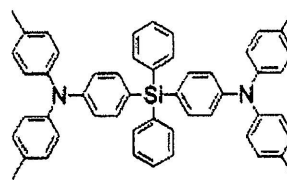
4, 4'-N, N'-ジカルバゾール-ジフェニル

10



α-NPD

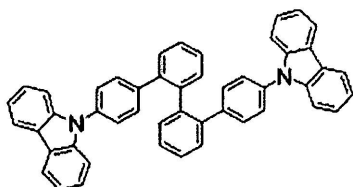
4, 4'-ビス[N-(ナフチル)-N-フェニル-アミノ]ビフェニル



DTASI

ビス[4-(p, p'-ジトリル-アミノ)フェニル]ジフェニルシラン

20



4CzPBP

2, 2'-ビス(4-カルバゾリルフェニル)-1, 1'-ビフェニル

## 【0063】

ある実施形態では、発光デバイスは、電子輸送層(ETL)を含んでいてもよく、ETLは、カソード層と発光性構成体の間に配置されていてもよい。ETLは、当該技術分野で既知の材料を含む任意の電子輸送材料を含んでいてもよい。ある種のデバイスの場合、ETL中の材料のLUMOエネルギー準位と、カソード層の仕事関数との差は、カソードから電子を有効に輸送するのに十分なほど小さくてもよい。場合により、ETLは、正孔遮断層および/または励起子遮断層としても機能し得る材料から作られていてもよい。

## 【0064】

電子輸送材料の例の一部としては、以下の少なくとも1つを挙げることができる。2-(4-ビフェニルイル)-5-(4-tert-ブチルフェニル)-1,3,4-オキサジアゾール(PBD); 1,3-ビス(N,N-t-ブチル-フェニル)-1,3,4-オキサジアゾール(OXD-7); 1,3-ビス[2-(2,2'-ビピリジン-6-イル)-1,3,4-オキサジアゾ-5-イル]ベンゼン; 3-フェニル-4-(1'-ナフチル)-5-フェニル-1,2,4-トリアゾール(TAZ); 2,9-ジメチル-4,7-ジフェニル-フェナントロリン(バトクブロインまたはBCP); アルミニウムトリ(8-ヒドロキシキノレート)(Alq3); 1,3,5-トリ(2-N-フェニルベンズイミダゾリル)ベンゼン; 1,3-ビス[2-(2,2'-ビピリジン-6-イル)-1,3,4-オキサジアゾ-5-イル]ベンゼン(BPY-OXD); 3-フェニル-4-(1'-ナフチル)-5-フェニル-1,2,4-トリアゾール(TAZ); 2,9-ジメチル-4,7-ジフェニル-フェナントロリン(バトクブロインまたはBCP); 1,3,5-トリ[2-N-フェニルベンズイミダゾール-z-イル]ベンゼン(

30

40

50

TPBI)。ある実施形態では、電子輸送層は、アルミニウムキノレート ( $Alq_3$ )、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 (PBD)、フェナントロリン、キノキサリン、1,3,5-トリス[N-フェニルベンズイミダゾール-2-イル]ベンゼン (TPBI)、またはこれらの誘導体もしくは混合物であってもよい。

