

(19)日本国特許庁(JP)

(12)公開特許公報(A)

(11)公開番号

特開2024-25009

(P2024-25009A)

(43)公開日 令和6年2月26日(2024.2.26)

(51)国際特許分類	F I	テーマコード(参考)
H 1 0 K 50/10 (2023.01)	H 0 5 B 33/14	B 3 K 1 0 7
H 1 0 K 59/10 (2023.01)	H 0 1 L 27/32	3 K 2 4 4
H 0 5 B 33/12 (2006.01)	H 0 5 B 33/12	C 5 C 0 9 4
H 0 5 B 33/02 (2006.01)	H 0 5 B 33/02	
G 0 9 F 9/30 (2006.01)	G 0 9 F 9/30	3 6 5
審査請求 未請求 請求項の数 18 O L (全62頁) 最終頁に続く		

(21)出願番号	特願2022-128081(P2022-128081)	(71)出願人	000001007 キヤノン株式会社 東京都大田区下丸子3丁目30番2号
(22)出願日	令和4年8月10日(2022.8.10)	(74)代理人	100110870 弁理士 山口 芳広
		(74)代理人	100096828 弁理士 渡辺 敬介
		(72)発明者	宮下 広和 東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤノン株式会社内
		(72)発明者	永島 育 東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤノン株式会社内
		(72)発明者	西出 洋祐 東京都大田区下丸子3丁目30番2号 最終頁に続く

(54)【発明の名称】 有機発光素子

(57)【要約】

【課題】積層する発光層間のキャリア移動と三重項エネルギーの移動を良好にし、駆動耐久を改善した有機発光素子を提供する。

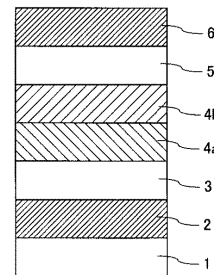
【解決手段】発光層が互いに接する第一発光層4 aと第二発光層4 bとを有し、第一発光層4 aは第一有機化合物と第一金属錯体と第二金属錯体とを含み、第二発光層4 bは第二有機化合物と、第三金属錯体とを含み、且つ、第一金属錯体を含まず、第一金属錯体、第二金属錯体、第三金属錯体の三重項エネルギーをそれぞれ、T 1 D 1、T 1 D 2、T 1 D 3とした時、下記式[ a ]乃至[ c ]の関係が成り立つ。

$$T 1 D 2 > T 1 D 1 \quad [ a ]$$

$$T 1 D 3 \quad T 1 D 2 \quad [ b ]$$

$$T 1 D 2 - T 1 D 1 > T 1 D 3 - T 1 D 2 \quad [ c ]$$

【選択図】図1



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

第一電極と、第一発光層と、第二発光層と、第二電極と、を備えた有機発光素子であつて、

前記第一発光層と前記第二発光層は接しており、

前記第一発光層は、第一有機化合物と第一金属錯体と第二金属錯体とを含み、

前記第二発光層は、第二有機化合物と、第三金属錯体とを含み、且つ、第一金属錯体を含まず、

前記第一金属錯体、前記第二金属錯体、前記第三金属錯体の三重項エネルギーをそれぞれ、 $T1D1$ 、 $T1D2$ 、 $T1D3$ とした時、下記式 [ a ] 乃至 [ c ] の関係が成り立つことを特徴とする有機発光素子。

$$T1D2 > T1D1 \quad [ a ]$$

$$T1D3 > T1D2 \quad [ b ]$$

$$T1D2 - T1D1 > T1D3 - T1D2 \quad [ c ]$$

10

## 【請求項 2】

前記第一発光層中における前記第二金属錯体の濃度、及び前記第二発光層中における前記第三金属錯体の濃度をそれぞれ、 $C1D2$ 、 $C1D3$ とした時、下記式 [ d ] の関係が成り立つことを特徴とする請求項 1 に記載の有機発光素子。

$$C1D2 > C1D3 \quad [ d ]$$

## 【請求項 3】

前記第一発光層中における前記第一金属錯体及び前記第二金属錯体の濃度をそれぞれ、 $C1D1$ 、 $C1D2$ とした時、下記式 [ e ] の関係が成り立つことを特徴とする請求項 1 に記載の有機発光素子。

$$C1D2 > C1D1 \quad [ e ]$$

20

## 【請求項 4】

前記第二金属錯体と前記第三金属錯体は、少なくとも 1 つ同じ配位子を有することを特徴とする請求項 1 に記載の有機発光素子。

## 【請求項 5】

前記第二金属錯体の HOMO のエネルギー準位、LUMO のエネルギー準位、前記第三金属錯体の HOMO のエネルギー準位、LUMO のエネルギー準位をそれぞれ、 $HOMOD2$ 、 $LUMOD2$ 、 $HOMOD3$ 、 $LUMOD3$ とした時、下記式 [ f ] 及び [ g ] の関係が成り立つことを特徴とする請求項 1 に記載の有機発光素子。

$$|LUMOD3 - LUMOD2| < 0.2 \text{ eV} \quad [ f ]$$

$$|HOMOD3 - HOMOD2| < 0.2 \text{ eV} \quad [ g ]$$

30

## 【請求項 6】

前記第一金属錯体が赤燐光発光材料であり、前記第三金属錯体が緑燐光発光材料であることを特徴とする請求項 1 に記載の有機発光素子。

## 【請求項 7】

前記第二発光層が、金属錯体ではない第三有機化合物を有することを特徴とする請求項 1 に記載の有機発光素子。

40

## 【請求項 8】

前記第一電極が陽極であり、前記第二電極が陰極であり、前記第一発光層が前記第二発光層よりも前記陽極側に配されていることを特徴とする請求項 1 に記載の有機発光素子。

## 【請求項 9】

前記第一発光層中における前記第一金属錯体の濃度、及び前記第二発光層中における前記第三金属錯体の濃度をそれぞれ、 $C1D1$ 、 $C1D3$ とした時、下記式 [ h ] の関係が成り立つことを特徴とする請求項 1 に記載の有機発光素子。

$$C1D3 > C1D1 \quad [ h ]$$

## 【請求項 10】

前記第二金属錯体及び前記第三金属錯体は、同一の化合物であることを特徴とする請求

50

項 1 に記載の有機発光素子。

【請求項 1 1】

前記第一有機化合物及び前記第二有機化合物は、同一の化合物であることを特徴とする請求項 1 に記載の有機発光素子。

【請求項 1 2】

前記第一発光層及び第二発光層から得られる発光色は、黄色発光であることを特徴とする請求項 1 に記載の有機発光素子。

【請求項 1 3】

複数の画素を有し、前記複数の画素の少なくとも一つが、請求項 1 乃至 1 2 のいずれか一項に記載の有機発光素子と、前記有機発光素子に接続されたトランジスタと、を有することを特徴とする表示装置。

10

【請求項 1 4】

複数のレンズを有する光学部と、前記光学部を通過した光を受光する撮像素子と、前記撮像素子が撮像した画像を表示する表示部と、を有し、

前記表示部は請求項 1 乃至 1 2 のいずれか一項に記載の有機発光素子を有することを特徴とする撮像装置。

【請求項 1 5】

請求項 1 乃至 1 2 のいずれか一項に記載の有機発光素子を有する表示部と、前記表示部が設けられた筐体と、前記筐体に設けられ、外部と通信する通信部と、を有することを特徴とする電子機器。

20

【請求項 1 6】

請求項 1 乃至 1 2 のいずれか一項に記載の有機発光素子を有する光源と、前記光源が発する光を透過する光拡散部または光学フィルタと、を有することを特徴とする照明装置。

【請求項 1 7】

請求項 1 乃至 1 2 のいずれか一項に記載の有機発光素子を有する灯具と、前記灯具が設けられた機体と、を有することを特徴とする移動体。

【請求項 1 8】

請求項 1 乃至 1 2 のいずれか一項に記載の有機発光素子を有することを特徴とする電子写真方式の画像形成装置の露光光源。

【発明の詳細な説明】

30

【技術分野】

【0001】

本発明は、有機発光素子、及び該有機発光素子を有する各種機器に関する。

【背景技術】

【0002】

有機発光素子（以下、「有機エレクトロルミネッセンス素子」或いは「有機 EL 素子」と称する場合がある）は、陽極と陰極とこれらの電極間に配置されている発光層を含む有機 EL（エレクトロルミネッセンス）層に通電することにより光を放出する素子である。

近年、有機発光素子を用いたフルカラーディスプレイの研究開発が精力的に進められている。有機発光素子は、発光層に含まれる化合物の種類により蛍光発光素子と燐光発光素子に大別されることが知られ、それぞれに適したエネルギーダイアグラムの設計が求められる。

40

一方、フルカラーディスプレイを作製する場合、発光層を画素（素子）ごとに塗り分ける方式と、発光層は白色発光で、カラーフィルタを画素ごとに塗り分ける有機発光素子を用いた方式が知られている。そして、白色発光の発光層を用いる場合は、有機発光素子が二種類以上の発光材料を用いることが知られている。

特許文献 1 には、励起錯体ホストと燐光発光材料からなる発光層が積層された有機発光素子が開示されている。特許文献 2 には、正孔輸送性ホストと燐光発光材料からなる発光層と、電子輸送性ホストと燐光発光材料からなる発光層とが積層された有機発光素子が開示されている。特許文献 3 には、青燐光発光材料、緑燐光発光材料、赤燐光発光材料を含

50

む発光層が2層積層された有機発光素子が開示されている。特許文献4には、青燐光発光材料、緑燐光発光材料を含む発光層と、赤燐光発光材料を含む発光層とが積層された有機発光素子が開示されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【特許文献1】特開2014-96557号公報

【特許文献2】特開2013-200939号公報

【特許文献3】特開2011-171269号公報

【特許文献4】特開2010-34484号公報

10

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

しかしながら、上記特許文献に記載の有機発光素子は、互いに接する二つの発光層間のキャリア移動及び三重項エネルギーのエネルギー移動が起こりにくいため、耐久特性に改善の余地がある有機発光素子であった。

本発明は上記の課題に鑑みてなされたものであり、その目的は、互いに接する二つの発光層間のキャリア移動と三重項エネルギーの移動を良好にし、駆動耐久を改善した有機発光素子を提供することである。

【課題を解決するための手段】

20

【0005】

本発明の有機発光素子は、第一電極と、第一発光層と、第二発光層と、第二電極と、を備えた有機発光素子であって、

前記第一発光層と前記第二発光層は接しており、

前記第一発光層は、第一有機化合物と第一金属錯体と第二金属錯体とを含み、

前記第二発光層は、第二有機化合物と、第三金属錯体とを含み、且つ、第一金属錯体を含まず、

前記第一金属錯体、前記第二金属錯体、前記第三金属錯体の三重項エネルギーをそれぞれ、 $T1D1$ 、 $T1D2$ 、 $T1D3$ とした時、下記式[ a ]乃至[ c ]の関係が成り立つことを特徴とする。

30

$T1D2 > T1D1$  [ a ]

$T1D3 > T1D2$  [ b ]

$T1D2 - T1D1 > T1D3 - T1D2$  [ c ]

【発明の効果】

【0006】

本発明によれば、耐久特性が改善された有機発光素子を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【0007】

【図1】本発明の一実施形態に係る有機発光素子の断面模式図である。

【図2】本発明の一実施形態に係る有機発光素子の発光層周辺のエネルギー準位を模式的に表したエネルギーダイアグラムである。

40

【図3】本発明の一実施形態に係る有機発光素子の発光層に含まれる金属錯体の三重項エネルギー準位を模式的に表した図である。

【図4】( a )本発明の一実施形態に係る表示装置の模式図である。( b )本発明の一実施形態に係る表示装置の模式図である。

【図5】本発明の一実施形態に係る表示装置の模式図である。

【図6】( a )本発明の一実施形態に係る撮像装置の模式図である。( b )本発明の一実施形態に係る電子機器の模式図である。

【図7】( a )本発明の一実施形態に係る表示装置の模式図である。( b )本発明の一実施形態に係る折り曲げ可能な表示装置の模式図である。

50

【図 8】(a) 本発明の一実施形態に係る照明装置の模式図である。(b) 本発明の一実施形態に係る車両用灯具を有する自動車の模式図である。

【図 9】(a) 本発明の一実施形態に係るウェアラブルデバイスの一例を示す模式図である。(b) 本発明の一実施形態に係るウェアラブルデバイスの一例で、撮像装置を有する形態を示す模式図である。

【図 10】本発明の一実施形態に係る画像形成装置の一例と、その露光光源の一例を示す模式図である。

【発明を実施するための形態】

【0008】

本発明の一実施形態に係る有機発光素子は、第一電極と、第一発光層と第二発光層とからなる積層発光層と、第二電極とを備えている。第一電極及び第二電極は少なくとも一方が光透過電極であればよく、いずれか一方が反射電極であってよい。前記第一発光層と前記第二発光層は接しており、いずれか一方が陽極側であり、いずれか一方が陰極側である。

【0009】

前記第一発光層は、第一有機化合物と第一金属錯体と第二金属錯体とを含み、前記第二発光層は、第二有機化合物と第三金属錯体とを含み、且つ、前記第一金属錯体を含まない。即ち、第一金属錯体と第三金属錯体とは互いに異なる金属錯体であり、三重項エネルギーが互いに異なる。よって、第一発光層と第二発光層とは互いに異なる発光色を示す。

【0010】

〔積層発光層〕

本発明の一実施形態に係る有機発光素子においては、下記式 [a] 乃至 [c] の関係が成り立つことを特徴とする。

$$T1D2 > T1D1 \quad [a]$$

$$T1D3 > T1D2 \quad [b]$$

$$T1D2 - T1D1 > T1D3 - T1D2 \quad [c]$$

上記 T1D1、T1D2、T1D3 はそれぞれ、第一金属錯体、第二金属錯体、第三金属錯体の三重項エネルギーを表す。

【0011】

上記式 [a] は、第一金属錯体は第二金属錯体よりも三重項エネルギーが小さいことを示し、よって、第一発光層においては、第一金属錯体からの発光が主として観測されることを示している。

上記式 [b] は、第二発光層に含まれる第三金属錯体の三重項エネルギーは、第一発光層に含まれる第二金属錯体の三重項エネルギー以上であることを示す。また、上記式 [a] と併せて、第三金属錯体は、第一金属錯体よりも三重項エネルギーが大きいことを示す。よって、第二発光層は、第一発光層よりも短波長の発光が観測される発光層であることを示している。

上記式 [c] は、第三金属錯体と第二金属錯体との三重項エネルギーの差が、第一金属錯体と第二金属錯体との三重項エネルギーの差よりも小さいことを示している。後述するように、これにより、第三金属錯体と第一金属錯体間よりも、第三金属錯体と第二金属錯体間でのエネルギー移動が起こりやすい関係となることを示している。

【0012】

また、第三金属錯体と第二金属錯体は、三重項エネルギーの差が小さい、或いは差がない金属錯体同士であることから、同程度のエネルギーギャップを有する。このため、HOMO及びLUMOのエネルギー準位の位置関係も近いため、キャリア移動が、第三金属錯体と第一金属錯体間よりも、第三金属錯体と第二金属錯体間の方が起こりやすい関係であることも示している。後述するように、これにより、第一発光層と第二発光層で生じる励起子密度を発光層間で調整をし易く、駆動耐久を改善することができる。

【0013】

ここで、本明細書において、三重項エネルギーとは、最低励起三重項状態のエネルギー

10

20

30

40

50

であり、単位は eV で表現され、数値が大きいほど高エネルギーである。また、波長に換算する場合は、高エネルギーほど短波長となる。

本明細書において、エネルギーギャップは、HOMO（最高被占軌道）のエネルギー準位から LUMO（最低空軌道）のエネルギー準位までのエネルギーのギャップのことを指し、バンドギャップとも呼ばれる。尚、HOMO のエネルギー準位、LUMO のエネルギー準位はそれぞれ、「HOMO」或いは「HOMO 準位」、「LUMO」或いは「LUMO 準位」と記す場合もある。

【0014】

以下、図1乃至図3を用いて、本発明の実施形態をより詳細に説明する。

図1は、本実施形態に係る有機発光素子の断面模式図である。図1の有機発光素子は、絶縁層1上に、陽極2、正孔輸送層3、第一発光層4a、第二発光層4b、電子輸送層5、陰極6がこの順に配置されている。

【0015】

尚、本実施形態において、発光層とは、電極間に設けられた有機化合物層のうち光を発する層をいう。発光層に含まれる化合物のうち、質量比が最も大きい化合物をホストと呼ぶことがあり、主たる発光に寄与する化合物をドーパント又はゲストと呼ぶことがある。より具体的には、ホストとは発光層に含まれる材料のうち発光層内の含有率が50質量%を超える材料であり、ドーパントは、発光層に含まれる材料のうち、発光層内の含有率が50質量%未満である材料をいう。発光層中のドーパントの濃度は、好ましくは0.1質量%以上40質量%以下であり、さらには、濃度消光を抑制するために30質量%以下であることが望ましい。本発明における第一有機化合物、第二有機化合物はホストであり、第一金属錯体、第三金属錯体はドーパントである。

【0016】

また、発光層に含まれる化合物のうち、アシスト材料とは、発光層を構成する化合物の中で質量比がホストよりも小さく、ゲストの発光を補助する化合物である。尚、アシスト材料は、第2のホストとも呼ばれている。或いは、ゲストを第1の化合物とすると、アシストを第2の化合物と呼ぶこともできる。本発明における第二金属錯体はアシスト材料である。

【0017】

図2は、本発明の有機発光素子を構成する発光層周辺のエネルギー準位を模式的に表したエネルギーダイアグラムを示す図である。図中のHOMOD1、LUMOD1、HOMOD2、LUMOD2、HOMOD3、LUMOD3、HOMO H1、LUMO H1、HOMO H2、LUMO H2はそれぞれ、第一金属錯体のHOMO準位、LUMO準位、第二金属錯体のHOMO準位、LUMO準位、第三金属錯体のHOMO準位、LUMO準位、第一ホストのHOMO準位、LUMO準位、第二ホストのHOMO準位、LUMO準位を表す。

【0018】

図3は、本発明の一実施形態に係る有機発光素子を構成する発光層に含まれる金属錯体の三重項エネルギー準位の関係を模式的に表した図である。図3の縦軸はエネルギーレベルを表し、図の上方向が高いエネルギーを表す。図中、D1、D2、D3はそれぞれ、第一金属錯体、第二金属錯体、第三金属錯体を表し、T1D1、T1D2、T1D3は、それぞれ、第一金属錯体、第二金属錯体、第三金属錯体の三重項エネルギー準位を表している。

【0019】

図3に示されるように、本発明において、第一発光層4aに含まれる第一金属錯体、第二金属錯体と、第二発光層4bに含まれる第三金属錯体の間で、下記式[a]乃至[c]の関係が成り立つ。

【0020】

$$T1D2 > T1D1 \quad [a]$$

$$T1D3 > T1D2 \quad [b]$$

10

20

30

40

50

T 1 D 2 - T 1 D 1 > T 1 D 3 - T 1 D 2 [ c ]

【 0 0 2 1 】

本発明においては、金属錯体の三重項エネルギーは、実測値を用いても、分子軌道法計算より求めた数値を用いてもよい。尚、本明細書における金属錯体の、分子軌道法計算の計算手法は、現在広く用いられている密度汎関数法 (Density Functional Theory, DFT) を用いた。汎関数はB3PW91、基底関数はLANL2DZを用いた。尚、分子軌道法計算は、現在広く用いられているGaussian09 (Gaussian 09, Revision D.01, M. J. Frisch, G. W. Trucks, H. B. Schlegel, G. E. Scuseria, M. A. Robb, J. R. Cheeseman, G. Scalmani, V. Barone, B. Mennucci, G. A. Petersson, H. Nakatsuji, M. Caricato, X. Li, H. P. Hratchian, A. F. Izmaylov, J. Bloino, G. Zheng, J. L. Sonnenberg, M. Hada, M. Ehara, K. Toyota, R. Fukuda, J. Hasegawa, M. Ishida, T. Nakajima, Y. Honda, O. Kitao, H. Nakai, T. Vreven, J. A. Montgomery, Jr., J. E. Peralta, F. Ogliaro, M. Bearpark, J. J. Heyd, E. Brothers, K. N. Kudin, V. N. Staroverov, T. Keith, R. Kobayashi, J. Normand, K. Raghavachari, A. Rendell, J. C. Burant, S. S. Iyengar, J. Tomasi, M. Cossi, N. Rega, J. M. Millam, M. Klene, J. E. Knox, J. B. Cross, V. Bakken, C. Adamo, J. Jaramillo, R. Gomperts, R. E. Stratmann, O. Yazyev, A. J. Austin, R. Cammi, C. Pomelli, J. W. Ochterski, R. L. Martin, K. Morokuma, V. G. Zakrzewski, G. A. Voth, P. Salvador, J. J. Dannenberg, S. Dapprich, A. D. Daniels, O. Farkas, J. B. Foresman, J. V. Ortiz, J. Cioslowski, and D. J. Fox, Gaussian, Inc., Wallingford CT, 2013.) により実施した。尚、具体的な実測値の測定方法は、後述する実施例において説明する。

【 0 0 2 2 】

本発明の一実施形態に係る有機発光素子は、発光層を2つ以上有する素子構成であり、以下の構成を有する。

【 0 0 2 3 】

1 2つの発光層が積層し、それぞれの発光層には異なる発光色を示す燐光発光材料である金属錯体が含まれ、一方の発光層には三重項エネルギー移動のためのアシスト材料である金属錯体が含まれる。

本発明の一実施形態に係る有機発光素子は、2つの発光層が積層しており、それぞれの発光層は燐光発光性の金属錯体を有する。それぞれの発光層は、異なる発光波長を示す。燐光発光は三重項エネルギー由来の発光である。即ち、それぞれの発光層に生成される三重項エネルギーは異なり、大小関係が存在する。このため、より高い三重項エネルギーを有する発光層から、より低い三重項エネルギーを有する発光層へとエネルギー移動が生じる。第一発光層、第二発光層は、第一電極から第二電極へ向かう方向に積層されていてよく、第一発光層が第二発光層よりも第一電極側に配されていてよく、第一発光層が第二発光層よりも第二電極側に配されていてよい。

【 0 0 2 4 】

ここで、本発明者等は、より高い三重項エネルギーを有する発光層で生成された余剰の三重項エネルギーを、隣接するより低い三重項エネルギーを有する発光層に速やかにエネルギー移動させることで素子耐久が改善することを見出した。より具体的には、それぞれの発光層に含まれる金属錯体の中間値となるような三重項エネルギーを有する金属錯体を

、エネルギー移動先である発光層に含まれるようにする。このような構成にすることで、高エネルギーの発光層から隣接する低エネルギーの発光層へのエネルギー移動を促進することができる。言い換えれば、三重項エネルギー移動のためのアシスト材料を含むとも言える。

【0025】

一般に、燐光発光素子は、燐光発光材料の発光寿命が長いために、三重項 - 三重項消滅 (TTA) を生じやすい素子である。TTAは、発光過程に移行せずに存在する余剰な三重項励起子同士が衝突することで生じる。TTAにより生じる高次の励起状態は、高エネルギーを有するために材料劣化を招き、素子耐久を悪化させることが懸念される。

【0026】

TTAにより生じる高エネルギーは、その発光層の三重項エネルギーに比例する。このため、より高い三重項エネルギーを有する発光層においては、より高いエネルギーを有する高次の励起状態を生成するTTAとなってしまうため、より材料劣化の懸念が高くなってしまふ。そこで、より高いエネルギーの発光層でのTTAを低減し、その代わりに、より低いエネルギーの発光層でのTTAを増加させた方が、材料劣化を抑制できると考えられる。

【0027】

ここで、本発明においては、上記式 [ a ] 及び [ b ] の関係が成り立つ。即ち、隣接する2つの発光層のうち、より高い三重項エネルギーを有する第三金属錯体を含む第二発光層から、より低い三重項エネルギーを有する第一金属錯体を含む第一発光層へとエネルギー移動を生じ易くするために、第一発光層は、三重項エネルギー移動を促進させるための中間のエネルギー準位を有する第二金属錯体を含む。これにより、より高い三重項エネルギーを有する第三金属錯体を含む第二発光層で生じうるTTAを低減できるため、材料劣化を抑制することができる。結果として、耐久特性に優れた有機発光素子とすることができる。

【0028】

2 エネルギー移動を促進するアシスト材料の三重項エネルギーは、エネルギー移動先である発光材料よりも、エネルギー移動元である発光材料の三重項エネルギーに近い値を有する。

上述した通り、本発明は、アシスト材料による三重項エネルギー移動の促進により、駆動耐久を改善することができる積層発光層を有する有機発光素子である。

一般に、三重項励起子のエネルギー移動は、デクスターエネルギー移動によって生じるとされる。下記式 [ A ] に示すように、デクスターエネルギー移動の速度定数は、エネルギー移動元 (ドナー) の発光スペクトルとエネルギー移動先 (アクセプター) の吸収スペクトルの重なりに比例する。また、ドナーとアクセプターの分子間距離に指数関数的に反比例する。

【0029】

【数1】

$$k_{\text{DEXT}} = \left( \frac{2\pi}{h} \right) K^2 \exp \left( -\frac{2R}{L} \right) \int f_D(\lambda) \varepsilon_A(\lambda) d\lambda \quad [A]$$

h : プランク定数

$K^2$  : 双極子配向因子

R : ドナーとアクセプターの分子間距離

L : 実行分子半径

$f_D(\quad)$  : 規格化されたドナーの発光スペクトル

$\varepsilon_A(\quad)$  : 規格化されたアクセプターの吸収スペクトル

10

20

30

40

50

## 【0030】

ここで、本発明者等は、上記式 [ c ] の関係が成り立つことで、第一発光層と第二発光層間のデクスターエネルギー移動を促進することができることを見出した。即ち、本発明に係る積層発光層構成において、エネルギー移動を促進するアシスト材料である第二金属錯体の三重項エネルギーは、エネルギー移動先である第一金属錯体よりも、エネルギー移動元である第三金属錯体に近い値を有することで、エネルギー移動を促進する。

## 【0031】

本発明では、アシスト材料である第二金属錯体は、第一発光層に含まれる。一方で、エネルギー移動元である第三金属錯体は第二発光層に含まれる。このため、ドナー（第三金属錯体）とアクセプター（第二金属錯体）の接触する機会は、第一発光層と第二発光層の界面に限定される。

10

## 【0032】

上記式 [ A ] より、デクスターエネルギー移動では、ドナー（第三金属錯体）とアクセプター（第二金属錯体）間の分子間距離が短い方がエネルギー移動し易いため、ドナー（第三金属錯体）とアクセプター（第二金属錯体）間の距離が短いことが好ましい。そこで、本発明者等は、ドナー（第三金属錯体）とアクセプター（第二金属錯体）の三重項エネルギーの差を小さくすることで、相溶性が高まり、分子間距離が短くなることを見出した。

## 【0033】

これは、金属錯体同士であるために分子構造の特徴が類似していることと、金属錯体同士であるために、近いエネルギーを有し、双極子モーメントが揃いやすいために、分子同士が接近しやすくなると推察される。

