

(19)日本国特許庁(JP)

(12)公開特許公報(A)

(11)公開番号

特開2024-3550  
(P2024-3550A)

(43)公開日 令和6年1月15日(2024.1.15)

(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	5 C 0 9 4
H 0 5 B 33/12 (2006.01)	H 0 5 B 33/12	C 5 G 4 3 5
G 0 9 F 9/30 (2006.01)	G 0 9 F 9/30	3 6 5
C 0 9 K 11/06 (2006.01)	C 0 9 K 11/06	6 6 0
審査請求 未請求 請求項の数 24 O L (全92頁) 最終頁に続く		

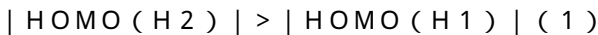
(21)出願番号	特願2022-102760(P2022-102760)	(71)出願人	000001007 キャノン株式会社 東京都大田区下丸子3丁目30番2号
(22)出願日	令和4年6月27日(2022.6.27)	(74)代理人	100126240 弁理士 阿部 琢磨
		(74)代理人	100223941 弁理士 高橋 佳子
		(74)代理人	100159695 弁理士 中辻 七朗
		(74)代理人	100172476 弁理士 富田 一史
		(74)代理人	100126974 弁理士 大朋 靖尚
		(72)発明者	西出 洋祐 東京都大田区下丸子3丁目30番2号 最終頁に続く

(54)【発明の名称】 有機発光素子およびそれを用いた表示装置

(57)【要約】

【課題】素子耐久に優れた有機発光素子を提供する。

【解決手段】第一電極と第二電極と、前記第一電極と前記第二電極との間に配置される有機化合物層と、を有する有機発光素子であって、前記有機化合物層は発光層を有し、前記発光層は、少なくとも第一の有機化合物、第二の有機化合物、および燐光を発する発光性化合物を有し、前記第一の有機化合物および前記第二の有機化合物の最低励起三重項エネルギーは、前記発光性化合物の最低励起三重項エネルギーよりも高く、前記第一の有機化合物および前記第二の有機化合物は、自由回転可能な単結合がすべて炭素-炭素結合であり、式(1)の関係を満たすことを特徴とする有機発光素子。



【選択図】なし

## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

第一電極と第二電極と、

前記第一電極と前記第二電極との間に配置される有機化合物層と、を有する有機発光素子であって、

前記有機化合物層は発光層を有し、

前記発光層は、少なくとも第一の有機化合物、第二の有機化合物、および燐光を発する発光性化合物を有し、

前記第一の有機化合物および前記第二の有機化合物の最低励起三重項エネルギーは、前記発光性化合物の最低励起三重項エネルギーよりも高く、

10

前記第一の有機化合物は、自由回転可能な単結合がすべて炭素 - 炭素結合であり、

式 (1) および (2) の関係を満たすことを特徴とする有機発光素子。

$$| \text{HOMO}(\text{H}2) | > | \text{HOMO}(\text{H}1) | \quad (1)$$

式 (1) において、 $\text{HOMO}(\text{H}1)$  および  $\text{HOMO}(\text{H}2)$  はそれぞれ前記第一の有機化合物の  $\text{HOMO}$  と前記第二の有機化合物の  $\text{HOMO}$  を表す。

## 【請求項 2】

前記有機発光素子において、式 (2) の関係を更に満たすことを特徴とする請求項 1 に記載の有機発光素子。

$$| \text{LUMO}(\text{H}2) | > | \text{LUMO}(\text{D}) | \quad (2)$$

式 (2) において、 $\text{LUMO}(\text{H}2)$  および  $\text{LUMO}(\text{D})$  はそれぞれ前記第二の有機化合物の  $\text{LUMO}$  と前記発光性化合物の  $\text{LUMO}$  を表す。

20

## 【請求項 3】

前記有機発光素子において、式 (3) の関係を更に満たすことを特徴とする請求項 1 に記載の有機発光素子。

$$| \text{LUMO}(\text{H}1) | > | \text{LUMO}(\text{D}) | \quad (3)$$

式 (3) において、 $\text{LUMO}(\text{H}1)$  は前記第一の有機化合物の  $\text{LUMO}$  を表す。

## 【請求項 4】

前記有機発光素子において、式 (4) の関係を更に満たすことを特徴とする請求項 1 に記載の有機発光素子。

$$| \text{LUMO}(\text{H}1) | > | \text{LUMO}(\text{H}2) | \quad (4)$$

30

## 【請求項 5】

前記有機発光素子において、式 (5) の関係を更に満たすことを特徴とする請求項 1 に記載の有機発光素子。

$$| \text{HOMO}(\text{D}) | > | \text{HOMO}(\text{H}1) | \quad (5)$$

式 (5) において、 $\text{HOMO}(\text{D})$  および  $\text{HOMO}(\text{H}1)$  はそれぞれ前記発光性化合物の  $\text{HOMO}$  と前記第一の有機化合物の  $\text{HOMO}$  を表す。

## 【請求項 6】

前記有機発光素子において、式 (2) および (3) の関係を更に満たすことを特徴とする請求項 1 に記載の有機発光素子。

$$| \text{LUMO}(\text{H}2) | > | \text{LUMO}(\text{D}) | \quad (2)$$

40

$$| \text{LUMO}(\text{H}1) | > | \text{LUMO}(\text{D}) | \quad (3)$$

## 【請求項 7】

前記有機発光素子において、式 (2) および (4) の関係を更に満たすことを特徴とする請求項 1 に記載の有機発光素子。

$$| \text{LUMO}(\text{H}2) | > | \text{LUMO}(\text{D}) | \quad (2)$$

$$| \text{LUMO}(\text{H}1) | > | \text{LUMO}(\text{H}2) | \quad (4)$$

## 【請求項 8】

前記有機発光素子において、式 (2) 乃至 (4) の関係を更に満たすことを特徴とする請求項 1 に記載の有機発光素子。

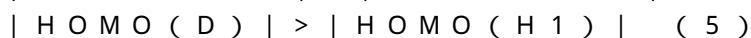
$$| \text{LUMO}(\text{H}2) | > | \text{LUMO}(\text{D}) | \quad (2)$$

50



## 【請求項 9】

前記有機発光素子において、式(3)乃至(5)の関係を更に満たす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 10】

前記第一の有機化合物において、自由回転可能な単結合がすべてsp<sup>2</sup>炭素同士の結合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。 10

## 【請求項 11】

前記第二の有機化合物において、自由回転可能な単結合がすべて炭素-炭素結合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。

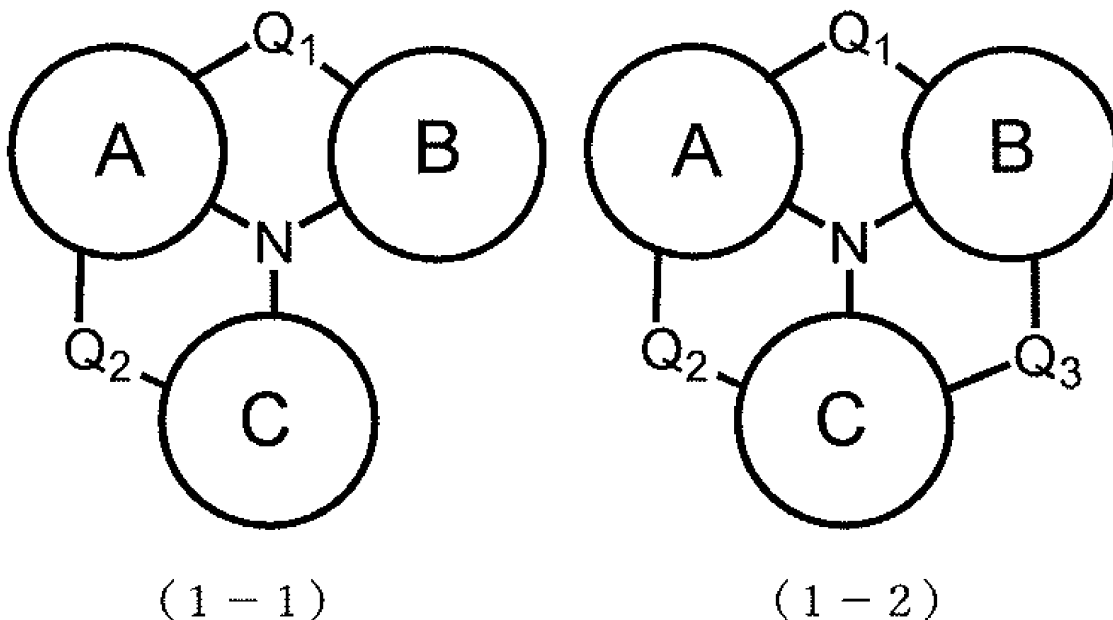
## 【請求項 12】

前記第二の有機化合物において、自由回転可能な単結合がすべてsp<sup>2</sup>炭素同士の結合であることを特徴とする請求項11に記載の有機発光素子。

## 【請求項 13】

前記第一の有機化合物が、一般式(1-1)または(1-2)で表される骨格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。 20

## 【化 1】



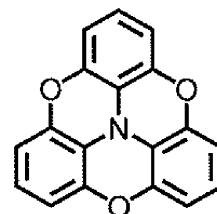
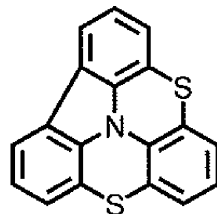
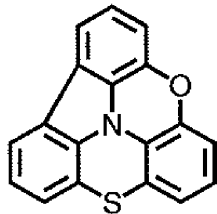
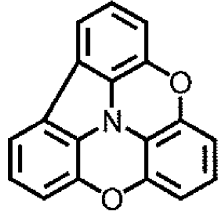
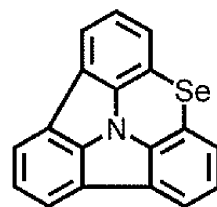
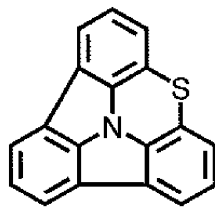
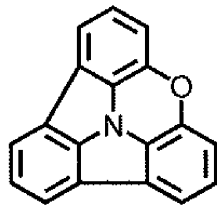
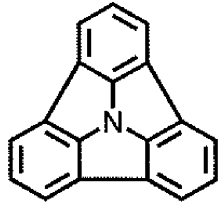
30

一般式(1-1)および(1-2)において、環状ユニットA乃至Cは、置換または無置換のアリール基、または、置換または無置換のヘテロアリール基からそれぞれ独立して選択される。Q<sub>1</sub>乃至Q<sub>3</sub>は、直接結合、C(R<sub>A</sub>)(R<sub>B</sub>)、N(R<sub>C</sub>)、酸素原子、硫黄原子、セレン原子、テルル原子からそれぞれ独立して選択される。R<sub>A</sub>乃至R<sub>C</sub>は、水素原子、重水素原子、ハロゲン原子、置換または無置換のアルキル基、置換または無置換のアルコキシ基、置換または無置換のアリール基、または、置換または無置換のヘテロアリール基からそれぞれ独立して選択される。R<sub>C</sub>は隣の環状ユニットA乃至Cと互いに環を形成する。 40

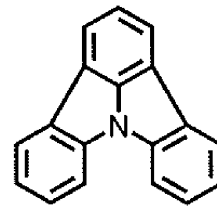
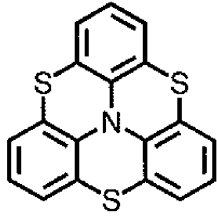
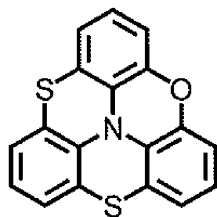
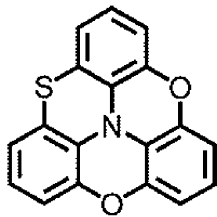
## 【請求項 14】

前記第一の有機化合物が、以下の構造式で表される骨格を有することを特徴とする請求項13に記載の有機発光素子。 50

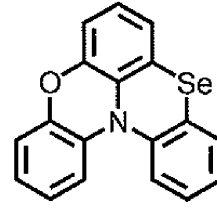
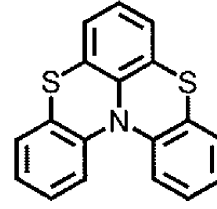
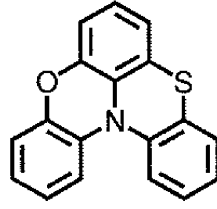
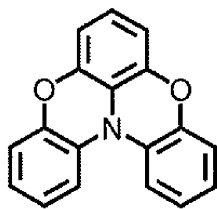
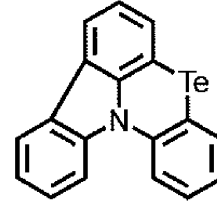
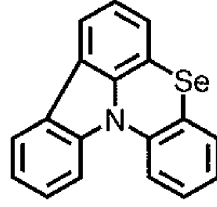
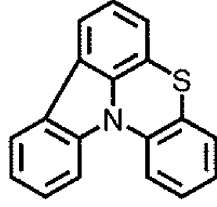
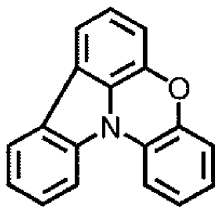
## 【化 2】



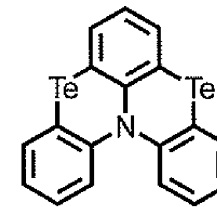
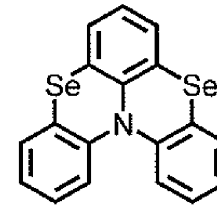
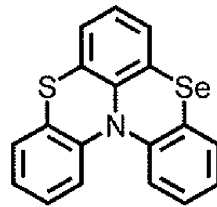
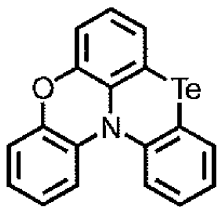
10



20



30

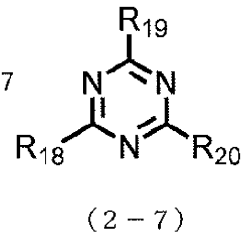
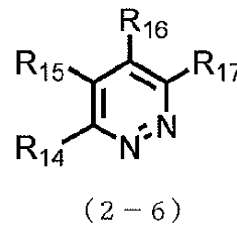
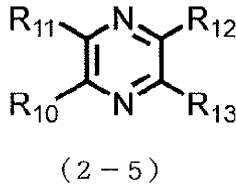
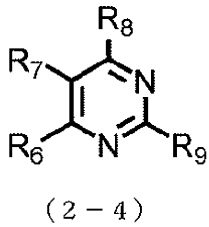
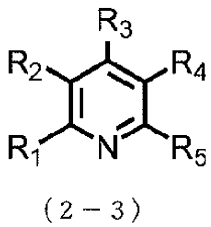
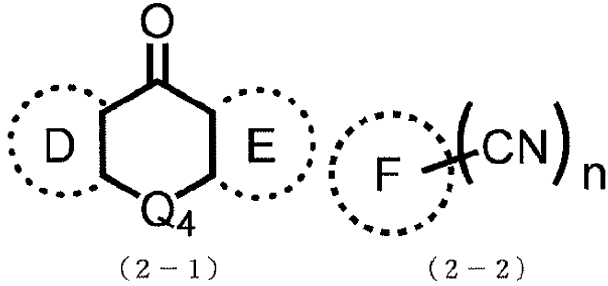


40

## 【請求項 15】

前記第二の有機化合物が、一般式(2-1)乃至(2-7)で表される骨格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。

## 【化 3】



10

一般式(2-1)および(2-2)において、環状ユニットD乃至Fは、置換または無置換のアリール基、または、置換または無置換のヘテロアリール基からそれぞれ独立して選択される。Q<sub>4</sub>は、直接結合、C(R<sub>D</sub>)(R<sub>E</sub>)、酸素原子、硫黄原子、セレン原子、テルル原子からそれぞれ独立に選ばれる。R<sub>D</sub>およびR<sub>E</sub>は、水素原子、重水素原子、ハロゲン原子、置換または無置換のアルキル基、置換または無置換のアルコキシ基、置換または無置換のアリール基、または、置換または無置換のヘテロアリール基からそれぞれ独立して選択される。nは1乃至5のいずれかの整数である。

20

一般式(2-3)乃至(2-7)において、R<sub>1</sub>乃至R<sub>20</sub>は水素原子、重水素原子、ハロゲン原子、置換または無置換のアルキル基、または、置換または無置換のアリール基からそれぞれ独立して選択される。R<sub>1</sub>乃至R<sub>20</sub>のうち、互いに隣り合う置換基同士が結合し、縮合環を形成してもよい。

## 【請求項16】

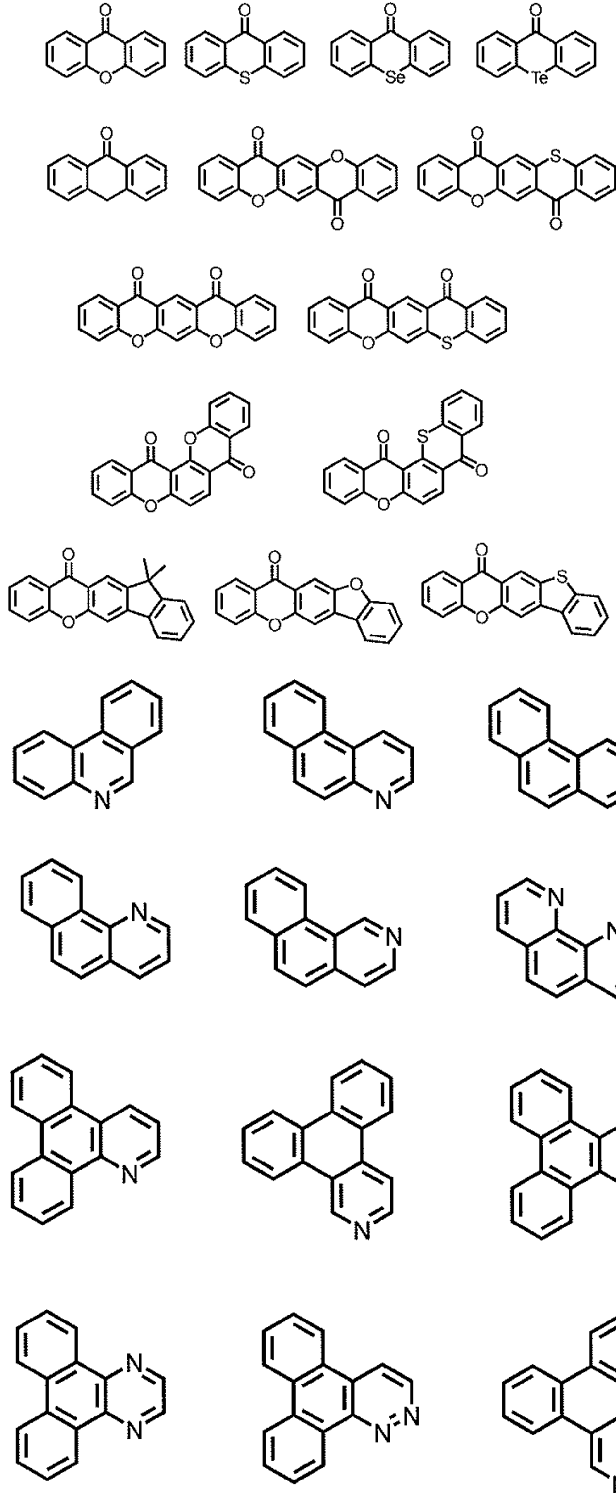
前記第二の有機化合物が、以下の構造式で表される骨格を有することを特徴とする請求項15に記載の有機発光素子。

30

40

50

## 【化 4】



10

20

30

40

## 【請求項 17】

前記有機化合物層は、複数層から構成され、  
 前記複数層は少なくとも発光層と発光層とは異なる第二の層から構成され、  
 前記第二の層は、少なくとも1つの有機化合物を含有し、  
 前記有機化合物の最低励起三重項エネルギーは、前記第一の有機化合物および前記第二の有機化合物の最低励起三重項エネルギーよりも高い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 18】

前記発光層は第一の発光層であり、

50

前記第一の発光層と前記第一電極との間、または、前記第一の発光層と前記第二電極との間に、前記第一の発光層と異なる第二の発光層を更に有し、

前記第二の発光層は、前記第一の発光層が発する光とは異なる色の光を発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 19】

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 18 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。

【請求項 20】

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 18 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光電変換装置。

【請求項 21】

請求項 1 乃至 18 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。

【請求項 22】

請求項 1 乃至 18 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ムと、を有することを特徴とする照明装置。

【請求項 23】

請求項 1 乃至 18 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 24】

感光体と、前記感光体を露光する露光光源と、を有し、

前記露光光源は、請求項 1 乃至 18 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画像形成装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、有機発光素子およびそれを用いた表示装置に関する。

【背景技術】

【0002】

有機エレクトロルミネッセンス素子（以下、「有機発光素子」あるいは「有機 EL 素子」と称することがある）は、一对の電極とこれら電極間に配置される有機化合物層とを有する電子素子である。これら一对の電極から電子および正孔を注入することにより、有機化合物層中の発光性有機化合物の励起子を生成し、該励起子が基底状態に戻る際に、有機発光素子は光を放出する。

【0003】

有機発光素子の最近の進歩は著しく、低駆動電圧、多様な発光波長、高速応答性、発光素子の薄型化・軽量化が可能である。

【0004】

有機発光素子の高効率化に関しては燐光発光材料や遅延蛍光材料等の材料を用いることが知られている。いずれの材料においても、三重項励起状態を経由した発光メカニズムを有するために、三重項励起状態から高次の励起状態への遷移したエネルギーによる材料の劣化が起こることが知られている。三重項状態を利用した材料を用いた有機発光素子では、有機発光素子の素子耐久の改善が求められている。

【0005】

特許文献 1 には、素子耐久を改善する構成として、発光層ホストに対して、HOMO と LUMO の準位がそれぞれ異なる 2 種の発光材料を含む 3 元蛍光発光層が記載されている

10

20

30

40

50



【図3】(a)本発明の一実施形態に係る撮像装置の一例を表す模式図である。(b)本発明の一実施形態に係る電子機器の一例を表す模式図である。

【図4】(a)本発明の一実施形態に係る表示装置の一例を表す模式図である。(b)折り曲げ可能な表示装置の一例を表す模式図である。

【図5】(a)本発明の一実施形態に係る照明装置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車両用灯具を有する自動車の一例を示す模式図である。

【図6】(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7】(a)本発明の一実施形態に係る画像形成装置の一例を表す模式図である。(b)本発明の一実施形態に係る画像形成装置の露光光源の一例を表す模式図である。(c)本発明の一実施形態に係る画像形成装置の露光光源の一例を表す模式図である。

【発明を実施するための形態】

【0012】

本明細書において、ハロゲン原子としては、例えば、フッ素、塩素、臭素、ヨウ素等が挙げられるが、これらに限定されるものではない。これらのうちでもフッ素原子が好ましい。

【0013】

アルキル基としては、炭素数1以上20以下のアルキル基であってよい。例えば、メチル基、エチル基、ノルマルプロピル基、イソプロピル基、ノルマルブチル基、ターシャリーブチル基、セカンダリーブチル基、オクチル基、シクロヘキシル基、1-アダマンチル基、2-アダマンチル基等が挙げられるが、これらに限定されるものではない。

【0014】

アルコキシ基としては、炭素数1以上10以下のアルコキシ基であってよい。例えば、メトキシ基、エトキシ基、プロポキシ基、2-エチル-オクチルオキシ基、ベンジルオキシ基等が挙げられるが、これらに限定されるものではない。

【0015】

シリル基としては、例えば、トリメチルシリル基、トリフェニルシリル基等が挙げられるが、これらに限定されるものではない。

【0016】

アリール基としては、炭素数6以上20以下のアリール基であってよい。例えば、フェニル基、ナフチル基、インデニル基、ピフェニル基、ターフェニル基、フルオレニル基、フェナントリル基、フルオランテニル基、トリフェニレニル基等が挙げられるが、これらに限定されるものではない。

【0017】

ヘテロアリール基としては、炭素数3以上20以下のヘテロアリール基であってよい。例えば、ピリジル基、ピリミジル基、ピラジル基、トリアゾリル基、オキサゾリル基、オキサジアゾリル基、チアゾリル基、チアジアゾリル基、カルバゾリル基、アクリジニル基、フェナントロリル基、ジベンゾフラニル基、ジベンゾチオフェニル基等が挙げられるが、これらに限定されるものではない。

【0018】

アミノ基としては、例えば、N-メチルアミノ基、N-エチルアミノ基、N,N-ジメチルアミノ基、N,N-ジエチルアミノ基、N-メチル-N-エチルアミノ基、N-ベンジルアミノ基、N-メチル-N-ベンジルアミノ基、N,N-ジベンジルアミノ基、アニリノ基、N,N-ジフェニルアミノ基、N,N-ジナフチルアミノ基、N,N-ジフルオレニルアミノ基、N-フェニル-N-トリルアミノ基、N,N-ジトリルアミノ基、N-メチル-N-フェニルアミノ基、N,N-ジアニソリルアミノ基、N-メシチル-N-フェニルアミノ基、N,N-ジメシチルアミノ基、N-フェニル-N-(4-ターシャリーブチルフェニル)アミノ基、N-フェニル-N-(4-トリフルオロメチルフェニル)アミノ基、N-ピペリジル基、カルバゾリル基等が挙げられるが、これらに限定されるもので

はない。

【0019】

アリールオキシ基、ヘテロアリールオキシ基としては、例えば、フェノキシ基、チエニルオキシ基等が挙げられるが、これらに限定されるものではない。

【0020】

アルキル基、アルコキシ基、シリル基、アリール基、ヘテロアリール基、アミノ基、アリールオキシ基、ヘテロアリールオキシ基がさらに有してもよい置換基としては、例えば、重水素原子；フッ素、塩素、臭素、ヨウ素等のハロゲン原子；メチル基、エチル基、ノルマルプロピル基、イソプロピル基、ノルマルブチル基、ターシャリーブチル基等のアルキル基；メトキシ基、エトキシ基、プロポキシ基等のアルコキシ基；ジメチルアミノ基、ジエチルアミノ基、ジベンジルアミノ基、ジフェニルアミノ基、ジトリルアミノ基等のアミノ基；フェノキシ基等のアリールオキシ基；フェニル基、ピフェニル基等の芳香族炭化水素基；ピリジル基、ピロリル基等のヘテロアリール基；シアノ基、ヒドロキシ基、チオール基等が挙げられるが、これらに限定されるものではない。

10

【0021】

本明細書において、HOMO(H1)、HOMO(H2)、HOMO(D)はそれぞれ、第一の有機化合物のHOMO準位、第二の有機化合物のHOMO準位、発光性化合物のHOMO準位を表す。LUMO(H1)、LUMO(H2)、LUMO(D)はそれぞれ、第一の有機化合物のLUMO準位、第二の有機化合物のLUMO準位、発光性化合物のLUMO準位を表す。また、例えば、 $|HOMO(H1)|$ と記載した場合、第一の有機化合物のHOMO準位の絶対値を表す。

20

【0022】

(1)有機発光素子

本発明に係る有機発光素子は、第一電極と第二電極と、前記第一電極と前記第二電極との間に配置される有機化合物層と、を有する有機発光素子であって、前記有機化合物層は発光層を有し、前記発光層は、少なくとも第一の有機化合物、第二の有機化合物、および燐光を発する発光性化合物を有し、前記第一の有機化合物および前記第二の有機化合物の最低励起三重項エネルギーは、前記発光性化合物の最低励起三重項エネルギーよりも高く、前記第一の有機化合物は、自由回転可能な単結合がすべて炭素-炭素結合であり、式(1)の関係を満たすことを特徴とする。

30

$$|HOMO(H2)| > |HOMO(H1)| \quad (1)$$

本発明に係る有機発光素子の発光層は、以下の構成を有する。

【0023】

(1-1)発光層は、少なくとも第一の有機化合物、第二の有機化合物、および発光性化合物を有する。

(1-2)第一の有機化合物および第二の有機化合物の最低励起三重項エネルギーは、発光性化合物の最低励起三重項エネルギーよりも高い。

(1-3)第一の有機化合物は、自由回転可能な単結合がすべて炭素-炭素結合である。

(1-4)第一の有機化合物および第二の有機化合物が、 $|HOMO(H2)| > |HOMO(H1)|$ を満たす。

40

以下、これらの構成について説明する。

【0024】

(1-1)発光層は、少なくとも第一の有機化合物、第二の有機化合物、および発光性化合物を有する。

【0025】

本発明に係る有機発光素子は、発光層に少なくとも第一の有機化合物、第二の有機化合物、および発光性化合物を有する。ここで、発光層に第一の有機化合物と第二の有機化合物を有することの効果について、表1を用いて説明する。

【0026】

表1に発光層の構成と素子耐久を示す。素子耐久は、比較例Bの素子耐久を1.0とし

50

たときの値である。

【表 1】

表 1

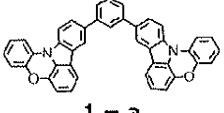
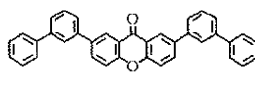
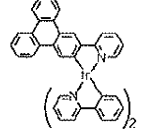

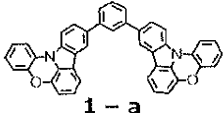
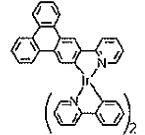

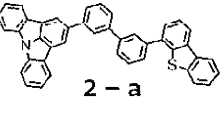
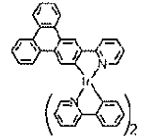

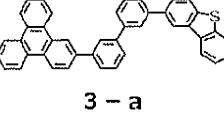
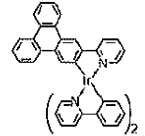

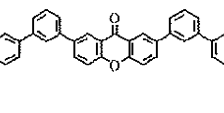
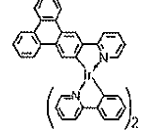

		第一の有機化合物	第二の有機化合物	発光性化合物	素子耐久
本発明 A	分子構造	 1-a		 (  <sub>2</sub> )	1.9
	LUMO	-2.72	-3.33	-3.04	
比較例 A	分子構造	 1-a	/	 (  <sub>2</sub> )	0.6
	LUMO	-2.72		-3.04	
比較例 B	分子構造	 2-a	/	 (  <sub>2</sub> )	1.0
	LUMO	-2.96		-3.04	
比較例 C	分子構造	 3-a	/	 (  <sub>2</sub> )	0.9
	LUMO	-2.92		-3.04	
比較例 D	分子構造	 2-a	/	 (  <sub>2</sub> )	0.7
	LUMO	-3.33		-3.04	

表 1 において、比較例 A 乃至 C は、いずれも発光性化合物の L U M O 準位の絶対値が最も小さい素子構成である。電子は、L U M O 準位の絶対値が小さい化合物にトラップされやすいため、比較例 A 乃至 C の素子構成では、発光性化合物に電子がトラップされやすくなる。詳細は後述するが、発光性化合物が電子または正孔をトラップしやすい場合、励起子生成が発光性化合物上に集中しやすくなるため、素子耐久が低下しやすい。

【 0 0 2 7 】

また、比較例 D は、第一の有機化合物の L U M O 準位の絶対値が最も大きい素子構成であるが、素子耐久は低い値であった。有機化合物は、L U M O 準位の絶対値が大きい時、H O M O 準位の絶対値も大きい値を示す傾向があるため、第一の有機化合物の H O M O 準位の絶対値は大きい値を示す。正孔は、H O M O 準位の絶対値が小さい化合物にトラップされやすいが、比較例 D の素子構成の場合、第一の有機化合物の H O M O 準位の絶対値が大きいので、発光層へ正孔が注入されにくい。したがって、発光層内での電子と正孔のキャリアバランスが崩れるため、発光層内に残存しているキャリアによって、素子耐久が低下する。

【 0 0 2 8 】

一方、本発明 A は、第二の有機化合物の L U M O 準位の絶対値が最も大きいため、発光性化合物に電子がトラップされにくい。また、第一の有機化合物の L U M O 準位の絶対値

10

20

30

40

50

が最も小さいため、第一の有機化合物のHOMO準位の絶対値も低い値を示す。そのため、発光層へ正孔が注入されやすい。したがって、発光層に第一の有機化合物と第二の有機化合物を有することで、電子と正孔のキャリアバランスを整えることができるため、素子耐久が向上する。なお、実施例に、表1に記載の有機化合物のHOMO準位とLUMO準位を記載している。

【0029】

(1-2) 第一の有機化合物および第二の有機化合物の最低励起三重項エネルギーは、発光性化合物の最低励起三重項エネルギーよりも高い。

【0030】

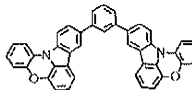
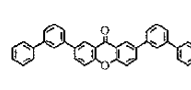
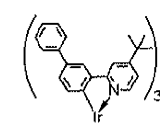
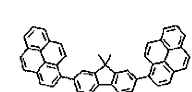
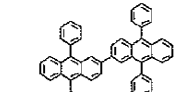
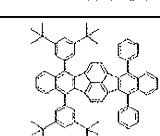
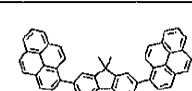
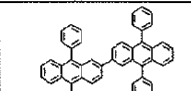
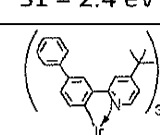
有機発光素子の発光効率を向上させるためには、発光性化合物の最低励起三重項エネルギー(T1)を効率よく発光に用いる必要がある。そのためには、発光層内において、発光性化合物のT1が最も低いT1を有する必要がある。本発明に係る有機発光素子は、第一の有機化合物のT1および第二の有機化合物のT1が、発光性化合物のT1よりも高い。換言すると、発光性化合物のT1が第一の有機化合物および第二の有機化合物のT1よりも低い。

