

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2007-200938

(P2007-200938A)

(43) 公開日 平成19年8月9日(2007.8.9)

(51) Int. Cl.	F I	テーマコード (参考)
H01L 51/50 (2006.01)	H05B 33/22 D	3K007
C09K 11/06 (2006.01)	H05B 33/14 B	
	C09K 11/06 690	

審査請求 未請求 請求項の数 9 O L (全 44 頁)

(21) 出願番号	特願2006-14296 (P2006-14296)	(71) 出願人	306037311 富士フイルム株式会社 東京都港区西麻布2丁目26番30号
(22) 出願日	平成18年1月23日 (2006.1.23)	(74) 代理人	100079049 弁理士 中島 淳
		(74) 代理人	100084995 弁理士 加藤 和詳
		(74) 代理人	100085279 弁理士 西元 勝一
		(74) 代理人	100099025 弁理士 福田 浩志
		(72) 発明者	西田 伸洋 神奈川県南足柄市中沼210番地 富士写真フイルム株式会社内
		Fターム(参考)	3K007 AB03 AB11 DB03 FA01

(54) 【発明の名称】 有機電界発光素子

(57) 【要約】

【課題】本発明の課題は、高い発光効率と高い駆動耐久性とを両立した有機電界発光素子を提供することである。

【解決手段】一対の電極間に、少なくとも発光層および該発光層と陽極との間に正孔輸送層を挟持してなる有機電界発光素子であって、前記発光層と前記正孔輸送層との間に電子輸送材料と正孔輸送材料の混合層を配し、かつ、該混合層が前記発光層と直接隣接していることを特徴とする有機電界発光素子。

【選択図】 なし

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

一対の電極間に、少なくとも発光層および該発光層と陽極との間に正孔輸送層を挟持してなる有機電界発光素子であって、前記発光層と前記正孔輸送層との間に電子輸送材料と正孔輸送材料の混合層を配し、かつ、該混合層が前記発光層と直接隣接していることを特徴とする有機電界発光素子。

【請求項 2】

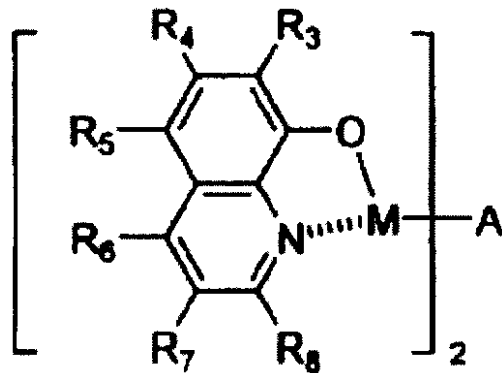
前記混合層に含有される前記電子輸送材料が金属錯体であることを特徴とする請求項 1 に記載の有機電界発光素子。

【請求項 3】

前記金属錯体が下記一般式 (1) で表される化合物であることを特徴とする請求項 2 に記載の有機電界発光素子：

【化 1】

一般式 (1)



(一般式 (1) 式中、M は Al、Ga、または In を表し、 $R_3 \sim R_8$ はそれぞれ独立に、水素原子、アルキル基、アルコキシ基を表し、A は $-O-Ar$ (Ar はアリール基) 又はハロゲン原子を表す。)

【請求項 4】

前記混合層に含有される前記電子輸送材料が、 $10^{-5} \text{ cm}^2 / \text{V} \cdot \text{s}$ 以上の電子移動度を有することを特徴とする請求項 1 ～ 請求項 3 のいずれか 1 項に記載の有機電界発光素子。

【請求項 5】

前記混合層の厚みが、 0.1 nm 以上 20 nm 以下の範囲にあることを特徴とする請求項 1 ～ 請求項 4 のいずれか 1 項に記載の有機電界発光素子。

【請求項 6】

前記混合層における電子移動度が、前記正孔輸送層における電子移動度より大きいことを特徴とする請求項 1 ～ 請求項 5 のいずれか 1 項に記載の有機電界発光素子。

【請求項 7】

前記混合層における電子移動度が、前記正孔輸送層における電子移動度より 10 倍以上大きいことを特徴とする請求項 6 に記載の有機電界発光素子。

【請求項 8】

前記発光層が複数のホスト材料を含有することを特徴とする請求項 1 ～ 請求項 7 のいずれか 1 項に記載の有機電界発光素子。

【請求項 9】

前記複数のホスト材料が少なくとも電子輸送性ホスト材料と正孔輸送性ホスト材料を含むことを特徴とする請求項 8 に記載の有機電界発光素子。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明はフルカラーディスプレイ、バックライト、照明光源等の面光源やプリンター等の光源アレイ等に有効に利用できる有機電界発光素子（以下、有機EL素子と呼ぶ場合がある。）に関する。

【背景技術】

【0002】

有機EL素子は、発光層もしくは発光層を含む複数の有機層と、有機層を挟んだ対向電極とから構成されている。有機EL素子は、陰極から注入された電子と陽極から注入された正孔とが有機層において再結合し、生成した励起子からの発光、及び／又は前記励起子からエネルギー移動して生成した他の分子の励起子からの発光を利用した、発光を得るための素子である。

10

【0003】

これまで有機EL素子は、機能を分離した積層構造を用いることにより、輝度及び素子効率が大きく改善され発展してきた。例えば、正孔輸送層と発光兼電子輸送層を積層した二層積層型素子や正孔輸送層と発光層と電子輸送層とを積層した三層積層型素子や、正孔輸送層と発光層と正孔阻止層と電子輸送層とを積層した四層積層型素子がよく用いられる（例えば、非特許文献1参照。）。

【0004】

しかしながら、有機EL素子の実用化には未だ多くの課題が残されている。第1に高い発光効率を達成すること、第2に高い駆動耐久性を達成することである。特に、連続駆動時の品質低下、即ち非発光あるいは輝度低下領域（いわゆるダークスポット）の発生と成長は最大の課題である。

20

【0005】

例えば、発光層と陰極との間に2種類以上の電子輸送材料を混合して含有する電子輸送層を配して、電子輸送能力を維持しかつ膜厚を厚くすることによって発光効率を維持しながら素子の短絡の発生故障を改良する試みが提案されている（例えば、特許文献1参照。）。しかしながら、この手段では、正孔の移動度は改良されることなく、発光層と電子輸送層の界面付近における正孔の蓄積と劣化、あるいはそこから漏れ出る正孔による電子輸送材料のカチオン状態からの劣化の問題は未解決のままであり、駆動耐久性が低下する問題が懸念された。

30

【0006】

また、発光層と陰極との間の電子輸送層中に正孔トラップ材料を混合して、発光層から漏れ出る正孔を捕獲して電子輸送材料の劣化を改良する試みも提案されている（例えば、特許文献2参照。）。しかしながらこの手段によれば電子輸送材料の劣化については改良されるが、電子移動度および正孔移動度が低下するため発光効率は向上せず、発光層と電子輸送層の界面付近における正孔の蓄積と劣化による駆動耐久性が劣化を十分に改良することができない。

【0007】

高い発光効率と高い駆動耐久性とを両立させることは、実用的に有用な発光素子を設計する上で極めて重要な課題であり、常に改良を求められている課題であった。

40

【非特許文献1】サイエンス（Science），267巻，3号，1995年，1332頁

【特許文献1】特開2003-123984号公報

【特許文献2】特開2003-229279号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0008】

本発明は、高い発光効率と高い駆動耐久性の有機電界発光素子を提供することを目的とする。

50

【課題を解決するための手段】

【0009】

本発明の上記課題は、下記的手段によって解決する事を見出された。

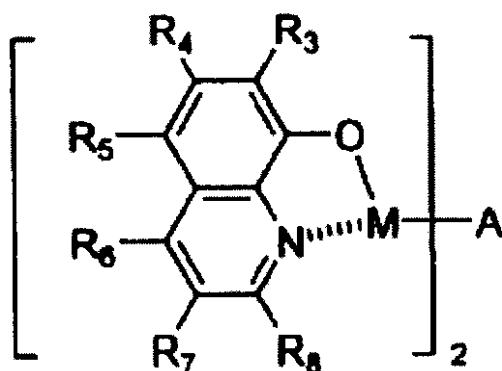
<1> 一对の電極間に、少なくとも発光層および該発光層と陽極との間に正孔輸送層を挟持してなる有機電界発光素子であって、前記発光層と前記正孔輸送層との間に電子輸送材料と正孔輸送材料の混合層を配し、かつ、該混合層が前記発光層と直接隣接していることを特徴とする有機電界発光素子。

<2> 前記混合層に含有される前記電子輸送材料が金属錯体であることを特徴とする<1>に記載の有機電界発光素子。

<3> 前記金属錯体が下記一般式(1)で表される化合物であることを特徴とする<2> 10
>に記載の有機電界発光素子：

【化1】

一般式(1)



20

(一般式(1)式中、MはAl、Ga、またはInを表し、R₃～R₈はそれぞれ独立に、水素原子、アルキル基、アルコキシ基を表し、Aは—O—Ar(Arはアリール基)又はハロゲン原子を表す。)

<4> 前記混合層に含有される前記電子輸送材料が、 $10^{-5} \text{ cm}^2 / \text{V} \cdot \text{s}$ 以上の電子移動度を有することを特徴とする<1>～<3>のいずれか1項に記載の有機電界発光素子。 30

<5> 前記混合層の厚みが、0.1nm以上20nm以下の範囲にあることを特徴とする<1>～<4>のいずれか1項に記載の有機電界発光素子。

<6> 前記混合層における電子移動度が、前記正孔輸送層における電子移動度より大きいことを特徴とする<1>～<5>のいずれか1項に記載の有機電界発光素子。

<7> 前記混合層における電子移動度が、前記正孔輸送層における電子移動度より10倍以上大きいことを特徴とする<6>に記載の有機電界発光素子。

<8> 前記発光層が複数のホスト材料を含有することを特徴とする<1>～<7>のいずれか1項に記載の有機電界発光素子。 40

<9> 前記複数のホスト材料が少なくとも電子輸送性ホスト材料と正孔輸送性ホスト材料を含むことを特徴とする<8>に記載の有機電界発光素子。

【発明の効果】

【0010】

本発明により、高い発光効率と高い駆動耐久性とを有する有機電界発光素子が提供される。

【発明を実施するための最良の形態】

【0011】

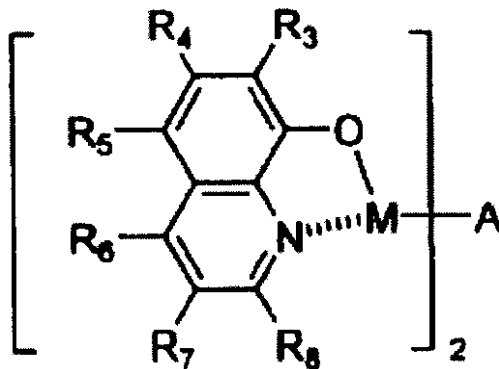
本発明の有機EL素子は、一对の電極間に、少なくとも発光層および該発光層と陽極との間に正孔輸送層を挟持してなる有機電界発光素子であって、前記発光層と前記正孔輸送 50

層との間に電子輸送材料と正孔輸送材料の混合層を前記発光層と直接隣接して有する。

好ましくは前記混合層に含有される前記電子輸送材料が金属錯体である。より好ましくは、下記一般式（１）で表される金属錯体である。

【化２】

一般式（１）



10

一般式（１）式中、MはAl、Ga、またはInを表し、 $R_3 \sim R_8$ はそれぞれ独立に、水素原子、アルキル基、アルコキシ基を表し、Aは $-O-Ar$ （Arはアリール基）又はハロゲン原子を表す。

20

好ましくは前記混合層に含有される前記電子輸送材料が、 $10^{-5} \text{ cm}^2 / \text{V} \cdot \text{s}$ 以上の電子移動度を有する。

好ましくは前記混合層の厚みが、0.1nm以上20nm以下の範囲にある。

【００１２】

これまで発光輝度を高めるために発光層への電子注入を促進する各種手段が知られている。例えば、電子輸送層に電子供与性ドーパントをドーピングすることにより、陰極から電子輸送層への電子注入を促進したり、あるいは、電子輸送層と発光層との間に電子輸送性ホストからなる電子輸送性中間層を配することにより、発光層への電子注入を促進することが知られている。しかしながら、これらの電子注入促進手段は必ずしも期待ほど発光効率の向上、および輝度向上に結びつかなかった。本発明者らに原因解析の結果、これらの電子注入促進手段はいずれも発光層の陽極側界面付近への電子の集中と滞留を引き起こし、その結果、発光効率の低下と駆動耐久性の低下の原因となっていることが見出された。

30

本発明者らによる改良手段を鋭意探索の結果、発光層と陽極間に正孔輸送層、前記発光層と前記正孔輸送層との間に電子輸送材料と正孔輸送材料の混合層を配した構成により界面での電子の集中が起き難くなり、劣化が抑制されることが見出された。

【００１３】

次に、本発明の有機電界発光素子について詳細に説明する。

（構成）

本発明の有機電界発光素子は、一对の電極（陽極と陰極）間に少なくとも発光層を含む有機層を有し、更に、陽極と該発光層との間に正孔輸送層を、また前記発光層と前記正孔輸送層との間に電子輸送材料と正孔輸送材料の混合層を有する。

40

発光素子の性質上、前記一对の電極のうち少なくとも一方の電極は、透明であることが好ましい。

【００１４】

本発明における有機化合物層の積層の形態としては、陽極側から、正孔輸送層、電子輸送材料と正孔輸送材料の混合層、発光層、電子輸送層の順に積層されている態様が好ましい。更に、正孔輸送層と発光層との間に正孔輸送性中間層、及び／又は発光層と電子輸送層との間に、電子輸送性中間層を有する。また、陽極と正孔輸送層との間に正孔注入層を、同様に陰極と電子輸送層との間に電子注入層を設けても良い。

50

【0015】

本発明の有機電界発光素子における有機化合物層の好適な態様は、陽極側から順に、少なくとも、(1)正孔注入層、正孔輸送層(正孔注入層と正孔輸送層は兼ねても良い)、正孔輸送性中間層、電子輸送材料と正孔輸送材料の混合層、発光層、電子輸送層、及び電子注入層(電子輸送層と電子注入層は兼ねても良い)、を有する態様、(2)正孔注入層、正孔輸送層(正孔注入層と正孔輸送層は兼ねても良い)電子輸送材料と正孔輸送材料の混合層、発光層、電子輸送性中間層、電子輸送層、及び電子注入層(電子輸送層と電子注入層は兼ねても良い)、を有する態様、(3)正孔注入層、正孔輸送層(正孔注入層と正孔輸送層は兼ねても良い)、正孔輸送性中間層、電子輸送材料と正孔輸送材料の混合層、発光層、電子輸送性中間層、電子輸送層、及び電子注入層(電子輸送層と電子注入層は兼ねても良い)、を有する態様である。 10

【0016】

上記正孔輸送性中間層は、発光層への正孔注入を促進する機能、及び／又は電子をブロックする機能を有することが好ましい。

上記電子輸送材料と正孔輸送材料の混合層は、発光層の陽極側界面に電子が蓄積し滞留するのを防止する機能を有することが好ましい。

また、上記電子輸送性中間層は、発光層への電子注入を促進する機能、及び／又は正孔をブロックする機能を有することが好ましい。

更に、上記正孔輸送性中間層及び／又は上記電子輸送性中間層は、発光層で生成する励起子をブロックする機能を有することが好ましい。 20

上記の正孔注入促進、電子注入促進、正孔ブロック、電子ブロック、励起子ブロックといった機能を有効に発現させるためには、該正孔輸送性中間層および該電子輸送性中間層は、発光層に隣接していることが好ましい。