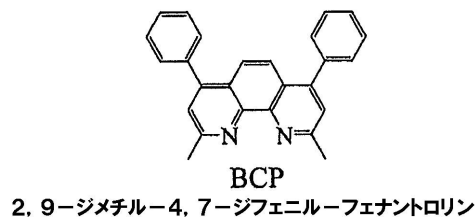
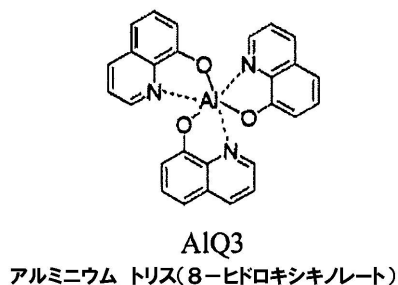
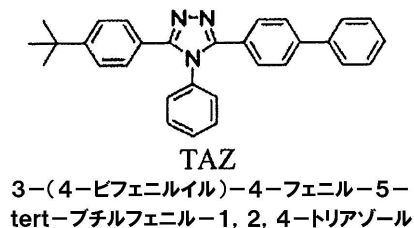
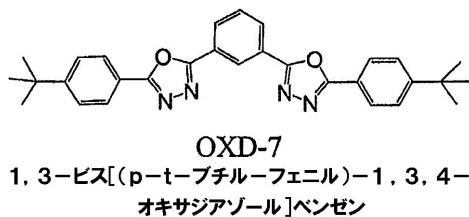
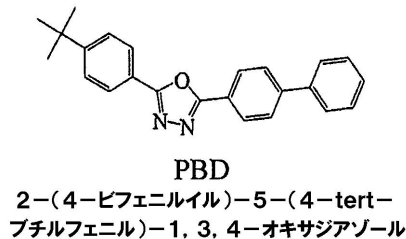
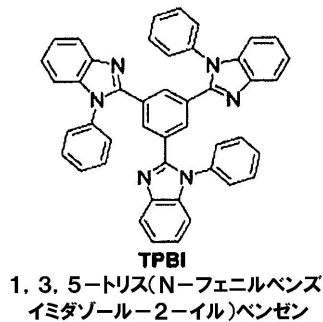
#### 【0065】

電子輸送材料として有用であり得るいくつかの材料のおおよそのLUMOエネルギー準位およびHOMOエネルギー準位は、以下の表5に含まれている。

【表5】

電子輸送材料	LUMOエネルギー準位 (eV)	HOMOエネルギー準位 (eV)
TPBI	-2.70	-6.20
PBD	-2.60	-6.20
OXD-7	-2.60	-6.40
TAZ	-2.70	-6.30
AlQ3	-3.00	-5.70
BCP	-2.80	-6.10

#### 【化4】



#### 【0066】

ある発光デバイスでは、連続する層のHOMOエネルギー準位およびLUMOエネルギー準位が段階的な構造になるように配置されていてもよい。これらのデバイスでは、層のエネルギー準位は、アノードの仕事関数から、アノードから続く連続する層のHOMOエネルギー準位まで徐々に小さくなっていてもよい。たとえば、仕事関数またはHOMOエ

10

20

30

40

50

エネルギー準位の値は、アノード > 正孔輸送 > 発光性ホスト > 電子輸送のような相対的な順序を有していてもよい。他の方向では、層のエネルギー準位は、カソードの仕事関数から、カソードから続く連続する層の LUMO エネルギー準位まで徐々に大きくなっていてもよい。たとえば、仕事関数または LUMO エネルギー準位の値は、カソード < 電子輸送 < 発光性ホスト < 正孔輸送のような相対的な順序を有していてもよい。

#### 【0067】

ある実施形態では、発光性構成体は、発光性構成体中で励起子がもっと簡単に生成し得るように、デバイスの残りの部分に対し、段階的ではない状態であってもよい。段階的ではない発光性構成体は、両側に配置されている2つの層（たとえば、電子輸送層および正孔輸送層）よりも LUMO エネルギー準位が小さいホスト、および / または両側に配置されている2つの層（たとえば、電子輸送層および正孔輸送層）よりも HOMO エネルギー準位が大きなホストを有していてもよい。

10

#### 【0068】

発光性構成体が段階的な状態ではない実施形態では、発光性構成体のホストの LUMO エネルギー準位が小さいと、電子がホスト材料から正孔輸送層に移動するのを実質的に妨害するのに十分大きなエネルギーギャップがホスト材料と正孔輸送層の間に生じるだろう。したがって、電子が発光性構成体中に蓄積し、励起子の生成が増すだろう。同様に、発光性構成体のホストの HOMO エネルギー準位が大きいと、正孔がホスト材料から電子輸送層に移動するのを実質的に妨害するのに十分大きなエネルギーギャップがホスト材料と正孔輸送層の間に生じるだろう。したがって、正孔が発光性構成体中に蓄積し、励起子の生成が増すだろう。

