

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2008-288344

(P2008-288344A)

(43) 公開日 平成20年11月27日(2008.11.27)

(51) Int. Cl.	F I	テーマコード (参考)
<b>H01L 51/50</b> (2006.01)	H05B 33/14 B	3K107
<b>C09K 11/06</b> (2006.01)	C09K 11/06 690	4C204
<b>C07D 209/86</b> (2006.01)	C09K 11/06 660	4H050
<b>C07F 15/00</b> (2006.01)	C07D 209/86	
	C07F 15/00 E	

審査請求 未請求 請求項の数 12 O L (全 31 頁)

(21) 出願番号 特願2007-131019 (P2007-131019)  
 (22) 出願日 平成19年5月16日 (2007.5.16)

(71) 出願人 000004352  
 日本放送協会  
 東京都渋谷区神南2丁目2番1号  
 (74) 代理人 100064908  
 弁理士 志賀 正武  
 (74) 代理人 100108578  
 弁理士 高橋 詔男  
 (74) 代理人 100101465  
 弁理士 青山 正和  
 (72) 発明者 都築 俊満  
 東京都世田谷区砧一丁目10番11号 日  
 本放送協会放送技術研究所内  
 (72) 発明者 時任 静士  
 東京都世田谷区砧一丁目10番11号 日  
 本放送協会放送技術研究所内  
 最終頁に続く

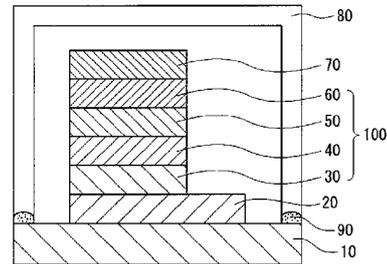
(54) 【発明の名称】 有機EL素子

(57) 【要約】

【課題】 発光効率をより向上させることができ、安定性に優れ、また、ウエットプロセスにより成膜することができる燐光性有機薄膜材料を有する有機EL素子を提供することを目的とする。

【解決手段】 一对の対向する電極20、80と、前記電極20、80の間に配置される単層又は多層の有機薄膜層100を有し、前記有機薄膜層100のうち少なくとも一層が発光層40である有機EL素子において、前記発光層40がホスト化合物とゲスト化合物とを少なくとも含有して構成され、前記ホスト化合物が、正孔輸送材料からなる第一ホスト化合物と、燐光性の金属錯体からなる第二ホスト化合物の少なくとも2種のホスト化合物とを含み、前記ゲスト化合物が、少なくとも1種の燐光性の発光材料を含むことを特徴とする有機EL素子。

【選択図】 図1



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

一対の対向する電極と、前記電極の間に配置される単層又は多層の有機薄膜層を有し、前記有機薄膜層のうち少なくとも一層が発光層である有機 EL 素子において、  
 前記発光層がホスト化合物とゲスト化合物とを少なくとも含有して構成され、  
 前記ホスト化合物が、正孔輸送材料からなる第一ホスト化合物と、燐光性の金属錯体からなる第二ホスト化合物の少なくとも 2 種のホスト化合物とを含み、  
 前記ゲスト化合物が、少なくとも 1 種の燐光性の発光材料を含むことを特徴とする有機 EL 素子。

## 【請求項 2】

前記第一ホスト化合物の三重項エネルギー準位が前記ゲスト化合物の三重項エネルギー準位よりも高く、かつ前記第二ホスト化合物の三重項エネルギー準位が前記ゲスト化合物の三重項エネルギー準位よりも高いことを特徴とする請求項 1 に記載の有機 EL 素子。

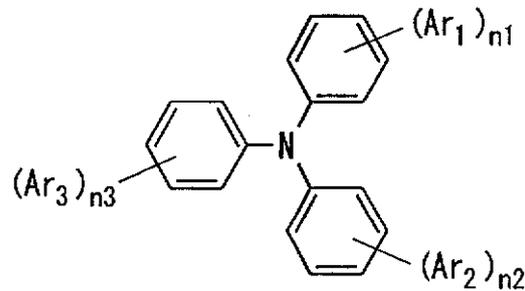
## 【請求項 3】

前記第一ホスト化合物の三重項エネルギー準位が前記第二ホスト化合物の三重項エネルギー準位と同じないしは高いことを特徴とする請求項 1 又は請求項 2 のいずれか 1 項に記載の有機 EL 素子。

## 【請求項 4】

前記第一ホスト化合物が、下記一般式 (1) で示されるトリフェニルアミン骨格を有するものであることを特徴とする請求項 1 ~ 3 のいずれか 1 項に記載の有機 EL 素子。

## 【化 1】



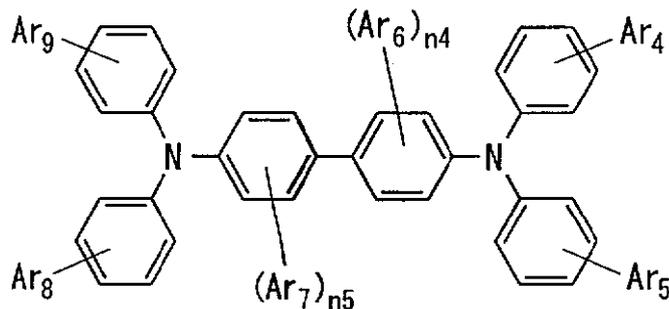
一般式(1)

式中、 $n_1 \sim n_3$  は 1 ~ 3 の整数を表し、 $Ar_1 \sim Ar_3$  は、それぞれ独立して、水素原子、アルキル基、アリール基を表すか、 $Ar_1 \sim Ar_3$  が置換しているベンゼン環と縮合して芳香環を形成しても良い。

## 【請求項 5】

前記第一ホスト化合物が、下記一般式 (1) - (a) で表せるものであることを特徴とする請求項 1 ~ 4 のいずれか 1 項に記載の EL 素子。

## 【化 2】



一般式(1)-(a)

式中、 $n_4, n_5$  は、1 ~ 4 の整数を表し、 $Ar_4 \sim Ar_9$  は、それぞれ独立して、水素原子、アルキル基、アリール基を表すか、 $Ar_4 \sim Ar_9$  が置換しているベンゼン環と

10

20

30

40

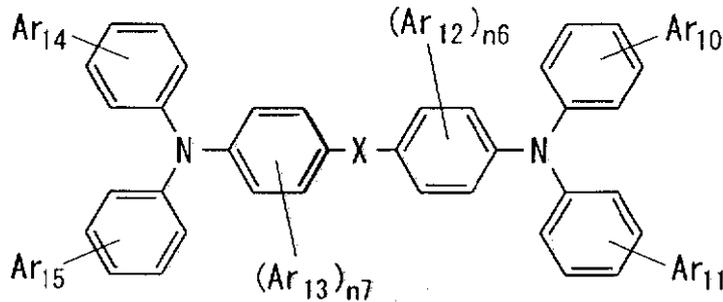
50

縮合して芳香環を形成しても良い。

【請求項 6】

前記第一ホスト化合物が、下記一般式(1)-(b)で表せるものであることを特徴とする請求項 1 ~ 4 のいずれか 1 項に記載の EL 素子。

【化 3】



一般式(1)-(b)

10

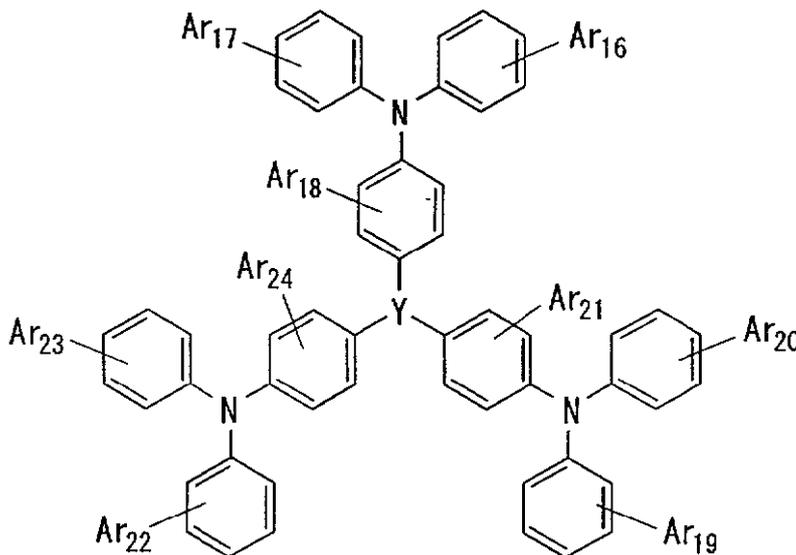
式中、 $n_6$ 、 $n_7$  は 1 ~ 4 の整数を表し、 $Ar_{10} \sim Ar_{15}$  は、それぞれ独立して、水素原子、アルキル基、アリール基を表すか、 $Ar_{10} \sim Ar_{15}$  が置換しているベンゼン環と縮合して芳香環を形成しても良い。また、 $X$  は、2 価の原子又は原子団；直鎖又は分岐もしくは環状のアルキレン基；又はアリール基を表す。

20

【請求項 7】

前記第一ホスト化合物が、下記一般式(1)-(c)で表せるものであることを特徴とする請求項 1 ~ 4 のいずれか 1 項に記載の EL 素子。

【化 4】



一般式(1)-(c)

30

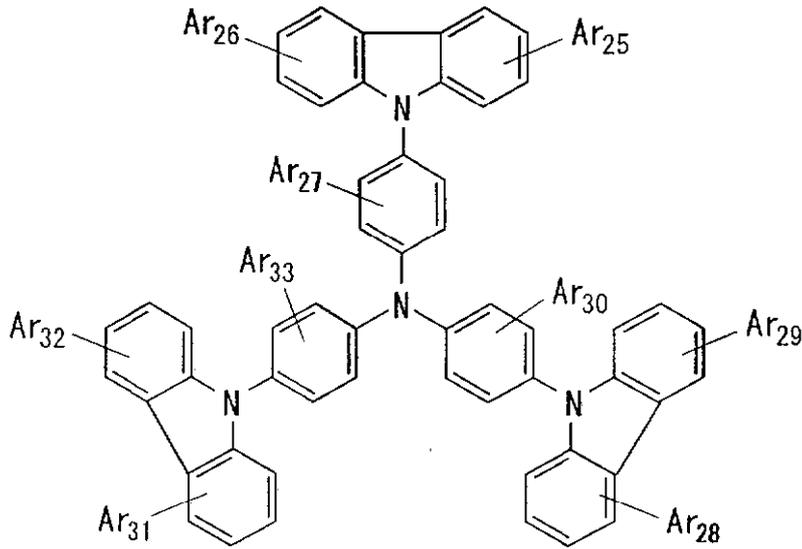
40

式中、 $Ar_{16} \sim Ar_{24}$  は、それぞれ独立して、水素原子、アルキル基、アリール基を表すか、 $Ar_{16} \sim Ar_{24}$  が置換しているベンゼン環と縮合して芳香環を形成しても良い。また、 $Y$  は、3 価の原子又は原子団；直鎖又は分岐もしくは環状のアルカントリイル基；又はアレントリイル基を表す。

【請求項 8】

前記第一ホスト化合物が、下記一般式(1)-(d)で表せるものであることを特徴とする請求項 1 ~ 4 のいずれか 1 項に記載の EL 素子。

## 【化 5】



一般式(1)-(d)

10

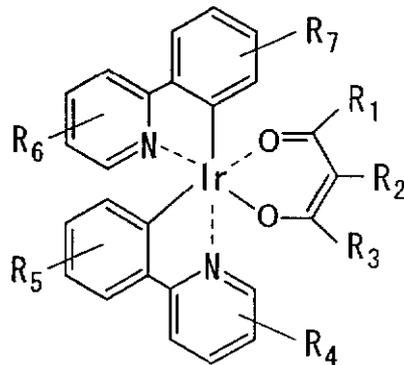
式中、 $Ar_{25} \sim Ar_{33}$  は、それぞれ独立して、水素原子、アルキル基、アリール基を表すか、 $Ar_{25} \sim Ar_{33}$  が置換しているベンゼン環と縮合して芳香環を形成しても良い。

