

(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2017-123352

(P2017-123352A)

(43) 公開日 平成29年7月13日(2017.7.13)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
H01L 51/50 (2006.01)	H05B 33/14	B 3K107
C07C 13/62 (2006.01)	H05B 33/22	A 4H006
C07C 15/28 (2006.01)	H05B 33/22	C
C07C 255/50 (2006.01)	C07C 13/62	
C09K 11/06 (2006.01)	C07C 15/28	

審査請求 未請求 請求項の数 25 O L (全 57 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2014-72905 (P2014-72905)
 (22) 出願日 平成26年3月31日 (2014. 3. 31)

(71) 出願人 000183646
 出光興産株式会社
 東京都千代田区丸の内3丁目1番1号
 (74) 代理人 110000637
 特許業務法人樹之下知的財産事務所
 (72) 発明者 西村 和樹
 千葉県袖ヶ浦市上泉1280番地
 (72) 発明者 齊藤 博之
 千葉県袖ヶ浦市上泉1280番地
 Fターム(参考) 3K107 AA01 BB01 BB02 CC21 DD53
 DD59 DD66 FF19 FF20
 4H006 AA03 AB92

(54) 【発明の名称】 有機エレクトロルミネッセンス素子および電子機器

(57) 【要約】

【課題】長寿命で発光させることのできる有機エレクトロルミネッセンス素子、並びに当該有機エレクトロルミネッセンス素子を備える電子機器を提供すること。

【解決手段】陽極と、陰極と、発光層と、を含み、前記発光層は、第一の化合物と、第二の化合物と、第三の化合物と、を含み、第一の化合物の一重項エネルギー $S(M1)$ と、第二の化合物の一重項エネルギー $S(M2)$ とが、下記数式(数1)の関係を満たし、第一の化合物の電子親和力 $Af(M1)$ と、第二の化合物の電子親和力 $Af(M2)$ とが、下記数式(数2)の関係を満たし、第一の化合物の三重項エネルギー $T(M1)$ が、下記数式(数3)の関係を満たす有機エレクトロルミネッセンス素子。

$$S(M2) \leq S(M1) \times 0.95 \quad \dots (数1)$$

$$Af(M2) - Af(M1) \geq 0.2 \text{ eV} \quad \dots (数2)$$

$$T(M1) \geq 2.0 \text{ eV} \quad \dots (数3)$$

【選択図】なし

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

陽極と、陰極と、発光層と、を含み、

前記発光層は、第一の化合物と、第二の化合物と、第三の化合物と、を含み、

前記第一の化合物の一重項エネルギー $S(M1)$ と、前記第二の化合物の一重項エネルギー $S(M2)$ とが、下記数式(数 1) の関係を満たし、

前記第一の化合物の電子親和力 $Af(M1)$ と、前記第二の化合物の電子親和力 $Af(M2)$ とが、下記数式(数 2) の関係を満たし、

前記第一の化合物の三重項エネルギー $T(M1)$ が、下記数式(数 3) の関係を満たす有機エレクトロルミネッセンス素子。

$$S(M2) - S(M1) < 0.95 \text{ eV} \quad \dots \text{ (数 1)}$$

$$Af(M2) - Af(M1) > 0.2 \text{ eV} \quad \dots \text{ (数 2)}$$

$$T(M1) > 2.0 \text{ eV} \quad \dots \text{ (数 3)}$$

10

【請求項 2】

請求項 1 に記載の有機エレクトロルミネッセンス素子において、前記第一の化合物の一重項エネルギー $S(M1)$ と、前記第二の化合物の一重項エネルギー $S(M2)$ とが、下記数式(数 4) の関係を満たす有機エレクトロルミネッセンス素子。

$$S(M2) > S(M1) \quad \dots \text{ (数 4)}$$

【請求項 3】

請求項 1 または請求項 2 に記載の有機エレクトロルミネッセンス素子において、前記第二の化合物の一重項エネルギー $S(M2)$ が、下記数式(数 5) の関係を満たす有機エレクトロルミネッセンス素子。

$$S(M2) > 3.0 \text{ eV} \quad \dots \text{ (数 5)}$$

20

【請求項 4】

請求項 1 から請求項 3 のいずれか一項に記載の有機エレクトロルミネッセンス素子において、前記第一の化合物の電子親和力 $Af(M1)$ と、前記第二の化合物の電子親和力 $Af(M2)$ とが、下記数式(数 6) の関係を満たす有機エレクトロルミネッセンス素子。

$$Af(M2) - Af(M1) > 0.2 \text{ eV} \quad \dots \text{ (数 6)}$$

【請求項 5】

請求項 1 から請求項 4 のいずれか一項に記載の有機エレクトロルミネッセンス素子において、前記第三の化合物のイオン化ポテンシャル $Ip(M3)$ と、前記第一の化合物のイオン化ポテンシャル $Ip(M1)$ とが、下記数式(数 10) の関係を満たす有機エレクトロルミネッセンス素子。

$$Ip(M1) - Ip(M3) > 0.2 \text{ eV} \quad \dots \text{ (数 10)}$$

30

【請求項 6】

請求項 1 から請求項 5 のいずれか一項に記載の有機エレクトロルミネッセンス素子において、前記第三の化合物の一重項エネルギー $S(M3)$ と、前記第一の化合物の一重項エネルギー $S(M1)$ とが、下記数式(数 12) の関係を満たす有機エレクトロルミネッセンス素子。

$$S(M1) > S(M3) \quad \dots \text{ (数 12)}$$

40

【請求項 7】

請求項 1 から請求項 6 のいずれか一項に記載の有機エレクトロルミネッセンス素子において、前記第一の化合物の三重項エネルギー $T(M1)$ と、前記第二の化合物の三重項エネルギー $T(M2)$ とが、下記数式(数 7) の関係を満たす有機エレクトロルミネッセンス素子。

$$T(M1) < T(M2) \quad \dots \text{ (数 7)}$$

【請求項 8】

請求項 7 に記載の有機エレクトロルミネッセンス素子において、

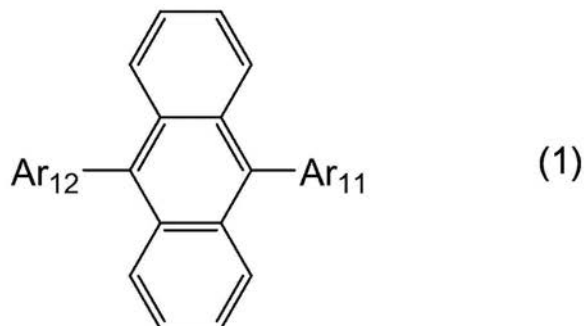
前記第三の化合物は、蛍光発光性材料である有機エレクトロルミネッセンス素子。

【請求項 9】

50

請求項 1 から請求項 8 のいずれか一項に記載の有機エレクトロルミネッセンス素子において、前記第一の化合物は、下記一般式 (1) で表される有機エレクトロルミネッセンス素子。

【化 1】



10

(前記一般式 (1) において、 Ar_{11} および Ar_{12} は、それぞれ独立に、置換もしくは無置換の環形成炭素数 6 ~ 30 の芳香族炭化水素基、または置換もしくは無置換の環形成原子数 5 ~ 30 の複素環基である。)

【請求項 10】

請求項 9 に記載の有機エレクトロルミネッセンス素子において、前記 Ar_{11} および前記 Ar_{12} が、それぞれ独立に、置換もしくは無置換のフェニル基である有機エレクトロルミネッセンス素子。

20

【請求項 11】

請求項 9 に記載の有機エレクトロルミネッセンス素子において、前記 Ar_{11} は、置換もしくは無置換のナフチル基であり、前記 Ar_{12} は、置換もしくは無置換のフェニル基である有機エレクトロルミネッセンス素子。

【請求項 12】

請求項 9 に記載の有機エレクトロルミネッセンス素子において、

前記 Ar_{11} は、置換もしくは無置換のフェナントリル基、置換もしくは無置換のベンゾアントリル基、9, 9 - ジメチルフルオレニル基、9, 9 - ジフェニルフルオレニル基、置換もしくは無置換のジベンゾフラニル基、置換もしくは無置換のジベンゾチオフェニル基、置換もしくは無置換のナフトベンゾフラニル基、置換もしくは無置換のナフトベンゾチオフェニル基、および置換もしくは無置換のナフトベンゾフルオレニル基からなる群から選択されるいずれかの基であり、

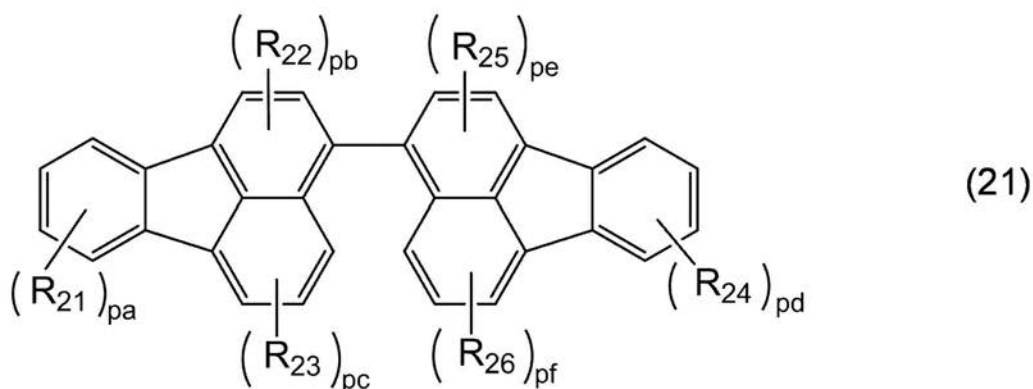
30

前記 Ar_{12} は、置換もしくは無置換のフェニル基、または置換もしくは無置換のナフチル基である有機エレクトロルミネッセンス素子。

【請求項 13】

請求項 1 から請求項 12 のいずれか一項に記載の有機エレクトロルミネッセンス素子において、前記第二の化合物は、下記一般式 (21) で表される有機エレクトロルミネッセンス素子。

【化 2】



40

50

(前記一般式(21)において、

$R_{21} \sim R_{26}$ は、それぞれ独立に、水素原子、または置換基であり、 $R_{21} \sim R_{26}$ が置換基である場合の置換基としては、

ハロゲン原子、

ヒドロキシル基、

シアノ基、

置換もしくは無置換の炭素数1～30のアルキル基、

置換もしくは無置換の炭素数1～30のアルコキシ基、

置換もしくは無置換の環形成炭素数6～30のアリールオキシ基、

置換もしくは無置換の炭素数1～30のアルキルチオ基、

置換もしくは無置換の環形成炭素数6～30のアリールチオ基、

- Si(R_{221})₃ で表されるシリル基、

- N(R_{222})₂ で表されるアミノ基、

置換もしくは無置換の環形成炭素数6～30の芳香族炭化水素基、および

置換もしくは無置換の環形成原子数5～30の複素環基からなる群から選択される置換基であり、

R_{221} は、それぞれ独立に、水素原子または置換基であり、 R_{221} が置換基である場合の置換基としては、置換もしくは無置換の炭素数1～30のアルキル基、または置換もしくは無置換の環形成炭素数6～30の芳香族炭化水素基であり、

複数の R_{221} は、互いに同一でも異なっていてもよく、

R_{222} は、それぞれ独立に、水素原子または置換基であり、 R_{222} が置換基である場合の置換基としては、置換もしくは無置換の炭素数1～30のアルキル基、または置換もしくは無置換の環形成炭素数6～30の芳香族炭化水素基であり、

複数の R_{222} は、互いに同一でも異なっていてもよく、

p_a は、4であり、複数の R_{21} は、互いに同一でも異なっていてもよく、

p_b は、2であり、複数の R_{22} は、互いに同一でも異なっていてもよく、

p_c は、3であり、複数の R_{23} は、互いに同一でも異なっていてもよく、

p_d は、4であり、複数の R_{24} は、互いに同一でも異なっていてもよく、

p_e は、2であり、複数の R_{25} は、互いに同一でも異なっていてもよく、

p_f は、3であり、複数の R_{26} は、互いに同一でも異なっていてもよく、

$R_{21} \sim R_{26}$ は、それぞれ芳香環の炭素原子に結合している。))

【請求項14】

請求項13に記載の有機エレクトロルミネッセンス素子において、前記 $R_{21} \sim R_{26}$ は、水素原子である有機エレクトロルミネッセンス素子。

【請求項15】

請求項1から請求項12のいずれか一項に記載の有機エレクトロルミネッセンス素子において、前記第二の化合物は、下記一般式(22)で表される有機エレクトロルミネッセンス素子。

【化3】



(前記一般式(22)において、

Ar_{21} は、置換もしくは無置換の環形成炭素数10～30の縮合芳香族炭化水素基であり、

L_2 は、単結合、または連結基であり、

L_2 における連結基としては、

置換もしくは無置換の環形成炭素数6～30の芳香族炭化水素基、または

置換もしくは無置換の環形成原子数5～30の複素環基であり、

q_x は、1以上3以下の整数であり、複数の L_2 は、互いに同一でも異なっていてもよ

10

20

30

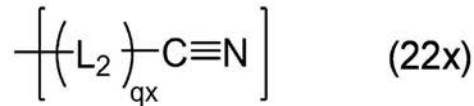
40

50

く、

q a は、1 以上 4 以下の整数であり、A r_{2 1} に結合する下記一般式 (2 2 x) で表される複数の基は、互いに同一でも異なってもよい。

【化 4】



【請求項 1 6】

請求項 1 5 に記載の有機エレクトロルミネッセンス素子において、前記 A r_{2 1} における置換もしくは無置換の環形成炭素数 1 0 ~ 3 0 の縮合芳香族炭化水素基は、ナフタレン、アントラセン、フェナントレン、フルオレン、ピレン、クリセン、フルオランテン、ベンゾ [a] アントラセン、ベンゾ [c] フェナントレン、トリフェニレン、ベンゾ [g] クリセン、ベンゾ [b] トリフェニレン、ピセン、およびペリレンからなる群から選択される縮合芳香族炭化水素から誘導される基である有機エレクトロルミネッセンス素子。

10

【請求項 1 7】

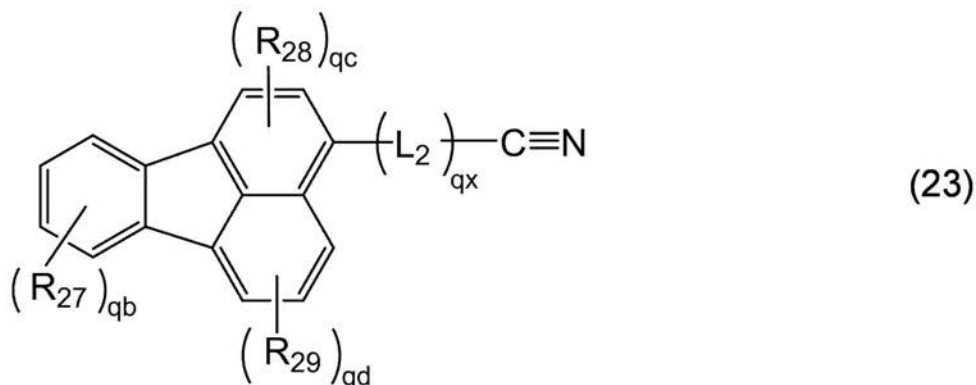
請求項 1 5 に記載の有機エレクトロルミネッセンス素子において、前記 A r_{2 1} における置換もしくは無置換の環形成炭素数 1 0 ~ 3 0 の縮合芳香族炭化水素基は、フェナントレン、ピレン、クリセン、フルオランテン、トリフェニレン、およびベンゾ [g] クリセンからなる群から選択される縮合芳香族炭化水素から誘導される基である有機エレクトロルミネッセンス素子。

20

【請求項 1 8】

請求項 1 5 に記載の有機エレクトロルミネッセンス素子において、前記第二の化合物は、下記一般式 (2 3) で表される有機エレクトロルミネッセンス素子。

【化 5】



30

(前記一般式 (2 3) において、

L₂ は、前記一般式 (2 2) における L₂ と同義であり、

R_{2 7} ~ R_{2 9} は、それぞれ独立に、水素原子、または置換基であり、R_{2 7} ~ R_{2 9} が置換基である場合の置換基としては、

ハロゲン原子、

ヒドロキシル基、

シアノ基、

置換もしくは無置換の炭素数 1 ~ 3 0 のアルキル基、

置換もしくは無置換の炭素数 1 ~ 3 0 のアルコキシ基、

置換もしくは無置換の環形成炭素数 6 ~ 3 0 のアリーロキシ基、

置換もしくは無置換の炭素数 1 ~ 3 0 のアルキルチオ基、

置換もしくは無置換の環形成炭素数 6 ~ 3 0 のアリールチオ基、

- S i (R_{2 2 1})₃ で表されるシリル基、

- N (R_{2 2 2})₂ で表されるアミノ基、

置換もしくは無置換の環形成炭素数 6 ~ 3 0 の芳香族炭化水素基、および

置換もしくは無置換の環形成原子数 5 ~ 3 0 の複素環基からなる群から選択される置

40

50

換基であり、

R_{221} は、それぞれ独立に、水素原子または置換基であり、 R_{221} が置換基である場合の置換基としては、置換もしくは無置換の炭素数 1 ~ 30 のアルキル基、または置換もしくは無置換の環形成炭素数 6 ~ 30 の芳香族炭化水素基であり、

複数の R_{221} は、互いに同一でも異なってもよく、

R_{222} は、それぞれ独立に、水素原子または置換基であり、 R_{222} が置換基である場合の置換基としては、置換もしくは無置換の炭素数 1 ~ 30 のアルキル基、または置換もしくは無置換の環形成炭素数 6 ~ 30 の芳香族炭化水素基であり、

複数の R_{222} は、互いに同一でも異なってもよく、

q b は、4 であり、複数の R_{27} は、互いに同一でも異なってもよく、

q c は、2 であり、複数の R_{28} は、互いに同一でも異なってもよく、

q d は、3 であり、複数の R_{29} は、互いに同一でも異なってもよく、

q x は、1 以上 3 以下の整数であり、複数の L_2 は、互いに同一でも異なってもよく、 $R_{27} \sim R_{29}$ は、それぞれ芳香環の炭素原子に結合している。) 10

【請求項 19】

請求項 15 から請求項 18 のいずれか一項に記載の有機エレクトロルミネッセンス素子において、前記 L_2 は、連結基であり、前記 L_2 における連結基は、置換もしくは無置換の環形成炭素数 6 ~ 30 の芳香族炭化水素基である有機エレクトロルミネッセンス素子。

【請求項 20】

請求項 15 から請求項 18 のいずれか一項に記載の有機エレクトロルミネッセンス素子において、前記 q x は、2 または 3 であり、複数の前記 L_2 は、それぞれ独立に、置換もしくは無置換の環形成炭素数 6 ~ 30 の芳香族炭化水素基からなる群から選択される有機エレクトロルミネッセンス素子。 20

【請求項 21】

請求項 19 または請求項 20 に記載の有機エレクトロルミネッセンス素子において、前記 L_2 は、フェニレン基、ビフェニルジイル基またはナフチレン基である有機エレクトロルミネッセンス素子。

【請求項 22】

請求項 19 または請求項 20 に記載の有機エレクトロルミネッセンス素子において、前記 L_2 における連結基は、フェニレン基を含み、当該フェニレン基のメタ位またはパラ位に、シアノ基が結合している有機エレクトロルミネッセンス素子。 30

【請求項 23】

請求項 1 から請求項 22 のいずれか一項に記載の有機エレクトロルミネッセンス素子において、前記発光層と前記陰極との間に電子輸送層を有する有機エレクトロルミネッセンス素子。

【請求項 24】

請求項 1 から請求項 23 のいずれか一項に記載の有機エレクトロルミネッセンス素子において、前記発光層と前記陽極との間に正孔輸送層を有する有機エレクトロルミネッセンス素子。

【請求項 25】

請求項 1 から請求項 24 のいずれか一項に記載の有機エレクトロルミネッセンス素子を備える電子機器。 40

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、有機エレクトロルミネッセンス素子および電子機器に関する。

【背景技術】

【0002】

有機物質を使用した有機エレクトロルミネッセンス素子（以下、有機 EL 素子と略記する場合がある。）は、固体発光型の安価な大面積フルカラー表示素子としての用途が有望 50

視され、多くの開発が行われている。一般に有機EL素子は、発光層および該発光層を挟んだ一对の対向電極を備えている。両電極間に電界が印加されると、陰極側から電子が注入され、陽極側から正孔が注入される。さらに、この電子が発光層において正孔と再結合し、励起状態を生成し、励起状態が基底状態に戻る際にエネルギーを光として放出する。

【0003】

従来、発光層にホスト材料とドーパント材料を含有させ、励起はホスト材料、発光はドーパント材料と、それぞれ機能を分離させることで、素子性能を改善する技術が開発されている。

例えば、特許文献1～4には、有機発光層にホスト材料と、正孔トラップ性ドーパントと、電子トラップ性ドーパントとを共存させた有機電界発光素子が記載されている。特許文献1に記載の有機電界発光素子では、有機発光層に注入された正孔を正孔トラップ性ドーパントによって補足(トラップ)させるとともに、有機発光層に注入された電子を電子トラップ性ドーパントによって補足させている。

ところで、特許文献1～3に記載の有機電界発光素子において、正孔トラップ性ドーパントおよび電子トラップ性ドーパントは、どちらもホスト材料の一重項エネルギーよりも小さい一重項エネルギーを有している。すなわち、特許文献1～3に記載の有機電界発光素子は、正孔トラップ性ドーパント、および電子トラップ性ドーパントの両方を発光させていることになる。そのため、有機電界発光素子から放射される光は、それぞれのドーパントからの発光色が混ざっており、発光ピークの半値幅が広がっている。

また、特許文献4では、ホスト及び正孔トラップ性ドーパントは、どちらも電子トラップ性ドーパントよりも小さい一重項エネルギーを有している。すなわち、正孔トラップ性ドーパントに発光させていることとなる。また、ホストにはピレン誘導体を用いている。

近年、有機EL素子の実用化に向けて、さらなる長寿命化が求められている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献1】国際公開第2006/059512号

【特許文献2】韓国公開特許第10-2011-0053568号公報

【特許文献3】特開2013-135237号公報

【特許文献4】特開2008-294404号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

本発明の目的は、長寿命で発光させることのできる有機エレクトロルミネッセンス素子を提供すること、並びに当該有機エレクトロルミネッセンス素子を備える電子機器を提供することである。

【課題を解決するための手段】

【0006】

本発明の一態様によれば、陽極と、陰極と、発光層と、を含み、前記発光層は、第一の化合物と、第二の化合物と、第三の化合物と、を含み、前記第一の化合物の一重項エネルギー $S(M1)$ と、前記第二の化合物の一重項エネルギー $S(M2)$ とが、下記数式(数1)の関係を満たし、前記第一の化合物の電子親和力 $Af(M1)$ と、前記第二の化合物の電子親和力 $Af(M2)$ とが、下記数式(数2)の関係を満たし、前記第一の化合物の三重項エネルギー $T(M1)$ が、下記数式(数3)の関係を満たす有機エレクトロルミネッセンス素子が提供される。

【0007】

$$S(M2) - S(M1) \times 0.95 \quad \dots \text{(数1)}$$

$$Af(M2) - Af(M1) \geq 0.2 \text{ eV} \quad \dots \text{(数2)}$$

$$T(M1) \geq 2.0 \text{ eV} \quad \dots \text{(数3)}$$

【0008】

10

20

30

40

50

本発明の一態様によれば、前述の本発明の一態様に係る有機エレクトロルミネッセンス素子を備える電子機器が提供される。

【発明の効果】

【0009】

本発明一態様に係る有機エレクトロルミネッセンス素子によれば、長寿命で発光させることができる。また、本発明の一態様によれば、当該有機エレクトロルミネッセンス素子を備える電子機器が提供される。

【図面の簡単な説明】

【0010】

【図1】一実施形態に係る有機EL素子の概略構成を示す図である。

10

【発明を実施するための形態】

【0011】

〔第一実施形態〕

第一実施形態に係る有機EL素子は、陰極と、陽極と、陰極と陽極との間に配置された有機層とを有する。有機層は、一層または複数層で構成される。

また、本実施形態に係る有機EL素子において、有機層のうち少なくとも1層は、発光層である。そのため、有機層は、例えば、一層の発光層で構成されていてもよいし、正孔注入層、正孔輸送層、電子注入層、電子輸送層、正孔障壁層、電子障壁層等の公知の有機EL素子で採用される層を有していてもよい。有機層は、無機化合物を含んでいてもよい。