20

## 【0034】

例えば、アクセプター（第二金属錯体）を含む第一発光層の形成後、第二発光層を積層する際、ドナー（第三金属錯体）は、よりエネルギー的に安定になり易いエネルギー準位の近い分子であるアクセプター（第二金属錯体）に集まり易くなる。結果として、ドナー（第三金属錯体）とアクセプター（第二金属錯体）の分子間距離は短くなる。また、ドナー（第三金属錯体）とアクセプター（第二金属錯体）の三重項エネルギーの差が小さいことで、ドナーの発光スペクトル（燐光発光）とアクセプターの吸収スペクトルの重なりも十分に大きくなる。

30

## 【0035】

以上より、上記式 [ c ] の関係が成り立つことで、ドナー（第三金属錯体）とアクセプター（第二金属錯体）の分子間距離は短くなり、また、ドナーの発光スペクトルとアクセプターの吸収スペクトルの重なりも十分に大きくなるため、デクスターエネルギー移動は促進される。

## 【0036】

尚、第三金属錯体から第二金属錯体にエネルギー移動後、第一発光層内で第二金属錯体から第一金属錯体へとエネルギー移動し、第一金属錯体の発光過程に移行する。このように、三重項エネルギー移動過程を連続で経る積層発光層とすることで、発光過程に至らずに存在する余剰三重項励起子の蓄積自体を低減することも期待できる。言い換えると、積層発光層における三重項励起子の拡散が起こり易い。即ち、余剰三重項励起子同士が衝突するTTA自体を低減することができ、耐久特性を改善できる有機発光素子となることも本発明の特徴として挙げられる。

40

## 【0037】

本発明の一実施形態に係る有機発光素子は、上記の 1、2 の他にも以下の構成を有することが好ましい。

3 第一発光層中における第二金属錯体の濃度は、第二発光層中における第三金属錯体の濃度よりも高い。

4 第一発光層中における第二金属錯体の濃度は、第一金属錯体の濃度よりも高い。

5 第二金属錯体と第三金属錯体は、少なくとも1つ同じ配位子を有する。

50

6 第二金属錯体と第三金属錯体は、HOMO準位差が0.2 eV以内であり、LUMO準位差が0.2 eV以内である。

7 第一金属錯体が赤燐光発光材料であり、第三金属錯体が緑燐光発光材料である。

8 第二発光層が、金属錯体ではない第二有機化合物（アシスト材料）を有する。

9 第一電極が陽極であり、第二電極が陰極であり、第一発光層が陽極側、第二発光層が陰極側である。

10 第二発光層中における第三金属錯体の濃度は、第一発光層中における第一金属錯体の濃度よりも高い。

11 第二金属錯体と、第三金属錯体が同一化合物である。

12 第一有機化合物（第一発光層のホスト）と、第二有機化合物（第二発光層のホスト）が同一化合物である。 10

以下、これらについて説明する。

【0038】

3 第二金属錯体の濃度は、第三金属錯体の濃度よりも高い。

上述した通り、第二発光層に含まれる第三金属錯体（ドナー）と、第一発光層に含まれる第二金属錯体（アクセプター）の接触する機会は、第一発光層と第二発光層との界面に限られる。ここで、第三金属錯体（ドナー）よりも、第二金属錯体（アクセプター）の濃度を高くすることで、第一発光層と第二発光層間のエネルギー移動を促進することができる。エネルギーを受容した第二金属錯体は、次に、第一金属錯体へとエネルギー移動を行う必要がある。ここで、第三金属錯体（ドナー）の方が濃度が高い場合には、第三金属錯体（ドナー）から多くの三重項エネルギーを受容するため、第二金属錯体（アクセプター）は、第一金属錯体へとエネルギー移動する前に、多くの三重項励起子を有することになり、TTAを生じ易くなってしまふ。第二金属錯体において、TTAを生じてしまふと、第一金属錯体へとエネルギー移動できなくなるため、好ましくない。 20

【0039】

よって、第二金属錯体の濃度は、第三金属錯体の濃度よりも高いことが好ましく、下記式 [d] の関係が成り立つことが好ましい。

$$C1D2 \quad C1D3 \quad [d]$$

C1D2、C1D3はそれぞれ、第一発光層中における第二金属錯体の濃度、第二発光層中における第三金属錯体の濃度を表す。 30

【0040】

4 第一発光層中における第二金属錯体の濃度は、第一金属錯体の濃度よりも高い。

本発明の有機発光素子の特徴として、三重項エネルギーの移動が連続して行われることが挙げられる。具体的には、第三金属錯体から第二金属錯体へと、さらに、第二金属錯体から第一金属錯体へとエネルギー移動が行われる。このように、三重項エネルギー移動過程を連続で経る積層発光層とすることで、発光過程に至らずにいる余剰三重項励起子の蓄積自体を低減することが期待できる。

【0041】

ここで、第二金属錯体の濃度は、第一金属錯体の濃度よりも高いことが好ましい。ここで、第一金属錯体の濃度が高い場合には、第三金属錯体からの三重項エネルギー移動が、第二金属錯体ではなく、第一金属錯体へと移動してしまうため、上述した連続したエネルギー移動過程による励起子の拡散を経ることが難しくなる。 40

【0042】

よって、第二金属錯体の濃度は、第一金属錯体の濃度よりも高いことが好ましく、下記式 [e] の関係が成り立つことが好ましい。

$$C1D2 \quad C1D1 \quad [e]$$

C1D1、C1D2はそれぞれ、第一発光層中における第一金属錯体、第二金属錯体の濃度を表す。

【0043】

5 第二金属錯体と第三金属錯体は、少なくとも1つ同じ配位子を有する。 50

上述した通り、第二発光層に含まれる第三金属錯体（ドナー）と第一発光層に含まれる第二金属錯体（アクセプター）の相溶性が高まることで、第一発光層と第二発光層間のエネルギー移動が促進される。

ここで、第三金属錯体（ドナー）と第二金属錯体（アクセプター）の相溶性を高める手段として、同じ部分構造を分子中に有することが好ましい。具体的には、金属錯体を形成する配位子の少なくとも1つが同じ構造であることが好ましい。これにより、同じ構造を有する配位子同士が接近し易くなるため、結果として、第三金属錯体（ドナー）と第二金属錯体（アクセプター）の分子間距離が短くなることが期待できる。例えば、第二金属錯体と第三金属錯体が、以下の分子構造のいずれかを同時に有する金属錯体であることが好ましい。下記例は、二座配位子の代表的な骨格であるフェニルピリジン骨格、及びピリジルピリジン骨格、フェニルピリミジン骨格、フェニルピラジン骨格を用いた一例であり、縮環構造を有する配位子や、単座配位子や、三座配位子や、四座配位子を用いることができる。尚、以下の構造式において、配位子とIr金属との間の2つの結合を、いずれも点線で表しているが、一方が共有結合であり、他方が配位結合である。

【 0 0 4 4 】

10

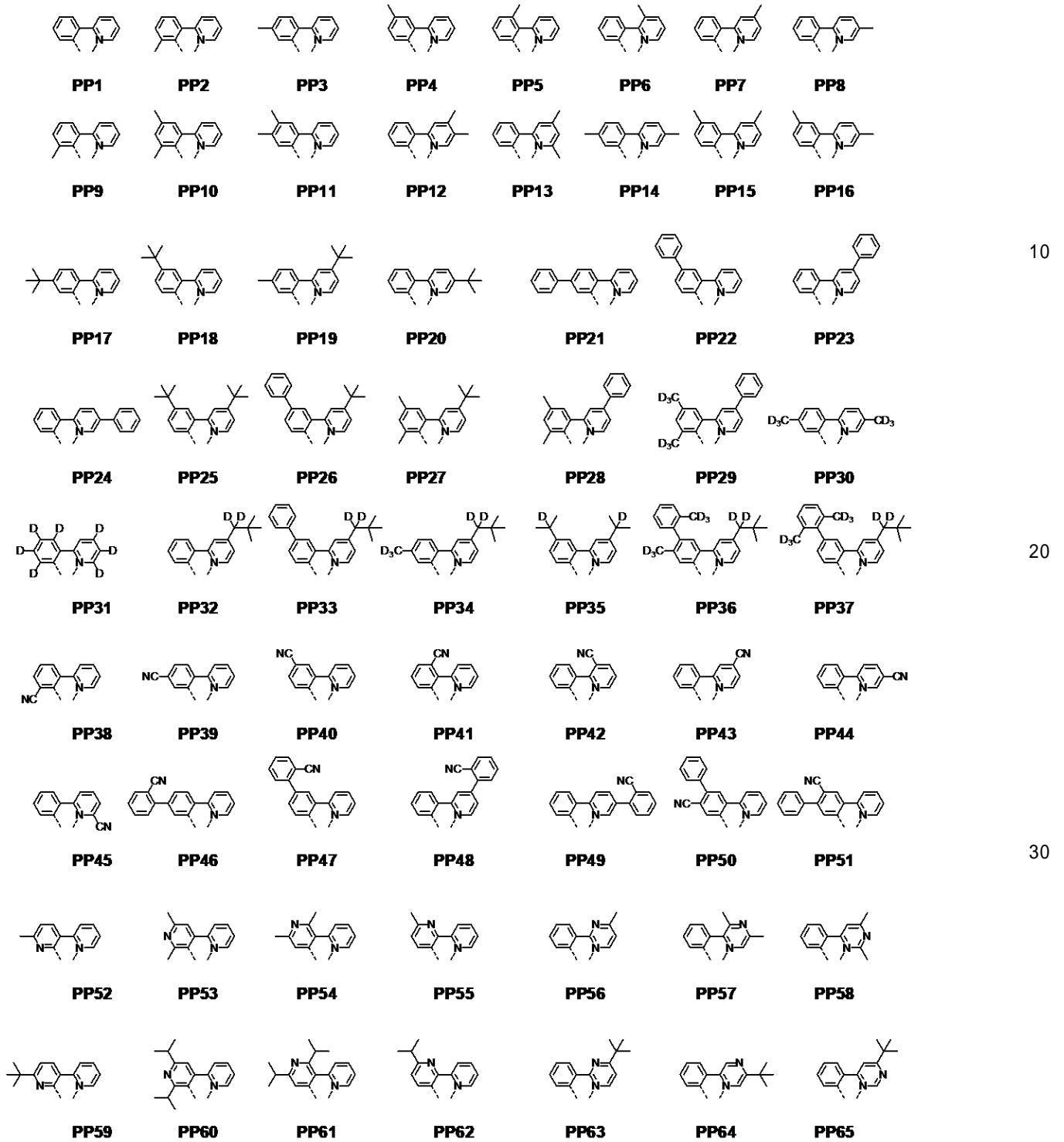
20

30

40

50

## 【化 1】



## 【0045】

6 第二金属錯体と第三金属錯体は、HOMO準位差が0.2 eV以内であり、LUMO準位差が0.2 eV以内である。

図2において、発光層4aには、ホスト（第一有機化合物）とアシスト材料（第二金属錯体）とドープント（第一金属錯体）が含まれている。また、発光層4bには、ホスト（第二有機化合物）とドープント（第三金属錯体）が含まれている。このため、発光層中の移動するキャリア（ホール及び電子）に対して、ドープント又はアシスト材料がトラップ準位となることが考えられる。

## 【0046】

ここで、第二金属錯体と第三金属錯体は、HOMO準位差が0.2 eV以内であり、L

U M O準位差が0.2 e V以内であることが好ましい。このような関係であることで、第一発光層と第二発光層間のキャリア移動が促進されるからである。即ち、第一発光層のキャリアトラップ準位である第二金属錯体と、第二発光層のキャリアトラップ準位である第三金属錯体が、同程度のH O M O準位とL U M O準位を有することで、キャリア移動が促進される。ここで、第二金属錯体と第三金属錯体との間に、H O M O準位又はL U M O準位に極端な差がある場合、第一発光層と第二発光層との界面でキャリアが蓄積されてしまい、再結合領域が集中し、発光効率及び素子耐久に不利となってしまう。キャリア移動が促進されることで、不要な電荷溜まりが解消され、励起子集中も解消されるため、T T A発生を低減することができ、耐久特性を向上させることができる。

#### 【0047】

よって、下記式 [ f ] 及び [ g ] の関係が成り立つことが好ましい。

$$| \text{L U M O D 3} - \text{L U M O D 2} | \quad 0.2 \text{ e V} \quad [ f ]$$

$$| \text{H O M O D 3} - \text{H O M O D 2} | \quad 0.2 \text{ e V} \quad [ g ]$$

[ f ] 及び [ g ] において、H O M O D 2、L U M O D 2、H O M O D 3、L U M O D 3 はそれぞれ、第二金属錯体のH O M O準位、L U M O準位、第三金属錯体のH O M O準位、L U M O準位を表す。

また、上記式 [ f ] 及び [ g ] の関係は、第一発光層と第二発光層間のキャリアバランスが調整しやすくなる点でも優れている。

#### 【0048】

7 第一金属錯体が赤燐光発光材料であり、第三金属錯体が緑燐光発光材料である。

式 [ a ] 及び [ b ] の関係を満たしつつ、第一発光層と第二発光層のそれぞれの発光層の発光効率を最大限に高める観点から、第一金属錯体が赤燐光発光材料であり、第三金属錯体が緑燐光発光材料であることが好ましい。

本発明の一実施形態に係る有機発光素子では、再結合領域をやや第二発光層に偏らせることで、効率良く第一発光層へとエネルギー移動可能な積層構成であり、緑発光と赤発光のバランスの良い発光を実現しやすくなる。

#### 【0049】

尚、本明細書において、青発光材料とは、発光スペクトルの最大ピーク波長が430 nm乃至480 nmの発光材料を指す。また、緑発光材料とは、発光スペクトルの最大ピーク波長が500 nm乃至570 nmの発光材料を指す。赤発光材料とは、発光スペクトルの最大ピーク波長が580 nm乃至680 nmの発光材料を指す。発光スペクトルは、希薄トルエン溶液等で、他の化合物や結晶状態の影響を低減して行われることが好ましい。

#### 【0050】

また、黄色発光とは、565 nm乃至590 nmに発光スペクトルの主な部分が含まれることを指す。例えば、緑発光と赤発光を混合させることで黄色発光を得ることもできる。また、シアン発光とは、485 nm乃至500 nmに発光スペクトルの主な部分が含まれることを指す。例えば、青発光と緑発光を混合させることでシアン発光を得ることもできる。

#### 【0051】

8 第二発光層に、金属錯体ではないアシスト材料を有する。

上述した通り、本発明の一実施形態に係る有機発光素子では、再結合領域をやや第二発光層に偏らせることで、効率良く第一発光層へとエネルギー移動可能とし、その結果、各発光層からのバランスのよい発光を引き出すことができる。

#### 【0052】

ここで、第二発光層は、金属錯体ではない第二有機化合物をアシスト材料として含有することが好ましい。第二発光層のアシスト材料も燐光発光性の金属錯体である場合、上述したような事象から、第三金属錯体と第二発光層のアシスト材料間でのエネルギー移動、即ち、第二発光層内でのエネルギー移動が促進され、第一発光層へのエネルギー移動が阻害されるため、好ましくない。第二発光層のアシスト材料としては、金属錯体ではなく、且つ、ホール又は電子いずれかのキャリアを発光層内に注入させ、再結合領域をやや第二

10

20

30

40

50

発光層中心へと調整するような材料であることが好ましい。

具体的には、トリアリールアミン骨格、カルバゾール骨格、アジン環、キサントン骨格のいずれかを有する材料が好ましい。これらの材料は、電子供与性や電子求引性に優れるため、HOMO準位及びLUMO準位の調整を行い易く、周辺層からのキャリアの注入を促進することができるため、好ましい。

【0053】

9 第一発光層が陽極側であり、第二発光層が陰極側である。

上述した条件 7 を満たし、且つ、図 2 に記載の通り、陽極側である発光層 4 a には、ホスト（第一有機化合物）とアシスト材料（第二金属錯体）とドーパント（第一金属錯体）が含まれていることが好ましい。また、陰極側である発光層 4 b には、ホスト（第二有機化合物）とドーパント（第三金属錯体）が含まれていることが好ましい。この場合、赤燐光発光材料である第一金属錯体がホールをトラップし、緑燐光発光材料である第三金属錯体が電子をトラップするため、キャリアバランスが最も優れる積層構成となる。

10

【0054】

10 第二発光層中における第三金属錯体の濃度は、第一発光層中における第一金属錯体の濃度よりも高い。

上述した条件 9 に加えて、第三金属錯体の濃度は、第一金属錯体の濃度よりも高いことが好ましい。第一金属錯体は、赤燐光発光材料であるために、バンドギャップが小さいため、キャリアトラップ性が高くなり易い。本実施形態においては、ホールトラップ性が高くなる。そのため、赤燐光発光材料である第一金属錯体が高濃度である場合、第一発光層におけるホール濃度が局在してしまうため、好ましくない。よって、第一金属錯体は低濃度にして、第一発光層のホール輸送の役割をアシスト材料である第二金属錯体に担うことで、キャリアバランスを調整する。一方、第二発光層については、第三金属錯体が電子輸送を担っており、これまでに上述した通り、第二金属錯体とのキャリアのスムーズな授受を期待できる。よって、第三金属錯体の濃度は、第一金属錯体の濃度よりも高いことが好ましく、下記式 [ h ] の関係が成り立つことが好ましい。

20

$$C1D3 > C1D1 \quad [ h ]$$

C1D1、C1D3 はそれぞれ、第一発光層中における第一金属錯体の濃度、第二発光層中における第三金属錯体の濃度を表す。

【0055】

11 第二金属錯体と、第三金属錯体が同一化合物である。

上述した通り、本発明の実施形態としては、第一発光層と第二発光層の間のキャリア移動とエネルギー移動が良好であることが好ましい。そのため、第二金属錯体と、第三金属錯体が同一化合物であることが好ましい。この場合、特に第一発光層と第二発光層の間のキャリア移動とエネルギー移動を促進することができる。

30

【0056】

12 第一有機化合物と第二有機化合物は同一化合物である。

上述した通り、本発明の実施形態としては、第一発光層と第二発光層の間のキャリア移動とエネルギー移動が良好であることが好ましい。そのため、第一発光層のホスト（第一有機化合物）と第二発光層のホスト（第二有機化合物）とが同一化合物であることが好ましい。この場合、特に第一発光層と第二発光層の間のキャリア移動とエネルギー移動を促進することができる。

40

【0057】

〔第一乃至第三金属錯体〕

次に、本発明の有機発光素子の一実施形態に用いられる第一乃至第三金属錯体について具体的に説明する。本発明の一実施形態に用いられる第一乃至第三金属錯体は、以下の一般式 [ I ] で表される化合物が好ましく用いられる。

$$Ir(L)_q(L')_r(L'')_s \quad [ I ]$$

一般式 [ 1 ] において、L、L'、及びL''は、それぞれ異なる二座配位子を表す。

q は 1 乃至 3 の整数であり、r 及び s は、それぞれ 0 乃至 2 の整数である。但し、q +

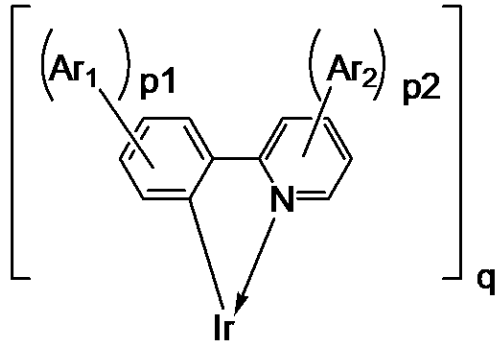
50

$r + s = 3$ である。 $r$ が2である場合、複数存在する $L'$ は互いに同じであっても異なってもよい。 $s$ が2である場合、複数存在する $L''$ は互いに同じであっても異なってもよい。

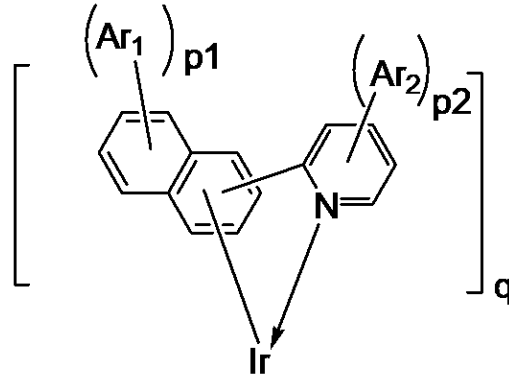
部分構造 $Ir(L)_q$ は、下記一般式[Ir-1]乃至[Ir-16]で表される構造である。

【0058】

【化2】



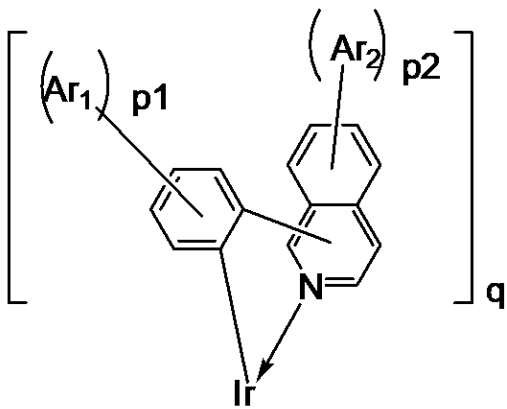
[Ir-1]



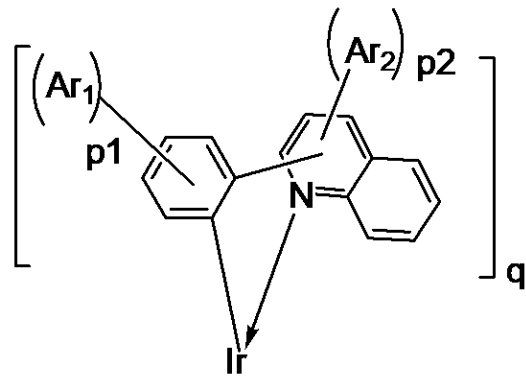
[Ir-2]

10

20



[Ir-3]



[Ir-4]

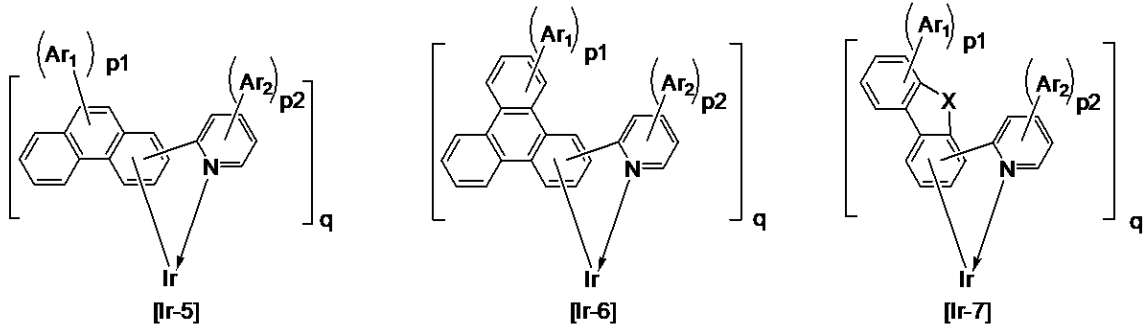
30

【0059】

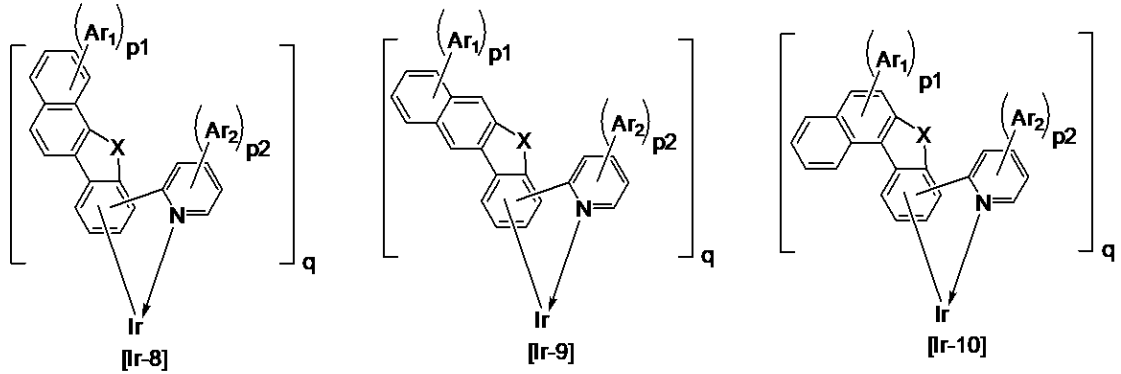
40

50

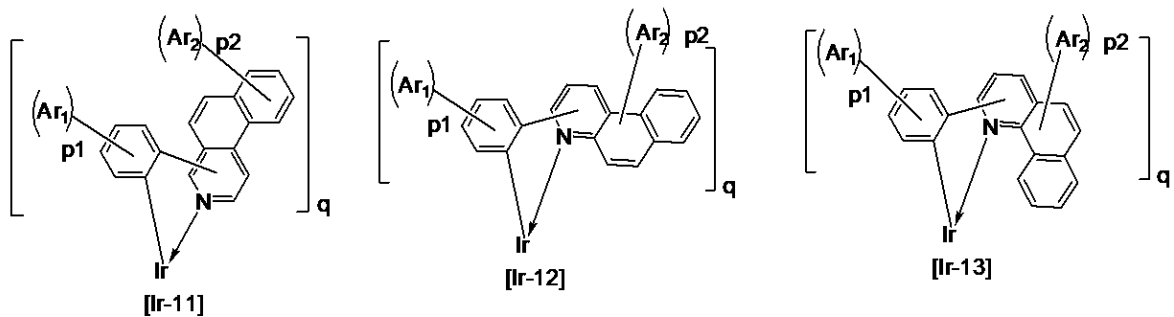
## 【化 3】



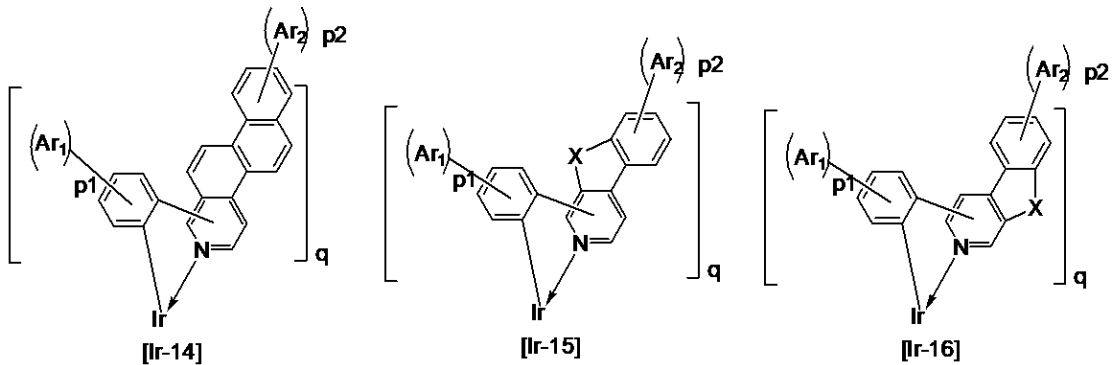
10



20



30



40

## 【0060】

一般式 [Ir-1] 乃至 [Ir-16] において、 $Ar_1$  及び  $Ar_2$  は、それぞれ独立に、重水素原子、ハロゲン原子、置換又は無置換のアルキル基、置換又は無置換のアルコキシ基、置換又は無置換のアリール基、置換又は無置換の複素環基、置換又は無置換のシリル基、又はシアノ基である。具体的には、 $Ar_1$  乃至  $Ar_2$  は、重水素原子、フッ素原子、炭素数 1 乃至 6 のアルキル基、炭素数 1 乃至 4 のアルコキシ基、炭素数 6 乃至 10 のアリール基、アルキル基を置換したシリル基、又はシアノ基であることが好ましく、メチル基、tert-ブチル基、又はフェニル基であることが更に好ましい。