【0031】

表2に、発光層の構成と外部量子収率(EQE)を示す。比較例aは、特許文献1に記載の有機発光素子である。

【表2】

表2

		第一の有機化合物	第二の有機化合物	発光性化合物	発光色	E.Q.E.
本発明B	分子構造				緑	2.5
	エネルギー準位	T1 = 2.8 eV	T1 = 2.8 eV	T1 = 2.4 eV		
比較例E	分子構造				緑	1.0
	エネルギー準位	T1 = 2.0 eV	T1 = 1.9 eV	S1 = 2.4 eV		
比較例F	分子構造				-	<0.1
	エネルギー準位	T1 = 2.0 eV	T1 = 1.9 eV	T1 = 2.4 eV		

比較例Eは、発光性化合物が蛍光を発する発光性化合物であり、T1の大半は熱失活として失われてしまうため、EQEが低い。また、比較例Fは、発光性化合物が燐光を発する発光性化合物であり、そのT1が第一の有機化合物および第二の有機化合物のT1より高い有機発光素子である。比較例Fの有機発光素子は、発光性化合物のT1が最も低い構成ではないため、発光性化合物のT1を効率よく用いることができない。そのため、EQEが低い。

【0032】

一方、本発明の一実施形態である本発明Bは、発光性化合物が燐光を発する発光性化合物であり、そのT1は、第一の有機化合物および第二の有機化合物のT1よりも低い。そのため、発光性化合物のT1を効率よく発光に用いることができるため、EQEが高い。したがって、本発明に係る有機発光素子は、発光性化合物のT1が、第一の有機化

10

20

30

40

50

合物および第二の有機化合物の T 1 よりも低いため、高い発光効率を有する有機発光素子である。

【 0 0 3 3 】

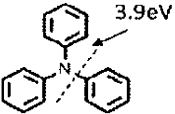
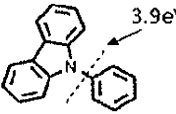
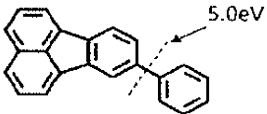
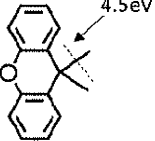
( 1 - 3 ) 第一の有機化合物は、自由回転可能な単結合がすべて炭素 - 炭素結合である。

【 0 0 3 4 】

本明細書において、第一の有機化合物は、有機発光素子における励起子生成の大半を担う。そのため、第一の有機化合物は、高エネルギーの励起状態においても分解しにくい骨格を有することが求められる。ここで、分解しにくい骨格とは、自由回転可能な単結合が結合エネルギーの高いである骨格であることを指す。本明細書において、自由回転可能な単結合とは、ユニット A とユニット B とが単結合しているものを「 A - B 」で表すとき、ユニット A とユニット B とが縮環していない結合を表している。ユニット A および B とは、炭素原子や窒素原子などの原子であってもよいし、ベンゼンやカルbazolなどの分子であってもよい。表 3 に、各結合の結合エネルギーを示す。

【表 3】

表 3

F 1	F 2	F 3	F 4
			

炭素 - 窒素結合を有する F 1 および F 2 の結合エネルギーは、 3 . 9 e V である。一方、自由回転可能な炭素 - 炭素結合を有する F 4 の結合エネルギーは 4 . 5 e V であり、自由回転可能な s p 2 炭素同士の結合を有する F 3 の結合エネルギーは 5 . 0 e V である。したがって、自由回転可能な単結合がすべて炭素 - 炭素結合である場合、分解しにくい骨格であるため、好ましい。炭素 - 炭素結合の中でも、s p 2 炭素同士の結合は特に高い結合エネルギーを有するため、自由回転可能な単結合がすべて s p 2 炭素同士の結合である骨格は、より分解しにくいため、更に好ましい。

【 0 0 3 5 】

また、本発明に係る有機発光素子は、第一の有機化合物だけでなく、第二の有機化合物上においても、電子および正孔の再結合が生じる。そのため、第一の有機化合物に加え、第二の有機化合物も自由回転可能な単結合がすべて炭素 - 炭素結合であることが好ましい。結合安定性の観点から、自由回転可能な単結合がすべて s p 2 炭素同士の結合であることが更に好ましい。

【 0 0 3 6 】

表 4 に、骨格が異なる第一の有機化合物に関して、有機発光素子の素子耐久を比較した。

10

20

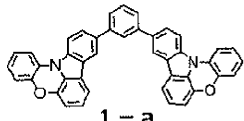
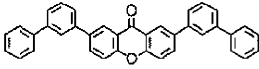
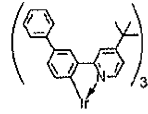
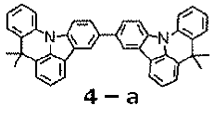
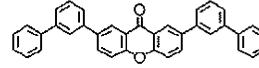
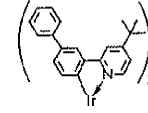
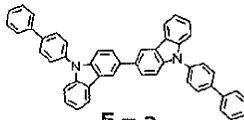
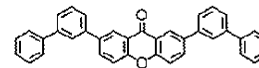
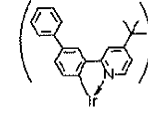
30

40

50

【表 4】

表 4

		第一の有機化合物	第二の有機化合物	発光性化合物	素子耐久
本発明 C	分子構造				1.8
	LUMO	-2.72	-3.33	-2.35	
	HOMO	-5.76	-6.43	-5.08	
本発明 D	分子構造				1.5
	LUMO	-2.37	-3.33	-2.35	
	HOMO	-5.83	-6.43	-5.08	
比較例 G	分子構造				1.0
	LUMO	-2.47	-3.33	-2.35	
	HOMO	-5.73	-6.43	-5.08	

比較例 G において、第一の有機化合物は、自由回転可能な単結合の一部が結合エネルギーの低い炭素 - 窒素結合であるため、素子耐久が本発明に比して劣る。一方、本発明 C および D において、第一の有機化合物は、自由回転可能な単結合が結合エネルギーの高い炭素 - 炭素結合であるため、素子耐久に優れる。特に、自由回転可能な単結合がより結合エネルギーの高い  $sp^2$  炭素同士の結合である本発明 C は、より優れた素子耐久を示した。したがって、本発明に係る有機発光素子は、第一の有機化合物は、自由回転可能な単結合がすべて炭素 - 炭素結合であるため、素子耐久に優れた有機発光素子である。

【0037】

(1-4) 第一の有機化合物および第二の有機化合物が、 $|HOMO(H2)| > |HOMO(H1)|$  を満たす。

【0038】

本発明に係る有機発光素子は、第一の有機化合物が正孔輸送を主として担うため、第二の有機化合物と比較して、第一の有機化合物への正孔注入性が高いことが求められる。そのため、本発明に係る有機発光素子は、式(1)の関係を満たすことが必要である。

$|HOMO(H2)| > |HOMO(H1)|$  (1)

第一の有機化合物の HOMO 準位の絶対値が、第二の有機化合物の HOMO 準位の絶対値より小さいことで、第一の有機化合物への正孔注入性が向上することが期待できる。

【0039】

また、本発明に係る有機発光素子は、第二の有機化合物が電子輸送を主として担う。電子輸送性の骨格として、アジン誘導体やケトン誘導体等が挙げられる、しかし、これらの骨格は、ラジカルカチオン状態での安定性が乏しいため、正孔輸送には適していない。したがって、第二の有機化合物から第一の有機化合物へ効率よく正孔を注入できることが好ましい。上記の観点からも、式(1)を満たすことが好ましい。

【0040】

10

20

30

40

50

本発明に係る有機発光素子は、更に、以下の構成を有していることが好ましい。以下の構成のうち、1つのみ満たした構成であってもよく、複数の構成を満たした構成であってもよい。

【0041】

(1-5)式(2)または(3)の少なくとも1つを満たす。

$$|LUMO(H2)| > |LUMO(D)| \quad (2)$$

$$|HOMO(D)| > |HOMO(H1)| \quad (3)$$

【0042】

(1-6)式(2)および(4)を満たす。

$$|LUMO(H2)| > |LUMO(D)| \quad (2)$$

$$|LUMO(H1)| > |LUMO(D)| \quad (4)$$

【0043】

(1-7)式(3)乃至(5)を満たす。

$$|HOMO(D)| > |HOMO(H1)| \quad (3)$$

$$|LUMO(H1)| > |LUMO(D)| \quad (4)$$

$$|LUMO(H1)| > |LUMO(H2)| \quad (5)$$

以下、これらについて説明する。

【0044】

(1-5)式(2)または式(3)の少なくとも1つを満たす。

$$|LUMO(H2)| > |LUMO(D)| \quad (2)$$

$$|HOMO(D)| > |HOMO(H1)| \quad (3)$$

本発明に係る有機発光素子は、発光性化合物上に電子および正孔が集中しにくいことが好ましい。換言すると、発光性化合物上において、励起子生成が集中しにくいことが好ましい。なぜなら、励起子の生成が発光性化合物上に集中することで、発光性化合物が更に高エネルギー状態へ遷移することがある。その結果、発光性化合物の結合が開裂し、発光層における発光性化合物の濃度が低下するため、輝度劣化が生じる。そのため、式(2)または(3)の少なくとも1つを満たすことが好ましい。一方を満たすことで、発光性化合物上に電子と正孔が同時にトラップされにくくなるため、励起子生成が集中しにくくなる。そのため、有機発光素子の素子耐久により優れる。

【0045】

更に好ましくは、式(2)および(3)を同時に満たしていることである。式(2)および(3)を同時に満たすことで、発光性化合物上に電子および正孔が集中しにくくなるため、有機発光素子の素子耐久の観点から、更に好ましい。

【0046】

表5乃至7に、本発明に係る有機発光素子の構成と素子耐久の相対値を示す。表5において、本発明Eの素子耐久は、本発明Fの素子耐久を1.0としたときの値である。表6において、本発明Gの素子耐久は、本発明Hの素子耐久を1.0としたときの値である。表7において、比較例Hの素子耐久は、比較例Iの素子耐久を1.0としたときの値である。

10

20

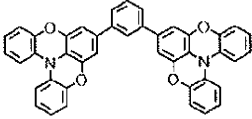
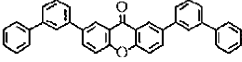
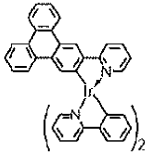
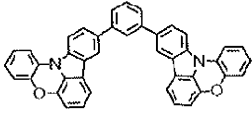
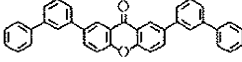
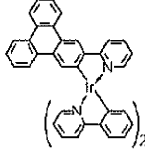
30

40

50

【表 5】

表 5

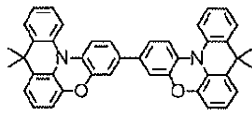
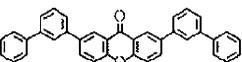
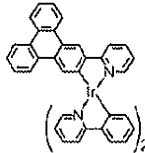
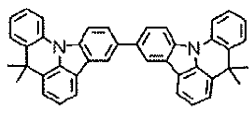
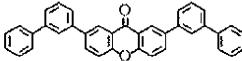
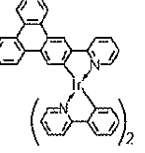
		第一の有機化合物	第二の有機化合物	発光性化合物	素子耐久
本発明 E	分子構造				1.2
	LUMO	-2.74	-3.33	-3.04	
	HOMO	-5.63	-6.43	-5.68	
本発明 F	分子構造				1.0
	LUMO	-2.72	-3.33	-3.04	
	HOMO	-5.76	-6.43	-5.68	

10

20

【表 6】

表 6

		第一の有機化合物	第二の有機化合物	発光性化合物	素子耐久
本発明 G	分子構造				1.1
	LUMO	-2.72	-3.33	-3.04	
	HOMO	-5.66	-6.43	-5.68	
本発明 H	分子構造				1.0
	LUMO	-2.37	-3.33	-3.04	
	HOMO	-5.83	-6.43	-5.68	

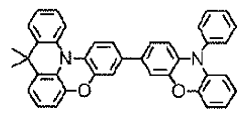
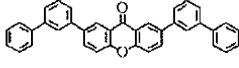
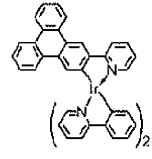
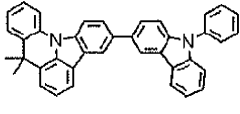
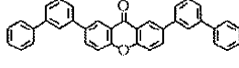
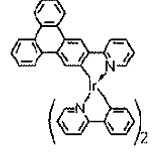
30

40

50

【表 7】

表 7

		第一の有機化合物	第二の有機化合物	発光性化合物	素子耐久
比較例 H	分子構造				1.0
	LUMO	-2.71	-3.33	-3.04	
	HOMO	-5.64	-6.43	-5.68	
比較例 I	分子構造				1.0
	LUMO	-2.36	-3.33	-3.04	
	HOMO	-5.82	-6.43	-5.68	

10

20

表 5 および 6 において、本発明 E および G は、式 ( 2 ) および ( 3 ) を満たす構成である。一方、本発明 F および H は、式 ( 2 ) のみを満たす構成である。式 ( 2 ) のみを満たした構成であっても、高い素子耐久を得ることができるが、式 ( 2 ) および ( 3 ) を満たした構成である場合、更に優れた素子耐久を示した。上述した通り、発光性化合物上に電子および正孔が集中しにくくなるため、発光性化合物の劣化を抑制することができるためである。

## 【 0 0 4 7 】

更に、表 5 および 6 において、本発明 E および G に着目すると、第一の有機化合物の自由回転可能な単結合がすべて s p 2 炭素同士の結合である本発明 E の素子耐久は 1 . 2 であり、本発明 G よりも優れた値であった。したがって、第一の有機化合物がより結合安定性の高い骨格であるほど、構成 ( 1 - 4 ) による効果が大きい。

30

## 【 0 0 4 8 】

また、表 7 において、比較例 H は式 ( 2 ) および ( 3 ) を、比較例 I は式 ( 2 ) のみを満たしている。しかし、第一の有機化合物の自由回転可能な単結合が炭素 - 窒素結合を有するため、結合安定性が低く、素子耐久の改善が確認できなかった。したがって、本構成による素子耐久の改善効果は、自由回転可能な単結合がすべて炭素 - 炭素結合である有機化合物から構成される有機発光素子にて十分に得ることができる。

## 【 0 0 4 9 】

( 1 - 6 ) 式 ( 2 ) および ( 4 ) を満たす。

$$| \text{LUMO}(\text{H}2) | > | \text{LUMO}(\text{D}) | \quad ( 2 )$$

$$| \text{LUMO}(\text{H}1) | > | \text{LUMO}(\text{D}) | \quad ( 4 )$$

本発明に係る有機発光素子は、発光性化合物の LUMO 準位の絶対値が最も低いことが好ましい。なぜなら、上記の構成によって、発光性化合物上で電子が更にトラップされにくくなるためである。その結果、発光性化合物上での励起子生成を抑制することができるため、素子耐久が更に向上する。

40

## 【 0 0 5 0 】

表 8 に各有機発光素子の構成と素子耐久を示す。本発明 I は、LUMO 準位の絶対値が最も小さい化合物が発光性化合物である構成である。本発明 J は、LUMO 準位の絶対値

50

が最も小さい化合物が第一の有機化合物である構成である。

【表 8】

表 8

		第一の有機化合物	第二の有機化合物	発光性化合物	素子耐久
本発明 I	分子 構造				1.3
	LUMO	-2.97	-3.33	-2.95	
	HOMO	-6.10	-6.43	-5.62	
本発明 J	分子 構造				1.0
	LUMO	-2.72	-3.33	-2.95	
	HOMO	-5.76	-6.43	-5.62	

表 8 より、本発明 I の素子耐久は、本発明 J と比較して、優れた素子耐久を示した。これは、本発明構成 I は、LUMO 準位の絶対値が最も小さい化合物が発光性化合物であるため、発光性化合物上での励起子生成を抑制することができたためである。

【0051】

(1 - 7) 式 (3) 乃至 (5) を満たす。

$$| \text{HOMO}(\text{D}) | > | \text{HOMO}(\text{H1}) | \quad (3)$$

$$| \text{LUMO}(\text{H1}) | > | \text{LUMO}(\text{D}) | \quad (4)$$

$$| \text{LUMO}(\text{H1}) | > | \text{LUMO}(\text{H2}) | \quad (5)$$

本発明に係る有機発光素子は、第一の有機化合物上において、励起子生成が集中することが好ましい。換言すると、第一の有機化合物の HOMO 準位の絶対値が最も小さく、第一の有機化合物の LUMO 準位の絶対値が最も大きいことが好ましい。上記の構成を有することで、第一の有機化合物上において、電子および正孔の再結合をより効率よく行うことができるためである。また、励起子の消費速度を向上することもできるため、励起子の失活を抑制する効果も得ることができる。

【0052】

表 9 に、各有機発光素子の構成と素子耐久を示す。本発明 K は、第一の有機化合物の HOMO 準位の絶対値が最も小さく、第一の有機化合物の LUMO 準位の絶対値が最も大きい構成である。本発明構成 L は、発光性化合物の HOMO 準位の絶対値が最も小さく、第一の有機化合物の LUMO 準位の絶対値が最も大きい構成である。

10

20

30

40

50

【表 9】

表 9

		第一の有機化合物	第二の有機化合物	発光性化合物	素子耐久
本発明 K	分子構造				1.1
	LUMO	-3.26	-2.92	-2.99	
	HOMO	-5.75	-6.38	-5.98	
本発明 L	分子構造				1.0
	LUMO	-2.97	-3.33	-2.99	
	HOMO	-6.10	-6.43	-5.98	

表 9 より、本発明 K の素子耐久は、本発明 L と比較して、優れた素子耐久を示した。これは、本発明 K は、第一の有機化合物の HOMO 準位の絶対値が最も小さく、第一の有機化合物の LUMO 準位の絶対値が最も大きい構成であるため、第一の有機化合物上において、励起子生成が集中して発生したためである。

## 【0053】

## (2) 第一の有機化合物

本発明に係る有機発光素子において、第一の有機化合物は、自由回転可能な単結合がすべて炭素 - 炭素結合である。好ましくは、自由回転可能な単結合がすべて sp<sup>2</sup> 炭素同士の結合から構成されることである。

## 【0054】

また、(1-2) で述べた通り、本発明に係る有機発光素子の発光層は、第一の有機化合物および第二の有機化合物の T<sub>1</sub> が発光性化合物の T<sub>1</sub> より高い。有機化合物は、T<sub>1</sub> よりも最低励起一重項エネルギー (S<sub>1</sub>) の方が高いため、バンドギャップが大きい。換言すると、第一の有機化合物および第二の有機化合物の HOMO 準位と LUMO 準位の差が大きい。したがって、発光性化合物上に電子または正孔がトラップされやすい。その結果、励起子の生成が発光性化合物上に集中するため、発光性化合物の劣化を招く。そのため、第一の有機化合物は、正孔輸送性であることが好ましい。正孔輸送性を示す有機化合物を第一の有機化合物に用いることで、発光性化合物上で励起子の生成が集中することを抑制することができる。本明細書において、正孔輸送性とは、正孔が移動する能力を有することを表す。より好ましくは、電子に比べて、正孔の移動度が大きいことである。具体的には、第一の有機化合物は、一般式 (1-1) または (1-2) の骨格を有していることが好ましい。

10

20

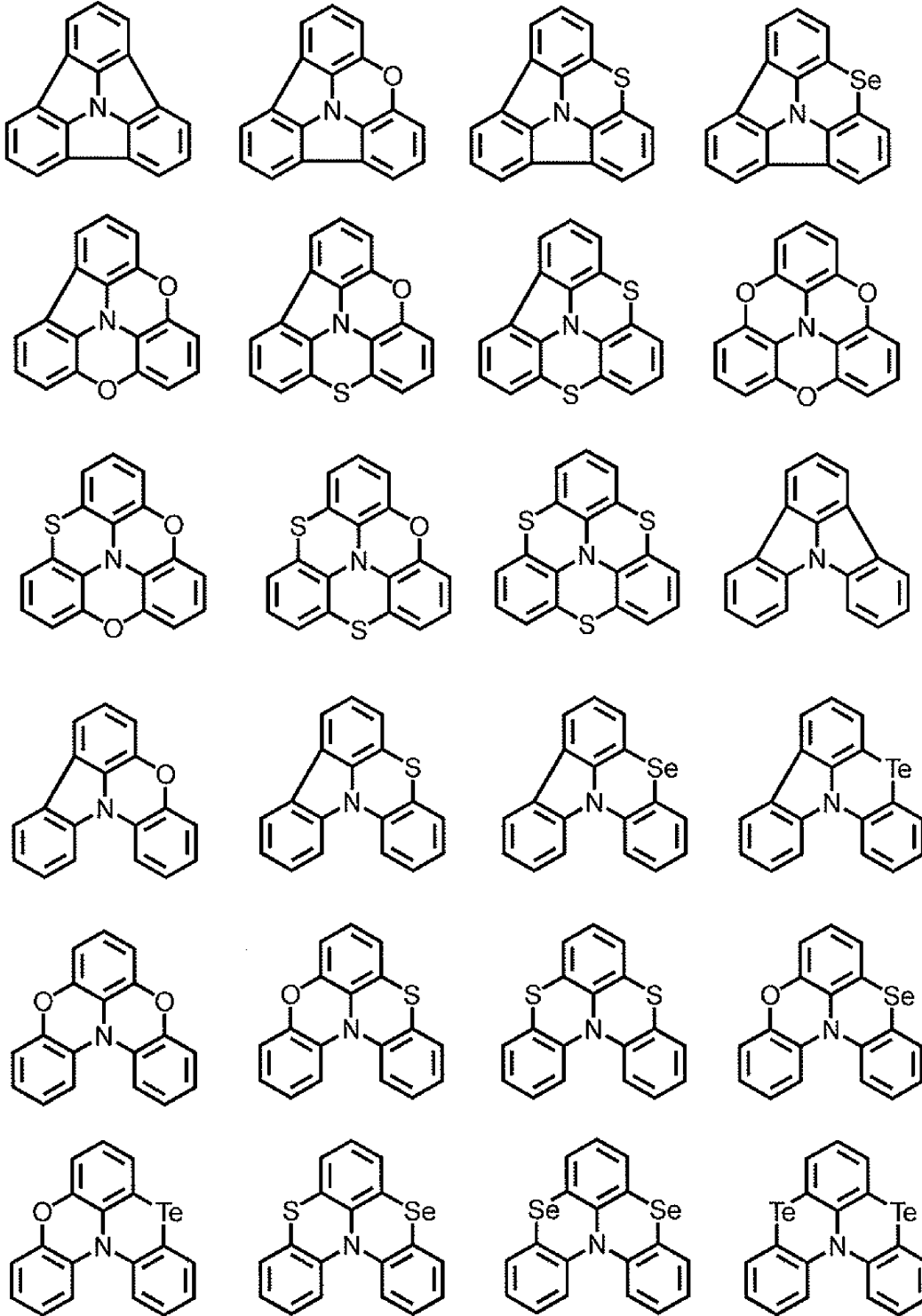
30

40

50



## 【化 3】



一般式(1-1)および(1-2)は、直接結合またはフェニル基を介して、アリール基またはヘテロアリール基を有していてもよい。当該フェニル基は単数であっても複数であってもよく、メタ位またはパラ位で結合していてもよく、メタ位で結合していることが好ましい。フェニル基を介して結合しているアリール基またはヘテロアリール基は、置換基を更に有していてもよく、当該置換基は、炭素数1乃至4のアルキル基、または、炭素数6乃至12のアリール基であってよい。具体的には、メチル基、tert-ブチル基、フェニル基、またはビフェニル基であってよい。

## 【0056】

以下に、第一の有機化合物の具体例を示す。ただし、本発明はこれらに限定されるもの

10

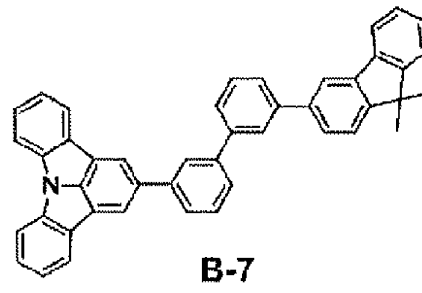
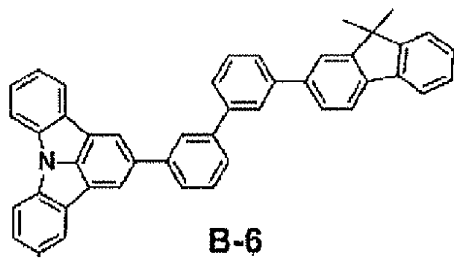
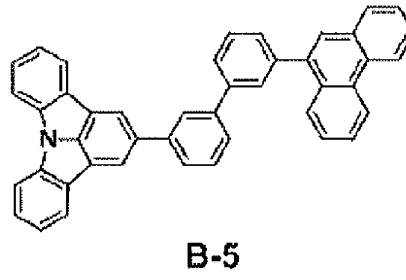
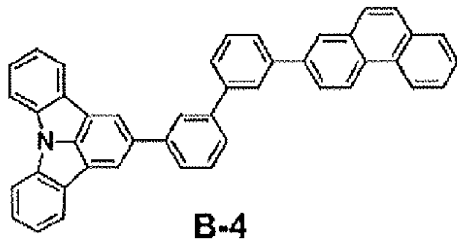
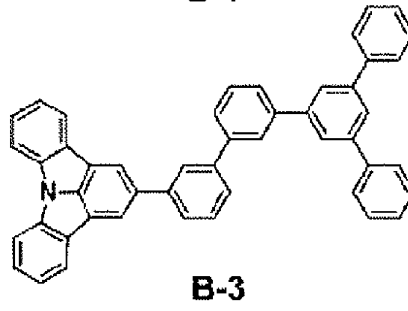
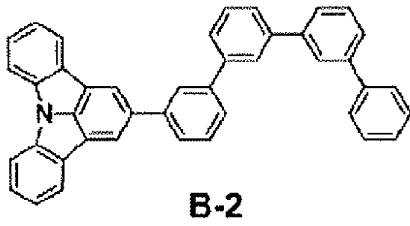
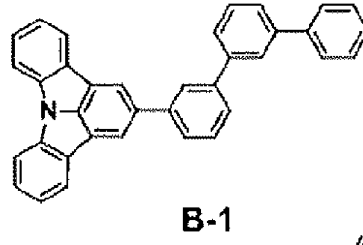
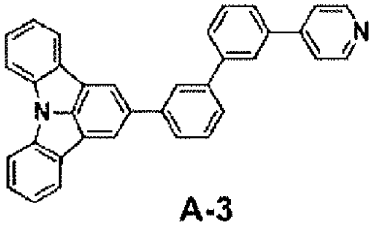
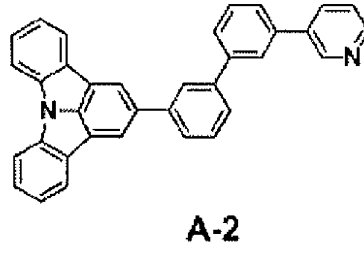
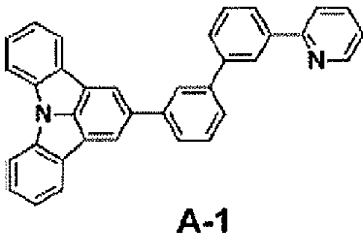
20

30

40

50

ではない。  
【化 4】



10

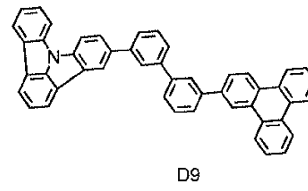
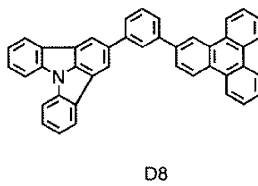
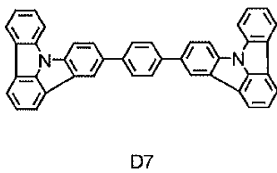
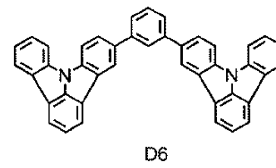
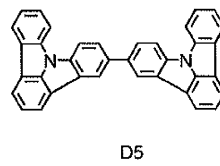
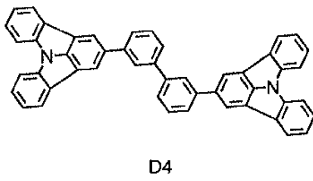
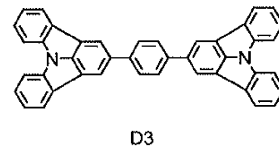
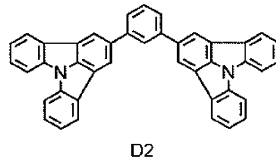
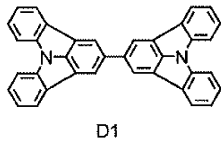
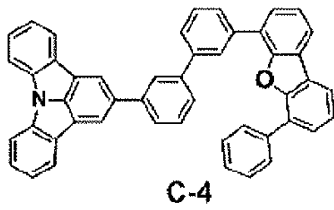
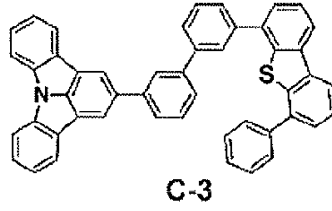
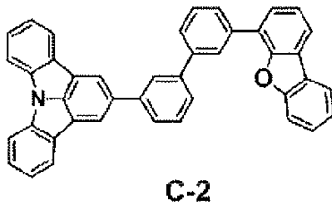
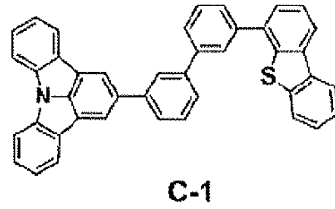
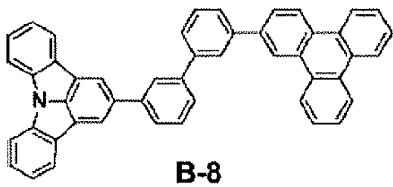
20

30

40

50

【化 5】



10

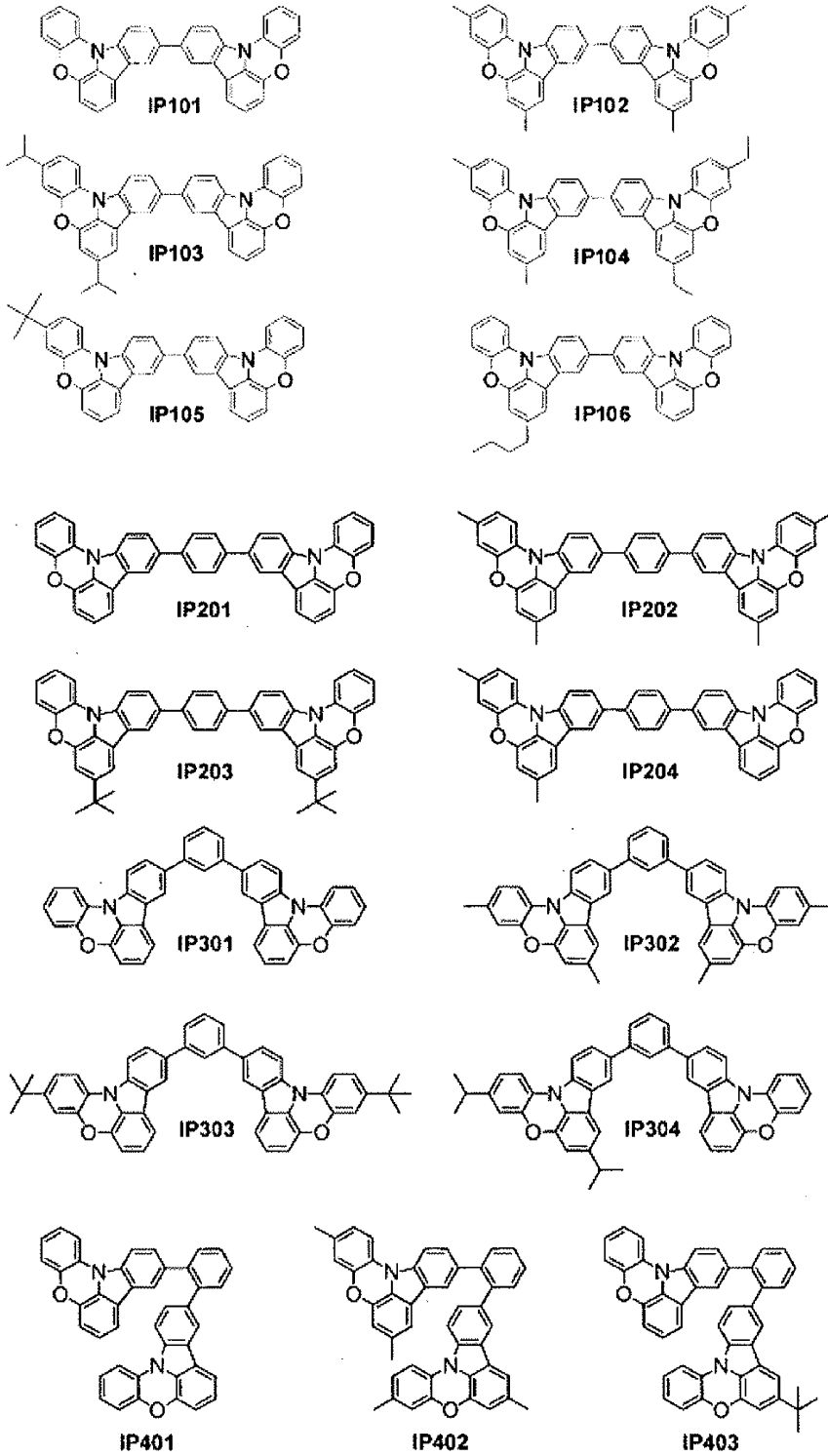
20

30

40

50

【化 6】



10

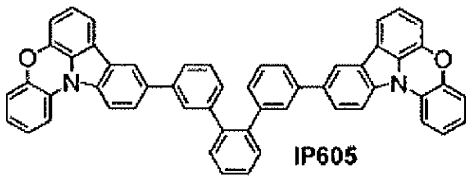
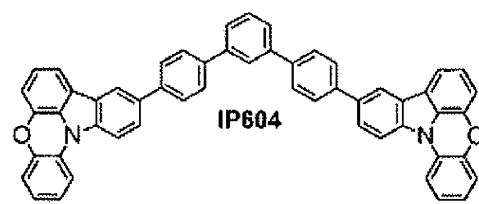
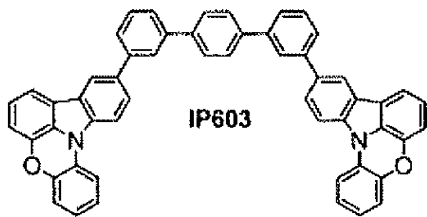
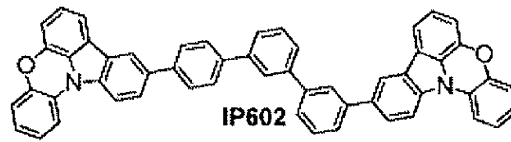
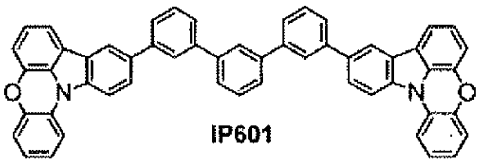
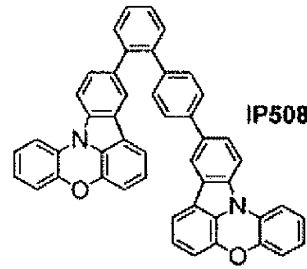
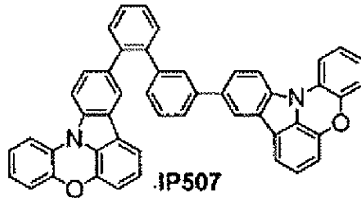
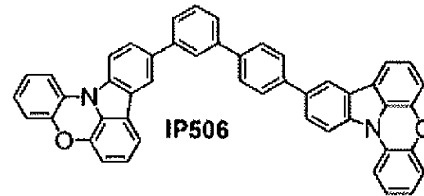
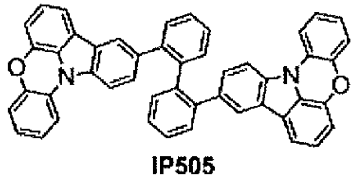
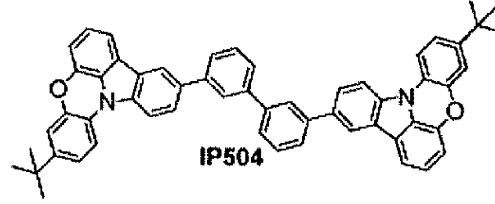
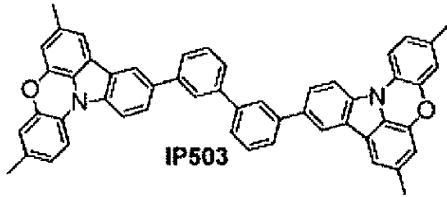
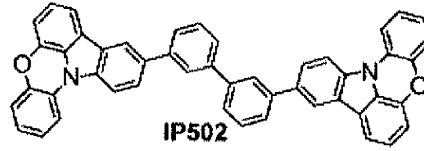
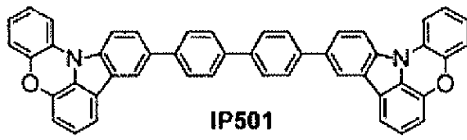
20