尚、各層は複数の二次層に分かれていてもよい。

【0017】

次に、本発明の発光素子を構成する要素について、詳細に説明する。

【0018】

本発明における有機化合物層について説明する。

本発明の有機電界発光素子は、少なくとも一層の発光層を含む有機化合物層を有しており、発光層以外の他の有機化合物層としては、前述したごとく、正孔注入層、正孔輸送層、電子輸送材料と正孔輸送材料の混合層、発光層、電子輸送性中間層、電子輸送層、電子注入層等の各層が挙げられる。 30

【0019】

(有機化合物層の形成)

本発明の有機電界発光素子において、有機化合物層を構成する各層は、蒸着法やスパッタ法等の乾式製膜法、転写法、印刷法、塗布法、インクジェット法、スプレー法等いずれによっても好適に形成することができる。

【0020】

(正孔注入層、正孔輸送層)

正孔注入層、正孔輸送層は、陽極又は陽極側から正孔を受け取り陰極側に輸送する機能を有する層である。 40

【0021】

正孔注入層、あるいは正孔輸送層に導入する電子受容性ドーパントとしては、電子受容性で有機化合物を酸化する性質を有すれば、無機化合物でも有機化合物でも使用でき、具体的には、無機化合物は塩化第二鉄や塩化アルミニウム、塩化ガリウム、塩化インジウム、五塩化アンチモンなどのルイス酸化合物を好適に用いることができる。

【0022】

有機化合物の場合は、置換基としてニトロ基、ハロゲン、シアノ基、トリフルオロメチル基などを有する化合物、キノン系化合物、酸無水物系化合物、フレーレンなどを好適に用いることができる。

具体的にはヘキサシアノブタジエン、ヘキサシアノベンゼン、テトラシアノエチレン、テトラシアノキノジメタン、テトラフルオロテトラシアノキノジメタン、p-フルオラニル、p-クロラニル、p-ブロマニル、p-ベンゾキノン、2, 6-ジクロロベンゾキノン、2, 5-ジクロロベンゾキノン、テトラメチルベンゾキノン、1, 2, 4, 5-テトラシアノベンゼン、o-ジシアノベンゼン、p-ジシアノベンゼン、1, 4-ジシアノテトラフルオロベンゼン、2, 3-ジクロロ-5, 6-ジシアノベンゾキノン、p-ジニトロベンゼン、m-ジニトロベンゼン、o-ジニトロベンゼン、p-シアノニトロベンゼン、m-シアノニトロベンゼン、o-シアノニトロベンゼン、1, 4-ナフトキノン、2, 3-ジクロロナフトキノン、1-ニトロナフタレン、2-ニトロナフタレン、1, 3-ジニトロナフタレン、1, 5-ジニトロナフタレン、9-シアノアントラセン、9-ニトロアントラセン、9, 10-アントラキノン、1, 3, 6, 8-テトラニトロカルバゾール、2, 4, 7-トリニトロ-9-フルオレノン、2, 3, 5, 6-テトラシアノピリジン、マレイン酸無水物、フタル酸無水物、C 6 0、およびC 7 0などが挙げられる。

【0023】

このうちヘキサシアノブタジエン、ヘキサシアノベンゼン、テトラシアノエチレン、テトラシアノキノジメタン、テトラフルオロテトラシアノキノジメタン、p-フルオラニル、p-クロラニル、p-ブロマニル、p-ベンゾキノン、2, 6-ジクロロベンゾキノン、2, 5-ジクロロベンゾキノン、1, 2, 4, 5-テトラシアノベンゼン、1, 4-ジシアノテトラフルオロベンゼン、2, 3-ジクロロ-5, 6-ジシアノベンゾキノン、p-ジニトロベンゼン、m-ジニトロベンゼン、o-ジニトロベンゼン、1, 4-ナフトキノン、2, 3-ジクロロナフトキノン、1, 3-ジニトロナフタレン、1, 5-ジニトロナフタレン、9, 10-アントラキノン、1, 3, 6, 8-テトラニトロカルバゾール、2, 4, 7-トリニトロ-9-フルオレノン、2, 3, 5, 6-テトラシアノピリジン、またはC 6 0が好ましく、ヘキサシアノブタジエン、ヘキサシアノベンゼン、テトラシアノエチレン、テトラシアノキノジメタン、テトラフルオロテトラシアノキノジメタン、p-フルオラニル、p-クロラニル、p-ブロマニル、2, 6-ジクロロベンゾキノン、2, 5-ジクロロベンゾキノン、2, 3-ジクロロナフトキノン、1, 2, 4, 5-テトラシアノベンゼン、2, 3-ジクロロ-5, 6-ジシアノベンゾキノン、または2, 3, 5, 6-テトラシアノピリジンが特に好ましい。

【0024】

これらの電子受容性ドーパントは、単独で用いてもよいし、2種以上を用いてもよい。電子受容性ドーパントの使用量は、材料の種類によって異なるが、正孔輸送層材料に対して0.01質量%~50質量%であることが好ましく、0.05質量%~20質量%であることが更に好ましく、0.1質量%~10質量%であることが特に好ましい。該使用量が、正孔輸送層材料に対して0.01質量%未満のときには、本発明の効果が不十分であるため好ましくなく、50質量%を超えると正孔輸送能力が損なわれるため好ましくない。

【0025】

正孔注入層、正孔輸送層の材料としては、具体的には、ピロール誘導体、カルバゾール誘導体、ピラゾール誘導体、トリアゾール誘導体、オキサゾール誘導体、オキサジアゾール誘導体、イミダゾール誘導体、ポリアリールアルカン誘導体、ピラゾリン誘導体、ピラゾロン誘導体、フェニレンジアミン誘導体、アリールアミン誘導体、アミノ置換カルコン誘導体、スチリルアントラセン誘導体、フルオレノン誘導体、ヒドラゾン誘導体、スチルベン誘導体、シラザン誘導体、芳香族第三級アミン化合物、スチリルアミン化合物、芳香族ジメチリディン系化合物、ポルフィリン系化合物、有機シラン誘導体、またはカーボン等を含む層であることが好ましい。

【0026】

正孔注入層、正孔輸送層の厚さは、特に限定されるものではないが、駆動電圧低下、発光効率向上、耐久性向上の観点から、厚さが1nm~5μmであることが好ましく、5nm~1μmであることが更に好ましく、10nm~500nmであることが特に好ましい。

。

正孔注入層、正孔輸送層は、上述した材料の１種又は２種以上からなる単層構造であってもよいし、同一組成又は異種組成の複数層からなる多層構造であってもよい。

【００２７】

前記発光層に隣接したキャリア輸送層が正孔輸送層であるとき、該正孔輸送層の I_p (H T L) は前記発光層中に含有されるドーパントの I_p (D) より小さいことが駆動耐久性の点で好ましい。

正孔輸送層における I_p (H T L) は、後述する I_p の測定方法により測定することができる。

【００２８】

また、正孔輸送層におけるキャリア移動度は、一般的に、 $10^{-7} \text{ cm}^2 \cdot \text{V}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$ 以上 $10^{-1} \text{ cm}^2 \cdot \text{V}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$ 以下であり、中でも、発光効率の点から $10^{-5} \text{ cm}^2 \cdot \text{V}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$ 以上 $10^{-1} \text{ cm}^2 \cdot \text{V}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$ 以下が好ましく、 $10^{-4} \text{ cm}^2 \cdot \text{V}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$ 以上 $10^{-1} \text{ cm}^2 \cdot \text{V}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$ 以下が更に好ましく、 $10^{-3} \text{ cm}^2 \cdot \text{V}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$ 以上 $10^{-1} \text{ cm}^2 \cdot \text{V}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$ 以下が特に好ましい。

該キャリア移動度は、前記発光層のキャリア移動度の測定方法と同様の方法により測定した値を採用する。

また、該正孔輸送層のキャリア移動度は、前記発光層のキャリア移動度より大きいことが駆動耐久性、発光効率の観点から好ましい。

【００２９】

(電子輸送材料と正孔輸送材料の混合層)

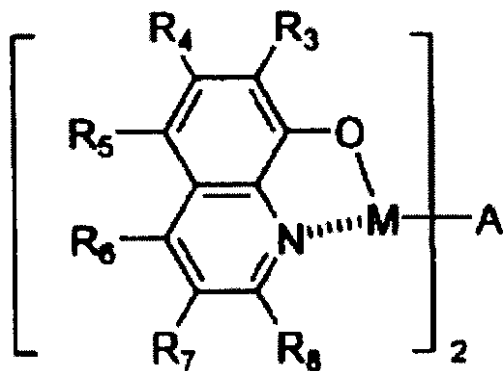
本発明における電子輸送材料と正孔輸送材料の混合層は、隣接する有機層の電子移動度より大きい電子移動度を示す層であって、発光層の陽極側界面付近に蓄積される電子を受容して該界面付近への電子蓄積を防ぐ層である。

本発明における電子輸送材料と正孔輸送材料の混合層に用いられる電子輸送材料としては、従来知られている電子輸送材料を用いることが出来る。好ましくは、本発明に用いられる電子輸送材料は、金属錯体より選ばれる化合物であり、より好ましくは、下記一般式(１)で表される化合物である。

【００３０】

【化３】

一般式(１)



【００３１】

一般式(１)式中、MはAl、Ga、Inを表し、R₃～R₈はそれぞれ独立に、水素原子、アルキル基、アルコキシ基を表し、Aは—O—Ar (Arは置換基を有してもよいアリール基) 又はハロゲン原子を表す。

アルキル基としては、好ましくは炭素数１～３０、より好ましくは炭素数１～２０、特に好ましくは炭素数１～１０であり、例えばメチル、エチル、i s o—プロピル、t e r

10

20

30

40

50

t-ブチル、n-オクチル、n-デシル、n-ヘキサデシル、シクロプロピル、シクロペンチル、シクロヘキシルなどが挙げられる。アルコキシ基としては、好ましくは炭素数1～30、より好ましくは炭素数1～20、特に好ましくは炭素数1～10であり、例えばメトキシ、エトキシ、ブトキシ、2-エチルヘキシロキシなどが挙げられる。アリール基としては、好ましくは炭素数6～30、より好ましくは炭素数6～20、特に好ましくは炭素数6～12であり、例えばフェニル、p-メチルフェニル、ナフチル、アントラニルなどが挙げられる。ハロゲン原子としては、例えばフッ素原子、塩素原子、臭素原子、ヨウ素原子が挙げられる。

【0032】

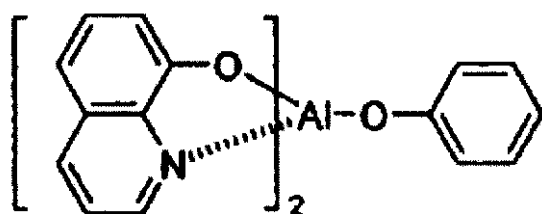
前記の式(1)で表される化合物の具体例を以下に記載する。

10

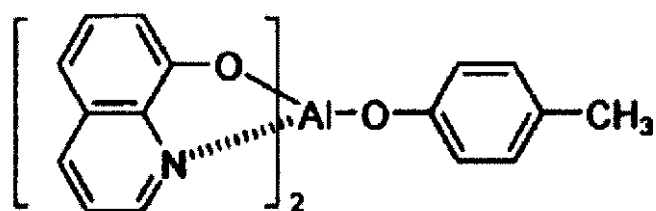
【0033】

【化 4】

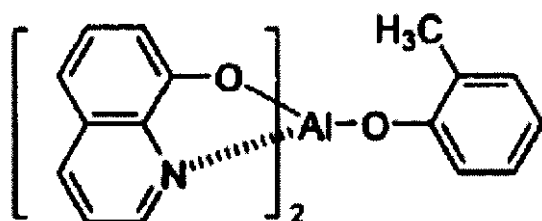
(1)



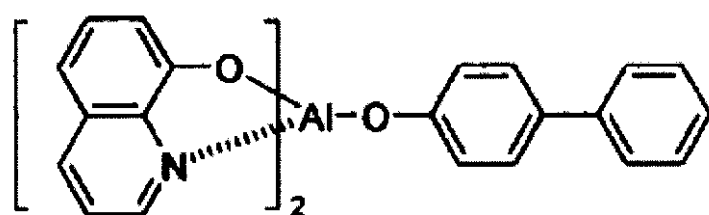
(2)



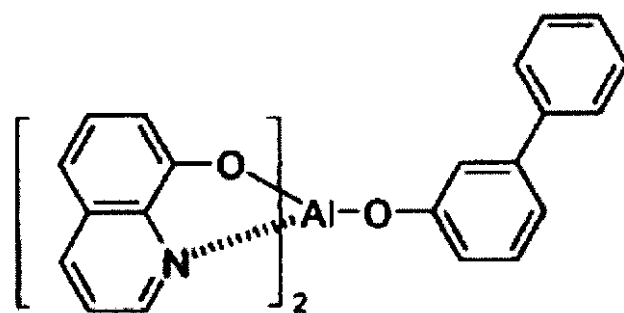
(3)



(4)

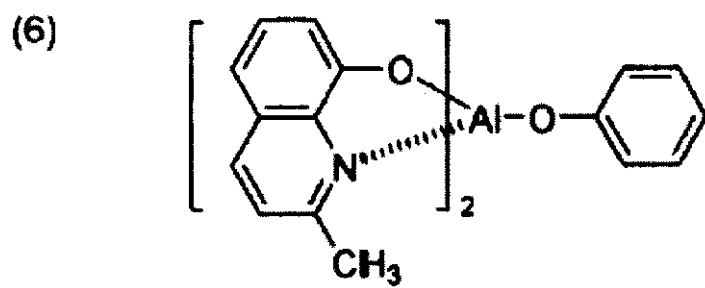


(5)

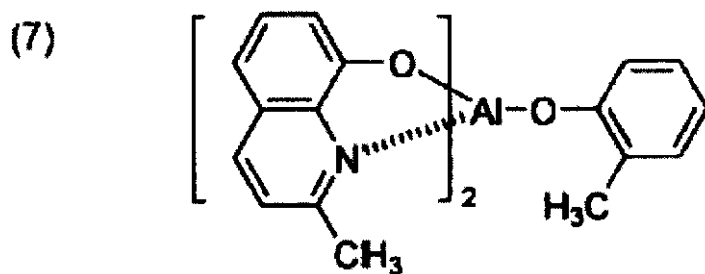


【 0 0 3 4 】

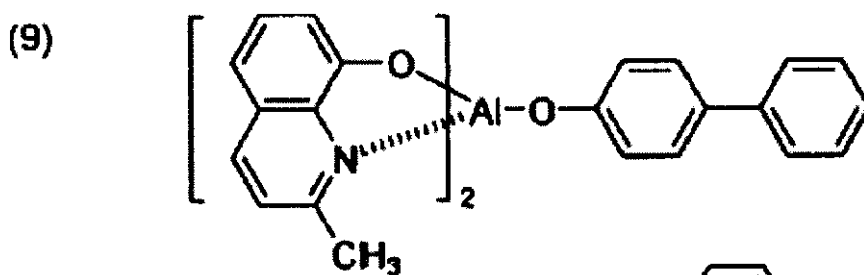
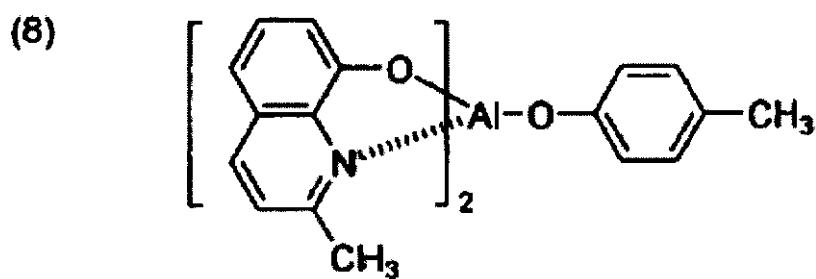
【化 5】