$p_1$  及び  $p_2$  は、それぞれ独立に 0 乃至 4 のいずれかの整数である。

## 【0061】

50

一般式 [ I r - 5 ] 乃至 [ I r - 1 6 ] において、X は酸素原子、硫黄原子、C ( R<sub>1</sub> ) ( R<sub>2</sub> )、又は N R<sub>3</sub> から選択される。

R<sub>1</sub> 乃至 R<sub>3</sub> は、水素原子、重水素原子、ハロゲン原子、置換又は無置換のアルキル基、置換又は無置換のアルコキシ基、置換又は無置換のアミノ基、置換又は無置換のアリールオキシ基、置換又は無置換のアリール基、置換又は無置換の複素環基、置換又は無置換のシリル基、及びシアノ基から、それぞれ独立して選択される。R<sub>1</sub> 及び R<sub>2</sub> は、互いに結合して、環を形成してもよい。具体的には、R<sub>1</sub> 乃至 R<sub>3</sub> は、炭素数 1 乃至 3 のアルキル基、又はフェニル基であることが好ましく、メチル基であることが更に好ましい。

#### 【 0 0 6 2 】

また、上述のように、本発明に用いられる金属錯体は、ドーパント又はアシスト材料であるが、キャリア移動やエネルギー移動がし易い骨格であることが、特に好ましい。そこで、配位子に縮環構造を有する平面性の高い化合物を用いることで、分子間距離が短くなる。なぜなら、平面性の高い部分構造同士が接近しやすくなるからである。そのため、デクスター機構によるエネルギー移動が生じ易くなるため、駆動耐久と高効率な発光特性を有する有機発光素子を提供することができる。具体的には、一般式 [ I r - 5 ] 乃至 [ I r - 1 6 ] で表される金属錯体が好ましく用いられる。

#### 【 0 0 6 3 】

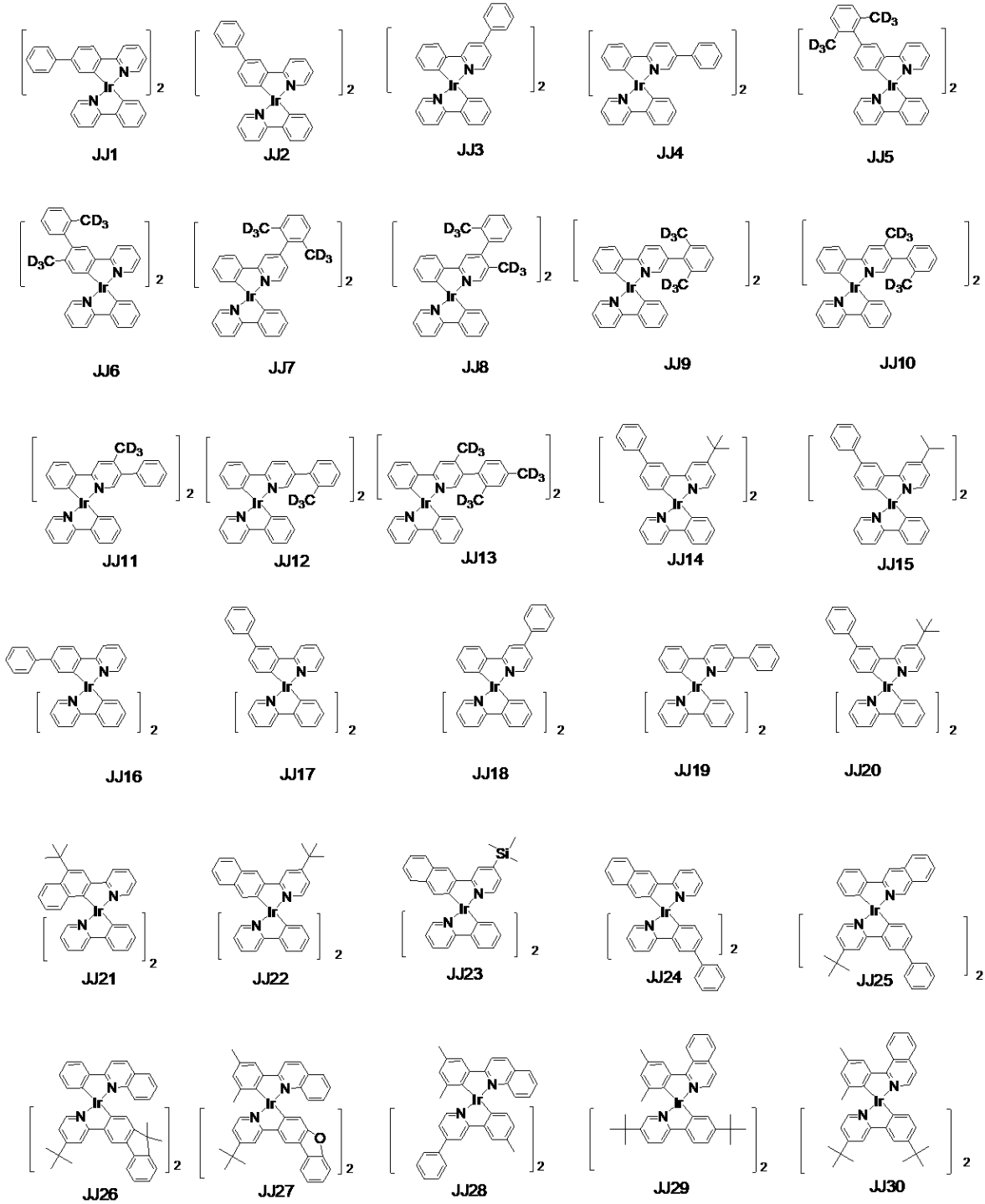
より具体的には、第一乃至第三金属錯体は配位子に、トリフェニレン骨格、フェナンスレン骨格、フルオレン骨格、ベンゾフルオレン骨格、ジベンゾフラン骨格、ジベンゾチオフェン骨格、ベンゾイソキノリン骨格、又はナフトイソキノリン骨格を有することが更に好ましい。これらの骨格のうち少なくとも 1 つを配位子に有する金属錯体を用いることで、本実施形態に係る有機化合物は、より発光効率に優れた有機発光素子を提供することができる。

#### 【 0 0 6 4 】

本実施形態に係る第一乃至第三金属錯体の具体例を以下に示す。しかし、本発明はこれらに限られるものではない。尚、以下の構造式において、配位子とイリジウム原子との間の 2 つの結合をいずれも実線で表している場合があるが、その場合、一方の結合は共有結合であり、他方の結合は配位結合であってもよい。一方、実線と点線が混在している場合は、実線が共有結合、点線が配位結合であってもよい。以下の具体例のうち、J J 1 乃至 J J 3 0 は一般式 [ I r - 1 ] 乃至 [ I r - 4 ] の具体例であり、それ以外は一般式 [ I r - 5 ] 乃至 [ I r - 1 6 ] の具体例である。