20

#### 【0069】

ある実施形態では、発光デバイスは、正孔注入層を含んでいてもよく、正孔注入層は、発光性構成体とアノードの間に配置されていてもよい。正孔注入層に含まれ得る種々の適切な正孔注入材料は、当業者には既知であり、たとえば、以下のものから選択される場合により置換された化合物である。ポリチオフェン誘導体類、たとえば、ポリ(3,4-エチレンジオキシチオフェン(PEDOT)) / ポリスチレンスルホン酸(PSS)、ベンジジン誘導体類、たとえば、N,N,N',N'-テトラフェニルベンジジン、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)、トリフェニルアミン誘導体類またはフェニレンジアミン誘導体類、たとえば、N,N'-ビス(4-メチルフェニル)-N,N'-ビス(フェニル)-1,4-フェニレンジアミン、4,4',4''-トリス(N-(ナフチレン-2-イル)-N-フェニルアミノ)トリフェニルアミン、オキサジアゾール誘導体類、たとえば、1,3-ビス(5-(4-ジフェニルアミノ)フェニル-1,3,4-オキサジアゾール-2-イル)ベンゼン、ポリアセチレン誘導体類、たとえば、ポリ(1,2-ビス-ベンジルチオ-アセチレン)、およびフタロシアニン金属錯体誘導体類、たとえば、フタロシアニン銅(CuPc)。ある実施形態では、正孔注入材料も正孔を輸送することができるものの、従来の正孔輸送材料よりも実質的に小さな正孔移動性を有していてもよい。

30

#### 【0070】

ある実施形態では、第1の発光層、第2の発光層および / または第3の発光層のホスト材料は、HO-2、HO-3、NPD および / または 4PNPD を含んでいてもよく；第1の燐光ドーパントは、Ir(PIQ)<sub>2</sub>(acac)、Ir-(pq)<sub>2</sub>acac、Ir(phq)<sub>2</sub>acac、Ir(piq)<sub>3</sub>、YE-1 および / または PO-01 を含んでいてもよく；第1の発光層は、厚みが約 1 nm ~ 約 20 nm、または約 5 nm または約 15 nm であってもよく；第2の発光層は、厚みが約 1 nm ~ 約 20 nm、または約 5 nm または約 15 nm であってもよく；第3の発光層は、厚みが約 1 nm ~ 約 20 nm、または約 5 nm または約 15 nm であってもよい。発光性構成体を含むデバイスのいくつかは、TBPI を含んでいてもよい電子輸送層をさらに含んでいてもよい。このような電子輸送層は、第2の発光層とカソードの間に配置されていてもよく、厚みが約 30 nm ~ 約 50 nm、または約 40 nm であってもよい。これらのデバイスのいくつかにおいて、カ

40

50

ソードは、 $\text{LiF/Al}$ であってもよい。発光性構成体を含むデバイスのいくつかは、 $\text{DTASi}$ を含んでいてもよい正孔輸送層をさらに含んでいてもよい。正孔輸送層は、第3の発光層と正孔注入層の間に配置されていてもよい。正孔注入層は、 $\text{PEDOT/PSS}$ を含んでいてもよい。正孔輸送層は、厚みが少なくとも約 $10\text{ nm}$ または約 $20\text{ nm}$ ；および/または約 $40\text{ nm}$ まで、または約 $150\text{ nm}$ ；または約 $30\text{ nm}$ であってもよい。正孔注入層は、厚みが少なくとも約 $2\text{ nm}$ 、約 $30\text{ nm}$ ；および/または約 $50\text{ nm}$ まで、または約 $100\text{ nm}$ ；または約 $40\text{ nm}$ であってもよい。正孔注入層は、正孔輸送層とアノードの間に配置されていてもよい。アノードは、 $\text{ITO}$ であってもよい。