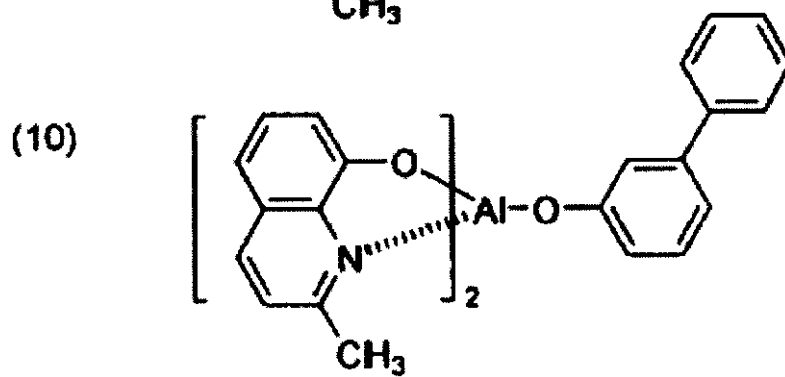
10



20



30

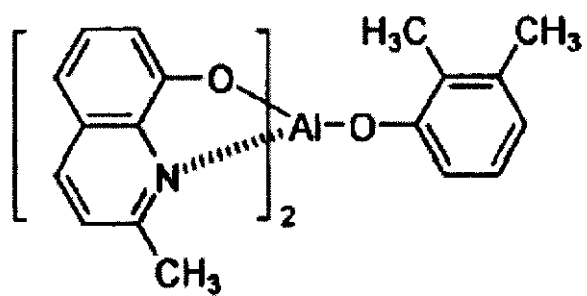


40

【 0 0 3 5 】

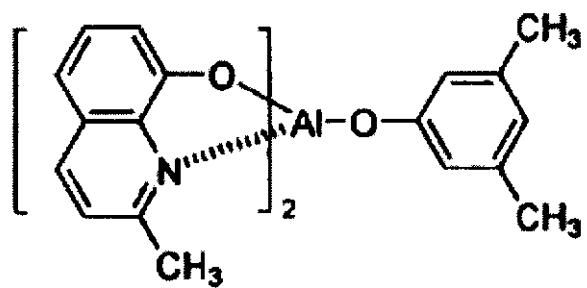
【化 6】

(11)



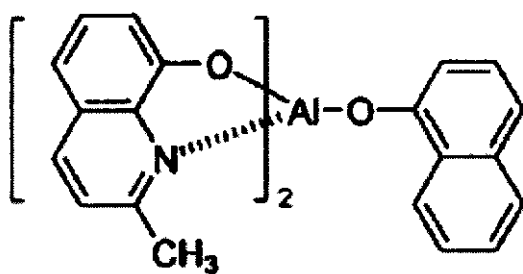
10

(12)



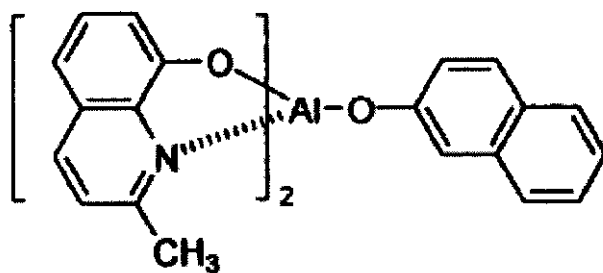
20

(13)



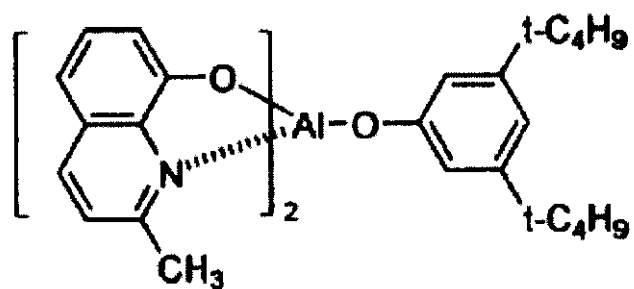
30

(14)



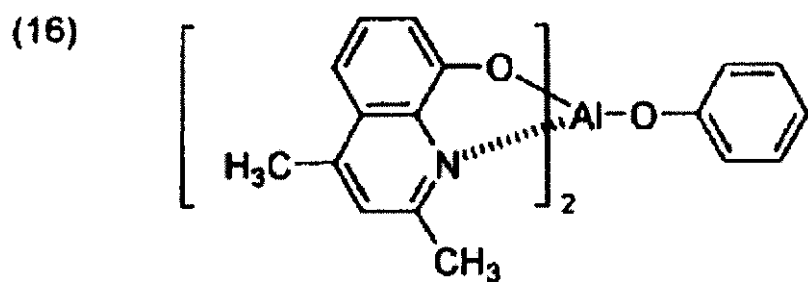
40

(15)

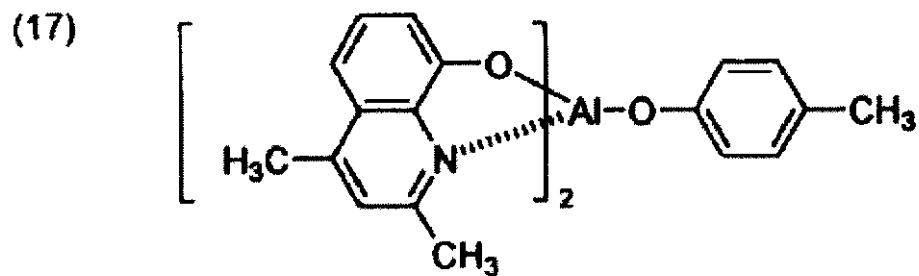


【 0 0 3 6 】

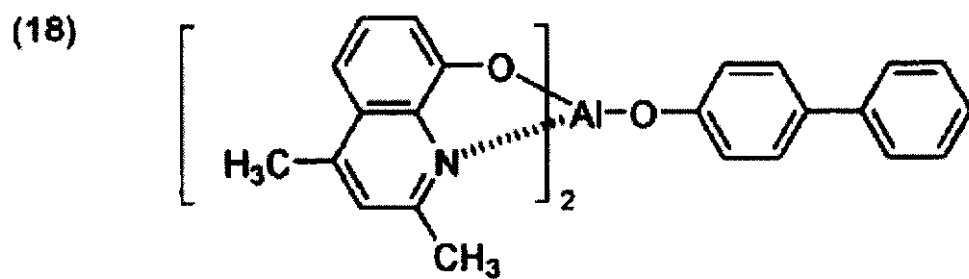
【化 7】



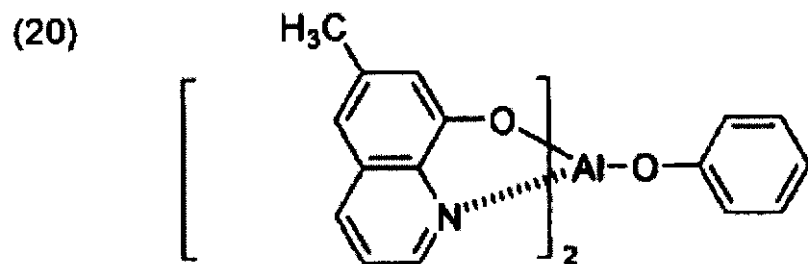
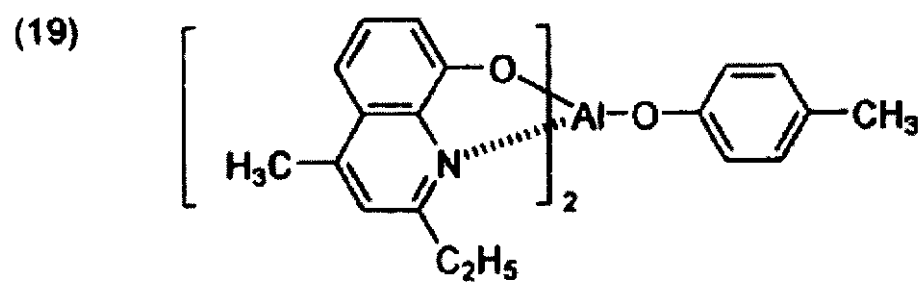
10



20



30

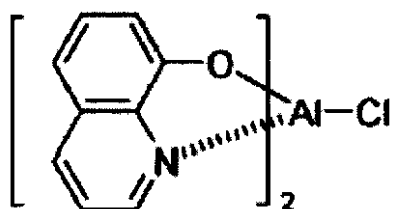


40

【 0 0 3 7 】

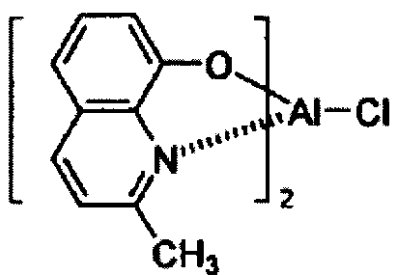
【化 8】

(21)



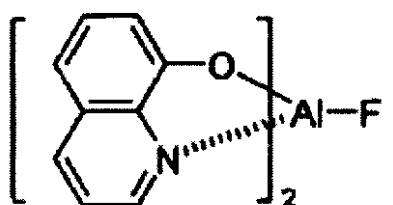
10

(22)



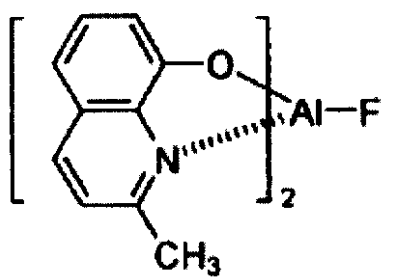
20

(23)



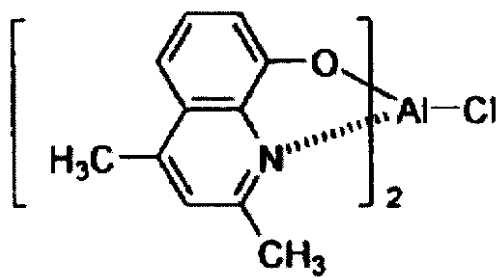
30

(24)



40

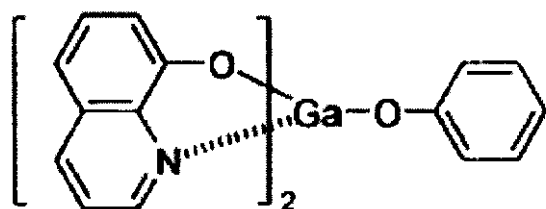
(25)



【 0 0 3 8 】

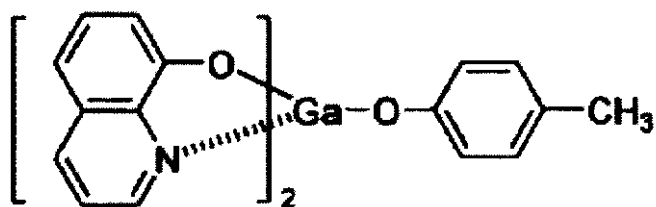
【化 9】

(26)



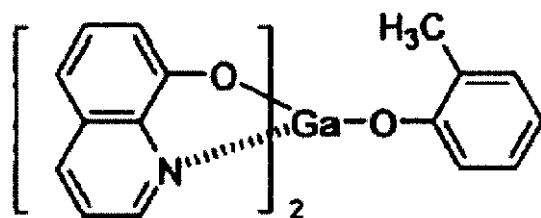
10

(27)



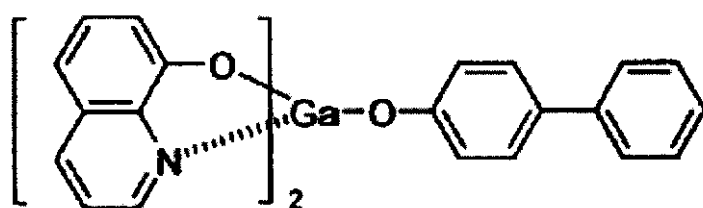
20

(28)



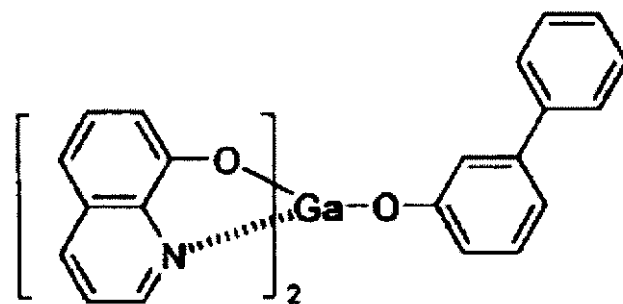
30

(29)



40

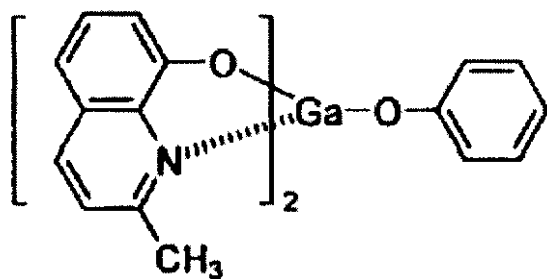
(30)



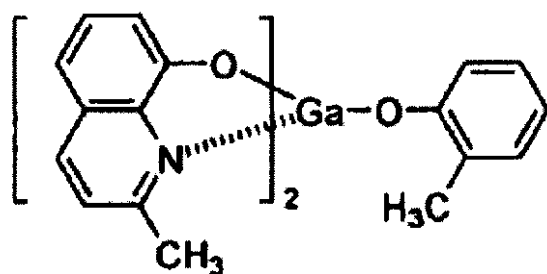
【 0 0 3 9 】

【化 1 0】

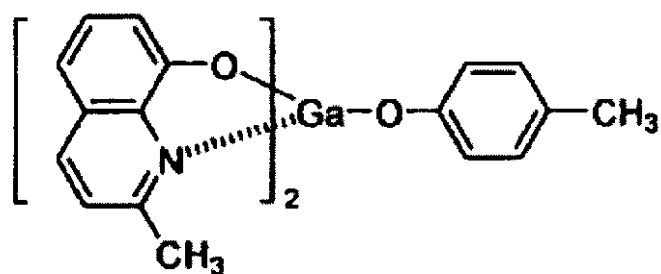
(31)



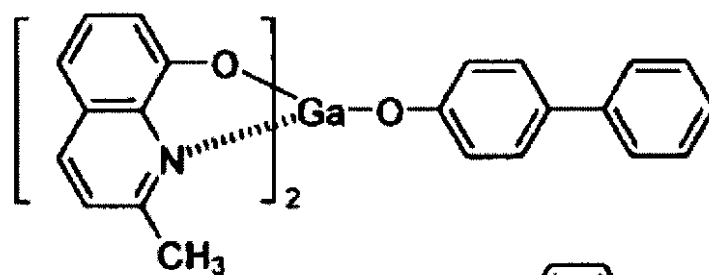
(32)