30

40

50

【化 7】



10

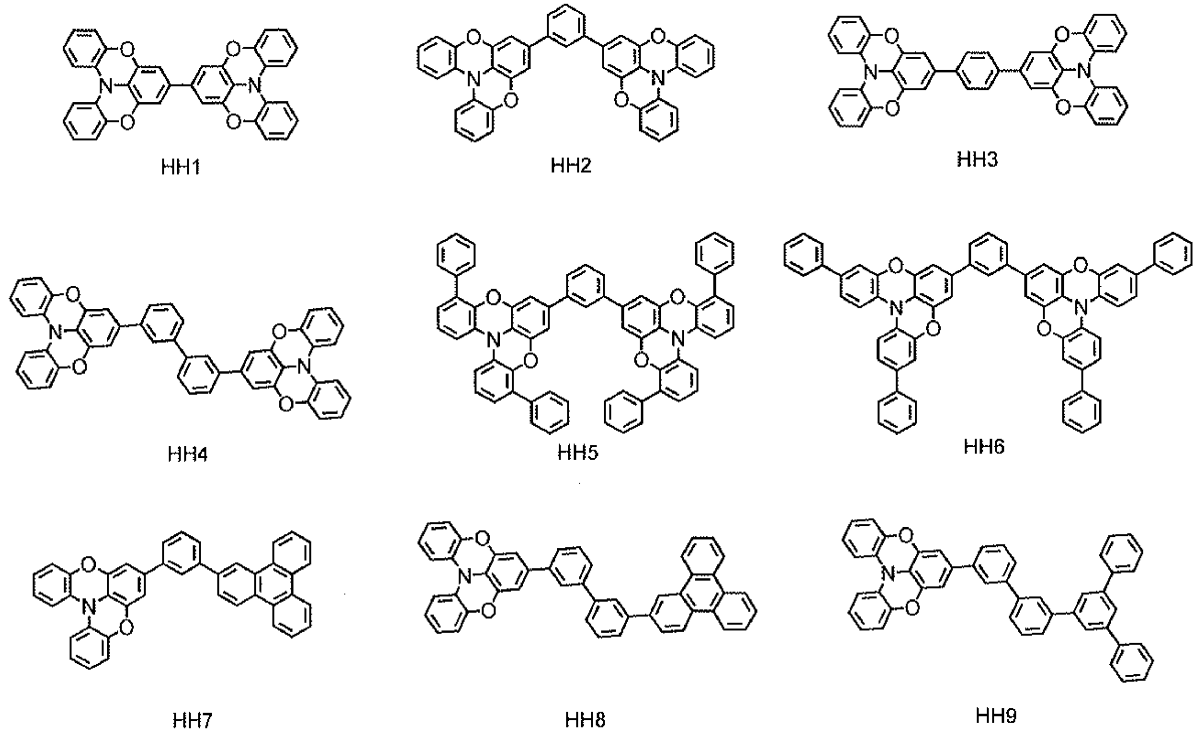
20

30

40

50

## 【化 8】



10

20

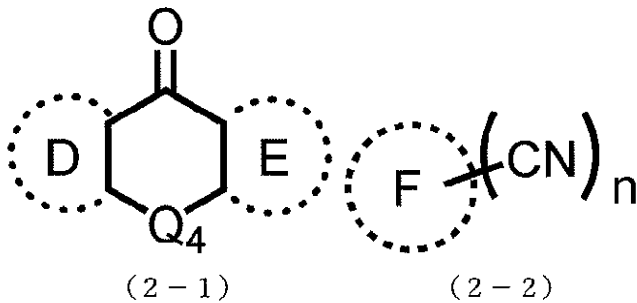
## 【 0 0 5 7 】

## ( 3 ) 第二の有機化合物

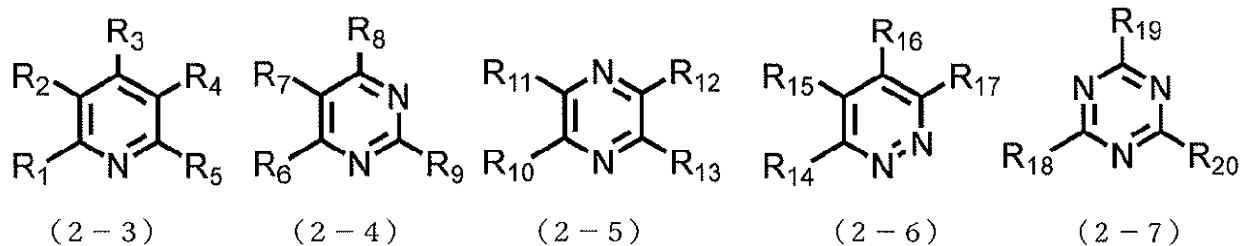
本発明に係る有機発光素子において、第二の有機化合物は、自由回転可能な単結合がすべて炭素 - 炭素結合である。好ましくは、自由回転可能な単結合がすべて  $sp^2$  炭素同士の結合から構成されることである。また、発光性化合物上での励起子の生成をより抑制するには、第二の有機化合物に電子輸送性の有機化合物を用いることが好ましい。このような構成を有することで、発光性化合物上での励起子の生成をより抑制することができるためである。本明細書において、電子輸送性とは、電子が移動する能力を有することを表す。より好ましくは、正孔に比べて、電子の移動度が大きいことである。具体的には、第一の有機化合物は、一般式 ( 2 - 1 ) 乃至 ( 2 - 7 ) の骨格を有していることが好ましい。

30

## 【化 9】



40



50

一般式(2-1)および(2-2)において、環状ユニットD乃至Fは、置換または無置換のアリール基、または、置換または無置換のヘテロアリール基からそれぞれ独立して選択される。Q<sub>4</sub>は、直接結合、C(R<sub>D</sub>)(R<sub>E</sub>)、酸素原子、硫黄原子、セレン原子、テルル原子からそれぞれ独立に選ばれる。R<sub>D</sub>およびR<sub>E</sub>は、水素原子、重水素原子、ハロゲン原子、置換または無置換のアルキル基、置換または無置換のアルコキシ基、置換または無置換のアリール基、または、置換または無置換のヘテロアリール基からそれぞれ独立して選択される。nは1乃至5のいずれかの整数である。

【0058】

一般式(2-3)乃至(2-7)において、R<sub>1</sub>乃至R<sub>20</sub>は水素原子、重水素原子、ハロゲン原子、置換または無置換のアルキル基、または、置換または無置換のアリール基からそれぞれ独立して選択される。R<sub>1</sub>乃至R<sub>20</sub>のうち、互いに隣り合う置換基同士が結合し、縮合環を形成してもよい。

10

【0059】

一般式(2-1)乃至(2-7)の具体的な骨格を以下に示すが、これらに限定されるものではない。

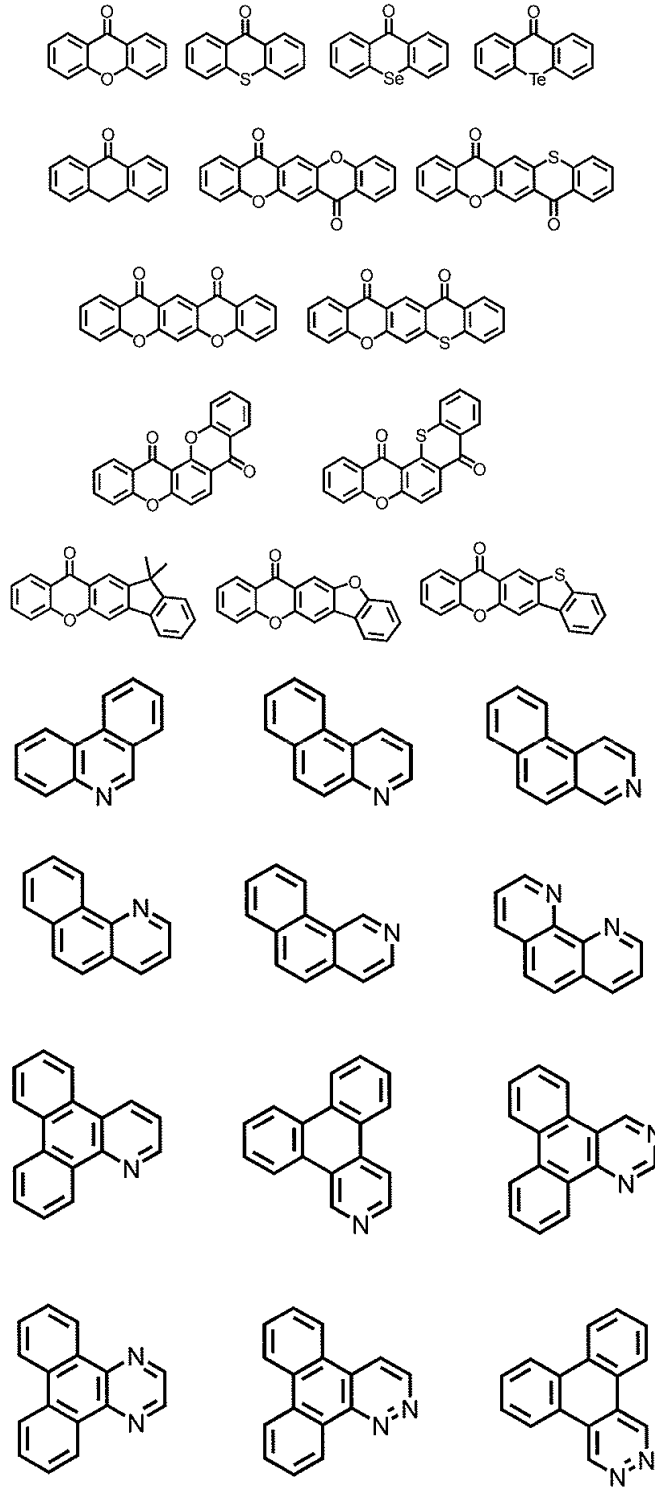
20

30

40

50

## 【化 1 0】



10

20

30

40

一般式(2-1)乃至(2-7)は、フェニル基またはピリジル基を介して、アリール基またはヘテロアリール基を有していてもよい。当該フェニル基または当該ピリジル基は単数であっても複数であってもよく、メタ位またはパラ位で結合していてもよく、メタ位で結合していることが好ましい。フェニル基またはピリジル基を介して結合しているアリール基またはヘテロアリール基は、置換基を更に有していてもよく、当該置換基は、炭素数6乃至12のアリール基であってよい。具体的には、フェニル基またはビフェニル基であってよい。

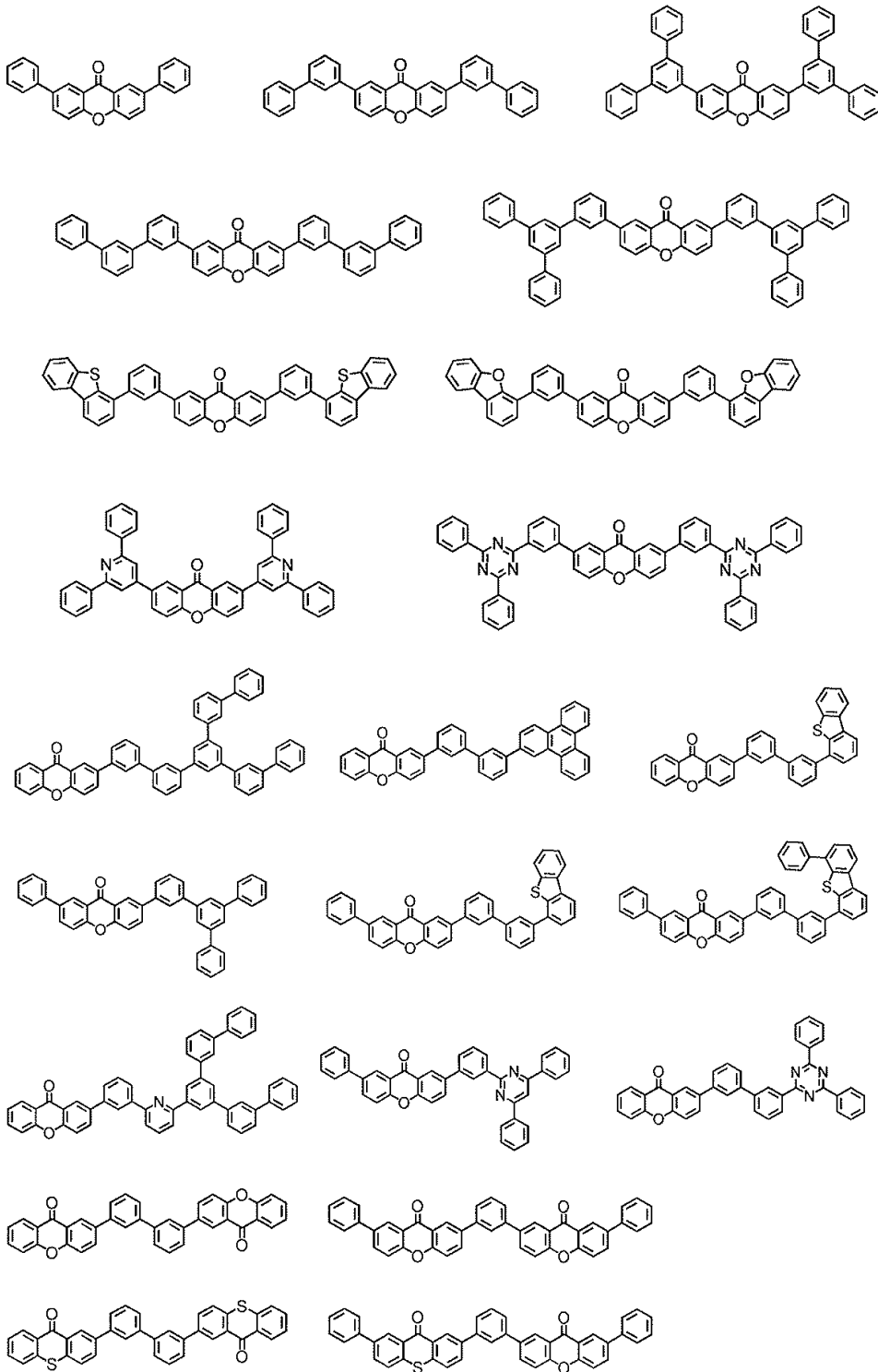
## 【0060】

以下に、第二の有機化合物の具体例を示す。ただし、本発明はこれらに限定されるもの

50

ではない。

【化 1 1】



10

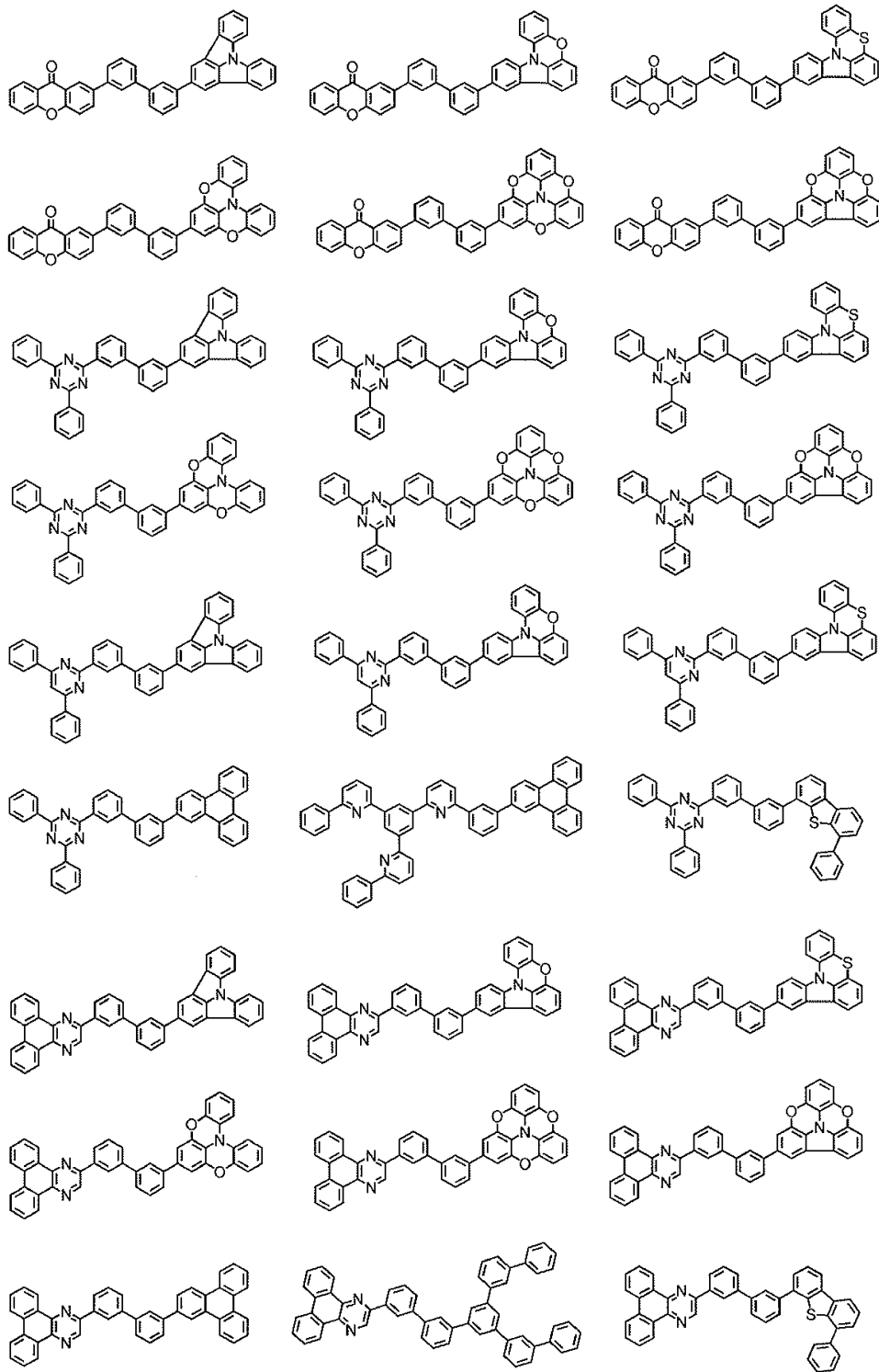
20

30

40

50

【化 1 2】



10

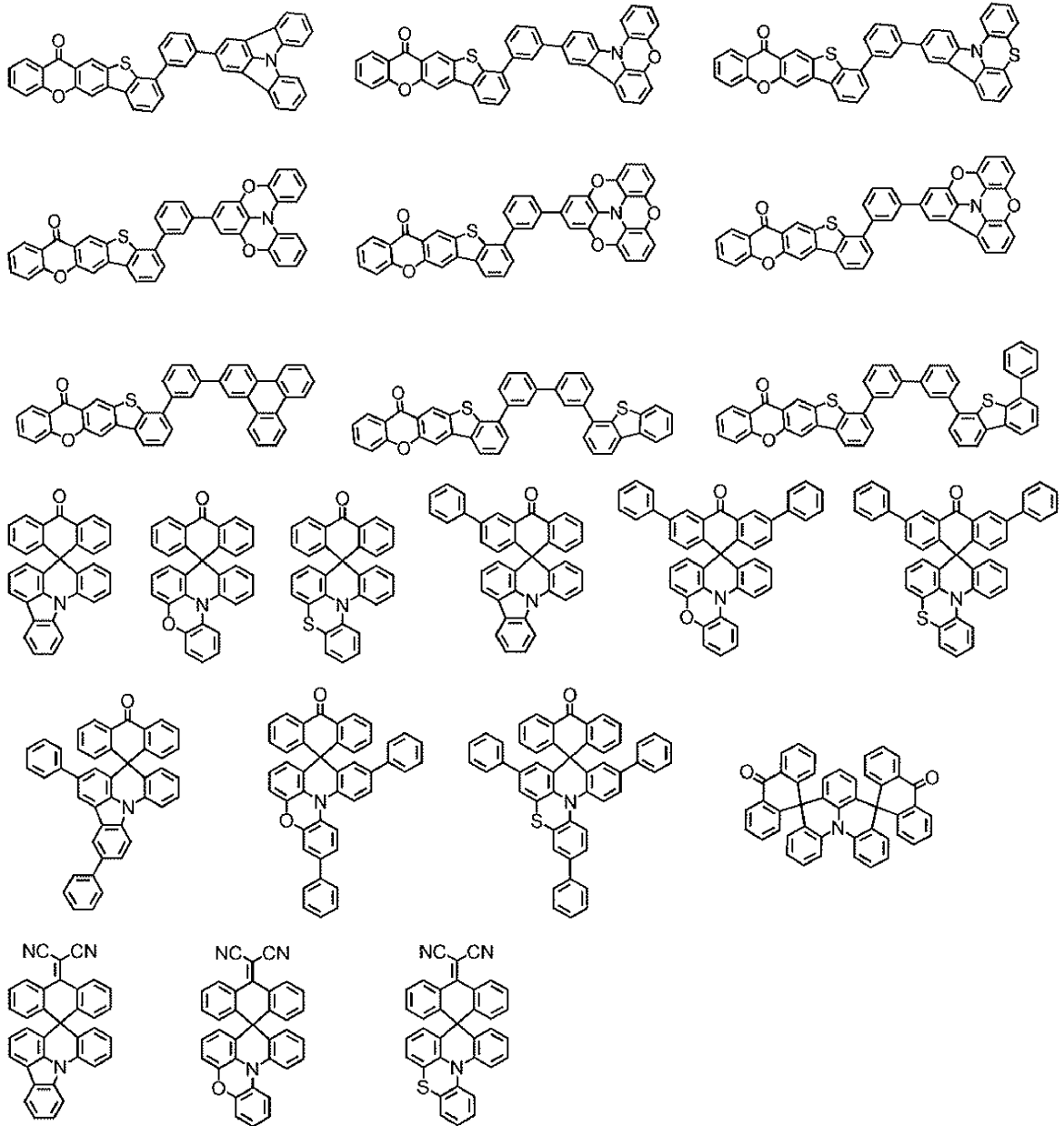
20

30

40

50

## 【化 1 3】



10

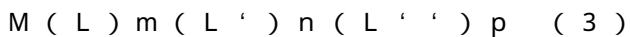
20

30

## 【0061】

## (4) 発光性化合物

発光性化合物は、燐光を主として発光する化合物であれば特に限定されないが、一般式(3)で表される有機金属錯体であることが好ましい。



40

## 【0062】

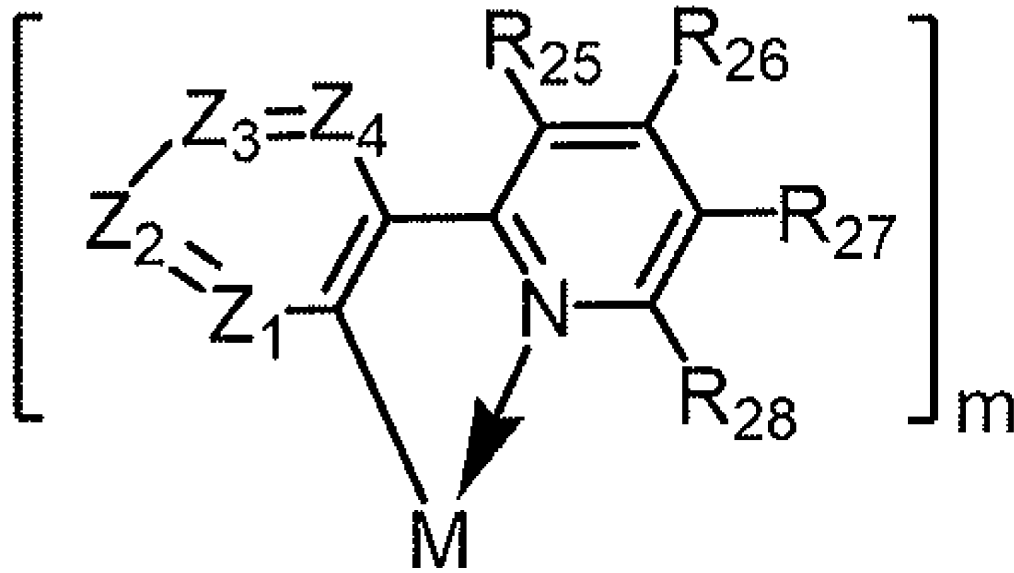
一般式(3)において、Mは金属原子を表している。具体的には、イリジウム原子および白金原子であり、イリジウム原子であることが好ましい。L、L'、およびL''は、それぞれ異なる二座配位子を表す。mは1以上3以下の整数から選択される。nおよびpは0以上2以下の整数から選択される。ただし、 $m+n+p=3$ である。mが2以上の場合、L同士は同じであってもいいし、異なってもいい。nが2以上の場合、L'同士は同じであってもいいし、異なってもいい。pが2以上の場合、L''同士は同じであってもいいし、異なってもいい。

## 【0063】

M(L)mは、一般式(4-1)で表される。

50

【化 1 4】



10

20

一般式(4-1)において、 $Z_1$ 乃至 $Z_4$ は、 $C(R_{21})$ 、窒素原子からそれぞれ独立して選択される。 $R_{21}$ 乃至 $R_{28}$ は、水素原子、重水素原子、ハロゲン原子、置換または無置換のアルキル基、置換または無置換のアルコキシ基、置換または無置換のシリル基、置換または無置換のアリール基、置換または無置換のヘテロアリール基、置換または無置換のアミノ基、置換または無置換のアリールオキシ基、置換または無置換のヘテロアリールオキシ基、またはシアノ基からそれぞれ独立して選択される。ただし、 $R_{21}$ 乃至 $R_{28}$ のうちの少なくとも一つは、置換または無置換のアリール基、置換または無置換のヘテロアリール基から選択される。 $Z_1$ 乃至 $Z_4$ が $C(R_{21})$ で表される場合、 $R_{21}$ は互いに同じであってもよく、異なってもよい。

30

【0064】

また、隣り合う $R_{21}$ 乃至 $R_{28}$ は、互いに結合して環を形成してもよい。

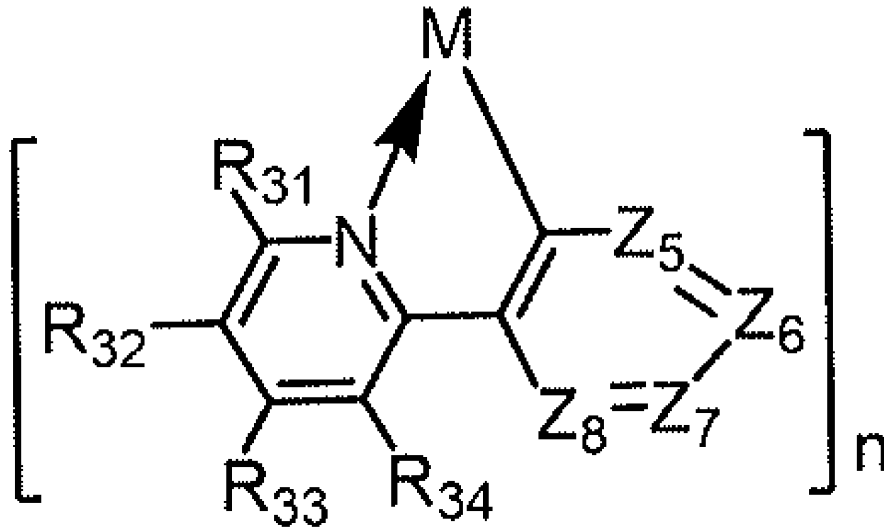
【0065】

$M(L')_n$ は、一般式(4-2)で表される。

40

50

【化 1 5】



(4 - 2)

式(4-2)において、Z<sub>5</sub>乃至Z<sub>8</sub>は、C(R<sub>35</sub>)、窒素原子からそれぞれ独立して選択される。R<sub>31</sub>乃至R<sub>35</sub>は、水素原子、重水素原子、ハロゲン原子、置換または無置換のアルキル基、置換または無置換のアルコキシ基、置換または無置換のシリル基、置換または無置換のアリール基、置換または無置換のヘテロアリール基、置換または無置換のアミノ基、置換または無置換のアリールオキシ基、置換または無置換のヘテロアリールオキシ基、またはシアノ基からそれぞれ独立して選択される。Z<sub>5</sub>乃至Z<sub>8</sub>がC(R<sub>35</sub>)で表される場合、R<sub>35</sub>は互いに同じであってもよく、異なってもよい。

【0066】

また、隣り合うR<sub>31</sub>乃至R<sub>35</sub>は、互いに結合して環を形成してもよい。

【0067】

M(L'')<sub>p</sub>は、一般式(4-3)で表される。

10

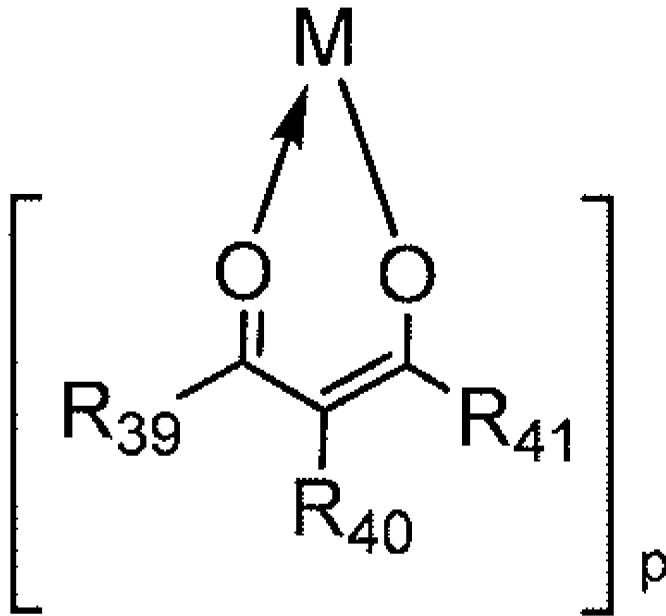
20

30

40

50

【化 1 6】



10

(4 - 3)

20

式(4-3)において、 $R_{39}$ 乃至 $R_{41}$ は、水素原子、重水素原子、ハロゲン原子、置換または無置換のアルキル基、置換または無置換のアルコキシ基、置換または無置換のシリル基、置換または無置換のアリール基、置換または無置換のヘテロアリール基、置換または無置換のアミノ基、置換または無置換のアリールオキシ基、置換または無置換のヘテロアリールオキシ基、またはシアノ基からそれぞれ独立して選択される。