20

## 【請求項 9】

前記第二ホスト化合物が、下記一般式(2)で示されるイリジウム錯体であることを特徴とする請求項 1 ~ 8 のいずれか 1 項に記載の有機 EL 素子。

## 【化 6】



一般式(2)

30

式中、 $R_1 \sim R_7$  は、それぞれ独立して、水素原子、アルキル基、アリール基、ハロゲン原子を表すか、 $R_1 \sim R_7$  が置換しているベンゼン環又はピリジン環と縮合して芳香環を形成しても良い。

40

## 【請求項 10】

前記ゲスト化合物が、白金あるいはイリジウム原子を有する燐光性の発光材料であることを特徴とする請求項 1 ~ 9 のいずれか 1 項に記載の有機 EL 素子。

## 【請求項 11】

前記発光層中における前記第一ホスト化合物と前記第二ホスト化合物との質量比(第一ホスト化合物/第二ホスト化合物)が、 $10/90 \sim 90/10$ であることを特徴とする請求項 1 ~ 10 のいずれか 1 項に記載の有機 EL 素子。

## 【請求項 12】

50

前記発光層が、ウエットプロセスにより成膜されることを特徴とする請求項 1 ~ 11 のいずれか 1 項に記載の有機 EL 素子。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、高効率な燐光を発する有機 EL 素子に関するものであり、表示素子、ディスプレイ、バックライト、電子写真、照明光源、露光光源、標識、看板、インテリアの分野に好適に使用できる発光素子に関するものである。

【背景技術】

【0002】

有機 EL 素子は、無機材料からなる発光ダイオードデバイスと同じ発光原理であり、電界を印加し、電子およびホールを注入し、それらを再結合させることにより、電界発光させる自発光型デバイスである。発光材料として有機薄膜を用いるため、低電圧で高輝度・高効率の発光をさせることができるので、有望な次世代表示素子として期待されている。

近年、有機 EL 素子の作製技術が飛躍的に進歩し、小型の有機 EL ディスプレイが既に実用化されたが、大型の有機 EL ディスプレイの実用化への観点からは、より一層の低電圧化が求められ、より一層の発光効率の向上も求められていた。

【0003】

有機 EL 素子における発光効率は、様々な要因によって決定されるが、主たる要因の一つが励起子の生成確率である。励起子の生成確率が高ければ、当該励起子が失活して放射するエネルギーも大きくなり、発光効率が高まることとなる。前記励起子は、電子と正孔とが再結合することにより生じ、一重項励起子と三重項励起子とに分けることができる。また、前記一重項励起子のエネルギー失活過程による発光が蛍光発光、前記三重項励起子のエネルギー失活過程による発光が、燐光発光として規定されている。前記一重項励起子と前記三重項励起子は、それぞれ 1 : 3 の割合で生成すると考えられているので、前記三重項励起子からのエネルギー失活過程による発光である燐光発光を利用できれば、発光効率を向上させることができると考えられていた。

【0004】

従来、有機 EL 素子は、発光層に蛍光材料を用いており、一重項励起子からの蛍光を有機 EL 素子の光として取り出していた。前記考察に基づき、発光効率を向上させるため、燐光性有機材料を用いて有機 EL 素子を製造する試みがなされたが、発光効率を向上させることはできなかった。従来の発光材料においては、生成した三重項励起子は、その寿命が長いため、エネルギー失活過程において、放射失活よりも無輻射の熱失活が優先的に起こり、発光を効率的に行うことはできなかったためである。

【0005】

しかしながら、非特許文献 1、2 および特許文献 1 において開示されたように、プリンストン大学のバルドーらは、燐光性有機材料を発光層とした有機 EL 素子について開示し、発光効率を向上させることができることを示した。前記燐光性有機材料として、トリス - (2 - フェニルピリジン) イリジウムのような、白金やイリジウムなどの遷移金属を有する有機金属錯体を発光材料として用いることにより、三重項励起子を安定的に当該発光材料にトラップさせることができ、そこから熱失活させることなく放射失活させることにより、従来の蛍光材料を発光層とした有機 EL 素子と比較して、高い発光効率とすることができた。

【0006】

以来、燐光材料を用いた有機 EL 素子の研究が活発に行われることとなり、たとえば、特許文献 2 においては、特定の部分構造を有する Ir 錯体からなる燐光発光材料を用いた有機 EL 素子について開示されている。このように、燐光性有機材料を用いた有機 EL 素子が、次世代表示素子の実用化に向けて期待され始めた。

しかしながら、前記燐光性有機材料を有する有機 EL 素子においては、依然として、発光効率改善、駆動電圧の低減、色純度の向上など多くの点で未解決な課題が残っており、

10

20

30

40

50

特に、発光効率の改善が求められていた。

また、将来の大画面、高精細ディスプレイを考えると、スピンコート法、インクジェット法および印刷法などのウエットプロセスが有利となると考えられるので、ウエットプロセスで成膜できる有機薄膜材料の開発が求められていた。

【特許文献1】特表2003-526876号公報

【特許文献2】特開2005-276799号公報

【非特許文献1】エム・エー・バルドーら (M. A. Baldo et al.), ネイチャー (Nature), 395, 151 (1998)

【非特許文献2】エム・エー・バルドーら (M. A. Baldo et al.), アプライド・フィジックス・レターズ (Appl. Phys. Lett.), 175, 4 (1999)

10

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

本発明は、上記事情を鑑みてなされたもので、発光効率をより向上させることができ、安定性に優れ、また、ウエットプロセスにより成膜することができる燐光性有機薄膜材料を有する有機EL素子を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0008】

発光層が、ホスト材料と燐光発光性のゲスト材料との混合体により構成される場合、ゲストの三重項励起子からの燐光発光に至るまでの過程は以下のように考えられる。

20

1. 発光層への正孔・電子の注入
2. 正孔・電子の再結合による、ホストの励起子生成 (一重項および三重項)
3. ホストからゲストへの励起エネルギーの移動 (一重項および三重項)
4. ゲストの三重項励起子生成
5. ゲストの三重項励起子の失活に伴う燐光放出

【0009】

各々の過程におけるエネルギー移動、発光は、これらを阻害する様々な失活過程との競争で起こっている。有機EL素子の発光効率を高めるためには、発光量子効率の高い発光材料をゲスト材料に用いることが必須となる。そして、このゲスト材料を効率よく発光させるためには、発光層中でゲスト材料の周りを取り巻くホスト材料の選択も極めて重要である。すなわち、ホスト材料からゲスト材料への励起エネルギーの移動が効率よく行われ、ゲスト材料へ移ったエネルギーが再びホスト材料へ逆戻りすることのないように、適切なホスト材料を選択することが重要である。さらに、有機EL素子の耐久性の観点から、ホスト材料には高い膜安定性が求められる。さらに、ウエットプロセスにより、発光層の成膜が可能な有機EL素子の実現のためには、有機溶媒に対する溶解性およびウエットプロセスでの優れた成膜性をも求められる。

30

【0010】

本発明者らは、高効率発光が得られ、安定性に優れ、ウエットプロセスにより発光層の成膜が可能な有機EL素子を実現すべく、鋭意検討を重ねた結果、対向した電極間に3成分以上の材料で構成された発光層をウエットプロセスにより成膜した有機EL素子において、該発光層の第一ホスト材料 (第一主構成材料) としてトリフェニルアミン骨格を有する正孔輸送性材料を、第二ホスト材料 (第二主構成材料) としてイリジウム錯体などの燐光発光性の金属錯体を、さらにゲスト材料 (副構成材料) として燐光発光性の発光材料を用いることにより、極めて高効率で安定性に優れる有機EL素子が得られることを見出し、本発明を完成するに至った。

40

【0011】

上記の目的を達成するために、本発明は以下の構成を採用した。すなわち、

本発明の有機EL素子は、一对の対向する電極と、前記電極の間に配置される単層又は多層の有機薄膜層を有し、前記有機薄膜層のうち少なくとも一層が発光層である有機EL

50

素子において、前記発光層がホスト化合物とゲスト化合物とを少なくとも含有して構成され、前記ホスト化合物が、正孔輸送材料からなる第一ホスト化合物と、燐光性の金属錯体からなる第二ホスト化合物の少なくとも2種のホスト化合物とを含み、前記ゲスト化合物が、少なくとも1種の燐光性の発光材料を含むことを特徴とする。

## 【0012】

本発明の有機EL素子は、上記規定の有機EL素子であって、前記第一ホスト化合物の三重項エネルギー準位が前記ゲスト化合物の三重項エネルギー準位よりも高く、かつ前記第二ホスト化合物の三重項エネルギー準位が前記ゲスト化合物の三重項エネルギー準位よりも高いことが好ましい。

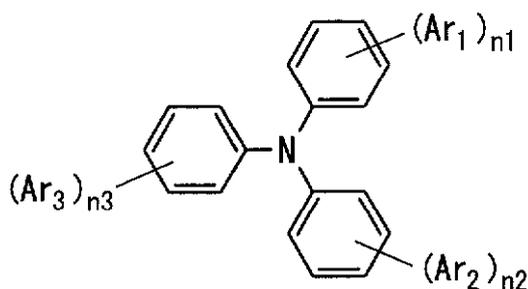
## 【0013】

本発明の有機EL素子は、上記規定の有機EL素子であって、前記第一ホスト化合物の三重項エネルギー準位が前記第二ホスト化合物の三重項エネルギー準位と同じないしは高いことが好ましい。

## 【0014】

本発明の有機EL素子は、上記規定の有機EL素子であって、前記第一ホスト化合物が、下記一般式(1)で示されるトリフェニルアミン骨格を有するものであることが好ましい。

## 【化1】



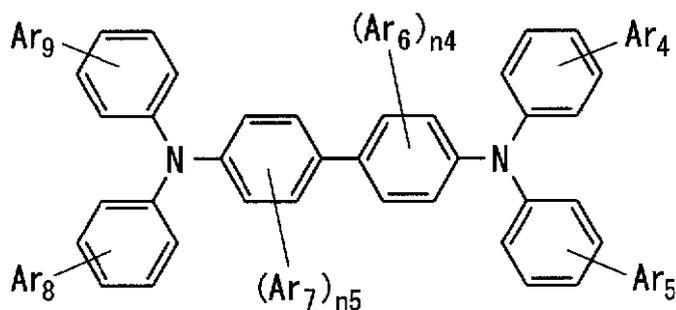
一般式(1)

式中、 $n_1 \sim n_3$  は1~3の整数を表し、 $Ar_1 \sim Ar_3$  は、それぞれ独立して、水素原子、アルキル基、アリール基を表すか、 $Ar_1 \sim Ar_3$  が置換しているベンゼン環と縮合して芳香環を形成しても良い。

## 【0015】

本発明の有機EL素子は、上記規定の有機EL素子であって、前記第一ホスト化合物が、下記一般式(1)-(a)で表せるものであることが好ましい。

## 【化2】



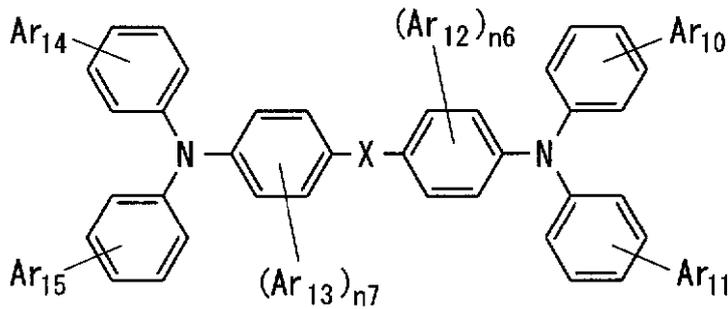
一般式(1)-(a)

式中、 $n_4$ 、 $n_5$  は、1~4の整数を表し、 $Ar_4 \sim Ar_9$  は、それぞれ独立して、水素原子、アルキル基、アリール基を表すか、 $Ar_4 \sim Ar_9$  が置換しているベンゼン環と縮合して芳香環を形成しても良い。

## 【0016】

本発明の有機EL素子は、上記規定の有機EL素子であって、前記第一ホスト化合物が、下記一般式(1)-(b)で表せるものであることが好ましい。

## 【化3】



一般式(1)-(b)