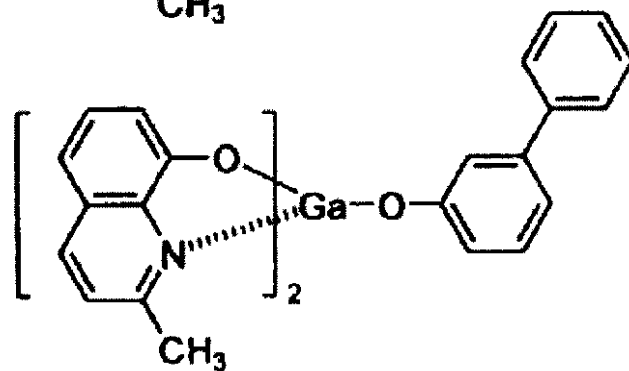
(33)



(34)



(35)



【 0 0 4 0】

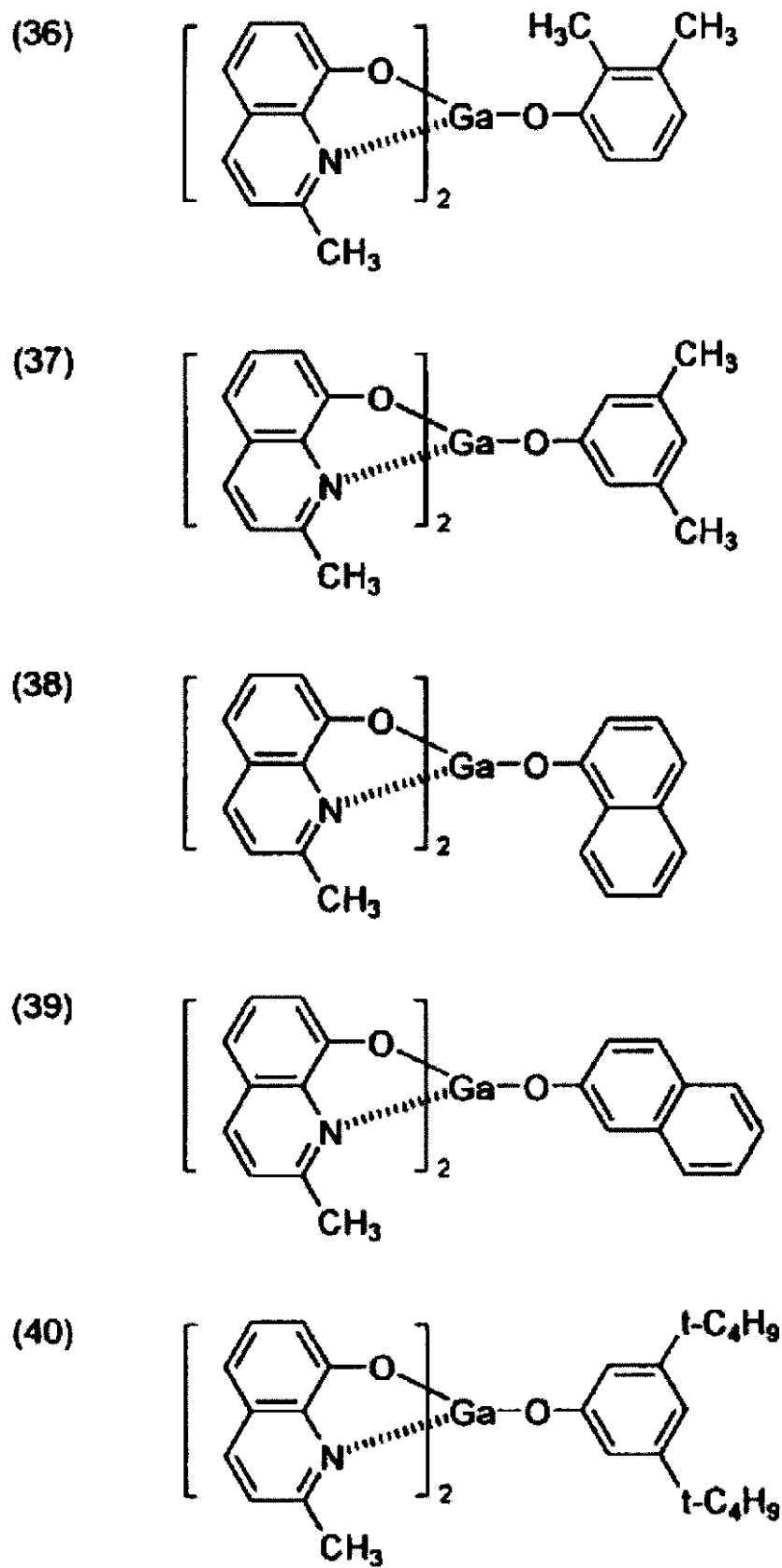
10

20

30

40

【化 1 1】



10

20

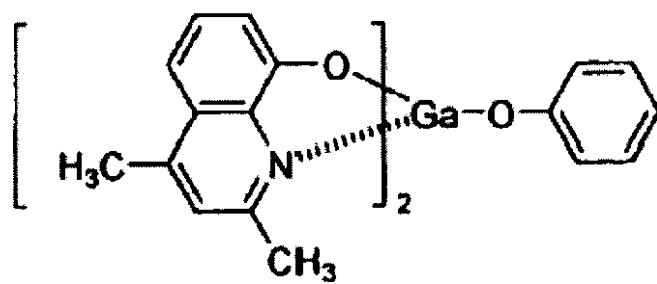
30

40

【 0 0 4 1】

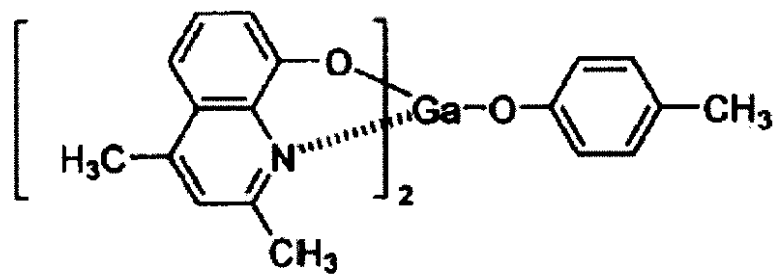
【化 1 2】

(41)



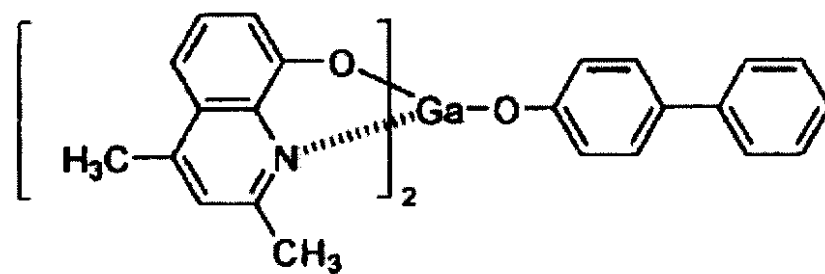
10

(42)

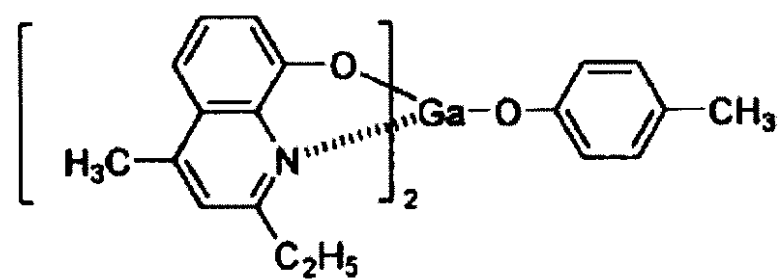


20

(43)

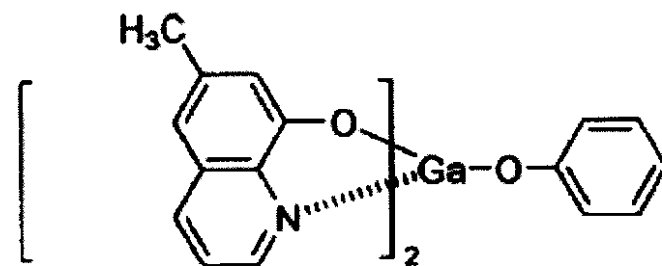


(44)



30

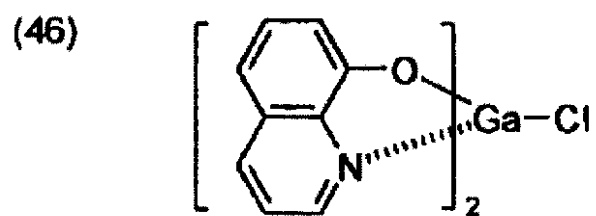
(45)



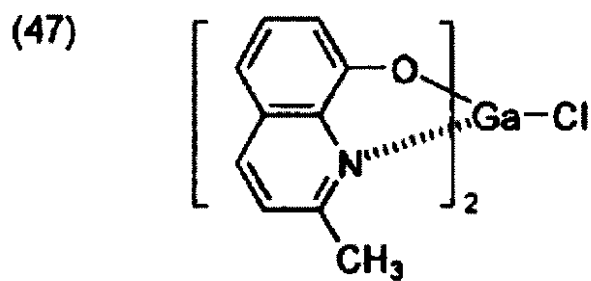
40

【 0 0 4 2】

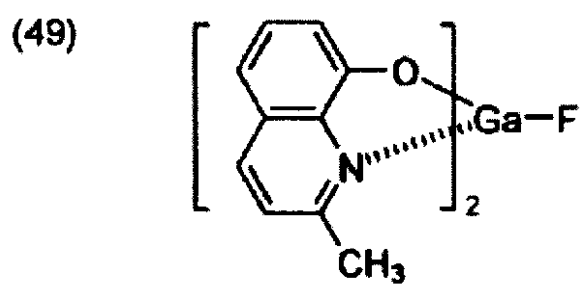
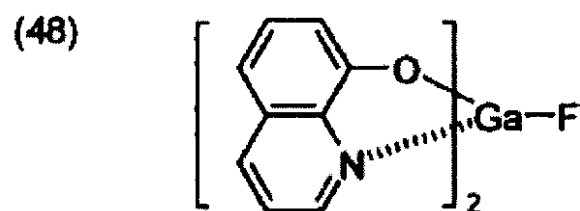
【化 1 3】



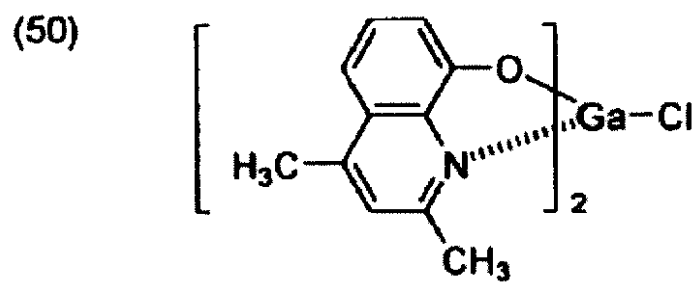
10



20



30

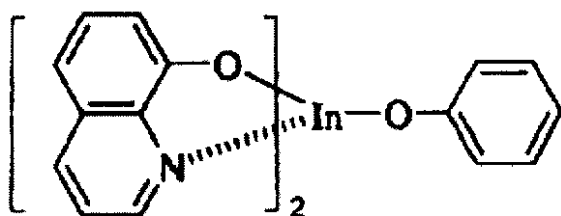


40

【 0 0 4 3】

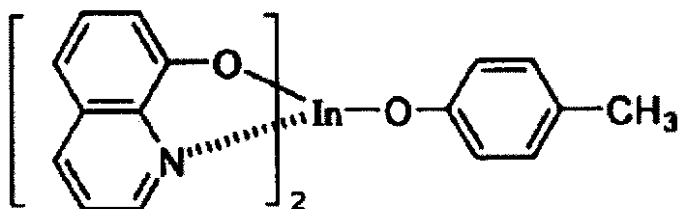
【化 1 4】

(51)



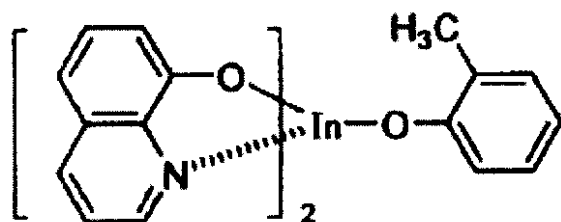
10

(52)



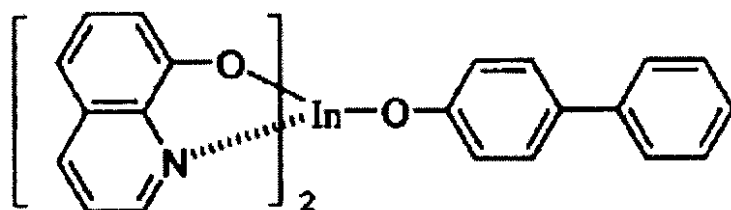
20

(53)



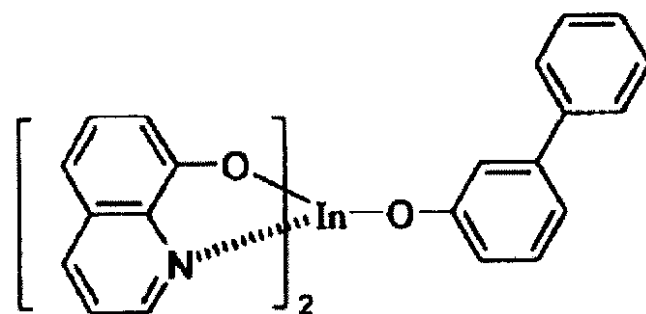
30

(54)



40

(55)



【0044】

本発明における金属錯体として、より好ましくは1、4、9、16、18、26、29、31、34、41、43、51、および54であり、特に好ましくは4、9、18、29、34、43、および54である。

【0045】

50

本発明における電子輸送材料は、 $10^{-5} \text{ cm}^2/\text{V} \cdot \text{s}$ 以上の電子移動度を有することが好ましい。より好ましくは、 $2 \times 10^{-5} \text{ cm}^2/\text{V} \cdot \text{s}$ 以上の電子移動度を有する。

本発明における電子輸送材料の電子移動度はTime of Flight (TOF)法により求めることができ、本発明における電子移動度はTOF法により求めた値を採用する。

【0046】

前記混合層の厚みは、好ましくは0.1 nm以上20 nm以下の範囲にあり、より好ましくは0.5 nm以上15 nm以下の範囲である。

【0047】

本発明における電子輸送材料と正孔輸送材料の混合層に用いられる正孔輸送材料としては、従来知られている正孔輸送材料を用いることが出来る。好ましくは、前述の正孔輸送層および正孔注入層の説明に記載した正孔輸送材料より選択して用いられる。

【0048】

特に好ましい本発明における混合層に用いられる正孔輸送材料はH-1, H-2, H-4, H-5, H-7, H-11, H-17, およびH-22である。

【0049】

本発明における混合層に用いられる正孔輸送材料は、 $10^{-4} \text{ cm}^2/\text{V} \cdot \text{s}$ 以上の正孔移動度を有することが好ましい。より好ましくは、 $2.0 \times 10^{-4} \text{ cm}^2/\text{V} \cdot \text{s}$ 以上の正孔移動度を有する。

【0050】

本発明における正孔輸送材料の正孔移動度はTime of Flight (TOF)法により求めることができ、本発明における正孔移動度はTOF法により求めた値を採用する。