【0068】

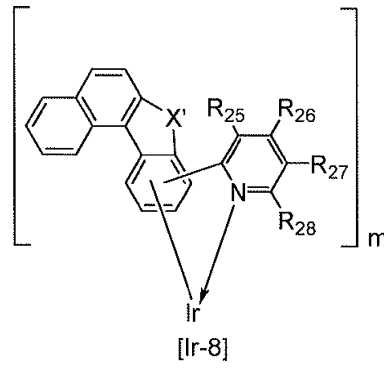
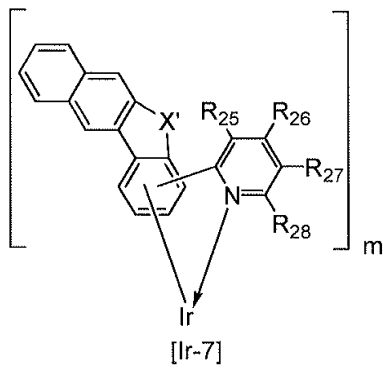
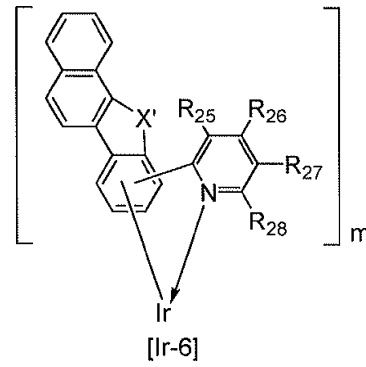
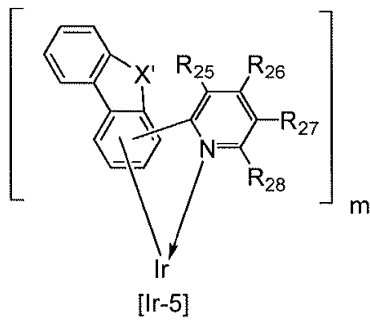
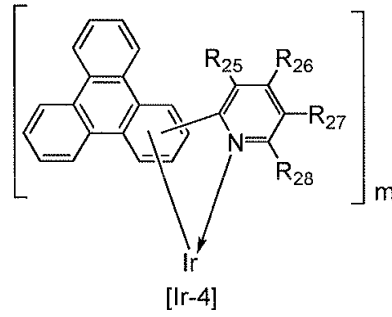
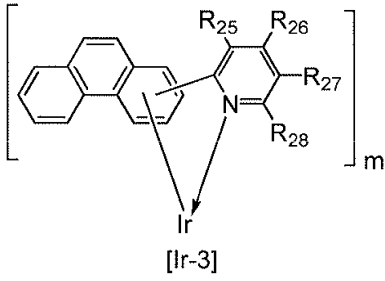
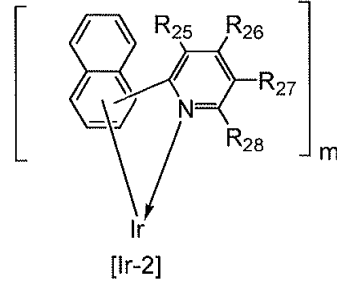
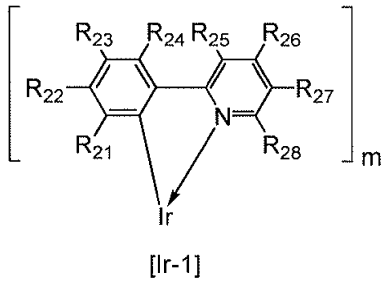
以下に、発光性化合物である有機金属錯体の部分構造 $M(L)_m$ の具体例を示すが、これらに限定されるものではない。尚、以下に示す具体例において、配位結合を直線、点線または矢印で示している。

30

40

50

## 【化 1 7】



10

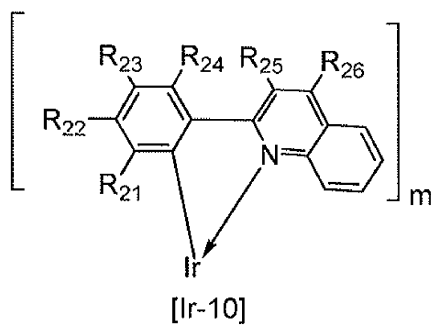
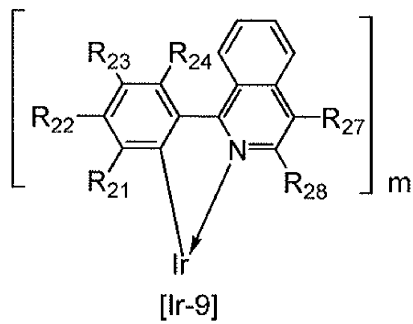
20

30

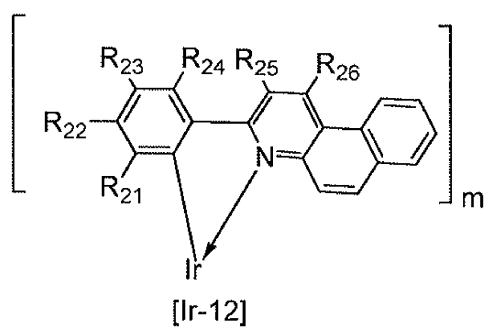
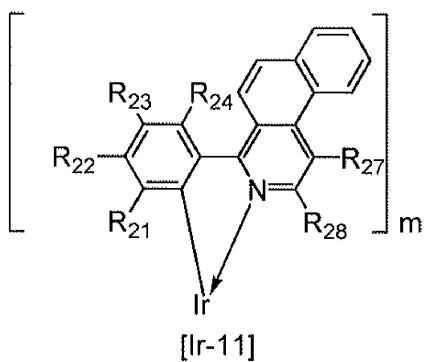
40

50

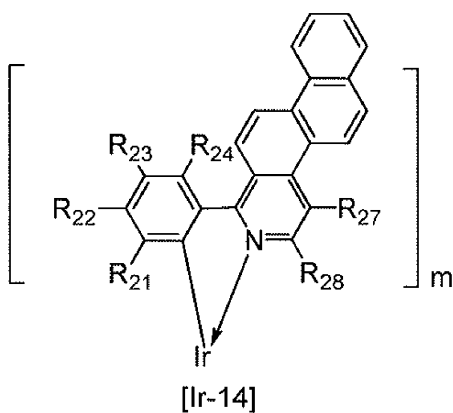
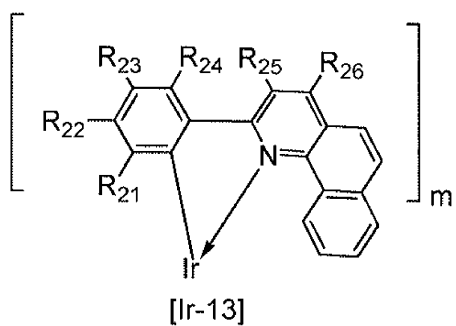
【化 1 8】



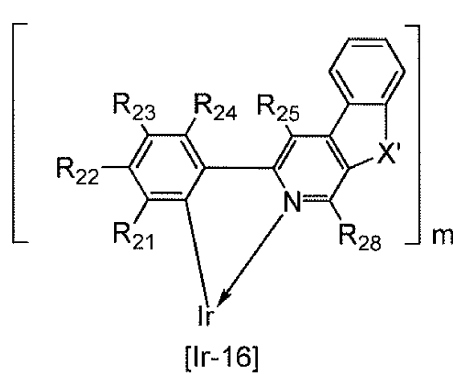
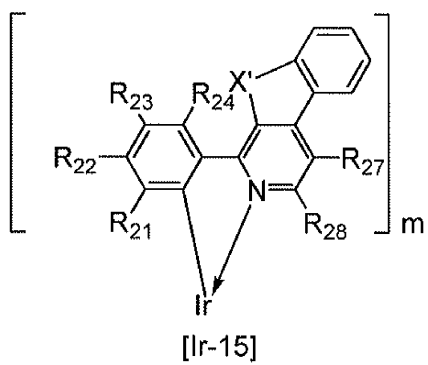
10



20



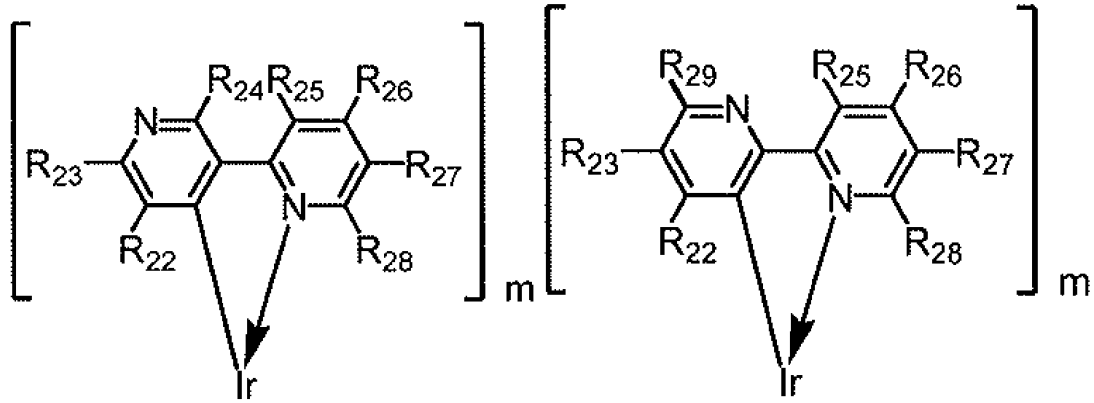
30



40

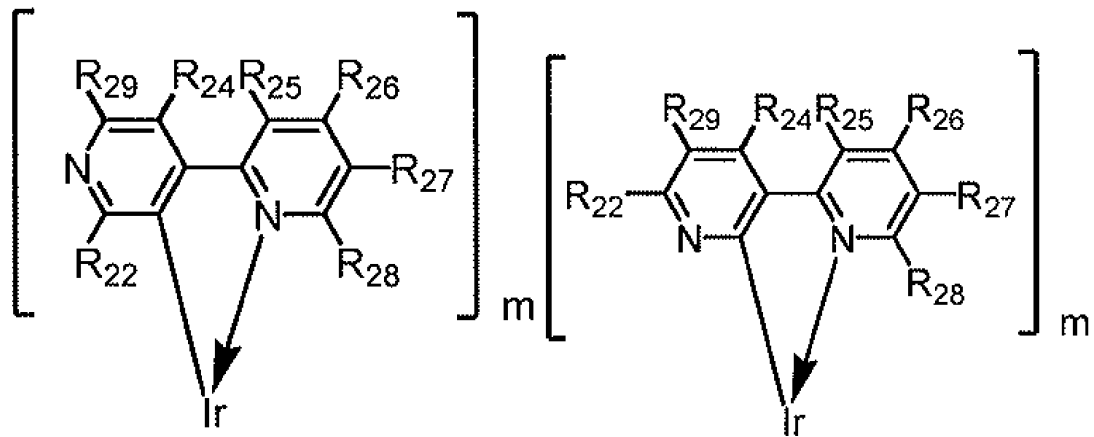
50

【化 1 9】



[Ir-17]

[Ir-18]



[Ir-19]

[Ir-20]

一般式 [Ir-5] 乃至 [Ir-8]、[Ir-15]、および [Ir-16] において、X' は、酸素原子、硫黄原子、置換または無置換の炭素原子、置換もしくは無置換の窒素原子から選ばれる。

【0069】

一般式 [Ir-1] 乃至 [Ir-20] において、隣り合う R<sub>21</sub> 乃至 R<sub>29</sub> が、互いに結合して環を形成してもよい。

【0070】

本発明に係る発光性化合物は、部分構造 M(L)<sub>m</sub> が 3 環以上の縮合環を有することが好ましい。なぜなら、3 環以上の縮環を有することで分子の平面性が向上し、第一の有機化合物または第二の有機化合物から燐光発光材料へのエネルギー移動が促進され、発光効率および素子耐久の向上に繋がるためである。3 環以上の縮合環としては、一般式 [Ir-3] 乃至 [Ir-8]、[Ir-11] 乃至 [Ir-16] が挙げられる。具体的には、フェナンスレン環、トリフェニレン環、ベンゾフルオレン環、ジベンゾフラン環、ジベンゾチオフェン環、ベンゾナフトフラン環、ベンゾナフトチオフェン環、ベンゾイソキノリン環、ナフトイソキノリン環等が挙げられる。