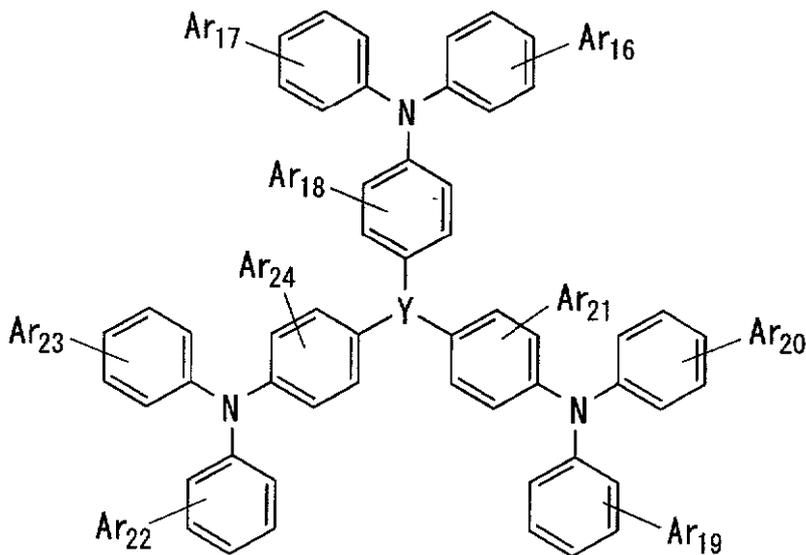
10

式中、 $n_6$ 、 $n_7$ は1~4の整数を表し、 $Ar_{10} \sim Ar_{15}$ は、それぞれ独立して、水素原子、アルキル基、アリール基を表すか、 $Ar_{10} \sim Ar_{15}$ が置換しているベンゼン環と縮合して芳香環を形成しても良い。また、Xは、2価の原子又は原子団；直鎖又は分岐もしくは環状のアルキレン基；又はアリール基を表す。

## 【0017】

本発明の有機EL素子は、上記規定の有機EL素子であって、前記第一ホスト化合物が、下記一般式(1)-(c)で表せるものであることが好ましい。

## 【化4】



一般式(1)-(c)

30

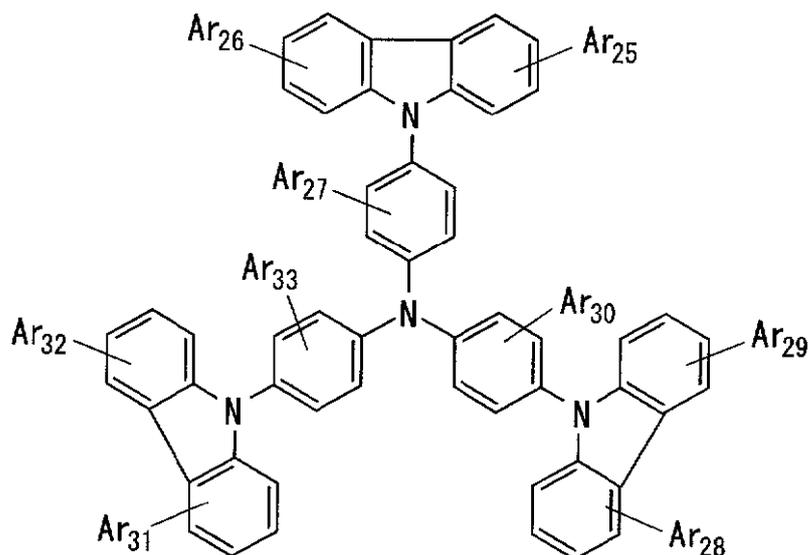
式中、 $Ar_{16} \sim Ar_{24}$ は、それぞれ独立して、水素原子、アルキル基、アリール基を表すか、 $Ar_{16} \sim Ar_{24}$ が置換しているベンゼン環と縮合して芳香環を形成しても良い。また、Yは、3価の原子又は原子団；直鎖又は分岐もしくは環状のアルカントリイル基；又はアレントリイル基を表す。

## 【0018】

本発明の有機EL素子は、上記規定の有機EL素子であって、前記第一ホスト化合物が、下記一般式(1)-(d)で表せるものであることが好ましい。

40

【化5】



一般式(1)-(d)

10

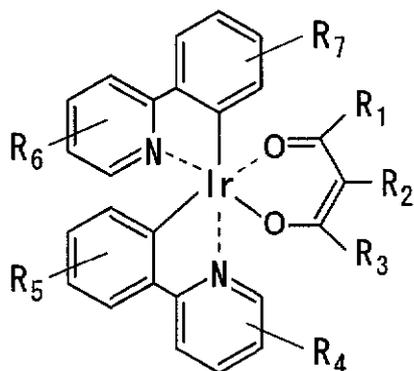
式中、 $Ar_{25} \sim Ar_{33}$  は、それぞれ独立して、水素原子、アルキル基、アリール基を表すか、 $Ar_{25} \sim Ar_{33}$  が置換しているベンゼン環と縮合して芳香環を形成しても良い。

20

【0019】

本発明の有機EL素子は、上記規定の有機EL素子であって、前記第二ホスト化合物が、下記一般式(2)で示されるイリジウム錯体であることが好ましい。

【化6】



一般式(2)

30

式中、 $R_1 \sim R_7$  は、それぞれ独立して、水素原子、アルキル基、アリール基、ハロゲン原子を表すか、 $R_1 \sim R_7$  が置換しているベンゼン環又はピリジン環と縮合して芳香環を形成しても良い。

40

【0020】

本発明の有機EL素子は、上記規定の有機EL素子であって、前記ゲスト化合物が、白金あるいはイリジウム原子を有する燐光性の発光材料であることが好ましい。

【0021】

本発明の有機EL素子は、上記規定の有機EL素子であって、前記発光層中における前記第一ホスト化合物と前記第二ホスト化合物との質量比(第一ホスト化合物/第二ホスト化合物)が、 $10/90 \sim 90/10$ であることが好ましい。

【0022】

本発明の有機EL素子は、上記規定の有機EL素子であって、前記発光層が、ウェットプロセスにより成膜されることが好ましい。

50

## 【発明の効果】

## 【0023】

上記の構成によれば、発光効率をより向上させることができ、耐久性に優れ、また、ウエットプロセスにより成膜することができる燐光性有機薄膜材料を有する有機EL素子を提供することができる。

## 【発明を実施するための最良の形態】

## 【0024】

以下、本発明の実施形態である有機EL素子の一例について説明する。

図1は、本発明の実施形態である有機EL素子の一例を説明する断面模式図である。図1に示す有機EL素子は、基板10上に、陽極20が形成され、さらに、正孔注入層30、発光層40、正孔阻止層50、および電子輸送層60からなる有機薄膜層100が形成され、更に、陰極70が積層されて構成されている。前記有機EL素子を取り囲んで、ガラス封止管80と基板10とが、UV硬化樹脂90により接着されている。

10

## 【0025】

## (基板)

前記基板10は、透明な材料で、空気、水分などを遮断する特性に優れた材料を用いることができる。ガラス、石英などの無機材料に限らず、プラスチックフィルムなどの有機材料も用いることができる。

## 【0026】

前記基板10としてプラスチックフィルムなどの有機材料も用いる場合には、ガスバリア層を設けることが好ましい。

20

前記ガスバリア層とは、空気、水分などを遮断する効果を有する薄膜層のことであり、CVD法あるいは高周波スパッタリング法などにより、SiO<sub>2</sub>あるいはSiNなどを複数層成膜することにより形成される。さらに、前記基板10には、ハドコート層などを設けてもかまわない。

## 【0027】

## (陽極)

前記陽極20は、導電性の高く、仕事関数の大きい材料が好ましい。仕事関数は、少なくとも4.0eV以上であることが好ましい。有機EL素子として、発光を陽極側から取り出す場合には、前記陽極20は、透明な材料であることが好ましい。一般的には、インジウム-錫-酸化物(以下、ITO)あるいはインジウム-亜鉛-酸化物(以下、IZO)などの導電性透明酸化物が用いられる。

30

## 【0028】

## (正孔注入層)

前記正孔注入層30は、正孔注入能の高い有機材料から構成される。また、電界を印加することにより、陽極20から正孔を正孔注入層30内に高効率で取り込み、正孔注入層30内から発光層40に正孔を高効率に注入することができる材料である。電界を印加しても、有機薄膜として安定に存在することのできる有機材料が好ましく、たとえば、PEDOT/PSS混合材料のようなポリエチレンジオキシチオフェンとポリスチレンスルホネートの混合物、ポリアニリン、ポリチオフェンなどの導電性高分子材料などを使用することができる。

40

## 【0029】

前記PEDOT/PSS混合材料を用いる場合には、スピンコート法を利用することができる。

たとえば、まず、所定量のPEDOT/PSSを有機溶媒に含有させ、正孔注入層用溶液を調整する。次に、スピンコーターの所定の位置に、前記基板10をセットし、所定の回転速度とした後、前記正孔注入層用溶液を塗布する。それを180°のチャンパーに導入し、乾燥工程を行い、有機溶媒を除去することにより、所定の膜厚の正孔注入層30を形成する。

## 【0030】

50

前記有機溶媒としては、極性溶媒が好ましく、N、N - ジメチルホルムアミド、N、N - ジメチルアセトアミド、ジメチルスルホキシド、N - メチル - 2 - ピロリドン、エチレングリコール、ジエチレングリコール、グリセリンなどを挙げることができる。

【0031】

前記正孔注入層30の膜厚は、1 nm ~ 5 μmとすることが好ましく、10 nm ~ 1 μmがより好ましく、20 nm ~ 200 nmがさらに好ましい。

前記正孔注入層30の膜厚が1 nm未満の場合には、前記正孔輸送層30は、アイランド構造となり、層としての形を成さないため、有機EL素子として機能させることができなくなる。逆に、前記正孔注入層30の膜厚が5 μm超の場合には、膜厚が厚いため、発光に必要な電圧が高くなりすぎ、発光効率が低下する。さらに、短絡し、素子破壊を生ずる場合がある。

10

【0032】

(発光層)

前記発光層40は、3成分以上の有機材料、すなわち、正孔輸送材料からなる第一ホスト化合物と、燐光性の金属錯体からなる第二ホスト化合物と、燐光性の発光材料からなるゲスト化合物とを含み構成される。

前記発光層40の構成成分として、3成分以上の有機材料を用いることにより、電子、正孔を発光層40内に蓄積させ、電子および正孔の再結合により生成される励起子の発生確率を高めることができる。また、生じた励起子をゲスト化合物の三重項エネルギー準位に安定して保持させることができる。その結果、有機EL素子の発光効率を向上させることができる。

20

【0033】

前記発光層40の膜厚は、1 nm ~ 5 μmとすることが好ましく、10 nm ~ 1 μmがより好ましく、20 nm ~ 200 nmがさらに好ましい。

前記発光層40の膜厚が1 nm未満の場合には、前記発光層40は、アイランド構造となり、層としての形を成さないため、有機EL素子として機能させることができなくなる。逆に、前記発光層40の膜厚が5 μm超の場合には、膜厚が厚いため、発光に必要な電圧が高くなりすぎ、発光効率が低下する。さらに、短絡し、素子破壊を生ずる場合がある。

30

【0034】

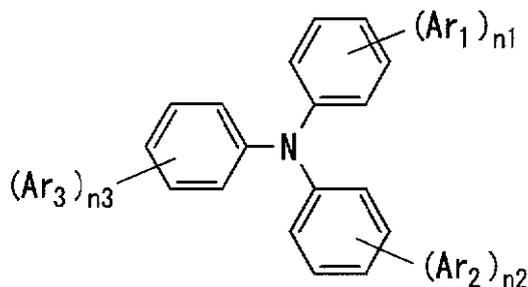
(第一ホスト化合物)

前記第一ホスト化合物は、発光層40の主成分となる正孔輸送材料であり、前記発光層40の中で三重項エネルギー準位の最も高い材料である。

前記第一ホスト化合物としては、下記一般式(1)で示されるトリフェニルアミン骨格を有するものが好ましい。

【0035】

【化7】



一般式(1)

40

式中、 $n_1 \sim n_3$  は1 ~ 3の整数を表し、 $Ar_1 \sim Ar_3$  としては、水素原子；メチル基、エチル基、イソプロピル基、*t*-ブチル基等の炭素数1 ~ 4のアルキル基；フェニル基、トリル基、キシリル基、メシチル基、*t*-ブチルフェニル基、ピフェニル基等のアリ