#### 【 0 0 6 5 】

【化 4】



10

20

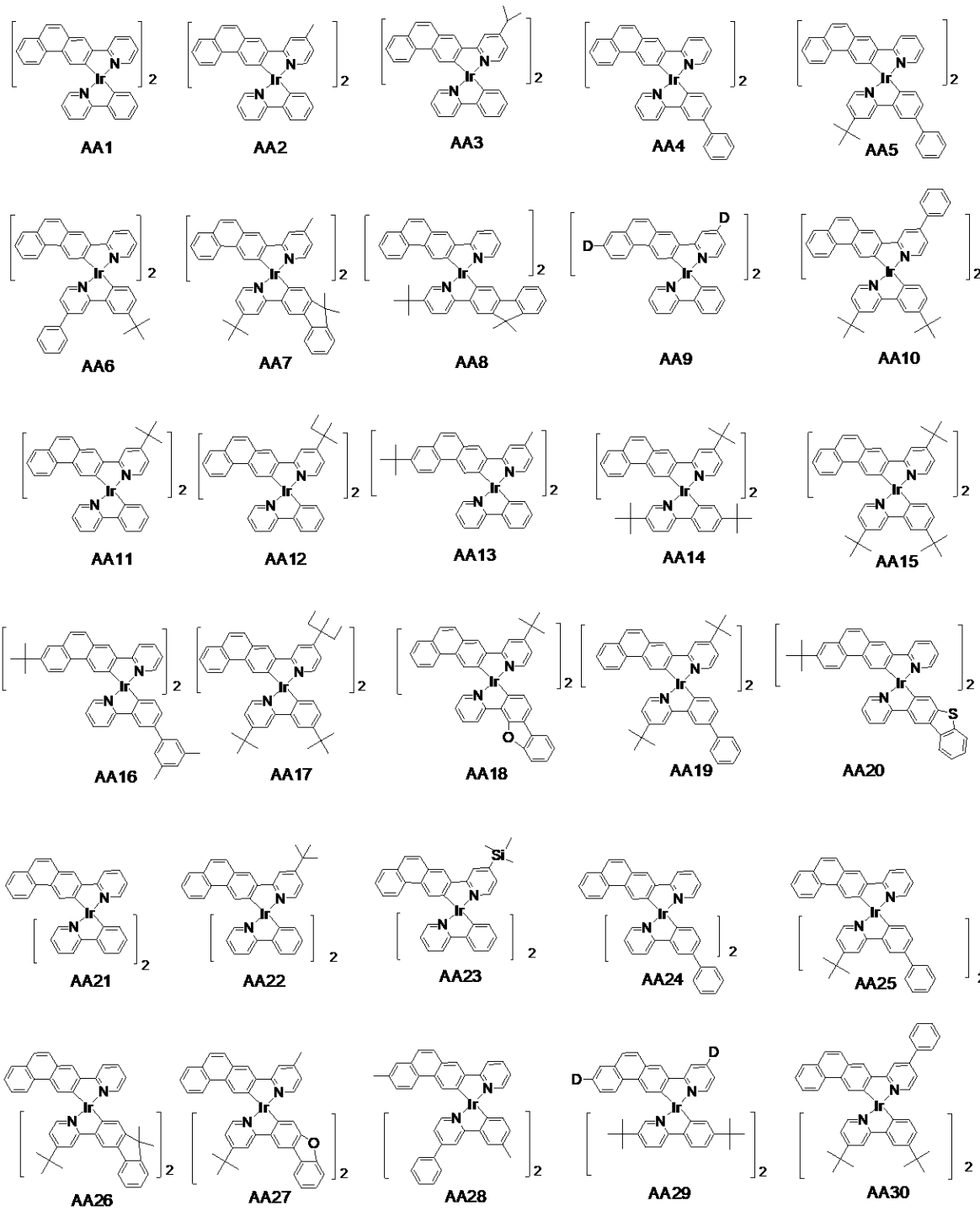
30

【 0 0 6 6 】

40

50

【化 5】



10

20

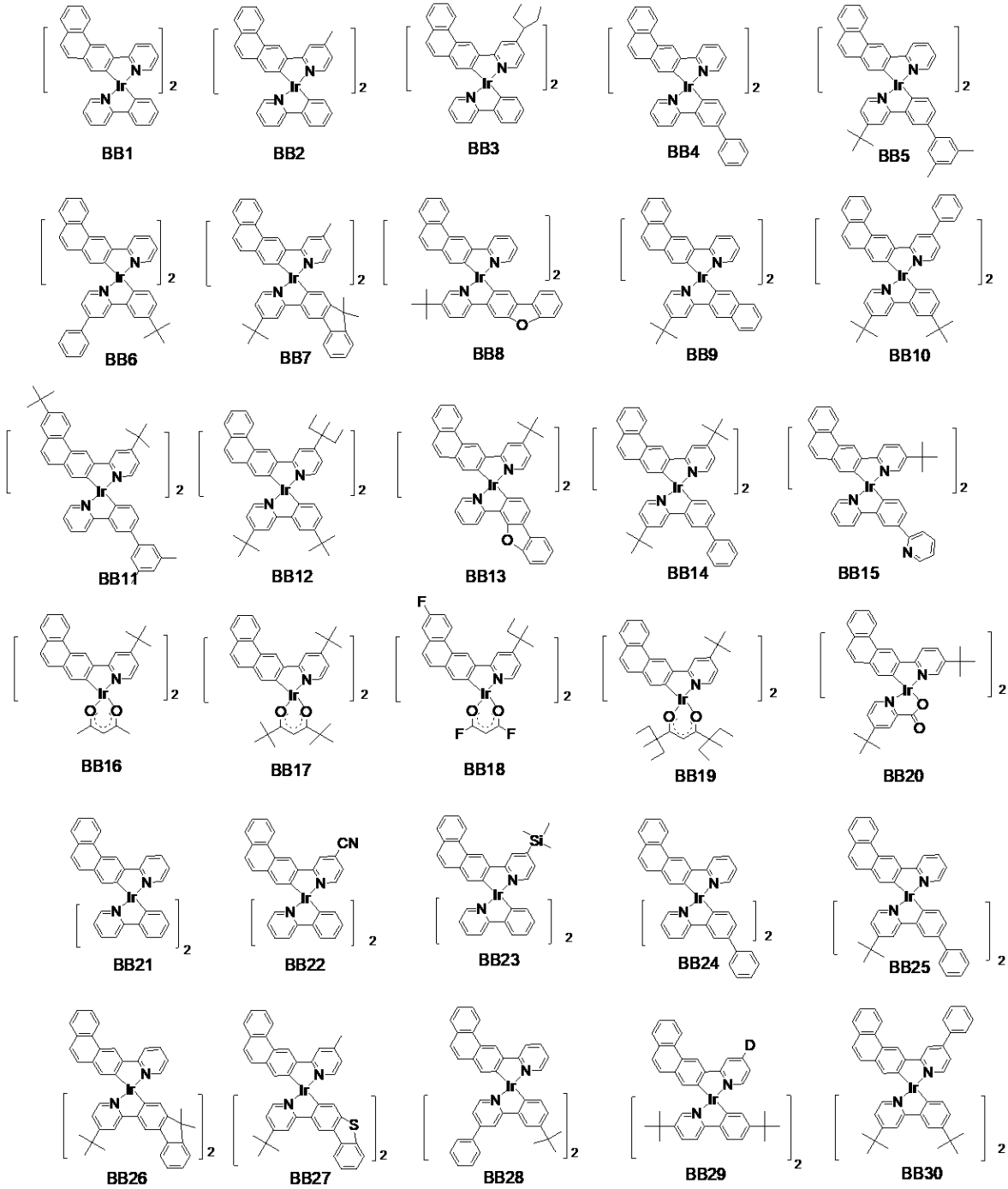
30

【 0 0 6 7 】

40

50

【化 6】



10

20

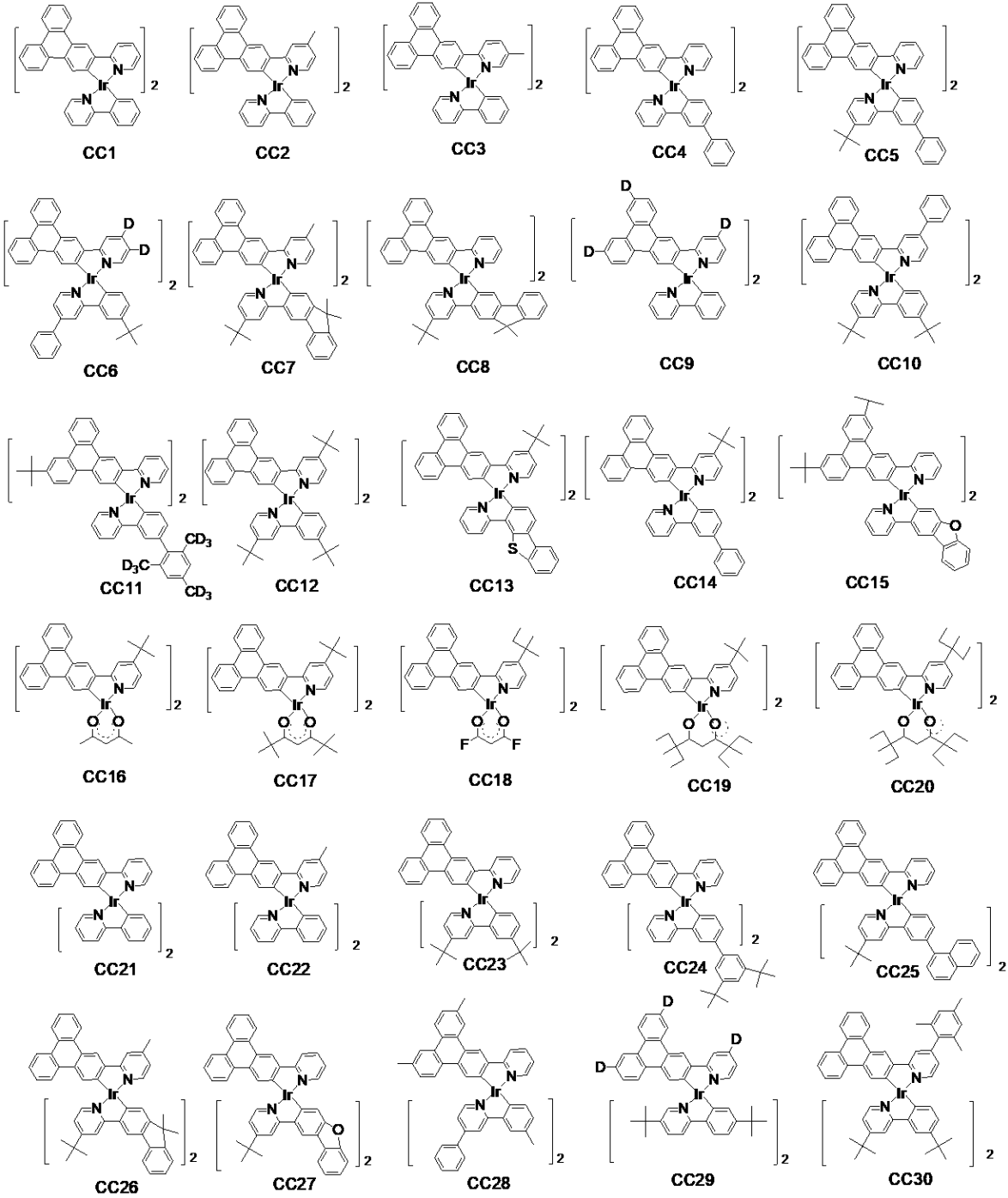
30

【 0 0 6 8 】

40

50

【化 7】



10

20

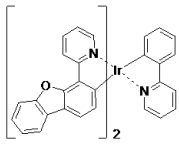
30

【 0 0 6 9 】

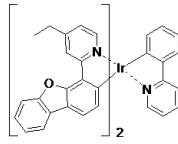
40

50

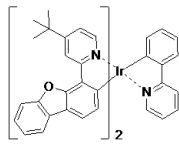
## 【化 8】



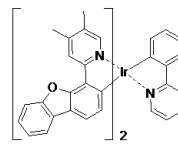
DD1



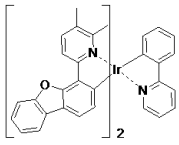
DD2



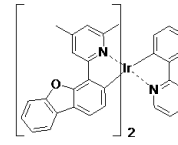
DD3



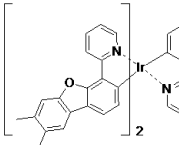
DD4



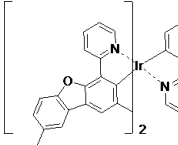
DD5



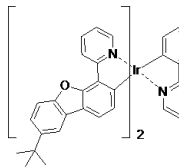
DD6



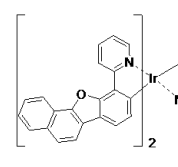
DD7



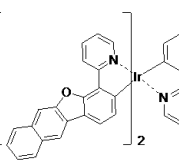
DD8



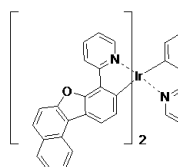
DD9



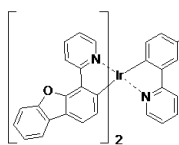
DD10



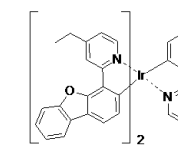
DD11



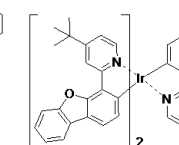
DD12



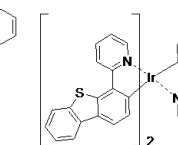
DD13



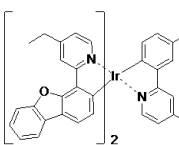
DD14



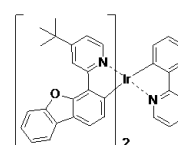
DD15



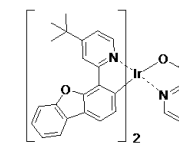
DD16



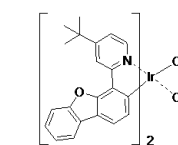
DD17



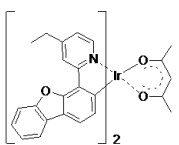
DD18



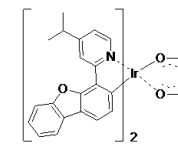
DD19



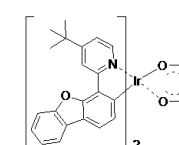
DD20



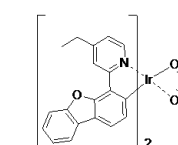
DD21



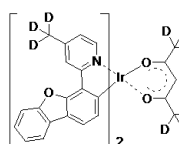
DD22



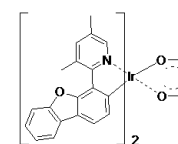
DD23



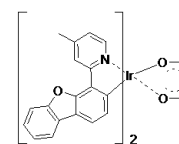
DD24



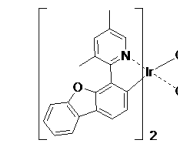
DD25



DD26



DD27



DD28

## 【 0 0 7 0 】

10

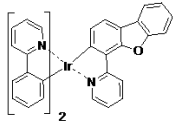
20

30

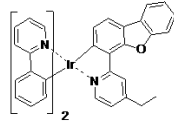
40

50

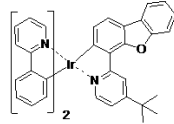
【化 9】



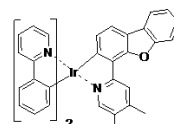
DD29



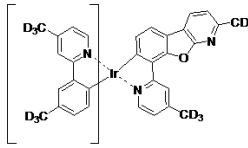
DD30



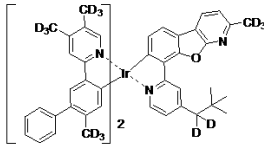
DD31



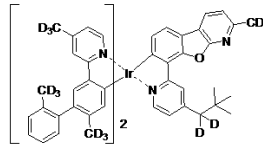
DD32



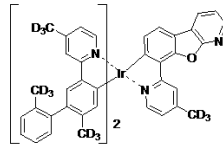
DD33



DD34

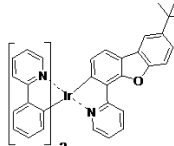


DD35

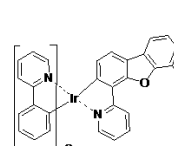


DD36

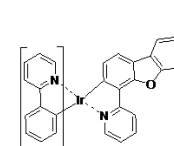
10



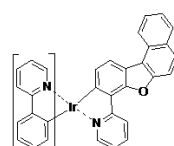
DD37



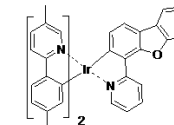
DD38



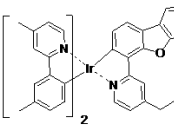
DD39



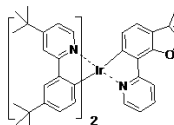
DD40



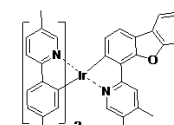
DD41



DD42

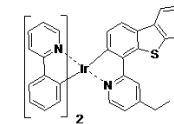


DD43

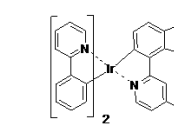


DD44

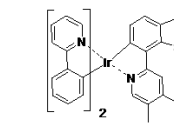
20



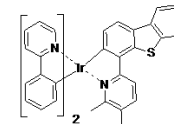
DD45



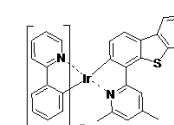
DD46



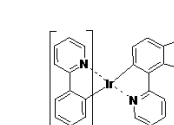
DD47



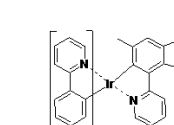
DD48



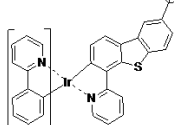
DD49



DD50

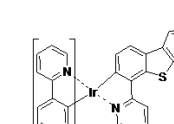


DD51

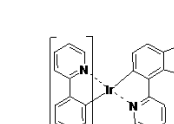


DD52

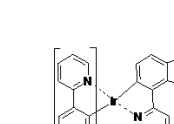
30



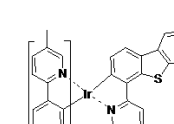
DD53



DD54



DD55

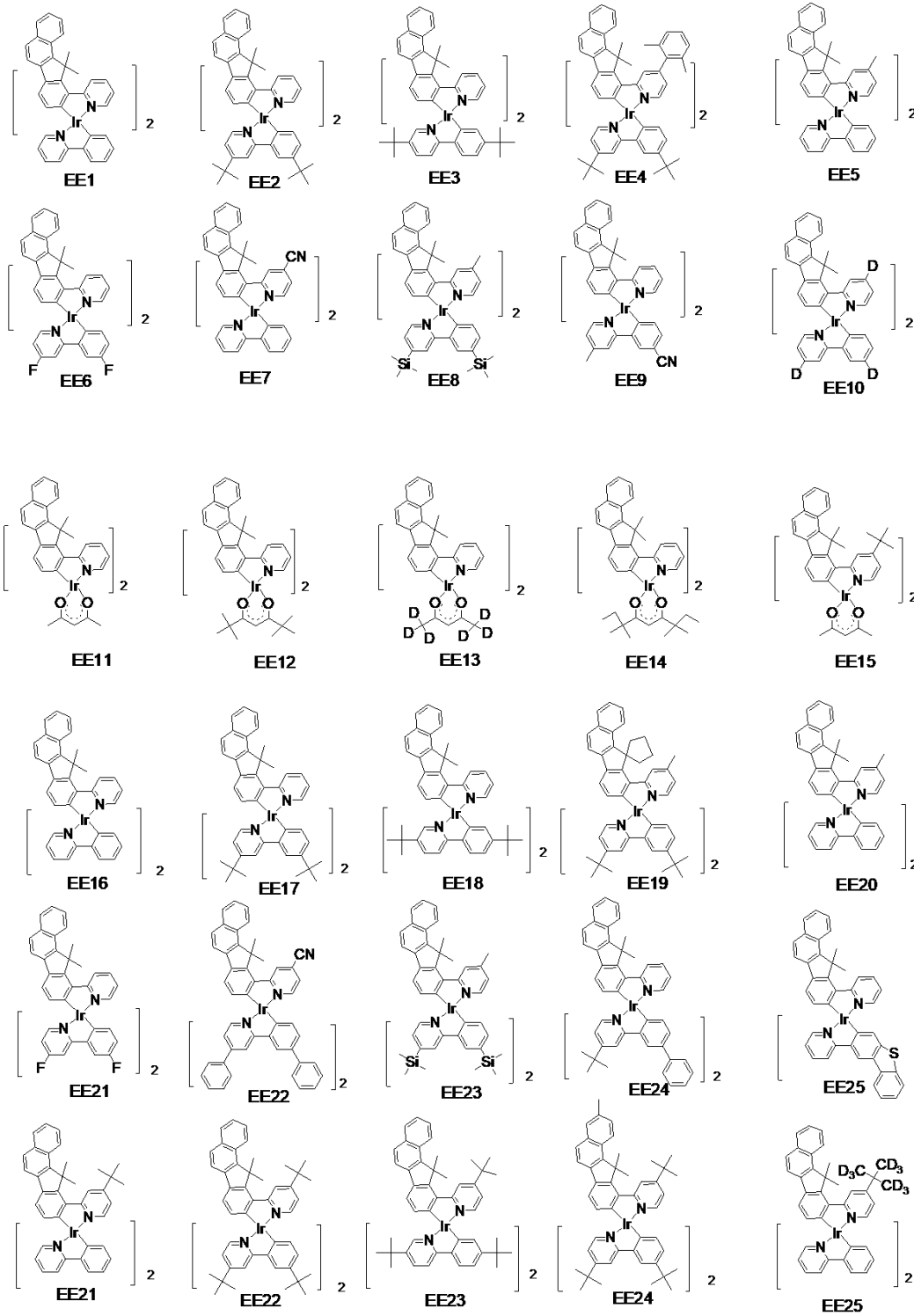


DD56

40

【 0 0 7 1 】

## 【化 1 0】



10

20

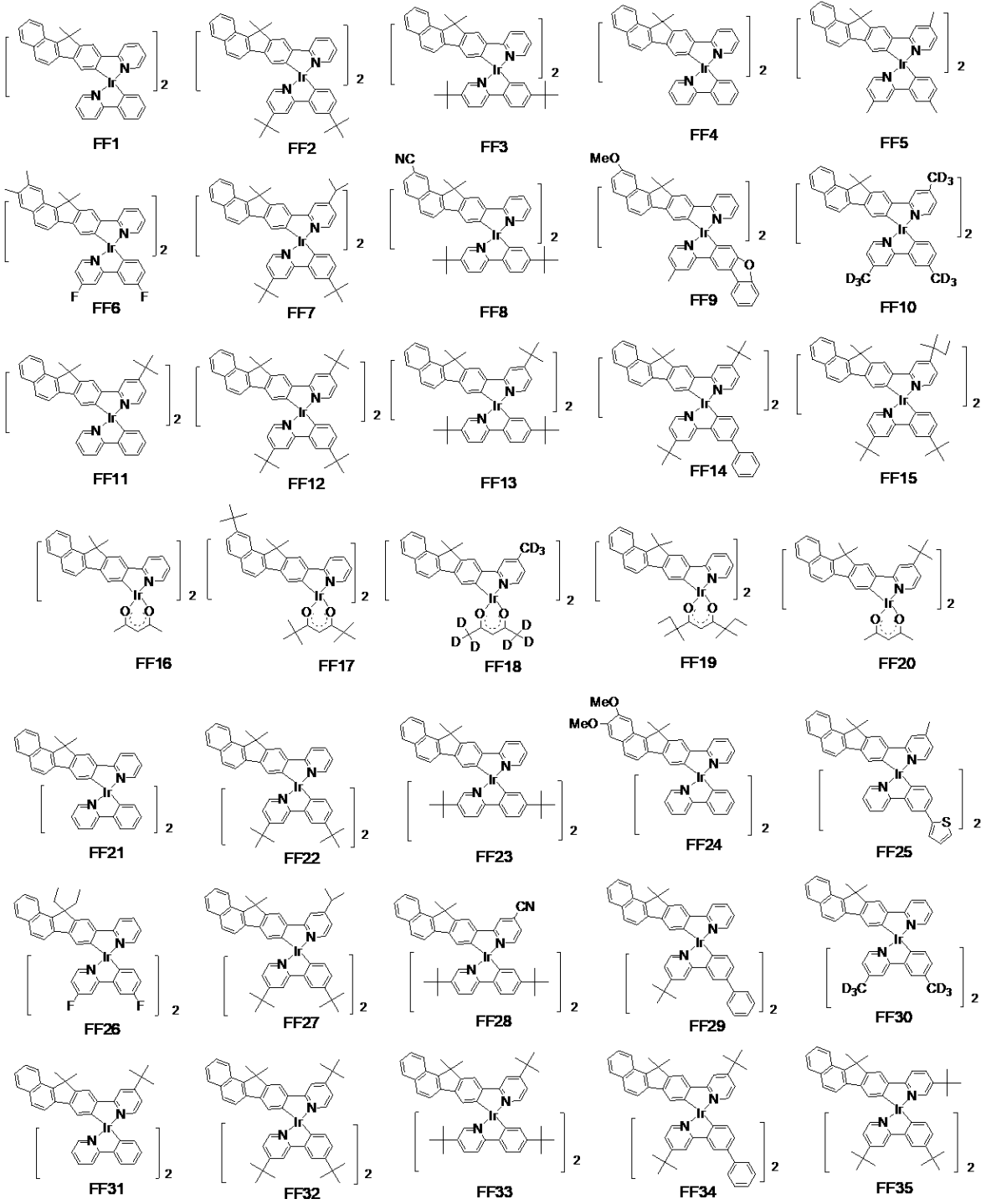
30

40

## 【 0 0 7 2】

50

【化 1 1】



10

20

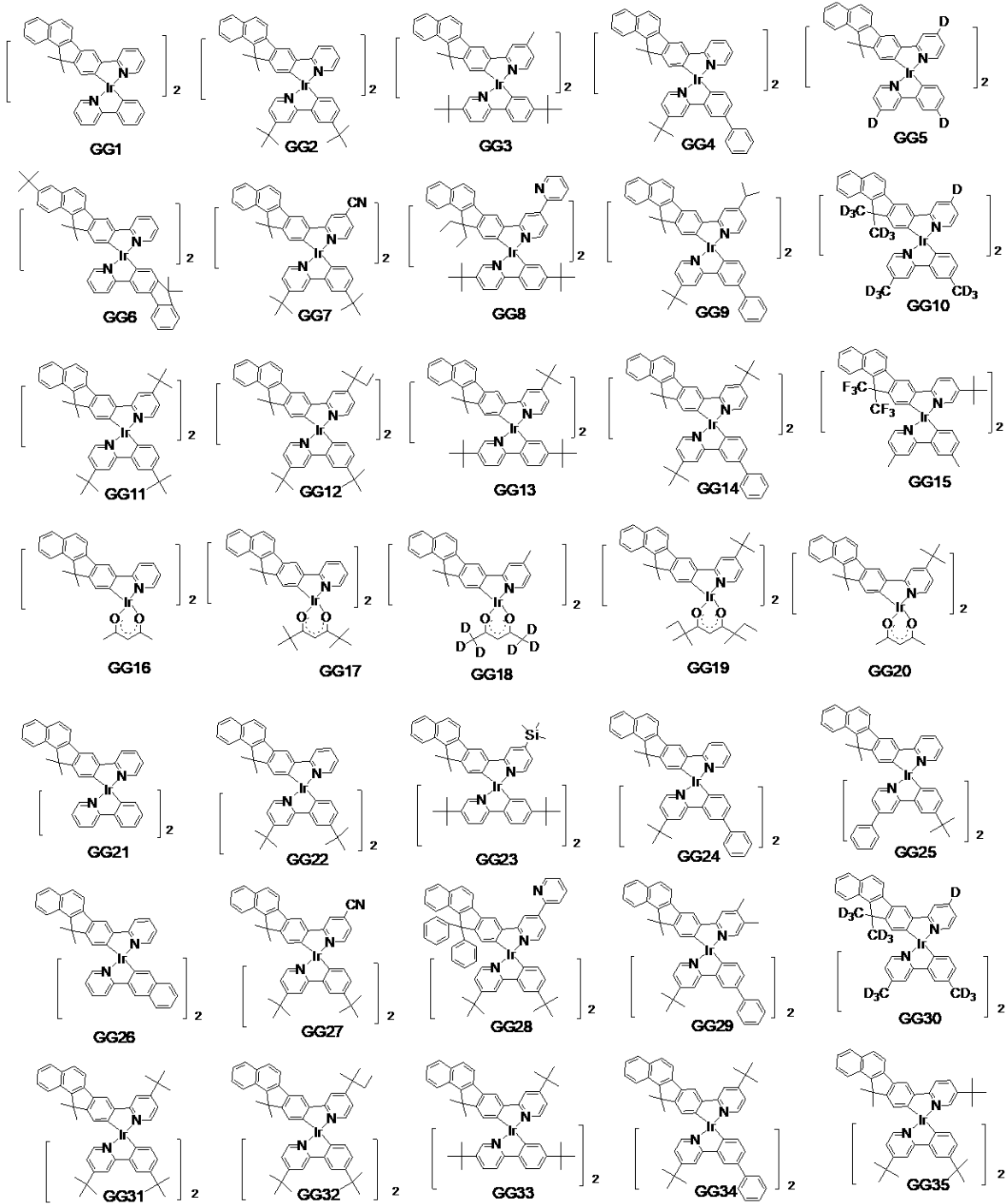
30

40

【 0 0 7 3 】

50

【化 1 2】



10

20

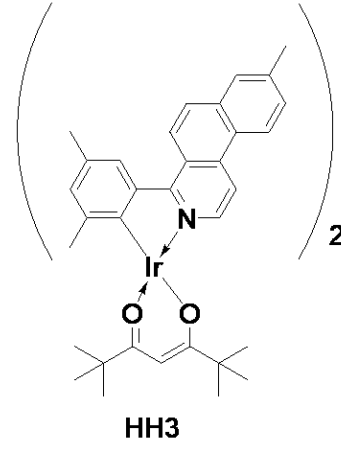
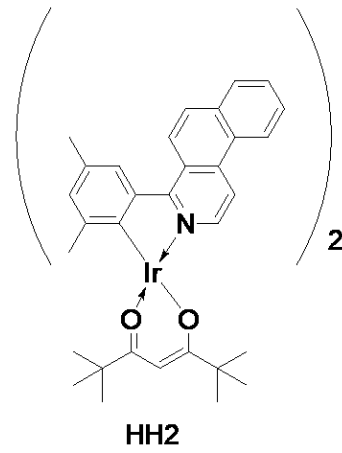
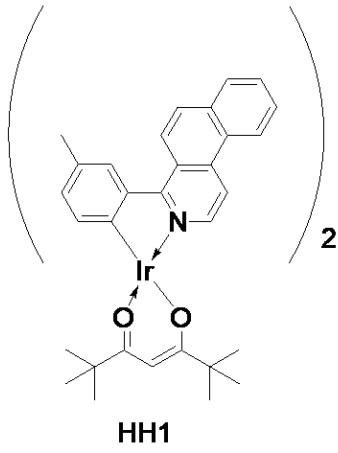
30

【 0 0 7 4】

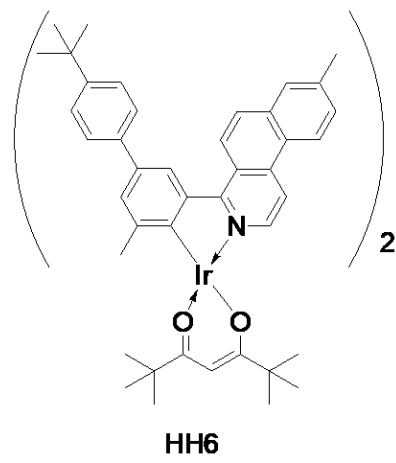
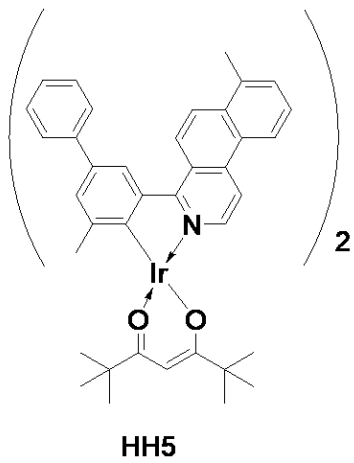
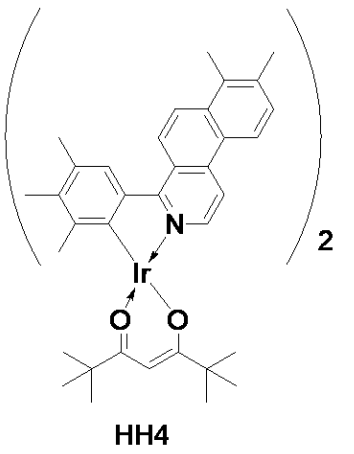
40

50

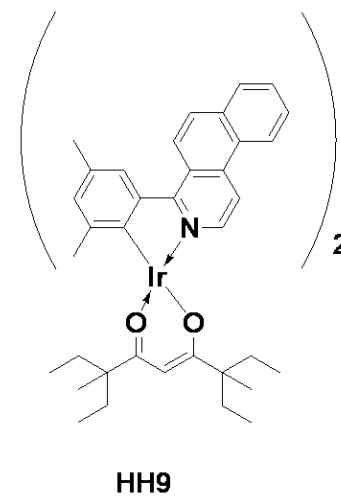
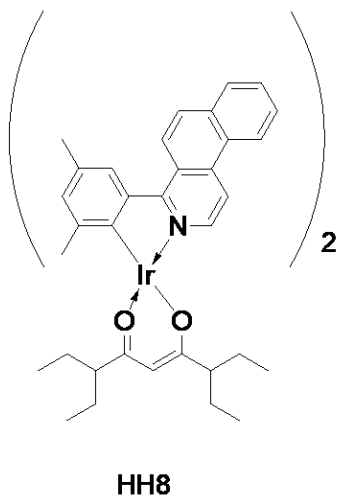
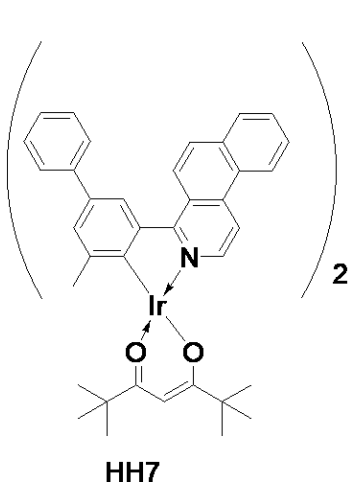
【化 1 3】



10



20



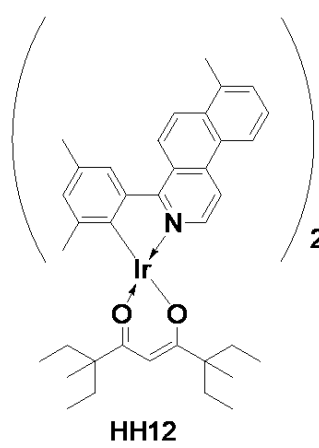
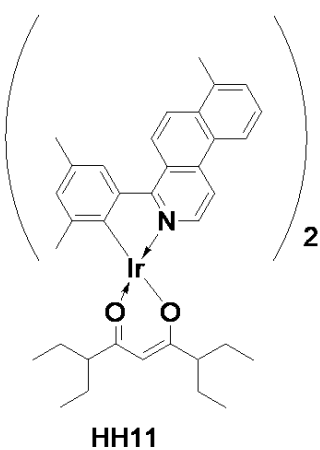
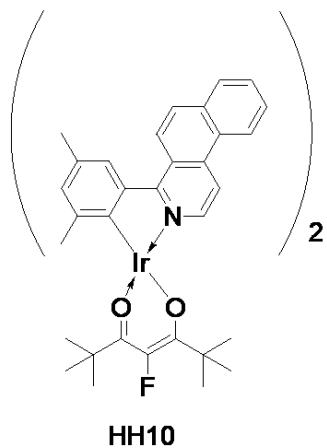
30

40

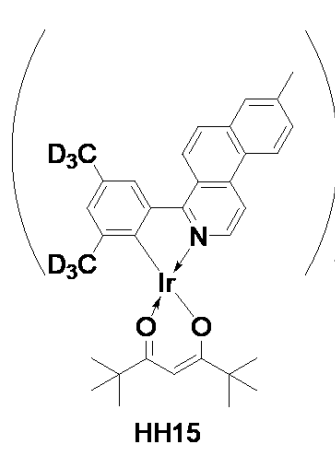
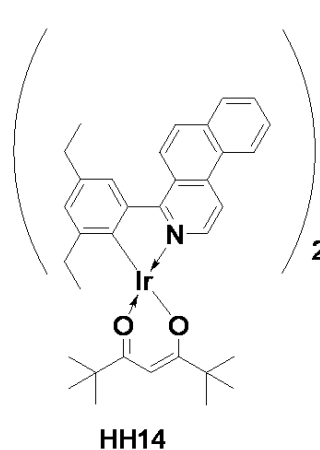
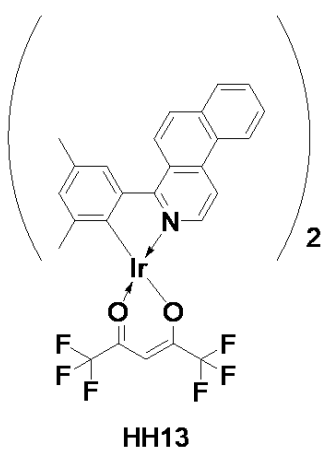
【 0 0 7 5】

50

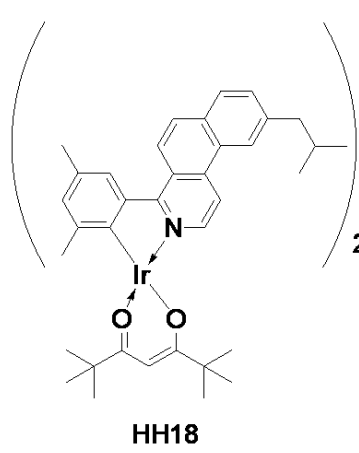
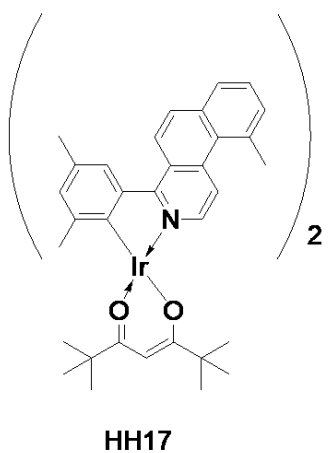
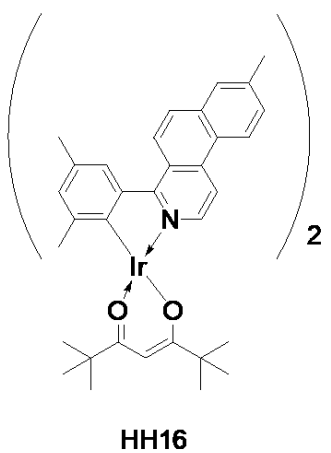
【化 1 4】