【0071】

以下に、発光性化合物の具体例を示す。ただし、本発明はこれらに限定されるものではない。

10

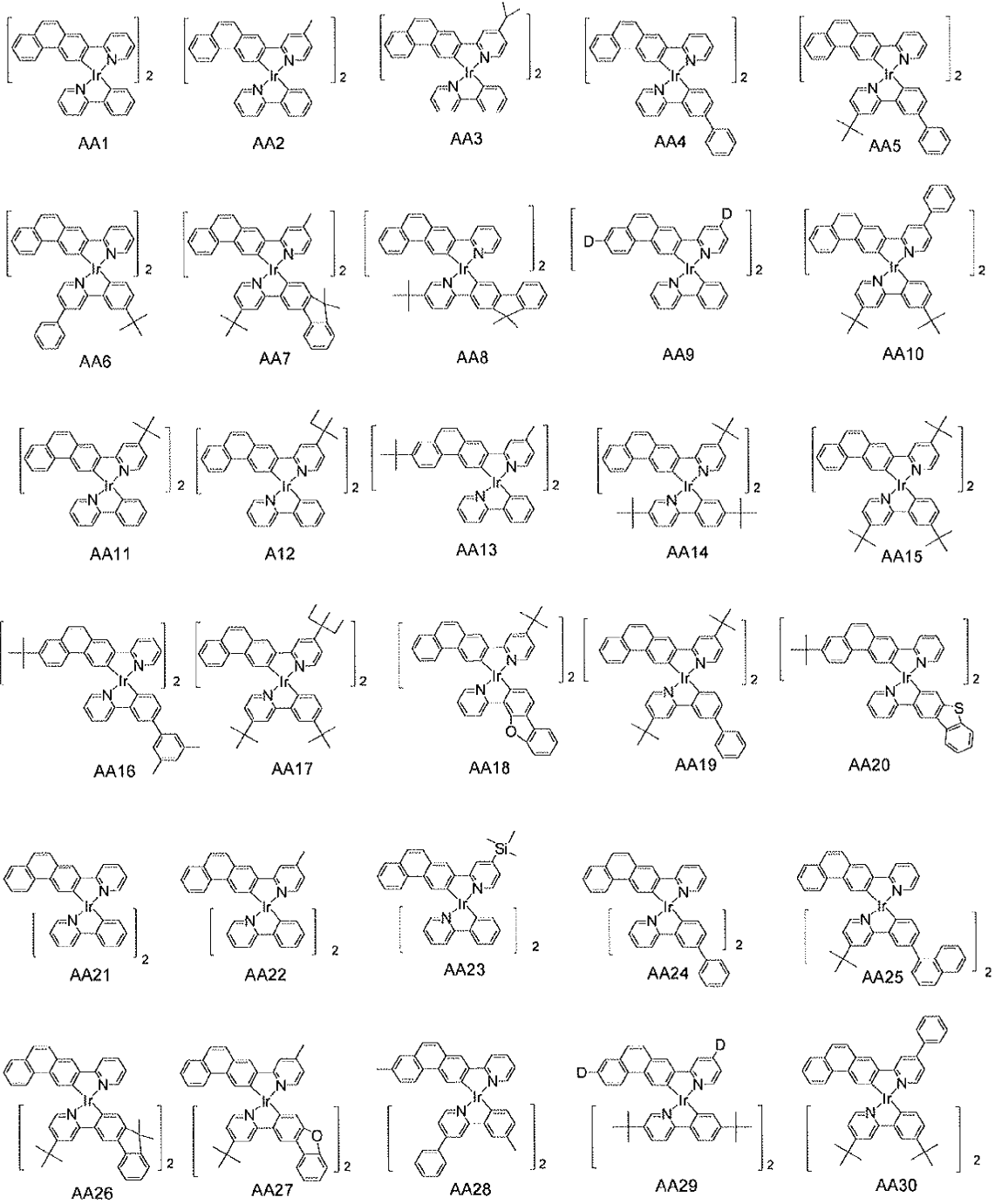
20

30

40

50

【化 2 0】



10

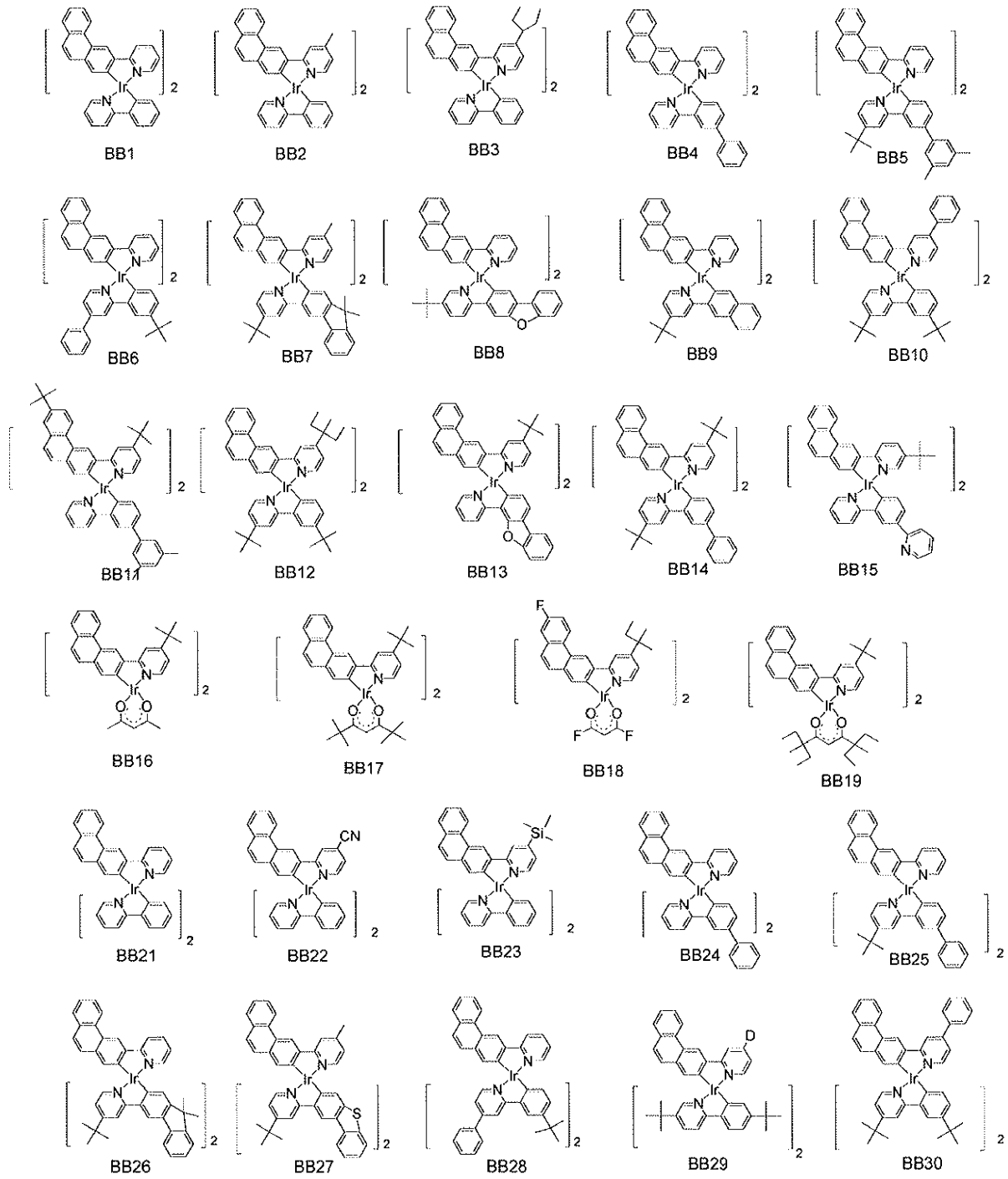
20

30

40

50

## 【化 2 1】



10

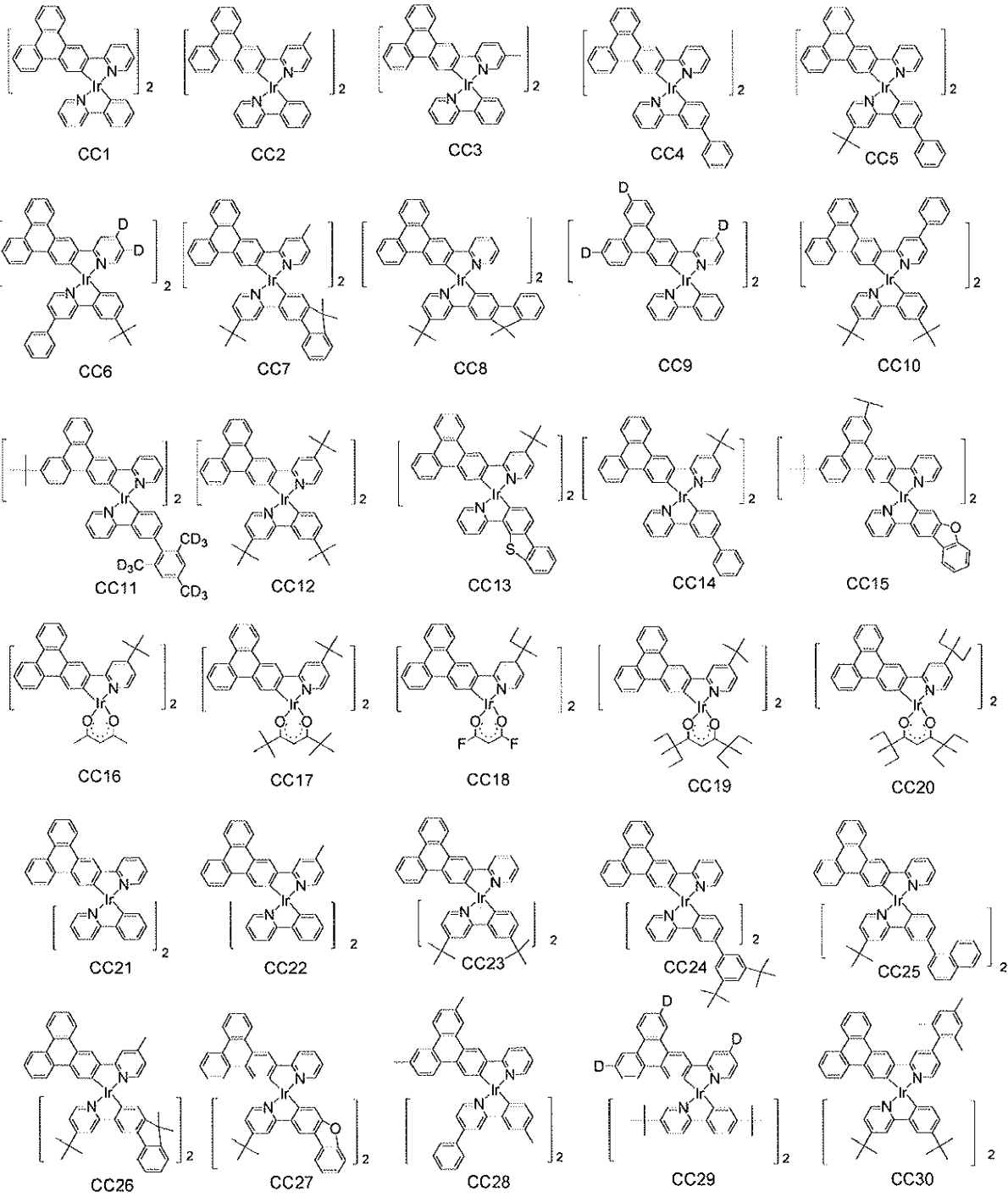
20

30

40

50

【化 2 2】



10

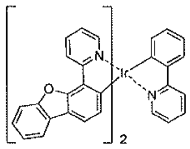
20

30

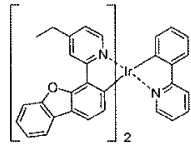
40

50

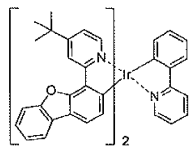
## 【化 2 3】



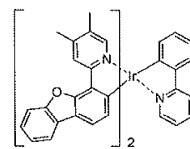
DD1



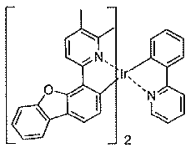
DD2



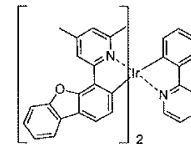
DD3



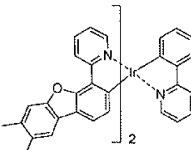
DD4



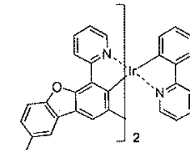
DD5



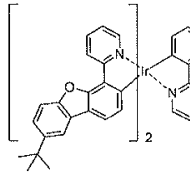
DD6



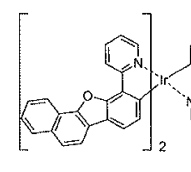
DD7



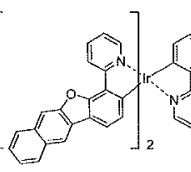
DD8



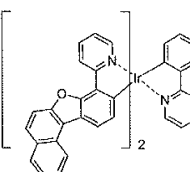
DD9



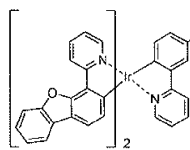
DD10



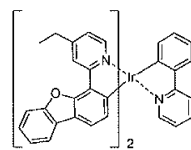
DD11



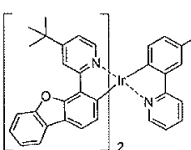
DD12



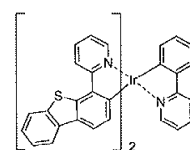
DD13



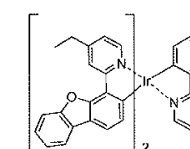
DD14



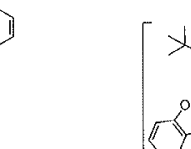
DD15



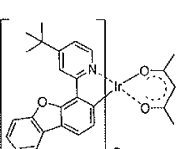
DD16



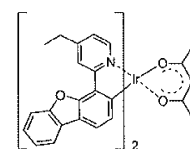
DD17



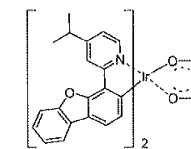
DD18



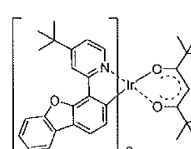
DD20



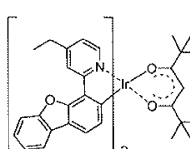
DD21



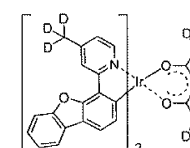
DD22



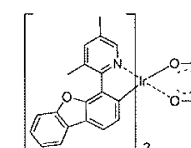
DD23



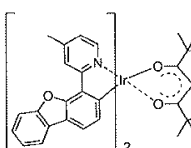
DD24



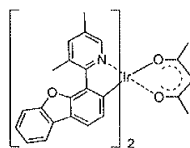
DD25



DD26



DD27



DD28

10

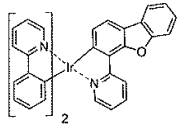
20

30

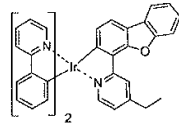
40

50

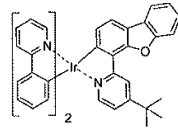
## 【化 2 4】



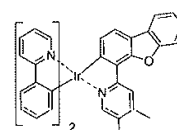
DD29



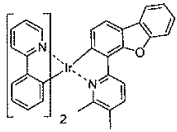
DD30



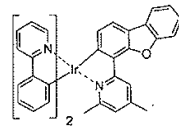
DD31



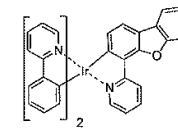
DD32



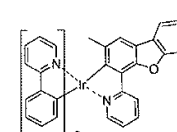
DD33



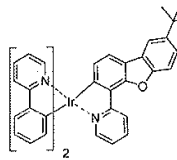
DD34



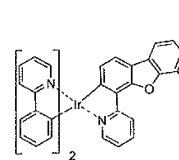
DD35



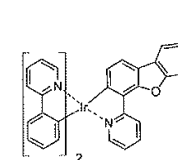
DD36



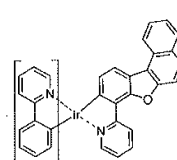
DD37



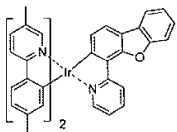
DD38



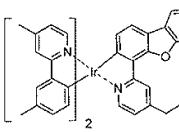
DD39



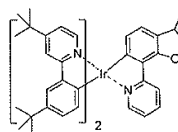
DD40



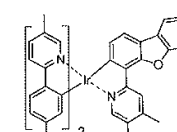
DD41



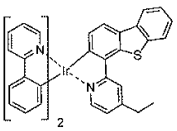
DD42



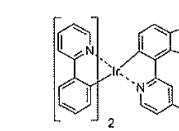
DD43



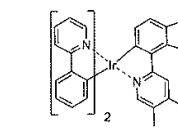
DD44



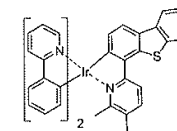
DD45



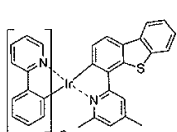
DD46



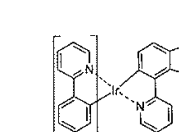
DD47



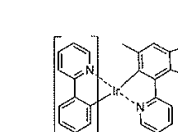
DD48



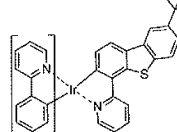
DD49



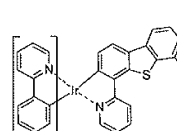
DD50



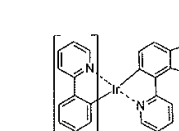
DD51



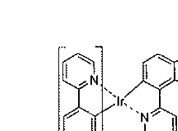
DD52



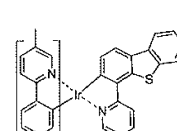
DD53



DD54



DD55



DD56

10

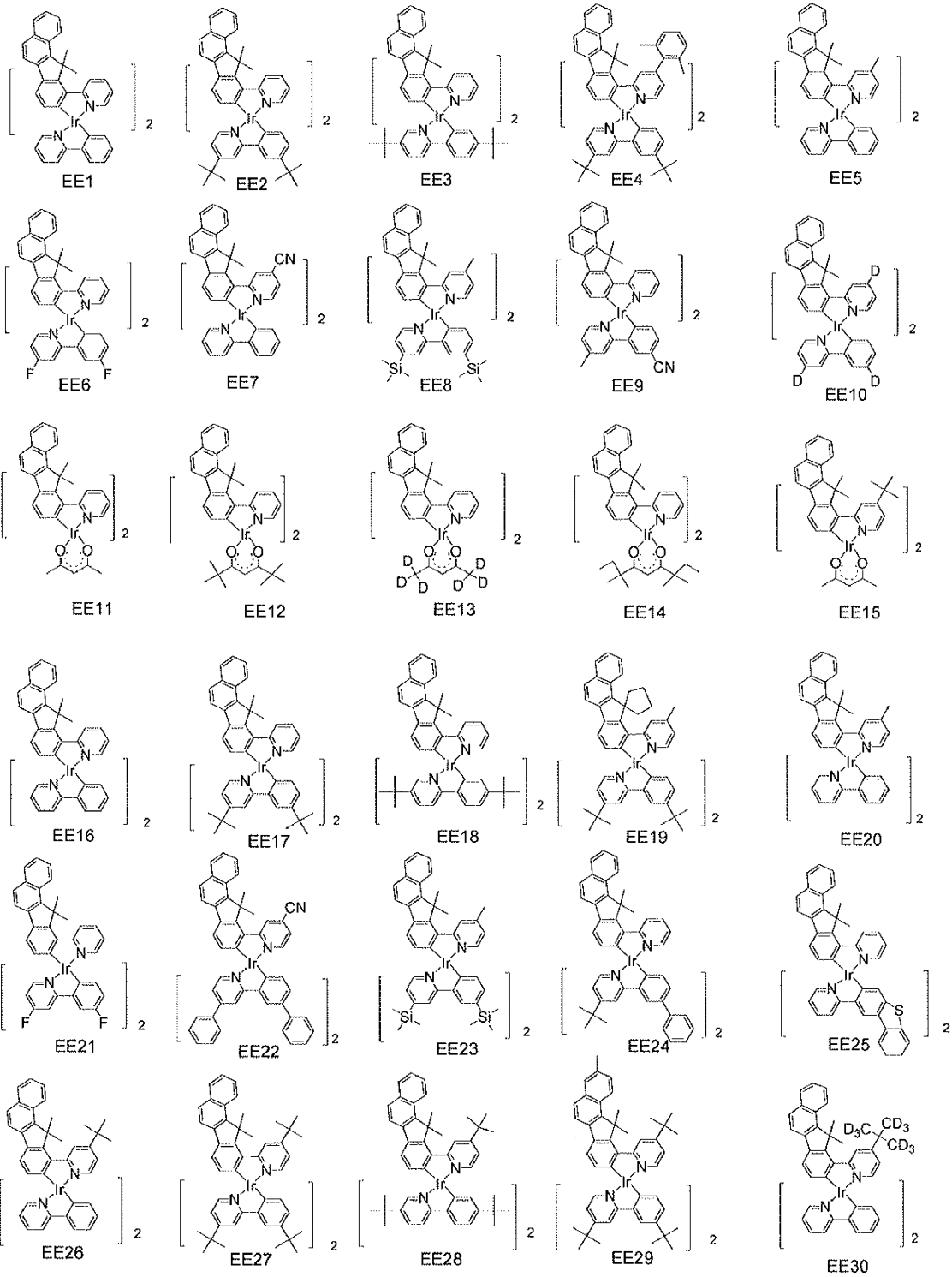
20

30

40

50

## 【化 2 5】



10

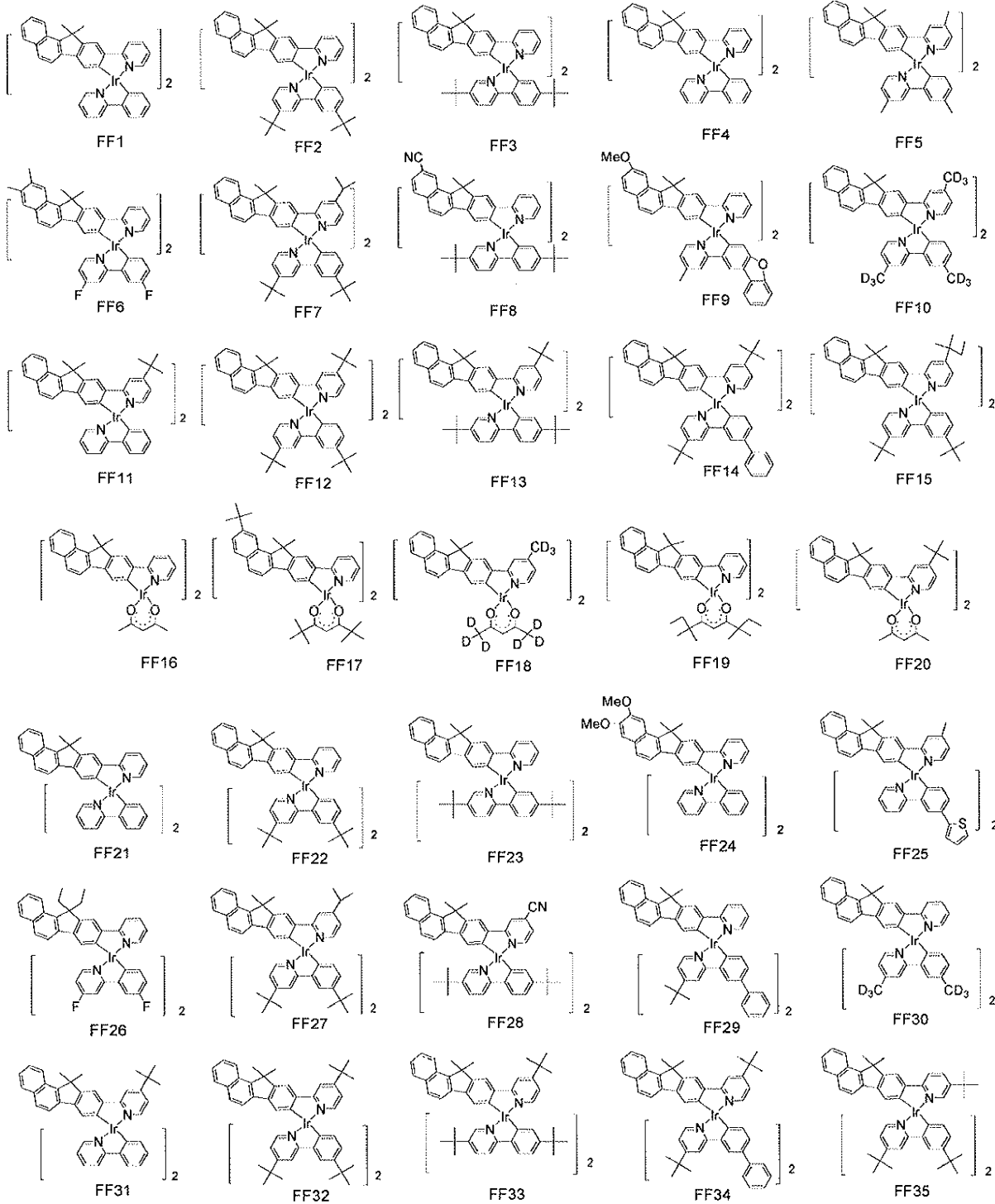
20

30

40

50

【化 2 6】



10

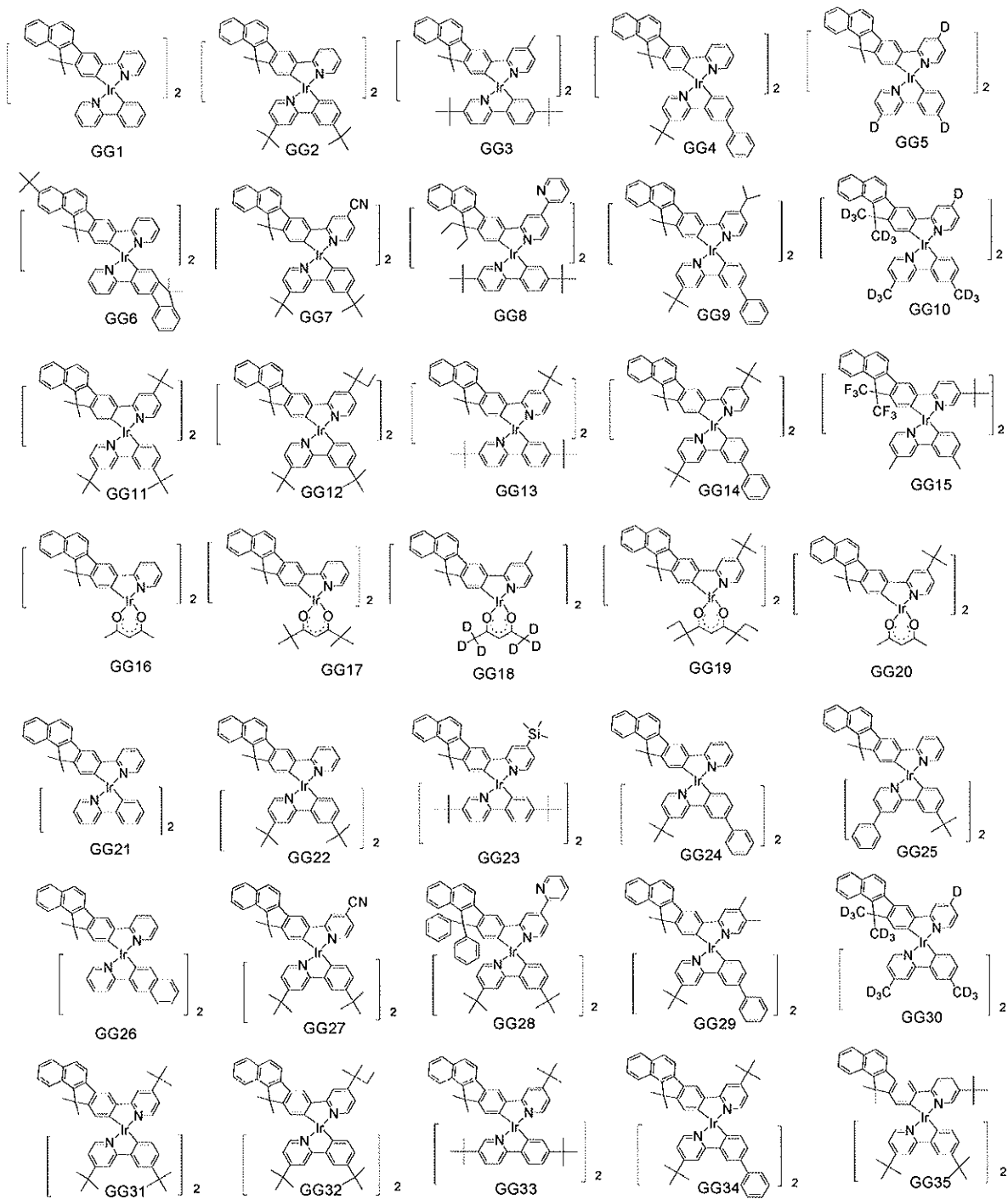
20

30

40

50

## 【化 27】



10

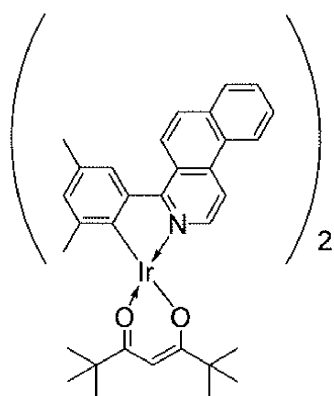
20

30

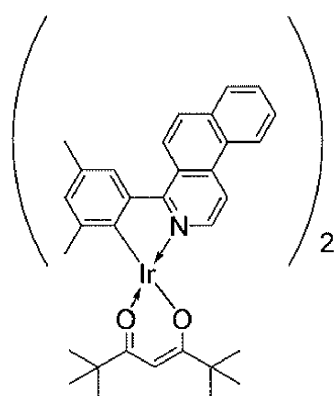
40

50

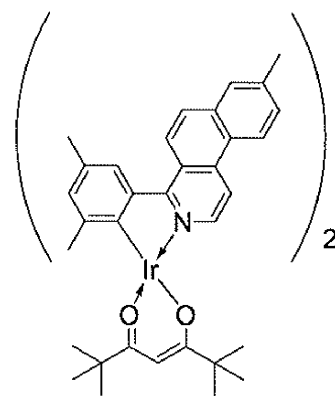
【化 2 8】



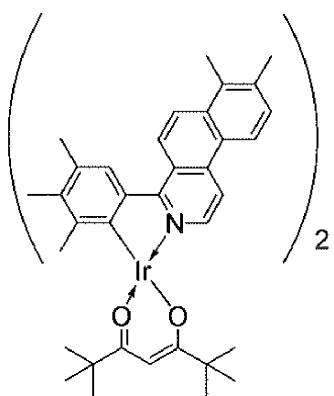
HH1



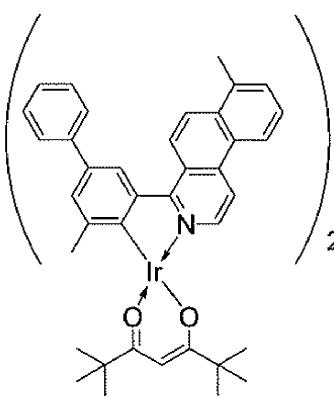
HH2



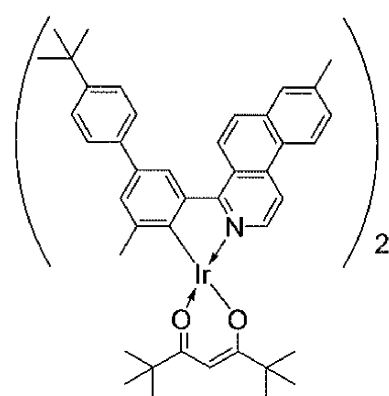
HH3



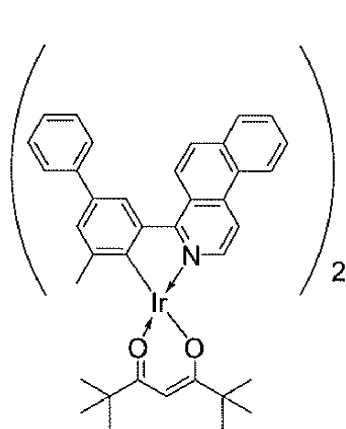
HH4



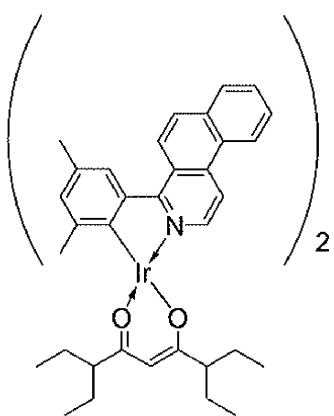
HH5



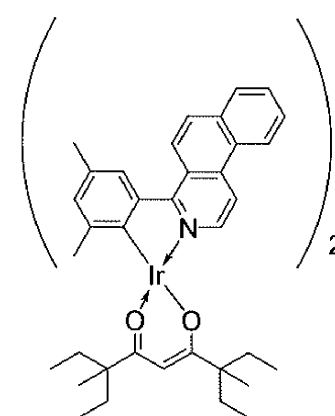
HH6



HH7



HH8



HH9

10

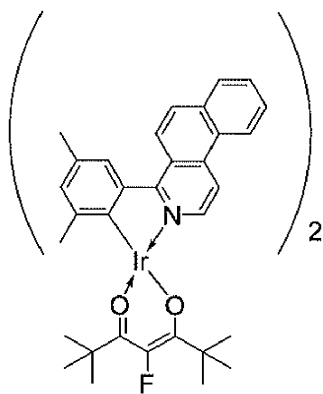
20

30

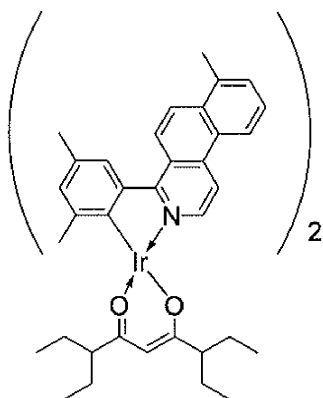
40

50

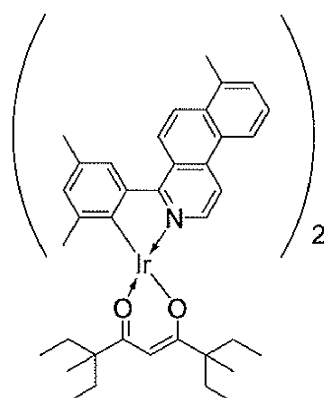
【化 2 9】



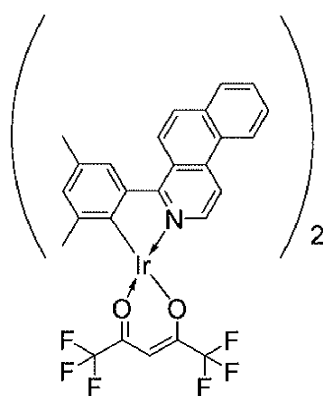
HH10



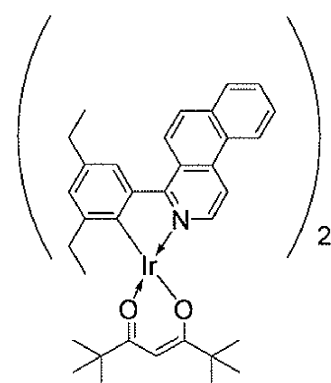
HH11



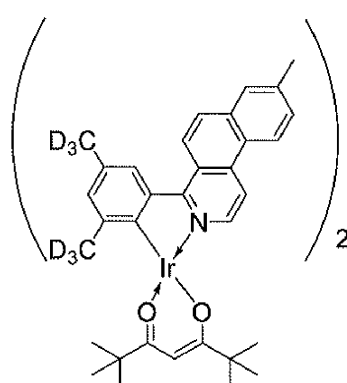
HH12



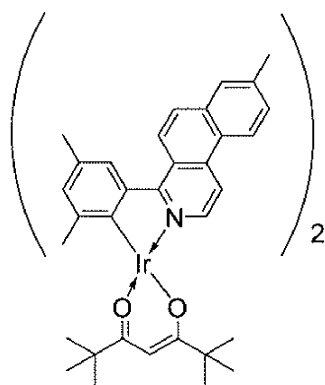
HH13



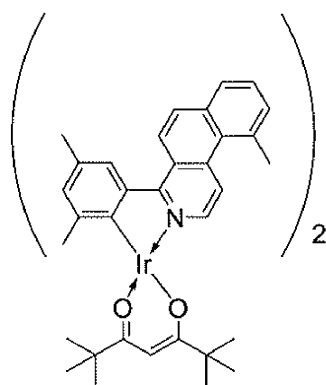
HH14



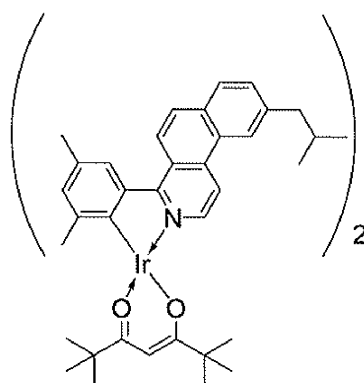
HH15



HH16



HH17



HH18

10

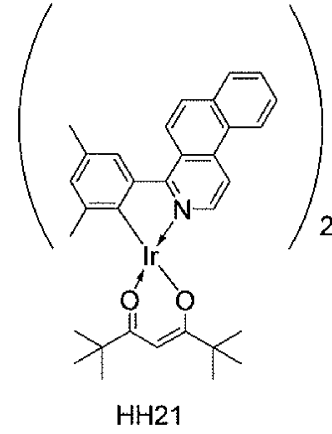
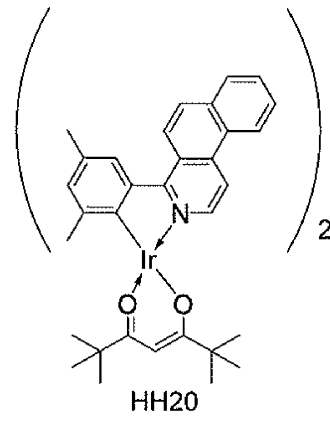
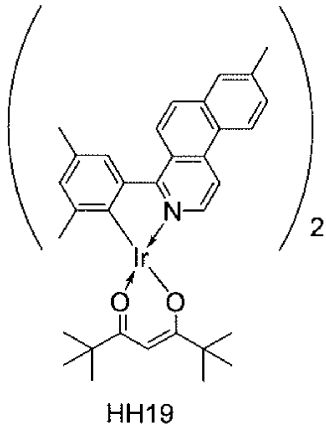
20

30

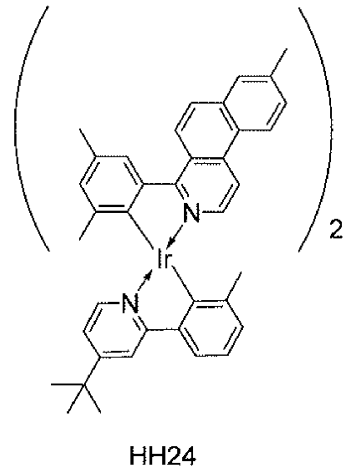
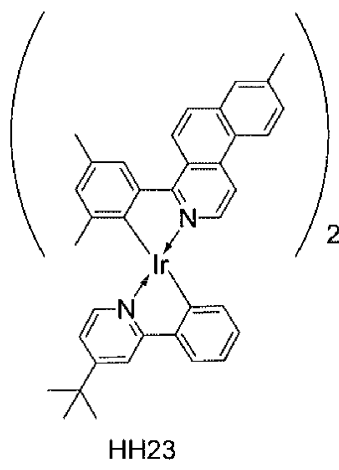
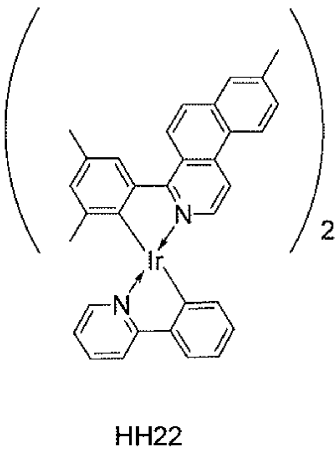
40

50

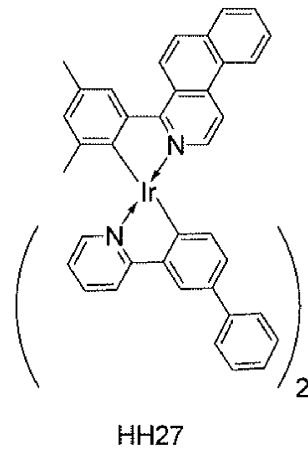
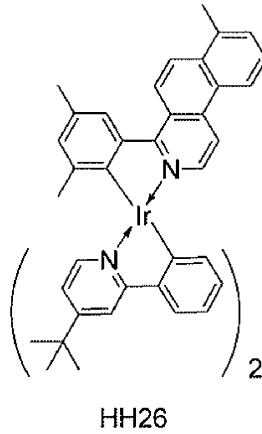
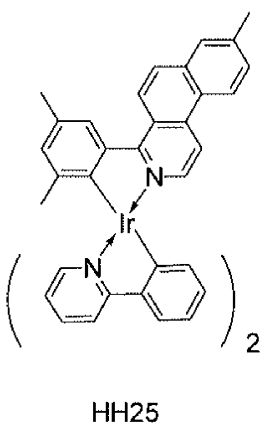
【化 3 0】



10



20

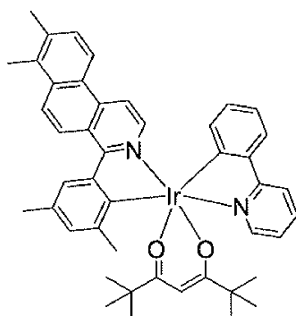


30

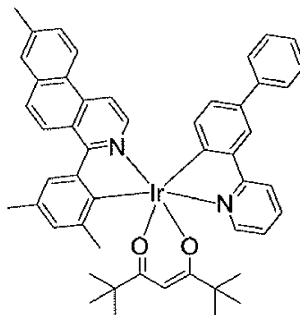
40

50

【化 3 1】

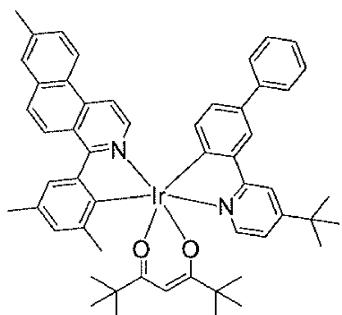


HH28

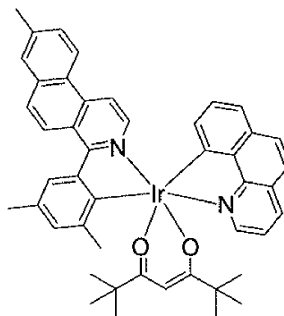


HH29

10

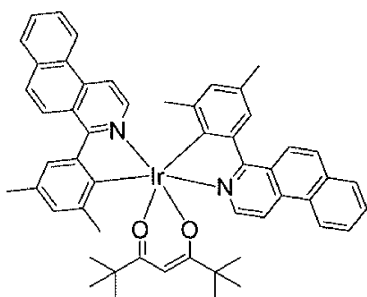


HH30

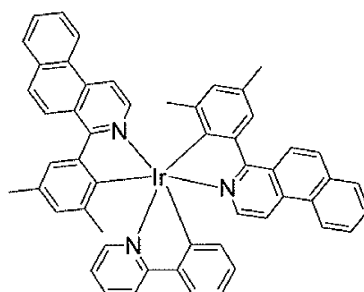


HH31

20

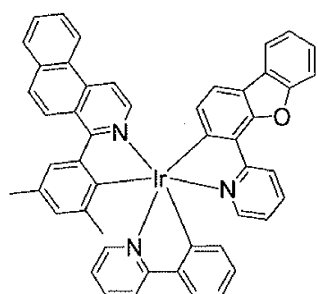


HH32

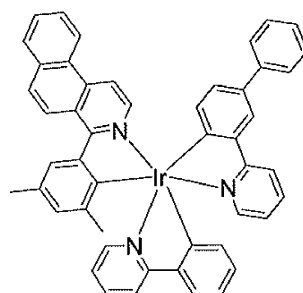


HH33

30



HH34

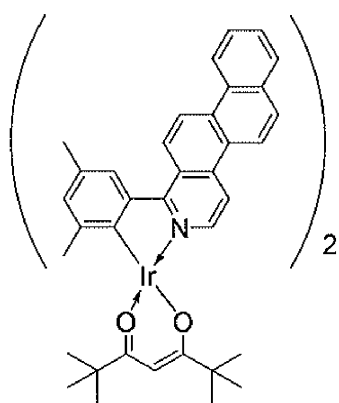


HH35

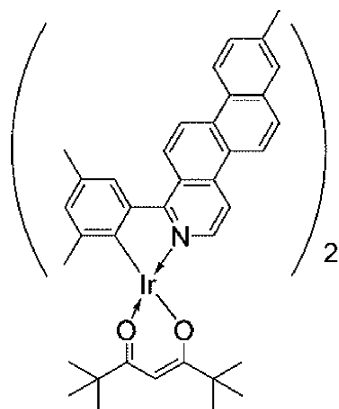
40

50

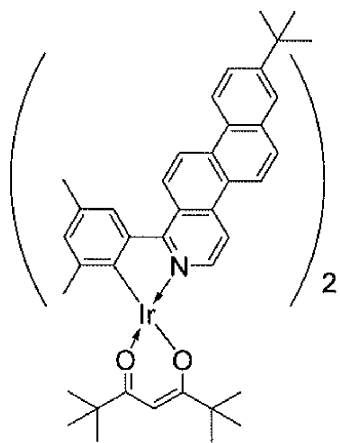
【化 3 2】



II1

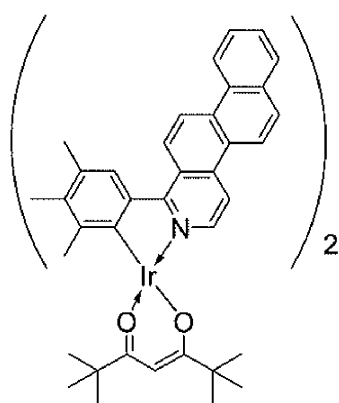


II2

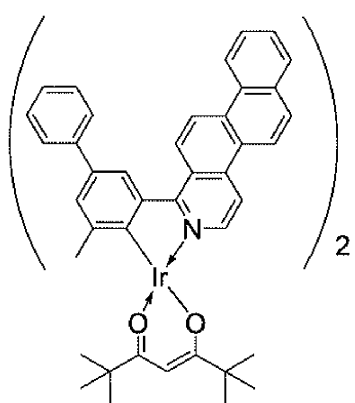


II3

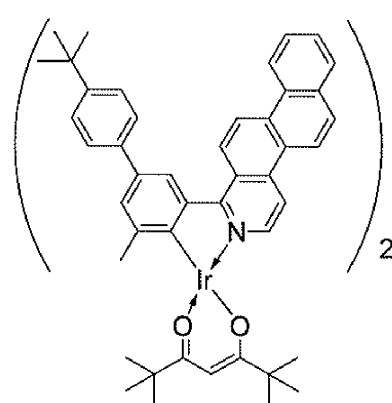
10



II4

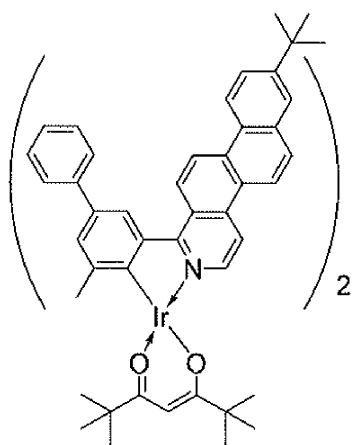


II5

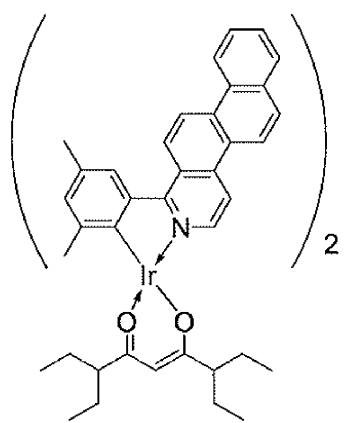


II6

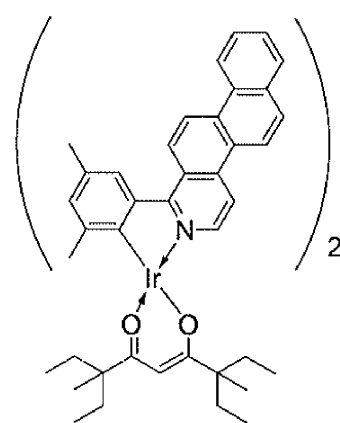
20



II7



II8



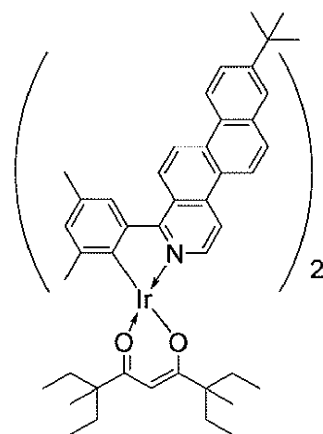
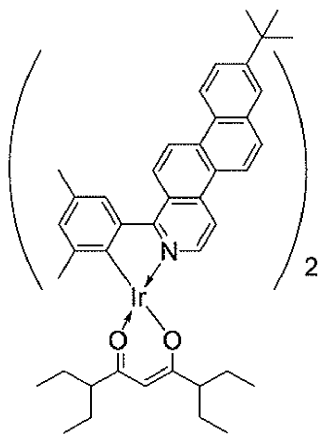
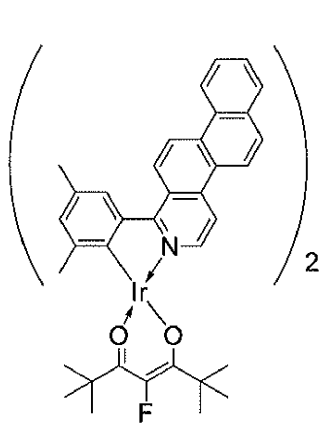
II9

30

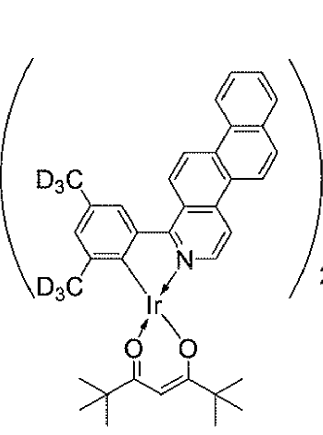
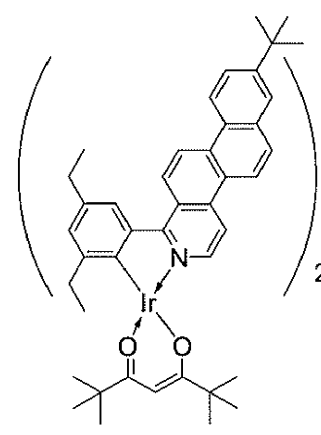
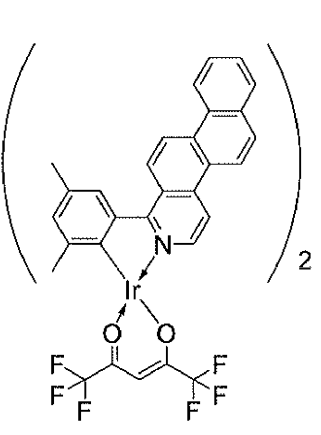
40

50

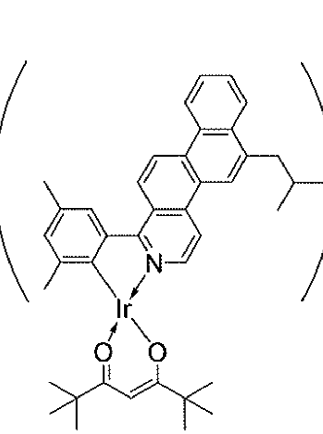
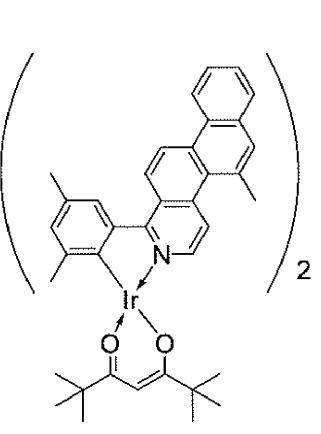
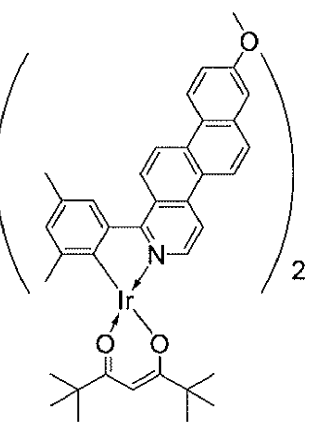
【化 3 3】