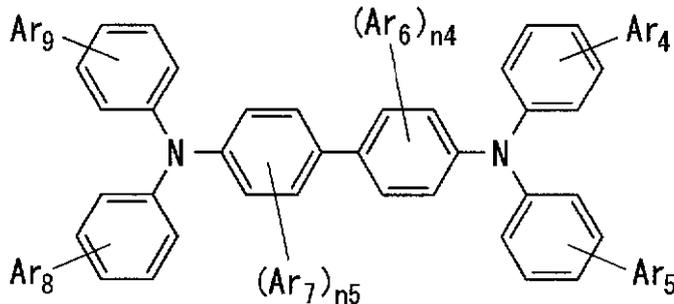
50

ール基等が挙げられる。また、 $Ar_1 \sim Ar_3$  が置換しているベンゼン環と縮合して形成する芳香環としては、ナフタレン環、アントラセン環、フェナントレン環等が挙げられる。

【0036】

特に、前記第一ホスト化合物が、前記一般式(1)に示すようなトリフェニルアミン骨格を有する正孔輸送材料のうち、下記一般式(1)-(a)で表せるようなトリフェニルアミンが2個連結した構造を有する正孔輸送材料であることが好ましい。

【化8】



一般式(1)-(a)

10

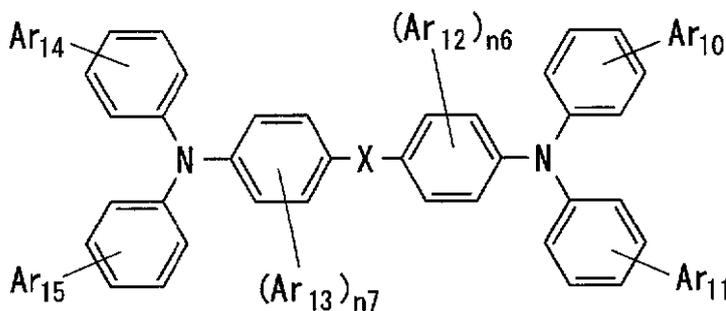
式中、 $n_4$ 、 $n_5$  は1~4の整数を表し、 $Ar_4 \sim Ar_9$  としては、水素原子；メチル基、エチル基、イソプロピル基、*t*-ブチル基等の炭素数1~4のアルキル基；フェニル基、トリル基、キシリル基、メシチル基、*t*-ブチルフェニル基、ピフェニル基等のアリール基等が挙げられる。また、 $Ar_4 \sim Ar_9$  が置換しているベンゼン環と縮合して形成する芳香環としては、ナフタレン環、アントラセン環、フェナントレン環等が挙げられる。

20

【0037】

また、前記第一ホスト化合物が、前記一般式(1)に示すようなトリフェニルアミン骨格を有する正孔輸送材料のうち、下記一般式(1)-(b)で表せるようなトリフェニルアミンが連結基Xを介して2個連結した構造を有する正孔輸送材料であることが好ましい。

【化9】



一般式(1)-(b)

30

式中、 $n_6$ 、 $n_7$  は1~4の整数を表し、 $Ar_{10} \sim Ar_{15}$  としては、水素原子；メチル基、エチル基、イソプロピル基、*t*-ブチル基等の炭素数1~4のアルキル基；フェニル基、トリル基、キシリル基、メシチル基、*t*-ブチルフェニル基、ピフェニル基等のアリール基等が挙げられる。また、 $Ar_{10} \sim Ar_{15}$  が置換しているベンゼン環と縮合して形成する芳香環としては、ナフタレン環、アントラセン環、フェナントレン環等が挙げられる。また、2価の原子又は原子団のXとしては、酸素原子；メチレン基、エチレン基、1,1-シクロヘキシレン基、1,2-シクロヘキシレン基、1,3-シクロヘキシレン基、フェニレン基等の直鎖、分岐又は環状のアルキレン基、もしくはアリーレン基等が挙げられる。

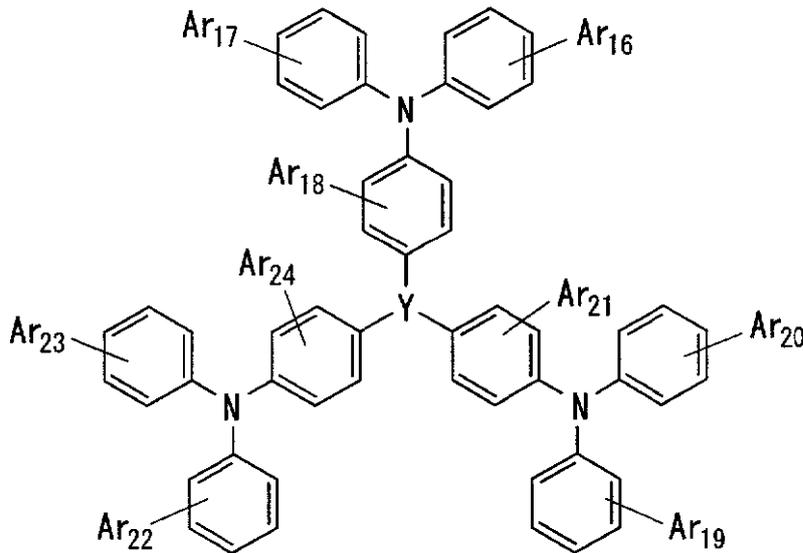
40

【0038】

50

また、前記第一ホスト化合物が、前記一般式(1)に示すようなトリフェニルアミン骨格を有する正孔輸送材料のうち、下記一般式(1)-(c)で表せるようなトリフェニルアミンが連結基Yを介して3個連結した構造を有する正孔輸送材料であることが好ましい。

【化10】



10

20

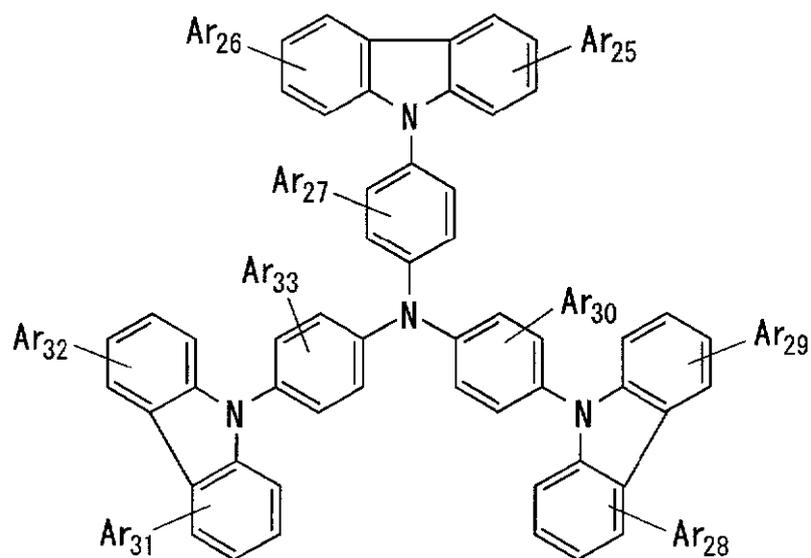
式中、 $Ar_{16} \sim Ar_{24}$ としては、水素原子；メチル基、エチル基、イソプロピル基、*t*-ブチル基等の炭素数1~4のアルキル基；フェニル基、トリル基、キシリル基、メシチル基、*t*-ブチルフェニル基、ビフェニル基等のアリール基等が挙げられる。また、 $Ar_{16} \sim Ar_{24}$ が置換しているベンゼン環と縮合して形成する芳香環としては、ナフタレン環、アントラセン環、フェナントレン環等が挙げられる。また、3価の原子又は原子団のYとしては、窒素原子、リン原子、ホウ素原子；メチリジン基、ベンジリジン基、シクロヘキサントリイル基、ベンゼントリイル基等のアルカントリイル基又はアレーントリイル基等が挙げられる。

30

【0039】

また、前記第一ホスト化合物が、前記一般式(1)に示すようなトリフェニルアミン骨格を有する正孔輸送材料のうち、下記一般式(1)-(d)で表せるようなトリフェニルアミンにカルバゾール基が3個連結している構造を有する正孔輸送材料であることがより好ましい。

【化 1 1】



一般式(1)-(d)

10

式中、 $Ar_{25} \sim Ar_{33}$ としては、水素原子；メチル基、エチル基、イソプロピル基、*t*-ブチル基等の炭素数1～4のアルキル基；フェニル基、トリル基、キシリル基、メシチル基、*t*-ブチルフェニル基、ビフェニル基等のアリール基等が挙げられる。また、 $Ar_{25} \sim Ar_{33}$ が置換しているベンゼン環と縮合して形成する芳香環としては、ナフタレン環、アントラセン環、フェナントレン環等が挙げられる。

20

【0040】

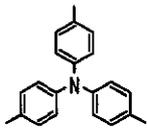
さらに、次に、本発明の実施形態において用いる前記第一ホスト化合物の具体例を示すが、本発明はこれらに限定されるものではない。

なお、ここで、式(1-1)～式(1-37)は、一般式(1)に対応する。特に、式(1-5)～式(1-19)は、一般式(1)-(a)に対応し、式(1-20)～式(1-25)は、一般式(1)-(b)に対応し、式(1-26)～式(1-34)は、一般式(1)-(c)に対応し、式(1-35)～式(1-37)は、一般式(1)-(d)