10



20



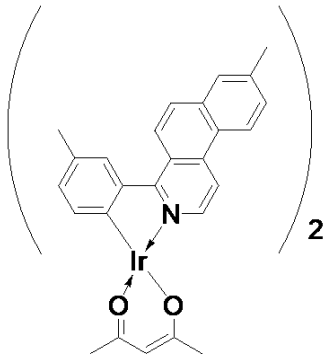
30

40

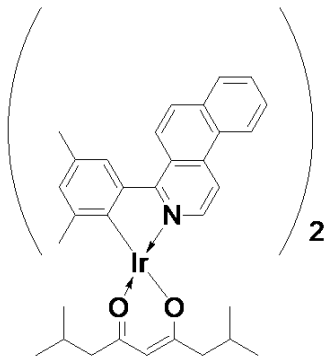
【 0 0 7 6 】

50

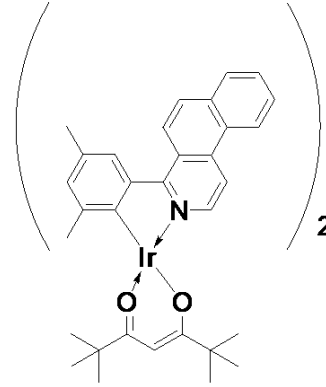
【化 1 5】



HH19

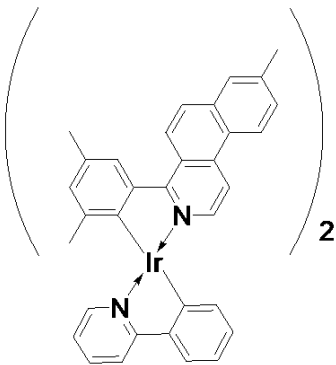


HH20

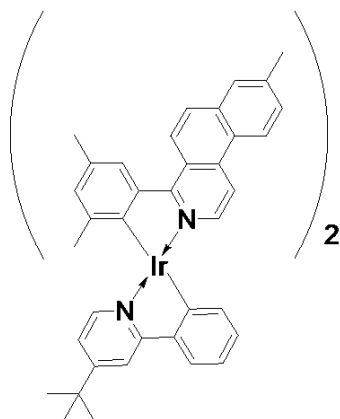


HH21

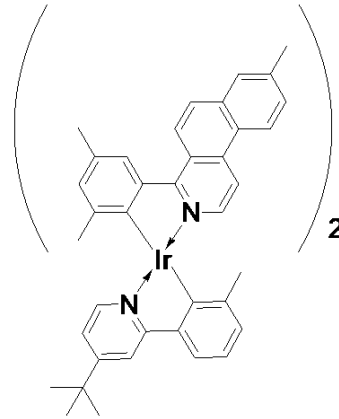
10



HH22

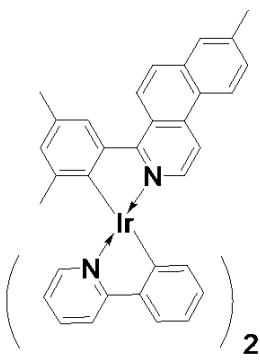


HH23

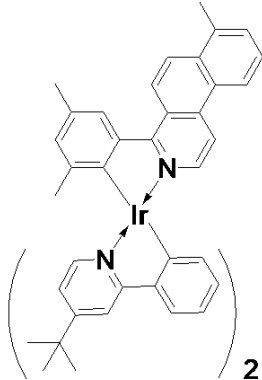


HH24

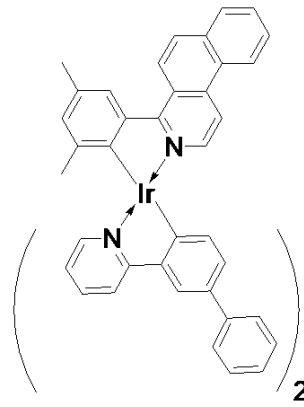
20



HH25



HH26



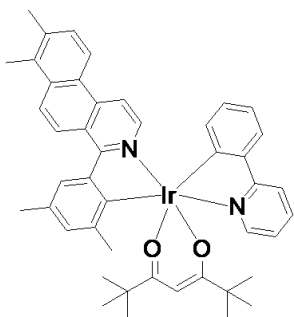
HH27

30

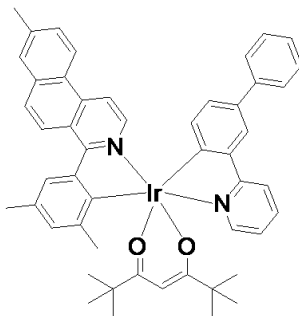
40

【 0 0 7 7 】

## 【化 1 6】

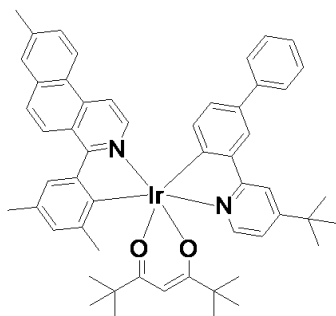


HH28

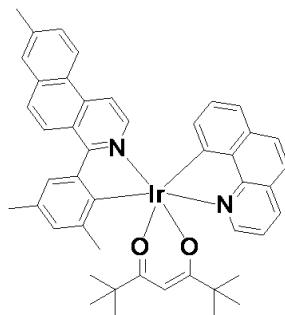


HH29

10

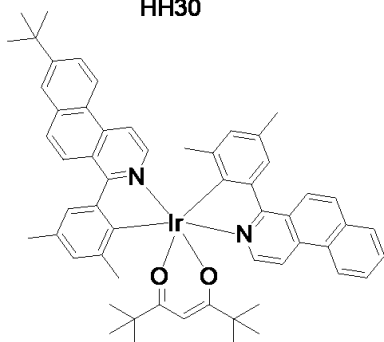


HH30

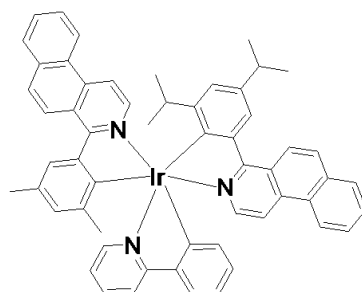


HH31

20

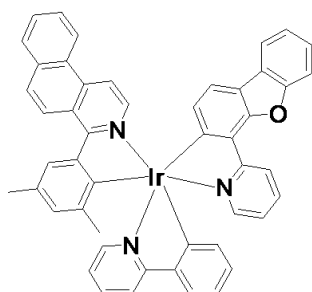


HH32

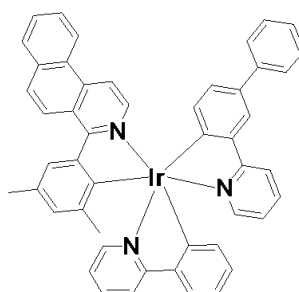


HH33

30



HH34



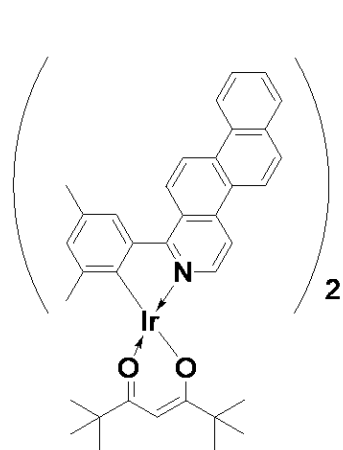
HH35

40

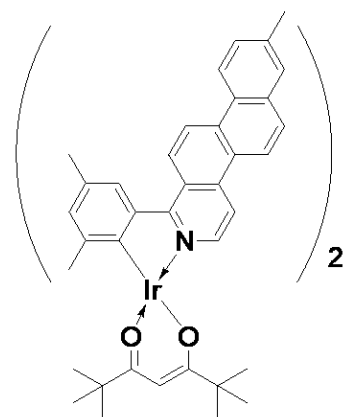
## 【 0 0 7 8 】

50

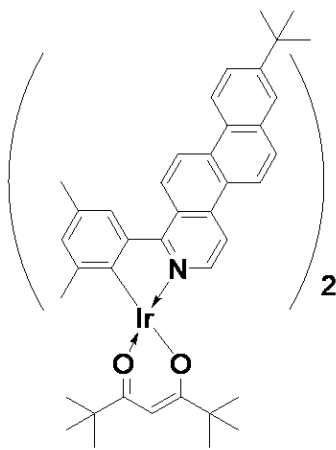
【化 1 7】



II1

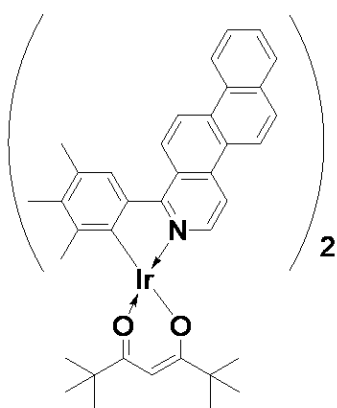


II2

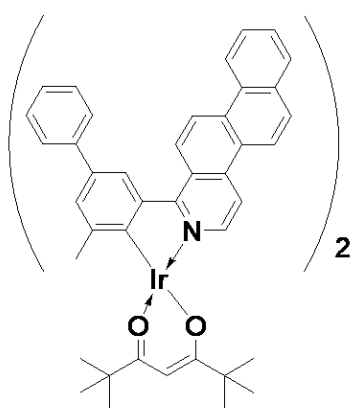


II3

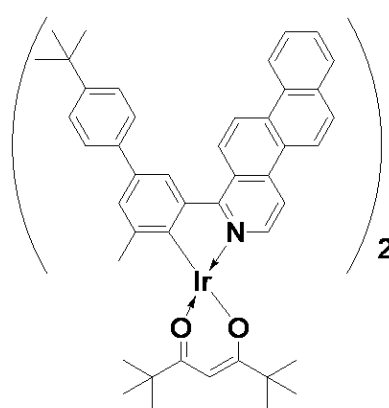
10



II4

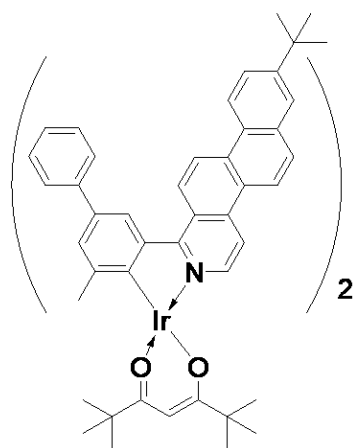


II5

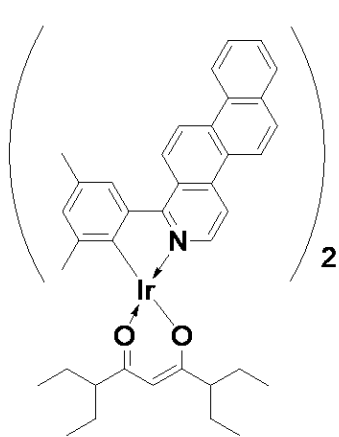


II6

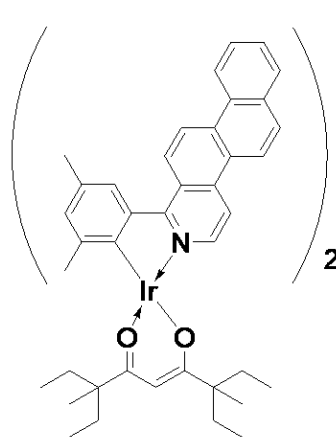
20



II7



II8



II9

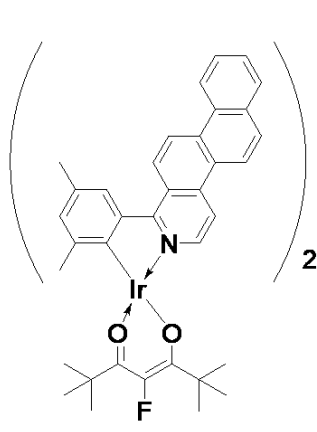
30

40

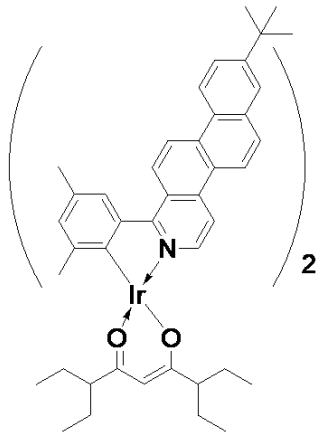
【 0 0 7 9 】

50

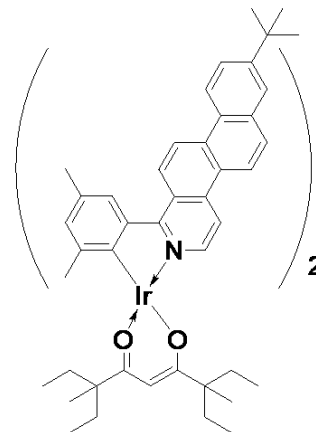
【化 1 8】



II10

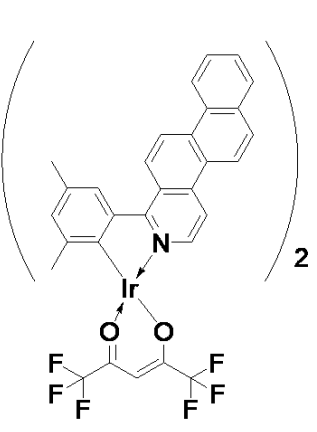


II11

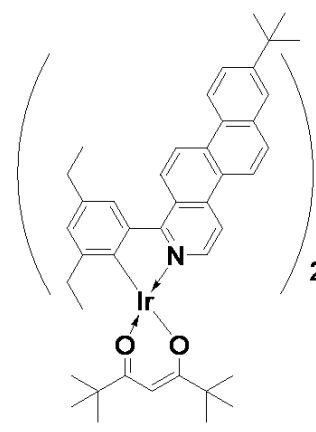


II12

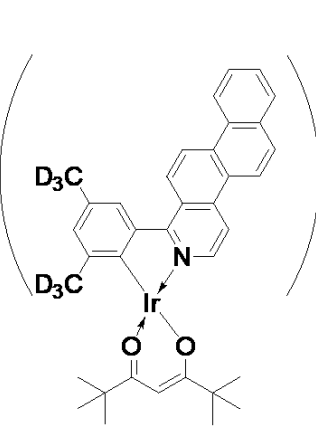
10



II13

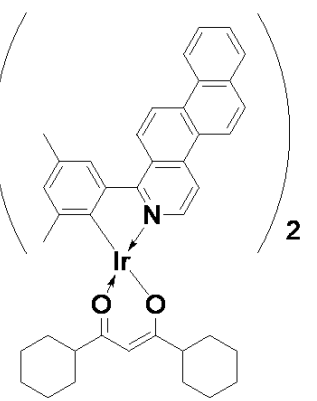


II14

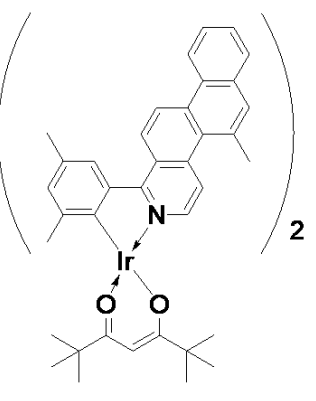


II15

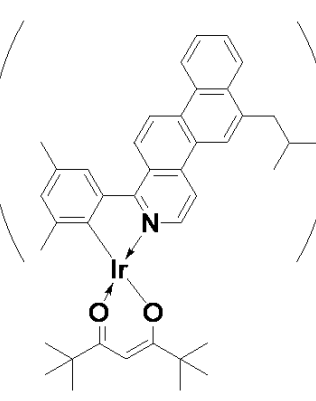
20



II16



II17



II18

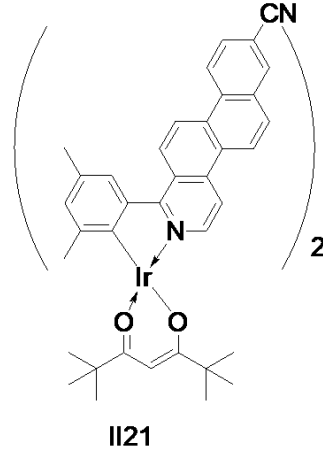
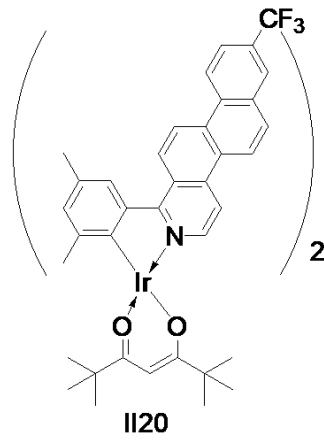
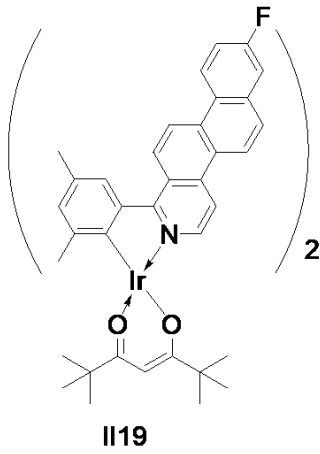
30

40

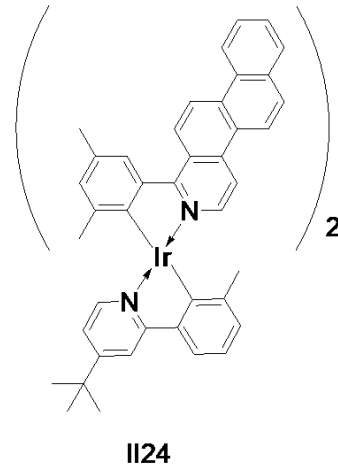
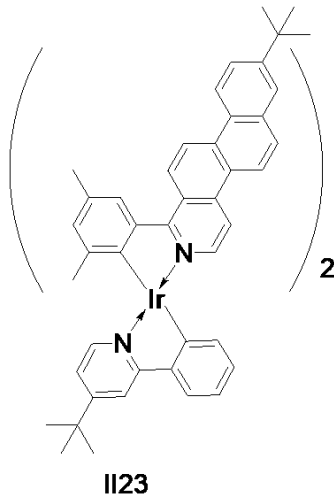
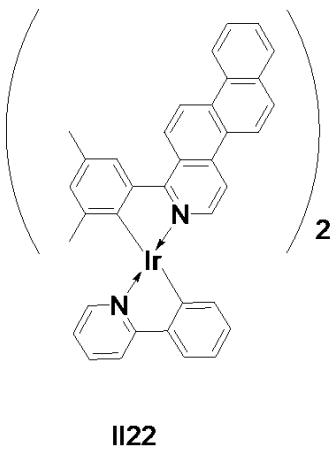
【 0 0 8 0】

50

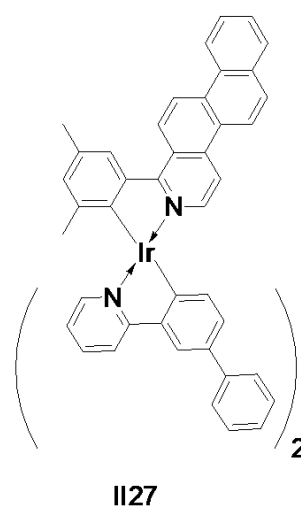
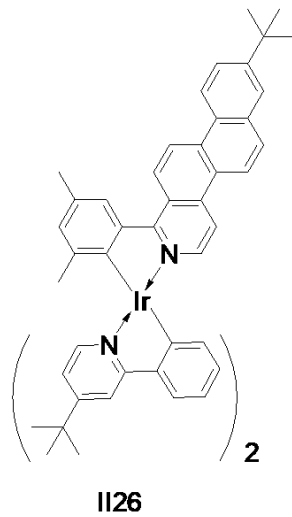
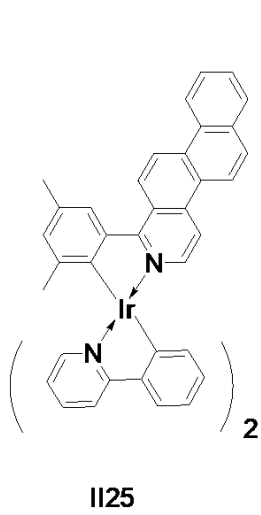
【化 1 9】



10



20



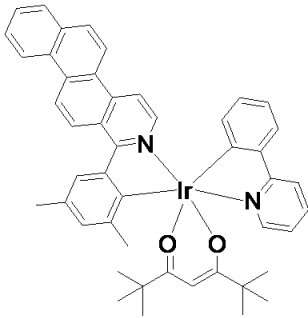
30

40

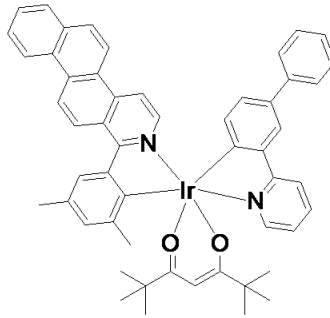
【 0 0 8 1 】

50

## 【化 2 0】

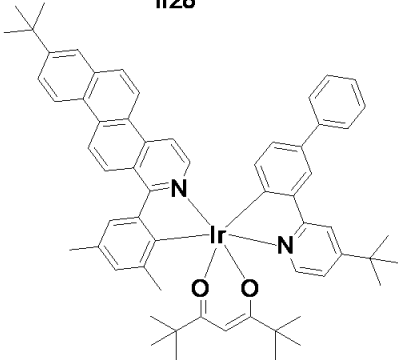


II28

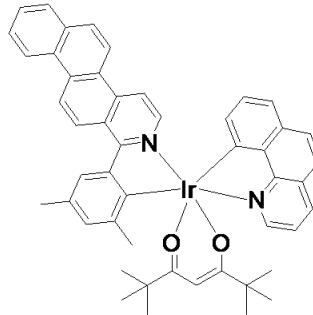


II29

10

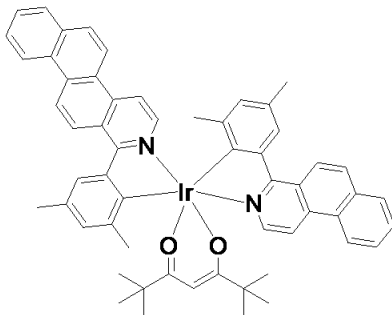


II30

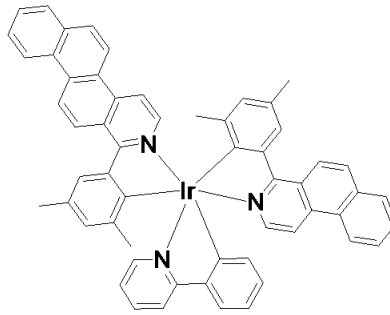


II31

20

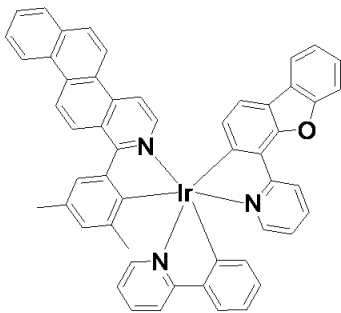


II32

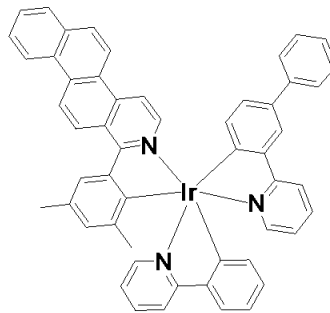


II33

30



II34



II35

40

## 【 0 0 8 2】

上記有機金属錯体のうち、A A 群及び B B 群に属する例示化合物は、Ir 錯体の配位子に少なくともフェナンスレン骨格を有する化合物であり、特に安定性に優れる化合物である。

上記有機金属錯体のうち、C C 群に属する例示化合物は、Ir 錯体の配位子に少なくともトリフェニレン骨格を有する化合物であり、特に安定性に優れる化合物である。

上記有機金属錯体のうち、D D 群に属する例示化合物は、Ir 錯体の配位子に少なくともジベンゾフラン骨格又はジベンゾチオフェン骨格を有する化合物である。これらの化合物は、縮合環に、酸素原子、硫黄原子を含むため、これらの原子が有する豊富な非共有電

50

子対により電荷輸送性を高めることができる。そのため、特に、キャリアバランスを調整し易い化合物である。

【0083】

上記有機金属錯体のうち、EE群、FF群、及びGG群に属する例示化合物は、Ir錯体の配位子に少なくともベンゾフルオレン骨格を有する化合物である。これらの化合物は、さらに、フルオレンの9位に置換基を有する。このため、フルオレン環の面内方向に対して垂直方向に置換基を有するため縮合環同士が重なり合うことを、特に抑制することができる。そのため、特に昇華性に優れる化合物である。

【0084】

上記有機金属錯体のうち、HH群に属する例示化合物は、Ir錯体の配位子に少なくともベンゾイソキノリン骨格を有する化合物である。これらの化合物は、縮合環に窒素原子を含むため、これらの原子が有する非共有電子対と高い電気陰性度により電荷輸送性を高めることができる。そのため、特にキャリアバランスを調整しやすい化合物である。

10

【0085】

上記有機金属錯体のうち、II群に属する例示化合物は、Ir錯体の配位子に少なくともナフトイソキノリン骨格を有する化合物である。これらの化合物は、縮合環に窒素原子を含むため、これらの原子が有する非共有電子対と高い電気陰性度により電荷輸送性を高めることができる。そのため、特にキャリアバランスを調整しやすい化合物である。

【0086】

本実施形態において、主に発光機能に関わる発光材料としては、上記一般式[Ir-1]乃至[Ir-16]で表される有機金属錯体の他に、縮環化合物(例えばフルオレン誘導体、ナフタレン誘導体、ピレン誘導体、ペリレン誘導体、テトラセン誘導体、アントラセン誘導体、ルブレン等)、キナクリドン誘導体、クマリン誘導体、スチルベン誘導体、トリス(8-キノリノラート)アルミニウム等の有機アルミニウム錯体、イリジウム錯体、白金錯体、レニウム錯体、銅錯体、ユーロピウム錯体、ルテニウム錯体、及びポリ(フェニレンビニレン)誘導体、ポリ(フルオレン)誘導体、ポリ(フェニレン)誘導体等の高分子誘導体が挙げられる。

20

【0087】

以下に、発光材料として用いられる化合物の具体例を示すが、もちろんこれらに限定されるものではない。尚、以下の具体例中、BD9、GD10乃至GD19、RD3乃至RD11は金属錯体であり、本実施形態に係る第一乃至第三金属錯体としても用いることができる。また、金属錯体以外の化合物については、第一及び第三金属錯体と組み合わせて発光材料として用いることができる。

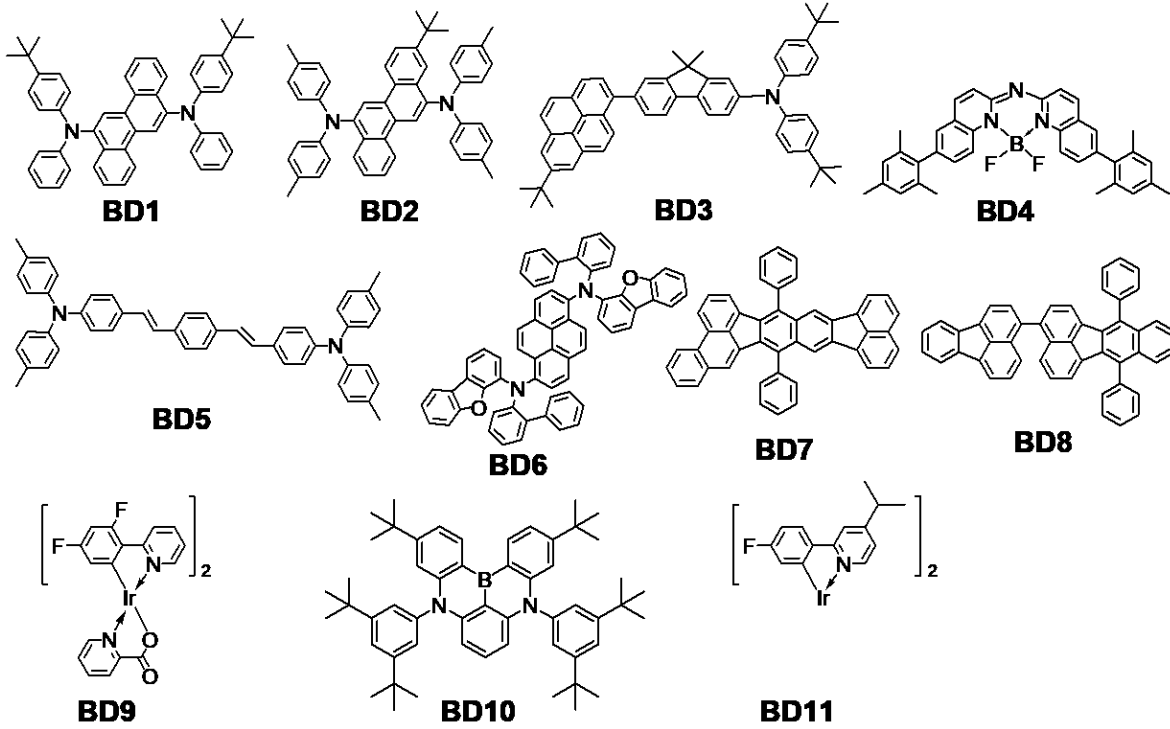
30

【0088】

40

50

【化 2 1】



10

20

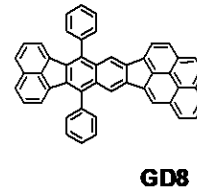
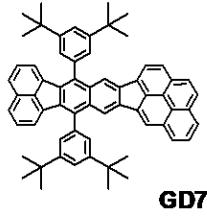
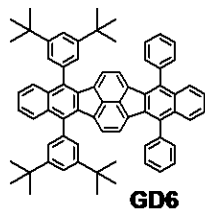
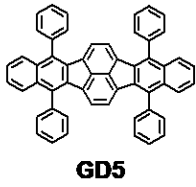
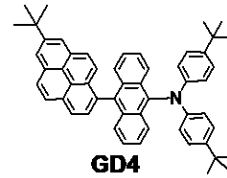
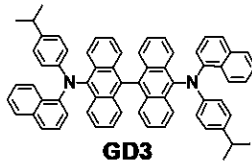
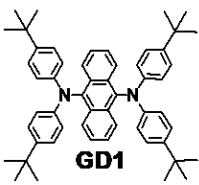
【 0 0 8 9 】

30

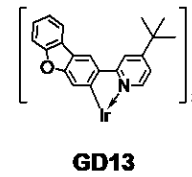
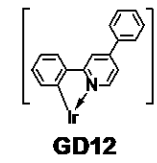
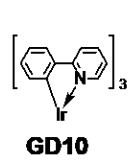
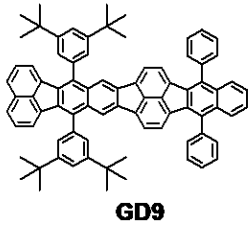
40

50

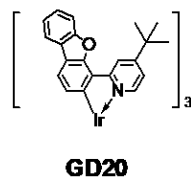
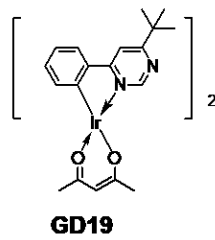
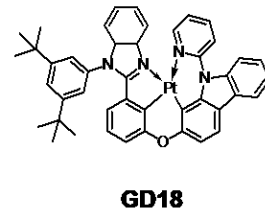
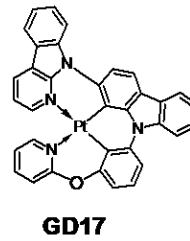
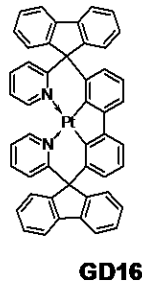
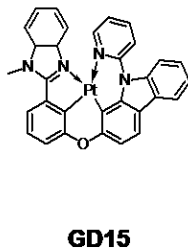
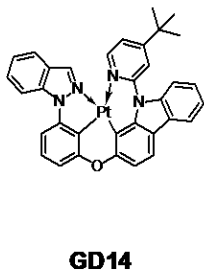
【化 2 2】



10



20



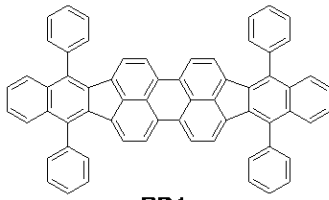
30

【 0 0 9 0 】

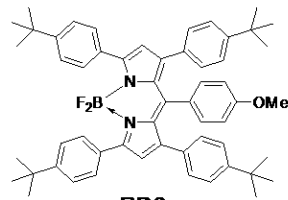
40

50

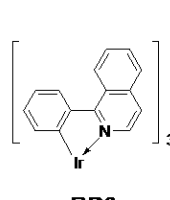
## 【化 2 3】



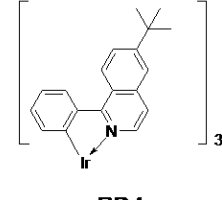
RD1



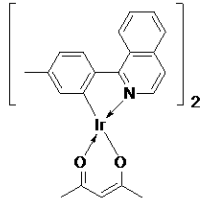
RD2



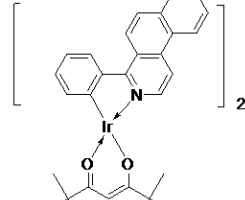
RD3



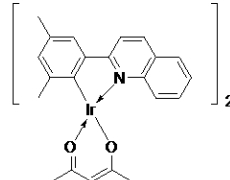
RD4



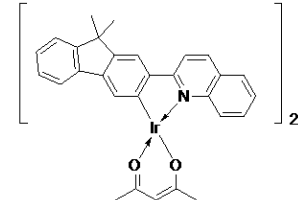
RD5



RD6

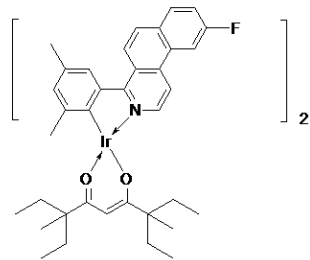


RD7

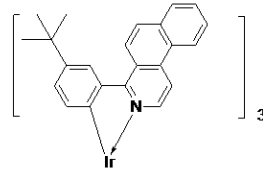


RD8

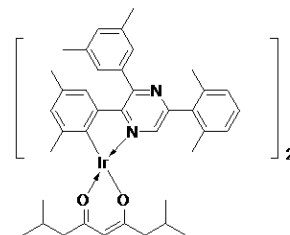
10



RD9



RD10



RD11

20

## 【0091】

〔第一及び第二有機化合物〕

本発明に係る実施形態は、第一発光層と第二発光層の間のキャリア移動とエネルギー移動が良好な構成である。このため、本発明に係る第一乃至第二ホストとして用いられる第一及び第二有機化合物は、キャリア輸送能に優れた化合物であることが好ましい。