20

【0012】

有機EL素子の代表的な素子構成としては、例えば、次の(a)～(e)などの構成を挙げることができる。

(a) 陽極 / 発光層 / 陰極

(b) 陽極 / 正孔注入・輸送層 / 発光層 / 陰極

(c) 陽極 / 発光層 / 電子注入・輸送層 / 陰極

(d) 陽極 / 正孔注入・輸送層 / 発光層 / 電子注入・輸送層 / 陰極

(e) 陽極 / 正孔注入・輸送層 / 発光層 / 障壁層 / 電子注入・輸送層 / 陰極

上記の中で(d)の構成が好ましく用いられるが、もちろんこれらに限定されるものではない。

30

なお、上記「発光層」とは、発光機能を有する有機層である。

上記「正孔注入・輸送層」は「正孔注入層および正孔輸送層のうち少なくともいずれか1つ」を意味し、「電子注入・輸送層」は「電子注入層および電子輸送層のうち少なくともいずれか1つ」を意味する。ここで、正孔注入層および正孔輸送層を有する場合には、正孔輸送層と陽極との間に正孔注入層が設けられていることが好ましい。また、電子注入層および電子輸送層を有する場合には、電子輸送層と陰極側との間に電子注入層が設けられていることが好ましい。

【0013】

図1に、第一実施形態における有機EL素子1の一例の概略構成を示す。

図1に示す有機EL素子1は、基板2と、陽極3と、陰極4と、陽極3と陰極4との間に配置された有機層10と、を有する。

40

そして、有機層10は、陽極3側から順に、正孔注入層6、正孔輸送層7、発光層5、電子輸送層8、および電子注入層9が、この順番で積層されて構成される。

【0014】

(発光層)

本実施形態に係る発光層5は、第一の化合物、第二の化合物および第三の化合物を含む。第一の化合物、第二の化合物および第三の化合物は、互いに異なる化合物である。

【0015】

本実施形態において、第一の化合物の一重項エネルギー $S(M1)$ と、前記第二の化合物の一重項エネルギー $S(M2)$ とが、下記数式(数1)の関係を満たし、第一の化合物

50

の電子親和力 $A_f(M1)$ と、第二の化合物の電子親和力 $A_f(M2)$ とが、下記数式(数2)の関係を満たし、第一の化合物の三重項エネルギー $T(M1)$ が、下記数式(数3)の関係を満たす。

【0016】

$$\begin{aligned} S(M2) & S(M1) \times 0.95 && \dots (\text{数1}) \\ A_f(M2) - A_f(M1) & 0.2 \text{ eV} && \dots (\text{数2}) \\ T(M1) & 2.0 \text{ eV} && \dots (\text{数3}) \end{aligned}$$

【0017】

本実施形態に係る有機EL素子1によれば、前記数式(数2)の関係を満たすことで、発光層5に注入された電子が第二の化合物によって補足(トラップ)されるため、発光層5と、当該発光層5の陽極3側で隣接する層(本実施形態では正孔輸送層7)との界面における劣化が防止される。また、前記数式(数1)の関係を満たすことで、補足した電子が第二の化合物から第一の化合物へ移り易くなり、第一の化合物における電子と正孔との再結合確率が向上し、第二の化合物における再結合確率は低下する。ゆえに、本実施形態に係る有機EL素子1によれば、長寿命で発光させることができる。

10

【0018】

本実施形態において、第一の化合物の一重項エネルギー $S(M1)$ と、第二の化合物の一重項エネルギー $S(M2)$ とが、下記数式(数4)の関係を満たすことが好ましい。

$$S(M2) > S(M1) \quad \dots (\text{数4})$$

【0019】

本実施形態において、第二の化合物の一重項エネルギー $S(M2)$ と、第三の化合物の一重項エネルギー $S(M3)$ とが、下記数式(数4a)の関係を満たすことが好ましい。

$$S(M2) > S(M3) \quad \dots (\text{数4a})$$

20

【0020】

本実施形態に係る有機EL素子1において、前記数式(数4)の関係を満たせば、補足した電子が第二の化合物から第一の化合物へより移り易くなり、第一の化合物における電子と正孔との再結合確率がより向上する。その結果、より良好な色純度で、より長寿命で発光させることができる。

【0021】

本実施形態において、二の化合物の一重項エネルギー $S(M2)$ が、下記数式(数5)の関係を満たすことが好ましく、下記数式(数5a)の関係を満たすことがより好ましい。

$$\begin{aligned} S(M2) & 3.0 \text{ eV} && \dots (\text{数5}) \\ S(M2) & 3.2 \text{ eV} && \dots (\text{数5a}) \end{aligned}$$

30

【0022】

本実施形態に係る有機EL素子1において、前記数式(数5)や(数5a)の関係を満たせば、補足した電子が第二の化合物から第一の化合物へさらに移り易くなり、第一の化合物における電子と正孔との再結合確率がさらに向上する。その結果、さらに良好な色純度で、さらに長寿命で発光させることができる。

【0023】

本実施形態において、第一の化合物の電子親和力 $A_f(M1)$ と、第二の化合物の電子親和力 $A_f(M2)$ とが、下記数式(数6)の関係を満たすことが好ましく、下記数式(数6a)の関係を満たすことがより好ましく、下記数式(数6b)の関係を満たすことがさらに好ましい。

$$\begin{aligned} A_f(M2) - A_f(M1) & > 0.2 \text{ eV} && \dots (\text{数6}) \\ A_f(M2) - A_f(M1) & > 0.3 \text{ eV} && \dots (\text{数6a}) \\ A_f(M2) - A_f(M1) & > 0.4 \text{ eV} && \dots (\text{数6b}) \end{aligned}$$

40

【0024】

本実施形態において、第二の化合物の電子親和力 $A_f(M2)$ が、下記数式(数6c)の関係を満たすことが好ましく、下記数式(数6d)の関係を満たすことがより好ましい。

50

。

$$A f (M 2) > 3 . 2 e V \quad \dots (\text{数 } 6 c)$$

$$A f (M 2) > 3 . 4 e V \quad \dots (\text{数 } 6 d)$$

【 0 0 2 5 】

本実施形態に係る有機 E L 素子 1 において、前記数式 (数 6)、(数 6 a)、または (数 6 b) の関係を満たせば、発光層 5 に注入された電子が第二の化合物によって補足され易くなる。そのため、発光層 5 と、当該発光層 5 の陽極 3 側で隣接する層 (本実施形態では正孔輸送層 7) との界面の劣化が防止される。また、第二の化合物から第一の化合物へ電子がさらに移動し易くなるため、第一の化合物における電子と正孔との再結合確率がさらに向上する。その結果、さらに良好な色純度で、さらに長寿命で発光させることができる。

10

【 0 0 2 6 】

本実施形態において、第一の化合物の三重項エネルギー $T (M 1)$ と、前記第二の化合物の三重項エネルギー $T (M 2)$ とが、下記数式 (数 7) の関係を満たすことが好ましい。

。

$$T (M 1) < T (M 2) \quad \dots (\text{数 } 7)$$

【 0 0 2 7 】

本実施形態に係る有機 E L 素子 1 において、前記数式 (数 7) の関係を満たせば、第一の化合物において電子および正孔が再結合して生成された三重項励起子は、より高い三重項エネルギーを有する第二の化合物へ移動し難い。また、第二の化合物において三重項励起子が生成された場合でも、三重項励起子は速やかに第一の化合物へエネルギー移動する。その結果、第一の化合物の分子において三重項励起子同士が衝突することで一重項励起子が生成される T T F (T r i p l e t - T r i p l e t F u s i o n) 現象が効率的に発生する。T T F 現象については、例えば、国際公開第 2 0 1 0 / 1 3 4 3 5 2 号、国際公開第 2 0 1 0 / 1 4 3 4 3 4 号、国際公開第 2 0 1 2 / 0 7 0 2 3 3 号、国際公開第 2 0 1 2 / 0 7 0 2 3 4 号に記載されている。

20

【 0 0 2 8 】

・一重項エネルギー S

一重項エネルギー S は、次のようにして測定される。

測定対象となる化合物の $1 0 \mu \text{mol} / \text{L}$ トルエン溶液を調製して石英セルに入れ、常温 ($3 0 0 \text{K}$) でこの試料の吸収スペクトル (縦軸 : 発光強度、横軸 : 波長とする。) を測定した。この吸収スペクトルの長波長側の立ち下がりに対して接線を引き、その接線と横軸との交点の波長値 $e d g e [\text{nm}]$ を次に示す換算式 1 に代入して一重項エネルギーを算出した。一重項エネルギー S の単位は、e V である。

30

$$\text{換算式 } 1 : S [\text{e V}] = 1 2 3 9 . 8 5 / e d g e$$

本実施例では、吸収スペクトルを日立社製の分光光度計 (装置名 : U 3 3 1 0) で測定した。なお、吸収スペクトル測定装置は、ここで用いた装置に限定されない。

【 0 0 2 9 】

吸収スペクトルの長波長側の立ち下がりに対する接線は以下のように引く。吸収スペクトルの極大値のうち、最も長波長側の極大値から長波長方向にスペクトル曲線上を移動する際に、曲線上の各点における接線を考える。この接線は、曲線が立ち下がるにつれ (つまり縦軸の値が減少するにつれ)、傾きが減少しその後増加することを繰り返す。傾きの値が最も長波長側 (ただし、吸光度が $0 . 1$ 以下となる場合は除く) で極小値をとる点において引いた接線を当該吸収スペクトルの長波長側の立ち下がりに対する接線とする。

40

なお、吸光度の値が $0 . 2$ 以下の極大点は、上記最も長波長側の極大値には含めない。

【 0 0 3 0 】

・イオン化ポテンシャル $I p$

イオン化ポテンシャルの測定は、大気下で光電子分光装置を用いて測定することができる。具体的には、材料に光を照射し、その際に電荷分離によって生じる電子量を測定することにより測定した。測定装置としては、例えば、理研計器株式会社製の光電子分光装置

50

(装置名：AC-3)などが挙げられる。イオン化ポテンシャル I_p の単位は、eVである。

【0031】

・電子親和力 A_f

電子親和力(アフィニティ)は、上述の方法で測定した化合物のイオン化ポテンシャル I_p 、および一重項エネルギー S の測定値を用い、次の計算式(数9)から算出することができる。電子親和力(アフィニティ)の単位は、eVである。

$$A_f = I_p - S \quad \dots \text{(数9)}$$

【0032】

・三重項エネルギー T

三重項エネルギーの測定は、次のようにして行われる。まず、測定対象となる化合物を石英基板上に蒸着して試料を作製する。この試料について、低温(77[K])で燐光スペクトル(縦軸：燐光発光強度、横軸：波長とする。)を測定し、この燐光スペクトルの短波長側の立ち上がりに対して接線を引き、その接線と横軸との交点の波長値 edg_e [nm]に基づいて、次の換算式2から算出されるエネルギー量を三重項エネルギー T とする。三重項エネルギー T の単位は、eVである。

$$\text{換算式2: } T [\text{eV}] = 1239.85 / edg_e$$

燐光スペクトルの短波長側の立ち上がりに対する接線は以下のように引く。燐光スペクトルの短波長側から、スペクトルの極大値のうち、最も短波長側の極大値までスペクトル曲線上を移動する際に、長波長側に向けて曲線上の各点における接線を考える。この接線は、曲線が立ち上がるにつれ(つまり縦軸が増加するにつれ)、傾きが増加する。この傾きの値が極大値をとる点において引いた接線(すなわち変曲点における接線)が、当該燐光スペクトルの短波長側の立ち上がりに対する接線とする。

なお、スペクトルの最大ピーク強度の15%以下のピーク強度をもつ極大点は、上述の最も短波長側の極大値には含めず、最も短波長側の極大値に最も近い、傾きの値が極大値をとる点において引いた接線を当該燐光スペクトルの短波長側の立ち上がりに対する接線とする。

燐光の測定には、(株)日立ハイテクノロジー製のF-4500形分光蛍光光度計本体を用いることができる。なお、測定装置はこの限りではなく、冷却装置及び低温用容器と、励起光源と、受光装置とを組み合わせることにより、測定してもよい。

【0033】

・第一の化合物

本実施形態において、第一の化合物は、少なくとも前記数式(数1)、(数2)、(数3)の関係を満たす限り、特に限定されない。

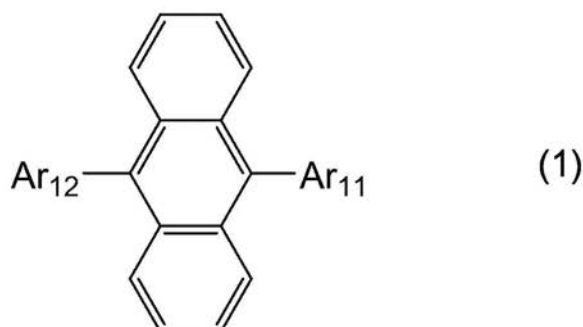
【0034】

本実施形態において、第一の化合物は、アントラセン誘導体であることも好ましい。

また、例えば、本実施形態において、第一の化合物は、下記一般式(1)で表されることも好ましい。

【0035】

【化1】



【0036】

10

20

30

40

50

(前記一般式(1)において、 Ar_{11} および Ar_{12} は、それぞれ独立に、置換もしくは無置換の環形成炭素数6～30の芳香族炭化水素基、または置換もしくは無置換の環形成原子数5～30の複素環基である。)

【0037】

前記 Ar_{11} および前記 Ar_{12} が、それぞれ独立に、置換もしくは無置換のフェニル基であることが好ましい。

また、前記 Ar_{11} は、置換もしくは無置換のナフチル基であり、前記 Ar_{12} は、置換もしくは無置換のフェニル基であることも好ましい。

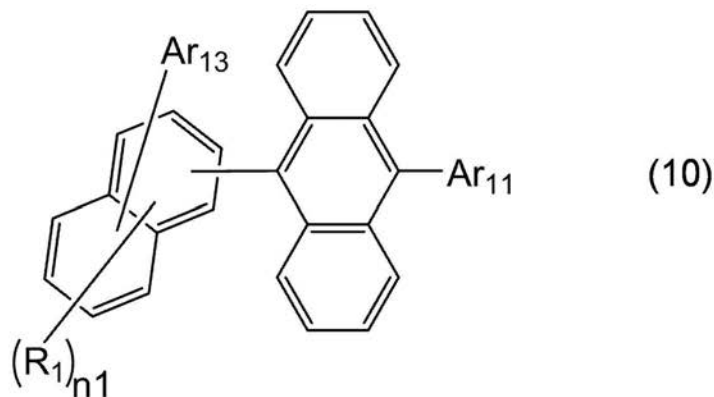
また、前記 Ar_{11} は、置換もしくは無置換のフェナントリル基、置換もしくは無置換のベンゾアントリル基、9,9-ジメチルフルオレニル基、9,9-ジフェニルフルオレニル基、置換もしくは無置換のジベンゾフラニル基、置換もしくは無置換のジベンゾチオフェニル基、置換もしくは無置換のナフトベンゾフラニル基、置換もしくは無置換のナフトベンゾチオフェニル基、および置換もしくは無置換のナフトベンゾフルオレニル基からなる群から選択されるいずれかの基であり、前記 Ar_{12} は、置換もしくは無置換のフェニル基、または置換もしくは無置換のナフチル基であることも好ましい。

【0038】

例えば、本実施形態において、第一の化合物は、下記一般式(10)で表されることも好ましい。

【0039】

【化2】



【0040】

(前記一般式(10)において、

Ar_{13} は、

置換もしくは無置換の環形成炭素数6～30の芳香族炭化水素基、または置換もしくは無置換の環形成原子数5～30の複素環基であり、

Ar_{13} は、ナフタレン環の任意の炭素原子に結合し、

Ar_{11} は、置換もしくは無置換の環形成炭素数6～30の芳香族炭化水素基であり、

$n1$ は、6であり、複数の R_1 は、互いに同一でも異なっていてもよく、

R_1 は、それぞれ独立に、水素原子、または置換基であり、 R_1 が置換基である場合の置換基としては、

ハロゲン原子、

ヒドロキシル基、

シアノ基、

置換もしくは無置換の炭素数1～30のアルキル基、

置換もしくは無置換の炭素数1～30のアルコキシ基、

置換もしくは無置換の環形成炭素数6～30のアリールオキシ基、

置換もしくは無置換の炭素数1～30のアルキルチオ基、

置換もしくは無置換の環形成炭素数6～30のアリールチオ基、

-Si(R_{100})₃ で表されるシリル基、

10

20

30

40

50

- $N(R_{101})_2$ で表されるアミノ基、
置換もしくは無置換の環形成炭素数 6 ~ 30 の芳香族炭化水素基、および
置換もしくは無置換の環形成原子数 5 ~ 30 の複素環基からなる群から選択される置換基であり、

R_{100} は、それぞれ独立に、水素原子または置換基であり、 R_{100} が置換基である場合の置換基としては、

置換もしくは無置換の炭素数 1 ~ 30 のアルキル基、または

置換もしくは無置換の環形成炭素数 6 ~ 30 の芳香族炭化水素基であり、

複数の R_{100} は、互いに同一でも異なっていてもよく、

R_{101} は、それぞれ独立に、水素原子または置換基であり、 R_{101} が置換基である場合の置換基としては、

置換もしくは無置換の炭素数 1 ~ 30 のアルキル基、または

置換もしくは無置換の環形成炭素数 6 ~ 30 の芳香族炭化水素基であり、

複数の R_{101} は、互いに同一でも異なっていてもよく、

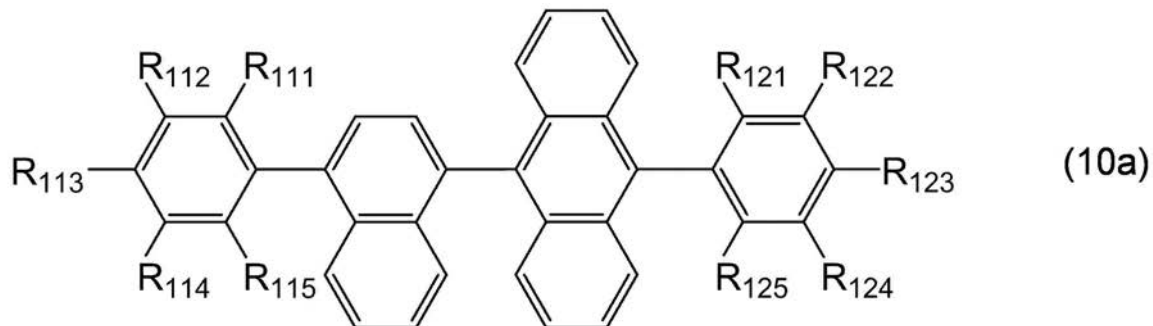
なお、 Ar_{11} が結合しているアントラセン環は、ナフタレン環を構成する任意の炭素原子に結合する。))

【0041】

例えば、本実施形態において、第一の化合物は、下記一般式 (10a) で表されることも好ましい。

【0042】

【化3】



【0043】

前記一般式 (10a) において、 $R_{111} \sim R_{115}$, $R_{121} \sim R_{125}$ は、それぞれ独立に、水素原子または置換基であり、 $R_{111} \sim R_{115}$, $R_{121} \sim R_{125}$ が置換基である場合の置換基としては、前記 R_1 が置換基である場合に挙げた置換基の群から選択され、

$R_{111} \sim R_{115}$ のうち少なくとも 2 つが 6 員環の炭素原子に結合する置換基である場合、2 つの炭素原子の当該置換基同士は、互いに結合して環構造が構築されていてもよく、

$R_{121} \sim R_{125}$ のうち少なくとも 2 つが 6 員環の炭素原子に結合する置換基である場合、2 つの炭素原子の当該置換基同士は、互いに結合して環構造が構築されていてもよい。また、本実施形態において、前記 $R_{111} \sim R_{115}$, $R_{121} \sim R_{125}$ は、水素原子であることも好ましい。

【0044】

例えば、本実施形態において、第一の化合物は、下記一般式 (11) で表されることも好ましい。

【0045】

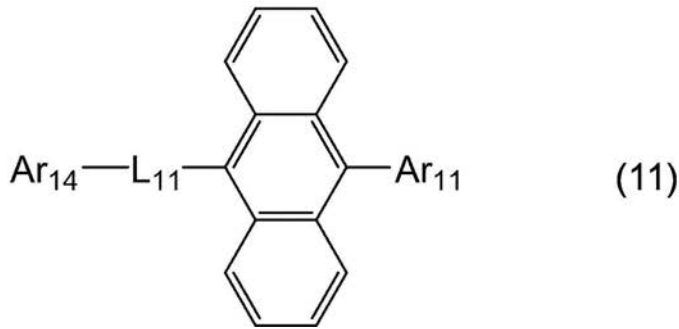
10

20

30

40

【化4】



10

【0046】

前記一般式(11)において、

Ar_{11} は、置換もしくは無置換の環形成炭素数6~30の芳香族炭化水素基、または置換もしくは無置換の環形成原子数5~30の複素環基であり、

L_{11} は、単結合または連結基であり、

L_{11} における連結基としては、それぞれ独立に、

置換もしくは無置換の環形成炭素数6~30の芳香族炭化水素基、または

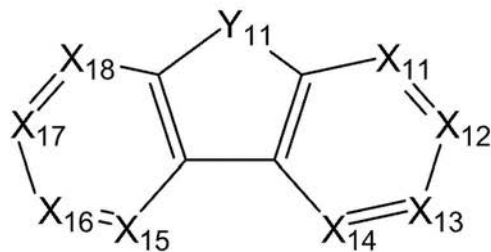
置換もしくは無置換の環形成原子数5~30の複素環基であり、

Ar_{14} は、下記一般式(11a)で表される基、または下記一般式(11b)で表される基である。

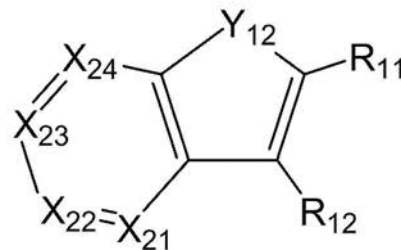
20

【0047】

【化5】



(11a)



(11b)

30

【0048】

前記一般式(11a)において、

Y_{11} は、酸素原子、硫黄原子、または $C(R_{102})_2$ であり、

R_{102} は、それぞれ独立に、水素原子または置換基であり、 R_{102} が置換基である場合の置換基としては、

置換もしくは無置換の炭素数1~30のアルキル基、または

置換もしくは無置換の環形成炭素数6~30の芳香族炭化水素基であり、

$X_{11} \sim X_{18}$ は、それぞれ独立に、

R_x と結合する炭素原子、

L_{11} と結合する炭素原子、

下記一般式(11c)で表される構造と結合する炭素原子、または

下記一般式(11d)で表される構造と結合する炭素原子であり、

R_x は、それぞれ独立に、水素原子または置換基であり、 R_x が置換基である場合の置換基としては、前記 R_1 が置換基である場合に挙げた置換基の群から選択され、複数の R_x は、互いに同一でも異なってもよい。

40

【0049】

前記一般式(11b)において、

Y_{12} は、酸素原子、硫黄原子、または $C(R_{103})_2$ であり、

R_{103} は、それぞれ独立に、水素原子または置換基であり、 R_{103} が置換基である

50

場合の置換基としては、

置換もしくは無置換の炭素数 1 ~ 30 のアルキル基、または

置換もしくは無置換の環形成炭素数 6 ~ 30 の芳香族炭化水素基であり、

$X_{21} \sim X_{24}$ は、それぞれ独立に、

R_Y と結合する炭素原子、

L_{11} と結合する炭素原子、または

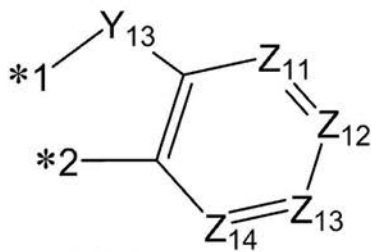
下記一般式 (11d) で表される構造と結合する炭素原子であり、

R_{11} 、 R_{12} 、 R_Y は、それぞれ独立に、水素原子または置換基であり、 R_Y が置換基である場合の置換基としては、前記 R_1 が置換基である場合に挙げた置換基の群から選択され、複数の R_Y は、互いに同一でも異なってもよい。

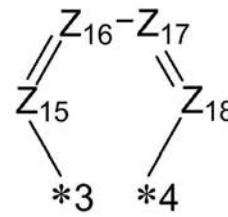
10

【0050】

【化6】



(11c)



(11d)

20

【0051】

前記一般式 (11c) において、*1 および *2 は、それぞれ独立に、 X_{11} と X_{12} の組、 X_{12} と X_{13} の組、 X_{13} と X_{14} 、 X_{15} と X_{16} の組、 X_{16} と X_{17} の組、並びに X_{17} と X_{18} の組から選ばれる組における炭素原子との結合部位を示し、

Y_{13} は、酸素原子、硫黄原子、または $C(R_{104})_2$ であり、

R_{104} は、それぞれ独立に、水素原子または置換基であり、 R_{104} が置換基である場合の置換基としては、

置換もしくは無置換の炭素数 1 ~ 30 のアルキル基、または

置換もしくは無置換の環形成炭素数 6 ~ 30 の芳香族炭化水素基であり、

$Z_{11} \sim Z_{14}$ は、それぞれ独立に、

R_Z と結合する炭素原子、または

L_{11} と結合する炭素原子であり、

R_Z は、それぞれ独立に、水素原子または置換基であり、 R_Z が置換基である場合の置換基としては、前記 R_1 が置換基である場合に挙げた置換基の群から選択され、複数の R_Z は、互いに同一でも異なってもよい。