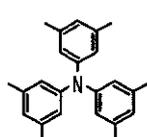
30

【0041】

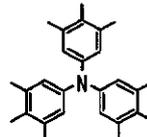
【化 1 2】



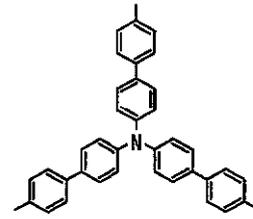
1-1



1-2

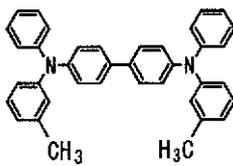


1-3

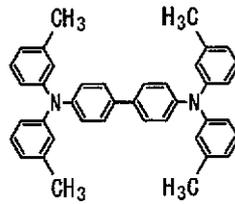


1-4

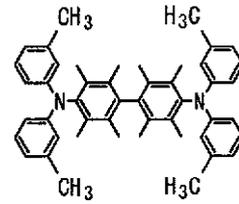
10



1-5

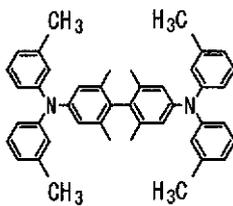


1-6

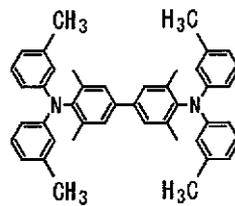


1-7

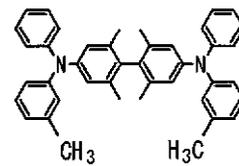
20



1-8



1-9

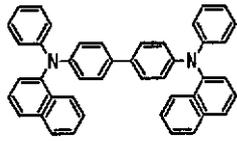


1-10

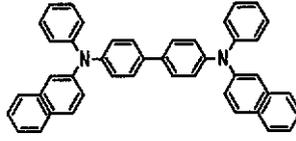
30

【 0 0 4 2】

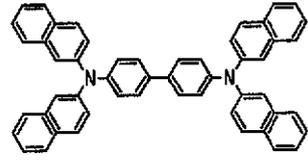
【化 1 3】



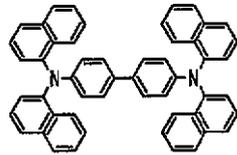
1-11



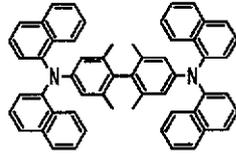
1-12



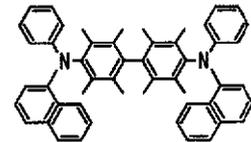
1-13



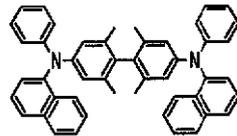
1-14



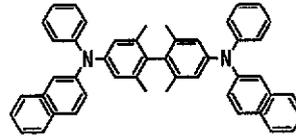
1-15



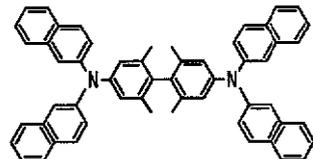
1-16



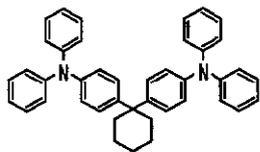
1-17



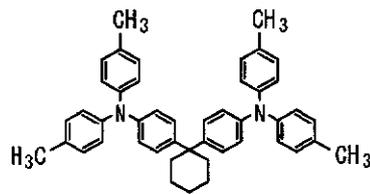
1-18



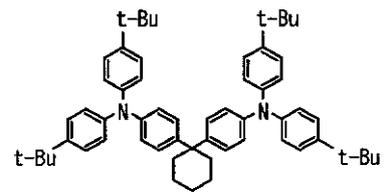
1-19



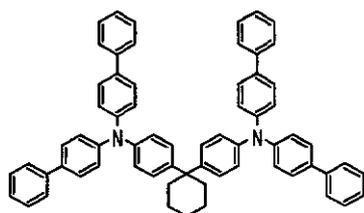
1-20



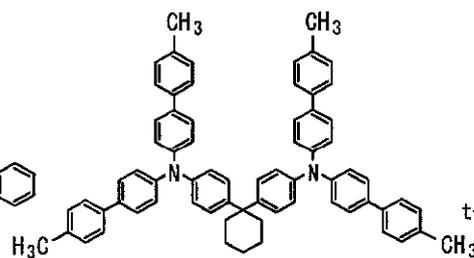
1-21



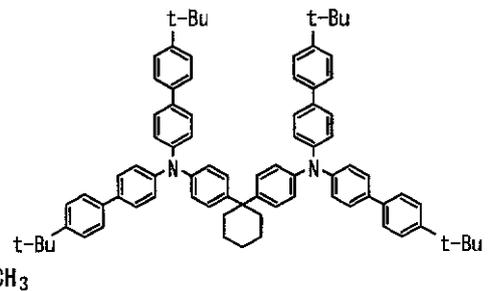
1-22



1-23



1-24



1-25

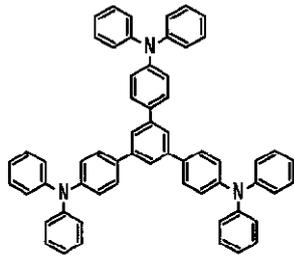
10

20

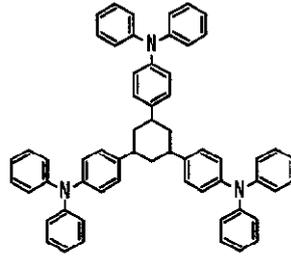
30

40

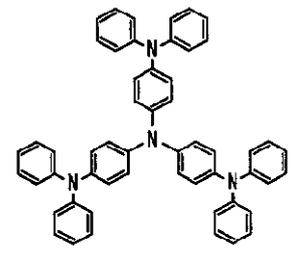
【化 1 4】



1-26

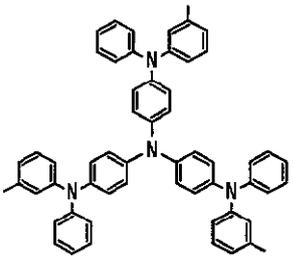


1-27

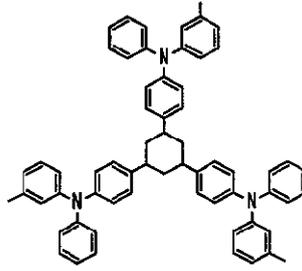


1-28

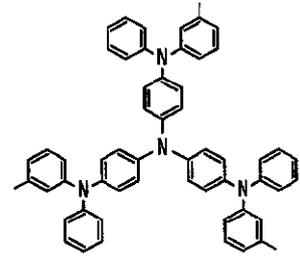
10



1-29

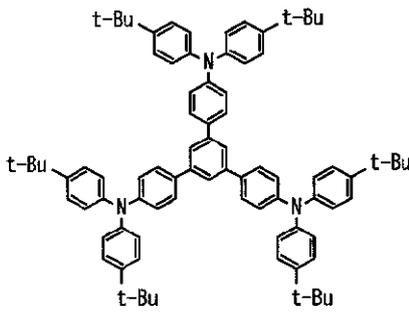


1-30

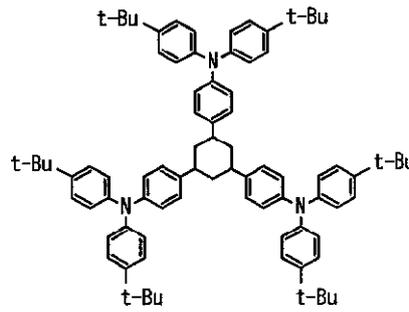


1-31

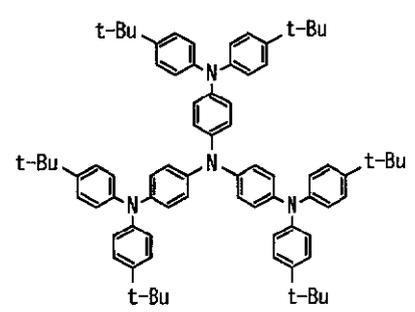
20



1-32

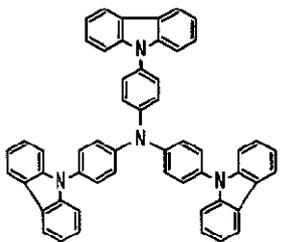


1-33

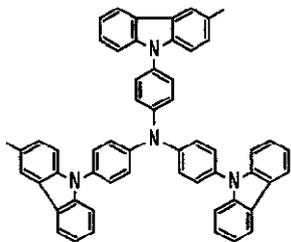


1-34

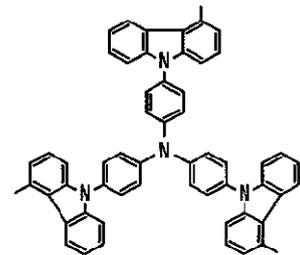
30



1-35



1-36



1-37

40

【 0 0 4 4】

(第二ホスト化合物)

前記第二ホスト化合物は、発光層 40 の主成分となる燐光性の金属錯体であり、発光層

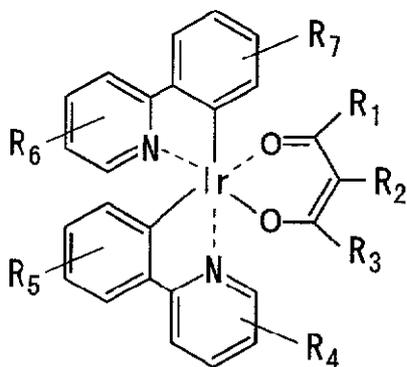
50

40を構成する有機材料の中で、三重項エネルギーが第一ホストと同じまたは第一ホストに次いで高い材料である。

前記第二ホスト化合物としては、下記一般式(2)で示されるイリジウム錯体を有するものが好ましい。

【0045】

【化15】



一般式(2)

10

式中、 $R_1 \sim R_7$ としては、水素原子；メチル基、エチル基、イソプロピル基、ブチル基、*t*-ブチル基、ヘキシル基、オクチル基、ノニル基、デシル基、ウンデシル基、ドデシル基、トリデシル基、テトラデシル基、シクロヘキシル基等の、直鎖、分岐又は環状の炭素数1～16のアルキル基；フェニル基、トリル基、キシリル基、メシチル基、*t*-ブチルフェニル基、ピフェニル基等のアリール基；フッ素原子、塩素原子、臭素原子、ヨウ素原子等のハロゲン原子等が挙げられる。

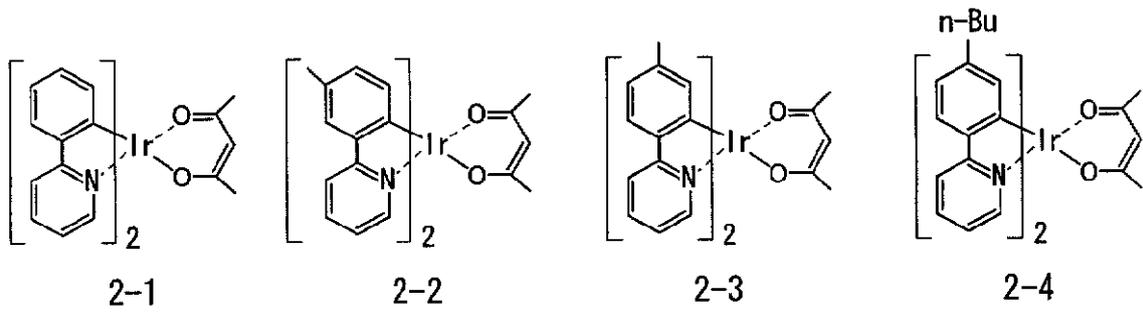
20

【0046】

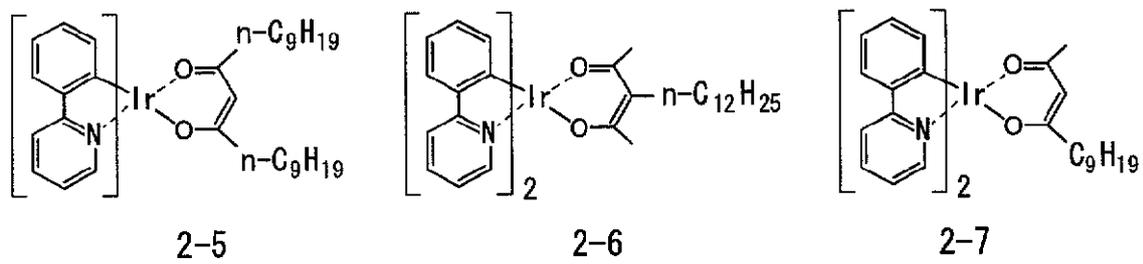
さらに、次に、本発明の実施形態において用いる第二ホスト化合物の具体例を示すが、本発明はこれらに限定されるものではない。

【0047】

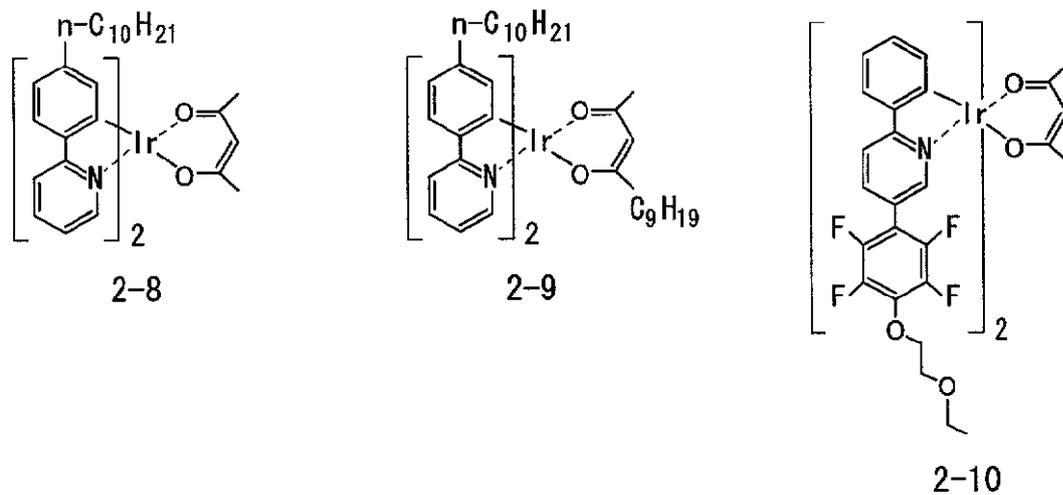
## 【化 1 6】



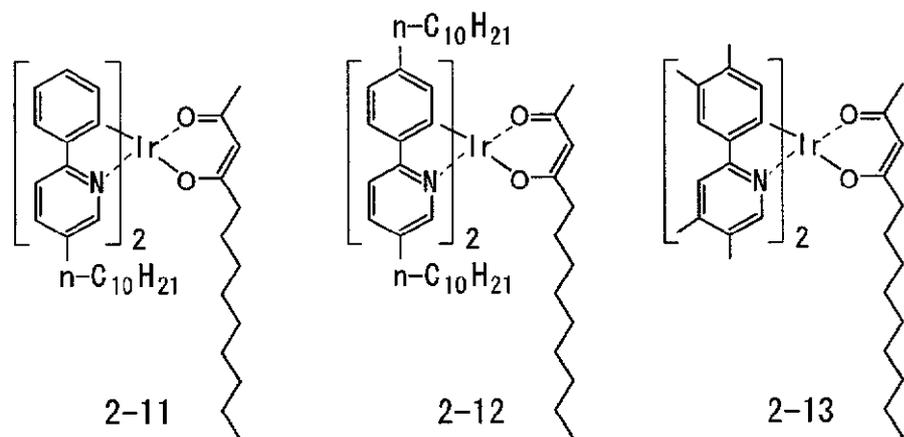
10



20



30



40

## 【 0 0 4 8 】

( ゲスト化合物 )