30

そこで、第一乃至第二ホストとしては、ジベンゾチオフェン骨格、ジベンゾフラン骨格、トリフェニレン骨格、フェナンスレン骨格のいずれかを有する材料が好ましい。これらの材料は、平面性の高い骨格であり、発光層間のキャリア移動を促進することができ、よって、これらの材料を用いることで、発光効率に優れた有機発光素子が得られる。

これらのホスト材料と、本発明に係る素子構成とを組み合わせた場合には、良好なキャリアバランスを実現することができ、より素子耐久に優れた有機発光素子を提供することができる。

## 【0092】

〔第三有機化合物〕

本発明に係る実施形態は、第一発光層と第二発光層の間のキャリア移動とエネルギー移動が良好な構成である。このため、本発明に係る第二発光層には、第三有機化合物をアシスト材料として含むことが好ましく、該アシスト材料としては、キャリアバランスを調整し易い化合物であることが好ましい。

40

具体的には、トリアリールアミン骨格、カルバゾール骨格、アジン骨格、キサントン骨格のいずれかを有する材料が好ましい。これらの材料は、電子供与性や電子求引性に優れるため、HOMO準位及びLUMO準位の調整を行い易く、周辺層からのキャリアの注入を促進することができる。よって、これらの材料を用いることで、発光効率に優れた有機発光素子が得られる。

これらのアシスト材料と、本発明に係る素子構成とを組み合わせた場合には、良好なキ

50

キャリアバランスを実現することができ、より素子耐久に優れた有機発光素子を提供することができる。

【0093】

発光層に含まれるホスト材料或いはアシスト材料としては、上記〔第一及び第二有機化合物〕、〔第三有機化合物〕で述べた材料以外にも、芳香族炭化水素化合物もしくはその誘導体の他、カルバゾール誘導体、ジベンゾフラン誘導体、ジベンゾチオフェン誘導体、トリス(8-キノリノラート)アルミニウム等の有機アルミニウム錯体、有機ベリリウム錯体等が挙げられる。

【0094】

特に、アシスト材料としては、カルバゾール骨格を有する材料や、アジン環を有する材料や、キサントン骨格を有する材料が好ましい。これらの材料は、電子供与性や電子求引性が高いためHOMO準位及びLUMO準位の調整を行い易く、よって、これらのアシスト材料と、本発明に係る金属錯体とを組み合わせた場合には、良好なキャリアバランスを実現することができる。

以下に、発光層に含まれるホスト或いはアシスト材料として用いられる化合物の具体例を示すが、もちろんこれらに限定されるものではない。

また、下記の具体例のうち、カルバゾール骨格を有する材料とは、EM32乃至EM38である。また、アジン環を有する材料とは、EM35乃至EM40である。また、キサントン骨格を有する材料とは、EM28及びEM30である。

【0095】

10

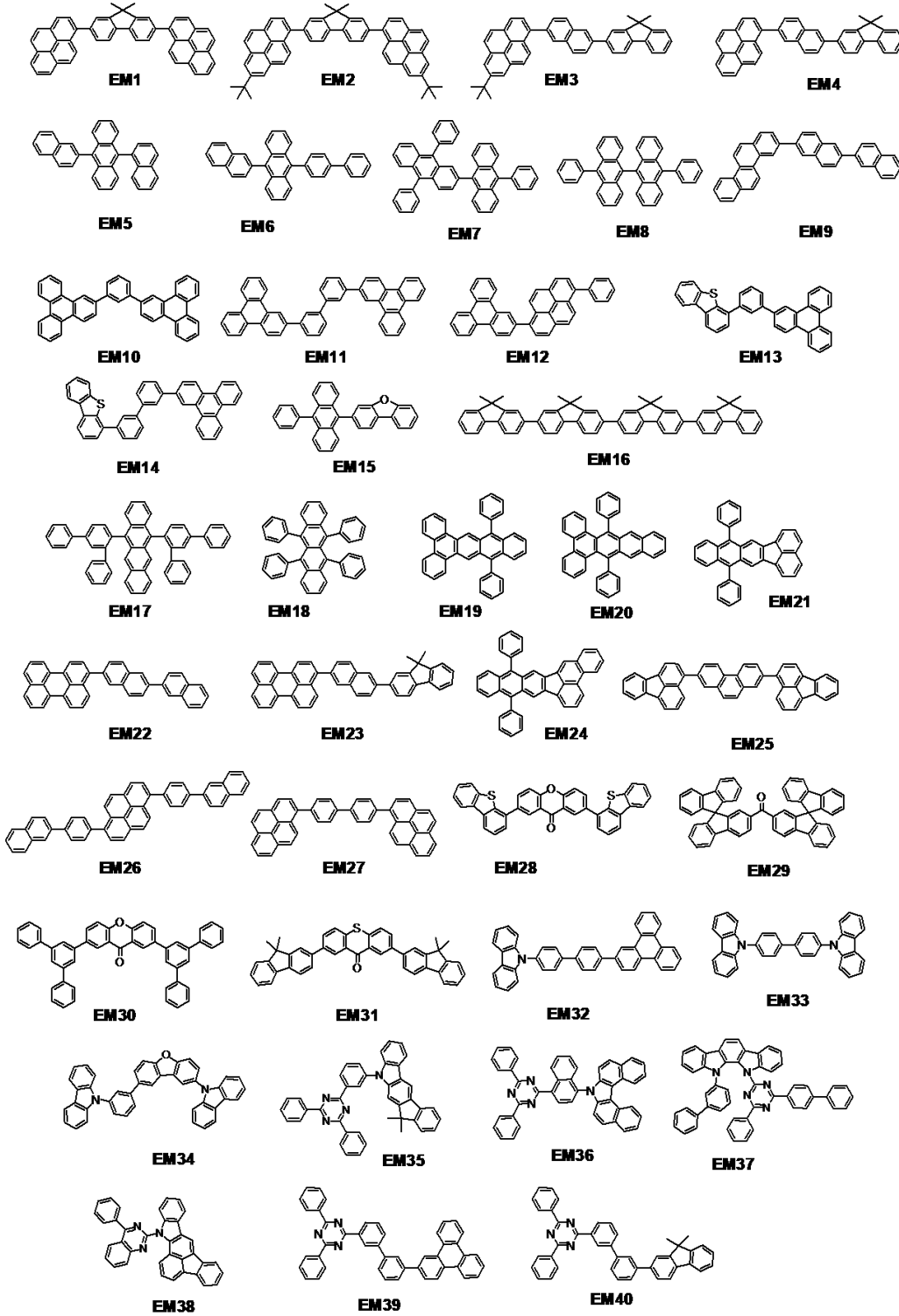
20

30

40

50

【化 2 4】



10

20

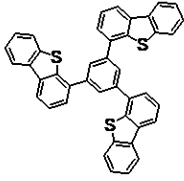
30

40

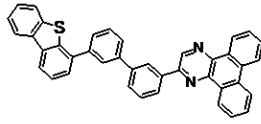
【 0 0 9 6 】

50

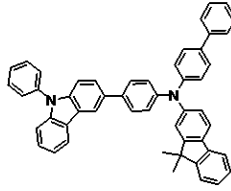
## 【化 2 5】



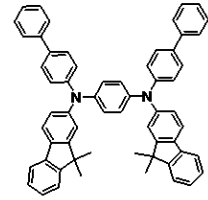
EM41



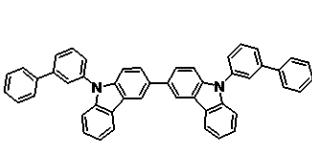
EM42



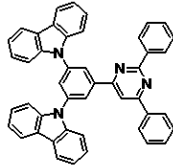
EM43



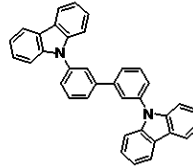
EM44



EM45



EM46



EM47

10

## 【0097】

〔その他の化合物〕

本実施形態の有機発光素子においては、必要に応じて、正孔注入層、正孔輸送層、電子ブロッキング層、電子注入層、電子輸送層、正孔ブロッキング層を、発光層と電極との間に配置することができる。

20

正孔注入層や正孔輸送層に好適に用いられる正孔注入輸送性材料としては、陽極からの正孔の注入を容易にして、且つ注入された正孔を発光層へ輸送できるように、正孔移動度が高い材料が好ましい。また、有機発光素子中において結晶化等の膜質の劣化を抑制するために、ガラス転移点温度が高い材料が好ましい。正孔注入輸送性能を有する低分子及び高分子系材料としては、トリアリールアミン誘導体、アリールカルバゾール誘導体、フェニレンジアミン誘導体、スチルベン誘導体、フタロシアニン誘導体、ポルフィリン誘導体、ポリ(ビニルカルバゾール)、ポリ(チオフェン)、その他導電性高分子が挙げられる。さらに上記の正孔注入輸送性材料は、電子ブロッキング層にも好適に使用される。

以下に、正孔注入輸送性材料として用いられる化合物の具体例を示すが、もちろんこれらに限定されるものではない。

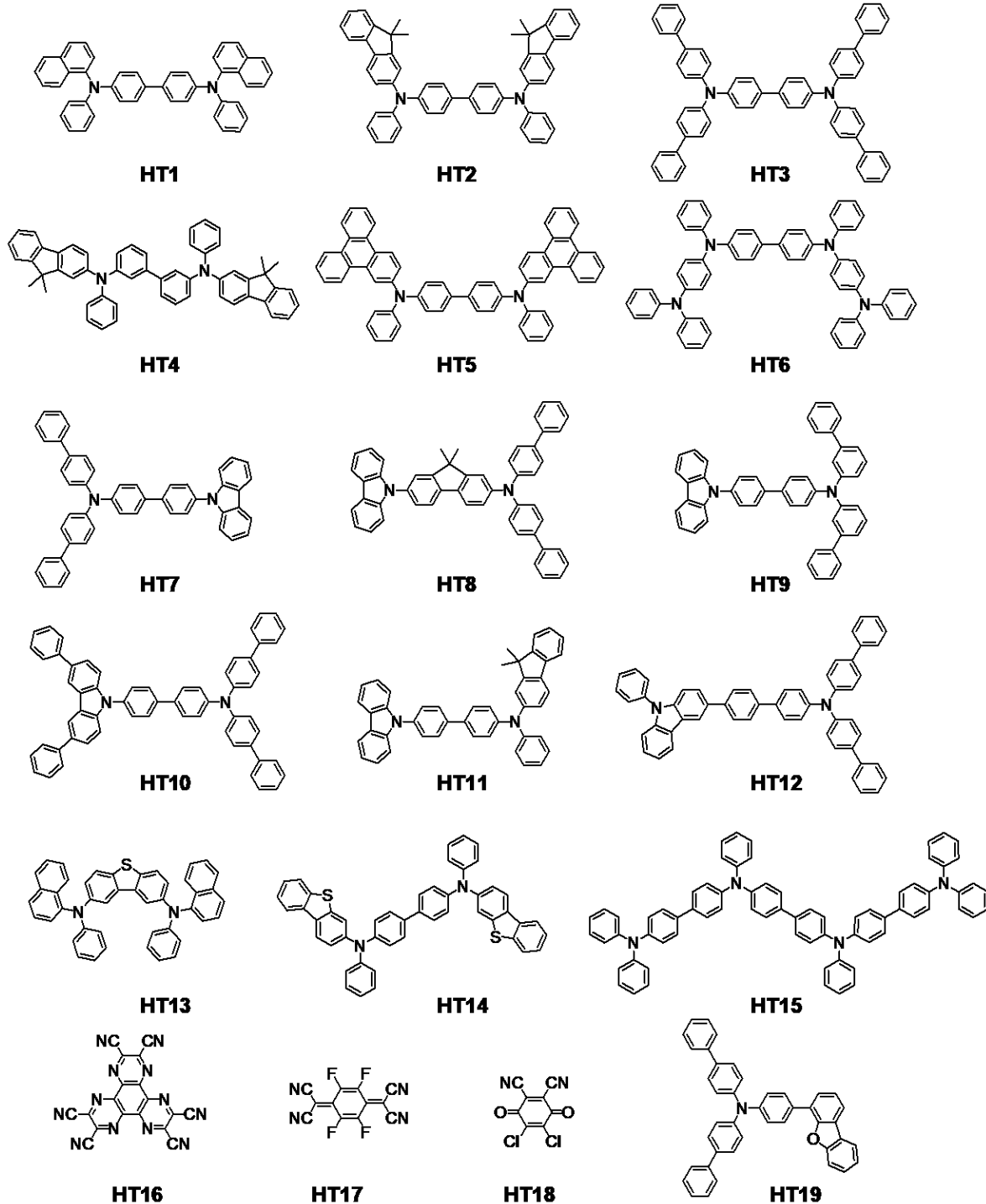
30

## 【0098】

40

50

## 【化 2 6】



10

20

30

40

## 【0099】

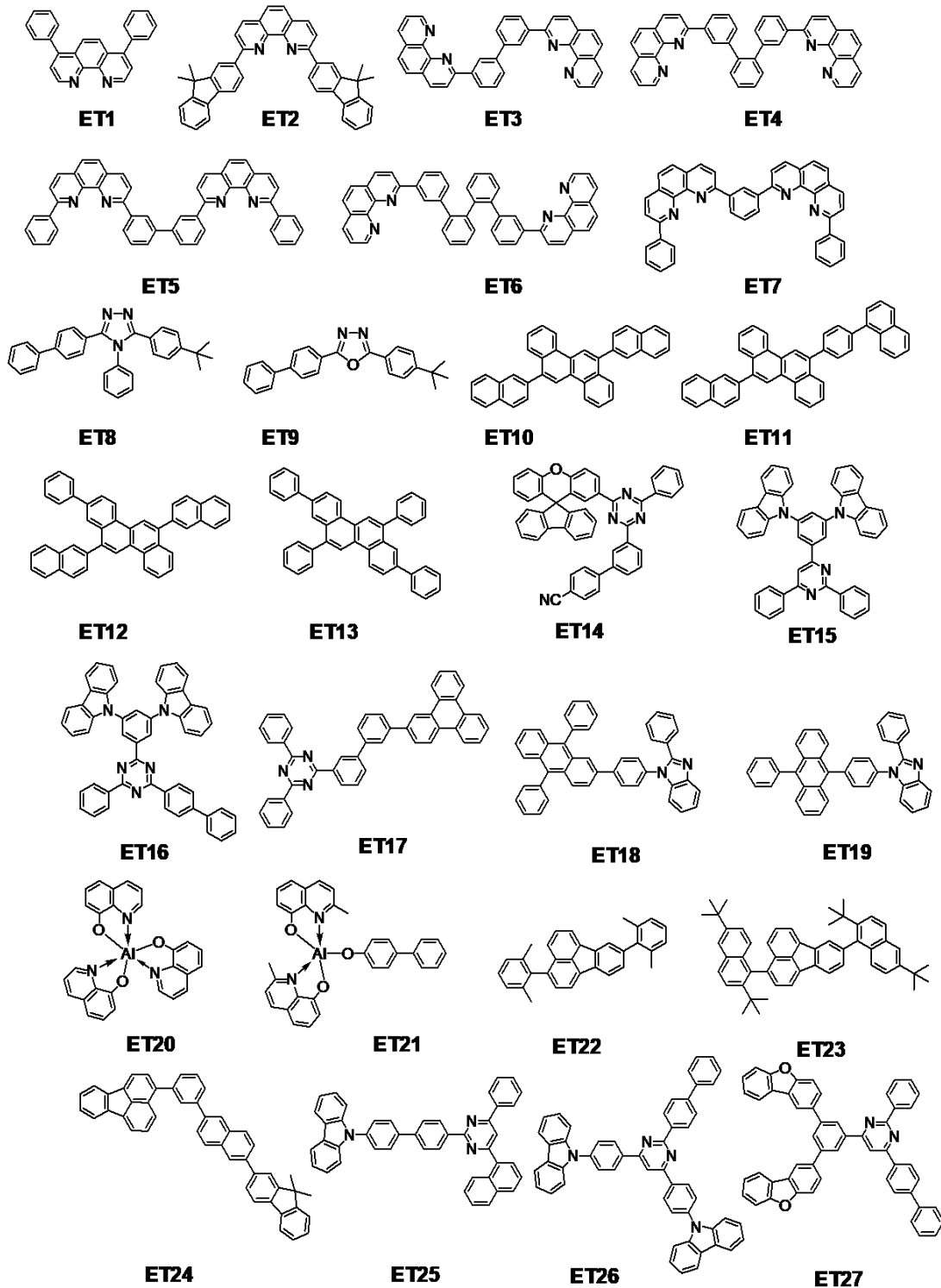
電子注入層や電子輸送層に好適に用いられる電子輸送性材料としては、陰極から注入された電子を発光層へ輸送することができるものから任意に選ぶことができ、ホール輸送性材料のホール移動度とのバランス等を考慮して選択される。電子輸送性能を有する材料としては、オキサジアゾール誘導體、オキサゾール誘導體、ピラジン誘導體、トリアゾール誘導體、トリアジン誘導體、キノリン誘導體、キノキサリン誘導體、フェナントロリン誘導體、有機アルミニウム錯体、縮環化合物（例えばフルオレン誘導體、ナフタレン誘導體、クリセン誘導體、アントラセン誘導體等）が挙げられる。さらに上記の電子輸送性材料は、正孔ブロッキング層にも好適に使用される。

以下に、電子輸送性材料として用いられる化合物の具体例を示すが、もちろんこれらに限定されるものではない。

50

【 0 1 0 0 】

【 化 2 7 】



10

20

30

40

【 0 1 0 1 】

〔 有機発光素子の構成 〕

以下、本実施形態の有機発光素子を構成する、有機化合物層以外の構成部材について説明する。

有機発光素子は、基板の上に、絶縁層、第一電極、有機化合物層、第二電極を形成して設けられる。第二電極の上には、保護層、カラーフィルタ、マイクロレンズ等を設けてよい。カラーフィルタを設ける場合は、保護層との間に平坦化層を設けてよい。平坦化層はアクリル樹脂等で構成することができる。カラーフィルタとマイクロレンズとの間におい

50

て、平坦化層を設ける場合も同様である。

#### 【0102】

##### 基板

基板は、石英、ガラス、シリコンウエハ、樹脂、金属等が挙げられる。また、基板には、トランジスタなどのスイッチング素子や配線を備え、その上に絶縁層を備えてもよい。絶縁層としては、第一電極との間に配線が形成可能なように、コンタクトホールを形成可能で、且つ接続しない配線との絶縁を確保できれば、材料は問わない。例えば、ポリイミド等の樹脂、酸化シリコン、窒化シリコンなどを用いることができる。

#### 【0103】

##### 電極

電極は、一对の電極を用いることができる。一对の電極は、陽極と陰極であってよい。有機発光素子が発光する方向に電界を印加する場合に、電位が高い電極が陽極であり、他方が陰極である。また、発光層にホールを供給する電極が陽極であり、電子を供給する電極が陰極であるということもできる。

#### 【0104】

陽極の構成材料としては仕事関数になるべく大きいものが良い。例えば、金、白金、銀、銅、ニッケル、パラジウム、コバルト、セレン、バナジウム、タングステン、等の金属単体やこれらを含む混合物、或いはこれらを組み合わせた合金、酸化錫、酸化亜鉛、酸化インジウム、酸化錫インジウム（ITO）、酸化亜鉛インジウム等の金属酸化物が使用できる。またポリアニリン、ポリピロール、ポリチオフェン等の導電性ポリマーも使用できる。

これらの電極物質は一種類を単独で使用してもよいし、二種類以上を併用して使用してもよい。また、陽極は一層で構成されていてもよく、複数の層で構成されていてもよい。

#### 【0105】

反射電極として用いる場合には、例えばクロム、アルミニウム、銀、チタン、タングステン、モリブデン、又はこれらの合金、積層したものなどを用いることができる。上記の材料にて、電極としての役割を有さない、反射膜として機能することも可能である。また、透明電極として用いる場合には、酸化インジウム錫（ITO）、酸化インジウム亜鉛などの酸化物透明導電層などを用いることができるが、これらに限定されるものではない。電極の形成には、フォトリソグラフィ技術を用いることができる。

#### 【0106】

一方、陰極の構成材料としては仕事関数の小さなものがよい。例えばリチウム等のアルカリ金属、カルシウム等のアルカリ土類金属、アルミニウム、チタニウム、マンガン、銀、鉛、クロム等の金属単体又はこれらを含む混合物が挙げられる。或いはこれら金属単体を組み合わせた合金も使用することができる。例えばマグネシウム - 銀、アルミニウム - リチウム、アルミニウム - マグネシウム、銀 - 銅、亜鉛 - 銀等が使用できる。酸化錫インジウム（ITO）等の金属酸化物の利用も可能である。これらの電極物質は一種類を単独で使用してもよいし、二種類以上を併用して使用してもよい。また陰極は一層構成でもよく、多層構成でもよい。中でも銀を用いることが好ましく、銀の凝集を低減するため、銀合金とすることがさらに好ましい。銀の凝集が低減できれば、合金の比率は問わない。例えば、銀：他の金属が、1：1、3：1等であってよい。

#### 【0107】

陰極は、ITOなどの酸化物導電層を使用してトップエミッション素子としてもよいし、アルミニウム（Al）などの反射電極を使用してボトムエミッション素子としてもよいし、特に限定されない。陰極の形成方法としては、特に限定されないが、直流及び交流スパッタリング法などを用いると、膜のカバレッジがよく、抵抗を下げ易いためより好ましい。

#### 【0108】

##### 有機化合物層

本実施形態に係る有機化合物層は、第一電極と第二電極との間に配置され、先に説明し

10

20

30

40

50

た、第一発光層と第二発光層とからなる積層発光層と、必要に応じて、正孔注入層、正孔輸送層、電子ブロッキング層、電子注入層、電子輸送層、正孔ブロッキング層を有する。有機化合物層は、主に有機化合物で構成されるが、無機原子、無機化合物を含んでいてもよい。例えば、銅、リチウム、マグネシウム、アルミニウム、イリジウム、白金、モリブデン、亜鉛等を有してよい。

#### 【0109】

有機化合物層（正孔注入層、正孔輸送層、電子ブロッキング層、発光層、正孔ブロッキング層、電子輸送層、電子注入層等）は、真空蒸着法、イオン化蒸着法、スパッタリング、プラズマ等のドライプロセスにより形成することができる。またドライプロセスに代えて、適当な溶媒に溶解させて公知の塗布法（例えば、スピンコーティング、ディッピング、キャスト法、LB法、インクジェット法等）により層を形成するウェットプロセスを用いることもできる。

10

ここで真空蒸着法や溶液塗布法等によって層を形成すると、結晶化等が起こりにくく経時安定性に優れる。また塗布法で成膜する場合は、適当なバインダー樹脂と組み合わせ膜を形成することもできる。

#### 【0110】

上記バインダー樹脂としては、ポリビニルカルバゾール樹脂、ポリカーボネート樹脂、ポリエステル樹脂、ABS樹脂、アクリル樹脂、ポリイミド樹脂、フェノール樹脂、エポキシ樹脂、シリコン樹脂、尿素樹脂等が挙げられるが、これらに限定されるものではない。

20

また、これらバインダー樹脂は、ホモポリマー又は共重合体として一種類を単独で使用してもよいし、二種類以上を混合して使用してもよい。さらに必要に応じて、公知の可塑性剤、酸化防止剤、紫外線吸収剤等の添加剤を併用してもよい。

#### 【0111】

##### 保護層

陰極の上に、保護層を設けてもよい。例えば、陰極上に吸湿剤を設けたガラスを接着することで、有機化合物層に対する水等の浸入を低減し、表示不良の発生を低減することができる。また、別の実施形態としては、陰極上に窒化ケイ素等のパッシベーション膜を設け、有機化合物層に対する水等の浸入を低減してもよい。例えば、陰極を形成後に真空を破らずに別のチャンバーに搬送し、CVD法で厚さ2 $\mu$ mの窒化ケイ素膜を形成することで、保護層としてもよい。CVD法の成膜の後で原子堆積法（ALD法）を用いた保護層を設けてもよい。ALD法による膜の材料は限定されないが、窒化ケイ素、酸化ケイ素、酸化アルミニウム等であってよい。ALD法で形成した膜の上に、さらにCVD法で窒化ケイ素を形成してよい。ALD法による膜は、CVD法で形成した膜よりも小さい膜厚であってよい。具体的には、50%以下、さらには、10%以下であってよい。

30

#### 【0112】

##### カラーフィルタ

保護層の上にカラーフィルタを設けてもよい。例えば、有機発光素子のサイズを考慮したカラーフィルタを別の基板上に設け、それと有機発光素子を設けた基板と貼り合わせてもよいし、上記で示した保護層上にフォトリソグラフィ技術を用いて、カラーフィルタをパターンニングしてもよい。カラーフィルタは、高分子で構成されてよい。

40

#### 【0113】

##### 平坦化層

カラーフィルタと保護層との間に平坦化層を有してもよい。平坦化層は、下の層の凹凸を低減する目的で設けられる。目的を制限せずに、材質樹脂層と呼ばれる場合もある。平坦化層は有機化合物で構成されてよく、低分子であっても、高分子であってもよいが、高分子であることが好ましい。

#### 【0114】

平坦化層は、カラーフィルタの上下に設けられてもよく、その構成材料は同じであっても異なってもよい。具体的には、ポリビニルカルバゾール樹脂、ポリカーボネート樹脂、

50

ポリエステル樹脂、ABS樹脂、アクリル樹脂、ポリイミド樹脂、フェノール樹脂、エポキシ樹脂、シリコン樹脂、尿素樹脂等が挙げられる。

【0115】

マイクロレンズ

有機発光素子は、その光出射側にマイクロレンズ等の光学部材を有してよい。マイクロレンズは、アクリル樹脂、エポキシ樹脂等で構成されうる。マイクロレンズは、有機発光素子から取り出す光量の増加、取り出す光の方向の制御を目的としてよい。マイクロレンズは、半球の形状を有してよい。半球の形状を有する場合、当該半球に接する接線のうち、絶縁層と平行になる接線があり、その接線と半球との接点がマイクロレンズの頂点である。マイクロレンズの頂点は、任意の断面図においても同様に決定することができる。つまり、断面図におけるマイクロレンズの半円に接する接線のうち、絶縁層と平行になる接線があり、その接線と半円との接点がマイクロレンズの頂点である。