10



20

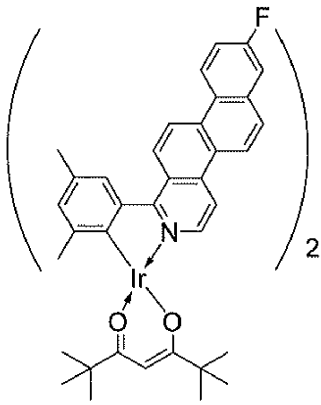


30

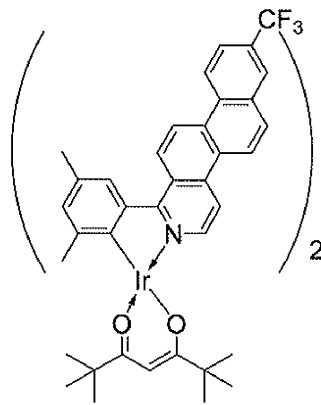
40

50

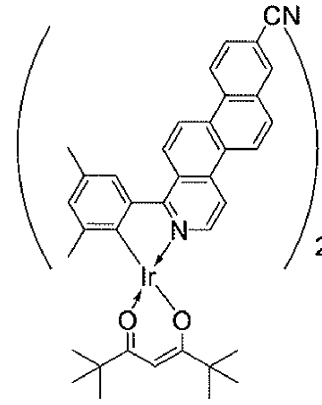
【化 3 4】



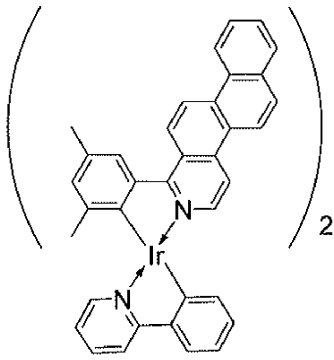
II19



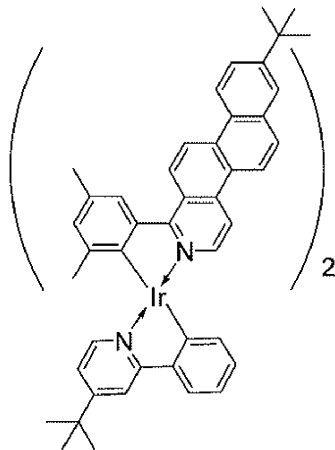
II20



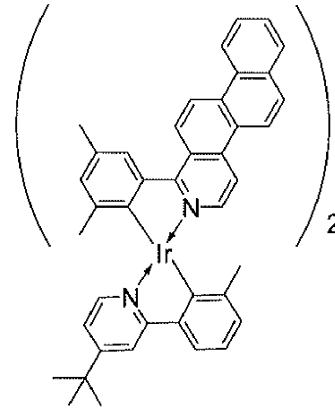
II21



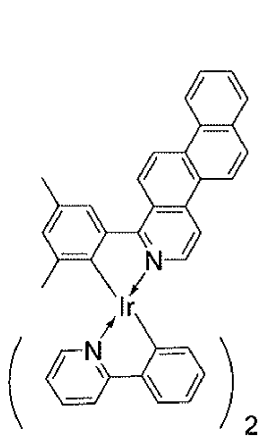
II22



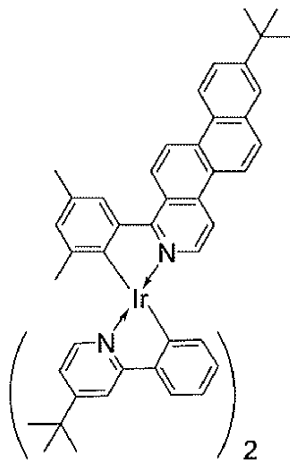
II23



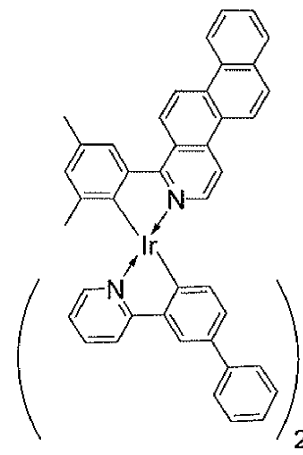
II24



II25



II26



II27

10

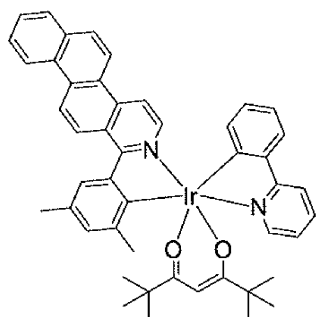
20

30

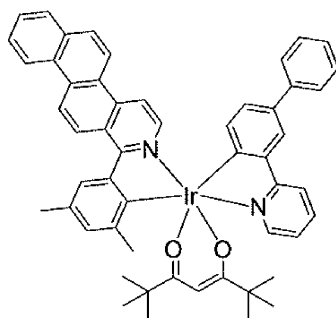
40

50

## 【化 3 5】

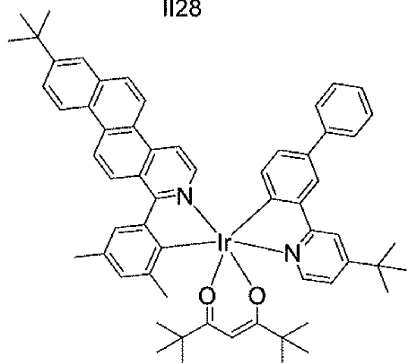


II28

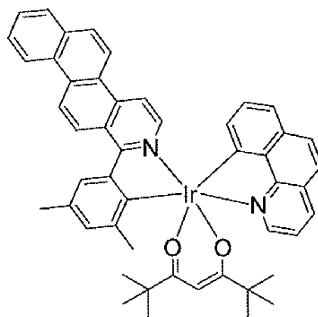


II29

10

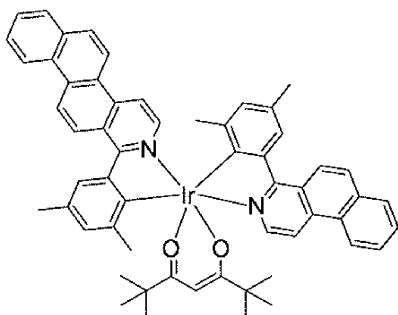


II30

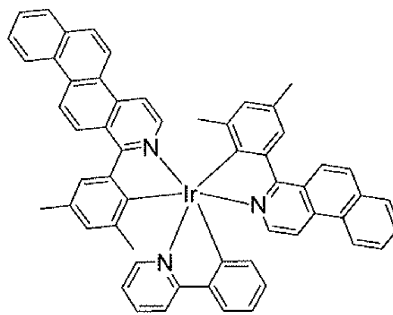


II31

20

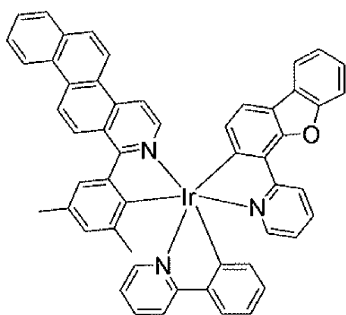


II32

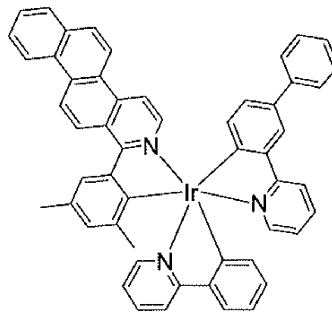


II33

30



II34



II35

40

## 【0072】

A A 群乃至 B B 群に属する例示化合物は、部分構造  $M(L)_m$  が一般式 [Ir-3] で示される金属錯体であり、配位子にフェナンスレン環を有する化合物である。これらの化合物は、とくに安定性に優れた化合物である。

## 【0073】

C C 群に属する例示化合物は、部分構造  $M(L)_m$  が一般式 [Ir-4] で示される金属錯体であり、配位子にトリフェニレン環を有する化合物である。これらの化合物は、とくに安定性に優れた化合物である。

## 【0074】

50

DD群に属する例示化合物は、部分構造M(L)mが一般式[Ir-5]乃至[Ir-8]で示される金属錯体であり、配位子にジベンゾフラン環、ジベンゾチオフェン環、ベンゾナフトフラン環またはベンゾナフトチオフェン環を有する化合物である。これらの化合物は酸素原子または硫黄原子を含んでおり、これらの原子が有する豊富な非共有電子対により電荷輸送性を高めることができる。そのため、とくにキャリアバランスを調整しやすい化合物である。

【0075】

EE群乃至GG群に属する例示化合物は、部分構造M(L)mが一般式[Ir-6]乃至[Ir-8]で示される金属錯体であり、配位子にベンゾフルオレン環を有する化合物である。これらの化合物は、フルオレン環の9位に、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、とくに昇華性に優れる化合物である。

10

【0076】

HH群に属する例示化合物は、部分構造M(L)mが一般式[Ir-11]乃至[Ir-13]で示される金属錯体であり、配位子にベンゾイソキノリン環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み、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、とくにキャリアバランスを調整しやすい化合物である。

【0077】

II群に属する例示化合物は、部分構造M(L)mが一般式[Ir-14]で示される金属錯体であり、配位子にナフトイソキノリン環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み、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、とくにキャリアバランスを調整しやすい化合物である。

20

【0078】

有機発光素子

本実施形態の有機発光素子は、第一電極と第二電極と、第一電極と第二電極との間に配置される有機化合物層とを有する。有機化合物層は、少なくとも発光層を有する。ここで有機化合物層は、単層であってもよいし、複数層からなる積層体であってもよい。有機化合物層が複数の層からなる積層体であるとき、少なくとも1つは発光層である。有機化合物層は、発光層の他に、ホール注入層、ホール輸送層、電子ブロッキング層、ホール・エキシトンブロッキング層、電子輸送層、電子注入層等を有してもよい。これらの層は、少なくとも1つの有機化合物を含有しており、当該有機化合物のT1は、第一の有機化合物のT1および第二の有機化合物のT1と異なり、第一の有機化合物のT1および第二の有機化合物のT1より高いことが好ましい。また発光層は、単層であってもよいし、複数の層からなる積層体であってもよい。

30

【0079】

本実施形態の有機発光素子において、有機化合物層の少なくとも一層に本実施形態に係る有機化合物が含まれている。

【0080】

第一の有機化合物または第二の有機化合物は、ホストまたはホスト材料とも称され、発光層を構成する化合物の中で質量比が最も大きい化合物である。また発光性化合物は、ゲスト、ゲスト材料、または発光材料とも称され、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い化合物であって、主たる発光を担う化合物である。

40

【0081】

本実施形態に係る発光層のホストは、少なくとも2種からなる。これらホストの濃度はそれぞれ、発光層全体に対して10質量%以上90質量%以下であることが好ましく、20質量%以上80質量%以下であることがより好ましく、30質量%以上70質量%以下であることがさらに好ましい。

【0082】

50

ホストに対するゲストの濃度は、発光層の構成材料の全体量を基準として、0.01質量%以上50質量%以下であり、好ましくは、0.1質量%以上20質量%以下である。濃度消光を抑制する観点から、ゲストの濃度は、10質量%以下であることが特に好ましい。

【0083】

ゲストは、ホストがマトリックスとなっている層の全体に均一に含ませてもよいし、濃度勾配を有して含ませてもよい。また層内の特定の領域にゲストを部分的に含ませて、発光層がゲストを含まないホストのみの領域を有する層としてもよい。

【0084】

本発明の発光層は単層でも複層でも良いし、他の発光色を有する発光材料を含むことで、混色させることも可能である。複層とは発光層と別の発光層とが積層している状態を意味する。この場合、有機発光素子の発光色は特に限られない。より具体的には白色でもよいし、中間色でもよい。白色の場合、例えば、発光層の発光色が青色であれば、別の発光層は、青色とは異なる色、すなわち緑色や赤色を発光する。さらに、本発明における発光層もしくは積層発光層と、第一もしくは第二電極との間に、青色に発光する第三の発光層と電荷発生層を具備してもよい。電荷発生層はタンデム素子としての機能を発現させ、電荷発生層から発生した電子と第一電極から注入したホールが電荷再結合して励起子を生成、電荷発生層から発生したホールと第二電極から注入された電子が電荷再結合して励起子を形成する。このため、内部量子効率も2倍になる。その際、本発明の有機発光素子は、青発光の補色として黄色発光層として、タンデム素子の片側に適用することができる。したがって、本発明における発光層からなる積層発光層を用いて、青色発光層とタンデム素子構成することにより、白色発光素子を提供することができる。第三の発光層には、少なくとも第三の有機化合物と、第四の有機化合物を含む。第三の有機化合物はホスト材料であり、第四の有機化合物は青色発光材料である。

【0085】

また、製膜方法も蒸着もしくは塗布製膜で製膜を行う。

【0086】

本実施形態の有機発光素子の具体的な素子構成としては、基板上に、下記(1)乃至(6)に示される電極層及び有機化合物層を順次積層した多層型の素子構成が挙げられる。尚、いずれの素子構成においても有機化合物層には発光材料を有する発光層が必ず含まれる。

(1) 陽極 / 発光層 / 陰極

(2) 陽極 / 正孔輸送層 / 発光層 / 電子輸送層 / 陰極

(3) 陽極 / 正孔輸送層 / 発光層 / 電子輸送層 / 電子注入層 / 陰極

(4) 陽極 / 正孔注入層 / 正孔輸送層 / 発光層 / 電子輸送層 / 陰極

(5) 陽極 / 正孔注入層 / 正孔輸送層 / 発光層 / 電子輸送層 / 電子注入層 / 陰極

(6) 陽極 / 正孔輸送層 / 電子阻止層 / 発光層 / 正孔阻止層 / 電子輸送層 / 陰極

【0087】

ただし、これらの素子構成例はあくまでもごく基本的な素子構成であり、これらに限定されるものではない。例えば、電極と有機化合物層との界面に絶縁性層、接着層あるいは干渉層を設ける、電子輸送層もしくは正孔輸送層がイオン化ポテンシャルの異なる二つの層から構成される、発光層が発光材料の異なる二つの層から構成される等多様な層構成を採ることができる。

【0088】

上記(1)乃至(6)に示される素子構成において、(6)の構成は、電子阻止層及び正孔阻止層を共に有している構成であるので、好ましい。つまり、電子阻止層及び正孔阻止層を有する(6)では、正孔と電子の両キャリアを発光層内に確実に閉じ込めることができるので、キャリア漏れがなく発光効率が高い有機発光素子となる。

【0089】

ここで、本発明の有機発光素子は、発光層を構成する第一の有機化合物及び第二の有機

化合物は、自由回転可能な単結合が全て炭素 - 炭素結合、好ましくは、 $sp^2$ 炭素同士の結合からなることを特徴としている。つまり、平面性の高いホスト材料で構成されている。したがって、一般的な有機発光素子よりも、正孔輸送能力及び電子輸送能力が高くなる。これにより、電子阻止層及び正孔阻止層が重要な役割を担う。例えば、正孔阻止層は、正孔に対して安定である必要があるため、正孔阻止層化合物は反応性が低い有機化合物、さらには、炭化水素のみからなる有機化合物であることが好ましい。例えば、電子阻止層も、電子にたいして安定である必要があるため、電子阻止層化合物は反応性が低い有機化合物、さらには、自由回転可能な単結合が全て炭素 - 炭素結合、好ましくは、 $sp^2$ 炭素同士の結合からなる有機化合物であることが好ましい。

**【0090】**

10

発光層から出力される光の取り出し態様（素子形態）としては、基板側の電極から光を取り出すいわゆるボトムエミッション方式でもよいし、基板の反対側から光を取り出すいわゆるトップエミッション方式でもよい。また基板側及び基板の反対側から光を取り出す、両面取り出し方式も採用することができる。

**【0091】**

<他の化合物>

本実施形態に係る有機化合物は、本実施形態の有機発光素子を構成する発光層以外の有機化合物層の構成材料として使用することができる。具体的には、電子輸送層、電子注入層、ホール輸送層、ホール注入層、ホールブロッキング層等の構成材料として用いてもよい。この場合、有機発光素子の発光色は特に限られない。より具体的には白色でもよいし、中間色でもよい。

20

**【0092】**

本実施形態に係る有機発光素子には、必要に応じて従来公知の低分子系及び高分子系のホール注入性化合物あるいはホール輸送性化合物、ホストとなる化合物、発光性化合物、電子注入性化合物あるいは電子輸送性化合物等を一緒に使用することができる。以下にこれらの化合物例を挙げる。

**【0093】**

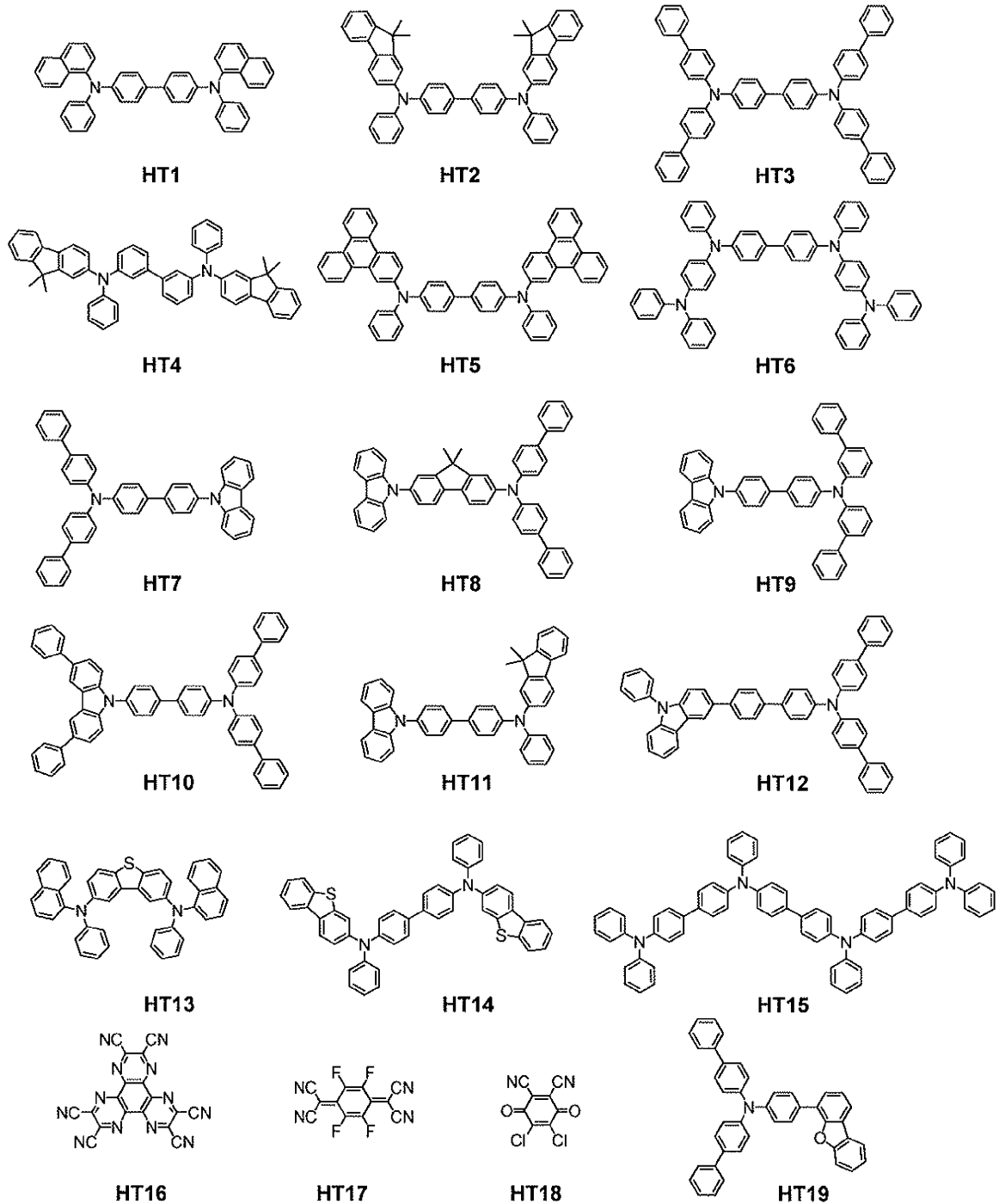
ホール注入輸送性材料としては、陽極からのホールの注入を容易にして、かつ注入されたホールを発光層へ輸送できるようにホール移動度が高い材料が好ましい。また有機発光素子中において結晶化等の膜質の劣化を抑制するために、ガラス転移点温度が高い材料が好ましい。ホール注入輸送性能を有する低分子及び高分子系材料としては、トリアリールアミン誘導体、アリールカルバゾール誘導体、フェニレンジアミン誘導体、スチルベン誘導体、フタロシアン誘導体、ポルフィリン誘導体、ポリ（ビニルカルバゾール）、ポリ（チオフェン）、その他導電性高分子が挙げられる。さらに上記のホール注入輸送性材料は、電子ブロッキング層にも好適に使用される。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

40

50

## 【化 3 6】



主に発光機能に関わる発光材料としては、本発明の発光層化合物に関わ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。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。

10

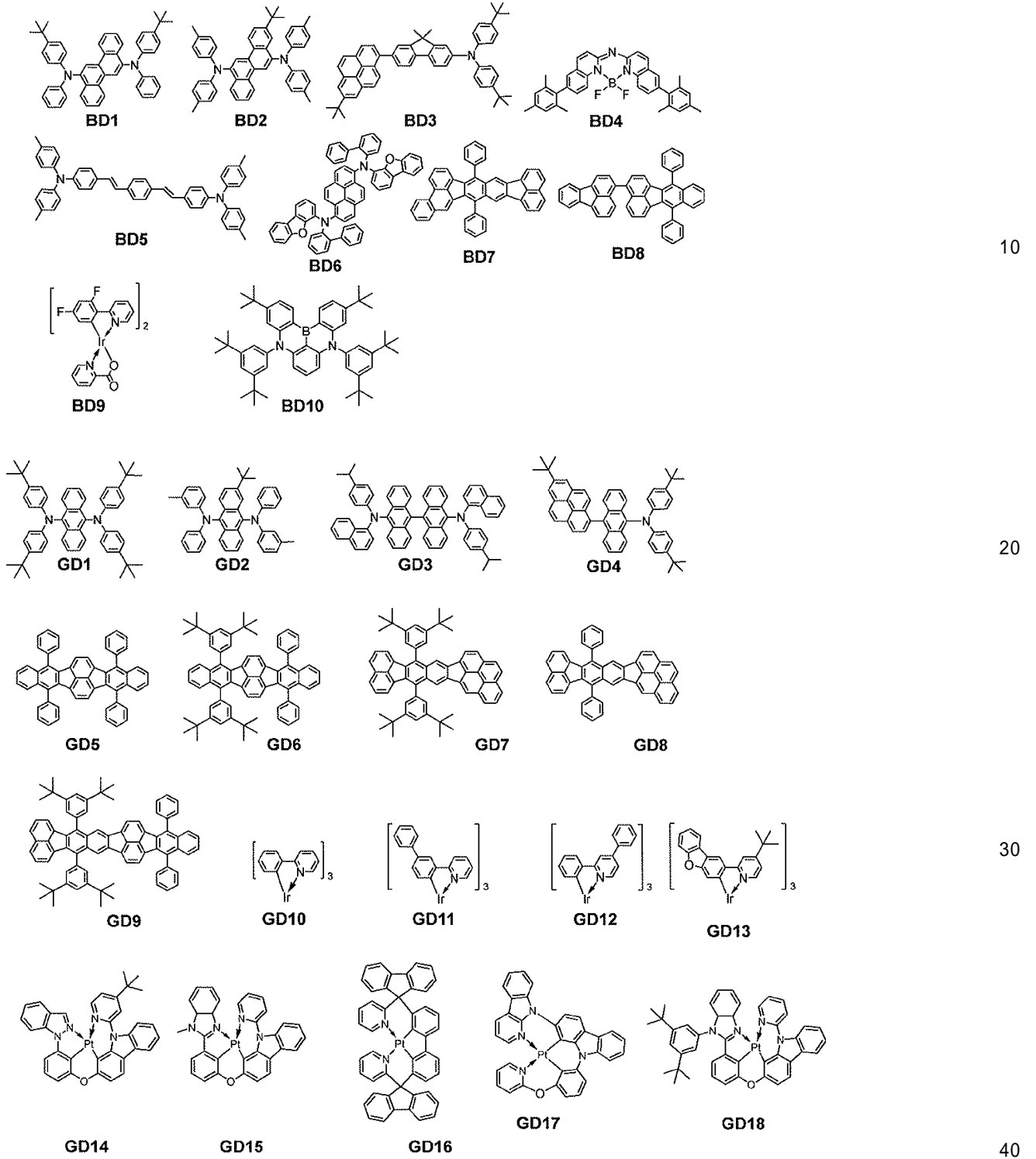
20

30

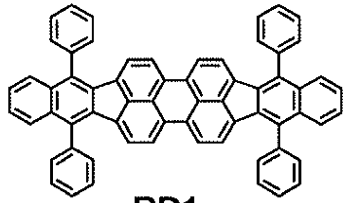
40

50

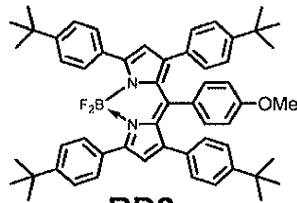
【化 3 7】



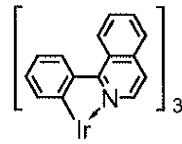
## 【化 3 8】



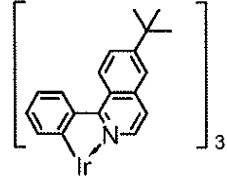
RD1



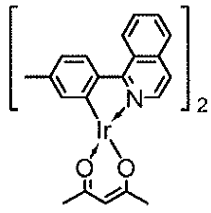
RD2



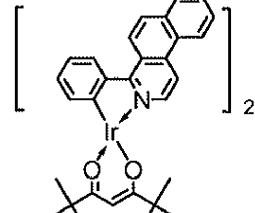
RD3



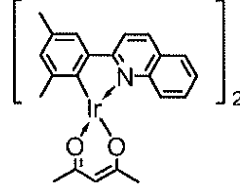
RD4



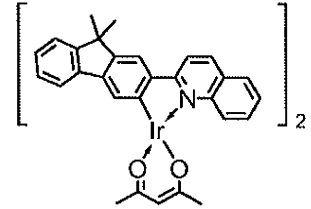
RD5



RD6

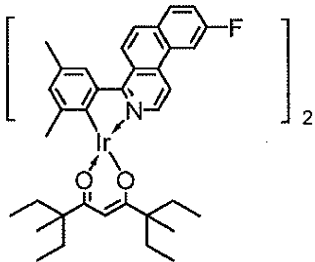


RD7

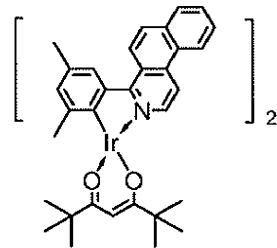


RD8

10



RD9



RD10

20

## 【0094】

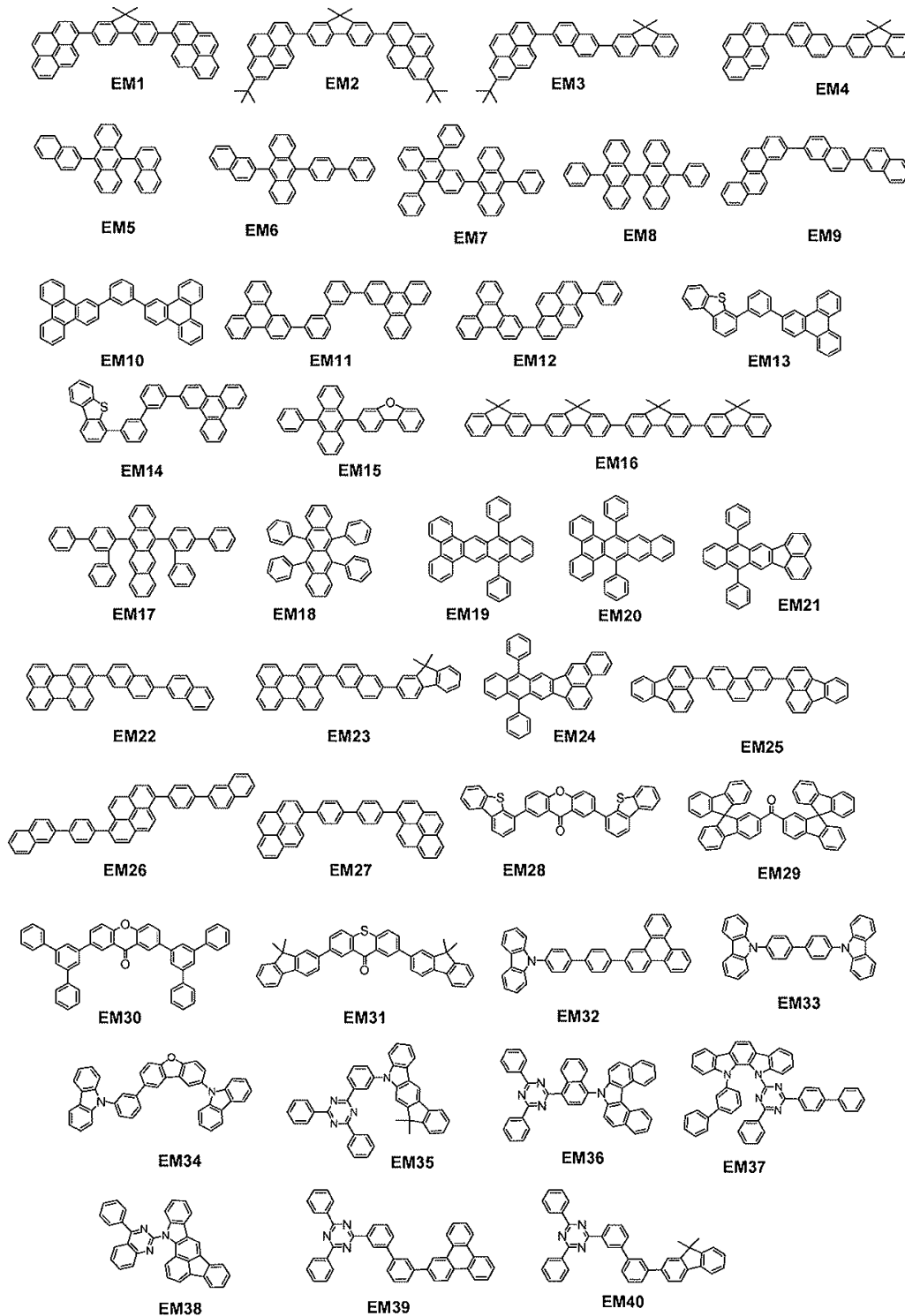
発光層に含まれる発光層ホストあるいは発光アシスト材料として、本実施形態の有機化合物以外の化合物を第三の成分として含有してもいい。第三の成分としては、例えば、芳香族炭化水素化合物もしくはその誘導体、カルバゾール誘導体、アジン誘導体、キサントン誘導体、ジベンゾフラン誘導体、ジベンゾチオフェン誘導体、トリス(8-キノリノラート)アルミニウム等の有機アルミニウム錯体、有機ベリリウム錯体等が挙げられる。

30

40

50

## 【化 3 9】



10

20

30

40

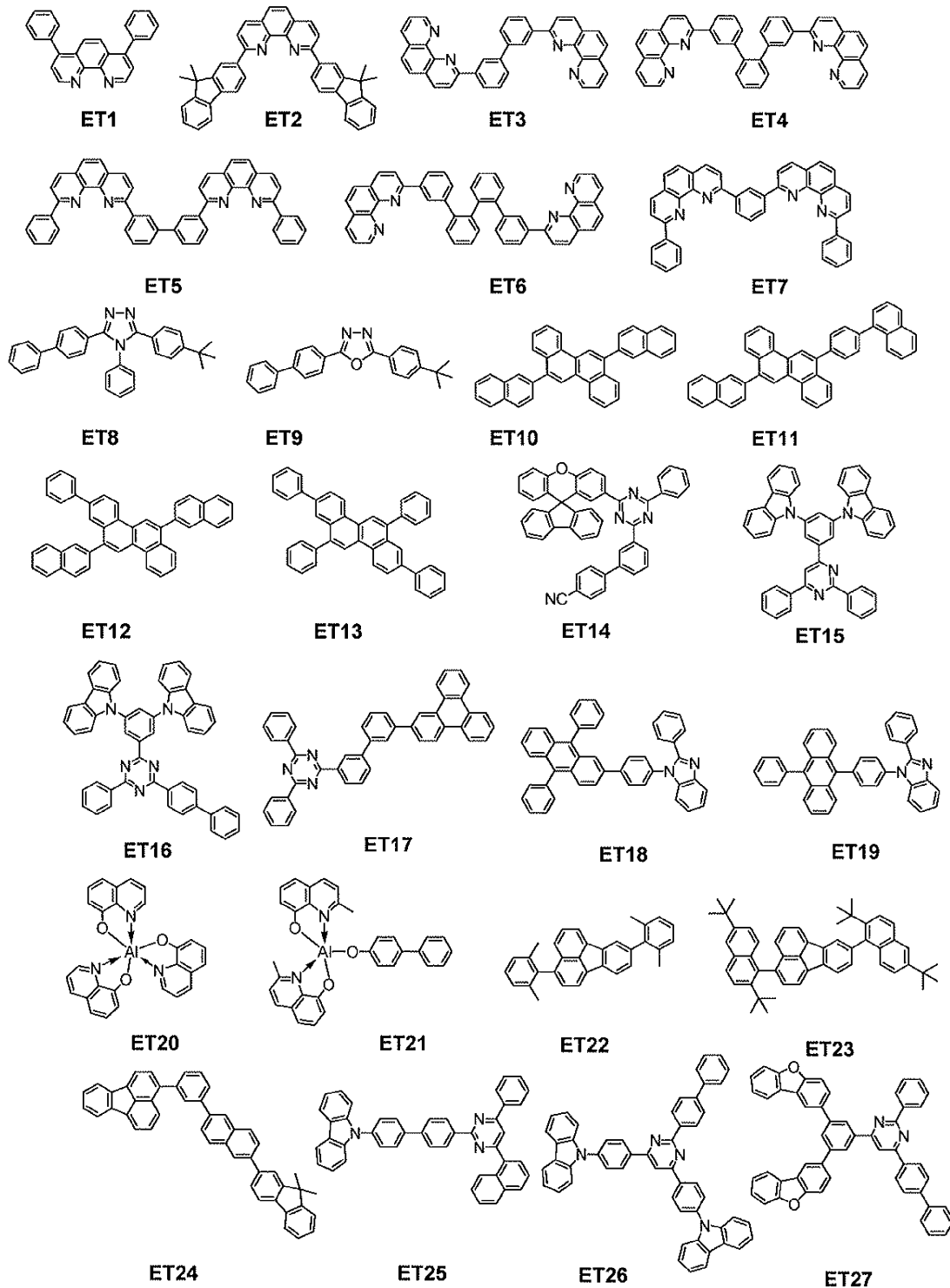
## 【0095】

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体、オキサゾール誘導体、ピラジン誘導体、トリアゾール誘導体、トリアジン誘導体、キノリン誘導体、キノキサリン誘導体、フェナントロリン誘導体、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体、ナフタレン誘導体、クリセン誘導体、アントラセン誘導体等）が挙げられる。さらに上記の電子輸送性材料は、ホール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

50

らに限定されるものではない。

【化 4 0】



10

20

30

40

【0096】

電子注入性材料としては、陰極からの電子注入が容易に可能なものから任意に選ぶことができ、正孔注入性とのバランス等を考慮して選択される。有機化合物としてn型ドーパント及び還元性ドーパントも含まれる。例えば、フッ化リチウム等のアルカリ金属を含む化合物、リチウムキノリノール等のリチウム錯体、ベンゾイミダゾリデン誘導体、イミダゾリデン誘導体、フルバレン誘導体、アクリジン誘導体があげられる。また上記の電子輸送材料と合わせて用いることもできる。