【0051】

本発明における電子輸送材料と正孔輸送材料の混合層の電子移動度は、正孔輸送層の電子移動度より大きいことが好ましく、さらに10倍以上大きいことが好ましい。

【0052】

(電子注入層、電子輸送層)

電子注入層、電子輸送層は、陰極から電子を注入する機能、電子を輸送する機能、陽極から注入され得た正孔を障壁する機能のいずれかを有している層である。

【0053】

電子注入層、あるいは電子輸送層に導入される電子供与性ドーパントとしては、電子供与性で有機化合物を還元する性質を有していればよく、Liなどのアルカリ金属、Mgなどのアルカリ土類金属、希土類金属を含む遷移金属などが好適に用いられる。

特に仕事関数が4.2 eV以下の金属が好適に使用でき、具体的には、Li、Na、K、Be、Mg、Ca、Sr、Ba、Y、Cs、La、Sm、Gd、およびYbなどが挙げられる。

【0054】

これらの電子供与性ドーパントは、単独で用いてもよいし、2種以上を用いてもよい。

電子供与性ドーパントの使用量は、材料の種類によって異なるが、電子輸送層材料に対して0.1質量%~99質量%であることが好ましく、1.0質量%~80質量%であることが更に好ましく、2.0質量%~70質量%であることが特に好ましい。該使用量が、電子輸送層材料に対して0.1質量%未満のときには、本発明の効果が不十分であるため好ましくなく、99質量%を超えると電子輸送能力が損なわれるため好ましくない。

【0055】

電子注入層、電子輸送層の材料としては、具体的には、ピリジン、ピリミジン、トリアジン、イミダゾール、トリアゾール、オキサゾール、オキサジアゾール、フルオレノン、アントラキノジメタン、アントロン、ジフェニルキノン、チオピランジオキシド、カルボジイミド、フルオレニリデンメタン、ジスチリルピラジン、フッ素置換芳香族化合物、ナフタレンペリレン等の複素環テトラカルボン酸無水物、フタロシアニン、およびそれらの

誘導体（他の環と縮合環を形成してもよい）、8-キノリノール誘導体の金属錯体やメタルフタロシアニン、ベンゾオキサゾールやベンゾチアゾールを配位子とする金属錯体に代表される各種金属錯体等を挙げることができる。

【0056】

電子注入層、電子輸送層の厚さは、特に限定されるものではないが、駆動電圧低下、発光効率向上、耐久性向上の観点から、厚さが1 nm～5 μmであることが好ましく、5 nm～1 μmであることが更に好ましく、10 nm～500 nmであることが特に好ましい。

電子注入層、電子輸送層は、上述した材料の1種又は2種以上からなる単層構造であってもよいし、同一組成又は異種組成の複数層からなる多層構造であってもよい。

前記発光層に隣接したキャリア輸送層が電子輸送層であるとき、該電子輸送層のEa（ETL）は前記発光層中に含有されるドーパントのEa（D）より大きいことが駆動耐久性の点で好ましい。

【0057】

該Ea（ETL）は、後述するEaの測定方法と同様の方法により測定した値を用いる。

また、電子輸送層におけるキャリア移動度は、一般的に、 $10^{-7} \text{ cm}^2 \cdot \text{V}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$ 以上 $10^{-1} \text{ cm}^2 \cdot \text{V}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$ 以下であり、中でも、発光効率の点から $10^{-5} \text{ cm}^2 \cdot \text{V}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$ 以上 $10^{-1} \text{ cm}^2 \cdot \text{V}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$ 以下が好ましく、 $10^{-4} \text{ cm}^2 \cdot \text{V}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$ 以上 $10^{-1} \text{ cm}^2 \cdot \text{V}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$ 以下が更に好ましく、 $10^{-3} \text{ cm}^2 \cdot \text{V}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$ 以上 $10^{-1} \text{ cm}^2 \cdot \text{V}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$ 以下が特に好ましい。

また、該電子輸送層のキャリア移動度は、前記発光層のキャリア移動度より大きいことが駆動耐久性の観点から好ましい。該キャリア移動度は、前記正孔輸送層の測定方法と同様に行った。

本発明における発光素子のキャリア移動度において、正孔輸送層、電子輸送層、及び発光層におけるキャリア移動度としては、（電子輸送層 $\geq$ 正孔輸送層） $>$ 発光層であることが、駆動耐久性の点で好ましい。

バッファ層に含有されるホスト材料としては、後述する正孔輸送性ホストまたは電子輸送性ホストを好適に用いることができる。

【0058】

（発光層）

発光層は、電界印加時に、陽極、正孔注入層、正孔輸送層または正孔輸送性バッファ層から正孔を受け取り、陰極、電子注入層、電子輸送層または電子輸送性バッファ層から電子を受け取り、正孔と電子の再結合の場を提供して発光させる機能を有する層である。

本発明における発光層は、少なくとも一種の発光性ドーパントとホスト化合物とを含む。本発明における発光層は、好ましくは複数のホスト化合物を含む。

また、発光層は1層であっても2層以上であってもよく、それぞれの層が異なる発光色で発光してもよい。発光層が複数の場合であっても、発光層の各層に、少なくとも一種の発光性ドーパントと複数のホスト化合物とを含有することが好ましい。

【0059】

本発明における発光層に含有する発光性ドーパントと複数のホスト化合物としては、一重項励起子からの発光（蛍光）が得られる蛍光発光性ドーパントと複数のホスト化合物との組み合わせでも、三重項励起子からの発光（燐光）が得られる燐光発光性ドーパントと複数のホスト化合物との組み合わせでもよいが、中でも、発光効率の観点から、燐光発光性ドーパントと複数のホスト化合物との組み合わせであることが好ましい。

本発明における発光層は、色純度を向上させるためや発光波長領域を広げるために2種類以上の発光性ドーパントを含有することができる。

【0060】

《発光性ドーパント》

10

20

30

40

50

本発明における発光性ドーパントとしては、燐光性発光材料、蛍光性発光材料等いずれもドーパントとして用いることができる。

本発明における発光性ドーパントは、更に前記ホスト化合物との間で、 $1.2\text{ eV} > \Delta I_p > 0.2\text{ eV}$ 、及び／又は $1.2\text{ eV} > \Delta E_a > 0.2\text{ eV}$ の関係を満たすドーパントであることが駆動耐久性の観点で好ましい。

【0061】

《燐光発光性ドーパント》

前記燐光性の発光性ドーパントとしては、一般に、遷移金属原子又はランタノイド原子を含む錯体を挙げることができる。

例えば、該遷移金属原子としては、特に限定されないが、好ましくは、ルテニウム、ロジウム、パラジウム、タングステン、レニウム、オスミウム、イリジウム、及び白金が挙げられ、より好ましくは、レニウム、イリジウム、及び白金であり、更に好ましくはイリジウム、白金である。

ランタノイド原子としては、例えばランタン、セリウム、プラセオジウム、ネオジウム、サマリウム、ユーロピウム、ガドリニウム、テルビウム、ジスプロシウム、ホルミウム、エルビウム、ツリウム、イッテルビウム、およびルテシウムが挙げられる。これらのランタノイド原子の中でも、ネオジウム、ユーロピウム、及びガドリニウムが好ましい。

【0062】

錯体の配位子としては、例えば、G. Wilkinson等著、Comprehensive Coordination Chemistry, Pergamon Press社1987年発行、H. Yersin著、「Photochemistry and Photophysics of Coordination Compounds」Springer-Verlag社1987年発行、山本明夫著「有機金属化学—基礎と応用—」裳華房社1982年発行等に記載の配位子などが挙げられる。

具体的な配位子としては、好ましくは、ハロゲン配位子（好ましくは塩素配位子）、芳香族炭素環配位子（例えば、シクロペンタジエニルアニオン、ベンゼンアニオン、またはナフチルアニオンなど）、含窒素ヘテロ環配位子（例えば、フェニルピリジン、ベンゾキノリン、キノリノール、ビピリジル、またはフェナントロリンなど）、ジケトン配位子（例えば、アセチルアセトンなど）、カルボン酸配位子（例えば、酢酸配位子など）、アルコラト配位子（例えば、フェノラト配位子など）、一酸化炭素配位子、イソニトリル配位子、シアノ配位子であり、より好ましくは、含窒素ヘテロ環配位子である。

上記錯体は、化合物中に遷移金属原子を一つ有してもよいし、また、2つ以上有するいわゆる複核錯体であってもよい。異種の金属原子を同時に含有していてもよい。

【0063】

これらの中でも、発光性ドーパントの具体例としては、例えば、US 6303238 B1、US 6097147、WO 00/57676、WO 00/70655、WO 01/08230、WO 01/39234 A2、WO 01/41512 A1、WO 02/02714 A2、WO 02/15645 A1、WO 02/44189 A1、特開2001-247859、特願2000-33561、特開2002-117978、特願2001-248165、特開2002-235076、特願2001-239281、特開2002-170684、EP 1211257、特開2002-226495、特開2002-234894、特開2001-247859、特開2001-298470、特開2002-173674、特開2002-203678、特開2002-203679、特開2004-357791、特願2005-75340、特願2005-75341等の特許文献に記載の燐光発光化合物などが挙げられ、中でも、更に好ましい（2）の関係を満たす発光性ドーパントとしては、Ir錯体、Pt錯体、Cu錯体、Re錯体、W錯体、Rh錯体、Ru錯体、Pd錯体、Os錯体、Eu錯体、Tb錯体、Gd錯体、Dy錯体、Ce錯体が挙げられる。特に好ましくは、Ir錯体、Pt錯体、Re錯体であり、中でも金属-炭素結合、金属-窒素結合、金属-酸素結合、金属-硫黄結合の少なくとも一つの配位様式を含むIr錯体、Pt錯体、Re錯体が好ましい。

【0064】

《蛍光発光性ドーパント》

前記蛍光性の発光性ドーパントとしては、一般には、ベンゾオキサゾール、ベンゾイミダゾール、ベンゾチアゾール、スチリルベンゼン、ポリフェニル、ジフェニルブタジエン、テトラフェニルブタジエン、ナフタルイミド、クマリン、ピラン、ペリノン、オキサジアゾール、アルダジン、ピラリジン、シクロペンタジエン、ビススチリルアントラセン、キナクリドン、ピロロピリジン、チアジアゾロピリジン、シクロペンタジエン、スチリルアミン、芳香族ジメチリデン化合物、縮合多環芳香族化合物（アントラセン、フェナントロリン、ピレン、ペリレン、ルブレン、ペンタセンなど）、8-キノリノールの金属錯体、ピロメテン錯体や希土類錯体に代表される各種金属錯体、ポリチオフェン、ポリフェニレン、ポリフェニレンビニレン等のポリマー化合物、有機シラン、およびこれらの誘導体などを挙げることができる。

10

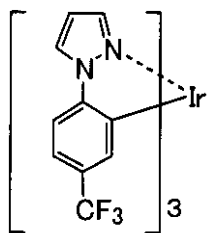
【0065】

これらの中でも、発光性ドーパントの具体例としては例えば下記のもの挙げられるが、これらに限定されるものではない。

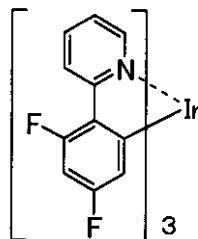
【0066】

【化 1 5】

D-1

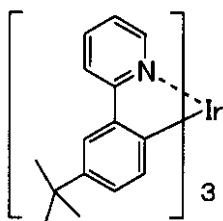


D-2

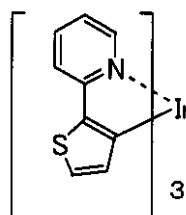


10

D-3

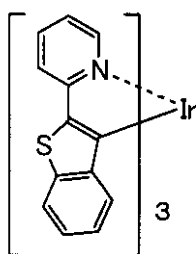


D-4

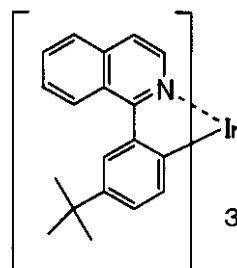


20

D-5

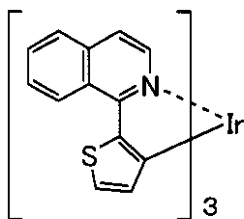


D-6

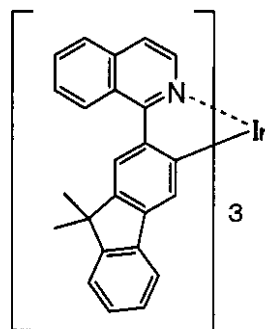


30

D-7



D-8

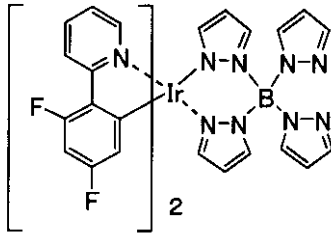


40

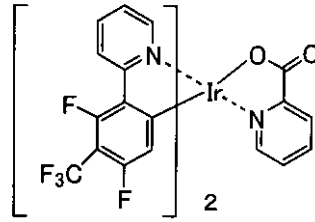
【0067】

【化 1 6】

D-9

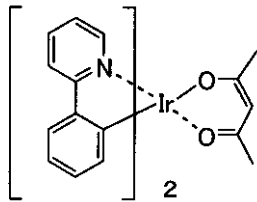


D-10

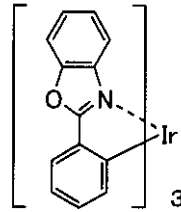


10

D-11

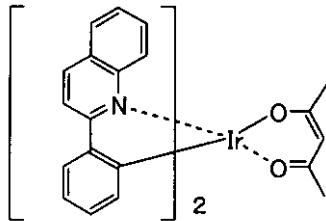


D-12

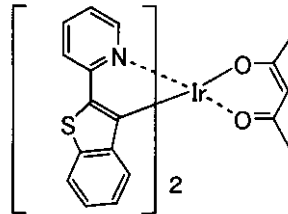


20

D-13

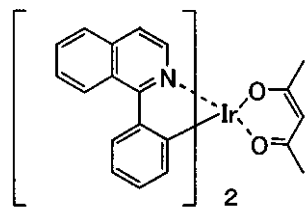


D-14

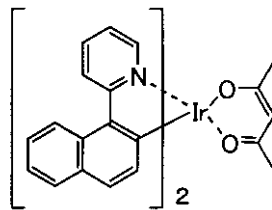


30

D-15



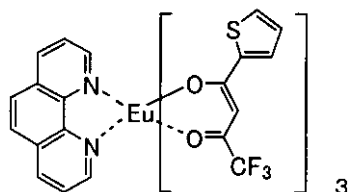
D-16



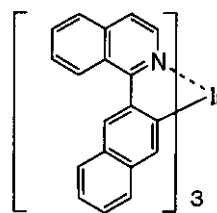
【 0 0 6 8 】

【化 17】

D-17

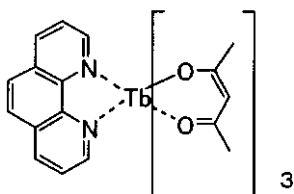


D-18

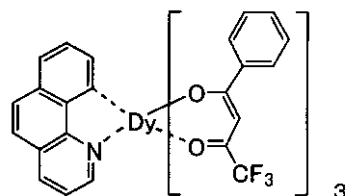


10

D-19

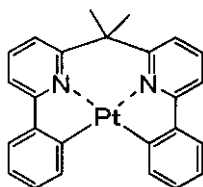


D-20

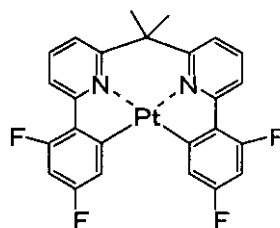


20

D-21

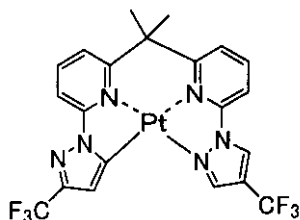


D-22

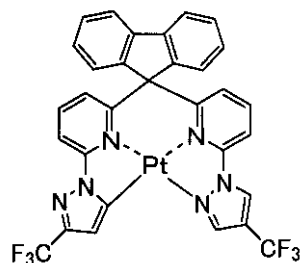


30

D-23



D-24



40

【0069】

上記の中でも、本発明で用いる発光性ドーパントとしては、発光効率、耐久性の観点から D-2、D-3、D-4、D-5、D-6、D-7、D-8、D-9、D-10、D-11、D-12、D-13、D-14、D-15、D-16、D-21、D-22、D-23、または D-24 が好ましく、D-2、D-3、D-4、D-5、D-6、D-7、D-8、D-12、D-14、D-15、D-16、D-21、D-22、D-23、または D-24 がより好ましく、D-21、D-22、D-23、または D-24 が更に好