10

【0116】

また、マイクロレンズの中点を定義することもできる。マイクロレンズの断面において、円弧の形状が終了する点から別の円弧の形状が終了する点までの線分を仮想し、当該線分の中点がマイクロレンズの中点と呼ぶことができる。頂点、中点を判別する断面は、絶縁層に垂直な断面であってよい。

【0117】

対向基板

平坦化層の上には、対向基板を有してよい。対向基板は、前述の基板と対応する位置に設けられるため、対向基板と呼ばれる。対向基板の構成材料は、前述の基板と同じであってよい。対向基板は、前述の基板を第一基板とした場合、第二基板であってよい。

20

【0118】

発光装置

本発明の一実施形態に係る有機発光素子に、画素回路を接続して発光装置としてもよい。画素回路は、複数の有機発光素子に対して、それぞれ独立に発光制御するアクティブマトリクス型であってよい。アクティブマトリクス型の回路は電圧プログラミングであっても、電流プログラミングであってもよい。駆動回路は、画素毎に画素回路を有する。画素回路は、発光素子、発光素子の発光輝度を制御するトランジスタ、発光タイミングを制御するトランジスタ、発光輝度を制御するトランジスタのゲート電圧を保持する容量、発光素子を介さずにGNDに接続するためのトランジスタを有してよい。

30

【0119】

発光装置は、表示領域と、表示領域の周囲に配されている周辺領域とを有する。表示領域には画素回路を有し、周辺領域には表示制御回路を有する。画素回路を構成するトランジスタの移動度は、表示制御回路を構成するトランジスタの移動度よりも小さくてよい。

【0120】

画素回路を構成するトランジスタの電流電圧特性の傾きは、表示制御回路を構成するトランジスタの電流電圧特性の傾きよりも小さくてよい。電流電圧特性の傾きは、いわゆる $V_g - I_g$ 特性により測定できる。画素回路を構成するトランジスタは、有機発光素子に接続されているトランジスタである。

40

【0121】

画素

本発明の一実施形態に係る有機発光素子を複数使い、複数の画素を有する表示装置としても良い。画素は互いに他と異なる色を発光する副画素を有する。副画素は、例えば、それぞれRGBの発光色を有してよい。

【0122】

画素は、画素開口とも呼ばれる領域が、発光する。この領域は第一領域と同じである。画素開口は $1.5 \mu\text{m}$ 以下であってよく、 $5 \mu\text{m}$ 以上であってよい。より具体的には、 $1.1 \mu\text{m}$ 、 $9.5 \mu\text{m}$ 、 $7.4 \mu\text{m}$ 、 $6.4 \mu\text{m}$ 等であってよい。副画素間は、 $1.0 \mu\text{m}$ 以下であってよく、具体的には、 $8 \mu\text{m}$ 、 $7.4 \mu\text{m}$ 、 $6.4 \mu\text{m}$ であってよい。

50

## 【 0 1 2 3 】

画素は、平面図において、公知の配置形態をとりうる。例えば、ストライプ配置、デルタ配置、ペンタイル配置、ベイヤー配置であってよい。副画素の平面図における形状は、公知のいずれの形状をとってもよい。例えば、長方形、ひし形等の四角形、六角形、等である。もちろん、正確な図形ではなく、長方形に近い形をしていれば、長方形に含まれる。副画素の形状と、画素配列と、を組み合わせる用いることができる。

## 【 0 1 2 4 】

〔有機発光素子の用途〕

本発明の一実施形態に係る有機発光素子は、表示装置や照明装置の構成部材として用いることができる。他にも、電子写真方式の画像形成装置の露光光源や液晶表示装置のバックライト、白色光源にカラーフィルタを有する発光装置等の用途がある。

10

## 【 0 1 2 5 】

表示装置は、エリア CCD、リニア CCD、メモリーカード等からの画像情報を入力する画像入力部を有し、入力された情報を処理する情報処理部を有し、入力された画像を表示部に表示する画像情報処理装置でもよい。

## 【 0 1 2 6 】

また、撮像装置やインクジェットプリンタが有する表示部は、タッチパネル機能を有していてもよい。このタッチパネル機能の駆動方式は、赤外線方式でも、静電容量方式でも、抵抗膜方式であっても、電磁誘導方式であってもよく、特に限定されない。また表示装置はマルチファンクションプリンタの表示部に用いられてもよい。

20

## 【 0 1 2 7 】

次に、図面を参照しながら本実施形態に係る表示装置について説明する。

図 4 ( a ) は、本実施形態に係る表示装置の構成要素である画素の一例である。画素は、副画素 40 を有している。副画素はその発光により、40 R、40 G、40 B に分けられている。発光色は、副画素から出射する光がカラーフィルタにより、選択的透過又は色変換されている。それぞれの副画素は、層間絶縁層 31 の上に第一電極である反射電極 32、反射電極 32 の端を覆う絶縁層 33、第一電極と絶縁層とを覆う有機化合物層 34、透明電極 35、保護層 36、カラーフィルタ 37 を有している。

## 【 0 1 2 8 】

層間絶縁層 31 は、その下層又は内部にトランジスタ、容量素子を配されていてよい。トランジスタと第一電極は不図示のコンタクトホール等を介して電氣的に接続されていてよい。

30

絶縁層 33 は、バンク、画素分離膜とも呼ばれる。第一電極の端を覆っており、第一電極を囲って配されている。絶縁層の配されていない部分が、有機化合物層 34 と接し、発光領域となる。

## 【 0 1 2 9 】

保護層 36 は、有機化合物層に水分が浸透することを低減する。保護層は、一層のように図示されているが、複数層であってよい。層ごとに無機化合物層、有機化合物層があってもよい。

カラーフィルタ 37 は、その色により 37 R、37 G、37 B に分けられる。カラーフィルタ 37 は、不図示の平坦化膜上に形成されてよい。また、カラーフィルタ 37 上に不図示の樹脂保護層を有してよい。また、カラーフィルタ 37 は、保護層 36 上に形成されても、ガラス基板等の対向基板の上に設けられた後に、貼り合わせられてもよい。

40

## 【 0 1 3 0 】

図 4 ( b ) は、本発明の一実施形態に係る有機発光素子と、該有機発光素子に接続されるトランジスタとを有する表示装置の一例の構成を示す断面模式図である。トランジスタは、能動素子の一例である。

## 【 0 1 3 1 】

図 4 ( b ) の表示装置 100 は、有機発光素子 26 とトランジスタの一例として T F T 18 が記載されている。有機発光素子 26 は、陽極 21 と陰極 23 と、これらの間に配置

50

された有機化合物層 22 を有する。ガラス、シリコン等の基板 11 とその上部に絶縁層 12 が設けられている。絶縁層 12 の上には、TFT 18 のゲート電極 13、ゲート絶縁膜 14、半導体層 15 が配置されている。TFT 18 は、他にも半導体層 15 とドレイン電極 16 とソース電極 17 とで構成されている。TFT 18 の上部には絶縁膜 19 が設けられている。絶縁膜 19 に設けられたコンタクトホール 20 を介して有機発光素子 26 を構成する陽極 21 とソース電極 17 とが接続されている。

#### 【0132】

尚、有機発光素子 26 に含まれる電極（陽極、陰極）と TFT に含まれる電極（ソース電極、ドレイン電極）との電気接続の方式は、図 4（b）に示される態様に限られるものではない。つまり陽極又は陰極のうちいずれか一方と TFT 18 のソース電極又はドレイン電極のいずれか一方とが電気接続されていればよい。TFT は、薄膜トランジスタを指す。本実施形態に係る有機発光素子はスイッチング素子の一例である TFT により発光輝度が制御され、有機発光素子を複数面内に設けることでそれぞれの発光輝度により画像を表示することができる。

10

陰極 23 の上には有機発光素子の劣化を低減するための第一の保護層 24 や第二の保護層 25 が設けられている。

#### 【0133】

図 4（b）の表示装置 100 ではスイッチング素子としてトランジスタを使用しているが、これに代えて他のスイッチング素子として用いてもよい。

#### 【0134】

20

また図 4（b）の表示装置 100 に使用されるトランジスタは、単結晶シリコンウエハを用いたトランジスタや、基板の絶縁性表面上に活性層を有する薄膜トランジスタ低温ポリシリコンで形成されているトランジスタ、Si 基板等の基板上に形成されたアクティブマトリクスドライバーであってもよい。活性層として、単結晶シリコン、アモルファスシリコン、微結晶シリコンなどの非単結晶シリコン、インジウム亜鉛酸化物、インジウムガリウム亜鉛酸化物等の非単結晶酸化物半導体が挙げられる。

#### 【0135】

図 4（b）の表示装置 100 に含まれるトランジスタは、Si 基板等の基板内に形成されていてもよい。ここで基板内に形成されるとは、Si 基板等の基板自体を加工してトランジスタを作製することを意味する。つまり、基板内にトランジスタを有することは、基板とトランジスタとが一体に形成されていると見ることもできる。基板内にトランジスタを設けるか、TFT を用いるかは、表示部の大きさによって選択され、例えば 0.5 インチ程度の大きさであれば、Si 基板上に有機発光素子を設けることが好ましい。

30

#### 【0136】

図 5 は、本実施形態に係る表示装置の一例を表す模式図である。表示装置 1000 は、上部カバー 1001 と下部カバー 1009 との間に、タッチパネル 1003、表示パネル 1005、フレーム 1006、回路基板 1007、バッテリー 1008、を有している。タッチパネル 1003 及び表示パネル 1005 にはそれぞれ、フレキシブルプリント回路 FPC 1002、1004 が接続されている。回路基板 1007 には、トランジスタがプリントされている。バッテリー 1008 は、表示装置が携帯機器でなければ、設けなくてもよいし、携帯機器であっても、別の位置に設けてもよい。

40

#### 【0137】

本実施形態に係る表示装置は、赤色、緑色、青色を有するカラーフィルタを有していてもよく、カラーフィルタは、当該赤色、緑色、青色がデルタ配列で配置されていてもよい。

#### 【0138】

本実施形態に係る表示装置は、携帯端末の表示部に用いられてもよい。その際には、表示機能と操作機能との双方を有してもよい。携帯端末としては、スマートフォン等の携帯電話、タブレット、ヘッドマウントディスプレイ等が挙げられる。

#### 【0139】

50

本実施形態に係る表示装置は、複数のレンズを有する光学部と、当該光学部を通過した光を受光する撮像素子とを有する撮像装置の表示部に用いられる。撮像装置は、撮像素子が取得した情報を表示する表示部を有していてもよく、表示部は、撮像装置の外部に露出した表示部であっても、ファインダ内に配置された表示部であってもよい。撮像装置は、デジタルカメラ、デジタルビデオカメラでもよい。

#### 【0140】

図6(a)は、本実施形態に係る撮像装置の一例を表す模式図である。撮像装置1100は、ビューファインダ1101、背面ディスプレイ1102、操作部1103、筐体1104を有している。ビューファインダ1101は、本実施形態に係る表示装置を有しており、該表示装置は、撮像する画像のみならず、環境情報、撮像指示等を表示してもよい。環境情報には、外光の強度、外光の向き、被写体の動く速度、被写体が遮蔽物に遮蔽される可能性等が含まれる。

10

#### 【0141】

撮像に好適なタイミングはわずかな時間なので、少しでも早く情報を表示した方がよい。従って、応答速度が速い有機発光素子を用いた表示装置は、表示速度が求められる撮像装置などに好適に用いることができる。

#### 【0142】

撮像装置1100は、不図示の光学部を有する。光学部は複数のレンズを有し、筐体1104内に收容されている撮像素子に結像する。複数のレンズは、その相対位置を調整することで、焦点を調整することができる。この操作を自動で行うこともできる。撮像装置は光電変換装置とも呼ばれる。光電変換装置は逐次撮像するのではなく、前画像からの差分を検出する方法、常に記録されている画像から切り出す方法等を撮像の方法として含むことができる。

20

#### 【0143】

図6(b)は、本実施形態に係る電子機器の一例を表す模式図である。電子機器1200は、表示部1201と、操作部1202と、筐体1203を有する。表示部1201は、本実施形態に係る有機発光素子を有している。筐体1203は、回路、当該回路を有するプリント基板、バッテリー、通信部、を有していてもよい。操作部1202は、ボタンであってもよいし、タッチパネル方式の反応部であってもよい。操作部は、指紋を認識してロックの解除等を行う、生体認識部であってもよい。通信部を有する電子機器は通信機器ということもできる。電子機器は、レンズと、撮像素子とを備えることでカメラ機能をさらに有していてもよい。カメラ機能により撮像された画像が表示部に映される。電子機器としては、スマートフォン、ノートパソコン等が挙げられる。

30

#### 【0144】

図7は、本実施形態に係る表示装置の一例を表す模式図である。図7(a)は、テレビモニターやPCモニター等の表示装置である。表示装置1300は、額縁1301と表示部1302とを有する。表示部1302は、本実施形態に係る有機発光素子を有している。

額縁1301と、表示部1302を支える土台1303を有している。土台1303は、図7(a)の形態に限られない。額縁1301の下辺が土台を兼ねてもよい。

また、額縁1301及び表示部1302は、曲がっていてもよい。その曲率半径は、5000mm以上6000mm以下であってよい。

40

#### 【0145】

図7(b)は本実施形態に係る表示装置の他の例を表す模式図である。図7(b)の表示装置1310は、折り曲げ可能に構成されており、いわゆるフォルダブルな表示装置である。表示装置1310は、第一表示部1311、第二表示部1312、筐体1313、屈曲点1314を有する。第一表示部1311と第二表示部1312とは、本実施形態に係る有機発光素子を有している。第一表示部1311と第二表示部1312とは、つなぎ目のない1枚の表示装置であってもよく、屈曲点で分けることもできる。第一表示部1311、第二表示部1312は、それぞれ異なる画像を表示してもよいし、第一及び第二表示部とで一つの画像を表示してもよい。

50

## 【 0 1 4 6 】

図 8 ( a ) は、本実施形態に係る照明装置の一例を表す模式図である。照明装置 1 4 0 0 は、筐体 1 4 0 1 と、光源 1 4 0 2 と、回路基板 1 4 0 3 と、光学フィルタ 1 4 0 4 と、光拡散部 1 4 0 5 と、を有している。光源は、本実施形態に係る有機発光素子を有している。光学フィルタは光源の演色性を向上させるフィルタであり、光拡散部は、ライトアップ等、光源の光を効果的に拡散し、広い範囲に光を届けることができる。光学フィルタ、光拡散部は、照明の光出射側に設けられ、必要に応じて、最外部にカバーを設けてもよい。

## 【 0 1 4 7 】

照明装置は例えば室内を照明する装置である。照明装置は白色、昼白色、その他青から赤のいずれの色を発光するものでもよく、それらを調光する調光回路を有していてもよい。照明装置は本発明の有機発光素子とそれに接続される電源回路を有している。電源回路は、交流電圧を直流電圧に変換する回路である。また、白とは色温度が 4 2 0 0 K で昼白色とは色温度が 5 0 0 0 K である。照明装置はカラーフィルタを有してもよい。

10

また、本実施形態に係る照明装置は、放熱部を有していてもよく、係る放熱部は装置内の熱を装置外へ放出するものであり、比熱の高い金属、液体シリコン等が挙げられる。

## 【 0 1 4 8 】

図 8 ( b ) は、本実施形態に係る移動体の一例である自動車の模式図である。当該自動車は灯具の一例であるテールランプを有する。自動車 1 5 0 0 は、テールランプ 1 5 0 1 を有し、ブレーキ操作等を行った際に、テールランプを点灯する形態であってよい。

20

テールランプ 1 5 0 1 は、本実施形態に係る有機発光素子を有しており、該有機発光素子を保護する保護部材を有していてもよい。保護部材はある程度高い強度を有し、透明であれば材料は問わないが、ポリカーボネート等で構成されることが好ましく、ポリカーボネートにフランジカルボン酸誘導体、アクリロニトリル誘導体等を混ぜてよい。

## 【 0 1 4 9 】

自動車 1 5 0 0 は、車体 1 5 0 3、それに取り付けられている窓 1 5 0 2 を有している。窓は、自動車の前後を確認するための窓でなければ、透明なディスプレイであってもよい。当該透明なディスプレイは、本実施形態に係る有機発光素子を有している。この場合、有機発光素子が有する電極等の構成材料は透明な部材で構成される。

## 【 0 1 5 0 】

本実施形態に係る移動体は、船舶、航空機、ドローン等であってよい。移動体は、機体と当該機体に設けられた灯具を有してよい。灯具は、機体の位置を知らせるための発光をしてよい。灯具は本実施形態に係る有機発光素子を有する。

30

## 【 0 1 5 1 】

図 9 を参照して、上述の各実施形態の表示装置の適用例について説明する。本実施形態に係る表示装置は、例えばスマートグラス、HMD、スマートコンタクトのようなウェアラブルデバイスとして装着可能なシステムに適用できる。このような適用例に使用される表示装置は、可視光を光電変換可能な撮像装置と、可視光を発光可能な表示装置とを有する撮像表示装置である。

## 【 0 1 5 2 】

図 9 ( a ) は、1 つの適用例に係る眼鏡 1 6 0 0 ( スマートグラス ) を説明する。眼鏡 1 6 0 0 のレンズ 1 6 0 1 の表面側に、CMOS センサや SPAD のような撮像装置 1 6 0 2 が設けられている。また、レンズ 1 6 0 1 の裏面側には、上述した各実施形態の表示装置が設けられている。

40

## 【 0 1 5 3 】

眼鏡 1 6 0 0 は、制御装置 1 6 0 3 をさらに備える。制御装置 1 6 0 3 は、撮像装置 1 6 0 2 と表示装置に電力を供給する電源として機能する。また、制御装置 1 6 0 3 は、撮像装置 1 6 0 2 と表示装置の動作を制御する。レンズ 1 6 0 1 には、撮像装置 1 6 0 2 に光を集光するための光学系が形成されている。

## 【 0 1 5 4 】

50

図6(b)は、1つの適用例に係る眼鏡1610(スマートグラス)を説明する。眼鏡1610は、制御装置1612を有しており、制御装置1612に、図6(a)の撮像装置1602に相当する撮像装置と、表示装置が搭載される。レンズ1611には、制御装置1612内の撮像装置と、表示装置からの発光を投影するための光学系が形成されており、レンズ1611には画像が投影される。制御装置1612は、撮像装置及び表示装置に電力を供給する電源として機能すると共に、撮像装置及び表示装置の動作を制御する。

【0155】

制御装置1612は、装着者の視線を検知する視線検知部を有していてもよく、視線の検知は赤外線を用いてもよい。赤外線を用いた視線検知部は、赤外発光部を備え、該赤外発光部が、表示画像を注視しているユーザーの眼球に対して、赤外光を発する。発せられた赤外光の眼球からの反射光を、受光素子を有する撮像部が検出することで眼球の撮像画像が得られる。平面視における赤外発光部から表示部への光を低減する低減手段を有することで、画像品位の低下を低減する。赤外光の撮像により得られた眼球の撮像画像から表示画像に対するユーザーの視線を検出する。

10

【0156】

眼球の撮像画像を用いた視線検出には任意の公知の手法が適用できる。一例として、角膜での照射光の反射によるプルキニエ像に基づく視線検出方法を用いることができる。より具体的には、瞳孔角膜反射法に基づく視線検出処理が行われる。瞳孔角膜反射法を用いて、眼球の撮像画像に含まれる瞳孔の像とプルキニエ像とに基づいて、眼球の向き(回転角度)を表す視線ベクトルが算出されることにより、ユーザーの視線が検出される。

20

【0157】

本発明の一実施形態に係る表示装置は、受光素子を有する撮像装置を有し、撮像装置からのユーザーの視線情報に基づいて表示装置の表示画像を制御してよい。

具体的には、表示装置は、視線情報に基づいて、ユーザーが注視する第一の視界領域と、第一の視界領域以外の第二の視界領域とを決定される。第一の視界領域、第二の視界領域は、表示装置の制御装置が決定してもよいし、外部の制御装置が決定したものを受信してもよい。表示装置の表示領域において、第一の視界領域の表示解像度を第二の視界領域の表示解像度よりも高く制御してよい。つまり、第二の視界領域の解像度を第一の視界領域よりも低くしてよい。

30

【0158】

また、表示領域は、第一の表示領域、第一の表示領域とは異なる第二の表示領域とを有し、視線情報に基づいて、第一の表示領域及び第二の表示領域から優先度が高い領域を決定される。第一の視界領域、第二の視界領域は、表示装置の制御装置が決定してもよいし、外部の制御装置が決定したものを受信してもよい。優先度の高い領域の解像度を、優先度が高い領域以外の領域の解像度よりも高く制御してよい。つまり優先度が相対的に低い領域の解像度を低くしてもよい。

【0159】

尚、第一の視界領域や優先度が高い領域の決定には、AIを用いてもよい。AIは、眼球の画像と当該画像の眼球が実際に視ていた方向とを教師データとして、眼球の画像から視線の角度、視線の先の目的物までの距離を推定するよう構成されたモデルでもよい。AIプログラムは、表示装置が有しても、撮像装置が有しても、外部装置が有してもよい。外部装置が有する場合は、通信を介して、表示装置に伝えられる。

40

【0160】

視認検知に基づいて表示制御する場合、外部を撮像する撮像装置を更に有するスマートグラスに好ましく適用できる。スマートグラスは、撮像した外部情報をリアルタイムで表示することができる。

【0161】

図10(a)は、本発明の一実施形態に係る画像形成装置の一例を示す模式図である。画像形成装置は電子写真方式の画像形成装置であり、感光体1707、露光光源1708、帯電部1706、現像部1701、転写器1702、搬送ローラー1703、定着器1

50

705を有する。露光光源1708から光1709が照射され、感光体1707の表面に静電潜像が形成される。この露光光源1708が本実施形態に係る有機発光素子を有する。現像部1701はトナー等を有する。帯電部1706は感光体1707を帯電させる。転写器1702は現像された画像を記録媒体1704に転写する。搬送ローラー1703は記録媒体1704を搬送する。記録媒体1704は例えば紙である。定着器1705は記録媒体1704に形成された画像を定着させる。

【0162】

図10(b)及び図10(c)は、露光光源1708を示す図であり、本実施形態に係る有機発光素子を有する発光部1710が長尺状の基板に複数配置されている様子を示す模式図である。矢印1711は有機発光素子が配列されている列方向を表わす。この列方向は、感光体1707が回転する軸の方向と同じである。この方向は感光体1707の長軸方向と呼ぶこともできる。図10(b)は発光部1710を感光体1707の長軸方向に沿って配置した形態である。図10(c)は、図10(b)とは異なる形態であり、第一の列と第二の列のそれぞれにおいて発光部1710が列方向に交互に配置されている形態である。第一の列と第二の列は行方向に異なる位置に配置されている。第一の列は、複数の発光部1710が間隔をあけて配置されている。第二の列は、第一の列の発光部1710同士の間隔に対応する位置に発光部1710を有する。即ち、行方向にも、複数の発光部1710が間隔をあけて配置されている。図10(c)の配置は、例えば格子状に配置されている状態、千鳥格子に配置されている状態、或いは市松模様と言い換えることもできる。

10

20

【0163】

以上説明した通り、本実施形態に係る有機発光素子を用いた装置を用いることにより、良好な画質で、長時間表示にも安定な表示が可能になる。

【0164】

〔含まれる構成〕

本実施形態の開示は、以下の構成を含む。

(構成1) 第一電極と、第一発光層と、第二発光層と、第二電極と、を備えた有機発光素子であって、

前記第一発光層と前記第二発光層は接しており、

前記第一発光層は、第一有機化合物と第一金属錯体と第二金属錯体とを含み、

前記第二発光層は、第二有機化合物と、第三金属錯体とを含み、且つ、第一金属錯体を含まず、

前記第一金属錯体、前記第二金属錯体、前記第三金属錯体の三重項エネルギーをそれぞれ、 $T1D1$ 、 $T1D2$ 、 $T1D3$ とした時、下記式[a]乃至[c]の関係が成り立つことを特徴とする有機発光素子。

30

【0165】

$$T1D2 > T1D1 \quad [a]$$

$$T1D3 > T1D2 \quad [b]$$

$$T1D2 - T1D1 > T1D3 - T1D2 \quad [c]$$

【0166】

(構成2) 前記第一発光層中における前記第二金属錯体の濃度、及び前記第二発光層中における前記第三金属錯体の濃度をそれぞれ、 $C1D2$ 、 $C1D3$ とした時、下記式[d]の関係が成り立つことを特徴とする構成1に記載の有機発光素子。

$$C1D2 > C1D3 \quad [d]$$

40

【0167】

(構成3) 前記第一発光層中における前記第一金属錯体及び前記第二金属錯体の濃度をそれぞれ、 $C1D1$ 、 $C1D2$ とした時、下記式[e]の関係が成り立つことを特徴とする構成1又は2に記載の有機発光素子。

$$C1D2 > C1D1 \quad [e]$$

【0168】

50

(構成4) 前記第二金属錯体と前記第三金属錯体は、少なくとも1つ同じ配位子を有することを特徴とする構成1乃至3のいずれかに記載の有機発光素子。

【0169】

(構成5) 前記第二金属錯体のHOMOのエネルギー準位、LUMOのエネルギー準位、前記第三金属錯体のHOMOのエネルギー準位、LUMOのエネルギー準位をそれぞれ、HOMOD2、LUMOD2、HOMOD3、LUMOD3とした時、下記式[f]及び[g]の関係が成り立つことを特徴とする構成1乃至4のいずれかに記載の有機発光素子。

$$\begin{array}{l} | \text{LUMOD3} - \text{LUMOD2} | \quad 0.2 \text{ eV} \quad [f] \\ | \text{HOMOD3} - \text{HOMOD2} | \quad 0.2 \text{ eV} \quad [g] \end{array}$$

10

【0170】

(構成6) 前記第一金属錯体が赤燐光発光材料であり、前記第三金属錯体が緑燐光発光材料であることを特徴とする構成1乃至5のいずれかに記載の有機発光素子。

(構成7) 前記第二発光層が、金属錯体ではない第三有機化合物を有することを特徴とする構成1乃至6のいずれかに記載の有機発光素子。

(構成8) 前記第一電極が陽極であり、前記第二電極が陰極であり、前記第一発光層が前記第二発光層よりも前記陽極側に配されていることを特徴とする構成1乃至7のいずれかに記載の有機発光素子。