【0097】

50

### < 有機発光素子の構成 >

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て、平坦化層を設ける場合も同様である。

#### 【0098】

##### [ 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、基板の上には、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、か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。

#### 【0099】

##### [ 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。

#### 【0100】

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、ある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。

#### 【0101】

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。

#### 【0102】

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。

#### 【0103】

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またはこれらを含む混合物が挙げられる。ある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。

#### 【0104】

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

10

20

30

40

50

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、抵抗を下げやすいためより好ましい。

#### 【0105】

##### [有機化合物層]

有機化合物層は、単層で形成されても、複数層で形成されてもよい。複数層を有する場合には、その機能によって、ホール注入層、ホール輸送層、電子ブロッキング層、発光層、ホールブロッキング層、電子輸送層、電子注入層、と呼ばれてよい。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。有機化合物層は、第一電極と第二電極との間に配置されてよく、第一電極及び第二電極に接して配されてよい。

10

#### 【0106】

本発明の一実施形態に係る有機発光素子を構成する有機化合物層（正孔注入層、正孔輸送層、電子阻止層、発光層、正孔阻止層、電子輸送層、電子注入層等）は、以下に示す方法により形成される。

#### 【0107】

本発明の一実施形態に係る有機発光素子を構成する有機化合物層は、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を用いることができる。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。

20

#### 【0108】

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。

#### 【0109】

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。

30

#### 【0110】

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]

第二電極の上に、保護層を設けてもよい。例えば、第二電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、第二電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、第二電極を形成後に真空を破らずに別のチャンパーに搬送し、CVD法で厚さ2 μm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。

40

#### 【0112】

##### [カラーフィルタ]

50

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。

#### 【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、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、尿素樹脂等があげられる。

#### 【0115】

##### [マイクロレンズ]

有機発光素子または有機発光装置は、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、有機発光素子または有機発光装置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。

#### 【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。

#### 【0118】

##### [画素回路]

有機発光素子を有する有機発光装置は、有機発光素子に接続されている画素回路を有してよい。画素回路は、第一の発光素子、第二の発光素子を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。

#### 【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。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

10

20

30

40

50

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、第一の発光素子など、発光素子に接続されているトランジスタである。

【0120】

[画素]

有機発光素子を有する有機発光装置は、複数の画素を有してよい。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。

【0121】

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  $15 \mu\text{m}$  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、 $11 \mu\text{m}$ 、 $9.5 \mu\text{m}$ 、 $7.4 \mu\text{m}$ 、 $6.4 \mu\text{m}$  等であってよい。副画素間は、 $10 \mu\text{m}$  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。

10

【0122】

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、ペントイル配置、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。

【0123】

<有機発光素子の用途>

本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。

20

【0124】

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。表示装置は、複数の画素を有し、複数の画素の少なくとも一つが、本実施形態の有機発光素子と、有機発光素子に接続されたトランジスタと、を有してよい。

30

【0125】

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。

【0126】

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 1 は、有機発光素子とこの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例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。トランジスタは薄膜トランジスタ (TFT) であってよい。

40

【0127】

図 1 (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 10 を有している。副画素はその発光により、10R、10G、10B に分けられている。発光色は、発光層から発光される波長で区別されても、副画素から出射する光がカラーフィルタ等により、選択的に透過または色変換が行われてもよい。それぞれの副画素 10 は、層間絶縁層 1 の上に第一電極 2 である反射電極、第一電極 2 の端を覆う絶縁層 3、第一電極 2 と絶縁層 3 とを覆う有機化合物層 4、第二電極 5 である透明電極、保護層 6、カラーフィルタ 7 を有している。

【0128】

層間絶縁層 1 は、その下層または内部にトランジスタ、容量素子が配されていてよい。

50

トランジスタと第一電極 2 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。

【0129】

絶縁層 3 は、バンク、画素分離膜とも呼ばれる。第一電極 2 の端を覆っており、第一電極 2 を囲って配されている。絶縁層 3 の配されていない部分が、有機化合物層 4 と接し、発光領域となる。

【0130】

有機化合物層 4 は、正孔注入層 4 1、正孔輸送層 4 2、第一発光層 4 3、第二発光層 4 4、電子輸送層 4 5 を有する。

【0131】

第二電極 5 は、透明電極であっても、反射電極であっても、半透過電極であってもよい。

【0132】

保護層 6 は、有機化合物層 4 に水分が浸透することを低減する。保護層 6 は、一層のように図示されているが、複数層であってもよい。層ごとに無機化合物層、有機化合物層があってもよい。

【0133】

カラーフィルタ 7 は、その色により 7 R、7 G、7 B に分けられる。カラーフィルタ 7 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 7 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 7 は、保護層 6 上に形成されてよい。またはガラス基板等の対向基板の上に設けられた後に、貼り合わせられてよい。

【0134】

図 1 ( b ) の表示装置 1 0 0 は、有機発光素子 2 6 とトランジスタの一例として T F T 1 8 を有する。ガラス、シリコン等の基板 1 1 とその上部に絶縁層 1 2 が設けられている。絶縁層 1 2 の上には、T F T 1 8 等の能動素子が配されており、能動素子のゲート電極 1 3、ゲート絶縁膜 1 4、半導体層 1 5 が配置されている。T F T 1 8 は、他にもドレイン電極 1 6 とソース電極 1 7 とで構成されている。T F T 1 8 の上部には絶縁膜 1 9 が設けられている。絶縁膜 1 9 に設けられたコンタクトホール 2 0 を介して有機発光素子 2 6 を構成する陽極 2 1 とソース電極 1 7 とが接続されている。

【0135】

なお、有機発光素子 2 6 に含まれる電極 ( 陽極 2 1、陰極 2 3 ) と T F T 1 8 に含まれる電極 ( ソース電極 1 7、ドレイン電極 1 6 ) との電気接続の方式は、図 2 ( b ) に示される態様に限られるものではない。つまり陽極 2 1 又は陰極 2 3 のうちいずれか一方と T F T 1 8 のソース電極 1 7 またはドレイン電極 1 6 のいずれか一方とが電気接続されていればよい。T F T は、薄膜トランジスタを指す。

【0136】

図 1 ( b ) の表示装置 1 0 0 では有機化合物層 2 2 を 1 つの層の如く図示をしているが、有機化合物層 2 2 は、複数層であってもよい。陰極 2 3 の上には有機発光素子 2 6 の劣化を低減するための第一の保護層 2 4 や第二の保護層 2 5 が設けられている。

【0137】

図 1 ( b ) の表示装置 1 0 0 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。

【0138】

また図 1 ( b ) の表示装置 1 0 0 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に限らず、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でもよい。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。なお、薄膜トランジスタは T F T 素子とも呼ばれる。

【0139】

図 1 ( b ) の表示装置 1 0 0 に含まれるトランジスタは、S i 基板等の基板内に形成さ

10

20

30

40

50

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。

#### 【0140】

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。なお、本実施形態に係るスイッチング素子は、TFTに限られず、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。基板上とは、その基板内ということもできる。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。

10

#### 【0141】

図2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、を有してよい。タッチパネル1003および表示パネル1005は、フレキシブルプリント回路FPC1002、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。

20

#### 【0142】

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よい。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よい。

#### 【0143】

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。

#### 【0144】

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てよい。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よい。また、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あってもよい。

30

#### 【0145】

図3(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を有してよい。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よい。その場合、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であってもよい。

40

#### 【0146】

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。したがって、本実施形態の有機発光素子を用いた表示装置を用いるのが好ましい。有機発光素子は応答速度が速いからである。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、これらの装置、液晶表示装置よりも好適に用いることができる。

#### 【0147】

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呼ばれてもよい。光電変換装置は逐次撮像するのではなく、前画像から

50

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。

【0148】

図3(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。筐体1203には、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1202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1200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よい。カメラ機能により撮像された画像が表示部1201に映される。電子機器1200としては、スマートフォン、ノートパソコン等があげられる。

10

【0149】

図4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4(a)は、テレビモニタやPCモニタ等の表示装置である。表示装置1300は、額縁1301を有し表示部1302を有する。表示部1302には、本実施形態に係る発光素子が用いられてよい。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4(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および表示部1302は、曲がっていてもよい。その曲率半径は、5000mm以上6000mm以下であってもよい。

20

【0150】

図4(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4(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、本実施形態に係る発光素子を有してよい。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い。第一表示部1311と第二表示部1312とは、屈曲点で分けることができる。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、第一および第二表示部とで一つの画像を表示してもよい。

【0151】

図5(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1400は、筐体1401と、光源1402と、回路基板1403と、光源1402が発する光を透過する光学フィルタ1404と光拡散部1405と、を有してよい。光源1402は、本実施形態に係る有機発光素子を有してよい。光学フィルタ1404は光源の演色性を向上させるフィルタであってもよい。光拡散部1405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1404、光拡散部1405は、照明の光出射側に設けられてよい。必要に応じて、最外部にカバーを設けてもよい。

30

【0152】

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あってよい。それらを調光する調光回路を有してよい。照明装置は本実施形態の有機発光素子とそれに接続される電源回路を有してよい。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4200Kで昼白色とは色温度が5000Kである。照明装置はカラーフィルタを有してもよい。

40

【0153】

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い。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。

【0154】

図5(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1500は、テールランプ1501

50

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。

【0155】

テールランプ1501は、本実施形態に係る有機発光素子を有してよい。テールランプ1501は、有機発光素子を保護する保護部材を有してよい。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い。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。

【0156】

自動車1500は、車体1503、それに取り付けられている窓1502を有してよい。窓1502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よい。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。

10

【0157】

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。

【0158】

図6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。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撮像表示装置は、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。

20

【0159】

図6(a)は、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。図6(a)を用いて、1つの適用例に係る眼鏡1600(スマートグラス)を説明する。眼鏡1600のレンズ1601の表面側に、CMOSセンサやSPADのような撮像装置1602が設けられている。また、レンズ1601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。

【0160】

眼鏡1600は、制御装置1603をさらに備える。制御装置1603は、撮像装置1602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1603は、撮像装置1602と表示装置の動作を制御する。レンズ1601には、撮像装置1602に光を集光するための光学系が形成されている。

30

【0161】

図6(b)は、本発明の一実施形態に係るウェアラブルデバイスの他の例を示す模式図である。図7(b)を用いて、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、撮像装置および表示装置に電力を供給する電源として機能するとともに、撮像装置および表示装置の動作を制御する。

40

【0162】

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もよい。視線の検知は赤外線を用いてよい。赤外発光部は、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。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ブ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

50

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。

【0163】

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する。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。

10

【0164】

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、第一の表示領域および第二の表示領域から優先度が高い領域が決定される。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よい。

【0165】

なお、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あってよい。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。

20

【0166】

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。

【0167】

図7(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40は電子写真方式の画像形成装置であり、感光体27、露光光源28、帯電部30、現像部31、転写器32、搬送ローラー33、定着器35を有する。露光光源28から光29が照射され、感光体27の表面に静電潜像が形成される。この露光光源28が本実施形態に係る有機発光素子を有する。現像部31はトナー等を有する。帯電部30は感光体27を帯電させる。転写器32は現像された画像を記録媒体34に転写する。搬送ローラー33は記録媒体34を搬送する。記録媒体34は例えば紙である。定着器35は記録媒体34に形成された画像を定着させる。

30

【0168】

図7(b)および図7(c)は、露光光源28を示す図であり、発光部36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37は、感光体の軸に平行な方向であり、有機発光素子が配列されている列方向を表す。この列方向は、感光体27が回転する軸の方向と同じである。この方向は感光体27の長軸方向と呼ぶこともできる。図7(b)は発光部36を感光体27の長軸方向に沿って配置した形態である。図7(c)は、図7(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36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36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36同士の間隔に対応する位置に発光部36を有する。すなわち、行方向にも、複数の発光部36が間隔をあけて配置されている。図7(c)の配置は、たと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、あるいは市

40

50

松模様と言い換えることもできる。

【0169】

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。

【実施例】

【0170】

以下、実施例により、本発明を説明する。ただし、本発明はこれらに限定されるものではない。

【0171】

以下に、本実施例において発光層に用いた第一の有機化合物、第二の有機化合物、および発光性化合物を示す。なお、本実施例において用いた化合物は、特開2012-72099号公報、特表2013-518068号公報、特開2012-191031号公報、米国特許出願公開第2010/0051928号明細書、国際公開第2010/050778号、国際公開第2012/077582号、国際公開第2011/136156号、独国特許出願公開第10 2010 005 697号明細書を参考にして合成した。

10

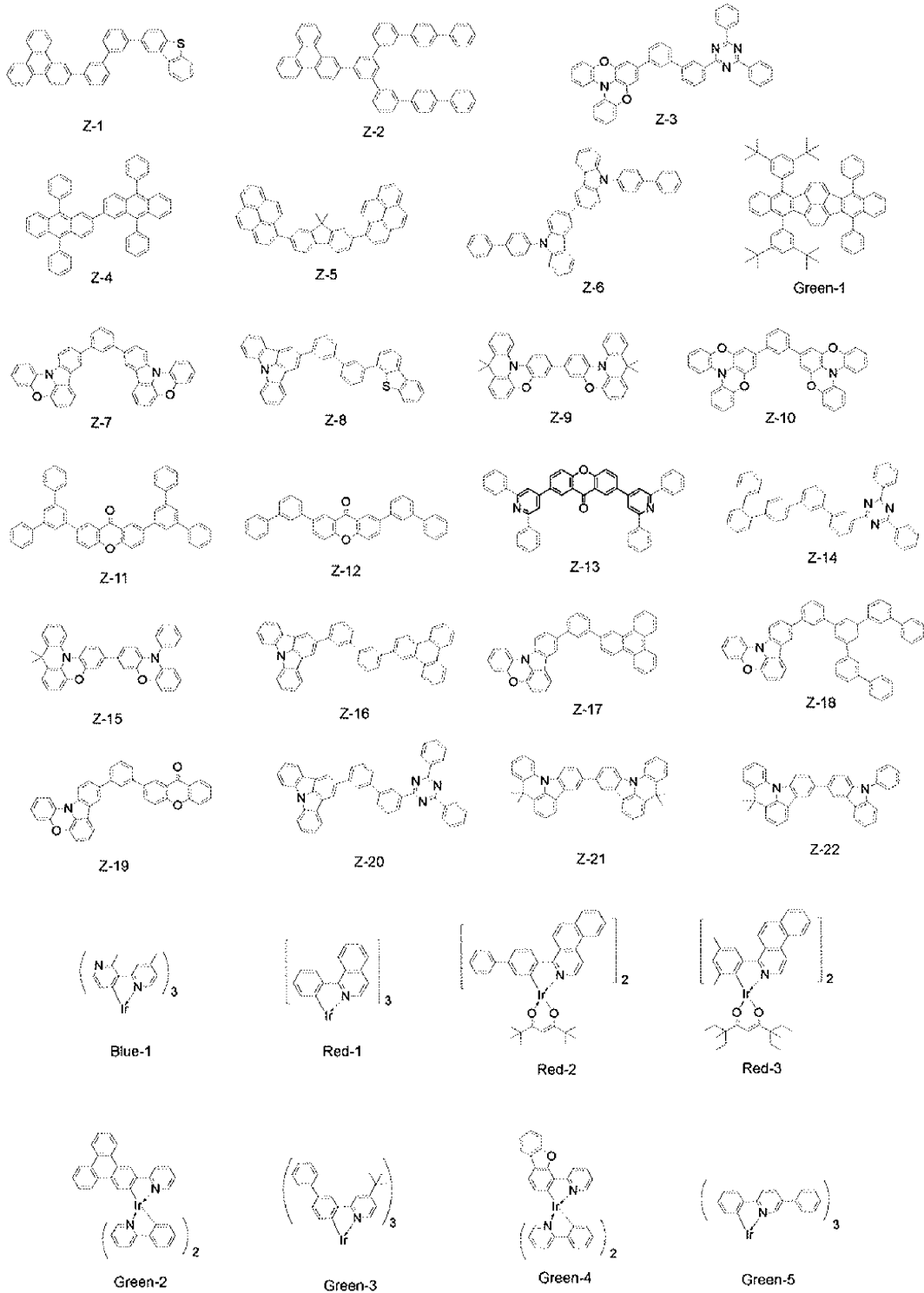
20

30

40

50

## 【化 4 1】



10

20

30

40

## 【 0 1 7 2】

表 10 に、上記化合物の HOMO 準位および LUMO 準位を示す。HOMO 準位は、各化合物について、50 nm の膜を真空蒸着法で作製し、その膜を理研計器の AC-3 を用いて測定したイオン化ポテンシャルの値である。LUMO 準位は、同様に作製した膜の吸収スペクトルを測定し、光学吸収端をバンドギャップとして求めた後、イオン化ポテンシャルの値から差し引いた値である。

50

【表 1 0】

化合物	HOMO	LUMO
Z-1	-6.38	-2.92
Z-2	-6.40	-2.94
Z-3	-5.66	-3.11
Z-4	-5.91	-3.14
Z-5	-6.02	-3.10
Z-6	-5.73	-2.47
Z-7	-5.76	-2.72
Z-8	-6.11	-2.96
Z-9	-5.66	-2.72
Z-10	-5.63	-2.74
Z-11	-6.55	-3.42
Z-12	-6.43	-3.33
Z-13	-6.70	-3.65
Z-14	-6.38	-3.13
Z-15	-5.64	-2.71
Z-16	-6.10	-2.97
Z-17	-5.94	-2.96
Z-18	-5.95	-2.70
Z-19	-5.75	-3.26
Z-20	-6.12	-3.14
Z-21	-5.83	-2.37
Z-22	-5.82	-2.36
Blue-1	-5.98	-2.99
Red-1	-5.53	-3.31
Red-2	-5.46	-3.23
Red-3	-5.52	-3.25
Green-1	-5.87	-3.47
Green-2	-5.68	-3.04
Green-3	-5.08	-2.35
Green-4	-5.62	-2.95
Green-5	-5.62	-3.04

10

20

30

40

## 【 0 1 7 3】

## [ 実施例 1 ]

本実施例では、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トップエミッション型構造の有機発光素子を作製した。

## 【 0 1 7 4】

ガラス基板上に、スパッタリング法でTiを40nm成膜し、フォトリソグラフィ技術を用いてパターンニングし、陽極を形成した。陽極の電極面積が3mm<sup>2</sup>となるようにした。その後洗浄した。

50

## 【 0 1 7 5 】

続いて、真空蒸着装置（アルバック社製）に上記で作製した電極付き基板を取り付け、蒸着材料の蒸着準備をした後に、 $1.33 \times 10^{-4} \text{ Pa}$  ( $1 \times 10^{-6} \text{ Torr}$ )まで排気した。その後、チャンパー内をUV/オゾン洗浄を施した。そして、表11に示される層構成で各層の製膜を行った。

## 【表11】

表11

	材料			膜厚 (nm)
陰極	Al			100
電子注入層 (EIL)	LiF			1
電子輸送層 (ETL)	ET2			15
正孔ブロッキン グ層 (HBL)	ET12			15
発光層	第一の有機化合物 Z-7 45%	第二の有機化合物 Z-12 45%	発光性化合物 Green-3 10%	30
電子ブロッキン グ層 (EBL)	HT12			15
正孔輸送層 (HTL)	HT3			30
正孔注入層 (HIL)	HT16			5

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。

## 【 0 1 7 6 】

得られた有機発光素子に電圧印加装置を接続し、その特性を評価した。電流電圧特性をヒューレットパッカード社製・微小電流計4140Bで測定し、色度の評価はトプコン製「SR-3」を用いて行った。発光輝度は、トプコン社製BM7で測定した。 $1000 \text{ cd/m}^2$ 表示時の外部量子効率(EQE)は、18%であり、良好な緑色有機発光素子であった。

## 【 0 1 7 7 】

さらに、初期輝度 $2000 \text{ cd/m}^2$ での連続駆動試験を行い、100時間経過後の輝度の劣化率を測定した。その結果を表12-1乃至12-3に示す。

## 【 0 1 7 8 】

(実施例2乃至23、比較例1乃至11)

実施例1の発光層を表12-1乃至12-3に示す構成に変えた以外は、実施例1と同様に有機発光素子を作製し、特性を評価した。結果を表12-1乃至12-3に示す。

。

10

20

30

40

50

## 【 0 1 7 9 】

E・Q・Eについては、 $1000\text{cd/m}^2$ 表示時した際に、実施例1に対してE・Q・E比率が0.1以下のものを-、0.1以上0.9以下のものを×、1.0以上のものを○とした。また、輝度劣化比は、比較例10を1.0としたときの値を示す。

## 【表12-1】

表12-1

	HIL	HTL	EBL	EML			HBL	ETL	発光色	EQE比率	輝度劣化比
				第一の有機化合物	第二の有機化合物	発光性化合物					
実施例1	HT16	HT3	HT12	Z-7 45%	Z-12 45%	Green-3 10%	ET12	ET2	緑	○	2.2
比較例1	HT16	HT3	HT12	Z-5 49%	Z-4 49%	Green-1 2%	ET12	ET2	緑	×	/
比較例2	HT16	HT3	HT12	Z-5 45%	Z-4 45%	Green-3 10%	ET12	ET2	-	-	/
実施例2	HT16	HT3	HT12	Z-7 45%	Z-12 45%	Green-2 10%	ET12	ET2	緑	○	1.9
比較例3	HT16	HT3	HT12	Z-7 90%	/	Green-2 10%	ET12	ET2	緑	○	0.6
比較例4	HT16	HT3	HT12	Z-8 90%	/	Green-2 10%	ET12	ET2	緑	○	1.0
比較例5	HT16	HT3	HT12	Z-1 90%	/	Green-2 10%	ET12	ET2	緑	○	0.9
実施例3	HT16	HT3	HT12	Z-21 45%	Z-12 45%	Green-3 10%	ET12	ET2	緑	○	1.8
比較例6	HT16	HT3	HT12	Z-22 45%	Z-12 45%	Green-3 10%	ET12	ET2	緑	○	1.2
実施例4	HT16	HT3	HT12	Z-10 45%	Z-12 45%	Green-2 10%	ET12	ET2	緑	○	2.3
実施例5	HT16	HT3	HT12	Z-9 45%	Z-12 45%	Green-2 10%	ET12	ET2	緑	○	1.8

10

20

30

40

50

【表 1 2 - 2】

表 1 2 - 2

	HIL	HTL	EBL	EML			HBL	ETL	発光色	EQE比率	輝度劣化比
				第一の有機化合物	第二の有機化合物	発光性化合物					
実施例 5	HT16	HT3	HT12	Z-9 45%	Z-12 45%	Green-2 10%	ET12	ET2	緑	○	1.8
実施例 6	HT16	HT3	HT12	Z-21 45%	Z-12 45%	Green-2 10%	ET12	ET2	緑	○	1.6
比較例 7	HT16	HT3	HT12	Z-15 45%	Z-12 45%	Green-2 10%	ET12	ET2	緑	○	1.2
比較例 8	HT16	HT3	HT12	Z-22 45%	Z-12 45%	Green-2 10%	ET12	ET2	緑	○	1.2
比較例 9	HT16	HT3	HT12	Z-6 45%	Z-12 45%	Green-2 10%	ET12	ET2	緑	○	1.2
実施例 7	HT16	HT3	HT12	Z-16 45%	Z-12 45%	Green-4 10%	ET12	ET2	緑	○	2.1
実施例 8	HT16	HT3	HT12	Z-7 45%	Z-12 45%	Green-4 10%	ET12	ET2	緑	○	1.6
比較例 10	HT16	HT3	HT12	Z-6 45%	Z-12 45%	Green-4 10%	ET12	ET2	緑	○	1.0
比較例 11	HT16	HT3	HT12	Z-22 45%	Z-12 45%	Green-4 10%	ET12	ET2	緑	○	1.0
実施例 9	HT16	HT3	HT12	Z-3 45%	Z-1 45%	Green-2 10%	ET12	ET2	緑	○	2.0
実施例 10	HT16	HT3	HT12	Z-10 45%	Z-20 45%	Green-2 10%	ET12	ET2	緑	○	2.3
実施例 11	HT16	HT3	HT12	Z-10 65%	Z-20 25%	Green-2 10%	ET12	ET2	緑	○	2.4
実施例 12	HT16	HT3	HT12	Z-10 45%	Z-12 45%	Green-2 10%	ET8	ET2	緑	○	1.9
実施例 13	HT16	HT3	Z-10	Z-10 45%	Z-12 45%	Green-2 10%	ET12	ET2	緑	○	2.4

10

20

30

40

50

【表 1 2 - 3】

表 1 2 - 3

	HIL	HTL	EBL	EML			HBL	ETL	発光色	EQE比率	輝度劣化比
				第一の有機化合物	第二の有機化合物	発光性化合物					
実施例 14	HT16	HT3	HT12	Z-16 65%	Z-12 25%	Green-4 10%	ET12	ET2	緑	○	2.2
実施例 15	HT16	HT3	HT12	Z-8 45%	Z-12 45%	Green-4 10%	ET12	ET2	緑	○	2.1
実施例 16	HT16	HT3	HT12	Z-16 45%	Z-11 45%	Green-4 10%	ET12	ET2	緑	○	2.1
実施例 17	HT16	HT3	HT12	Z-16 45%	Z-20 45%	Green-4 10%	ET12	ET2	緑	○	2.2
実施例 18	HT16	HT3	HT12	Z-16 45%	Z-12 45%	Green-4 10%	Z-12	ET2	緑	○	2.0
実施例 19	HT16	HT3	Z-10	Z-16 45%	Z-20 45%	Green-4 10%	ET12	ET2	緑	○	2.3
実施例 20	HT16	HT3	HT12	Z-3 45%	Z-14 45%	Green-2 10%	ET12	ET2	緑	○	2.2
実施例 21	HT16	HT3	HT12	Z-3 55%	Z-1 35%	Green-2 10%	ET27	ET2	緑	○	2.1
実施例 22	HT16	HT3	HT12	Z-3 45%	Z-1 45%	Green-2 10%	ET27	ET2	緑	○	1.6
実施例 23	HT16	HT3	Z-10	Z-3 45%	Z-1 45%	Green-2 10%	ET12	ET2	緑	○	2.1

10

20

30

実施例 1 と比較例 1 を比較すると、実施例 1 の E . Q . E . の方が高い。これは、本発明は発光性化合物を用いており、第一の有機化合物および第二の有機化合物の T 1 が発光性化合物よりも高いためである。また、比較例 2 に示すように、比較例 2 の第一の有機化合物および第二の有機化合物に対して発光性化合物を用いたとしても、第一の有機化合物および第二の有機化合物の T 1 が発光性化合物の T 1 より高いため、E . Q . E . は低い値であった。

40

## 【 0 1 8 0 】

実施例 2 と比較例 3 乃至 5 を比較すると、実施例 2 は輝度劣化比に優れている。比較例 3 乃至 5 は、第一の有機化合物と発光性化合物の 2 元構成であるのに対して、実施例 2 は、第一の有機化合物、第二の有機化合物、および発光性化合物の 3 元構成である。第一の有機化合物は、正孔輸送性を示す骨格を有しており、第二の有機化合物は、電子輸送性を示す骨格を有している。その結果、発光性化合物上での励起子生成を抑制することができたため、実施例 2 の有機発光素子は輝度劣化比に優れている。

50

## 【0181】

実施例3と比較例6を比較すると、実施例3は輝度劣化比に優れている。これは、第一の有機化合物の分子構造において、実施例3のZ-21は自由回転可能な単結合がすべて炭素-炭素結合であるのに対して、比較例6のZ-22は自由回転可能な単結合に炭素-窒素結合を有する。上述した通り、炭素-窒素結合の結合エネルギーは、炭素-炭素結合より低いため、結合安定性に乏しい。そのため、実施例3の有機発光素子は、輝度劣化比に優れている。

## 【0182】

実施例1と実施例3を比較すると、実施例1の輝度劣化比はさらに優れた値を示した。これは、第一の有機化合物の分子構造において、実施例1のZ-7は自由回転可能な単結合がすべてsp<sup>2</sup>炭素同士の結合である。上述した通り、sp<sup>2</sup>炭素同士の結合の結合エネルギーは、炭素-炭素結合の結合エネルギーよりも高いため、結合安定性にさらに優れる。そのため、実施例1の有機発光素子は、輝度劣化比により優れている。

10

## 【0183】

実施例2と実施例4乃至6を比較すると、実施例4および5の輝度劣化比は、実施例2および6よりも優れている。実施例4および5は、実施例2および6の構成に加えて更に、式(3)の関係を満たした構成である。換言すると、実施例2および実施例4乃至6は、構成(1-5)を有する有機発光素子の一実施形態である。そのため、実施例4および5の有機発光素子は、実施例2および6の有機発光素子に比べて、発光性化合物上での正孔のトラップをより抑制することができるため、励起子生成が発光性化合物上に集中することをより抑制できる。そのため、実施例4および5の有機発光素子は、輝度劣化比により優れている。

20

## 【0184】

実施例7と実施例8を比較すると、実施例8の方が輝度劣化比により優れている。実施例7の構成は、実施例8の構成に加えて更に、式(4)の関係を満たした構成である。換言すると、実施例7は構成(1-6)を、実施例8は構成(1-5)を有する有機発光素子の一実施形態である。式(4)の構成を満たすことで、発光性化合物のLUMO準位の絶対値が最も小さくなるため、発光性化合物上における電子トラップを更に抑制することができる。そのため、励起子生成が発光性化合物上に集中することをより抑制できる。そのため、実施例7の有機発光素子は、輝度劣化比により優れている。

30

## 【0185】

実施例2と実施例9を比較すると、実施例9の方が輝度劣化比により優れている。実施例9の有機発光素子は、式(1)および式(3)乃至(5)を満たす構成である。換言すると、実施例9は、構成(1-7)を有する有機発光素子の一実施形態である。つまり、第一の有機化合物のHOMO準位の絶対値が最も小さく、LUMO準位の絶対値が最も大きい有機発光素子である。上記の構成を有することで、発光性化合物上での電子および正孔のトラップをより抑制することができる。また、第一の有機化合物中において、励起子の生成速度が向上するため、発光性化合物上での励起子集中を抑制することができるため、実施例9の有機発光素子は輝度劣化比により優れる。

## 【0186】

また、実施例20は、式(1)乃至(4)を満たす有機発光素子である。換言すると、実施例20は、構成(1-5)および構成(1-6)を有する有機発光素子の一実施形態である。式(1)乃至(4)を満たすことで、発光性化合物上に電子または正孔がトラップされにくいため、発光性化合物上での励起子の生成を抑制することができるため、輝度劣化比に優れる。

40

## 【0187】

(実施例24、25)

実施例1の発光層を表13に示す構成に変えた以外は、実施例1と同様にして有機発光素子を作製し、特性を評価した。結果を表13に示す。なお、輝度劣化比は、実施例25を1.0とした時の比である。

50

【表 1 3】

表 1 3

	HIL	HTL	EBL	EML			HBL	ETL	発光色	輝度劣化比
				第一の有機化合物	第二の有機化合物	発光性化合物				
実施例 24	HT16	HT3	HT12	Z-19 45%	Z-1 45%	Blue-1 10%	ET12	ET2	青	1.1
実施例 25	HT16	HT3	HT12	Z-16 45%	Z-12 45%	Blue-1 10%	ET12	ET2	青	1.0

10

実施例 2 4 および 2 5 の有機発光素子は、構成 ( 1 - 1 ) 乃至 ( 1 - 5 ) の構成を共通して有するため、優れた輝度劣化比を示した。特に、実施例 2 4 の有機発光素子は構成 ( 1 - 1 ) 乃至 ( 1 - 5 ) および ( 1 - 7 ) の構成を有する。上記の構成を有することで、第一の有機化合物の HOMO 準位の絶対値が最も小さく、LUMO 準位の絶対値が最も大きくなるため、発光性化合物上での励起子集中を抑制することができる。したがって、実施例 2 5 の有機発光素子よりも優れた輝度劣化比を示した。

20

【 0 1 8 8 】

( 実施例 2 6 乃至 2 8 、 比較例 1 2 、 および 1 3 )

実施例 1 の発光層を以下の表に示す構成に変えた以外は、実施例 1 と同様にして有機発光素子を作成し、特性を評価した。結果を表 1 4 に示す。なお、輝度劣化比は、比較例 1 3 を 1 . 0 とした時の比である。

【表 1 4】

表 1 4

	HIL	HTL	EBL	EML			HBL	ETL	発光色	輝度劣化比
				第一の有機化合物	第二の有機化合物	発光性化合物				
実施例 26	HT16	HT3	HT12	Z-19 49%	Z-11 49%	Red-1 2%	ET12	ET2	赤	2.5
実施例 27	HT16	HT3	HT12	Z-7 49%	Z-11 49%	Red-3 2%	ET12	ET2	赤	1.6
実施例 28	HT16	HT3	HT12	Z-3 49%	Z-11 49%	Red-3 2%	ET12	ET2	赤	1.7
比較例 12	HT16	HT3	HT12	Z-15 49%	Z-11 49%	Red-3 2%	ET12	ET2	赤	0.9
比較例 13	HT16	HT3	HT12	Z-6 49%	Z-11 49%	Red-3 2%	ET12	ET2	赤	1.0

30

40

50

比較例 1 2 および 1 3 の有機発光素子は、第一の有機化合物の自由回転可能な単結合に炭素 - 窒素結合を有する。上述した通り、炭素 - 窒素結合は結合エネルギーが低いため、結合安定性に乏しい。一方、実施例 2 6 乃至 2 8 の有機発光素子は、第一の有機化合物の自由回転可能な単結合は炭素 - 炭素結合である。そのため、実施例 2 6 乃至 2 8 の有機発光素子は、比較例 1 2 および 1 3 と比較して、優れた輝度劣化比を示した。

【 0 1 8 9 】

( 実施例 2 9 )

本実施例では、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、第一発光層、第二発光層、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トップエミッション型構造の有機発光素子を作製した。