50

ましい。

【0070】

発光層中の発光性ドーパントは、発光層中に一般的に発光層を形成する全化合物質量に対して、0.1質量%～30質量%含有されるが、耐久性、発光効率の観点から1質量%～15質量%含有されることが好ましく、2質量%～12質量%含有されることがより好ましい。

【0071】

発光層の厚さは、特に限定されるものではないが、通常、1nm～500nmであるのが好ましく、中でも、発光効率の観点で、5nm～200nmであるのがより好ましく、5nm～100nmであるのが更に好ましい。

10

【0072】

(ホスト材料)

本発明に用いられるホスト材料としては、正孔輸送性に優れる正孔輸送性ホスト材料(正孔輸送性ホストと記載する場合がある)及び電子輸送性に優れる電子輸送性ホスト化合物(電子輸送性ホストと記載する場合がある)を用いることができる。

【0073】

《正孔輸送性ホスト》

本発明の有機層に用いられる正孔輸送性ホストとしては、耐久性向上、駆動電圧低下の観点から、イオン化ポテンシャル I_p が5.1eV以上6.3eV以下であることが好ましく、5.4eV以上6.1eV以下であることがより好ましく、5.6eV以上5.8eV以下であることが更に好ましい。また、耐久性向上、駆動電圧低下の観点から、電子親和力 E_a が1.2eV以上3.1eV以下であることが好ましく、1.4eV以上3.0eV以下であることがより好ましく、1.8eV以上2.8eV以下であることが更に好ましい。

20

【0074】

このような正孔輸送性ホストとしては、具体的には、例えば、以下の材料を挙げることができる。

ピロール、カルバゾール、トリアゾール、オキサゾール、オキサジアゾール、ピラゾール、イミダゾール、ポリアリールアルカン、ピラゾリン、ピラゾロン、フェニレンジアミン、アリールアミン、アミノ置換カルコン、スチリルアントラセン、フルオレノン、ヒドラゾン、スチルベン、シラザン、芳香族第三級アミン化合物、スチリルアミン化合物、芳香族ジメチリデン系化合物、ポルフィリン系化合物、ポリシラン系化合物、ポリ(N-ビニルカルバゾール)、アニリン系共重合体、チオフェンオリゴマチオフェンオリゴマー、ポリチオフェン等の導電性高分子オリゴマー、有機シラン、カーボン膜、及び、それらの誘導体等が挙げられる。

30

中でも、カルバゾール誘導体、芳香族第三級アミン化合物、チオフェン誘導体が好ましく、特に分子内にカルバゾール骨格および／または芳香族第三級アミン骨格を複数個有するものが好ましい。

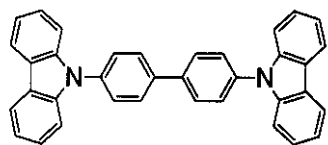
このような正孔輸送性ホストとしての具体的化合物としては、例えば下記のもものが挙げられるが、これらに限定されるものではない。

40

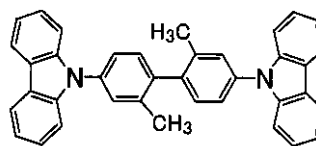
【0075】

【化 1 8】

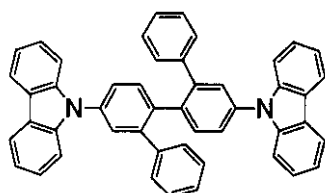
H-1



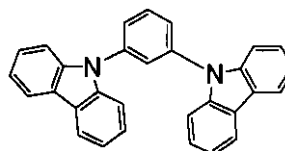
H-2



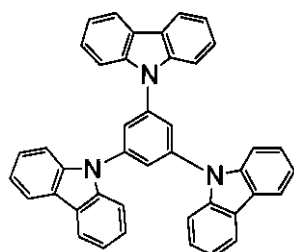
H-3



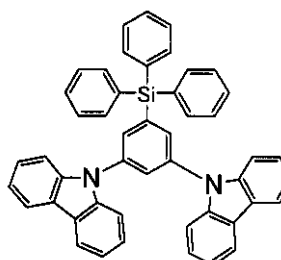
H-4



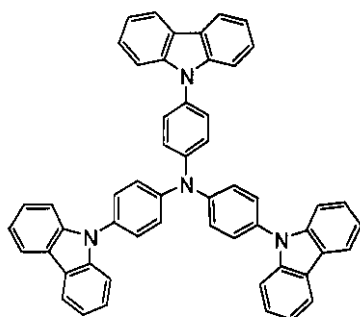
H-5



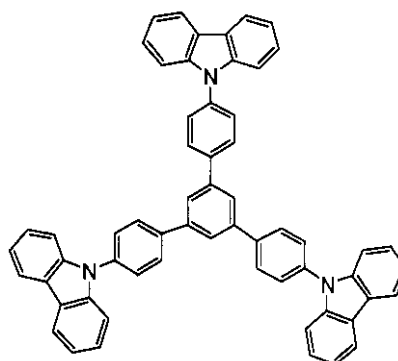
H-6



H-7



H-8



【0076】

10

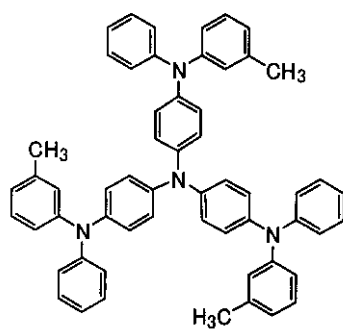
20

30

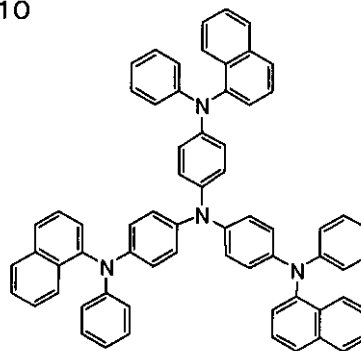
40

【化 1 9】

H-9

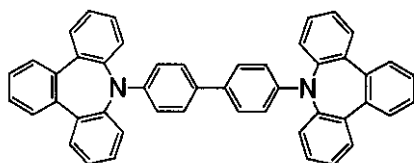


H-10

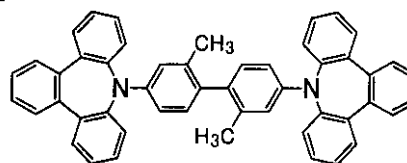


10

H-11

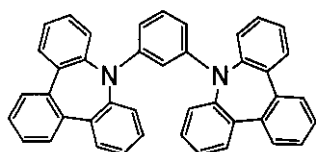


H-12

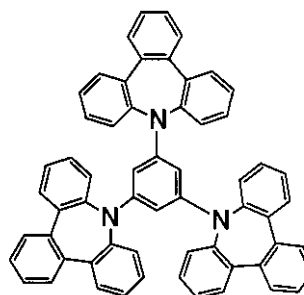


20

H-13

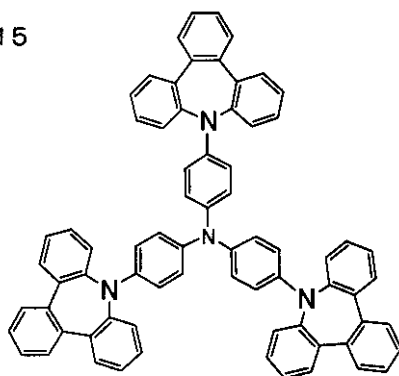


H-14

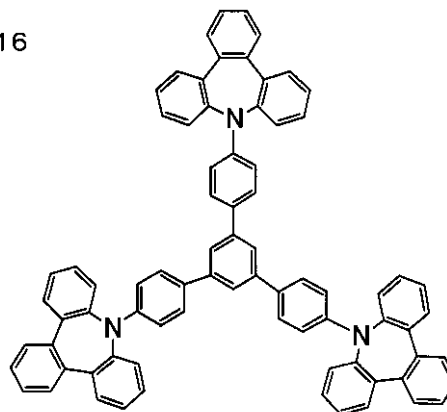


30

H-15



H-16

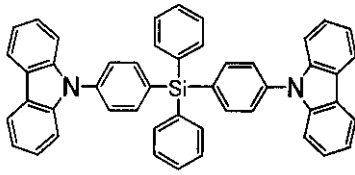


40

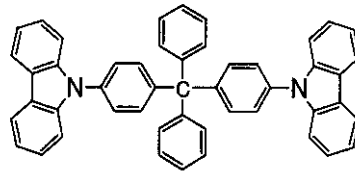
【 0 0 7 7 】

【化 2 0】

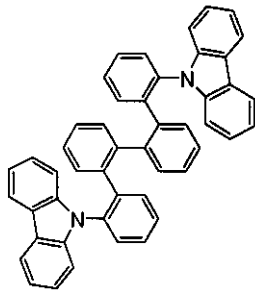
H-17



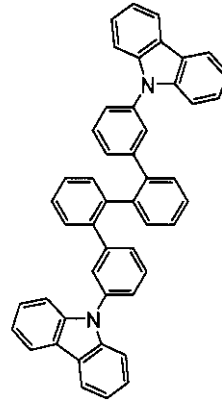
H-18



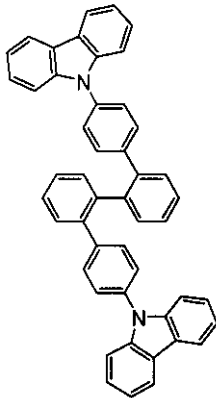
H-19



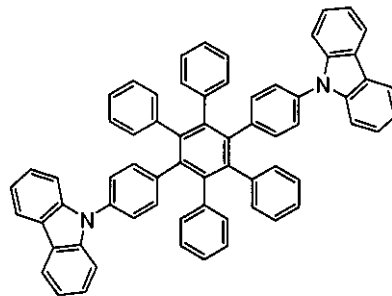
H-20



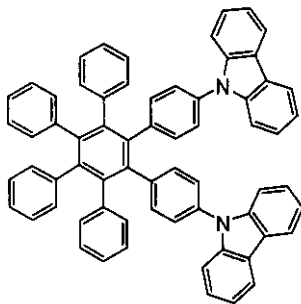
H-21



H-22



H-23



【0078】

《電子輸送性ホスト》

本発明に用いられる発光層内の電子輸送性ホストとしては、耐久性向上、駆動電圧低下の観点から、電子親和力 E_a が 2.5 eV 以上 3.5 eV 以下であることが好ましく、 2

10

20

30

40

50

． 6 e V以上 3． 2 e V以下であることがより好ましく、 2． 8 e V以上 3． 1 e V以下であることが更に好ましい。また、耐久性向上、駆動電圧低下の観点から、イオン化ポテンシャル I_p が 5． 7 e V以上 7． 5 e V以下であることが好ましく、 5． 8 e V以上 7． 0 e V以下であることがより好ましく、 5． 9 e V以上 6． 5 e V以下であることが更に好ましい。

【0079】

このような電子輸送性ホストとしては、具体的には、例えば、以下の材料を挙げることができる。

ピリジン、ピリミジン、トリアジン、イミダゾール、ピラゾール、トリアゾール、オキサゾール、オキサジアゾール、フルオレノン、アントラキノジメタン、アントロン、ジフェニルキノン、チオピランジオキシド、カルボジイミド、フルオレニリデンメタン、ジスチリルピラジン、フッ素置換芳香族化合物、ナフタレンペリレン等の複素環テトラカルボン酸無水物、フタロシアニン、およびそれらの誘導体（他の環と縮合環を形成してもよい）、8-キノリノール誘導体の金属錯体やメタルフタロシアニン、ベンゾオキサゾールやベンゾチアゾールを配位子とする金属錯体に代表される各種金属錯体等を挙げることができる。

10

【0080】

電子輸送性ホストとして好ましくは、金属錯体、アゾール誘導体（ベンズイミダゾール誘導体、イミダゾピリジン誘導体等）、アジン誘導体（ピリジン誘導体、ピリミジン誘導体、トリアジン誘導体等）であり、中でも、本発明においては耐久性の点から金属錯体化合物が好ましい。金属錯体化合物（A）は金属に配位する少なくとも1つの窒素原子または酸素原子または硫黄原子を有する配位子をもつ金属錯体がより好ましい。

20

金属錯体中の金属イオンは特に限定されないが、好ましくはベリリウムイオン、マグネシウムイオン、アルミニウムイオン、ガリウムイオン、亜鉛イオン、インジウムイオン、錫イオン、白金イオン、またはパラジウムイオンであり、より好ましくはベリリウムイオン、アルミニウムイオン、ガリウムイオン、亜鉛イオン、白金イオン、またはパラジウムイオンであり、更に好ましくはアルミニウムイオン、亜鉛イオン、またはパラジウムイオンである。

【0081】

前記金属錯体中に含まれる配位子としては種々の公知の配位子が有るが、例えば、「Photochemistry and Photophysics of Coordination Compounds」、Springer-Verlag社、H. Yersin著、1987年発行、「有機金属化学—基礎と応用—」、裳華房社、山本明夫著、1982年発行等に記載の配位子が挙げられる。

30

【0082】

前記配位子として、好ましくは含窒素ヘテロ環配位子（好ましくは炭素数1～30、より好ましくは炭素数2～20、特に好ましくは炭素数3～15であり、単座配位子であっても2座以上の配位子であっても良い。好ましくは2座以上6座以下の配位子である。また、2座以上6座以下の配位子と単座の混合配位子も好ましい。

配位子としては、例えばアジン配位子（例えば、ピリジン配位子、ビピリジル配位子、ターピリジン配位子などが挙げられる。）、ヒドロキシフェニルアゾール配位子（例えば、ヒドロキシフェニルベンズイミダゾール配位子、ヒドロキシフェニルベンズオキサゾール配位子、ヒドロキシフェニルイミダゾール配位子、ヒドロキシフェニルイミダゾピリジン配位子などが挙げられる。）、アルコキシ配位子（好ましくは炭素数1～30、より好ましくは炭素数1～20、特に好ましくは炭素数1～10であり、例えばメトキシ、エトキシ、ブトキシ、2-エチルヘキシロキシなどが挙げられる。）、アリールオキシ配位子（好ましくは炭素数6～30、より好ましくは炭素数6～20、特に好ましくは炭素数6～12であり、例えばフェニルオキシ、1-ナフチルオキシ、2-ナフチルオキシ、2, 4, 6-トリメチルフェニルオキシ、4-ビフェニルオキシなどが挙げられる。）、