【0171】

(構成9) 前記第一発光層中における前記第一金属錯体の濃度、及び前記第二発光層中における前記第三金属錯体の濃度をそれぞれ、C1D1、C1D3とした時、下記式[h]の関係が成り立つことを特徴とする構成1乃至8のいずれかに記載の有機発光素子。

$$C1D3 > C1D1 \quad [h]$$

20

【0172】

(構成10) 前記第二金属錯体及び前記第三金属錯体は、同一の化合物であることを特徴とする構成1乃至9のいずれかに記載の有機発光素子。

(構成11) 前記第一有機化合物及び前記第二有機化合物は、同一の化合物であることを特徴とする構成1乃至10のいずれかに記載の有機発光素子。

(構成12) 前記第一発光層及び前記第二発光層から得られる発光色は、黄色発光であることを特徴とする構成1乃至11のいずれかに記載の有機発光素子。

30

【0173】

(構成13) 複数の画素を有し、前記複数の画素の少なくとも一つが、構成1乃至12のいずれかに記載の有機発光素子と、前記有機発光素子に接続されたトランジスタと、を有することを特徴とする表示装置。

(構成14) 複数のレンズを有する光学部と、前記光学部を通過した光を受光する撮像素子と、前記撮像素子が撮像した画像を表示する表示部と、を有し、

前記表示部は構成1乃至12のいずれかに記載の有機発光素子を有することを特徴とする撮像装置。

(構成15) 構成1乃至12のいずれかに記載の有機発光素子を有する表示部と、前記表示部が設けられた筐体と、前記筐体に設けられ、外部と通信する通信部と、を有することを特徴とする電子機器。

40

(構成16) 構成1乃至12のいずれかに記載の有機発光素子を有する光源と、前記光源が発する光を透過する光拡散部または光学フィルタと、を有することを特徴とする照明装置。

(構成17) 構成1乃至12のいずれかに記載の有機発光素子を有する灯具と、前記灯具が設けられた機体と、を有することを特徴とする移動体。

(構成18) 構成1乃至12のいずれかに記載の有機発光素子を有することを特徴とする電子写真方式の画像形成装置の露光光源。

【実施例】

【0174】

50

(実施例 1)

< 三重項エネルギーの評価 >

下記に示す方法で、ドーパントの T 1 エネルギーの評価を行った。結果を表 1 に示す。日立製 F - 4 5 0 0 を用い、内蔵された燐光モード測定にて、7 7 K 下、励起波長 3 0 0 nm における希釈トルエン溶液のフォトルミネッセンス ( P L ) 測定により行った。得られた発光スペクトルの極大発光波長から算出した。

【 0 1 7 5 】

< H O M O ・ L U M O の評価 >

下記に示す方法で、ホスト及びドーパント、の H O M O 準位、L U M O 準位の評価を行った。結果を表 1 に示す。

10

【 0 1 7 6 】

A ) H O M O 準位の評価方法

5 × 1 0 <sup>-4</sup> P a 以下の真空下で、アルミ基板上に膜厚 3 0 nm の蒸着膜を形成し、この薄膜について、A C - 3 ( 理研計器社製 ) を用いて測定した。

【 0 1 7 7 】

B ) L U M O 準位の評価方法

5 × 1 0 <sup>-4</sup> P a 以下の真空下で、石英基板上に膜厚 3 0 nm の蒸着膜を形成し、この薄膜について、分光光度計 ( V - 5 6 0 日本分光社製 ) を用い、被測定材料の光学バンドギャップ ( 吸収端 ) を求めた。その光学バンドギャップ値に前述の H O M O 準位の値を加えた値を L U M O 準位とした。結果を表 1 に示す。

20

【 0 1 7 8 】

30

40

50

【表 1】

化合物	T1 [eV]	HOMO [eV]	LUMO [eV]	化合物	T1 [eV]	HOMO [eV]	LUMO [eV]
AA1	2.3	-5.7	-3.4	FF11	2.3	-5.3	-3.2
AA2	2.4	-5.6	-3.3	HH1	2.0	-5.4	-3.4
AA21	2.3	-5.7	-3.4	HH19	2.0	-5.4	-3.5
AA22	2.4	-5.4	-3.1	II1	2.0	-5.4	-3.5
BB2	2.3	-5.4	-3.1	II8	2.0	-5.4	-3.5
BB3	2.3	-5.4	-3.1	II9	2.0	-5.4	-3.5
BB21	2.3	-5.5	-3.2	JJ1	2.3	-5.6	-3.4
CC1	2.3	-5.6	-3.3	JJ2	2.4	-5.5	-3.1
CC2	2.4	-5.5	-3.2	JJ4	2.3	-5.4	-3.1
CC21	2.3	-5.6	-3.3	JJ14	2.4	-5.2	-2.8
CC22	2.4	-5.5	-3.2	JJ16	2.3	-5.6	-3.4
DD1	2.4	-5.6	-3.4	JJ17	2.4	-5.5	-3.2
DD2	2.4	-5.4	-3.1	JJ19	2.3	-5.6	-3.2
DD7	2.4	-5.3	-3.0	JJ20	2.4	-5.3	-2.9
DD8	2.4	-5.5	-3.3	GD10	2.4	-5.5	-3.1
DD29	2.4	-5.6	-3.4	GD11	2.4	-5.5	-3.1
BD9	2.7	-6.2	-3.5	GD20	2.4	-5.2	-2.8
DD30	2.4	-5.4	-2.8	RD3	2.0	-5.5	-3.6
DD31	2.4	-5.4	-2.8	RD7	2.0	-5.4	-3.5
EE1	2.4	-5.5	-3.2	RD10	2.0	-5.5	-3.5

10

20

30

## 【0179】

(実施例2)

基板上に、陽極、正孔注入層、正孔輸送層、電子ブロッキング層、発光層、正孔ブロッキング層、電子輸送層、電子注入層、陰極が順次形成されたボトムエミッション型構造の有機発光素子を作製した。

40

まずガラス基板上にITOを成膜し、所望のパターニング加工を施すことによりITO電極(陽極)を形成した。この時、ITO電極の膜厚を100nmとした。このようにITO電極が形成された基板をITO基板として、以下の工程で使用した。次に、 $1.33 \times 10^{-4}$  Paの真空チャンバー内における抵抗加熱による真空蒸着を行って、上記ITO基板上に、表2に示す有機化合物層及び電極層を連続成膜した。尚、この時、対向する電極(金属電極層、陰極)の電極面積が $3\text{mm}^2$ となるようにした。その後、基板をグローブボックスに移し、窒素雰囲気中で乾燥剤を入れたガラスキャップにより封止し、有機発光素子を得た。

## 【0180】

50

【表 2】

	材料			膜厚 [nm]
陰極	Al			100
電子注入層 (EIL)	LiF			1
電子輸送層 (ETL)	ET2			20
正孔ブロッキング層 (HBL)	ET11			20
第二発光層 (EML)	第二ホスト	EM14	質量比 EM14:AA2 =85:15	15
	第三金属錯体 (T1[eV])	AA2 (2.4eV)		
第一発光層 (EML)	第一ホスト	EM10	質量比 EM10:AA1:HH1 =78:20:2	5
	第二金属錯体 (T1[eV])	AA1 (2.3eV)		
	第一金属錯体 (T1[eV])	HH1 (2.0eV)		
電子ブロッキング層 (EBL)	HT19			15
正孔輸送層 (HTL)	HT3			30
正孔注入層 (HIL)	HT16			5

10

20

## 【0181】

得られた有機発光素子について、有機発光素子の特性を測定・評価した。有機発光素子の発光色は黄色発光であり、最大外部量子効率 (E・Q・E) は 18% であった。

さらに、電流密度  $100 \text{ mA/cm}^2$  での連続駆動試験を行い、輝度劣化率が 5% に達した時の時間を測定した。比較例 1 の輝度劣化率が 5% に達した時の時間を 1.0 とした時に、本実施例の輝度劣化比は 2.3 であった。

本実施例において、測定装置は、具体的には電流電圧特性をヒューレッドパッカー社製・微小電流計 4140B で測定し、発光輝度は、トプコン社製 BM7 で測定した。

30

## 【0182】

(実施例 3 乃至 20、比較例 1 乃至 7)

有機化合物層を構成する化合物を表 3、表 4 に示される化合物に適宜変更する以外は、実施例 2 と同様の方法により実施例 3 乃至 20、比較例 1 乃至 7 の有機発光素子を作製した。得られた有機発光素子について実施例 2 と同様に特性を測定・評価した。測定の結果を表 3、表 4 に示す。

## 【0183】

尚、第二発光層にアシスト材料が含まれる場合、質量比は第二ホスト：アシスト材料：第三金属錯体 = 55 : 30 : 15 になるように調整した。

40

## 【0184】

50

【表 3】

	EBL	第一発光層			第二発光層			HBL	E. Q. E [%]	輝度劣化比
		第一ホスト	第二金属錯体またはゲスト (T1[eV])	第一金属錯体 (T1[eV])	第二ホスト	ゲスト	第三金属錯体 (T1[eV])			
実施例 3	HT19	EM10	JJ19 (2.3eV)	HH1 (2.0eV)	EM14	None	AA2 (2.4eV)	ET12	19	1.8
実施例 4	HT15	EM10	JJ19 (2.3eV)	HH19 (2.0eV)	EM14	EM29	AA2 (2.4eV)	ET12	20	2.4
実施例 5	HT15	EM13	JJ4 (2.3eV)	HH1 (2.0eV)	EM14	EM30	CC2 (2.4eV)	ET11	22	2.4
実施例 6	HT19	EM11	JJ4 (2.3eV)	HH1 (2.0eV)	EM14	None	CC22 (2.4eV)	ET11	19	1.8
実施例 7	HT19	EM14	AA1 (2.3eV)	HH19 (2.0eV)	EM11	None	DD2 (2.4eV)	ET11	19	1.8
実施例 8	HT19	EM13	AA21 (2.3eV)	HH19 (2.0eV)	EM11	None	DD2 (2.4eV)	ET11	18	1.8
実施例 9	HT19	EM14	CC1 (2.3eV)	II9 (2.0eV)	EM10	None	DD7 (2.4eV)	ET12	19	1.8
実施例 10	HT15	EM14	AA21 (2.3eV)	II8 (2.0eV)	EM14	EM30	DD30 (2.4eV)	ET12	23	2.4
実施例 11	HT19	EM10	JJ4 (2.3eV)	II9 (2.0eV)	EM14	None	JJ2 (2.4eV)	ET12	19	1.8
実施例 12	HT15	EM11	JJ4 (2.3eV)	II9 (2.0eV)	EM14	None	JJ14 (2.4eV)	ET11	18	1.8
実施例 13	HT19	EM13	FF11 (2.3eV)	II8 (2.0eV)	EM14	None	JJ17 (2.4eV)	ET12	18	1.8
実施例 14	HT15	EM39	AA21 (2.3eV)	RD3 (2.0eV)	EM41	None	JJ20 (2.4eV)	ET12	17	1.7

【 0 1 8 5 】

10

20

30

40

50

【表 4】

	EBL	第一発光層			第二発光層			HBL	E. Q. E [%]	輝度劣化比
		第一ホスト	第二金属錯体 または ゲスト (T1[eV])	第一金属錯体 (T1[eV])	第二ホスト	ゲスト	第三金属錯体 (T1[eV])			
実施例 15	HT15	EM34	CC1 (2.3eV)	RD7 (2.0eV)	EM14	None	GD20 (2.4eV)	ET11	19	1.7
実施例 16	HT19	EM35	BB21 (2.3eV)	RD7 (2.0eV)	EM39	None	GD11 (2.4eV)	ET12	19	1.7
実施例 17	HT19	EM34	CC21 (2.3eV)	RD10 (2.0eV)	EM37	EM30	JJ19 (2.3eV)	ET12	21	2.1
実施例 18	HT19	EM13	JJ19 (2.3eV)	II9 (2.0eV)	EM39	EM30	JJ19 (2.3eV)	ET11	20	2.3
実施例 19	HT19	EM14	JJ19 (2.3eV)	II8 (2.0eV)	EM14	EM31	JJ4 (2.3eV)	ET12	22	2.8
実施例 20	HT19	EM43	JJ4 (2.3eV)	II9 (2.0eV)	EM39	EM31	GD11 (2.3eV)	ET11	20	1.8
比較例 1	HT19	EM42	EM43	GD10 (2.4eV)	EM42	EM47	RD7 (2.0eV)	ET11	18	1.0
比較例 2	HT19	EM45	None	BD9 (2.7eV)	EM46	None	BD9 (2.7eV)	ET11	7	0.3
比較例 3	HT19	EM47	None	GD10 (2.4eV)	EM47	BD9 (2.6eV)	GD10 (2.4eV)	ET11	12	0.8
比較例 4	HT19	EM14	None	HH1 (2.0eV)	EM14	None	AA2 (2.4eV)	ET12	15	1.3
比較例 5	HT19	EM10	JJ1 (2.3eV)	II9 (2.0eV)	EM14	EM30	BD9 (2.7eV)	ET11	15	1.1
比較例 6	HT19	EM10	EM29	GD10 (2.4eV)	EM11	None	RD7 (2.0eV)	ET11	13	1.4
比較例 7	HT19	EM45	GD10 (2.4eV)	RD7 (2.0eV)	EM45	RD7 (2.0eV)	GD10 (2.4eV)	ET11	8	1.3

10

20

30

## 【0186】

表 3、表 4 より、比較例 1 乃至 7 の E. Q. E. は、それぞれ 18%、7%、12%、15%、15%、13%、8%であった。また、比較例 1 乃至 7 の輝度劣化比は、それぞれ 1.0、0.3、0.8、1.3、1.1、1.4、1.3であった。これらは、第一発光層と第二発光層の間のキャリア移動及び三重項エネルギーのエネルギー移動が起こりにくいため、発光特性、及び耐久特性に優れないと考えられる。

40

一方、本発明に係る有機発光素子は、優れた発光効率と、優れた素子寿命を示した。これは、本発明に係る積層発光層が、キャリアとエネルギー移動し易い関係性にあるためである。

## 【0187】

さらに、本発明の積層発光層との組み合わせに適したホスト材料や発光材料を選択することで、特に素子寿命に優れた有機発光素子を得ることができた。

## 【0188】

50

以上より、本発明に係る有機化合物を用いることにより、発光効率と素子寿命に優れた有機発光素子を提供することができる。

【0189】

(実施例21)

実施例2において、第一発光層の膜厚を10nmに変更した以外は、実施例2と同様の方法により有機発光素子を作製した。得られた有機発光素子について実施例2と同様に特性を測定・評価した。最大外部量子効率(EQE)は16%であり、輝度劣化比は2.0であった。

【0190】

(実施例22)

実施例2において、第一発光層の膜厚を10nmに変更し、第二発光層の膜厚を10nmに変更した以外は、実施例2と同様の方法により有機発光素子を作製した。得られた有機発光素子について実施例2と同様に特性を測定・評価した。最大外部量子効率(EQE)は18%であり、輝度劣化比は1.8であった。

【0191】

(実施例23)

実施例2において、第一発光層の質量比をEM10:AA1:HH1=81:15:4に変更し、第二発光層の質量比をEM14:AA2=85:15に変更した以外は、実施例2と同様の方法により有機発光素子を作製した。得られた有機発光素子について実施例2と同様に特性を測定・評価した。最大外部量子効率(EQE)は16%であり、輝度劣化比は2.0であった。

【0192】

(実施例24)

実施例2において、第一発光層の質量比をEM10:AA1:HH1=75:20:5に変更し、第二発光層の質量比をEM14:AA2=95:5に変更した以外は、実施例2と同様の方法により有機発光素子を作製した。得られた有機発光素子について実施例2と同様に特性を測定・評価した。最大外部量子効率(EQE)は14%であり、輝度劣化比は2.2であった。

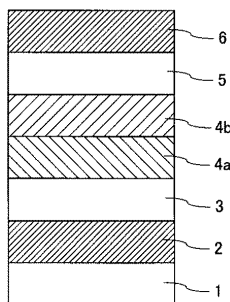
【符号の説明】

【0193】

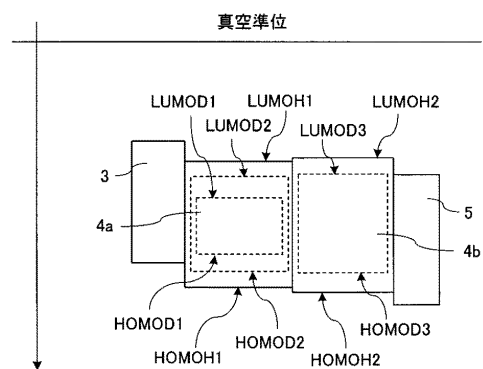
2:陽極、4a:第一発光層、4b:第二発光層、6:陰極、10:表示装置、18:トランジスタ、1000:表示装置、1100:撮像装置、1200:電子機器、1201:表示部、1203:筐体、1300:表示装置、1310:表示装置、1313:筐体、1400:照明装置、1401:筐体、1402:光源、1404:光学フィルタ、1405:光拡散部、1708:露光光源

【図面】

【図1】



【図2】



10

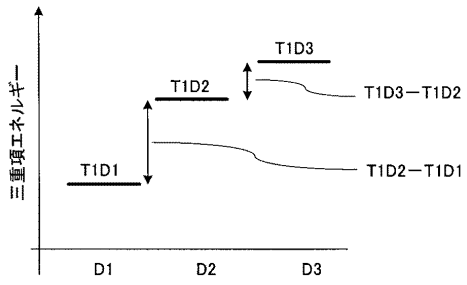
20

30

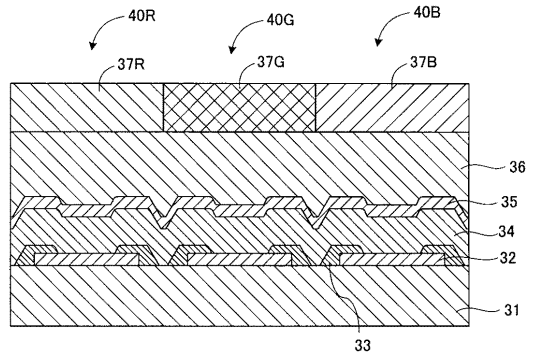
40

50

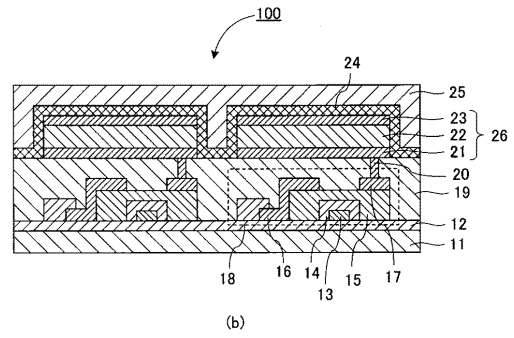
【 図 3 】



【 図 4 】

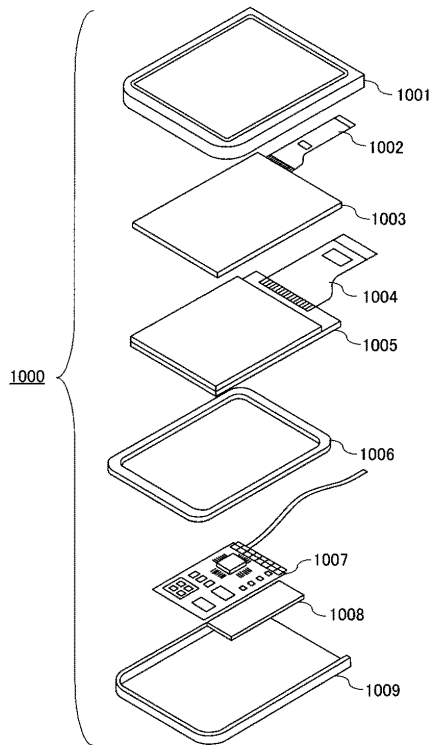


10

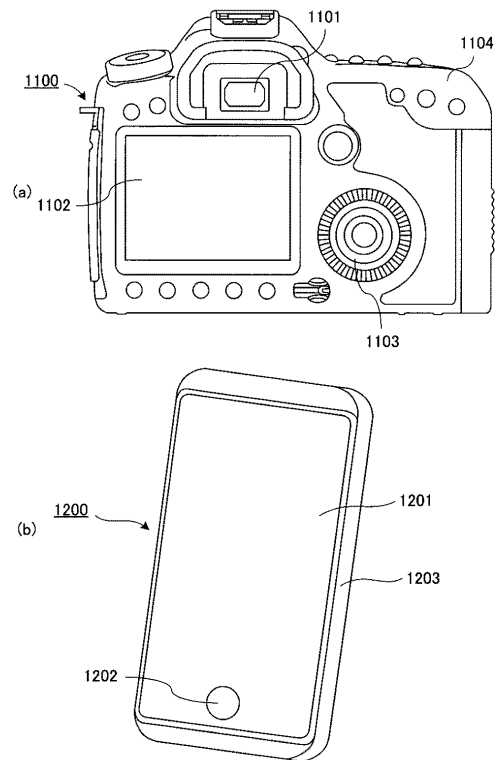


20

【 図 5 】



【 図 6 】

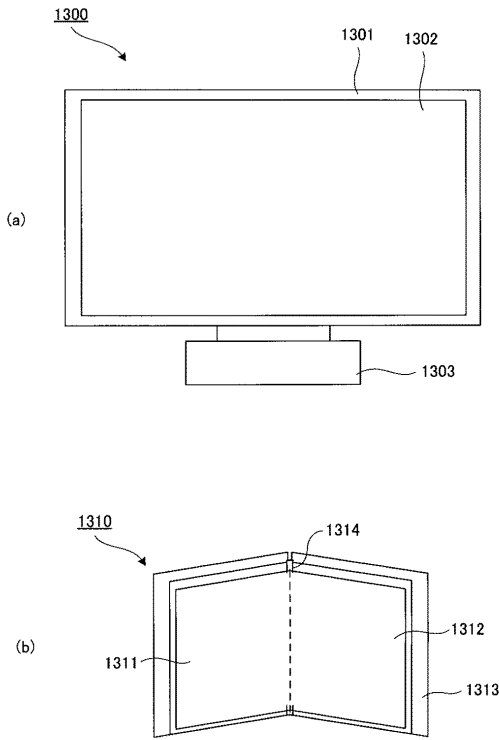


30

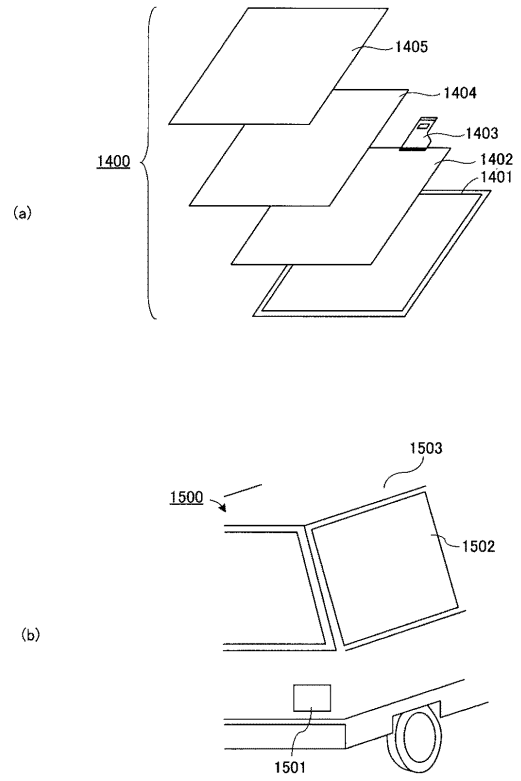
40

50

【 図 7 】



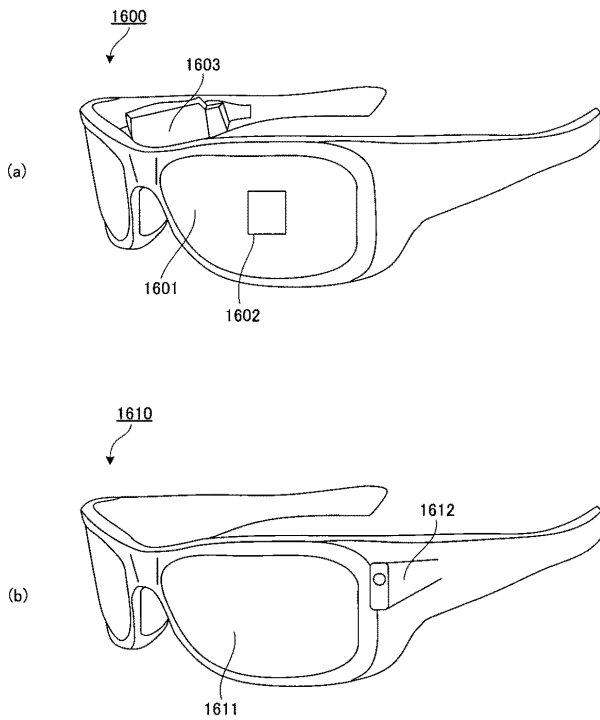
【 図 8 】



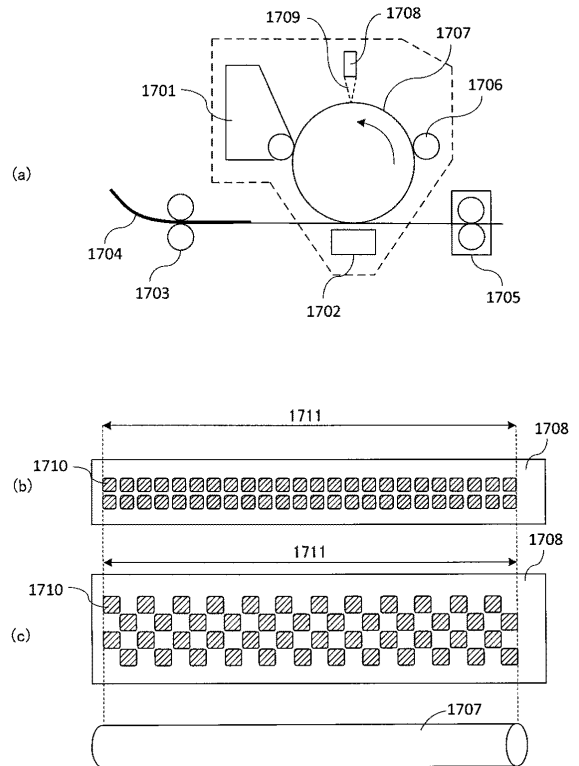
10

20

【 図 9 】



【 図 10 】



30

40

50

## フロントページの続き

(51)国際特許分類	F I	テーマコード (参考)
<b>C 0 9 K 11/06 (2006.01)</b>	C 0 9 K 11/06	6 9 0
<b>F 2 1 S 2/00 (2016.01)</b>	F 2 1 S 2/00	4 8 2
<b>F 2 1 S 43/145 (2018.01)</b>	F 2 1 S 43/145	
<b>F 2 1 W 103/00 (2018.01)</b>	F 2 1 W 103:00	
<b>F 2 1 Y 115/15 (2016.01)</b>	F 2 1 Y 115:15	

キヤノン株式会社内

(72)発明者 山田 直樹

東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤノン株式会社内

Fターム (参考) 3K107 AA01 BB01 BB02 BB04 BB08 CC06 CC21 DD51 DD53 DD58  
DD64 DD67 DD68 EE03 EE21 EE28 FF14 FF19 FF20  
3K244 AA05 BA01 CA02 DA03 GA02 GA04  
5C094 AA31 BA03 BA27 CA19 DA13 FB01 HA08