前記ゲスト化合物は、発光層 4 0 の副成分となる燐光性有機材料であり、前記発光層 4

50

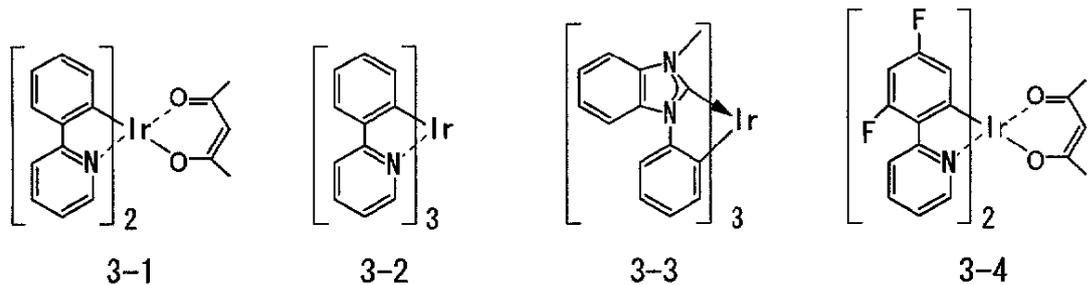
0を構成する有機材料の中で三重項エネルギー準位が最も低い材料である。たとえば、イリジウムまたは白金などのような遷移金属を有する金属錯体が好ましい。

【0049】

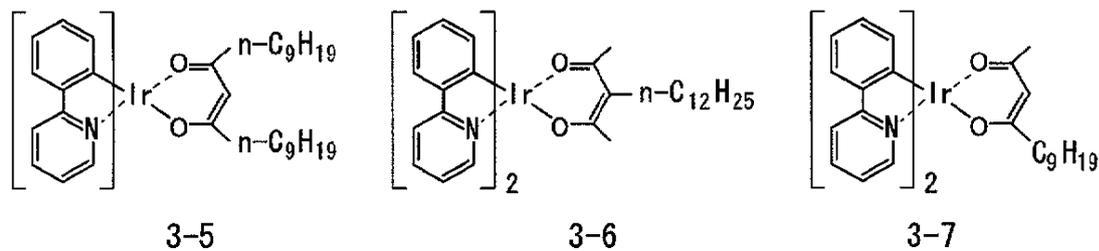
次に、本発明の実施形態において用いる前記ゲスト化合物の具体例を示すが、本発明はこれらに限定されるものではない。

【0050】

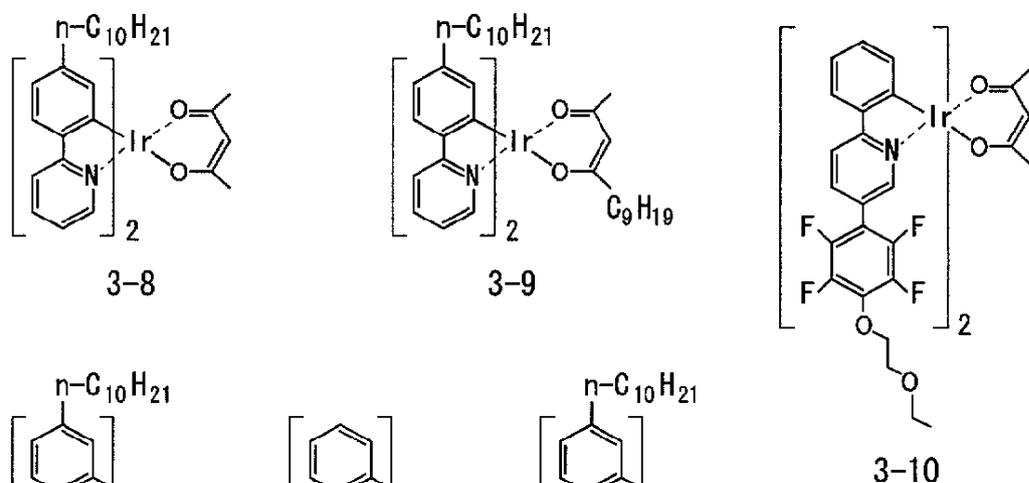
【化 17】



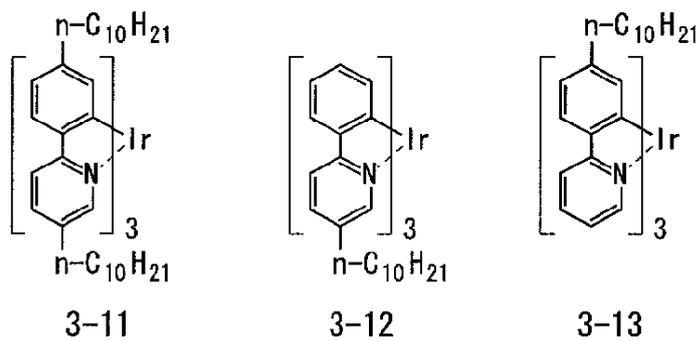
10



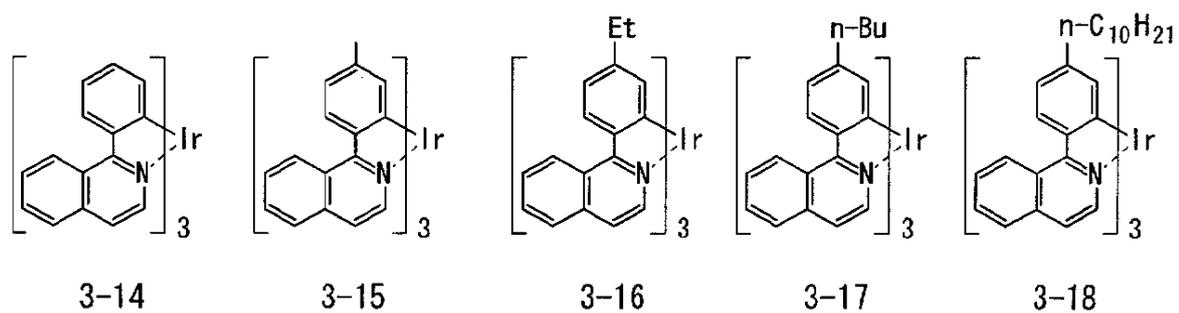
20



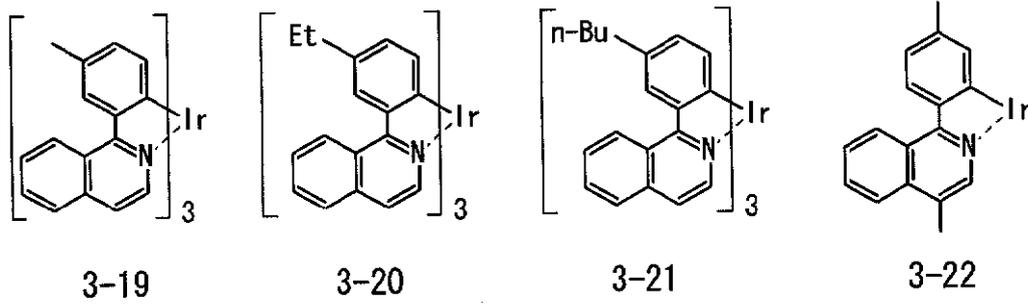
30



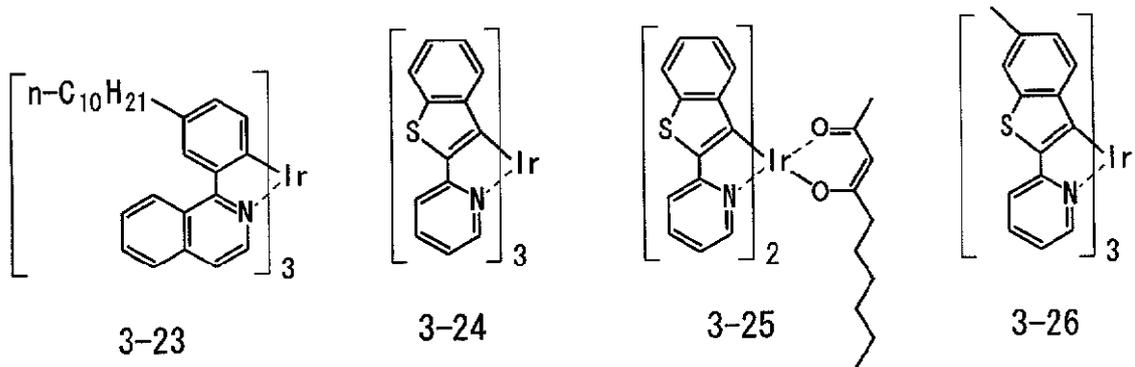
40



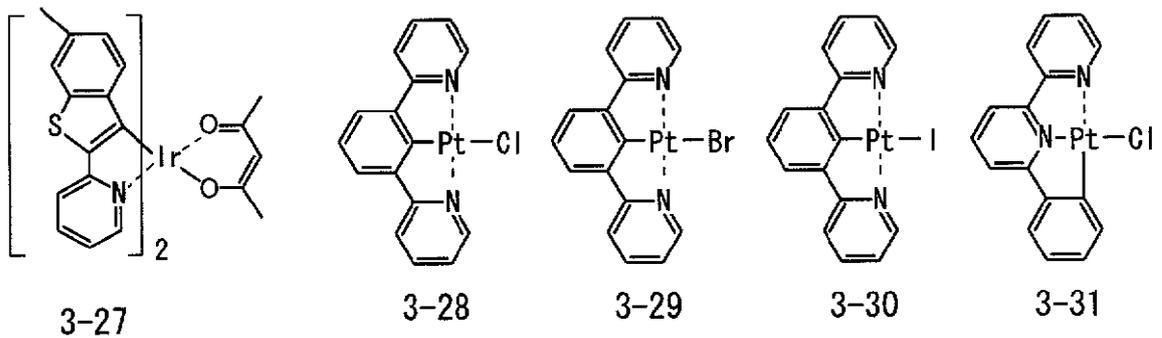
## 【化 1 8】



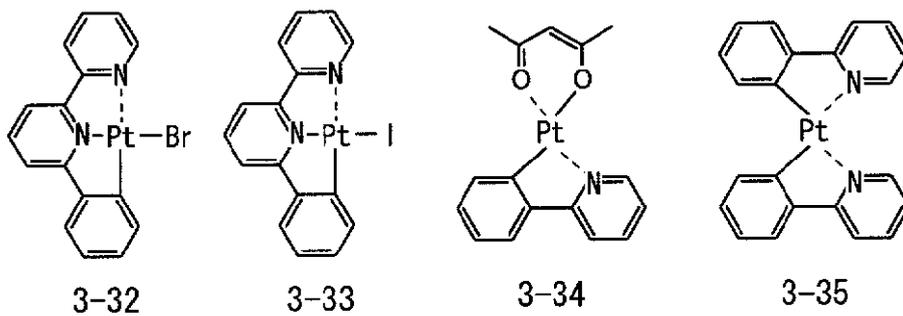
10



20



30



40

## 【0052】

発光層は、まず、発光層溶液を調整した後、スピンコート法、もしくはインクジェット法などのウェットプロセスにより、前記発光層溶液を前記正孔注入層の上に塗布、乾燥さ

50

せて形成する。

【0053】

より具体的には、たとえば、スピンコーターの所定の位置に、正孔注入層30を形成した基板10をセットし、前記発光層溶液を滴下した後、所定の速度で回転させて塗布する。回転を止め、前記スピンコーターから取り出した前記基板10を、70としたチャンパーに導入し、1時間保持する。この乾燥工程により、前記有機溶媒を除去し、所定の膜厚の発光層40を形成する。