40

【0083】

50

ヘテロアリールオキシ配位子（好ましくは炭素数1～30、より好ましくは炭素数1～20、特に好ましくは炭素数1～12であり、例えばピリジルオキシ、ピラジルオキシ、ピリミジルオキシ、およびキノリルオキシなどが挙げられる。）、アルキルチオ配位子（好ましくは炭素数1～30、より好ましくは炭素数1～20、特に好ましくは炭素数1～12であり、例えばメチルチオ、エチルチオなどが挙げられる。）、アリールチオ配位子（好ましくは炭素数6～30、より好ましくは炭素数6～20、特に好ましくは炭素数6～12であり、例えばフェニルチオなどが挙げられる。）、ヘテロアリールチオ配位子（好ましくは炭素数1～30、より好ましくは炭素数1～20、特に好ましくは炭素数1～12であり、例えばピリジルチオ、2-ベンズイミゾリルチオ、2-ベンズオキサゾリルチオ、および2-ベンズチアゾリルチオなどが挙げられる。）、シロキシ配位子（好ましくは炭素数1～30、より好ましくは炭素数3～25、特に好ましくは炭素数6～20であり、例えば、トリフェニルシロキシ基、トリエトキシシロキシ基、およびトリイソプロピルシロキシ基などが挙げられる。）、芳香族炭化水素アニオン配位子（好ましくは炭素数6～30、より好ましくは炭素数6～25、特に好ましくは炭素数6～20であり、例えばフェニルアニオン、ナフチルアニオン、およびアントラニルアニオンなどが挙げられる。）、芳香族ヘテロ環アニオン配位子（好ましくは炭素数1～30、より好ましくは炭素数2～25、特に好ましくは炭素数2～20であり、例えばピロールアニオン、ピラゾールアニオン、ピラゾールアニオン、トリアゾールアニオン、オキサゾールアニオン、ベンゾオキサゾールアニオン、チアゾールアニオン、ベンゾチアゾールアニオン、チオフエンアニオン、およびベンゾチオフエンアニオンなどが挙げられる。）、インドレニンアニオン配位子などが挙げられ、好ましくは含窒素ヘテロ環配位子、アリールオキシ配位子、ヘテロアリールオキシ基、またはシロキシ配位子であり、更に好ましくは含窒素ヘテロ環配位子、アリールオキシ配位子、シロキシ配位子、芳香族炭化水素アニオン配位子、または芳香族ヘテロ環アニオン配位子である。

【0084】

金属錯体電子輸送性ホストの例としては、例えば特開2002-235076、特開2004-214179、特開2004-221062、特開2004-221065、特開2004-221068、特開2004-327313等に記載の化合物が挙げられる。

【0085】

このような電子輸送性ホストとしては、具体的には、例えば、以下の材料を挙げることができるが、これらに限定されるものではない。

【0086】

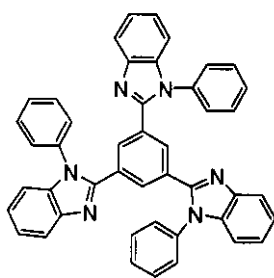
10

20

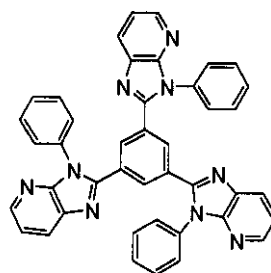
30

【化 2 1】

E-1

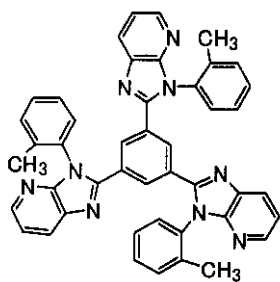


E-2

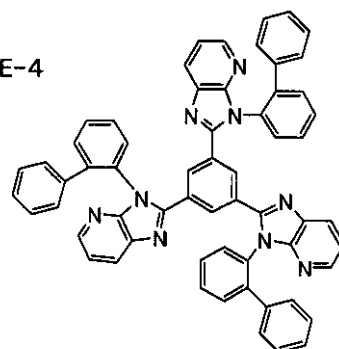


10

E-3

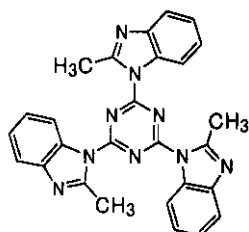


E-4

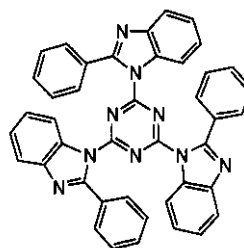


20

E-5

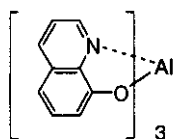


E-6

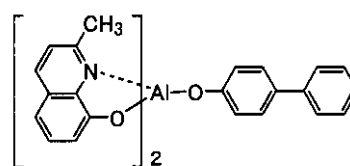


30

E-7



E-8

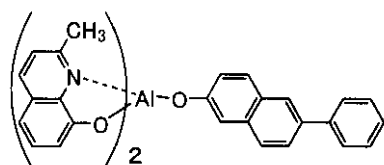


40

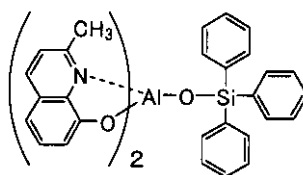
【 0 0 8 7 】

【化 2 2】

E-9

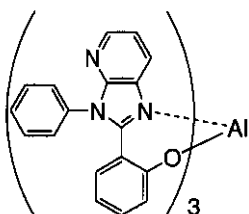


E-10

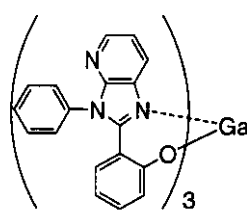


10

E-11

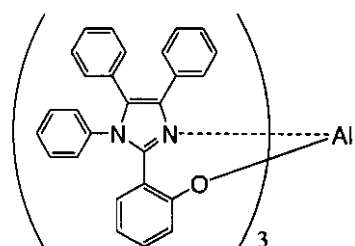


E-12

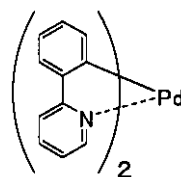


20

E-13

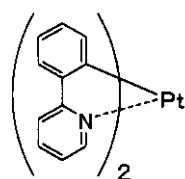


E-14

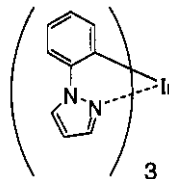


30

E-15



E-16

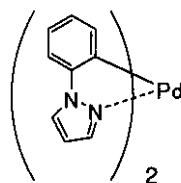
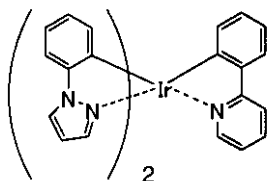


40

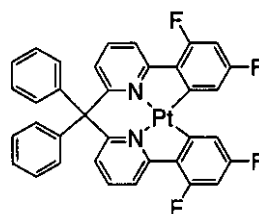
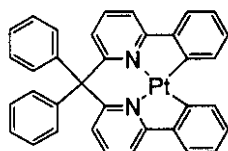
【 0 0 8 8】

10

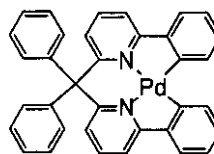
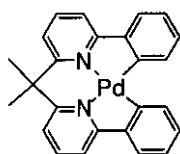
E-18



E-20



E-22



30

40

40

40

40

40

40

40

s^{-1} 以下が特に好ましい。

【0093】

該発光層のキャリア移動度は、後述の前記キャリア輸送層のキャリア移動度より小さいことが発光効率、駆動耐久性の観点から好ましい。

該キャリア移動度は、Time of Flight法により測定し、得られた値をキャリア移動度とした。

【0094】

(正孔ブロック層)

正孔ブロック層は、陽極側から発光層に輸送された正孔が、陰極側に通りぬけることを防止する機能を有する層である。本発明においては、発光層と陰極側で隣接する有機化合物層として、正孔ブロック層を設けることができる。 10

正孔ブロック層は、特に限定されるものではないが、具体的には、BALq等のアルミニウム錯体、トリアゾール誘導体、ピラザボール誘導体等を含むことができる。

また、正孔ブロック層の厚さは、駆動電圧を下げるため、一般的に50nm以下であることが好ましく、1nm～50nmであることが好ましく、5nm～40nmであることが更に好ましい。

【0095】

(陽極)

陽極は、通常、有機化合物層に正孔を供給する電極としての機能を有していればよく、その形状、構造、大きさ等については特に制限はなく、発光素子の用途、目的に応じて、公知の電極材料の中から適宜選択することができる。前述のごとく、陽極は、通常透明陽極として設けられる。 20

【0096】

陽極の材料としては、例えば、金属、合金、金属酸化物、導電性化合物、又はこれらの混合物が好適に挙げられ、仕事関数が4.0eV以上の材料が好ましい。陽極材料の具体例としては、アンチモンやフッ素等をドーブした酸化錫(ATO、FTO)、酸化錫、酸化亜鉛、酸化インジウム、酸化インジウム錫(ITO)、酸化亜鉛インジウム(IZO)等の導電性金属酸化物、金、銀、クロム、ニッケル等の金属、さらにこれらの金属と導電性金属酸化物との混合物又は積層物、ヨウ化銅、硫化銅などの無機導電性物質、ポリアニリン、ポリチオフェン、ポリピロールなどの有機導電性材料、及びこれらとITOとの積層物などが挙げられる。この中で好ましいのは、導電性金属酸化物であり、特に、生産性、高導電性、透明性等の点からはITOが好ましい。 30

【0097】

陽極は、例えば、印刷方式、コーティング方式等の湿式方式、真空蒸着法、スパッタリング法、イオンプレーティング法等の物理的方式、CVD、プラズマCVD法等の化学的方式などの中から、陽極を構成する材料との適性を考慮して適宜選択した方法に従って、前記基板上に形成することができる。例えば、陽極の材料として、ITOを選択する場合には、陽極の形成は、直流又は高周波スパッタ法、真空蒸着法、イオンプレーティング法等に従って行うことができる。 40

【0098】

本発明の有機電界発光素子において、陽極の形成位置としては特に制限はなく、発光素子の用途、目的に応じて適宜選択することができる。陽極は、基板における一方の表面の全部に形成されていてもよく、その一部に形成されていてもよい。 40

【0099】

なお、陽極を形成する際のパターニングとしては、フォトリソグラフィーなどによる化学的エッチングによって行ってもよいし、レーザーなどによる物理的エッチングによって行ってもよく、また、マスクを重ねて真空蒸着やスパッタ等をして行ってもよいし、リフトオフ法や印刷法によって行ってもよい。

【0100】

陽極の厚みとしては、陽極を構成する材料により適宜選択することができ、一概に規定 50

することはできないが、通常、 $10\text{ nm} \sim 50\text{ }\mu\text{m}$ 程度であり、 $50\text{ nm} \sim 20\text{ }\mu\text{m}$ が好ましい。

【0101】

陽極の抵抗値としては、 $10^3\text{ }\Omega/\square$ 以下が好ましく、 $10^2\text{ }\Omega/\square$ 以下がより好ましい。陽極が透明である場合は、無色透明であっても、有色透明であってもよい。透明陽極側から発光を取り出すためには、その透過率としては、60%以上が好ましく、70%以上がより好ましい。

【0102】

なお、透明陽極については、沢田豊監修「透明電極膜の新展開」シーエムシー刊（1999）に詳述があり、ここに記載される事項を本発明に適用することができる。耐熱性の低いプラスチック基材を用いる場合は、ITO又はIZOを使用し、 150°C 以下の低温で成膜した透明陽極が好ましい。

【0103】

（陰極）

陰極は、通常、有機化合物層に電子を注入する電極としての機能を有していればよく、その形状、構造、大きさ等については特に制限はなく、発光素子の用途、目的に応じて、公知の電極材料の中から適宜選択することができる。

【0104】

陰極を構成する材料としては、例えば、金属、合金、金属酸化物、電気伝導性化合物、これらの混合物などが挙げられ、仕事関数が 4.5 eV 以下のものが好ましい。具体例としてはアルカリ金属（たとえば、Li、Na、K、またはCs等）、アルカリ土類金属（たとえばMg、Ca等）、金、銀、鉛、アルミニウム、ナトリウム－カリウム合金、リチウム－アルミニウム合金、マグネシウム－銀合金、インジウム、およびイッテルビウム等の希土類金属などが挙げられる。これらは、1種単独で使用してもよいが、安定性と電子注入性とを両立させる観点からは、2種以上を好適に併用することができる。

【0105】

これらの中でも、陰極を構成する材料としては、電子注入性の点で、アルカリ金属やアルカリ土類金属が好ましく、保存安定性に優れる点で、アルミニウムを主体とする材料が好ましい。

アルミニウムを主体とする材料とは、アルミニウム単独、アルミニウムと0.01質量%～10質量%のアルカリ金属又はアルカリ土類金属との合金若しくはこれらの混合物（例えば、リチウム－アルミニウム合金、マグネシウム－アルミニウム合金など）をいう。

【0106】

なお、陰極の材料については、特開平2-15595号公報、特開平5-121172号公報に詳述されており、これらの広報に記載の材料は、本発明においても適用することができる。

【0107】

陰極の形成方法については、特に制限はなく、公知の方法に従って行うことができる。

例えば、印刷方式、コーティング方式等の湿式方式、真空蒸着法、スパッタリング法、イオンプレーティング法等の物理的方式、CVD、プラズマCVD法等の化学的方式などの中から、前記した陰極を構成する材料との適性を考慮して適宜選択した方法に従って形成することができる。例えば、陰極の材料として、金属等を選択する場合には、その1種又は2種以上を同時又は順次にスパッタ法等に従って行うことができる。

【0108】

陰極を形成するに際してのパターニングは、フォトリソグラフィーなどによる化学的エッチングによって行ってもよいし、レーザーなどによる物理的エッチングによって行ってもよく、マスクを重ねて真空蒸着やスパッタ等をして行ってもよいし、リフトオフ法や印刷法によって行ってもよい。

【0109】

本発明において、陰極形成位置は特に制限はなく、有機化合物層上の全部に形成されて

10

20

30

40

50

いてもよく、その一部に形成されていてもよい。

また、陰極と前記有機化合物層との間に、アルカリ金属又はアルカリ土類金属のフッ化物、酸化物等による誘電体層を0.1nm～5nmの厚みで挿入してもよい。この誘電体層は、一種の電子注入層と見ることもできる。誘電体層は、例えば、真空蒸着法、スパッタリング法、イオンプレーティング法等により形成することができる。

【0110】

陰極の厚みは、陰極を構成する材料により適宜選択することができ、一概に規定することはできないが、通常10nm～5μm程度であり、50nm～1μmが好ましい。

また、陰極は、透明であってもよいし、不透明であってもよい。なお、透明な陰極は、陰極の材料を1nm～10nmの厚さに薄く成膜し、更にITOやIZO等の透明な導電性材料を積層することにより形成することができる。

【0111】

(基板)

本発明においては基板を用いることができる。用いられる基板としては、有機化合物層から発せられる光を散乱又は減衰させない基板であることが好ましい。その具体例としては、ジルコニア安定化イットリウム(YSZ)、ガラス等の無機材料、ポリエチレンテレフタレート、ポリブチレンテレフタレート、ポリエチレンナフタレート等のポリエステル、ポリスチレン、ポリカーボネート、ポリエーテルスルホン、ポリアリレート、ポリイミド、ポリシクロオレフィン、ノルボルネン樹脂、ポリ(クロロトリフルオロエチレン)等の有機材料が挙げられる。