#### 【0071】

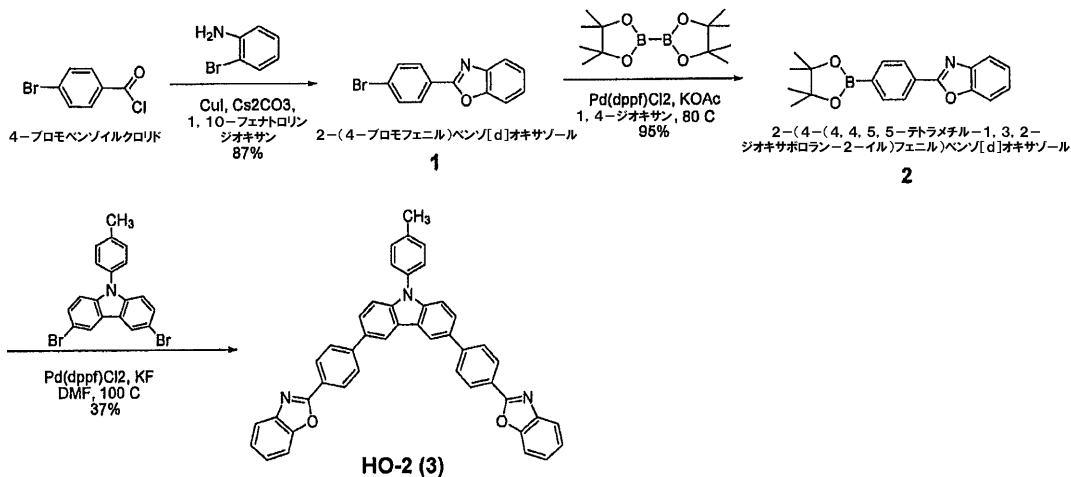
本明細書に記載する発光性構成体を含む発光デバイスは、本明細書に提供される助言によってわかるように、当該技術分野で既知の技術を用いて製造されてもよい。たとえば、ガラス基材は、アノードとして作用してもよい仕事関数が高い金属または金属酸化物（たとえば、 $\text{ITO}$ ）でコーティングされていてもよい。アノード層がパターン化された後、発光性構成体の発光層をアノードの上に堆積させてもよい。次いで、カソード層は、仕事関数が低い金属（たとえば $\text{LiF/Al}$ ）を含んでいてもよく、このカソード層を発光層の上に堆積させてもよい（たとえば、蒸着させてもよい）。本明細書に提供される助言によってわかるように、当該技術分野で既知の技術を用いて電子輸送層および/または正孔輸送層がデバイスに加えられてもよい。

#### 【0072】

##### 〔実施例1〕

##### ホスト化合物の一例の合成

#### 【化5】



#### 2-(4-ブロモフェニル)ベンゾ[d]オキサゾール (1)

4-ブロモベンゾイルクロリド (4.84 g、22 mmol)、2-ブロモアニリン (3.8 g、22 mmol)、 $\text{CuI}$  (0.21 g、1.1 mmol)、 $\text{Cs}_2\text{CO}_3$  (14.3 g、44 mmol)、1,10-フェナトロリン (0.398 g、2.2 mmol) の無水1,4-ジオキサン (80 mL) 中の混合物を脱気し、アルゴン下、約 $125^\circ\text{C}$ で一晩加熱した。混合物を冷却し、酢酸エチル (約 $200\text{ mL}$ ) に注ぎ、濾過した。濾液をシリカゲルに吸収させ、カラムクロマトグラフィー (ヘキサン/酢酸エチル 4:1) で精製し、ヘキサンによって沈殿させ、白色固体 (5.2 g、収率 87%) を得た。

#### 【0073】

2-(4-(4,4,5,5-テトラメチル-1,3,2-ジオキサボロラン-2-イル)フェニル)ベンゾ[d]オキサゾール (2)

1 (4.45 g、16 mmol)、ビス(ピナコラート)ジボラン (4.09 g、16 mmol)、無水酢酸カリウム (3.14 g、32 mmol)、 $\text{Pd(dppf)Cl}_2$  (0.48 g、0.66 mmol) の無水1,4-ジオキサン (80 mL) 中の混合

物を脱気し、アルゴン下、約 85 で約 48 時間加熱した。混合物を室温まで冷却し、この混合物を酢酸エチル (約 200 mL) に注ぎ、濾過した。濾液をシリカゲルに吸収させ、カラムクロマトグラフィー (ヘキサン / 酢酸エチル 4 : 1) で精製し、白色固体 (4.15 g、収率 81%) を得た。

【0074】

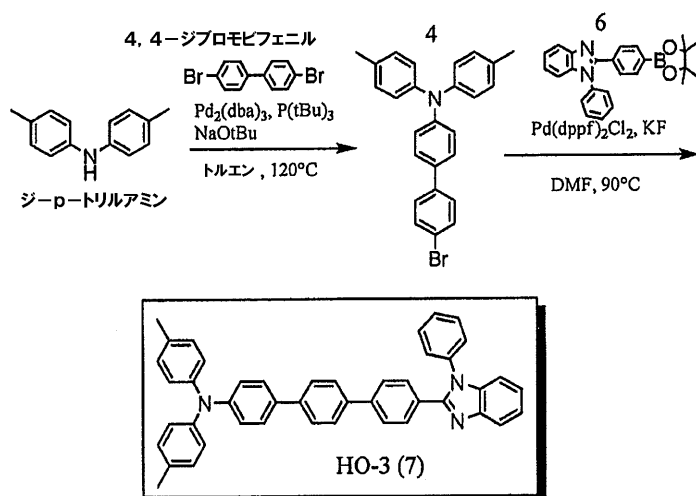
HO-2 (3)