30

【0052】

前記一般式 (11d) において、*3 および *4 は、それぞれ独立に、 X_{11} と X_{12} の組、 X_{12} と X_{13} の組、 X_{13} と X_{14} の組、 X_{15} と X_{16} の組、 X_{16} と X_{17} の組、並びに X_{17} と X_{18} の組から選ばれる組における炭素原子との結合部位、または X_{21} と X_{22} 、 X_{22} と X_{23} の組、並びに X_{23} と X_{24} の組から選ばれる組における炭素原子との結合部位を示し、

40

$Z_{15} \sim Z_{18}$ は、それぞれ独立に、

R_W と結合する炭素原子、または

L_{11} と結合する炭素原子であり、

R_W は、それぞれ独立に、水素原子または置換基であり、 R_W が置換基である場合の置換基としては、前記 R_1 が置換基である場合に挙げた置換基の群から選択され、複数の R_W は、互いに同一でも異なってもよい。

【0053】

前記一般式 (10a) で表される基に前記一般式 (10c) で表される構造が結合する場合、 $X_{11} \sim X_{18}$ 、 $Z_{11} \sim Z_{14}$ のうちいずれかが L_{11} と結合する炭素原子であ

50

り、

前記一般式(10a)で表される基に前記一般式(10d)で表される構造が結合する場合、 $X_{11} \sim X_{18}$ 、 $Z_{15} \sim Z_{18}$ のうちいずれかが L_{11} と結合する炭素原子であり、

前記一般式(10b)で表される基に前記一般式(10d)で表される構造が結合する場合、 $X_{21} \sim X_{24}$ 、 $Z_{15} \sim Z_{18}$ のうちいずれかが L_{11} と結合する炭素原子である。

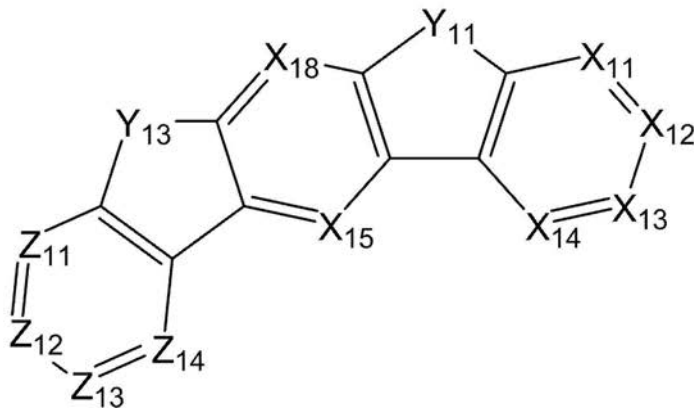
【0054】

前記 Ar_{14} は、下記一般式(11e)、下記一般式(11f)、下記一般式(11g)または下記一般式(11h)で表される基であることも好ましい。

10

【0055】

【化7】

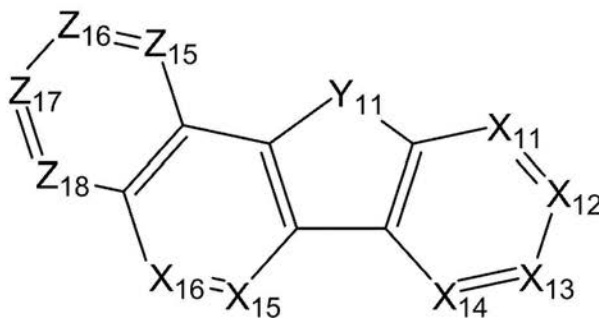


(11e)

20

【0056】

【化8】

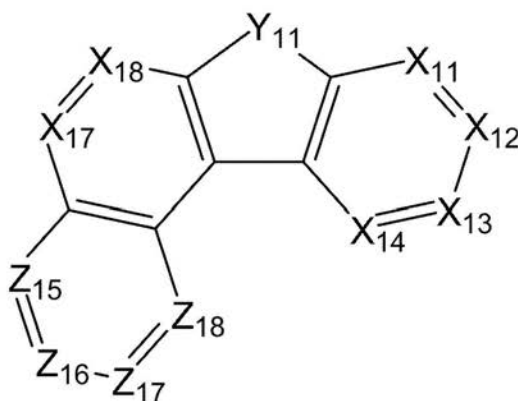


(11f)

30

【0057】

【化9】

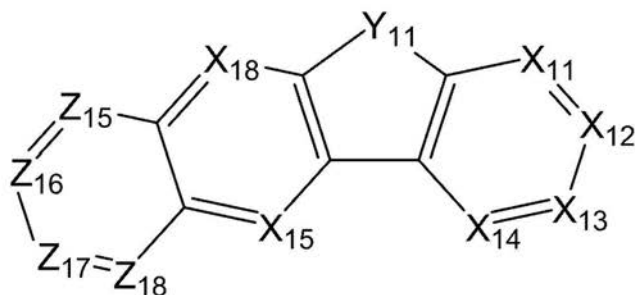


(11g)

40

【0058】

【化10】



(11h)

【0059】

10

前記一般式(11e), (11f), (11g), (11h)において、

Y₁₁は、前記一般式(11a)におけるY₁₁と同義であり、

Y₁₃は、前記一般式(11c)におけるY₁₁と同義であり、

X₁₁ ~ X₁₈は、それぞれ独立に、

R_xと結合する炭素原子、または

L₁₁と結合する炭素原子であり、

R_xは、それぞれ独立に、水素原子または置換基であり、R_xが置換基である場合の置換基としては、前記R₁が置換基である場合に挙げた置換基の群から選択され、複数のR_xは、互いに同一でも異なってもよく、

Z₁₁ ~ Z₁₄は、それぞれ独立に、

20

R_zと結合する炭素原子、または

L₁₁と結合する炭素原子であり、

R_zは、それぞれ独立に、水素原子または置換基であり、R_zが置換基である場合の置換基としては、前記R₁が置換基である場合に挙げた置換基の群から選択され、複数のR_zは、互いに同一でも異なってもよく、

Z₁₅ ~ Z₁₈は、それぞれ独立に、

R_wと結合する炭素原子、または

L₁₁と結合する炭素原子であり、

R_wは、それぞれ独立に、水素原子または置換基であり、R_wが置換基である場合の置換基としては、前記R₁が置換基である場合に挙げた置換基の群から選択され、複数のR_wは、互いに同一でも異なってもよく、

30

前記一般式(11e)において、X₁₁ ~ X₁₅, X₁₈, Z₁₁ ~ Z₁₄のうちいずれかがL₁₁と結合する炭素原子であり、

前記一般式(11f)において、X₁₁ ~ X₁₆, Z₁₅ ~ Z₁₈のうちいずれかがL₁₁と結合する炭素原子であり、

前記一般式(11g)において、X₁₁ ~ X₁₄, X₁₇, X₁₈, Z₁₅ ~ Z₁₈のうちいずれかがL₁₁と結合する炭素原子であり、

前記一般式(11h)において、X₁₁ ~ X₁₅, X₁₈, Z₁₅ ~ Z₁₈のうちいずれかがL₁₁と結合する炭素原子である。

40

【0060】

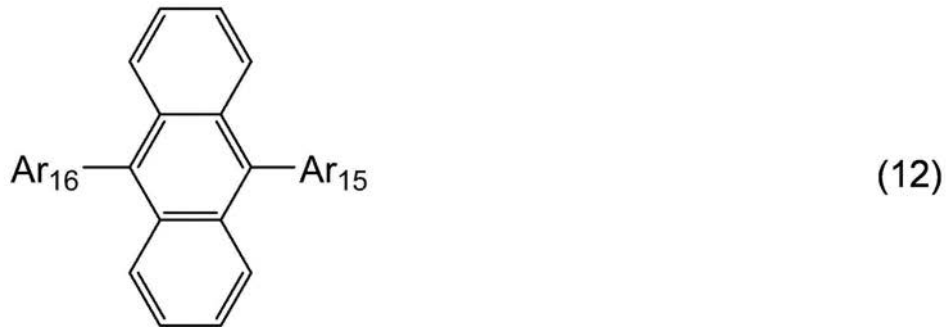
前記Y₁₁は、酸素原子であることが好ましい。前記Y₁₁が酸素原子である場合、前記X₁₃が前記L₁₁と結合する炭素原子であることが好ましい。

【0061】

例えば、本実施形態において、第一の化合物は、下記一般式(12)で表されることも好ましい。

【0062】

【化 1 1】



10

【0063】

前記一般式(12)において、 Ar_{15} および Ar_{16} は、それぞれ独立に、置換もしくは無置換の環形成炭素数6~30の芳香族炭化水素基、または置換もしくは無置換の環形成原子数5~30の複素環基であり、ただし、 Ar_{15} および Ar_{16} のうち少なくともいずれかが、置換もしくは無置換の縮合芳香族炭化水素基であり、この縮合芳香族炭化水素基は、2つまたは3つの6員環が縮合して構築されている。

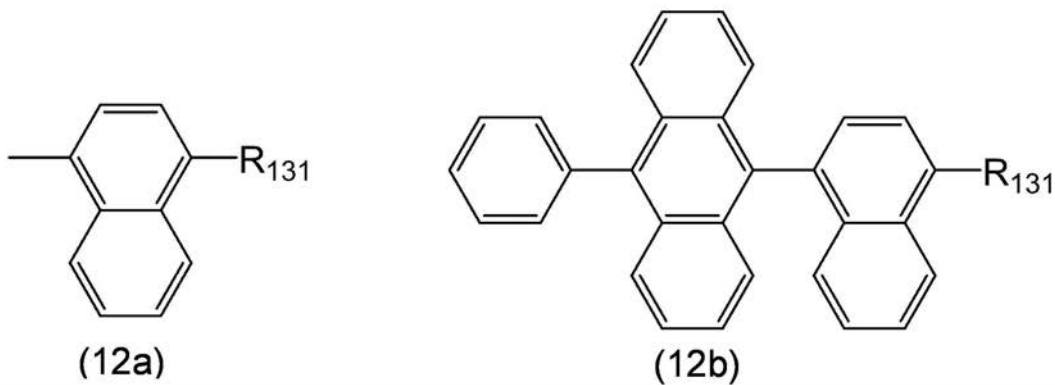
【0064】

前記一般式(12)において、前記 Ar_{15} が、無置換のフェニル基であり、前記 Ar_{16} が、下記一般式(12a)で表される基であるとき、すなわち、第一の化合物が下記一般式(12b)で表されるとき、 R_{131} は、置換もしくは無置換の環形成炭素数10~30の芳香族炭化水素基、または置換もしくは無置換の環形成原子数5~30の複素環基であることが好ましい。

20

【0065】

【化 1 2】



30

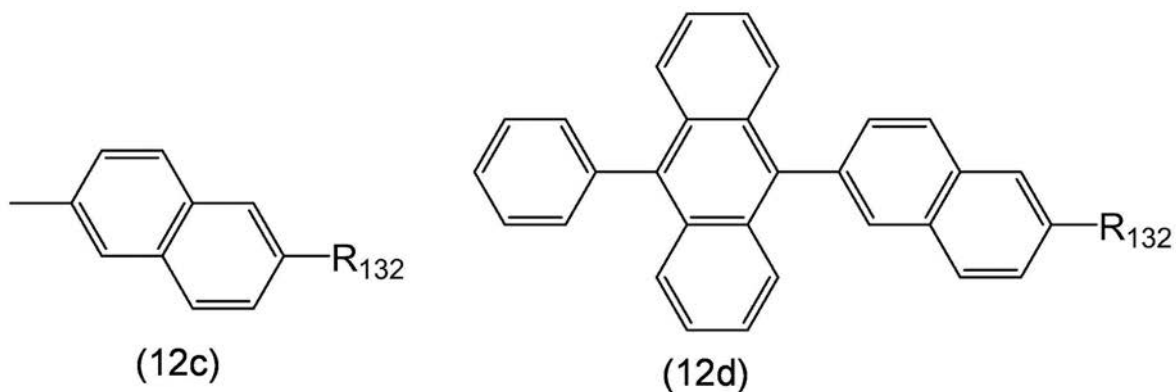
【0066】

前記一般式(12)において、前記 Ar_{15} が、無置換のフェニル基であり、前記 Ar_{16} が、下記一般式(12c)で表される基であるとき、すなわち、第一の化合物が下記一般式(12d)で表されるとき、 R_{132} は、無置換の環形成炭素数6~14の芳香族炭化水素基、または置換もしくは無置換の環形成原子数5~30の複素環基であることが好ましい。

40

【0067】

【化 1 3】

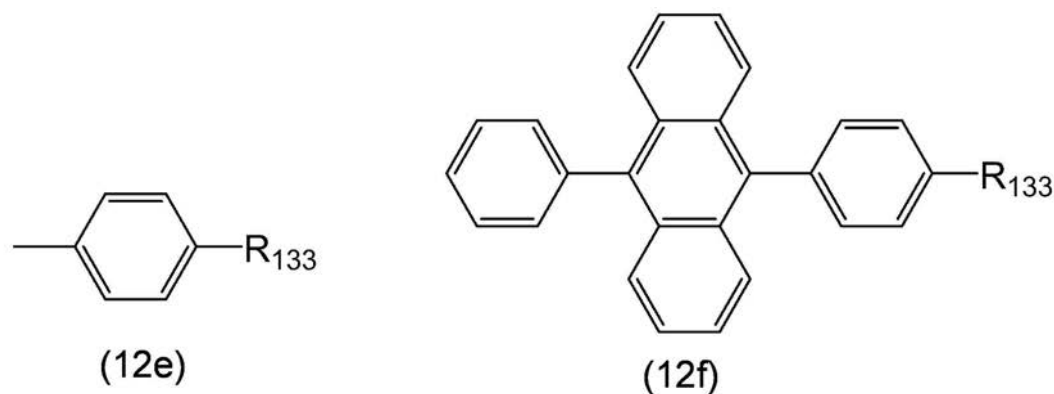


10

【 0 0 6 8】

前記一般式(12)において、前記Ar₁₅が、無置換のフェニル基であり、前記Ar₁₆が、下記一般式(12e)で表される基であるとき、すなわち、第一の化合物が下記一般式(12f)で表されるとき、R₁₃₃は、無置換の環形成炭素数12~30の芳香族炭化水素基、または置換もしくは無置換の環形成原子数5~30の複素環基であることが好ましい。

【化 1 4】



20

30

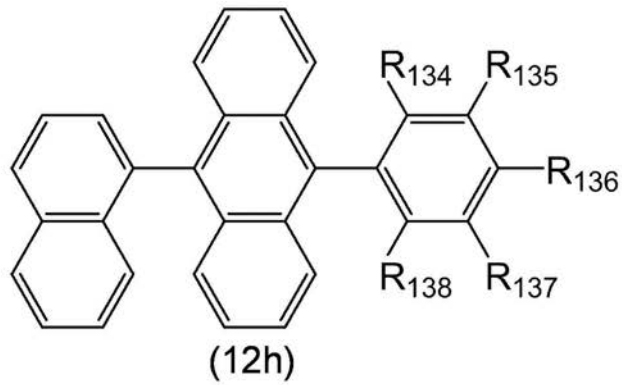
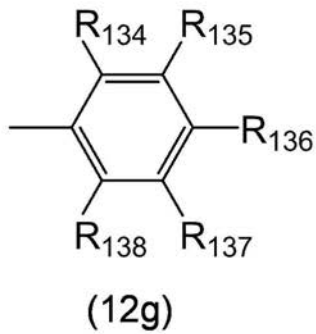
【 0 0 6 9】

前記一般式(12)において、
 前記Ar₁₅が、無置換の1-ナフチル基であり、
 前記Ar₁₆が、
 下記一般式(12g)で表される基、
 下記一般式(12i)で表される基、
 置換もしくは無置換の環形成炭素数12~30の芳香族炭化水素基、または
 置換もしくは無置換の環形成原子数5~30の複素環基であることが好ましい。
 前記Ar₁₅が、無置換の1-ナフチル基であり、前記Ar₁₆が、下記一般式(12g)で表される基である場合、第一の化合物は、下記一般式(12h)で表される。
 前記Ar₁₅が、無置換の1-ナフチル基であり、前記Ar₁₆が、下記一般式(12i)で表される基である場合、第一の化合物は、下記一般式(12j)で表される。

40

【 0 0 7 0】

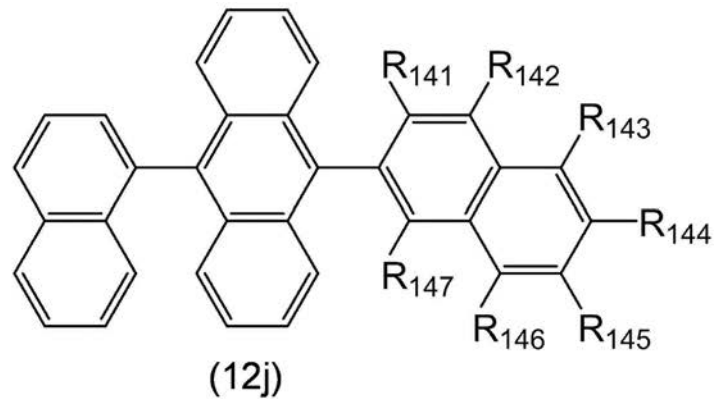
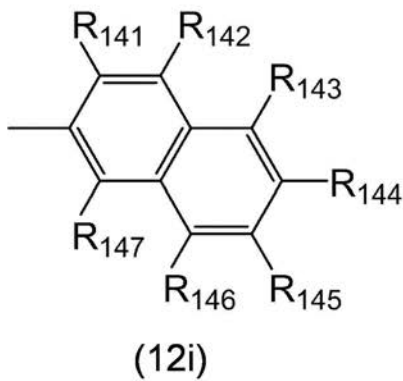
【化 1 5】



10

【 0 0 7 1】

【化 1 6】



20

【 0 0 7 2】

前記一般式(12g), (12h)において、 $R_{134} \sim R_{138}$ は、それぞれ独立に、水素原子または置換基であり、 $R_{134} \sim R_{138}$ が置換基である場合の置換基としては、前記 R_1 が置換基である場合に挙げた置換基の群から選択され、 $R_{134} \sim R_{138}$ のうち少なくともいずれかは、置換もしくは無置換の環形成炭素数6~30の芳香族炭化水素基、または置換もしくは無置換の環形成原子数5~30の複素環基である。

30

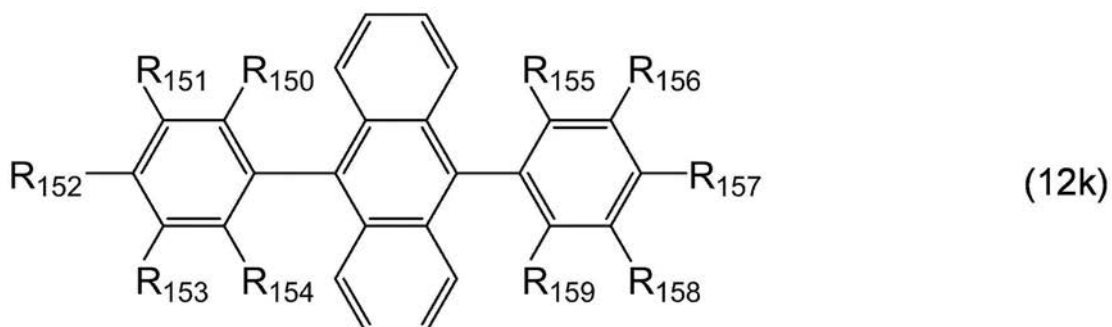
前記一般式(12i), (12j)において、 $R_{141} \sim R_{147}$ は、それぞれ独立に、水素原子または置換基であり、 $R_{141} \sim R_{147}$ が置換基である場合の置換基としては、前記 R_1 が置換基である場合に挙げた置換基の群から選択され、 $R_{141} \sim R_{147}$ のうち少なくともいずれかは、置換もしくは無置換の環形成炭素数6~30の芳香族炭化水素基、または置換もしくは無置換の環形成原子数5~30の複素環基である。

【 0 0 7 3】

例えば、本実施形態において、第一の化合物は、下記一般式(12k)で表されることも好ましい。

【 0 0 7 4】

【化 1 7】



40

【 0 0 7 5】

50

前記一般式(12k)において、 $R_{150} \sim R_{159}$ は、それぞれ独立に、水素原子または置換基であり、 $R_{150} \sim R_{159}$ が置換基である場合の置換基としては、前記 R_1 が置換基である場合に挙げた置換基の群から選択され、

$R_{150} \sim R_{159}$ のうち少なくともいずれかが、
置換もしくは無置換の炭素数1~10のアルキル基、
置換もしくは無置換の環形成炭素数3~10のシクロアルキル基、
置換もしくは無置換の環形成炭素数6~30の芳香族炭化水素基、または
置換もしくは無置換の環形成原子数5~30の複素環基であり、

$R_{150} \sim R_{154}$ のうち少なくとも2つが6員環の炭素原子に結合する置換基である場合の当該置換基同士は、互いに結合して環構造が構築されていてもよい。

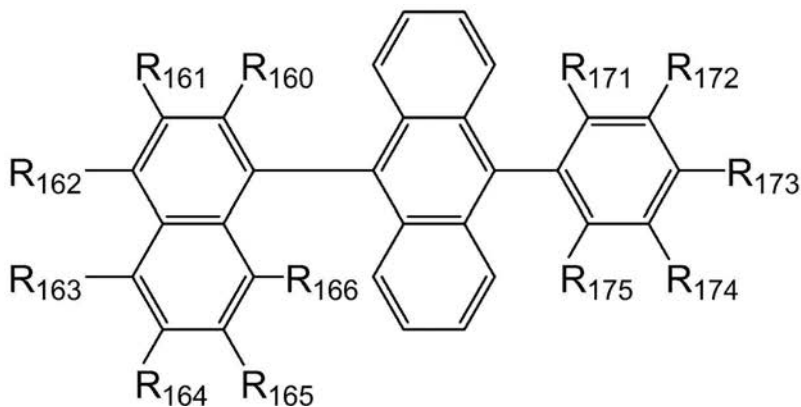
10

【0076】

例えば、本実施形態において、第一の化合物は、下記一般式(12m)で表されることも好ましい。

【0077】

【化18】



(12m)

20

【0078】

前記一般式(12m)において、 $R_{160} \sim R_{166}$ 、 $R_{171} \sim R_{175}$ は、それぞれ独立に、水素原子または置換基であり、 $R_{160} \sim R_{166}$ 、 $R_{171} \sim R_{175}$ が置換基である場合の置換基としては、前記 R_1 が置換基である場合に挙げた置換基の群から選択され、 $R_{160} \sim R_{166}$ のうち一つが置換もしくは無置換の芳香族炭化水素基である場合、当該芳香族炭化水素基の環形成炭素数は、10以上30以下である。

30

$R_{171} \sim R_{175}$ のうち少なくともいずれかが置換もしくは無置換の環形成炭素数10~30の縮合芳香族炭化水素基であることも好ましく、置換もしくは無置換の環形成炭素数10~14の縮合芳香族炭化水素基であることもより好ましい。また、 $R_{171} \sim R_{175}$ のうち少なくともいずれかが置換もしくは無置換の環形成炭素数10~30の縮合芳香族炭化水素基である場合、それ以外は、水素原子であり、 $R_{160} \sim R_{166}$ も、水素原子であることも好ましい。