例えば、基板としてガラスを用いる場合、その材質については、ガラスからの溶出イオンを少なくするため、無アルカリガラスを用いることが好ましい。また、ソーダライムガラスを用いる場合には、シリカなどのバリアコートを施したものを使用することが好ましい。有機材料の場合には、耐熱性、寸法安定性、耐溶剤性、電気絶縁性、及び加工性に優れていることが好ましい。

【0112】

基板の形状、構造、大きさ等については、特に制限はなく、発光素子の用途、目的等に応じて適宜選択することができる。一般的には、基板の形状としては、板状であることが好ましい。基板の構造としては、単層構造であってもよいし、積層構造であってもよく、また、単一部材で形成されていてもよいし、2以上の部材で形成されていてもよい。

【0113】

基板は、無色透明であっても、有色透明であってもよいが、有機発光層から発せられる光を散乱又は減衰等させることがない点で、無色透明であることが好ましい。

【0114】

基板には、その表面又は裏面に透湿防止層(ガスバリア層)を設けることができる。

透湿防止層(ガスバリア層)の材料としては、窒化珪素、酸化珪素などの無機物が好適に用いられる。透湿防止層(ガスバリア層)は、例えば、高周波スパッタリング法などにより形成することができる。

熱可塑性基板を用いる場合には、更に必要に応じて、ハードコート層、アンダーコート層などを設けてもよい。

【0115】

(保護層)

本発明において、有機EL素子全体は、保護層によって保護されていてもよい。

保護層に含まれる材料としては、水分や酸素等の素子劣化を促進するものが素子内に入ることを抑止する機能を有しているものであればよい。

その具体例としては、In、Sn、Pb、Au、Cu、Ag、Al、Ti、またはNi等の金属、MgO、SiO、SiO₂、Al₂O₃、GeO、NiO、CaO、BaO、Fe₂O₃、Y₂O₃、またはTiO₂等の金属酸化物、SiN_x、SiN_xO_y等の金属窒化物、MgF₂、LiF、AlF₃、またはCaF₂等の金属フッ化物、ポリエチレン、ポリプロピレン、ポリメチルメタクリレート、ポリイミド、ポリウレア、ポリテトラフルオロエチ

10

20

30

40

50

レン、ポリクロロトリフルオロエチレン、ポリジクロロジフルオロエチレン、クロロトリフルオロエチレンとジクロロジフルオロエチレンとの共重合体、テトラフルオロエチレンと少なくとも1種のコモノマーを含むモノマー混合物を共重合させて得られる共重合体、共重合主鎖に環状構造を有する含フッ素共重合体、吸水率1%以上の吸水性物質、吸水率0.1%以下の防湿性物質等が挙げられる。

【0116】

保護層の形成方法については、特に限定はなく、例えば、真空蒸着法、スパッタリング法、反応性スパッタリング法、MBE（分子線エピタキシ）法、クラスターイオンビーム法、イオンプレーティング法、プラズマ重合（高周波励起イオンプレーティング法）、プラズマCVD法、レーザーCVD法、熱CVD法、ガスソースCVD法、コーティング法、印刷法、または転写法を適用できる。 10

【0117】

（封止）

さらに、本発明の有機電界発光素子は、封止容器を用いて素子全体を封止してもよい。

また、封止容器と発光素子の間の空間に水分吸収剤又は不活性液体を封入してもよい。水分吸収剤としては、特に限定されることはないが、例えば、酸化バリウム、酸化ナトリウム、酸化カリウム、酸化カルシウム、硫酸ナトリウム、硫酸カルシウム、硫酸マグネシウム、五酸化リン、塩化カルシウム、塩化マグネシウム、塩化銅、フッ化セシウム、フッ化ニオブ、臭化カルシウム、臭化バナジウム、モレキュラーシーブ、ゼオライト、および酸化マグネシウム等を挙げることができる。不活性液体としては、特に限定されることはないが、例えば、パラフィン類、流動パラフィン類、パーフルオロアルカンやパーフルオロアミン、パーフルオロエーテル等のフッ素系溶剤、塩素系溶剤、シリコンオイル類が挙げられる。 20

【0118】

本発明の有機電界発光素子は、陽極と陰極との間に直流（必要に応じて交流成分を含んでもよい）電圧（通常2ボルト～15ボルト）、又は直流電流を印加することにより、発光を得ることができる。

本発明における有機電界発光素子の駆動耐久性は、特定の輝度における輝度半減時間により測定することができる。例えば、KEITHLEY製ソースメジャーユニット2400型を用いて、直流電圧を有機EL素子に印加し発光させ、初期輝度2000cd/m²の条件で連続駆動試験をおこない、輝度が1000cd/m²になった時間を輝度半減時間T（1/2）として、該輝度半減時間を従来発光素子と比較することにより求めることができる。本発明においてはこの数値を用いた。 30

この有機電界発光素子の重要な特性値として、外部量子効率がある。外部量子効率は、「外部量子効率φ＝素子から放出されたフォトン数／素子に注入された電子数」で算出され、この値が大きいほど消費電力の点で有利な素子と言える。

【0119】

また、有機電界発光素子の外部量子効率は、「外部量子効率φ＝内部量子効率×光取り出し効率」で決まる。有機化合物からの蛍光発光を利用する有機EL素子においては、内部量子効率の限界値が25%であり、光取り出し効率が約20%であることから、外部量子効率の限界値は約5%とされている。 40

【0120】

素子の外部量子効率としては、消費電力を下げられる点、駆動耐久性を上げられる点で、6%以上が好ましく、12%以上が特に好ましい。

該外部量子効率の数値は、20℃で素子を駆動したときの外部量子効率の最大値、もしくは、20℃で素子を駆動した時の100cd/m²～300cd/m²付近（好ましくは200cd/m²）での外部量子効率の値を用いることができる。

本発明においては、東陽テクニカ製ソースメジャーユニット2400型を用いて、直流定電圧をEL素子に印加し発光させ、その輝度をトプコン社製輝度計BM-8を用いて測定し、200cd/m²における外部量子効率を算出した値を用いる。 50

【0121】

また、発光素子の外部量子効率、発光輝度、発光スペクトル、電流密度を測定し、その結果と比視感度曲線から算出することができる。すなわち、電流密度値を用い、入力した電子数を算出することができる。そして、発光スペクトルと比視感度曲線（スペクトル）を用いた積分計算により、発光輝度を発光したフォトン数に換算することができる。これらから外部量子効率（％）は、「（発光したフォトン数／素子に入力した電子数）×100」で計算することができる。

【0122】

本発明の有機電界発光素子の駆動方法については、特開平2-148687号、同6-301355号、同5-29080号、同7-134558号、同8-234685号、同8-241047号の各公報、特許第2784615号、米国特許5828429号、同6023308号の各明細書、等に記載の駆動方法を適用することができる。

【0123】

（本発明の有機電界発光素子の用途）

本発明の有機電界発光素子は、表示素子、ディスプレイ、バックライト、電子写真、照明光源、記録光源、露光光源、読み取り光源、標識、看板、インテリア、または光通信等に好適に利用できる。

【実施例】

【0124】

以下に、本発明の有機電界発光素子の実施例について説明するが、本発明はこれら実施例により限定されるものではない。

【0125】

実施例1

1. 有機EL素子の作製

《本発明の有機EL素子1の作製》

0. 5mm厚み、2. 5cm角のITOガラス基板（ジオマテック（株）製、表面抵抗10Ω/□）を洗浄容器に入れ、2-プロパノール中で超音波洗浄した後、30分間UV-オゾン処理を行った。この透明陽極上に真空蒸着法にて以下の層を蒸着した。本発明の実施例における蒸着速度は特に断りのない場合は0.2nm/秒である。蒸着速度は水晶振動子を用いて測定した。以下に記載の膜厚も水晶振動子を用いて測定したものである。

【0126】

（正孔注入層）

2-TNATAの蒸着速度を0.5nm/秒とし、F4-TCNQ（テトラフルオロテトラシアノキノジメタン）が2-TNATAに対し0.3質量%となるように共蒸着を行った。膜厚は55nmとした。

（正孔輸送層）

正孔注入層の上に、α-NPDの蒸着速度を0.5nm/秒とし、10nmの厚みに蒸着した。

【0127】

（電子輸送材料と正孔輸送材料の混合層）

正孔注入層の上に、CBP50.0質量%とBALq50.0質量%を蒸着速度：0.1nm/秒で共蒸着した混合層を膜厚10nmの厚みに蒸着した。

【0128】

（発光層）

AlqとルブレンをルブレンがAlqに対して2.0質量%となるように共蒸着を行った。発光層の膜厚は20nmとした。

【0129】

この上にパターンニングしたマスク（発光領域が2mm×2mmとなるマスク）を設置し、フッ化リチウムを0.1nm/秒の蒸着速度にて1nm蒸着し電子注入層とした。更に金属アルミニウムを100nm蒸着し陰極とした。

10

20

30

40

50

作製した積層体を、アルゴンガスで置換したグローブボックス内に入れ、ステンレス製の封止缶および紫外線硬化型の接着剤（X N R 5 5 1 6 H V、長瀬チバ製）を用いて封止し、有機 E L 素子 1 を作製した。

【0130】

《本発明の有機 E L 素子 2 の作製》

有機 E L 素子 1 において、発光層を下記に変更し、さらに下記電子輸送層を発光層と電子注入層との間に配した。

発光層：C B P と I r p p y を I r p p y が C B P に対して 5 . 0 質量%となるように共蒸着した。膜厚は 3 0 n m とした。

電子輸送層：A l q を膜厚 3 0 n m に蒸着した。

10

【0131】

《本発明の有機 E L 素子 3 の作製》

有機 E L 素子 2 において、発光層を下記に変更した。

発光層：M C P と青色発光材料を青色発光材料が C B P に対して 5 . 0 質量%となるように共蒸着した。膜厚は 3 0 n m とした。

【0132】

《比較例の素子 A》

有機 E L 素子 1 において、電子輸送材料と正孔輸送材料の混合層を除き、その他は同様にして比較例の素子 A を調製した。

【0133】

20

《比較例の素子 B》

有機 E L 素子 2 において、電子輸送材料と正孔輸送材料の混合層を除き、その他は同様にして比較例の素子 B を調製した。

【0134】

《比較例の素子 C》

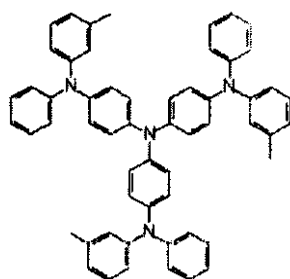
有機 E L 素子 2 において、電子輸送材料と正孔輸送材料の混合層を除き、正孔輸送層として α -N P D とスターバースト化合物の混合層を設け、その他は同様にして比較例の素子 C を調製した。

正孔輸送層： α -N P D と α -N P D に対して 1 0 質量%のスターバースト化合物、下記化合物の共蒸着層。膜厚は 1 0 n m とした。

30

【0135】

【化 2 4】



スターバースト化合物

40

【0136】

《比較例の素子 D》

有機 E L 素子 3 において、電子輸送材料と正孔輸送材料の混合層を除き、その他は同様にして比較例の素子 D を調製した。

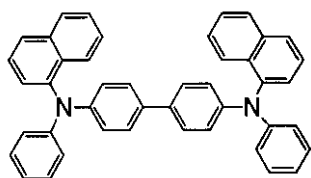
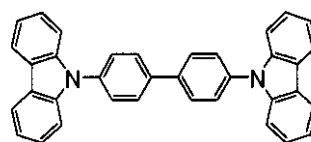
【0137】

前記の発光素子に用いられる化合物の構造を下記に示した。

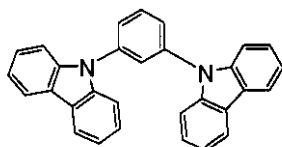
50

【0138】

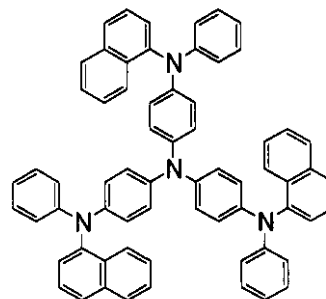
【化25】

 α -NPD

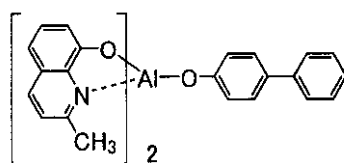
CBP



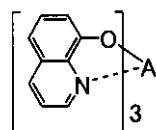
MCP



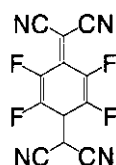
2-TNATA



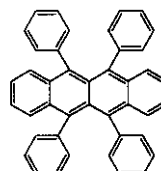
BAlq



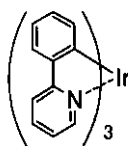
Alq



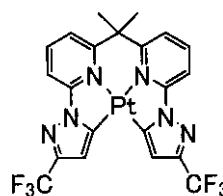
F4-TCNQ



ルブレン



Irppy



青色発光材料

10

20

30

40

50

【0139】

<性能評価>

1. 電子移動度

電子輸送材料の電子移動度は、Time of Flight (TOF) 法により求めた。

【0140】

2. 有機電界発光素子の評価

前記で得た有機電界発光素子を以下の方法により評価した。

(1) 発光効率の測定

作製した発光素子を KEITHLEY 製ソースメジャーユニット 2400 型を用いて、直流電圧を発光素子に印加し発光させた。その発光スペクトルを、浜松フォトニクス社製

のマルチ・チャンネル・アナライザー PMA-11 を用いて測定した。その輝度をトプコン社製輝度計 BM-8 を用いて測定し、発光スペクトルの波形と測定時の電流・輝度 (300 cd/m^2) から外部量子効率を計算した。

【0141】

(2) 駆動耐久性試験

続いて、この発光素子を初期輝度一定の条件で連続駆動試験をおこない、輝度が半分になった時間を輝度半減時間 T (1/2) とした。結果を表 1 に示した。

【0142】

(3) 駆動電圧

KEITHLEY 製ソースメジャーユニット 2400 型を用いて、直流電圧を発光素子に印加し発光させた。輝度 (トプコン (株) 製輝度計 BM-8 にて測定) が、 300 cd/m^2 となる時の電圧を測定した。結果を表 1 に示した。

【0143】

【表 1】

素子番号	電子輸送材料と正孔輸送材料を含む混合層の電子移動度	正孔輸送層の電子移動度	駆動電圧 (V)	発光効率 (%)	輝度半減時間 (時間)	備考
本発明素子1	2.5×10^{-5}	$< 10^{-6}$	8.9	2.1	2100	本発明
比較素子A	-	-	9.3	1.5	1200	比較例
本発明素子2	2.5×10^{-5}	$< 10^{-6}$	9.8	11.5	4700	本発明
比較素子B	-	-	10.2	7.3	2500	比較例
比較素子C	-	-	9.7	9.9	2800	比較例
本発明素子3	2.5×10^{-5}	$< 10^{-6}$	11.8	8.6	3300	本発明
比較素子D	-	-	12.1	3.8	1800	比較例

【0144】

表 1 の結果より、本発明の素子は発電子輸送材料と正孔輸送材料を含む混合層を正孔輸送層／発光層間に導入することにより高光効率と高駆動耐久性を達成し、一方、比較の素子は駆動に伴い材料劣化による輝度低下を生じた。