3,6-ジブromo-9-p-トリル-9H-カルバゾール (2.62 g、6.35 mmol)、1 (4.08 g、12.7 mmol)、Pd(dppf)Cl<sub>2</sub>、KF (2.21 g、3.8 mmol) の DMF (100 mL) 中の混合物をアルゴン下、約 120 で一晩加熱した。混合物を室温まで冷却した後、この混合物を水 (約 200 mL) に注ぎ、濾過した。固体を集め、クロロホルム (約 200 mL) に再び溶解した。水を除去した後、クロロホルム溶液を Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> で乾燥させた。クロロホルム溶液をシリカゲルに吸収させ、カラムクロマトグラフィー (ジクロロメタンから、ジクロロメタン / 酢酸エチル 20 : 1 への勾配あり) で精製し、ジクロロメタン中で再結晶化させ、淡黄色結晶性固体を得た (1.5 g、収率 37%)。

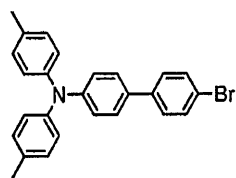
【0075】

〔実施例 2〕

【化 6】



【化 7】



化合物 4

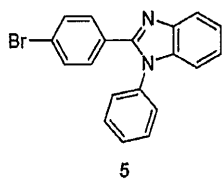
4'-ブromo-N,N'-ジ-p-トリルビフェニル-4-アミン (化合物 4)

トリス (ジベンジリデンアセトン) ジパラジウム (353 mg、0.385 mmol)、トリ-tert-ブチルホスフィン (ヘキサン中 10% 溶液を 3.11 g) の混合物をトルエン (無水、50 mL) 中で 20 分間脱気した。ジ-p-トリルアミン (3.00 g、15.2 mmol)、4,4'-ジブromoビフェニル (4.80 g、15.4 mmol) を加え、混合物をさらに 15 分間脱気した。ナトリウム tert-ブトキシド (2.4 g、25 mmol) を加え、混合物をさらに 10 分間脱気した。全体をアルゴン下、120 で一晩加熱した。冷却した後、混合物をジクロロメタン (DCM) に注ぎ、固体を濾別した。濾液を水および塩水で洗浄した。有機層を集め、硫酸ナトリウムで乾燥させ、次いで、シリカゲルに載せた。フラッシュカラム (ヘキサン中、2 - 20% 酢酸エチルの

勾配)によって、材料 190 mg (収率 3%) を与え、HNMR によって純粋なことを確認した。

【0076】

【化8】

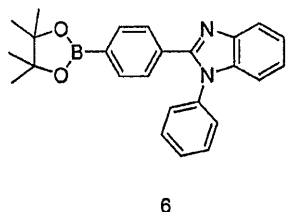


10

2-(4-ブロモフェニル)-1-フェニル-1H-ベンゾ[d]イミダゾール(5)  
 アミド1(9.6 g、26 mmol)の無水1,4-ジオキサン(100 mL)懸濁物にオキシ塩化リン( $\text{POCl}_3$ )(9.2 mL、100 mmol)をゆっくりと加えた。次いで、全体をアルゴン下、100 で一晩加熱した。室温まで冷却した後、混合物を攪拌しつつ、氷(200 g)に注いだ。濾過し、次いで、DCM/ヘキサン中で再結晶化させ、淡灰色固体(化合物5)を得た(8.2 g、収率90%)。

【0077】

【化9】



20

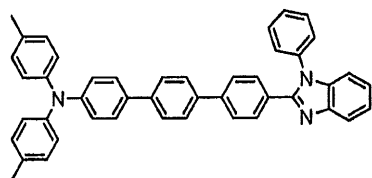
1-フェニル-2-(4-(4,4,5,5-テトラメチル-1,3,2-ジオキサボロラン-2-イル)フェニル)-1H-ベンゾ[d]イミダゾール(6)