【0054】

発光層溶液の調整は、以下のように行う。前記第一ホスト化合物と、前記第二ホスト化合物と所定量測り取る。前記第一ホスト化合物と前記第二ホスト化合物の総量をホスト化合物の総量とする。次に、前記ゲスト化合物を所定量測り取り、ホスト化合物に加える。最後に、所定量の溶媒を入れて溶解させ、発光層用溶液を調整する。発光層中における前記ホスト化合物に対するゲスト化合物の割合は、前記ホスト化合物の総量に対するゲスト化合物の量の割合となる。

10

【0055】

発光層中における前記ホスト化合物と前記ゲスト化合物との質量比（ゲスト化合物/ホスト化合物）は、0.1/99.9~50/50であることが好ましい。

【0056】

前記質量比（ゲスト化合物/ホスト化合物）が0.1/99.9より小さい場合は、ゲスト化合物の数が十分でないので、電子と正孔が再結合して励起エネルギーが多く生成されたとしても、すべての励起子がゲスト化合物にエネルギー移動することができなくなり、発光効率を向上させることができなくなる。

20

また、前記質量比（ゲスト化合物/ホスト化合物）が50/50より大きい場合は、電子と正孔とを再結合させて生成した励起エネルギーを、ゲスト化合物にエネルギー移動させ、ゲスト化合物を三重項状態に励起しても、濃度消光の効果により、発光せずにエネルギー失活させてしまうので、好ましくない。

【0057】

前記発光層中における前記第一ホスト化合物と前記第二ホスト化合物との質量比（第一ホスト化合物/第二ホスト化合物）が、10/90~90/10であることが好ましい。30質量比以上70質量比未満であることがより好ましい。

30

【0058】

前記質量比（第一ホスト化合物/第二ホスト化合物）が10/90より小さい場合は、正孔輸送材料の比率の低下により分子間距離が大きくなりすぎて、発光層全体の正孔輸送性が低下し、発光効率を向上させることができなくなる。また、前記質量比（第一ホスト化合物/第二ホスト化合物）が、90/10より大きい場合は、第二ホスト材料の比率の低下により、第一ホストから第二ホストへのエネルギー移動が効率的に起こらなくなるため、好ましくない。

【0059】

（正孔阻止層）

次に、発光層40を形成した前記基板10を、真空蒸着器のチャンパー内の所定の位置にセットし、前記チャンパー内を減圧状態とする。所定の減圧状態となった後、正孔阻止層50の材料を入れた坩堝を加熱し、蒸着することにより、前記発光層40の上に正孔阻止層50を形成する。

40

【0060】

前記正孔阻止層50としては、発光層40内部をホッピング移動してきた正孔を阻止することができる有機薄膜が好ましい。たとえば、発光層40の基底状態のエネルギー準位と、正孔阻止層50の基底状態のエネルギー準位とを比較して、正孔阻止層50の基底状態のエネルギー準位が発光層40の基底状態のエネルギー準位よりも高く、かつそのエネルギーギャップが大きい材料であれば、正孔阻止層50として使用することができる。このエネルギーギャップのために、移動してきた正孔が正孔阻止層50の中への浸入を防ぐ

50

ことができるためである。正孔阻止層 50 の中への浸入を阻止された正孔は、発光層 40 内部に滞留し、励起子の生成に寄与する。

【0061】

前記正孔阻止層 50 として用いることができる有機材料は、前記条件を満足する一般的な電子輸送材を用いることができる。たとえば、2, 2', 2'' - (1, 3, 5 - ペンゼントリイル) - トリス [1 - フェニル - 1H - ベンズイミダゾール] (以下、TPBI) などを用いることができる。

【0062】

前記正孔阻止層 50 の膜厚は、1 nm ~ 5 μm とすることが好ましく、10 nm ~ 1 μm がより好ましく、20 nm ~ 200 nm がさらに好ましい。

前記正孔阻止層 50 の膜厚が 1 nm 未満の場合には、前記正孔阻止層 50 は、アイランド構造となり、層としての形を成さないため、有機 EL 素子として機能させることができなくなる。逆に、前記正孔阻止層 50 の膜厚が 5 μm 超の場合には、膜厚が厚いため、発光に必要な電圧が高くなりすぎ、発光効率が低下する。さらに、短絡し、素子破壊を生ずる場合がある。

【0063】

(電子輸送層)

次に、正孔阻止層 50 を形成した前記基板 10 の、真空装置のチャンバー内の位置はそのままの状態にして、減圧条件下のもと、引き続き電子輸送層 60 の材料を入れた坩堝を加熱、蒸着することにより、前記正孔阻止層 50 の上に、電子輸送層 60 を形成する。

【0064】

前記電子輸送層 60 は、電子輸送能が高い有機材料であり、電界を印加しても破壊されること無く、薄膜として安定に存在することのできる材料が好ましい。前記正孔阻止層 40 としても用いることができる有機材料を、適宜選択して用いることができる。

たとえば、前記電子輸送層 60 の材料として、トリス - (8 - ヒドロキシキノリン) - アルミニウム (以下、Alq<sub>3</sub>) を挙げることができる。

【0065】

前記電子輸送層 60 の膜厚は、1 nm ~ 5 μm とすることが好ましく、10 nm ~ 1 μm がより好ましく、20 nm ~ 200 nm がさらに好ましい。

前記電子輸送層 60 の膜厚が 1 nm 未満の場合には、前記電子輸送層 60 は、アイランド構造となり、層としての形を成さないため、有機 EL 素子として機能させることができなくなる。逆に、前記電子輸送層 60 の膜厚が 5 μm 超の場合には、膜厚が厚いため、発光に必要な電圧が高くなりすぎ、発光効率が低下する。さらに、短絡し、素子破壊を生ずる場合がある。

【0066】

(陰極)

前記陰極 70 は、仕事関数の低い金属を用いることが好ましい。前記仕事関数は、少なくとも 4.5 eV 以下であることが好ましい。仕事関数の低い金属を用いることにより、陰極 70 と電子輸送層 60 との間の電子注入障壁を低くすることができ、陰極 70 から電子輸送層 60 へ電子を注入させやすくすることができるためである。仕事関数の低い金属としては、たとえば、Li、Cs などのアルカリ金属、Ca、Ba、Mg などのアルカリ土類金属を例示することができる。

【0067】

しかしながら、前記仕事関数の低い金属は、空気中の酸素や水分などと反応しやすいので、MgAg などの合金、あるいは LiF、LiO<sub>2</sub>、CsF などの前記金属を含む化合物などとして形成することが好ましい。あるいは、前記アルカリ金属、アルカリ土類金属の上に、Al もしくは Au などの仕事関数の高い金属を積層して形成することが望ましい。

【0068】

(ガラス封止管)

10

20

30

40

50

前記ガラス封止管 80 を、UV 硬化樹脂 90 を用いて、基板 10 に接着することにより、有機 EL 素子のデバイス部分は、外界から遮断され、空気、水分等からの影響が少なくすることができ、有機 EL 素子としての耐久性、素子寿命を大きく改善することができる。

なお、ガラス封止を行う際、ガラス封止管 80 内部の空気を窒素ガスで置換し、さらにガラス封止管 80 内部に乾燥剤を導入することにより、前記効果を強めることができる。

#### 【0069】

本発明の実施形態では、正孔注入層 30 から電子輸送層 60 までの各層を構成する有機薄膜層 100 の形成に、真空蒸着法によるドライプロセスとスピコート法によるウェットプロセスを用いて製造したが、前記有機薄膜層 100 の全層を単一のプロセスを用いて形成することもできる。

前記ウェットプロセスによる有機薄膜層 100 の形成方法としては、スピコート法以外に、インクジェット法、印刷法などを用いることができる。

大画面、高精細のディスプレイを有機 EL 素子により形成する場合には、特性面、製造面から、前記ウェットプロセスを用いて、有機薄膜層 100 を形成することが好ましい。

#### 【0070】

前記発光層 40 には、さらに別の前記有機材料を添加することも可能であり、添加することができる有機材料の数に制限はない。

以下、本発明の実施形態の効果について説明する。

#### 【0071】

本発明の実施形態である有機 EL 素子は、発光層を構成する 3 成分以上の材料が、正孔輸送材料からなる第一ホスト化合物と、燐光性の金属錯体からなる第二ホスト化合物と、燐光性の発光材料からなるゲスト化合物とから構成されているので、電子、正孔および電子および正孔の再結合により生成される励起子を発光層内に蓄積することができる。また、生じた励起子をゲスト化合物の三重項エネルギー準位に保持させることができる。その結果、有機 EL 素子の発光効率を向上させることができる。

#### 【0072】

本発明の実施形態である有機 EL 素子は、第一ホスト化合物の三重項エネルギー準位がゲスト化合物の三重項エネルギー準位よりも高く、かつ第二ホスト化合物の三重項エネルギー準位がゲスト化合物の三重項エネルギー準位よりも高いので、励起エネルギーをホスト化合物からゲスト化合物へ効率的に遷移させることができる。その結果、有機 EL 素子の発光効率を向上させることができる。

#### 【0073】

本発明の実施形態である有機 EL 素子は、第一ホスト化合物の三重項エネルギー準位が、第二ホスト化合物の三重項エネルギー準位と同じあるいは第二ホスト化合物の三重項エネルギー準位よりも高いので、励起エネルギーを第一ホスト化合物の三重項エネルギー準位から第二ホスト化合物の三重項エネルギー準位へ効率的に遷移させることができる。その結果、有機 EL 素子の発光効率を向上させることができる。

#### 【0074】

本発明の実施形態である有機 EL 素子は、第一ホスト化合物が、正孔輸送能に優れたトリフェニルアミン骨格を有するので、発光層内に多くの正孔を蓄積することができる。その結果、有機 EL 素子の発光効率を向上させることができる。

#### 【0075】

本発明の実施形態である有機 EL 素子は、第二ホスト化合物が、励起子を三重項エネルギー準位に安定的に保持することができるイリジウム錯体であるので、発光層内の第二ホスト化合物の三重項エネルギー準位に励起子を蓄積することができる。その結果、有機 EL 素子の発光効率を向上させることができる。

#### 【0076】

本発明の実施形態である有機 EL 素子は、前記ゲスト化合物が、励起子を三重項エネルギー準位に安定的に保持することができる、白金あるいはイリジウム原子を有する燐光性

10

20

30

40

50

の発光材料であるので、発光層内のゲスト化合物の三重項エネルギー準位に励起子を蓄積することができる。その結果、有機EL素子の発光効率を向上させることができる。

【0077】

本発明の実施形態である有機EL素子は、発光層中におけるゲスト化合物の割合が、0.01質量%～50質量%であるので、濃度消光させることなく、安定的に、ゲスト化合物の三重項エネルギー準位から燐光発光させることができ、有機EL素子の発光効率を向上させることができる。

【0078】

本発明の実施形態である有機EL素子は、第一ホスト化合物と第二ホスト化合物との質量比が、10/90～90/10の範囲にあるので、第一ホスト化合物で生成した励起子を第二ホスト化合物の三重項エネルギー準位に遷移し、安定的に保持させることができる。その結果、有機EL素子の発光効率を向上させることができる。

10

【0079】

本発明の実施形態である有機EL素子は、発光層などの有機薄膜層をウエットプロセスにより成膜することができるので、大型の有機ELディスプレイの製造においても、ドライプロセスで必要となる大型の真空チャンバーなどを必要とせず、その製造を簡易にすることができる。

以下、本発明を実施例に基づいて具体的に説明する。しかし、本発明はこれらの実施例にのみ限定されるものではない。

【実施例】

20

【0080】

(実施例1)  
(素子作成)

まず、ガラス基板上にITOからなる陽極を形成した。

【0081】

(正孔注入層形成)

次に、前記陽極上に、PEDOT/PSSを含む正孔注入層用溶液をスピンコート法により膜厚35nmの正孔注入層を成膜し、180℃にて乾燥した。

なお、PEDOTはポリ(3,4-エチレンジオキシチオフェン)を示し、PSSはポリスルホスチレンを示す(以下、同じ)。

30

【0082】

(発光層形成)