10

【 0 1 9 0 】

ガラス基板上に、スパッタリング法でTiを40nm成膜し、フォトリソグラフィ技術を用いてパターニングし、陽極を形成した。陽極の電極面積が3mm<sup>2</sup>となるようにした。その後洗浄した。

【 0 1 9 1 】

続いて、真空蒸着装置(アルバック社製)に上記で作製した電極付き基板を取り付け、蒸着材料の蒸着準備をした後に、 $1.33 \times 10^{-4} \text{ Pa}$  ( $1 \times 10^{-6} \text{ Torr}$ )まで排気した。その後、チャンパー内をUV/オゾン洗浄を施した。そして、表15に示す層構成で各層の製膜を行った。

20

30

40

50

【表 15】

表 15

	材料			膜厚 (nm)
陰極	Al			100
電子注入層 (EIL)	LiF			1
電子輸送層 (ETL)	ET2			15
正孔ブロッケン グ層 (HBL)	ET12			15
第一発光層	第一の有機化合物 Z-10 44%	第二の有機化合物 Z-12 44%	発光性化合物 Green-2 12%	20
第二発光層	第一の有機化合物 Z-10 50%	第二の有機化合物 Z-12 49%	発光性化合物 Red-3 1%	4
電子ブロッケン グ層 (EBL)	HT12			15
正孔輸送層 (HTL)	HT3			30
正孔注入層 (HIL)	HT16			5

10

20

30

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。

## 【0192】

得られた有機発光素子に電圧印加装置を接続し、その特性を評価した。電流電圧特性をヒューレットパッカード社製・微小電流計4140Bで測定し、色度の評価はトプコン製「SR-3」を用いて行った。発光輝度は、トプコン社製BM7で測定した。1000 cd/m<sup>2</sup>表示時、良好な黄色有機発光素子であった。

40

## 【0193】

さらに、初期輝度2000 cd/m<sup>2</sup>での連続駆動試験を行い、100時間経過後の輝度の劣化率を測定した。その結果を表16に示す。

## 【0194】

(実施例30乃至32、比較例14)

実施例29の発光層を以下の表に示す構成に変えた以外は、実施例29と同様にして有機発光素子を作製し、特性を評価した。結果を表16に示す。

50

【表 1 6】

表 1 6

	EML			EML			発光色	輝度劣化比
	第一の有機化合物	第二の有機化合物	発光性化合物	第一の有機化合物	第二の有機化合物	発光性化合物		
実施例 29	Z-10 45%	Z-12 45%	Red-3 1%	Z-10 45%	Z-12 45%	Green-2 12%	黄	1.9
実施例 30	Z-16 45%	Z-12 45%	Red-3 1%	Z-16 45%	Z-12 45%	Green-4 12%	黄	1.7
実施例 31	Z-3 45%	Z-1 45%	Red-3 1%	Z-3 45%	Z-1 45%	Green-2 12%	黄	1.8
実施例 32	Z-9 45%	Z-12 45%	Red-3 1%	Z-9 45%	Z-12 45%	Green-2 12%	黄	1.6
比較例 14	Z-6 45%	Z-12 45%	Red-3 1%	Z-6 45%	Z-12 45%	Green-2 12%	黄	1.0

10

20

比較例 1 4 の有機発光素子は、第一の有機化合物の自由回転可能な単結合に炭素 - 窒素結合を有する。上述した通り、炭素 - 窒素結合は結合エネルギーが低いため、結合安定性に乏しい。一方、実施例 2 9 乃至 3 2 の有機発光素子は、第一の有機化合物の自由回転可能な単結合は炭素 - 炭素結合である。そのため、実施例 2 9 乃至 3 2 の有機発光素子は、比較例 1 4 と比較して、優れた輝度劣化比を示した。

30

## 【 0 1 9 5 】

以上より、自由回転が可能な結合が炭素 - 炭素結合からなる 2 種の有機化合物を用いて、HOMO - LUMO の関係を調整することで、発光性化合物上での電荷トラップを抑制することができる。その結果、励起子集中が抑制されるため、発光効率および素子耐久性に優れた有機発光素子が得られる。また、本発明に係る有機発光素子を様々な発光デバイスに適用することで、良好な発光特性と優れた素子耐久性を有する表示装置や照明を得ることができる。

## 【 0 1 9 6 】

なお、本発明は、以下の構成をとることもできる。

40

## 【 0 1 9 7 】

(構成 1)

第一電極と第二電極と、

前記第一電極と前記第二電極との間に配置される有機化合物層と、を有する有機発光素子であって、

前記有機化合物層は発光層を有し、

前記発光層は、少なくとも第一の有機化合物、第二の有機化合物、および燐光を発する発光性化合物を有し、

前記第一の有機化合物および前記第二の有機化合物の最低励起三重項エネルギーは、前記発光性化合物の最低励起三重項エネルギーよりも高く、

50

前記第一の有機化合物は、自由回転可能な単結合がすべて炭素 - 炭素結合であり、式 ( 1 ) および ( 2 ) の関係を満たすことを特徴とする有機発光素子。

$$| \text{HOMO}(\text{H}2) | > | \text{HOMO}(\text{H}1) | \quad (1)$$

式 ( 1 ) において、 $\text{HOMO}(\text{H}1)$  および  $\text{HOMO}(\text{H}2)$  はそれぞれ前記第一の有機化合物の  $\text{HOMO}$  と前記第二の有機化合物の  $\text{HOMO}$  を表す。

【 0 1 9 8 】

( 構成 2 )

前記有機発光素子において、式 ( 2 ) の関係を更に満たすことを特徴とする構成 1 に記載の有機発光素子。

$$| \text{LUMO}(\text{H}2) | > | \text{LUMO}(\text{D}) | \quad (2)$$

式 ( 2 ) において、 $\text{LUMO}(\text{H}2)$  および  $\text{LUMO}(\text{D})$  はそれぞれ前記第二の有機化合物の  $\text{LUMO}$  と前記発光性化合物の  $\text{LUMO}$  を表す。

【 0 1 9 9 】

( 構成 3 )

前記有機発光素子において、式 ( 3 ) の関係を更に満たすことを特徴とする構成 1 または 2 に記載の有機発光素子。

$$| \text{LUMO}(\text{H}1) | > | \text{LUMO}(\text{D}) | \quad (3)$$

式 ( 3 ) において、 $\text{LUMO}(\text{H}1)$  は前記第一の有機化合物の  $\text{LUMO}$  を表す。

【 0 2 0 0 】

( 構成 4 )

前記有機発光素子において、式 ( 4 ) の関係を更に満たすことを特徴とする構成 1 乃至 3 のいずれか一項に記載の有機発光素子。

$$| \text{LUMO}(\text{H}1) | > | \text{LUMO}(\text{H}2) | \quad (4)$$

【 0 2 0 1 】

( 構成 5 )

前記有機発光素子において、式 ( 5 ) の関係を更に満たすことを特徴とする構成 1 乃至 4 のいずれか一項に記載の有機発光素子。

$$| \text{HOMO}(\text{D}) | > | \text{HOMO}(\text{H}1) | \quad (5)$$

式 ( 5 ) において、 $\text{HOMO}(\text{D})$  および  $\text{HOMO}(\text{H}1)$  はそれぞれ前記発光性化合物の  $\text{HOMO}$  と前記第一の有機化合物の  $\text{HOMO}$  を表す。

【 0 2 0 2 】

( 構成 6 )

前記第一の有機化合物において、自由回転可能な単結合がすべて  $\text{s p}^2$  炭素同士の結合であることを特徴とする構成 1 乃至 5 のいずれか一項に記載の有機発光素子。

【 0 2 0 3 】

( 構成 7 )

前記第二の有機化合物において、自由回転可能な単結合がすべて炭素 - 炭素結合であることを特徴とする構成 1 乃至 6 のいずれか一項に記載の有機発光素子。

【 0 2 0 4 】

( 構成 8 )

前記第二の有機化合物において、自由回転可能な単結合がすべて  $\text{s p}^2$  炭素同士の結合であることを特徴とする構成 1 乃至 7 のいずれか一項に記載の有機発光素子。

【 0 2 0 5 】

( 構成 9 )

前記第一の有機化合物が、一般式 ( 1 - 1 ) または ( 1 - 2 ) で表される骨格を有することを特徴とする構成 1 乃至 8 のいずれか一項に記載の有機発光素子。

10

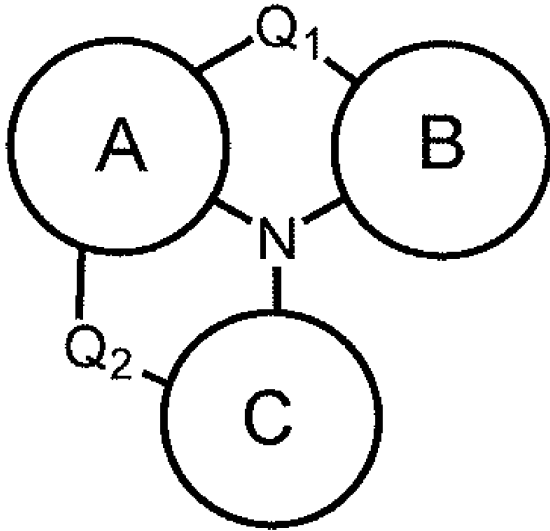
20

30

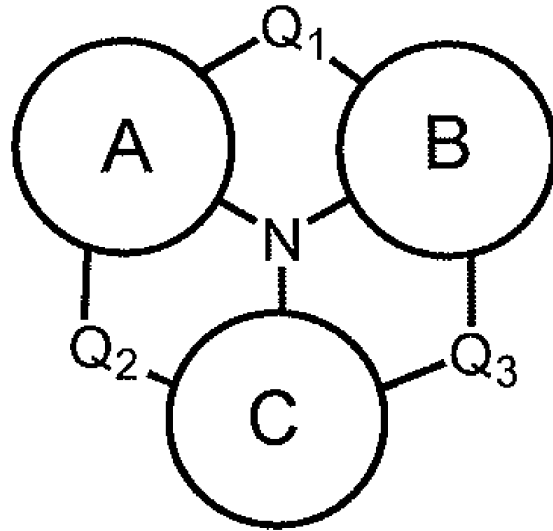
40

50

【化 4 2】



(1 - 1)



(1 - 2)

10

一般式 (1 - 1) および (1 - 2) において、環状ユニット A 乃至 C は、置換または無置換のアリール基、または、置換または無置換のヘテロアリール基からそれぞれ独立して選択される。Q<sub>1</sub> 乃至 Q<sub>3</sub> は、直接結合、C (R<sub>A</sub>) (R<sub>B</sub>)、N (R<sub>C</sub>)、酸素原子、硫黄原子、セレン原子、テルル原子からそれぞれ独立して選択される。R<sub>A</sub> 乃至 R<sub>C</sub> は、水素原子、重水素原子、ハロゲン原子、置換または無置換のアルキル基、置換または無置換のアルコキシ基、置換または無置換のアリール基、または、置換または無置換のヘテロアリール基からそれぞれ独立して選択される。R<sub>C</sub> は隣の環状ユニット A 乃至 C と互いに環を形成する。

20

【0206】

(構成10)

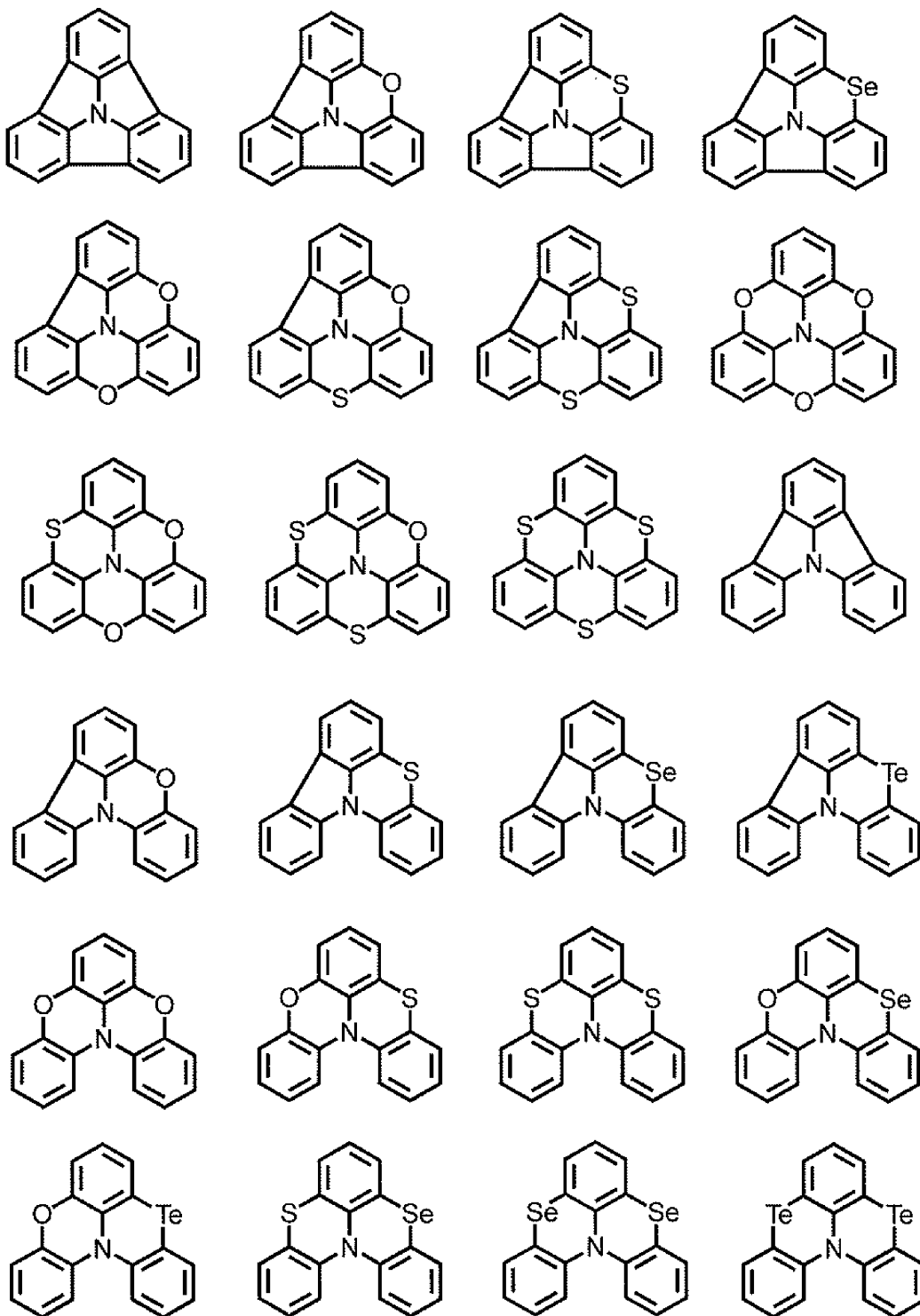
前記第一の有機化合物が、以下の構造式で表される骨格を有することを特徴とする構成 1 乃至 9 のいずれか一項に記載の有機発光素子。

30

40

50

## 【化 4 3】



10

20

30

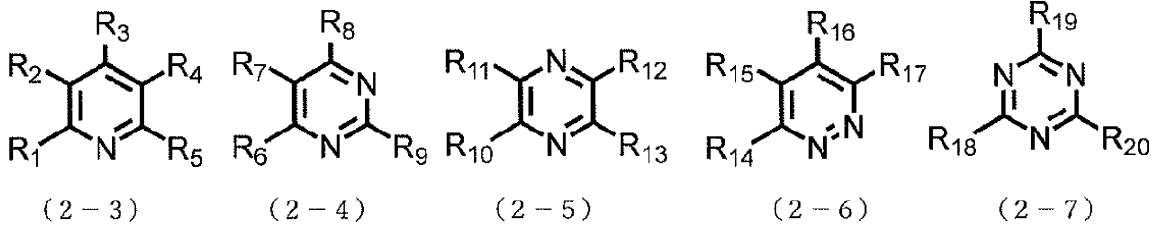
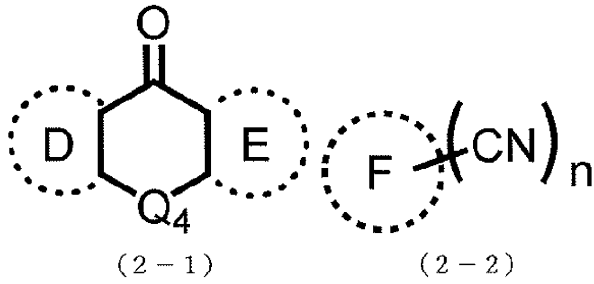
40

## 【 0 2 0 7 】

( 構成 1 1 )

前記第二の有機化合物が、一般式(2-1)乃至(2-7)で表される骨格を有することを特徴とする構成1乃至10のいずれか一項に記載の有機発光素子。

## 【化 4 4】



一般式(2-1)および(2-2)において、環状ユニットD乃至Fは、置換または無置換のアリール基、または、置換または無置換のヘテロアリール基からそれぞれ独立して選択される。Q<sub>4</sub>は、直接結合、C(R<sub>D</sub>)(R<sub>E</sub>)、酸素原子、硫黄原子、セレン原子、テルル原子からそれぞれ独立に選ばれる。R<sub>D</sub>およびR<sub>E</sub>は、水素原子、重水素原子、ハロゲン原子、置換または無置換のアルキル基、置換または無置換のアルコキシ基、置換または無置換のアリール基、または、置換または無置換のヘテロアリール基からそれぞれ独立して選択される。nは1乃至5のいずれかの整数である。

一般式(2-3)乃至(2-7)において、R<sub>1</sub>乃至R<sub>20</sub>は水素原子、重水素原子、ハロゲン原子、置換または無置換のアルキル基、または、置換または無置換のアリール基からそれぞれ独立して選択される。R<sub>1</sub>乃至R<sub>20</sub>のうち、互いに隣り合う置換基同士が結合し、縮合環を形成してもよい。

## 【0208】

## (構成12)

前記第二の有機化合物が、以下の構造式で表される骨格を有することを特徴とする構成1乃至11のいずれか一項に記載の有機発光素子。

10

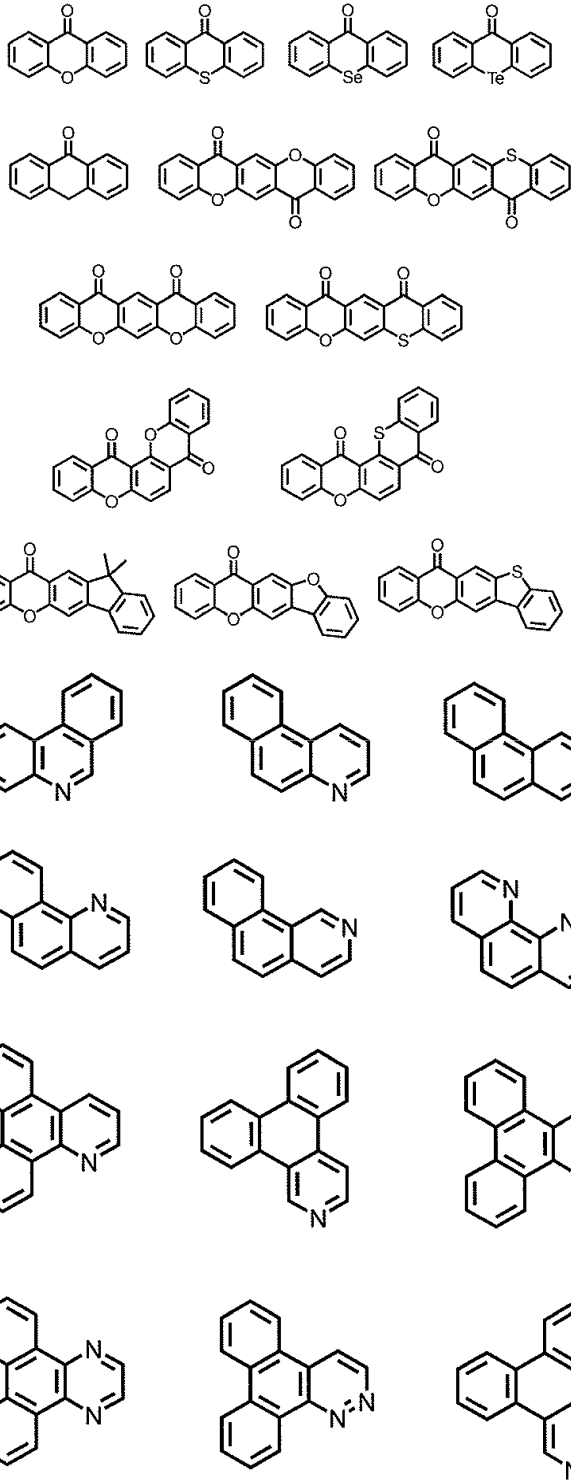
20

30

40

50

## 【化 4 5】



10

20

30

40

## 【0209】

(構成13)

前記有機化合物層は、複数層から構成され、

前記複数層は少なくとも発光層と発光層とは異なる第二の層から構成され、

前記第二の層は、少なくとも1つの有機化合物を含有し、

前記有機化合物の最低励起三重項エネルギーは、前記第一の有機化合物および前記第二の有機化合物の最低励起三重項エネルギーよりも高いことを特徴とする請求項1乃至12のいずれか一項に記載の有機発光素子。

## 【0210】

50

## (構成 14)

前記発光層は第一の発光層であり、

前記第一の発光層と前記第一電極との間、または、前記第一の発光層と前記第二電極との間に、前記第一の発光層と異なる第二の発光層を更に有し、

前記第二の発光層は、前記第一の発光層が発する光とは異なる色の光を発することを特徴とする構成 1 乃至 13 のいずれか一項に記載の有機発光素子。

## 【0211】

## (構成 15)

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 14 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

## 【0212】

## (構成 16)

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 14 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光電変換装置。

## 【0213】

## (構成 17)

構成 1 乃至 14 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

## 【0214】

## (構成 18)

構成 1 乃至 14 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ムと、を有することを特徴とする照明装置。

## 【0215】

## (構成 19)

構成 1 乃至 14 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。

30

## 【0216】

## (構成 20)

感光体と、前記感光体を露光する露光光源と、を有し、

前記露光光源は、構成 1 乃至 14 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画像形成装置。

## 【符号の説明】

## 【0217】

- 1 基板
- 2 反射電極
- 3 絶縁層
- 4 有機化合物層
- 5 光取出し電極
- 6 封止層
- 7 カラーフィルタ
- 10 発光素子
- 11 基板
- 12 防湿層
- 13 ゲート電極
- 14 ゲート絶縁膜
- 15 半導体層

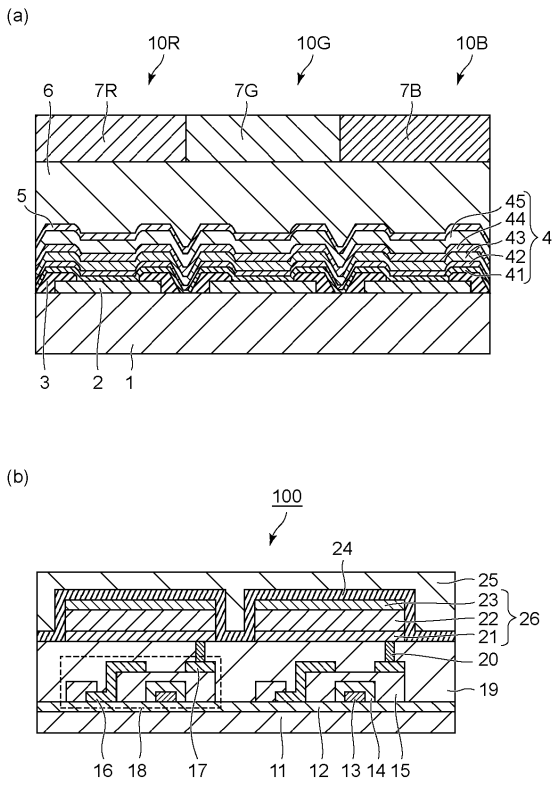
40

50

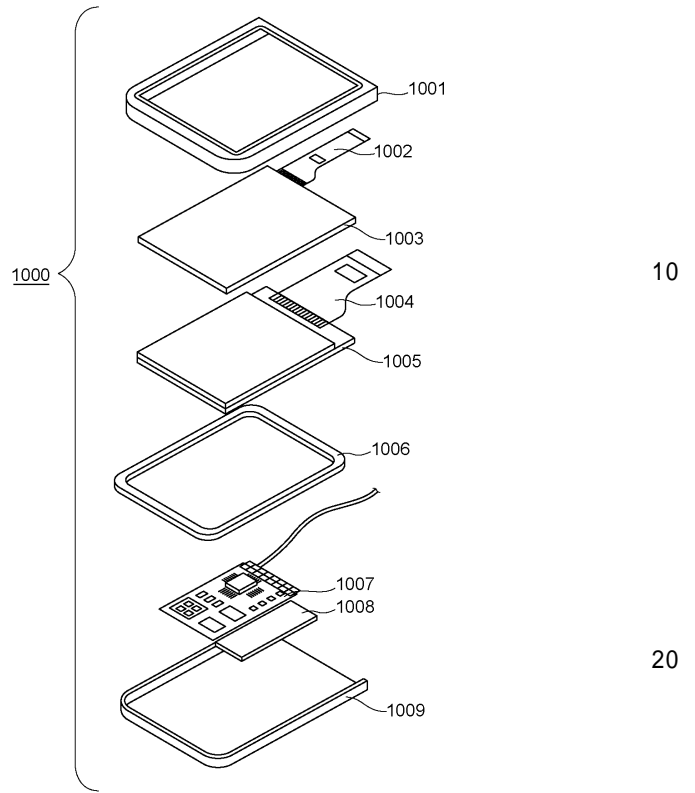
1 6	ドレイン電極	
1 7	ソース電極	
1 8	T F T素子	
1 9	絶縁膜	
2 0	コンタクトホール	
2 1	陽極	
2 2	有機化合物層	
2 3	陰極	
2 4	第一保護層	
2 5	第二保護層	10
1 0 0 0	表示装置	
1 0 0 1	上部カバー	
1 0 0 2	フレキシブルプリント回路	
1 0 0 3	タッチパネル	
1 0 0 4	フレキシブルプリント回路	
1 0 0 5	表示パネル	
1 0 0 6	フレーム	
1 0 0 7	回路基板	
1 0 0 8	バッテリー	
1 0 0 9	下部カバー	20
1 1 0 0	撮像装置	
1 1 0 1	ビューファインダ	
1 1 0 2	背面ディスプレイ	
1 1 0 3	操作部	
1 1 0 4	筐体	
1 2 0 0	電子機器	
1 2 0 1	表示部	
1 2 0 2	操作部	
1 2 0 3	筐体	
1 3 0 0	表示装置	30
1 3 0 1	額縁	
1 3 0 2	表示部	
1 3 0 3	土台	
1 3 1 0	表示装置	
1 3 1 1	第一表示部	
1 3 1 2	第二表示部	
1 3 1 3	筐体	
1 3 1 4	屈曲点	
1 5 0 0	自動車	
1 5 0 1	テールランプ	40
1 5 0 2	窓	
1 5 0 3	車体	

【 図面 】

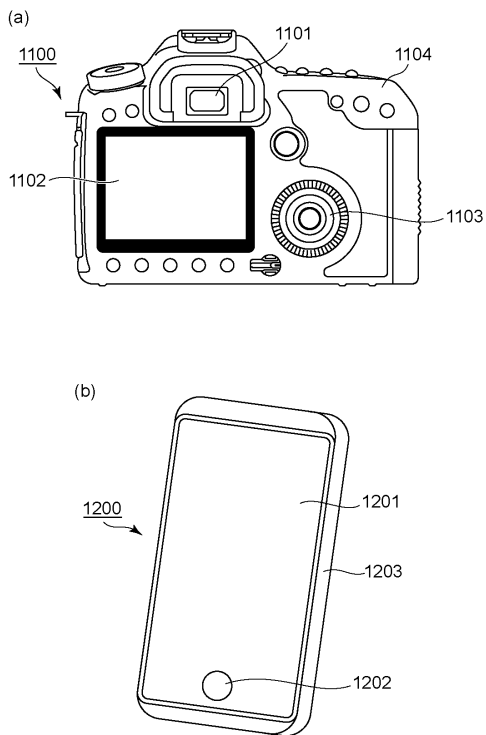
【 図 1 】



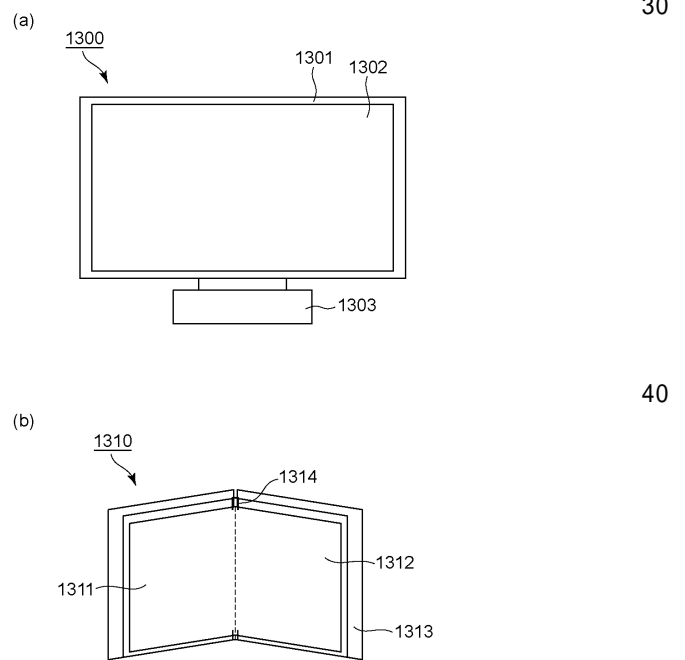
【 図 2 】



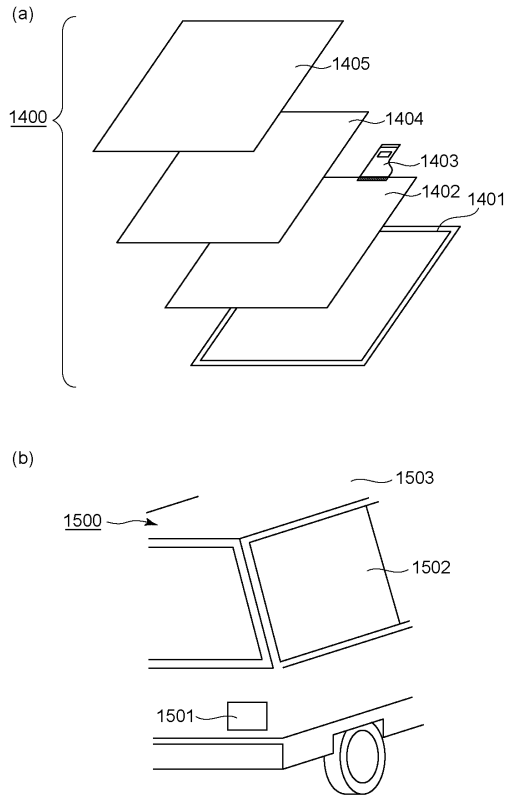
【 図 3 】



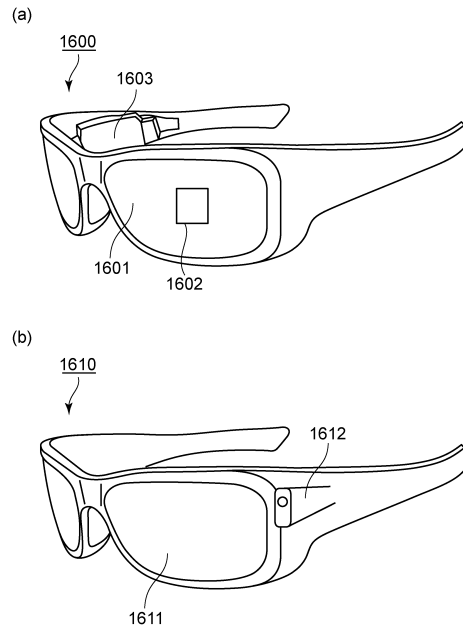
【 図 4 】



【 図 5 】



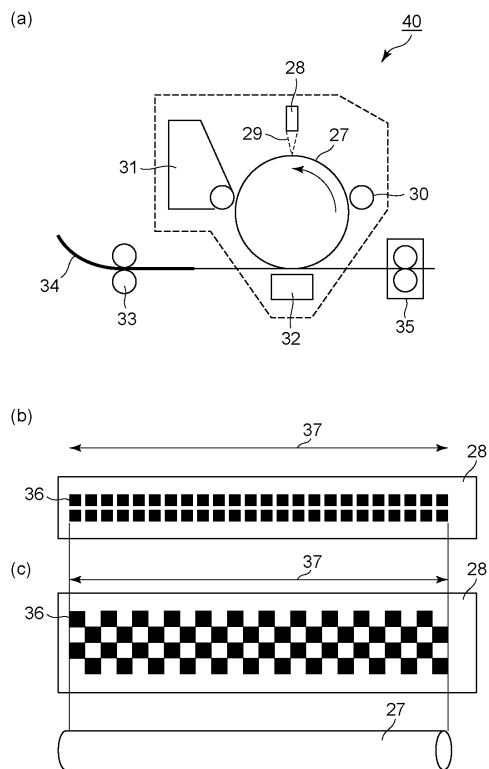
【 図 6 】



10

20

【 図 7 】



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>G 0 9 F</b> <b>9/00 (2006.01)</b>	C 0 9 K    11/06    6 9 0	
	G 0 9 F    9/00    3 6 6 Z	

キヤノン株式会社内

(72)発明者 永島 斉  
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 宮部 正仁  
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 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 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 CC21 DD51 DD53 DD59 DD67  
DD68 DD69 EE61 EE65 EE68 FF19 FF20  
5C094 AA37 BA03 BA27 CA19 FB01 HA08 JA20  
5G435 AA14 BB05 CC09 EE49 HH20 LL07 LL14