化合物5(0.70 g、2 mmol)、ビス(ピナコラート)ジボラン(0.533 g、2.1 mmol)、1,1'-ビス(ジフェニルホスフィノ)フェロセン]ジクロロパラジウム( $\text{Pd}(\text{dppf})\text{Cl}_2$ )(0.060 g、0.08 mmol)、無水酢酸カリウム(0.393 g、4 mmol)の1,4-ジオキサン(20 mL)中の混合物をアルゴン下、80 で一晩加熱した。室温まで冷却した後、混合物全体を酢酸エチル(80 mL)で希釈し、次いで濾過した。この溶液をシリカゲルに吸収させ、カラムクロマトグラフィー(ヘキサン/酢酸エチル5:1から3:1)で精製し、白色固体(化合物6)を得た(0.64 g、収率81%)。

30

【0078】

【化10】



40

化合物HO-3(7)

化合物4(170 mg、0.397 mmol)、1-フェニル-2-(4-(4,4,5,5-テトラメチル-1,3,2-ジオキサボロラン-2-イル)フェニル)-1H-ベンゾ[d]イミダゾール(173 mg、0.436 mmol)、1,1'-ビス(ジフェニルホスフィノ)フェロセン]ジクロロパラジウム(15 mg、0.02 mmol)、フッ化カリウム(70 mg、1.2 mmol)の混合物をジメチルホルムアミド(無水、15 mL)中で30分間脱気した。混合物をアルゴン下、90 で一晩加熱した。冷却し

50

た後、混合物を水に注ぎ、濾過した。固体をDCM(50mL)に溶解し、溶液を水および塩水で洗浄した。第1の濾過からの濾液をDCMで抽出した(100mL×2回)。すべての有機相を合わせ、硫酸ナトリウムで乾燥させ、シリカゲルに載せた。フラッシュカラム(ヘキサン中、10-20%酢酸エチルの勾配)、DCM/メタノール中の再沈殿によって、生成物146mg(化合物HO-3)(収率59%)を与え、HNMRによって確認した。

#### 【0079】

##### 〔実施例3〕

白色発光デバイス(デバイス-A)の一例であるハイブリッドの製造

ITOでコーティングされたガラス基材を、水、アセトン、次いで2-プロパノール中、超音波によって洗浄し、110℃で3時間焼き上げた後、酸素プラズマで5分間処理した。あらかじめ洗浄しておき、O<sub>2</sub>プラズマで処理した(ITO)基板に、PEDOT:PSSの層(H.C.Starcから購入したBaytron P)を3000rpmでスピンコーティングし、180℃で30分間アニーリングし、ほぼ55nmの厚みを得た。グローブボックスに収容された圧力10<sup>-7</sup>torr(1torr=133.322Pa)の真空蒸着システムで、まず、DTAsiをPEDOT/PSS層の上面に蒸着速度0.06nm/sで堆積させ、厚み30nmの膜を得た。次いで、HO-3を加熱し、DTAsiの上部に堆積させ、厚み5nmの膜を得て、次いで、HO-3、YE-1、Ir(PIQ)<sub>2</sub>(acac)を蒸着速度約0.06nm/sと一緒に堆積させて厚み5nmの層を形成し、厚みが約5nmの別のHO-3層を堆積させた。次いで、1,3,5-トリス(N-フェニルベンズイミダゾール-2-イル)ベンゼン(TPBI)を、最後のHO-3層の上に蒸着速度約0.06nm/sで堆積させ、厚みが40nmの厚い膜を形成した。次いで、LiF(1.0nm)、Al(100nm)をそれぞれ蒸着速度0.005nm/sおよび0.2nm/sで連続して堆積させた。それぞれの個々のデバイスは、面積が0.08cm<sup>2</sup>である。

#### 【0080】

##### 〔実施例4〕

デバイスB(図4)を同様の様式で、ただし、2つのHO-3層の厚みはそれぞれ15nmにして製造した。

#### 【0081】

##### 〔実施例5〕

すべてのスペクトルをOcean Optics HR 4000分光計で測定し、I-V-L特性をKeithley 2400 SourceMeter、Newport 2832-C電力計、818 UV検出器で得た。すべてのデバイスの操作は、窒素を満たしたグローブボックス内で行った。デバイス(デバイス-B)の構造の一例を図4に示す。