まず、第一ホスト化合物として正孔輸送材料であり、式(1-11)に示す化合物である4,4'-ビス[N-(1-ナフチル)-フェニル-アミノ]-ビフェニル(以下、NPD)を50質量部、第二ホスト化合物として式(2-7)に示す化合物である(ビス(2-フェニルピリジナト-N,C<sup>2+</sup>'))イリジウム(III)2,4-トリデカンジオナート)を50質量部、ゲスト化合物として式(3-14)に示す化合物であるトリス(1-フェニルイソキノリノラト-C<sup>2+</sup>,N)イリジウム(III)を3質量部測り取り、1,2-ジクロロエタン溶液に溶解させ、発光層用溶液を調整した。

次に、前記正孔注入層の上に、スピンコート法により前記発光層溶液を塗布し、発光層を成膜し、70℃、1時間の条件で乾燥した。膜厚50nmの前記3成分からなる発光層を形成した。

40

【0083】

(正孔阻止層形成)

次に、前記発光層の上に、膜厚10nmのTPBIからなる正孔阻止層を、真空蒸着法により形成した。

【0084】

(電子輸送層形成)

さらに、前記正孔阻止層の上に、膜厚30nmのAlq<sub>3</sub>からなる電子輸送層を、真空蒸着法により形成した。

50

## 【0085】

最後に、前記電子輸送層上に、真空蒸着法を用いて、膜厚0.5nmのフッ化リチウム膜層、膜厚100nmのアルミニウムからなる陰極7を、真空蒸着法により連続して蒸着した。

陰極の成膜後、窒素ガスで満たされたグローブボックス内に前記有機EL素子を移し、封止用ガラスに紫外線硬化樹脂を用いて前記素子に接着し、封止を行った。

## 【0086】

得られた素子の発光特性の測定を行った。

前記有機EL素子のITO陽極側に正、アルミニウム陰極側に負となる電圧を印加して、電流、輝度、発光スペクトル特性を測定した。

10

## 【0087】

電圧印加時に、発光ピークが617nmとなる赤色発光が得られた。発光スペクトルから、ゲスト化合物からの発光であることを確認した。520nm付近に第二ホスト化合物からの微弱な発光成分も観測できた。輝度100cd/m<sup>2</sup>におけるCIE色度座標は(0.64、0.35)であった。輝度100cd/m<sup>2</sup>における外部発光量子効率率は5.8%であり、電力効率は4.1lm/Wであった。

実施例1の実験条件および実験結果について、表1、2に示す。

## 【0088】

## 【表1】

	第一ホスト	第二ホスト	ゲスト	混合比率 (質量部)	外部 量子効率 (%)	電力効率 (lm/W)	CIE色度 (x, y)	発光 最大波長 (nm)
実施例1	$\alpha$ -NPD	式(2-7)	式(3-14)	50:50:3	5.8	4.1	0.64,0.35	617
実施例2	TAPC	式(2-7)	式(3-14)	50:50:3	4.9	2.8	0.61,0.38	618
実施例3	TCTA	式(2-7)	式(3-14)	50:50:3	4.8	2.5	0.63,0.36	624
比較例1	$\alpha$ -NPD	なし	式(3-14)	100:0:3	3.7	2.7	0.66,0.33	616
比較例2	TAPC	なし	式(3-14)	100:0:3	2.1	0.91	0.64,0.33	619
比較例3	TCTA	なし	式(3-14)	100:0:3	-	-	-	-
比較例4	$\alpha$ -NPD	Flrpic	式(3-14)	50:50:3	3.4	1.3	0.68,0.32	622
比較例5	$\alpha$ -NPD	式(2-7)	Flrpic	50:50:3	1.8	3.5	0.33,0.63	524

20

## 【0089】

なお、表2に示すように、 $\alpha$ -NPD、式(2-7)に示す化合物および式(3-14)に示す化合物の三重項エネルギー準位はそれぞれ、2.3eV、2.3eV、および1.9eVであった。

30

なお、比較例4においては、第一ホストよりも三重項エネルギーの高い材料としてイリジウム(III)ビス[(4,6-ジフルオロフェニル)ピリジナト-N, C<sup>2'</sup>]ピコリネート(以下、Flrpicとする)を用いた。

また、比較例5において、赤色発光ゲスト材料である式(3-14)に示す化合物よりも三重項エネルギーの低い適当な第二ホストが無い場合、ゲスト材料として、より三重項エネルギーの高い青色発光ゲスト材料であるFlrpicを用い、ゲストよりも三重項エネルギーの低い第二ホストとして式(2-7)に示す化合物を用いた。

## 【0090】

## 【表2】

	三重項エネルギー (eV)
$\alpha$ -NPD	2.3
式(2-7)	2.3
式(3-14)	1.9
TAPC	2.9
TCTA	2.9
Flrpic	2.6

40

## 【0091】

50

## (比較例 1)

第二ホスト化合物を用いず、第一ホスト化合物の割合を100質量部とし、実施例1と同じゲスト化合物を3質量部とし、これらを1、2-ジクロロエタン溶液に溶解させ、発光層用溶液を調整して、発光層を形成したこと以外は、実施例1と同様にして、有機EL素子を作製した。

## 【0092】

発光ピークが616nmとなる赤色発光が得られた。発光スペクトルから、ゲスト化合物からの発光であることを確認した。輝度 $100\text{cd/m}^2$ におけるCIE色度座標は(0.66、0.33)であった。輝度 $100\text{cd/m}^2$ における外部発光量子効率 $\eta_{\text{ext}}$ は3.7%であり、電力効率は $2.7\text{lm/W}$ であった。

10

比較例1の実験条件および実験結果について、表1、2に合わせて示す。

## 【0093】

## (実施例 2)

第一ホスト化合物として、 $\text{C}_{10}\text{H}_8\text{N}_2$ の代わりに式(1-21)に示す化合物である1,1'-ビス(ジ-4-トルイルアミノフェニル)シクロヘキサン(以下、TAPC)を用いたほかは実施例1と同様にして、有機EL素子を作製した。

## 【0094】

発光ピークが618nmとなる赤色発光が得られた。発光スペクトルから、ゲスト化合物からの発光であることを確認した。520nm付近に第二ホスト化合物からの微弱な発光成分も観測できた。輝度 $100\text{cd/m}^2$ におけるCIE色度座標は(0.61、0.38)であった。輝度 $100\text{cd/m}^2$ における外部発光量子効率 $\eta_{\text{ext}}$ は4.9%であり、電力効率は $2.8\text{lm/W}$ であった。

20

実施例2の実験条件および実験結果について、表1、2に合わせて示す。

## 【0095】

## (比較例 2)

第二ホスト化合物を用いず、第一ホスト化合物の割合を100質量部とし、実施例1と同じゲスト化合物を3質量部とし、これらを1、2-ジクロロエタン溶液に溶解させ、発光層用溶液を調整して、発光層を形成したこと以外は、実施例2と同様にして、有機EL素子を作製した。

## 【0096】

発光ピークが619nmとなる赤色発光が得られた。発光スペクトルから、ゲスト化合物からの発光であることを確認した。輝度 $100\text{cd/m}^2$ におけるCIE色度座標は(0.64、0.33)であった。輝度 $100\text{cd/m}^2$ における外部発光量子効率 $\eta_{\text{ext}}$ は2.1%であり、電力効率は $0.9\text{lm/W}$ であった。

30

比較例2の実験条件および実験結果について、表1、2に合わせて示す。

## 【0097】

## (実施例 3)

第一ホスト化合物として、 $\text{C}_{10}\text{H}_8\text{N}_2$ の代わりに式(1-35)に示す化合物である4,4',4''-トリ(N-カルバゾリル)トリフェニルアミン(以下、TCCTA)を用いたほかは実施例1と同様にして、有機EL素子を作製した。

40

## 【0098】

発光ピークが624nmとなる赤色発光が得られた。発光スペクトルから、ゲスト化合物からの発光であることを確認した。520nm付近に第二ホスト化合物からの微弱な発光成分も観測できた。輝度 $100\text{cd/m}^2$ におけるCIE色度座標は(0.63、0.36)であった。輝度 $100\text{cd/m}^2$ における外部発光量子効率 $\eta_{\text{ext}}$ は4.8%であり、電力効率は $2.5\text{lm/W}$ であった。

## 【0099】

## (比較例 3)

第二ホスト化合物を用いず、第一ホスト化合物の割合を100質量部とし、実施例1と同じゲスト化合物を3質量部とし、これらを1、2-ジクロロエタン溶液に溶解させ、発

50

光層用溶液を調整して、発光層を形成したこと以外は、実施例 3 と同様にして、有機 EL 素子を作製した。

【0100】

発光層をスピンコート法により成膜した際、発光層が直ちに結晶化し、均質な膜が得られず、有機 EL 素子を作製することができなかった。

比較例 3 の実験条件および実験結果について、表 1、2 に合わせて示す。

【0101】

(比較例 4)

第二ホスト化合物として、式(2-7)で表される化合物の代わりに、-NPD よりも大きな三重項エネルギーを有する燐光材料である Firpic を用いたほかは実施例 1 と同様にして、有機 EL 素子を作製した。

10

【0102】

発光ピークが 622 nm となる赤色発光が得られた。発光スペクトルから、ゲスト化合物からの発光であることを確認した。輝度 100 cd/m<sup>2</sup> における CIE 色度座標は (0.68, 0.32) であった。輝度 100 cd/m<sup>2</sup> における外部発光量子効率 は 3.4% であり、電力効率は 1.3 lm/W であった。

比較例 4 の実験条件および実験結果について、表 1、2 に合わせて示す。

【0103】

(比較例 5)

ゲスト化合物として、Firpic を用いたほかは実施例 1 と同様にして、有機 EL 素子を作製した。

20

【0104】

ゲスト化合物の三重項エネルギーが、第一ホスト化合物および第二ホスト化合物の三重項エネルギーよりも大きいため、ゲスト化合物に三重項エネルギーを移動させることができなくなり、ゲスト化合物からの赤色発光ではなく、第二ホスト化合物に由来する発光ピークが 524 nm となる緑色発光が得られた。輝度 100 cd/m<sup>2</sup> における外部発光量子効率は 1.8% であり、電力効率は 3.5 lm/W であった。電力効率が他の素子に比較して高く見えるが、発光色が、より視感度の高い緑色であるためである。

比較例 5 の実験条件および実験結果について、表 1、2 に合わせて示す。

【産業上の利用可能性】

30

【0105】

本発明は、高効率な燐光を発する有機 EL 素子に関するものであり、表示素子、ディスプレイ、バックライト、電子写真、照明光源、露光光源、標識、看板、インテリアの分野に好適に使用できる発光素子、照明機器、ディスプレイ産業において利用可能性がある。

【図面の簡単な説明】

【0106】

【図 1】本発明の実施形態である有機 EL 素子の一例を説明する断面模式図である。

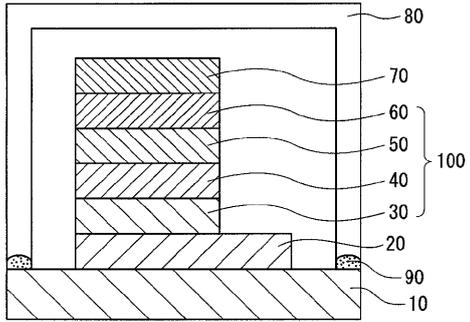
【符号の説明】

【0107】

10...基板、20...陽極、30...正孔注入層、40...発光層、50...正孔阻止層、60...電子輸送層、70...陰極、80...ガラス封止管、90...紫外線硬化樹脂、100...有機薄膜層。

40

【 図 1 】



---

フロントページの続き

(72)発明者 松嶋 義正

神奈川県平塚市西八幡一丁目4番11号 高砂香料工業株式会社内

Fターム(参考) 3K107 AA01 BB01 BB02 BB03 BB04 BB06 CC04 CC21 CC45 DD53  
DD59 DD64 DD67 DD68 DD69 FF14 FF20 GG06  
4C204 BB05 BB09 CB25 DB40 EB01 FB16 GB01  
4H050 AA03 AB92 WB11 WB13 WB21