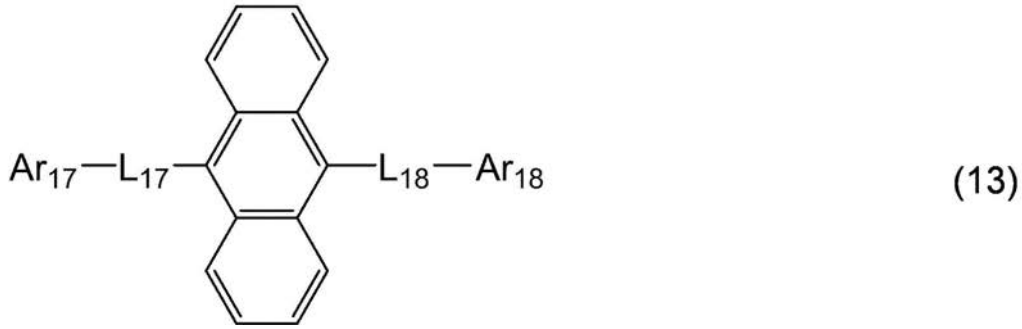
【0079】

例えば、本実施形態において、第一の化合物は、下記一般式(13)で表されることも好ましい。

40

【0080】

【化 19】



10

【0081】

前記一般式(13)において、

Ar_{17} および Ar_{18} は、それぞれ独立に、

置換もしくは無置換の環形成炭素数 6 ~ 30 の芳香族炭化水素基、または

置換もしくは無置換の環形成原子数 5 ~ 30 の複素環基であり、

ただし、 Ar_{17} および Ar_{18} のいずれかが、置換もしくは無置換の環形成炭素数 16 ~ 30 の縮合芳香族炭化水素基であり、

L_{17} および L_{18} は、それぞれ独立に、単結合または連結基であり、 L_{17} および L_{18} における連結基としては、

置換もしくは無置換の環形成炭素数 6 ~ 18 の芳香族炭化水素基、または

置換もしくは無置換の環形成炭素数 5 ~ 30 の複素環基である。

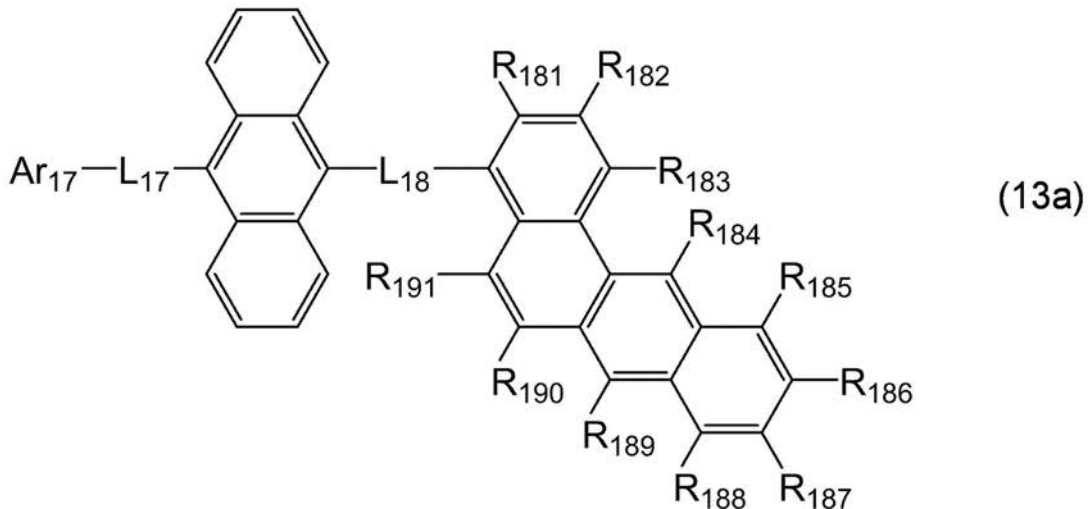
20

【0082】

例えば、本実施形態において、第一の化合物は、下記一般式(13a)で表されることも好ましい。

【0083】

【化 20】



30

40

【0084】

前記一般式(13a)において、

Ar_{17} は、置換もしくは無置換の環形成炭素数 6 ~ 30 の芳香族炭化水素基、または置換もしくは無置換の環形成原子数 5 ~ 30 の複素環基であり、

L_{17} および L_{18} は、それぞれ独立に、前記一般式(13)における L_{17} および L_{18} と同義であり、

$R_{181} \sim R_{191}$ は、それぞれ独立に、水素原子または置換基であり、 $R_{181} \sim R_{191}$ が置換基である場合の置換基としては、前記 R_1 が置換基である場合に挙げた置換基の群から選択され、

$R_{181} \sim R_{191}$ のうち少なくとも 2 つが置換基である場合の当該置換基同士は、互

50

いに結合して環構造が構築されていてもよい。

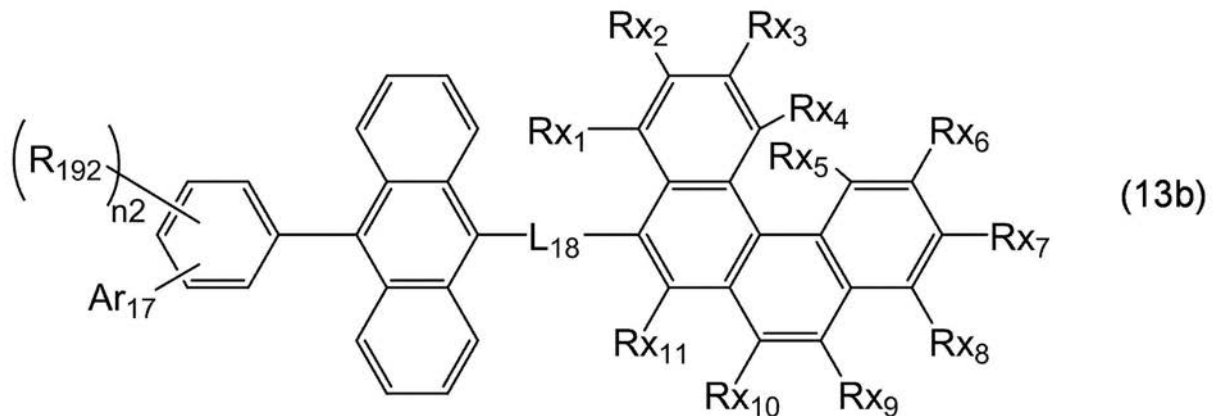
本実施形態において、前記 $R_{181} \sim R_{191}$ は、水素原子であることも好ましい。

【0085】

例えば、本実施形態において、第一の化合物は、下記一般式(13b)で表されることも好ましい。

【0086】

【化21】



10

【0087】

前記一般式(13b)において、

20

Ar_{17} は、置換もしくは無置換の環形成炭素数6~30の芳香族炭化水素基、または置換もしくは無置換の環形成原子数5~30の複素環基であり、

L_{18} は、前記一般式(13)における L_{18} と同義であり、

$n2$ は、4であり、複数の R_{192} は、互いに同一でも異なっていてもよく、

R_{192} , $Rx_1 \sim Rx_{11}$ は、それぞれ独立に、水素原子または置換基であり、 R_{192} , $Rx_1 \sim Rx_{11}$ が置換基である場合の置換基としては、前記 R_1 が置換基である場合に挙げた置換基の群から選択され、

$Rx_1 \sim Rx_{11}$ のうち少なくとも2つが置換基である場合の当該置換基同士は、互いに結合して環構造が構築されていてもよい。

【0088】

30

本実施形態において、前記 $Ar_{11} \sim Ar_{18}$ は、それぞれ独立に、置換もしくは無置換の環形成炭素数6~30の芳香族炭化水素基であることも好ましい。

また、本実施形態において、前記 $Ar_{11} \sim Ar_{18}$ は、置換もしくは無置換のフェニル基、置換もしくは無置換のビフェニル基、置換もしくは無置換ビフェニル基、置換もしくは無置換のターフェニル基、置換もしくは無置換のナフチル基、置換もしくは無置換のアントリル基、置換もしくは無置換のフェナントリル基、および置換もしくは無置換のトリフェニル基からなる群から選択される芳香族炭化水素基であることも好ましい。

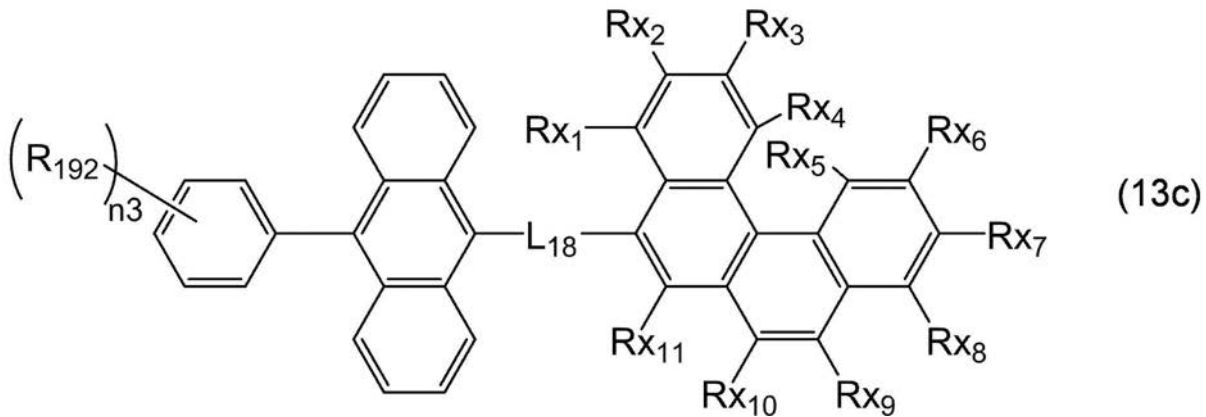
【0089】

例えば、本実施形態において、第一の化合物は、下記一般式(13c)で表されることも好ましい。

40

【0090】

【化 2 2】



10

【0091】

前記一般式(13c)において、

L_{18} は、前記一般式(13)における L_{18} と同義であり、

n_3 は、5であり、複数の R_{192} は、互いに同一でも異なっていてもよく、

R_{192} 、 $R_{x1} \sim R_{x11}$ は、それぞれ独立に、水素原子または置換基であり、 R_{192} 、 $R_{x1} \sim R_{x11}$ が置換基である場合の置換基としては、前記 R_1 が置換基である場合に挙げた置換基の群から選択され、

$R_{x1} \sim R_{x11}$ のうち少なくとも2つが置換基である場合の当該置換基同士は、互いに結合して環構造が構築されていてもよい。

20

本実施形態において、前記 R_{192} 、 $R_{x1} \sim R_{x11}$ は、水素原子であることも好ましい。

【0092】

本実施形態において、前記 R_1 、 R_{11} 、 R_{12} 、 $R_{131} \sim R_{138}$ 、 $R_{141} \sim R_{147}$ 、 $R_{150} \sim R_{166}$ 、 $R_{171} \sim R_{175}$ 、 $R_{181} \sim R_{192}$ 、 $R_{x1} \sim R_{x11}$ は、それぞれ独立に、水素原子または置換基であり、 R_1 、 R_{11} 、 R_{12} 、 $R_{131} \sim R_{138}$ 、 $R_{141} \sim R_{147}$ 、 $R_{150} \sim R_{166}$ 、 $R_{171} \sim R_{175}$ 、 $R_{181} \sim R_{192}$ 、 $R_{x1} \sim R_{x11}$ が置換基である場合の置換基としては、ハロゲン原子、置換もしくは無置換の炭素数1～30のアルキル基、置換もしくは無置換の炭素数1～30のアルコキシ基、 $-Si(R_{105})_3$ で表されるシリル基、および置換もしくは無置換の環形成炭素数6～30の芳香族炭化水素基からなる群から選択される置換基であることが好ましい。 R_{105} は、それぞれ独立に、水素原子または置換基であり、 R_{105} が置換基である場合の置換基としては、置換もしくは無置換の炭素数1～30のアルキル基、または置換もしくは無置換の環形成炭素数6～30の芳香族炭化水素基である。

30

【0093】

・第二の化合物

本実施形態において、第二の化合物は、少なくとも前記数式(数1)、(数2)の関係を満たす限り、特に限定されない。

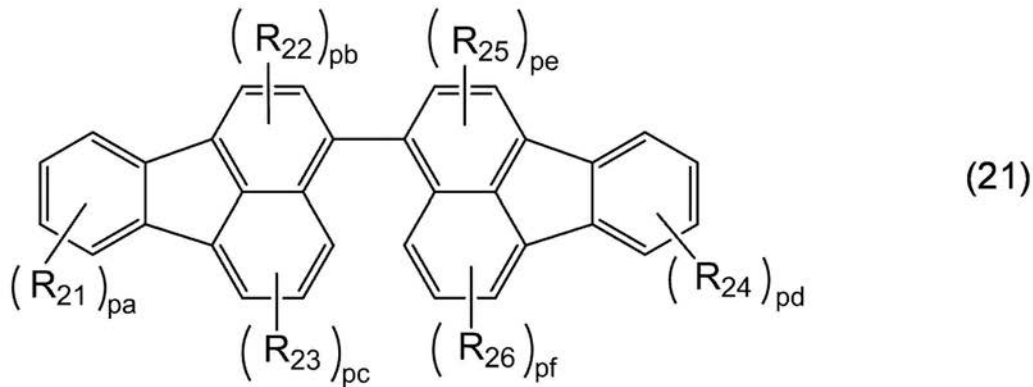
【0094】

例えば、本実施形態において、第二の化合物は、下記一般式(21)で表されることが好ましい。

40

【0095】

【化 2 3】



10

【 0 0 9 6】

(前記一般式(21)において、

$R_{21} \sim R_{26}$ は、それぞれ独立に、水素原子、または置換基であり、 $R_{21} \sim R_{26}$ が置換基である場合の置換基としては、

ハロゲン原子、

ヒドロキシル基、

シアノ基、

置換もしくは無置換の炭素数 1 ~ 30 のアルキル基、

置換もしくは無置換の炭素数 1 ~ 30 のアルコキシ基、

置換もしくは無置換の環形成炭素数 6 ~ 30 のアリアルオキシ基、

置換もしくは無置換の炭素数 1 ~ 30 のアルキルチオ基、

置換もしくは無置換の環形成炭素数 6 ~ 30 のアリアルチオ基、

- Si(R_{221})₃ で表されるシリル基、

- N(R_{222})₂ で表されるアミノ基、

置換もしくは無置換の環形成炭素数 6 ~ 30 の芳香族炭化水素基、および

置換もしくは無置換の環形成原子数 5 ~ 30 の複素環基からなる群から選択される置換基であり、

R_{221} は、それぞれ独立に、水素原子または置換基であり、 R_{221} が置換基である場合の置換基としては、置換もしくは無置換の炭素数 1 ~ 30 のアルキル基、または置換もしくは無置換の環形成炭素数 6 ~ 30 の芳香族炭化水素基であり、

30

複数の R_{221} は、互いに同一でも異なっていてもよく、

R_{222} は、それぞれ独立に、水素原子または置換基であり、 R_{222} が置換基である場合の置換基としては、置換もしくは無置換の炭素数 1 ~ 30 のアルキル基、または置換もしくは無置換の環形成炭素数 6 ~ 30 の芳香族炭化水素基であり、

複数の R_{222} は、互いに同一でも異なっていてもよく、

p_a は、4 であり、複数の R_{21} は、互いに同一でも異なっていてもよく、

p_b は、2 であり、複数の R_{22} は、互いに同一でも異なっていてもよく、

p_c は、3 であり、複数の R_{23} は、互いに同一でも異なっていてもよく、

p_d は、4 であり、複数の R_{24} は、互いに同一でも異なっていてもよく、

40

p_e は、2 であり、複数の R_{25} は、互いに同一でも異なっていてもよく、

p_f は、3 であり、複数の R_{26} は、互いに同一でも異なっていてもよく、

$R_{21} \sim R_{26}$ は、それぞれ芳香環の炭素原子に結合している。))

【 0 0 9 7】

本実施形態において、前記 $R_{21} \sim R_{26}$ が置換基である場合の置換基としては、置換もしくは無置換の炭素数 1 ~ 30 のアルキル基、- Si(R_{223})₃ で表されるシリル基、置換もしくは無置換の環形成炭素数 6 ~ 30 の芳香族炭化水素基、および置換もしくは無置換の環形成原子数 5 ~ 30 の複素環基からなる群から選択される置換基であることが好ましい。前記 R_{223} は、それぞれ独立に、前記 R_{221} と同義である。

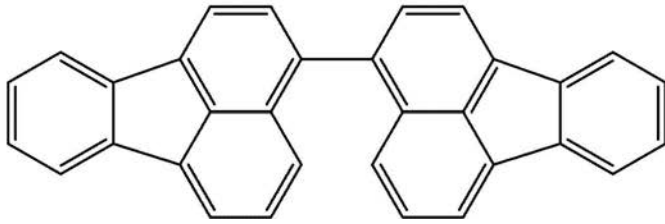
また、本実施形態において、前記 $R_{21} \sim R_{26}$ が水素原子であることも好ましく、こ

50

の場合、第二の化合物は、下記式(21a)で表される。

【0098】

【化24】



(21a)

【0099】

10

また、本実施形態において、第二の化合物は、シアノ基を有する化合物であることも好ましい。

例えば、本実施形態において、第二の化合物は、下記一般式(22)で表されることも好ましい。

【0100】

【化25】



【0101】

20

(前記一般式(22)において、

Ar_{21} は、置換もしくは無置換の環形成炭素数10~30の縮合芳香族炭化水素基であり、

L_2 は、単結合、または連結基であり、

L_2 における連結基としては、

置換もしくは無置換の環形成炭素数6~30の芳香族炭化水素基、または

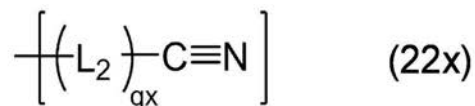
置換もしくは無置換の環形成原子数5~30の複素環基であり、

qx は、1以上3以下の整数であり、複数の L_2 は、互いに同一でも異なっていてもよく、

qa は、1以上4以下の整数であり、 Ar_{21} に結合する下記一般式(22x)で表される複数の基は、互いに同一でも異なっていてもよい。) 30

【0102】

【化26】



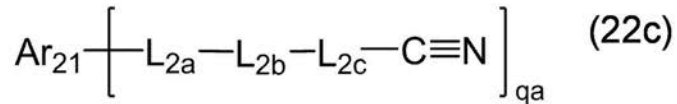
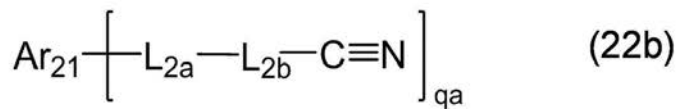
【0103】

前記一般式(22)は、 qx が1の場合、下記一般式(22a)で表され、 qx が2の場合、下記一般式(22b)で表され、 qx が3の場合、下記一般式(22c)で表される。

40

【0104】

【化27】



10

【0105】

前記一般式(22a)、(22b)、(22c)において、 Ar_{21} 、 q_a は、それぞれ、前記一般式(22)における Ar_{21} 、 q_a と同義であり、

前記一般式(22a)、(22b)、(22c)において、 L_2 、 L_{2a} 、 L_{2b} 、 L_{2c} は、それぞれ独立に、前記一般式(22)における L_2 と同義である。

【0106】

本実施形態において、 q_a は、1以上3以下の整数であることが好ましく、1または2であることがより好ましい。

【0107】

本実施形態において、前記 Ar_{21} における置換もしくは無置換の環形成炭素数10~30の縮合芳香族炭化水素基は、ナフタレン、アントラセン、フェナントレン、フルオレン、ピレン、クリセン、フルオランテン、ベンゾ[a]アントラセン、ベンゾ[c]フェナントレン、トリフェニレン、ベンゾ[g]クリセン、ベンゾ[b]トリフェニレン、ピセン、およびペリレンからなる群から選択される縮合芳香族炭化水素から誘導される基であることが好ましい。

前記 Ar_{21} における置換もしくは無置換の環形成炭素数10~30の縮合芳香族炭化水素基は、フェナントレン、ピレン、クリセン、フルオランテン、トリフェニレン、およびベンゾ[g]クリセンからなる群から選択される縮合芳香族炭化水素から誘導される基であることがより好ましい。

前記 Ar_{21} が置換基を有する場合、当該置換基は、前記 $\text{R}_{21} \sim \text{R}_{26}$ が置換基である場合に挙げた置換基の群から選択され、好ましくは、置換もしくは無置換の炭素数1~30のアルキル基、 $-\text{Si}(\text{R}_{224})_3$ で表されるシリル基、置換もしくは無置換の環形成炭素数6~30の芳香族炭化水素基、および置換もしくは無置換の環形成原子数5~30の複素環基からなる群から選択される。前記 R_{224} は、それぞれ独立に、前記 R_{21} と同義である。

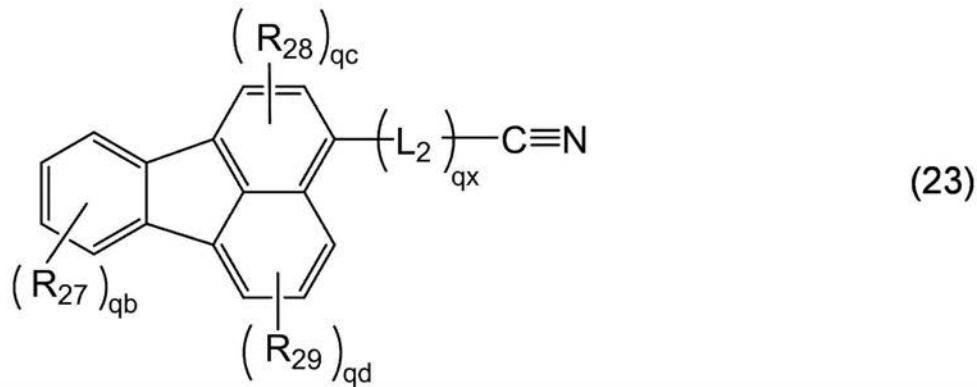
【0108】

例えば、本実施形態において、第二の化合物は、下記一般式(23)で表されることも好ましい。

【0109】

40

【化 2 8】



10

【0 1 1 0】

前記一般式(23)において、

L_2 は、前記一般式(22)における L_2 と同義であり、

$R_{27} \sim R_{29}$ は、それぞれ独立に、水素原子、または置換基であり、 $R_{27} \sim R_{29}$ が置換基である場合の置換基としては、前記 $R_{21} \sim R_{26}$ が置換基である場合に挙げた置換基の群から選択され、

q_b は、4であり、複数の R_{27} は、互いに同一でも異なっていてもよく、

q_c は、2であり、複数の R_{28} は、互いに同一でも異なっていてもよく、

q_d は、3であり、複数の R_{29} は、互いに同一でも異なっていてもよく、

q_x は、1以上3以下の整数であり、複数の L_2 は、互いに同一でも異なっていてもよい。

20

$R_{27} \sim R_{29}$ は、それぞれ芳香環の炭素原子に結合している。

【0 1 1 1】

本実施形態において、前記 L_2 は、連結基であり、前記 L_2 における連結基は、置換もしくは無置換の環形成炭素数6~30の芳香族炭化水素基であることが好ましい。また、前記 q_x は、2または3であることが好ましく、複数の前記 L_2 は、それぞれ独立に、置換もしくは無置換の環形成炭素数6~30の芳香族炭化水素基から選択されることが好ましい。また、前記 L_2 は、フェニレン基、ビフェニルジイル基またはナフチレン基であることが好ましい。また、前記 L_2 における連結基は、フェニレン基を含み、当該フェニレン基のメタ位またはパラ位に、シアノ基が結合していることが好ましい。

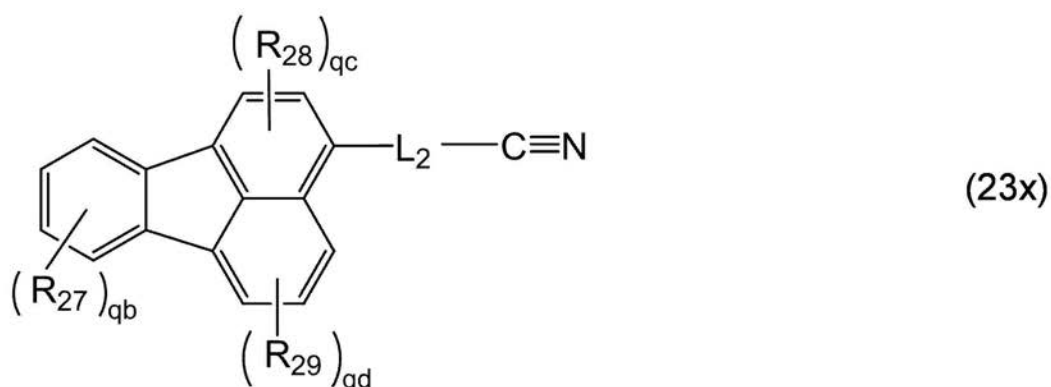
30

【0 1 1 2】

例えば、本実施形態において、第二の化合物は、下記一般式(23x)で表されることも好ましい。

【0 1 1 3】

【化 2 9】



40

【0 1 1 4】

前記一般式(23x)において、

L_2 は、前記一般式(22)における L_2 と同義であり、

$R_{27} \sim R_{29}$ は、それぞれ独立に、水素原子、または置換基であり、 $R_{27} \sim R_{29}$

50

が置換基である場合の置換基としては、前記 $R_{21} \sim R_{26}$ が置換基である場合に挙げた置換基の群から選択され、

q_b は、4 であり、複数の R_{27} は、互いに同一でも異なっていてもよく、

q_c は、2 であり、複数の R_{28} は、互いに同一でも異なっていてもよく、

q_d は、3 であり、複数の R_{29} は、互いに同一でも異なっていてもよい。

$R_{27} \sim R_{29}$ は、それぞれ芳香環の炭素原子に結合している。

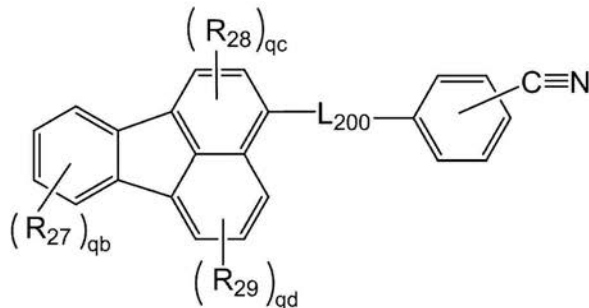
【0115】

また、例えば、前記第二の化合物は、下記一般式(23a)で表されることも好ましい。

【0116】

10

【化30】



(23a)