#### 【0082】

HY-WOLEDについて知られている最高の効率は、Karl Leo(Adv.Funct.Mater.2009、19、1-15)によって報告された1000cd/m<sup>2</sup>で25lm/Wであると考えられている。図5は、デバイス-Aの輝度(B)の関数としてあらわした発光効率および電力効率のプロットであり、1000cd/m<sup>2</sup>でのデバイス-Aの効率が約35lm/Wであることを示す。図6は、デバイス-Aのエレクトロルミネセンススペクトルのプロットである。図7は、デバイス-Bの輝度(B)の関数としてあらわした発光効率および電力効率のプロットであり、1000cd/m<sup>2</sup>でのデバイス-Bの効率が約36lm/Wであることを示す。図8は、デバイス-Bのエレクトロルミネセンススペクトルを示す。デバイスBの演色指数CRIは、69であった。

#### 【0083】

特許請求の範囲は、特定の好ましい実施形態および実施例の観点で記載されているが、請求項の範囲は、具体的に開示された実施形態を超えて、他の代替的な実施形態および/または使用、および明らかな改変例および等価物にまで拡張されることが当業者によって

10

20

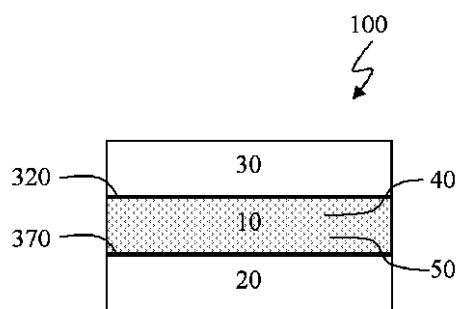
30

40

50

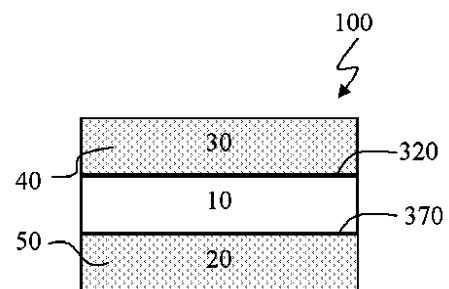
理解されるだろう。

【図 1 A】



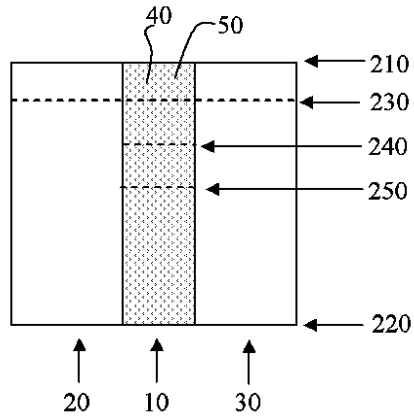
**FIG. 1A**

【図 1 B】

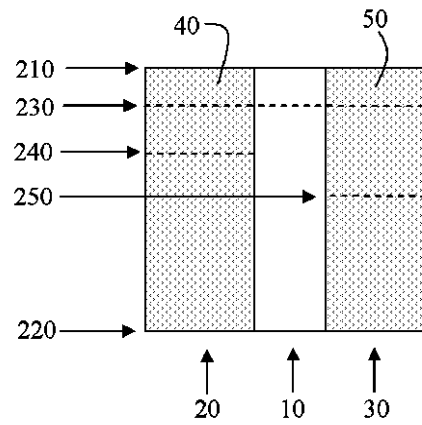


**FIG. 1B**

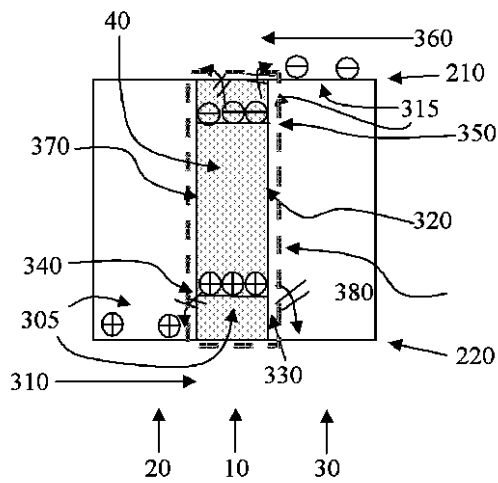
【図 2 A】

**FIG. 2A**

【図 2 B】

**FIG. 2B**

【図 3】

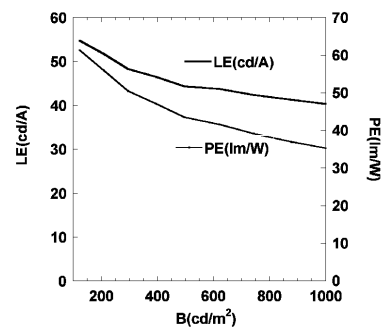
**FIG. 3**

【図 4】

LiF(1nm)/Al(100nm)
TBPI (40 nm)
HO-3 (15 nm)
HO-3:YE-1(5%):Ir(piq) <sub>2</sub> (acac)(0.5%) (5nm)
HO-3 (15 nm)
DTASi (30 nm)
PEDOT(30nm)
ITO(55nm)

**FIG. 4**

【図 5】

**FIG. 5**

【 図 7 】