【0117】

20

前記一般式(23a)において、 $R_{27} \sim R_{29}$ は、水素原子、または置換基であり、 $R_{27} \sim R_{29}$ が置換基である場合の置換基としては、前記 $R_{21} \sim R_{26}$ が置換基である場合に挙げた置換基の群から選択され、

L_{200} は、それぞれ独立に、単結合、または連結基であり、連結基である場合は、前記 L_2 と同義である。シアノ基は、フェニル基の6員環の炭素原子に結合し、パラ位またはメタ位に結合することが好ましい。 $R_{27} \sim R_{29}$ は、それぞれ芳香環の炭素原子に結合している。

【0118】

本実施形態において、前記 $R_{27} \sim R_{29}$ が置換基である場合の置換基としては、置換もしくは無置換の炭素数1~30のアルキル基、 $-Si(R_{225})_3$ で表されるシリル基、置換もしくは無置換の環形成炭素数6~30の芳香族炭化水素基、および置換もしくは無置換の環形成原子数5~30の複素環基からなる群から選択される置換基であることが好ましい。前記 R_{225} は、それぞれ独立に、前記 R_{221} と同義である。

30

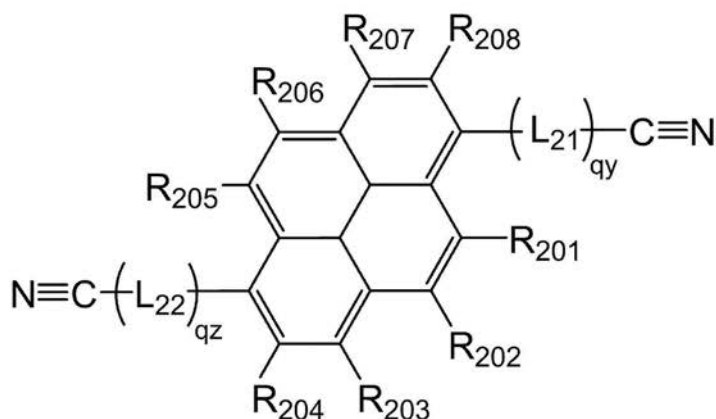
また、本実施形態において、前記 $R_{27} \sim R_{29}$ が水素原子であることも好ましい。

【0119】

例えば、本実施形態において、第二の化合物は、下記一般式(24)で表されることも好ましい。

【0120】

【化31】



(24)

40

50

【 0 1 2 1 】

前記一般式 (2 4) において、

$R_{201} \sim R_{208}$ は、それぞれ独立に、水素原子、または置換基であり、 $R_{201} \sim R_{208}$ が置換基である場合の置換基としては、前記 $R_{21} \sim R_{26}$ が置換基である場合に挙げた置換基の群から選択され、

L_{21} および L_{22} は、それぞれ独立に、前記一般式 (2 2) における L_2 と同義であり、

q_y は、1 以上 3 以下の整数であり、複数の L_{21} は、互いに同一でも異なってもよく、

q_z は、1 以上 3 以下の整数であり、複数の L_{22} は、互いに同一でも異なってもよい。

10

【 0 1 2 2 】

本実施形態において、前記 L_{21} および前記 L_{22} は、連結基であり、前記 L_{21} および前記 L_{22} における連結基は、置換もしくは無置換の環形成炭素数 6 ~ 30 の芳香族炭化水素基であることが好ましい。また、前記 q_y および前記 q_z は、それぞれ独立に、2 または 3 であることが好ましく、複数の前記 L_{21} および前記 L_{22} は、それぞれ独立に、置換もしくは無置換の環形成炭素数 6 ~ 30 の芳香族炭化水素基からなる群から選択されることが好ましい。また、前記 L_{21} および前記 L_{22} は、それぞれ独立に、フェニレン基、ビフェニルジイル基またはナフチレン基であることが好ましい。また、前記 L_{21} および前記 L_{22} における連結基は、フェニレン基を含み、当該フェニレン基のメタ位またはパラ位に、シアノ基が結合していることが好ましい。

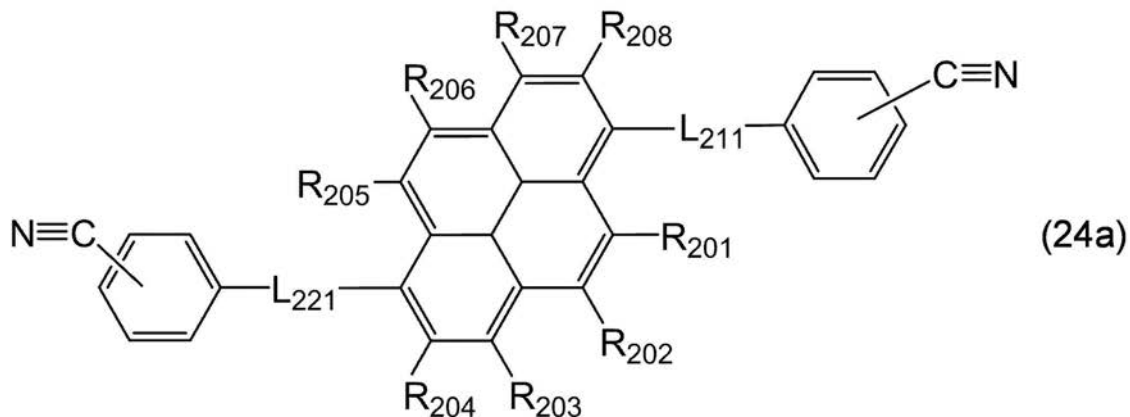
20

【 0 1 2 3 】

例えば、前記第二の化合物は、下記一般式 (2 4 a) で表されることも好ましい。

【 0 1 2 4 】

【 化 3 2 】



30

【 0 1 2 5 】

前記一般式 (2 4 a) において、 $R_{201} \sim R_{208}$ は、それぞれ独立に、前記一般式 (2 4) における $R_{201} \sim R_{208}$ と同義であり、

L_{211} および L_{221} は、それぞれ独立に、単結合、または連結基であり、連結基である場合は、前記 L_{21} および前記 L_{22} と同義である。シアノ基は、フェニル基の 6 員環の炭素原子に結合し、パラ位またはメタ位に結合することが好ましい。

40

【 0 1 2 6 】

本実施形態において、前記 $R_{201} \sim R_{208}$ が置換基である場合の置換基としては、置換もしくは無置換の炭素数 1 ~ 30 のアルキル基、 $-Si(R_{226})_3$ で表されるシリル基、置換もしくは無置換の環形成炭素数 6 ~ 30 の芳香族炭化水素基、および置換もしくは無置換の環形成原子数 5 ~ 30 の複素環基からなる群から選択される置換基であることが好ましい。前記 R_{226} は、それぞれ独立に、前記 R_{221} と同義である。

また、本実施形態において、前記 $R_{201} \sim R_{208}$ が水素原子であることも好ましい。

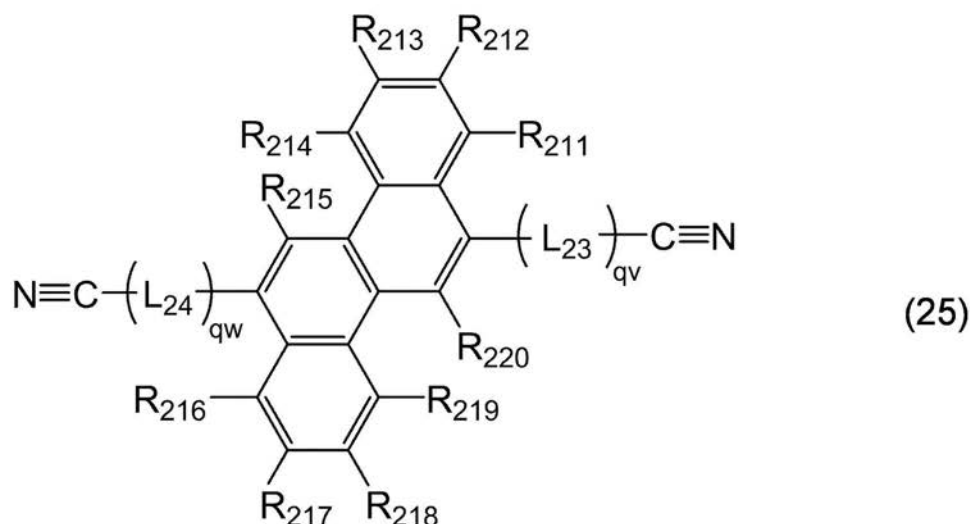
50

【 0 1 2 7 】

例えば、本実施形態において、第二の化合物は、下記一般式(25)で表されることも好ましい。

【 0 1 2 8 】

【 化 3 3 】



10

【 0 1 2 9 】

前記一般式(25)において、

$R_{211} \sim R_{220}$ は、それぞれ独立に、水素原子、または置換基であり、 $R_{211} \sim R_{220}$ が置換基である場合の置換基としては、前記 $R_{21} \sim R_{26}$ が置換基である場合に挙げた置換基の群から選択され、

L_{23} および L_{24} は、それぞれ独立に、前記一般式(22)における L_2 と同義であり、

q_v は、1以上3以下の整数であり、複数の L_{23} は、互いに同一でも異なってもよく、

q_w は、1以上3以下の整数であり、複数の L_{24} は、互いに同一でも異なってもよい。

30

【 0 1 3 0 】

本実施形態において、前記 L_{23} および前記 L_{24} は、連結基であり、前記 L_{23} および前記 L_{24} における連結基は、置換もしくは無置換の環形成炭素数6~30の芳香族炭化水素基であることが好ましい。また、前記 q_v および前記 q_w は、それぞれ独立に、2または3であることが好ましく、複数の前記 L_{23} および前記 L_{24} は、それぞれ独立に、置換もしくは無置換の環形成炭素数6~30の芳香族炭化水素基からなる群から選択されることが好ましい。また、前記 L_{23} および前記 L_{24} は、それぞれ独立に、フェニレン基、ピフェニルジイル基またはナフチレン基であることが好ましい。また、前記 L_{23} および前記 L_{24} における連結基は、フェニレン基を含み、当該フェニレン基のメタ位またはパラ位に、シアノ基が結合していることが好ましい。

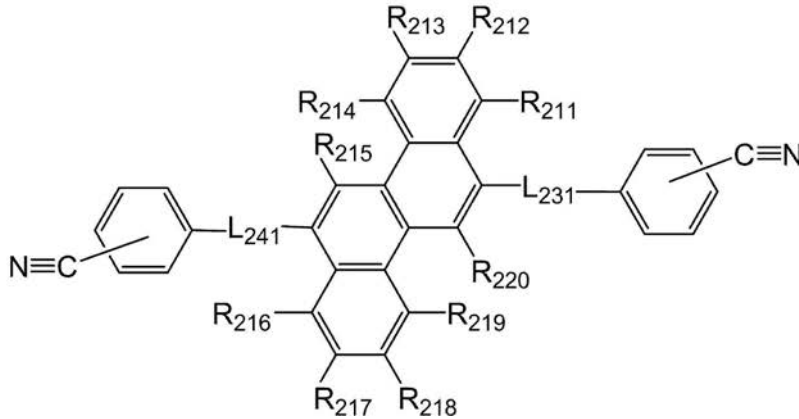
40

【 0 1 3 1 】

例えば、前記第二の化合物は、下記一般式(25a)で表されることも好ましい。

【 0 1 3 2 】

【化 3 4】



(25a)

10

【 0 1 3 3 】

前記一般式(25a)において、 $R_{211} \sim R_{220}$ は、それぞれ独立に、前記一般式(25)における $R_{211} \sim R_{220}$ と同義であり、

L_{231} および L_{241} は、それぞれ独立に、単結合、または連結基であり、連結基である場合は、前記 L_{23} および前記 L_{24} と同義である。シアノ基は、フェニル基の6員環の炭素原子に結合し、パラ位またはメタ位に結合することが好ましい。

【 0 1 3 4 】

本実施形態において、前記 $R_{211} \sim R_{220}$ が置換基である場合の置換基としては、置換もしくは無置換の炭素数1~30のアルキル基、 $-Si(R_{227})_3$ で表されるシリル基、置換もしくは無置換の環形成炭素数6~30の芳香族炭化水素基、および置換もしくは無置換の環形成原子数5~30の複素環基からなる群から選択される置換基であることが好ましい。前記 R_{227} は、それぞれ独立に、前記 R_{221} と同義である。

20

また、本実施形態において、前記 $R_{211} \sim R_{220}$ が水素原子であることも好ましい。

【 0 1 3 5 】

・第三の化合物

本実施形態に係る第三の化合物は、特に限定されない。

【 0 1 3 6 】

本実施形態の有機EL素子1において、第三の化合物のイオン化ポテンシャル $I_p(M3)$ と、第一の化合物のイオン化ポテンシャル $I_p(M1)$ とが、下記数式(数10)の関係を満たすことが好ましく、下記数式(数10a)の関係を満たすことがより好ましく、下記数式(数10b)の関係を満たすことがさらに好ましい。

30

$$I_p(M1) - I_p(M3) \leq 0.2 \text{ eV} \quad \dots (\text{数 } 10)$$

$$I_p(M1) - I_p(M3) > 0.2 \text{ eV} \quad \dots (\text{数 } 10a)$$

$$I_p(M1) - I_p(M3) > 0.3 \text{ eV} \quad \dots (\text{数 } 10b)$$

【 0 1 3 7 】

本実施形態に係る有機EL素子1において、前記数式(数10)、(数10a)、または(数10b)の関係を満たせば、発光層5に注入された正孔が第三の化合物によって補足され易くなるため、発光層5と、当該発光層5の陰極4側で隣接する層(本実施形態では電子輸送層8)との界面における劣化が防止される。

40

【 0 1 3 8 】

本実施形態に係る第三の化合物は、蛍光発光性の発光材料であることが好ましい。

また、本実施形態において、第三の化合物の三重項エネルギー $T(M3)$ と、第一の化合物の三重項エネルギー $T(M1)$ とが、下記数式(数11)の関係を満たすことが好ましい。

$$T(M1) < T(M3) \quad \dots (\text{数 } 11)$$

【 0 1 3 9 】

本実施形態に係る有機EL素子1において、前記数式(数11)の関係を満たせば、第

50

一の化合物において電子および正孔が再結合して生成された三重項励起子は、より高い三重項エネルギーを有する第三の化合物へ移動し難い。また、第三の化合物において三重項励起子が生成された場合でも、三重項励起子は速やかに第一の化合物へエネルギー移動する。その結果、第一の化合物の分子において三重項励起子同士が衝突することで一重項励起子が生成される T T F 現象が効率的に発生する。

【0140】

また、本実施形態において、第三の化合物の一重項エネルギー $S(M3)$ と、第一の化合物の一重項エネルギー $S(M1)$ とが、下記数式(数12)の関係を満たすことが好ましい。

$$S(M1) > S(M3) \quad \dots \text{(数12)}$$

10

【0141】

本実施形態に係る有機 EL 素子 1 において、前記数式(数12)の関係を満たせば、第一の化合物の分子において正孔と電子とが再結合して生成された一重項励起子、並びに T T F 現象で生成された一重項励起子が、第三の化合物へ移動し易くなり、第三の化合物の蛍光発光に寄与する。その結果、有機 EL 素子 1 の発光効率がさらに向上する。また、発光層 5 に共存する第一の化合物や第二の化合物の発光が抑制され、第三の化合物が主に発光するので、有機 EL 素子 1 は、第三の化合物の発光色、すなわち単色光で発光する。また、その発光スペクトルの主ピークの半値幅は狭く、色純度がさらに良好になる。

【0142】

本実施形態に係る第三の化合物は、前記数式(数11)および前記数式(数12)の関係を満たす化合物であることがより好ましい。

20

本実施形態に係る第三の化合物としては、蛍光発光性材料を用いることができる。具体的には、例えば、ビスアリアルアミノナフタレン誘導体、アリアル置換ナフタレン誘導体、ビスアリアルアミノアントラセン誘導体、アリアル基置換アントラセン誘導体、ビスアリアルアミノピレン誘導体、アリアル基置換ピレン誘導体、ビスアリアルアミノクリセン誘導体、アリアル置換クリセン誘導体、ビスアリアルアミノフルオランテン誘導体、アリアル置換フルオランテン誘導体、インデノペリレン誘導体、ピロメテンホウ素錯体化合物、ピロメテン骨格を有する化合物もしくはその金属錯体、ジケトピロロピロール誘導体、ペリレン誘導体が挙げられる。

【0143】

30

発光層 5 に用いることができる青色系の蛍光発光材料として、ピレン誘導体、スチリルアミン誘導体、クリセン誘導体、フルオランテン誘導体、フルオレン誘導体、ジアミン誘導体、トリアリアルアミン誘導体等が使用できる。具体的には、N, N' - ビス[4 - (9H - カルバゾール - 9 - イル)フェニル] - N, N' - ジフェニルスチルベン - 4, 4' - ジアミン(略称: YGA2S)、4 - (9H - カルバゾール - 9 - イル) - 4' - (10 - フェニル - 9 - アントリル)トリフェニルアミン(略称: YGAPA)、4 - (10 - フェニル - 9 - アントリル) - 4' - (9 - フェニル - 9H - カルバゾール - 3 - イル)トリフェニルアミン(略称: PCBAPA)などが挙げられる。

【0144】

40

発光層 5 に用いることができる緑色系の蛍光発光材料として、芳香族アミン誘導体等を使用できる。具体的には、N - (9, 10 - ジフェニル - 2 - アントリル) - N, 9 - ジフェニル - 9H - カルバゾール - 3 - アミン(略称: 2PCAPA)、N - [9, 10 - ビス(1, 1' - ビフェニル - 2 - イル) - 2 - アントリル] - N, 9 - ジフェニル - 9H - カルバゾール - 3 - アミン(略称: 2PCABPhA)、N - (9, 10 - ジフェニル - 2 - アントリル) - N, N', N' - トリフェニル - 1, 4 - フェニレンジアミン(略称: 2DPAPA)、N - [9, 10 - ビス(1, 1' - ビフェニル - 2 - イル) - 2 - アントリル] - N, N', N' - トリフェニル - 1, 4 - フェニレンジアミン(略称: 2DPABPhA)、N - [9, 10 - ビス(1, 1' - ビフェニル - 2 - イル)] - N - [4 - (9H - カルバゾール - 9 - イル)フェニル] - N - フェニルアントラセン - 2 - アミン(略称: 2YGABPhA)、N, N, 9 - トリフェニルアントラセン - 9 - ア

50

ミン（略称：D P h A P h A）などが挙げられる。

【0145】

発光層5に用いることができる赤色系の蛍光発光材料として、テトラセン誘導体、ジアミン誘導体等が使用できる。具体的には、N, N, N', N' - テトラキス（4 - メチルフェニル）テトラセン - 5, 11 - ジアミン（略称：p - m P h T D）、7, 14 - ジフェニル - N, N, N', N' - テトラキス（4 - メチルフェニル）アセナフト [1, 2 - a] フルオランテン - 3, 10 - ジアミン（略称：p - m P h A F D）などが挙げられる。

【0146】

本実施形態において、第三の化合物は、主ピーク波長が550nm以下の蛍光発光を示すことが好ましく、主ピーク波長が480nm以下の蛍光発光を示すことがより好ましい。主ピーク波長とは、第三の化合物が 10^{-5} モル/リットル以上 10^{-6} モル/リットル以下の濃度で溶解しているトルエン溶液について、測定した発光スペクトラムにおける発光強度が最大となる発光スペクトルのピーク波長をいう。

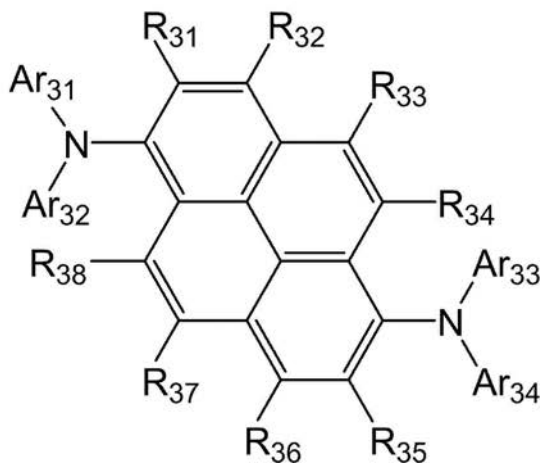
第三の化合物は、青色の蛍光発光を示すことが好ましい。また、第三の化合物は、蛍光量子収率の高い材料であることが好ましい。

【0147】

例えば、本実施形態において、第三の化合物は、下記一般式（30）で表されることも好ましい。

【0148】

【化35】



(30)

【0149】

前記一般式（30）において、R₃₁ ~ R₃₈は、それぞれ独立に、水素原子または置換基であり、R₃₁ ~ R₃₈が置換基である場合の置換基としては、

ハロゲン原子、

ヒドロキシル基、

シアノ基、

置換もしくは無置換の炭素数1 ~ 30のアルキル基、

置換もしくは無置換の炭素数1 ~ 30のアルコキシ基、

置換もしくは無置換の環形成炭素数6 ~ 30のアリールオキシ基、

置換もしくは無置換の炭素数1 ~ 30のアルキルチオ基、

置換もしくは無置換の環形成炭素数6 ~ 30のアリールチオ基、

- Si (R₃₀₀)₃で表されるシリル基、

- N (R₃₀₁)₂で表されるアミノ基、

置換もしくは無置換の環形成炭素数6 ~ 30の芳香族炭化水素基、および

置換もしくは無置換の環形成原子数5 ~ 30の複素環基からなる群から選択される置換基であり、

R₃₀₀は、それぞれ独立に、水素原子または置換基であり、R₃₀₁が置換基である

場合の置換基としては、

置換もしくは無置換の炭素数 1 ~ 30 のアルキル基、または

置換もしくは無置換の環形成炭素数 6 ~ 30 の芳香族炭化水素基であり、

複数の R_{300} は、互いに同一でも異なっていてもよく、

R_{301} は、それぞれ独立に、水素原子または置換基であり、 R_{301} が置換基である場合の置換基としては、

置換もしくは無置換の炭素数 1 ~ 30 のアルキル基、または

置換もしくは無置換の環形成炭素数 6 ~ 30 の芳香族炭化水素基であり、

複数の R_{301} は、互いに同一でも異なっていてもよく、

$Ar_{31} \sim Ar_{34}$ は、それぞれ独立に、

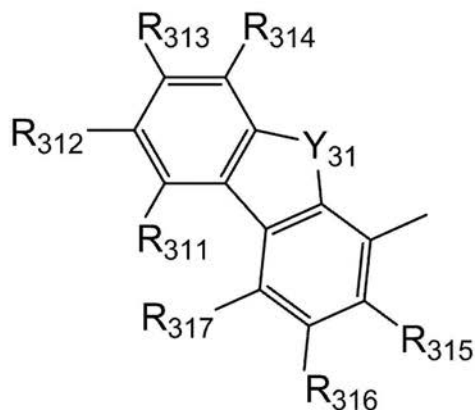
置換もしくは無置換の環形成炭素数 6 ~ 30 の芳香族炭化水素基、または

下記一般式 (30a) で表される複素環基である。

10

【0150】

【化36】



(30a)

20

【0151】

前記一般式 (30a) において、 $R_{311} \sim R_{317}$ は、それぞれ独立に、水素原子または置換基であり、 $R_{311} \sim R_{317}$ が置換基である場合の置換基としては、前記 $R_{301} \sim R_{308}$ が置換基である場合に挙げた置換基の群から選択され、

$R_{311} \sim R_{317}$ のうち少なくとも2つが置換基である場合の当該置換基同士は、互いに結合して環構造が構築されていてもよく、

30

Y_{31} は、酸素原子または硫黄原子である。

【0152】

前記 $R_{301} \sim R_{308}$ 、 $R_{311} \sim R_{317}$ が置換基である場合の置換基としては、ハロゲン原子、シアノ基、置換もしくは無置換の炭素数 1 ~ 30 のアルキル基、 $-Si(R_{302})_3$ で表されるシリル基、および置換もしくは無置換の環形成炭素数 6 ~ 30 の芳香族炭化水素基からなる群から選択される置換基であることが好ましい。前記 R_{302} は、前記 R_{300} と同義である。

【0153】

発光層 5 において、前記第一の化合物をホスト材料として用い、前記第二の化合物をコホスト材料として用い、前記第三の化合物をドーパント材料として用いるドーピングシステムを採用することが好ましい。ドーピングシステムを採用する場合、ホスト材料は、主に電子と正孔の再結合を促し、励起子を発光層 5 内に閉じ込める機能を有し、ドーパント材料は、再結合で得られた励起子を効率的に発光させる機能を有する。また、コホスト材料は、本実施形態においてはホスト材料における励起子生成を増やすためキャリアを補足して、ホスト材料へ移動させる機能を有する。

40

【0154】

・発光層の膜厚

本実施形態の有機 EL 素子 1 における発光層 5 の膜厚は、好ましくは 5 nm 以上 50 nm 以下、より好ましくは 7 nm 以上 50 nm 以下、さらに好ましくは 10 nm 以上 50 nm