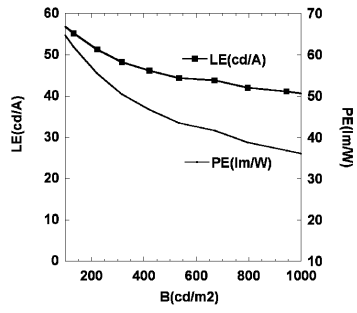
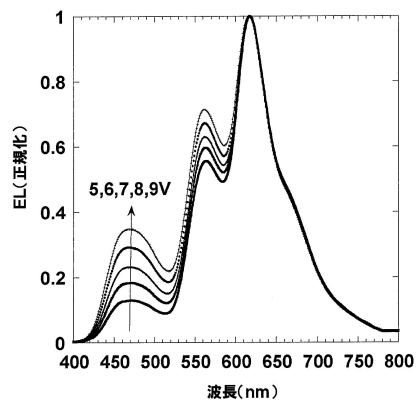
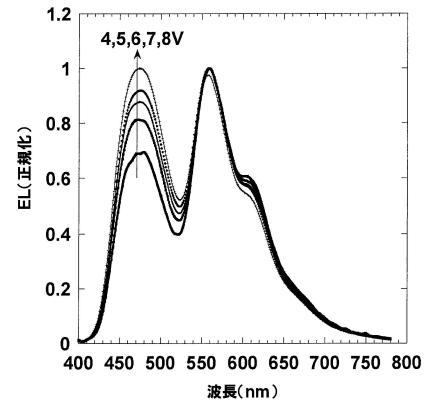


FIG. 7

【 図 6 】



【 図 8 】



---

フロントページの続き

(72)発明者 ライ、チエンシ

アメリカ合衆国 カリフォルニア州 92081、#67 ヴィスタ、1946 ウェリントン  
レーン

(72)発明者 望月 周

アメリカ合衆国 カリフォルニア州 92128、サン ディエゴ、12005 アヴェニダ シ  
ヴリータ

審査官 岩井 好子

(56)参考文献 国際公開第2008/131750(WO,A2)

米国特許出願公開第2011/0156059(US,A1)

国際公開第2006/112265(WO,A1)

HSIAO C H ET AL, Emitting layer thickness dependence of color stability in phosphorescent organic light-emitting devices, ORGANIC ELECTRONICS, 2010年, vol. 11, no. 9, p.1500-1506

SCHWARTZ GREGOR ET AL, Harvesting triplet excitons from fluorescent blue emitters in white organic light-emitting diodes, ADVANCED MATERIALS, 2007年, vol. 19, no. 21, p.3672-3676

QI WANG ET AL, Harvesting excitons via two parallel channels for efficient white organic LEDs with nearly 100% internal quantum efficiency: fabrication and emission-mechanism analysis, ADVANCED FUNCTIONAL MATERIALS, 2009年, vol. 19, no. 1, p.84-95

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H05B 33/12

H01L 51/50

C A p l u s / R E G I S T R Y ( S T N )