50

m以下である。5 nm未満では発光層5の形成が困難となり、色度の調整が困難となるおそれがあり、50 nmを超えると駆動電圧が上昇するおそれがある。

【0155】

・発光層における化合物の含有率

本実施形態の有機EL素子1では、発光層5において、第一の化合物の含有率は、50質量%以上95質量%以下であることが好ましく、第二の化合物の含有率は、1質量%以上50質量%以下であることが好ましく、第三の化合物の含有率は、1質量%以上10質量%以下であることが好ましい。発光層5における第一の化合物、第二の化合物および第三の化合物の合計含有率の上限は、100質量%である。なお、本実施形態は、発光層5に、第一の化合物、第二の化合物および第三の化合物以外の材料が含まれることを除外するものではない。

10

【0156】

(基板)

基板2は、有機EL素子1の支持体として用いられる。基板2としては、例えば、ガラス、石英、プラスチックなどを用いることができる。また、可撓性基板を用いてもよい。可撓性基板とは、折り曲げることができる(フレキシブル)基板のことであり、例えば、ポリカーボネート、ポリアリレート、ポリエーテルスルホン、ポリプロピレン、ポリエステル、ポリフッ化ビニル、ポリ塩化ビニル、ポリイミド、ポリエチレンナフタレートからなるプラスチック基板等が挙げられる。また、無機蒸着フィルムを用いることもできる。

20

【0157】

(陽極)

基板2上に形成される陽極3には、仕事関数の大きい(具体的には4.0 eV以上)金属、合金、電気伝導性化合物、およびこれらの混合物などを用いることが好ましい。具体的には、例えば、酸化インジウム-酸化スズ(ITO: Indium Tin Oxide)、珪素もしくは酸化珪素を含有した酸化インジウム-酸化スズ、酸化インジウム-酸化亜鉛、酸化タングステン、および酸化亜鉛を含有した酸化インジウム、グラフェン等が挙げられる。その他、金(Au)、白金(Pt)、ニッケル(Ni)、タングステン(W)、クロム(Cr)、モリブデン(Mo)、鉄(Fe)、コバルト(Co)、銅(Cu)、パラジウム(Pd)、チタン(Ti)、または金属材料の窒化物(例えば、窒化チタン)等が挙げられる。

30

これらの材料は、通常、スパッタリング法により成膜される。例えば、酸化インジウム-酸化亜鉛は、酸化インジウムに対し1質量%以上10質量%以下の酸化亜鉛を加えたターゲットを用いることにより、スパッタリング法で形成することができる。また、例えば、酸化タングステン、および酸化亜鉛を含有した酸化インジウムは、酸化インジウムに対し酸化タングステンを0.5質量%以上5質量%以下、酸化亜鉛を0.1質量%以上1質量%以下含有したターゲットを用いることにより、スパッタリング法で形成することができる。その他、真空蒸着法、塗布法、インクジェット法、スピンコート法などにより作製してもよい。

陽極3上に形成される有機層のうち、陽極3に接して形成される正孔注入層6は、陽極3の仕事関数に関係なく正孔(ホール)注入が容易である複合材料を用いて形成されるため、電極材料として可能な材料(例えば、金属、合金、電気伝導性化合物、およびこれらの混合物、その他、元素周期表の第1族または第2族に属する元素も含む)を用いることもできる。

40

仕事関数の小さい材料である、元素周期表の第1族または第2族に属する元素、すなわちリチウム(Li)やセシウム(Cs)等のアルカリ金属、およびマグネシウム(Mg)、カルシウム(Ca)、ストロンチウム(Sr)等のアルカリ土類金属、およびこれらを含む合金(例えば、MgAg、AlLi)、ユーロピウム(Eu)、イッテルビウム(Yb)等の希土類金属およびこれらを含む合金等を用いることもできる。なお、アルカリ金属、アルカリ土類金属、およびこれらを含む合金を用いて陽極3を形成する場合には、真

50

空蒸着法やスパッタリング法を用いることができる。さらに、銀ペーストなどを用いる場合には、塗布法やインクジェット法などを用いることができる。

【0158】

(正孔注入層)

正孔注入層6は、正孔注入性の高い物質を含む層である。正孔注入性の高い物質としては、モリブデン酸化物、チタン酸化物、バナジウム酸化物、レニウム酸化物、ルテニウム酸化物、クロム酸化物、ジルコニウム酸化物、ハフニウム酸化物、タンタル酸化物、銀酸化物、タングステン酸化物、マンガン酸化物等を用いることができる。

また、正孔注入性の高い物質としては、低分子の有機化合物である4,4',4''-トリス(N,N-ジフェニルアミノ)トリフェニルアミン(略称:TDATA)、4,4',4''-トリス[N-(3-メチルフェニル)-N-フェニルアミノ]トリフェニルアミン(略称:MTDATA)、4,4'-ビス[N-(4-ジフェニルアミノフェニル)-N-フェニルアミノ]ビフェニル(略称:DPAB)、4,4'-ビス(N-{4-[N'-(3-メチルフェニル)-N'-フェニルアミノ]フェニル}-N-フェニルアミノ)ビフェニル(略称:DNTPD)、1,3,5-トリス[N-(4-ジフェニルアミノフェニル)-N-フェニルアミノ]ベンゼン(略称:DPAB)、3-[N-(9-フェニルカルバゾール-3-イル)-N-フェニルアミノ]-9-フェニルカルバゾール(略称:PCzPCA1)、3,6-ビス[N-(9-フェニルカルバゾール-3-イル)-N-フェニルアミノ]-9-フェニルカルバゾール(略称:PCzPCA2)、3-[N-(1-ナフチル)-N-(9-フェニルカルバゾール-3-イル)アミノ]-9-フェニルカルバゾール(略称:PCzPCN1)等の芳香族アミン化合物等やジピラジノ[2,3-f:20,30-h]キノキサリン-2,3,6,7,10,11-ヘキサカルボニトリル(HAT-CN)も挙げられる。

また、正孔注入性の高い物質としては、高分子化合物(オリゴマー、 dendリマー、ポリマー等)を用いることもできる。例えば、ポリ(N-ビニルカルバゾール)(略称:PVK)、ポリ(4-ビニルトリフェニルアミン)(略称:PVTPA)、ポリ[N-(4-{N'-[4-(4-ジフェニルアミノ)フェニル]フェニル-N'-フェニルアミノ}フェニル)メタクリルアミド](略称:PTPDMA)、ポリ[N,N'-ビス(4-ブチルフェニル)-N,N'-ビス(フェニル)ベンジジン](略称:Poly-TPD)などの高分子化合物が挙げられる。また、ポリ(3,4-エチレンジオキシチオフェン)/ポリ(スチレンスルホン酸)(PEDOT/PSS)、ポリアニリン/ポリ(スチレンスルホン酸)(PANI/PSS)等の酸を添加した高分子化合物を用いることもできる。

【0159】

(正孔輸送層)

正孔輸送層7は、正孔輸送性の高い物質を含む層である。正孔輸送層7には、芳香族アミン化合物、カルバゾール誘導体、アントラセン誘導体等を使用することができる。具体的には、4,4'-ビス[N-(1-ナフチル)-N-フェニルアミノ]ビフェニル(略称:NPB)やN,N'-ビス(3-メチルフェニル)-N,N'-ジフェニル-[1,1'-ビフェニル]-4,4'-ジアミン(略称:TPD)、4-フェニル-4'-(9-フェニルフルオレン-9-イル)トリフェニルアミン(略称:BAFLP)、4,4'-ビス[N-(9,9-ジメチルフルオレン-2-イル)-N-フェニルアミノ]ビフェニル(略称:DFLDPBi)、4,4',4''-トリス(N,N-ジフェニルアミノ)トリフェニルアミン(略称:TDATA)、4,4',4''-トリス[N-(3-メチルフェニル)-N-フェニルアミノ]トリフェニルアミン(略称:MTDATA)、4,4'-ビス[N-(スピロ-9,9'-ビフルオレン-2-イル)-N-フェニルアミノ]ビフェニル(略称:BSPB)などの芳香族アミン化合物等を用いることができる。ここに述べた物質は、主に $10^{-6} \text{ cm}^2 / \text{Vs}$ 以上の正孔移動度を有する物質である。

正孔輸送層7には、CBP、9-[4-(N-カルバゾリル)]フェニル-10-フェニルアントラセン(CzPA)、9-フェニル-3-[4-(10-フェニル-9-アン

トリル)フェニル]-9H-カルバゾール(PCzPA)のようなカルバゾール誘導体や、t-BuDNA、DNA、DPAnthのようなアントラセン誘導体を用いても良い。ポリ(N-ビニルカルバゾール)(略称:PVK)やポリ(4-ビニルトリフェニルアミン)(略称:PVTPA)等の高分子化合物を用いることもできる。

但し、電子よりも正孔の輸送性の高い物質であれば、これら以外のものを用いてもよい。なお、正孔輸送性の高い物質を含む層は、単層のものだけでなく、上記物質からなる層が二層以上積層したものとしてもよい。

正孔輸送層を二層以上配置する場合、エネルギーギャップのより大きい材料を含む層を、発光層5に近い側に配置することが好ましい。

【0160】

本実施形態において、正孔輸送層7は、発光層5で生成する三重項励起子が正孔輸送層7へ拡散することを防止し、三重項励起子を発光層5内に閉じ込める機能を有することが好ましい。三重項励起子を発光層5内に閉じ込めることで、三重項励起子の密度を高め、TTF現象を効率良く発生させることができる。三重項励起子の拡散防止のため、正孔輸送層7の三重項エネルギーT(Ht)は、T(M1)より大きいことが好ましい。このような三重項エネルギーの関係を満たすことで、正孔輸送層7は、三重項励起子の拡散を防止する。

【0161】

(電子輸送層)

電子輸送層8は、電子輸送性の高い物質を含む層である。電子輸送層8には、1)アルミニウム錯体、ベリリウム錯体、亜鉛錯体等の金属錯体、2)イミダゾール誘導体、ベンゾイミダゾール誘導体、アジン誘導体、カルバゾール誘導体、フェナントロリン誘導体等の複素芳香族化合物、3)高分子化合物を使用することができる。具体的には低分子の有機化合物として、Alq、トリス(4-メチル-8-キノリノラト)アルミニウム(略称:Almq₃)、ビス(10-ヒドロキシベンゾ[h]キノリナト)ベリリウム(略称:BeBq₂)、BALq、Znq、ZnPBO、ZnBTZなどの金属錯体等を用いることができる。また、金属錯体以外にも、2-(4-ピフェニル)-5-(4-tert-ブチルフェニル)-1,3,4-オキサジアゾール(略称:PBd)、1,3-ビス[5-(p-tert-ブチルフェニル)-1,3,4-オキサジアゾール-2-イル]ベンゼン(略称:OXD-7)、3-(4-tert-ブチルフェニル)-4-フェニル-5-(4-ピフェニル)-1,2,4-トリアゾール(略称:TAZ)、3-(4-tert-ブチルフェニル)-4-(4-エチルフェニル)-5-(4-ピフェニル)-1,2,4-トリアゾール(略称:p-ETTAZ)、バソフェナントロリン(略称:BPheN)、バソキュプロイン(略称:BCP)、4,4'-ビス(5-メチルベンゾオキサゾール-2-イル)スチルベン(略称:BzOs)などの複素芳香族化合物も用いることができる。本実施態様においては、ベンゾイミダゾール化合物を好適に用いることができる。ここに述べた物質は、主に $10^{-6} \text{ cm}^2 / \text{Vs}$ 以上の電子移動度を有する物質である。なお、正孔輸送性よりも電子輸送性の高い物質であれば、上記以外の物質を電子輸送層8として用いてもよい。また、電子輸送層8は、単層のものだけでなく、上記物質からなる層が二層以上積層したものとしてもよい。

また、電子輸送層8には、高分子化合物を用いることもできる。例えば、ポリ[(9,9-ジヘキシルフルオレン-2,7-ジイル)-co-(ピリジン-3,5-ジイル)](略称:PF-Py)、ポリ[(9,9-ジオクチルフルオレン-2,7-ジイル)-co-(2,2'-ピピリジン-6,6'-ジイル)](略称:PF-BPy)などを用いることができる。

【0162】

本実施形態において、電子輸送層8は、発光層5で生成する三重項励起子が電子輸送層8や電子注入層9へ拡散することを防止し、三重項励起子を発光層5内に閉じ込める機能を有することが好ましい。三重項励起子を発光層5内に閉じ込めることで、三重項励起子の密度を高め、TTF現象を効率良く発生させることができる。三重項励起子の拡散防止

10

20

30

40

50

のため、電子輸送層 8 の三重項エネルギー $T(E_t)$ は、 $T(M_1)$ より大きいことが好ましく、さらに、 $T(E_t)$ は、 $T(M_3)$ より大きいことが好ましい。このような三重項エネルギーの関係を満たすことで、電子輸送層 8 は、三重項励起子が拡散することを防止する。

【0163】

(電子注入層)

電子注入層 9 は、電子注入性の高い物質を含む層である。電子注入層 9 には、リチウム (Li)、セシウム (Cs)、カルシウム (Ca)、フッ化リチウム (LiF)、フッ化セシウム (CsF)、フッ化カルシウム (CaF₂)、リチウム酸化物 (LiO_x) 等のようなアルカリ金属、アルカリ土類金属、またはそれらの化合物を用いることができる。その他、電子輸送性を有する物質にアルカリ金属、アルカリ土類金属、またはそれらの化合物を含有させたもの、具体的には Alq 中にマグネシウム (Mg) を含有させたもの等を用いてもよい。なお、この場合には、陰極 4 からの電子注入をより効率良く行うことができる。

あるいは、電子注入層 9 に、有機化合物と電子供与体 (ドナー) とを混合してなる複合材料を用いてもよい。このような複合材料は、電子供与体によって有機化合物に電子が発生するため、電子注入性および電子輸送性に優れている。この場合、有機化合物としては、発生した電子の輸送に優れた材料であることが好ましく、具体的には、例えば上述した電子輸送層 8 を構成する物質 (金属錯体や複素芳香族化合物等) を用いることができる。電子供与体としては、有機化合物に対し電子供与性を示す物質であればよい。具体的には、アルカリ金属やアルカリ土類金属や希土類金属が好ましく、リチウム、セシウム、マグネシウム、カルシウム、エルビウム、イッテルビウム等が挙げられる。また、アルカリ金属酸化物やアルカリ土類金属酸化物が好ましく、リチウム酸化物、カルシウム酸化物、バリウム酸化物等が挙げられる。また、酸化マグネシウムのようなルイス塩基を用いることもできる。また、テトラチアフルパレン (略称: TTF) 等の有機化合物を用いることもできる。

【0164】

(陰極)

陰極 4 には、仕事関数の小さい (具体的には 3.8 eV 以下) 金属、合金、電気伝導性化合物、およびこれらの混合物などを用いることが好ましい。このような陰極材料の具体例としては、元素周期表の第 1 族または第 2 族に属する元素、すなわちリチウム (Li) やセシウム (Cs) 等のアルカリ金属、およびマグネシウム (Mg)、カルシウム (Ca)、ストロンチウム (Sr) 等のアルカリ土類金属、およびこれらを含む合金 (例えば、MgAg、AlLi)、ユーロピウム (Eu)、イッテルビウム (Yb) 等の希土類金属およびこれらを含む合金等が挙げられる。

なお、アルカリ金属、アルカリ土類金属、これらを含む合金を用いて陰極 4 を形成する場合には、真空蒸着法やスパッタリング法を用いることができる。また、銀ペーストなどを用いる場合には、塗布法やインクジェット法などを用いることができる。

なお、電子注入層 9 を設けることにより、仕事関数の大小に関わらず、Al、Ag、ITO、グラフェン、珪素もしくは酸化珪素を含有した酸化インジウム - 酸化スズ等様々な導電性材料を用いて陰極 4 を形成することができる。これらの導電性材料は、スパッタリング法やインクジェット法、スピンコート法などを用いて成膜することができる。

【0165】

(層形成方法)

本実施形態の有機 EL 素子 1 の各層の形成方法としては、上記で特に言及した以外には制限されないが、真空蒸着法、スパッタリング法、プラズマ法、イオンプレーティング法などの乾式成膜法や、スピンコーティング法、ディッピング法、フローコーティング法、インクジェット法などの湿式成膜法などの公知の方法を採用することができる。

【0166】

(膜厚)

本実施形態の有機EL素子1の各有機層の膜厚は、上記で特に言及した以外には制限されないが、一般に膜厚が薄すぎるとピンホール等の欠陥が生じやすく、逆に厚すぎると高い印加電圧が必要となり効率が悪くなるため、通常は数nmから1 μ mの範囲が好ましい。

【0167】

本明細書において、環形成炭素数とは、原子が環状に結合した構造の化合物（例えば、単環化合物、縮合環化合物、架橋化合物、炭素環化合物、複素環化合物）の当該環自体を構成する原子のうちの炭素原子の数を表す。当該環が置換基によって置換される場合、置換基に含まれる炭素は環形成炭素数には含まない。以下で記される「環形成炭素数」については、特筆しない限り同様とする。例えば、ベンゼン環は環形成炭素数が6であり、ナフタレン環は環形成炭素数が10であり、ピリジニル基は環形成炭素数5であり、フランニル基は環形成炭素数4である。また、ベンゼン環やナフタレン環に置換基として例えばアルキル基が置換している場合、当該アルキル基の炭素数は、環形成炭素数の数に含めない。また、フルオレン環に置換基として例えばフルオレン環が結合している場合（スピロフルオレン環を含む）、置換基としてのフルオレン環の炭素数は環形成炭素数の数に含めない。本明細書において、環形成原子数とは、原子が環状に結合した構造（例えば単環、縮合環、環集合）の化合物（例えば単環化合物、縮合環化合物、架橋化合物、炭素環化合物、複素環化合物）の当該環自体を構成する原子の数を表す。環を構成しない原子（例えば環を構成する原子の結合手を終端する水素原子）や、当該環が置換基によって置換される場合の置換基に含まれる原子は環形成原子数には含まない。以下で記される「環形成原子数」については、特筆しない限り同様とする。例えば、ピリジン環は、環形成原子数が6であり、キナゾリン環は、環形成原子数が10であり、フラン環は、環形成原子数が5である。ピリジン環やキナゾリン環の炭素原子にそれぞれ結合している水素原子や置換基を構成する原子については、環形成原子数の数に含めない。また、フルオレン環に置換基として例えばフルオレン環が結合している場合（スピロフルオレン環を含む）、置換基としてのフルオレン環の原子数は環形成原子数の数に含めない。

次に前記一般式に記載の各置換基について説明する。

【0168】

本実施形態における環形成炭素数6～30の芳香族炭化水素基（アリアル基と称する場合がある。）としては、例えば、フェニル基、ピフェニル基、ターフェニル基、ナフチル基、アントリル基、フェナントリル基、フルオレニル基、ピレニル基、クリセニル基、フルオランテニル基、ベンゾ[a]アントリル基、ベンゾ[c]フェナントリル基、トリフェニレニル基、ベンゾ[k]フルオランテニル基、ベンゾ[g]クリセニル基、ベンゾ[b]トリフェニレニル基、ピセニル基、ペリレニル基などが挙げられる。

本実施形態におけるアリアル基としては、環形成炭素数が6～20であることが好ましく、より好ましくは6～12であることが更に好ましい。上記アリアル基の中でもフェニル基、ピフェニル基、ナフチル基、フェナントリル基、ターフェニル基、フルオレニル基が特に好ましい。1-フルオレニル基、2-フルオレニル基、3-フルオレニル基および4-フルオレニル基については、9位の炭素原子に、後述する本実施形態における置換もしくは無置換の炭素数1～30のアルキル基や置換もしくは無置換の環形成炭素数6～18のアリアル基が置換されていることが好ましい。

【0169】

本実施形態における環形成原子数5～30の複素環基（ヘテロアリアル基、ヘテロ芳香族環基、または芳香族複素環基と称する場合がある。）は、ヘテロ原子として、窒素、硫黄、酸素、ケイ素、セレン原子、およびゲルマニウム原子からなる群から選択される少なくともいずれかの原子を含むことが好ましく、窒素、硫黄、および酸素からなる群から選択される少なくともいずれかの原子を含むことがより好ましい。

本実施形態における環形成原子数5～30の複素環基（ヘテロアリアル基、ヘテロ芳香族環基、または芳香族複素環基と称する場合がある。）としては、例えば、ピリジル基、ピリミジニル基、ピラジニル基、ピリダジニル基、トリアジニル基、キノリル基、イソキ

ノリニル基、ナフチリジニル基、フタラジニル基、キノキサリニル基、キナゾリニル基、フェナントリジニル基、アクリジニル基、フェナントロリニル基、ピロリル基、イミダゾリル基、ピラゾリル基、トリアゾリル基、テトラゾリル基、インドリル基、ベンズイミダゾリル基、インダゾリル基、イミダゾピリジニル基、ベンズトリアゾリル基、カルバゾリル基、フリル基、チエニル基、オキサゾリル基、チアゾリル基、イソキサゾリル基、イソチアゾリル基、オキサジアゾリル基、チアジアゾリル基、ベンゾフラニル基、ベンゾチオフェニル基、ベンゾオキサゾリル基、ベンゾチアゾリル基、ベンゾイソキサゾリル基、ベンゾイソチアゾリル基、ベンゾオキサジアゾリル基、ベンゾチアジアゾリル基、ジベンゾフラニル基、ジベンゾチオフェニル基、ピペリジニル基、ピロリジニル基、ピペラジニル基、モルホリル基、フェナジニル基、フェノチアジニル基、フェノキサジニル基などが挙げられる。

10

本実施形態における複素環基の環形成原子数は、5～20であることが好ましく、5～14であることがさらに好ましい。上記複素環基の中でも1-ジベンゾフラニル基、2-ジベンゾフラニル基、3-ジベンゾフラニル基、4-ジベンゾフラニル基、1-ジベンゾチオフェニル基、2-ジベンゾチオフェニル基、3-ジベンゾチオフェニル基、4-ジベンゾチオフェニル基、1-カルバゾリル基、2-カルバゾリル基、3-カルバゾリル基、4-カルバゾリル基、9-カルバゾリル基が特に好ましい。1-カルバゾリル基、2-カルバゾリル基、3-カルバゾリル基および4-カルバゾリル基については、9位の窒素原子に、本実施形態における置換もしくは無置換の環形成炭素数6～30のアリール基または置換もしくは無置換の環形成原子数5～30の複素環基が置換されていることが好ましい。

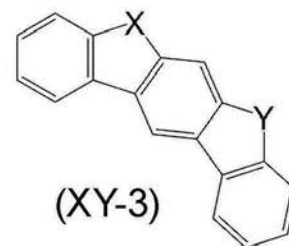
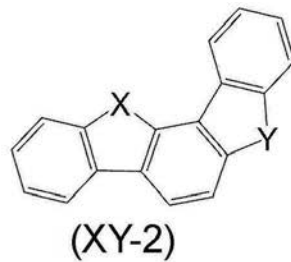
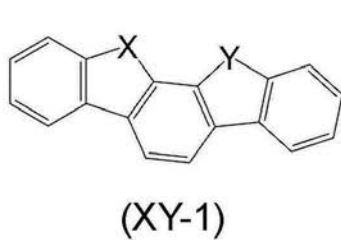
20

【0170】

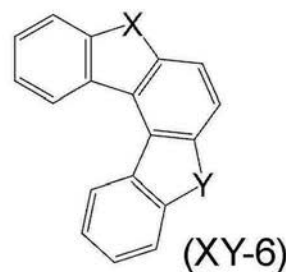
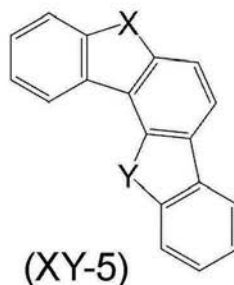
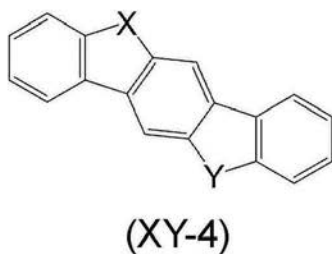
また、本実施形態において、複素環基は、例えば、下記一般式(XY-1)～(XY-18)で表される部分構造から誘導される基であってもよい。

【0171】

【化37】



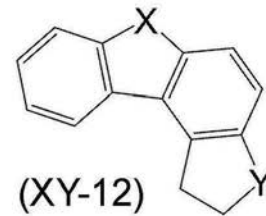
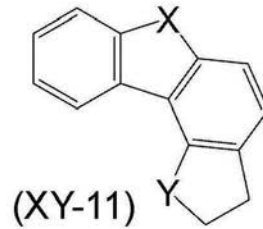
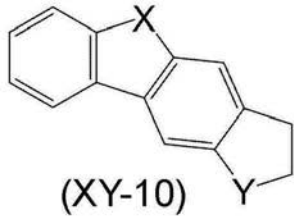
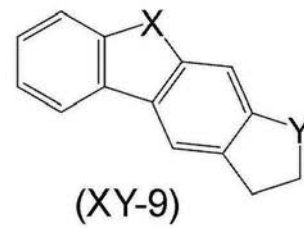
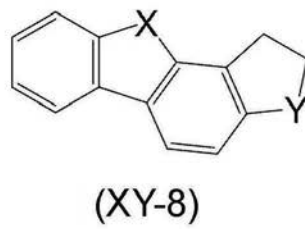
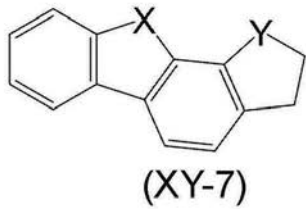
30



40

【0172】

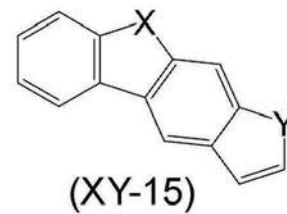
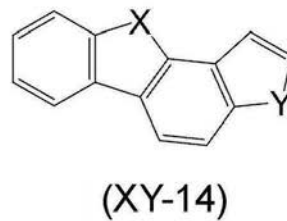
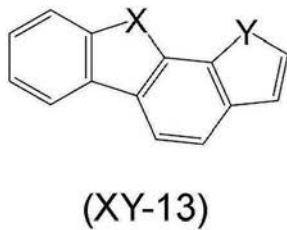
【化38】



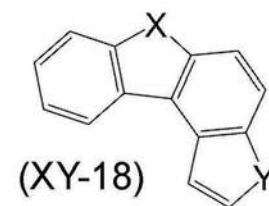
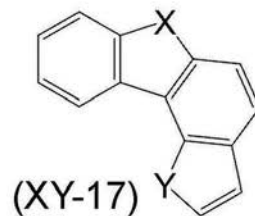
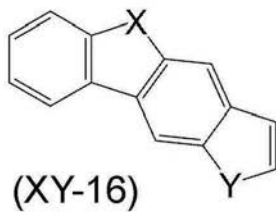
10

【0173】

【化39】



20



30

【0174】

前記一般式(XY-1)~(XY-18)において、XおよびYは、それぞれ独立に、ヘテロ原子であり、酸素原子、硫黄原子、セレン原子、ケイ素原子、またはゲルマニウム原子であることが好ましい。前記一般式(XY-1)~(XY-18)で表される部分構造は、任意の位置で結合手を有して複素環基となり、この複素環基は、置換基を有していてもよい。

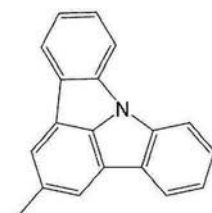
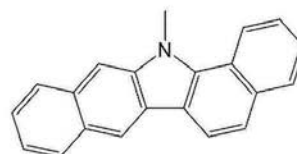
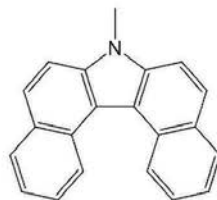
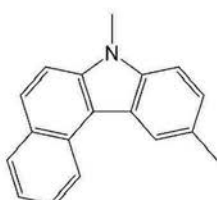
【0175】

また、本実施形態において、置換もしくは無置換のカルバゾリル基としては、例えば、下記式で表されるようなカルバゾール環に対してさらに環が縮合した基も含み得る。このように基も置換基を有していてもよい。また、結合手の位置も適宜変更され得る。

40

【0176】

【化40】



【0177】

50

本実施形態における炭素数 1 ~ 30 のアルキル基としては、直鎖、分岐鎖または環状のいずれであってもよい。直鎖または分岐鎖のアルキル基としては、例えば、メチル基、エチル基、n - プロピル基、イソプロピル基、n - ブチル基、s - ブチル基、イソブチル基、t - ブチル基、n - ペンチル基、n - ヘキシル基、n - ヘプチル基、n - オクチル基、n - ノニル基、n - デシル基、n - ウンデシル基、n - ドデシル基、n - トリデシル基、n - テトラデシル基、n - ペンタデシル基、n - ヘキサデシル基、n - ヘプタデシル基、n - オクタデシル基、ネオペンチル基、アミル基、イソアミル基、1 - メチルペンチル基、2 - メチルペンチル基、1 - ペンチルヘキシル基、1 - ブチルペンチル基、1 - ヘプチルオクチル基、3 - メチルペンチル基、が挙げられる。

本実施形態における直鎖または分岐鎖のアルキル基の炭素数は、1 ~ 10 であることが好ましく、1 ~ 6 であることがさらに好ましい。上記直鎖または分岐鎖のアルキル基の中でもメチル基、エチル基、プロピル基、イソプロピル基、n - ブチル基、s - ブチル基、イソブチル基、t - ブチル基、n - ペンチル基、n - ヘキシル基、アミル基、イソアミル基、ネオペンチル基が特に好ましい。

本実施形態におけるシクロアルキル基としては、シクロプロピル基、シクロブチル基、シクロペンチル基、シクロヘキシル基、4 - メチルシクロヘキシル基、アダマンチル基、ノルボルニル基等が挙げられる。シクロアルキル基の環形成炭素数は、3 ~ 10 であることが好ましく、5 ~ 8 であることがさらに好ましい。上記シクロアルキル基の中でも、シクロペンチル基やシクロヘキシル基が特に好ましい。

アルキル基がハロゲン原子で置換されたハロゲン化アルキル基としては、例えば、上記炭素数 1 ~ 30 のアルキル基が 1 以上のハロゲン基で置換されたものが挙げられる。具体的には、フルオロメチル基、ジフルオロメチル基、トリフルオロメチル基、フルオロエチル基、トリフルオロメチルメチル基、トリフルオロエチル基、ペンタフルオロエチル基等が挙げられる。

【0178】

本実施形態における炭素数 3 ~ 30 のアルキルシリル基としては、上記炭素数 1 ~ 30 のアルキル基で例示したアルキル基を有するトリアルキルシリル基が挙げられ、具体的にはトリメチルシリル基、トリエチルシリル基、トリ - n - ブチルシリル基、トリ - n - オクチルシリル基、トリエイソブチルシリル基、ジメチルエチルシリル基、ジメチルイソプロピルシリル基、ジメチル - n - プロピルシリル基、ジメチル - n - ブチルシリル基、ジメチル - t - ブチルシリル基、ジエチルイソプロピルシリル基、ビニルジメチルシリル基、プロピルジメチルシリル基、トリエイソプロピルシリル基等が挙げられる。トリアルキルシリル基における 3 つのアルキル基は、それぞれ同一でも異なってもよい。

【0179】

本実施形態における環形成炭素数 6 ~ 30 のアリールシリル基としては、ジアルキルアリールシリル基、アルキルジアリールシリル基、トリアリールシリル基が挙げられる。

ジアルキルアリールシリル基は、例えば、上記炭素数 1 ~ 30 のアルキル基で例示したアルキル基を 2 つ有し、上記環形成炭素数 6 ~ 30 のアリール基を 1 つ有するジアルキルアリールシリル基が挙げられる。ジアルキルアリールシリル基の炭素数は、8 ~ 30 であることが好ましい。

アルキルジアリールシリル基は、例えば、上記炭素数 1 ~ 30 のアルキル基で例示したアルキル基を 1 つ有し、上記環形成炭素数 6 ~ 30 のアリール基を 2 つ有するアルキルジアリールシリル基が挙げられる。アルキルジアリールシリル基の炭素数は、13 ~ 30 であることが好ましい。

トリアリールシリル基は、例えば、上記環形成炭素数 6 ~ 30 のアリール基を 3 つ有するトリアリールシリル基が挙げられる。トリアリールシリル基の炭素数は、18 ~ 30 であることが好ましい。

【0180】

本実施形態における炭素数 1 ~ 30 のアルコキシ基は、 $-OZ_1$ と表される。この Z_1 の例として、上記炭素数 1 ~ 30 のアルキル基が挙げられる。アルコキシ基は、例えばメ

10

20

30

40

50

トキシ基、エトキシ基、プロポキシ基、ブトキシ基、ペンチルオキシ基、ヘキシルオキシ基があげられる。

アルコキシ基がハロゲン原子で置換されたハロゲン化アルコキシ基としては、例えば、上記炭素数 1 ~ 30 のアルコキシ基が 1 以上のハロゲン基で置換されたものが挙げられる。

【0181】

本実施形態における環形成炭素数 6 ~ 30 のアリーロキシ基は、 $-OZ_2$ と表される。この Z_2 の例として、上記環形成炭素数 6 ~ 30 のアリール基が挙げられる。このアリーロキシ基としては、例えば、フェノキシ基が挙げられる。

【0182】

炭素数 2 ~ 30 のアルキルアミノ基は、 $-NHRV$ 、または $-N(RV)_2$ と表される。この RV の例として、上記炭素数 1 ~ 30 のアルキル基が挙げられる。

【0183】

環形成炭素数 6 ~ 60 のアリールアミノ基は、 $-NHRW$ 、または $-N(RW)_2$ と表される。この RW の例として、上記環形成炭素数 6 ~ 30 のアリール基が挙げられる。

【0184】

炭素数 1 ~ 30 のアルキルチオ基は、 $-SRV$ と表される。この RV の例として、上記炭素数 1 ~ 30 のアルキル基が挙げられる。

環形成炭素数 6 ~ 30 のアリールチオ基は、 $-SRW$ と表される。この RW の例として、上記環形成炭素数 6 ~ 30 のアリール基が挙げられる。

【0185】

本発明において、「環形成炭素」とは飽和環、不飽和環、または芳香環を構成する炭素原子を意味する。「環形成原子」とはヘテロ環（飽和環、不飽和環、および芳香環を含む）を構成する炭素原子およびヘテロ原子を意味する。

また、本発明において、水素原子とは、中性子数の異なる同位体、すなわち、軽水素（Protium）、重水素（Deuterium）、三重水素（Tritium）を包含する。

【0186】

また、「置換もしくは無置換の」という場合における置換基としては、上述のようなアリール基、複素環基、アルキル基（直鎖または分岐鎖のアルキル基、シクロアルキル基、ハロアルキル基）、アルキルシリル基、アリールシリル基、アルコキシ基、アリーロキシ基、アルキルアミノ基、アリールアミノ基、アルキルチオ基、アリールチオ基の他に、アルケニル基、アルキニル基、アラルキル基、ハロゲン原子、シアノ基、ヒドロキシル基、ニトロ基、およびカルボキシ基が挙げられる。

ここで挙げた置換基の中では、アリール基、複素環基、アルキル基、ハロゲン原子、アルキルシリル基、アリールシリル基、シアノ基が好ましく、さらには、各置換基の説明において好ましいとした具体的な置換基が好ましい。

これらの置換基は、上記の置換基によって更に置換されてもよい。また、これらの置換基は複数が互いに結合して環を形成してもよい。

【0187】

アルケニル基としては、炭素数 2 ~ 30 のアルケニル基が好ましく、直鎖、分岐鎖、または環状のいずれであってもよく、例えば、ビニル基、プロペニル基、ブテニル基、オレイル基、エイコサペンタエニル基、ドコサヘキサエニル基、スチリル基、2, 2 - ジフェニルビニル基、1, 2, 2 - トリフェニルビニル基、2 - フェニル - 2 - プロペニル基、シクロペンタジエニル基、シクロペンテニル基、シクロヘキセニル基、シクロヘキサジエニル基等が挙げられる。

【0188】

アルキニル基としては、炭素数 2 ~ 30 のアルキニル基が好ましく、直鎖、分岐鎖、または環状のいずれであってもよく、例えば、エチニル、プロピニル、2 - フェニルエチニル等が挙げられる。

10

20

30

40

50

【0189】

アラルキル基としては、環形成炭素数6～30のアラルキル基が好ましく、 $-Z_3-Z_4$ と表される。この Z_3 の例として、上記炭素数1～30のアルキル基に対応するアルキレン基が挙げられる。この Z_4 の例として、上記環形成炭素数6～30のアリアル基の例が挙げられる。このアラルキル基は、炭素数7～30のアラルキル基（アリアル部分は炭素数6～30、好ましくは6～20、より好ましくは6～12）、アルキル部分は炭素数1～30（好ましくは1～20、より好ましくは1～10、さらに好ましくは1～6）であることが好ましい。このアラルキル基としては、例えば、ベンジル基、2-フェニルプロパン-2-イル基、1-フェニルエチル基、2-フェニルエチル基、1-フェニルイソプロピル基、2-フェニルイソプロピル基、フェニル-t-ブチル基、 α -ナフチルメチル基、1- β -ナフチルエチル基、2- β -ナフチルエチル基、1- β -ナフチルイソプロピル基、2- β -ナフチルイソプロピル基、 α -ナフチルメチル基、1- β -ナフチルエチル基、2- β -ナフチルエチル基、1- β -ナフチルイソプロピル基、2- β -ナフチルイソプロピル基が挙げられる。

10

【0190】

ハロゲン原子として、フッ素原子、塩素原子、臭素原子、ヨウ素原子等が挙げられ、好ましくはフッ素原子である。

【0191】

「置換もしくは無置換の」という場合における「無置換」とは前記置換基で置換されておらず、水素原子が結合していることを意味する。

20

なお、本明細書において、「置換もしくは無置換の炭素数 $XX \sim YY$ の ZZ 基」という表現における「炭素数 $XX \sim YY$ 」は、 ZZ 基が無置換である場合の炭素数を表すものであり、置換されている場合の置換基の炭素数は含めない。ここで、「 YY 」は「 XX 」よりも大きく、「 XX 」と「 YY 」はそれぞれ1以上の整数を意味する。

本明細書において、「置換もしくは無置換の原子数 $XX \sim YY$ の ZZ 基」という表現における「原子数 $XX \sim YY$ 」は、 ZZ 基が無置換である場合の原子数を表すものであり、置換されている場合の置換基の原子数は含めない。ここで、「 YY 」は「 XX 」よりも大きく、「 XX 」と「 YY 」はそれぞれ1以上の整数を意味する。

以下に説明する化合物またはその部分構造において、「置換もしくは無置換の」という場合についても、前記と同様である。

30

【0192】

本実施形態において、置換基同士が互いに結合して環構造が構築される場合、環構造は、飽和環、不飽和環、または芳香環である。

【0193】

（電子機器）

本発明の一実施形態に係る有機EL素子1は、表示装置や発光装置等の電子機器に使用できる。表示装置としては、例えば、有機ELパネルモジュール等の表示部品、テレビ、携帯電話、タブレットもしくはパーソナルコンピュータ等が挙げられる。発光装置としては、例えば、照明、もしくは車両用灯具等が挙げられる。

40

【0194】

〔実施形態の変形〕

なお、本発明は、上述の実施形態に限定されるものではなく、本発明の目的を達成できる範囲での変更、改良などは、本発明に含まれるものである。

【0195】

例えば、発光層は、1層に限られず、複数の発光層が積層されていてもよい。有機EL素子が複数の発光層を有する場合、少なくとも1つの発光層が前記第一の化合物、第二の化合物および第三の化合物を含んでいればよい。例えば、その他の発光層が、蛍光発光型の発光層であっても、三重項励起状態から直接基底状態への電子遷移による発光を利用した燐光発光型の発光層であってもよい。

また、有機EL素子が複数の発光層を有する場合、これらの発光層が互いに隣接して設

50

けられていてもよいし、中間層を介して複数の発光ユニットが積層された、いわゆるタンデム型の有機EL素子であってもよい。

【0196】

また、例えば、発光層の陽極側や陰極側に障壁層を隣接させて設けてもよい。障壁層は、発光層に接して配置され、正孔、電子および励起子の少なくともいずれかを阻止することが好ましい。

例えば、発光層の陰極側で接して障壁層が配置された場合、当該障壁層は、電子を輸送し、正孔が当該障壁層よりも陰極側の層（例えば、電子輸送層）に到達することを阻止する。有機EL素子が、電子輸送層を含む場合は、発光層と電子輸送層との間に当該障壁層を含むことが好ましい。

また、発光層の陽極側で接して障壁層が配置された場合、当該障壁層は、正孔を輸送し、電子が当該障壁層よりも陽極側の層（例えば、正孔輸送層）に到達することを阻止する。有機EL素子が、正孔輸送層を含む場合は、発光層と正孔輸送層との間に当該障壁層を含むことが好ましい。

また、励起エネルギーが発光層からその周辺層に漏れ出さないように、障壁層を発光層に隣接させて設けてもよい。発光層で生成した励起子が、当該障壁層よりも電極側の層（例えば、電子輸送層や正孔輸送層）に移動することを阻止する。

発光層と障壁層とは接合していることが好ましい。

【0197】

その他、本発明の実施における具体的な構造および形状などは、本発明の目的を達成できる範囲で他の構造などとしてもよい。

【実施例】

【0198】

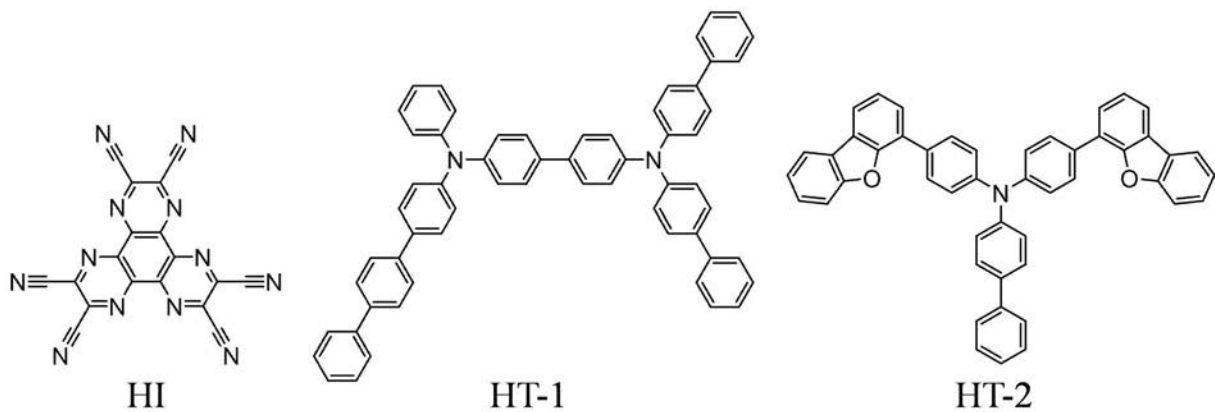
次に、実施例を説明するが、本発明はこれらの実施例の記載内容になんら制限されるものではない。

【0199】

有機EL素子の製造に用いた化合物を以下に示す。

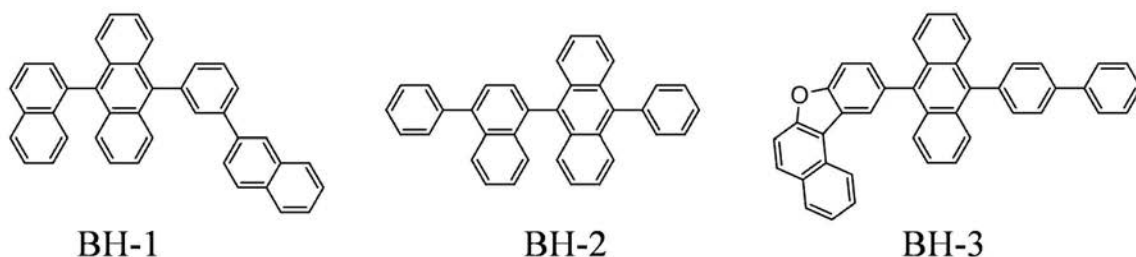
【0200】

【化41】



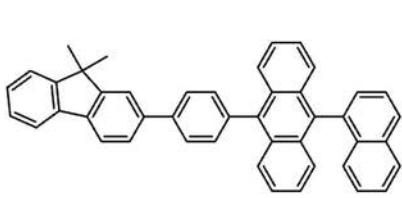
【0201】

【化42】

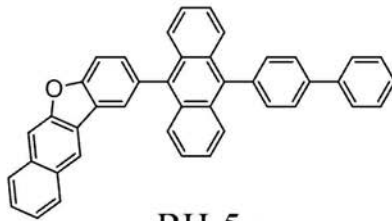


【0202】

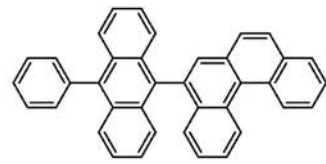
【化 4 3】



BH-4



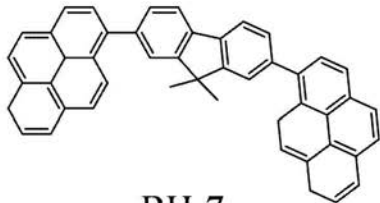
BH-5



BH-6

【 0 2 0 3】

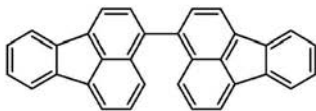
【化 4 4】



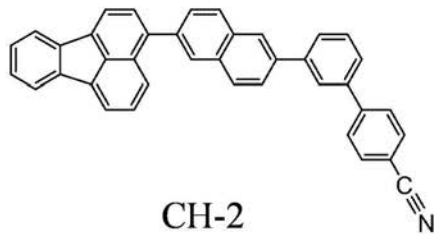
BH-7

【 0 2 0 4】

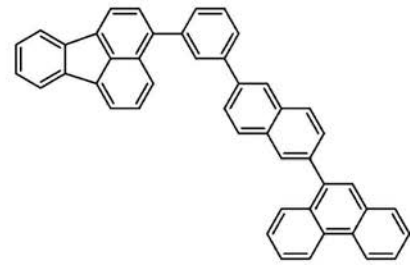
【化 4 5】



CH-1



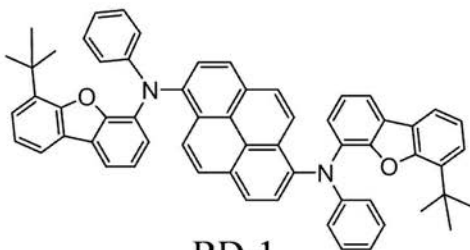
CH-2



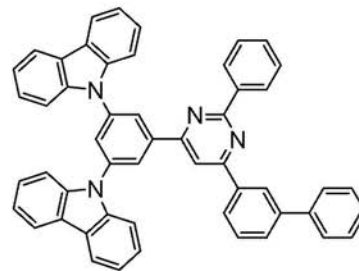
CH-3

【 0 2 0 5】

【化 4 6】



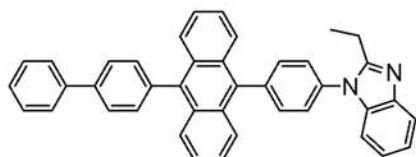
BD-1



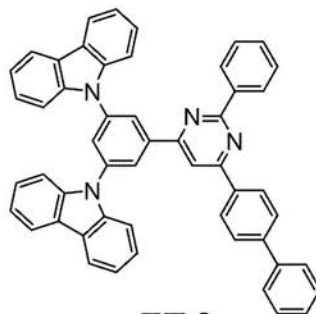
HB-1

【 0 2 0 6】

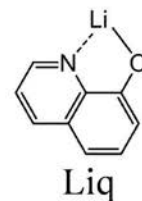
【化 4 7】



ET-1



ET-2



Liq

【 0 2 0 7】

10

20

30

40

50

[化合物の評価]

次に、本実施例で使用した化合物の物性を測定した。測定方法および算出方法を以下に示すとともに、測定結果および算出結果を表 1 に示す。

【 0 2 0 8 】

・一重項エネルギー S

一重項エネルギー S は、次のようにして測定される。

測定対象となる化合物の $10 \mu\text{mol} / \text{L}$ トルエン溶液を調製して石英セルに入れ、常温 (300K) でこの試料の吸収スペクトル (縦軸：発光強度、横軸：波長とする。) を測定した。この吸収スペクトルの長波長側の立ち下がりに対して接線を引き、その接線と横軸との交点の波長値 $\text{edge} [\text{nm}]$ を次に示す換算式 1 に代入して一重項エネルギーを算出した。

$$\text{換算式 1 : } S [\text{eV}] = 1239.85 / \text{edge}$$

本実施例では、吸収スペクトルを日立社製の分光光度計 (装置名：U3310) で測定した。

【 0 2 0 9 】

なお、吸収スペクトルの長波長側の立ち下がりに対する接線は以下のように引いた。吸収スペクトルの極大値のうち、最も長波長側の極大値から長波長方向にスペクトル曲線上を移動する際に、曲線上の各点における接線を考える。この接線は、曲線が立ち下がるにつれ (つまり縦軸の値が減少するにつれ)、傾きが減少しその後増加することを繰り返す。傾きの値が最も長波長側 (ただし、吸光度が 0.1 以下となる場合は除く) で極小値をとる点において引いた接線を当該吸収スペクトルの長波長側の立ち下がりに対する接線とする。

なお、吸光度の値が 0.2 以下の極大点は、上記最も長波長側の極大値には含めなかった。

【 0 2 1 0 】

・三重項エネルギー T

三重項エネルギーの測定は、次のようにして行った。測定対象化合物を EPA (ジエチルエーテル：イソペンタン：エタノール = $5 : 5 : 5$ (容積比)) 中に、濃度が $10 \mu\text{mol} / \text{L}$ となるように溶解し、この溶液を石英セル中に入れて測定試料とした。この測定試料について、低温 ($77 [\text{K}]$) で燐光スペクトル (縦軸：燐光発光強度、横軸：波長とする。) を測定し、この燐光スペクトルの短波長側の立ち上がりに対して接線を引き、その接線と横軸との交点の波長値 $\text{edge} [\text{nm}]$ に基づいて、次の換算式 2 から算出されるエネルギー量を三重項エネルギー T とした。

$$\text{換算式 2 : } T [\text{eV}] = 1239.85 / \text{edge}$$

燐光の測定には、(株)日立ハイテクノロジー製の F-4500 形分光蛍光光度計本体を用いた。

【 0 2 1 1 】

燐光スペクトルの短波長側の立ち上がりに対する接線は以下のように引く。燐光スペクトルの短波長側から、スペクトルの極大値のうち、最も短波長側の極大値までスペクトル曲線上を移動する際に、長波長側に向けて曲線上の各点における接線を考える。この接線は、曲線が立ち上がるにつれ (つまり縦軸が増加するにつれ)、傾きが増加する。この傾きの値が極大値をとる点において引いた接線 (すなわち変曲点における接線) が、当該燐光スペクトルの短波長側の立ち上がりに対する接線とする。

なお、スペクトルの最大ピーク強度の 15% 以下のピーク強度をもつ極大点は、上述の最も短波長側の極大値には含めず、最も短波長側の極大値に最も近い、傾きの値が極大値をとる点において引いた接線を当該燐光スペクトルの短波長側の立ち上がりに対する接線とした。

【 0 2 1 2 】

・イオン化ポテンシャル I_p

大気下で光電子分光装置 (理研計器株式会社製：AC-3) を用いて測定した。具体的

10

20

30

40

50

には、測定対象となる化合物に光を照射し、その際に電荷分離によって生じる電子量を測定することにより測定した。

【 0 2 1 3 】

・電子親和力（アフィニティ） A_f

上述の方法で測定した化合物のイオン化ポテンシャル I_p および一重項エネルギー S の測定値を用い、次の計算式から算出した。

$$A_f = I_p - S$$

【 0 2 1 4 】

【表 1】

化合物	S (eV)	T (eV)	I_p (eV)	A_f (eV)
BH-1	3.0	1.8	6.0	3.0
BH-2	3.0	1.8	6.0	3.0
BH-3	3.0	1.8	5.9	2.9
BH-4	3.0	1.8	5.8	2.8
BH-5	3.0	1.8	5.9	2.9
BH-6	3.0	1.8	6.0	3.0
BH-7	3.1	2.2	5.9	2.8
CH-1	3.0	2.3	6.4	3.5
CH-2	3.0	2.2	6.3	3.3
CH-3	3.1	2.3	6.2	3.1
BD-1	2.8	2.1	5.6	2.8

10

20

【 0 2 1 5 】

〔有機 EL 素子の製造例〕

30

・実施例 1

25 mm × 75 mm × 厚さ 1.1 mm の ITO 透明電極付きガラス基板（ジオマテック株式会社製）をイソプロピルアルコール中で超音波洗浄を 5 分間行なった後、UV オゾン洗浄を 30 分間行った。ITO 透明電極の厚さは 130 nm とした。

洗浄後の ITO 透明電極ライン付きガラス基板を真空蒸着装置の基板ホルダーに装着し、まず ITO 透明電極ラインが形成されている側の面上に前記透明電極を覆うようにして化合物 HI を蒸着して、膜厚 10 nm の HI 膜を成膜し、正孔注入層を形成した。

次に、この HI 膜上に、正孔輸送材料として化合物 HT-1 を蒸着して膜厚 80 nm の HT-1 膜を成膜し、第一正孔輸送層を形成した。

ついで、この HT-1 膜上に、第二正孔輸送材料として化合物 HT-2 を蒸着して、膜厚 10 nm の HT-2 膜を成膜し、第二正孔輸送層を形成した。

40

さらに、この HT-2 膜上に、第一の化合物としての化合物 BH-1 と、第二の化合物としての化合物 CH-1 と、第三の化合物としての化合物 BD-1 とを共蒸着した。これにより、厚さ 25 nm の発光層を形成した。なお、発光層中、化合物 BH-1 の割合は、92 質量%とし、化合物 CH-1 の割合は、4 質量%とし、化合物 BD-1 の割合は、4 質量%とした。

そして、この発光層の上に、化合物 HB-1 を蒸着して膜厚 25 nm の HB-1 膜を成膜し、正孔阻止層を形成した。

ついで、この HB-1 膜上に、化合物 ET-1 を蒸着し、膜厚 10 nm の電子輸送層を形成した。

50

次に、この電子輸送層上に、LiFを成膜速度0.1オングストローム/minで蒸着して膜厚1nmのLiF膜を成膜し、電子注入性電極（陰極）を形成した。

そして、このLiF膜上に金属Alを蒸着して膜厚80nmの金属Al膜を成膜し、金属Al陰極を形成した。

実施例1の有機EL素子の素子構成を略式的に示すと、次のとおりである。

ITO(130) / HI(10) / HT-1(80) / HT-2(10) / BH-1 : CH-1 : BD-1(25, 92% : 4% : 4%) / HB-1(25) / ET-1(10) / LiF(1) / Al(80)

なお、括弧内の数字は、膜厚（単位：nm）を示す。また、同じく括弧内において、パーセント表示された数字は、発光層における各材料の割合（質量%）を示す。

【0216】

10

・実施例2

実施例2の有機EL素子は、実施例1と同様に発光層まで形成した後、この発光層の上に、化合物ET-2と、Liq(8-キノリノラトリチウム)とを共蒸着した。これにより、厚さ36nmの電子輸送層を形成した。なお、電子輸送層中、化合物ET-2の割合は、50質量%とし、Liqの割合は、50質量%とした。

次に、この電子輸送層上に、Liqを蒸着し、膜厚1nmのLiq膜を成膜し、電子注入性電極（陰極）を形成した。

そして、このLiq膜上に金属Alを蒸着して膜厚80nmの金属Al膜を成膜し、金属Al陰極を形成した。

実施例2の有機EL素子の素子構成を略式的に示すと、次のとおりである。

20

ITO(130) / HI(10) / HT-1(80) / HT-2(10) / BH-1 : CH-1 : BD-1(25, 92% : 4% : 4%) / ET-2 : Liq(36, 50% : 50%) / Liq(1) / Al(80)

【0217】

・比較例1

比較例1の有機EL素子は、実施例1の発光層に代えて、化合物BH-1と化合物BD-1とを共蒸着して、厚さ25nmの発光層を形成したこと以外は、実施例1と同様にして作製した。なお、発光層中、化合物BH-1の割合は、96質量%とし、化合物BD-1の割合は、4質量%とした。

比較例1の有機EL素子の素子構成を略式的に示すと、次のとおりである。

ITO(130) / HI(10) / HT-1(80) / HT-2(10) / BH-1 : BD-1(25, 96% : 4%) / HB-1(25) / ET-1(10) / LiF(1) / Al(80)

30

【0218】

・比較例2

比較例2の有機EL素子は、実施例2の発光層に代えて、化合物BH-1と化合物BD-1とを共蒸着して、厚さ25nmの発光層を形成したこと以外は、実施例2と同様にして作製した。なお、発光層中、化合物BH-1の割合は、96質量%とし、化合物BD-1の割合は、4質量%とした。

比較例2の有機EL素子の素子構成を略式的に示すと、次のとおりである。

ITO(130) / HI(10) / HT-1(80) / HT-2(10) / BH-1 : BD-1(25, 96% : 4%) / ET-2 : Liq(36, 50% : 50%) / Liq(1) / Al(80)

40

【0219】

・比較例3

比較例3の有機EL素子は、実施例1の発光層に代えて、化合物BH-1と、化合物CH-3と、化合物BD-1とを共蒸着して、厚さ25nmの発光層を形成したこと以外は、実施例1と同様にして作製した。なお、発光層中、化合物BH-1の割合は、92質量%とし、化合物CH-3の割合は、4質量%とし、化合物BD-1の割合は、4質量%とした。

比較例3の有機EL素子の素子構成を略式的に示すと、次のとおりである。

ITO(130) / HI(10) / HT-1(80) / HT-2(10) / BH-1 : CH-3 : BD-1(25, 92% : 4% : 4%) / HB-1(25) / ET-1(10) / LiF(1) / Al(80)

50

【0220】

・比較例4

比較例4の有機EL素子は、実施例1の発光層に代えて、化合物BH-7と、化合物CH-1と、化合物BD-1とを共蒸着して、厚さ25nmの発光層を形成したこと以外は、実施例1と同様にして作製した。なお、発光層中、化合物BH-7の割合は、92質量%とし、化合物CH-1の割合は、4質量%とし、化合物BD-1の割合は、4質量%とした。

比較例4の有機EL素子の素子構成を略式的に示すと、次のとおりである。

ITO(130) / HI(10) / HT-1(80) / HT-2(10) / BH-7 : CH-1 : BD-1(25, 92% : 4% : 4%) / HB-1(25) / ET-1(10) / LiF(1) / Al(80)

10

【0221】

〔有機EL素子の評価〕

実施例1～2、および比較例1～4において作製した有機EL素子について、以下の評価を行った。評価結果を表2および表3に示す。

【0222】

・CIE1931色度

電流密度が10mA/cm²となるように素子に電圧を印加した時のCIE1931色度座標(x、y)を分光放射輝度計CS-1000(コニカミノルタ社製)で計測した。

【0223】

・主ピーク波長 p

電流密度が10mA/cm²となるように素子に電圧を印加した時の分光放射輝度スペクトルを前記分光放射輝度計で計測し、得られた分光放射輝度スペクトルから主ピーク波長 p (単位: nm)を読み取った。

20

【0224】

・寿命LT80

寿命LT80は、電流密度が50mA/cm²となるように素子に電圧を印加し、初期輝度に対して輝度が80%となるまでの時間(単位: hrs)を測定した。

【0225】

【表2】

	発光層			色度		λ_p (nm)	LT80 (hrs)
	M1	M2	M3	x	y		
実施例1	BH-1	CH-1	BD-1	0.138	0.106	457	480
比較例1	BH-1	-	BD-1	0.136	0.100	457	350
比較例3	BH-1	CH-3	BD-1	0.134	0.108	458	300
比較例4	BH-7	CH-1	BD-1	0.147	0.149	460	140

30

【0226】

【表3】

	発光層			色度		λ_p (nm)	LT80 (hrs)
	M1	M2	M3	x	y		
実施例2	BH-1	CH-1	BD-1	0.137	0.113	458	350
比較例2	BH-1	-	BD-1	0.135	0.104	458	300

40

【0227】

実施例1の有機EL素子は、前記数式(数1)～(数3)の関係を満たす第一の化合物としての化合物BH-1、第二の化合物としての化合物CH-1および第三の化合物としてのBD-1を含む発光層を備えるため、比較例1, 3, 4の有機EL素子に比べて長い寿命を示した。

比較例1の有機EL素子は、化合物BH-1と化合物BD-1とで発光層が構成されて

50

いるため、実施例 1 よりも寿命が短かったと考えられる。

比較例 3 の有機 EL 素子は、化合物 CH - 3 の Af (アフィニティ) が 3 . 1 e V であるため、前記数式 (2) を満たさず、寿命が短かったと考えられる。

比較例 4 の有機 EL 素子は、化合物 BH - 7 の三重項エネルギー T (M 1) が 2 . 2 e V であるため、前記数式 (数 3) の関係を満たさず、寿命が短かったと考えられる。

【 0 2 2 8 】

実施例 2 の有機 EL 素子は、前記数式 (数 1) ~ (数 3) の関係を満たす第一の化合物としての化合物 BH - 1、第二の化合物としての化合物 CH - 1 および第三の化合物としての BD - 1 を含む発光層を備えるため、比較例 2 の有機 EL 素子に比べて長い寿命を示した。比較例 2 の有機 EL 素子は、化合物 BH - 1 と化合物 BD - 1 とで発光層が構成されているため、実施例 2 よりも寿命が短かったと考えられる。

10

【 0 2 2 9 】

〔有機 EL 素子の製造例〕

・実施例 3

実施例 3 の有機 EL 素子は、実施例 1 の発光層における化合物 BH - 1 を化合物 BH - 2 に変更したこと、並びに化合物 CH - 1 を化合物 CH - 2 に変更したこと以外は、実施例 1 と同様にして作製した。

実施例 3 の有機 EL 素子の素子構成を略式的に示すと、次のとおりである。

ITO (130) / HI (10) / HT-1 (80) / HT-2 (10) / BH-2 : CH-2 : BD-1 (25, 92 % : 4% : 4%) / HB-1 (25) / ET-1 (10) / LiF (1) / Al (80)

20

【 0 2 3 0 】

・比較例 5

比較例 5 の有機 EL 素子は、実施例 1 の発光層に代えて、化合物 BH - 2 と化合物 BD - 1 とを共蒸着して、厚さ 25 nm の発光層を形成したこと以外は、実施例 1 と同様にして作製した。なお、発光層中、化合物 BH - 2 の割合は、96 質量%とし、化合物 BD - 1 の割合は、4 質量%とした。

比較例 5 の有機 EL 素子の素子構成を略式的に示すと、次のとおりである。

ITO (130) / HI (10) / HT-1 (80) / HT-2 (10) / BH-2 : BD-1 (25, 96% : 4%) / HB-1 (25) / ET-1 (10) / LiF (1) / Al (80)

30

【 0 2 3 1 】

〔有機 EL 素子の評価〕

実施例 3、および比較例 5 において作製した有機 EL 素子について、前述と同様の評価を行った。評価結果を表 4 に示す。

【 0 2 3 2 】

【表 4】

	発光層			色度		λ_p	LT80
	M1	M2	M3	x	y	(nm)	(hrs)
実施例3	BH-2	CH-2	BD-1	0.137	0.101	456	250
比較例5	BH-2	-	BD-1	0.136	0.095	455	210

40

【 0 2 3 3 】

実施例 3 の有機 EL 素子は、前記数式 (数 1) ~ (数 3) の関係を満たす第一の化合物としての化合物 BH - 2、第二の化合物としての化合物 CH - 2 および第三の化合物としての化合物 BD - 1 を含む発光層を備えるため、比較例 5 の有機 EL 素子に比べて長い寿命を示した。比較例 5 の有機 EL 素子は、化合物 BH - 2 と化合物 BD - 1 とで発光層が構成されているため、実施例 3 よりも寿命が短かったと考えられる。

【 0 2 3 4 】

〔有機 EL 素子の製造例〕

・実施例 4

50

実施例 4 の有機 E L 素子は、実施例 1 の発光層における化合物 B H - 1 を化合物 B H - 3 に変更したこと以外は、実施例 1 と同様にして作製した。

実施例 4 の有機 E L 素子の素子構成を略式的に示すと、次のとおりである。

ITO (130) / HI (10) / HT-1 (80) / HT-2 (10) / BH-3 : CH-1 : BD-1 (25, 92 % : 4% : 4%) / HB-1 (25) / ET-1 (10) / LiF (1) / Al (80)

【 0 2 3 5 】

・実施例 5

実施例 5 の有機 E L 素子は、実施例 2 の発光層における化合物 B H - 1 を化合物 B H - 3 に変更したこと以外は、実施例 2 と同様にして作製した。

実施例 5 の有機 E L 素子の素子構成を略式的に示すと、次のとおりである。

ITO (130) / HI (10) / HT-1 (80) / HT-2 (10) / BH-3 : CH-1 : BD-1 (25, 92 % : 4% : 4%) / ET-2 : Liq (36, 50% : 50%) / Liq (1) / Al (80)

【 0 2 3 6 】

・実施例 6

実施例 6 の有機 E L 素子は、実施例 4 の発光層における化合物 C H - 1 を化合物 C H - 2 に変更したこと以外は、実施例 4 と同様にして作製した。

実施例 6 の有機 E L 素子の素子構成を略式的に示すと、次のとおりである。

ITO (130) / HI (10) / HT-1 (80) / HT-2 (10) / BH-3 : CH-2 : BD-1 (25, 92 % : 4% : 4%) / HB-1 (25) / ET-1 (10) / LiF (1) / Al (80)

【 0 2 3 7 】

・比較例 6

比較例 6 の有機 E L 素子は、実施例 1 の発光層に代えて、化合物 B H - 3 と化合物 B D - 1 とを共蒸着して、厚さ 25 nm の発光層を形成したこと以外は、実施例 1 と同様にして作製した。なお、発光層中、化合物 B H - 3 の割合は、96 質量%とし、化合物 B D - 1 の割合は、4 質量%とした。

比較例 6 の有機 E L 素子の素子構成を略式的に示すと、次のとおりである。

ITO (130) / HI (10) / HT-1 (80) / HT-2 (10) / BH-3 : BD-1 (25, 96% : 4%) / HB-1 (25) / ET-1 (10) / LiF (1) / Al (80)

【 0 2 3 8 】

・比較例 7

比較例 7 の有機 E L 素子は、実施例 2 の発光層に代えて、化合物 B H - 3 と化合物 B D - 1 とを共蒸着して、厚さ 25 nm の発光層を形成したこと以外は、実施例 2 と同様にして作製した。なお、発光層中、化合物 B H - 3 の割合は、96 質量%とし、化合物 B D - 1 の割合は、4 質量%とした。

比較例 7 の有機 E L 素子の素子構成を略式的に示すと、次のとおりである。

ITO (130) / HI (10) / HT-1 (80) / HT-2 (10) / BH-3 : BD-1 (25, 96% : 4%) / ET-2 : Liq (36, 50% : 50%) / Liq (1) / Al (80)

【 0 2 3 9 】

〔有機 E L 素子の評価〕

実施例 4 ~ 7、および比較例 6 ~ 7 において作製した有機 E L 素子について、前述と同様の評価を行った。評価結果を表 5 および表 6 に示す。

【 0 2 4 0 】

【表 5】

	発光層			色度		λ_p	LT80
	M1	M2	M3	x	y	(nm)	(hrs)
実施例4	BH-3	CH-1	BD-1	0.138	0.108	458	600
実施例6	BH-3	CH-2	BD-1	0.137	0.107	458	442
比較例6	BH-3	-	BD-1	0.138	0.098	457	328

10

20

30

40

50

【 0 2 4 1 】

【表 6】

	発光層			色度		λ_p	LT80
	M1	M2	M3	x	y	(nm)	(hrs)
実施例5	BH-3	CH-1	BD-1	0.137	0.114	458	460
比較例7	BH-3	-	BD-1	0.136	0.105	458	370

【 0 2 4 2 】

実施例 4 , 6 の有機 E L 素子は、前記数式 (数 1) ~ (数 3) の関係を満たす第一の化合物、第二の化合物および第三の化合物を含む発光層を備えるため、比較例 6 の有機 E L 素子に比べて長い寿命を示した。比較例 6 の有機 E L 素子は、化合物 B H - 3 と化合物 B D - 1 とで発光層が構成されているため、実施例 4 , 6 よりも寿命が短かったと考えられる。

10

【 0 2 4 3 】

実施例 5 の有機 E L 素子は、前記数式 (数 1) ~ (数 3) の関係を満たす第一の化合物、第二の化合物および第三の化合物を含む発光層を備えるため、比較例 7 の有機 E L 素子に比べて長い寿命を示した。比較例 7 の有機 E L 素子は、化合物 B H - 3 と化合物 B D - 1 とで発光層が構成されているため、実施例 5 よりも寿命が短かったと考えられる。

【 0 2 4 4 】

〔有機 E L 素子の製造例〕

20

・実施例 7

実施例 7 の有機 E L 素子は、実施例 1 の発光層における化合物 B H - 1 を化合物 B H - 5 に変更したこと、並びに化合物 C H - 1 を化合物 C H - 2 に変更したこと以外は、実施例 1 と同様にして作製した。

実施例 7 の有機 E L 素子の素子構成を略式的に示すと、次のとおりである。

ITO (130) / HI (10) / HT-1 (80) / HT-2 (10) / BH-5 : CH-2 : BD-1 (25, 92 % : 4% : 4%) / HB-1 (25) / ET-1 (10) / LiF (1) / Al (80)

【 0 2 4 5 】

・比較例 8

比較例 8 の有機 E L 素子は、実施例 1 の発光層に代えて、化合物 B H - 5 と化合物 B D - 1 とを共蒸着して、厚さ 25 nm の発光層を形成したこと以外は、実施例 1 と同様にして作製した。なお、発光層中、化合物 B H - 5 の割合は、96 質量%とし、化合物 B D - 1 の割合は、4 質量%とした。

30

比較例 8 の有機 E L 素子の素子構成を略式的に示すと、次のとおりである。

ITO (130) / HI (10) / HT-1 (80) / HT-2 (10) / BH-5 : BD-1 (25, 96% : 4%) / HB-1 (25) / ET-1 (10) / LiF (1) / Al (80)

【 0 2 4 6 】

〔有機 E L 素子の評価〕

実施例 7、および比較例 8 において作製した有機 E L 素子について、前述と同様の評価を行った。評価結果を表 7 に示す。

40

【 0 2 4 7 】

【表 7】

	発光層			色度		λ_p	LT80
	M1	M2	M3	x	y	(nm)	(hrs)
実施例7	BH-5	CH-2	BD-1	0.135	0.113	458	250
比較例8	BH-5	-	BD-1	0.135	0.105	458	150

【 0 2 4 8 】

実施例 7 の有機 E L 素子は、前記数式 (数 1) ~ (数 3) の関係を満たす第一の化合物

50

としての化合物BH-5、第二の化合物としての化合物CH-2および第三の化合物としてのBD-1を含む発光層を備えるため、比較例8の有機EL素子に比べて長い寿命を示した。比較例8の有機EL素子は、化合物BH-5と化合物BD-1とで発光層が構成されているため、実施例7よりも寿命が短かったと考えられる。

【0249】

〔有機EL素子の製造例〕

・実施例8

実施例8の有機EL素子は、実施例1の発光層における化合物BH-1を化合物BH-6に変更したこと、並びに化合物CH-1を化合物CH-2に変更したこと以外は、実施例1と同様にして作製した。

実施例8の有機EL素子の素子構成を略式的に示すと、次のとおりである。

ITO(130) / HI(10) / HT-1(80) / HT-2(10) / BH-6 : CH-2 : BD-1(25, 92% : 4% : 4%) / HB-1(25) / ET-1(10) / LiF(1) / Al(80)

【0250】

・比較例9

比較例9の有機EL素子は、実施例1の発光層に代えて、化合物BH-6と化合物BD-1とを共蒸着して、厚さ25nmの発光層を形成したこと以外は、実施例1と同様にして作製した。なお、発光層中、化合物BH-6の割合は、96質量%とし、化合物BD-1の割合は、4質量%とした。

比較例9の有機EL素子の素子構成を略式的に示すと、次のとおりである。

ITO(130) / HI(10) / HT-1(80) / HT-2(10) / BH-6 : BD-1(25, 96% : 4%) / HB-1(25) / ET-1(10) / LiF(1) / Al(80)

【0251】

〔有機EL素子の評価〕

実施例8、および比較例9において作製した有機EL素子について、前述と同様の評価を行った。評価結果を表8に示す。

【0252】

【表8】

	発光層			色度		λ_p	LT80
	M1	M2	M3	x	y	(nm)	(hrs)
実施例8	BH-6	CH-2	BD-1	0.135	0.113	458	250
比較例9	BH-6	-	BD-1	0.134	0.110	458	210

【0253】

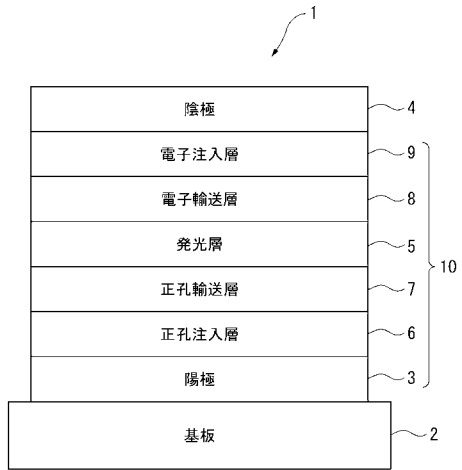
実施例8の有機EL素子は、前記数式(数1)~(数3)の関係を満たす第一の化合物としての化合物BH-6、第二の化合物としての化合物CH-2および第三の化合物としてのBD-1を含む発光層を備えるため、比較例9の有機EL素子に比べて長い寿命を示した。比較例9の有機EL素子は、化合物BH-6と化合物BD-1とで発光層が構成されているため、実施例8よりも寿命が短かったと考えられる。

【符号の説明】

【0254】

1...有機エレクトロルミネッセンス素子、3...陽極、4...陰極、5...発光層、7...正孔輸送層、8...電子輸送層。

【 図 1 】



フロントページの続き

(51)Int.Cl.

F I

テーマコード(参考)

C 0 7 C 255/50

C 0 9 K 11/06 6 1 0